MANINHO RESOLVE

Curso Completo ENEM 2027

Matemática e Ciências da Natureza

Volume 1 · Fundamentos

Teoria · Questões · Simulados

Matemática · Física · Química · Biologia

versão preliminar · 24/11/2026

Índice

Como usar este curso **4**

Semana 1 **7**

Operações com naturais, inteiros e racionais; frações e decimais 8
Comparação e ordenação de números 22
Velocidade média e movimento uniforme 28
Modelos atômicos, estrutura do átomo e tabela periódica 40
Bioquímica: água, sais, carboidratos, lipídios, proteínas, enzimas 53
Revisão da semana 1 66

Semana 2 **69**

Potências, raízes e notação científica 70
Sistema de numeração, ordens de grandeza e estimativas 79
Movimento uniformemente variado; gráficos do movimento 88
Fórmulas químicas e quantidade de matéria (mol) 97
Célula: membrana, organelas, transporte 104
Razão e proporção; regra de três simples 115
Revisão da semana 2 124

Semana 3 **130**

Queda livre, lançamentos e movimento circular 131
Ligações químicas e geometria molecular 142
Metabolismo energético: respiração e fermentação 151
Revisão da semana 3 159

Simulado 1 **165**

Semana 4 **202**

Grandezas diretamente e inversamente proporcionais; regra de três composta 203
Fontes e transformações de energia; usinas 211
Polaridade, forças intermoleculares e solubilidade 221
Ácidos nucleicos, síntese de proteínas e divisão celular 233
Porcentagem; aumentos e descontos sucessivos 245
Revisão da semana 4 255

Semana 5 **263**

Temperatura, escalas e dilatação térmica 264
Substâncias, misturas e processos de separação 272
Revisão da semana 5 282

Simulado 2 **293**

Gabarito **324**

Como usar este curso

Este é um curso completo de teoria, questões e simulados de Matemática, Física, Química e Biologia: tudo o que cai no segundo dia do ENEM. A ideia é que você não precise de nenhum outro material para estudar para esse dia da prova.

- **Teoria:** curta e direta, só o que a prova cobra, sempre dizendo de onde vem cada fórmula.
- **Questões:** centenas de questões reais do ENEM, com exemplos resolvidos, exercícios para completar, fixação e revisões. Cada uma tem um QR Code com a resolução em vídeo.
- **Simulados:** provas no formato do segundo dia do ENEM (45 de Natureza e 45 de Matemática, numeradas de 91 a 180 como no caderno), com folha de respostas e gabarito no fim do volume.

Ela foi montada a partir de duas fontes de evidência.

O que o ENEM cobra. Classificamos, uma a uma, as 3.240 questões de Matemática e Ciências da Natureza do ENEM de 2009 a 2026: 1.620 da aplicação regular e 1.620 das outras aplicações (PPL, reaplicações, 2ª aplicação de 2016 e aplicação de Belém em 2025). O espaço de cada assunto aqui é proporcional ao quanto ele cai na prova. Porcentagem, razão e proporção, leitura de gráficos e média, por exemplo, somam sozinhos 12,5% de tudo o que caiu e voltam muitas vezes. Assuntos que quase nunca aparecem ganham versão curta. As questões são todas reais. Na resolução e no gabarito você encontra o percentual de candidatos que acertaram cada uma, calculado com os microdados oficiais do Inep; ele fica fora do enunciado de propósito, para não influenciar a sua tentativa. Também há um QR Code para a resolução completa em vídeo no canal Maninho Resolve.

A tabela abaixo mostra o levantamento completo: quanto cada tema representa das 3.240 questões.

Matemática	**50,4%**
Razão, proporção e porcentagem	9,7%
Estatística e gráficos	6,6%
Funções	6,0%
Geometria espacial	5,1%
Geometria plana	4,7%
Grandezas, unidades e escala	4,3%
Operações e números	3,9%
Probabilidade	2,6%
Equações e inequações	1,7%
Análise combinatória	1,5%
Sequências e padrões	1,5%
Raciocínio lógico e localização	1,0%
Trigonometria	0,9%
Geometria analítica	0,7%
Matrizes e determinantes	0,2%
Polinômios	< 0,1%
Números complexos	0%

Física	**15,8%**
Eletricidade	3,2%
Ondulatória e acústica	2,7%
Termologia e calor	2,5%
Dinâmica	1,7%
Energia e trabalho	1,5%
Cinemática	1,3%
Óptica	1,2%
Hidrostática e pressão	1,0%
Eletromagnetismo	0,5%
Física moderna	0,1%

Química	**16,1%**
Química orgânica	2,7%
Ácidos, bases e equilíbrio químico	2,5%
Ligações e interações	1,7%
Química ambiental	1,7%
Estequiometria	1,6%
Eletroquímica	1,5%
Separação de misturas	1,4%
Soluções	0,8%
Radioatividade	0,8%
Termoquímica	0,7%
Atomística e fórmulas	0,4%
Cinética química	0,4%

Biologia	**17,7%**
Ecologia	5,1%
Citologia	2,5%
Fisiologia humana e saúde	1,9%
Parasitologia e doenças	1,5%
Botânica e fotossíntese	1,5%
Evolução	1,4%
Biotecnologia	1,3%
Genética	1,1%
Imunologia	0,8%
Fisiologia animal	0,7%

O que a ciência mostra sobre aprender. Usamos apenas técnicas de estudo com evidência forte em pesquisas, inclusive com estudantes em sala de aula:

- **Testar-se é mais eficaz do que reler.** Tentar lembrar a resposta fixa o conteúdo muito mais do que ler de novo ou grifar. Por isso cada assunto começa com um *pré-teste* e termina em *fixação*, e cada semana fecha com uma *revisão sem consulta*.
- **Espaçar vence concentrar.** Rever um assunto depois de alguns dias e de algumas semanas faz a memória durar até a prova. As revisões semanais trazem assuntos de 1, 3, 8, 16 e 32 semanas atrás, inclusive de volumes anteriores, de propósito.
- **Misturar ensina a escolher o método.** Na prova, ninguém avisa qual é o assunto da questão. As revisões e o simulado misturam assuntos para treinar justamente isso.
- **Ver resolvido, depois completar, depois resolver sozinho.** Cada assunto traz um exemplo resolvido, um exemplo com lacunas para você completar e, por fim, as questões de fixação, da mais fácil para a mais difícil.
- **Entender o porquê.** As caixas *Por que funciona* mostram de onde vem cada regra. As caixas *Armadilha* mostram os erros que as alternativas erradas do ENEM exploram.

O calendário

O curso tem 8 volumes e foi planejado para começar na primeira semana de fevereiro, junto com a volta às aulas. Os volumes 1 a 7 trazem toda a matéria, em cerca de 30 semanas, sempre com as quatro disciplinas intercaladas. O volume 8, a *Reta final*, tem 4 semanas de revisão geral do curso inteiro, com um simulado por semana, mais difíceis que a média do ENEM. Começando em fevereiro, sobram cerca de 6 semanas até a prova: use-as para Carnaval, Semana Santa, férias de julho e imprevistos, sem perder o ritmo. Atrasou? Siga em frente: a Reta final deve começar umas 5 semanas antes do ENEM.

A rotina de cada semana

1. Para cada assunto da semana: tente o pré-teste sem medo de errar, leia a teoria, estude o exemplo resolvido, complete as lacunas e faça a fixação.
2. Corrija pelo gabarito no fim do volume. Errou? Veja a resolução em vídeo pelo QR Code e refaça a questão no dia seguinte.
3. No fim da semana, faça a *revisão sem consulta*, de preferência num dia diferente de quando estudou a teoria.
4. Quando chegar a um simulado, faça-o de uma vez, com o tempo marcado, como no dia da prova.

Quanto tempo por dia

Não existe um número de horas comprovadamente ideal para passar no vestibular: as pesquisas mostram que *como* você estuda pesa muito mais do que quantas horas passa sentado. A melhor referência disponível vem dos estudos sobre prática deliberada: mesmo entre os melhores de cada área, o estudo realmente concentrado raramente passa de cerca de **4 horas por dia**, em blocos de uns 50 minutos com pausas. Por isso este curso foi dimensionado para quem estuda 4 horas por dia por conta própria (fora aulas de escola ou cursinho, se você tiver), 6 dias por semana: cerca de 2 dessas

horas para este curso e as outras 2 para Linguagens, Humanas e Redação. Cada semana foi montada para caber em cerca de 12 horas, ou seja, 2 horas por dia; o tempo estimado aparece no começo dela.

Durma bem: o sono consolida o que você estudou, e cortar sono para estudar mais piora a memória. E estude todos os dias um pouco, porque a regularidade rende mais do que maratonas de véspera.

Semana 1



Numa varanda aberta para o vale, uma moça lê sentada, alheia à paisagem: para ler basta um livro e um pouco de calma. Almeida Júnior, *Leitura* (1892), Pinacoteca do Estado, São Paulo. Domínio público.

- **Matemática**
  - Operações com naturais, inteiros e racionais; frações e decimais
  - Comparação e ordenação de números
- **Física**
  - Velocidade média e movimento uniforme
- **Química**
  - Modelos atômicos, estrutura do átomo e tabela periódica
- **Biologia**
  - Bioquímica: água, sais, carboidratos, lipídios, proteínas, enzimas

Tempo estimado: cerca de 9 h (teoria 6 h, questões 3 h), ou cerca de 1,5 h por dia em 6 dias.

Operações com naturais, inteiros e racionais; frações e decimais

Matemática

Antes de ler: tente responder

1. Quanto é $\frac{3}{4}$ em número decimal? E em porcentagem?
2. Qual é maior: $\frac{2}{3}$ ou 0,6?
3. Um elevador está no 5º andar, desce 7 andares e sobe 4. Em que andar ele para? (O térreo é o andar 0.)

Respostas no Gabarito, na página 324. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

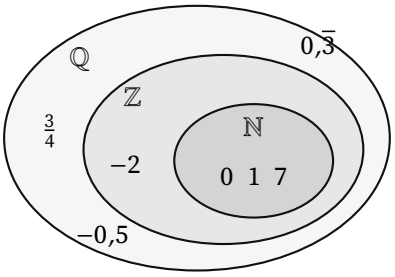
Teoria

Este capítulo trata dos números com que fazemos as contas do dia a dia: os naturais, os inteiros e os racionais. Vamos ver o que cada conjunto contém, por que ele foi preciso, como se fazem as quatro operações em cada um e *por que* as regras de conta funcionam. Frações, decimais e porcentagens aparecem como três escritas do mesmo número racional.

Cores deste capítulo: **azul** = o que é dado; **roxo** = passo intermediário (conversão, deslocamento); **verde** = resultado.

Os conjuntos numéricos

- **Naturais:** $\mathbb{N} = \{0, 1, 2, 3, \dots\}$, os números de contar. Sem o zero, escreve-se $\mathbb{N}^* = \{1, 2, 3, \dots\}$.
- **Inteiros:** $\mathbb{Z} = \{\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots\}$, os naturais e seus opostos. Medem grandezas com sentido: andares abaixo do térreo, temperaturas abaixo de zero, saldo de gols (-3 = sofreu 3 gols a mais do que marcou).
- **Racionais:** $\mathbb{Q} = \left\{ \frac{a}{b} \;\middle|\; a, b \in \mathbb{Z},\ b \neq 0 \right\}$, todo número que pode ser escrito como quociente de dois inteiros. Aí estão as frações, os decimais finitos ($0{,}75 = \frac{3}{4}$) e as dízimas periódicas ($0{,}333\ldots = \frac{1}{3}$).



Cada conjunto contém o anterior: $\mathbb{N} \subset \mathbb{Z} \subset \mathbb{Q}$. Todo inteiro é racional, pois $5 = \frac{5}{1}$ e $-2 = \frac{-2}{1}$.

Por que precisamos de cada conjunto? Dizemos que um conjunto é **fechado** para uma operação quando a operação entre dois elementos dele sempre dá um elemento dele. Em $\mathbb{N}$, somar e multiplicar sempre dá natural, mas $3 - 5$ não é natural: os inteiros resolvem isso. Em $\mathbb{Z}$, somar, subtrair e multiplicar dão inteiro, mas $3 \div 4$ não é inteiro: os racionais resolvem isso. Em $\mathbb{Q}$, as quatro operações dão racional, com uma única exceção: a divisão por zero.

	soma	subtração	multiplicação	divisão (divisor $\neq 0$)
$\mathbb{N}$	sim	não ($3 - 5$)	sim	não ($3 \div 4$)
$\mathbb{Z}$	sim	sim	sim	não ($3 \div 4$)
$\mathbb{Q}$	sim	sim	sim	sim

Nem todo número é racional. A diagonal de um quadrado de lado 1 mede $\sqrt{2} = 1{,}41421356\ldots$, e a razão entre o comprimento de uma circunferência e o seu diâmetro é $\pi = 3{,}14159\ldots$; esses decimais são infinitos e *não* periódicos, e não existe fração de inteiros igual a eles. São os **irracionais**. Racionais e irracionais juntos formam os **reais** ($\mathbb{R}$), estudados mais adiante.

Propriedades das operações e ordem de cálculo

Para quaisquer números a, b, c (naturais, inteiros ou racionais) valem:

- **Comutativa:** $a+b = b+a$ e $a\cdot b = b\cdot a$. A subtração e a divisão *não* são comutativas: $5-2 \neq 2-5$.
- **Associativa:** $(a+b)+c = a+(b+c)$ e $(a\cdot b)\cdot c = a\cdot(b\cdot c)$. Por isso $25\cdot 7\cdot 4 = (25\cdot 4)\cdot 7 = 700$, de cabeça.
- **Elemento neutro:** $a+0=a$ e $a\cdot 1 = a$.
- **Distributiva:** $a\cdot(b+c) = a\cdot b + a\cdot c$. É o que usamos sem perceber em $7\cdot 102 = 7\cdot 100 + 7\cdot 2 = 714$.

Ordem das operações. Numa expressão numérica, resolva primeiro o que está entre parênteses (depois colchetes e chaves); em seguida as potências e raízes; depois multiplicações e divisões, na ordem em que aparecem; por último, adições e subtrações, também da esquerda para a direita. Exemplo:

$$20 - 3\cdot(4-6)^2 \div 6 = 20 - 3\cdot 4 \div 6 = 20 - 12 \div 6 = 20 - 2 = 18.$$

Divisão com resto. Dividir o natural D (dividendo) pelo natural $d \neq 0$ (divisor) é achar o quociente q e o resto r tais que

$$D = d\cdot q + r, \qquad 0 \leq r < d$$

divisão euclidiana: o resto é sempre menor que o divisor

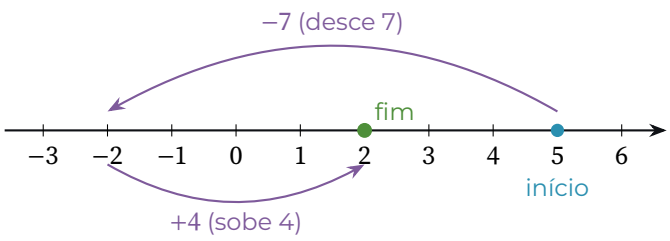
Exemplo: 100 dias são quantas semanas? $100 = 7\cdot 14 + 2$: 14 semanas completas e 2 dias. Se o resto é zero, a divisão é **exata** e dizemos que d divide D.

Por que não se divide por zero. Dividir a por b é achar o número q com $q\cdot b = a$. Se $b = 0$ e $a \neq 0$, nenhum q serve, pois $q\cdot 0 = 0$. Se $a = b = 0$, *todo* q serve, e o resultado não fica determinado. Por isso a divisão por zero não é definida.

Inteiros: reta numérica, oposto e módulo

Na **reta numérica**, os inteiros ficam igualmente espaçados; os positivos à direita do zero e os negativos à esquerda. Um número é **maior** que outro quando está mais à direita: $-2 > -5$, embora 5 seja maior que 2: entre negativos, o de maior valor absoluto é o menor. O **oposto** (ou simétrico) de a é $-a$, à mesma distância do zero, do outro lado: o oposto de 4 é -4; o de -4 é 4. O **módulo** (valor absoluto) $|a|$ é a distância de a até o zero: $|-3| = |3| = 3$.

Somar é deslocar. Pense num inteiro como um deslocamento na reta: + é ir para a direita, − é ir para a esquerda. Somar inteiros é encadear deslocamentos:



Do 5º andar: $5 - 7 + 4 = 2$. No caminho, o elevador passou pelo andar -2 (segundo subsolo).

- **Sinais iguais na soma:** some os módulos e mantenha o sinal: $(-3) + (-5) = -8$.
- **Sinais diferentes:** subtraia o menor módulo do maior e use o sinal do de maior módulo: $(-9) + 4 = -5$.
- **Subtrair é somar o oposto:** $a - b = a + (-b)$. Assim $3 - (-2) = 3 + 2 = 5$. Interpretação: a distância entre -2 e 3 na reta é $|3 - (-2)| = 5$. Em geral, a distância entre a e b é $|a - b|$. Exemplo: de $-8\,^\circ$C a $15\,^\circ$C a temperatura subiu $15 - (-8) = 23\,^\circ$C.

Regra de sinais da multiplicação e da divisão. Sinais iguais dão resultado positivo; sinais diferentes, negativo. $(-4)\cdot 3 = -12$ é fácil de aceitar: três vezes "perder 4" é perder 12. Mas por que $(-1)\cdot(-2) = +2$? Veja o padrão à esquerda e o argumento à direita:

$$\begin{aligned} 3 \cdot (-2) &= -6 \\ 2 \cdot (-2) &= -4 \\ 1 \cdot (-2) &= -2 \\ 0 \cdot (-2) &= 0 \\ (-1) \cdot (-2) &= +2 \\ (-2) \cdot (-2) &= +4 \end{aligned}$$

Cada vez que o primeiro fator diminui 1, o produto *aumenta* 2. Para o padrão continuar, $(-1)\cdot(-2)$ tem de ser $+2$. A justificativa exata vem da distributiva: como $(-2) + 2 = 0$,

$$0 = (-1)\cdot[(-2) + 2] = (-1)\cdot(-2) + (-1)\cdot 2,$$

logo $(-1)\cdot(-2)$ é o oposto de -2, isto é, $+2$. A regra não é convenção arbitrária: é o único jeito de manter a distributiva valendo.

Como a divisão é a operação inversa da multiplicação, a regra é a mesma: $(-12) \div (-3) = 4$, pois $4 \cdot (-3) = -12$.

Frações: significado, equivalência e comparação

Uma **fração** $\frac{a}{b}$ (com $b \neq 0$) tem **numerador** a e **denominador** b. Ela tem três leituras, todas corretas:

- **parte de um todo:** divida o inteiro em b partes iguais e tome a delas;
- **divisão:** $\frac{a}{b} = a \div b$ (repartir 3 pizzas entre 4 pessoas dá $\frac{3}{4}$ de pizza a cada uma);
- **razão:** comparação entre duas quantidades (3 acertos em 4 tentativas).

Quando $a < b$ a fração é **própria** (menor que 1); quando $a \geq b$, é **imprópria**, e pode ser escrita como **número misto**: $\frac{7}{2} = 3 + \frac{1}{2} = 3\frac{1}{2}$. Note que o número misto $3\frac{1}{2}$ significa uma *soma*, $3 + \frac{1}{2}$, e não um produto.

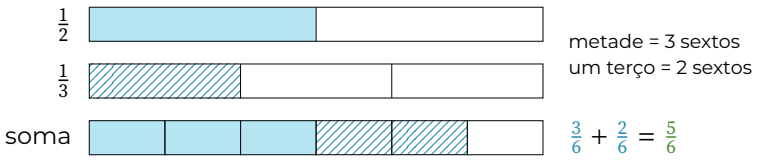
Frações equivalentes. Multiplicar ou dividir numerador e denominador pelo mesmo número não nulo não muda o valor: $\frac{3}{4} = \frac{6}{8} = \frac{75}{100}$. O motivo: se cada parte é cortada em 2, há o dobro de partes no todo e o dobro de partes tomadas; a quantidade é a mesma. **Simplificar** é dividir os dois termos por um divisor comum; quando o único divisor comum (positivo) é 1, a fração é **irredutível.** Dividir pelo maior divisor comum simplifica de uma vez: $\frac{36}{48} = \frac{36\div 12}{48\div 12} = \frac{3}{4}$.

Comparar frações (denominadores positivos):

- mesmo denominador: é maior a de maior numerador ($\frac{5}{8} > \frac{3}{8}$);
- mesmo numerador: é maior a de *menor* denominador ($\frac{1}{3} > \frac{1}{5}$, pois as partes são maiores);
- caso geral: reescreva com um denominador comum. $\frac{2}{3}$ ou $\frac{3}{5}$? Em quinze avos, $\frac{10}{15} > \frac{9}{15}$, logo $\frac{2}{3} > \frac{3}{5}$. Atalho equivalente: $\frac{a}{b} < \frac{c}{d}$ exatamente quando $a \cdot d < b \cdot c$ (aqui $2 \cdot 5 = 10 > 3 \cdot 3 = 9$).

Operações com frações

Somar e subtrair: só se somam partes *do mesmo tamanho*. Primeiro troque cada fração por uma equivalente com o mesmo denominador (de preferência o mínimo múltiplo comum dos denominadores); depois some os numeradores e mantenha o denominador.



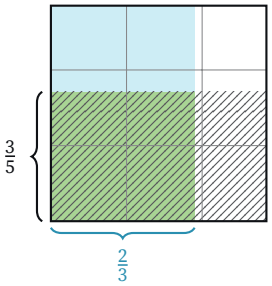
$$\frac{a}{b}+\frac{c}{d}=\frac{a\cdot d+b\cdot c}{b\cdot d}$$

some depois de passar as duas frações para o denominador comum $b\cdot d$

Assim, $\frac{1}{2}+\frac{1}{3}=\frac{3}{6}+\frac{2}{6}=\frac{5}{6}$. Somar "em cima com em cima e embaixo com embaixo" daria $\frac{2}{5}$, que é *menor* que $\frac{1}{2}$: absurdo, pois somamos uma quantidade positiva. Com o mínimo múltiplo comum as contas ficam menores: $\frac{5}{6}-\frac{3}{4}=\frac{10}{12}-\frac{9}{12}=\frac{1}{12}$.

Multiplicar: numerador vezes numerador, denominador vezes denominador,

$$\frac{a}{b}\cdot\frac{c}{d}=\frac{a\cdot c}{b\cdot d}.$$



A figura mostra por quê. No quadrado de área 1, tome $\frac{2}{3}$ da largura (colunas azuis) e $\frac{3}{5}$ da altura (linhas hachuradas). O quadrado ficou dividido em $3\cdot 5=15$ retângulos iguais, e a região comum tem $2\cdot 3=6$ deles: $\frac{2}{3}\cdot\frac{3}{5}=\frac{6}{15}=\frac{2}{5}$. A palavra "de" indica esse produto: "$\frac{3}{4}$ de 120 alunos" são $\frac{3}{4}\cdot 120=\frac{360}{4}=90$ alunos.

Dividir: multiplique pelo **inverso** do divisor (o inverso de $\frac{c}{d}$ é $\frac{d}{c}$, pois o produto dos dois é 1):

$$\frac{a}{b}\div\frac{c}{d}=\frac{a}{b}\cdot\frac{d}{c}\qquad(c\neq 0)$$

dividir é perguntar "quantas vezes o divisor cabe"

Justificativa: o quociente x é o número tal que $x\cdot\frac{c}{d}=\frac{a}{b}$; multiplicando os dois lados por $\frac{d}{c}$, obtemos $x=\frac{a}{b}\cdot\frac{d}{c}$. Intuição: $3\div\frac{1}{2}$ pergunta quantas metades cabem em 3; cabem 6, que é $3\cdot 2$. Exemplo: $\frac{3}{4}\div\frac{1}{2}=\frac{3}{4}\cdot\frac{2}{1}=\frac{3}{2}$.

Números decimais

Nosso sistema é **posicional de base 10**: cada casa vale 10 vezes a da direita. Depois da vírgula vêm os décimos, os centésimos, os milésimos:

$$2{,}375=2+\frac{3}{10}+\frac{7}{100}+\frac{5}{1\,000}=\frac{2\,375}{1\,000}.$$

Daí as conversões:

- **Decimal finito → fração:** o número sem vírgula sobre 10, 100, 1 000… conforme o número de casas, e depois simplifique: $0{,}35=\frac{35}{100}=\frac{7}{20}$.
- **Fração → decimal:** divida o numerador pelo denominador: $\frac{2}{5}=2\div 5=0{,}4$; $\frac{1}{3}=0{,}333\ldots$

- **Comparar decimais:** compare casa a casa, da esquerda para a direita, completando com zeros: $0{,}5 = 0{,}50 > 0{,}48$, embora 48 tenha mais algarismos que 5.

Decimal finito ou dízima periódica? Uma fração irredutível $\frac{a}{b}$ tem decimal **finito** exatamente quando o denominador b não tem fatores primos além de 2 e 5. Motivo: um decimal finito é uma fração de denominador $10^n = 2^n \cdot 5^n$; se b só tem fatores 2 e 5, dá para completar o denominador até uma potência de 10: $\frac{3}{8} = \frac{3\cdot 125}{8\cdot 125} = \frac{375}{1\,000} = 0{,}375$. Se b tem outro fator primo (3, 7, 11...), a divisão nunca termina. Mas ela se *repete*: na divisão por b, os restos possíveis são $1, 2, \ldots, b-1$; em no máximo $b-1$ passos um resto volta a aparecer, e a partir daí os algarismos se repetem. Por isso $\frac{1}{7} = 0{,}\overline{142857}$ tem período de 6 algarismos (no máximo $7-1=6$). Todo racional é decimal finito ou **dízima periódica.**

Da dízima à fração (geratriz). Multiplique por uma potência de 10 que desloque um período inteiro e subtraia, para cancelar a parte que se repete:

$$x = 0{,}2727\ldots \Rightarrow 100x = 27{,}2727\ldots \Rightarrow 100x - x = 27 \Rightarrow x = \frac{27}{99} = \frac{3}{11}.$$

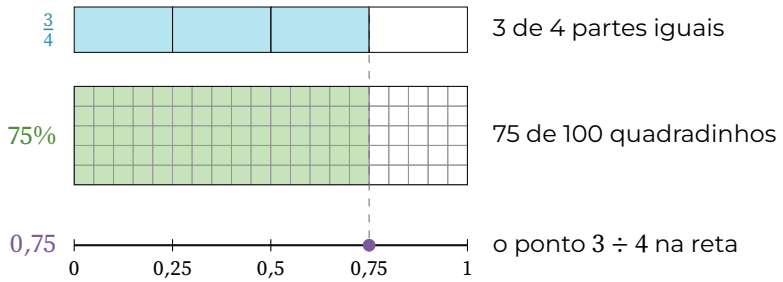
O mesmo cálculo mostra que $0{,}999\ldots = 1$: com $x = 0{,}999\ldots$, $10x - x = 9$, logo $x = 1$. São duas escritas do mesmo número.

Operações com decimais.

- **Somar e subtrair:** alinhe as vírgulas, completando com zeros, para somar décimos com décimos, centésimos com centésimos: $10{,}00 - 9{,}58 = 0{,}42$.
- **Multiplicar:** faça a conta sem vírgula e dê ao resultado tantas casas decimais quantas os fatores têm juntos. $1{,}5 \times 0{,}2$: $15 \times 2 = 30$, com $1+1=2$ casas, dá 0,30. Motivo: $\frac{15}{10} \cdot \frac{2}{10} = \frac{30}{100}$.
- **Dividir:** multiplique dividendo e divisor pela mesma potência de 10 até o divisor ficar inteiro (é a equivalência de frações): $4{,}5 \div 0{,}15 = 450 \div 15 = 30$.
- Multiplicar por 10, 100, 1 000 desloca a vírgula 1, 2, 3 casas para a direita; dividir desloca para a esquerda: $3{,}7 \times 100 = 370$; $3{,}7 \div 100 = 0{,}037$.

Fração, decimal e porcentagem: três escritas do mesmo número

A **porcentagem** é uma fração de denominador 100: $p\% = \frac{p}{100}$ ("por cento" = "a cada cem"). Uma fração, o decimal que ela dá e a porcentagem correspondente descrevem a mesma quantidade:



$$\frac{3}{4} = 3 \div 4 = 0{,}75 = \frac{75}{100} = 75\%$$

a fração é uma divisão; a porcentagem é uma fração de denominador 100

Decimal → porcentagem: multiplique por 100 (a vírgula anda duas casas para a direita): $0{,}4 = 40\%$; $0{,}075 = 7{,}5\%$; $1{,}2 = 120\%$. **Porcentagem → decimal:** divida por 100: $8\% = 0{,}08$. Para comparar números escritos de formas diferentes, passe todos para a mesma forma; a decimal é a mais cômoda, porque basta comparar casa a casa.

Aplicação: escolher entre opções

Situações de consumo pedem a opção mais barata (ou mais rápida) entre várias. O raciocínio organizado é:

1. escreva **a conta do total** de uma opção, por extenso: "preço por hora × horas + transporte × dias";
2. aplique **a mesma conta** a todas as opções;
3. compare os totais.

Exemplo: o plano A cobra R$ 30 fixos mais R$ 0,50 por minuto; o plano B, R$ 0,80 por minuto. Para 120 minutos: $A = 30 + 0{,}5 \cdot 120 = 90$; $B = 0{,}8 \cdot 120 = 96$. O A sai mais barato. Para 60 minutos, porém, $A = 30 + 30 = 60$ e $B = 48$: a melhor opção depende da quantidade. Os dois custam o mesmo quando $30 + 0{,}5m = 0{,}8m$, isto é, $m = 100$ minutos.

Por que funciona Fração, decimal e porcentagem são o mesmo número porque todas descrevem a mesma divisão. $\frac{3}{4}$ é "3 partes de 4", que dá $3 \div 4 = 0{,}75$; e 75% é "75 de cada 100", a mesma proporção (multiplique em cima e embaixo de $\frac{3}{4}$ por 25). As regras de conta também não são decoreba: somar frações exige partes do mesmo tamanho; dividir é multiplicar pelo inverso porque a divisão desfaz a multiplicação; e "menos com menos dá mais" é o que mantém a distributiva válida.

Armadilha Confiar nos algarismos parecidos. $\frac{3}{4}$, 3,4 e 34% usam os mesmos algarismos, mas valem 0,75, 3,4 e 0,34; e 6,8 não é $\frac{6}{8}$. Quem conta as cartas "parecidas" com $\frac{6}{8}$ chega a 4, 5, 7 ou 9 pares, em vez de 3. Converta antes de comparar.

Armadilha Olhar uma coluna só da tabela. O operário com a hora mais barata (R$ 110) trabalha 9 ou 10 horas e sai mais caro que o de R$ 120 por 8 horas; o mais rápido cobra R$ 180 por hora. Na fila do mercado, a fila mais curta (2 pessoas × 15 min) e o atendimento mais rápido (6 pessoas × 5 min) dão 30 min, contra 27 min do caixa certo. Calcule o total de cada opção.

Armadilha Ler o número misto como outra conta. $2\frac{3}{4}$ é $2 + \frac{3}{4} = 2{,}75$. Ler $\frac{3}{4}$ como 3,4 dá 25,40; subtrair dá 21,25; multiplicar, $2 \cdot \frac{3}{4}$, dá 16,50; e $(2+3) \div 4$ dá 6,25. Todos são alternativas erradas.

Armadilha Errar o "empréstimo" na subtração de decimais. $10{,}00 - 9{,}58 = 0{,}42$. Esquecer que a unidade foi emprestada leva a 1,42; esquecer o décimo que passou aos centésimos leva a 0,52. Confira sempre somando de volta: $9{,}58 + 0{,}42 = 10{,}00$.

Exemplo resolvido

Questão 1 (Enem 2015, questão 139 do caderno azul)

No contexto da matemática recreativa, utilizando diversos materiais didáticos para motivar seus alunos, uma professora organizou um jogo com um tipo de baralho modificado. No início do jogo, vira-se uma carta do baralho na mesa e cada jogador recebe em mãos nove cartas. Deseja-se formar pares de cartas, sendo a primeira carta a da mesa e a segunda, uma carta na mão do jogador, que tenha um valor equivalente àquele descrito na carta da mesa. O objetivo do jogo é verificar qual jogador consegue o maior número de pares. Iniciado o jogo, a carta virada na mesa e as cartas da mão de um jogador são como no esquema:



Segundo as regras do jogo, quantas cartas da mão desse jogador podem formar um par com a carta da mesa?

(A) 9
(B) 7
(C) 5
(D) 4
(E) 3

resolução em vídeo

Resolução

Ideia-chave: formar par é ter o mesmo *valor*, não os mesmos algarismos. Converta tudo para decimal.

Carta da mesa: $\frac{6}{8} = \frac{3}{4} = 3 \div 4 = \mathbf{0{,}75}$.

Cartas da mão em decimal:

75%	3,4	34%	0,75	4,3	7,5	$\frac{4}{3}$	6,8	$\frac{3}{4}$
0,75	3,4	0,34	**0,75**	4,3	7,5	1,33...	6,8	**0,75**
par			par					par

São 3 pares. **Resposta: E.**

As alternativas erradas contam cartas que só *parecem* iguais: 3,4 e 34% "parecem" $\frac{3}{4}$; 6,8 "parece" $\frac{6}{8}$; 7,5 "parece" 75%; $\frac{4}{3}$ tem os algarismos de $\frac{3}{4}$ invertidos.

No ENEM, acertaram esta questão 40% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 2 (Enem 2024, questão 167 do caderno azul)

Atualmente, há telefones celulares com telas de diversos tamanhos e em formatos retangulares. Alguns deles apresentam telas medindo $3\frac{1}{2}$ polegadas, com determinadas especificações técnicas. Além disso, em muitos modelos, com a inclusão de novas funções no celular, suas telas ficaram maiores, sendo muito comum encontrarmos atualmente telas medindo $4\frac{5}{6}$ polegadas, conforme a figura.



Disponível em: www.tecmundo.com.br.
Acesso em: 5 nov. 2014 (adaptado).

A diferença de tamanho, em valor absoluto, entre as medidas, em polegada, das telas do celular 2 e do celular 1, representada apenas com uma casa decimal, é

(A) 0,1.
(B) 0,5.
(C) 1,0.
(D) 1,3.
(E) 1,8.

resolução em vídeo

Passo 1: escreva os números mistos como frações. $3\frac{1}{2} = \frac{6}{2} + \frac{1}{2}$ tem numerador _____; $4\frac{5}{6} = \frac{24}{6} + \frac{5}{6}$ tem numerador _____.

Passo 2: iguale os denominadores: $\frac{7}{2}$ é igual a quantos sextos? _____

Passo 3: subtraia: $\frac{29}{6} - \frac{21}{6}$ dá _____ sextos, isto é, $\frac{4}{3}$.

Passo 4: passe para decimal com uma casa: $4 \div 3 \approx$ _____. Alternativa _____.

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 324.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 324.

Questão 3 (Enem 2023, questão 153 do caderno azul)

Um supermercado conta com cinco caixas disponíveis para pagamento. Foram instaladas telas que apresentam o tempo médio gasto por cada caixa para iniciar e finalizar o atendimento de cada cliente, e o número de pessoas presentes na fila de cada caixa em tempo real. Um cliente, na hora de passar sua compra, sabendo que cada um dos cinco caixas iniciará um novo atendimento naquele momento, pretende gastar o menor tempo possível de espera na fila. Ele observa que as telas apresentavam as informações a seguir.

- Caixa I: atendimento 12 minutos, 5 pessoas na fila.
- Caixa II: atendimento 6 minutos, 9 pessoas na fila.
- Caixa III: atendimento 5 minutos, 6 pessoas na fila.
- Caixa IV: atendimento 15 minutos, 2 pessoas na fila.
- Caixa V: atendimento 9 minutos, 3 pessoas na fila.

Para alcançar seu objetivo, o cliente deverá escolher o caixa

resolução em vídeo

A) I. B) II. C) III. D) IV. E) V.

Questão 4 (Enem 2012, questão 155 do caderno azul)

Uma pesquisa realizada por estudantes da Faculdade de Estatística mostra, em horas por dia, como os jovens entre 12 e 18 anos gastam seu tempo, tanto durante a semana (de segunda-feira a sexta-feira), como no fim de semana (sábado e domingo). A seguinte tabela ilustra os resultados da pesquisa.

Rotina Juvenil	Durante a semana	No fim de semana
Assistir à televisão	3	3
Atividades domésticas	1	1
Atividades escolares	5	1
Atividades de lazer	2	4
Descanso, higiene e alimentação	10	12
Outras atividades	3	3

De acordo com esta pesquisa, quantas horas de seu tempo gasta um jovem entre 12 e 18 anos, na semana inteira (de segunda-feira a domingo), nas atividades escolares?

A) 20

B) 21

C) 24

D) 25

E) 27

resolução em vídeo

Questão 5 (Enem 2022, questão 177 do caderno azul)

Uma pessoa precisa contratar um operário para fazer um serviço em sua casa. Para isso, ela postou um anúncio em uma rede social.
Cinco pessoas responderam informando preços por hora trabalhada, gasto diário com transporte e tempo necessário para conclusão do serviço, conforme valores apresentados no quadro.

Operário	Preço por hora (real)	Preço do transporte (real)	Tempo até conclusão (hora)
I	120	0,00	8
II	180	0,00	6
III	170	20,00	6
IV	110	10,00	9
V	110	0,00	10

Se a pessoa pretende gastar o mínimo possível com essa contratação, irá contratar o operário

resolução em vídeo

A) I. B) II. C) III. D) IV. E) V.

Questão 6 (Enem 2025, questão 146 do caderno azul)

No atletismo, um grande desafio da prova de 100 metros rasos é a sua conclusão num tempo abaixo da marca de referência dos 10,00 segundos. Vários atletas já alcançaram esse feito. Em 2009, o jamaicano Usain Bolt estabeleceu o recorde mundial masculino dessa prova, com o tempo de 9,58 segundos.

Qual é a diferença, em segundo, entre a marca de referência e a marca estabelecida por Usain Bolt em 2009?

resolução em vídeo

A) 0,02 B) 0,42 C) 0,52 D) 1,02 E) 1,42

Questão 7 (Enem 2024, questão 139 do caderno azul)

Um artesão utiliza dois tipos de componentes, X e Y, nos enfeites que produz. Ele sempre compra todos os componentes em uma mesma loja. O quadro apresenta os preços dos dois tipos de componentes nas lojas I e II.

Loja I: X custa R$ 3,00 e Y custa R$ 1,00.

Loja II: X custa R$ 2,00 e Y custa R$ 4,00.

Ele confeccionará enfeites formados por duas unidades do componente X e uma unidade do componente Y e efetuará a compra na loja que oferecer o menor valor total para a confecção de um enfeite.

O artesão efetuará a compra na loja

A) I, pois o valor é R$ 7,00.

B) I, pois o valor é R$ 4,00.

C) II, pois o valor é R$ 6,00.

D) I, pois anuncia o componente com o menor preço.

E) II, pois o componente X, que é o mais utilizado, tem menor preço.

resolução em vídeo

Questão 8 (Enem 2025, questão 168 do caderno azul)

Em um país, a primeira etapa para obtenção da carteira de motorista é a contratação de três produtos:

- pacote com 20 aulas teóricas;
- pacote com 10 aulas práticas;
- aluguel do veículo para realização das aulas práticas.

Uma pessoa que pretende obter a carteira de motorista pesquisou o valor do aluguel do veículo e os valores de cada aula teórica e de cada aula prática em três autoescolas. O quadro apresenta esses valores.
Ela contratará os três produtos numa mesma autoescola de modo que o custo total nessa primeira etapa seja o menor possível.

Autoescola	Aula teórica (R$)	Aula prática (R$)	Aluguel do veículo (R$)
I	10	80	400
II	30	50	200
III	20	40	400

A autoescola que será contratada é a

A) I, com o custo total de R$ 1 400,00.

B) II, com o custo total de R$ 280,00.

C) II, com o custo total de R$ 1 300,00.

D) III, com o custo total de R$ 460,00.

E) III, com o custo total de R$ 1 200,00.

resolução em vídeo

Questão 9 (Enem 2018, questão 172 do caderno azul)

Na teoria das eleições, o Método de Borda sugere que, em vez de escolher um candidato, cada juiz deve criar um ranking de sua preferência para os concorrentes (isto é, criar uma lista com a ordem de classificação dos concorrentes). A este ranking é associada uma pontuação: um ponto para o último colocado no ranking, dois pontos para o penúltimo, três para o antepenúltimo, e assim sucessivamente. Ao final, soma-se a pontuação atribuída a cada concorrente por cada um dos juízes.
Em uma escola houve um concurso de poesia no qual cinco alunos concorreram a um prêmio, sendo julgados por 25 juízes. Para a escolha da poesia vencedora foi utilizado o Método de Borda. Nos quadros, estão apresentados os rankings dos juízes e a frequência de cada ranking.
A poesia vencedora foi a de

resolução em vídeo

A) Edu. B) Dani. C) Caio. D) Bia. E) Ana.

Questão 10 (Enem 2014, questão 174 do caderno azul)

Durante uma epidemia de uma gripe viral, o secretário de saúde de um município comprou 16 galões de álcool em gel, com 4 litros de capacidade cada um, para distribuir igualmente em recipientes para 10 escolas públicas do município. O fornecedor dispõe à venda diversos tipos de recipientes, com suas respectivas capacidades listadas: Recipiente I: 0,125 litro; Recipiente II: 0,250 litro; Recipiente III: 0,320 litro; Recipiente IV: 0,500 litro; Recipiente V: 0,800 litro.
O secretário de saúde comprará recipientes de um mesmo tipo, de modo a instalar 20 deles em cada escola, abastecidos com álcool em gel na sua capacidade máxima, de forma a utilizar todo o gel dos galões de uma só vez.
Que tipo de recipiente o secretário de saúde deve comprar?

resolução em vídeo

A) I B) II C) III D) IV E) V

Questão 11 (Enem 2012, questão 167 do caderno azul)

Nos shopping centers costumam existir parques com vários brinquedos e jogos. Os usuários colocam créditos em um cartão, que são descontados por cada período de tempo de uso dos jogos. Dependendo da pontuação da criança no jogo, ela recebe um certo número de tíquetes para trocar por produtos nas lojas dos parques.
Suponha que o período de uso de um brinquedo em certo shopping custa R$ 3,00 e que uma bicicleta custa 9 200 tíquetes.
Para uma criança que recebe 20 tíquetes por período de tempo que joga, o valor, em reais, gasto com créditos para obter a quantidade de tíquetes para trocar pela bicicleta é

resolução em vídeo

A) 153. B) 460. C) 1 218. D) 1 380. E) 3 066.

Questão 12 (Enem 2025, questão 141 do caderno azul)

Uma distribuidora de combustível possui caminhões-tanque com capacidade de 30 000 litros cada. Em qualquer transporte realizado por esses caminhões, um mesmo volume de combustível é descartado, pois fica com muitas impurezas. Esse volume descartado independe da quantidade transportada.
Um posto de combustível encomendou 10 000 litros de gasolina dessa distribuidora, que enviou 10 200 litros, considerando o volume descartado no transporte. Mesmo assim, a quantidade de gasolina entregue ao posto foi de 9 900 litros.
Em um novo pedido, esse posto solicitou que fosse entregue exatamente o dobro do volume de gasolina encomendado no pedido anterior.
Utilizando o mesmo caminhão da entrega anterior, qual é o volume mínimo de gasolina, em litro, que a distribuidora deverá enviar para garantir a entrega da quantidade encomendada nesse novo pedido?

resolução em vídeo

A) 20 100 B) 20 200 C) 20 300 D) 20 400 E) 20 600

Questão 13 (Enem 2020, questão 159 do caderno azul)

Uma pessoa precisa comprar 15 sacos de cimento para uma reforma em sua casa. Faz pesquisa de preço em cinco depósitos que vendem o cimento de sua preferência e cobram frete para entrega do material, conforme a distância do depósito à sua casa. As informações sobre preço do cimento, valor do frete e distância do depósito até a casa dessa pessoa estão apresentadas no quadro.
A pessoa escolherá um desses depósitos para realizar sua compra, considerando os preços do cimento e do frete oferecidos em cada opção.

Depósito	Valor do saco de cimento (R$)	Valor do frete por km (R$)	Distância (km)
A	23,00	1,00	10
B	21,50	3,00	12
C	22,00	1,50	14
D	21,00	3,50	18
E	24,00	2,50	2

Se a pessoa decidir pela opção mais econômica, o depósito escolhido para a realização dessa compra será o

resolução em vídeo

A) A. B) B. C) C. D) D. E) E.

Questão 14 (Enem 2010, questão 155 do caderno azul)

Uma escola recebeu do governo uma verba de R$ 1000,00 para enviar dois tipos de folhetos pelo correio. O diretor da escola pesquisou que tipos de selos deveriam ser utilizados. Concluiu que, para o primeiro tipo de folheto, bastava um selo de R$ 0,65 enquanto para folhetos do segundo tipo seriam necessários três selos, um de R$ 0,65, um de R$ 0,60 e um de R$ 0,20. O diretor solicitou que se comprassem selos de modo que fossem postados exatamente 500 folhetos do segundo tipo e uma quantidade restante de selos que permitisse o envio do máximo possível de folhetos do primeiro tipo.
Quantos selos de R$ 0,65 foram comprados?

resolução em vídeo

A) 476 B) 675 C) 923 D) 965 E) 1 538

Comparação e ordenação de números

Matemática

Antes de ler: tente responder

1. Qual é maior: 2,3 ou 2,25?
2. Coloque em ordem crescente: 0,5; 0,05; 0,45.
3. Qual dos dois está mais perto de 5: 5,04 ou 4,97?

Respostas no Gabarito, na página 324. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

Comparar dois números é decidir qual deles é maior; ordenar uma lista é colocá-la em ordem crescente ou decrescente. Parece simples, mas exige saber o que "maior" significa em cada tipo de número (inteiros negativos, decimais, frações, potências) e como as desigualdades se comportam nas contas.

Cores deste capítulo: **azul** = os números comparados; **roxo** = o alvo ou a casa que decide; **verde** = o vencedor.

A relação de ordem

Escrevemos $a < b$ ("a é menor que b") quando a diferença $b - a$ é positiva; $a > b$ quando $a - b$ é positiva. Os símbolos $\leq$ e $\geq$ incluem a igualdade: $x \leq 5$ quer dizer "x é menor que 5 ou igual a 5". Dois números quaisquer sempre se comparam de um, e só um, dos três modos: $a < b$, $a = b$ ou $a > b$. E a ordem é **transitiva**: se $a < b$ e $b < c$, então $a < c$; por isso uma lista pode ser posta em fila.

Na reta numérica, $a < b$ significa que a fica *à esquerda* de b. Daí a regra para os negativos: $-7 < -3$, porque -7 está mais à esquerda (pense em temperaturas: $-7\,°C$ é mais frio que $-3\,°C$). Entre dois negativos, é menor o de **maior módulo**. Todo negativo é menor que zero, e zero é menor que todo positivo.

Ordem crescente vai do menor para o maior ($-3 < 0{,}5 < 2$); **decrescente**, do maior para o menor. Um intervalo de valores aceitáveis se escreve com duas desigualdades: "altura entre 0,40 m e 1,35 m" é $0{,}40 \leq h \leq 1{,}35$; um valor só serve se cumprir as duas ao mesmo tempo.

Comparar decimais: o valor de cada casa

No sistema decimal, cada casa vale 10 vezes menos que a casa à sua esquerda. Depois da vírgula vêm os **décimos** ($\frac{1}{10}$), os **centésimos** ($\frac{1}{100}$) e os **milésimos** ($\frac{1}{1\,000}$). Assim, $2{,}25 = 2 + \frac{2}{10} + \frac{5}{100}$.

Para comparar, ponha os números num quadro de ordens, um embaixo do outro, **alinhados pela vírgula**, e complete com zeros à direita:

unidade	décimo	centésimo	milésimo
2	3	0	0
2	2	5	0

mesma unidade (2);
a 1ª casa diferente decide:
3 décimos > 2 décimos
$\Rightarrow 2{,}3 > 2{,}25$

$$2{,}3 = 2{,}30 \quad > \quad 2{,}25$$

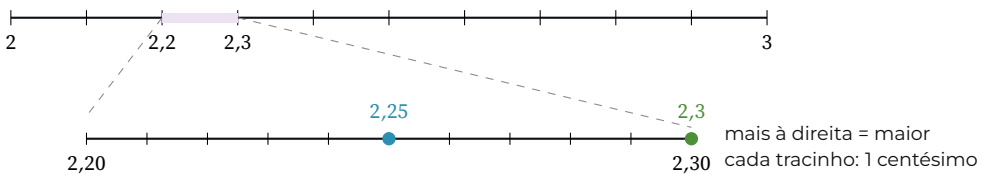
com o mesmo número de casas: 230 centésimos é mais que 225 centésimos

A regra, então:

1. Compare as partes inteiras. A maior vence.
2. Se forem iguais, compare **casa a casa** depois da vírgula, da esquerda para a direita. A **primeira casa diferente** decide; o que vem depois não importa mais.

Por que a primeira casa diferente decide? Porque uma casa vale mais que *todas* as seguintes juntas: mesmo que todas as casas seguintes (em número finito) sejam 9, elas somam menos que uma unidade da casa anterior ($0{,}0999 < 0{,}1$). Acrescentar zeros à *direita da última casa decimal* não muda o valor ($2{,}3 = 2{,}30 = 2{,}300$), porque são zero centésimos, zero milésimos. Já um zero *logo depois da vírgula* muda tudo: 0,05 é cinco centésimos, dez vezes menos que 0,5. Por isso o número de algarismos não diz nada sobre o tamanho de um decimal: $0{,}5 > 0{,}4999$.

Na reta, o maior é o que fica mais à direita. Ampliar um trecho da reta mostra por que 2,3 passa de 2,25:



Para números negativos a regra se inverte: $-2{,}3 < -2{,}25$, porque $-2{,}3$ está mais longe do zero, para a esquerda.

Comparar frações

Para frações de denominadores positivos há três caminhos, todos equivalentes:

- **dividir** e comparar os decimais: $\frac{3}{5} = 0{,}6$ e $\frac{5}{8} = 0{,}625$, logo $\frac{3}{5} < \frac{5}{8}$;
- **igualar os denominadores**: $\frac{3}{5} = \frac{24}{40}$ e $\frac{5}{8} = \frac{25}{40}$; com partes do mesmo tamanho, vence quem tem mais partes;
- **produtos cruzados**: $\frac{a}{b} < \frac{c}{d}$ exatamente quando $a \cdot d < b \cdot c$. É o segundo caminho resumido: multiplicar os dois lados pelo número positivo $b \cdot d$ não muda o sentido da desigualdade. Aqui, $3 \cdot 8 = 24 < 5 \cdot 5 = 25$.

Dois casos se resolvem sem conta: com o **mesmo denominador**, é maior a de maior numerador; com o **mesmo numerador**, é maior a de *menor* denominador ($\frac{2}{7} > \frac{2}{9}$: o mesmo número de partes, só que maiores).

Sempre há um número entre dois. Entre dois racionais diferentes existe outro, por exemplo a média deles: entre $\frac{1}{3}$ e $\frac{1}{2}$ está $\frac{1}{2}\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{2}\right) = \frac{5}{12}$. Repetindo o argumento, há infinitos racionais entre dois quaisquer. Por isso não existe "o próximo racional depois de 0,5", ao contrário dos inteiros, em que o sucessor de 5 é 6.

Desigualdades nas contas

Saber como as operações mexem na ordem evita contas desnecessárias. Se $a < b$, então:

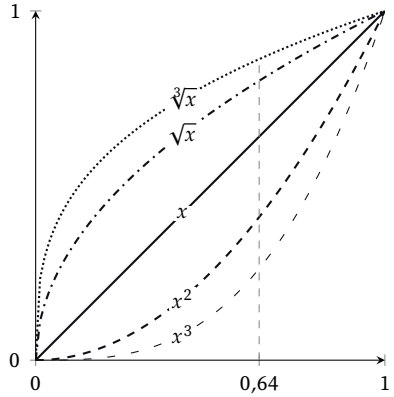
- $a + c < b + c$ para qualquer c: somar (ou subtrair) o mesmo número dos dois lados **mantém** o sentido;
- $a \cdot c < b \cdot c$ se $c > 0$: multiplicar por positivo **mantém** o sentido;

- $a \cdot c > b \cdot c$ se $c < 0$: multiplicar por negativo **inverte** o sentido. Exemplo: $2 < 3$, mas $-2 > -3$; e $-1 < 4$ dá, vezes -2, $2 > -8$. Motivo: multiplicar por -1 espelha a reta em torno do zero, e o que estava à esquerda passa para a direita;
- se $0 < a < b$, então $\frac{1}{a} > \frac{1}{b}$: dividir uma pizza entre mais pessoas dá pedaços menores ($\frac{1}{4} > \frac{1}{5}$).

Potências e raízes entre 0 e 1. Multiplicar por um número maior que 1 aumenta; multiplicar por um número entre 0 e 1 *diminui*. Logo, se $0 < x < 1$, então $x^2 = x \cdot x < x$, e $x^3 < x^2$. As raízes fazem o contrário: $\sqrt{x} > x$, porque $\sqrt{x}$ é o número cujo quadrado é x, e o quadrado de um número entre 0 e 1 é menor que ele. Para $0 < x < 1$:

$$x^3 < x^2 < x < \sqrt{x} < \sqrt[3]{x}$$

Com $x = 0{,}64$: $x^3 \approx 0{,}26$, $x^2 \approx 0{,}41$, $\sqrt{x} = 0{,}8$ e $\sqrt[3]{x} \approx 0{,}86$. Para $x > 1$ a ordem se inverte toda: $2^3 = 8 > 2^2 = 4 > 2 > \sqrt{2} \approx 1{,}41$.

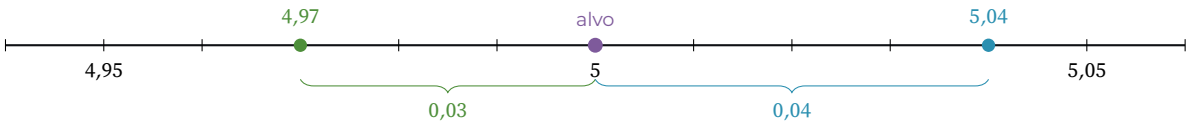


Mais próximo de um valor

"Mais próximo" é **menor distância**. A distância entre dois números é o módulo da diferença, seja o número maior ou menor que o alvo:

$$d = |\, x - \text{alvo} \,|$$

subtraia o menor do maior: a distância nunca é negativa



O 4,97 fica abaixo do alvo, mas mais perto: $5 - 4{,}97 = 0{,}03$, contra $5{,}04 - 5 = 0{,}04$. Os candidatos dos dois lados do alvo têm de entrar na comparação.

Comparar razões: concentração e rendimento

Quando duas misturas, dois produtos ou dois desempenhos têm tamanhos diferentes, comparar as quantidades soltas não diz qual é "mais forte" ou "mais eficiente". Compara-se a **razão**: quantidade por unidade (gramas por mililitro, quilômetros por litro, gols por jogo). Um suco A tem 30 g de polpa em 200 mL; um suco B, 40 g em 250 mL. B tem mais polpa no total, mas também mais líquido. Por mililitro: A $= \frac{30}{200} = 0{,}15$ g/mL e B $= \frac{40}{250} = 0{,}16$ g/mL. B é mais concentrado, por pouco. Comparar razões é comparar frações, com qualquer um dos três caminhos acima.

Ordenar com critérios de desempate

Em classificações (quadro de medalhas, notas de concurso), ordena-se pelo **primeiro critério**; só em caso de empate nele se olha o segundo, e assim por diante. Essa é a **ordem lexicográfica**, a mesma do dicionário (compara-se a 1ª letra; só se empatar, a 2ª) e a mesma dos decimais casa a casa: o primeiro critério é a "casa" mais importante. No quadro de medalhas com o critério "ouro, depois prata, depois

bronze", um país com 1 ouro fica à frente de outro com 0 ouro e 10 pratas. O total de medalhas não entra, porque não é critério.

Por que funciona Por que completar com zeros funciona? Porque cada casa depois da vírgula tem um valor fixo: décimo, centésimo, milésimo. Com o mesmo número de casas, os dois números passam a ser contados na mesma unidade (2,30 e 2,25 viram "230 centésimos" e "225 centésimos"), e aí basta comparar números inteiros. Igualar denominadores de frações é a mesma ideia: contar tudo na mesma unidade antes de comparar.

Armadilha Julgar o tamanho pelo número de algarismos. 68,21 parece "curto", mas passa 210 milésimos de 68; e 68,012 tem mais algarismos que 68,02, mas é menor (12 contra 20 milésimos). Do mesmo modo, 3,099 não está "quase em 4": está quase 1 inteiro abaixo.

Armadilha Escolher o "mais próximo" sem calcular as distâncias dos dois lados. Para o alvo 4, o 3,970 está a 0,030, mas o 4,025 está a 0,025; para o alvo 3, o 2,96 está a 0,040 e perde para o 3,021, a 0,021.

Armadilha Comparar quantidades totais quando a pergunta é sobre concentração. O pão com mais fibra (7 g em 70 g, isto é, 10%) perde para o de 5 g em 40 g (12,5%). Divida antes de comparar.

Armadilha Usar o total como critério de classificação. No quadro de medalhas, mais medalhas no total não põem um país à frente de outro com mais ouros ou, empatado nos ouros, com mais pratas.

Armadilha Achar que potência maior sempre dá número maior. Para $0 < x < 1$, x^3 é o *menor* de $x^3, x^2, x, \sqrt{x}, \sqrt[3]{x}$, e $\sqrt[3]{x}$ é o maior.

Exemplo resolvido

Questão 15 (Enem 2011, questão 136 do caderno azul)

O dono de uma oficina mecânica precisa de um pistão das partes de um motor, de 68 mm de diâmetro, para o conserto de um carro. Para conseguir um, esse dono vai até um ferro velho e lá encontra pistões com diâmetros iguais a 68,21 mm; 68,102 mm; 68,001 mm; 68,02 mm e 68,012 mm.

Para colocar o pistão no motor que está sendo consertado, o dono da oficina terá de adquirir aquele que tenha o diâmetro mais próximo do que precisa.

Nessa condição, o dono da oficina deverá comprar o pistão de diâmetro

resolução em vídeo

A) 68,21 mm. B) 68,102 mm. C) 68,02 mm. D) 68,012 mm. E) 68,001 mm.

Resolução

Ideia-chave: todos os pistões passam do alvo de 68 mm; o que importa é *quanto* passam. Alinhe pela vírgula e complete com zeros até três casas.

diâmetro (mm)	68,21	68,102	68,001	68,02	68,012
com 3 casas	68,210	68,102	68,001	68,020	68,012
excesso (milésimos de mm)	210	102	**1**	20	12

O menor excesso é 1 milésimo: o pistão de 68,001 mm. **Resposta: E.**
Quem compara "de olho" acha que 68,21 é pequeno por ser curto, mas ele passa 210 milésimos; e 68,02 é maior que 68,012 (20 contra 12 milésimos).

No ENEM, acertaram esta questão 64% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 16 (Enem 2015, questão 173 do caderno azul)

Deseja-se comprar lentes para óculos. As lentes devem ter espessuras mais próximas possíveis da medida 3 mm. No estoque de uma loja, há lentes de espessuras: 3,10 mm; 3,021 mm; 2,96 mm; 2,099 mm e 3,07 mm.
Se as lentes forem adquiridas nessa loja, a espessura escolhida será, em milímetros, de

resolução em vídeo

A) 2,099. B) 2,96. C) 3,021. D) 3,07. E) 3,10.

Passo 1: escreva todas as espessuras com três casas decimais: 3,100; 3,021; 2,960; 2,099; 3,_____.

Passo 2: calcule a distância de cada uma até o alvo 3,000 (para os dois lados): 0,100; 0,021; _____; 0,901; 0,070.

Passo 3: a menor distância é _____, da lente de _____ mm. Alternativa _____.

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 324.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 324.

Questão 17 (Enem 2016, questão 154 do caderno azul)

Cinco marcas de pão integral apresentam as seguintes concentrações de fibras (massa de fibra por massa de pão):
Marca A: 2 g de fibras a cada 50 g de pão; Marca B: 5 g de fibras a cada 40 g de pão; Marca C: 5 g de fibras a cada 100 g de pão; Marca D: 6 g de fibras a cada 90 g de pão; Marca E: 7 g de fibras a cada 70 g de pão.
Recomenda-se a ingestão do pão que possui a maior concentração de fibras.
A marca a ser escolhida é

resolução em vídeo

A) A. B) B. C) C. D) D. E) E.

Questão 18 (Enem 2010, questão 140 do caderno azul)

A classificação de um país no quadro de medalhas nos Jogos Olímpicos depende do número de medalhas de ouro que obteve na competição, tendo como critérios de desempate o número de medalhas de prata seguido do número de medalhas de bronze conquistados. Nas Olimpíadas de 2004, o Brasil foi o décimo sexto colocado no quadro de medalhas, tendo obtido 5 medalhas de ouro, 2 de prata e 3 de bronze. Parte desse quadro de medalhas é reproduzida a seguir.

Classificação	País	Medalhas de ouro	Medalhas de prata	Medalhas de bronze	Total de medalhas
8º	Itália	10	11	11	32
9º	Coreia do Sul	9	12	9	30
10º	Grã-Bretanha	9	9	12	30
11º	Cuba	9	7	11	27
12º	Ucrânia	9	5	9	23
13º	Hungria	8	6	3	17

Disponível em: http://www.quadroademedalhas.com.br. Acesso em: 05 abr. 2010 (adaptado).

Se o Brasil tivesse obtido mais 4 medalhas de ouro, 4 de prata e 10 de bronze, sem alteração no número de medalhas dos demais países mostrados no quadro, qual teria sido a classificação brasileira no quadro de medalhas das Olimpíadas de 2004?

A) 13º
B) 12º
C) 11º
D) 10º
E) 9º

resolução em vídeo

Questão 19 (Enem 2017, questão 157 do caderno azul)

Uma pessoa ganhou uma pulseira formada por pérolas esféricas, na qual faltava uma das pérolas. Ela levou a joia a um joalheiro, que verificou que a medida do diâmetro dessas pérolas era 4 milímetros. Em seu estoque, as pérolas do mesmo tipo e formato, disponíveis para reposição, tinham diâmetros iguais a: 4,025 mm; 4,100 mm; 3,970 mm; 4,080 mm e 3,099 mm.

O joalheiro então colocou na pulseira a pérola cujo diâmetro era o mais próximo do diâmetro das pérolas originais.

A pérola colocada na pulseira pelo joalheiro tem diâmetro, em milímetro, igual a

resolução em vídeo

A) 3,099. B) 3,970. C) 4,025. D) 4,080. E) 4,100.

Velocidade média e movimento uniforme

Física

Antes de ler: tente responder

1. Um carro anda 60 km em 30 min. Qual é a velocidade média dele, em km/h?
2. Você vai a uma cidade a 60 km/h e volta a 40 km/h pela mesma estrada. A velocidade média da viagem inteira é 50 km/h?
3. Quantos m/s são 72 km/h?

Respostas no Gabarito, na página 324. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

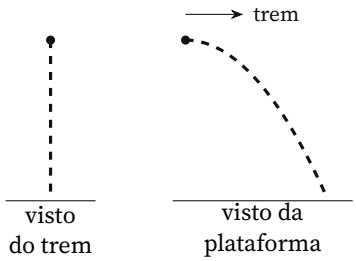
Cores deste capítulo: **azul** = posição do móvel nas figuras e gráficos; **roxo** = deslocamento e intervalo de tempo medidos na figura (a inclinação); **verde** = resultado.

A **Cinemática** é a parte da Mecânica que descreve os movimentos (onde o corpo está, com que rapidez anda, quanto tempo leva) sem perguntar pelas causas. As causas (forças) ficam para a Dinâmica. Neste capítulo construímos as ideias básicas da Cinemática e estudamos o movimento mais simples de todos: o de velocidade constante.

Referencial: movimento e repouso são relativos

Um passageiro sentado num ônibus está em repouso ou em movimento? Depende de *em relação a quê*. Em relação ao banco, ele está parado; em relação à calçada, ele anda a 60 km/h junto com o ônibus. O corpo (ou conjunto de corpos) em relação ao qual descrevemos um movimento chama-se **referencial**. Um corpo está em **movimento** em relação a um referencial quando sua posição em relação a ele muda com o tempo; está em **repouso** quando ela não muda. Não existe movimento "absoluto": toda afirmação sobre movimento pressupõe um referencial, mesmo quando ele não é dito. Na maior parte dos problemas o referencial é o chão (a Terra).

A própria **trajetória**, a linha formada pelas posições sucessivas do corpo, depende do referencial. Um passageiro de um trem em velocidade constante solta uma moeda. Para ele, a moeda cai em linha reta vertical. Para uma pessoa parada na plataforma, a moeda também avança junto com o trem enquanto cai, e a trajetória é uma curva (um arco de parábola, como se verá no capítulo de lançamentos). As duas descrições estão certas; cada uma vale no seu referencial.



Ponto material e corpo extenso. Quando as dimensões de um corpo são desprezíveis diante das distâncias envolvidas, tratamos o corpo como um **ponto material**: interessa onde ele está, não o seu tamanho. Um carro numa viagem de 300 km é um ponto material; o mesmo carro manobrando numa vaga de 5 m não é. Um trem de 200 m atravessando uma ponte de 400 m também não é: o comprimento dele entra na conta (veja adiante). A classificação depende do problema, não do corpo.

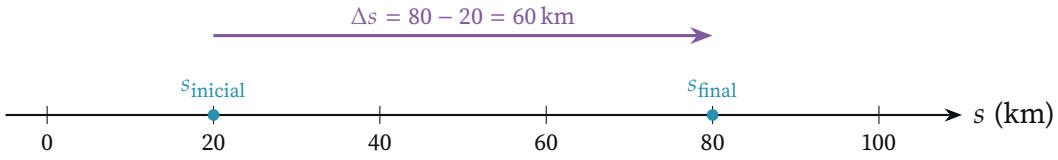
Posição, deslocamento e distância percorrida

Para localizar um corpo ao longo da trajetória, escolhemos um ponto de origem (o marco zero) e um sentido positivo, como os marcos quilométricos de uma rodovia. A **posição** (ou *espaço*) s é a medida,

com sinal, da origem até o corpo. A posição não diz quanto o corpo andou: um carro no "km 80" pode ter partido do km 79. O **deslocamento** (escalar) é a variação da posição:

$$\Delta s = s_{\text{final}} - s_{\text{inicial}}$$

a letra grega Δ (delta) indica "variação": valor final menos valor inicial



O deslocamento é *positivo* quando o corpo termina adiante de onde começou (no sentido escolhido como positivo), *negativo* quando termina atrás, e *nulo* quando volta ao ponto de partida. Já a **distância percorrida** d é o total que o corpo de fato andou, somando cada trecho sem sinal; ela nunca é negativa e nunca é menor que o valor absoluto do deslocamento: $d \geq |\Delta s|$. As duas coincidem só quando o corpo anda sempre no mesmo sentido.

Exemplo. Um ônibus sai do km 20, vai até o km 80 e volta ao km 50. Deslocamento: $\Delta s = 50 - 20 =$ **30 km**. Distância percorrida: $60 + 30 =$ **90 km**.

Velocidade média e velocidade instantânea

A **velocidade escalar média** num intervalo de tempo é o deslocamento dividido pela duração do intervalo:

$$v_m = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Δs: deslocamento; $\Delta t = t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}}$: tempo decorrido; no SI, a unidade é m/s

Ela é uma *taxa*: diz quantos metros (ou quilômetros) a posição muda, em média, a cada segundo (ou hora). Não diz como o corpo andou em cada instante. Ele pode ter parado, acelerado ou freado; v_m é a velocidade *constante* que, no mesmo tempo, produziria o mesmo deslocamento. O sinal de v_m é o sinal de Δs. Quando se divide a *distância percorrida* pelo tempo, obtém-se a **velocidade média da viagem**, que é o que o ENEM e o motorista entendem por "média da viagem". As duas contas dão o mesmo resultado quando o corpo não inverte o sentido.

Exemplo. Um ciclista vai do km 20 ao km 80 em 2 h: $v_m = \dfrac{60\text{ km}}{2\text{ h}} =$ **30 km/h**. Isso não significa que o velocímetro marcou 30 o tempo todo; significa que, em média, ele avançou 30 km a cada hora.

Isolando cada grandeza na mesma relação, obtemos as outras duas formas, úteis para achar distância ou tempo:

$$\Delta s = v_m \cdot \Delta t \qquad\qquad \Delta t = \frac{\Delta s}{v_m}.$$

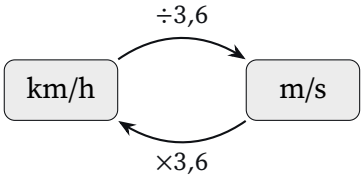
A **velocidade instantânea** v é a que o corpo tem num instante determinado, a que o velocímetro mostra. Ela é a velocidade média calculada num intervalo de tempo tão curto que, dentro dele, a velocidade praticamente não muda. É assim que um radar fixo funciona: dois sensores no asfalto, separados por poucos metros, medem o tempo que o carro leva entre eles, e $v \approx \Delta s/\Delta t$ nesse trecho curtíssimo.

Quanto ao sinal, se $v > 0$ o corpo anda no sentido positivo da trajetória e o movimento é **progressivo** (as posições crescem); se $v < 0$ ele anda no sentido contrário e o movimento é **retrógrado** (as posições diminuem).

Unidades: km/h e m/s

No Sistema Internacional (SI), distância se mede em metros, tempo em segundos e velocidade em m/s. No dia a dia se usa km/h. Como $1\,\text{km} = 1000\,\text{m}$ e $1\,\text{h} = 3600\,\text{s}$,

$$1\,\frac{\text{km}}{\text{h}} = \frac{1000\,\text{m}}{3600\,\text{s}} = \frac{1}{3{,}6}\,\frac{\text{m}}{\text{s}}.$$



Por isso se *divide* por 3,6 para passar de km/h para m/s, e se *multiplica* por 3,6 para voltar.

Exemplos. $72\,\text{km/h} \div 3{,}6 = \mathbf{20\,m/s}$; $15\,\text{m/s} \times 3{,}6 = \mathbf{54\,km/h}$; $18\,\text{min} = \frac{18}{60}\,\text{h} = \mathbf{0{,}3\,h}$.

Antes de qualquer conta, ponha distância, tempo e velocidade em unidades compatíveis (km, h e km/h, ou m, s e m/s). A tabela dá a ordem de grandeza de algumas velocidades, útil para conferir se um resultado faz sentido:

Movimento	m/s	km/h
pessoa caminhando	$\approx 1{,}4$	≈ 5
ciclista	≈ 5	≈ 18
carro na rodovia	≈ 28	≈ 100
avião comercial em cruzeiro	≈ 250	≈ 900
som no ar (cerca de 20 °C)	≈ 340	$\approx 1\,200$
luz no vácuo	$3{,}0 \times 10^8$	$1{,}08 \times 10^9$

Movimento uniforme (MU)

Um movimento é **uniforme** quando a velocidade escalar é constante e diferente de zero: o corpo percorre deslocamentos iguais em intervalos de tempo iguais, qualquer que seja o intervalo escolhido. Nesse caso a velocidade instantânea e a média são iguais em qualquer trecho. Se o movimento é ao longo de uma reta, chama-se **movimento retilíneo uniforme** (MRU).

Função horária. Seja s_0 a posição no instante $t = 0$ (a *posição inicial*). Até o instante t, o deslocamento é $\Delta s = v\,\Delta t = v\,(t - 0)$. Logo $s - s_0 = v\,t$, ou seja:

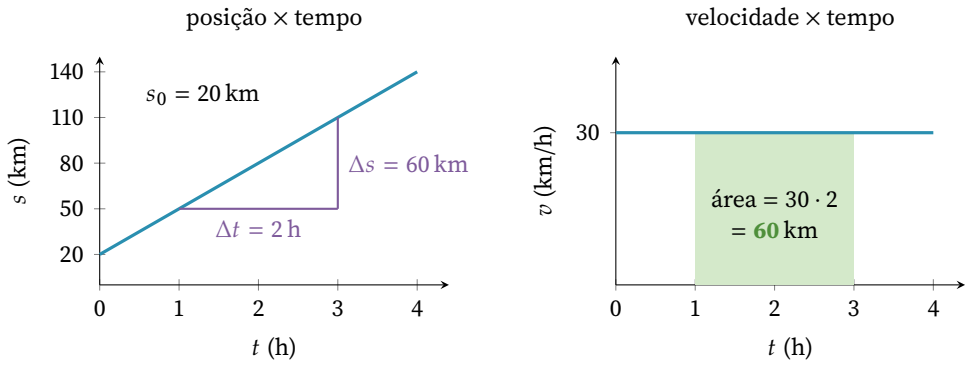
$$s = s_0 + v\,t$$

função horária do MU: dá a posição em cada instante; $v > 0$ progressivo, $v < 0$ retrógrado

Exemplo. Um carro passa pelo km 20 no instante zero e segue a 30 km/h no sentido crescente dos marcos: $s = 20 + 30\,t$ (s em km, t em h). Às 3 h ele está em $s = 20 + 90 = \mathbf{110\,km}$. Outro carro sai do km 100 rumo ao km 0 a 40 km/h: $s = 100 - 40\,t$; ele passa pela origem quando $100 - 40\,t = 0$, isto é, em $t = \mathbf{2{,}5\,h}$.

O MU é uma idealização. Nenhum carro real mantém a velocidade rigorosamente constante: há curvas, subidas, trânsito, e toda partida e toda parada exigem variação de velocidade. O modelo do MU vale quando essas variações são pequenas, ou curtas, diante do trecho estudado (piloto automático numa estrada plana, uma esteira de fábrica, o som e a luz num meio homogêneo). Quando a velocidade muda de forma apreciável, usa-se o movimento variado, assunto do próximo capítulo.

Gráficos do movimento uniforme



Os dois gráficos descrevem o mesmo carro, que sai do km 20 a 30 km/h ($s = 20 + 30\,t$).

Gráfico $s \times t$**.** Como $s = s_0 + v\,t$ é uma função do 1.º grau em t, o gráfico é uma *reta*. O ponto em que ela corta o eixo vertical é s_0. A inclinação da reta, $\Delta s/\Delta t$ medida nas unidades dos eixos, é a velocidade: aqui, $60/2 = 30$ km/h. Reta subindo: $v > 0$ (progressivo); reta descendo: $v < 0$ (retrógrado); quanto mais íngreme, maior a rapidez. Se a reta corta o eixo do tempo, esse é o instante em que o corpo passa pela origem. Uma reta horizontal indica repouso ($v = 0$).

Gráfico $v \times t$**.** A velocidade é constante, então o gráfico é um segmento horizontal, acima do eixo se $v > 0$ e abaixo se $v < 0$. A área entre o gráfico e o eixo do tempo, num intervalo, é o deslocamento nesse intervalo: base × altura $= \Delta t \cdot v = \Delta s$. Área abaixo do eixo conta como deslocamento negativo. Essa propriedade da área vale para qualquer gráfico $v \times t$, não só no MU, e será muito usada no próximo capítulo.

Exemplo de leitura. Um gráfico $s \times t$ é uma reta que passa por $(0\,\text{s};\ 50\,\text{m})$ e $(10\,\text{s};\ 0)$. Então $s_0 = 50$ m e $v = \dfrac{0 - 50}{10 - 0} = \mathbf{-5\ m/s}$: movimento retrógrado, função $s = 50 - 5\,t$, e o corpo passa pela origem em $t = 10$ s.

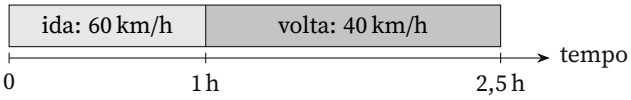
Velocidade média de uma viagem em trechos

Se a viagem tem trechos com velocidades diferentes, aplique a definição à viagem inteira: calcule o *tempo de cada trecho* com $\Delta t = \Delta s/v$, some os tempos (inclusive as paradas) e só no fim divida a distância total pelo tempo total:

$$v_m = \frac{\Delta s_1 + \Delta s_2 + \cdots}{\Delta t_1 + \Delta t_2 + \cdots}$$

é a mesma definição $\Delta s/\Delta t$, aplicada à viagem inteira

Exemplo (o do pré-teste). Ida de 60 km a 60 km/h e volta pela mesma estrada a 40 km/h. A ida leva $60/60 = 1$ h; a volta, $60/40 = 1{,}5$ h. São 120 km percorridos em 2,5 h, e a velocidade média da viagem é $120/2{,}5 = \mathbf{48\ km/h}$, e não 50. (Como o carro volta ao ponto de partida, o *deslocamento* total é zero. Quando se fala da velocidade média de uma viagem, como no ENEM, usa-se a *distância percorrida* dividida pelo tempo total.)



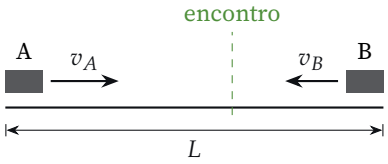
A figura mostra por que a média não é 50: a volta, mais lenta, *dura mais*, então pesa mais na média.

Dois casos particulares saem direto da definição:

- **Tempos iguais** em cada velocidade (t a v_1 e t a v_2): $v_m = \dfrac{v_1 t + v_2 t}{2t} = \dfrac{v_1 + v_2}{2}$. Só aqui a média aritmética está certa.
- **Distâncias iguais** (d a v_1 e d a v_2): $v_m = \dfrac{2d}{d/v_1 + d/v_2} = \dfrac{2\,v_1 v_2}{v_1 + v_2}$ (a média *harmônica*). Confira: $\dfrac{2 \cdot 60 \cdot 40}{100} = 48$ km/h.

Encontro e ultrapassagem

Dois móveis na mesma trajetória se encontram quando ocupam a mesma posição no mesmo instante. Com as funções horárias de ambos, escritas *no mesmo referencial* (mesma origem, mesmo sentido positivo e mesmo relógio), basta impor $s_A = s_B$.



Exemplo. A parte do km 0 a 60 km/h; no mesmo instante, B parte do km 100 em sentido oposto a 40 km/h. Funções: $s_A = 60\,t$ e $s_B = 100 - 40\,t$. Encontro: $60\,t = 100 - 40\,t \Rightarrow t = \mathbf{1\,h}$, na posição $s = \mathbf{60\,km}$, mais perto do ponto de partida de B, que é o mais lento.

Velocidade relativa. O mesmo resultado sai mais depressa raciocinando no referencial de um dos móveis. Para quem está em A, B se aproxima a $60 + 40 = 100$ km/h, e a distância de 100 km entre eles some em 1 h. Em geral, para móveis em MU na mesma reta:

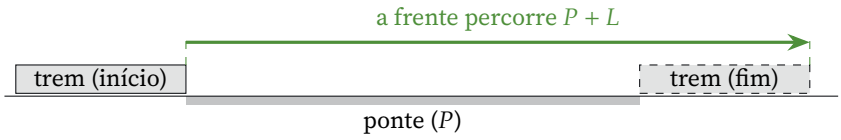
$$t_{\text{encontro}} = \frac{d}{v_A + v_B} \text{ (sentidos opostos)} \qquad t_{\text{alcance}} = \frac{d}{v_A - v_B} \text{ (mesmo sentido, } v_A > v_B)$$

d: distância inicial entre eles; a velocidade relativa tem módulo igual à soma ou à diferença dos módulos das velocidades

Exemplo. Um carro a 90 km/h está 1 km atrás de um caminhão a 70 km/h, no mesmo sentido. O carro ganha 20 km a cada hora, e alcança o caminhão em $1/20$ h = **3 min**.

Corpos extensos: o trem e a ponte

Quando o comprimento do móvel não é desprezível, é preciso escolher *um ponto* do corpo e acompanhá-lo. Para um trem de comprimento L atravessar *completamente* uma ponte de comprimento P, a frente do trem deve ir da entrada da ponte até o ponto em que a traseira sai dela, ou seja, a frente percorre $P + L$:



Exemplo. Um trem de 200 m a 20 m/s atravessa uma ponte de 400 m: $\Delta t = \dfrac{400 + 200}{20} = \mathbf{30\,s}$. O mesmo raciocínio vale para um carro ultrapassando um caminhão longo ou para uma composição passando por um túnel.

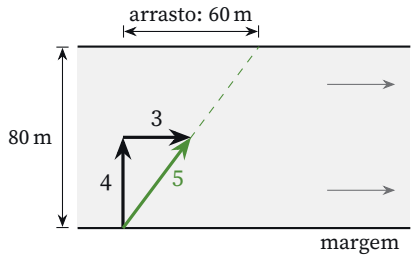
Composição de velocidades

Um barco num rio, um nadador no mar ou um avião no vento se move em relação a um meio (água ou ar), e o meio se move em relação ao chão. A velocidade em relação ao chão é a **soma vetorial** das duas:

$$\vec{v}_{\text{resultante}} = \vec{v}_{\text{relativa ao meio}} + \vec{v}_{\text{do meio}}$$

velocidade é um *vetor* (tem módulo, direção e sentido); somar vetores é pôr a origem de um na ponta do outro

Na mesma direção, a soma vetorial vira soma ou subtração simples. Um barco que anda a 5 m/s em relação à água, num rio cuja correnteza é de 2 m/s, tem em relação à margem $5 + 2 = 7$ m/s descendo o rio e $5 - 2 = 3$ m/s subindo.



Exemplo (travessia). Um barco aponta perpendicularmente às margens com 4 m/s em relação à água; a correnteza é de 3 m/s; o rio tem 80 m de largura. Pelo **princípio da independência dos movimentos** (Galileu), cada direção pode ser tratada separadamente. Atravessar depende só dos 4 m/s perpendiculares: $t = 80/4 =$ **20 s**, com ou sem correnteza. Nesse tempo a correnteza arrasta o barco $3 \cdot 20 =$ **60 m** rio abaixo. Em relação à margem, ele anda a $\sqrt{4^2 + 3^2} =$ **5 m/s** (Pitágoras), a seta verde da figura.

Com o avião é igual: se ele aponta para o Norte em relação ao ar e o vento sopra para Leste, em relação ao chão ele vai para o Nordeste. Para chegar a um destino, o piloto aponta a velocidade relativa ao ar igual à desejada em relação ao chão *menos* a do vento, componente por componente.

Sinais e ecos

O som num meio homogêneo, e a luz, se propagam com velocidade constante: valem as contas do MU. Isso explica uma regra prática: num temporal, a luz do relâmpago chega quase instantaneamente, e o trovão chega depois, a cerca de 340 m/s. Se o trovão vem 3 s depois do clarão, o raio caiu a cerca de $340 \cdot 3 \approx$ **1 km**.

No **eco** (sonar, radar, ultrassonografia, sensor de ré, prospecção sísmica), um aparelho emite um pulso, o pulso vai até um obstáculo, reflete *e volta*. O tempo medido corresponde ao dobro da distância:

$$d = \frac{v \cdot \Delta t}{2}$$

Δt: tempo entre emitir o pulso e receber o eco; v: velocidade do pulso no meio

Exemplo. O sonar de um navio recebe o eco do fundo 0,4 s depois de emitir. Na água do mar o som anda a cerca de 1 500 m/s: $d = 1500 \cdot 0{,}4/2 =$ **300 m** de profundidade.

Por que funciona A velocidade média é uma *taxa*: quantos quilômetros por hora. Ela não é a média das velocidades, porque o móvel não passa o mesmo tempo em cada uma. O trecho lento pesa mais, já que dura mais. Por isso o caminho seguro é sempre o mesmo: calcule tempos, some tempos, e só no fim divida.

Armadilha Fazer a média aritmética das velocidades. Num trajeto de 80 km a 80 km/h e 60 km a 120 km/h, a média $(80+120)/2 = 100$ km/h daria $140/100 = 1{,}4$ h, mas o tempo certo é $1+0{,}5 = 1{,}5$ h.

Armadilha Esquecer as paradas. O tempo total de uma viagem inclui o tempo parado (pedágios, semáforos, descanso). Comparar só os tempos em movimento, $360 - 288 = 72$ min, ignora os 30 min de cabines do carro.

Armadilha Pôr o encontro no meio do caminho. Isso só acontece se as velocidades forem iguais; com velocidades diferentes, o encontro fica mais perto do ponto de partida do mais lento.

Armadilha Somar a velocidade do vento (ou da correnteza) em vez de descontá-la. A velocidade relativa ao ar é a desejada em relação ao chão *menos* a do vento: com vento de 30 km/h para Leste, quem precisa de 200 km/h para Leste em relação ao chão impõe 170, e não 230.

Armadilha Errar a potência de dez da unidade. No radar, as ondas andam a 300 mil km/s; usar "300" dá $2 \cdot 75/300 = 0{,}5$ s, mil vezes o valor certo, $5{,}0 \times 10^{-4}$ s.

Exemplo resolvido

Questão 20 (Enem 2012, questão 72 do caderno azul)

Uma empresa de transportes precisa efetuar a entrega de uma encomenda o mais breve possível. Para tanto, a equipe de logística analisa o trajeto desde a empresa até o local da entrega. Ela verifica que o trajeto apresenta dois trechos de distâncias diferentes e velocidades máximas permitidas diferentes. No primeiro trecho, a velocidade máxima permitida é de 80 km/h e a distância a ser percorrida é de 80 km. No segundo trecho, cujo comprimento vale 60 km, a velocidade máxima permitida é 120 km/h.
Supondo que as condições de trânsito sejam favoráveis para que o veículo da empresa ande continuamente na velocidade máxima permitida, qual será o tempo necessário, em horas, para a realização da entrega?

resolução em vídeo

A) 0,7 B) 1,4 C) 1,5 D) 2,0 E) 3,0

Resolução

Ideia-chave: com velocidades diferentes em cada trecho, calcule o tempo de cada trecho e some.
Primeiro trecho: $\Delta t_1 = \dfrac{80\,\text{km}}{80\,\text{km/h}} = 1\,\text{h}$.
Segundo trecho: $\Delta t_2 = \dfrac{60\,\text{km}}{120\,\text{km/h}} = 0{,}5\,\text{h}$.
Tempo total: $1 + 0{,}5 = \mathbf{1{,}5\,h}$. **Alternativa C.**
A alternativa B (1,4 h) é a armadilha: 140 km divididos pela média aritmética 100 km/h. Note que a velocidade média verdadeira é $140/1{,}5 \approx 93$ km/h, mais perto de 80 que de 120: o trecho lento durou mais.

No ENEM, acertaram esta questão 43% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 21 (Enem 2023, questão 124 do caderno azul)

Uma concessionária é responsável por um trecho de 480 quilômetros de uma rodovia. Nesse trecho, foram construídas 10 praças de pedágio, onde funcionários recebem os pagamentos nas cabines de cobrança. Também existe o serviço automático, em que os veículos providos de um

dispositivo passam por uma cancela, que se abre automaticamente, evitando filas e diminuindo o tempo de viagem. Segundo a concessionária, o tempo médio para efetuar a passagem em uma cabine é de 3 minutos, e as velocidades máximas permitidas na rodovia são 100 km/h, para veículos leves, e 80 km/h, para veículos de grande porte.
Considere um carro e um caminhão viajando, ambos com velocidades constantes e iguais às máximas permitidas, e que somente o caminhão tenha o serviço automático de cobrança.
Comparado ao caminhão, quantos minutos a menos o carro leva para percorrer toda a rodovia?

resolução em vídeo

A) 30 B) 42 C) 72 D) 288 E) 360

Ideia-chave: compare o tempo total de cada veículo, somando o tempo de estrada e o tempo parado nas cabines.

Caminhão (80 km/h, passa direto pelas cancelas): $\Delta t = \frac{480}{80} =$ _____ h = _____ min.

Carro (100 km/h): na estrada, $\Delta t = \frac{480}{100} =$ _____ h = _____ min.

Carro nas cabines: 10 praças × 3 min = _____ min. Carro no total: _____ min.

Diferença: caminhão − carro = _____ min.

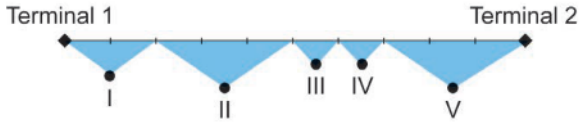
Respostas das lacunas no Gabarito, na página 324.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 324.

Questão 22 (Enem 2024, questão 172 do caderno azul)

Um aeroporto disponibiliza o serviço de transporte gratuito entre seus dois terminais utilizando os ônibus A e B, que partem simultaneamente, de hora em hora, de terminais diferentes. A distância entre os terminais é de 9 000 metros, e o percurso total dos ônibus, de um terminal ao outro, é monitorado por um sistema de cinco câmeras que cobrem diferentes partes do trecho, conforme o esquema.



O alcance de cada uma das cinco câmeras é:

- câmera I: $\frac{1}{5}$ do percurso;
- câmera II: $\frac{3}{10}$ do percurso;
- câmera III: $\frac{1}{10}$ do percurso;
- câmera IV: $\frac{1}{10}$ do percurso;
- câmera V: $\frac{3}{10}$ do percurso.

Em determinado horário, o ônibus A parte do terminal 1 e realiza o percurso total com velocidade constante de 250 m/min; enquanto o ônibus B, que parte do terminal 2, realiza o percurso total com velocidade constante de 150 m/min.

Qual câmera registra o momento em que os ônibus A e B se encontram?

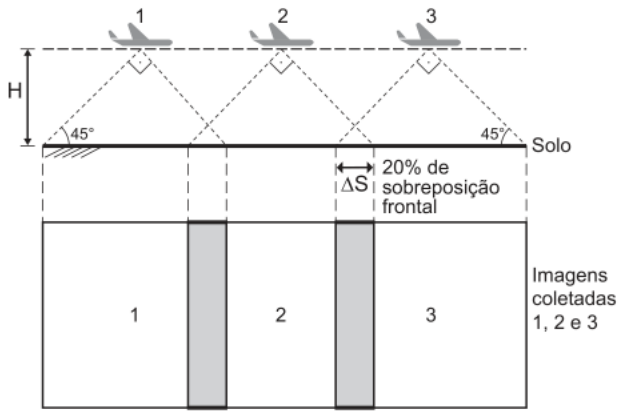
A I
B II
C III
D IV
E V

resolução em vídeo

Questão 23 (Enem 2019, questão 131 do caderno azul)

A agricultura de precisão reúne técnicas agrícolas que consideram particularidades locais do solo ou lavoura a fim de otimizar o uso de recursos. Uma das formas de adquirir informações sobre essas particularidades é a fotografia aérea de baixa altitude realizada por um veículo aéreo não tripulado (vant). Na fase de aquisição é importante determinar o nível de sobreposição entre as fotografias. A figura ilustra como uma sequência de imagens é coletada por um vant e como são formadas as sobreposições frontais.

Vant com câmera fotográfica



O operador do vant recebe uma encomenda na qual as imagens devem ter uma sobreposição frontal de 20% em um terreno plano. Para realizar a aquisição das imagens, seleciona uma altitude H fixa de voo de 1 000 m, a uma velocidade constante de 50 m s^{-1}. A abertura da câmera fotográfica do vant é de 90°. Considere tg(45°) = 1.

Natural Resources Canada. **Concepts of Aerial Photography**. Disponível em: www.nrcan.gc.ca. Acesso em: 26 abr. 2019 (adaptado).

Com que intervalo de tempo o operador deve adquirir duas imagens consecutivas?

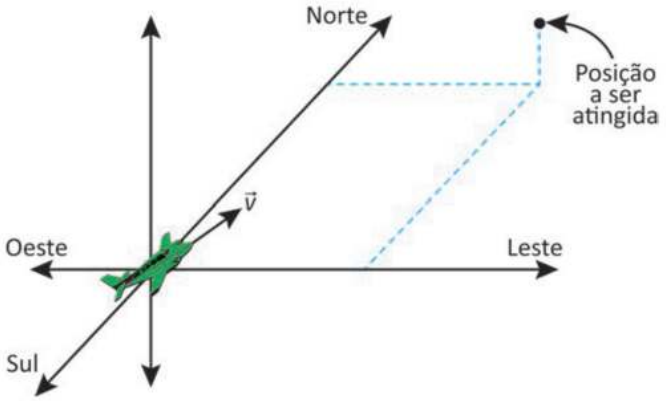
A) 40 segundos.
B) 32 segundos.
C) 28 segundos.
D) 16 segundos.
E) 8 segundos.

resolução em vídeo

Questão 24 (Enem 2025, questão 126 do caderno azul)

Segundo o princípio da independência dos movimentos, de Galileu, sempre que a velocidade resultante de um corpo puder ser decomposta em duas ou mais componentes perpendiculares entre si, cada um desses movimentos poderá ser analisado separadamente como se os outros não existissem. Esse princípio é muito útil para a simplificação de alguns problemas reais, em três dimensões.

Considere um avião que, ao decolar, é instruído pela torre a atingir, em 6 minutos, uma posição de 20 km a Leste, 20 km a Norte e 1 km de altitude em relação ao ponto de decolagem, conforme a figura (fora de escala). No entanto, no instante da decolagem, começa a soprar um vento cujo vetor velocidade tem componentes 30 km/h para Leste, 20 km/h para Sul e 1 km/h de cima para baixo.



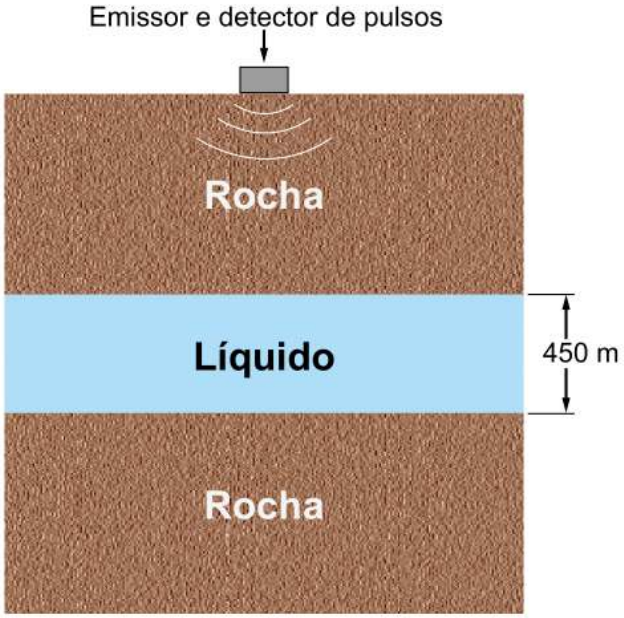
Durante a ação do vento, a velocidade $\vec{v}$ que o piloto deve estabelecer em relação ao ar para que o avião chegue à posição esperada no tempo indicado tem as componentes

A) 230 km/h para Leste, 180 km/h para Sul e 9 km/h para baixo.
B) 230 km/h para Leste, 180 km/h para Norte e 9 km/h para cima.
C) 200 km/h para Oeste, 200 km/h para Norte e 10 km/h para cima.
D) 170 km/h para Leste, 220 km/h para Norte e 11 km/h para cima.
E) 170 km/h para Leste, 180 km/h para Norte e 11 km/h para cima.

resolução em vídeo

Questão 25 (Enem 2023, questão 135 do caderno azul)

O petróleo é uma matéria-prima muito valiosa e métodos geofísicos são úteis na sua prospecção. É possível identificar a composição de materiais estratificados medindo-se a velocidade de propagação do som (onda mecânica) através deles. Considere que uma camada de 450 m de um líquido se encontra presa no subsolo entre duas camadas rochosas, conforme o esquema. Um pulso acústico (que gera uma vibração mecânica) é emitido a partir da superfície do solo, onde são posteriormente recebidas duas vibrações refletidas (ecos). A primeira corresponde à reflexão do pulso na interface superior do líquido com a camada rochosa. A segunda vibração deve-se à reflexão do pulso na interface inferior. O tempo entre a emissão do pulso e a chegada do primeiro eco é de 0,5 s. O segundo eco chega 1,1 s após a emissão do pulso.



A velocidade do som na camada líquida, em metro por segundo, é

A) 270.
B) 540.
C) 818.
D) 1 500.
E) 1 800.

resolução em vídeo

Modelos atômicos, estrutura do átomo e tabela periódica

Química

Antes de ler: tente responder

1. Por que a chama do fogão fica amarela quando cai água com sal sobre ela?
2. O cálcio (Ca) e o estrôncio (Sr) estão na mesma coluna da tabela periódica. O que isso diz sobre o comportamento químico dos dois?
3. Um átomo tem 11 prótons e 12 nêutrons. Qual é o seu número atômico e qual é o seu número de massa?

Respostas no Gabarito, na página 324. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

Cores deste capítulo: **prótons** (e o núcleo positivo), **elétrons** e **energia e luz**.

1. Do que o átomo é feito

Toda matéria é formada por átomos. Um átomo tem duas regiões:

- o **núcleo**, central, onde estão os **prótons** (carga positiva) e os **nêutrons** (sem carga). Juntos, prótons e nêutrons são chamados **núcleons**;
- a **eletrosfera**, em volta do núcleo, onde se movem os **elétrons** (carga negativa).

Partícula	Onde fica	Carga relativa	Massa relativa
próton (p)	núcleo	$+1$	1
nêutron (n)	núcleo	0	≈ 1
elétron (e^-)	eletrosfera	-1	$\approx 1/1\,836$

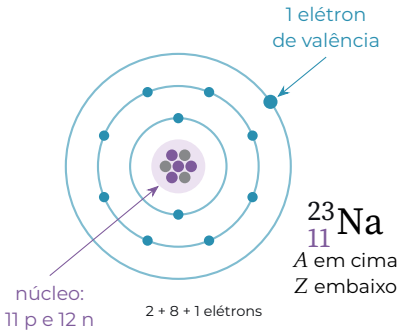
A carga do próton e a do elétron têm o mesmo valor absoluto, $1{,}6 \cdot 10^{-19}$ C (coulomb), com sinais opostos. O núcleo concentra praticamente toda a massa, mas é minúsculo: tem cerca de 10^{-14} m de diâmetro, enquanto o átomo inteiro tem cerca de 10^{-10} m. Se o núcleo fosse uma bola de gude no centro de um estádio de futebol, os elétrons estariam espalhados pelas arquibancadas. O átomo é, portanto, quase todo espaço vazio.

Dois números identificam um átomo. O **número atômico** Z é a quantidade de prótons. O **número de massa** A é a quantidade de núcleons, porque são eles que dão a massa ao átomo:

$$Z = \text{n.º de prótons} \qquad A = Z + N$$

N = número de nêutrons; o elétron pesa quase nada e por isso não entra em A

O número de prótons **define o elemento químico**: todo átomo com 11 prótons é sódio, venha de onde vier. Um **elemento químico** é o conjunto de todos os átomos com o mesmo Z. Na notação ${}^{A}_{Z}\mathrm{X}$, o número de massa fica em cima e o número atômico, embaixo.
No átomo **neutro**, há tantos elétrons quanto prótons, e as cargas se anulam.
Exemplo. No sódio-23, ${}^{23}_{11}\mathrm{Na}$, há $Z = 11$ prótons, $N = 23 - 11 = 12$ nêutrons e, no átomo neutro, 11 elétrons. Eles se arrumam em camadas: 2 na primeira, 8 na segunda e 1 na terceira. A camada mais externa ocupada é a **camada de valência**; é ela que participa das reações químicas.



2. Isótopos, isóbaros, isótonos e íons

Mudar o número de nêutrons ou de elétrons **não muda o elemento**. Comparando átomos, usamos três nomes:

- **isótopos**: mesmo Z e A diferente, ou seja, mesmo elemento com número de nêutrons diferente. Exemplos: ${}^{12}_{6}\mathrm{C}$ e ${}^{14}_{6}\mathrm{C}$; os três isótopos do hidrogênio, ${}^{1}\mathrm{H}$ (prótio), ${}^{2}\mathrm{H}$ (deutério) e ${}^{3}\mathrm{H}$ (trítio). Isótopos têm **as mesmas propriedades químicas**, porque têm a mesma eletrosfera; diferem na massa e na estabilidade do núcleo;
- **isóbaros**: mesmo A e Z diferente, como ${}^{40}_{18}\mathrm{Ar}$ e ${}^{40}_{20}\mathrm{Ca}$. São elementos diferentes;
- **isótonos**: mesmo N, como ${}^{37}_{17}\mathrm{Cl}$ e ${}^{40}_{20}\mathrm{Ca}$, ambos com 20 nêutrons.

Massa atômica. As massas atômicas são medidas em **unidades de massa atômica** (u): 1 u é $\frac{1}{12}$ da massa de um átomo de carbono-12. Como quase todo elemento é uma mistura de isótopos, o valor que aparece na tabela periódica é a **média ponderada** das massas dos isótopos, com pesos iguais à abundância de cada um na natureza.

Exemplo. O cloro natural tem cerca de 75% de ${}^{35}\mathrm{Cl}$ e 25% de ${}^{37}\mathrm{Cl}$. Aproximando a massa de cada isótopo pelo seu número de massa: $0{,}75 \cdot 35 + 0{,}25 \cdot 37 = 26{,}25 + 9{,}25 = 35{,}5$ u. Nenhum átomo de cloro tem massa 35,5 u; esse é o valor médio.

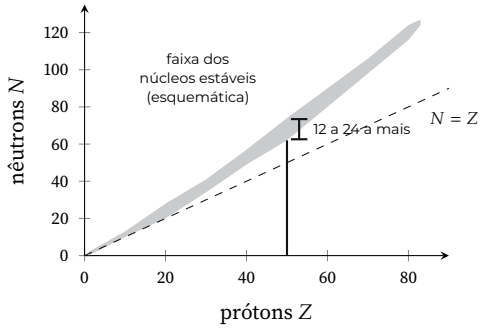
Íons. Um **íon** é um átomo (ou grupo de átomos) com número de elétrons diferente do de prótons. Perdeu elétrons: fica positivo, é um **cátion** (Na^{+}, Ca^{2+}). Ganhou elétrons: fica negativo, é um **ânion** (Cl^{-}, O^{2-}). O núcleo não muda, então o elemento continua o mesmo.

carga do íon = prótons − elétrons

um cátion X^{n+} tem $Z - n$ elétrons; um ânion X^{n-} tem $Z + n$

Exemplo. O Ca^{2+} ($Z = 20$) tem 20 prótons e $20 - 2 = 18$ elétrons; o O^{2-} ($Z = 8$) tem $8 + 2 = 10$ elétrons. Espécies com o mesmo número de elétrons são **isoeletrônicas**: O^{2-}, F^{-}, Ne, Na^{+} e Mg^{2+} têm todas 10 elétrons.

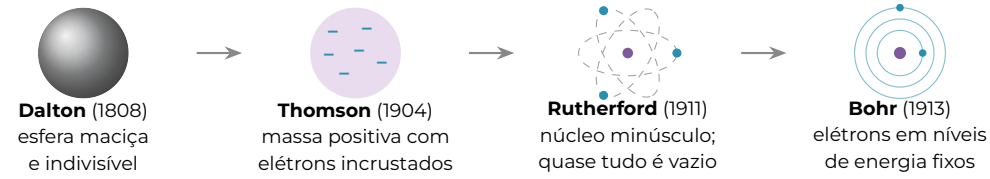
Estabilidade do núcleo. Os prótons se repelem; o núcleo se mantém pela **força nuclear**, atração entre núcleons, intensa mas de curtíssimo alcance. Os nêutrons participam dessa atração sem acrescentar repulsão. Por isso, núcleos leves estáveis têm $N \approx Z$, mas núcleos pesados só são estáveis com **mais nêutrons que prótons**, e a faixa de estabilidade se afasta da reta $N = Z$. Acima de $Z = 83$ não há núcleo estável: todos são radioativos.



Leitura do gráfico. Cada ponto da faixa cinza é um núcleo estável, com Z prótons (eixo horizontal) e N nêutrons (eixo vertical). Escolha um Z e suba até a faixa: a altura dela dá os valores de N dos isótopos estáveis. Em $Z = 50$, a faixa vai de $N \approx 62$ a $N \approx 74$, isto é, de 12 a 24 nêutrons a mais que prótons. A reta tracejada $N = Z$ serve de referência: tudo acima dela tem mais nêutrons que prótons.

3. Os modelos atômicos e seus limites

Ninguém vê um átomo como vê uma bola. Um **modelo atômico** é uma representação construída para explicar os resultados dos experimentos. Quando um experimento novo mostra um fato que o modelo não explica, o modelo é corrigido ou substituído. Cada modelo abaixo explicou mais coisas que o anterior, e cada um tem limites.



Dalton (1808). Para explicar as leis das reações químicas conhecidas na época, a **conservação da massa** (Lavoisier: num sistema fechado, a massa total não muda numa reação) e as **proporções definidas** (Proust: uma substância tem sempre a mesma proporção em massa entre seus elementos; na água, cerca de 1 g de hidrogênio para 8 g de oxigênio), Dalton propôs:

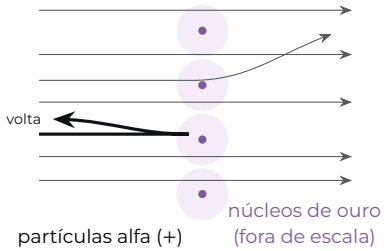
1. a matéria é formada por átomos indivisíveis;
2. os átomos de um mesmo elemento são idênticos em massa e propriedades;
3. elementos diferentes têm átomos diferentes, de massas diferentes;
4. os átomos são indestrutíveis e conservam sua identidade nas reações, que apenas os rearranjam;
5. átomos se combinam em **proporções de números inteiros pequenos** para formar compostos.

Os postulados 1, 2 e 3 caíram: o átomo tem partes (elétrons e núcleo), existem isótopos (mesmo elemento, massas diferentes) e isóbaros (elementos diferentes, mesma massa). O 4 vale para as reações químicas, mas não para as nucleares, em que um elemento se transforma em outro. O 5 continua válido: é por isso que a água é H_2O, e não $H_{1,7}O$.

Thomson (1897–1904). Num tubo de vidro com gás muito rarefeito e alta tensão entre dois eletrodos, sai do polo negativo (cátodo) um feixe, os **raios catódicos**. O feixe é desviado por campos elétricos e magnéticos em direção ao polo positivo: é feito de partículas **negativas**. E é igual qualquer que seja o metal do eletrodo ou o gás do tubo: essas partículas, os **elétrons**, existem em toda matéria. Como a matéria é neutra, Thomson imaginou o átomo como uma esfera de carga positiva com elétrons incrustados (o "pudim de passas"). O modelo explica a eletrização dos corpos, mas não o experimento seguinte.

Rutherford (1911). Partículas alfa (núcleos de hélio, positivos) foram disparadas contra uma folha de ouro com menos de um milésimo de milímetro de espessura. Resultado:

- quase todas atravessaram em linha reta;
- poucas sofreram desvio;
- raríssimas voltaram.



No modelo de Thomson, com a carga positiva espalhada, nenhuma partícula deveria voltar. Conclusão: a carga positiva e quase toda a massa estão num **núcleo** muito pequeno e denso; a partícula alfa que passa perto dele é repelida e desvia, e a que vem quase de frente volta. Os elétrons giram em volta, numa região muito maior e quase vazia.

Limite: pela teoria eletromagnética clássica, uma carga que gira (portanto acelerada) emite radiação e perde energia. O elétron deveria cair em espiral no núcleo em uma fração de segundo. O modelo de Rutherford não explica por que o átomo é estável, nem por que os átomos emitem luz só de certas cores.

Bohr (1913). Bohr manteve o núcleo de Rutherford e acrescentou dois postulados:

1. o elétron só pode ocupar certas órbitas, cada uma com energia bem definida (os **níveis de energia**, ou camadas, numerados $n = 1, 2, 3, \ldots$ a partir do núcleo). Enquanto permanece num nível, o elétron não emite energia;
2. o elétron só muda de nível absorvendo ou emitindo **exatamente** a diferença de energia entre os dois níveis.

O estado de menor energia, com os elétrons nos níveis mais internos possíveis, é o **estado fundamental**. O modelo explicou com precisão as cores da luz emitida pelo hidrogênio (próxima seção). *Limite:* só funciona bem para espécies com um único elétron; para átomos com vários elétrons, suas previsões falham, e ele não explica por que só certas órbitas são permitidas.

Modelo atual (quântico, a partir de 1926). O elétron tem também comportamento de onda, e não é possível conhecer ao mesmo tempo sua posição e sua velocidade com precisão (princípio da incerteza de Heisenberg). Por isso não se fala em trajetória: fala-se em **orbital**, a região do espaço onde é grande a probabilidade de encontrar o elétron. Os níveis de Bohr continuam existindo e se dividem em **subníveis** (s, p, d, f), com 1, 3, 5 e 7 orbitais; cada orbital comporta no máximo 2 elétrons. Daí as capacidades: s, 2 elétrons; p, 6; d, 10; f, 14.

4. Energia, luz e espectros

A luz é uma onda eletromagnética. A sua **frequência** f e o seu **comprimento de onda** λ se relacionam pela velocidade da luz, $c = \lambda f \approx 3 \cdot 10^8$ m/s. A luz também se comporta como um feixe de pacotes de energia, os **fótons**. A energia de cada fóton é proporcional à frequência:

$$E_{\text{fóton}} = h\,f = \frac{h\,c}{\lambda}$$

$h = 6{,}63 \cdot 10^{-34}$ J · s (constante de Planck); maior frequência, menor λ, mais energia por fóton

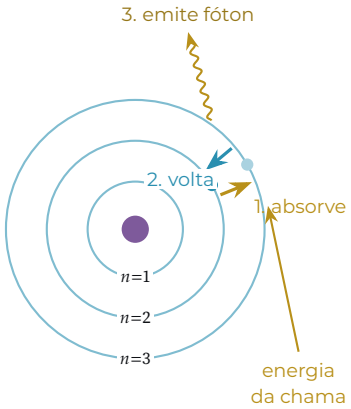
No visível, o violeta ($\lambda \approx 400$ nm) tem fótons mais energéticos que o vermelho ($\lambda \approx 700$ nm). Fora do visível, o ultravioleta tem ainda mais energia por fóton, e o infravermelho, menos.

Absorção e emissão. Quando o átomo recebe energia (calor de uma chama, descarga elétrica, luz), um elétron **absorve** essa energia e salta para um nível mais externo: o átomo fica **excitado**. O estado excitado é instável e dura muito pouco. Ao voltar para um nível mais interno, o elétron **emite** a diferença de energia como um fóton:

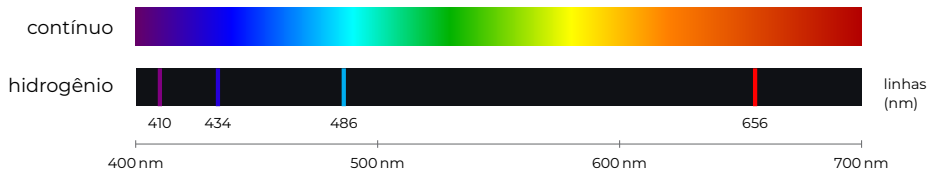
$$E_{\text{fóton}} = E_{\text{nível externo}} - E_{\text{nível interno}}$$

a luz é emitida na volta (externo → interno), não na subida

Como os níveis são fixos, cada salto tem energia fixa e, portanto, uma cor fixa. Cada elemento tem seus próprios níveis e, com eles, um conjunto próprio de cores: uma "impressão digital".



Espectros. Fazendo a luz passar por um prisma, separamos suas cores. A luz de um sólido muito quente (filamento de lâmpada, Sol) dá um **espectro contínuo**, com todas as cores. A luz de um gás de átomos excitados dá um **espectro de linhas**: só algumas cores, as dos saltos possíveis. O de hidrogênio tem, no visível, quatro linhas:



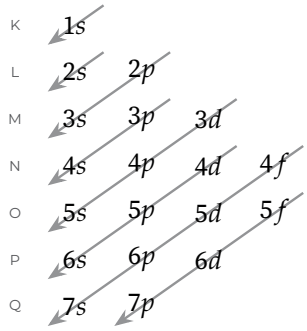
Exemplo. A luz amarela do sódio tem $\lambda \approx 589\,\text{nm} = 5{,}89 \cdot 10^{-7}\,\text{m}$. A frequência é $f = c/\lambda = 3 \cdot 10^8 / 5{,}89 \cdot 10^{-7} \approx 5{,}1 \cdot 10^{14}\,\text{Hz}$, e cada fóton carrega $E = hf \approx 6{,}63 \cdot 10^{-34} \cdot 5{,}1 \cdot 10^{14} \approx 3{,}4 \cdot 10^{-19}\,\text{J}$. Essa é a diferença de energia entre os dois níveis do sódio envolvidos no salto.

Aplicações. No **teste de chama**, um sal levado à chama emite a cor do seu metal: sódio, amarelo; lítio e estrôncio, vermelho; cobre, verde-azulado; potássio, violeta; bário, verde. É o mesmo princípio dos fogos de artifício e das lâmpadas de vapor de sódio (amarelas) dos postes. Na **fluorescência**, a substância absorve luz (muitas vezes ultravioleta) e reemite luz visível quase imediatamente; a emissão para quando a iluminação para. Na **fosforescência**, o elétron fica preso por mais tempo num estado excitado e a emissão continua por minutos ou horas depois: é o brilho das placas de saída de emergência. Nos dois casos, a luz vem de **transições eletrônicas**, não de reação química.

5. Distribuição eletrônica

No modelo atual, os elétrons ocupam os subníveis em ordem crescente de energia. As camadas (níveis) são chamadas K, L, M, N, O, P, Q ($n = 1$ a 7). Nos elementos conhecidos, comportam no máximo 2, 8, 18, 32, 32, 18 e 8 elétrons.

A ordem de energia dos subníveis não segue as camadas: o $4s$, por exemplo, enche antes do $3d$. O **diagrama de Linus Pauling**, ao lado, dá essa ordem: percorra as diagonais de cima para baixo, começando pela de cima.



$1s\ 2s\ 2p\ 3s\ 3p$ **4s 3d** $4p\ 5s\ 4d\ 5p\ 6s\ 4f\ 5d\ 6p\ 7s\ 5f\ 6d\ 7p$

Exemplo. Ferro, $Z = 26$:

$$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2\ 3d^6$$

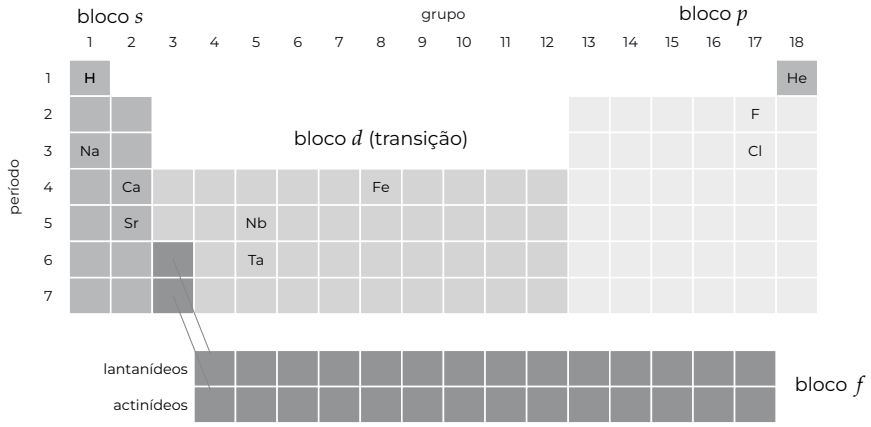
($2 + 2 + 6 + 2 + 6 + 2 + 6 = 26$). Por camadas: K 2, L 8, M 14 ($3s^2\ 3p^6\ 3d^6$), N 2. A camada de valência é a N, com 2 elétrons; o subnível de maior energia é o $3d$.

Íons. Para formar cátions, os elétrons saem da camada **mais externa**, que não é necessariamente a última preenchida: Fe^{2+} fica $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 3d^6$ (saem os dois do $4s$). Ânions recebem elétrons no próximo lugar livre: Cl^- ($Z = 17$) fica $1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6$, igual ao argônio.

6. A tabela periódica

Na tabela periódica, os elementos estão em ordem crescente de número atômico. A **lei periódica** diz que, nessa ordem, as propriedades se repetem em intervalos regulares. A razão está na eletrosfera: de tempos em tempos, a camada de valência volta a ter a mesma arrumação.

- Cada **linha** é um **período** (são 7). O número do período é o número de camadas ocupadas: o sódio (K 2, L 8, M 1) está no 3.º período; o ferro (camadas K a N), no 4.º.
- Cada **coluna** é um **grupo** ou **família** (são 18). Os elementos de um grupo têm a **mesma configuração na camada de valência**: por isso formam os mesmos tipos de íon e de ligação e têm química parecida.



Blocos. O subnível que recebe o último elétron (pela ordem de Pauling) dá o bloco do elemento:

- **bloco** s (grupos 1 e 2, mais o hélio) e **bloco** p (grupos 13 a 18): os **elementos representativos.** Neles, o número de elétrons de valência é o do grupo (grupos 1 e 2) ou o do grupo menos 10 (grupos 13 a 18; o hélio é exceção, com 2);
- **bloco** d (grupos 3 a 12): os **metais de transição**, como ferro, cobre e nióbio;
- **bloco** f: os **metais de transição interna**, lantanídeos e actinídeos, desenhados em duas linhas à parte para a tabela não ficar larga demais.

Grupo	Nome	Valência	Íon típico	Exemplos
1 (exceto H)	metais alcalinos	ns^1	1+	Li, Na, K
2	metais alcalinoterrosos	ns^2	2+	Mg, Ca, Sr, Ba
16	calcogênios	$ns^2\,np^4$	2−	O, S
17	halogênios	$ns^2\,np^5$	1−	F, Cl, Br, I
18	gases nobres	$ns^2\,np^6$	—	He, Ne, Ar, Xe

Metais e não metais. Cerca de três quartos dos elementos são **metais**: brilhantes, bons condutores de calor e eletricidade, maleáveis, com tendência a **perder** elétrons e formar cátions. Os **não metais** (em livros antigos, *ametais*: C, N, O, F, P, S, Cl, Br, I e outros), à direita e no alto, tendem a **ganhar** ou compartilhar elétrons. Alguns elementos de propriedades intermediárias, como boro, silício e germânio, costumam ser chamados de semimetais. O **hidrogênio** fica no grupo 1 por ter 1 elétron, mas é um não metal, não um metal alcalino. Os **gases nobres** têm a camada de valência completa e quase não reagem; isso não é absoluto: o xenônio, por exemplo, forma compostos com o flúor.

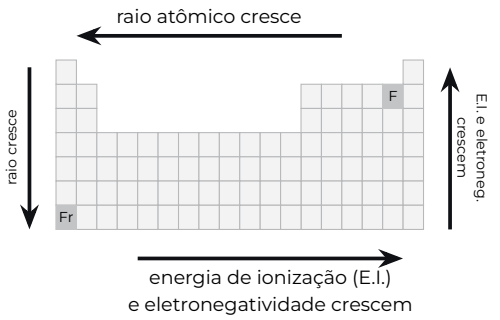
Exemplo 1. Onde fica o elemento de $Z = 35$? Distribuição: $1s^2\,2s^2\,2p^6\,3s^2\,3p^6\,4s^2\,3d^{10}\,4p^5$. São 4 camadas: **4.º período**. O último elétron entrou num subnível p, logo é representativo; a valência é $4s^2\,4p^5$, com 7 elétrons: **grupo 17**, halogênio. É o bromo.

Exemplo 2. Descendo uma coluna, o número atômico aumenta do tamanho de um período (os períodos 1 a 6 têm 2, 8, 8, 18, 18 e 32 elementos): nos grupos 1 e 2, soma-se o tamanho do período de onde se sai; do grupo 4 ao 18, o do período em que se chega. Assim, nióbio ($Z = 41$, 5.º período) e tântalo ($Z = 73 = 41 + 32$, 6.º período) estão no mesmo grupo (o 5) e têm propriedades muito parecidas.

7. Propriedades periódicas

Muitas propriedades variam de forma regular ao longo da tabela. Duas ideias explicam quase todas:

- **descendo um grupo**, o átomo ganha camadas: os elétrons de valência ficam mais longe do núcleo e mais "blindados" pelas camadas internas;
- **andando para a direita num período**, o número de camadas é o mesmo, mas a carga do núcleo cresce: os elétrons de valência são puxados com mais força. Essa atração líquida é chamada **carga nuclear efetiva**.



Raio atômico. É a distância do núcleo até a camada de valência (medida, na prática, como metade da distância entre os núcleos de dois átomos iguais ligados). Cresce **para baixo**, porque há mais camadas, e **para a esquerda**, porque, com menos prótons, a mesma camada é puxada com menos força. O frâncio, no canto inferior esquerdo, tem o maior raio; o hélio, no superior direito, o menor.

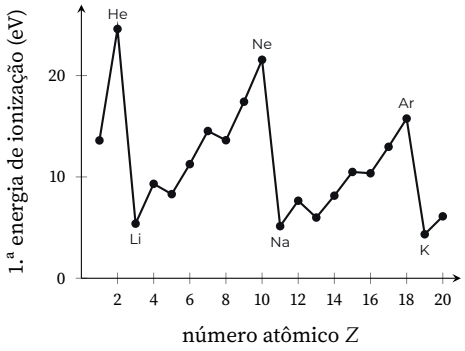
Exemplo. Ordem decrescente de raio entre Na, Mg, Cl e K: o K está um período abaixo (mais camadas) e é o maior; Na, Mg e Cl estão no 3.º período, e o raio cai da esquerda para a direita. Logo, K > Na > Mg > Cl.

Raio dos íons. Um cátion é **menor** que o átomo de origem: perdeu elétrons (muitas vezes a camada inteira de valência) e os que restam são mais atraídos. Um ânion é **maior**: os elétrons a mais se repelem e a mesma carga nuclear os segura com menos força. Em espécies isoeletrônicas, quanto mais prótons, menor o raio: $O^{2-} > F^{-} > Na^{+} > Mg^{2+}$ (todos com 10 elétrons e 8, 9, 11 e 12 prótons).

Energia de ionização. É a energia mínima para retirar um elétron de um átomo isolado, no estado gasoso:

$$X(g) \longrightarrow X^{+}(g) + e^{-}$$

Quanto mais perto do núcleo e mais atraído estiver o elétron, mais difícil retirá-lo. Por isso a energia de ionização varia ao contrário do raio: cresce **para cima e para a direita**. No gráfico, os picos são os gases nobres, e os vales, os metais alcalinos; dentro de cada período, a tendência é subir, com pequenas irregularidades explicadas pelos subníveis.



As energias de ionização sucessivas crescem sempre, e dão um salto quando se começa a tirar elétrons de uma camada interna. No magnésio (valência $3s^2$): 1.ª = 738, 2.ª = 1 451, 3.ª = 7 733 kJ/mol. O salto depois da 2.ª mostra que o Mg perde 2 elétrons com facilidade e forma Mg^{2+}.

Afinidade eletrônica. É a energia liberada quando um átomo isolado, gasoso, recebe um elétron: $X(g) + e^{-} \longrightarrow X^{-}(g)$. Em geral é maior nos halogênios, que ficam com a camada de valência completa ao ganhar um elétron. A variação é menos regular que a das outras propriedades.

Eletronegatividade. É a tendência de um átomo de **atrair os elétrons de uma ligação** da qual participa. É medida numa escala relativa; a mais usada é a de Pauling (valores arredondados): F 3,98; O 3,44; N 3,04; Cl 3,16; C 2,55; H 2,20; Na 0,93. Cresce **para cima e para a direita**, pelos mesmos motivos da energia de ionização. Os gases nobres, que quase não formam ligações, normalmente ficam de fora da escala. O **flúor** é o elemento mais eletronegativo: atrai elétrons tão fortemente que reage com quase todas as substâncias, inclusive com alguns gases nobres.

Caráter metálico. A facilidade de perder elétrons, típica dos metais, varia ao contrário da energia de ionização: cresce para baixo e para a esquerda. Os metais mais reativos são os alcalinos de baixo da tabela (césio, frâncio); os não metais mais reativos ficam no alto à direita (flúor, oxigênio, cloro).

Por que funciona Por que elementos da mesma coluna se comportam de forma parecida? Porque a química acontece na camada de valência: é ela que ganha, perde ou compartilha elétrons, enquanto o núcleo e as camadas internas não participam das reações. Elementos do mesmo grupo têm a mesma configuração de valência e, portanto, formam os mesmos tipos de íon e de ligação. Por isso o estrôncio (Sr^{2+}) "se passa" por cálcio (Ca^{2+}) dentro do corpo. Pelo mesmo motivo, isótopos de um elemento, que só diferem no núcleo, têm a mesma química.

Armadilha Confundir a emissão de luz com uma reação química: a cor da chama não vem de o gás reagir com o sal ou com a água, nem de "queimar" carboidratos ou proteínas; é emissão de luz por elétrons que voltam a um nível mais interno. E cuidado com a ordem: a subida do elétron para um nível mais energético (promoção) **absorve** energia; a luz sai na **volta**.

Armadilha Atribuir ao núcleo um fenômeno da eletrosfera. A "estabilidade nuclear" não explica a reatividade do flúor, e o brilho de uma placa fosforescente não vem de reações nucleares: reações químicas e emissão de luz envolvem só os elétrons.

Exemplo resolvido

Questão 26 (Enem 2017, questão 97 do caderno azul)

Um fato corriqueiro ao se cozinhar arroz é o derramamento de parte da água de cozimento sobre a chama azul do fogo, mudando-a para uma chama amarela. Essa mudança de cor pode suscitar interpretações diversas, relacionadas às substâncias presentes na água de cozimento. Além do sal de cozinha (NaCl), nela se encontram carboidratos, proteínas e sais minerais.
Cientificamente, sabe-se que essa mudança de cor da chama ocorre pela

A) reação do gás de cozinha com o sal, volatilizando gás cloro.

B) emissão de fótons pelo sódio, excitado por causa da chama.

C) produção de derivado amarelo, pela reação com o carboidrato.

D) reação do gás de cozinha com a água, formando gás hidrogênio.

E) excitação das moléculas de proteínas, com formação de luz amarela.

resolução em vídeo

Resolução

Ideia-chave: cor de chama é **emissão de luz** por átomos excitados (modelo de Bohr).
1. O sal de cozinha é NaCl: a água derramada leva **sódio** para a chama.
2. O calor da chama dá energia ao elétron de valência do sódio, que sobe para um nível mais externo.
3. Ao voltar ao nível de origem, ele devolve a diferença de energia como um fóton. Para o sódio, essa diferença corresponde à luz amarela (cerca de 589 nm), e por isso todo sal com sódio deixa a chama amarela.
Distratores. Não há reação nova: o gás não libera cloro do sal (A) nem forma hidrogênio com a água (D). Carboidratos e proteínas, se queimam, viram fuligem e fumaça, não uma luz de cor característica (C e E).
Resposta: **B.**

No ENEM, acertaram esta questão 25% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 27 (Enem 2019, questão 123 do caderno azul)

A poluição radioativa compreende mais de 200 nuclídeos, sendo que, do ponto de vista de impacto ambiental, destacam-se o césio-137 e o estrôncio-90. A maior contribuição de radionuclídeos antropogênicos no meio marinho ocorreu durante as décadas de 1950 e 1960, como resultado dos testes nucleares realizados na atmosfera. O estrôncio-90 pode se acumular nos organismos vivos e em cadeias alimentares e, em razão de sua semelhança química, pode participar no equilíbrio com carbonato e substituir o cálcio em diversos processos biológicos.
FIGUEIRA, R. C. L.; CUNHA, I. I. L. A contaminação dos oceanos por radionuclídeos antropogênicos. Química Nova, n. 21, 1998 (adaptado).

Ao entrar numa cadeia alimentar da qual o homem faz parte, em qual tecido do organismo humano o estrôncio-90 será acumulado predominantemente?

resolução em vídeo

A) Cartilaginoso. B) Sanguíneo. C) Muscular. D) Nervoso. E) Ósseo.

Passo 1: na tabela periódica, o estrôncio está no mesmo _____ que o cálcio (alcalino-terrosos).
Passo 2: por isso os dois têm _____ elétrons de valência e formam íons de carga _____; o organismo não distingue um do outro.
Passo 3: no corpo humano, quase todo o cálcio (cerca de 99%) está no tecido _____, mineralizado com fosfato de cálcio.
Passo 4: logo, o estrôncio-90 se acumula nesse tecido. A cartilagem não é mineralizada, e sangue, músculo e nervo têm pouco cálcio, que circula sem se acumular.

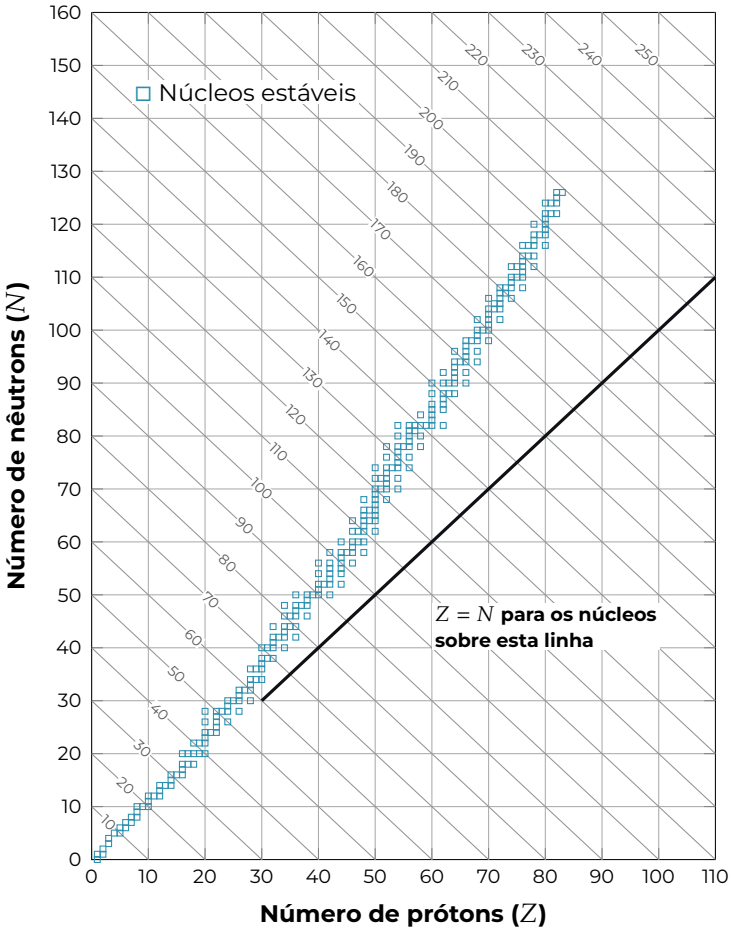
Respostas das lacunas no Gabarito, na página 324.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 324.

Questão 28 (Enem 2009, questão 29 do caderno azul)

Os núcleos dos átomos são constituídos de prótons e nêutrons, sendo ambos os principais responsáveis pela sua massa. Nota-se que, na maioria dos núcleos, essas partículas não estão presentes na mesma proporção. O gráfico mostra a quantidade de nêutrons (N) em função da quantidade de prótons (Z) para os núcleos estáveis conhecidos.



KAPLAN, I. Física Nuclear. Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1978 (adaptado).

O antimônio é um elemento químico que possui 50 prótons e possui vários isótopos — átomos que só se diferem pelo número de nêutrons.

De acordo com o gráfico, os isótopos estáveis do antimônio possuem

A) entre 12 e 24 nêutrons a menos que o número de prótons.

B) exatamente o mesmo número de prótons e nêutrons.

C) entre 0 e 12 nêutrons a mais que o número de prótons.

D) entre 12 e 24 nêutrons a mais que o número de prótons.

E) entre 0 e 12 nêutrons a menos que o número de prótons.

resolução em vídeo

Questão 29 (Enem 2017, questão 126 do caderno azul)

No ar que respiramos existem os chamados "gases inertes". Trazem curiosos nomes gregos, que significam "o Novo", "o Oculto", "o Inativo". E de fato são de tal modo inertes, tão satisfeitos em sua condição, que não interferem em nenhuma reação química, não se combinam com nenhum outro elemento e justamente por esse motivo ficaram sem ser observados durante séculos: só em 1962 um químico, depois de longos e engenhosos esforços, conseguiu forçar "o Estrangeiro" (o xenônio) a combinar-se fugazmente com o flúor ávido e vivaz, e a façanha pareceu tão extraordinária que lhe foi conferido o Prêmio Nobel.

Qual propriedade do flúor justifica sua escolha como reagente para o processo mencionado?

resolução em vídeo

A) Densidade.
B) Condutância.
C) Eletronegatividade.
D) Estabilidade nuclear.
E) Temperatura de ebulição.

Questão 30 (Enem 2018, questão 105 do caderno azul)

Na mitologia grega, Nióbia era a filha de Tântalo, dois personagens conhecidos pelo sofrimento. O elemento químico de número atômico (Z) igual a 41 tem propriedades químicas e físicas tão parecidas com as do elemento de número atômico 73 que chegaram a ser confundidos. Por isso, em homenagem a esses dois personagens da mitologia grega, foi conferido a esses elementos os nomes de nióbio (Z = 41) e tântalo (Z = 73). Esses dois elementos químicos adquiriram grande importância econômica na metalurgia, na produção de supercondutores e em outras aplicações na indústria de ponta, exatamente pelas propriedades químicas e físicas comuns aos dois.
A importância econômica e tecnológica desses elementos, pela similaridade de suas propriedades químicas e físicas, deve-se a

A) terem elétrons no subnível f.
B) serem elementos de transição interna.
C) pertencerem ao mesmo grupo na tabela periódica.
D) terem seus elétrons mais externos nos níveis 4 e 5, respectivamente.
E) estarem localizados na família dos alcalinos terrosos e alcalinos, respectivamente.

resolução em vídeo

Questão 31 (Enem 2019, questão 105 do caderno azul)

Um teste de laboratório permite identificar alguns cátions metálicos ao introduzir uma pequena quantidade do material de interesse em uma chama de bico de Bunsen para, em seguida, observar a cor da luz emitida.
A cor observada é proveniente da emissão de radiação eletromagnética ao ocorrer a

A) mudança da fase sólida para a fase líquida do elemento metálico.
B) combustão dos cátions metálicos provocada pelas moléculas de oxigênio da atmosfera.
C) diminuição da energia cinética dos elétrons em uma mesma órbita na eletrosfera atômica.
D) transição eletrônica de um nível mais externo para outro mais interno na eletrosfera atômica.
E) promoção dos elétrons que se encontram no estado fundamental de energia para níveis mais energéticos.

resolução em vídeo

Questão 32 (Enem 2019, questão 128 do caderno azul)

Em 1808, Dalton publicou o seu famoso livro intitulado Um novo sistema de filosofia química (do original A New System of Chemical Philosophy), no qual continha os cinco postulados que serviam como alicerce da primeira teoria atômica da matéria fundamentada no método científico. Esses postulados são numerados a seguir:
1. A matéria é constituída de átomos indivisíveis.
2. Todos os átomos de um dado elemento químico são idênticos em massa e em todas as outras

propriedades.
3. Diferentes elementos químicos têm diferentes tipos de átomos; em particular, seus átomos têm diferentes massas.
4. Os átomos são indestrutíveis e nas reações químicas mantêm suas identidades.
5. Átomos de elementos combinam com átomos de outros elementos em proporções de números inteiros pequenos para formar compostos.
Após o modelo de Dalton, outros modelos baseados em outros dados experimentais evidenciaram, entre outras coisas, a natureza elétrica da matéria, a composição e organização do átomo e a quantização da energia no modelo atômico.
Com base no modelo atual que descreve o átomo, qual dos postulados de Dalton ainda é considerado correto?

resolução em vídeo

A) 1 B) 2 C) 3 D) 4 E) 5

Questão 33 (Enem 2024, questão 125 do caderno azul)

As placas que indicam saída de emergência brilham no escuro, pois apresentam substâncias que fosforecem na cor amarelo-esverdeada após exposição à luz ambiente, conforme a figura.



Esse fenômeno ocorre pela presença do sulfeto de zinco (ZnS), dopado com prata ou cobre, na superfície da placa.

Zinc Sulphide Phosphorescence. Disponível em: https://physicsopenlab.org. Acesso em: 8 nov. 2023 (adaptado).

O aparecimento do brilho nessas condições ocorre como consequência de

A) colisões interatômicas.
B) coloração dos átomos.
C) transições eletrônicas.
D) reações nucleares.
E) reflexão da luz.

resolução em vídeo

Bioquímica: água, sais, carboidratos, lipídios, proteínas, enzimas

Biologia

Antes de ler: tente responder

1. Por que a levedura do pão não consegue fermentar direto o amido da farinha de milho?
2. Uma enzima do estômago funciona bem em pH 2. O que acontece com ela num tubo com pH 9?
3. Quais são os "tijolos" de uma proteína? E de um amido?

Respostas no Gabarito, na página 324. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

Todo ser vivo é feito de átomos comuns, os mesmos da natureza não viva. Cerca de 96 % da massa de um organismo vem de apenas quatro elementos: **carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio** (C, H, O, N). Fósforo e enxofre vêm logo depois. O que distingue a matéria viva é a maneira como esses átomos se organizam em moléculas.

Essas moléculas se dividem em dois grupos:

- **Substâncias inorgânicas**: a água e os sais minerais.
- **Substâncias orgânicas**, construídas sobre esqueletos de carbono: carboidratos, lipídios, proteínas e ácidos nucleicos. Os ácidos nucleicos (DNA e RNA) têm capítulo próprio.

Composição aproximada de uma célula animal (% da massa)

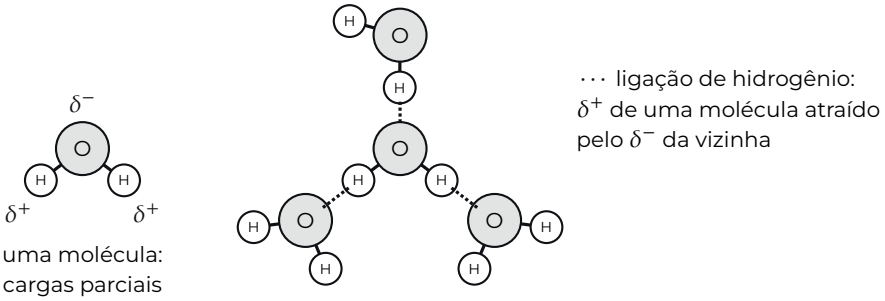
Água	70 a 80	Lipídios	2 a 5
Proteínas	10 a 15	Carboidratos	cerca de 1
Ácidos nucleicos	cerca de 1	Sais minerais	cerca de 1

Cores deste capítulo: **azul** para a água que entra ou sai nas reações (e para o que atrai a água); **verde** para as unidades (monômeros), os polímeros que elas formam e o substrato das enzimas; **roxo** para as enzimas. O resto fica em cinza.

A água: uma molécula polar

A molécula de **água** (H_2O) tem um oxigênio ligado a dois hidrogênios, num formato angular (cerca de 104,5° entre as ligações). O oxigênio atrai os elétrons das ligações mais do que o hidrogênio, porque é mais **eletronegativo**. Por isso, ele fica com uma carga parcial negativa (δ^-), e os hidrogênios, com cargas parciais positivas (δ^+). Como a molécula é dobrada, essas cargas não se cancelam: a água é **polar**.

O hidrogênio δ^+ de uma molécula é atraído pelo oxigênio δ^- da molécula vizinha. Essa atração é a **ligação de hidrogênio** (ou ponte de hidrogênio). Ela é bem mais fraca que a ligação covalente dentro da molécula, mas, somada aos bilhões, explica quase todas as propriedades da água.



Propriedades da água e suas consequências biológicas

- **Solvente**. A água dissolve íons e moléculas polares, que por isso se chamam **hidrofílicas** (sal, açúcares, aminoácidos). Ao redor de cada íon, as moléculas de água se orientam com o polo de carga oposta voltado para ele. Já as moléculas apolares, como as gorduras, são **hidrofóbicas**: não se misturam com a água. Quase todas as reações da célula acontecem em solução aquosa, e o sangue, a linfa e a seiva transportam substâncias dissolvidas.
- **Calor específico alto**: $1\,\text{cal}/(\text{g}\cdot\,^\circ\text{C})$, ou $4{,}18\,\text{J}/(\text{g}\cdot\,^\circ\text{C})$. Para esquentar a água, é preciso primeiro romper ligações de hidrogênio, o que absorve energia. Por isso a água esquenta e esfria devagar. Ela amortece as variações de temperatura do corpo e dos ambientes aquáticos.
- **Calor de vaporização alto**. Para evaporar, cada molécula precisa escapar de todas as ligações de hidrogênio. Na temperatura do corpo, evaporar 1 g de água absorve cerca de 580 cal. É assim que o suor e a transpiração das folhas resfriam o organismo.
- **Coesão e adesão**. Moléculas de água atraem umas às outras (coesão) e também superfícies polares (adesão). Disso vêm a **tensão superficial**, que permite a alguns insetos andar sobre a água, e a **capilaridade**. Junto com a transpiração, a coesão ajuda a puxar a seiva bruta das raízes até as folhas por vasos finíssimos.
- **Gelo menos denso que a água líquida**. No gelo, as ligações de hidrogênio prendem as moléculas numa rede aberta, com densidade de cerca de $0{,}92\,\text{g/cm}^3$. Por isso o gelo flutua. Nos lagos de regiões frias, ele forma uma camada isolante na superfície, e a água embaixo continua líquida, com os seres vivos dentro.
- **Reagente**. A água participa de reações: é consumida na hidrólise e na fotossíntese e é produzida na respiração celular.

Mini-exemplo. Evaporar 1 g de suor retira 580 cal do corpo. Com $Q = m\,c\,\Delta T$, essa mesma energia esfriaria 580 g de água em $1\,^\circ\text{C}$: $580 = 580 \times 1 \times 1$. Um pouco de evaporação faz muito resfriamento.

O teor de água varia. Ele é maior em tecidos com metabolismo intenso, como o cérebro e os músculos, e menor nos ossos, que têm cerca de 20 % de água. Também cai com a idade: um embrião tem proporcionalmente mais água que um idoso. Organismos e estruturas em "repouso" têm muito pouca água. Uma semente seca tem cerca de 10 %, e seu metabolismo quase para até ela se reidratar e germinar.

Sais minerais

Os sais minerais aparecem de duas formas nos seres vivos:

- **dissolvidos, como íons**, nos líquidos do corpo e no citoplasma. Ali eles participam de reações e controlam a entrada e a saída de água por osmose;
- **imobilizados em estruturas sólidas**, como o fosfato de cálcio dos ossos e dos dentes e o carbonato de cálcio das conchas.

Cada íon tem papéis próprios. A falta de um deles causa doenças específicas:

Íon	Papel principal	Se faltar
Cálcio (Ca^{2+})	ossos e dentes; contração muscular; coagulação do sangue	ossos frágeis (osteoporose)
Ferro (Fe^{2+})	centro da hemoglobina, que leva o O_2 no sangue	anemia ferropriva
Sódio e potássio (Na^+, K^+)	impulso nervoso; equilíbrio de água entre células e líquidos	cãibras, arritmias
Fosfato (PO_4^{3-})	ATP, DNA e RNA, fosfolipídios das membranas, ossos	—
Iodo (iodeto, I^-)	hormônios da tireoide; por lei, o sal de cozinha é iodado	bócio
Magnésio (Mg^{2+})	centro da clorofila; ajuda muitas enzimas	folhas amareladas
Nitrato (NO_3^-)	fonte de nitrogênio das plantas para fazer aminoácidos e nucleotídeos	plantas fracas, folhas amareladas

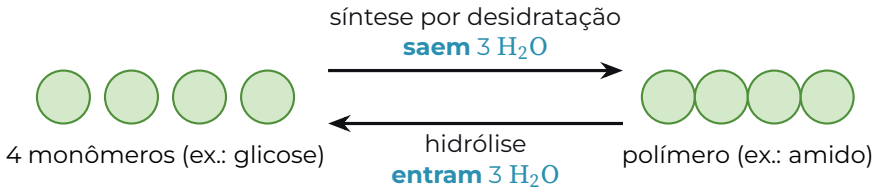
Repare no nitrato: a planta absorve o nitrogênio do solo nessa forma e o usa para fabricar suas proteínas. Os animais obtêm o nitrogênio de que precisam comendo proteínas já prontas.

Montar e desmontar: síntese por desidratação e hidrólise

Amido, glicogênio, celulose, proteínas e ácidos nucleicos são **polímeros**: moléculas enormes, as **macromoléculas**, formadas pela repetição de unidades menores, os **monômeros**. A regra de montagem é a mesma para todos:

- **Síntese por desidratação** (ou condensação): cada nova ligação entre duas unidades **libera uma molécula de água**. Um monômero cede um –OH; o outro, um –H.
- **Hidrólise** (*hidro* = água, *lise* = quebra): cada ligação desfeita **consome uma molécula de água**. É o caminho inverso.

Nas células, as duas reações são feitas por enzimas.



Numa cadeia linear de n monômeros, há $n - 1$ ligações entre vizinhos. Daí a contagem:

n monômeros $\longrightarrow$ $(n - 1)$ ligações $\longrightarrow$
$(n - 1)\ H_2O$ liberadas na síntese (ou consumidas na hidrólise)

cada ligação nova libera uma água; cada ligação quebrada consome uma

Mini-exemplo. Juntar duas glicoses ($C_6H_{12}O_6$) forma a maltose e libera uma água:

$$C_6H_{12}O_6 + C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_{12}H_{22}O_{11} + H_2O$$

Confira os átomos: 6 + 6 = 12 carbonos; 12 + 12 − 2 = 22 hidrogênios; 6 + 6 − 1 = 11 oxigênios. Do mesmo modo, uma proteína de 100 aminoácidos tem 99 ligações peptídicas: na síntese saíram 99 águas, e a hidrólise completa consome 99 águas.

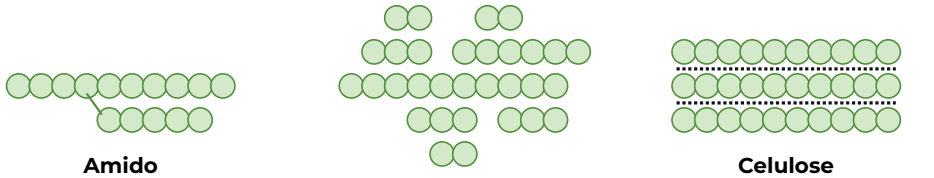
A **digestão** é uma série de hidrólises feitas por enzimas. O amido vira glicose, as proteínas viram aminoácidos e as gorduras viram ácidos graxos e glicerol. Só essas moléculas pequenas atravessam

a parede do intestino e chegam às células. Lá dentro, a célula usa os monômeros para montar os *seus próprios* polímeros. O mesmo vale para os microrganismos: uma levedura só fermenta açúcares pequenos, e o amido precisa ser hidrolisado antes.

Carboidratos: energia e estrutura

Os **carboidratos** (glicídios, açúcares) são formados por C, H e O. Muitos seguem a fórmula geral $C_n(H_2O)_n$, daí o antigo nome "hidratos de carbono". A fórmula é só um padrão de contagem: não há água pronta dentro da molécula, e há exceções, como a desoxirribose, $C_5H_{10}O_4$. Suas funções são **fornecer energia** (a glicose é o principal combustível das células), **guardar energia** (amido e glicogênio) e **dar estrutura** (celulose e quitina). Eles se classificam pelo número de unidades:

- **Monossacarídeos**: os açúcares simples, que não se quebram por hidrólise em açúcares menores. Recebem nome pelo número de carbonos:
  - **pentoses** (5 C): **ribose**, do RNA, e **desoxirribose**, do DNA;
  - **hexoses** (6 C): **glicose**, frutose (das frutas e do mel) e galactose. As três têm a mesma fórmula, $C_6H_{12}O_6$, mas arranjos diferentes dos átomos: são isômeros.
- **Dissacarídeos**: dois monossacarídeos unidos por uma **ligação glicosídica**, feita por desidratação.
  - **sacarose** = glicose + frutose (açúcar de cana e de beterraba);
  - **lactose** = glicose + galactose (açúcar do leite);
  - **maltose** = glicose + glicose (aparece na digestão do amido e na germinação de sementes, como na cevada usada para a cerveja).
- **Polissacarídeos**: centenas a milhares de monossacarídeos. Amido, glicogênio e celulose são *todos* polímeros de glicose. Eles diferem no tipo de ligação entre as glicoses (chamada alfa no amido e no glicogênio, beta na celulose) e nas ramificações.



Amido
cadeias longas, poucos ramos
reserva das plantas
(milho, batata, trigo)

Glicogênio
muito ramificado
reserva dos animais e fungos
(fígado e músculos)

Celulose
cadeias retas, lado a lado
parede da célula vegetal
(nós não digerimos: é fibra)

- O **amido** é a reserva das plantas, guardada em grãos dentro das células de sementes, raízes e tubérculos. Tem duas formas: a amilose, sem ramificações, e a amilopectina, ramificada.
- O **glicogênio** é a reserva de animais e fungos. Fica no fígado e nos músculos. Suas muitas pontas permitem soltar glicose depressa. Entre as refeições, quando a glicose do sangue cai, o pâncreas libera o hormônio **glucagon**, e o fígado hidrolisa glicogênio e manda glicose para o sangue. Depois de uma refeição, a **insulina** faz o caminho inverso: estimula a captação de glicose e a síntese de glicogênio.
- Na **celulose**, as cadeias retas ficam lado a lado, unidas por ligações de hidrogênio (pontilhado no esquema). Formam fibras resistentes, que dão rigidez à parede das células vegetais. Nossas enzimas quebram as ligações do amido e do glicogênio, mas não as da celulose. Ela passa pelo intestino como **fibra alimentar**, que dá volume às fezes e facilita o trânsito intestinal. Bois e

cupins digerem celulose graças a microrganismos que vivem no seu tubo digestório e produzem a enzima celulase.

- A **quitina** forma o exoesqueleto dos artrópodes e a parede celular dos fungos. É um polissacarídeo estrutural feito de uma glicose modificada, que contém nitrogênio.

Mini-exemplo. Quem tem **intolerância à lactose** produz pouca **lactase**, a enzima que hidrolisa a lactose em glicose e galactose. A lactose intacta não é absorvida. Ela segue até o intestino grosso, onde bactérias a fermentam e produzem gases. O leite "sem lactose" recebe lactase na fábrica: a hidrólise é feita antes de você beber.

Lipídios: reserva, isolamento e membranas

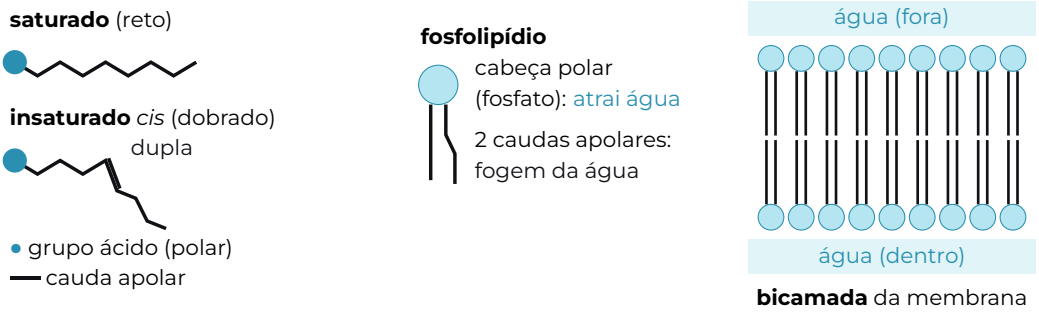
Lipídios são as moléculas biológicas **insolúveis em água** e solúveis em solventes orgânicos, como o éter e o álcool. São apolares, ou quase. O grupo não é definido por um monômero comum, e por isso os lipídios não são polímeros. O que os une é a aversão à água. Os principais tipos são os seguintes.

Ácidos graxos e triglicerídeos. Um **ácido graxo** é uma longa cadeia de carbonos e hidrogênios, apolar, com um grupo ácido (–COOH) na ponta. Ele pode ser de dois tipos:

- **saturado**: só ligações simples entre carbonos. A cadeia é reta, e as moléculas se empilham bem juntas. Por isso as gorduras ricas neles, como a banha e a manteiga, são sólidas na temperatura ambiente;
- **insaturado**: uma ou mais ligações duplas (C=C). Na forma natural (*cis*), cada dupla dobra a cadeia, e as moléculas não se encaixam bem. Por isso os óleos vegetais, ricos neles, são líquidos.

O **triglicerídeo** (triacilglicerol) une três ácidos graxos a uma molécula de glicerol, com saída de três águas. Chama-se **gordura** se é sólido na temperatura ambiente e **óleo** se é líquido. É a principal reserva de energia de longo prazo dos animais, guardada nas células do tecido adiposo, e é também isolante térmico (a gordura sob a pele das baleias) e amortecedor de impactos.

A indústria transforma óleo em gordura sólida (como na margarina antiga) por **hidrogenação**: acrescenta hidrogênio às ligações duplas. A hidrogenação parcial cria ácidos graxos com duplas **trans**, de cadeia reta. Essas **gorduras trans** elevam o risco de doenças do coração e hoje são restritas por lei no Brasil.



Fosfolipídios. Num fosfolipídio, o glicerol está ligado a dois ácidos graxos e a um grupo com **fosfato**. A molécula é **anfifílica** (ou **anfipática**): tem uma cabeça polar, que atrai a água, e duas caudas apolares, que fogem dela. Em água, os fosfolipídios se arranjam sozinhos em **bicamada**: as cabeças ficam viradas para a água de fora e de dentro da célula, e as caudas se escondem no meio. Essa bicamada é a base de todas as membranas celulares.

Esteroides. Têm quatro anéis de carbono fundidos. O **colesterol** faz parte das membranas das células animais e é a matéria-prima de hormônios sexuais (testosterona, estrogênio), da vitamina D e dos sais

biliares. Ele é produzido pelo fígado e também vem da dieta. No sangue, viaja dentro de partículas de lipídio e proteína, as **lipoproteínas**. O LDL e o HDL não são "tipos de colesterol": são lipoproteínas que o transportam. O excesso de LDL favorece placas de gordura nas artérias.

Ceras. São ácidos graxos ligados a álcoois de cadeia longa. Impermeabilizam: formam a cutícula que reduz a perda de água das folhas e o favo das abelhas.

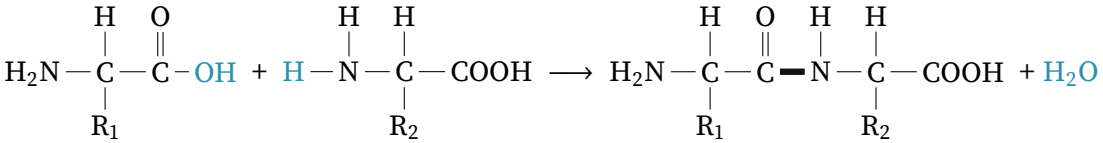
As vitaminas **A, D, E e K** são **lipossolúveis**: dissolvem-se em gordura, e sua absorção depende de lipídios na dieta.

Mini-exemplo. Cada grama de gordura libera cerca de 9 kcal na respiração celular; cada grama de carboidrato ou de proteína, cerca de 4 kcal. Então 10 g de óleo dão $10 \times 9 = 90$ kcal, e 10 g de açúcar, só $10 \times 4 = 40$ kcal. A gordura guarda mais que o dobro de energia por grama e é armazenada quase sem água. Já o glicogênio é guardado com bastante água. Por isso a reserva de longo prazo dos animais é gordura.

Proteínas: as moléculas que fazem o trabalho

Proteínas são polímeros de **aminoácidos**. Todo aminoácido tem um carbono central (o carbono alfa) ligado a quatro grupos: um **grupo amina** ($-NH_2$), um **grupo carboxila** ($-COOH$), um hidrogênio e um **radical R**. O radical é a parte que muda de um aminoácido para outro. As proteínas dos seres vivos usam **20 tipos** de aminoácidos. No mais simples, a glicina, o R é só um hidrogênio. Na cisteína e na metionina, o R contém enxofre.

Dois aminoácidos se unem pela **ligação peptídica**, entre a carboxila de um e a amina do outro, com saída de uma água:



O traço mais grosso, entre o C da carboxila e o N da amina, é a **ligação peptídica**. O OH de um e o H do outro saem como água.

Uma cadeia de aminoácidos é um **peptídeo**; com muitos aminoácidos, um **polipeptídeo**. Uma proteína tem uma ou mais cadeias polipeptídicas, em geral com centenas de aminoácidos.

Mini-exemplo. Quantas sequências diferentes de 3 aminoácidos existem? Em cada posição cabe qualquer um dos 20, então são $20 \times 20 \times 20 = 8\,000$. Com 100 aminoácidos, são 20^{100} sequências possíveis, um número com 131 algarismos. Daí a enorme variedade de proteínas.

Os quatro níveis de estrutura. A função de uma proteína depende da sua forma no espaço. A forma é descrita em níveis:

1. **Primária**: a *sequência* de aminoácidos, unidos por ligações peptídicas. Ela é determinada pelo gene.
2. **Secundária**: dobras locais e regulares da cadeia, como a **alfa-hélice** e a **folha beta**. São mantidas por ligações de hidrogênio entre partes próximas da cadeia.
3. **Terciária**: o dobramento da cadeia inteira em três dimensões. É mantido por interações entre os radicais: ligações de hidrogênio, atrações iônicas, agrupamento dos radicais apolares longe da água e, em algumas proteínas, pontes dissulfeto (ligações covalentes entre átomos de enxofre).
4. **Quaternária**: a união de duas ou mais cadeias. A hemoglobina, por exemplo, tem quatro cadeias, cada uma com um grupo heme que contém ferro.

sequência de aminoácidos ⟶ forma (dobramento) ⟶ função

a sequência vem do gene; a forma depende da sequência; a função depende da forma

Um único aminoácido trocado pode mudar tudo. Na **anemia falciforme**, uma mutação troca um aminoácido (ácido glutâmico por valina) numa das cadeias da hemoglobina. Com pouco oxigênio, essas moléculas se agrupam em fibras, e as hemácias se deformam em "foice".

Funções. As proteínas fazem quase todo o trabalho da célula:

- **catálise**: as enzimas;
- **defesa**: anticorpos;
- **transporte**: hemoglobina, que leva O_2, e proteínas de membrana, que levam substâncias para dentro e para fora;
- **estrutura**: colágeno, da pele e dos tendões, e queratina, dos cabelos e das unhas;
- **movimento**: actina e miosina, dos músculos;
- **sinalização**: hormônios proteicos, como insulina e glucagon, e receptores;
- **reserva**: albumina da clara do ovo e caseína do leite.

Proteínas também podem ser fonte de energia, mas o corpo as usa para isso sobretudo quando faltam carboidratos e gordura.

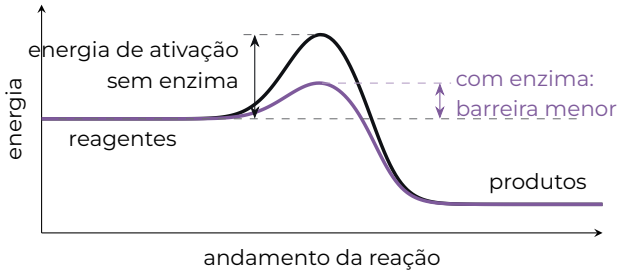
Aminoácidos essenciais e naturais. O corpo humano fabrica parte dos 20 aminoácidos a partir de outras moléculas: são os **naturais** (ou não essenciais). Os outros nove são **essenciais**: precisam vir da dieta. Faltando um deles, a célula não termina as proteínas que o usam, mesmo com todos os outros sobrando. Proteínas de origem animal costumam trazer todos os essenciais em boa proporção. Já as de cada vegetal isolado costumam ser pobres em algum deles. O arroz é pobre em lisina, e o feijão, em metionina; juntos, um completa o outro.

Desnaturação. Calor forte, pH extremo, sais em excesso e certos produtos químicos rompem as interações que mantêm a forma da proteína. Ela se desenrola, perde a forma e, com ela, a função. Isso é a **desnaturação**. As ligações peptídicas não se rompem, e a estrutura primária continua a mesma. Às vezes a proteína volta à forma quando a condição normal retorna, mas muitas vezes isso não acontece. A clara do ovo cozida é albumina desnaturada: não volta a ser transparente.

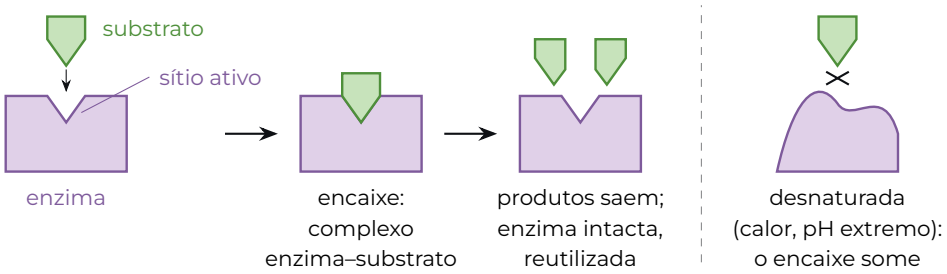
Enzimas: catalisadores biológicos

Enzimas são catalisadores biológicos. Elas **aceleram** reações químicas sem serem consumidas, e a mesma molécula de enzima trabalha milhares de vezes. Quase todas são proteínas. Há exceções: alguns RNAs, as ribozimas, também catalisam reações.

Como aceleram. Para começar, toda reação precisa de um "empurrão" de energia, a **energia de ativação**. A enzima oferece um caminho com energia de ativação menor. Assim, muito mais moléculas reagem por segundo na temperatura do corpo. A enzima *não* muda a energia dos reagentes nem a dos produtos. Ela não torna possível uma reação que não aconteceria; só faz a reação acontecer muito mais depressa.



Especificidade. Cada enzima tem um **sítio ativo**, uma região de formato e cargas específicos, onde se encaixa o seu **substrato**, a molécula sobre a qual ela age. Forma-se o **complexo enzima–substrato**; a reação acontece; os **produtos** saem; a enzima fica livre e intacta para o próximo ciclo.



O esquema acima é o **modelo chave-fechadura**: o substrato encaixa num sítio rígido, como uma chave na fechadura. Ele explica bem a especificidade, mas é uma simplificação. Hoje se sabe que o sítio ativo é flexível e se ajusta ao substrato quando este se liga, como uma luva que se molda à mão. É o modelo do **encaixe induzido**, mais fiel ao que se observa.

Nomes. O nome costuma terminar em *-ase* e indicar o substrato ou a reação:

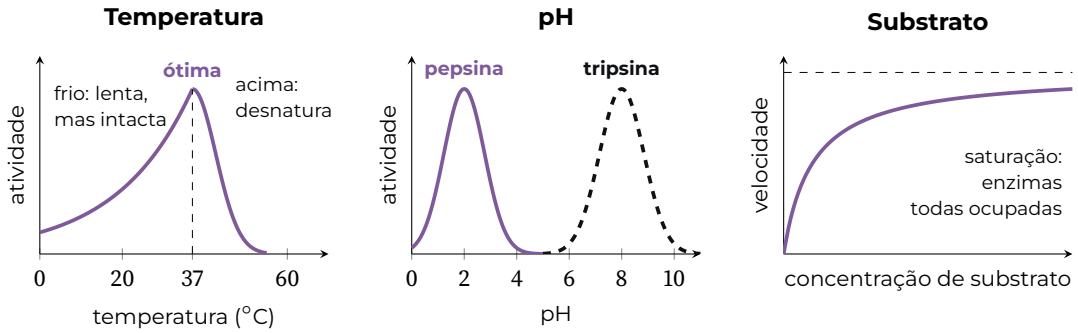
- a **amilase** quebra o amido;
- as **proteases** (pepsina, tripsina) quebram proteínas;
- a **lipase** quebra gorduras;
- a **lactase** quebra a lactose;
- a **catalase** decompõe a água oxigenada, tóxica, que se forma nas células: $2\,H_2O_2 \longrightarrow 2\,H_2O + O_2$. As bolhas que aparecem quando se põe água oxigenada num ferimento são o O_2 liberado pela catalase dos tecidos.

Cofatores. Muitas enzimas só funcionam com um ajudante não proteico, o **cofator**. Ele pode ser um íon metálico, como Mg^{2+}, Zn^{2+} ou o ferro, ou uma molécula orgânica, a **coenzima**. Várias coenzimas são feitas a partir de **vitaminas do complexo B**. É por isso que precisamos dessas vitaminas em quantidades pequenas, mas constantes.

Fatores que alteram a atividade enzimática

- **Temperatura**. Esquentar aumenta a atividade, porque as moléculas se movem mais depressa e se encontram mais. Isso vale até a **temperatura ótima**, perto de 37 °C nas enzimas humanas. Acima dela, a atividade despenca, porque a enzima desnatura. No frio, a enzima fica lenta, mas não se estraga: volta a funcionar quando aquecida. Por isso a geladeira retarda a deterioração dos alimentos. A temperatura ótima depende do organismo: bactérias de fontes termais têm enzimas que funcionam acima de 70 °C.

- **pH.** Cada enzima tem seu pH ótimo, ligado ao lugar onde atua. A **pepsina**, do estômago, trabalha em meio ácido, com pH perto de 2. A **tripsina**, do pâncreas, age no intestino, em meio levemente básico, com pH perto de 8. Fora da faixa, as cargas dos radicais mudam, e o sítio ativo se deforma.
- **Concentração de substrato.** Com a quantidade de enzima fixa, mais substrato acelera a reação no começo. A partir de certo ponto, todas as enzimas ficam ocupadas o tempo todo: é a **saturação**, e a velocidade chega a um máximo. Daí em diante, só mais enzima aumenta a velocidade.
- **Inibidores.** Um **inibidor competitivo** tem forma parecida com a do substrato e ocupa o sítio ativo. Aumentar muito o substrato vence essa competição. Um **inibidor não competitivo** se liga a outra região da enzima e deforma o sítio ativo; aí, mais substrato não resolve. Muitos medicamentos e venenos agem como inibidores de enzimas. A penicilina, por exemplo, ocupa o sítio ativo de uma enzima que as bactérias usam para montar a parede celular e a bloqueia.



Mini-exemplo. Uma protease do estômago é posta em três tubos: (1) clara de ovo em pH 2; (2) clara de ovo em pH 9; (3) amido em pH 2. Só no tubo 1 há digestão. No tubo 2, o pH deforma o sítio ativo. No tubo 3, o pH é bom, mas o substrato não encaixa.

Por que funciona Por que uma enzima só funciona com o substrato certo e no ambiente certo? Porque tudo depende do *formato* do sítio ativo. Esse formato vem da sequência de aminoácidos e é mantido por interações fracas entre partes da cadeia. Calor e pH fora do ideal desfazem essas interações: a "fechadura" se deforma, e a "chave" para de encaixar. Por isso a mesma protease que digere carne no estômago ácido fica parada num tubo básico. A mesma ideia, "a forma determina a função", explica a especificidade dos anticorpos, dos receptores e dos transportadores de membrana.

Armadilha Esquecer que precisam valer *as duas* condições, substrato e ambiente. Uma protease gástrica diante de amido ou de gordura não age, mesmo em pH ácido; diante de proteína, mas em pH 9, também não. E não atribua ao frio o que é do calor: o frio só freia as reações e não "converte" nem "degrada" nada; quem inativa a enzima de vez é a fervura, que a desnatura.

Armadilha Trocar o papel da enzima: ela *diminui* a energia de ativação (não aumenta) e *não é consumida* na reação. Trocar o sentido da água: hidrólise quebra polímeros em unidades menores, com entrada de água; juntar glicose e frutose em sacarose é síntese, o contrário. E chamar o fosfolipídio de "polar" ou de "apolar": ele é as duas coisas ao mesmo tempo, anfifílico, e é isso que faz a bicamada.

Exemplo resolvido

Questão 34 (Enem 2014, questão 75 do caderno azul)

Um pesquisador percebe que o rótulo de um dos vidros em que guarda um concentrado de enzimas digestivas está ilegível. Ele não sabe qual enzima o vidro contém, mas desconfia de que seja uma protease gástrica, que age no estômago digerindo proteínas. Sabendo que a digestão no estômago é ácida e no intestino é básica, ele monta cinco tubos de ensaio com alimentos diferentes, adiciona o concentrado de enzimas em soluções com pH determinado e aguarda para ver se a enzima age em algum deles.

O tubo de ensaio em que a enzima deve agir para indicar que a hipótese do pesquisador está correta é aquele que contém

A) cubo de batata em solução com pH = 9.

B) pedaço de carne em solução com pH = 5.

C) clara de ovo cozida em solução com pH = 9.

D) porção de macarrão em solução com pH = 5.

E) bolinha de manteiga em solução com pH = 9.

resolução em vídeo

Resolução

Ideia-chave: a enzima só age com o **substrato certo** e no **ambiente certo**. A hipótese é uma protease *gástrica*: então o substrato tem de ser proteína e o meio, ácido.

1. Substrato. Batata e macarrão são amido (alvo de amilases); manteiga é gordura (alvo de lipases). Caem A, D e E. Sobram carne e clara de ovo, que são proteínas.

2. Ambiente. A clara está em pH 9, básico (condição do intestino); a carne está em pH 5, ácido. Só a carne reúne as duas condições.

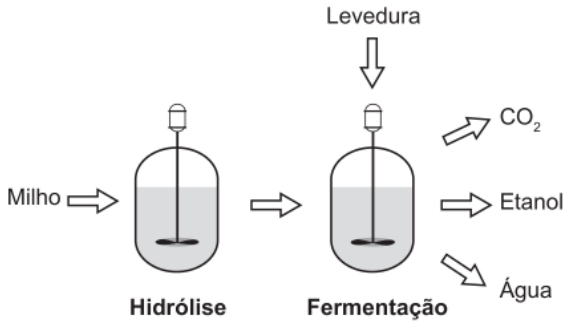
Conclusão: se a enzima agir na carne em pH 5, a hipótese se confirma. Resposta: **B.**

No ENEM, acertaram esta questão 40% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 35 (Enem 2016, questão 53 do caderno azul)

O esquema representa, de maneira simplificada, o processo de produção de etanol utilizando milho como matéria-prima.



A etapa de hidrólise na produção de etanol a partir do milho é fundamental para que

A) a glicose seja convertida em sacarose.
B) as enzimas dessa planta sejam ativadas.
C) a maceração favoreça a solubilização em água.
D) o amido seja transformado em substratos utilizáveis pela levedura.
E) os grãos com diferentes composições químicas sejam padronizados.

resolução em vídeo

O amido do milho é um _____ formado por muitas moléculas de _____ ligadas.
A levedura só consegue fermentar açúcares _____; ela quase não produz enzimas que quebram o amido.
Hidrólise é a quebra de ligações com entrada de _____: o amido vira glicose.
Então a hidrólise serve para que o amido vire _____ utilizáveis pela levedura. Alternativa _____.

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 324.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 324.

Questão 36 (Enem 2016, questão 69 do caderno azul)

Recentemente um estudo feito em campos de trigo mostrou que níveis elevados de dióxido de carbono na atmosfera prejudicam a absorção de nitrato pelas plantas. Consequentemente, a qualidade nutricional desses alimentos pode diminuir à medida que os níveis de dióxido de carbono na atmosfera atingirem as estimativas para as próximas décadas.
Nesse contexto, a qualidade nutricional do grão de trigo será modificada primariamente pela redução de

resolução em vídeo

A) amido. B) frutose. C) lipídeos. D) celulose. E) proteínas.

Questão 37 (Enem 2018, questão 94 do caderno azul)

Anabolismo e catabolismo são processos celulares antagônicos, que são controlados principalmente pela ação hormonal. Por exemplo, no fígado a insulina atua como um hormônio com ação anabólica, enquanto o glucagon tem ação catabólica e ambos são secretados em resposta ao nível de glicose sanguínea.

Em caso de um indivíduo com hipoglicemia, o hormônio citado que atua no catabolismo induzirá o organismo a

A) realizar a fermentação lática.

B) metabolizar aerobicamente a glicose.

C) produzir aminoácidos a partir de ácidos graxos.

D) transformar ácidos graxos em glicogênio.

E) estimular a utilização do glicogênio.

resolução em vídeo

Questão 38 (Enem 2014, questão 47 do caderno azul)

Na década de 1940, na Região Centro-Oeste, produtores rurais, cujos bois, porcos, aves e cabras estavam morrendo por uma peste desconhecida, fizeram uma promessa, que consistiu em não comer carne e derivados até que a peste fosse debelada. Assim, durante três meses, arroz, feijão, verduras e legumes formaram o prato principal desses produtores.

Para suprir o déficit nutricional a que os produtores rurais se submeteram durante o período da promessa, foi importante eles terem consumido alimentos ricos em

resolução em vídeo

A) vitaminas A e E. B) frutose e sacarose.

C) aminoácidos naturais. D) aminoácidos essenciais.

E) ácidos graxos saturados.

Questão 39 (Enem 2024, questão 102 do caderno azul)

Uma agricultora, com a intenção de comercializar o milho recém-colhido, testou uma forma de preservar o sabor adocicado do seu produto. O melhor resultado foi obtido quando ela imergiu as espigas em água fervente durante alguns minutos e, em seguida, em água gelada. Com esse procedimento, parte da glicose do milho não foi transformada em amido, mantendo o seu sabor adocicado.

Utilizando esse procedimento, o sabor foi conservado porque houve

A) desnaturação enzimática pela alta temperatura.

B) conversão de nutrientes pela redução de temperatura.

C) degradação das reservas nutritivas pelo choque térmico.

D) impedimento da entrada de oxigênio pela fervura da água.

E) desidratação dos grãos por causa da alteração da temperatura.

resolução em vídeo

Questão 40 (Enem 2022, questão 120 do caderno azul)

Em uma aula prática de bioquímica, para medir a atividade catalítica da enzima catalase, foram realizados seis ensaios independentes, nas mesmas condições, variando-se apenas a temperatura. A catalase decompõe o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), produzindo água e oxigênio. Os resultados dos ensaios estão apresentados no quadro.

Ensaio	Temperatura (°C)	Decomposição de H_2O_2 (10^{-12} mol/min)
1	10	8,0
2	15	10,5
3	20	9,5
4	25	5,0
5	30	3,6
6	35	3,1

Os diferentes resultados dos ensaios justificam-se pelo(a)

A) variação do pH do meio.

B) aumento da energia de ativação.

C) consumo da enzima durante o ensaio.

D) diminuição da concentração do substrato.

E) modificação da estrutura tridimensional da enzima.

resolução em vídeo



Revisão da semana 1 · sem consulta

Questões novas, misturadas, de assuntos desta semana e de semanas anteriores (1, 3, 8, 16 e 32 semanas atrás, inclusive de volumes anteriores): tudo o que você estudou volta de tempos em tempos até a prova. Feche o livro e resolva sem olhar a teoria: tentar lembrar é o que fixa. Respostas no Gabarito, na página 327.

Questão 41 (Enem PPL 2014, questão 141 do caderno cinza)

O ferro é um mineral fundamental para que as células mantenham seu bom funcionamento. Ele é essencial ao transporte de oxigênio, síntese de DNA e metabolismo energético. É recomendado para meninos de 9 a 13 anos ingerirem, pelo menos, 8 mg de ferro por dia.

Pesquisadores elaboraram a tabela com alguns alimentos e as suas respectivas quantidades de ferro:

Alimento (100 g)	Ferro (mg)
Coração de frango	6,5
Sardinha em conserva	3,5
Amêndoa	3,1
Caldo de cana	2,3
Lentilha	1,5
Batata-doce	1,5
Feijão carioca	1,3
Filé de frango (peito)	0,3

A diretora de uma escola sabe que deve escolher para o almoço de seus alunos o máximo de cardápios possíveis entre três cardápios existentes, no(s) qual(is) cada porção equivale a 100 g e cada copo a 50 g.

• *CARDÁPIO 1*	• *CARDÁPIO 2*	• *CARDÁPIO 3*
• *2 porções de feijão carioca*	• *2 copos de caldo de cana*	• *2 porções de lentilha*
• *1 porção de coração de frango*	• *1 porção de sardinha em conserva*	• *3 porções de filé de frango*
• *1 porção de amêndoa*	• *2 porções de feijão carioca*	• *2 porções de batata doce*

Disponível em: www.rgnutri.com.br. Acesso em: 2 ago. 2012 (adaptado).

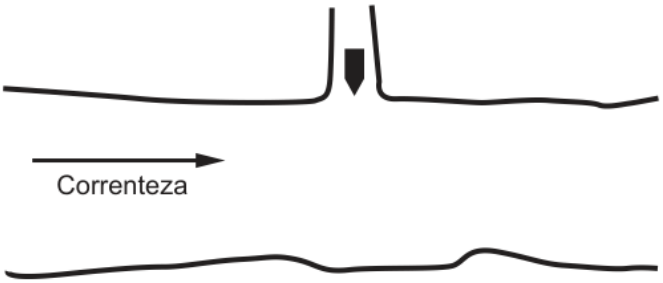
Para ter certeza de que seus alunos estão ingerindo a quantidade mínima de ferro recomendada, a diretora deve escolher o(s) cardápio(s)

A) 1.
B) 2.
C) 3.
D) 1 ou 2.
E) 1 ou 3.

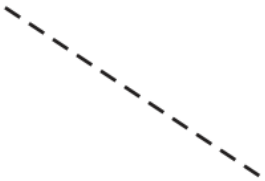
resolução em vídeo

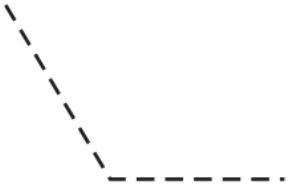
Questão 42 (Enem PPL 2017, questão 101 do caderno azul)

Um longo trecho retilíneo de um rio tem um afluente perpendicular em sua margem esquerda, conforme mostra a figura. Observado de cima, um barco trafega com velocidade constante pelo afluente para entrar no rio. Sabe-se que a velocidade da correnteza desse rio varia uniformemente, sendo muito pequena junto à margem e máxima no meio. O barco entra no rio e é arrastado lateralmente pela correnteza, mas o navegador procura mantê-lo sempre na direção perpendicular à correnteza do rio e o motor acionado com a mesma potência.

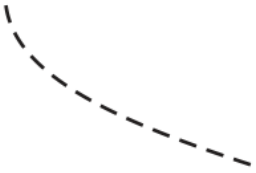


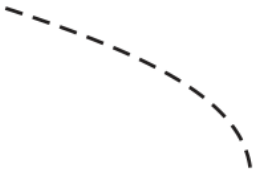
Pelas condições descritas, a trajetória que representa o movimento seguido pelo barco é:

A


B


C


D


E


resolução em vídeo

Questão 43 (Enem PPL 2014, questão 173 do caderno cinza)

André, Carlos e Fábio estudam em uma mesma escola e desejam saber quem mora mais perto da escola. André mora a cinco vinte avos de um quilômetro da escola. Carlos mora a seis quartos de um quilômetro da escola. Já Fábio mora a quatro sextos de um quilômetro da escola.

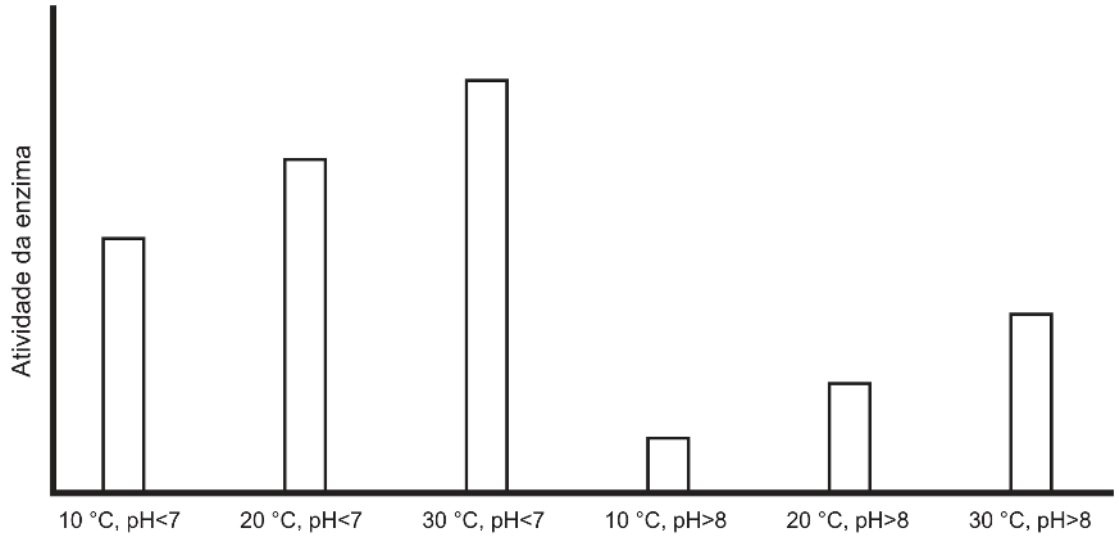
A ordenação dos estudantes de acordo com a ordem decrescente das distâncias de suas respectivas casas à escola é

A) André, Carlos e Fábio.
B) André, Fábio e Carlos.
C) Carlos, André e Fábio.
D) Carlos, Fábio e André.
E) Fábio, Carlos e André.

resolução em vídeo

Questão 44 (Enem PPL 2017, questão 134 do caderno azul)

Sabendo-se que as enzimas podem ter sua atividade regulada por diferentes condições de temperatura e pH, foi realizado um experimento para testar as condições ótimas para a atividade de uma determinada enzima. Os resultados estão apresentados no gráfico.



Em relação ao funcionamento da enzima, os resultados obtidos indicam que o(a)

A) aumento do pH leva a uma atividade maior da enzima.
B) temperatura baixa (10 °C) é o principal inibidor da enzima.
C) ambiente básico reduz a quantidade de enzima necessária na reação.
D) ambiente básico reduz a quantidade de substrato metabolizado pela enzima.
E) temperatura ótima de funcionamento da enzima é 30 °C, independentemente do pH.

resolução em vídeo

Semana 2



Compasso numa mão, papel na outra, o inventor estuda seus desenhos cercado de frascos, livros e instrumentos: a pesquisa começa na mesa de trabalho do pensamento.
Benedito Calixto, *Retrato do padre Bartolomeu de Gusmão* (1902), Museu Paulista da USP, São Paulo. Domínio público.

- **Matemática**
  - Potências, raízes e notação científica
  - Sistema de numeração, ordens de grandeza e estimativas
  - Razão e proporção; regra de três simples
- **Física**
  - Movimento uniformemente variado; gráficos do movimento
- **Química**
  - Fórmulas químicas e quantidade de matéria (mol)
- **Biologia**
  - Célula: membrana, organelas, transporte

Tempo estimado: cerca de 10 h (teoria 6 h, questões 5 h), ou cerca de 1,7 h por dia em 6 dias.

Potências, raízes e notação científica

Matemática

Antes de ler: tente responder

1. Quanto é $10^3 \cdot 10^{-5}$?
2. Escreva 0,0045 em notação científica.
3. Quanto é $8^{2/3}$?

Respostas no Gabarito, na página 324. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

Potências servem para escrever multiplicações repetidas, para lidar com números muito grandes (distâncias no espaço, populações) e muito pequenos (vírus, átomos), e aparecem em fórmulas da Física, da Química e da Biologia em que uma grandeza entra "ao quadrado" ou "ao cubo". As raízes desfazem as potências. A notação científica junta as duas ideias numa escrita padrão.

Cores deste capítulo: **azul** = a base; **roxo** = o expoente; **verde** = o resultado.

Potência: multiplicação repetida

Para um número a e um natural $n \geq 2$, a **potência** a^n é o produto de n fatores iguais a a; a é a **base** e n é o **expoente**. Define-se também $a^1 = a$. Exemplo: $2^3 = 2 \cdot 2 \cdot 2 = 8$. Os nomes "quadrado" ($a^2$) e "cubo" ($a^3$) vêm da geometria: a^2 é a área de um quadrado de lado a, e a^3, o volume de um cubo de aresta a.

Sinal. Base negativa com expoente par dá resultado positivo; com expoente ímpar, negativo, pela regra de sinais: $(-2)^4 = 16$ e $(-2)^3 = -8$. Atenção à escrita: em -2^2 o expoente vale só para o 2, então $-2^2 = -(2^2) = -4$; já $(-2)^2 = 4$. Para as bases 0 e 1: $0^n = 0$ e $1^n = 1$ (com $n \geq 1$).

Propriedades. Todas saem de **contar fatores**:

- $2^3 \cdot 2^2 = (2 \cdot 2 \cdot 2) \cdot (2 \cdot 2) = 2^5$: juntar fatores **soma** os expoentes;
- $\dfrac{2^5}{2^2} = \dfrac{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2}{2 \cdot 2} = 2^3$: os 2 fatores de baixo cancelam 2 de cima; dividir **subtrai** os expoentes;
- $(2^3)^2 = 2^3 \cdot 2^3 = 2^6$: potência de potência **multiplica** os expoentes;
- $(2 \cdot 5)^3 = (2 \cdot 5)(2 \cdot 5)(2 \cdot 5) = 2^3 \cdot 5^3$: a potência de um produto (ou de um quociente) distribui-se pelos fatores.

$$a^m \cdot a^n = a^{m+n} \qquad \frac{a^m}{a^n} = a^{m-n} \qquad (a^m)^n = a^{m \cdot n} \qquad (a \cdot b)^n = a^n \cdot b^n \qquad \left(\frac{a}{b}\right)^n = \frac{a^n}{b^n}$$

juntar fatores soma expoentes; dividir cancela fatores; repetir o bloco multiplica

Não há regra para a soma: $2^3 + 2^2 = 8 + 4 = 12$, que não é $2^5 = 32$. Também $(a + b)^2 \neq a^2 + b^2$: $(1 + 2)^2 = 9$, mas $1^2 + 2^2 = 5$.

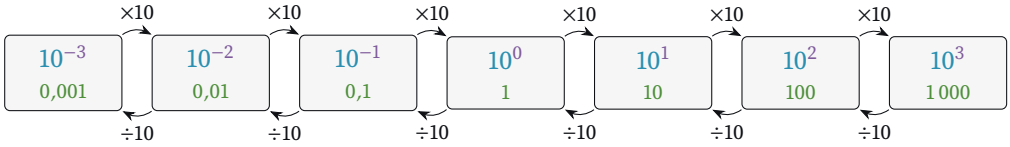
Expoente zero e expoente negativo

As propriedades acima valem para expoentes naturais. Para que continuem valendo com expoente zero ou negativo, só há uma escolha possível. Pela regra da divisão, $\frac{a^3}{a^3} = a^{3-3} = a^0$; mas um número não nulo dividido por ele mesmo dá 1. Logo $a^0 = 1$ ($a \neq 0$). Do mesmo modo, $\frac{a^2}{a^5} = a^{-3}$, e cancelando fatores, $\frac{a^2}{a^5} = \frac{1}{a^3}$:

$$a^0 = 1 \qquad a^{-n} = \frac{1}{a^n} \qquad (a \neq 0)$$

escolhas forçadas para que as propriedades continuem valendo

Exemplos: $2^{-3} = \frac{1}{8}$; $\left(\frac{2}{3}\right)^{-2} = \left(\frac{3}{2}\right)^2 = \frac{9}{4}$. A expressão 0^0 não é definida. Com base 10, os expoentes formam uma escada:



Cada degrau para a direita multiplica por 10 e soma 1 ao expoente; para a esquerda, divide por 10 e subtrai 1. O expoente negativo **não** dá número negativo: $10^{-3} = 0{,}001$ é positivo e pequeno. Exemplo: $10^3 \cdot 10^{-5} = 10^{3+(-5)} = 10^{-2} = 0{,}01$.

Raízes

A **raiz n-ésima** de a, escrita $\sqrt[n]{a}$, é o número que elevado a n dá a; n é o **índice** e a, o **radicando**. Assim $\sqrt[3]{8} = 2$ porque $2^3 = 8$, e $\sqrt{49} = 7$ porque $7^2 = 49$ (o índice 2 não se escreve).

- **Índice par:** só se define para $a \geq 0$, e o resultado é o número *não negativo*. $\sqrt{49} = 7$, e não ± 7 (embora $(-7)^2 = 49$ também). Não existe raiz quadrada real de número negativo: nenhum número real elevado ao quadrado dá -4.
- **Índice ímpar:** vale para qualquer a: $\sqrt[3]{-8} = -2$, pois $(-2)^3 = -8$.

Propriedades (para $a, b \geq 0$): $\sqrt[n]{a \cdot b} = \sqrt[n]{a} \cdot \sqrt[n]{b}$ e $\sqrt[n]{\frac{a}{b}} = \frac{\sqrt[n]{a}}{\sqrt[n]{b}}$ ($b \neq 0$). Elas permitem **simplificar** tirando da raiz os fatores que são potências exatas: $\sqrt{12} = \sqrt{4 \cdot 3} = 2\sqrt{3}$; $\sqrt[3]{54} = \sqrt[3]{27 \cdot 2} = 3\sqrt[3]{2}$. Para a soma não vale nada parecido: $\sqrt{9+16} = \sqrt{25} = 5$, mas $\sqrt{9} + \sqrt{16} = 7$.

Raízes não exatas. $\sqrt{2} = 1{,}4142\ldots$ é irracional; na prática, estima-se entre dois quadrados conhecidos: como $49 < 50 < 64$, temos $7 < \sqrt{50} < 8$, e mais perto de 7 ($\sqrt{50} \approx 7{,}07$). Para tirar a raiz do denominador (**racionalizar**), multiplica-se em cima e embaixo pela raiz: $\frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{2}}{2} \approx 0{,}707$.

Expoente fracionário

Se queremos que $(a^m)^n = a^{m \cdot n}$ valha também para frações, então $\left(8^{1/3}\right)^3 = 8^1 = 8$: $8^{1/3}$ é o número que, ao cubo, dá 8, isto é, $\sqrt[3]{8}$. Em geral, para $a > 0$:

$$a^{\frac{m}{n}} = \sqrt[n]{a^m} = \left(\sqrt[n]{a}\right)^m$$

o denominador do expoente é o índice da raiz; o numerador, a potência

Exemplo: $8^{2/3} = \left(\sqrt[3]{8}\right)^2 = 2^2 = 4$. Tire a raiz primeiro: os números ficam menores. Outros: $27^{1/3} = 3$; $16^{3/4} = \left(\sqrt[4]{16}\right)^3 = 2^3 = 8$; $4^{-1/2} = \frac{1}{\sqrt{4}} = \frac{1}{2}$.

Notação científica

Um número em notação científica é **um número entre 1 e 10** multiplicado por uma **potência de 10**:

$$N = a \times 10^n, \qquad 1 \le a < 10,\ n \text{ inteiro}$$

$0{,}00011 = 1{,}1 \times 10^{-4}$ e $325\,000 = 3{,}25 \times 10^5$

A parte a guarda os algarismos significativos; o expoente n diz o tamanho. Para escrever, ande com a vírgula até ficar **um só algarismo não nulo antes dela**, e conte os saltos:



$0{,}00011 = 1{,}1 \times 10^{-4}$

a vírgula foi para a direita: o número ficou 10^4 vezes maior, então compensamos multiplicando por 10^{-4}

- Vírgula andou para a **direita** k casas (número menor que 1): expoente $-k$.
- Vírgula andou para a **esquerda** k casas (número maior ou igual a 10): expoente $+k$. Exemplo: $325\,000 \to 3{,}25$, 5 casas: $3{,}25 \times 10^5$.
- Confira pelo tamanho: número entre 0 e 1 tem expoente negativo; de 1 até antes de 10, expoente 0; de 10 em diante, positivo.

Contas em notação científica.

- **Multiplicar:** multiplique as partes da frente e some os expoentes, ajustando no fim: $(4 \times 10^5) \cdot (3 \times 10^{-2}) = 12 \times 10^3 = 1{,}2 \times 10^4$.
- **Dividir:** divida as partes da frente e subtraia os expoentes: $\frac{6\times10^8}{3\times10^{-2}} = 2 \times 10^{8-(-2)} = 2 \times 10^{10}$.
- **Somar e subtrair:** primeiro iguale os expoentes: $3\times10^5 + 4\times10^4 = 3\times10^5 + 0{,}4\times10^5 = 3{,}4\times10^5$.
- **Comparar:** com a forma padrão, o maior expoente vence; só com expoentes iguais se olha a parte da frente. $1{,}2 \times 10^{-4} = 0{,}00012$ é maior que $9 \times 10^{-5} = 0{,}00009$.

Prefixos do SI e palavras de quantidade. Cada prefixo é uma potência de 10 que multiplica a unidade:

quilo (k)	mega (M)	giga (G)	tera (T)	mili (m)	micro (μ)	nano (n)	pico (p)
10^3	10^6	10^9	10^{12}	10^{-3}	10^{-6}	10^{-9}	10^{-12}

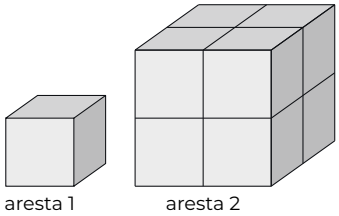
Na contagem, mil = 10^3, milhão = 10^6, bilhão = 10^9, trilhão = 10^{12}. Converter é trocar o prefixo pela potência e operar: $100\,\mu\text{m} = 10^2 \cdot 10^{-6}$ m $= 10^{-4}$ m; 5 nm $= 5\times10^{-9}$ m $= 5\times10^{-9}\cdot10^3$ mm $= 5\times10^{-6}$ mm (cada metro tem 10^3 mm).

Fórmulas com potência: o fator de multiplicação

Se uma grandeza é multiplicada por um fator, o que acontece com outra que depende dela por uma potência? **Basta elevar o fator ao expoente.** Na energia cinética $E = \frac{1}{2}mv^2$, triplicar a velocidade multiplica a energia por $3^2 = 9$. Se $A = k \cdot m^{2/3}$ e m é multiplicado por 8:

$$A_{\text{nova}} = k\,(8m)^{2/3} = 8^{2/3} \cdot k\,m^{2/3} = 4A.$$

A constante k some. Quando a fórmula tem várias grandezas, cada uma contribui com o seu fator elevado ao seu expoente, e os fatores se multiplicam.
O cubo ao lado mostra a geometria por trás: com a aresta dobrada, cabem $2^3 = 8$ cubinhos (volume e massa ×8), mas cada face passa a ter $2^2 = 4$ quadradinhos (área ×4).



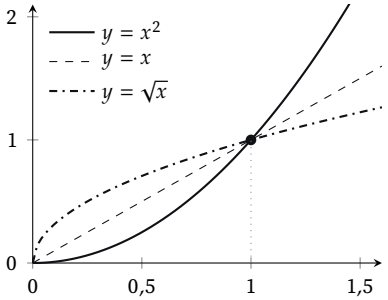
volume ×8 face ×4

Multiplicações repetidas no tempo

Quando uma quantidade é multiplicada pelo mesmo fator a cada período, depois de n períodos ela foi multiplicada pelo fator elevado a n. Uma cultura de bactérias que dobra a cada 20 minutos passa, em 3 horas ($180 \div 20 = 9$ períodos), por 9 dobras: fica $2^9 = 512$ vezes maior. Começando com 100 bactérias, chega a $100 \cdot 2^9 = 51\,200$. Esse é o **crescimento exponencial**, estudado com mais detalhe no capítulo de funções.

Elevar nem sempre aumenta

Para números **maiores que 1**, elevar a um expoente maior que 1 aumenta: $3^2 = 9$. Para números **entre 0 e 1**, diminui: $0{,}5^2 = 0{,}25$, porque multiplicar por 0,5 é tirar metade. Já a raiz faz o contrário: $\sqrt{0{,}25} = 0{,}5$, maior que 0,25. O gráfico ao lado mostra: entre 0 e 1, a curva de x^2 fica *abaixo* da reta $y = x$, e a de $\sqrt{x}$ fica *acima*. Em $x = 1$ as três se cruzam, pois $1^n = 1$.



Por que funciona Todas as regras de potência são consequência de uma só ideia: o expoente conta fatores. Somar expoentes é juntar fatores; subtrair é cancelar; multiplicar é repetir o bloco. Expoente zero, negativo e fracionário foram definidos justamente para que essas regras continuem valendo, e por isso $a^{-n} = \frac{1}{a^n}$ e $a^{1/n} = \sqrt[n]{a}$. A notação científica usa a mesma ideia: andar a vírgula uma casa para a direita multiplica por 10, e a potência de 10 perde 1 no expoente para "devolver" essa multiplicação.

Armadilha Contar zeros em vez de contar as casas que a vírgula anda. Em 0,00011 há três zeros depois da vírgula, mas a vírgula precisa passar também pelo primeiro 1: são 4 casas. Contar 3, ou contar os 5 algarismos depois da vírgula, dá expoente errado. O mesmo vale para números grandes, como 325 000.

Armadilha Errar a raiz. Em $8^{2/3}$, esquecer a raiz cúbica leva a $8^2 = 64$, e ignorar o expoente leva a 8; o certo é $\left(\sqrt[3]{8}\right)^2 = 4$. Outro erro frequente é usar a raiz quadrada onde a fórmula pede a cúbica: $\sqrt{64} = 8$, mas $\sqrt[3]{64} = 4$.

Armadilha Esquecer um dos expoentes de uma fórmula com várias grandezas. Em $L = c\,R^2\,T^4$, se o raio e a temperatura mudam, o fator do raio entra ao quadrado e o da temperatura, à quarta; cada expoente esquecido produz uma alternativa errada.

Armadilha Parar a conversão no meio. Ao passar micrômetros para outra unidade, não basta trocar "μ" por 10^{-6}: é preciso multiplicar pelo número da frente (100 é 10^2) e, se a unidade pedida for o milímetro, converter também de metro para milímetro.

Armadilha Achar que elevar sempre aumenta. Para $0 < x < 1$: $x^3 < x^2 < x < \sqrt{x} < \sqrt[3]{x}$.

Exemplo resolvido

Questão 45 (Enem 2019, questão 140 do caderno azul)

A gripe é uma infecção respiratória aguda de curta duração causada pelo vírus influenza. Ao entrar no nosso organismo pelo nariz, esse vírus multiplica-se, disseminando-se para a garganta e demais partes das vias respiratórias, incluindo os pulmões.
O vírus influenza é uma partícula esférica que tem um diâmetro interno de 0,00011 mm.
Disponível em: www.gripenet.pt. Acesso em: 2 nov. 2013 (adaptado).
Em notação científica, o diâmetro interno do vírus influenza, em mm, é

resolução em vídeo

A) $1{,}1 \times 10^{-1}$ B) $1{,}1 \times 10^{-2}$ C) $1{,}1 \times 10^{-3}$ D) $1{,}1 \times 10^{-4}$ E) $1{,}1 \times 10^{-5}$

Resolução

Ideia-chave: notação científica exige um único algarismo não nulo antes da vírgula.
0,00011: a vírgula precisa ir para depois do primeiro 1, andando 4 casas para a direita: 1,1.
Andar 4 casas para a direita multiplica por 10^4; para não mudar o valor, compensamos com 10^{-4}.
$0{,}00011 = 1{,}1 \times 10^{-4}$ mm. **Resposta: D.**
Confira voltando: dividir 1,1 por 10 quatro vezes dá 0,11 → 0,011 → 0,0011 → 0,00011. A alternativa C conta só os três zeros depois da vírgula; a E conta os cinco algarismos depois da vírgula.

No ENEM, acertaram esta questão 49% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 46 (Enem 2012, questão 168 do caderno azul)

Dentre outros objetos de pesquisa, a Alometria estuda a relação entre medidas de diferentes partes do corpo humano. Por exemplo, segundo a Alometria, a área A da superfície corporal de uma pessoa relaciona-se com a sua massa m pela fórmula A = k·mˆ(2/3), em que k é uma constante

positiva.
Se no período que vai da infância até a maioridade de um indivíduo sua massa é multiplicada por 8, por quanto será multiplicada a área da superfície corporal?
Por quanto será multiplicada a área da superfície corporal?

resolução em vídeo

A) $\sqrt[3]{16}$ B) 4 C) $\sqrt{24}$ D) 8 E) 64

Passo 1: troque m por $8m$ na fórmula: $A_{\text{nova}} = k\,(8m)^{2/3} =$ _____ $\cdot\, k\, m^{2/3}$.

Passo 2: então a área é multiplicada por $8^{2/3}$. Calcule: $\sqrt[3]{8} =$ _____, e ao quadrado dá _____.

Passo 3: alternativa _____.

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 324.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 325.

Questão 47 (Enem 2026, questão 163 do caderno azul)

No momento do Big Bang, o Universo passou por um crescimento enorme que durou menos de um trilionésimo de segundo. Para se ter uma ideia desse tempo, um trilionésimo é um número que pode ser representado por uma fração em que o numerador é 1 e o denominador é um número inteiro iniciado por 1 seguido apenas de zeros.
Disponível em: http://super.abril.com.br. Acesso em: 16 out. 2015.
Representando um trilionésimo por uma fração, quantos zeros após o 1 do denominador existem nessa fração?

resolução em vídeo

A) 9 B) 11 C) 12 D) 14 E) 15

Questão 48 (Enem 2010, questão 177 do caderno azul)

Um dos grandes problemas da poluição dos mananciais (rios, córregos e outros) ocorre pelo hábito de jogar óleo utilizado em frituras nos encanamentos que estão interligados com o sistema de esgoto. Se isso ocorrer, cada 10 litros de óleo poderão contaminar 10 milhões (10^7) de litros de água potável.
Manual de etiqueta. Parte integrante das revistas Veja (ed. 2055), Cláudia (ed. 555), National Geographic (ed. 93) e Nova Escola (ed. 208) (adaptado).
Suponha que todas as famílias de uma cidade descartem os óleos de frituras através dos encanamentos e consomem 1 000 litros de óleo em frituras por semana.
Qual seria, em litros, a quantidade de água potável contaminada por semana nessa cidade?

resolução em vídeo

A) 10^{-2} B) 10^3 C) 10^4 D) 10^6 E) 10^9

Questão 49 (Enem 2026, questão 162 do caderno azul)

Um estudante de biologia aprendeu que o diâmetro médio da mitocôndria, organela responsável pela respiração celular, mede 0,75 micrômetro (1 micrômetro equivale à milionésima parte de um metro).
Disponível em: https://brasilescola.uol.com.br. Acesso em: 9 nov. 2022 (adaptado).
Para ter uma ideia do quão pequena é a mitocôndria, o estudante converteu a medida desse diâmetro para a unidade milímetro.
A medida do diâmetro médio da mitocôndria, em milímetro, é

resolução em vídeo

A) $7{,}5 \times 10^{-1}$ B) $7{,}5 \times 10^{-2}$ C) $7{,}5 \times 10^{-4}$ D) $7{,}5 \times 10^{-5}$ E) $7{,}5 \times 10^{-7}$

Questão 50 (Enem 2022, questão 148 do caderno azul)

A luminosidade L de uma estrela está relacionada com o raio R e com a temperatura T dessa estrela segundo a Lei de Stefan-Boltzmann: $L = c \cdot R^2 \cdot T^4$, em que c é uma constante igual para todas as estrelas.
Considere duas estrelas E e F, sendo que a estrela E tem metade do raio da estrela F e o dobro da temperatura de F.
Indique por L_E e L_F suas respectivas luminosidades.
A relação entre as luminosidades dessas duas estrelas é dada por

resolução em vídeo

A) $L_E = \frac{L_F}{2}$ B) $L_E = \frac{L_F}{4}$ C) $L_E = L_F$ D) $L_E = 4L_F$ E) $L_E = 8L_F$

Questão 51 (Enem 2015, questão 157 do caderno azul)

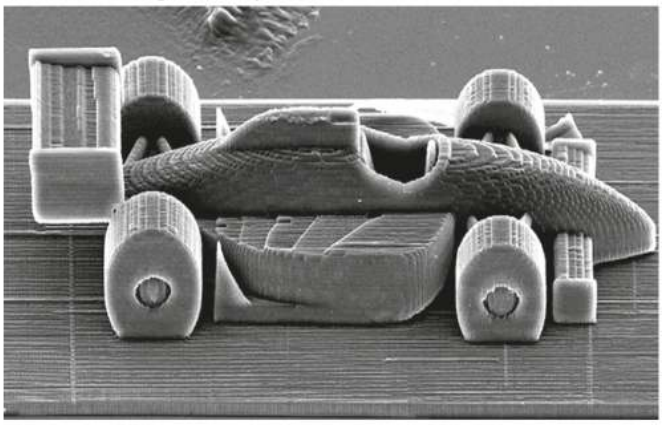
As exportações de soja do Brasil totalizaram 4,129 milhões de toneladas no mês de julho de 2012, e registraram um aumento em relação ao mês de julho de 2011, embora tenha havido uma baixa em relação ao mês de maio de 2012.
A quantidade, em quilogramas, de soja exportada pelo Brasil no mês de julho de 2012 foi de

resolução em vídeo

A) $4{,}129 \times 10^3$ B) $4{,}129 \times 10^6$ C) $4{,}129 \times 10^9$ D) $4{,}129 \times 10^{12}$ E) $4{,}129 \times 10^{15}$

Questão 52 (Enem 2020, questão 154 do caderno azul)

Pesquisadores da Universidade de Tecnologia de Viena, na Áustria, produziram miniaturas de objetos em impressoras 3D de alta precisão. Ao serem ativadas, tais impressoras lançam feixes de laser sobre um tipo de resina, esculpindo o objeto desejado. O produto final da impressão é uma escultura microscópica de três dimensões, como visto na imagem ampliada.



A escultura apresentada é uma miniatura de um carro de Fórmula 1, com 100 micrômetros de comprimento. Um micrômetro é a milionésima parte de um metro.

Usando notação científica, qual é a representação do comprimento dessa miniatura, em metro?

A) $1{,}0 \times 10^{-1}$
B) $1{,}0 \times 10^{-3}$
C) $1{,}0 \times 10^{-4}$
D) $1{,}0 \times 10^{-6}$
E) $1{,}0 \times 10^{-7}$

resolução em vídeo

Questão 53 (Enem 2013, questão 153 do caderno azul)

Muitos processos fisiológicos e bioquímicos, tais como batimentos cardíacos e taxa de respiração, apresentam escalas construídas a partir da relação entre superfície e massa (ou volume) do animal. Uma dessas escalas, por exemplo, considera que "o cubo da área S da superfície de um mamífero é proporcional ao quadrado de sua massa M".
HUGHES-HALLETT, D. et al. Cálculo e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 1999 (adaptado).
Isso é equivalente a dizer que, para uma constante $k > 0$, a área S pode ser escrita em função de M por meio da expressão:

resolução em vídeo

A) $S = k \cdot M$ B) $S = k \cdot \sqrt[3]{M}$ C) $S = \sqrt[3]{k} \cdot \sqrt[3]{M}$ D) $S = \sqrt[3]{k} \cdot \sqrt[3]{(M^2)}$ E) $S = \sqrt[3]{k \cdot M^2}$

Questão 54 (Enem 2019, questão 163 do caderno azul)

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) é uma medida usada para classificar os países pelo seu grau de desenvolvimento. Para seu cálculo, são levados em consideração a expectativa de

vida ao nascer, tempo de escolaridade e renda per capita, entre outros. O menor valor deste índice é zero e o maior é um. Cinco países foram avaliados e obtiveram os seguintes índices de desenvolvimento humano: o primeiro país recebeu um valor X, o segundo $\sqrt{X}$, o terceiro $X^{1}/^{3}$, o quarto X^{2} e o último X^{3}. Nenhum desses países zerou ou atingiu o índice máximo.
Qual desses países obteve o maior IDH?

resolução em vídeo

A) O primeiro. B) O segundo. C) O terceiro. D) O quarto. E) O quinto.

Sistema de numeração, ordens de grandeza e estimativas

Matemática

Antes de ler: tente responder

1. No número 4 705 312, qual é o valor do algarismo 7?
2. Escreva 2,4 bilhões com todos os algarismos.
3. Qual é a ordem de grandeza de 8 000?

Respostas no Gabarito, na página 325. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

Escrever números parece natural, mas o nosso jeito de escrever é uma invenção engenhosa: com só dez símbolos representamos qualquer número, por maior que seja, porque o *lugar* de cada símbolo também carrega informação. Este capítulo explica esse sistema, compara-o com outros (binário, romano) e mostra como avaliar o tamanho de um número sem fazer a conta inteira: ordem de grandeza, arredondamento e estimativa.

Cores deste capítulo: **azul** = classe das unidades simples; **roxo** = classe do milhar; **verde** = classe do milhão.

O sistema decimal posicional

Algarismos (ou dígitos) são os símbolos $0, 1, 2, \ldots, 9$; **números** são as quantidades que escrevemos com eles. O sistema é **decimal** porque agrupa de 10 em 10 (dez unidades formam uma dezena, dez dezenas uma centena...) e **posicional** porque o valor de um algarismo depende da posição que ele ocupa: a cada casa para a esquerda, vale 10 vezes mais. No número 2 453, o 2 vale 2 000, o 4 vale 400, o 5 vale 50 e o 3 vale 3. Chama-se **valor absoluto** o do próprio algarismo (4) e **valor relativo** ou posicional o que ele tem naquela casa (400).

$$2\,453 = 2 \cdot 10^3 + 4 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0$$

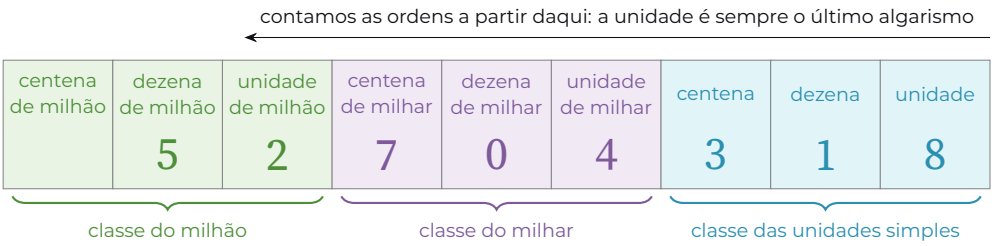
cada posição é uma potência de 10; o algarismo diz quantas vezes ela entra

O **zero** marca uma posição vazia: em 3 064 não há centenas, e sem o zero o número viraria 364. É o zero que permite saber em que casa cada algarismo está.

A mesma lógica continua à direita da vírgula, com potências de expoente negativo: décimos (10^{-1}), centésimos (10^{-2}), milésimos (10^{-3}). Assim, $3{,}14 = 3 \cdot 10^0 + 1 \cdot 10^{-1} + 4 \cdot 10^{-2}$.

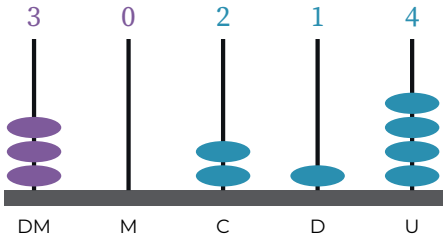
Ordens e classes

Contando da **direita** para a esquerda, a partir das unidades, cada posição é uma **ordem:** unidade (1ª ordem), dezena (2ª), centena (3ª), unidade de milhar (4ª)… As ordens se agrupam de 3 em 3 em **classes:** unidades simples, milhar, milhão, bilhão. É por isso que separamos os números em grupos de 3 algarismos. Veja o número 52 704 318:



O 7 está na centena de milhar: vale 700 000. O 0 diz que não há dezenas de milhar. Lemos classe por classe: "cinquenta e dois *milhões*, setecentos e quatro *mil*, trezentos e dezoito".

Ábacos, quipus e medidores são outras formas de mostrar as mesmas posições. No ábaco de hastes, cada haste é uma ordem (a unidade fica na haste da direita) e o número de argolas é o algarismo; haste vazia é zero:



= **30 214**

haste M vazia: zero milhares

Nos quipus dos incas, cada faixa de nós numa corda é uma ordem, e a ausência de nós numa faixa é o zero. No medidor de energia com ponteiros, cada relógio dá um algarismo (milhar, centena, dezena, unidade); como os relógios vizinhos giram em sentidos opostos, cada um é lido no seu próprio sentido, e quando o ponteiro está entre dois números vale o **último ultrapassado**, pois o seguinte ainda não foi completado.

Números grandes por extenso

Mil = 10^3 (3 zeros), milhão = 10^6 (6 zeros), bilhão = 10^9 (9 zeros), trilhão = 10^{12} (12 zeros): cada nova classe multiplica por mil. Com vírgula, ande com ela tantas casas quanto os zeros da palavra, completando com zeros:

$$3{,}8 \text{ bilhões} = 3{,}8 \times 10^9 = \mathbf{3\,800\,000\,000}$$

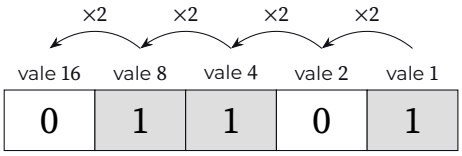
a vírgula anda 9 casas: depois do 38 vêm 8 zeros

Confira pela leitura: 3 800 000 000 tem 4 classes; a primeira (o 3) é a dos bilhões, e o 800 é a dos milhões: "três bilhões e oitocentos milhões". Do mesmo modo, 0,5 milhão = 500 000 e 12,7 mil = 12 700.

Outras bases

O 10 não tem nada de especial: é só o número de dedos das mãos. Em **base** b usam-se os algarismos de 0 a $b-1$, e cada posição vale b vezes a anterior. Ainda usamos a base 60 para o tempo (60 segundos formam 1 minuto; 60 minutos, 1 hora).

Base 2 (binária). Só há os algarismos 0 e 1, e as posições valem $1, 2, 4, 8, 16, \ldots$ (potências de 2). É a base dos computadores, em que cada posição é um circuito ligado (1) ou desligado (0). Para ler, some os valores das posições que têm 1:



$1101_{(2)} = 8 + 4 + 1 = \mathbf{13}$

Do decimal para o binário há dois caminhos. (1) Tire a maior potência de 2 que cabe e repita com o resto: $13 = 8 + 5 = 8 + 4 + 1$; há 1 nas casas 8, 4 e 1, e 0 na casa 2: $1101_{(2)}$. (2) Divida sucessivamente por 2 e leia os restos *de baixo para cima*, como no esquema ao lado. O primeiro resto é o algarismo das unidades, porque diz se o número é par ou ímpar.

$$13 = 2 \cdot 6 + \mathbf{1}$$
$$6 = 2 \cdot 3 + \mathbf{0}$$
$$3 = 2 \cdot 1 + \mathbf{1}$$
$$1 = 2 \cdot 0 + \mathbf{1}$$

leia de baixo para cima: 1101

Somar em binário segue o algoritmo de sempre, com "vai um" quando a soma da coluna chega a 2: $0 + 0 = 0$, $0 + 1 = 1$, $1 + 1 = 10$ (escreve 0 e vai 1), $1 + 1 + 1 = 11$. Exemplo: $101_{(2)} + 11_{(2)} = 1000_{(2)}$, isto é, $5 + 3 = 8$.

Números romanos

O sistema romano **não é posicional**: cada letra tem valor fixo, I = 1, V = 5, X = 10, L = 50, C = 100, D = 500, M = 1 000, e não há símbolo para o zero. Regras:

- letras iguais ou de valor menor *depois* de uma maior se somam: XXX = 30; XI = 11; MDC = 1 600;
- I, X, C e M podem repetir-se até três vezes; V, L e D não se repetem;
- uma letra menor *antes* de uma maior é subtraída, e só nestes pares: IV = 4, IX = 9, XL = 40, XC = 90, CD = 400, CM = 900;
- um traço sobre a letra multiplica seu valor por 1 000: $\overline{\text{V}} = 5\,000$.

Para ler, separe os pares subtrativos e some os blocos: CDXLIV = CD + XL + IV = 400 + 40 + 4 = 444; MMXXVI = 2 000 + 20 + 6 = 2 026. Sem posições, a escrita fica longa e as contas, difíceis: por isso o sistema posicional o substituiu.

Quando um texto apresenta um sistema de contagem diferente (de um povo, de um jogo), a regra vem nos exemplos dados: identifique o valor de cada símbolo e como eles se combinam, e aplique o mesmo padrão ao número pedido.

Arredondamento

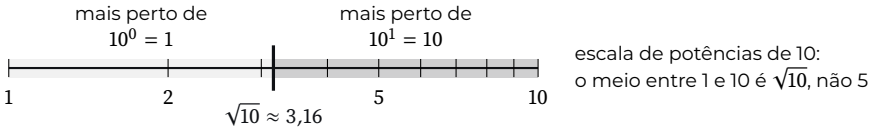
Arredondar é trocar um número por outro mais simples, com menos algarismos significativos, próximo dele. Para arredondar até certa ordem, olhe o algarismo *seguinte*: se for 0, 1, 2, 3 ou 4, mantenha a ordem e descarte o resto; se for 5, 6, 7, 8 ou 9, some 1 à ordem. Exemplos: 2 718 arredondado para as centenas é 2 700 (o seguinte é 1); 3,1416 para os centésimos é 3,14; 2,96 para os décimos é 3,0 (o 9 vira 10 e "vai um"). Cada arredondamento introduz um erro de no máximo meia unidade da ordem escolhida.

Ordem de grandeza e estimativa

A **ordem de grandeza** de um número é a potência de 10 mais próxima dele. Ela responde "de que tamanho é isto?": dezenas, milhares, milhões. Para achá-la, escreva o número em notação científica, $a \times 10^n$ com $1 \le a < 10$, e veja se a está mais perto de $10^0 = 1$ ou de $10^1 = 10$. Numa escala de potências de 10, o meio do caminho entre 1 e 10 é $10^{0,5} = \sqrt{10} \approx 3{,}16$ (e não 5, como na escala comum):

$$a < 3{,}16 \Rightarrow \text{ordem } 10^n \qquad a \ge 3{,}16 \Rightarrow \text{ordem } 10^{n+1}$$

$8\,000 = 8 \times 10^3$: como $8 > 3{,}16$, a ordem é 10^4



Alguns livros usam 5 (ou 5,5) como fronteira em vez de $\sqrt{10}$; os resultados só diferem quando a está entre 3,16 e 5,5. Em geral, quando se pede a ordem de grandeza, o enunciado diz o critério ou os números estão longe da fronteira. Exemplos: $250 = 2{,}5 \times 10^2$ tem ordem 10^2; $0{,}0007 = 7 \times 10^{-4}$ tem ordem 10^{-3}.

Estimar é arredondar os dados para números fáceis antes de calcular, para ter rapidamente o tamanho do resultado. Quantos segundos tem um ano? $365 \cdot 24 \cdot 3\,600 \approx 400 \cdot 25 \cdot 3\,600 = 36\,000\,000 \approx 3{,}6 \times 10^7$. O valor exato é $31\,536\,000 \approx 3{,}15 \times 10^7$: a estimativa chegou perto (erro de cerca de 14 %) com contas de cabeça. Os dois valores estão perto da fronteira $\sqrt{10} \approx 3{,}16$: pelo critério acima, o exato ($3{,}15 \times 10^7$) tem ordem 10^7, mas a estimativa ($3{,}6 \times 10^7$) já teria ordem 10^8. Arredondando um fator para cima e outro para baixo, os erros tendem a se compensar. Estimar não substitui a conta, mas mostra quando um resultado é absurdo.

Por que funciona Por que contar as ordens pela direita? Porque a unidade, que vale $10^0 = 1$, é sempre o último algarismo de um número inteiro; a partir dela, cada casa à esquerda vale 10 vezes mais. Contando pela esquerda, a resposta dependeria de quantos algarismos o número tem: o primeiro algarismo de 52 704 318 é dezena de milhão, mas o de 4 705 é unidade de milhar. E por que o zero é indispensável? Porque, num sistema posicional, uma casa vazia que não fosse marcada faria todos os algarismos à esquerda "descerem" uma ordem.

Armadilha Contar as ordens a partir da esquerda. A ordem de um algarismo se conta a partir da unidade, que é o último algarismo à direita; o terceiro algarismo da esquerda só é a centena se o número tiver exatamente três algarismos.

Armadilha Andar com a vírgula o número errado de casas. Em "bilhões" a vírgula anda 9 casas; andar 5, 6, 7 ou 8 dá números com os mesmos algarismos, mas dez mil, mil, cem ou dez vezes menores, e confundir bilhão com milhão é errar por um fator de mil.

Armadilha Ler as posições na ordem errada ou pular a posição vazia. No ábaco e no quipu, cada haste ou faixa é uma ordem fixa: ler de trás para frente embaralha o número, e ignorar uma haste ou faixa sem argolas ou nós apaga um zero e faz todas as ordens acima "descerem".

Armadilha No medidor de ponteiros, arredondar para o número que o ponteiro ainda não alcançou ou ler os relógios fora de ordem. Vale o último algarismo ultrapassado, no sentido de giro de cada relógio, e a ordem é milhar, centena, dezena, unidade.

Armadilha Somar em binário sem o "vai um". Em base 2, $1 + 1 = 10$: escreve-se 0 e vai 1 para a próxima casa. Escrever $1 + 1 = 0$ e esquecer o vai-um, ou escrever $1 + 1 = 1$, dá resultados errados.

Armadilha Ler um par subtrativo romano como soma. CD é $500 - 100 = 400$, não 600; IX é $10 - 1 = 9$, não 11. Separe os pares (letra menor antes de maior) antes de somar.

Exemplo resolvido

Questão 55 (Enem 2012, questão 161 do caderno azul)

João decidiu contratar os serviços de uma empresa por telefone através do SAC (Serviço de Atendimento ao Consumidor). O atendente ditou para João o número de protocolo de atendimento da ligação e pediu que ele anotasse. Entretanto, João não entendeu um dos algarismos ditados pelo atendente e anotou o número 1 3 __ 9 8 2 0 7, sendo que o espaço vazio é o do algarismo que João não entendeu.
De acordo com essas informações, a posição ocupada pelo algarismo que falta no número de protocolo é a de

resolução em vídeo

A) centena.
B) dezena de milhar.
C) centena de milhar.
D) milhão.
E) centena de milhão.

Resolução

Ideia-chave: conte as ordens da direita para a esquerda, de 3 em 3.
O número tem 8 algarismos, contando o que falta. Separando em classes a partir da direita:

1 3 □ 9 8 2 0 7

Da direita: 7 é a unidade, 0 a dezena, 2 a centena (classe das unidades simples). Depois, 8 é a unidade de milhar, 9 a dezena de milhar e o espaço é a **centena de milhar**. Confira: 3 é a unidade de milhão e 1, a dezena de milhão.
Resposta: C. A alternativa A (centena) conta a partir da esquerda; a E (centena de milhão) exigiria 9 algarismos.

No ENEM, acertaram esta questão 51% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 56 (Enem 2021, questão 177 do caderno azul)

Uma das bases mais utilizadas para representar um número é a base decimal. Entretanto, os computadores trabalham com números na base binária. Nessa base, qualquer número natural é representado usando apenas os algarismos 0 e 1. Por exemplo, as representações dos números 9 e 12, na base binária, são 1001 e 1100, respectivamente. A operação de adição, na base binária, segue um algoritmo similar ao utilizado na base decimal, como detalhado no quadro:
Por exemplo, na base binária, a soma dos números 10 e 10 é 100, como apresentado: $10 + 10 = 100$.

a	b	a + b
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	10

Considerando as informações do texto, o resultado da adição 9 + 12 será representado, na base binária, por

resolução em vídeo

A) 101. B) 1101. C) 1111. D) 10101. E) 11001.

Passo 1: some na base decimal: 9 + 12 = _____.

Passo 2: na base 2, as posições valem (da direita) 1, 2, 4, 8, 16. Escreva 21 como soma dessas potências: 21 = 16+ _____ +1.

Passo 3: marque 1 nas posições usadas e 0 nas outras (16, 8, 4, 2, 1): _____. Alternativa _____.

Confira somando direto na base 2, como no quadro: 1001 + 1100 = 10101.

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 325.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 325.

Questão 57 (Enem 2022, questão 175 do caderno azul)

Ao escutar a notícia de que um filme recém-lançado arrecadou, no primeiro mês de lançamento, R$ 1,35 bilhão em bilheteria, um estudante escreveu corretamente o número que representa essa quantia, com todos os seus algarismos.
O número escrito pelo estudante foi

resolução em vídeo

A) 135 000,00.
B) 1 350 000,00.
C) 13 500 000,00.
D) 135 000 000,00.
E) 1 350 000 000,00.

Questão 58 (Enem 2023, questão 179 do caderno azul)

As características culturais variam de povo para povo. Há notícias de um povo que possuía formas de contar diferentes das nossas, como indicado no quadrinho a seguir.



Segundo o padrão de contagem indicado na figura, as representações dos numerais cinco e sete, nessa cultura, devem ser, respectivamente,

A) okosa urapum urapum urapum e okosa okosa urapum urapum urapum.
B) okosa okosa urapum e okosa okosa okosa okosa urapum.
C) okosa okosa urapum e okosa okosa okosa urapum.
D) okosa urapum urapum e okosa urapum okosa urapum urapum.
E) okosa okosa urapum e okosa okosa okosa okosa.

resolução em vídeo

Questão 59 (Enem 2011, questão 139 do caderno azul)

O medidor de energia elétrica de uma residência, conhecido por "relógio de luz", é constituído de quatro pequenos relógios, cujos sentidos de rotação estão indicados conforme a figura:



Disponível em: http://www.enersul.com.br. Acesso em: 26 abr. 2010.

A medida é expressa em kWh. O número obtido na leitura é composto por 4 algarismos. Cada posição do número é formada pelo último algarismo ultrapassado pelo ponteiro.

O número obtido pela leitura em kWh, na imagem, é

A) 2 614.
B) 3 624.
C) 2 715.
D) 3 725.
E) 4 162.

resolução em vídeo

Questão 60 (Enem 2021, questão 176 do caderno azul)

O sistema de numeração romano ainda é utilizado na indicação de capítulos e volumes de livros, na designação de séculos e, em ordem cronológica, de papas e reis de mesmo nome. São utilizadas sete letras do alfabeto:
Quatro fundamentais: I (vale 1); X (vale 10); C (vale 100) e M (vale 1 000).
Três secundárias: V (vale 5); L (vale 50) e D (vale 500).
As regras para escrever números romanos são:
1. Não existe símbolo correspondente ao zero;
2. Os símbolos fundamentais podem ser repetidos até três vezes e seus valores são adicionados. Exemplo: XXX = 30;
3. Uma letra posta à esquerda de outra de maior valor indica subtração dos respectivos valores. Exemplo: IX = 10 − 1 = 9;
4. Uma letra posta à direita de outra de maior valor indica adição dos respectivos valores. Exemplo: XI = 10 + 1 = 11.
Em uma cidade europeia há uma placa indicando o ano de sua fundação: MCDLXIX.
Quantos anos de fundação essa cidade comemorará em 2050?

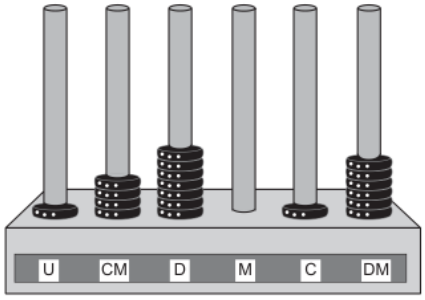
resolução em vídeo

A) 379 B) 381 C) 579 D) 581 E) 601

Questão 61 (Enem 2016, questão 148 do caderno azul)

O ábaco é um antigo instrumento de cálculo que usa notação posicional de base dez para representar números naturais. Ele pode ser apresentado em vários modelos, um deles é formado por hastes apoiadas em uma base. Cada haste corresponde a uma posição no sistema decimal e nelas são colocadas argolas; a quantidade de argolas na haste representa o algarismo daquela posição. Em geral, colocam-se adesivos abaixo das hastes com os símbolos U, D, C, M, DM e CM que correspondem, respectivamente, a unidades, dezenas, centenas, unidades de milhar, dezenas de milhar e centenas de milhar, sempre começando com a unidade na haste da direita e as demais ordens do número no sistema decimal nas hastes subsequentes (da direita para esquerda), até a haste que se encontra mais à esquerda.

Entretanto, no ábaco da figura, os adesivos não seguiram a disposição usual.



Nessa disposição, o número que está representado na figura é

A) 46 171.
B) 147 016.
C) 171 064.
D) 460 171.
E) 610 741.

resolução em vídeo

Movimento uniformemente variado; gráficos do movimento

Física

Antes de ler: tente responder

1. Um carro parte do repouso e acelera a $2\,\text{m/s}^2$. Qual é a velocidade dele depois de 5 s?
2. Se a velocidade de um carro dobra, a distância que ele precisa para frear (com a mesma desaceleração) também dobra?
3. No gráfico posição × tempo, como aparece um trecho em que o carro está parado?

Respostas no Gabarito, na página 325. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

Cores deste capítulo: **azul** = trecho ou parcela com velocidade constante; **roxo** = trecho ou parcela devida à aceleração (ou à frenagem); **verde** = resultado. Nos gráficos $v \times t$, cada área é um deslocamento.

No capítulo anterior a velocidade era constante. Quase nenhum movimento real é assim: o carro arranca, freia, o objeto que cai fica cada vez mais rápido. Para descrever esses movimentos precisamos medir *como a velocidade muda*.

Aceleração

A **aceleração escalar média** é a variação da velocidade dividida pelo tempo em que ela ocorreu:

$$a_m = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_{\text{final}} - v_{\text{inicial}}}{t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}}}$$

no SI, $\frac{\text{m/s}}{\text{s}} = \text{m/s}^2$: quantos m/s a velocidade ganha (ou perde) a cada segundo

Exemplo. Um carro passa de 10 m/s para 16 m/s em 3 s: $a_m = \frac{16 - 10}{3} = \mathbf{2\,m/s^2}$, ou seja, ganhou 2 m/s a cada segundo. Um carro que vai de 0 a 100 km/h ($\approx 27{,}8$ m/s) em 10 s tem $a_m \approx 2{,}8\,\text{m/s}^2$.

A **aceleração instantânea** é a aceleração média num intervalo tão curto que, dentro dele, a aceleração praticamente não muda. Atenção à diferença entre as grandezas: a *velocidade* diz quão depressa muda a posição; a *aceleração* diz quão depressa muda a velocidade. Um corpo pode ter velocidade alta e aceleração nula (avião em cruzeiro) ou velocidade nula e aceleração diferente de zero (uma bola lançada para cima, no ponto mais alto).

Acelerado ou retardado? O sinal de a, sozinho, não diz se o corpo está ganhando ou perdendo rapidez; isso depende de comparar com o sinal de v:

- v e a com o **mesmo sinal**: o módulo da velocidade aumenta; movimento **acelerado**;
- v e a com **sinais opostos**: o módulo da velocidade diminui; movimento **retardado** (freando).

Por exemplo, com $v = -10$ m/s e $a = +2\,\text{m/s}^2$, o corpo anda no sentido negativo e a velocidade vai para -8, -6, -4 m/s: ele está freando, embora a seja positiva. "Desaceleração de $5\,\text{m/s}^2$" quer dizer uma aceleração de módulo 5 contrária ao movimento.

Movimento uniformemente variado (MUV)

Um movimento é **uniformemente variado** quando a aceleração é constante e diferente de zero: a velocidade muda sempre o mesmo tanto a cada segundo. Então a aceleração média, em qualquer intervalo, é a própria a. Se a velocidade no instante $t = 0$ é v_0, até o instante t ela variou $a\,t$:

$$v = v_0 + a\,t$$

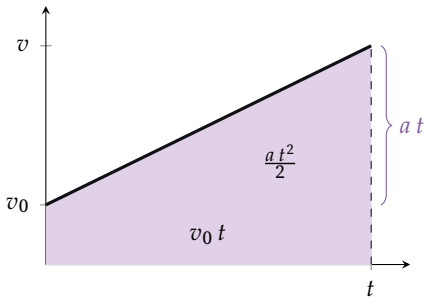
função horária da velocidade: vem direto da definição $a = \Delta v/\Delta t$

Exemplo. Parte do repouso ($v_0 = 0$) com $a = 2\,\text{m/s}^2$: depois de 5 s, $v = 0 + 2 \cdot 5 = \mathbf{10\,m/s}$.

O gráfico $v \times t$ do MUV é uma *reta*: corta o eixo vertical em v_0, e sua inclinação $\Delta v/\Delta t$ é a aceleração.

O deslocamento é a área. No MU, o deslocamento era a área do retângulo sob o gráfico $v \times t$. Isso continua valendo quando a velocidade varia: divida o tempo em intervalos curtíssimos; em cada um, a velocidade quase não muda, e o deslocamento é $v \cdot \Delta t$, a área de um retângulo fino. Somando todos, obtém-se a área sob o gráfico. No MUV essa área é um **trapézio**, que se divide em um retângulo (o que o móvel andaria se mantivesse v_0) e um triângulo (o que ele anda a mais por acelerar).

velocidade × tempo no MUV



O retângulo tem área $v_0\,t$. O triângulo tem base t e altura $v - v_0 = a\,t$, logo área $\frac{1}{2} \cdot t \cdot a\,t$. Somando:

$$s = s_0 + v_0\,t + \frac{a\,t^2}{2}$$

função horária da posição no MUV: s é uma função do 2.º grau em t

Usando a área do trapézio diretamente, $\Delta s = \dfrac{v_0 + v}{2}\,t$. Comparando com $\Delta s = v_m\,t$:

$$v_m = \frac{v_0 + v}{2}$$

só no MUV: a velocidade média é a média entre a inicial e a final

Isso não vale para movimentos em geral. No capítulo anterior, a viagem a 60 e a 40 km/h teve média 48 km/h, e não 50, porque a velocidade não variava uniformemente com o tempo.

O tempo ao quadrado. Partindo do repouso, $\Delta s = \dfrac{a\,t^2}{2}$: o deslocamento é proporcional ao **quadrado** do tempo. Com $a = 2\,\text{m/s}^2$:

tempo desde a partida (s)	1	2	3	4
distância desde a partida (m)	1	4	9	16
distância percorrida em cada segundo (m)	1	3	5	7

Dobrar o tempo quadruplica a distância. E as distâncias percorridas em segundos sucessivos crescem como os números ímpares 1, 3, 5, 7…: a cada segundo o móvel anda mais, porque está mais rápido. Essa regularidade foi usada por Galileu, com bolas rolando em planos inclinados, para mostrar que a queda dos corpos é um movimento uniformemente acelerado.

Equação de Torricelli: sem o tempo. Quando o problema não dá nem pede o tempo, elimine t. Da função da velocidade, $t = (v - v_0)/a$; substituindo em $\Delta s = \frac{v_0+v}{2}\,t$:

$$\Delta s = \frac{(v + v_0)(v - v_0)}{2a} = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}, \quad \text{ou seja:}$$

$$v^2 = v_0^2 + 2\,a\,\Delta s$$

equação de Torricelli; numa frenagem até parar ($v = 0$): $\Delta s = \dfrac{v_0^2}{2\,|a|}$

Exemplo. Um carro a 20 m/s freia com 5 m/s² até parar: $\Delta s = \dfrac{20^2}{2 \cdot 5} = \mathbf{40\ m}$. A 40 m/s, seriam $\dfrac{1600}{10} = 160$ m: o dobro da velocidade exige *quatro vezes* a distância.

Resumo das equações do MUV (todas para a constante):

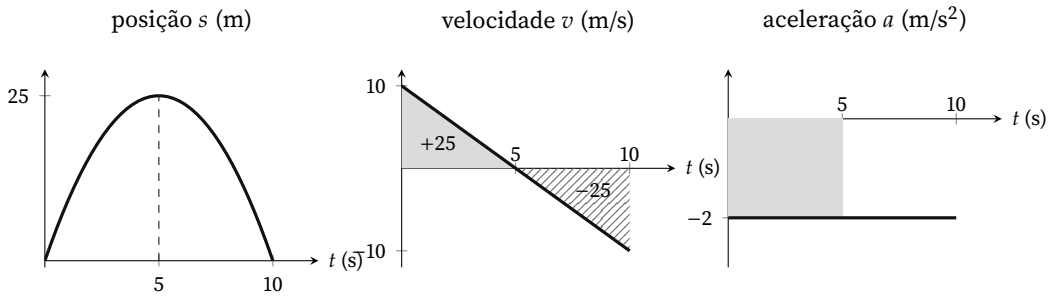
equação	relaciona	não tem
$v = v_0 + a\,t$	v, t	Δs
$s = s_0 + v_0\,t + a\,t^2/2$	s, t	v
$v^2 = v_0^2 + 2\,a\,\Delta s$	$v, \Delta s$	t
$\Delta s = \frac{v_0+v}{2}\,t$	$\Delta s, v, t$	a

Escolha a que contém as grandezas dadas e a pedida, e que não tem a grandeza que falta.

Limites do modelo. O MUV é uma idealização. A aceleração de um carro real diminui à medida que ele ganha velocidade (troca de marchas, resistência do ar); a de um objeto que cai é constante só enquanto a resistência do ar é desprezível. O modelo funciona bem em trechos em que a aceleração varia pouco, e é com essa ressalva que se usam as equações acima.

Os três gráficos de um mesmo movimento

Uma bola é empurrada rampa acima: no instante zero está na origem, com $v_0 = 10$ m/s, e a aceleração é $a = -2$ m/s² (contrária ao movimento inicial). Então $v = 10 - 2t$ e $s = 10t - t^2$.

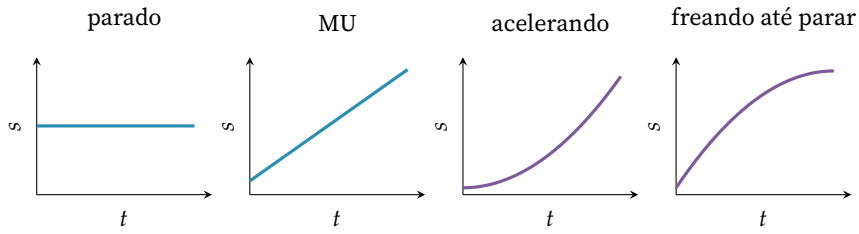


- **Posição × tempo:** arco de parábola, com concavidade para baixo porque $a < 0$. A inclinação da curva em cada ponto é a velocidade naquele instante. No vértice ($t = 5$ s) a curva fica horizontal: $v = 0$, a bola para por um instante e **inverte o sentido**. A posição máxima é $s = 10 \cdot 5 - 25 = \mathbf{25\ m}$.
- **Velocidade × tempo:** reta com inclinação -2 m/s². Corta o eixo do tempo no instante da inversão. A área cinza acima do eixo (+25 m) é a subida; a área hachurada abaixo dele (−25 m) é a volta. Em $t = 10$ s o deslocamento total é zero (a bola volta à origem), mas a distância percorrida é 50 m.
- **Aceleração × tempo:** reta horizontal. A área sob ela é a variação de velocidade: de 0 a 5 s, $-2 \cdot 5 = -10$ m/s, exatamente o que a bola perdeu.

Note a classificação: de 0 a 5 s, $v > 0$ e $a < 0$, progressivo e retardado; de 5 a 10 s, $v < 0$ e $a < 0$, retrógrado e acelerado. A aceleração é a mesma o tempo todo; quem muda é o sentido da velocidade.

gráfico	a inclinação dá	a área sob a curva dá
$s \times t$	a velocidade	(não tem significado útil)
$v \times t$	a aceleração	o deslocamento Δs
$a \times t$	(não usada neste nível)	a variação de velocidade Δv

Reconhecer o movimento pela forma do gráfico $s \times t$



- **Parado**: trecho horizontal, a posição não muda e $v = 0$. (No gráfico $v \times t$, ao contrário, um trecho horizontal significa velocidade *constante*.)
- **MU**: reta inclinada; quanto mais íngreme, mais rápido.
- **MUV acelerando** (no sentido positivo): a curva fica cada vez mais íngreme, concavidade para cima.
- **MUV freando** até parar: a curva fica cada vez mais deitada, concavidade para baixo, e termina horizontal no instante em que o móvel para.
- A curva $s \times t$ não tem saltos nem volta atrás no tempo: a posição muda de forma contínua e, a cada instante, o móvel está num só lugar. Nas emendas entre trechos (por exemplo, de MUV para MU) a inclinação também não salta, pois a velocidade varia continuamente.

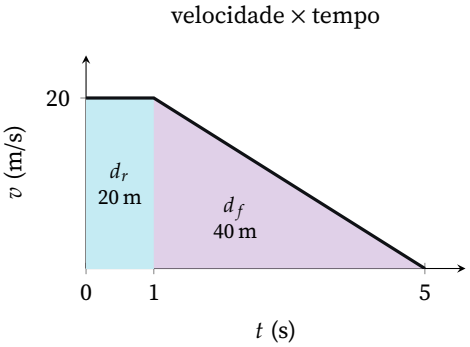
Para montar ou ler um gráfico com vários trechos, pergunte trecho a trecho: "aqui a velocidade aumenta, fica constante ou diminui?". A resposta diz se a curva $s \times t$ entorta para cima, é reta ou entorta para baixo.

Exemplo. Um trem parte do repouso, acelera uniformemente até 20 m/s em 20 s, segue nessa velocidade por 40 s e freia uniformemente até parar em 20 s. O gráfico $v \times t$ é um trapézio; sua área é $\frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 20 + 40 \cdot 20 + \frac{1}{2} \cdot 20 \cdot 20 = 200 + 800 + 200 =$ **1 200 m**, a distância entre as estações. A velocidade média é $1\,200/80 = 15$ m/s. O gráfico $s \times t$ é: parábola com concavidade para cima, reta, parábola com concavidade para baixo terminando horizontal.

Frenagem em duas etapas

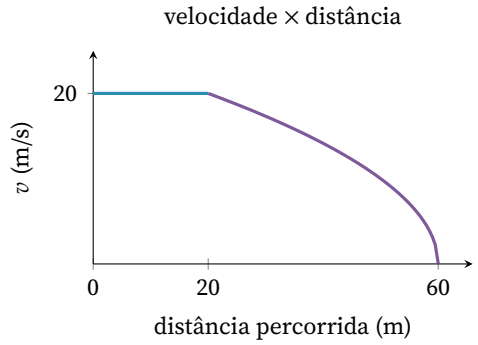
Quando o motorista vê um obstáculo, o carro percorre:

1. a **distância de reação**: durante o tempo de reação t_r (perceber, decidir, mover o pé; tipicamente 0,7 a 1,5 s) o freio ainda não age e o carro mantém a velocidade: $d_r = v\,t_r$;
2. a **distância de frenagem**: com o freio acionado, em MUV, $d_f = \dfrac{v^2}{2|a|}$.



A primeira é proporcional a v; a segunda, a v^2. A distância total de parada é $d_r + d_f$.

Exemplo (o do gráfico). A 20 m/s, com $t_r = 1$ s e freio de 5 m/s^2: $d_r = 20 \cdot 1 = 20$ m; o freio leva $20/5 = 4$ s e $d_f = \frac{1}{2} \cdot 4 \cdot 20 = 40$ m (o mesmo que $20^2/10$). Distância total de parada: **60 m**.



O mesmo movimento pode ser desenhado com a *distância* no eixo horizontal. Na reação, a velocidade é constante: segmento horizontal. Na frenagem, pela equação de Torricelli, $v = \sqrt{v_0^2 - 2|a|\,d}$: o gráfico *não é uma reta*, e sim um arco que cai devagar no começo e despenca no fim. Isso porque, com a constante, a velocidade cai o mesmo tanto a cada *segundo*, e não a cada *metro*: no fim da frenagem o carro está lento e anda poucos metros por segundo.

A dependência com v^2 tem consequência prática: a 80 km/h a distância de frenagem é quatro vezes a de 40 km/h, e a 120 km/h, nove vezes. É por isso que pequenos aumentos de velocidade em vias urbanas aumentam muito o risco de atropelamento.

Por que funciona Por que a distância de frenagem vai com v^2? Dobrando a velocidade, o carro leva o *dobro do tempo* para parar (perde os mesmos m/s a cada segundo) e, durante esse tempo, anda com o *dobro da velocidade média*. Dobro vezes dobro: quatro vezes a distância. No gráfico $v \times t$, o triângulo de frenagem dobra de base e de altura, e a área quadruplica.

Armadilha Ler um trecho horizontal do gráfico $s \times t$ como "velocidade constante". No $s \times t$, horizontal quer dizer *parado*; velocidade constante é reta *inclinada*.

Armadilha Trocar a concavidade. Freando, a curva $s \times t$ fica cada vez mais deitada (concavidade para baixo); uma curva que fica cada vez mais íngreme é de quem está acelerando.

Armadilha Desenhar a frenagem como reta no gráfico de velocidade em função da *distância*. Ela é reta só contra o tempo; contra a distância, é o arco $v = \sqrt{v_0^2 - 2|a|\,d}$.

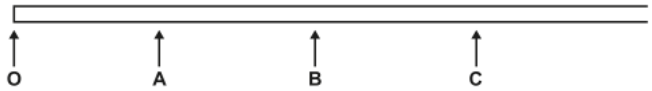
Armadilha Esquecer a etapa de reação: antes de o freio agir, o carro percorre um trecho inteiro sem frear. Começar a frenagem "na hora" ou comparar só as distâncias de frenagem deixa esse trecho de fora.

Armadilha Esquecer o trecho acelerado: tratar o veículo como se já partisse com a velocidade final. Quem sai do repouso a $1\,m/s^2$ leva 20 s para chegar a 20 m/s e, nesse tempo, anda só 200 m, não 400.

Exemplo resolvido

Questão 62 (Enem 2020, questão 99 do caderno azul)

Você foi contratado para sincronizar os quatro semáforos de uma avenida, indicados pelas letras O, A, B e C, conforme a figura.



Os semáforos estão separados por uma distância de 500 m. Segundo os dados estatísticos da companhia controladora de trânsito, um veículo, que está inicialmente parado no semáforo O, tipicamente parte com aceleração constante de 1 m s^{-2} até atingir a velocidade de 72 km h^{-1} e, a partir daí, prossegue com velocidade constante. Você deve ajustar os semáforos A, B e C de modo que eles mudem para a cor verde quando o veículo estiver a 100 m de cruzá-los, para que ele não tenha que reduzir a velocidade em nenhum momento.

Considerando essas condições, aproximadamente quanto tempo depois da abertura do semáforo O os semáforos A, B e C devem abrir, respectivamente?

A 20 s, 45 s e 70 s.
B 25 s, 50 s e 75 s.
C 28 s, 42 s e 53 s.
D 30 s, 55 s e 80 s.
E 35 s, 60 s e 85 s.

resolução em vídeo

Resolução

Ideia-chave: o carro faz um MUV até 72 km/h e depois um MU; some os tempos dos dois trechos até cada ponto em que o semáforo deve abrir.

Converta: 72 km/h ÷ 3,6 = 20 m/s.

Trecho acelerado ($a = 1\,\text{m/s}^2$): $t = \dfrac{20-0}{1} = 20\,\text{s}$ e $\Delta s = \dfrac{0+20}{2}\cdot 20 = 200\,\text{m}$. Depois disso, o carro anda a 20 m/s.

O semáforo A (a 500 m de O) abre quando o carro está a 100 m dele, isto é, a 400 m de O: $t_A = 20 + \dfrac{400-200}{20} = 20 + 10 = \mathbf{30\,s}$.

B (a 1 000 m) abre com o carro a 900 m: $t_B = 20 + \dfrac{700}{20} = \mathbf{55\,s}$. C (a 1 500 m), com o carro a 1 400 m: $t_C = 20 + \dfrac{1200}{20} = \mathbf{80\,s}$.

Alternativa D (30 s, 55 s e 80 s). Confira: de um semáforo ao seguinte, já em MU, o carro leva 500/20 = 25 s, e de fato 55 − 30 = 80 − 55 = 25 s.

No ENEM, acertaram esta questão 17% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 63 (Enem 2017, questão 131 do caderno azul)

Um motorista que atende a uma chamada de celular é levado à desatenção, aumentando a possibilidade de acidentes ocorrerem em razão do aumento de seu tempo de reação. Considere dois motoristas, o primeiro atento e o segundo utilizando o celular enquanto dirige. Eles aceleram

seus carros inicialmente a 1,00 m/s². Em resposta a uma emergência, freiam com uma desaceleração igual a 5,00 m/s². O motorista atento aciona o freio à velocidade de 14,0 m/s, enquanto o desatento, em situação análoga, leva 1,00 segundo a mais para iniciar a frenagem.
Que distância o motorista desatento percorre a mais do que o motorista atento, até a parada total dos carros?

resolução em vídeo

A) 2,90 m B) 14,0 m C) 14,5 m D) 15,0 m E) 17,4 m

Ideia-chave: o desatento passa 1 s a mais acelerando, e por isso freia mais tarde e mais rápido.

Atento: freia a 14 m/s. Distância de frenagem: $\frac{14^2}{2 \cdot 5} =$ _____ m.

Desatento, no segundo a mais: a velocidade sobe para $14 + 1 \cdot 1 =$ _____ m/s e ele anda $14 \cdot 1 + \frac{1 \cdot 1^2}{2} =$ _____ m.

Frenagem do desatento: $\frac{15^2}{2 \cdot 5} =$ _____ m.

Distância a mais: $14{,}5 + (22{,}5 - 19{,}6) =$ _____ m.

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 325.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 325.

Questão 64 (Enem 2011, questão 77 do caderno azul)

Para medir o tempo de reação de uma pessoa, pode-se realizar a seguinte experiência:

I. Mantenha uma régua (com cerca de 30 cm) suspensa verticalmente, segurando-a pela extremidade superior, de modo que o zero da régua esteja situado na extremidade inferior.

II. A pessoa deve colocar os dedos de sua mão, em forma de pinça, próximos do zero da régua, sem tocá-la.

III. Sem aviso prévio, a pessoa que estiver segurando a régua deve soltá-la. A outra pessoa deve procurar segurá-la o mais rapidamente possível e observar a posição onde conseguiu segurar a régua, isto é, a distância que ela percorre durante a queda.

O quadro seguinte mostra a posição em que três pessoas conseguiram segurar a régua e os respectivos tempos de reação.

Distância percorrida pela régua durante a queda (metro)	Tempo de reação (segundo)
0,30	0,24
0,15	0,17
0,10	0,14

Disponível em: http://br.geocities.com. Acesso em: 1 fev. 2009.

A distância percorrida pela régua aumenta mais rapidamente que o tempo de reação porque a

A energia mecânica da régua aumenta, o que a faz cair mais rápido.

B resistência do ar aumenta, o que faz a régua cair com menor velocidade.

C aceleração de queda da régua varia, o que provoca um movimento acelerado.

D força peso da régua tem valor constante, o que gera um movimento acelerado.

E velocidade da régua é constante, o que provoca uma passagem linear de tempo.

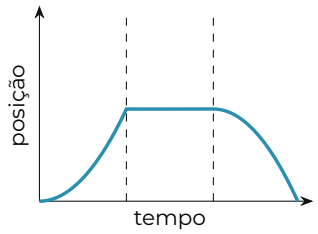
resolução em vídeo

Questão 65 (Enem 2012, questão 60 do caderno azul)

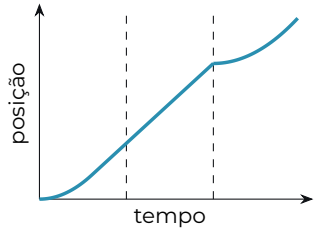
Para melhorar a mobilidade urbana na rede metroviária é necessário minimizar o tempo entre estações. Para isso a administração do metrô de uma grande cidade adotou o seguinte procedimento entre duas estações: a locomotiva parte do repouso com aceleração constante por um terço do tempo de percurso, mantém a velocidade constante por outro terço e reduz sua velocidade com desaceleração constante no trecho final, até parar.

Qual é o gráfico de posição (eixo vertical) em função do tempo (eixo horizontal) que representa o movimento desse trem?

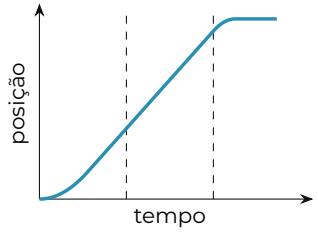
A)



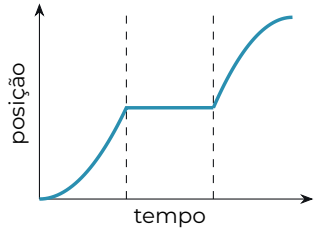
B)



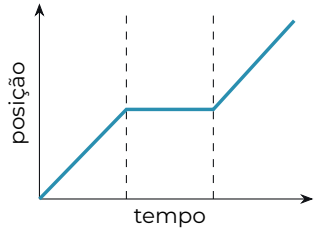
C)



D)



E)



resolução em vídeo

Fórmulas químicas e quantidade de matéria (mol)

Química

Antes de ler: tente responder

1. Quantos átomos de hidrogênio há em uma molécula de glicose, $C_6H_{12}O_6$?
2. A massa molar do cálcio é 40 g/mol. Quantos mols há em 10 g de cálcio?
3. Um mol de qualquer substância contém quantas partículas?

Respostas no Gabarito, na página 325. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

Cores deste capítulo: **massa** (g, mg), **quantidade em mol** e **número de partículas**. A seta de conversão leva a cor do "mundo" de chegada.

1. Símbolos e fórmulas

Cada elemento químico tem um **símbolo**: uma letra maiúscula, às vezes seguida de uma minúscula (H, C, Ca, Cl). Muitos vêm do nome em latim: Na (*natrium*, sódio), K (*kalium*, potássio), Fe (*ferrum*), Pb (*plumbum*, chumbo). Uma **fórmula química** representa uma substância: diz *quais* elementos a formam e *em que proporção* seus átomos aparecem. Três regras de leitura:

- o **índice** (número pequeno, embaixo e à direita) vale só para o símbolo imediatamente à sua esquerda; sem índice, entende-se 1;
- o que está **entre parênteses** é multiplicado pelo índice de fora;
- o **coeficiente** (número grande, na frente) multiplica a fórmula inteira: indica quantas unidades da substância há.

H_2SO_4	$Ca(OH)_2$	$3\,H_2O$	$CaCl_2 \cdot 2H_2O$
2 H, 1 S, 4 O (sem índice = 1)	o 2 vale para O e H: 1 Ca, 2 O, 2 H	3 moléculas: 3 · 2 = 6 H e 3 · 1 = 3 O	hidrato: cada $CaCl_2$ vem com 2 águas

O ponto no meio, como em $CaCl_2 \cdot 2\,H_2O$, indica um **sal hidratado**: moléculas de água presas no cristal, numa proporção fixa. O mesmo sal sem essa água é chamado **anidro**.

Tipos de fórmula. A mesma substância pode ser escrita de várias formas, cada uma com uma informação:

- **fórmula molecular**: o número real de átomos de cada elemento numa molécula. Glicose: $C_6H_{12}O_6$;
- **fórmula mínima** (ou empírica): a menor proporção inteira entre os átomos. Glicose: CH_2O (dividindo tudo por 6). Às vezes coincide com a molecular, como na água, H_2O;
- **fórmula percentual** (ou centesimal): a porcentagem em massa de cada elemento;
- **fórmula estrutural**: mostra como os átomos estão ligados (assunto do capítulo de ligações).

Fórmulas de compostos iônicos. Um sal como o cloreto de sódio não é formado por moléculas, mas por um retículo gigante de íons Na^+ e Cl^-. Sua fórmula, NaCl, dá só a **proporção** entre os íons. Essa proporção é a que deixa o conjunto **eletricamente neutro**: a carga total dos cátions anula a dos ânions.

$$(\text{carga do cátion}) \times (\text{n.º de cátions}) = |\text{carga do ânion}| \times (\text{n.º de ânions})$$

na prática: a carga de um íon vira o índice do outro, simplificando se der

Exemplos. Ca^{2+} e Cl^-: são precisos 2 cloretos para cada cálcio, $CaCl_2$. Al^{3+} e O^{2-}: $2\cdot(+3)+3\cdot(-2)=0$, logo Al_2O_3. Ca^{2+} e O^{2-}: as cargas já se anulam 1 para 1, CaO (e não Ca_2O_2). Grupos de átomos com carga, como o nitrato, NO_3^-, e o sulfato, SO_4^{2-}, funcionam como um só íon: nitrato de sódio é $NaNO_3$; ácido nítrico, HNO_3; sulfato de alumínio, $Al_2(SO_4)_3$.

2. Massa atômica e massa molecular

Massas de átomos são medidas em **unidades de massa atômica**: $1\,u = \frac{1}{12}$ da massa de um átomo de carbono-12 (cerca de $1{,}66\cdot10^{-24}$ g). Na tabela periódica, a **massa atômica** de cada elemento é a média das massas dos seus isótopos naturais, em u: H ≈ 1, C = 12, N = 14, O = 16, Na = 23, Cl = 35,5, Ca = 40. A **massa molecular** é a soma das massas atômicas de todos os átomos da fórmula.

Exemplo. H_2SO_4 (S = 32): $2\cdot1+32+4\cdot16=98$ u. Para compostos iônicos, que não têm moléculas, a mesma soma se chama massa-fórmula: NaCl tem $23+35{,}5=58{,}5$ u.

3. O mol: contar partículas em pacotes

Átomos são pequenos demais para contar um a um. A química os conta em pacotes, como se contam ovos em dúzias ou folhas de papel em resmas. O pacote da química é o **mol**, a unidade da grandeza **quantidade de matéria** (n) no Sistema Internacional. Por definição, um mol contém exatamente $6{,}022\,140\,76\cdot10^{23}$ entidades. Esse número é a **constante de Avogadro**:

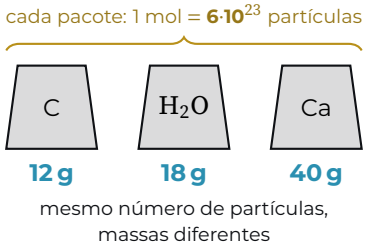
$$N_A \approx 6\cdot10^{23} \text{ partículas por mol}$$

nas contas, em geral basta $6\cdot10^{23}$ mol^{-1}

As "partículas" podem ser átomos, moléculas, íons ou elétrons: diga sempre de quais está falando. Um mol de H_2O são $6\cdot10^{23}$ moléculas, mas contém $2\cdot6\cdot10^{23}=1{,}2\cdot10^{24}$ átomos de H e $6\cdot10^{23}$ átomos de O. Um mol de $CaCl_2$ contém 1 mol de íons Ca^{2+} e 2 mol de íons Cl^-.

A massa de um pacote. O tamanho do pacote não é arbitrário. Ele foi escolhido de modo que 1 mol de átomos de carbono-12 tenha massa de 12 g. Como todas as massas atômicas são medidas em relação ao carbono-12, a massa de 1 mol de qualquer substância, em gramas, tem o **mesmo número** que sua massa atômica ou molecular em u. Essa é a **massa molar** M, em g/mol.

Exemplo. Com H = 1, O = 16 e Ca = 40:
H_2O: $M = 2\cdot1+16 = 18$ g/mol;
$Ca(OH)_2$: $M = 40+2\cdot(16+1) = 74$ g/mol.



Uma comparação ajuda a ver o tamanho de N_A: em 18 g de água, um gole, há $6\cdot10^{23}$ moléculas, mais que o número de grãos de areia de todas as praias da Terra. Por isso o mol é a unidade natural da química: massas que se pesam numa balança correspondem a números astronômicos de partículas.

4. As conversões

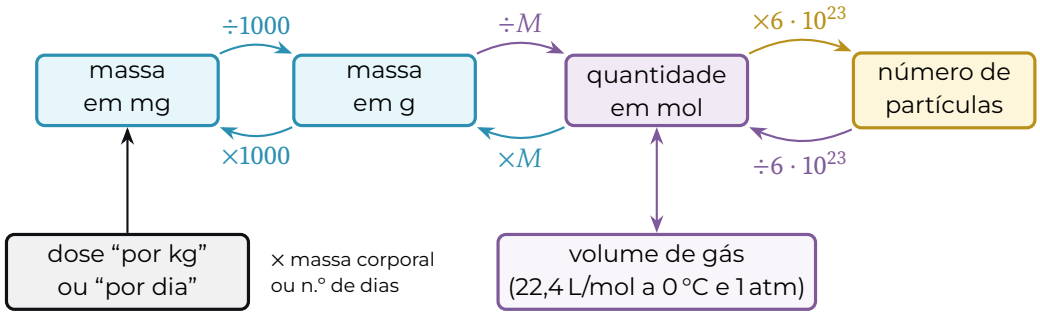
Da definição de massa molar ($M = m/n$, massa por mol) e da constante de Avogadro (partículas por mol) saem as duas relações básicas:

$$n = \frac{m}{M} \qquad N = n \cdot N_A$$

n em mol, m em g, M em g/mol; N = número de partículas

Exemplo. 88 g de CO_2 ($M = 12 + 2 \cdot 16 = 44$ g/mol): $n = 88/44 = 2$ mol, ou seja, $2 \cdot 6 \cdot 10^{23} = 1{,}2 \cdot 10^{24}$ moléculas. Cada molécula tem 2 átomos de O, então são $2{,}4 \cdot 10^{24}$ átomos de oxigênio.

O mapa abaixo junta as conversões. Para ir de uma caixa a outra, siga as setas e faça as operações indicadas. As grandezas dadas "por quilograma de massa corporal" ou "por dia" precisam, antes, ser multiplicadas pela massa da pessoa ou pelo número de dias.



Exemplo (cadeia completa). Um comprimido tem 500 mg de ácido acetilsalicílico, $C_9H_8O_4$. Quantas moléculas há nele? $M = 9 \cdot 12 + 8 \cdot 1 + 4 \cdot 16 = 180$ g/mol. Massa: 500 mg = 0,5 g. Quantidade: $n = 0{,}5/180 \approx 2{,}8 \cdot 10^{-3}$ mol. Moléculas: $2{,}8 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^{23} \approx 1{,}7 \cdot 10^{21}$.

Volume molar dos gases. Pela hipótese de Avogadro, volumes iguais de gases diferentes, na mesma temperatura e pressão, têm o mesmo número de moléculas. Então 1 mol de qualquer gás ocupa o mesmo volume, o **volume molar**: cerca de 22,4 L a 0 °C e 1 atm (as CNTP) e cerca de 24,5 L a 25 °C e 1 atm. Vale para gases (de comportamento aproximadamente ideal), não para líquidos nem sólidos. *Exemplo:* 11,2 L de O_2 nas CNTP são $11{,}2/22{,}4 = 0{,}5$ mol, ou $0{,}5 \cdot 32 = 16$ g.

5. Composição em massa e fórmula mínima

A **porcentagem em massa** de um elemento num composto é a massa desse elemento em 1 mol dividida pela massa molar do composto:

$$\%\text{ do elemento} = \frac{(\text{n.º de átomos}) \cdot (\text{massa atômica})}{M_{\text{composto}}} \cdot 100\%$$

a mesma ideia vale para a água de um hidrato ou qualquer parte de uma fórmula

Exemplo. Na água, o oxigênio responde por $16/18 \approx 89\%$ da massa. No sulfato de cobre pentahidratado, $CuSO_4 \cdot 5\,H_2O$ ($M \approx 160 + 5 \cdot 18 = 250$ g/mol), a água corresponde a $90/250 = 36\%$ da massa do cristal.

Qual é a referência? Toda porcentagem é "parte sobre um todo", e o todo muda o resultado. Se o $CuSO_4$ anidro (160 g) absorve 90 g de água, a água é $90/250 = 36\%$ do cristal *final*, mas o **ganho de massa** em relação à massa *inicial* é $90/160 \approx 56\%$. Antes de dividir, pergunte: "por cento de quê?".

Da composição à fórmula. O caminho inverso também é possível. *Exemplo:* um composto tem 40,0% de C, 6,7% de H e 53,3% de O, e massa molar 180 g/mol.

1. Em 100 g, há 40,0 g de C, 6,7 g de H e 53,3 g de O.

2. Em mol: C, 40,0/12 = 3,33; H, 6,7/1 = 6,7; O, 53,3/16 = 3,33.
3. Dividindo pelo menor (3,33): C 1, H 2, O 1. Fórmula mínima: CH_2O, de massa 12 + 2 + 16 = 30.
4. 180/30 = 6: fórmula molecular $C_6H_{12}O_6$, a glicose.

6. Mol por litro e grandezas por mol

Concentração em quantidade de matéria. Em soluções, diz quantos mols de soluto há em cada litro de solução:

$$C = \frac{n}{V}$$

C em mol/L, n em mol, V em L

Exemplo. 0,5 mol de NaCl dissolvidos até completar 2 L dão $C = 0{,}5/2 = 0{,}25$ mol/L. Concentração é uma propriedade **intensiva**: não depende do tamanho da amostra. Um copo e uma jarra da mesma solução têm a mesma concentração, porque n e V crescem na mesma proporção. Já a massa, o volume e o número de mols são **extensivos**: dobram quando a amostra dobra.

Grandezas "por mol". Se um dado vem por mol (energia liberada numa reação, por exemplo), converta a massa em mol e use proporção. *Exemplo:* a queima de 1 mol de metano, CH_4 ($M = 16$ g/mol), libera cerca de 890 kJ. Queimando 8 g, são 8/16 = 0,5 mol, e a energia liberada é $0{,}5 \cdot 890 = 445$ kJ. Se só uma fração dessa energia é aproveitada (digamos, 25%), multiplique no fim: $0{,}25 \cdot 445 \approx 111$ kJ.

Por que funciona Por que a massa de 1 mol coincide com a massa atômica em gramas? Porque o pacote foi feito sob medida: $6 \cdot 10^{23}$ átomos de carbono-12 pesam 12 g, e todas as massas atômicas da tabela são medidas em relação ao carbono-12. Um átomo de cálcio tem 40/12 da massa de um átomo de carbono-12; então um pacote de átomos de cálcio tem 40/12 da massa de um pacote de carbono-12, isto é, 40 g. A tabela periódica vira uma tabela de "gramas por pacote", e a conversão massa → mol é uma simples divisão.

Armadilha Pular um fator da cadeia de conversões. Nas alternativas erradas aparecem: esquecer de passar mg para g (erro de 10^3); usar o dado errado do texto, o que a pessoa *consome* em vez do que é *recomendado*; esquecer o fator "por kg" de massa corporal, ou parar antes de dividir pela massa molar, ou multiplicar por ela em vez de dividir; esquecer a fração de energia aproveitada, ou dar a energia de 1 mol quando se pede a de 1 grama. Escreva a unidade em cada passo: ela denuncia o erro.

Armadilha Errar a referência ou o tamanho da amostra. "Ganho percentual" divide pela massa *inicial*: dividir pela massa final, ou contar uma água só em vez de duas no $CaCl_2 \cdot 2\,H_2O$, leva a alternativas erradas. E concentração é intensiva: usar o volume da amostra (25 mL ou 500 mL) no lugar de 1 L dá valores que mudam com a amostra, o que não pode acontecer.

Exemplo resolvido

Questão 66 (Enem 2013, questão 47 do caderno azul)

O brasileiro consome em média 500 miligramas de cálcio por dia, quando a quantidade recomendada é o dobro. Uma alimentação balanceada é a melhor decisão para evitar problemas no futuro, como a osteoporose, uma doença que atinge os ossos. Ela se caracteriza pela diminuição substancial de massa óssea, tornando os ossos frágeis e mais suscetíveis a fraturas.
Disponível em: www.anvisa.gov.br. Acesso em: 1 ago. 2012 (adaptado).

Considerando-se o valor de $6 \times 10^{23}\ \text{mol}^{-1}$ para a constante de Avogadro e a massa molar do cálcio igual a 40 g/mol, qual a quantidade mínima diária de átomos de cálcio a ser ingerida para que uma pessoa supra suas necessidades?

resolução em vídeo

A) $7{,}5 \times 10^{21}$ B) $1{,}5 \times 10^{22}$ C) $7{,}5 \times 10^{23}$ D) $1{,}5 \times 10^{25}$ E) $4{,}8 \times 10^{25}$

Resolução

Ideia-chave: massa → mol → número de átomos.

1. O dado certo. A quantidade a suprir é a *recomendada*, o dobro do consumo de 500 mg: 1000 mg = 1 g de cálcio.

2. Em mol. $n = \dfrac{1\ \text{g}}{40\ \text{g/mol}} = 0{,}025\ \text{mol}$.

3. Em átomos. $0{,}025 \cdot 6 \cdot 10^{23} = 0{,}15 \cdot 10^{23} = 1{,}5 \cdot 10^{22}$.

Distratores. Usar os 500 mg consumidos dá $7{,}5 \times 10^{21}$ (A); esquecer de passar mg para g dá $1{,}5 \times 10^{25}$ (D).

Resposta: **B.**

No ENEM, acertaram esta questão 26% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 67 (Enem 2012, questão 90 do caderno azul)

Aspartame é um edulcorante artificial (adoçante dietético) que apresenta potencial adoçante 200 vezes maior que o açúcar comum, permitindo seu uso em pequenas quantidades. Muito usado pela indústria alimentícia, principalmente nos refrigerantes diet, tem valor energético que corresponde a 4 calorias/grama. É contraindicado a portadores de fenilcetonúria, uma doença genética rara que provoca o acúmulo da fenilalanina no organismo, causando retardo mental. O IDA (índice diário aceitável) desse adoçante é 40 mg/kg de massa corpórea.

Disponível em: http://boaspraticasfarmaceuticas.blogspot.com. Acesso em: 27 fev. 2012.

Com base nas informações do texto, a quantidade máxima recomendada de aspartame, em mol, que uma pessoa de 70 kg de massa corporal pode ingerir por dia é mais próxima de (Dado: massa molar do aspartame = 294 g/mol)

resolução em vídeo

A) $1{,}3 \times 10^{-4}$. B) $9{,}5 \times 10^{-3}$. C) 4×10^{-2}. D) 2,6. E) 823.

Passo 1: a dose máxima é 40 mg por kg; para 70 kg: $40 \cdot 70 =$ _____ mg.

Passo 2: em gramas, isso é _____ g.

Passo 3: em mol, $n = \dfrac{m}{M} = \dfrac{\text{_____}}{294} \approx$ _____ mol.

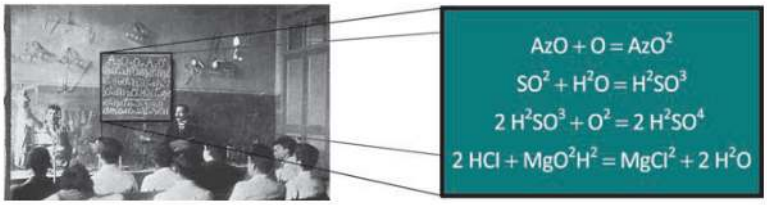
Respostas das lacunas no Gabarito, na página 325.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 325.

Questão 68 (Enem 2025, questão 106 do caderno azul)

No início do século XX, as fórmulas das substâncias eram representadas de modo diferente do atual. A figura apresenta uma fotografia bem antiga (1909) que registra uma aula de química ministrada em um colégio em Santos (SP). Um olhar mais atento permite identificar como os compostos químicos eram representados.



O nitrogênio era chamado de azoto e representado pelo símbolo Az. Vê-se na lousa a equação representativa da adição do oxigênio atômico (O) ao monóxido de nitrogênio (AzO) com a formação de dióxido de nitrogênio (AzO^2). Analogamente, o nitrato de sódio era representado por $NaAzO^3$.

Disponível em: www.novomilenio.inf.br. Acesso em: 29 ago. 2014 (adaptado).

Em 1909, as representações das substâncias ácido nítrico e cloreto de cálcio, tendo por base essas informações e seguindo a mesma lógica, seriam, respectivamente:

A) $HAzO^3$ e $CaCl^2$
B) HAz^3O e Ca^2Cl
C) H^3AzO^4 e $CaCl$
D) HAz^3O e KCl^2
E) $HAzO^2$ e KCl

resolução em vídeo

Questão 69 (Enem 2023, questão 96 do caderno azul)

Existe no comércio um produto antimofo constituído por uma embalagem com tampa perfurada contendo cloreto de cálcio anidro, $CaCl_2$. Uma vez aberto o lacre, essa substância absorve a umidade ambiente, transformando-se em cloreto de cálcio di-hidratado, $CaCl_2 \cdot 2H_2O$.
Considere a massa molar da água igual a 18 g mol^{-1}, e a massa molar do cloreto de cálcio anidro igual a 111 g mol^{-1}.
Na hidratação da substância presente no antimofo, o ganho percentual, em massa, é mais próximo de

resolução em vídeo

A) 14% B) 16% C) 24% D) 32% E) 75%

Questão 70 (Enem 2018, questão 114 do caderno azul)

Por meio de reações químicas que envolvem carboidratos, lipídeos e proteínas, nossas células obtêm energia e produzem gás carbônico e água. A oxidação da glicose no organismo humano libera energia, conforme ilustra a equação química, sendo que aproximadamente 40% dela é disponibilizada para atividade muscular.
$C_6H_{12}O_6$ (s) + 6 O_2 (g) → 6 CO_2 (g) + 6 H_2O (l) $\Delta cH = -2\,800$ kJ
Considere as massas molares (em g mol^{-1}): H = 1; C = 12; O = 16.
Na oxidação de 1,0 grama de glicose, a energia obtida para atividade muscular, em quilojoule, é mais próxima de

resolução em vídeo

A) 6,2. B) 15,6. C) 70,0. D) 622,2. E) 1 120,0.

Questão 71 (Enem 2026, questão 100 do caderno azul)

Durante uma aula de química, o professor discorre sobre propriedades intensivas e cita como exemplo a concentração. Ele afirma que, para a água pura a 20 °C, a concentração, em mol/L, é a mesma em 25,0 mL e em 500,0 mL. Nessa condição, a densidade da água é igual a 1,0 g/mL, e as massas molares, em g/mol, do hidrogênio e do oxigênio são, respectivamente, iguais a 1 e 16.
A concentração de água, em mol/L, em qualquer um desses exemplos, é mais próxima de

resolução em vídeo

A) 0,055 mol/L. B) 1,4 mol/L. C) 18 mol/L. D) 28 mol/L. E) 56 mol/L.

Célula: membrana, organelas, transporte

Biologia

Antes de ler: tente responder

1. Por que salgar a carne ajuda a conservá-la?
2. Uma hemácia é colocada em água pura. O que acontece com ela? E uma célula de folha?
3. Em que organela acontece a maior parte da produção de ATP?

Respostas no Gabarito, na página 325. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

A **célula** é a menor estrutura que tem todas as propriedades da vida: obtém e transforma energia, cresce, responde ao ambiente e se reproduz. Isso está resumido na **teoria celular**, um dos pilares da Biologia:

1. todos os seres vivos são formados por uma ou mais células;
2. a célula é a unidade básica de estrutura e de funcionamento dos seres vivos;
3. toda célula surge de outra célula preexistente, por divisão.

Os vírus não são formados por células. Por isso, muitos biólogos não os consideram seres vivos, e todos concordam que só se reproduzem dentro de células.

Tamanhos. Células se medem em **micrômetros**: $1\,\mu\text{m} = 10^{-6}\,\text{m} = 0{,}001\,\text{mm}$. Uma bactéria típica mede de 1 a 5 μm. A maioria das células de animais e plantas mede de 10 a 100 μm. O microscópio óptico, que usa luz, distingue detalhes de até cerca de 0,2 μm: mostra o núcleo e os cloroplastos, mas não os ribossomos. Os detalhes das organelas só aparecem no **microscópio eletrônico**, que usa feixes de elétrons.

Mini-exemplo. Uma hemácia tem cerca de 7,5 μm de diâmetro. Quantas cabem enfileiradas em 1 mm? Como $1\,\text{mm} = 1\,000\,\mu\text{m}$, cabem $1\,000 \div 7{,}5 \approx 133$ hemácias.

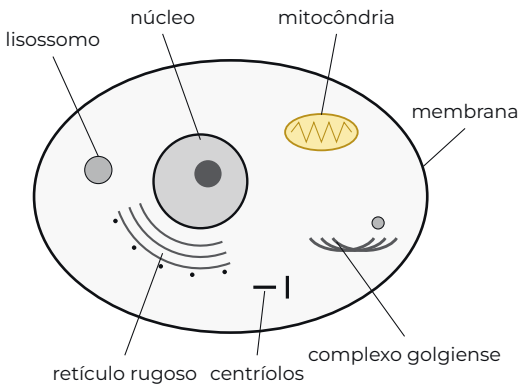
Este capítulo responde a três perguntas: **que partes a célula tem**, **o que entra e sai dela** e **quem faz o quê lá dentro**. Nas figuras e nas contas, a cor tem papel fixo: **azul** é a água (e o vacúolo, que a guarda), **roxo** são os solutos (sais, açúcares) e **amarelo-escuro** é a energia: o ATP e as mitocôndrias que o produzem. O resto fica em cinza, sempre com o nome escrito.

Procariontes e eucariontes

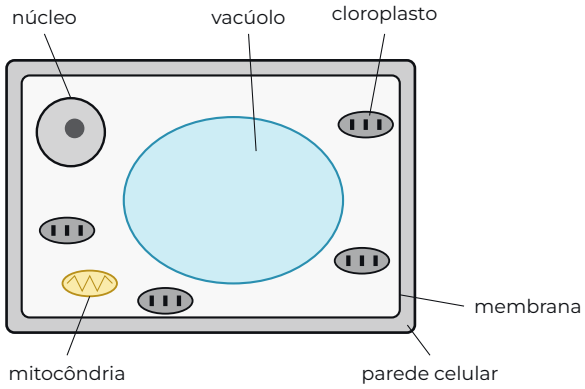
Toda célula tem três componentes básicos: a **membrana plasmática**, que a delimita; o **citoplasma**, com um líquido gelatinoso (o citosol) e as estruturas imersas nele; e o **material genético** (DNA). Também tem **ribossomos**, que fabricam proteínas. A grande divisão está na organização interna:

	Procarionte	**Eucarionte**
Exemplos	bactérias e arqueas	animais, plantas, fungos, protozoários, algas
Núcleo	não tem: o DNA fica no citoplasma, numa região chamada **nucleoide**	tem: o DNA fica dentro do **envoltório nuclear**
DNA	em geral, uma molécula circular, além de pequenos anéis extras (plasmídeos)	várias moléculas lineares (cromossomos), associadas a proteínas
Organelas com membrana	não tem	tem (retículo, Golgi, mitocôndrias etc.)
Ribossomos	tem (menores)	tem (maiores)
Tamanho típico	1 a 5 μm	10 a 100 μm

Entre os eucariontes, a célula vegetal tem três estruturas que a animal não tem: **parede celular** de celulose, **cloroplastos** e um grande **vacúolo** central. Os **centríolos** existem na célula animal e faltam na maioria das células vegetais. As reservas também mudam: a planta guarda amido; o animal, glicogênio. Os fungos têm parede celular, mas de **quitina**, e não fazem fotossíntese.



Célula animal



Célula vegetal

A membrana plasmática

A membrana plasmática separa a célula do ambiente e controla o que entra e o que sai. É muito fina, com cerca de 7,5 nm de espessura (1 nm = 10^{-9} m), e só é vista em detalhe ao microscópio eletrônico. O modelo aceito para descrevê-la é o do **mosaico fluido**, proposto em 1972 por Singer e Nicolson.

Os componentes.

- **Bicamada de fosfolipídios.** Cada fosfolipídio tem uma cabeça polar, que atrai a água, e duas caudas apolares, que fogem dela. Em água, eles se arrumam sozinhos em duas camadas: as cabeças ficam voltadas para a água de fora e de dentro, e as caudas se escondem no meio.
- **Proteínas.** Algumas atravessam a bicamada de lado a lado: são as *integrais*. Outras ficam presas só a uma das faces: são as *periféricas*. Elas formam canais, transportam substâncias, recebem sinais (receptores de hormônios) e catalisam reações (enzimas).
- **Colesterol**, nas células animais. Fica entre os fosfolipídios e regula a fluidez: evita que a membrana fique mole demais no calor e rígida demais no frio.

- **Glicocálix.** É uma camada de açúcares ligados a proteínas e lipídios na face externa da membrana. Funciona como "crachá": permite que as células se reconheçam. Os antígenos dos grupos sanguíneos A e B, por exemplo, são açúcares desse tipo nas hemácias.

Por que "mosaico" e por que "fluido".

- **Mosaico:** as proteínas ficam encaixadas entre os fosfolipídios, como peças de um mosaico.
- **Fluido:** fosfolipídios e proteínas não estão presos no lugar; deslizam uns entre os outros, de lado, como num líquido. Por isso a membrana se dobra, se refaz depois de pequenas rupturas e pode se fundir com outra. Caudas curtas ou insaturadas deixam a membrana mais fluida.

A fluidez foi demonstrada num experimento clássico. Marcaram-se as proteínas de membrana de uma célula humana com um corante fluorescente e as de uma célula de camundongo com outro. Depois, as duas células foram fundidas. Logo após a fusão, cada metade tinha uma cor. Em cerca de 40 minutos a 37 °C, as cores já estavam misturadas por toda a membrana. As proteínas tinham se movido pela bicamada.

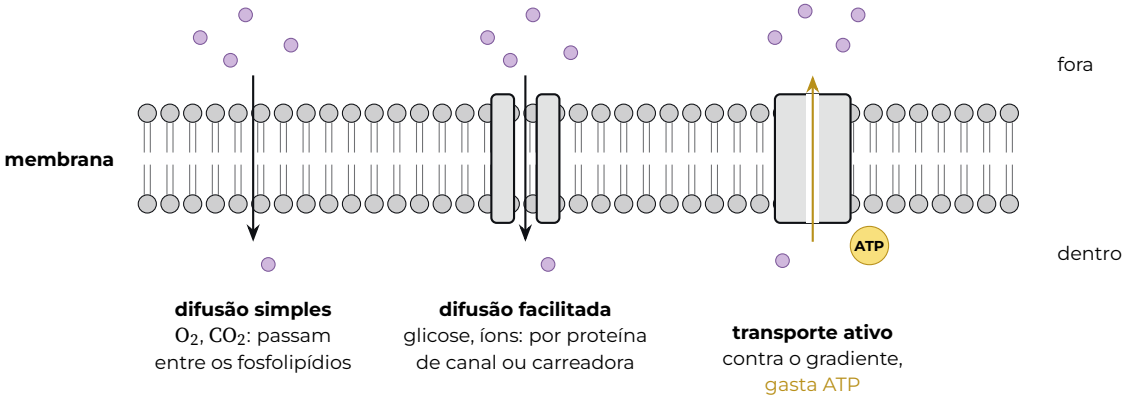


Permeabilidade seletiva. A membrana não deixa passar tudo, nem deixa passar qualquer coisa. Atravessam a bicamada com facilidade as moléculas pequenas e sem carga, como O_2, CO_2 e as substâncias apolares (por exemplo, hormônios esteroides). A água passa devagar pela bicamada e depressa por canais de proteína, as **aquaporinas**. Íons e moléculas polares maiores, como a glicose, só atravessam com a ajuda de proteínas.

Parede celular. Plantas, algas, fungos e bactérias têm, por fora da membrana, uma **parede celular** rígida. Nas plantas ela é de celulose; nos fungos, de quitina; nas bactérias, de peptidoglicano. A parede dá forma e resistência à célula e a protege de estourar quando absorve água. Ela é **permeável** à água e às moléculas pequenas: não seleciona o que passa. Quem seleciona é a membrana, logo abaixo dela.

Transporte pela membrana

O "gradiente" é a diferença de concentração entre os dois lados. Andar *a favor* do gradiente (do mais concentrado para o menos) é espontâneo, como uma bola descendo a ladeira; andar *contra* exige energia.

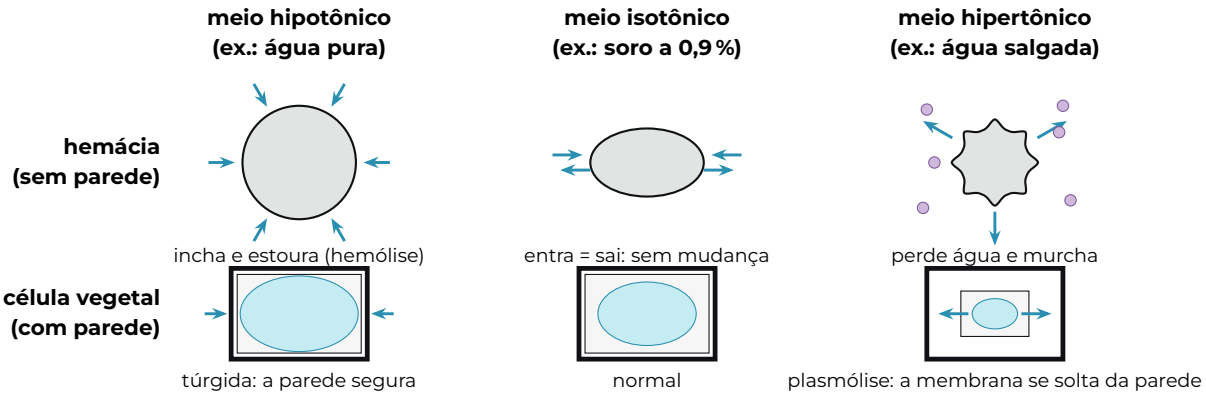


Os tipos de transporte se dividem pelo gasto de energia:

- **Transporte passivo**: a favor do gradiente, sem gasto de energia da célula. A energia vem do próprio movimento aleatório das moléculas.
  - *Difusão simples*: a substância atravessa a bicamada diretamente. É assim com O_2 e CO_2 nos pulmões e nos tecidos.
  - *Difusão facilitada*: a substância passa por uma proteína de canal ou por uma proteína transportadora (carreadora), que é específica para ela. É assim que a glicose entra na maioria das células. Como o número de transportadores é limitado, a velocidade para de crescer quando todos estão ocupados: há saturação.
  - **Osmose**: a difusão da água através de uma membrana semipermeável. Tem uma seção própria logo adiante.
- **Transporte ativo**: contra o gradiente, com gasto de energia, em geral de ATP. Precisa de proteínas transportadoras, as "bombas". O exemplo clássico é a **bomba de sódio e potássio**: a cada ATP gasto, ela põe 3 Na^+ para fora e traz 2 K^+ para dentro. Assim, a célula mantém mais K^+ dentro e mais Na^+ fora. Essa diferença é a base do impulso nervoso e da contração muscular. Se a célula fica sem ATP, por exemplo por falta de oxigênio, a bomba para, e as concentrações dos dois lados tendem a se igualar.
- **Transporte em massa**: partículas grandes ou grandes volumes entram ou saem dentro de vesículas de membrana, com gasto de energia.
  - Na *endocitose*, a membrana engloba material de fora. Se o material é sólido, chama-se **fagocitose**: é o que faz o glóbulo branco com as bactérias e a ameba com o alimento, emitindo pseudópodes. Se é líquido, chama-se **pinocitose**.
  - Na *exocitose*, vesículas de dentro se fundem à membrana e liberam o conteúdo para fora. É assim que a célula secreta hormônios e enzimas e se livra de resíduos.

Osmose: a água vai para onde há mais soluto

Na osmose, a membrana deixa passar a água, mas segura boa parte dos solutos. Então quem se move é a água, do meio **menos concentrado** em soluto (**hipotônico**) para o **mais concentrado** (**hipertônico**), até os dois lados ficarem iguais (**isotônicos**) ou até a parede celular, nas plantas, impedir a entrada de mais água. Os termos são sempre comparativos: "hipertônico" quer dizer "mais concentrado *que* o outro lado".



Setas azuis: sentido da água. Pontos roxos: soluto em excesso fora da célula.

- Em meio **hipertônico** (sal, açúcar concentrado), a célula perde água e murcha. É por isso que sal e açúcar conservam alimentos: os micróbios perdem água e não conseguem se multiplicar. Pelo mesmo motivo, beber água do mar desidrata.
- Em meio **hipotônico** (água pura), a célula ganha água. A hemácia, sem parede, incha e estoura; a célula vegetal fica **túrgida**, firme, porque a parede segura o vacúolo cheio. É a turgidez que mantém uma folha em pé; a planta sem água murcha.
- Em meio **isotônico**, entra e sai a mesma quantidade de água: o volume não muda. Por isso o soro que vai na veia é isotônico.

Mini-exemplo. O soro fisiológico tem 0,9 % de NaCl: 0,9 g de sal em cada 100 mL, ou seja, 9 g por litro. Em mol por litro: a massa molar do NaCl é $23 + 35{,}5 = 58{,}5$ g/mol, e $9 \div 58{,}5 \approx 0{,}15$ mol/L. Uma salmoura com 20 g de sal por litro tem mais que o dobro dessa concentração: é **hipertônica** em relação às nossas células, que, nela, perdem água. Já em 1 g por litro, o meio é **hipotônico**, e a água entra na célula.

Pressão osmótica. A tendência da água a entrar numa solução pode ser medida como uma pressão: a **pressão osmótica**, a pressão que seria preciso aplicar sobre a solução para impedir a entrada de água. Quanto mais partículas de soluto dissolvidas, maior ela é. O que conta é o número de partículas, e não o tipo. Por isso uma solução de NaCl, que se separa em dois íons, tem cerca do dobro do efeito de uma solução de glicose de mesma concentração em mol por litro.

Na célula vegetal, a entrada de água empurra a membrana contra a parede. A parede reage com uma força contrária, a **pressão de turgor**. A entrada de água para quando essa pressão equilibra a tendência osmótica. Se a célula plasmolisada volta para a água pura, ela reabsorve água e a membrana se encosta de novo na parede: é a **deplasmólise**. Organismos de água doce sem parede, como muitos protozoários, ganham água o tempo todo. Eles a expulsam com um **vacúolo contrátil**, que gasta energia.

O citoplasma e as organelas

Nas células eucariontes, o citoplasma é tudo o que fica entre a membrana e o núcleo. O líquido em que tudo está imerso é o **citosol**: água com íons, açúcares, aminoácidos, enzimas e ribossomos. Nele acontece a glicólise, a primeira etapa da respiração celular. As organelas dividem o espaço em compartimentos, cada um com as suas enzimas: as reações não se atrapalham, e cada produto vai para o lugar certo.

Sistema de produção e transporte

- **Núcleo.** É envolvido por uma membrana dupla, o **envoltório nuclear**, com poros que deixam passar RNA e proteínas. Guarda o DNA, associado a proteínas, na forma de **cromatina**. Na divisão celular, a cromatina se condensa nos cromossomos. No núcleo acontecem a duplicação do DNA e a **transcrição** (a cópia de genes em RNA). O **nucléolo** produz o RNA dos ribossomos.
- **Ribossomos.** Não têm membrana. São feitos de RNA e proteína e fabricam proteínas lendo o RNA mensageiro. Ficam livres no citosol ou presos ao retículo.
- **Retículo endoplasmático rugoso** (granuloso): rede de membranas com ribossomos aderidos. Produz as proteínas que vão sair da célula, ficar nas membranas ou ir para os lisossomos.
- **Retículo endoplasmático liso** (agranular): sem ribossomos. Produz lipídios, como fosfolipídios e hormônios esteroides, e desintoxica a célula de álcool e medicamentos. É muito desenvolvido no fígado. No músculo, guarda o cálcio que dispara a contração.

- **Complexo golgiense** (complexo de Golgi): pilhas de bolsas achatadas. Recebe moléculas do retículo, modifica-as (acrescenta açúcares, por exemplo), empacota-as em vesículas e as despacha. Forma os lisossomos e, no espermatozoide, o acrossomo.
- **Lisossomos**: vesículas com enzimas digestivas que funcionam em meio ácido. Fazem a digestão dentro da célula. Na *heterofagia*, digerem o que entrou por endocitose. Na *autofagia*, digerem organelas velhas ou danificadas e reciclam o material.
- **Peroxissomos**: vesículas com enzimas oxidantes, entre elas a **catalase**, que decompõe a água oxigenada (H_2O_2), tóxica, em água e oxigênio. Também quebram alguns ácidos graxos.
- **Vacúolos**. Na célula vegetal, o vacúolo central pode ocupar quase todo o volume. Guarda água, sais, açúcares e pigmentos, como as antocianinas roxas e vermelhas, e mantém a célula túrgida.

Organelas de energia

- **Mitocôndrias**: têm membrana dupla; a interna forma dobras, as **cristas**. Fazem a respiração celular aeróbica: o ciclo de Krebs ocorre na matriz (o interior), e a cadeia respiratória, nas cristas. Produzem a maior parte do ATP. Existem em praticamente todos os eucariontes, plantas inclusive.
- **Cloroplastos**: também têm membrana dupla e, dentro, pilhas de sacos achatados (os tilacoides) com clorofila. Fazem a fotossíntese. São um tipo de **plasto**; outros plastos guardam amido ou pigmentos.

Teoria da endossimbiose. Mitocôndrias e cloroplastos se parecem muito com bactérias:

- têm DNA próprio, circular;
- têm ribossomos parecidos com os bacterianos;
- têm membrana dupla;
- multiplicam-se dividindo-se ao meio, como as bactérias.

A explicação aceita é que descendem de bactérias que foram englobadas por uma célula maior, há mais de um bilhão de anos, e passaram a viver dentro dela em benefício mútuo. A membrana interna seria a da bactéria original. A externa teria vindo da célula que a englobou. Nenhuma outra organela tem DNA: além do núcleo, só mitocôndrias e cloroplastos têm genes próprios.

Citoesqueleto e movimento

- O **citoesqueleto** é uma rede de filamentos de proteína: *microfilamentos* de actina, *microtúbulos* de tubulina e filamentos intermediários. Ele dá forma à célula, ancora as organelas e serve de trilho para vesículas. Ao montar e desmontar microfilamentos, a célula emite pseudópodes: é o **movimento ameboide**, de amebas e glóbulos brancos.
- Os **centríolos** são cilindros de microtúbulos. Organizam os microtúbulos na divisão celular da célula animal e formam a base (corpúsculo basal) dos **cílios** e **flagelos**. Cílios são curtos e numerosos, como os da traqueia, que varrem o muco. Flagelos são longos e poucos, como o do espermatozoide.

O caminho de uma proteína de secreção (enzima digestiva, hormônio, anticorpo) atravessa várias organelas, na ordem:



A forma da célula acompanha a função: célula que secreta muita proteína (pâncreas, glândulas, plasmócitos que fazem anticorpos) tem retículo rugoso e Golgi muito desenvolvidos; célula muscular, que gasta muita energia, tem muitas mitocôndrias; célula do fígado, que desintoxica, tem muito retículo liso.

Por que funciona Por que a água "prefere" o lado mais concentrado? Porque, onde há mais soluto, há proporcionalmente menos água livre. A água se espalha do lugar onde ela está mais concentrada (o meio diluído) para onde está menos (o meio com muito soluto), como qualquer substância em difusão. A membrana deixa a água passar com facilidade, mas segura muitos solutos: então quem se move é a água.

Armadilha Pôr o sal (ou a cal) como protagonista da osmose. Em meio hipertônico, o que acontece é a *saída de água* da célula. Os íons não "entram livremente" nem "saem", e a membrana não é destruída: continua inteira e seletiva. Também não é intoxicação nem evaporação. E cuidado com a concentração interna: a água sai, o soluto fica, e a concentração lá dentro *aumenta*.

Armadilha Dizer que a célula vegetal em água pura estoura, rompe a membrana ou quebra a parede. A parede segura: a célula fica túrgida, com o vacúolo maior e o pigmento mais diluído. Murchar é o que acontece em meio hipertônico, não no hipotônico.

Armadilha Trocar a ordem do caminho da secreção: é sempre *retículo rugoso → Golgi → vesículas*. Começar pelo Golgi, pular o Golgi ou fazer o caminho de trás para frente está errado. E só mitocôndrias e cloroplastos têm DNA próprio; lisossomo, peroxissomo, retículo e Golgi não têm.

Exemplo resolvido

Questão 72 (Enem 2012, questão 86 do caderno azul)

Osmose é um processo espontâneo que ocorre em todos os organismos vivos e é essencial à manutenção da vida. Uma solução 0,15 mol/L de NaCl (cloreto de sódio) possui a mesma pressão osmótica das soluções presentes nas células humanas.
A imersão de uma célula humana em uma solução 0,20 mol/L de NaCl tem, como consequência, a

A) adsorção de íons Na^+ sobre a superfície da célula.

B) difusão rápida de íons Na^+ para o interior da célula.

C) diminuição da concentração das soluções presentes na célula.

D) transferência de íons Na^+ da célula para a solução.

E) transferência de moléculas de água do interior da célula para a solução.

resolução em vídeo

Resolução

Ideia-chave: na osmose, quem se move é a água, do meio menos concentrado para o mais concentrado.
1. Compare as concentrações. A solução de 0,15 mol/L tem a mesma pressão osmótica da célula: é isotônica. A de 0,20 mol/L é mais concentrada: é **hipertônica** em relação à célula.
2. Sentido da água. A água vai para o lado mais concentrado: sai da célula para a solução, e a célula murcha.
3. Descarte. A, B e D falam de movimento de íons sódio, mas a membrana deixa a água passar com muito mais facilidade: o fenômeno descrito é a osmose. A C diz o contrário do que ocorre: perdendo água, o interior da célula fica *mais* concentrado.
Resposta: **E.**

No ENEM, acertaram esta questão 26% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 73 (Enem 2016, questão 56 do caderno azul)

As proteínas de uma célula eucariótica possuem peptídeos sinais, que são sequências de aminoácidos responsáveis pelo seu endereçamento para as diferentes organelas, de acordo com suas funções. Um pesquisador desenvolveu uma nanopartícula capaz de carregar proteínas para dentro de tipos celulares específicos. Agora ele quer saber se uma nanopartícula carregada com uma proteína bloqueadora do ciclo de Krebs in vitro é capaz de exercer sua atividade em uma célula cancerosa, podendo cortar o aporte energético e destruir essas células.
Ao escolher essa proteína bloqueadora para carregar as nanopartículas, o pesquisador deve levar em conta um peptídeo sinal de endereçamento para qual organela?

resolução em vídeo

A) Núcleo.
B) Mitocôndria.
C) Peroxissomo.
D) Complexo golgiense.
E) Retículo endoplasmático.

A proteína bloqueadora só funciona no lugar onde acontece o ciclo de _____.
Esse ciclo ocorre na matriz da _____, depois da glicólise, que acontece no _____.
O peptídeo sinal é o "endereço" da proteína; então ele deve ser o da _____.
Núcleo, retículo e Golgi produzem ou despacham moléculas, mas não fazem o ciclo de Krebs.
Alternativa _____.

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 325.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 325.

Questão 74 (Enem 2017, questão 132 do caderno azul)

Uma das estratégias para conservação de alimentos é o salgamento, adição de cloreto de sódio (NaCl), historicamente utilizado por tropeiros, vaqueiros e sertanejos para conservar carnes de boi, porco e peixe.
O que ocorre com as células presentes nos alimentos preservados com essa técnica?

A) O sal adicionado diminui a concentração de solutos em seu interior.

B) O sal adicionado desorganiza e destrói suas membranas plasmáticas.

C) A adição de sal altera as propriedades de suas membranas plasmáticas.

D) Os íons Na^+ e Cl^- provenientes da dissociação do sal entram livremente nelas.

E) A grande concentração de sal no meio extracelular provoca a saída de água de dentro delas.

resolução em vídeo

Questão 75 (Enem 2025, questão 103 do caderno azul)

A deficiência da enzima lipase ácida causa uma doença em que o portador apresenta células que não degradam colesterol esterificado nem triglicerídeos, resultando no depósito desses compostos em diversos órgãos, principalmente no fígado.
Essa doença resulta da insuficiência funcional de qual estrutura celular?

resolução em vídeo

A) Lisossomos.
B) Ribossomos.
C) Mitocôndrias.
D) Peroxissomos.
E) Retículo endoplasmático liso.

Questão 76 (Enem 2011, questão 59 do caderno azul)

A cal (óxido de cálcio, CaO), cuja suspensão em água é muito usada como uma tinta de baixo custo, dá uma tonalidade branca aos troncos de árvores. Essa é uma prática muito comum em praças públicas e locais privados, geralmente usada para combater a proliferação de parasitas. Essa aplicação, também chamada de caiação, gera um problema: elimina microrganismos benéficos para a árvore.
Disponível em: http://super.abril.com.br. Acesso em: 1 abr. 2010 (adaptado).
A destruição do microambiente, no tronco de árvores pintadas com cal, é devida ao processo de

A) difusão, pois a cal se difunde nos corpos dos seres do microambiente e os intoxica.

B) osmose, pois a cal retira água do microambiente, tornando-o inviável ao desenvolvimento de microrganismos.

C) oxidação, pois a luz solar que incide sobre o tronco ativa fotoquimicamente a cal, que elimina os seres vivos do microambiente.

D) aquecimento, pois a luz do Sol incide sobre o tronco e aquece a cal, que mata os seres vivos do microambiente.

E) vaporização, pois a cal facilita a volatilização da água para a atmosfera, eliminando os seres vivos do microambiente.

resolução em vídeo

Questão 77 (Enem 2022, questão 114 do caderno azul)

As células da epiderme da folha da Tradescantia pallida purpurea, uma herbácea popularmente conhecida como trapoeraba-roxa, contém um vacúolo onde se encontra um pigmento que dá a coloração arroxeada a esse tecido. Em um experimento, um corte da epiderme de uma folha da trapoeraba-roxa foi imerso em ambiente hipotônico e, logo em seguida, foi colocado em uma lâmina e observado em microscópio óptico.
Durante a observação desse corte, foi possível identificar o(a)

A) acúmulo do solvente com fragmentação da organela.

B) rompimento da membrana celular com liberação do citosol.

C) aumento do vacúolo com diluição do pigmento no seu interior.

D) quebra da parede celular com extravasamento do pigmento.

E) murchamento da célula com expulsão do pigmento do vacúolo.

resolução em vídeo

Questão 78 (Enem 2019, questão 130 do caderno azul)

Uma cozinheira colocou sal a mais no feijão que estava cozinhando. Para solucionar o problema, ela acrescentou batatas cruas e sem tempero dentro da panela. Quando terminou de cozinhá-lo, as batatas estavam salgadas, porque absorveram parte do caldo com excesso de sal. Finalmente, ela adicionou água para completar o caldo do feijão.
O sal foi absorvido pelas batatas por

A) osmose, por envolver apenas o transporte do solvente.

B) fagocitose, porque o sal transportado é uma substância sólida.

C) exocitose, uma vez que o sal foi transportado da água para a batata.

D) pinocitose, porque o sal estava diluído na água quando foi transportado.

E) difusão, porque o transporte ocorreu a favor do gradiente de concentração.

resolução em vídeo

Questão 79 (Enem 2017, questão 116 do caderno azul)

Visando explicar uma das propriedades da membrana plasmática, fusionou-se uma célula de camundongo com uma célula humana, formando uma célula híbrida. Em seguida, com o intuito de marcar as proteínas de membrana, dois anticorpos foram inseridos no experimento, um específico para as proteínas de membrana do camundongo e outro para as proteínas de membrana humana. Os anticorpos foram visualizados ao microscópio por meio de fluorescência de cores diferentes.
A mudança observada da etapa 3 para a etapa 4 do experimento ocorre porque as proteínas

A) movimentam-se livremente no plano da bicamada lipídica.

B) permanecem confinadas em determinadas regiões da bicamada.

C) auxiliam o deslocamento dos fosfolipídios da membrana plasmática.

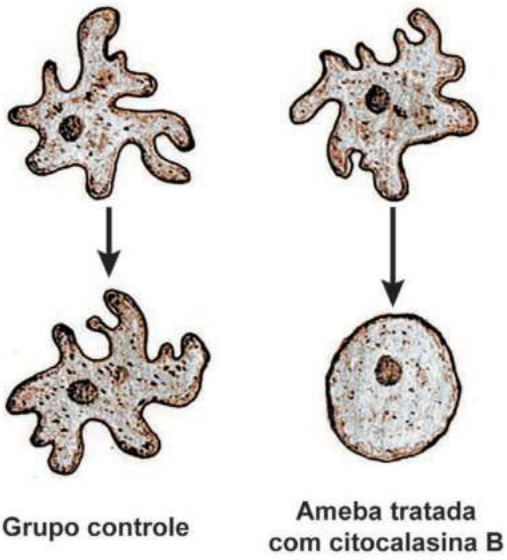
D) são mobilizadas em razão da inserção de anticorpos.

E) são bloqueadas pelos anticorpos.

resolução em vídeo

Questão 80 (Enem 2024, questão 115 do caderno azul)

O esquema representa um experimento feito com células do protozoário *Amoeba proteus*. Nele, um grupo de células foi tratado com a droga citocalasina B, enquanto outro grupo não foi tratado, servindo como controle. O formato e o movimento das células tratadas foram comprometidos.



SADAVA, D. et al. **Vida: a ciência da biologia** — volume I: célula e hereditariedade. Porto Alegre: Artmed, 2009 (adaptado).

Qual componente celular foi afetado pela droga utilizada no experimento?

A) Vacúolos.
B) Mitocôndrias.
C) Microfilamentos.
D) Material genético.
E) Membrana plasmática.

resolução em vídeo

Razão e proporção; regra de três simples

Matemática

Antes de ler: tente responder

1. Um carro roda 360 km com 30 L de gasolina. Quantos quilômetros ele roda com 1 L?
2. Uma receita leva 3 ovos para 4 pessoas. Quantos ovos são necessários para 10 pessoas?
3. Qual compra sai mais barata: 2 kg por R$ 9,00 ou 5 kg por R$ 21,00?

Respostas no Gabarito, na página 325. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

Razão e proporção são a linguagem matemática da comparação: "quanto um é do outro", "quanto cabe em cada unidade", "se eu dobrar isto, o que acontece com aquilo?". Daqui saem a velocidade média, a densidade, a escala de um mapa, a concentração de uma solução e a regra de três.

Cores deste capítulo: **azul** = os dados; **roxo** = o valor de *uma* unidade (a taxa, a "ponte"); **verde** = o resultado.

Razão: comparar por divisão

A **razão** entre dois números a e b, com $b \neq 0$, é o quociente $\frac{a}{b}$ (também escrito $a : b$, e lido "a para b"). O primeiro termo, a, é o **antecedente**; o segundo, b, o **consequente**. A ordem importa: a razão de a para b é a *inversa* da razão de b para a. Quando você diz "12 km por litro", "6 candidatos por vaga" ou "R$ 4,50 o quilo", está falando de uma razão; a palavra *por* indica a divisão.

$$\text{razão de } a \text{ para } b = \frac{a}{b}$$

a ordem importa: $\frac{a}{b}$ não é $\frac{b}{a}$

Exemplo: 360 km com 30 L dá $\frac{360}{30} = 12$ km/L. Ao contrário, $\frac{30}{360} \approx 0{,}083$ L/km: o mesmo carro, outra pergunta (litros gastos em cada quilômetro). Uma razão, como uma fração, pode ser simplificada sem mudar: $\frac{360}{30} = \frac{12}{1}$, ou "12 para 1".

Dois tipos de razão.

- Entre grandezas do **mesmo tipo**, medidas na mesma unidade, a razão é um número puro, sem unidade, e pode virar fração, decimal ou porcentagem. Exemplos: a **escala** de um mapa (1 : 50 000 quer dizer que 1 cm no mapa vale 50 000 cm = 500 m no terreno); a fração de aprovados (30 em 120 inscritos é $\frac{30}{120} = \frac{1}{4} = 25\%$). Atenção: as duas medidas precisam estar na *mesma unidade* antes de dividir.
- Entre grandezas de **tipos diferentes**, a razão tem unidade e costuma ser chamada de **taxa**: velocidade média (km/h), densidade demográfica (habitantes/km²), consumo (km/L), densidade (g/cm³), vazão (L/min). Uma cidade com 1 200 000 habitantes em 400 km² tem $\frac{1\,200\,000}{400} = 3\,000$ habitantes por km².

Parte e todo. Num grupo dividido em duas partes, há duas razões diferentes, e é preciso ver qual o texto pede. Se de 40 lugares 12 estão ocupados, a razão entre ocupados e o *total* é $\frac{12}{40} = \frac{3}{10}$; a razão entre ocupados e *livres* é $\frac{12}{28} = \frac{3}{7}$. A primeira é "parte para todo" (e vira porcentagem: 30%); a segunda é "parte para parte".

Proporção

Proporção é a igualdade de duas razões: $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ (lê-se "a está para b assim como c está para d"). Por exemplo, $\frac{3}{4} = \frac{6}{8}$. Os termos a e d são os **extremos**; b e c, os **meios**.

Propriedade fundamental: numa proporção, o produto dos extremos é igual ao produto dos meios. Basta multiplicar os dois lados de $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$ por $b \cdot d$ (que não é zero): os denominadores se cancelam.

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \iff a \cdot d = b \cdot c$$

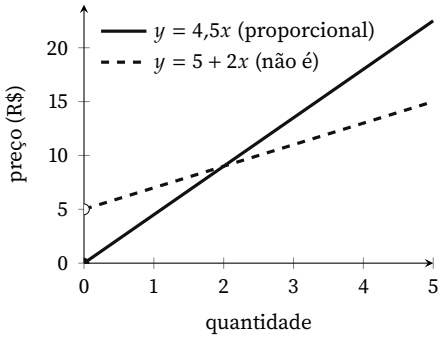
multiplicando os dois lados por $b \cdot d$, os denominadores somem: é a "multiplicação em cruz"

É ela que permite achar um termo desconhecido: $\frac{3}{4} = \frac{x}{10} \Rightarrow 4x = 30 \Rightarrow x = 7{,}5$. Outra propriedade útil: se $\frac{a}{b} = \frac{c}{d}$, então $\frac{a+c}{b+d}$ é a mesma razão (some antecedentes e consequentes): $\frac{2}{3} = \frac{4}{6}$ e $\frac{2+4}{3+6} = \frac{6}{9} = \frac{2}{3}$. Prova: se $a = kb$ e $c = kd$, então $a + c = k(b + d)$.

Grandezas diretamente proporcionais

Duas grandezas são **diretamente proporcionais** quando a razão entre valores correspondentes é sempre a mesma: $\frac{y}{x} = k$, ou seja, $y = k \cdot x$. A constante k é a **constante de proporcionalidade** e é justamente o valor de *uma* unidade (o preço de um caderno, os quilômetros por litro). Consequência: multiplicar uma por 2, 3, $\frac{1}{2}$... multiplica a outra pelo mesmo número.

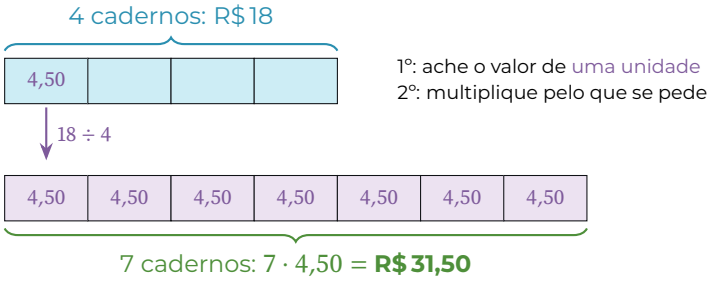
No gráfico, grandezas diretamente proporcionais formam uma **reta que passa pela origem**: zero cadernos custam zero reais. Crescer junto *não basta*. Um táxi que cobra R$ 5 de bandeirada mais R$ 2 por km cobra R$ 9 por 2 km e R$ 13 por 4 km: dobrou a distância, mas o preço não dobrou, porque a reta não passa pela origem. Idade e altura de uma criança também crescem juntas e não são proporcionais. Antes de usar regra de três, pergunte-se: *se uma dobrar, a outra dobra?*



Quando uma grandeza aumenta e a outra diminui na mesma proporção (dobrar o número de operários reduz o tempo à metade), elas são **inversamente proporcionais**; esse caso é estudado num capítulo seguinte, junto com a regra de três composta.

Redução à unidade

Se as grandezas são diretamente proporcionais, basta descobrir quanto vale **uma unidade** (a constante k) e depois multiplicar. Exemplo: 4 cadernos iguais custam R$ 18. Quanto custam 7?



Esse método:

- deixa claro o que cada número significa: a unidade vai junto (R$/caderno), o que dificulta inverter a razão sem perceber;
- funciona igual com qualquer número de grandezas;
- é o caminho natural para **comparar** opções: o produto mais barato é o de menor preço *por unidade*; o filtro pior é o que deixa passar mais contaminante *por dia*; o jogador melhor é o que acerta mais *por jogada*.

Regra de três simples

É a mesma ideia escrita em tabela. Monte as colunas com **a mesma grandeza na mesma coluna** e a mesma situação na mesma linha. Se as grandezas são diretamente proporcionais, a razão entre os valores de uma coluna é igual à razão entre os valores correspondentes da outra; isso dá uma proporção, resolvida pela propriedade fundamental:

cadernos	preço (R$)
4	18
7	x

setas no mesmo sentido:
mais cadernos, mais reais (direta)

$$\frac{4}{7} = \frac{18}{x} \implies 4x = 7 \cdot 18 \implies x = \frac{126}{4} = 31{,}5$$

As duas formas dão o mesmo resultado, porque ambas usam o fato de $k = \frac{18}{4}$ ser constante. A regra de três só vale se as grandezas forem de fato proporcionais; no táxi do exemplo acima, ela daria resposta errada.

Comparar razões

Para decidir qual de duas situações é "mais" (mais concentrada, mais eficiente, mais concorrida), compare as **razões**, não os totais: grupos de tamanhos diferentes só ficam na mesma régua depois de divididos pelo próprio tamanho. Um curso com 1 000 candidatos para 250 vagas (4 por vaga) é menos concorrido que outro com 300 candidatos para 30 vagas (10 por vaga).

Juntar grupos não é tirar a média das razões. Um curso X tem 10 vagas e 20 candidatos por vaga (200 candidatos); um curso Y tem 90 vagas e 2 candidatos por vaga (180 candidatos). No conjunto, há $\frac{200+180}{10+90} = 3{,}8$ candidatos por vaga, e não $\frac{20+2}{2} = 11$. Para juntar, volte aos totais: cada razão multiplicada pelo tamanho do seu grupo dá o total daquele grupo.

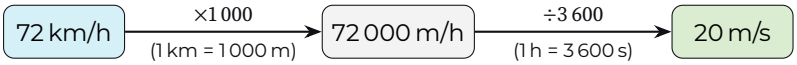
Arredondar com sentido. Quando a resposta conta objetos inteiros (embalagens, ônibus, latas) e a conta dá número quebrado, o contexto decide: para *garantir* que não falte, arredonde para cima (7,2 embalagens viram 8); para saber quantas unidades *completas* cabem, arredonde para baixo (7,2 caixas cheias são 7).

Razões encadeadas e conversão de unidades

Se A é 3 vezes B e B é 4 vezes C, então A é $3 \cdot 4 = 12$ vezes C. As razões se **multiplicam** ao longo da cadeia, porque a grandeza do meio se cancela:

$$\frac{A}{C} = \frac{A}{B} \cdot \frac{B}{C}$$

a mesma ideia converte unidades: $\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \frac{\text{h}}{\text{min}} = \frac{\text{km}}{\text{min}}$



Cada seta multiplica por uma razão igual a 1 ($\frac{1\,000\text{ m}}{1\text{ km}} = 1$, $\frac{1\text{ h}}{3\,600\text{ s}} = 1$), por isso o valor físico (a rapidez) não muda; só a unidade em que ele é escrito.

Por que funciona Comparar razões é comparar o que cada unidade "recebe". Totais enganam porque os grupos têm tamanhos diferentes; dividir pelo tamanho do grupo coloca todos na mesma régua. E a redução à unidade funciona porque, numa proporção direta, a razão é *constante*: o preço de um caderno é o mesmo, compre-se 4 ou 7. A regra de três é só essa constância escrita como igualdade de duas frações.

Armadilha Inverter a razão: "5 gotas para cada 2 kg" não é "2 gotas para cada 5 kg"; "vendidos em relação ao total" põe o total embaixo, não em cima. Escreva a unidade ou o nome junto de cada número e confira.

Armadilha Trocar o todo por uma das partes: "em relação ao total" pede parte sobre todo. Dividir os reservados pelos livres (parte sobre parte) dá outra razão.

Armadilha Comparar totais em vez de razões: o filtro que deixou passar mais miligramas, ou o jogador com mais acertos, não é necessariamente o pior ou o melhor; os testes tiveram durações e números de jogadas diferentes. Divida antes de comparar.

Armadilha Tirar a média simples de razões de grupos de tamanhos diferentes: para achar o total de candidatos, multiplique cada razão (candidatos por vaga) pelas vagas do seu curso e some.

Armadilha Arredondar para o lado errado: se a quantidade tem de *garantir* o consumo e a conta deu número quebrado de pacotes, arredondar para baixo deixa faltar.

Armadilha Esquecer de converter unidades: uma razão entre centímetros e metros, sem conversão, sai 100 vezes errada; e, ao passar segundos para horas dividindo por 3 600, ficar só com a parte inteira joga fora os minutos que sobram (4 500 s são 1 h e 15 min, não 1 h).

Exemplo resolvido

Questão 81 (Enem 2012, questão 164 do caderno azul)

Uma mãe recorreu à bula para verificar a dosagem de um remédio que precisava dar a seu filho. Na bula, recomendava-se a seguinte dosagem: 5 gotas para cada 2 kg de massa corporal a cada 8 horas.
Se a mãe ministrou corretamente 30 gotas do remédio a seu filho a cada 8 horas, então a massa corporal dele é de

resolução em vídeo

A) 12 kg. B) 16 kg. C) 24 kg. D) 36 kg. E) 75 kg.

Resolução

Ideia-chave: o intervalo de 8 horas é o mesmo na bula e na dose dada; logo, só importa a razão gotas por massa.
A bula diz 5 gotas para cada 2 kg. Separe as 30 gotas em grupos de 5: são $30 \div 5 = 6$ grupos. Cada grupo corresponde a 2 kg, então a massa é $6 \cdot 2 = \mathbf{12}$ kg.
Pela redução à unidade: $5 \div 2 = 2{,}5$ gotas por kg; $30 \div 2{,}5 = 12$ kg.
Pela regra de três: $\frac{5}{30} = \frac{2}{x} \Rightarrow 5x = 60 \Rightarrow x = 12$ kg.
Resposta: A. A alternativa E (75 kg) inverte a razão: calcula $30 \cdot 5 \div 2$, como se fossem 2 gotas para cada 5 kg.

No ENEM, acertaram esta questão 67% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 82 (Enem 2016, questão 179 do caderno azul)

Diante da hipótese do comprometimento da qualidade da água retirada do volume morto de alguns sistemas hídricos, os técnicos de um laboratório decidiram testar cinco tipos de filtros de água.
Dentre esses, os quatro com melhor desempenho serão escolhidos para futura comercialização. Nos testes, foram medidas as massas de agentes contaminantes, em miligrama, que não são capturados por cada filtro em diferentes períodos, em dia, como segue: Filtro 1 (F1): 18 mg em 6 dias; Filtro 2 (F2): 15 mg em 3 dias; Filtro 3 (F3): 18 mg em 4 dias; Filtro 4 (F4): 6 mg em 3 dias; Filtro 5 (F5): 3 mg em 2 dias.
Ao final, descarta-se o filtro com a maior razão entre a medida da massa de contaminantes não capturados e o número de dias, o que corresponde ao de pior desempenho.
Disponível em: www.redebrasilatual.com.br. Acesso em: 12 jul. 2015 (adaptado).
O filtro descartado é o

resolução em vídeo

A) F1. B) F2. C) F3. D) F4. E) F5.

Para comparar os filtros, calcule a massa de contaminante que **passa por dia** em cada um (razão mg/dia):
F1: $18 \div 6 =$ _____ mg/dia F2: $15 \div 3 =$ _____ mg/dia F3: $18 \div 4 =$ _____ mg/dia
F4: $6 \div 3 =$ _____ mg/dia F5: $3 \div 2 =$ _____ mg/dia
O pior filtro é o que deixa passar _____ contaminante por dia. Portanto, o descartado é o _____.

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 325.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 325.

Questão 83 (Enem 2014, questão 154 do caderno azul)

Boliche é um jogo em que se arremessa uma bola sobre uma pista para atingir dez pinos, dispostos em uma formação de base triangular, buscando derrubar o maior número de pinos. A razão entre

o total de vezes em que o jogador derruba todos os pinos e o número de jogadas determina seu desempenho.
Em uma disputa entre cinco jogadores, foram obtidos os seguintes resultados: Jogador I – derrubou todos os pinos 50 vezes em 85 jogadas. Jogador II – 40 vezes em 65 jogadas. Jogador III – 20 vezes em 65 jogadas. Jogador IV – 30 vezes em 40 jogadas. Jogador V – 48 vezes em 90 jogadas.
Qual desses jogadores apresentou maior desempenho?

resolução em vídeo

A) I B) II C) III D) IV E) V

Questão 84 (Enem 2014, questão 149 do caderno azul)

Um show especial de Natal teve 45 000 ingressos vendidos. Esse evento ocorrerá em um estádio de futebol que disponibilizará 5 portões de entrada, com 4 catracas eletrônicas por portão. Em cada uma dessas catracas, passará uma única pessoa a cada 2 segundos. O público foi igualmente dividido pela quantidade de portões e catracas, indicados no ingresso para o show, para a efetiva entrada no estádio. Suponha que todos aqueles que compraram ingressos irão ao show e que todos passarão pelos portões e catracas eletrônicas indicados.
Qual é o tempo mínimo para que todos passem pelas catracas?

resolução em vídeo

A) 1 hora.
B) 1 hora e 15 minutos.
C) 5 horas.
D) 6 horas.
E) 6 horas e 15 minutos.

Questão 85 (Enem 2010, questão 176 do caderno azul)

A disparidade de volume entre os planetas é tão grande que seria possível colocá-los uns dentro dos outros. O planeta Mercúrio é o menor de todos. Marte é o segundo menor: dentro dele cabem três Mercúrios. Terra é o único com vida: dentro dela cabem sete Martes. Netuno é o quarto maior: dentro dele cabem 58 Terras. Júpiter é o maior dos planetas: dentro dele cabem 23 Netunos.
Revista Veja. Ano 41, nº 25, 25 jun. 2008 (adaptado).
Seguindo o raciocínio proposto, quantas Terras cabem dentro de Júpiter?

resolução em vídeo

A) 406 B) 1 334 C) 4 002 D) 9 338 E) 28 014

Questão 86 (Enem 2011, questão 153 do caderno azul)

Observe as dicas para calcular a quantidade certa de alimentos e bebidas para as festas de fim de ano:
• Para o prato principal, estime 250 gramas de carne para cada pessoa. • Um copo americano cheio de arroz rende o suficiente para quatro pessoas. • Para a farofa, calcule quatro colheres de sopa por convidado. • Uma garrafa de vinho serve seis pessoas. • Uma garrafa de cerveja serve duas. • Uma garrafa de espumante serve três convidados.
Quem organiza festas faz esses cálculos em cima do total de convidados, independente do gosto de cada um.
Quantidade certa de alimentos e bebidas evita o desperdício da ceia. Jornal Hoje. 17 dez. 2010 (adaptado).
Um anfitrião decidiu seguir essas dicas ao se preparar para receber 30 convidados para a ceia de Natal.

Para seguir essas orientações à risca, o anfitrião deverá dispor de

A) 120 kg de carne, 7 copos americanos e meio de arroz, 120 colheres de sopa de farofa, 5 garrafas de vinho, 15 de cerveja e 10 de espumante.

B) 120 kg de carne, 7 copos americanos e meio de arroz, 120 colheres de sopa de farofa, 5 garrafas de vinho, 30 de cerveja e 10 de espumante.

C) 75 kg de carne, 7 copos americanos e meio de arroz, 120 colheres de sopa de farofa, 5 garrafas de vinho, 15 de cerveja e 10 de espumante.

D) 7,5 kg de carne, 7 copos americanos, 120 colheres de sopa de farofa, 5 garrafas de vinho, 30 de cerveja e 10 de espumante.

E) 7,5 kg de carne, 7 copos americanos e meio de arroz, 120 colheres de sopa de farofa, 5 garrafas de vinho, 15 de cerveja e 10 de espumante.

resolução em vídeo

Questão 87 (Enem 2012, questão 173 do caderno azul)

Há, em virtude da demanda crescente de economia de água, equipamentos e utensílios como, por exemplo, as bacias sanitárias ecológicas, que utilizam 6 litros de água por descarga em vez dos 15 litros utilizados por bacias sanitárias não ecológicas, conforme dados da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

Qual será a economia diária de água obtida por meio da substituição de uma bacia sanitária não ecológica, que gasta cerca de 60 litros por dia com a descarga, por uma bacia sanitária ecológica?

resolução em vídeo

A) 24 litros B) 36 litros C) 40 litros D) 42 litros E) 50 litros

Questão 88 (Enem 2025, questão 157 do caderno azul)

O cortisol é um hormônio produzido pelas glândulas adrenais e pode ser considerado um importante marcador do estresse fisiológico. Em um estudo desenvolvido com enfermeiros, foi verificado que a concentração de cortisol salivar em um dia de trabalho, denotada por T, era, em média, 1,59 vezes a concentração de cortisol salivar em um dia de folga, denotada por F.

Nesse estudo, a relação obtida entre T e F foi

resolução em vídeo

A) $T = 1{,}59 + F$ B) $F = 1{,}59 + T$ C) $\frac{T}{F} = 1{,}59$ D) $\frac{F}{T} = 1{,}59$ E) $F \cdot T = 1{,}59$

Questão 89 (Enem 2021, questão 160 do caderno azul)

Um nutricionista verificou, na dieta diária do seu cliente, a falta de 800 mg do mineral A, de 1 000 mg do mineral B e de 1 200 mg do mineral C. Por isso, recomendou a compra de suplementos alimentares que forneçam os minerais faltantes e informou que não haveria problema se consumisse mais desses minerais do que o recomendado.

O cliente encontrou cinco suplementos, vendidos em sachês unitários, cujos preços e as quantidades dos minerais estão apresentados a seguir:

• Suplemento I: contém 50 mg do mineral A, 100 mg do mineral B e 200 mg do mineral C e custa R$ 2,00;

• Suplemento II: contém 800 mg do mineral A, 250 mg do mineral B e 200 mg do mineral C e custa

R$ 3,00;
• Suplemento III: contém 250 mg do mineral A, 1 000 mg do mineral B e 300 mg do mineral C e custa R$ 5,00;
• Suplemento IV: contém 600 mg do mineral A, 500 mg do mineral B e 1 000 mg do mineral C e custa R$ 6,00;
• Suplemento V: contém 400 mg do mineral A, 800 mg do mineral B e 1 200 mg do mineral C e custa R$ 8,00.
O cliente decidiu comprar sachês de um único suplemento no qual gastasse menos dinheiro e ainda suprisse a falta de minerais indicada pelo nutricionista, mesmo que consumisse alguns deles além de sua necessidade.
Nessas condições, o cliente deverá comprar sachês do suplemento

resolução em vídeo

A) I. B) II. C) III. D) IV. E) V.

Questão 90 (Enem 2024, questão 158 do caderno azul)

Em uma loja de defensivos agrícolas, os preços de alguns produtos foram divulgados em um cartaz.
PROMOÇÃO: Compre pelo menos 35 litros de defensivos do TIPO A e ganhe a máscara para aplicação. Defensivo Tipo A - R$ 4,20/litro; Defensivo Tipo B - R$ 3,00/litro; Máscara para aplicação - R$ 12,50.
Sabe-se que 1 litro de defensivo do Tipo A é suficiente para aplicação em 0,5 hectare (ha), enquanto que 1 litro de defensivo do Tipo B é suficiente para aplicação em 0,4 ha. Um agricultor precisa comprar, nessa loja, uma quantidade de litros de defensivo suficiente para aplicar em uma área de 20 ha, além de levar uma máscara para aplicação.
O valor mínimo, em real, a ser gasto pelo agricultor é

resolução em vídeo

A) 147,00. B) 150,00. C) 162,50. D) 165,75. E) 168,00.

Questão 91 (Enem 2015, questão 158 do caderno azul)

A expressão “Fórmula de Young” é utilizada para calcular a dose infantil de um medicamento, dada a dose do adulto: dose de criança = (idade da criança (em anos) / (idade da criança (em anos) + 12)) · dose do adulto.
Uma enfermeira deve administrar um medicamento X a uma criança inconsciente, cuja dosagem de adulto é de 60 mg. A enfermeira não consegue descobrir onde está registrada a idade da criança no prontuário, mas identifica que, algumas horas antes, foi administrada a ela uma dose de 14 mg de um medicamento Y, cuja dosagem de adulto é 42 mg. Sabe-se que a dose da medicação Y administrada à criança estava correta.
Então, a enfermeira deverá ministrar uma dosagem do medicamento X, em miligramas, igual a

resolução em vídeo

A) 15. B) 20. C) 30. D) 36. E) 40.

Questão 92 (Enem 2023, questão 147 do caderno azul)

Alguns estudos comprovam que os carboidratos fornecem energia ao corpo, preservam as proteínas estruturais dos músculos durante a prática de atividade física e ainda dão força para o cérebro coordenar os movimentos, o que de fato tem impacto positivo no desenvolvimento do praticante. O ideal é consumir 1 grama de carboidrato para cada minuto de caminhada.

Um casal realizará diariamente 30 minutos de caminhada, ingerindo, antes dessa atividade, a quantidade ideal de carboidratos recomendada. Para ter o consumo ideal apenas por meio do consumo de pão de fôrma integral, o casal planeja garantir o suprimento de pães para um período de 30 dias ininterruptos. Sabe-se que cada pacote desse pão vem com 18 fatias, e que cada uma delas tem 15 gramas de carboidratos.

A quantidade mínima de pacotes de pão de fôrma necessários para prover o suprimento a esse casal é

resolução em vídeo

A) 1. B) 4. C) 6. D) 7. E) 8.

Questão 93 (Enem 2017, questão 146 do caderno azul)

Em um teleférico turístico, bondinhos saem de estações ao nível do mar e do topo de uma montanha. A travessia dura 1,5 minuto e ambos os bondinhos se deslocam à mesma velocidade. Quarenta segundos após o bondinho A partir da estação ao nível do mar, ele cruza com o bondinho B, que havia saído do topo da montanha.

Quantos segundos após a partida do bondinho B partiu o bondinho A?

resolução em vídeo

A) 5 B) 10 C) 15 D) 20 E) 25

Revisão da semana 2 · sem consulta

Questões novas, misturadas, de assuntos desta semana e de semanas anteriores (1, 3, 8, 16 e 32 semanas atrás, inclusive de volumes anteriores): tudo o que você estudou volta de tempos em tempos até a prova. Feche o livro e resolva sem olhar a teoria: tentar lembrar é o que fixa. Respostas no Gabarito, na página 327.

Questão 94 (Enem PPL 2014, questão 142 do caderno cinza)

Um estudante se cadastrou numa rede social na internet que exibe o índice de popularidade do usuário. Esse índice é a razão entre o número de admiradores do usuário e o número de pessoas que visitam seu perfil na rede.

Ao acessar seu perfil hoje, o estudante descobriu que seu índice de popularidade é 0,3121212...

O índice revela que as quantidades relativas de admiradores do estudante e pessoas que visitam seu perfil são

A) 103 em cada 330.
B) 104 em cada 333.
C) 104 em cada 3 333.
D) 139 em cada 330.
E) 1 039 em cada 3 330.

resolução em vídeo

Questão 95 (Enem PPL 2020, questão 129 do caderno azul)

Nas estradas brasileiras existem vários aparelhos com a finalidade de medir a velocidade dos veículos. Em uma rodovia, cuja velocidade máxima permitida é de 80 km h^{-1}, um carro percorre a distância de 50 cm entre os dois sensores no tempo de 20 ms. De acordo com a Resolução n. 396, do Conselho Nacional de Trânsito, para vias com velocidade de até 100 km h^{-1}, a velocidade medida pelo aparelho tem a tolerância de +7 km h^{-1} além da velocidade máxima permitida na via. Considere que a velocidade final registrada do carro é o valor medido descontado o valor da tolerância do aparelho.

Nesse caso, qual foi a velocidade final registrada pelo aparelho?

A) 38 km h^{-1}
B) 65 km h^{-1}
C) 83 km h^{-1}
D) 90 km h^{-1}
E) 97 km h^{-1}

resolução em vídeo

Questão 96 (Enem PPL 2017, questão 137 do caderno azul)

As empresas que possuem Serviço de Atendimento ao Cliente (SAC), em geral, informam ao cliente que utiliza o serviço um número de protocolo de atendimento. Esse número resguarda o cliente para eventuais reclamações e é gerado, consecutivamente, de acordo com os atendimentos executados. Ao término do mês de janeiro de 2012, uma empresa registrou como último número de protocolo do SAC o 390 978 467. Do início do mês de fevereiro até o fim do mês de dezembro de 2012, foram abertos 22 580 novos números de protocolos.

O algarismo que aparece na posição da dezena de milhar do último número de protocolo de atendimento registrado em 2012 pela empresa é

A) 0.
B) 2.
C) 4.
D) 6.
E) 8.

resolução em vídeo

Questão 97 (Enem PPL 2017, questão 152 do caderno azul)

Uma fábrica de papel higiênico produz embalagens com quatro rolos de 30 m cada, cujo preço para o consumidor é R$ 3,60. Uma nova embalagem com dez rolos de 50 m cada, de mesma largura, será lançada no mercado. O preço do produto na nova embalagem deve ser equivalente ao já produzido, mas, para incentivar as vendas, inicialmente o preço de venda terá um desconto de 10%.

Para que isso aconteça, o preço de venda da nova embalagem, em real, deve ser

A) 8,10.
B) 9,00.
C) 9,90.
D) 13,50.
E) 15,00.

resolução em vídeo

Questão 98 (Enem PPL 2013, questão 48 do caderno branco)

O trem de passageiros da Estrada de Ferro Vitória-Minas (EFVM), que circula diariamente entre a cidade de Cariacica, na Grande Vitória, e a capital mineira Belo Horizonte, está utilizando uma nova tecnologia de frenagem eletrônica. Com a tecnologia anterior, era preciso iniciar a frenagem cerca de 400 metros antes da estação. Atualmente, essa distância caiu para 250 metros, o que proporciona redução no tempo de viagem.

Considerando uma velocidade de 72 km/h, qual o módulo da diferença entre as acelerações de frenagem depois e antes da adoção dessa tecnologia?

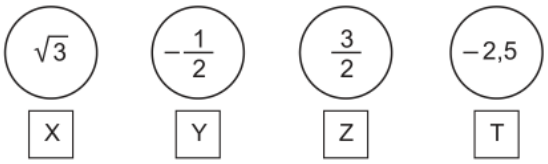
A) $0{,}08\ m/s^2$
B) $0{,}30\ m/s^2$
C) $1{,}10\ m/s^2$
D) $1{,}60\ m/s^2$
E) $3{,}90\ m/s^2$

resolução em vídeo

Questão 99 (Enem PPL 2013, questão 162 do caderno cinza)

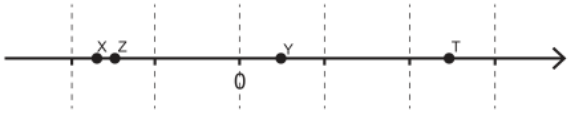
Em um jogo educativo, o tabuleiro é uma representação da reta numérica e o jogador deve posicionar as fichas contendo números reais corretamente no tabuleiro, cujas linhas pontilhadas equivalem a 1 (uma) unidade de medida. Cada acerto vale 10 pontos.

Na sua vez de jogar, Clara recebe as seguintes fichas:

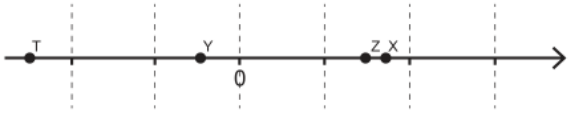


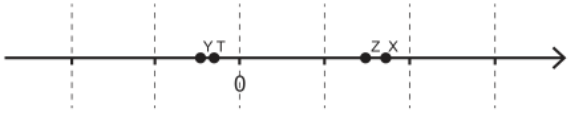
Para que Clara atinja 40 pontos nessa rodada, a figura que representa seu jogo, após a colocação das fichas no tabuleiro, é:

A)


B)


C)


D)


E)


resolução em vídeo

Questão 100 (Enem PPL 2013, questão 86 do caderno branco)

Mitocôndrias são organelas citoplasmáticas em que ocorrem etapas do processo de respiração celular. Nesse processo, moléculas orgânicas são transformadas e, juntamente com o O_2, são produzidos CO_2 e H_2O, liberando energia, que é armazenada na célula na forma de ATP.

Na espécie humana, o gameta masculino (espermatozoide) apresenta, em sua peça intermediária, um conjunto de mitocôndrias, cuja função é

A) facilitar a ruptura da membrana do ovócito.
B) acelerar sua maturação durante a espermatogênese.
C) localizar a tuba uterina para fecundação do gameta feminino.
D) aumentar a produção de hormônios sexuais masculinos.
E) fornecer energia para sua locomoção.

resolução em vídeo

Questão 101 (Enem PPL 2019, questão 106 do caderno azul)

Astrônomos medem a velocidade de afastamento de galáxias distantes pela detecção da luz emitida por esses sistemas. A Lei de Hubble afirma que a velocidade de afastamento de uma galáxia $\left(\text{em } \frac{km}{s}\right)$ é proporcional à sua distância até a Terra, medida em megaparsec (Mpc). Nessa lei, a constante de proporcionalidade é a constante de Hubble (H_0) e seu valor mais aceito é de $72\ \frac{(km/s)}{Mpc}$. O parsec (pc) é uma unidade de distância utilizada em astronomia que vale aproximadamente 3×10^{16} m. Observações astronômicas determinaram que a velocidade de afastamento de uma determinada galáxia é de $1\,440\ \frac{km}{s}$.

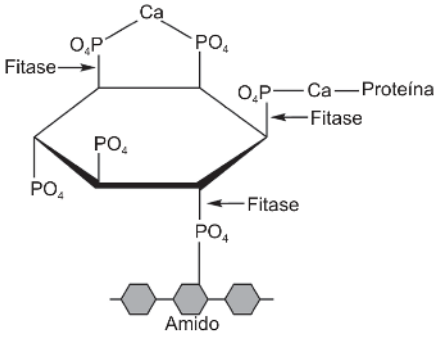
Utilizando a Lei de Hubble, pode-se concluir que a distância até essa galáxia, medida em km, é igual a:

A) 20×10^0
B) 20×10^6
C) 6×10^{20}
D) 6×10^{23}
E) 6×10^{26}

resolução em vídeo

Questão 102 (Enem PPL 2018, questão 95 do caderno azul)

O fitato, presente em diversos cereais, apresenta a propriedade de associar-se a alguns minerais, proteínas e carboidratos, formando complexos insolúveis e incapazes de serem digeridos por animais monogástricos. Por esse motivo, muitas rações ricas em cereais contêm, na sua formulação final, a enzima fitase como aditivo. O esquema de ação dessa enzima sobre o fitato está representado na figura.



ROMANO, F.; RUSSO, A. **Biocatalysis Research Progress**. Hauppauge (NY): Nova Science Publishers, 2008 (adaptado).

A adição de fitase nessas rações acarretará um aumento da

A eliminação de produtos nitrogenados.
B disponibilidade de nutrientes.
C desnaturação de proteínas.
D assimilação de fitato.
E absorção de amido.

resolução em vídeo

Questão 103 (Enem PPL 2021, questão 122 do caderno azul)

O consumo excessivo de sal de cozinha é responsável por várias doenças, entre elas a hipertensão arterial. O sal rosa é uma novidade culinária pelo seu baixo teor de sódio se comparado a de outros sais. Cada 1 g desse sal contém cerca de 230 mg de sódio contra os cerca de 400 mg de sódio encontrados nessa mesma quantidade de um sal de cozinha tradicional. Estima-se que no Brasil a dose diária de consumo de sal de cozinha seja de 12 g, e a dose máxima recomendada é de menos de 5 g por dia. Considere a massa molar do sódio igual a 23 g/mol.

MILL, J. G. et al. Estimativa do consumo de sal pela população brasileira: resultado da Pesquisa Nacional de Saúde 2013. **Rev. Bras. Epidemiol.**, n. 22, 2019 (adaptado).

Considerando-se a dose estimada de consumo de sal de cozinha no Brasil, em 30 dias um indivíduo que substituir o sal de cozinha tradicional pelo sal rosa promove uma redução na quantidade de sódio ingerida, em mol, mais próxima de

A 1,1.
B 2,7.
C 3,6.
D 6,3.
E 9,9.

resolução em vídeo

Semana 3



De pé, envolto no manto, um frade lê o pequeno livro aberto nas mãos: a atenção inteira numa página.
Eliseu Visconti, *A leitura* (1891). Domínio público.

- **Física**
  - Queda livre, lançamentos e movimento circular
- **Química**
  - Ligações químicas e geometria molecular
- **Biologia**
  - Metabolismo energético: respiração e fermentação

Tempo estimado: cerca de 11 h (teoria 3 h, questões 2 h, simulado 5,5 h), ou cerca de 1,8 h por dia em 6 dias.

Queda livre, lançamentos e movimento circular

Física

Antes de ler: tente responder

1. Uma pedra e uma bolinha de papel bem amassada são soltas juntas de 2 m de altura. Sem ar, qual chega primeiro?
2. No ponto mais alto de um lançamento vertical, a velocidade é zero. E a aceleração?
3. Duas engrenagens estão encaixadas: uma tem 10 dentes e a outra, 30. Se a pequena dá 3 voltas, quantas a grande dá?

Respostas no Gabarito, na página 325. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Queda livre

Cores deste capítulo: **azul** = velocidade (e movimento uniforme na horizontal); **roxo** = aceleração (e o movimento acelerado na vertical); **verde** = resultado.

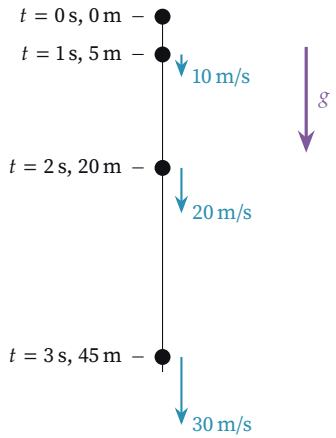
Por quase dois mil anos se aceitou a ideia de Aristóteles: corpos mais pesados caem mais depressa. Ela parece confirmada pelo dia a dia (uma pedra cai antes de uma pena), mas é falsa. Galileu, no início do século XVII, mostrou com planos inclinados que a queda é um movimento uniformemente acelerado e que, *sem a interferência do ar*, a aceleração é a mesma para todos os corpos. Num tubo de vidro do qual se retira o ar, uma pena e uma moeda caem lado a lado; na Lua, que não tem atmosfera, o astronauta David Scott soltou um martelo e uma pena em 1971, e os dois chegaram juntos ao chão.

Queda livre é o movimento de um corpo sob a ação exclusiva da gravidade. Perto da superfície da Terra, a **aceleração da gravidade** vale cerca de $g = 9{,}8\ \text{m/s}^2$ (varia pouco: de cerca de 9,78 no equador a 9,83 nos polos, e diminui com a altitude). Nas contas usa-se $g \approx 10\ \text{m/s}^2$: a velocidade de um corpo em queda livre aumenta cerca de 10 m/s a cada segundo. A queda livre é, portanto, um MUV com $a = g$. Orientando o eixo para baixo e partindo do repouso:

$$v = g\,t \qquad h = \frac{g\,t^2}{2} \qquad v^2 = 2\,g\,h$$

as equações do MUV com $v_0 = 0$ e $a = g$; h é a altura já caída

Exemplo. Uma pedra solta do alto de um prédio cai, em 2 s, $h = \frac{10 \cdot 2^2}{2} = \mathbf{20\ m}$ e chega a $v = 10 \cdot 2 = \mathbf{20\ m/s}$ (72 km/h). Se a altura é dada e o tempo é pedido, $t = \sqrt{2h/g}$: de 45 m, $t = \sqrt{9} = 3$ s.
A figura ao lado é como uma **foto estroboscópica**: a posição da pedra a cada segundo. Os espaços entre as fotos crescem (5, 15, 25 m: os ímpares 1, 3, 5 vezes 5 m), porque a pedra está cada vez mais rápida. As setas azuis (velocidade) crescem por igual a cada segundo; a seta roxa (aceleração) é sempre a mesma.



O papel do ar e a velocidade limite. No ar, além do peso, age a **resistência do ar**, uma força contrária ao movimento que cresce com a velocidade e com a área do corpo voltada para o movimento. No início da queda ela é pequena e o corpo acelera quase como em queda livre; à medida que a velocidade aumenta, a resistência cresce, a aceleração diminui, e o corpo se aproxima de uma **velocidade limite**, constante, em que a resistência equilibra o peso. Um paraquedista de barriga para baixo chega a uns 200 km/h; com o paraquedas aberto, que multiplica a área, a velocidade limite cai para uns 5 m/s.

É a resistência do ar, e não o peso, que explica por que uma folha de papel esticada cai devagar e a mesma folha amassada cai depressa: massa e peso são os mesmos, a área exposta ao ar é que muda. O modelo de queda livre vale, portanto, quando a resistência do ar é desprezível: corpos compactos, densos, caindo de alturas pequenas.

Lançamento vertical

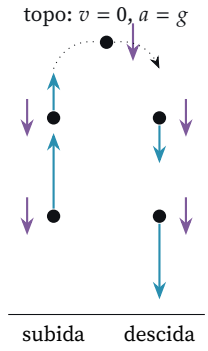
No **lançamento vertical para cima** com velocidade v_0, a única aceleração (sem ar) continua sendo g, para baixo. Orientando o eixo para cima, $a = -g$:

$$v = v_0 - g\,t \qquad h = v_0\,t - \frac{g\,t^2}{2} \qquad v^2 = v_0^2 - 2\,g\,h.$$

O corpo perde g de velocidade a cada segundo até parar no ponto mais alto e, depois, cai ganhando g a cada segundo. No topo, $v = 0$, mas a aceleração continua sendo g para baixo: se ela fosse zero ali, o corpo ficaria parado no ar. Com $v = 0$ nas equações acima:

$$t_{\text{subida}} = \frac{v_0}{g} \qquad h_{\text{máx}} = \frac{v_0^2}{2\,g}$$

da função da velocidade e de Torricelli, com $v = 0$ no topo



azul: velocidade; roxo: aceleração, sempre g para baixo (subida e descida desenhadas lado a lado)

Exemplo. Uma bola lançada para cima a 20 m/s ($g = 10\,\text{m/s}^2$):

t (s)	0	1	2	3	4
altura $h = 20t - 5t^2$ (m)	0	15	20	15	0
velocidade $v = 20 - 10t$ (m/s)	+20	+10	0	−10	−20

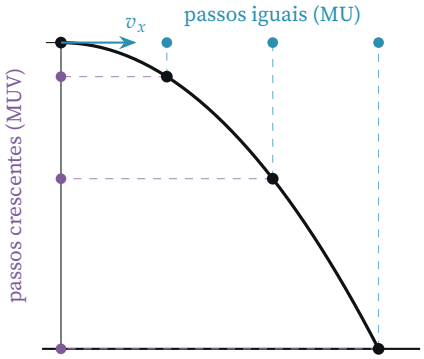
A tabela mostra a **simetria** do movimento (sem ar): o tempo de subida (2 s) é igual ao de descida; em cada altura abaixo do ponto mais alto o corpo passa duas vezes, com a mesma rapidez e sentidos opostos; e volta ao ponto de partida com a mesma rapidez com que saiu. O tempo total no ar é $2v_0/g = 4$ s. O sinal negativo da velocidade indica apenas que o corpo desce.

Lançamento horizontal

Um corpo lançado na horizontal (uma bola que rola para fora de uma mesa, um pacote solto de um avião) tem velocidade inicial horizontal e cai ao mesmo tempo. Para analisar esse movimento usamos o **princípio da independência dos movimentos** (Galileu): os movimentos em direções perpendiculares acontecem ao mesmo tempo, mas um não altera o outro. Então:

- **na horizontal**, nenhuma força age (sem ar): movimento uniforme, $x = v_x\,t$;
- **na vertical**, só a gravidade: queda livre, $y = g\,t^2/2$ (medida para baixo, a partir do ponto de lançamento).

Eliminando t entre $x = v_x t$ e $y = gt^2/2$, obtém-se $y = \dfrac{g}{2v_x^2}\,x^2$: a trajetória é um arco de **parábola**.



A figura mostra o corpo a cada segundo. A "sombra" dele no alto (azul) anda passos iguais; a "sombra" na parede (roxo) cai exatamente como numa queda livre.

Consequência: o **tempo de queda** de uma altura h é o de uma queda livre da mesma altura, $t = \sqrt{2h/g}$, *qualquer que seja* v_x. O **alcance** é $x = v_x\, t$.

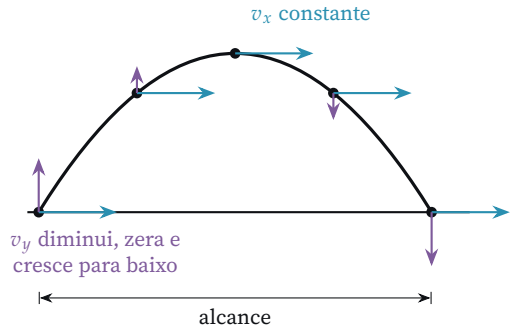
Exemplo. Uma bola sai horizontalmente de uma mesa de 0,8 m de altura a 3 m/s. Tempo de queda: $t = \sqrt{2 \cdot 0{,}8/10} = \sqrt{0{,}16} = 0{,}4$ s. Alcance: $x = 3 \cdot 0{,}4 = \mathbf{1{,}2\ m}$. Ao chegar ao chão, a velocidade tem componente horizontal 3 m/s e vertical $10 \cdot 0{,}4 = 4$ m/s; pelo teorema de Pitágoras, o módulo é $\sqrt{3^2 + 4^2} = \mathbf{5\ m/s}$, inclinada para baixo. Uma segunda bola, simplesmente solta da borda da mesma mesa no mesmo instante, chega ao chão junto com a primeira.

Lançamento oblíquo

Quando a velocidade inicial v_0 faz um ângulo θ com a horizontal (um chute, um jato de água, um projétil), decompomos a velocidade em duas componentes perpendiculares:

$$v_x = v_0 \cos\theta \qquad v_{0y} = v_0 \operatorname{sen}\theta.$$

A componente horizontal fica **constante**; a vertical se comporta como num lançamento vertical, diminuindo g a cada segundo até zero no ponto mais alto, e depois crescendo para baixo. No ponto mais alto a velocidade *não* é zero: é horizontal, igual a v_x.



Do lançamento vertical, com v_{0y} no lugar de v_0, saem o tempo de subida e a altura máxima; o alcance, para lançamento e chegada *no mesmo nível*, é v_x vezes o tempo total $2t_{\text{subida}}$:

$$t_{\text{subida}} = \frac{v_0 \operatorname{sen}\theta}{g} \qquad H = \frac{(v_0 \operatorname{sen}\theta)^2}{2g} \qquad A = \frac{v_0^2 \operatorname{sen}(2\theta)}{g}$$

$A = v_0 \cos\theta \cdot \dfrac{2v_0 \operatorname{sen}\theta}{g}$ e $2 \operatorname{sen}\theta \cos\theta = \operatorname{sen} 2\theta$; a fórmula do alcance só vale com saída e chegada na mesma altura

Exemplo (o da figura). $v_0 = 20$ m/s a $\theta = 30°$: $v_x = 20 \cos 30° \approx 17{,}3$ m/s e $v_{0y} = 20 \operatorname{sen} 30° = 10$ m/s. Sobe por $10/10 = 1$ s até $H = 10^2/20 = \mathbf{5\ m}$, fica 2 s no ar e alcança $A = 17{,}3 \cdot 2 \approx \mathbf{34{,}6\ m}$.

Como $\operatorname{sen} 2\theta$ é máximo para $2\theta = 90°$, o **alcance máximo** (mesmo nível, sem ar) ocorre a 45°. Ângulos complementares, como 30° e 60°, dão o mesmo alcance, porque $\operatorname{sen} 60° = \operatorname{sen} 120°$; o de 60° sobe mais e fica mais tempo no ar. Se o alvo está mais alto ou mais baixo que o ponto de lançamento, não se usa a fórmula de A: escreve-se $x(t)$ e $y(t)$ e impõe-se a posição do alvo. Na prática, a resistência do ar encurta bastante o alcance de bolas e projéteis rápidos, e a trajetória real deixa de ser simétrica.

Movimento circular: grandezas angulares

No movimento circular, além da posição sobre a curva, interessa o **ângulo** varrido. Em Física os ângulos se medem em **radianos**: um ângulo central vale, em radianos, o comprimento do arco dividido pelo raio, $\varphi = \text{arco}/R$. Uma volta inteira tem arco $2\pi R$, logo vale 2π rad (= 360°).

O tempo de uma volta é o **período** T (em s). O número de voltas por unidade de tempo é a **frequência** $f = 1/T$, em hertz (Hz = voltas por segundo) ou em rpm (rotações por minuto; 60 rpm = 1 Hz). A **velocidade angular** ω é o ângulo varrido por unidade de tempo; numa volta, 2π em T:

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f \quad \text{(rad/s)}.$$

Em uma volta, um ponto a uma distância R do centro percorre $2\pi R$ no tempo T; a sua **velocidade linear** (ou tangencial) é:

$$v = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R f = \omega R$$

todos os pontos de um corpo rígido que gira têm o mesmo ω; a velocidade linear cresce com a distância ao eixo

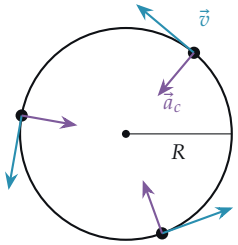
Exemplo. A Terra gira uma vez a cada 24 h. Um ponto do equador, a $R \approx 6\,400$ km do eixo, tem $v = \dfrac{2\pi \cdot 6\,400}{24} \approx$ **1 700 km/h** (cerca de 465 m/s). Um ponto perto do polo, quase sobre o eixo, quase não se desloca, embora tenha o mesmo ω e o mesmo período.

Movimento circular uniforme e aceleração centrípeta

No **movimento circular uniforme** (MCU) o módulo da velocidade é constante: o corpo percorre arcos iguais em tempos iguais, e o movimento é periódico. Mas a velocidade é um vetor, sempre *tangente* à trajetória, e sua *direção* muda o tempo todo. Mudar a velocidade, em módulo ou em direção, é ter aceleração. No MCU essa aceleração aponta para o centro da curva: é a **aceleração centrípeta**.

$$a_c = \frac{v^2}{R} = \omega^2 R$$

quanto maior a velocidade e menor o raio, mais depressa a direção da velocidade precisa mudar



$\vec{v}$ tangente à curva; $\vec{a}_c$ para o centro

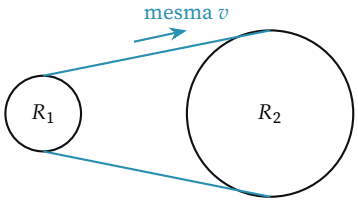
A aceleração centrípeta é perpendicular à velocidade, por isso muda só a direção, não o módulo. A componente da aceleração que mudaria o módulo, a **aceleração tangencial** (paralela à velocidade), é *nula* no MCU. Num movimento circular em que a rapidez também varia (um carro que freia na curva), as duas componentes existem: a tangencial muda o módulo e a centrípeta muda a direção.

Exemplo. Um carro a 20 m/s (72 km/h) numa curva de raio 100 m: $a_c = \dfrac{20^2}{100} =$ **4 m/s²**. Ao projetar estradas e ferrovias, impõe-se uma aceleração centrípeta máxima (por segurança ou conforto), e o raio mínimo da curva é $R = v^2/a_c$. Como v aparece ao quadrado, dobrar a velocidade de projeto exige curvas de raio quatro vezes maior.

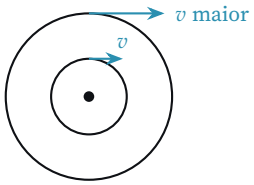
Giros em torno do mesmo centro. Corpos que giram em torno do mesmo eixo se comparam pela velocidade angular. Um **satélite geoestacionário** gira no mesmo sentido da Terra e com o mesmo período (cerca de 24 h), de modo que fica sempre sobre o mesmo ponto do equador. Um objeto que gire no mesmo sentido com ω maior que o da Terra se adianta (visto do chão, desloca-se para leste); se gira mais devagar ou no sentido oposto, fica para trás (desloca-se para oeste).

Transmissão de movimento circular

Polias, correias, correntes e engrenagens transmitem rotação de um eixo para outro, mudando a frequência. Duas regras resolvem esses sistemas:



correia ou engrenagens encaixadas:
$v_1 = v_2 \Rightarrow f_1 R_1 = f_2 R_2$



mesmo eixo:
$f_1 = f_2$ (a borda maior é mais rápida)

- **Ligadas por correia (ou corrente), ou engrenagens encaixadas:** a correia não escorrega e não estica, então todos os pontos dela, e as bordas das duas polias, andam com a mesma velocidade linear: $v_1 = v_2$. Como $v = 2\pi R f$, vem $f_1 R_1 = f_2 R_2$: *a menor gira mais rápido*, e os sentidos de rotação são iguais (correia aberta). Engrenagens encaixadas giram em sentidos opostos e, como os dentes têm o mesmo tamanho, o raio é proporcional ao número de dentes: $f_1 N_1 = f_2 N_2$.
- **Mesmo eixo (coaxiais):** as peças dão as mesmas voltas no mesmo tempo, então têm a mesma frequência e o mesmo ω; a borda de raio maior tem velocidade linear maior.

Exemplo. Uma polia de raio 10 cm a 30 rpm move, por correia, uma de 30 cm: $f_2 = \dfrac{30 \cdot 10}{30} = \mathbf{10\ rpm}$. A transmissão que liga uma polia pequena a uma grande *reduz* a frequência; ao contrário, *multiplica*.

Exemplo (bicicleta). A coroa (dos pedais) tem 48 dentes e a catraca (da roda traseira), 16; a corrente liga as duas. A cada pedalada completa passam 48 dentes pela corrente, e a catraca dá $48/16 = 3$ voltas. A catraca está no mesmo eixo da roda, que também dá 3 voltas. Com roda de raio 0,35 m, a bicicleta avança $3 \cdot 2\pi \cdot 0{,}35 \approx \mathbf{6{,}6\ m}$ por pedalada. Uma catraca maior (marcha "leve") dá menos voltas por pedalada: a bicicleta anda menos, mas exige menos força, o que ajuda nas subidas.

Por que funciona Por que todos os corpos caem com a mesma aceleração? O peso é proporcional à massa ($P = m\,g$), e a "resistência" do corpo a mudar de velocidade (a inércia) também. Um corpo com o dobro da massa é puxado com o dobro da força, mas precisa do dobro da força para acelerar igual. As duas coisas se compensam, e sobra $a = g$ para todos.

Armadilha Atribuir ao peso ou à massa a diferença no tempo de queda. Uma folha esticada e a mesma folha amassada têm o mesmo peso e a mesma massa e caem de modo diferente: quem muda é a resistência do ar.

Armadilha Dizer que no ponto mais alto a aceleração é zero, ou que aponta para cima. Só a velocidade é zero; a aceleração continua sendo g, para baixo, durante todo o voo.

Armadilha Esquecer o 2 de Torricelli: $h_{máx} = v_0^2/(2g)$, e não v_0^2/g. Com $v_0^2 = 45\ m^2/s^2$, a altura é 2,25 m, e não 4,5 m.

Armadilha A "física de desenho animado": o corpo segue reto na horizontal e só depois cai na vertical. Desde o instante em que perde o apoio, ele cai e avança ao mesmo tempo, descrevendo uma parábola.

Armadilha Confundir aceleração tangencial com centrípeta. No MCU, a aceleração tangencial é *nula*; o que aponta para o centro é a centrípeta, que muda só a direção da velocidade.

Armadilha Esquecer o quadrado em $a_c = v^2/R$. Com $v \approx 79$ m/s e $a_c = 1\,\text{m/s}^2$, o raio mínimo é $79^2/1 \approx 6\,200$ m, e não 80 m.

Armadilha Trocar as regras de transmissão: dizer que polias ligadas por correia têm a mesma frequência, ou que a engrenagem maior gira mais depressa. Na correia ou no encaixe, o que se repete é a velocidade linear (e a maior gira mais devagar); no mesmo eixo, é a frequência.

Exemplo resolvido

Questão 104 (Enem 2022, questão 100 do caderno azul)

Em um dia de calor intenso, dois colegas estão a brincar com a água da mangueira. Um deles quer saber até que altura o jato de água alcança, a partir da saída de água, quando a mangueira está posicionada totalmente na direção vertical. O outro colega propõe então o seguinte experimento: eles posicionarem a saída de água da mangueira na direção horizontal, a 1 m de altura em relação ao chão, e então medirem a distância horizontal entre a mangueira e o local onde a água atinge o chão. A medida dessa distância foi de 3 m, e a partir disso eles calcularam o alcance vertical do jato de água. Considere a aceleração da gravidade de 10 m s^{-2}.
O resultado que eles obtiveram foi de

resolução em vídeo

A) 1,50 m. B) 2,25 m. C) 4,00 m. D) 4,50 m. E) 5,00 m.

Resolução

Ideia-chave: o jato horizontal revela a velocidade da água; com essa velocidade, a altura do jato vertical sai de Torricelli.

Vertical do jato horizontal (queda livre de 1 m): $t = \sqrt{\dfrac{2h}{g}} = \sqrt{\dfrac{2 \cdot 1}{10}} = \sqrt{0{,}2}\,\text{s}$.

Horizontal (MU): a água anda 3 m nesse tempo, então $v = \dfrac{3}{\sqrt{0{,}2}}$ e $v^2 = \dfrac{9}{0{,}2} = 45\,\text{m}^2/\text{s}^2$.

Jato vertical com a mesma velocidade: $h_{\text{máx}} = \dfrac{v^2}{2g} = \dfrac{45}{20} = \mathbf{2{,}25\,m}$. **Alternativa B.**

Atalho: não é preciso tirar a raiz. Trabalhar com v^2 evita a conta $\sqrt{0{,}2}$.

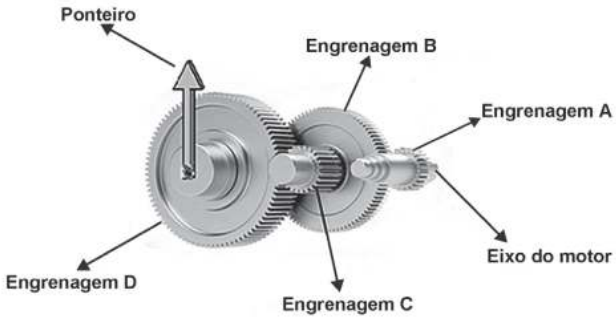
No ENEM, acertaram esta questão 32% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 105 (Enem 2016, questão 66 do caderno azul)

A invenção e o acoplamento entre engrenagens revolucionaram a ciência na época e propiciaram a invenção de várias tecnologias, como os relógios. Ao construir um pequeno cronômetro, um relojoeiro usa o sistema de engrenagens mostrado. De acordo com a figura, um motor é ligado ao eixo e movimenta as engrenagens fazendo o ponteiro girar. A frequência do motor é de 18 RPM, e o número de dentes das engrenagens está apresentado no quadro.

Engrenagem	Dentes
A	24
B	72
C	36
D	108



A frequência de giro do ponteiro, em RPM, é

A) 1.
B) 2.
C) 4.
D) 81.
E) 162.

resolução em vídeo

Ideia-chave: engrenagens encaixadas têm a mesma velocidade na borda, então $f \cdot N$ (frequência × dentes) se conserva; no mesmo eixo, a frequência é a mesma.

A (24 dentes, 18 rpm) encaixa em B (72 dentes): $f_B = \dfrac{18 \cdot 24}{72} =$ _____ rpm.

C está no mesmo eixo de B: $f_C =$ _____ rpm.

C (36 dentes) encaixa em D (108 dentes), que leva o ponteiro: $f_D = \dfrac{f_C \cdot 36}{108} =$ _____ rpm.

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 325.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 325.

Questão 106 (Enem 2021, questão 100 do caderno azul)

No seu estudo sobre a queda dos corpos, Aristóteles afirmava que se abandonarmos corpos leves e pesados de uma mesma altura, o mais pesado chegaria mais rápido ao solo. Essa ideia está apoiada em algo que é difícil de refutar, a observação direta da realidade baseada no senso comum.
Após uma aula de física, dois colegas estavam discutindo sobre a queda dos corpos, e um tenta convencer o outro de que tinha razão:
Colega A: "O corpo mais pesado cai mais rápido que um menos pesado, quando largado de uma mesma altura. Eu provo, largando uma pedra e uma rolha. A pedra chega antes. Pronto! Tá provado!".
Colega B: "Eu não acho! Peguei uma folha de papel esticado e deixei cair. Quando amassei, ela caiu mais rápido. Como isso é possível? Se era a mesma folha de papel, deveria cair do mesmo jeito. Tem que ter outra explicação!".
O aspecto físico comum que explica a diferença de comportamento dos corpos em queda nessa discussão é o(a)

resolução em vídeo

A) peso dos corpos.
B) resistência do ar.
C) massa dos corpos.
D) densidade dos corpos.
E) aceleração da gravidade.

Questão 107 (Enem 2019, questão 109 do caderno azul)

Na madrugada de 11 de março de 1978, partes de um foguete soviético reentraram na atmosfera acima da cidade do Rio de Janeiro e caíram no Oceano Atlântico. Foi um belo espetáculo, os inúmeros fragmentos entrando em ignição devido ao atrito com a atmosfera brilharam intensamente, enquanto "cortavam o céu". Mas se a reentrada tivesse acontecido alguns minutos depois, teríamos uma tragédia, pois a queda seria na área urbana do Rio de Janeiro e não no oceano.
De acordo com os fatos relatados, a velocidade angular do foguete em relação à Terra no ponto de reentrada era

A) igual à da Terra e no mesmo sentido.
B) superior à da Terra e no mesmo sentido.
C) inferior à da Terra e no sentido oposto.
D) igual à da Terra e no sentido oposto.
E) superior à da Terra e no sentido oposto.

resolução em vídeo

Questão 108 (Enem 2023, questão 100 do caderno azul)

Um professor lança uma esfera verticalmente para cima, a qual retorna, depois de alguns segundos, ao ponto de lançamento. Em seguida, lista em um quadro todas as possibilidades para as grandezas cinemáticas.
Ele solicita aos alunos que analisem as grandezas cinemáticas no instante em que a esfera atinge a altura máxima, escolhendo uma combinação para os módulos e sentidos da velocidade e da aceleração.

Grandeza cinemática	Módulo	Sentido
Velocidade	$v \neq 0$	Para cima
		Para baixo
	$v = 0$	Indefinido*
Aceleração	$a \neq 0$	Para cima
		Para baixo
	$a = 0$	Indefinido*

A escolha que corresponde à combinação correta é

A) $v = 0$ e $a \neq 0$ para cima.

B) $v \neq 0$ para cima e $a = 0$.

C) $v = 0$ e $a \neq 0$ para baixo.

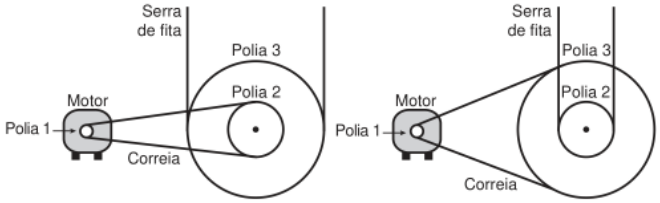
D) $v \neq 0$ para cima e $a \neq 0$ para cima.

E) $v \neq 0$ para baixo e $a \neq 0$ para baixo.

resolução em vídeo

Questão 109 (Enem 2013, questão 66 do caderno azul)

Para serrar ossos e carnes congeladas, um açougueiro utiliza uma serra de fita que possui três polias e um motor. O equipamento pode ser montado de duas formas diferentes, P e Q. Por questão de segurança, é necessário que a serra possua menor velocidade linear.



Por qual montagem o açougueiro deve optar e qual a justificativa desta opção?

A Q, pois as polias 1 e 3 giram com velocidades lineares iguais em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.

B Q, pois as polias 1 e 3 giram com frequências iguais e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.

C P, pois as polias 2 e 3 giram com frequências diferentes e a que tiver maior raio terá menor velocidade linear em um ponto periférico.

D P, pois as polias 1 e 2 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver menor raio terá maior frequência.

E Q, pois as polias 2 e 3 giram com diferentes velocidades lineares em pontos periféricos e a que tiver maior raio terá menor frequência.

resolução em vídeo

Questão 110 (Enem 2014, questão 82 do caderno azul)

Um professor utiliza essa história em quadrinhos para discutir com os estudantes o movimento de satélites. Nesse sentido, pede a eles que analisem o movimento do coelhinho, considerando o módulo da velocidade constante.



SOUSA, M. **Cebolinha**, n. 240, jun. 2006.

Desprezando a existência de forças dissipativas, o vetor aceleração tangencial do coelhinho, no terceiro quadrinho, é

A) nulo.
B) paralelo à sua velocidade linear e no mesmo sentido.
C) paralelo à sua velocidade linear e no sentido oposto.
D) perpendicular à sua velocidade linear e dirigido para o centro da Terra.
E) perpendicular à sua velocidade linear e dirigido para fora da superfície da Terra.

resolução em vídeo

Questão 111 (Enem 2009, questão 17 do caderno azul)

O Brasil pode se transformar no primeiro país das Américas a entrar no seleto grupo das nações que dispõem de trens-bala. O Ministério dos Transportes prevê o lançamento do edital de licitação internacional para a construção da ferrovia de alta velocidade Rio-São Paulo. A viagem ligará os

403 quilômetros entre a Central do Brasil, no Rio, e a Estação da Luz, no centro da capital paulista, em uma hora e 25 minutos.
Disponível em: http://oglobo.globo.com. Acesso em: 14 jul. 2009.
Devido à alta velocidade, um dos problemas a ser enfrentado na escolha do trajeto que será percorrido pelo trem é o dimensionamento das curvas. Considerando-se que uma aceleração lateral confortável para os passageiros e segura para o trem seja de 0,1 g, em que g é a aceleração da gravidade (considerada igual a 10 m/s^2), e que a velocidade do trem se mantenha constante em todo o percurso,
seria correto prever que as curvas existentes no trajeto deveriam ter raio de curvatura mínimo de, aproximadamente,

resolução em vídeo

A) 80 m. B) 430 m. C) 800 m. D) 1.600 m. E) 6.400 m.

Ligações químicas e geometria molecular

Química

Antes de ler: tente responder

1. O sal de cozinha, NaCl, é formado por ligação iônica ou covalente? E a água, H_2O?
2. Entre K^+ e Fe^{2+}, qual forma com o oxigênio uma ligação mais iônica? (Eletronegatividades: K = 0,8; Fe = 1,8; O = 3,4.)
3. Quantos elétrons de valência tem um átomo de flúor (grupo 17)?

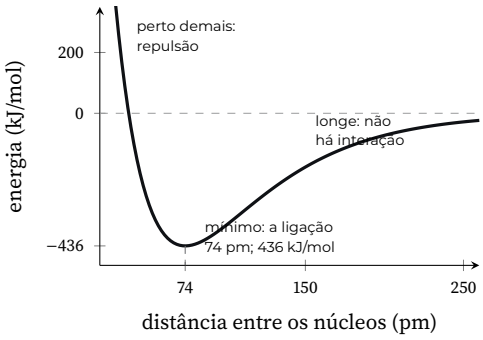
Respostas no Gabarito, na página 325. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

Cores deste capítulo: **elétrons de ligação** (compartilhados ou transferidos), **pares isolados** (não ligantes) e **eletronegatividade**.

1. Por que os átomos se ligam

Uma **ligação química** é a união estável entre átomos. Ela se forma porque o conjunto ligado tem **menos energia** que os átomos separados. O gráfico mostra a energia de dois átomos de hidrogênio em função da distância entre os núcleos:



Leia o gráfico da direita para a esquerda. Longe, os átomos não interagem (energia zero). Ao se aproximarem, cada núcleo atrai os elétrons do outro e a energia cai. Perto demais, a repulsão entre os núcleos domina e a energia sobe. O ponto mais baixo é a ligação: **comprimento de ligação** (74 pm, no H_2) e **energia de ligação** (436 kJ/mol, a energia necessária para separar os átomos).

Regra do octeto. Os gases nobres são quase inertes e têm 8 elétrons na camada de valência (o hélio, 2). Observou-se que, em muitos compostos, os átomos ficam com essa mesma configuração, ganhando, perdendo ou compartilhando elétrons: é a **regra do octeto**. O hidrogênio fica com 2 elétrons, como o hélio.

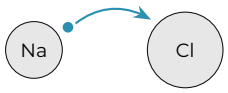
Exemplo. O sódio (grupo 1) tem 1 elétron de valência; o cloro (grupo 17), 7. Se o sódio entrega o seu elétron ao cloro, os dois ficam com 8 na camada de valência: Na^+ (como o neônio) e Cl^- (como o argônio).

Limites da regra. O octeto é uma regra prática, não uma lei. Ele não se cumpre:

- com **octeto incompleto**: berílio no $BeCl_2$ (4 elétrons), boro no BF_3 (6);
- com **octeto expandido**: átomos do 3.º período em diante podem ter mais de 8, como fósforo no PCl_5 (10), enxofre no SF_6 (12) e xenônio nos fluoretos de xenônio;
- em espécies com **número ímpar de elétrons**, como o NO_2 e o NO: algum átomo fica sem octeto.

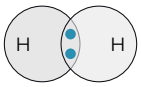
2. Eletronegatividade e os três tipos de ligação

O tipo de ligação depende de uma disputa pelos elétrons. A **eletronegatividade** (χ) mede a força com que um átomo atrai os elétrons de uma ligação. Ela cresce para cima e para a direita na tabela periódica. Valores na escala de Pauling: F 3,98; O 3,44; Cl 3,16; N 3,04; C 2,55; H 2,20; Fe 1,83; Mg 1,31; Ca 1,00; Na 0,93; K 0,82.



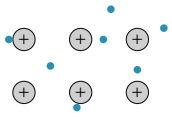
Na^+ Cl^-

iônica: um átomo *toma* o elétron do outro



H_2: H:H = H–H

covalente: os dois *compartilham* um par



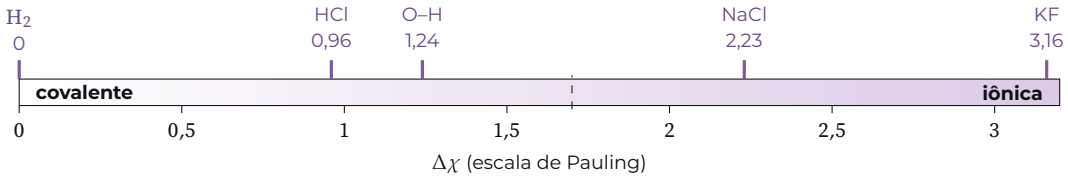
metálica: cátions num "mar" de elétrons livres

- Átomos de eletronegatividades **muito diferentes** (em geral, metal + não metal): o mais eletronegativo toma elétrons do outro. Formam-se íons, e a ligação é **iônica.**
- Átomos de eletronegatividades **altas e parecidas** (não metal + não metal, ou não metal + hidrogênio): nenhum consegue tomar elétrons do outro, e eles os **compartilham.** A ligação é **covalente.**
- Átomos de eletronegatividades **baixas** (metal + metal): todos cedem elétrons para um "mar" comum. A ligação é **metálica.**

Entre iônica e covalente não há fronteira rígida. Se os dois átomos são iguais (H_2, Cl_2), o par fica exatamente no meio: covalente **apolar.** Se são diferentes, o par se desloca para o mais eletronegativo: covalente **polar.** Quanto maior a diferença, maior o **caráter iônico.**

$$\Delta\chi = |\chi_A - \chi_B| \uparrow \implies \text{caráter iônico} \uparrow$$

referência prática: acima de cerca de 1,7, predomina o caráter iônico



Exemplo. Em HCl, $\Delta\chi = 3{,}16 - 2{,}20 = 0{,}96$: covalente polar, com o par mais perto do Cl. Em NaCl, $\Delta\chi = 3{,}16 - 0{,}93 = 2{,}23$: iônica. Comparando ligações com um mesmo parceiro, a mais iônica é a do átomo que mais difere dele: com o oxigênio, K–O (3,44 – 0,82 = 2,62) é mais iônica que Mg–O (2,13). A carga do íon não entra nesse critério.

3. Ligação iônica

Na ligação iônica, um átomo de baixa energia de ionização (metal) transfere elétrons para um de alta eletronegatividade (não metal). Os íons de cargas opostas se atraem em todas as direções e se empilham num **retículo cristalino**: não há moléculas, e a fórmula (NaCl, MgO, $CaCl_2$) dá só a proporção entre os íons, que deixa o conjunto neutro.

Exemplo. Magnésio (grupo 2, 2 elétrons de valência) e oxigênio (grupo 16, 6): o Mg cede 2 elétrons e o O recebe 2, formando Mg^{2+} e O^{2-}, na proporção 1:1: MgO. O Mg^{2+} fica com a configuração do neônio, e o O^{2-}, com 8 elétrons na camada de valência, também.

Propriedades dos compostos iônicos, todas consequência da atração forte entre íons:

- são sólidos à temperatura ambiente, com pontos de fusão altos (NaCl: 801 °C);
- são duros, mas **quebradiços:** um golpe desloca uma camada de íons, cargas iguais ficam frente a frente e se repelem, e o cristal se parte;
- **não conduzem** corrente no estado sólido (os íons estão presos), mas **conduzem** quando fundidos ou dissolvidos em água, porque os íons ficam livres para se mover;
- muitos se dissolvem em água, embora nem todos (o carbonato de cálcio do calcário é pouco solúvel).

4. Ligação covalente

Na ligação covalente, dois átomos compartilham um **par de elétrons**, um elétron vindo de cada um. O par fica entre os núcleos e é atraído pelos dois, o que os mantém unidos. Um par compartilhado é uma ligação **simples** (–); dois pares, uma **dupla** (=); três pares, uma **tripla** (≡). Quanto mais pares, mais curta e mais forte a ligação:

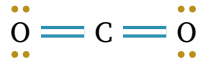
Ligação	C–C	C=C	C≡C
comprimento (pm)	154	134	120
energia (kJ/mol)	348	614	839

Fórmulas de Lewis. Mostram os elétrons de valência: cada par compartilhado vira um traço e os elétrons que sobram ficam como pares isolados. Para montar:

1. conte os elétrons de valência de cada átomo: nos grupos 1 e 2, é o número do grupo; nos grupos 13 a 18, o número do grupo menos 10 (O, grupo 16: 6 elétrons);
2. ligue os átomos: cada ligação usa um elétron de cada lado. Em geral, o átomo central é o que faz mais ligações (e nunca o H);
3. os elétrons que não entraram em ligação formam os pares isolados;
4. confira: em volta de cada átomo, conte *os elétrons das ligações e os dos pares isolados*.



H_2O: 2 ligações + 2 pares isolados
no O: $2 \cdot 2 + 2 \cdot 2 = 8$ elétrons



CO_2: O=C=O, duas duplas

Exemplo 1. Na água, o oxigênio tem 6 elétrons de valência e cada H tem 1. O O faz uma ligação simples com cada H, usando 2 dos seus 6 elétrons; sobram 4, em 2 pares isolados. Em volta do O: 2 pares ligantes + 2 isolados = 8 elétrons. Cada H fica com 2.
Exemplo 2. No CO_2, o carbono (4 elétrons de valência) precisa de 4 ligações e cada O (6) precisa de 2: O=C=O. O carbono fica com 8 elétrons, todos ligantes; cada O, com 4 ligantes e 2 pares isolados.
Exemplo 3. No N_2, cada N (5 elétrons) precisa de 3: N≡N, com um par isolado em cada N. A tripla é muito forte (945 kJ/mol): por isso o N_2 do ar é tão pouco reativo.

Ligação coordenada (dativa). Às vezes os dois elétrons do par compartilhado vêm do mesmo átomo, que usa um par isolado. No íon amônio, NH_4^+, o par isolado do N da amônia se liga a um H^+; no íon hidrônio, H_3O^+, o mesmo acontece com um par do oxigênio da água. Depois de formada, a ligação dativa é igual às outras.

Substâncias moleculares e covalentes de rede. Em geral, a ligação covalente forma **moléculas**, grupos com número definido de átomos (H_2O, CO_2, CH_4). As moléculas se atraem pouco umas às outras, e por isso muitas substâncias moleculares são gases ou líquidos e têm pontos de fusão e ebulição baixos (próximo capítulo). Algumas substâncias, porém, formam uma **rede covalente** gigante, sem moléculas separadas: diamante, grafita e areia (SiO_2). Para fundi-las é preciso romper ligações covalentes, e os pontos de fusão são altíssimos (acima de 1 700 °C).

5. Ligação metálica

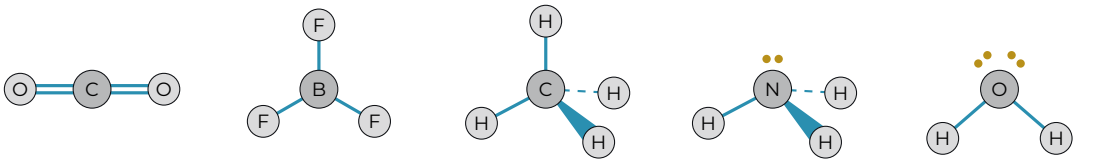
Nos metais, os átomos têm poucos elétrons de valência e baixa energia de ionização. Esses elétrons se soltam dos átomos e ficam livres por todo o cristal, um "mar" de elétrons em volta de cátions arrumados em retículo. Esse modelo explica as propriedades típicas:

- **condução elétrica e térmica:** os elétrons livres se movem pelo metal;
- **brilho:** os elétrons livres absorvem e reemitem a luz;
- **maleabilidade e ductilidade:** as camadas de cátions podem deslizar sem se repelir, porque o mar de elétrons continua envolvendo todos. Por isso o metal se dobra em vez de quebrar, ao contrário do cristal iônico.

Misturas de metais (às vezes com não metais) são as **ligas:** aço (ferro e carbono), bronze (cobre e estanho), latão (cobre e zinco), ouro 18 quilates (75% de ouro, com cobre e prata).

6. Geometria molecular

A forma de uma molécula é prevista pela **teoria da repulsão dos pares de elétrons da camada de valência:** os grupos de elétrons em volta do átomo central se repelem e se afastam o máximo possível. Cada ligação (simples, dupla ou tripla) conta como **uma região;** cada par isolado também. A arrumação das regiões define os ângulos, mas o **nome da geometria descreve só a posição dos átomos:** os pares isolados "ocupam lugar", mas não aparecem no nome.



linear, 180°
CO_2 (2 regiões)

trigonal plana, 120°
BF_3 (3 regiões)

tetraédrica, 109,5°
CH_4 (4 regiões)

piramidal, ≈107°
NH_3 (3 lig. + 1 par)

angular, ≈104,5°
H_2O (2 lig. + 2 pares)

Na tetraédrica e na piramidal, a cunha cheia aponta para fora do papel e a tracejada para trás: a molécula é tridimensional.

Regiões no central	Pares isolados	Geometria	Exemplos
2	0	linear (180°)	CO_2, $BeCl_2$, HCN
3	0	trigonal plana (120°)	BF_3, SO_3, H_2CO
3	1	angular (< 120°)	SO_2
4	0	tetraédrica (109,5°)	CH_4, CCl_4, NH_4^+
4	1	piramidal (≈ 107° na NH_3)	NH_3, PCl_3
4	2	angular (≈ 104,5° na água)	H_2O, H_2S
5	0	bipirâmide trigonal	PCl_5
6	0	octaédrica (90°)	SF_6

Por que a água é angular, e não linear como o CO_2? Porque o oxigênio da água tem 4 regiões (2 ligações e 2 pares isolados), arrumadas quase como um tetraedro. Os pares isolados ficam mais perto do núcleo e se espalham mais que os pares ligantes; empurram as ligações e fecham o ângulo de 109,5° para 107° na amônia e 104,5° na água. Moléculas com só dois átomos são sempre lineares.

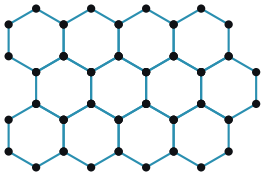
Exemplo. Geometria do PCl_3: o P (grupo 15) tem 5 elétrons de valência; faz 3 ligações simples com os Cl e fica com 1 par isolado. São 4 regiões, 1 delas par isolado: **piramidal**, como a amônia.

7. O carbono: hibridização e planaridade

Na química orgânica, a mesma ideia ganha o nome de **hibridização**: os orbitais de valência do carbono se combinam em orbitais equivalentes, apontados para as regiões ocupadas.

- Carbono só com ligações simples (4 regiões) é **sp^3**: tetraédrico, 109,5°. Uma cadeia ou anel só de carbonos sp^3 (como o cicloexano) *não* é plano: os ângulos de 109,5° obrigam o anel a se dobrar.
- Carbono com uma ligação dupla (3 regiões) é **sp^2**: trigonal plano, 120°. Se todos os átomos de um anel são sp^2, o anel é plano, como o benzeno; um grupo C=O também é plano.
- Carbono com uma tripla ou duas duplas (2 regiões) é **sp**: linear, 180°.

Alótropos do carbono. O mesmo elemento pode formar substâncias simples diferentes, os **alótropos**. No **diamante**, cada carbono é sp^3 e se liga a outros 4 numa rede tridimensional rígida: é o material natural mais duro e não conduz eletricidade. Na **grafita** (ou grafite), cada carbono é sp^2 e se liga a 3 outros, formando folhas planas de hexágonos empilhadas; as folhas deslizam umas sobre as outras (por isso o grafite do lápis risca o papel) e o quarto elétron de valência de cada carbono, que não entra nessas 3 ligações, fica livre para se mover pela folha, conduzindo corrente. Uma única dessas folhas é o **grafeno**.



grafeno: cada C ligado a 3, ângulos de 120° (sp^2), folha plana

> **Por que funciona** Por que a diferença de eletronegatividade decide o tipo de ligação? Porque a ligação é um cabo de guerra pelos elétrons. Forças parecidas: os elétrons ficam entre os núcleos, compartilhados (covalente). Um lado muito mais forte: ele leva os elétrons, e sobram dois íons que se atraem (iônica). E a geometria sai da mesma física: as nuvens de elétrons se repelem e ficam o mais longe possível umas das outras.

> **Armadilha** Aplicar o octeto sem contar. No difluoreto de xenônio, "8 elétrons" é o octeto aplicado às cegas, e "6" conta só os pares isolados, esquecendo os elétrons das ligações. Conte sempre os elétrons ligantes *e* os pares isolados do átomo central.

> **Armadilha** Trocar o critério do caráter iônico. O que manda é a diferença de eletronegatividade, não a carga do cátion (Ca^{2+} e Mg^{2+} não dão ligação mais iônica que K^+) nem a eletronegatividade maior do metal, que leva justamente às ligações *menos* iônicas.

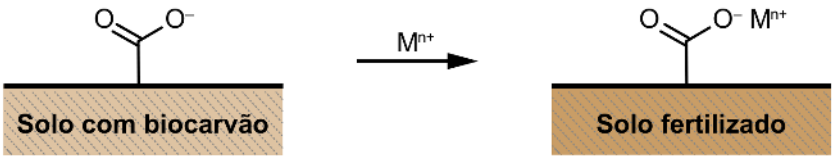
> **Armadilha** Errar a planaridade e a hibridização. Anéis com ligações duplas alternadas (benzeno, anéis aromáticos) e o grupo C=O são planos; o anel só com ligações simples, sp^3, é que não é. Na folha de grafeno, cada carbono é sp^2, trigonal plano: "hexagonal" é o desenho da folha, não a geometria de cada átomo, e o carbono não usa orbitais *d*.

Exemplo resolvido

Questão 112 (Enem 2023, questão 121 do caderno azul)

Os solos amazônicos, ricos em silicato, não são apropriados para o cultivo por serem incapazes de reter nutrientes. Contudo, descobertas arqueológicas têm demonstrado que os antigos habitantes da Amazônia dominavam a técnica de preparo de um insumo agrícola natural, denominado terra preta. Esse insumo era constituído principalmente de uma espécie de biocarvão (*biochar*) obtido da queima de matéria orgânica, como troncos de árvores, pedaços de ossos e esterco, capaz de manter um solo fértil por anos.

Admite-se que o efeito do biocarvão na fertilização do solo estava, em parte, relacionado à presença de grupos orgânicos do tipo carboxilato em sua superfície, carregados negativamente (—COO^-). Esses grupos atraem íons positivos necessários como nutrientes, tais quais os provenientes do potássio (K), do cálcio (Ca) e do magnésio (Mg), além de micronutrientes, como zinco (Zn) e ferro (Fe). Essa ligação no solo fertilizado é predominantemente iônica, conforme ilustra a figura, em que M^{n+} representa os cátions metálicos. De acordo com a escala de Pauling, a eletronegatividade do elemento oxigênio é igual a 3,44.



O quadro apresenta os valores de eletronegatividade desses cinco elementos metálicos.

Elemento metálico	Eletronegatividade
K	0,82
Ca	1,00
Mg	1,31
Zn	1,65
Fe	1,83

MICHALOVIC, M. Ancient Soil Chemists of the Amazon. **ChemMatters**, fev. 2009 (adaptado).

O cátion que resultará em uma interação de maior caráter iônico com o ânion carboxilato será aquele proveniente do elemento

A potássio.
B cálcio.
C magnésio.
D zinco.
E ferro.

resolução em vídeo

Resolução

Ideia-chave: caráter iônico cresce com a diferença de eletronegatividade.
1. O parceiro é fixo. O carboxilato prende os cátions pelo oxigênio, então o lado não metálico é sempre o mesmo: $\chi_O = 3{,}44$.
2. Calcule $\Delta\chi$ para cada metal. K: 3,44 − 0,82 = **2,62**; Ca: 2,44; Mg: 2,13; Zn: 1,79; Fe: 1,61.
3. Conclusão. A maior diferença vem do metal *menos* eletronegativo, o potássio, um metal alcalino que "segura" muito mal seu elétron de valência.
Distratores. Cálcio e magnésio têm carga 2+, maior que a do K^+, mas carga maior não é critério de caráter iônico (B, C). Zinco e ferro, metais de transição, são os mais eletronegativos da lista: dão as ligações *menos* iônicas (D, E).
Resposta: **A.**

No ENEM, acertaram esta questão 26% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 113 (Enem 2019, questão 108 do caderno azul)

Por terem camada de valência completa, alta energia de ionização e afinidade eletrônica praticamente nula, considerou-se por muito tempo que os gases nobres não formariam compostos químicos. Porém, em 1962, foi realizada com sucesso a reação entre o xenônio (camada de valência $5s^25p^6$) e o hexafluoreto de platina e, desde então, mais compostos novos de gases nobres vêm sendo sintetizados. Tais compostos demonstram que não se pode aceitar acriticamente a regra do octeto, na qual se considera que, numa ligação química, os átomos tendem a adquirir estabilidade assumindo a configuração eletrônica de gás nobre. Dentre os compostos conhecidos, um dos mais estáveis é o difluoreto de xenônio, no qual dois átomos do halogênio flúor (camada de valência $2s^22p^5$) se ligam covalentemente ao átomo de gás nobre para ficarem com oito elétrons de valência.

Ao se escrever a fórmula de Lewis do composto de xenônio citado, quantos elétrons na camada de valência haverá no átomo do gás nobre?

resolução em vídeo

A) 6 B) 8 C) 10 D) 12 E) 14

Passo 1: o xenônio tem _____ elétrons de valência ($5s^2\,5p^6$); cada flúor tem _____.

Passo 2: cada flúor precisa de um elétron, então faz uma ligação simples com o xenônio. São _____ ligações, ou _____ elétrons compartilhados em volta do Xe.

Passo 3: dos 8 elétrons do xenônio, 2 entram nas ligações e sobram _____, em 3 pares isolados.

Passo 4: em volta do xenônio ficam 4 + 6 = _____ elétrons: octeto expandido.

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 325.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

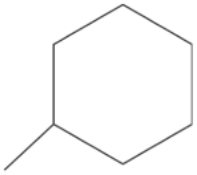
Respostas no Gabarito, na página 325.

Questão 114 (Enem 2014, questão 65 do caderno azul)

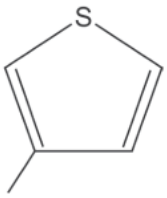
A forma das moléculas, como representadas no papel, nem sempre é planar. Em um determinado fármaco, a molécula contendo um grupo não planar é biologicamente ativa, enquanto moléculas contendo substituintes planares são inativas.

O grupo responsável pela bioatividade desse fármaco é

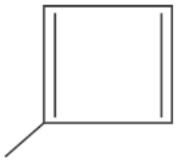
A



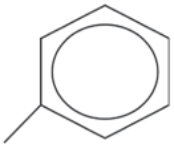
B



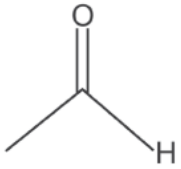
C



D



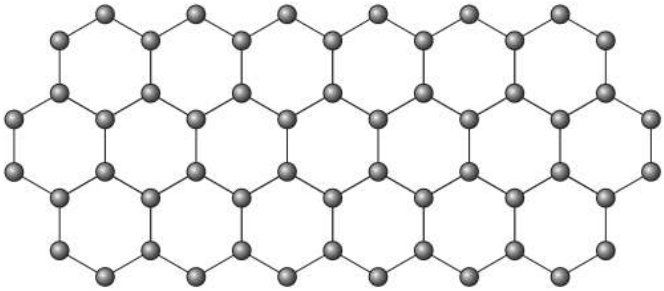
E



resolução em vídeo

Questão 115 (Enem 2018, questão 130 do caderno azul)

O grafeno é uma forma alotrópica do carbono constituído por uma folha planar (arranjo bidimensional) de átomos de carbono compactados e com a espessura de apenas um átomo. Sua estrutura é hexagonal, conforme a figura.



Nesse arranjo, os átomos de carbono possuem hibridação

A) sp de geometria linear.
B) sp^2 de geometria trigonal planar.
C) sp^3 alternados com carbonos com hibridação sp de geometria linear.
D) sp^3d de geometria planar.
E) sp^3d^2 com geometria hexagonal planar.

resolução em vídeo

Metabolismo energético: respiração e fermentação

Biologia

Antes de ler: tente responder

1. O que faz a massa do pão crescer: o álcool, o gás carbônico ou o calor produzido pelas leveduras?
2. Quantos ATP, aproximadamente, uma glicose rende na respiração aeróbica? E na fermentação?
3. Por que o etanol produzido pela fermentação ainda pode ser usado como combustível?

Respostas no Gabarito, na página 326. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

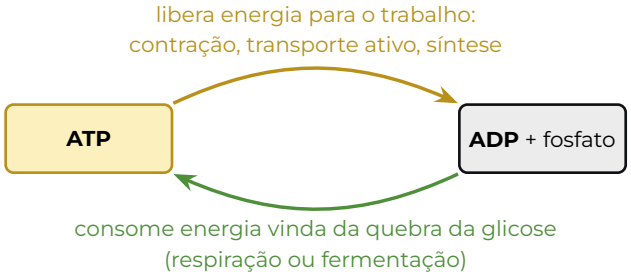
Teoria

Todo ser vivo gasta energia o tempo todo: para contrair músculos, transportar substâncias contra o gradiente, fabricar proteínas e DNA, conduzir impulsos nervosos e manter a temperatura. O conjunto das reações químicas de um organismo é o **metabolismo**, que tem dois lados:

- **catabolismo**: reações que *quebram* moléculas grandes em menores e *liberam* energia. A respiração e a fermentação são catabolismo;
- **anabolismo**: reações que *montam* moléculas grandes a partir de menores e *consomem* energia. A síntese de proteínas, de glicogênio e a fotossíntese são anabolismo.

Os **autótrofos** (plantas, algas, algumas bactérias) fabricam a própria matéria orgânica, a partir de CO_2 e de luz (fotossíntese) ou de energia química (quimiossíntese). Os **heterótrofos** (animais, fungos, a maioria das bactérias) a obtêm do alimento. Mas *todos*, autótrofos e heterótrofos, quebram matéria orgânica para obter energia utilizável. As plantas respiram dia e noite.

A energia liberada pela quebra dos alimentos não é usada diretamente. Ela é guardada no **ATP** (adenosina trifosfato), a "moeda de energia" da célula. O ATP é formado por uma base nitrogenada (a adenina), um açúcar (a ribose) e três grupos fosfato. Quando o último fosfato se solta, o ATP vira **ADP** (adenosina difosfato) e libera energia para o trabalho celular. A respiração refaz o ATP, juntando o fosfato de volta ao ADP.



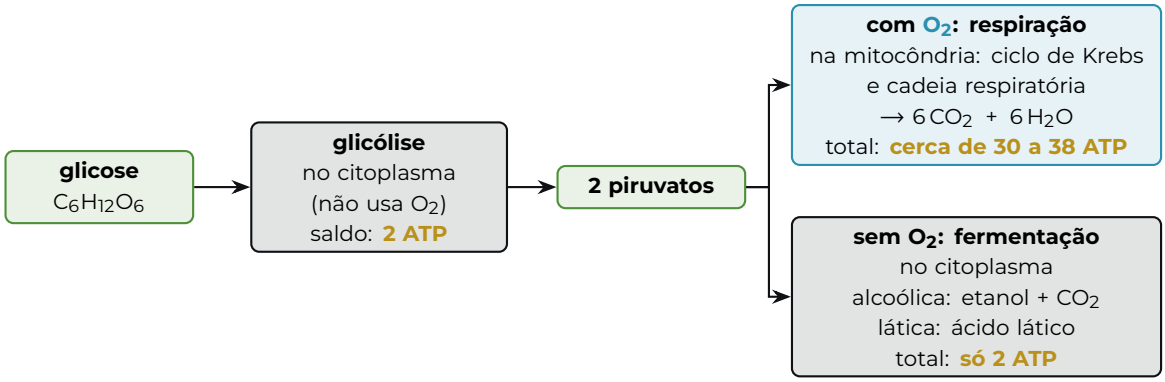
Cada célula fabrica o seu ATP: ele não é transportado de um órgão a outro pelo sangue. O que o sangue leva é a glicose e o oxigênio.

Oxidação e transportadores de elétrons. Quebrar a glicose é, quimicamente, *oxidá-la*: retirar seus elétrons, junto com hidrogênios. Quem recebe esses elétrons são moléculas transportadoras. A principal é o NAD^+, que, carregado, vira **NADH**; outra é o FAD, que vira $FADH_2$. Os dois são feitos a partir de vitaminas do complexo B. A célula tem pouco NAD^+, e ele precisa ser descarregado e reutilizado o tempo todo. Essa ideia explica tanto a respiração quanto a fermentação.

Cores deste capítulo: **verde** para a glicose e o que vem dela (o piruvato); **azul** para o oxigênio; **amarelo-escuro** para o ATP e a mitocôndria que o produz. O resto fica em cinza.

O mapa geral

Os dois caminhos começam iguais, com a **glicólise**, e se separam no piruvato:



Respiração celular aeróbica

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \longrightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O + \text{energia (cerca de 30 a 38 ATP)}$$

a glicose é oxidada por completo; parte da energia fica no ATP e o resto se perde como calor

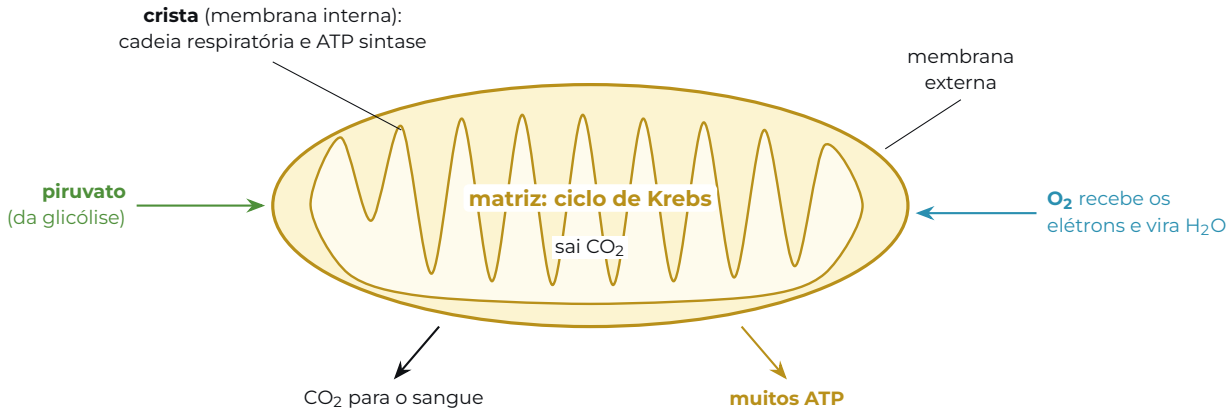
Confira o balanceamento: carbono, $6 = 6$; hidrogênio, $12 = 6 \times 2$; oxigênio, $6 + 6 \times 2 = 18$ de um lado e $6 \times 2 + 6 = 18$ do outro. A equação geral é a da combustão da glicose. A diferença é que a célula "queima" a glicose em dezenas de pequenos passos, cada um com sua enzima, e assim consegue guardar parte da energia em ATP, em vez de liberá-la toda de uma vez como calor e chama. A respiração acontece em quatro etapas:

1. **Glicólise**, no citosol. A glicose (6 carbonos) é quebrada em dois **piruvatos** (3 carbonos cada). A etapa gasta 2 ATP no começo e produz 4 depois: o saldo é de 2 ATP. Também carrega 2 NADH. Não usa oxigênio.

2. **Formação do acetil-CoA**, já na matriz da mitocôndria. Cada piruvato perde um carbono, que sai como CO_2, e o que sobra (2 carbonos) se liga à coenzima A. Para os dois piruvatos: 2 CO_2 e 2 NADH.

3. **Ciclo de Krebs** (ciclo do ácido cítrico), na **matriz**. O acetil-CoA entra no ciclo e, a cada volta, saem dois carbonos como CO_2 (tantos quantos o acetil trouxe), e a energia vai quase toda para os transportadores. Para as duas voltas do ciclo (uma por acetil-CoA): 4 CO_2, 6 NADH, 2 $FADH_2$ e só 2 ATP. Somando com a etapa anterior, saem os 6 carbonos da glicose: $2 + 4 = 6$ CO_2. É daí que vem o gás carbônico que você expira.

4. **Cadeia respiratória e fosforilação oxidativa**, nas **cristas** (a membrana interna). O NADH e o $FADH_2$ entregam seus elétrons a uma sequência de proteínas da membrana. Os elétrons passam de uma para outra, e a energia liberada nessa passagem bombeia íons H^+ da matriz para o espaço entre as membranas. Forma-se ali um acúmulo de H^+. Ele volta para a matriz por uma única porta, a enzima **ATP sintase**, que gira como uma turbina e fabrica ATP. No fim da fila, o **oxigênio é o aceptor final dos elétrons**: recebe os elétrons e H^+ e vira água.



A conta do ATP. Cada NADH rende cerca de 2,5 ATP na cadeia respiratória, e cada $FADH_2$, cerca de 1,5. Livros mais antigos usam 3 e 2. Somando, por glicose:

Etapa	ATP direto	NADH	$FADH_2$
Glicólise	2	2	—
Formação do acetil-CoA	—	2	—
Ciclo de Krebs	2	6	2
Total	4	**10**	**2**

$4+10\times2{,}5+2\times1{,}5 = 4+25+3 =$ **32** ATP ou, com os valores antigos, $4+10\times3+2\times2 =$ **38** ATP.

Em muitas células, levar o NADH da glicólise para dentro da mitocôndria custa energia, e o total cai para cerca de 30. Daí a faixa "30 a 38 ATP". O valor exato importa menos que a proporção: quase todo o ATP vem da cadeia respiratória, e não da glicólise nem do Krebs.

Por que o oxigênio é indispensável. Sem O_2 no fim da fila, os elétrons não têm para onde ir: a cadeia para. O NADH não consegue se descarregar e se acumula, e falta NAD^+ para o ciclo de Krebs, que para junto. Com tudo parado, a produção de ATP pela mitocôndria cai a quase zero. Repare: o oxigênio não entra no ciclo de Krebs nem vira CO_2. O O_2 que inspiramos vira água; o CO_2 que expiramos vem dos carbonos da glicose.

Venenos e desacopladores. Duas maneiras de atrapalhar a cadeia ajudam a entendê-la:

- O **cianeto** se liga à última proteína da cadeia, a citocromo c oxidase, e a trava. É como tirar o oxigênio: o fluxo de elétrons para, o NADH se acumula, cai a produção de água e de ATP e, sem NAD^+ livre, cai também a liberação de CO_2. As células que mais dependem de ATP, como as do coração e do cérebro, param em minutos.
- Um **desacoplador** faz o H^+ voltar para a matriz por fora da ATP sintase. A cadeia não para: ela até se acelera, consumindo mais nutrientes e mais oxigênio, mas a energia vira **calor** em vez de ATP. É o que faz o DNP, substância tóxica e proibida como emagrecedor. É também o que faz, de forma natural e controlada, a **termogenina**, proteína da gordura marrom de bebês e de animais que hibernam: ela produz calor para aquecer o corpo.

Outros combustíveis. Gorduras e proteínas também são respiradas. Os ácidos graxos são cortados em pedaços de 2 carbonos que viram acetil-CoA e entram no ciclo de Krebs. Os aminoácidos perdem o grupo amina, que vira amônia e, no fígado, ureia; o esqueleto de carbono entra em vários pontos do ciclo. O ciclo de Krebs é a encruzilhada do metabolismo.

Fermentação

Sem oxigênio, a cadeia respiratória para, e a célula fica só com a glicólise. Mas a glicólise também precisa de NAD^+: cada glicose reduz 2 NAD^+, que viram 2 NADH. Se o NADH não for descarregado, o NAD^+ acaba em segundos, e a glicólise para também. A **fermentação** resolve o problema: o próprio piruvato (ou um derivado dele) recebe os elétrons do NADH e vira um **subproduto**, e o NAD^+ volta a ficar livre. Toda a fermentação acontece no citosol. O rendimento é de **apenas 2 ATP** por glicose: os da glicólise. A etapa final não rende ATP nenhum; serve só para reciclar o NAD^+.

- **Fermentação alcoólica** (leveduras, como o fermento biológico, e algumas bactérias):

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\,C_2H_5OH + 2\,CO_2 \qquad \text{(glicose} \rightarrow \text{etanol + gás carbônico)}$$

  Cada piruvato perde um CO_2 e vira um composto de 2 carbonos, que recebe os elétrons do NADH e vira etanol. Essa fermentação está no pão, em que o CO_2 forma as bolhas que estufam a massa, presas na rede elástica do glúten. Também está na cerveja, no vinho e no etanol combustível da cana-de-açúcar.

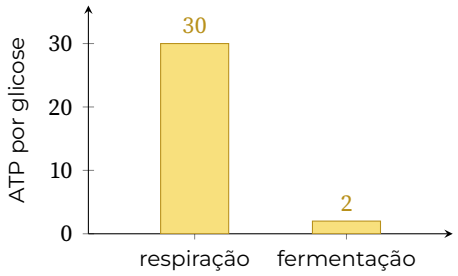
- **Fermentação lática** (bactérias do iogurte e do queijo; nossas fibras musculares em esforço intenso):

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2\,C_3H_6O_3 \qquad \text{(glicose} \rightarrow \text{ácido lático)}$$

  O piruvato recebe os elétrons diretamente e vira ácido lático (ou lactato). **Não produz gás** (no músculo e no iogurte): os 3 carbonos do piruvato continuam no ácido lático. O ácido azeda o leite e coagula suas proteínas: é assim que se faz o iogurte. No músculo, o lactato vai pelo sangue até o fígado, que o reconverte em glicose. A dor muscular que aparece um ou dois dias depois do exercício não é causada por ácido lático acumulado: o lactato é removido em uma ou duas horas.

Mini-exemplo (conferir átomos). Na fermentação alcoólica, à esquerda há 6 C, 12 H e 6 O. À direita: 2 etanóis ($2 \times 2 = 4$ C, $2 \times 6 = 12$ H, 2 O) e 2 CO_2 (2 C, 4 O). Total: $4 + 2 = 6$ C, 12 H, $2 + 4 = 6$ O. Fecha. Na lática: 2 ácidos láticos têm $2 \times 3 = 6$ C, $2 \times 6 = 12$ H e $2 \times 3 = 6$ O. Fecha também, sem sobrar nada para formar gás.

Quanto rende cada caminho



Mini-exemplo. Adote 30 ATP por glicose na respiração. Uma célula precisa de 60 ATP.

- Respirando: $60 \div 30 = 2$ glicoses.
- Fermentando: $60 \div 2 = 30$ glicoses.

Sem oxigênio, a mesma célula consome **15 vezes mais glicose** para fazer o mesmo trabalho. É por isso que um músculo em esforço intenso esgota rápido seu estoque de glicogênio.

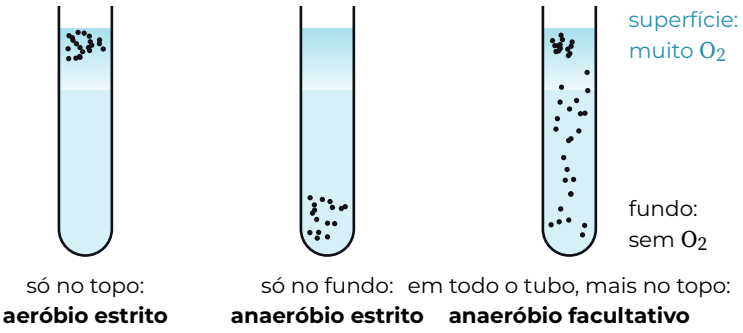
Quem respira e quem fermenta

Os organismos se classificam pela relação com o oxigênio:

- **Aeróbios estritos** só obtêm energia por respiração aeróbica e morrem sem oxigênio. Exemplos: nós, como organismos inteiros, e muitas bactérias.

- **Anaeróbios estritos** não usam oxigênio e são intoxicados por ele. Exemplos: microrganismos do fundo de lagos e de aterros, as arqueas que produzem metano e a bactéria do tétano.
- **Anaeróbios facultativos** respiram se há oxigênio e fermentam se não há. As leveduras são o exemplo clássico: com oxigênio, tiram muito mais ATP de cada glicose e crescem mais depressa.

Num tubo com meio de cultura, o oxigênio entra pela superfície e se esgota no fundo. A posição em que cada tipo cresce revela o seu metabolismo:



Respiração anaeróbica não é fermentação. Algumas bactérias têm cadeia respiratória, mas usam outra substância no lugar do O_2 como aceptor final de elétrons: nitrato (NO_3^-), sulfato (SO_4^{2-}) ou o próprio enxofre. Isso é **respiração anaeróbica**. O aceptor precisa ser uma substância capaz de *receber* elétrons, como o oxigênio. Substâncias que tendem a *doar* elétrons, como o metano (CH_4) e o hidrogênio (H_2), não servem. A respiração anaeróbica rende menos ATP que a aeróbica e, em geral, mais que a fermentação.

Músculos. No músculo, os dois caminhos convivem:

- As fibras *lentas* (vermelhas) têm muitas mitocôndrias, muitos capilares e muita **mioglobina**, proteína que guarda oxigênio e dá a cor vermelha. Trabalham por respiração aeróbica e resistem ao cansaço. São as que sustentam a maratona e o voo longo das aves migratórias.
- As fibras *rápidas* (brancas) têm menos mitocôndrias e dependem mais da glicólise e da fermentação lática. Dão força e velocidade por pouco tempo, como numa corrida de 100 m.

O treino de resistência e a vida em altitude aumentam a capacidade aeróbica (mais mitocôndrias, capilares e hemácias), e o músculo passa a produzir menos lactato no mesmo esforço.

Por fim, repare na ligação com a fotossíntese: ela usa luz para montar glicose a partir de CO_2 e água, liberando O_2. A respiração faz o caminho inverso, liberando CO_2 e água. Os dois processos ligam os ciclos do carbono e do oxigênio na natureza.

Por que funciona Por que a fermentação rende tão pouco? Porque ela não quebra a glicose até o fim. Na respiração, os produtos finais (CO_2 e água) não têm quase mais energia para dar: a "bateria" foi esvaziada. Na fermentação, boa parte da energia fica presa no subproduto. É exatamente por isso que o etanol pega fogo: ele ainda guarda a energia que a levedura não conseguiu aproveitar. E, para manter o mesmo gasto de ATP, uma célula sem oxigênio precisa consumir muito mais glicose.

Armadilha Atribuir o crescimento da massa do pão ao ácido lático, à água, ao ATP ou ao calor: é o CO_2 da fermentação alcoólica, preso no glúten. E o processo de menor rendimento, que deixa subprodutos combustíveis como o etanol, é a fermentação; respiração aeróbica e fosforilação oxidativa têm o maior rendimento e só deixam CO_2 e água, e fotossíntese e qui-

miossíntese montam matéria orgânica em vez de degradá-la.

Armadilha Confundir desacoplar com bloquear. O desacoplador (DNP) não obstrui a cadeia, o Krebs nem a glicólise: tudo continua, até mais depressa; o que cai é só a produção de ATP, e por isso a célula gasta mais nutrientes. Já o cianeto bloqueia de fato: o que *aumenta* é o NADH, que não tem para onde mandar os elétrons; ATP, água e CO_2 diminuem.

Armadilha Pôr metano ou hidrogênio no lugar do oxigênio na respiração anaeróbica: eles doam elétrons em vez de recebê-los; os aceptores são substâncias como enxofre e nitrato. E, nos tubos de cultura, trocar a leitura: crescimento só no topo é aeróbio estrito; só no fundo, anaeróbio estrito; no tubo todo, facultativo.

Exemplo resolvido

Questão 116 (Enem 2012, questão 63 do caderno azul)

Há milhares de anos o homem faz uso da biotecnologia para a produção de alimentos como pães, cervejas e vinhos. Na fabricação de pães, por exemplo, são usados fungos unicelulares, chamados de leveduras, que são comercializados como fermento biológico. Eles são usados para promover o crescimento da massa, deixando-a leve e macia.
O crescimento da massa do pão pelo processo citado é resultante da

resolução em vídeo

A) liberação de gás carbônico.
B) formação de ácido lático.
C) formação de água.
D) produção de ATP.
E) liberação de calor.

Resolução

Ideia-chave: no pão, as leveduras fazem **fermentação alcoólica**: glicose → etanol + **gás carbônico**.
1. O que acontece na massa. Dentro da massa há pouco oxigênio, e as leveduras fermentam os açúcares da farinha.
2. Quem estufa. O **gás carbônico** forma bolhas que ficam presas na rede elástica do glúten; milhares de bolhas estufam a massa. No forno, as bolhas se expandem e o álcool evapora: os buraquinhos do miolo são as marcas delas.
3. Descarte. Ácido lático (B) é da fermentação lática e não forma gás; água (C) não estufa a massa; o ATP (D) fica dentro da levedura; o calor (E) é pequeno e não forma bolhas.
Resposta: **A**.

No ENEM, acertaram esta questão 34% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 117 (Enem 2021, questão 110 do caderno azul)

Organismos autótrofos e heterótrofos realizam processos complementares que associam os ciclos do carbono e do oxigênio. O carbono fixado pela energia luminosa ou a partir de compostos inorgânicos é eventualmente degradado pelos organismos, resultando em fontes de carbono como metano ou gás carbônico. Ainda, outros compostos orgânicos são catabolizados pelos seres, com menor rendimento energético, produzindo compostos secundários (subprodutos) que

podem funcionar como combustíveis ambientais.
O processo metabólico associado à expressão combustíveis ambientais é a

resolução em vídeo

A) fotossíntese.
B) fermentação.
C) quimiossíntese.
D) respiração aeróbica.
E) fosforilação oxidativa.

O enunciado fala em "menor rendimento energético". O processo de menor rendimento é a _____, que rende só _____ ATP por glicose.
Na respiração aeróbica, a glicose é quebrada até _____ e água, que não queimam.
Na fermentação alcoólica sobra o _____, que ainda guarda energia: é o "combustível ambiental".
Alternativa _____.

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 326.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 326.

Questão 118 (Enem 2024, questão 109 do caderno azul)

As fibras musculares esqueléticas não são todas iguais. As fibras lentas, também conhecidas como fibras vermelhas, apresentam muitas mitocôndrias e são bem supridas por vasos sanguíneos. Já as fibras rápidas, ou fibras brancas, apresentam poucas mitocôndrias e recebem menor suprimento sanguíneo. Dessa forma, a distribuição das fibras nos músculos esqueléticos do corpo auxilia de forma diferenciada no desempenho físico de um atleta.
Um atleta que sonha em disputar os Jogos Olímpicos e tem uma maior proporção de fibras brancas que fibras vermelhas teria mais vantagens na realização da prova de:

resolução em vídeo

A) Triatlo.
B) Salto em altura.
C) Marcha atlética.
D) Maratona aquática.
E) Ciclismo em estrada.

Questão 119 (Enem 2023, questão 95 do caderno azul)

As aves apresentam dois tipos de músculos em seus corpos: vermelhos e brancos. Aves migratórias como garças, gansos e patos selvagens têm os músculos vermelhos bem desenvolvidos, com ampla rede de vasos sanguíneos.
Nas viagens por grandes distâncias, tais músculos são fundamentais, pois favorecem o(a)

A) execução de manobras.
B) metabolismo corpóreo elevado.
C) manutenção da aerodinâmica.
D) deslocamento a grandes velocidades.
E) capacidade de voo em grandes altitudes.

resolução em vídeo

Questão 120 (Enem 2019, questão 127 do caderno azul)

O 2,4-dinitrofenol (DNP) é conhecido como desacoplador da cadeia de elétrons na mitocôndria e apresenta um efeito emagrecedor. Contudo, por ser perigoso e pela ocorrência de casos letais, seu uso como medicamento é proibido em diversos países, inclusive no Brasil. Na mitocôndria, essa substância captura, no espaço intermembranas, prótons (H^+) provenientes da atividade das proteínas da cadeia respiratória, retornando-os à matriz mitocondrial. Assim, esses prótons não passam pelo transporte enzimático na membrana interna.
O efeito emagrecedor desse composto está relacionado ao(à)

A) obstrução da cadeia respiratória, resultando em maior consumo celular de ácidos graxos.

B) bloqueio das reações do ciclo de Krebs, resultando em maior gasto celular de energia.

C) diminuição da produção de acetil CoA, resultando em maior gasto celular de piruvato.

D) inibição da glicólise, resultando em maior absorção celular da glicose sanguínea.

E) redução da produção de ATP, resultando em maior gasto celular de nutrientes.

resolução em vídeo

Questão 121 (Enem 2023, questão 127 do caderno azul)

Toxicidade do cianeto
A produção de ATP depende do gradiente de prótons gerado pela cadeia respiratória. Nessas reações, os elétrons provenientes da oxidação do NADH em NAD^+ percorrem a cadeia até chegarem à citocromo c oxidase reduzindo o Fe^{3+} a Fe^{2+}. O oxigênio atua como aceptor final desses elétrons formando água. O cianeto é uma espécie química altamente tóxica que tem grande afinidade pelo Fe^{3+}. Quando células são expostas ao cianeto, ele se liga ao sítio de Fe^{3+} da citocromo c oxidase, impedindo a sua conversão em Fe^{2+} e bloqueando a cadeia respiratória.
Esse bloqueio aumenta a concentração celular de

resolução em vídeo

A) ATP.
B) água.
C) NADH.
D) dióxido de carbono.
E) citocromo c oxidase.

Questão 122 (Enem 2010, questão 66 do caderno azul)

Um ambiente capaz de asfixiar todos os animais conhecidos do planeta foi colonizado por pelo menos três espécies diferentes de invertebrados marinhos. Descobertos a mais de 3 000 m de profundidade no Mediterrâneo, eles são os primeiros membros do reino animal a prosperar mesmo diante da ausência total de oxigênio. Até agora, achava-se que só bactérias pudessem ter esse estilo de vida. Não admira que os bichos pertençam a um grupo pouco conhecido, o dos loricíferos, que mal chegam a 1,0 mm. Apesar do tamanho, possuem cabeça, boca, sistema digestivo e uma carapaça. A adaptação dos bichos à vida no sufoco é tão profunda que suas células dispensaram as chamadas mitocôndrias.
LOPES, R. J. Italianos descobrem animal que vive em água sem oxigênio. Disponível em: http://www1.folha.uol.com.br. Acesso em: 10 abr. 2010 (adaptado).
Que substâncias poderiam ter a mesma função do O_2 na respiração celular realizada pelos loricíferos?

resolução em vídeo

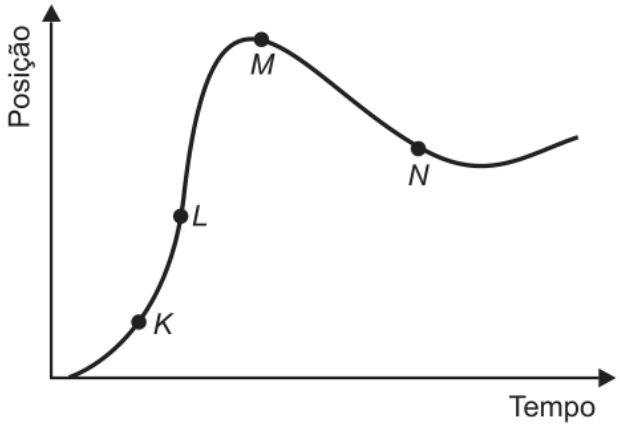
A) S e CH_4 B) S e NO_3^- C) H_2 e NO_3^- D) CO_2 e CH_4 E) H_2 e CO_2

Revisão da semana 3 · sem consulta

Questões novas, misturadas, de assuntos desta semana e de semanas anteriores (1, 3, 8, 16 e 32 semanas atrás, inclusive de volumes anteriores): tudo o que você estudou volta de tempos em tempos até a prova. Feche o livro e resolva sem olhar a teoria: tentar lembrar é o que fixa. Respostas no Gabarito, na página 327.

Questão 123 (Enem PPL 2018, questão 100 do caderno azul)

Um piloto testa um carro em uma reta longa de um autódromo. A posição do carro nessa reta, em função do tempo, está representada no gráfico.



Os pontos em que a velocidade do carro é menor e maior são, respectivamente,

A) *K* e *M*.
B) *N* e *K*.
C) *M* e *L*.
D) *N* e *L*.
E) *N* e *M*.

resolução em vídeo

Questão 124 (Enem PPL 2017, questão 96 do caderno azul)

Os sapos passam por uma metamorfose completa. Os girinos apresentam cauda e brânquias externas, mas não têm pernas. Com o crescimento e desenvolvimento do girino, as brânquias desaparecem, as pernas surgem e a cauda encolhe. Posteriormente, a cauda desaparece por apoptose ou morte celular programada, regulada por genes, resultando num sapo adulto jovem.

A organela citoplasmática envolvida diretamente no desaparecimento da cauda é o

A) ribossomo.
B) lisossomo.
C) peroxissomo.
D) complexo golgiense.
E) retículo endoplasmático.

resolução em vídeo

Questão 125 (Enem PPL 2013, questão 47 do caderno branco)

A fabricação de cerveja envolve a atuação de enzimas amilases sobre as moléculas de amido da cevada. Sob temperatura de cerca de 65 °C, ocorre a conversão do amido em maltose e glicose. O caldo obtido (mosto) é fervido para a inativação das enzimas. Após o resfriamento e a filtração, são adicionados o lúpulo e a levedura para que ocorra a fermentação. A cerveja sofre maturação de 4 a 40 dias, para ser engarrafada e pasteurizada.

PANEK, A. D. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 47, n. 279, mar. 2011 (adaptado).

Dentre as etapas descritas, a atividade biológica no processo ocorre durante o(a)

A) filtração do mosto.
B) resfriamento do mosto.
C) pasteurização da bebida.
D) fermentação da maltose e da glicose.
E) inativação enzimática no aquecimento.

resolução em vídeo

Questão 126 (Enem PPL 2017, questão 142 do caderno azul)

Duas amigas irão fazer um curso no exterior durante 60 dias e usarão a mesma marca de xampu. Uma delas gasta um frasco desse xampu em 10 dias enquanto que a outra leva 20 dias para gastar um frasco com o mesmo volume. Elas combinam de usar, conjuntamente, cada frasco de xampu que levarem.

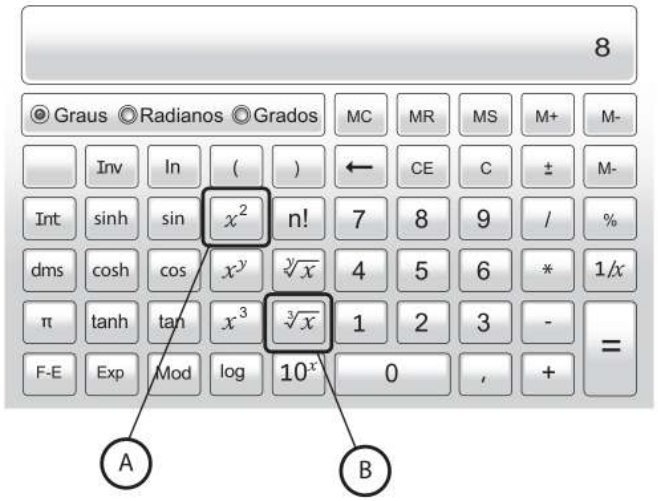
O número mínimo de frascos de xampu que deverão levar nessa viagem é

A) 2.
B) 4.
C) 6.
D) 8.
E) 9.

resolução em vídeo

Questão 127 (Enem PPL 2021, questão 180 do caderno azul)

A imagem representa uma calculadora científica com duas teclas destacadas. A tecla A eleva ao quadrado o número que está no visor da calculadora, e a tecla B extrai a raiz cúbica do número apresentado no visor.



Uma pessoa digitou o número 8 na calculadora e em seguida apertou três vezes a tecla A e depois uma vez a tecla B.

A expressão que representa corretamente o cálculo efetuado na calculadora é

A $\sqrt[2]{8^{3+3+3}}$

B $\sqrt[3]{8^{2\times2\times2}}$

C $\sqrt[2]{8^3+8^3+8^3}$

D $\sqrt[3]{8^2+8^2+8^2}$

E $\sqrt[3]{8^2\times8^2\times8^2}$

resolução em vídeo

Questão 128 (Enem PPL 2020, questão 91 do caderno azul)

Em 20 de julho de 1969, Neil Armstrong tornou-se o primeiro homem a pisar na superfície da Lua. Ele foi seguido por Edwin Aldrin, ambos da missão Apollo 11. Eles, e os astronautas que os seguiram, experimentaram a ausência de atmosfera e estavam sujeitos às diferenças gravitacionais. A aceleração da gravidade na Lua tem 1/6 do valor na Terra.

Em relação às condições na Terra, um salto oblíquo na superfície da Lua teria alcance

A menor, pois a força normal com o solo é menor.
B menor, pois a altura do salto seria maior.
C igual, pois o impulso aplicado pelo astronauta é o mesmo.
D maior, pois a aceleração da gravidade é seis vezes menor.
E maior, pois na ausência de atmosfera não há resistência do ar.

resolução em vídeo

Questão 129 (Enem PPL 2024, questão 106 do caderno azul)

A hipertensão arterial é um problema de saúde que se agrava pelo crescente consumo de sal rico em sódio. O consumo máximo diário recomendado pelo Ministério da Saúde é de, aproximadamente, 5 g de NaCl. No entanto, os brasileiros consomem em média 12 g desse sal por dia. Por isso, a indústria lançou no mercado o chamado sal light, que apresenta um teor reduzido de cloreto de sódio. Sua composição é cerca de 50% de NaCl e 50% de KCl, em massa.

Massas molares:

$$Na = 23\,\frac{g}{mol};\quad Cl = 35{,}5\,\frac{g}{mol};\quad K = 39\,\frac{g}{mol}$$

Pesquisa de orçamentos familiares: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Disponível em: www.biblioteca.ibge.gov.br. Acesso em: 27 nov. 2019 (adaptado).

Ainda que os brasileiros consumam apenas sal light, a massa de sódio ingerida em excesso será mais próxima de

A) 0,4 g.
B) 1,0 g.
C) 1,4 g.
D) 2,8 g.
E) 3,5 g.

resolução em vídeo

Questão 130 (Enem PPL 2018, questão 162 do caderno azul)

Em um jogo de tabuleiro, a pontuação é marcada com fichas coloridas. Cada ficha vermelha vale um ponto. Três fichas vermelhas podem ser trocadas por uma azul, três fichas azuis podem ser trocadas por uma branca, e três fichas brancas podem ser trocadas por uma verde. Ao final do jogo, os jogadores A, B e C terminaram, cada um, com as quantidades de fichas, conforme a tabela seguinte:

	Fichas verdes	Fichas brancas	Fichas azuis	Fichas vermelhas
Jogador A	3	1	1	4
Jogador B	2	4	0	9
Jogador C	1	5	8	2

De acordo com essa tabela, as classificações em primeiro, segundo e terceiro lugares ficaram, respectivamente, para os jogadores

A) A, B e C.
B) B, A e C.
C) C, B e A.
D) B, C e A.
E) C, A e B.

resolução em vídeo

Questão 131 (Enem PPL 2013, questão 55 do caderno branco)

A palha de aço, um material de baixo custo e vida útil pequena, utilizada para lavar louças, é um emaranhado de fios leves e finos que servem para a remoção por atrito dos resíduos aderidos aos objetos.

A propriedade do aço que justifica o aspecto físico descrito no texto é a

A) ductilidade.
B) maleabilidade.
C) densidade baixa.
D) condutividade elétrica.
E) condutividade térmica.

resolução em vídeo

Simulado 1

Como fazer. São 90 questões reais do ENEM, 45 de Ciências da Natureza e 45 de Matemática, como no segundo dia da prova. A numeração também é a do caderno do segundo dia: começa na questão 91 (Ciências da Natureza, de 91 a 135) e vai até a 180 (Matemática, de 136 a 180), para o simulado ser igual ao ENEM. Por isso cada simulado tem a sua própria numeração, diferente da numeração corrida dos capítulos. Reserve cerca de 4 h30 sem interrupção e marque as respostas na folha de respostas, logo depois da questão 180. Faça tudo de uma vez, como no dia da prova, desde o primeiro simulado: acostumar-se com o tamanho da prova também é treino. Depois confira pelo gabarito no fim do volume e use os QR Codes das questões que errou.

Vai cair matéria que você ainda não estudou, de propósito. O ENEM cobra a matéria inteira, e este simulado também. Questões de assunto que o curso ainda vai ensinar trazem, à direita do número, o selo ► *ainda não estudado: Vol. X, semana Y*, que diz em que volume (e, quando já definida, em que semana) esse assunto vai aparecer. Ao lado do número, entre parênteses, está a origem da questão: a edição do ENEM e o número dela no caderno (o azul, quando a prova tem caderno azul). Além da prova regular, entram questões das outras aplicações oficiais do ENEM (PPL, reaplicação, 2ª aplicação), feitas pelo mesmo Inep, com o mesmo padrão e dificuldade medida do mesmo jeito. Tente assim mesmo: tentar responder antes de aprender ajuda a aprender depois (é o mesmo efeito do pré-teste de cada capítulo). Errar essas questões agora é normal e esperado, e a sua nota vai subir à medida que você avança nos volumes.

Este é o simulado 1 de 12.

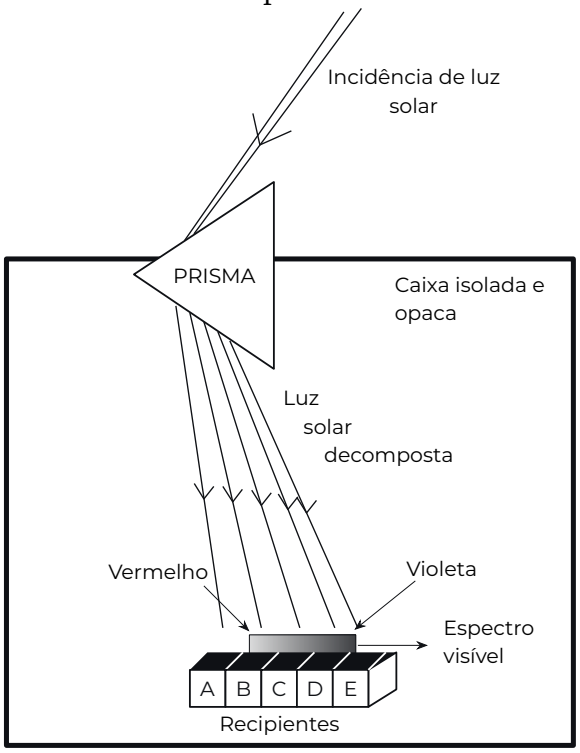
Ciências da Natureza · 45 questões

Questão 91 (Enem 2020, questão 130 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 3*

Herschel, em 1880, começou a escrever sobre a condensação da luz solar no foco de uma lente e queria verificar de que maneira os raios coloridos contribuem para o aquecimento. Para isso, ele projetou sobre um anteparo o espectro solar obtido com um prisma, colocou termômetros nas diversas faixas de cores e verificou nos dados obtidos que um dos termômetros iluminados indicou um aumento de temperatura maior para uma determinada faixa de frequências.

Para verificar a hipótese de Herschel, um estudante montou o dispositivo apresentado na figura. Nesse aparato, cinco recipientes contendo água, à mesma temperatura inicial, e separados por um material isolante térmico e refletor são posicionados lado a lado (A, B, C, D e E) no interior de uma caixa de material isolante térmico e opaco. A luz solar, ao entrar na caixa, atravessa o prisma e incide sobre os recipientes. O estudante aguarda até que ocorra o aumento da temperatura e a afere em cada recipiente.



Em qual dos recipientes a água terá maior temperatura ao final do experimento?

A) A B) B C) C D) D E) E

Questão 92 (Enem 2022, questão 122 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 1*

O veneno da cascavel pode causar hemorragia com risco de morte a quem é picado pela serpente. No entanto, pesquisadores do Brasil e da Bélgica desenvolveram uma molécula de interesse farmacêutico, a PEG-collineína-1, a partir de uma proteína encontrada no veneno dessa cobra, capaz de modular a coagulação sanguínea. Embora a técnica não seja nova, foi a primeira vez que o método foi usado a partir de uma toxina animal na sua forma recombinante, ou seja, produzida em laboratório por um fungo geneticamente modificado.
Esse novo medicamento apresenta potencial aplicação para

A) impedir a formação de trombos, típicos em alguns casos de acidente vascular cerebral.

B) tratar consequências da anemia profunda, em razão da perda de grande volume de sangue.

C) evitar a manifestação de urticárias, comumente relacionadas a processos alérgicos.

D) reduzir o inchaço dos linfonodos, parte da resposta imunitária de diferentes infecções.

E) regular a oscilação da pressão arterial, característica dos quadros de hipertensão.

Questão 93 (Enem 2010, questão 60 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 3*

A lavoura arrozeira na planície costeira da região sul do Brasil comumente sofre perdas elevadas devido à salinização da água de irrigação, que ocasiona prejuízos diretos, como a redução de produção da lavoura. Solos com processo de salinização avançado não são indicados, por exemplo, para o cultivo de arroz. As plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças com que a água é retida no solo.
WINKEL, H.L.; TSCHIEDEL, M. Cultura do arroz: salinização de solos em cultivos de arroz. Disponível em: http://agropage.tripod.com/saliniza.hml. Acesso em: 25 jun. 2010 (adaptado).
A presença de sais na solução do solo faz com que seja dificultada a absorção de água pelas plantas, o que provoca o fenômeno conhecido por seca fisiológica, caracterizado pelo(a)

A) aumento da salinidade, em que a água do solo atinge uma concentração de sais maior que a das células das raízes das plantas, impedindo, assim, que a água seja absorvida.

B) aumento da salinidade, em que o solo atinge um nível muito baixo de água, e as plantas não têm força de sucção para absorver a água.

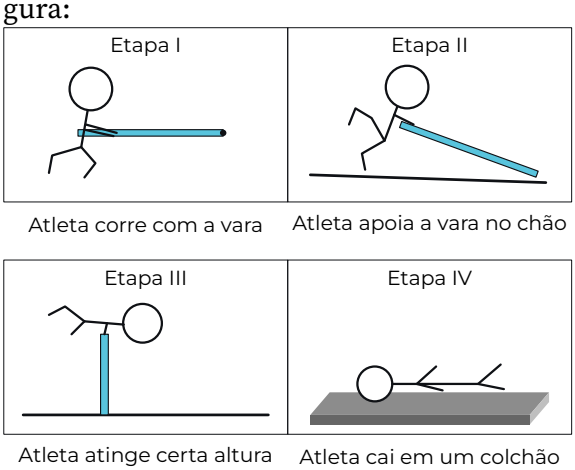
C) diminuição da salinidade, que atinge um nível em que as plantas não têm força de sucção, fazendo com que a água não seja absorvida.

D) aumento da salinidade, que atinge um nível em que as plantas têm muita sudação, não tendo força de sucção para superá-la.

E) diminuição da salinidade, que atinge um nível em que as plantas ficam túrgidas e não têm força de sudação para superá-la.

Questão 94 (Enem 2011, questão 86 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 4*

Uma das modalidades presentes nas olimpíadas é o salto com vara. As etapas de um dos saltos de um atleta estão representadas na figura:



Desprezando-se as forças dissipativas (resistência do ar e atrito), para que o salto atinja a maior altura possível, ou seja, o máximo de energia seja conservada, é necessário que

A) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica representada na etapa IV.

B) a energia cinética, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa IV.

C) a energia cinética, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial gravitacional, representada na etapa III.

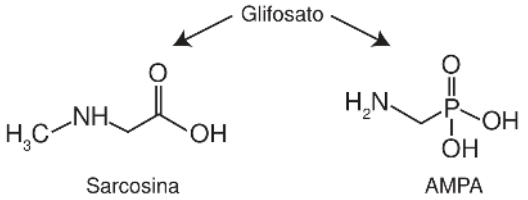
D) a energia potencial gravitacional, representada na etapa II, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa IV.

E) a energia potencial gravitacional, representada na etapa I, seja totalmente convertida em energia potencial elástica, representada na etapa III.

Questão 95 (Enem 2013, questão 68 do caderno azul)

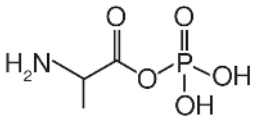
► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 2*

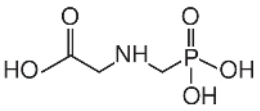
O glifosato ($C_3H_8NO_5P$) é um herbicida pertencente ao grupo químico das glicinas, classificado como não seletivo. Esse composto possui os grupos funcionais carboxilato, amino e fosfonato. A degradação do glifosato no solo é muito rápida e realizada por grande variedade de microrganismos, que usam o produto como fonte de energia e fósforo. Os produtos da degradação são o ácido aminometilfosfônico (AMPA) e o N-metilglicina (sarcosina):

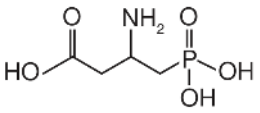


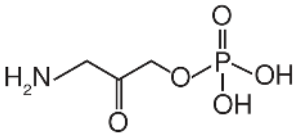
AMARANTE JR., O. P. et al. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 3, 2002 (adaptado).

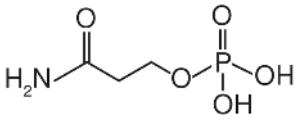
A partir do texto e dos produtos de degradação apresentados, a estrutura química que representa o glifosato é:

A 

B 

C 

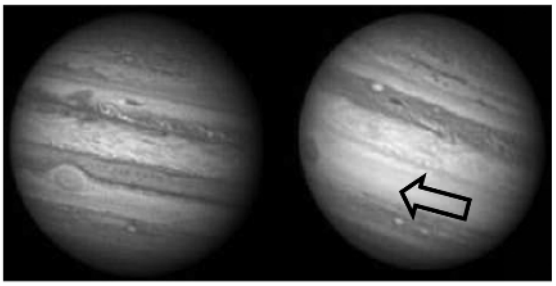
D 

E 

Questão 96 (Enem 2010, questão 54 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 3*

Júpiter, conhecido como o gigante gasoso, perdeu uma das suas listras mais proeminentes, deixando o seu hemisfério sul estranhamente vazio. Observe a região em que a faixa sumiu, destacada pela seta.



Disponível em: http://www.inovacaotecnologica.com.br. Acesso em: 12 maio 2010 (adaptado).

A aparência de Júpiter é tipicamente marcada por duas faixas escuras em sua atmosfera — uma no hemisfério norte e outra no hemisfério sul. Como o gás está constantemente em movimento, o desaparecimento da faixa no planeta relaciona-se ao movimento das diversas camadas de nuvens em sua atmosfera. A luz do Sol, refletida nessas nuvens, gera a imagem que é captada pelos telescópios, no espaço ou na Terra.
O desaparecimento da faixa sul pode ter sido determinado por uma alteração

A) na temperatura da superfície do planeta.
B) no formato da camada gasosa do planeta.
C) no campo gravitacional gerado pelo planeta.
D) na composição química das nuvens do planeta.
E) na densidade das nuvens que compõem o planeta.

Questão 97 (Enem 2024, questão 120 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 2*

O vírus linfotrópico de células T humanas tipo 1 (HTLV-1) é um retrovírus do mesmo grupo do vírus da imunodeficiência humana (HIV). Ambos são transmitidos da mesma forma e infectam as mesmas células de defesa do organismo, os linfócitos T. A diferença entre eles é que o HTLV-1 estimula o aumento da produção desses linfócitos, enquanto o HIV causa destruição dessas células.
Uma possível consequência da infecção por HTLV-1 é o desenvolvimento de
A) aids. B) câncer. C) diabetes. D) hepatite B. E) hemorragia.

Questão 98 (Enem 2018, questão 134 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 1*

Talvez você já tenha bebido suco usando dois canudinhos iguais. Entretanto, pode-se verificar que, se colocar um canudo imerso no suco e outro do lado de fora do líquido, fazendo a sucção simultaneamente em ambos, você terá dificuldade em bebê-lo.
Essa dificuldade ocorre porque o(a)

A) força necessária para a sucção do ar e do suco simultaneamente dobra de valor.
B) densidade do ar é menor que a do suco, portanto, o volume de ar aspirado é muito maior que o volume de suco.
C) velocidade com que o suco sobe deve ser constante nos dois canudos, o que é impossível com um dos canudos de fora.
D) peso da coluna de suco é consideravelmente maior que o peso da coluna de ar, o que dificulta a sucção do líquido.
E) pressão no interior da boca assume praticamente o mesmo valor daquela que atua sobre o suco.

Questão 99 (Enem 2019, questão 124 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 1*

Uma das técnicas de reciclagem química do polímero PET [poli(tereftalato de etileno)] gera o tereftalato de metila e o etanodiol, conforme o esquema de reação, e ocorre por meio de uma reação de transesterificação.



O composto **A**, representado no esquema de reação, é o

A) metano.
B) metanol.
C) éter metílico.
D) ácido etanoico.
E) anidrido etanoico.

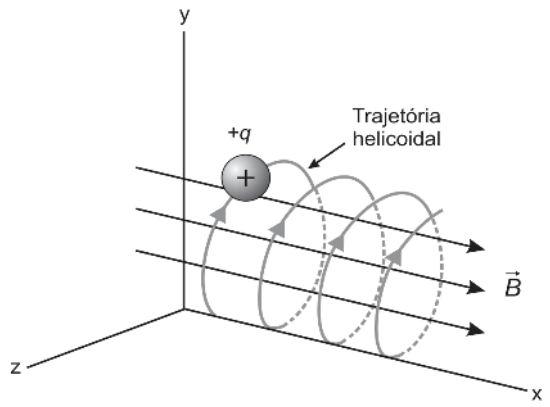
Questão 100 (Enem 2017, questão 118 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 2*

Para se adequar às normas ambientais atuais, as construtoras precisam prever em suas obras a questão do uso de materiais de modo a minimizar os impactos causados no local. Entre esses materiais está o chamado concregrama ou pisograma, que é um tipo de revestimento composto por peças de concreto com áreas vazadas, preenchidas com solo gramado. As figuras apresentam essas duas formas de piso feitos de concreto.
A utilização desse tipo de piso em uma obra tem o objetivo de evitar, no solo, a

A) impermeabilização.
B) diminuição da temperatura.
C) acumulação de matéria orgânica.
D) alteração do pH.
E) salinização.

Questão 101 (Enem 2019, questão 113 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 2*

O espectrômetro de massa de tempo de voo é um dispositivo utilizado para medir a massa de íons. Nele, um íon de carga elétrica q é lançado em uma região de campo magnético constante $\vec{B}$, descrevendo uma trajetória helicoidal, conforme a figura. Essa trajetória é formada pela composição de um movimento circular uniforme no plano yz e uma translação ao longo do eixo x. A vantagem desse dispositivo é que a velocidade angular do movimento helicoidal do íon é independente de sua velocidade inicial. O dispositivo então mede o tempo t de voo para N voltas do íon. Logo, com base nos valores q, B, N e t, pode-se determinar a massa do íon.



A massa do íon medida por esse dispositivo será

A) $\frac{qBt}{2\pi N}$

B) $\frac{qBt}{\pi N}$

C) $\frac{2qBt}{\pi N}$

D) $\frac{qBt}{N}$

E) $\frac{2qBt}{N}$

Questão 102 (Enem 2024, questão 93 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 2*

No senso comum, considera-se, ainda hoje, que compostos orgânicos são substâncias presentes nos seres vivos. Na Química, a expressão "compostos orgânicos" tem um uso histórico de mais de 200 anos, adquirindo diferentes conotações ao longo do desenvolvimento dessa ciência. Atualmente, atribui-se a essa expressão outro significado.

A concepção científica atual define esses compostos como substâncias

A) benéficas à saúde humana.

B) capazes de serem biodegradadas.

C) formadas a partir de gás carbônico.

D) produzidas sem o uso de agrotóxicos.

E) contendo carbono como elemento principal.

Questão 103 (Enem 2014, questão 74 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 2*

No heredograma, os símbolos preenchidos representam pessoas portadoras de um tipo raro de doença genética. Os homens são representados pelos quadrados e as mulheres, pelos círculos.

Heredograma: numa família, um homem afetado casado com mulher normal tem três filhas afetadas e dois filhos normais. Na outra, um homem normal e uma mulher afetada têm filhos dos dois sexos, afetados e normais; um filho afetado, casado com mulher normal, tem dez filhos: as cinco filhas são afetadas e os cinco filhos são normais. Uma dessas filhas, casada com homem normal, tem filhos e filhas afetados e normais.

Qual é o padrão de herança observado para essa doença?

A) Dominante autossômico, pois a doença aparece em ambos os sexos.

B) Recessivo ligado ao sexo, pois não ocorre a transmissão do pai para os filhos.

C) Recessivo ligado ao Y, pois a doença é transmitida dos pais heterozigotos para os filhos.

D) Dominante ligado ao sexo, pois todas as filhas de homens afetados também apresentam a doença.

E) Codominante autossômico, pois a doença é herdada pelos filhos de ambos os sexos, tanto do pai quanto da mãe.

Questão 104 (Enem 2022, questão 105 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 1*

Em um autódromo, os carros podem derrapar em uma curva e bater na parede de proteção. Para diminuir o impacto de uma batida, pode-se colocar na parede uma barreira de pneus, isso faz com que a colisão seja mais demorada e o carro retorne com velocidade reduzida. Outra opção é colocar uma barreira de blocos de um material que se de-

forma, tornando-a tão demorada quanto a colisão com os pneus, mas que não permite a volta do carro após a colisão.
Comparando as duas situações, como ficam a força média exercida sobre o carro e a energia mecânica dissipada?

A) A força é maior na colisão com a barreira de pneus, e a energia dissipada é maior na colisão com a barreira de blocos.

B) A força é maior na colisão com a barreira de blocos, e a energia dissipada é maior na colisão com a barreira de pneus.

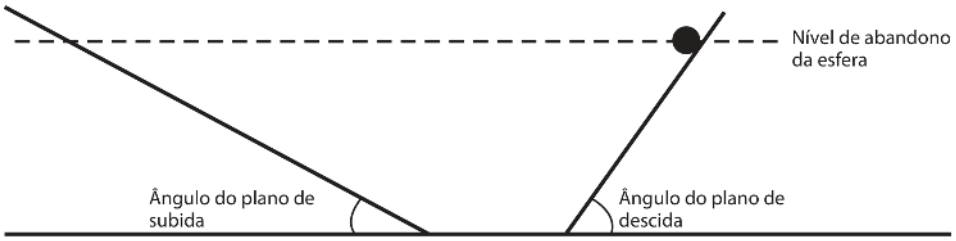
C) A força é maior na colisão com a barreira de blocos, e a energia dissipada é a mesma nas duas situações.

D) A força é maior na colisão com a barreira de pneus, e a energia dissipada é maior na colisão com a barreira de pneus.

E) A força é maior na colisão com a barreira de blocos, e a energia dissipada é maior na colisão com a barreira de blocos.

Questão 105 (Enem 2014, questão 67 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 3*

Para entender os movimentos dos corpos, Galileu discutiu o movimento de uma esfera de metal em dois planos inclinados sem atritos e com a possibilidade de se alterarem os ângulos de inclinação, conforme mostra a figura. Na descrição do experimento, quando a esfera de metal é abandonada para descer um plano inclinado de um determinado nível, ela sempre atinge, no plano ascendente, no máximo, um nível igual àquele em que foi abandonada.



Galileu e o plano inclinado. Disponível em: www.fisica.ufpb.br. Acesso em: 21 ago. 2012 (adaptado).

Se o ângulo de inclinação do plano de subida for reduzido a zero, a esfera

A manterá sua velocidade constante, pois o impulso resultante sobre ela será nulo.
B manterá sua velocidade constante, pois o impulso da descida continuará a empurrá-la.
C diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois não haverá mais impulso para empurrá-la.
D diminuirá gradativamente a sua velocidade, pois o impulso resultante será contrário ao seu movimento.
E aumentará gradativamente a sua velocidade, pois não haverá nenhum impulso contrário ao seu movimento.

Questão 106 (Enem 2018, questão 115 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 4*

Alguns peixes, como o poraquê, a enguia-elétrica da Amazônia, podem produzir uma corrente elétrica quando se encontram em perigo. Um poraquê de 1 metro de comprimento, em perigo, produz uma corrente em torno de 2 ampères e uma voltagem de 600 volts.

O quadro apresenta a potência aproximada de equipamentos elétricos.

Equipamento elétrico	Potência aproximada (watt)
Exaustor	150
Computador	300
Aspirador de pó	600
Churrasqueira elétrica	1 200
Secadora de roupas	3 600

O equipamento elétrico que tem potência similar àquela produzida por esse peixe em perigo é o(a)

A) exaustor.
B) computador.
C) aspirador de pó.
D) churrasqueira elétrica.
E) secadora de roupas.

Questão 107 (Enem 2009, questão 41 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 2*

Uma vítima de acidente de carro foi encontrada carbonizada devido a uma explosão. Indícios, como certos adereços de metal usados pela vítima, sugerem que a mesma seja filha de um determinado casal. Uma equipe policial de perícia teve acesso ao material biológico carbonizado da vítima, reduzido, praticamente, a fragmentos de ossos. Sabe-se que é possível obter DNA em condições para análise genética de parte do tecido interno de ossos. Os peritos necessitam escolher, entre cromossomos autossômicos, cromossomos sexuais (X e Y) ou DNAmt (DNA mitocondrial), a melhor opção para identificação do parentesco da vítima com o referido casal. Sabe-se que, entre outros aspectos, o número de cópias de um mesmo cromossomo por célula maximiza a chance de se obter moléculas não degradadas pelo calor da explosão.

Com base nessas informações e tendo em vista os diferentes padrões de herança de cada fonte de DNA citada, a melhor opção para a perícia seria a utilização

A) do DNAmt, transmitido ao longo da linhagem materna, pois, em cada célula humana, há várias cópias dessa molécula.

B) do cromossomo X, pois a vítima herdou duas cópias desse cromossomo, estando assim em número superior aos demais.

C) do cromossomo autossômico, pois esse cromossomo apresenta maior quantidade de material genético quando comparado aos nucleares, como, por exemplo, o DNAmt.

D) do cromossomo Y, pois, em condições normais, este é transmitido integralmente do pai para toda a prole e está presente em duas cópias em células de indivíduos do sexo feminino.

E) de marcadores genéticos em cromossomos autossômicos, pois estes, além de serem transmitidos pelo pai e pela mãe, estão presentes em 44 cópias por célula, e os demais, em apenas uma.

Questão 108 (Enem 2014, questão 83 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 2*

A utilização de processos de biorremediação de resíduos gerados pela combustão incompleta de compostos orgânicos tem se tornado crescente, visando minimizar a poluição ambiental. Para a ocorrência de resíduos de naftaleno, algumas legislações limitam sua concentração em até 30 mg/kg para solo agrícola e 0,14 mg/L para água subterrânea. A quantificação desse resíduo foi realizada em diferentes ambientes, utilizando-se amostras de 500 g de solo e 100 mL de água, conforme apresentado no quadro.

Resíduo de naftaleno (g): Solo I: $1{,}0 \times 10^{-2}$; Solo II: $2{,}0 \times 10^{-2}$; Água I: $7{,}0 \times 10^{-6}$; Água II: $8{,}0 \times 10^{-6}$; Água III: $9{,}0 \times 10^{-6}$.

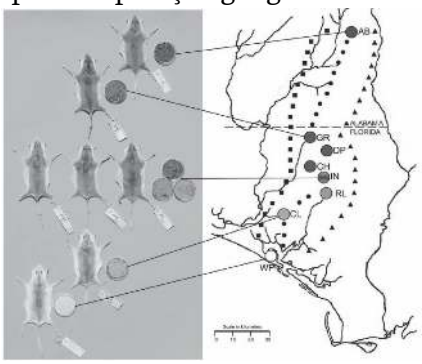
O ambiente que necessita de biorremediação é o(a)

A) solo I. B) solo II. C) água I. D) água II. E) água III.

Questão 109 (Enem 2009, questão 33 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 2*

Os ratos Peromyscus polionotus encontram-se distribuídos em ampla região na América do Norte. A pelagem de ratos dessa espécie varia do marrom claro até o escuro, sendo que os ratos de uma mesma população têm coloração muito semelhante. Em geral, a coloração da pelagem também é muito parecida à cor do solo da região em que se encontram, que também apresenta a mesma variação de cor, distribuída ao longo de um gradiente sul-norte. Na figura, encontram-se representadas sete diferentes populações de P. polionotus. Cada população é representada pela pelagem do rato, por uma amostra de solo e por sua posição geográfica no mapa.



Reprodução: ENEM 2009 (Inep)

MULLEN, L. M.; HOEKSTRA, H. E. Natural selection along an environmental gradient: a classic cline in mouse pigmentation. Evolution, 2008.

O mecanismo evolutivo envolvido na associação entre cores de pelagem e de substrato é

A) a alimentação, pois pigmentos de terra são absorvidos e alteram a cor da pelagem dos roedores.

B) o fluxo gênico entre as diferentes populações, que mantém constante a grande diversidade interpopulacional.

C) a seleção natural, que, nesse caso, poderia ser entendida como a sobrevivência diferenciada de indivíduos com características distintas.

D) a mutação genética, que, em certos ambientes, como os de solo mais escuro, têm maior ocorrência e capacidade de alterar significativamente a cor da pela-

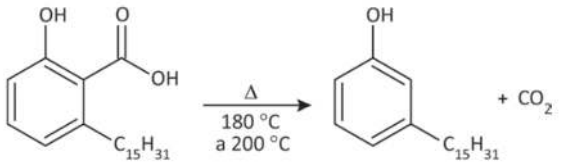
gem dos animais.

E) a herança de caracteres adquiridos, capacidade de organismos se adaptarem a diferentes ambientes e transmitirem suas características genéticas aos descendentes.

Questão 110 (Enem 2025, questão 109 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 1*

O fruto do cajueiro é um aquênio repleto de um líquido escuro, quase preto, cáustico e inflamável. Esse líquido da casca da castanha do caju (LCC) representa aproximadamente 25% da massa da castanha e é um subproduto de agronegócio do caju. Quando submetido a altas temperaturas, o ácido anacárdico presente no LCC é convertido a cardanol, que recebe a denominação de LCC técnico, conforme o esquema:



Ácido anacárdico **Cardanol**

MAZZETTO, S. E.; LOMONACO, D.; MELE, G. Óleo da castanha de caju: oportunidades e desafios no contexto do desenvolvimento e sustentabilidade industrial. **Química Nova**, n. 3, 2009 (adaptado).

O LCC técnico é produzido por meio de uma reação orgânica do tipo

A) hidrólise.
B) fenilação.
C) esterificação.
D) hidrogenação.
E) descarboxilação.

Questão 111 (Enem 2024, questão 128 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 2*

Placas solares comuns dependem de dias ensolarados para gerar energia. Mas podemos gerar eletricidade com a ajuda de gotas de chuva, revestindo placas solares com uma fina camada de grafeno. Os íons dissociados a partir da água da chuva (A^{m+} e B^{n-}) tornam a combinação grafeno e água da chuva um par perfeito para geração de energia. O processo requer apenas uma camada de grafeno para que grande quantidade de elétrons (e^-) se movimente ao longo da superfície.
Ao produzir eletricidade em dias chuvosos, o grafeno

A) oxida os cátions dissolvidos na água da chuva.

B) impede a difusão da água através das placas solares.

C) diminui a energia de ativação da reação no pseudocapacitor.

D) forma um compósito não metálico com os íons na água da chuva.

E) gera uma diferença de potencial pela interação dos elétrons com os cátions.

Questão 112 (Enem 2020, questão 91 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 2*



DAVIS, J. Disponível em: http://garfield.com. Acesso em: 10 fev. 2015.

Por qual motivo ocorre a eletrização ilustrada na tirinha?

A) Troca de átomos entre a calça e os pelos do gato.
B) Diminuição do número de prótons nos pelos do gato.
C) Criação de novas partículas eletrizadas nos pelos do gato.
D) Movimentação de elétrons entre a calça e os pelos do gato.
E) Repulsão entre partículas elétricas da calça e dos pelos do gato.

Questão 113 (Enem 2016, questão 78 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 2*

Após seu desgaste completo, os pneus podem ser queimados para a geração de energia. Dentre os gases gerados na combustão completa da borracha vulcanizada, alguns são poluentes e provocam a chuva ácida. Para evitar que escapem para a atmosfera, esses gases podem ser borbulhados em uma solução aquosa contendo uma substância adequada. Considere as informações das substâncias listadas no quadro.

Fenol: $C_6H_5OH + H_2O \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H_3O^+$, $K = 1{,}3 \times 10^{-10}$. Piridina: $C_5H_5N + H_2O \rightleftharpoons C_5H_5NH^+ + OH^-$, $K = 1{,}7 \times 10^{-9}$. Metilamina: $CH_3NH_2 + H_2O \rightleftharpoons CH_3NH_3^+ + OH^-$, $K = 4{,}4 \times 10^{-4}$. Hidrogenofosfato de potássio: $HPO_4^{2-} + H_2O \rightleftharpoons H_2PO_4^- + OH^-$, $K = 2{,}8 \times 10^{-2}$. Hidrogenossulfato de potássio: $HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons SO_4^{2-} + H_3O^+$, $K = 3{,}1 \times 10^{-2}$.

Dentre as substâncias listadas no quadro, aquela capaz de remover com maior eficiência os gases poluentes é o(a)

A) fenol.
B) piridina.
C) metilamina.
D) hidrogenofosfato de potássio.
E) hidrogenosulfato de potássio.

Questão 114 (Enem 2017, questão 117 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 2*

A distrofia muscular Duchenne (DMD) é uma doença causada por uma mutação em um gene localizado no cromossomo X. Pesquisadores estudaram uma família na qual gêmeas monozigóticas eram portadoras de um alelo mutante recessivo para esse gene (heterozigóticas). O interessante é que uma das gêmeas apresentava o fenótipo relacionado ao alelo mutante, isto é, DMD, enquanto a sua irmã apresentava fenótipo normal.

A diferença na manifestação da DMD entre as gêmeas pode ser explicada pela

A) dominância incompleta do alelo mutante em relação ao alelo normal.
B) falha na separação dos cromossomos X no momento da separação dos dois embriões.

C) recombinação cromossômica em uma divisão celular embrionária anterior à separação dos dois embriões.

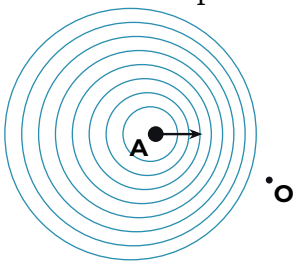
D) inativação aleatória de um dos cromossomos X em fase posterior à divisão que resulta nos dois embriões.

E) origem paterna do cromossomo portador do alelo mutante em uma das gêmeas e origem materna na outra.

Questão 115 (Enem 2016, questão 49 do caderno azul)

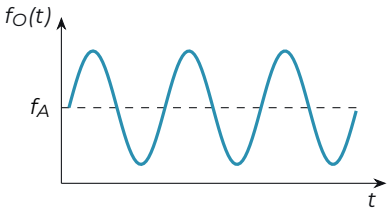
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 1*

Uma ambulância A em movimento retilíneo e uniforme aproxima-se de um observador O, em repouso. A sirene emite um som de frequência constante fA. O desenho ilustra as frentes de onda do som emitido pela ambulância. O observador possui um detector que consegue registrar, no esboço de um gráfico, a frequência da onda sonora detectada em função do tempo fO(t), antes e depois da passagem da ambulância por ele.

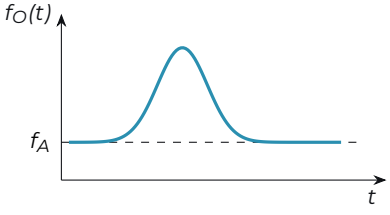


Qual esboço gráfico representa a frequência fO(t) detectada pelo observador?

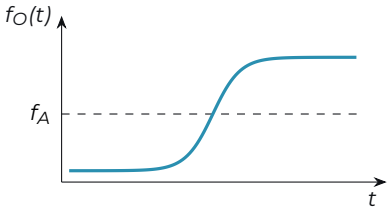
A)



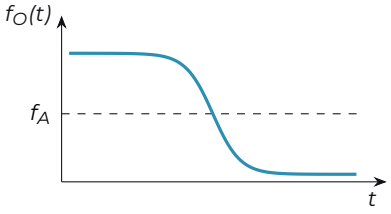
B)



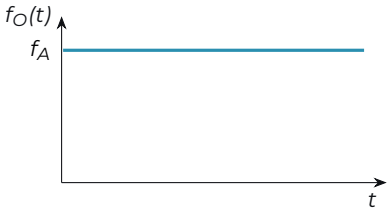
C)



D)



E)



Questão 116 (Enem 2011, questão 90 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 2*

De acordo com o relatório "A grande sombra da pecuária" (Livestock's Long Shadow), feito pela Organização das Nações Unidas para a Agricultura e a Alimentação, o gado é responsável por cerca de 18% do aquecimento global, uma contribuição maior que a do setor de transportes.

Disponível em: www.conpet.gov.br. Acesso em: 22 jun. 2010.

A criação de gado em larga escala contribui para o aquecimento global por meio da emissão de

A) metano durante o processo de digestão.

B) óxido nitroso durante o processo de ruminação.

C) clorofluorcarbono durante o transporte de carne.

D) óxido nitroso durante o processo respiratório.

E) dióxido de enxofre durante o consumo de pastagens.

Questão 117 (Enem 2011, questão 85 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 2*

Um dos processos usados no tratamento do lixo é a incineração, que apresenta vantagens e desvantagens. Em São Paulo, por exemplo, o lixo é queimado a altas temperaturas e parte da energia liberada é transformada em energia elétrica. No entanto, a incineração provoca a emissão de poluentes na atmosfera.
Uma forma de minimizar a desvantagem da incineração, destacada no texto, é

A) aumentar o volume do lixo incinerado para aumentar a produção de energia elétrica.

B) fomentar o uso de filtros nas chaminés dos incineradores para diminuir a poluição do ar.

C) aumentar o volume do lixo para baratear os custos operacionais relacionados ao processo.

D) fomentar a coleta seletiva de lixo nas cidades para aumentar o volume de lixo incinerado.

E) diminuir a temperatura de incineração do lixo para produzir maior quantidade de energia elétrica.

Questão 118 (Enem 2018, questão 123 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 3*

As células e os organismos precisam realizar trabalho para permanecerem vivos e se reproduzirem. A energia metabólica necessária para a realização desse trabalho é oriunda da oxidação de combustíveis, gerados no ciclo do carbono, por meio de processos capazes de interconverter diferentes formas da energia.
Nesse ciclo, a formação de combustíveis está vinculada à conversão de energia

A) térmica em cinética.
B) química em térmica.
C) eletroquímica em calor.
D) cinética em eletromagnética.
E) eletromagnética em química.

Questão 119 (Enem 2018, questão 110 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 1, semana 4*

Um estudante relatou que o mapeamento do DNA da cevada foi quase todo concluído e seu código genético desvendado. Chamou atenção para o número de genes que compõem esse código genético e que a semente da cevada, apesar de pequena, possui um genoma mais complexo que o humano, sendo boa parte desse código constituída de sequências repetidas. Nesse contexto, o conceito de código genético está abordado de forma equivocada.
Cientificamente esse conceito é definido como

A) trincas de nucleotídeos que codificam os aminoácidos.

B) localização de todos os genes encontrados em um genoma.

C) codificação de sequências repetidas presentes em um genoma.

D) conjunto de todos os RNAs mensageiros transcritos em um organismo.

E) todas as sequências de pares de bases presentes em um organismo.

Questão 120 (Enem 2024, questão 121 do caderno azul)

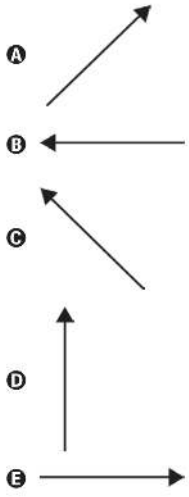
► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 3*

Na tirinha, Calvin se divertia em um balanço antes de soltar-se dele e cair ao chão. Em sua fala, ele demonstra ter imaginado que permaneceria em movimento circular. Porém, a força gravitacional, que permanece atuando no garoto, modifica a direção de sua velocidade, fazendo com que ele chegue ao chão da maneira ilustrada no último quadrinho.



WATTERSON, B. Disponível em: https://tiras-do-calvin.tumblr.com. Acesso em: 19 nov. 2021 (adaptado).

Qual vetor representa a força resultante exercida pelo chão sobre Calvin no exato momento em que ele toca o chão?



Questão 121 (Enem 2015, questão 59 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 2*

Uma forma de organização de um sistema biológico é a presença de sinais diversos utilizados pelos indivíduos para se comunicarem. No caso das abelhas da espécie Apis mellifera, os sinais utilizados podem ser feromônios. Para saírem e voltarem de suas colmeias, usam um feromônio que indica a trilha percorrida por elas (Composto A). Quando pressentem o perigo, expelem um feromônio de alarme (Composto B), que serve de sinal para um combate coletivo. O que diferencia cada um desses sinais utilizados pelas abelhas são as estruturas e funções orgânicas dos feromônios.

As funções orgânicas que caracterizam os feromônios de trilha e de alarme são, respectivamente,

A) álcool e éster.
B) aldeído e cetona.
C) éter e hidrocarboneto.
D) enol e ácido carboxílico.
E) ácido carboxílico e amida.

Questão 122 (Enem 2010, questão 80 do caderno azul)

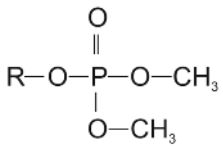
► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 2*

Os pesticidas modernos são divididos em várias classes, entre as quais se destacam os organofosforados, materiais que apresentam efeito tóxico agudo para os seres humanos. Esses pesticidas contêm um átomo central de fósforo ao qual estão ligados outros átomos ou grupo de átomos como oxigênio, enxofre, grupos metoxi ou etoxi, ou um radical orgânico de cadeia longa. Os organofosforados são divididos em três subclasses: **Tipo A**, na qual o enxofre não se incorpora na molécula; **Tipo B**, na qual o oxigênio, que faz dupla ligação com fósforo, é substituído pelo enxofre; e **Tipo C**, no qual dois oxigênios são substituídos por enxofre.

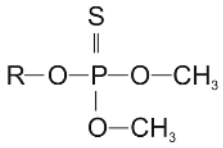
BAIRD, C. **Química Ambiental.** Bookman, 2005.

Um exemplo de pesticida organofosforado **Tipo B**, que apresenta grupo etoxi em sua fórmula estrutural, está representado em:

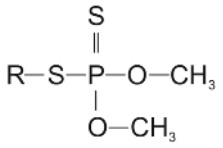
A



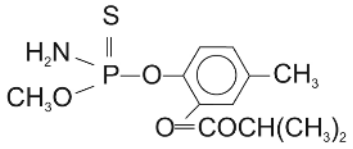
B



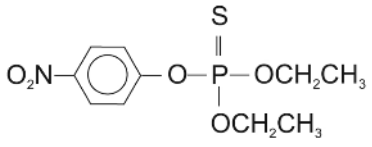
C



D



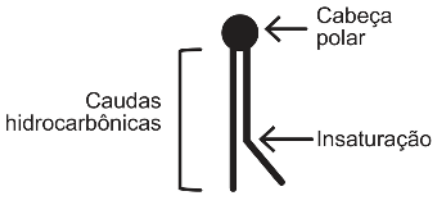
E



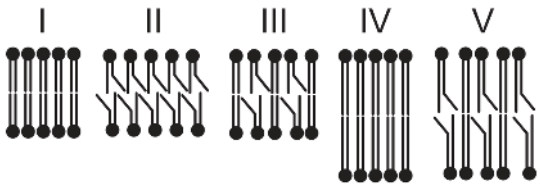
Questão 123 (Enem 2019, questão 116 do caderno azul)

A fluidez da membrana celular é caracterizada pela capacidade de movimento das moléculas componentes dessa estrutura. Os seres vivos mantêm essa propriedade de duas formas: controlando a temperatura e/ou alterando a composição lipídica da membrana. Neste último aspecto, o tamanho e o grau de insaturação das caudas hidrocarbônicas dos fosfolipídios, conforme representados na figura, influenciam significativamente a fluidez. Isso porque quanto maior for a magnitude das interações entre os fosfolipídios, menor será a fluidez da membrana.

Representação simplificada da estrutura de um fosfolipídio



Assim, existem bicamadas lipídicas com diferentes composições de fosfolipídios, como as mostradas de I a V.



Qual das bicamadas lipídicas apresentadas possui maior fluidez?

A I
B II
C III
D IV
E V

Questão 124 (Enem 2023, questão 128 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 4*

É comum em viagens de avião sermos solicitados a desligar aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas, como celulares. A justificativa dada para esse procedimento é, entre outras coisas, a necessidade de eliminar fontes de sinais eletromagnéticos que possam interferir nas comunicações, via rádio, dos pilotos com a torre de controle.
Essa interferência poderá ocorrer somente se as ondas emitidas pelo celular e as recebidas pelo rádio do avião

A) forem ambas audíveis.

B) tiverem a mesma potência.

C) tiverem a mesma frequência.

D) tiverem a mesma intensidade.

E) propagarem-se com velocidades diferentes.

Questão 125 (Enem 2024, questão 130 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 2*

O diagrama P-V a seguir representa o ciclo de Otto para um motor de combustão interna, como os motores a gasolina ou a etanol, utilizados nos automóveis.

As etapas representadas no diagrama estão descritas no quadro.

I (0 a 1): admissão isobárica da mistura ar-combustível no cilindro do motor. II (1 a 2): compressão adiabática da mistura. III (2 a 3): introdução de energia na forma de calor da combustão. IV (3 a 4): expansão adiabática. V (4 a 1): liberação de energia na forma de calor. VI (1 a 0): liberação dos gases resultantes da combustão.

A transformação da energia térmica em energia útil ocorre na etapa

A) II. B) III. C) IV. D) V. E) VI.

Questão 126 (Enem 2010, questão 62 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 1*

Para explicar a absorção de nutrientes, bem como a função das microvilosidades das membranas das células que revestem as paredes internas do intestino delgado, um estudante realizou o seguinte experimento:

Colocou 200 mℓ de água em dois recipientes. No primeiro recipiente, mergulhou, por 5 segundos, um pedaço de papel liso, como na FIGURA 1; no segundo recipiente, fez o mesmo com um pedaço de papel com dobras simulando as microvilosidades, conforme FIGURA 2. Os dados obtidos foram: a quantidade de água absorvida pelo papel liso foi de 8 mℓ, enquanto pelo papel dobrado foi de 12 mℓ.

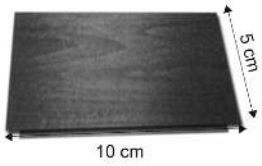


FIGURA 1

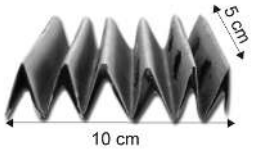


FIGURA 2

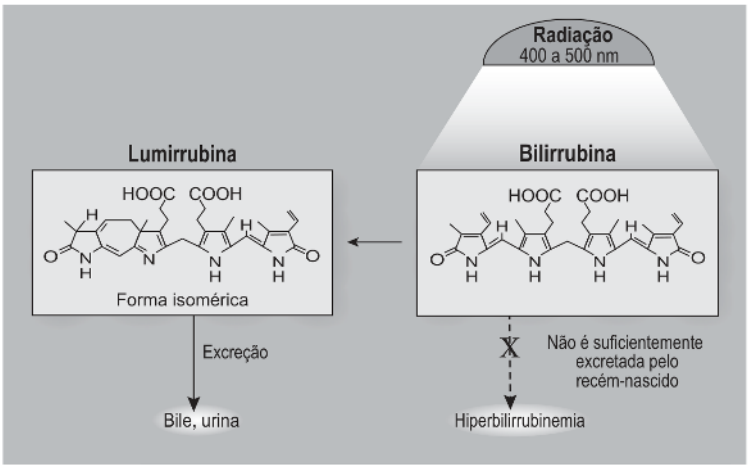
Com base nos dados obtidos, infere-se que a função das microvilosidades intestinais com relação à absorção de nutrientes pelas células das paredes internas do intestino é a de

A) manter o volume de absorção.
B) aumentar a superfície de absorção.
C) diminuir a velocidade de absorção.
D) aumentar o tempo de absorção.
E) manter a seletividade na absorção.

Questão 127 (Enem 2021, questão 106 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 3*

A icterícia, popularmente conhecida por amarelão, é uma patologia frequente em recém-nascidos. Um bebê com icterícia não consegue metabolizar e excretar de forma eficiente a bilirrubina. Com isso, o acúmulo dessa substância deixa-o com a pele amarelada. A fototerapia é um tratamento da icterícia neonatal, que consiste na irradiação de luz no bebê. Na presença de luz, a bilirrubina é convertida no seu isômero lumirrubina que, por ser mais solúvel em água, é excretada pela bile ou pela urina. A imagem ilustra o que ocorre nesse tratamento.

MOREIRA, M. et al. **O recém-nascido de alto risco**: teoria e prática do cuidar [on-line]. Rio de Janeiro: Fiocruz, 2004 (adaptado).



WANG, J. et. al. Challenges of phototherapy for neonatal hyperbilirubinemia (Review). **Experimental and Therapeutic Medicine**, n. 21, 2021 (adaptado).

Na fototerapia, a luz provoca a conversão da bilirrubina no seu isômero

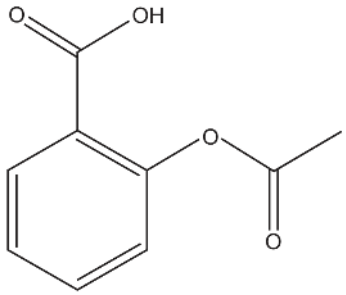
A ótico.
B funcional.
C de cadeia.
D de posição.
E geométrico.

Questão 128 (Enem 2021, questão 103 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 3*

Um técnico analisou um lote de analgésicos que supostamente estava fora das especificações. A composição prevista era 100 mg de ácido acetilsalicílico por comprimido (princípio ativo, cuja estrutura está apresentada na figura), além do amido e da celulose (componentes inertes). O técnico realizou os seguintes testes:

1) obtenção da massa do comprimido;
2) medição da densidade do comprimido;
3) verificação do pH com papel indicador;
4) determinação da temperatura de fusão do comprimido;
5) titulação com solução aquosa de NaOH.

Após a realização dos testes, o lote do medicamento foi reprovado porque a quantidade de ácido acetilsalicílico por comprimido foi de apenas 40% da esperada.



Ácido acetilsalicílico

O teste que permitiu reprovar o lote de analgésicos foi o de número

A 1.
B 2.
C 3.
D 4.
E 5.

Questão 129 (Enem 2024, questão 101 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 1*

A saúde do professor: acústica arquitetônica
Dentre os parâmetros acústicos que afetam a inteligibilidade dos sons emitidos em ambientes fechados, destacam-se o ruído de fundo do ambiente e o decréscimo do nível sonoro com a distância da fonte emissora. Assim, sentar-se no fundo da sala de aula pode prejudicar a aprendizagem dos estudantes, por impedir que eles distingam, com precisão, os sons emitidos, diminuindo a inteligibilidade da fala de seus professores. Considere a situação exemplificada pelo infográfico: à distância de 1 metro, o nível sonoro da fala de um professor é de 60 dB e diminui com a distância. Considere, ainda, que o ruído de fundo nessa sala de aula pode chegar a 45 dB e que, para ser compreendida, o nível sonoro da fala do professor deve estar 5 dB acima desse ruído.
Para um valor máximo do ruído de fundo, a maior distância que um estudante pode estar do professor para que ainda consiga compreender sua fala é mais próxima de
A) 3,0 m. B) 4,5 m. C) 6,5 m. D) 8,0 m. E) 9,5 m.

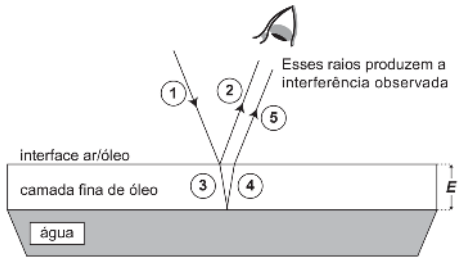
Questão 130 (Enem 2022, questão 132 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 3*

Os resultados de um ensaio clínico randomizado na Indonésia apontaram uma redução de 77% dos casos de dengue nas áreas que receberam o mosquito Aedes aegypti infectado com a bactéria Wolbachia. Trata-se da mesma técnica utilizada no Brasil pelo Método Wolbachia, iniciativa conduzida pela Fundação Oswaldo Cruz — Fiocruz. Essa bactéria induz a redução da carga viral no mosquito e, consequentemente, o número de casos de dengue na área, sendo repassada por meio do cruzamento entre os insetos. Como essa bactéria é um organismo intracelular e o vírus também precisa entrar nas células para se reproduzir, ambos necessitarão de recursos comuns.
Essa tecnologia utilizada no combate à dengue consiste na

A) predação do vírus pela bactéria.
B) esterilização de mosquitos infectados.
C) alteração no genótipo do mosquito pela bactéria.
D) competição do vírus e da bactéria no hospedeiro.
E) inserção de material genético do vírus na bactéria.

Questão 131 (Enem 2015, questão 53 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 4*

Certos tipos de superfícies na natureza podem refletir luz de forma a gerar um efeito de arco-íris. Essa característica é conhecida como iridescência e ocorre por causa do fenômeno da interferência de película fina. A figura ilustra o esquema de uma fina camada iridescente de óleo sobre uma poça d'água. Parte do feixe de luz branca incidente (1) reflete na interface ar/óleo e sofre inversão de fase (2), o que equivale a uma mudança de meio comprimento de onda. A parte refratada do feixe (3) incide na interface óleo/água e sofre reflexão sem inversão de fase (4). O observador indicado enxergará aquela região do filme com coloração equivalente à do comprimento de onda que sofre interferência completamente construtiva entre os raios (2) e (5), mas essa condição só é possível para uma espessura mínima da película. Considere que o caminho percorrido em (3) e (4) corresponde ao dobro da espessura *E* da película de óleo.



Disponível em: http://2011.igem.org. Acesso em: 18 nov. 2014 (adaptado).

Expressa em termos do comprimento de onda (λ), a espessura mínima é igual a

A) $\frac{\lambda}{4}$.
B) $\frac{\lambda}{2}$.
C) $\frac{3\lambda}{4}$.
D) λ.
E) 2λ.

Questão 132 (Enem 2019, questão 101 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 1*

A eritropoetina (EPO) é um hormônio endógeno secretado pelos rins que influencia a maturação dos eritrócitos. Suas formas

recombinantes, sintetizadas em laboratório, têm sido usadas por alguns atletas em esportes de resistência na busca por melhores resultados. No entanto, a administração da EPO recombinante no esporte foi proibida pelo Comitê Olímpico Internacional e seu uso considerado doping.
Uma influência que esse doping poderá exercer na melhoria da capacidade física desses atletas está relacionada ao transporte de

A) lipídios, para aumento do gasto calórico.

B) ATP, para aumento da síntese hormonal.

C) oxigênio, para aumento da produção de ATP.

D) proteínas, para aumento da massa muscular.

E) vitamina C, para aumento da integridade dos vasos sanguíneos.

Questão 133 (Enem 2024, questão 111 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 4*

O exoesqueleto dos crustáceos é formado por quitina e impregnações de sais calcários e, por isso, é mais duro quando comparado com o exoesqueleto de outros artrópodes. Esse revestimento externo confere proteção, mas, por ser duro, limita o crescimento desses animais.
Para superar essa limitação, o exoesqueleto deve ser

A) formado somente na fase adulta do animal.

B) fragmentado para expansão nas áreas de articulação.

C) modelado continuamente para ajuste ao tamanho do corpo.

D) substituído por meio de mudas que ocorrem periodicamente.

E) impregnado por pequena quantidade de sais para sua distensão.

Questão 134 (Enem 2024, questão 123 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 2*

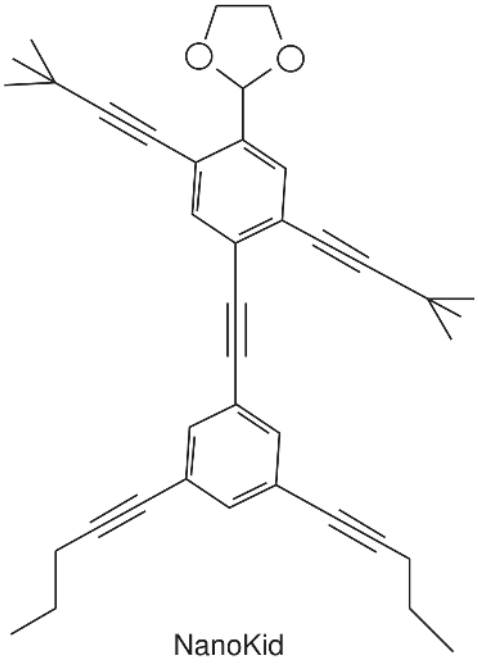
Os pesticidas naturais vêm sendo utilizados no controle de pragas e doenças agrícolas como substituintes de pesticidas sintéticos tradicionais, por serem menos nocivos ao ambiente, biodegradáveis e minimizarem custos e riscos relativos à lavoura. Por exemplo, os compostos 1 e 2 estão envolvidos nas respostas de defesa das plantas. Os grupos funcionais presentes nesses compostos são importantes para suas propriedades no controle de pragas.
Qual é a função orgânica correspondente ao grupo funcional comum presente nesses dois compostos?

A) Ácido carboxílico.
B) Cetona.
C) Alceno.
D) Álcool.
E) Fenol.

Questão 135 (Enem 2013, questão 90 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 2*

As moléculas de *nanoputians* lembram figuras humanas e foram criadas para estimular o interesse de jovens na compreensão da linguagem expressa em fórmulas estruturais, muito usadas em química orgânica. Um exemplo é o NanoKid, representado na figura:



CHANTEAU, S. H.; TOUR, J. M. **The Journal of Organic Chemistry**, v. 68, n. 23, 2003 (adaptado).

Em que parte do corpo do NanoKid existe carbono quaternário?

A) Mãos.
B) Cabeça.
C) Tórax.
D) Abdômen.
E) Pés.

Matemática · 45 questões

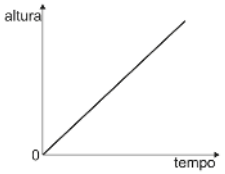
Questão 136 (Enem 2020, questão 166 do caderno azul)

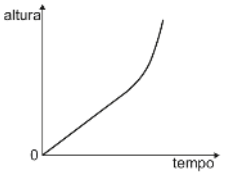
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 3*

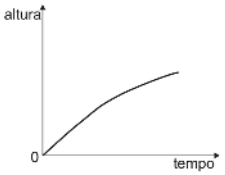
O consumo de espumantes no Brasil tem aumentado nos últimos anos. Uma das etapas do seu processo de produção consiste no envasamento da bebida em garrafas semelhantes às da imagem. Nesse processo, a vazão do líquido no interior da garrafa é constante e cessa quando atinge o nível de envasamento.

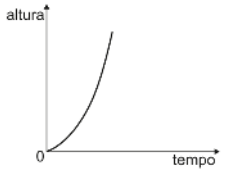


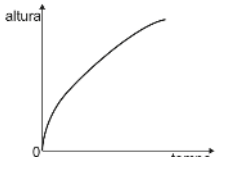
Qual esboço de gráfico melhor representa a variação da altura do líquido em função do tempo, na garrafa indicada na imagem?

A)


B)


C)


D)


E)


Questão 137 (Enem 2023, questão 150 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 3*

Dirigir após ingerir bebidas alcoólicas é uma atitude extremamente perigosa, uma vez que, a partir da primeira dose, a pessoa já começa a ter perda de sensibilidade de movimentos e de reflexos. Apesar de a eliminação e absorção do álcool depender de cada pessoa e de como o organismo consegue metabolizar a substância, ao final da primeira hora após a ingestão, a concentração de álcool (C) no sangue corresponde a aproximadamente 90% da quantidade (q) de álcool ingerida, e a eliminação total dessa concentração pode demorar até 12 horas.
Nessas condições, ao final da primeira hora após a ingestão da quantidade q de álcool, a concentração C dessa substância no sangue é expressa algebricamente por
A) $C = 0{,}9q$ B) $C = 0{,}1q$ C) $C = 1 - 0{,}1q$
D) $C = 1 - 0{,}9q$ E) $C = q - 10$

Questão 138 (Enem 2010, questão 174 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 1*

O diretor de um colégio leu numa revista que os pés das mulheres estavam aumentando. Há alguns anos, a média do tamanho dos calçados das mulheres era de 35,5 e, hoje, é de 37,0. Embora não fosse uma informação científica, ele ficou curioso e fez uma pesquisa com as funcionárias do seu colégio, obtendo o quadro a seguir:
Tamanho dos calçados — número de funcionárias: 39,0 — 1; 38,0 — 10; 37,0 — 3; 36,0 — 5; 35,0 — 6.
Escolhendo uma funcionária ao acaso e sabendo que ela tem calçado maior que 36,0, a probabilidade de ela calçar 38,0 é
A) 1/3 B) 1/5 C) 2/5 D) 5/7 E) 5/14

Questão 139 (Enem 2018, questão 177 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 1, semana 4*

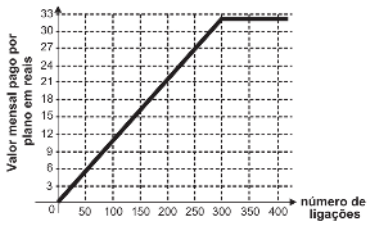
Devido ao não cumprimento das metas definidas para a campanha de vacinação contra a gripe comum e o vírus H1N1 em um ano, o Ministério da Saúde anunciou a prorrogação da campanha por mais uma semana. A tabela apresenta as quantidades de pessoas vacinadas dentre os cinco grupos de risco até a data de início da prorrogação da campanha.
Disponível em: http://portalsaude.saude.gov.br. Acesso em: 16 ago. 2012.
Qual é a porcentagem do total de pessoas desses grupos de risco já vacinadas?
A) 12 B) 18 C) 30 D) 40 E) 50

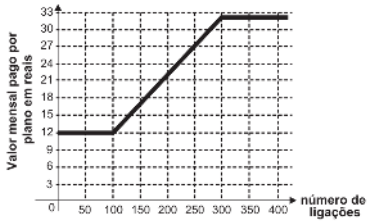
Questão 140 (Enem 2015, questão 176 do caderno azul)

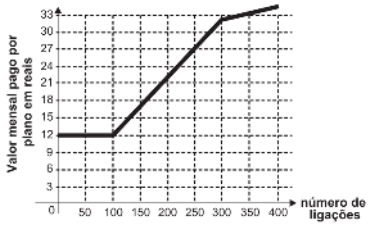
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 1*

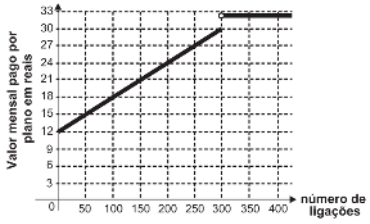
Após realizar uma pesquisa de mercado, uma operadora de telefonia celular ofereceu aos clientes que utilizavam até 500 ligações ao mês o seguinte plano mensal: um valor fixo de R$ 12,00 para os clientes que fazem até 100 ligações ao mês. Caso o cliente faça mais de 100 ligações, será cobrado um valor adicional de R$ 0,10 por ligação, a partir da 101ª até a 300ª; e caso realize entre 300 e 500 ligações, será cobrado um valor fixo mensal de R$ 32,00.

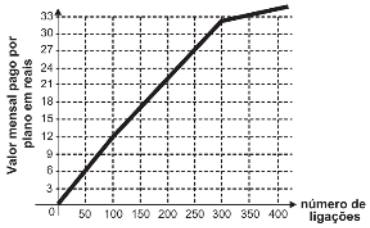
Com base nos elementos apresentados, o gráfico que melhor representa a relação entre o valor mensal pago nesse plano e o número de ligações feitas é:

A)


B)


C)


D)


E)


Questão 141 (Enem 2016, questão 140 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 2*

O procedimento de perda rápida de "peso" é comum entre os atletas dos esportes de combate. Para participar de um torneio, quatro atletas da categoria até 66 kg, Peso-Pena, foram submetidos a dietas balanceadas e atividades físicas. Realizaram três "pesagens" antes do início do torneio. Pelo regulamento do torneio, a primeira luta deverá ocorrer entre o atleta mais regular e o menos regular quanto aos "pesos". As informações com base nas pesagens dos atletas estão no quadro.

Quadro (pesagens em kg; média; mediana; desvio padrão): I: 78, 72, 66; média 72; mediana 72; DP 4,90. II: 83, 65, 65; média 71; mediana 65; DP 8,49. III: 75, 70, 65; média 70; mediana 70; DP 4,08. IV: 80, 77, 62; média 73; mediana 77; DP 7,87.

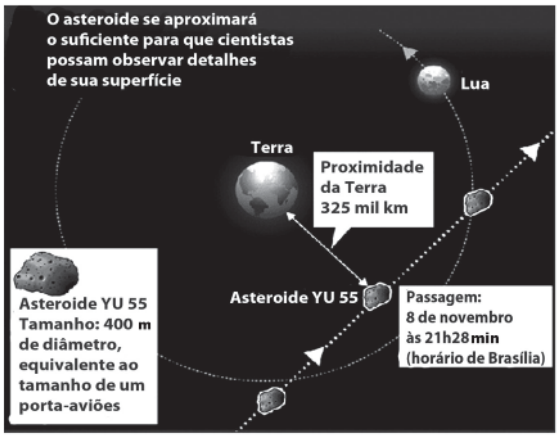
Após as três "pesagens", os organizadores do torneio informaram aos atletas quais deles se enfrentariam na primeira luta.

A primeira luta foi entre os atletas

A) I e III. B) I e IV. C) II e III. D) II e IV. E) III e IV.

Questão 142 (Enem 2012, questão 172 do caderno azul)

A Agência Espacial Norte Americana (NASA) informou que o asteroide YU 55 cruzou o espaço entre a Terra e a Lua no mês de novembro de 2011. A ilustração a seguir sugere que o asteroide percorreu sua trajetória no mesmo plano que contém a órbita descrita pela Lua em torno da Terra. Na figura, está indicada a proximidade do asteroide em relação à Terra, ou seja, a menor distância que ele passou da superfície terrestre.



Fonte: NASA

AFP

Disponível em: http://noticias.terra.com.br (adaptado).

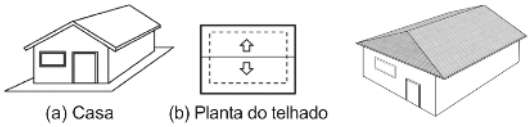
Com base nessas informações, a menor distância que o asteroide YU 55 passou da superfície da Terra é igual a

A) $3{,}25 \times 10^2$ km.
B) $3{,}25 \times 10^3$ km.
C) $3{,}25 \times 10^4$ km.
D) $3{,}25 \times 10^5$ km.
E) $3{,}25 \times 10^6$ km.

Questão 143 (Enem 2020, questão 177 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 3*

A Figura 1 apresenta uma casa e a planta do seu telhado, em que as setas indicam o sentido do escoamento da água de chuva. Um pedreiro precisa fazer a planta do escoamento da água de chuva de um telhado que tem três caídas de água, como apresentado na Figura 2.

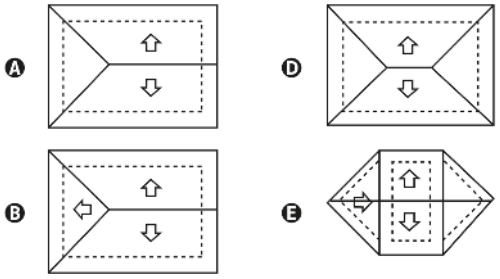


(a) Casa (b) Planta do telhado

Figura 1

Figura 2

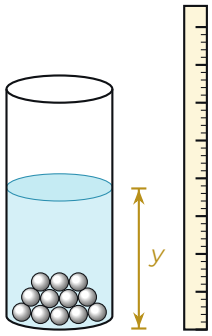
A figura que representa a planta do telhado da Figura 2 com o escoamento da água de chuva que o pedreiro precisa fazer é



Questão 144 (Enem 2009, questão 159 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 3*

Um experimento consiste em colocar certa quantidade de bolas de vidro idênticas em um copo com água até certo nível e medir o nível da água, conforme ilustrado na figura a seguir. Como resultado do experimento, concluiu-se que o nível da água é função do número de bolas de vidro que são colocadas dentro do copo.



O quadro a seguir mostra alguns resultados do experimento realizado.

número de bolas (x)	nível da água (y)
5	6,35 cm
10	6,70 cm
15	7,05 cm

Disponível em: www.penta.ufrgs.br. Acesso em: 13 jan. 2009 (adaptado).

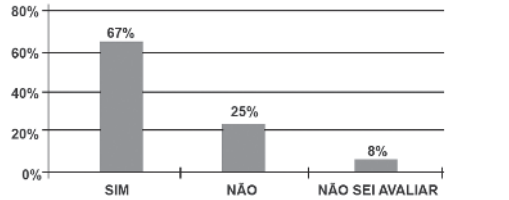
Qual a expressão algébrica que permite calcular o nível da água (y) em função do número de bolas (x)?

A) y = 30x.
B) y = 25x + 20,2.
C) y = 1,27x.
D) y = 0,7x.
E) y = 0,07x + 6.

Questão 145 (Enem 2011, questão 175 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 1, semana 4*

Uma enquete, realizada em março de 2010, perguntava aos internautas se eles acreditavam que as atividades humanas provocam o aquecimento global. Eram três as alternativas possíveis e 279 internautas responderam à enquete, como mostra o gráfico.



Época. Ed. 619, 29 mar. 2010 (adaptado).

Analisando os dados do gráfico, quantos internautas responderam "NÃO" à enquete?

A) Menos de 23.
B) Mais de 23 e menos de 25.
C) Mais de 50 e menos de 75.
D) Mais de 100 e menos de 190.
E) Mais de 200.

Questão 146 (Enem 2025, questão 143 do caderno azul)

Na cantina de uma escola, há cinco alimentos vendidos em pacotes com diferentes quantidades de porções.

As informações nutricionais contidas nos rótulos desses produtos estão indicadas nas imagens.

Uma estudante opta sempre pelo alimento com a menor quantidade total de sódio por pacote.

Qual desses produtos deve ser o escolhido pela estudante?

A) Batata chips.
B) Palitos salgados.
C) Biscoito multigrãos.
D) Biscoito de polvilho.
E) Biscoito de água e sal.

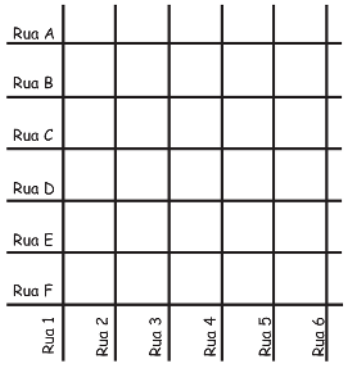
Questão 147 (Enem 2025, questão 136 do caderno azul)

Uma pessoa pretende instalar um kit de gás natural veicular (GNV) em seu carro. Na loja

que escolheu para realizar a compra e instalação desse kit, havia cinco modelos de cilindro para armazenamento do gás, cujas capacidades, em metro cúbico, eram, respectivamente: 10, 14, 17, 21 e 25. O preço do cilindro é proporcional à sua capacidade. Esse carro rodará 30 km diariamente, 7 dias por semana, e o consumo do GNV é de 1 m^3 a cada 13 km rodados. A pessoa escolherá o modelo de cilindro de menor preço e que garanta apenas um abastecimento semanal.
Nessas condições, qual será a capacidade, em metro cúbico, do cilindro escolhido por essa pessoa?
A) 10 B) 14 C) 17 D) 21 E) 25

Questão 148 (Enem 2016, questão 142 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 2*

Uma família resolveu comprar um imóvel num bairro cujas ruas estão representadas na figura. As ruas com nomes de letras são paralelas entre si e perpendiculares às ruas identificadas com números. Todos os quarteirões são quadrados, com as mesmas medidas, e todas as ruas têm a mesma largura, permitindo caminhar somente nas direções vertical e horizontal. Desconsidere a largura das ruas.



A família pretende que esse imóvel tenha a mesma distância de percurso até o local de trabalho da mãe, localizado na rua 6 com a rua E, o consultório do pai, na rua 2 com a rua E, e a escola das crianças, na rua 4 com a rua A.
Com base nesses dados, o imóvel que atende as pretensões da família deverá ser localizado no encontro das ruas
A 3 e C.
B 4 e C.
C 4 e D.
D 4 e E.
E 5 e C.

Questão 149 (Enem 2022, questão 144 do caderno azul)
► *ainda não estudado: volume futuro*

Cada número que identifica uma agência bancária tem quatro dígitos: N1, N2, N3, N4 mais um dígito verificador N5.
Todos esses dígitos são números naturais pertencentes ao conjunto {0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9}. Para a determinação de N5, primeiramente multiplica-se ordenadamente os quatro primeiros dígitos do número da agência por 5, 4, 3 e 2, respectivamente, somam-se os resultados e obtém-se S = 5N1 + 4N2 + 3N3 + 2N4.
Posteriormente, encontra-se o resto da divisão de S por 11, denotando por R esse resto.
Dessa forma, N5 é a diferença 11 − R.
Considere o número de uma agência bancária cujos quatro primeiros dígitos são 0100.
Qual é o dígito verificador N5 dessa agência bancária?
A) 0 B) 6 C) 7 D) 8 E) 9

Questão 150 (Enem 2024, questão 179 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 4*

Uma empresa de engenharia foi contratada para realizar um serviço no valor de R$ 71 250,00. Os sócios da empresa decidiram que 40% desse valor seria destinado ao pagamento de três engenheiros que gerenciaram o serviço. O pagamento para cada um deles será feito de forma diretamente proporcional ao total de horas trabalhadas. O número de dias e o número de horas diárias trabalhadas pelos engenheiros foram, respectivamente:
• engenheiro I: 4 dias, numa jornada de 5 horas e meia por dia;
• engenheiro II: 5 dias, numa jornada de 4 horas por dia;
• engenheiro III: 6 dias, numa jornada de 2 horas e meia por dia.
Qual a maior diferença, em real, entre os valores recebidos por esse serviço entre dois desses engenheiros?
A) 1 000 B) 1 500 C) 3 500 D) 3 800 E) 5 250

Questão 151 (Enem 2023, questão 166 do caderno azul)

Uma pessoa pratica quatro atividades físicas — caminhar, correr, andar de bicicleta e jogar futebol — como parte de seu programa de emagrecimento. Essas atividades são praticadas semanalmente de acordo com o quadro, que apresenta o número de horas diárias

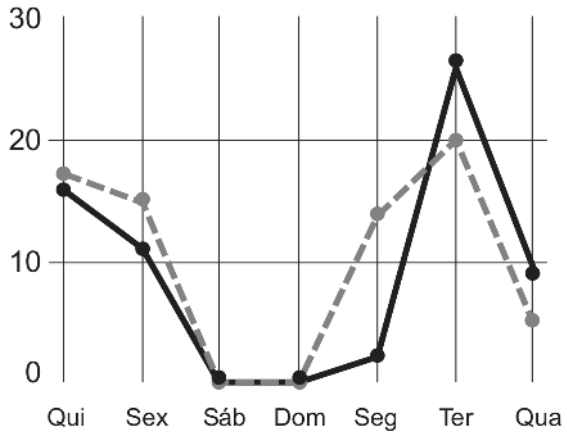
por atividade.
Ela deseja comemorar seu aniversário e escolhe o dia da semana em que o gasto calórico com as atividades físicas praticadas for o maior. Para tanto, considera que os valores dos gastos calóricos das atividades por hora (cal/h) são os seguintes:
O dia da semana em que será comemorado o aniversário é
A) segunda-feira. B) terça-feira.
C) quarta-feira. D) quinta-feira.
E) sexta-feira.

Questão 152 (Enem 2011, questão 180 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 3*

Uma indústria fabrica um único tipo de produto e sempre vende tudo o que produz. O custo total para fabricar uma quantidade q de produtos é dado por uma função, simbolizada por CT, enquanto o faturamento que a empresa obtém com a venda da quantidade q também é uma função, simbolizada por FT. O lucro total (LT) obtido pela venda da quantidade q de produtos é dado pela expressão LT(q) = FT(q) – CT(q).
Considerando-se as funções FT(q) = 5q e CT(q) = 2q + 12 como faturamento e custo, qual a quantidade mínima de produtos que a indústria terá de fabricar para não ter prejuízo?
A) 0 B) 1 C) 3 D) 4 E) 5

Questão 153 (Enem 2012, questão 163 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 2*

A figura a seguir apresenta dois gráficos com informações sobre as reclamações diárias recebidas e resolvidas pelo Setor de Atendimento ao Cliente (SAC) de uma empresa, em uma dada semana. O gráfico de linha tracejada informa o número de reclamações recebidas no dia, o de linha contínua é o número de reclamações resolvidas no dia. As reclamações podem ser resolvidas no mesmo dia ou demorarem mais de um dia para serem resolvidas.



O gerente de atendimento deseja identificar os dias da semana em que o nível de eficiência pode ser considerado muto bom, ou seja, os dias em que o número de reclamações resolvidas excede o número de reclamações recebidas.

Disponível em: http://blog.bibliotecaunix.org. Acesso em: 21 jan. 2012 (adaptado).

O gerente de atendimento pôde concluir, baseado no conceito de eficiência utilizado na empresa e nas informações do gráfico, que o nível de eficiência foi muito bom na

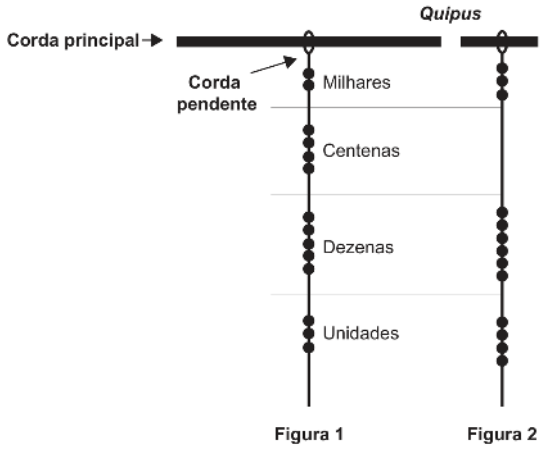
A) segunda e na terça-feira.
B) terça e na quarta-feira.
C) terça e na quinta-feira.
D) quinta-feira, no sábado e no domingo.
E) segunda, na quinta e na sexta-feira.

Questão 154 (Enem 2015, questão 142 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 3*

Em uma central de atendimento, cem pessoas receberam senhas numeradas de 1 até 100. Uma das senhas é sorteada ao acaso.
Qual é a probabilidade de a senha sorteada ser um número de 1 a 20?
A) 1/100 B) 19/100 C) 20/100 D) 21/100 E) 80/100

Questão 155 (Enem 2014, questão 172 do caderno azul)

Os incas desenvolveram uma maneira de registrar quantidades e representar números utilizando um sistema de numeração decimal posicional: um conjunto de cordas com nós denominado *quipus*. O *quipus* era feito de uma corda matriz, ou principal (mais grossa que as demais), na qual eram penduradas outras cordas, mais finas, de diferentes tamanhos e cores (cordas pendentes). De acordo com a sua posição, os nós significavam unidades, dezenas, centenas e milhares. Na Figura 1, o *quipus* representa o número decimal 2 453. Para representar o "zero" em qualquer posição, não se coloca nenhum nó.



Disponível em: www.culturaperuana.com.br. Acesso em: 13 dez. 2012.

O número da representação do *quipus* da Figura 2, em base decimal, é

A) 364.
B) 463.
C) 3 064.
D) 3 640.
E) 4 603.

Questão 156 (Enem 2024, questão 140 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 1, semana 4*

João e Felipe participaram, na escola, de uma maratona de matemática na qual, durante uma semana, resolveram 200 questões cada. Nessa maratona, a porcentagem P de acertos de cada participante é convertida em um conceito:

- insatisfatório: se $0 \leq P < 50$;
- regular: se $50 \leq P < 60$;
- bom: se $60 \leq P < 75$;
- muito bom: se $75 \leq P < 90$;
- excelente: se $90 \leq P \leq 100$.

João acertou 75% das questões da maratona e Felipe acertou 30% a menos que a quantidade de questões que João acertou.

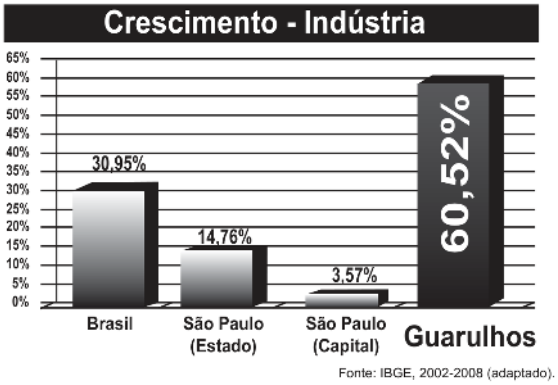
Os conceitos de João e Felipe foram, respectivamente,

A) muito bom e bom.
B) muito bom e regular.
C) muito bom e insatisfatório.
D) bom e regular.
E) bom e insatisfatório.

Questão 157 (Enem 2013, questão 144 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 2*

A cidade de Guarulhos (SP) tem o 8º PIB municipal do Brasil, além do maior aeroporto da América do Sul. Em proporção, possui a economia que mais cresce em indústrias, conforme mostra o gráfico.



Fonte: IBGE, 2002-2008 (adaptado).

Analisando os dados percentuais do gráfico, qual a diferença entre o maior e o menor centro em crescimento no polo das indústrias?

A) 75,28
B) 64,09
C) 56,95
D) 45,76
E) 30,07

Questão 158 (Enem 2023, questão 141 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 3*

No alojamento de uma universidade, há alguns quartos com o padrão superior ao dos demais. Um desses quartos ficou disponível, e muitos estudantes se candidataram para morar no local. Para escolher quem ficará com o quarto, um sorteio será realizado. Para esse sorteio, cartões individuais com os nomes de todos os estudantes inscritos serão depositados em uma urna, sendo que, para cada estudante de primeiro ano, será depositado um único cartão com seu nome; para cada estudante de segundo ano, dois cartões com seu nome; e, para cada estudante de ter-

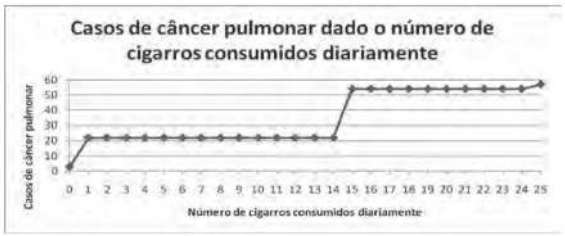
ceiro ano, três cartões com seu nome. Foram inscritos 200 estudantes de primeiro ano, 150 de segundo ano e 100 de terceiro ano. Todos os cartões têm a mesma probabilidade de serem sorteados.
Qual a probabilidade de o vencedor do sorteio ser um estudante de terceiro ano?
A) $\frac{1}{2}$ B) $\frac{1}{3}$ C) $\frac{1}{8}$ D) $\frac{2}{9}$ E) $\frac{3}{8}$

Questão 159 (Enem 2020, questão 169 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 1*

Um grupo sanguíneo, ou tipo sanguíneo, baseia-se na presença ou ausência de dois antígenos, A e B, na superfície das células vermelhas do sangue. Como dois antígenos estão envolvidos, os quatro tipos sanguíneos distintos são:
• Tipo A: apenas o antígeno A está presente;
• Tipo B: apenas o antígeno B está presente;
• Tipo AB: ambos os antígenos estão presentes;
• Tipo O: nenhum dos antígenos está presente.
Foram coletadas amostras de sangue de 200 pessoas e, após análise laboratorial, foi identificado que em 100 amostras está presente o antígeno A, em 110 amostras há presença do antígeno B e em 20 amostras nenhum dos antígenos está presente.
Dessas pessoas que foram submetidas à coleta de sangue, o número das que possuem o tipo sanguíneo A é igual a
A) 30. B) 60. C) 70. D) 90. E) 100.

Questão 160 (Enem 2009, questão 142 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 2*

A suspeita de que haveria uma relação causal entre tabagismo e câncer de pulmão foi levantada pela primeira vez a partir de observações clínicas. Para testar essa possível associação, foram conduzidos inúmeros estudos epidemiológicos. Dentre esses, houve o estudo do número de casos de câncer em relação ao número de cigarros consumidos por dia, cujos resultados são mostrados no gráfico a seguir.



Centers for Disease Control and Prevention CDC-EIS Summer Course – 1992 (adaptado).

De acordo com as informações do gráfico,

A) o consumo diário de cigarros e o número de casos de câncer de pulmão são grandezas inversamente proporcionais.
B) o consumo diário de cigarros e o número de casos de câncer de pulmão são grandezas que não se relacionam.
C) o consumo diário de cigarros e o número de casos de câncer de pulmão são grandezas diretamente proporcionais.
D) uma pessoa não fumante certamente nunca será diagnosticada com câncer de pulmão.
E) o consumo diário de cigarros e o número de casos de câncer de pulmão são grandezas que estão relacionadas, mas sem proporcionalidade.

Questão 161 (Enem 2021, questão 179 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 2*

Uma pessoa produzirá uma fantasia utilizando como materiais: 2 tipos de tecidos diferentes e 5 tipos distintos de pedras ornamentais. Essa pessoa tem à sua disposição 6 tecidos diferentes e 15 pedras ornamentais distintas.
A quantidade de fantasias com materiais diferentes que podem ser produzidas é representada pela expressão

A) $\frac{6!}{4!\,2!} \cdot \frac{15!}{10!\,5!}$ B) $\frac{6!}{4!\,2!} + \frac{15!}{10!\,5!}$
C) $\frac{6!}{2!} + \frac{15!}{5!}$ D) $\frac{6!}{2!} \cdot \frac{15!}{5!}$
E) $\frac{21!}{7!\,14!}$

Questão 162 (Enem 2011, questão 140 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 2*

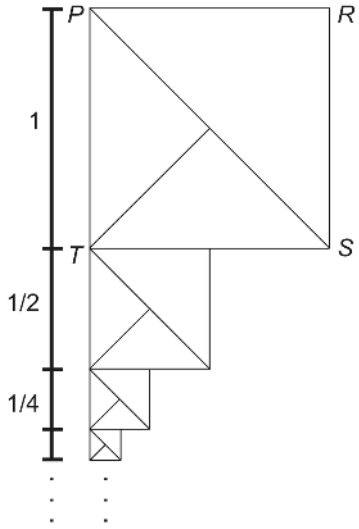
Em uma certa cidade, os moradores de um bairro carente de espaços de lazer reivindicam à prefeitura municipal a construção de uma praça. A prefeitura concorda com a

solicitação e afirma que irá construí-la em formato retangular devido às características técnicas do terreno. Restrições de natureza orçamentária impõem que sejam gastos, no máximo, 180 m de tela para cercar a praça. A prefeitura apresenta aos moradores desse bairro as medidas dos terrenos disponíveis para a construção da praça:
Terreno 1: 55 m por 45 m
Terreno 2: 55 m por 55 m
Terreno 3: 60 m por 30 m
Terreno 4: 70 m por 20 m
Terreno 5: 95 m por 85 m
Para optar pelo terreno de maior área, que atenda às restrições impostas pela prefeitura, os moradores deverão escolher o terreno
A) 1. B) 2. C) 3. D) 4. E) 5.

Questão 163 (Enem 2020, questão 155 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 1*

O artista gráfico holandês Maurits Cornelius Escher criou belíssimas obras nas quais as imagens se repetiam, com diferentes tamanhos, induzindo ao raciocínio de repetição infinita das imagens. Inspirado por ele, um artista fez um rascunho de uma obra na qual propunha a ideia de construção de uma sequência de infinitos quadrados, cada vez menores, uns sob os outros, conforme indicado na figura.



O quadrado *PRST*, com lado de medida 1, é o ponto de partida. O segundo quadrado é construído sob ele tomando-se o ponto médio da base do quadrado anterior e criando-se um novo quadrado, cujo lado corresponde à metade dessa base. Essa sequência de construção se repete recursivamente.

Qual é a medida do lado do centésimo quadrado construído de acordo com esse padrão?

A) $\left(\frac{1}{2}\right)^{100}$

B) $\left(\frac{1}{2}\right)^{99}$

C) $\left(\frac{1}{2}\right)^{97}$

D) $\left(\frac{1}{2}\right)^{-98}$

E) $\left(\frac{1}{2}\right)^{-99}$

Questão 164 (Enem 2010, questão 148 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 2*

O gráfico a seguir apresenta o gasto militar dos Estados Unidos, no período de 1988 a 2006.



Almanaque Abril 2008. Editora Abril.

Com base no gráfico, o gasto militar no início da guerra no Iraque foi de

A) U$ 4.174.000,00.
B) U$ 41.740.000,00.
C) U$ 417.400.000,00.
D) U$ 41.740.000.000,00.
E) U$ 417.400.000.000,00.

Questão 165 (Enem 2024, questão 153 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 1, semana 4*

Um instituto de pesquisa constatou que, nos últimos dez anos, o crescimento populacional de uma cidade foi de 135,25%.

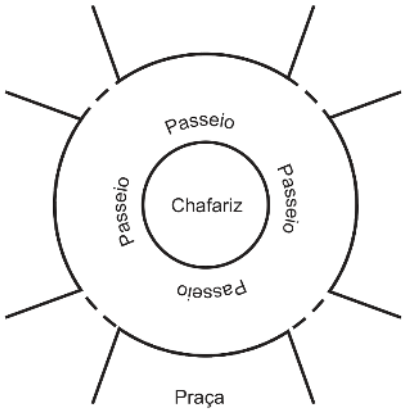
Qual é a representação decimal da taxa percentual desse crescimento populacional?

A) 13 525,0 B) 135,25 C) 13,525 D) 1,3525 E) 0,13525

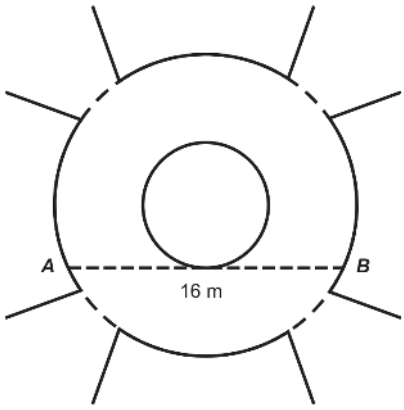
Questão 166 (Enem 2018, questão 153 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 2*

A figura mostra uma praça circular que contém um chafariz em seu centro e, em seu entorno, um passeio. Os círculos que definem a praça e o chafariz são concêntricos.



O passeio terá seu piso revestido com ladrilhos. Sem condições de calcular os raios, pois o chafariz está cheio, um engenheiro fez a seguinte medição: esticou uma trena tangente ao chafariz, medindo a distância entre dois pontos *A* e *B*, conforme a figura. Com isso, obteve a medida do segmento de reta *AB*: 16 m.



Dispondo apenas dessa medida, o engenheiro calculou corretamente a medida da área do passeio, em metro quadrado.

A medida encontrada pelo engenheiro foi

A) 4π
B) 8π
C) 48π
D) 64π
E) 192π

Questão 167 (Enem 2014, questão 167 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 4*

Uma empresa farmacêutica produz medicamentos em pílulas, cada uma na forma de um cilindro com uma semiesfera com o mesmo raio do cilindro em cada uma de suas extremidades. Essas pílulas são moldadas

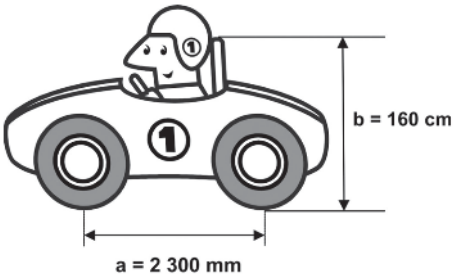
por uma máquina programada para que os cilindros tenham sempre 10 mm de comprimento, adequando o raio de acordo com o volume desejado.
Um medicamento é produzido em pílulas com 5 mm de raio. Para facilitar a deglutição, deseja-se produzir esse medicamento diminuindo o raio para 4 mm, e, por consequência, seu volume. Isso exige a reprogramação da máquina que produz essas pílulas. Use 3 como valor aproximado para π.
A redução do volume da pílula, em milímetros cúbicos, após a reprogramação da máquina, será igual a
A) 168. B) 304. C) 306. D) 378. E) 514.

Questão 168 (Enem 2011, questão 138 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 1*

Um mecânico de uma equipe de corrida necessita que as seguintes medidas realizadas em um carro sejam obtidas em metros:

a) distância **a** entre os eixos dianteiro e traseiro;

b) altura **b** entre o solo e o encosto do piloto.



Ao optar pelas medidas **a** e **b** em metros, obtêm-se, respectivamente,

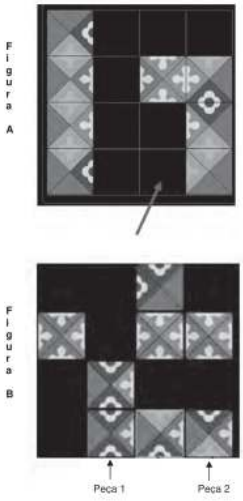
A) 0,23 e 0,16.
B) 2,3 e 1,6.
C) 23 e 16.
D) 230 e 160.
E) 2 300 e 1 600.

Questão 169 (Enem 2017, questão 178 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 2*

Como não são adeptos da prática de esportes, um grupo de amigos resolveu fazer um torneio de futebol utilizando videogame. Decidiram que cada jogador joga uma única vez com cada um dos outros jogadores. O campeão será aquele que conseguir o maior número de pontos. Observaram que o número de partidas jogadas depende do número de jogadores, como mostra o quadro: 2 jogadores, 1 partida; 3 jogadores, 3; 4 jogadores, 6; 5 jogadores, 10; 6 jogadores, 15; 7 jogadores, 21.
Se a quantidade de jogadores for 8, quantas partidas serão realizadas?
A) 64 B) 56 C) 49 D) 36 E) 28

Questão 170 (Enem 2009, questão 147 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 2*

As figuras a seguir exibem um trecho de um quebra-cabeças que está sendo montado. Observe que as peças são quadradas e há 8 peças no tabuleiro da figura A e 8 peças no tabuleiro da figura B. As peças são retiradas do tabuleiro da figura B e colocadas no tabuleiro da figura A na posição correta, isto é, de modo a completar os desenhos.



Reprodução: ENEM 2009 (Inep)

Disponível em: http://pt.eternityii.com. Acesso em: 14 jul. 2009.
É possível preencher corretamente o espaço indicado pela seta no tabuleiro da figura A colocando a peça

A) 1 após girá-la 90° no sentido horário.
B) 1 após girá-la 180° no sentido anti-horário.
C) 2 após girá-la 90° no sentido anti-horário.
D) 2 após girá-la 180° no sentido horário.
E) 2 após girá-la 270° no sentido anti-horário.

Questão 171 (Enem 2011, questão 147 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 3*

A figura seguinte mostra um modelo de sombrinha muito usado em países orientais.



Disponível em: http://mdmat.psico.ufrgs.br. Acesso em: 1 maio 2010.

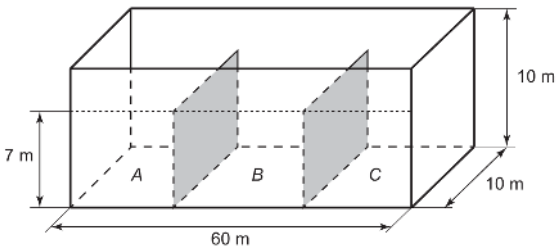
Esta figura é uma representação de uma superfície de revolução chamada de

A) pirâmide.
B) semiesfera.
C) cilindro.
D) tronco de cone.
E) cone.

Questão 172 (Enem 2016, questão 161 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 3*

Um petroleiro possui reservatório em formato de um paralelepípedo retangular com as dimensões dadas por 60 m x 10 m de base e 10 m de altura. Com o objetivo de minimizar o impacto ambiental de um eventual vazamento, esse reservatório é subdividido em três compartimentos, *A*, *B* e *C*, de mesmo volume, por duas placas de aço retangulares com dimensões de 7 m de altura e 10 m de base, de modo que os compartimentos são interligados, conforme a figura. Assim, caso haja rompimento no casco do reservatório, apenas uma parte de sua carga vazará.



Suponha que ocorra um desastre quando o petroleiro se encontra com sua carga máxima: ele sofre um acidente que ocasiona um furo no fundo do compartimento *C*.

Para fins de cálculo, considere desprezíveis as espessuras das placas divisórias.

Após o fim do vazamento, o volume de petróleo derramado terá sido de

A) $1{,}4 \times 10^3\ m^3$
B) $1{,}8 \times 10^3\ m^3$
C) $2{,}0 \times 10^3\ m^3$
D) $3{,}2 \times 10^3\ m^3$
E) $6{,}0 \times 10^3\ m^3$

Questão 173 (Enem 2013, questão 159 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 4*

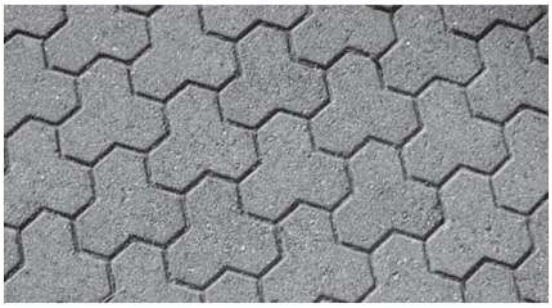
Para se construir um contrapiso, é comum, na constituição do concreto, se utilizar cimento, areia e brita, na seguinte proporção: 1 parte de cimento, 4 partes de areia e 2 partes de brita. Para construir o contrapiso de uma garagem, uma construtora encomendou um caminhão betoneira com 14 m^3 de concreto.

Qual é o volume de cimento, em m^3, na carga de concreto trazido pela betoneira?

A) 1,75 B) 2,00 C) 2,33 D) 4,00 E) 8,00

Questão 174 (Enem 2011, questão 151 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 2*



Disponível em: http://www.diaadia.pr.gov.br. Acesso em: 28 abr. 2010.

O polígono que dá forma a essa calçada é invariante por rotações, em torno de seu centro, de

A) 45°.
B) 60°.
C) 90°.
D) 120°.
E) 180°.

Questão 175 (Enem 2023, questão 159 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 4*

Um agricultor é informado sobre um método de proteção para sua lavoura que consiste em inserir larvas específicas, de rápida reprodução. A reprodução dessas larvas faz com que sua população multiplique-se por 10 a cada 3 dias e, para evitar eventuais desequilíbrios, é possível cessar essa reprodução aplicando-se um produto X. O agricultor decide iniciar esse método com 100 larvas e dispõe de 5 litros do produto X, cuja aplicação recomendada é de exatamente 1 litro para cada população de 200 000 larvas. A quantidade total do produto X de que ele dispõe deverá ser aplicada de uma única vez.

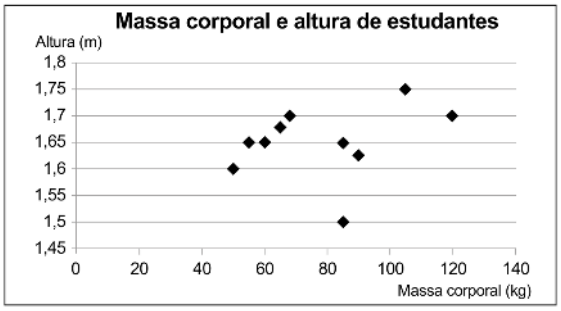
Quantos dias após iniciado esse método o agricultor deverá aplicar o produto X?

A) 2 B) 4 C) 6 D) 12 E) 18

Questão 176 (Enem 2023, questão 157 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 3*

Um professor, para promover a aprendizagem dos estudantes em estatística, propôs uma atividade. O objetivo era verificar o percentual de estudantes com massa corporal abaixo da média e altura acima da média de um grupo de estudantes. Para isso, usando uma balança e uma fita métrica, avaliou uma amostra de dez estudantes, anotando as medidas observadas. O gráfico apresenta a massa corporal, em quilograma, e a altura, em metro, obtidas na atividade.



Após a coleta dos dados, os estudantes calcularam a média dos valores obtidos, referentes à massa corporal e à altura, obtendo, respectivamente, 80 kg e 1,65 m.

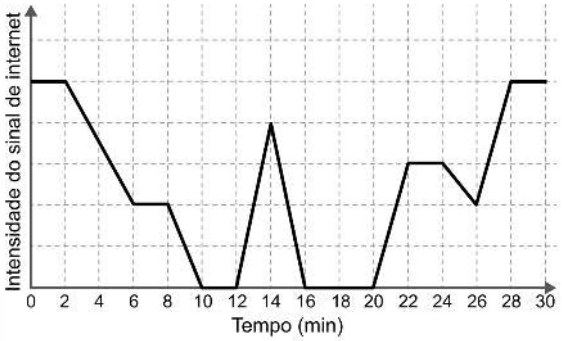
Qual é o percentual de estudantes dessa amostra com massa corporal abaixo da média e altura acima da média?

A) 10
B) 20
C) 30
D) 50
E) 70

Questão 177 (Enem 2023, questão 156 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 3*

Uma pessoa caminha por 30 minutos e utiliza um aplicativo instalado em seu celular para monitorar a variação da intensidade do sinal de internet recebido pelo aparelho durante o deslocamento. Chegando ao seu destino, o aplicativo forneceu este gráfico:

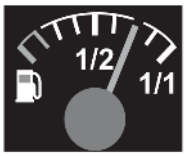


Por quantos minutos, durante essa caminhada, o celular dessa pessoa ficou sem receber sinal de internet?

A) 6
B) 8
C) 10
D) 14
E) 24

Questão 178 (Enem 2016, questão 164 do caderno azul)

No tanque de um certo carro de passeio cabem até 50 L de combustível, e o rendimento médio deste carro na estrada é de 15 km/L de combustível. Ao sair para uma viagem de 600 km o motorista observou que o marcador de combustível estava exatamente sobre uma das marcas da escala divisória do medidor, conforme figura a seguir.



Como o motorista conhece o percurso, sabe que existem, até a chegada a seu destino, cinco postos de abastecimento de combustível, localizados a 150 km, 187 km, 450 km, 500 km e 570 km do ponto de partida.

Qual a máxima distância, em quilômetro, que poderá percorrer até ser necessário reabastecer o veículo, de modo a não ficar sem combustível na estrada?

A) 570
B) 500
C) 450
D) 187
E) 150

Questão 179 (Enem 2010, questão 179 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 3*

Ronaldo é um garoto que adora brincar com números. Numa dessas brincadeiras, empilhou caixas numeradas de acordo com a sequência conforme mostrada no esquema a seguir.

```
                1
            1   2   1
        1   2   3   2   1
    1   2   3   4   3   2   1
                ...
```

Ele percebeu que a soma dos números em cada linha tinha uma propriedade e que, por meio dessa propriedade, era possível prever a soma de qualquer linha posterior às já construídas.

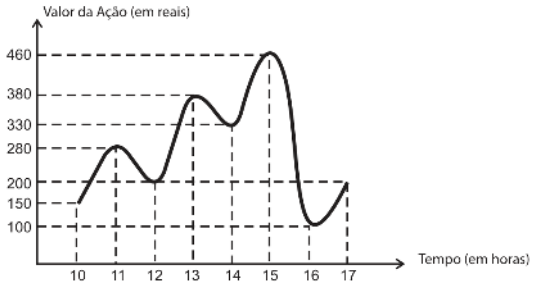
A partir dessa propriedade, qual será a soma da 9ª linha da sequência de caixas empilhadas por Ronaldo?

(A) 9
(B) 45
(C) 64
(D) 81
(E) 285

Questão 180 (Enem 2012, questão 162 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 2*

O gráfico fornece os valores das ações da empresa *XPN*, no período das 10 às 17 horas, num dia em que elas oscilaram acentuadamente em curtos intervalos de tempo.



Neste dia, cinco investidores compraram e venderam o mesmo volume de ações, porém em horários diferentes, de acordo com a seguinte tabela.

Investidor	Hora da Compra	Hora da Venda
1	10:00	15:00
2	10:00	17:00
3	13:00	15:00
4	15:00	16:00
5	16:00	17:00

Com relação ao capital adquirido na compra e venda das ações, qual investidor fez o melhor negócio?

(A) 1
(B) 2
(C) 3
(D) 4
(E) 5

Fim do simulado 1. Terminou? Passe as respostas para a folha de respostas, na próxima página.

O gabarito está na página 327.

Folha de respostas · Simulado 1

Nome: _____ Data: _____

Nota TRI na hora: preencha a bolinha da alternativa escolhida, com caneta escura. Depois leia o QR Code ao lado com o celular (ou entre em **maninhoresolve.com/simulado**) e fotografe esta folha inteira, com os quatro quadrados pretos aparecendo. Você recebe a nota TRI de Natureza e de Matemática e a lista do que treinar.

Ciências da Natureza: 91 a 135 Matemática: 136 a 180

91	A B C D E	**121**	A B C D E	**151**	A B C D E
92	A B C D E	**122**	A B C D E	**152**	A B C D E
93	A B C D E	**123**	A B C D E	**153**	A B C D E
94	A B C D E	**124**	A B C D E	**154**	A B C D E
95	A B C D E	**125**	A B C D E	**155**	A B C D E
96	A B C D E	**126**	A B C D E	**156**	A B C D E
97	A B C D E	**127**	A B C D E	**157**	A B C D E
98	A B C D E	**128**	A B C D E	**158**	A B C D E
99	A B C D E	**129**	A B C D E	**159**	A B C D E
100	A B C D E	**130**	A B C D E	**160**	A B C D E
101	A B C D E	**131**	A B C D E	**161**	A B C D E
102	A B C D E	**132**	A B C D E	**162**	A B C D E
103	A B C D E	**133**	A B C D E	**163**	A B C D E
104	A B C D E	**134**	A B C D E	**164**	A B C D E
105	A B C D E	**135**	A B C D E	**165**	A B C D E
106	A B C D E	**136**	A B C D E	**166**	A B C D E
107	A B C D E	**137**	A B C D E	**167**	A B C D E
108	A B C D E	**138**	A B C D E	**168**	A B C D E
109	A B C D E	**139**	A B C D E	**169**	A B C D E
110	A B C D E	**140**	A B C D E	**170**	A B C D E
111	A B C D E	**141**	A B C D E	**171**	A B C D E
112	A B C D E	**142**	A B C D E	**172**	A B C D E
113	A B C D E	**143**	A B C D E	**173**	A B C D E
114	A B C D E	**144**	A B C D E	**174**	A B C D E
115	A B C D E	**145**	A B C D E	**175**	A B C D E
116	A B C D E	**146**	A B C D E	**176**	A B C D E
117	A B C D E	**147**	A B C D E	**177**	A B C D E
118	A B C D E	**148**	A B C D E	**178**	A B C D E
119	A B C D E	**149**	A B C D E	**179**	A B C D E
120	A B C D E	**150**	A B C D E	**180**	A B C D E

Simulado 1 · resolução em vídeo

Nível deste simulado: mais fácil que a média das provas do ENEM desde 2009.

Sobre a dificuldade. A referência é a média de dificuldade das provas do ENEM desde 2009, porque o ENEM muda de dificuldade de um ano para outro. Os primeiros simulados são mais fáceis que essa média, os do meio ficam na média e os últimos são mais difíceis que ela, de propósito: quem treina com prova mais difícil chega ao dia do ENEM e encontra uma prova tranquila. Isso só é dito agora, depois da prova, porque no dia do ENEM ninguém sabe de antemão se a prova é fácil ou difícil. A nota TRI continua comparável entre os simulados: a TRI leva em conta a dificuldade de cada questão, então uma prova mais fácil *não* dá nota mais alta, apenas mede com mais precisão quem está começando.

Depois de corrigir pelo gabarito (página 327), aponte a câmera para o QR da questão: a resolução completa está em vídeo.

Questão 91 Questão 92 Questão 93 Questão 94 Questão 95 Questão 96

Questão 97 Questão 98 Questão 99 Questão 100 Questão 101 Questão 102

Questão 103 Questão 104 Questão 105 Questão 106 Questão 107 Questão 108

Questão 109 Questão 110 Questão 111 Questão 112 Questão 113 Questão 114

Questão 115 Questão 116 Questão 117 Questão 118 Questão 119 Questão 120

Questão 121 Questão 122 Questão 123 Questão 124 Questão 125 Questão 126

Questão 127 Questão 128 Questão 129 Questão 130 Questão 131 Questão 132

Questão 133 Questão 134 Questão 135 Questão 136 Questão 137 Questão 138

Questão 139 Questão 140 Questão 141 Questão 142 Questão 143 Questão 144

Questão 145 Questão 146 Questão 147 Questão 148 Questão 149 Questão 150

Questão 151 Questão 152 Questão 153 Questão 154 Questão 155 Questão 156

Questão 157 Questão 158 Questão 159 Questão 160 Questão 161 Questão 162

Questão 163 Questão 164 Questão 165 Questão 166 Questão 167 Questão 168

Questão 169 Questão 170 Questão 171 Questão 172 Questão 173 Questão 174

Questão 175 Questão 176 Questão 177 Questão 178 Questão 179 Questão 180

Semana 4



Sentada sobre a mesa, junto à janela, a menina lê a folha que segura com as duas mãos: a luz que entra basta para a leitura.
Henrique Bernardelli, *Interior com menina que lê* (c. 1876–1886), Museu de Arte de São Paulo (MASP), São Paulo. Domínio público.

- **Matemática**
  - Grandezas diretamente e inversamente proporcionais; regra de três composta
  - Porcentagem; aumentos e descontos sucessivos
- **Física**
  - Fontes e transformações de energia; usinas
- **Química**
  - Polaridade, forças intermoleculares e solubilidade
- **Biologia**
  - Ácidos nucleicos, síntese de proteínas e divisão celular

Tempo estimado: cerca de 11 h (teoria 5 h, questões 6 h), ou cerca de 1,8 h por dia em 6 dias.

Grandezas diretamente e inversamente proporcionais; regra de três composta

Matemática

Antes de ler: tente responder

1. 4 torneiras iguais enchem um tanque em 6 horas. Em quanto tempo 8 dessas torneiras enchem o mesmo tanque?
2. Se o lado de um quadrado dobra, o que acontece com a área?
3. 2 pintores pintam 2 paredes em 2 horas. Quantas paredes 4 pintores pintam em 4 horas?

Respostas no Gabarito, na página 326. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

No capítulo de razão e proporção, as grandezas cresciam juntas na mesma proporção. Aqui vamos ver o caso oposto, em que uma cresce e a outra diminui na mesma proporção, e depois o caso de uma grandeza que depende de várias outras ao mesmo tempo, que é o assunto da regra de três composta e de muitas leis da Física, da Química e da Biologia.

Cores deste capítulo: **azul** = os dados; **roxo** = a constante k (o que não muda); **verde** = o resultado.

Direta e inversamente proporcionais

Duas grandezas são **diretamente proporcionais** quando a **razão** entre valores correspondentes é constante: se uma é multiplicada por um número, a outra é multiplicada pelo mesmo número. Exemplo: o preço pago e os quilos comprados (R$ 5 o quilo: 2 kg custam 10, 6 kg custam 30).

$$y = k \cdot x \qquad \Longleftrightarrow \qquad \frac{y}{x} = k$$

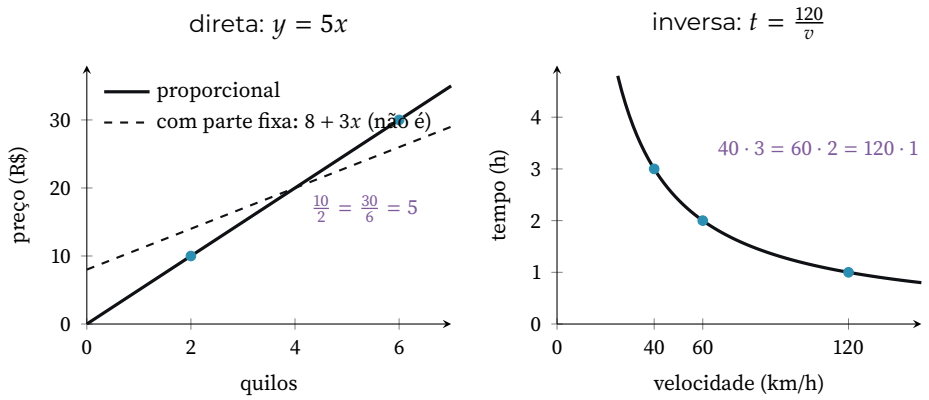
o gráfico é uma reta que passa pela origem

São **inversamente proporcionais** quando o **produto** de valores correspondentes é constante: se uma é multiplicada por um número c, a outra fica dividida por c (dobra uma, a outra cai pela metade; triplica uma, a outra fica dividida por 3). Exemplo: para percorrer 120 km, a 60 km/h levam-se 2 h; a 120 km/h, 1 h. O produto velocidade × tempo é sempre a distância, 120.

$$x \cdot y = k \qquad \Longleftrightarrow \qquad y = \frac{k}{x}$$

exemplos: velocidade e tempo para a mesma distância; número de torneiras e tempo para encher o mesmo tanque

Por que o produto fica constante? Porque, em cada exemplo, o produto é uma quantidade fixa da situação: a distância a percorrer, o volume do tanque (vazão × tempo), o trabalho a fazer (operários × dias). Note que $y = k \cdot \frac{1}{x}$: ser inversamente proporcional a x é o mesmo que ser diretamente proporcional ao *inverso* de x.



Lendo os gráficos. Na relação direta, os pontos estão sobre uma reta que passa pela origem, e a inclinação é a constante k. Na inversa, os pontos formam uma curva chamada **hipérbole**: ela desce cada vez mais devagar, nunca toca os eixos (velocidade zero exigiria tempo infinito) e todos os seus pontos têm o mesmo produto $x \cdot y$, que é a área do retângulo de cantos na origem e no ponto.

O teste do "dobrar"

Para decidir o tipo de relação, pergunte: *se esta grandeza dobrar, mantendo as outras fixas, a outra dobra ou cai pela metade?* Mais operários produzem mais tijolos (direta); mais operários terminam a mesma obra em menos dias (inversa).

Atenção: "crescer junto" **não basta** para ser proporcional. Uma corrida de táxi com bandeirada (R$ 8 fixos + R$ 3 por km) cresce com a distância, mas 10 km custam $8+30 = 38$ e 20 km custam $8+60 = 68$, que não é o dobro. No gráfico acima, uma relação desse tipo (parte fixa + parte proporcional) é a reta tracejada: ela *não* passa pela origem. Da mesma forma, "uma diminui quando a outra aumenta" não basta para ser inversa: é preciso que o produto fique constante.

Mantendo um produto constante. Se $x \cdot y$ não pode mudar e x é multiplicado por c, então y tem de ser *dividido* por c. Uma porta com a mesma área e altura 25% maior (fator $1{,}25 = \frac{5}{4}$) precisa de largura multiplicada por $\frac{4}{5} = 0{,}8$, isto é, 20% menor, e não 25% menor: $1{,}25 \cdot 0{,}75 = 0{,}9375 \neq 1$.

Uma grandeza que depende de várias

Muitas leis dizem que uma grandeza é proporcional a algumas e inversamente proporcional a outras. A tradução para fórmula segue uma regra simples: as grandezas diretamente proporcionais vão **no numerador**, as inversamente proporcionais vão **no denominador**, cada uma com o seu expoente, e tudo multiplicado por uma constante k:

$$y \text{ prop. a } a \text{ e a } b^2, \text{ inv. prop. a } c \quad \Longrightarrow \quad y = k \cdot \frac{a \cdot b^2}{c}$$

numerador: as diretas; denominador: as inversas; cada uma com o seu expoente

Exemplo: para uma mesma quantidade de gás, a pressão p é diretamente proporcional à temperatura absoluta T e inversamente proporcional ao volume V: $p = k\frac{T}{V}$. Se a temperatura dobra e o volume quadruplica, a pressão fica multiplicada por $\frac{2}{4} = \frac{1}{2}$. A constante k não precisa ser conhecida para responder "quantas vezes": ela se cancela.

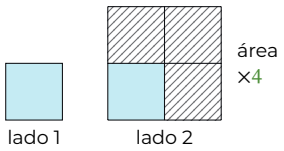
Proporcional a uma potência

Quando a lei diz "proporcional ao quadrado" ou "inversamente proporcional ao quadrado", o fator de variação também vai ao quadrado:

$$y = k \cdot x^2 : \ x \text{ dobra} \Rightarrow y \text{ fica } 4\times \qquad y = \frac{k}{x^2} : \ x \text{ dobra} \Rightarrow y \text{ fica } \tfrac{1}{4}$$

área em função do lado; intensidade da luz ou da força gravitacional em função da distância

A figura mostra por que a área vai com o quadrado: dobrar o lado de um quadrado dobra a largura e a altura, e cabem $2 \cdot 2 = 4$ quadrados originais. Triplicar o lado daria $3^2 = 9$. Em geral, se x é multiplicado por c, uma grandeza proporcional a x^2 fica multiplicada por c^2; uma proporcional a x^3 (como o volume), por c^3; uma inversamente proporcional a x^2, por $\frac{1}{c^2}$. A força gravitacional entre dois corpos, por exemplo, cai para $\frac{1}{9}$ quando a distância triplica.



Regra de três composta

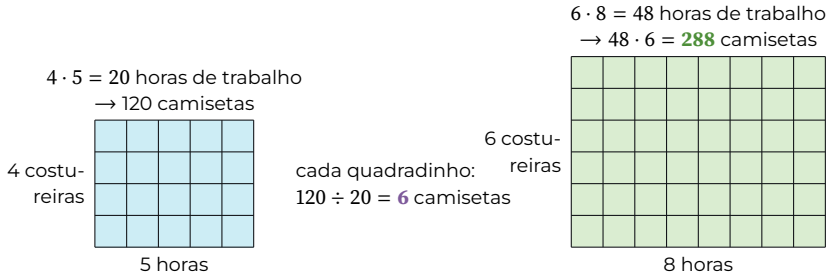
Quando a grandeza procurada depende de duas ou mais outras, a regra de três é **composta.** Há dois modos equivalentes de resolver.

1. Pela constante ("trabalho total"). Junte tudo numa fórmula com uma constante. Em problemas de produção, cada trabalhador produz o mesmo tanto por hora; então a produção é proporcional ao número de **horas de trabalho** (trabalhadores × horas):

produção = (produção de 1 trabalhador em 1 hora) · (trabalhadores) · (horas)

as grandezas que *aumentam* a produção multiplicam; as que a reduzem dividem

Exemplo: 4 costureiras, trabalhando 5 horas, fazem 120 camisetas. Quantas camisetas fazem 6 costureiras em 8 horas?



Roteiro em três passos:

1. Use a situação conhecida para achar a constante: quanto rende *uma* unidade (um operário em uma hora, um ralo em uma hora, um litro em um quilômetro).
2. Escreva a situação nova com a mesma constante.
3. Resolva para a grandeza que falta e confira com o teste do "dobrar".

2. Pelos fatores ("setas"). Compare a grandeza procurada com cada uma das outras, *separadamente*, mantendo as demais fixas. Se a relação é direta, multiplique pelo fator de variação daquela grandeza; se é inversa, pelo fator invertido. Exemplo: 5 máquinas produzem 400 peças em 8 dias. Em quantos dias 4 máquinas produzem 600 peças?

- dias e máquinas: **inversa** (menos máquinas, mais dias). As máquinas vão de 5 para 4; os dias ficam multiplicados por $\frac{5}{4}$;
- dias e peças: **direta** (mais peças, mais dias). As peças vão de 400 para 600; os dias ficam multiplicados por $\frac{600}{400} = \frac{3}{2}$.

$$\text{dias} = 8 \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{3}{2} = 15.$$

Pela constante: cada máquina faz $\frac{400}{5 \cdot 8} = 10$ peças por dia; $\frac{600}{4 \cdot 10} = 15$ dias. Os dois caminhos sempre concordam, porque descrevem a mesma fórmula, peças $= 10 \cdot$ máquinas $\cdot$ dias. No mini-exemplo das costureiras, por fatores: $120 \cdot \frac{6}{4} \cdot \frac{8}{5} = 288$.

Atenção às mudanças no meio do caminho. Se as condições mudam durante o processo (entram novos trabalhadores, muda a jornada), divida em etapas: calcule cada etapa com a sua própria configuração e some as produções.

Razões com unidade composta. O consumo de um carro pode ser dado em L/100 km ou em km/L, que são razões *inversas* uma da outra. Um carro que gasta 8 L a cada 100 km percorre $\frac{100}{8} = 12{,}5$ km com 1 L, e não 8 km.

Por que funciona Proporcionalidade direta e inversa são duas faces da mesma ideia: existe uma quantidade que não muda. Na direta, é a razão (o preço de *um* quilo). Na inversa, é o produto (o volume do tanque, que é vazão vezes tempo; a distância, que é velocidade vezes tempo). Na composta, é a constante da fórmula (o rendimento de um trabalhador em uma hora). Achar essa constante é achar o "valor de uma unidade", e a partir dela qualquer situação nova sai com multiplicações e divisões.

Armadilha Tratar como direta uma relação inversa: menos tempo exige *mais* ralos, não menos; encher num tempo maior exige vazão *menor*; e fio de secção maior tem resistência menor. Faça o teste do "dobrar" antes de montar a conta.

Armadilha Esquecer uma grandeza ou uma etapa na regra de três composta: olhar só o tempo e esquecer que o volume também mudou; ou, quando o grupo e a jornada mudam no meio do prazo, esquecer a primeira etapa, os participantes antigos ou a mudança de horas.

Armadilha Errar o expoente ou o lugar na fórmula: "proporcional ao quadrado da altura" põe d^2 (e não d) no numerador; "inversamente proporcional ao quadrado do raio" põe r^2 no denominador, e então quanto maior o raio, *menor* a grandeza.

Armadilha Compensar um aumento com uma redução da mesma fração: para manter um produto constante, se um fator é multiplicado por c, o outro tem de ser *dividido* por c. Aumentar $\frac{1}{8}$ e diminuir $\frac{1}{8}$ não mantém o produto.

Armadilha Inverter mal uma razão com unidade: "litros a cada 100 km" e "km por litro" são inversas uma da outra, e o 100 não pode sumir nem mudar de lugar. Confira com um valor concreto.

Exemplo resolvido

Questão 132 (Enem 2025, questão 150 do caderno azul)

Uma fábrica de tijolos ecológicos com 3 funcionários, cada um trabalhando 6 horas diárias, produz 720 unidades por dia. Para atender ao crescimento da demanda por esse tipo de tijolo, essa fábrica passou a ter 5 funcionários, cada um trabalhando 9 horas por dia, aumentando, assim, sua capacidade de produção. Todos os funcionários produzem igual quantidade de tijolos a cada hora, independentemente de trabalharem 6 ou 9 horas diárias.
O número de tijolos fabricados diariamente após o aumento da capacidade de produção é

resolução em vídeo

A) 800. B) 1 080. C) 1 200. D) 1 800. E) 2 520.

Resolução

Ideia-chave: a produção é proporcional ao número de *horas de trabalho* (funcionários × horas por dia).
Antes: $3 \cdot 6 = 18$ horas de trabalho por dia produzem 720 tijolos. Uma hora de trabalho produz $720 \div 18 = \mathbf{40}$ tijolos.
Depois: $5 \cdot 9 = 45$ horas de trabalho por dia. Produção: $45 \cdot 40 = \mathbf{1\,800}$ tijolos.
Conferindo pelo fator: funcionários $\times\frac{5}{3}$, horas $\times\frac{9}{6} = \times\frac{3}{2}$; produção $720 \cdot \frac{5}{3} \cdot \frac{3}{2} = 720 \cdot 2{,}5 = 1\,800$.
Resposta: D.

No ENEM, acertaram esta questão 39% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 133 (Enem 2013, questão 155 do caderno azul)

Uma indústria tem um reservatório de água com capacidade para 900 m³. Quando há necessidade de limpeza do reservatório, toda a água precisa ser escoada. O escoamento da água é feito por seis ralos, e dura 6 horas quando o reservatório está cheio. Esta indústria construirá um novo reservatório, com capacidade de 500 m³, cujo escoamento da água deverá ser realizado em 4 horas, quando o reservatório estiver cheio. Os ralos utilizados no novo reservatório deverão ser idênticos aos do já existente.
A quantidade de ralos do novo reservatório deverá ser igual a

resolução em vídeo

A) 2. B) 4. C) 5. D) 8. E) 9.

Passo 1: os 6 ralos escoam 900 m³ em 6 h, ou seja, juntos escoam _____ m³ por hora.

Passo 2: então cada ralo escoa $150 \div 6 =$ _____ m³ por hora (a constante).

Passo 3: o novo reservatório precisa escoar 500 m³ em 4 h, isto é, _____ m³ por hora.

Passo 4: número de ralos = $125 \div 25 =$ _____.

Teste do "dobrar": se o tempo disponível fosse menor, seriam necessários _____ ralos.

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 326.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 326.

Questão 134 (Enem 2017, questão 164 do caderno azul)

A mensagem digitada no celular, enquanto você dirige, tira a sua atenção e, por isso, deve ser evitada. Pesquisas mostram que um motorista que dirige um carro a uma velocidade constante percorre "às cegas" (isto é, sem ter visão da pista) uma distância proporcional ao tempo gasto ao olhar para o celular durante a digitação da mensagem. Considere que isso de fato aconteça.
Suponha que dois motoristas (X e Y) dirigem com a mesma velocidade constante e digitam a mesma mensagem em seus celulares. Suponha, ainda, que o tempo gasto pelo motorista X olhando para seu celular enquanto digita a mensagem corresponde a 25% do tempo gasto pelo motorista Y para executar a mesma tarefa.
A razão entre as distâncias percorridas às cegas por X e Y, nessa ordem, é igual a

resolução em vídeo

A) 5/4 B) 1/4 C) 4/3 D) 4/1 E) 3/4

Questão 135 (Enem 2009, questão 160 do caderno azul)

Uma cooperativa de colheita propôs a um fazendeiro um contrato de trabalho nos seguintes termos: a cooperativa forneceria 12 trabalhadores e 4 máquinas, em um regime de trabalho de 6 horas diárias, capazes de colher 20 hectares de milho por dia, ao custo de R$ 10,00 por trabalhador por dia de trabalho, e R$ 1.000,00 pelo aluguel diário de cada máquina. O fazendeiro argumentou que fecharia contrato se a cooperativa colhesse 180 hectares de milho em 6 dias, com gasto inferior a R$ 25.000,00.
Para atender às exigências do fazendeiro e supondo que o ritmo dos trabalhadores e das máquinas seja constante, a cooperativa deveria

A) manter sua proposta.
B) oferecer 4 máquinas a mais.
C) oferecer 6 trabalhadores a mais.
D) aumentar a jornada de trabalho para 9 horas diárias.
E) reduzir em R$ 400,00 o valor do aluguel diário de uma máquina.

resolução em vídeo

Questão 136 (Enem 2020, questão 147 do caderno azul)

Muitos modelos atuais de veículos possuem computador de bordo. Os computadores informam em uma tela diversas variações de grandezas associadas ao desempenho do carro, dentre elas o consumo médio de combustível. Um veículo, de um determinado modelo, pode vir munido de um dos dois tipos de computadores de bordo:
• Tipo A: informa a quantidade X de litro de combustível gasto para percorrer 100 quilômetros;
• Tipo B: informa a quantidade de quilômetro que o veículo é capaz de percorrer com um litro de combustível.
Um veículo utiliza o computador do Tipo A, e ao final de uma viagem o condutor viu apresentada na tela a informação "X/100".

Caso o seu veículo utilizasse o computador do Tipo B, o valor informado na tela seria obtido pela operação

resolução em vídeo

A) $X \cdot 100$ B) $\frac{X}{100}$ C) $\frac{100}{X}$ D) $\frac{1}{X}$ E) $1 \cdot X$

Questão 137 (Enem 2024, questão 160 do caderno azul)

Uma piscina tem capacidade de 2 500 000 litros. Seu sistema de abastecimento foi regulado para ter uma vazão constante de 6 000 litros de água por minuto.
O mesmo sistema foi instalado em uma segunda piscina, com capacidade de 2 750 000 litros, e regulado para ter uma vazão, também constante, capaz de enchê-la em um tempo 20% maior que o gasto para encher a primeira piscina.
A vazão do sistema de abastecimento da segunda piscina, em litro por minuto, é

resolução em vídeo

A) 8 250. B) 7 920. C) 6 545. D) 5 500. E) 5 280.

Questão 138 (Enem 2016, questão 150 do caderno azul)

Para a construção de isolamento acústico numa parede cuja área mede 9 m², sabe-se que, se a fonte sonora estiver a 3 m do plano da parede, o custo é de R$ 500,00. Nesse tipo de isolamento, a espessura do material que reveste a parede é inversamente proporcional ao quadrado da distância até a fonte sonora, e o custo é diretamente proporcional ao volume do material do revestimento. Uma expressão que fornece o custo para revestir uma parede de área A (em metro quadrado), situada a D metros da fonte sonora, é

resolução em vídeo

A) $\frac{500 \cdot 81}{A \cdot D^2}$ B) $\frac{500 \cdot A}{D^2}$ C) $\frac{500 \cdot D^2}{A}$ D) $\frac{500 \cdot A \cdot D^2}{81}$ E) $\frac{500 \cdot 3 \cdot D^2}{A}$

Questão 139 (Enem 2009, questão 162 do caderno azul)

Uma escola lançou uma campanha para seus alunos arrecadarem, durante 30 dias, alimentos não perecíveis para doar a uma comunidade carente da região. Vinte alunos aceitaram a tarefa e nos primeiros 10 dias trabalharam 3 horas diárias, arrecadando 12 kg de alimentos por dia. Animados com os resultados, 30 novos alunos somaram-se ao grupo, e passaram a trabalhar 4 horas por dia nos dias seguintes até o término da campanha.
Admitindo-se que o ritmo de coleta tenha se mantido constante, a quantidade de alimentos arrecadados ao final do prazo estipulado seria de

resolução em vídeo

A) 920 kg. B) 800 kg. C) 720 kg. D) 600 kg. E) 570 kg.

Questão 140 (Enem 2021, questão 159 do caderno azul)

Em uma corrida automobilística, os carros podem fazer paradas nos boxes para efetuar trocas de pneus. Nessas trocas, o trabalho é feito por um grupo de três pessoas em cada pneu. Considere que os grupos iniciam o trabalho no mesmo instante, trabalham à mesma velocidade e cada grupo trabalha em um único pneu. Com os quatro grupos completos, são necessários 4 segundos

para que a troca seja efetuada. O tempo gasto por um grupo para trocar um pneu é inversamente proporcional ao número de pessoas trabalhando nele. Em uma dessas paradas, um dos trabalhadores passou mal, não pôde participar da troca e nem foi substituído, de forma que um dos quatro grupos de troca ficou reduzido.
Nessa parada específica, com um dos grupos reduzido, qual foi o tempo gasto, em segundo, para trocar os quatro pneus?

resolução em vídeo

A) 6,0 B) 5,7 C) 5,0 D) 4,5 E) 4,4

Questão 141 (Enem 2014, questão 139 do caderno azul)

Um carpinteiro fabrica portas retangulares maciças, feitas de um mesmo material. Por ter recebido de seus clientes pedidos de portas mais altas, aumentou sua altura em 1/8, preservando suas espessuras. A fim de manter o custo com o material de cada porta, precisou reduzir a largura.
A razão entre a largura da nova porta e a largura da porta anterior é

resolução em vídeo

A) 1/8 B) 7/8 C) 8/7 D) 8/9 E) 9/8

Fontes e transformações de energia; usinas

Física

Antes de ler: tente responder

1. Numa hidrelétrica, a energia elétrica vem, em última análise, de que tipo de energia da água?
2. Uma usina nuclear emite gás carbônico ao gerar eletricidade?
3. Quais destas fontes são renováveis: carvão, vento, Sol, gás natural, biomassa?

Respostas no Gabarito, na página 326. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

Cores deste capítulo: **azul** = energia mecânica que move a turbina sem passar por calor; **roxo** = energia térmica (calor liberado) e perdas; **verde** = energia útil (elétrica) e resultado.

Energia e potência

Energia é a grandeza que mede a capacidade de um sistema de produzir transformações: pôr algo em movimento, aquecer, iluminar, erguer um peso. No SI ela se mede em **joules** (J). Uma mesma quantidade de energia pode se apresentar de várias *formas*:

forma	o que é	exemplo
cinética	associada ao movimento: $E_c = \frac{1}{2}mv^2$	vento, água correndo
potencial gravitacional	associada à altura: $E_p = mgh$	água no alto de uma represa
potencial elástica	armazenada numa deformação	mola, estilingue
térmica (interna)	agitação das partículas de um corpo	vapor quente
química	armazenada nas ligações entre átomos	combustíveis, alimentos, pilhas
nuclear	armazenada no núcleo dos átomos	urânio
radiante (luminosa)	transportada por ondas eletromagnéticas	luz do Sol
elétrica	associada à corrente elétrica	a que chega às tomadas

Potência é a rapidez com que a energia é transformada ou transferida:

$$P = \frac{E}{\Delta t}$$

no SI, joule por segundo = watt (W); 1 kW = 10^3 W, 1 MW = 10^6 W, 1 GW = 10^9 W

Isolando a energia, $E = P\,\Delta t$. Daí vem a unidade usada nas contas de luz, o **quilowatt-hora**: a energia que um aparelho de 1 kW transforma em 1 h, $1\,\text{kWh} = 1000\,\text{W} \cdot 3600\,\text{s} = 3{,}6 \times 10^6\,\text{J}$. Não confunda as duas grandezas: a *potência* de uma usina (MW) diz quanto ela entrega por segundo; a *energia* gerada num ano (MWh ou GWh) depende também de quanto tempo ela funciona.

Exemplo. Um chuveiro de 5 000 W ligado 30 min por dia, durante 30 dias, consome $5\,\text{kW} \cdot 0{,}5\,\text{h} \cdot 30 =$ **75 kWh** por mês.

Conservação e degradação da energia

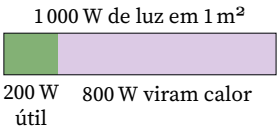
Princípio da conservação da energia: a energia não é criada nem destruída; ela se transforma de uma forma em outra, e a quantidade total se mantém. Uma usina, portanto, não "fabrica" energia: ela transforma uma forma disponível na natureza (a energia química de um combustível, a potencial da água no alto, a cinética do vento, a radiante do Sol) em energia elétrica.

Em toda transformação real, porém, parte da energia vira **energia térmica** que se espalha pelo ambiente (atrito, aquecimento de fios, gases quentes) e não pode mais ser aproveitada para o mesmo fim. A energia total se conserva, mas a parte *útil* diminui: diz-se que a energia se **degrada**. Isso é uma lei da natureza (é uma consequência da segunda lei da Termodinâmica), e não uma falha que a engenharia possa eliminar por completo. O **rendimento** mede quanto se aproveita:

$$\eta = \frac{E_{\text{útil}}}{E_{\text{total}}} = \frac{P_{\text{útil}}}{P_{\text{total}}}$$

sempre menor que 1 (100 %); o resto, $E_{\text{total}} - E_{\text{útil}}$, é dissipado, quase sempre como calor

Exemplo. Uma placa solar com rendimento de 20 % recebe 1 000 W de luz em 1 m² (sol a pino, céu limpo): entrega $0{,}2 \cdot 1000 = \mathbf{200\ W}$ elétricos, e os outros 800 W aquecem a placa e o ar. Para obter uma potência elétrica P sob irradiância I (potência luminosa por m²), a área precisa receber P/η de luz: $A = \dfrac{P}{\eta\, I}$.



Rendimentos em cadeia. Quando a energia passa por várias etapas, os rendimentos se *multiplicam*, porque cada etapa aproveita uma fração do que recebeu da anterior. Uma termelétrica com $\eta = 0{,}40$, uma rede de transmissão com 0,90 e um motor elétrico com 0,80 dão, juntos, $0{,}40 \cdot 0{,}90 \cdot 0{,}80 \approx \mathbf{0{,}29}$: menos de um terço da energia química do combustível vira movimento útil.

Rendimentos típicos: hidrelétrica, cerca de 90 % (a energia mecânica da água vira elétrica quase sem passar por calor); termelétricas e nucleares, em geral de 30 a 45 % (veja adiante por quê); painéis fotovoltaicos comerciais, de 15 a 23 %; motor de carro a gasolina, de 25 a 30 %; lâmpada incandescente, só uns 5 % em luz, contra cerca de 20 a 40 % de uma lâmpada LED.

De onde vem a energia das fontes

Seguindo a cadeia para trás, quase toda a energia que usamos veio do **Sol**:

- a *biomassa* (lenha, bagaço de cana, óleos vegetais) guarda energia química produzida pela fotossíntese, que usa luz solar;
- os *combustíveis fósseis* (carvão, petróleo, gás natural) são restos de seres vivos soterrados há milhões de anos: energia solar armazenada pela fotossíntese de muito tempo atrás;
- o *vento* existe porque o Sol aquece a superfície de modo desigual, criando diferenças de pressão no ar;
- a água das *hidrelétricas* chega ao alto pelo ciclo da água: o Sol a evapora, e ela cai como chuva nas cabeceiras dos rios.

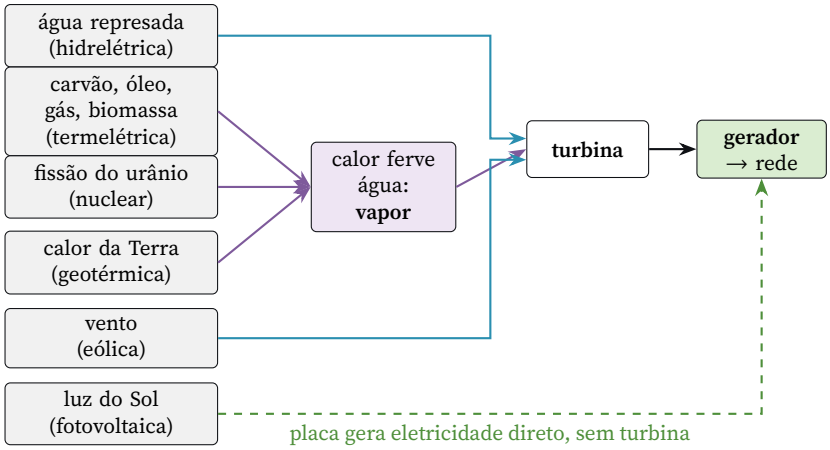
As exceções são a energia *nuclear* (núcleos de urânio formados antes do Sistema Solar), a *geotérmica* (calor do interior da Terra) e a das *marés* (atração gravitacional da Lua e do Sol sobre os oceanos).

Renováveis e não renováveis. Uma fonte é **renovável** quando a natureza a repõe numa escala de tempo humana: Sol, vento, rios, marés, biomassa (se replantada), calor da Terra. É **não renovável** quando as reservas levam milhões de anos para se formar e se esgotam com o uso: petróleo, carvão, gás natural e urânio. Renovável não quer dizer sem impacto: hidrelétricas alagam áreas, e a queima

de biomassa emite CO_2 e fumaça. A vantagem da biomassa é que as plantas que a substituem voltam a absorver o CO_2 emitido, enquanto o carbono dos fósseis estava fora da atmosfera havia milhões de anos.

Como uma usina gera eletricidade

A maior parte das usinas faz a mesma coisa no fim: algo empurra as pás de uma **turbina**, que gira o eixo de um **gerador**. No gerador, ímãs giram perto de bobinas de fio (ou bobinas giram perto de ímãs), e a variação do campo magnético produz corrente elétrica: é a **indução eletromagnética**, assunto do Eletromagnetismo. O gerador transforma energia cinética de rotação em energia elétrica. O que muda de uma usina para outra é *o que faz a turbina girar*. Na hidrelétrica e na eólica, a turbina é movida diretamente por energia mecânica (água ou ar em movimento: setas azuis); nas térmicas, nuclear e geotérmica, por vapor produzido com calor (setas roxas). A placa fotovoltaica produz energia elétrica sem turbina (seta verde tracejada):



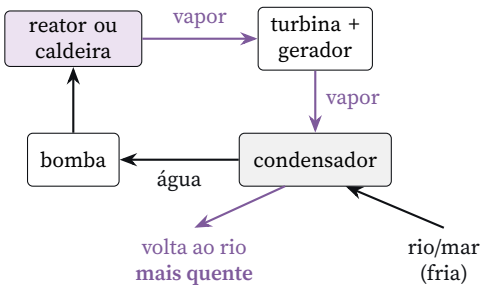
As principais usinas

- **Hidrelétrica**: energia potencial gravitacional da água → cinética → cinética de rotação da turbina → elétrica. Renovável, sem queima e com alto rendimento. Exige rio com bom volume de água e *desnível* (relevo acidentado ou planalto). Impactos: o reservatório alaga florestas, terras e cidades, desloca populações, altera o regime do rio, bloqueia a migração de peixes, e a vegetação submersa que apodrece emite metano e gás carbônico.
- **Termelétrica** (carvão, óleo, gás natural, biomassa): energia química → térmica (queima) → vapor → turbina → elétrica. Funciona em qualquer lugar e a qualquer hora, desde que haja combustível. A queima de fósseis emite CO_2 (intensifica o efeito estufa) e, conforme o combustível, SO_2 e óxidos de nitrogênio (que formam chuva ácida) e material particulado. Também aquece a água de resfriamento (poluição térmica).
- **Nuclear**: a fissão de núcleos de urânio libera energia nuclear como calor, que ferve água e move a turbina como numa termelétrica. Não há combustão: na operação, não emite CO_2 nem gases de chuva ácida, e uma pequena massa de combustível gera muita energia, numa área pequena. Problemas: rejeitos radioativos, que permanecem perigosos por milhares de anos e precisam ser guardados; risco de acidentes graves (Chernobyl, 1986; Fukushima, 2011); poluição térmica da água de resfriamento. O urânio não é renovável.
- **Geotérmica**: em regiões vulcânicas ou de rochas quentes perto da superfície, o calor do interior da Terra aquece água subterrânea e produz vapor. Funciona de forma contínua, sem depender do clima.

- **Eólica:** energia cinética do vento → rotação das pás → elétrica. Renovável, sem emissões na operação. Precisa de ventos fortes e constantes, típicos de regiões planas e abertas, do litoral e de topos de serra; vales fechados por montanhas costumam ter vento fraco e irregular. Impactos: ruído, alteração da paisagem, risco para aves e morcegos.
- **Solar fotovoltaica:** energia radiante → elétrica, diretamente nas placas (efeito fotovoltaico), sem turbina nem peças móveis. Renovável e sem emissões na operação; depende da insolação, não produz à noite e produz menos em dias nublados. Ocupa grandes áreas para potências altas. Existe também a *solar térmica*, que em geral só aquece água (aquecedor solar), sem gerar eletricidade.
- **Maremotriz:** aproveita a subida e a descida da maré, que enche e esvazia um reservatório e move turbinas; exige litoral com grande amplitude de maré.
- **Biogás:** a decomposição de lixo orgânico e dejetos por bactérias, sem oxigênio, em biodigestores ou aterros, produz principalmente metano (CH_4), queimado como combustível. Transforma resíduo em energia, e queimar o metano (um gás de efeito estufa mais potente que o CO_2) em vez de deixá-lo escapar reduz o impacto.

Escolher a fonte para um lugar. A usina só pode transformar a energia que o lugar oferece. Uma hidrelétrica precisa de água *e* de desnível; uma eólica, de vento constante; uma solar, de muita insolação; uma geotérmica, de calor perto da superfície. Uma termelétrica ou nuclear funciona quase em qualquer lugar, mas precisa de combustível e de água de resfriamento. A escolha cruza dois critérios: a fonte tem de ser adequada às condições naturais e econômicas do lugar, e seus impactos têm de ser aceitáveis ali.

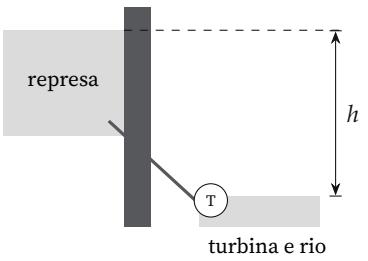
O ciclo do vapor e a poluição térmica



Termelétricas e nucleares são **máquinas térmicas**: funcionam num ciclo fechado em que a água vira vapor no reator ou na caldeira, o vapor se expande e move a turbina e, para ser bombeado de volta, precisa voltar a ser líquido no **condensador**. Para isso o condensador é resfriado com água de um rio, lago ou mar, que é devolvida mais quente.

Essa etapa não é um defeito de projeto: uma máquina térmica só funciona se uma parte do calor recebido da fonte quente for entregue a uma fonte fria. Por isso o rendimento das termelétricas e nucleares fica, em geral, abaixo de 50 %, e mais da metade da energia do combustível sai como calor no condensador (ou nas torres de resfriamento, de onde sobe vapor de água). Água mais quente dissolve menos oxigênio, o que prejudica peixes e outros seres aquáticos: é a **poluição térmica**. Note que ela acontece na *condensação*, no fim do ciclo; a fissão, a fervura e a turbina ficam dentro do circuito da usina.

Potência de uma hidrelétrica



A água que desce uma altura h perde a energia potencial $m\,g\,h$, que vira cinética e move a turbina. A cada segundo passa pela turbina um volume Q (a **vazão**, em m^3/s), cuja massa é $\rho\,Q$ (ρ é a densidade). A energia entregue por segundo, ou seja, a potência máxima teórica, é então:

$$P = \rho\, Q\, g\, h$$

ρ: densidade da água (1000 kg/m^3); Q: vazão em m^3/s; h: altura de queda; P em watts

Exemplo. Vazão de 10 m^3/s e queda de 20 m: $P = 1000 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 20 = 2\,000\,000$ W = **2 MW**. Dobrar a altura ou a vazão dobra a potência; com rendimento de 90 %, a potência elétrica seria 1,8 MW. Sem desnível ($h \approx 0$), não há potência, por mais água que haja.

Potência de uma turbina eólica

Num intervalo de 1 s, passa pelo círculo varrido pelas pás (área A) uma coluna de ar de comprimento v, com volume $A\,v$ e massa $\rho_{ar} A\,v$. A energia cinética desse ar é $\frac{1}{2}(\rho_{ar} A v)\,v^2$:

$$P_{vento} = \tfrac{1}{2}\,\rho_{ar}\,A\,v^3$$

$\rho_{ar} \approx 1{,}2$ kg/m^3; a turbina aproveita só uma parte (na prática, 35 a 45 %)

A potência cresce com o *cubo* da velocidade do vento: vento duas vezes mais rápido traz oito vezes mais potência. Por isso a escolha do lugar é decisiva para a eólica. *Exemplo:* com $A = 1\,000$ m^2 e $v = 10$ m/s, $P_{vento} = 0{,}5 \cdot 1{,}2 \cdot 1000 \cdot 1000 = 600$ kW; com 40 % de aproveitamento, a turbina gera **240 kW**.

Armazenar energia

Sol e vento são **intermitentes**: faltam à noite ou na calmaria, enquanto o consumo continua. Para garantir o fornecimento, guarda-se o excedente de energia em outra forma e recupera-se depois: em *baterias* (energia química); em *usinas reversíveis*, que bombeiam água para um reservatório alto quando sobra eletricidade (energia potencial) e a turbinam quando falta; ou produzindo *gás hidrogênio* por eletrólise da água, que depois é queimado ou usado numa célula a combustível. Cada conversão tem suas perdas, de modo que se recupera menos do que se guardou. Usinas hidrelétricas com reservatório e termelétricas complementam as intermitentes porque podem gerar quando for preciso.

Por que funciona Por que a hidrelétrica precisa de altura? A energia disponível é $m\,g\,h$: sem desnível, a água não tem energia potencial para entregar à turbina. Por isso um país plano, mesmo chuvoso, não é bom lugar para hidrelétricas, e um lugar plano com ventos constantes pede energia eólica. A mesma lógica vale para todas as fontes: a usina só transforma a energia que o lugar oferece, e sempre perde parte dela como calor.

Armadilha Escolher uma fonte que não combina com o lugar: eólica num vale cercado de montanhas, hidrelétrica num país plano e com poucos recursos hídricos.

Armadilha Atribuir à usina nuclear a chuva ácida ou a emissão de gases tóxicos. Ela não queima nada: o que sai das torres é vapor de água. Chuva ácida vem dos óxidos de enxofre e de nitrogênio da queima de carvão e de petróleo.

Armadilha Situar a poluição térmica na fissão, na fervura da água ou na turbina. Essas etapas ficam dentro do circuito da usina; o calor sai para o rio ou o mar na *condensação* do vapor.

Armadilha Supor máquina sem perdas: turbinas que seguem girando "por inércia" sem vento, ou uma usina que converte todo o calor da combustão em eletricidade. Atrito e carga freiam a turbina, e nenhuma máquina térmica aproveita 100 % do calor.

Armadilha Errar o uso do rendimento: esquecer os 20 % (área de 100 000 m², como se o painel aproveitasse toda a luz) ou multiplicar por 0,2 em vez de dividir (20 000 m²). A potência de luz necessária é a elétrica dividida pelo rendimento.

Exemplo resolvido

Questão 142 (Enem 2016, questão 47 do caderno azul)

A usina de Itaipu é uma das maiores hidrelétricas do mundo em geração de energia. Com 20 unidades geradoras e 14 000 MW de potência total instalada, apresenta uma queda de 118,4 m e vazão nominal de 690 m³/s por unidade geradora. O cálculo da potência teórica leva em conta a altura da massa de água represada pela barragem, a gravidade local (10 m/s²) e a densidade da água (1 000 kg/m³). A diferença entre a potência teórica e a instalada é a potência não aproveitada. Qual é a potência, em MW, não aproveitada em cada unidade geradora de Itaipu?

resolução em vídeo

A) 0 B) 1,18 C) 116,96 D) 816,96 E) 13 183,04

Resolução

Ideia-chave: potência teórica é a energia potencial que a água perde por segundo, $P = \rho\, Q\, g\, h$, calculada *por unidade geradora*.

Por unidade: $P_{\text{teórica}} = 1000 \cdot 690 \cdot 10 \cdot 118{,}4 = 816\,960\,000\ \text{W} = 816{,}96\ \text{MW}$.

Instalada por unidade: $\dfrac{14\,000\ \text{MW}}{20} = 700\ \text{MW}$.

Não aproveitada: $816{,}96 - 700 = \mathbf{116{,}96\ MW}$. **Alternativa C.**

Cuidado: a alternativa D é a potência teórica inteira, e a E subtrai a potência teórica de uma unidade da potência instalada total (14 000 − 816,96), misturando "uma unidade" com "a usina inteira".

No ENEM, acertaram esta questão 36% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 143 (Enem 2022, questão 93 do caderno azul)

Em 2017, foi inaugurado, no estado da Bahia, o Parque Solar Lapa, composto por duas usinas (Bom Jesus da Lapa e Lapa) e capaz de gerar cerca de 300 GWh de energia por ano. Considere que cada usina apresente potência igual a 75 MW, com o parque totalizando uma potência instalada de 150 MW. Considere ainda que a irradiância solar média é de 1 500 W/m² e que a eficiência dos painéis é de 20%.

Nessas condições, a área total dos painéis solares que compõem o Parque Solar Lapa é mais próxima de:

resolução em vídeo

A) 1 000 000 m² B) 500 000 m² C) 250 000 m² D) 100 000 m² E) 20 000 m²

Ideia-chave: a potência elétrica é só 20 % da potência solar que chega às placas.

Potência solar necessária: $P_{solar} = \frac{150\,MW}{0{,}2} =$ _____ MW.

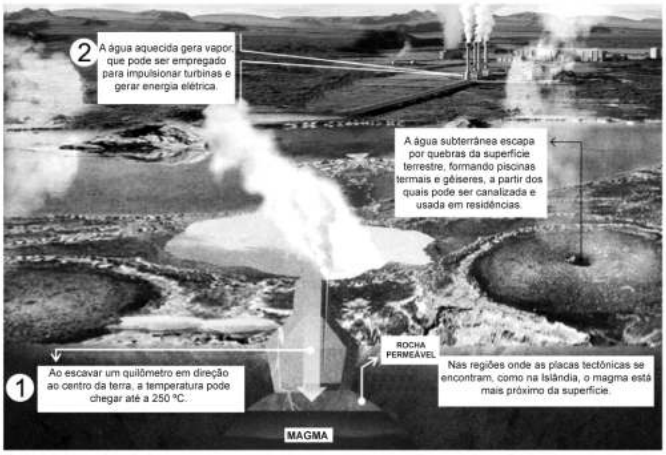
Cada metro quadrado recebe 1 500 W, então a área é $A = \frac{P_{solar}}{1500\,W/m^2} =$ _____ m².

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 326.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 326.

Questão 144 (Enem 2010, questão 56 do caderno azul)



ZIEGLER, M.F. Energia Sustentável. **Revista IstoÉ**. 28 abr. 2010.

A fonte de energia representada na figura, considerada uma das mais limpas e sustentáveis do mundo, é extraída do calor gerado

A) pela circulação do magma no subsolo.
B) pelas erupções constantes dos vulcões.
C) pelo sol que aquece as águas com radiação ultravioleta.
D) pela queima do carvão e combustíveis fósseis.
E) pelos detritos e cinzas vulcânicas.

resolução em vídeo

Questão 145 (Enem 2012, questão 71 do caderno azul)

Suponha que você seja um consultor e foi contratado para assessorar a implantação de uma matriz energética em um pequeno país com as seguintes características: região plana, chuvosa e com ventos constantes, dispondo de poucos recursos hídricos e sem reservatórios de combustíveis fósseis.
De acordo com as características desse país, a matriz energética de menor impacto e risco ambientais é a baseada na energia

A) dos biocombustíveis, pois tem menor impacto ambiental e maior disponibilidade.

B) solar, pelo seu baixo custo e pelas características do país favoráveis à sua implantação.

C) nuclear, por ter menor risco ambiental e ser adequada a locais com menor extensão territorial.

D) hidráulica, devido ao relevo, à extensão territorial do país e aos recursos naturais disponíveis.

E) eólica, pelas características do país e por não gerar gases do efeito estufa nem resíduos de operação.

resolução em vídeo

Questão 146 (Enem 2023, questão 93 do caderno azul)

A utilização de tecnologia nuclear é um tema bastante controverso, por causa do risco de acidentes graves, como aqueles ocorridos em Chernobyl (1986), em Goiânia (1987) e em Fukushima (2011). Apesar de muitas desvantagens, como a geração de resíduos tóxicos, a descontaminação ambiental dispendiosa em caso de acidentes e a utilização em armas nucleares, a geração de energia nuclear apresenta vantagens em comparação a outras fontes de energia.
A geração dessa energia tem como característica:

A) Formar resíduos facilmente recicláveis.

B) Promover o aumento do desmatamento.

C) Contribuir para a produção de chuva ácida.

D) Emitir gases tóxicos que são lançados no ambiente.

E) Produzir calor sem o consumo de combustíveis fósseis.

resolução em vídeo

Questão 147 (Enem 2011, questão 51 do caderno azul)

Para evitar o desmatamento da Mata Atlântica nos arredores da cidade de Amargosa, no Recôncavo da Bahia, o Ibama tem atuado no sentido de fiscalizar, entre outras, as pequenas propriedades rurais que dependem da lenha proveniente das matas para a produção da farinha de mandioca, produto típico da região. Com isso, pequenos produtores procuram alternativas como o gás de cozinha, o que encarece a farinha.
Uma alternativa viável, em curto prazo, para os produtores de farinha em Amargosa, que não cause danos à Mata Atlântica nem encareça o produto é a

A) construção, nas pequenas propriedades, de grandes fornos elétricos para torrar a mandioca.

B) plantação, em suas propriedades, de árvores para serem utilizadas na produção de lenha.

C) permissão, por parte do Ibama, da exploração da Mata Atlântica apenas pelos pequenos produtores.

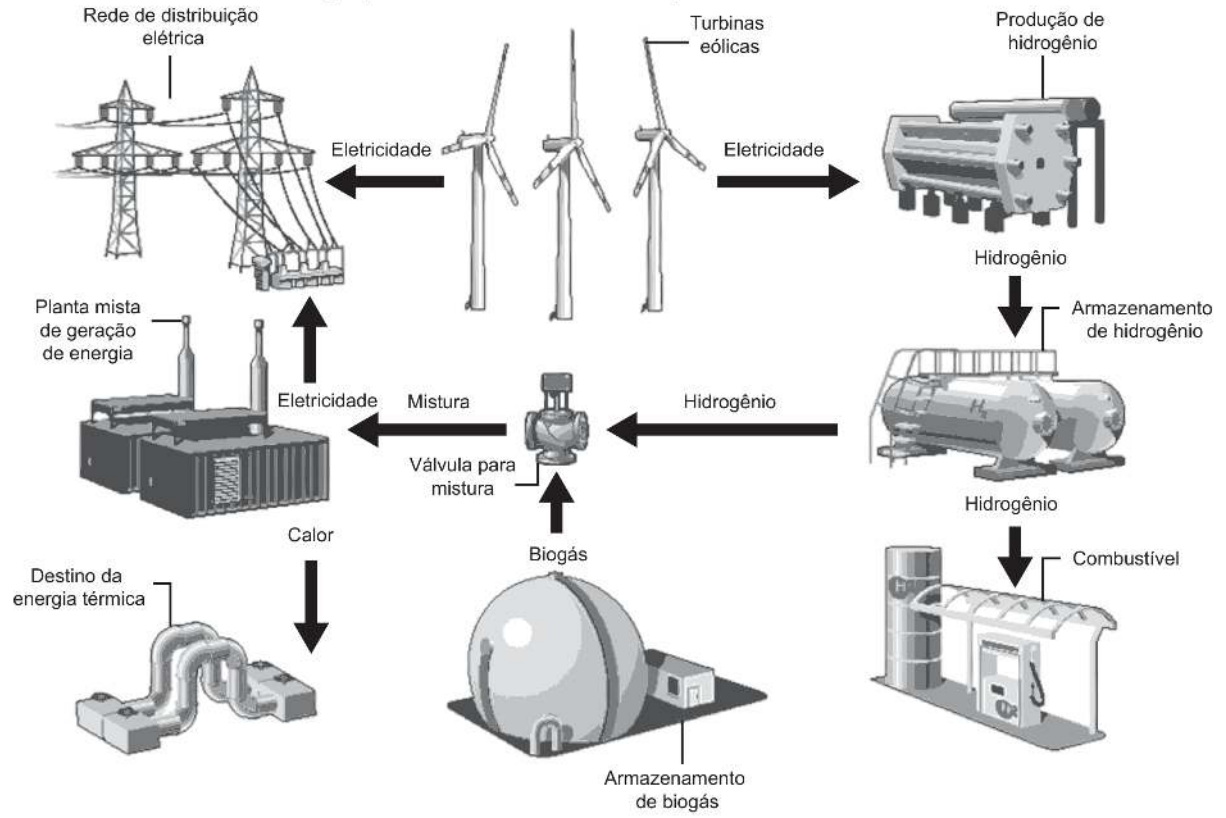
D) construção de biodigestores, para a produção de gás combustível a partir de resíduos orgânicos da região.

E) coleta de carvão de regiões mais distantes, onde existe menor intensidade de fiscalização do Ibama.

resolução em vídeo

Questão 148 (Enem 2017, questão 105 do caderno azul)

A figura mostra o funcionamento de uma estação híbrida de geração de eletricidade movida a energia eólica e biogás. Essa estação possibilita que a energia gerada no parque eólico seja armazenada na forma de gás hidrogênio, usado no fornecimento de energia para a rede elétrica comum e para abastecer células a combustível.



Disponível em: www.enertrag.com. Acesso em: 24 abr. 2015 (adaptado).

Mesmo com ausência de ventos por curtos períodos, essa estação continua abastecendo a cidade onde está instalada, pois o(a)

A) planta mista de geração de energia realiza eletrólise para enviar energia à rede de distribuição elétrica.
B) hidrogênio produzido e armazenado é utilizado na combustão com o biogás para gerar calor e eletricidade.
C) conjunto de turbinas continua girando com a mesma velocidade, por inércia, mantendo a eficiência anterior.
D) combustão da mistura biogás-hidrogênio gera diretamente energia elétrica adicional para a manutenção da estação.
E) planta mista de geração de energia é capaz de utilizar todo o calor fornecido na combustão para a geração de eletricidade.

resolução em vídeo

Questão 149 (Enem 2010, questão 89 do caderno azul)

Deseja-se instalar uma estação de geração de energia elétrica em um município localizado no interior de um pequeno vale cercado de altas montanhas de difícil acesso. A cidade é cruzada por um rio, que é fonte de água para consumo, irrigação das lavouras de subsistência e pesca. Na região, que possui pequena extensão territorial, a incidência solar é alta o ano todo. A estação em questão irá abastecer apenas o município apresentado.

Qual forma de obtenção de energia, entre as apresentadas, é a mais indicada para ser implantada nesse município de modo a causar o menor impacto ambiental?

A) Termelétrica, pois é possível utilizar a água do rio no sistema de refrigeração.

B) Eólica, pois a geografia do local é própria para a captação desse tipo de energia.

C) Nuclear, pois o modo de resfriamento de seus sistemas não afetaria a população.

D) Fotovoltaica, pois é possível aproveitar a energia solar que chega à superfície do local.

E) Hidrelétrica, pois o rio que corta o município é suficiente para abastecer a usina construída.

resolução em vídeo

Questão 150 (Enem 2014, questão 66 do caderno azul)

A elevação da temperatura das águas de rios, lagos e mares diminui a solubilidade do oxigênio, pondo em risco as diversas formas de vida aquática que dependem desse gás. Se essa elevação de temperatura acontece por meios artificiais, dizemos que existe poluição térmica. As usinas nucleares, pela própria natureza do processo de geração de energia, podem causar esse tipo de poluição.

Que parte do ciclo de geração de energia das usinas nucleares está associada a esse tipo de poluição?

A) Fissão do material radioativo.

B) Condensação do vapor-d'água no final do processo.

C) Conversão de energia das turbinas pelos geradores.

D) Aquecimento da água líquida para gerar vapor-d'água.

E) Lançamento do vapor-d'água sobre as pás das turbinas.

resolução em vídeo

Polaridade, forças intermoleculares e solubilidade

Química

Antes de ler: tente responder

1. Por que óleo e água não se misturam?
2. Entre etanol (CH_3CH_2OH) e propano ($CH_3CH_2CH_3$), de massas parecidas, qual tem o ponto de ebulição mais alto?
3. Por que o detergente consegue tirar gordura da louça?

Respostas no Gabarito, na página 326. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

Cores deste capítulo: **polar** (ou hidrofílico, "gosta de água"), **apolar** (ou hidrofóbico, "gosta de gordura") e **dipolos e atrações entre moléculas**.

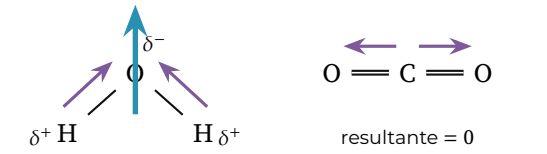
1. Ligações polares e apolares

Numa ligação covalente entre átomos iguais (H_2, O_2, Cl_2), o par de elétrons fica igualmente dividido: a ligação é **apolar**. Entre átomos de eletronegatividades diferentes, o par fica mais perto do mais eletronegativo. Esse átomo ganha uma **carga parcial negativa**, δ^- (menor que a carga de um elétron), e o outro fica com δ^+. A ligação é **polar** e forma um dipolo elétrico: duas cargas opostas separadas por uma distância. Representa-se o dipolo por uma seta que aponta para o lado δ^-.

A intensidade do dipolo é medida pelo **momento dipolar**, $\mu = \delta \cdot d$ (carga parcial vezes distância). Quanto maior a diferença de eletronegatividade, mais polar a ligação. *Exemplo:* em O–H, $\Delta\chi = 3{,}44 - 2{,}20 = 1{,}24$: ligação bem polar, com δ^- no O. Em C–H, $\Delta\chi = 2{,}55 - 2{,}20 = 0{,}35$: ligação quase apolar.

2. Moléculas polares e apolares

Uma molécula pode ter ligações polares e, ainda assim, ser apolar. O que decide é o **momento dipolar total**: a soma dos dipolos das ligações, levando em conta a **geometria**, do mesmo jeito que se somam forças (vetores).



angular: os dipolos *somam* — **polar**

linear: os dipolos *se anulam* — **apolar**

- H_2O, angular: os dois dipolos apontam "para o mesmo lado" e somam. Molécula **polar**.
- CO_2, linear: dois dipolos iguais e opostos se anulam. Molécula **apolar**, embora cada ligação seja polar.

Regra prática. A molécula é **apolar** quando os dipolos se cancelam por simetria: o átomo central não tem par isolado e está ligado a átomos iguais, numa geometria simétrica (linear, trigonal plana, tetraédrica, bipirâmide trigonal, octaédrica). Caso contrário, em geral é **polar**.

Molécula	Geometria	Dipolos	Molécula é
H_2, O_2, N_2	linear	ligação apolar	apolar
HCl	linear	um só dipolo	polar
CO_2	linear	iguais e opostos	apolar
BF_3	trigonal plana	três iguais a 120°	apolar
CH_4, CCl_4	tetraédrica	quatro iguais	apolar
$CHCl_3$	tetraédrica	ligantes diferentes	polar
NH_3	piramidal	não se anulam	polar
H_2O	angular	não se anulam	polar

Exemplo. O CCl_4 e o $CHCl_3$ (clorofórmio) são tetraédricos. No CCl_4, os quatro dipolos C–Cl são iguais e se cancelam: apolar. No $CHCl_3$, um dos cloros foi trocado por H; a simetria se perde e sobra um dipolo resultante: polar.

Há um teste simples: aproxime um pente eletrizado de um filete fino de água saindo da torneira. O filete se desvia, porque as moléculas polares se orientam e são atraídas pelo pente. Um filete de líquido apolar, como o hexano, quase não se desvia.

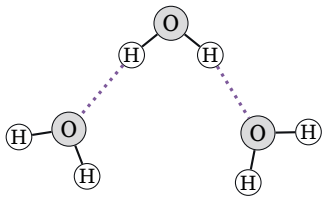
Moléculas grandes com duas partes. Nas moléculas orgânicas, as cadeias de C e H (óleos, gorduras, gasolina, parafina) são praticamente apolares. Uma molécula pode ter uma "cabeça" polar (OH, COOH, COO^-, NH_2) e uma "cauda" longa de C e H. Quanto **mais grupos polares** e **menor a cadeia**, mais ela se parece com a água; quanto **mais longa a cadeia** e menos grupos polares, mais ela se parece com um óleo. *Exemplo:* metanol, etanol e propanol se misturam com a água em qualquer proporção; o hexanol, com o mesmo grupo OH e uma cadeia de 6 carbonos, é pouco solúvel (cerca de 0,6 g por 100 mL de água).

3. Forças intermoleculares

As **forças intermoleculares** são as atrações *entre* moléculas. São elas que mantêm as moléculas juntas no líquido e no sólido. Todas são de origem elétrica e muito mais fracas que as ligações químicas dentro das moléculas: separar duas moléculas de água no líquido custa cerca de 20 kJ/mol por ligação de hidrogênio, enquanto romper uma ligação O–H custa cerca de 460 kJ/mol. Da mais fraca para a mais forte:

- **Forças de London** (dipolo induzido–dipolo induzido): os elétrons de uma molécula se deslocam por um instante e criam um dipolo momentâneo, que induz outro na molécula vizinha. Existem entre *todas* as moléculas e são as únicas entre moléculas apolares. Crescem com o número de elétrons (moléculas maiores) e com a superfície de contato.
- **Dipolo-dipolo** (dipolo permanente–dipolo permanente): entre moléculas polares, o δ^+ de uma atrai o δ^- da outra. Exemplos: HCl, $CHCl_3$, acetona.
- **Ligação de hidrogênio** (nome antigo, que ainda aparece em provas: *ponte de hidrogênio*): caso especial e mais forte de dipolo-dipolo. Ocorre quando um H ligado a **F, O ou N** (átomos pequenos e muito eletronegativos) é atraído por um par isolado de F, O ou N de outra molécula. Está na água, na amônia, nos álcoois, nos açúcares, nas proteínas e entre as duas fitas do DNA.
- **Íon-dipolo**: entre um íon e moléculas polares. É a interação que dissolve sais na água.

Entre moléculas diferentes também há **dipolo permanente–dipolo induzido**: uma molécula polar deforma a nuvem eletrônica de uma apolar vizinha (é assim que um pouco de O_2 se dissolve na água).



ligações de hidrogênio:
H de uma ··· O da outra

Intra × inter. A ligação covalente O–H (traço cinza) fica *dentro* da molécula: só se rompe numa reação química. A ligação de hidrogênio (pontilhado roxo) fica *entre* moléculas: é ela que se rompe quando a água ferve ou quando algo se dissolve. Ferver água não quebra a molécula de H_2O: o vapor ainda é H_2O.
Estados físicos. Nas mudanças de estado (fusão, ebulição, condensação), a substância continua a mesma; muda só a **organização** das moléculas e a distância entre elas. Sólido: arranjo ordenado, moléculas vibrando no lugar. Líquido: juntas, mas deslizando. Gás: afastadas e livres.

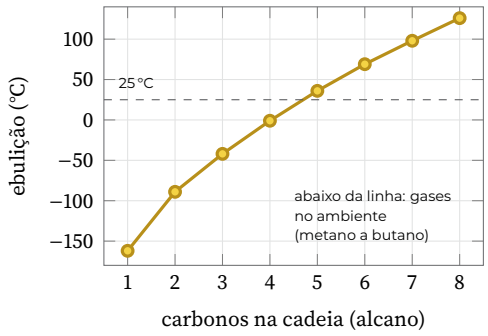
4. Pontos de fusão e de ebulição

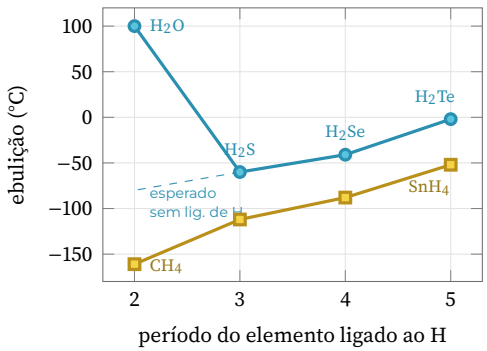
Ferver é separar as moléculas umas das outras. Quanto mais fortes as forças intermoleculares, mais energia é preciso, maior a temperatura de ebulição e menor a **volatilidade** (tendência a evaporar). Para comparar duas substâncias moleculares:

1. **tipo de força:** ligação de hidrogênio > dipolo-dipolo > London, para moléculas de tamanho parecido;
2. **tamanho:** com o mesmo tipo de força, a molécula maior tem forças de London mais intensas;
3. **forma:** com a mesma fórmula, a cadeia ramificada é mais compacta, tem menos contato com as vizinhas e ferve a temperatura mais baixa.

Exemplos.

- **Mesma massa, forças diferentes:** propano (44 g/mol, só London) ferve a −42 °C; etanol (46 g/mol, ligação de hidrogênio), a 78 °C.
- **Mesma força, tamanhos diferentes:** nos alcanos, cada carbono a mais aumenta as forças de London, e o ponto de ebulição sobe (gráfico ao lado). É assim que a destilação do petróleo separa gases, gasolina, querosene e óleo diesel.
- **Mesma fórmula, formas diferentes:** o pentano, C_5H_{12} de cadeia reta, ferve a 36 °C; o neopentano, C_5H_{12} quase esférico, a 9,5 °C.



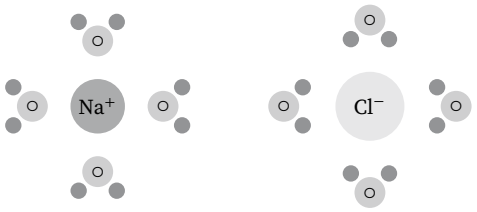


A água é uma exceção. O gráfico mostra a ebulição dos compostos de hidrogênio dos grupos 16 (H_2O a H_2Te) e 14 (CH_4 a SnH_4). Nos dois grupos, a molécula maior ferve a temperatura mais alta, como esperado pelas forças de London. A água foge à regra: pela tendência, deveria ferver perto de −80 °C, mas ferve a 100 °C. A diferença vem das ligações de hidrogênio. Sem elas, não haveria água líquida na Terra.

As ligações de hidrogênio explicam outra propriedade rara da água: no gelo, elas prendem cada molécula a outras quatro numa rede aberta, cheia de espaços vazios. Por isso o gelo (0,92 g/cm³) é **menos denso** que a água líquida (1,00 g/cm³) e flutua; lagos congelam de cima para baixo, e a vida continua embaixo.

5. Solubilidade

Uma substância se dissolve em outra quando as atrações soluto–solvente compensam as atrações soluto–soluto e solvente–solvente que precisam ser desfeitas. Na prática, vale a regra **"semelhante dissolve semelhante"**: substâncias polares e iônicas se dissolvem em solventes polares (açúcar e sal em água); substâncias apolares, em solventes apolares (gordura em gasolina ou hexano). Dois líquidos que se misturam em qualquer proporção são **miscíveis** (água e etanol); os que formam duas fases são **imiscíveis** (água e óleo).



o O (δ^-) da água volta-se para o cátion; os H (δ^+), para o ânion

Dissolução de um sal. Quando um cristal de NaCl cai na água, as moléculas polares cercam os íons da superfície: o lado negativo (O) aponta para o Na^+, e o lado positivo (H), para o Cl^-. As atrações íon-dipolo arrancam os íons do cristal, e cada íon segue cercado por uma "capa" de moléculas de água. Esse processo se chama **hidratação** (ou, com qualquer solvente, **solvatação**).

Consequências.

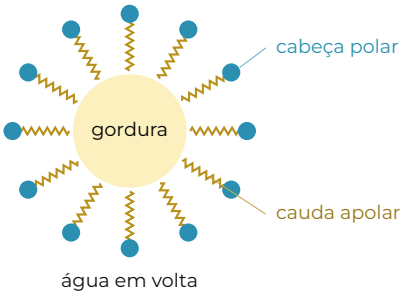
- O petróleo derramado no mar não se mistura com a água (é hidrofóbico) e, por ser menos denso, forma uma película na superfície, que bloqueia a luz e as trocas de gases entre o ar e a água.
- Substâncias **lipossolúveis** (vitaminas A, D, E e K; pesticidas organoclorados como o DDT; muitos hormônios) dissolvem-se na gordura e se acumulam no tecido adiposo e no leite, passando de presa para predador ao longo da cadeia alimentar. Substâncias **hidrossolúveis** (vitamina C, ureia, sais) circulam no sangue e são eliminadas pela urina.
- **Lipofilia** é a preferência de uma molécula pela fase gordurosa; **hidrofilia**, pela fase aquosa. Trocar um grupo polar (OH) por um apolar (CH_3) aumenta a lipofilia; acrescentar grupos polares, ou transformar a molécula num íon, a diminui. É por isso que muitos remédios com grupo amina são vendidos como sais (cloridratos): o íon é mais solúvel em água.
- Sólidos iônicos muito solúveis, como o NaOH e o $CaCl_2$, absorvem a umidade do ar (atração íon-dipolo) e podem chegar a se dissolver nela: são **higroscópicos**. O $CaCl_2$ anidro é usado em produtos antimofo por isso.

6. Outros efeitos das forças intermoleculares

- **Tensão superficial.** No interior do líquido, cada molécula é puxada igualmente para todos os lados; na superfície, só para dentro e para os lados. A superfície se comporta como uma película elástica: insetos andam sobre a água e as gotas ficam esféricas. A água, com ligações de hidrogênio, tem tensão superficial alta.
- **Capilaridade.** Quando o líquido é mais atraído pela parede de um tubo fino (ou pelas fibras de um papel, de um tecido, do solo) do que por si mesmo, ele sobe pelos poros, contra a gravidade. É o que acontece no papel de filtro, na cromatografia em papel e no pavio da lamparina.
- **Adsorção.** Moléculas aderem à *superfície* de um sólido, sem penetrar nele. O carvão ativado, com enorme área de poros, adsorve moléculas orgânicas por forças de London: é usado em filtros de água e em máscaras.
- **Aquecimento por micro-ondas.** O campo elétrico do forno inverte de sentido bilhões de vezes por segundo; as moléculas polares giram para acompanhá-lo, se agitam e esquentam. Um líquido apolar, como o hexano, quase não aquece.

7. Sabões e detergentes

Sabões e detergentes são **tensoativos** (ou surfactantes): moléculas **anfifílicas**, com uma **cabeça** iônica ou muito polar (por exemplo, $-COO^- Na^+$ nos sabões, $-SO_3^- Na^+$ nos detergentes), que interage com a água, e uma **cauda** longa de C e H, apolar. Na água, as caudas se agrupam longe dela e formam **micelas**: esferas com as caudas para dentro e as cabeças para fora. A gordura fica presa no miolo apolar da micela, e a micela, com a superfície polar, é levada pela água do enxágue.



Exemplo. O estearato de sódio, $C_{17}H_{35}COO^-Na^+$, é um sabão: cauda de 17 carbonos e cabeça carboxilato. Um sal de cadeia curta, como o acetato de sódio, $CH_3COO^-Na^+$, tem a cabeça mas não tem cauda capaz de segurar a gordura: não funciona como sabão. A parafina, só cauda, também não.

Os tensoativos também se acumulam na superfície da água, com as caudas para fora, e diminuem a tensão superficial: a água "molha" melhor e penetra nos tecidos. No intestino, os sais biliares fazem papel parecido: **emulsificam** as gorduras, dividindo-as em gotículas, o que facilita a ação das enzimas (lipases).

Por que funciona Por que "semelhante dissolve semelhante"? Para dissolver, as moléculas do soluto precisam se encaixar entre as do solvente. A água está presa a si mesma por ligações de hidrogênio fortes; uma molécula apolar não oferece atrações parecidas em troca e acaba "empurrada para fora". Uma molécula polar, ou um íon, troca uma atração forte por outra, e se dissolve. Pela mesma razão, moléculas apolares se misturam facilmente entre si: nenhuma atração forte precisa ser rompida.

Armadilha Confundir ligação *intra*molecular (covalente, dentro da molécula, rompida só em reações) com interação *inter*molecular (entre moléculas, rompida na fervura e na dissolução). "Ligações covalentes" não explicam a retenção de água por um hidratante nem a atração entre moléculas de benzeno; e ferver o diesel não "quebra a cadeia carbônica".

Armadilha Errar o nome da interação. Ligação de hidrogênio exige H ligado a F, O ou N: moléculas só com C–H (benzeno) não a fazem, e moléculas apolares não têm dipolo permanente. Entre OH e água, "dipolo-dipolo" é a classe geral, mas a resposta é a ligação de hidrogênio. Com um íon de um lado e água do outro, a interação é íon-dipolo.

Armadilha Explicar a ebulição pela densidade ou pelas ramificações. O que eleva a temperatura de ebulição são forças intermoleculares mais intensas; ramificar a cadeia faz o contrário, baixa a ebulição.

Armadilha Trocar a causa da solubilidade. Organoclorados vão para a gordura pela *baixa polaridade*, não por terem cloro ou por seu tamanho; hidroxilas fariam o contrário. Petróleo não se dissolve na água. Lipofilia e hidrofilia são opostas: substância que se dissolve na água é hidrofílica. E um sabão precisa das duas partes, cabeça iônica e cauda longa: hidrocarboneto puro, sal de cadeia curta ou éter não servem.

Exemplo resolvido

Questão 151 (Enem 2016, questão 46 do caderno azul)

Em sua formulação, o spray de pimenta contém porcentagens variadas de oleorresina de Capsicum, cujo princípio ativo é a capsaicina, e um solvente (um álcool como etanol ou isopropanol). Em contato com os olhos, pele ou vias respiratórias, a capsaicina causa um efeito inflamatório que gera uma sensação de dor e ardor, levando à cegueira temporária. O processo é desencadeado pela liberação de neuropeptídios das terminações nervosas.
Quando uma pessoa é atingida com o spray de pimenta nos olhos ou na pele, a lavagem da região atingida com água é ineficaz porque a

A) reação entre etanol e água libera calor, intensificando o ardor.

B) solubilidade do princípio ativo em água é muito baixa, dificultando a sua remoção.

C) permeabilidade da água na pele é muito alta, não permitindo a remoção do princípio ativo.

D) solubilização do óleo em água causa um maior espalhamento além das áreas atingidas.

E) ardência faz evaporar rapidamente a água, não permitindo que haja contato entre o óleo e o solvente.

resolução em vídeo

Resolução

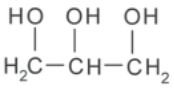
Ideia-chave: semelhante dissolve semelhante.
1. Classifique o soluto. A capsaicina tem alguns grupos polares, mas a maior parte da molécula é uma longa cadeia de carbono e hidrogênio: ela se comporta como um óleo (vem de uma *oleorresina*). Predominantemente apolar.
2. Classifique o solvente. A água é muito polar e presa a si mesma por ligações de hidrogênio.
3. Conclusão. A solubilidade da capsaicina em água é muito baixa: lavar com água é como tentar tirar óleo só com água. Por isso o próprio spray usa álcool, que tem uma parte apolar, como solvente.
Distratores. O ardor vem da capsaicina, não de calor liberado na mistura de etanol e água (A); dizer que o óleo se solubiliza na água (D) contradiz o próprio problema.
Resposta: **B.**

No ENEM, acertaram esta questão 30% dos candidatos.

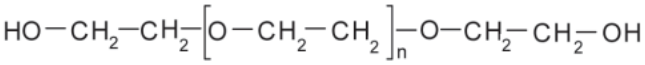
Agora você: complete a resolução

Questão 152 (Enem 2011, questão 58 do caderno azul)

A pele humana, quando está bem hidratada, adquire boa elasticidade e aspecto macio e suave. Em contrapartida, quando está ressecada, perde sua elasticidade e se apresenta opaca e áspera. Para evitar o ressecamento da pele é necessário, sempre que possível, utilizar hidratantes umectantes, feitos geralmente à base de glicerina e polietilenoglicol:



glicerina



polietilenoglicol

Disponível em: http://www.brasilescola.com. Acesso em: 23 abr. 2010 (adaptado).

A retenção de água na superfície da pele promovida pelos hidratantes é consequência da interação dos grupos hidroxila dos agentes umectantes com a umidade contida no ambiente por meio de

A) ligações iônicas.
B) forças de London.
C) ligações covalentes.
D) forças dipolo-dipolo.
E) ligações de hidrogênio.

resolução em vídeo

Passo 1: glicerina e polietilenoglicol têm grupos _____, em que o H está ligado a um átomo muito eletronegativo, o _____.
Passo 2: a água também tem H ligado a O. Entre o H de uma molécula e o O da outra forma-se uma atração forte chamada _____.
Passo 3: não há íons (descarta ligação iônica); a ligação covalente é a que existe _____ de cada molécula, não entre elas; dipolo-dipolo é a classe geral, e o caso do OH com a água é o caso especial e mais forte.

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 326.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 326.

Questão 153 (Enem 2020, questão 124 do caderno azul)

Em 2011, uma falha no processo de perfuração realizado por uma empresa petrolífera ocasionou derramamento de petróleo na bacia hidrográfica de Campos, no Rio de Janeiro.
Os impactos decorrentes desse derramamento ocorrem porque os componentes do petróleo

A) reagem com a água do mar e sofrem degradação, gerando compostos com elevada toxicidade.
B) acidificam o meio, promovendo o desgaste das conchas calcárias de moluscos e a morte de corais.

C) dissolvem-se na água, causando a mortandade dos seres marinhos por ingestão da água contaminada.

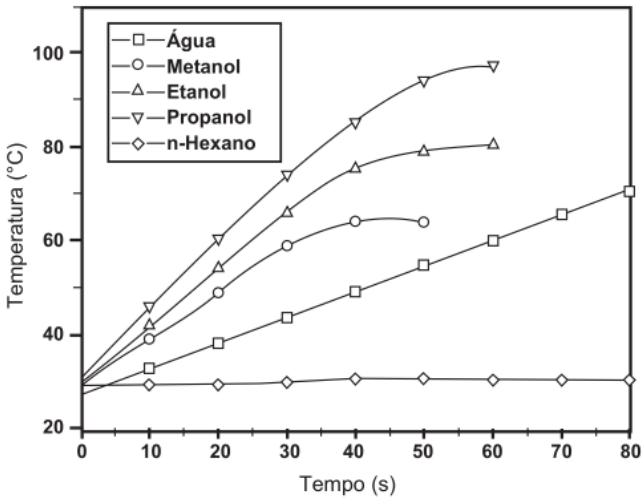
D) têm caráter hidrofóbico e baixa densidade, impedindo as trocas gasosas entre o meio aquático e a atmosfera.

E) têm cadeia pequena e elevada volatilidade, contaminando a atmosfera local e regional em função dos ventos nas orlas marítimas.

resolução em vídeo

Questão 154 (Enem 2016, questão 89 do caderno azul)

O aquecimento de um material por irradiação com micro-ondas ocorre por causa da interação da onda eletromagnética com o dipolo elétrico da molécula. Um importante atributo do aquecimento por micro-ondas é a absorção direta da energia pelo material a ser aquecido. Assim, esse aquecimento é seletivo e dependerá, principalmente, da constante dielétrica e da frequência de relaxação do material. O gráfico mostra a taxa de aquecimento de cinco solventes sob irradiação de micro-ondas.



BARBOZA, A. C. R. N. et al. Aquecimento em forno de micro-ondas. Desenvolvimento de alguns conceitos fundamentais. **Química Nova**, n. 6, 2001 (adaptado).

No gráfico, qual solvente apresenta taxa média de aquecimento mais próxima de zero, no intervalo de 0 s a 40 s?

A) H_2O

B) CH_3OH

C) CH_3CH_2OH

D) $CH_3CH_2CH_2OH$

E) $CH_3CH_2CH_2CH_2CH_2CH_3$

resolução em vídeo

Questão 155 (Enem 2025, questão 134 do caderno azul)

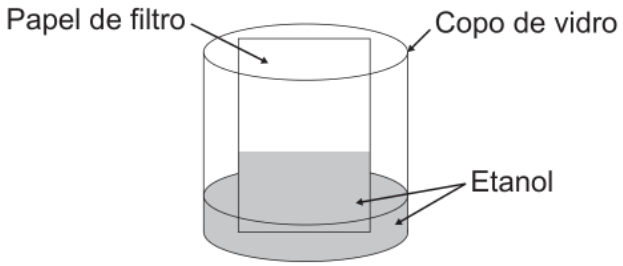
Alguns hormônios sexuais têm ganhado notável atenção nos últimos anos por suas concentrações cada vez maiores no solo e na água em todo o mundo. O motivo da preocupação é porque, em níveis poluentes, eles têm sido associados ao câncer de mama e ao câncer de próstata, além de perturbarem a fisiologia dos peixes, podendo, ainda, afetarem o desenvolvimento reprodutivo de animais domésticos e selvagens. Assim, o descarte inadequado desses hormônios representa uma séria ameaça ao solo, plantas, recursos hídricos e humanos. De baixa polaridade, eles apresentam uma solubilidade pequena e variável em água, dependendo dos grupos presentes em suas estruturas, representando um grande risco para os ambientes aquáticos. As figuras apresentam as estruturas de alguns desses hormônios.
Do ponto de vista das interações químicas, qual desses hormônios apresenta maior solubilidade em ambientes aquáticos?

resolução em vídeo

A) Estradiol. B) Estriol. C) Estrona. D) Novestrol. E) Noretindrona.

Questão 156 (Enem 2019, questão 134 do caderno azul)

Um experimento simples, que pode ser realizado com materiais encontrados em casa, é realizado da seguinte forma: adiciona-se um volume de etanol em um copo de vidro e, em seguida, uma folha de papel. Com o passar do tempo, observa-se um comportamento peculiar: o etanol se desloca sobre a superfície do papel, superando a gravidade que o atrai no sentido oposto, como mostra a imagem. Para parte dos estudantes, isso ocorre por causa da absorção do líquido pelo papel.



Do ponto de vista científico, o que explica o movimento do líquido é a

A) evaporação do líquido.
B) diferença de densidades.
C) reação química com o papel.
D) capilaridade nos poros do papel.
E) resistência ao escoamento do líquido.

resolução em vídeo

Questão 157 (Enem 2011, questão 55 do caderno azul)

No processo de industrialização da mamona, além do óleo que contém vários ácidos graxos, é obtida uma massa orgânica, conhecida como torta de mamona. Esta massa tem potencial para ser utilizada como fertilizante para o solo e como complemento em rações animais devido a seu elevado valor proteico. No entanto, a torta apresenta compostos tóxicos e alergênicos diferentemente do óleo da mamona. Para que a torta possa ser utilizada na alimentação animal, é neces-

sário um processo de descontaminação.
Revista Química Nova na Escola. V. 32, nº 1, 2010 (adaptado).
A característica presente nas substâncias tóxicas e alergênicas, que inviabiliza sua solubilização no óleo de mamona, é a

resolução em vídeo

A) lipofilia.
B) hidrofilia.
C) hipocromia.
D) cromatofilia.
E) hiperpolarização.

Questão 158 (Enem 2016, questão 67 do caderno azul)

Primeiro, em relação àquilo a que chamamos água, quando congela, parece-nos estar a olhar para algo que se tornou pedra ou terra, mas quando derrete e se dispersa, esta torna-se bafo e ar; o ar, quando é queimado, torna-se fogo; e, inversamente, o fogo, quando se contrai e se extingue, regressa à forma do ar; o ar, novamente concentrado e contraído, torna-se nuvem e nevoeiro, mas, a partir destes estados, se for ainda mais comprimido, torna-se água corrente, e de água torna-se novamente terra e pedras; e deste modo, como nos parece, dão geração uns aos outros de forma cíclica. (PLATÃO. Timeu-Crítias.)
Do ponto de vista da ciência moderna, os "quatro elementos" descritos por Platão correspondem, na verdade, às fases sólida, líquida, gasosa e plasma da matéria. As transições entre elas são hoje entendidas como consequências macroscópicas de transformações sofridas pela matéria em escala microscópica.
Excetuando-se a fase de plasma, essas transformações sofridas pela matéria, em nível microscópico, estão associadas a uma

A) troca de átomos entre as diferentes moléculas do material.
B) transmutação nuclear dos elementos químicos do material.
C) redistribuição de prótons entre os diferentes átomos do material.
D) mudança na estrutura espacial formada pelos diferentes constituintes do material.
E) alteração nas proporções dos diferentes isótopos de cada elemento presente no material.

resolução em vídeo

Questão 159 (Enem 2015, questão 52 do caderno azul)

A soda cáustica pode ser usada no desentupimento de encanamentos domésticos e tem, em sua composição, o hidróxido de sódio como principal componente, além de algumas impurezas. A soda normalmente é comercializada na forma sólida, mas que apresenta aspecto "derretido" quando exposta ao ar por certo período.
O fenômeno de "derretimento" decorre da

A) absorção da umidade presente no ar atmosférico.
B) fusão do hidróxido pela troca de calor com o ambiente.
C) reação das impurezas do produto com o oxigênio do ar.
D) adsorção de gases atmosféricos na superfície do sólido.
E) reação do hidróxido de sódio com o gás nitrogênio presente no ar.

resolução em vídeo

Questão 160 (Enem 2014, questão 58 do caderno azul)

A capacidade de limpeza e a eficiência de um sabão dependem de sua propriedade de formar micelas estáveis, que arrastam com facilidade as moléculas impregnadas no material a ser limpo. Tais micelas têm em sua estrutura partes capazes de interagir com substâncias polares, como a água, e partes que podem interagir com substâncias apolares, como as gorduras e os óleos.
A substância capaz de formar as estruturas mencionadas é

resolução em vídeo

A) $C_{18}H_{36}$.
B) $C_{17}H_{33}COONa$.
C) CH_3CH_2COONa.
D) $CH_3CH_2CH_2COOH$.
E) $CH_3CH_2CH_2CH_2OCH_2CH_2CH_2CH_3$.

Questão 161 (Enem 2016, questão 60 do caderno azul)

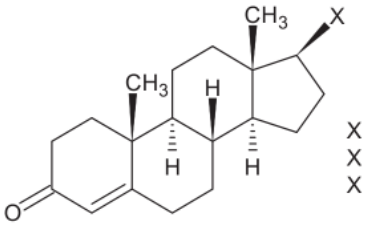
O carvão ativado é um material que possui elevado teor de carbono, sendo muito utilizado para a remoção de compostos orgânicos voláteis do meio, como o benzeno. Para a remoção desses compostos, utiliza-se a adsorção. Esse fenômeno ocorre por meio de interações do tipo intermoleculares entre a superfície do carvão (adsorvente) e o benzeno (adsorvato, substância adsorvida).
No caso apresentado, entre o adsorvente e a substância adsorvida ocorre a formação de:

A) Ligações dissulfeto.
B) Ligações covalentes.
C) Ligações de hidrogênio.
D) Interações dipolo induzido – dipolo induzido.
E) Interações dipolo permanente – dipolo permanente.

resolução em vídeo

Questão 162 (Enem 2016, questão 81 do caderno azul)

A lipofilia é um dos fatores fundamentais para o planejamento de um fármaco. Ela mede o grau de afinidade que a substância tem com ambientes apolares, podendo ser avaliada por seu coeficiente de partição.



X = OH (Testosterona)
X = H (Composto 1)
X = CH_3 (Composto 2)

NOGUEIRA, L. J.; MONTANARI, C. A.; DONNICI, C. L. Histórico da evolução da química medicinal e a importância da lipofilia: de Hipócrates e Galeno a Paracelsus e as contribuições de Overton e de Hansch. **Revista Virtual de Química**, n. 3, 2009 (adaptado).

Em relação ao coeficiente de partição da testosterona, as lipofilias dos compostos 1 e 2 são, respectivamente,

A) menor e menor que a lipofilia da testosterona.
B) menor e maior que a lipofilia da testosterona.
C) maior e menor que a lipofilia da testosterona.
D) maior e maior que a lipofilia da testosterona.
E) menor e igual à lipofilia da testosterona.

resolução em vídeo

Questão 163 (Enem 2019, questão 112 do caderno azul)

Os hidrocarbonetos são moléculas orgânicas com uma série de aplicações industriais. Por exemplo, eles estão presentes em grande quantidade nas diversas frações do petróleo e normalmente são separados por destilação fracionada, com base em suas temperaturas de ebulição. O quadro apresenta as principais frações obtidas na destilação do petróleo em diferentes faixas de temperaturas.

Fração	Faixa de temperatura (°C)	Exemplos de produto(s)	Número de átomos de carbono (hidrocarboneto de fórmula geral C_nH_{2n+2})
1	Até 20	Gás natural e gás de cozinha (GLP)	C_1 a C_4
2	30 a 180	Gasolina	C_6 a C_{12}
3	170 a 290	Querosene	C_{11} a C_{16}
4	260 a 350	Óleo diesel	C_{14} a C_{18}

Na fração 4, a separação dos compostos ocorre em temperaturas mais elevadas porque

A) suas densidades são maiores.

B) o número de ramificações é maior.

C) sua solubilidade no petróleo é maior.

D) as forças intermoleculares são mais intensas.

E) a cadeia carbônica é mais difícil de ser quebrada.

resolução em vídeo

Questão 164 (Enem 2017, questão 102 do caderno azul)

Partículas microscópicas existentes na atmosfera funcionam como núcleos de condensação de vapor de água que, sob condições adequadas de temperatura e pressão, propiciam a formação das nuvens e consequentemente das chuvas. No ar atmosférico, tais partículas são formadas pela reação de ácidos (HX) com a base NH_3, de forma natural ou antropogênica, dando origem a sais de amônio (NH_4X), de acordo com a equação química genérica:

$HX\ (g) + NH_3\ (g) \rightarrow NH_4X\ (s)$

A fixação de moléculas de vapor de água pelos núcleos de condensação ocorre por

A) ligações iônicas.

B) interações dipolo-dipolo.

C) interações dipolo-dipolo induzido.

D) interações íon-dipolo.

E) ligações covalentes.

resolução em vídeo

Ácidos nucleicos, síntese de proteínas e divisão celular

Biologia

Antes de ler: tente responder

1. O DNA de um segmento com muitos pares G–C se separa em temperatura mais alta ou mais baixa que o de um segmento rico em A–T?
2. Uma única letra trocada no RNA mensageiro pode fazer a proteína sair bem menor. Como?
3. Qual divisão celular forma os gametas: mitose ou meiose? E qual forma o corpo a partir do zigoto?

Respostas no Gabarito, na página 326. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

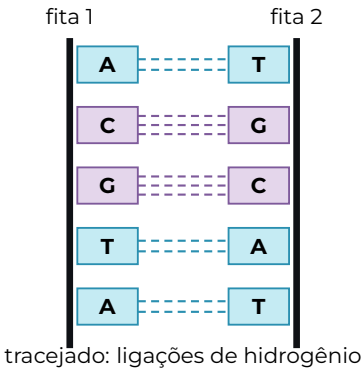
O DNA é a "receita" do organismo: diz quais proteínas a célula pode fabricar e quando. Este capítulo segue o caminho da informação: **como ela é guardada** (DNA), **como é copiada** (replicação), **como vira proteína** (transcrição e tradução) e **como passa para novas células** (mitose e meiose). Nas figuras de moléculas, as cores são fixas: **azul** para o par A–T, **roxo** para o par C–G e **amarelo-escuro** para os códons de parada. O resto fica em cinza.

Nucleotídeos, DNA e RNA

Os **ácidos nucleicos** (DNA e RNA) são polímeros de **nucleotídeos**. Cada nucleotídeo tem três partes:

- um **açúcar** de 5 carbonos (uma pentose): desoxirribose no DNA, ribose no RNA;
- um grupo **fosfato**;
- uma **base nitrogenada**. Há dois tipos. As *purinas*, de dois anéis, são a adenina (A) e a guanina (G). As *pirimidinas*, de um anel, são a citosina (C), a timina (T, só no DNA) e a uracila (U, só no RNA).

Os nucleotídeos se ligam em cadeia pelo açúcar de um e o fosfato do seguinte. Açúcar e fosfato se alternam e formam o "corrimão" da cadeia; as bases ficam para dentro e carregam a informação, na ordem em que aparecem.



tracejado: ligações de hidrogênio

- **DNA**: duas fitas enroladas em dupla hélice, **antiparalelas** (correm em sentidos opostos); açúcar **desoxirribose**; bases A, T, C e G. As fitas se unem por **ligações de hidrogênio** entre bases **complementares**: **A com T, duas ligações** e **C com G, três ligações**.
- **RNA**: uma fita só; açúcar **ribose**; **U (uracila) no lugar de T**. Três tipos: *mensageiro* (RNAm, leva a receita ao ribossomo), *transportador* (RNAt, traz os aminoácidos) e *ribossômico* (RNAr, forma o ribossomo).

O modelo da dupla hélice, proposto por Watson e Crick em 1953 a partir de imagens de difração de raios X obtidas por Rosalind Franklin, explica duas coisas. A primeira é que uma purina sempre

pareia com uma pirimidina, e por isso a largura da hélice é constante. A segunda é que a sequência de uma fita determina a da outra, o que permite copiar a molécula.

Mini-exemplo 1 (complementaridade). Se uma fita é `ATGCCA`, a outra é `TACGGT`. Como cada A tem um T de par e cada C tem um G, numa molécula de DNA a quantidade de A é igual à de T, e a de C é igual à de G (regra de Chargaff). Se 30 % das bases são A, então 30 % são T; sobram 40 %, divididos igualmente: 20 % de C e 20 % de G. Isso não vale para o RNA, que tem uma fita só.

Mini-exemplo 2 (contar ligações). O trecho da figura tem 3 pares A–T e 2 pares C–G: $3 \times 2 + 2 \times 3 = 6 + 6 = 12$ ligações de hidrogênio. Quanto mais ligações, mais energia (calor) é preciso para separar as fitas.

Organização. O DNA de uma célula humana, esticado, mediria cerca de 2 metros, e cabe num núcleo de poucos micrômetros. Para isso, ele se enrola em proteínas (as histonas), formando a **cromatina**. Cada molécula de DNA, com suas proteínas, é um **cromossomo**. Na divisão celular, os cromossomos se condensam ao máximo e ficam visíveis ao microscópio.

- **Gene**: um trecho do DNA com a informação para fabricar um RNA, que, na maioria dos casos, será lido para fazer uma proteína.
- **Genoma**: todo o DNA de um organismo, todas as sequências de pares de bases. Em humanos, são cerca de 3 bilhões de pares e uns 20 mil genes codificadores de proteína. A maior parte do genoma não codifica proteínas.
- **Código genético**: a regra que relaciona cada trinca de bases a um aminoácido. É coisa diferente do genoma: o genoma é o texto; o código é o "dicionário" usado para lê-lo.

Replicação: o DNA faz cópia de si mesmo

Antes de a célula se dividir, o DNA se duplica. A enzima **helicase** rompe as ligações de hidrogênio e abre a dupla hélice. Cada fita serve de **molde** para uma fita nova, montada pela **DNA polimerase** com a regra de pareamento A–T e C–G. A polimerase só consegue alongar uma cadeia já iniciada. Por isso, a cópia começa num pequeno trecho iniciador (o *primer*). Cada DNA filho fica com **uma fita antiga e uma nova**: a replicação é **semiconservativa**. A polimerase também revisa o que copiou, e a taxa de erro final é de cerca de um erro a cada bilhão de bases. Os erros que escapam são mutações.

A prova experimental (Meselson e Stahl, 1958). Bactérias foram cultivadas em meio com nitrogênio pesado (^{15}N), até todo o seu DNA ficar "pesado". Depois, passaram para meio com nitrogênio comum (^{14}N). O DNA foi separado por densidade a cada geração:

- após 1 geração, todo o DNA tinha densidade *intermediária*: cada molécula, meio pesada e meio leve;
- após 2 gerações, metade era intermediária e metade, leve.

Se a replicação fosse *conservativa* (a dupla original intacta e uma dupla toda nova), a 1ª geração já teria uma faixa pesada e uma leve. Se fosse *dispersiva* (pedaços velhos e novos misturados em cada fita), nunca apareceria DNA totalmente leve. Só o modelo semiconservativo prevê o resultado.

PCR. A reação em cadeia da polimerase copia um trecho escolhido de DNA no tubo de ensaio, em ciclos de três passos:

1. aquece a cerca de 95 °C para separar as fitas (desnaturação: rompem-se as ligações de hidrogênio);
2. esfria a cerca de 50 a 65 °C para os iniciadores se ligarem às pontas do trecho;
3. a cerca de 72 °C, uma DNA polimerase resistente ao calor, tirada de uma bactéria de fontes termais, copia o trecho.

Cada ciclo dobra a quantidade de DNA. Depois de 10 ciclos, uma molécula vira $2^{10} = 1\,024$; depois de 30, mais de um bilhão. É a técnica dos testes de paternidade e da investigação criminal. Para detectar um vírus de RNA, como o da covid-19, faz-se antes a **transcrição reversa**: a enzima transcriptase reversa fabrica DNA a partir do RNA, porque a polimerase da PCR só copia DNA. Esse teste é a **RT-PCR**.

Do gene à proteína

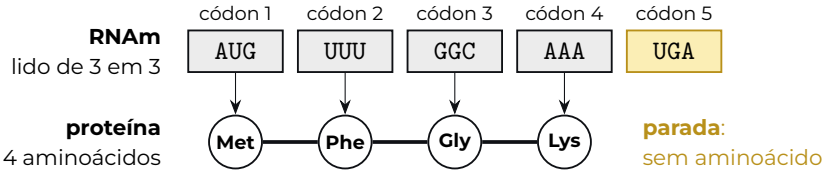
$$\text{DNA} \xrightarrow{\text{transcrição}} \text{RNAm} \xrightarrow{\text{tradução}} \text{proteína}$$

transcrição: no núcleo (nos eucariontes); tradução: nos ribossomos, no citoplasma

Esse fluxo da informação é chamado de **dogma central da Biologia Molecular**. Ele tem exceções conhecidas: alguns vírus de RNA, os retrovírus, como o HIV, fazem transcrição reversa, de RNA para DNA. Os três tipos de RNA têm papéis diferentes. O *mensageiro* (RNAm) leva a receita ao ribossomo. O *transportador* (RNAt) traz os aminoácidos. O *ribossômico* (RNAr), junto com proteínas, forma o ribossomo.

Transcrição. A enzima **RNA polimerase** abre o DNA no início de um gene e monta um RNA complementar a uma das fitas, a fita molde. A regra é a mesma do pareamento, trocando T por U: onde a fita molde tem A, o RNA recebe U. Exemplo: molde `TACGGA` → RNA `AUGCCU`. Nos eucariontes, o RNA recém-feito ainda é processado no núcleo. Trechos chamados **íntrons** são cortados, e os **éxons** restantes são emendados. Esse corte e emenda chama-se *splicing*. Emendando os éxons de maneiras diferentes, um mesmo gene pode dar origem a proteínas diferentes: é o *splicing alternativo*.

Tradução. O RNAm vai ao citoplasma, onde o **ribossomo** o lê de três em três bases. Cada trinca é um **códon**. Cada RNAt tem, numa ponta, uma trinca complementar ao códon, o **anticódon**, e, na outra, o aminoácido correspondente. O ribossomo emparelha códon e anticódon e liga os aminoácidos em sequência por ligações peptídicas. A leitura começa no códon **AUG**, que codifica a metionina, e termina num **códon de parada** (UAA, UAG ou UGA). O códon de parada não tem RNAt nem aminoácido: ele faz o ribossomo soltar a proteína pronta.



Mini-exemplo 3. Um RNAm tem 5 códons, o último de parada (figura): a proteína tem $5 - 1 = 4$ aminoácidos. Um trecho codificador de 300 bases tem $300 \div 3 = 100$ códons; se o último é de parada, saem 99 aminoácidos.

O **código genético**:

- é *praticamente universal*: o mesmo códon indica o mesmo aminoácido em bactérias, plantas e pessoas. Por isso uma bactéria com o gene humano da insulina fabrica insulina humana. É a base dos transgênicos, e também uma evidência de que todos os seres vivos têm um ancestral comum;
- é *degenerado* (redundante): há $4 \times 4 \times 4 = 64$ códons possíveis. Três são de parada, e os outros 61 codificam só 20 aminoácidos. Então vários códons indicam o mesmo aminoácido. Por que trincas? Com duplas haveria só $4 \times 4 = 16$ combinações, menos que os 20 aminoácidos;
- *não é ambíguo*: cada códon indica um único aminoácido.

Expressão gênica. Todas as células de um organismo têm o mesmo DNA, com os mesmos genes e o mesmo número de cromossomos (as exceções são as hemácias maduras dos mamíferos, sem núcleo, e os gametas, que têm metade dos cromossomos). O que diferencia um neurônio de uma célula do fígado é **quais genes estão ligados**, ou seja, que porções do genoma cada uma expressa. É a **expressão gênica diferencial.** Os genes são ligados e desligados por proteínas reguladoras, em resposta a sinais internos e do ambiente. Marcas químicas no DNA, como a metilação, também podem silenciar genes sem mudar a sequência de bases. Esse tipo de regulação é chamado de *epigenética*.

Mutações são mudanças na sequência do DNA. Surgem por erros de cópia ou por agentes mutagênicos, como radiação ultravioleta, raios X e certas substâncias químicas. Acontecem ao acaso: não surgem "para" adaptar o organismo.

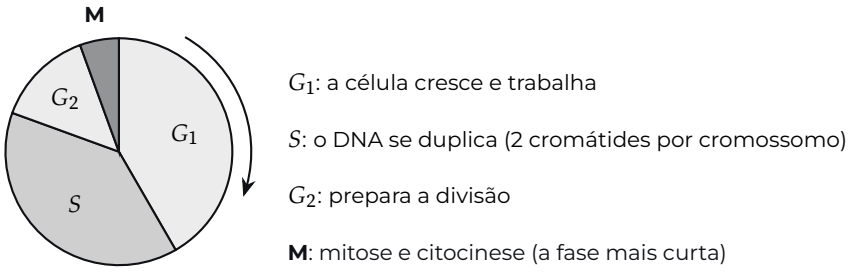
- Uma *substituição* de uma base pode não mudar nada, se gerar outro códon do mesmo aminoácido (mutação silenciosa). Pode trocar um aminoácido, como na anemia falciforme. Ou pode criar um códon de parada precoce, encurtando a proteína.
- Uma *deleção* ou *inserção* de uma base desloca a leitura de todas as trincas seguintes: muda tudo dali em diante.

Só as mutações que ocorrem nas células que formam gametas passam para os filhos. As que ocorrem em células do corpo (somáticas) podem causar câncer, mas não são herdadas.

O ciclo celular

A vida de uma célula que se divide alterna dois períodos:

- a **interfase**, o período entre divisões, em que a célula trabalha e cresce. É, de longe, a fase mais longa. Divide-se em:
  - G_1: crescimento e funcionamento normal;
  - S: síntese, em que o DNA é replicado;
  - G_2: preparação para a divisão;
- a **divisão** propriamente dita: a mitose (divisão do núcleo) seguida da citocinese (divisão do citoplasma).



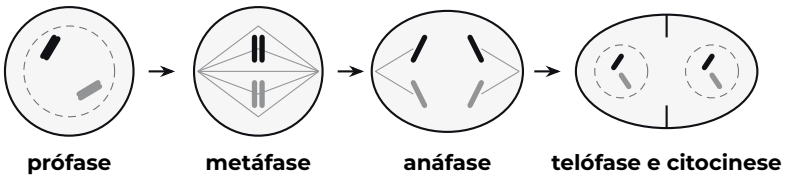
O ciclo tem **pontos de checagem.** Se o DNA está danificado, proteínas como a **p53** param o ciclo até o dano ser reparado. Se o reparo é impossível, elas induzem a **apoptose**, a morte programada da célula. Quando esses freios falham, por exemplo por mutação no gene da p53, células com DNA defeituoso continuam se dividindo e acumulam novas mutações. Esse descontrole é o **câncer.**

Mitose

Depois da fase *S*, cada cromossomo é formado por duas **cromátides-irmãs** idênticas, presas pelo **centrômero**. A mitose separa essas cromátides igualmente entre duas células. É dividida em quatro fases:

1. **Prófase:** os cromossomos se condensam e ficam visíveis. Forma-se o **fuso mitótico**, de microtúbulos, e o envoltório nuclear se desfaz.
2. **Metáfase:** os cromossomos, presos às fibras do fuso pelo centrômero, alinham-se no plano equatorial da célula. É a fase em que os cromossomos estão mais condensados, ideal para contá-los e fotografá-los (o cariótipo).
3. **Anáfase:** os centrômeros se separam, e as fibras do fuso puxam as cromátides-irmãs para polos opostos. Cada uma passa a ser um cromossomo independente.
4. **Telófase:** em cada polo, os cromossomos se descondensam e um novo envoltório nuclear se forma.

Na **citocinese**, o citoplasma se divide. Na célula animal, um anel de actina estrangula a célula de fora para dentro. Na célula vegetal, que tem parede rígida, vesículas do Golgi formam uma placa no meio, de dentro para fora. Se um cromossomo ou um fragmento dele não for puxado pelo fuso, ele fica fora dos núcleos novos e forma um pequeno núcleo extra, o **micronúcleo**. Contar micronúcleos é um teste usado para detectar substâncias que danificam o DNA.

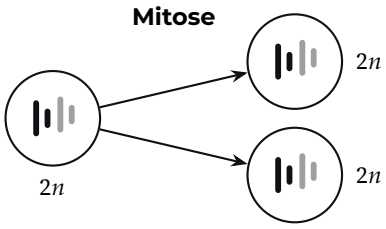


Célula simplificada, com só dois cromossomos: cada traço duplo é um cromossomo com duas cromátides-irmãs; traço escuro e traço claro são dois cromossomos diferentes; as linhas finas são o fuso.

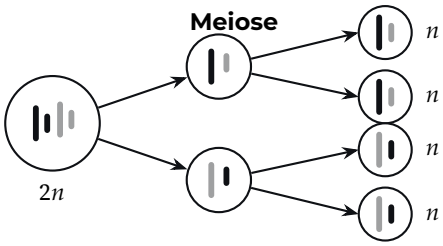
Meiose

Uma célula humana tem 46 cromossomos, em 23 pares de **homólogos**: um de cada par veio do pai e o outro, da mãe. Os dois homólogos carregam os mesmos genes, nas mesmas posições, mas podem ter versões diferentes deles. Dizemos que a célula é **diploide**, $2n = 46$. Um gameta tem um cromossomo de cada par: é **haploide**, $n = 23$. A meiose faz essa redução, com duas divisões seguidas e uma única duplicação do DNA:

- **Meiose I** (reducional). Na prófase I, os homólogos se emparelham e trocam pedaços entre cromátides: é o **crossing-over** (permutação). Na metáfase I, os *pares* se alinham no equador. Na anáfase I, os **homólogos se separam**, um para cada polo. Saem duas células com n cromossomos, cada um ainda com duas cromátides.
- **Meiose II** (equacional). É parecida com uma mitose: as **cromátides-irmãs se separam**. Saem quatro células com n cromossomos simples.



2 células **iguais** à mãe
crescimento, reparo, renovação



4 células com **metade** dos cromossomos,
diferentes entre si: gametas

Traço longo e traço curto: dois pares de homólogos diferentes. Tom escuro: cromossomo vindo de um genitor; tom claro: do outro. Os cromossomos estão simplificados (sem as cromátides-irmãs e sem crossing-over).

Fontes de variabilidade. A meiose não só reduz o número de cromossomos: ela embaralha os genes. Isso acontece de duas maneiras:

- a **segregação independente**: cada par de homólogos se alinha ao acaso na metáfase I, e cada gameta recebe uma combinação diferente de cromossomos paternos e maternos;
- o **crossing-over**: cria cromossomos com combinações novas de genes. O número de cromossomos não muda, porque cada cromátide troca um pedaço por outro equivalente.

Somadas à fecundação, que junta gametas de dois indivíduos, essas fontes explicam por que irmãos (exceto gêmeos idênticos) são diferentes.

Mini-exemplo 4. Só pela segregação independente, sem contar o crossing-over, uma pessoa pode formar $2^{23} \approx 8{,}4$ milhões de tipos de gametas. Um casal pode gerar $2^{23} \times 2^{23} \approx 70$ trilhões de combinações de cromossomos no zigoto.

Mini-exemplo 5 (acompanhar o DNA). Seja Q a quantidade de DNA de uma célula em G_1, com $2n = 46$ cromossomos. Na fase S, o DNA dobra: $2Q$, ainda com 46 cromossomos, cada um com 2 cromátides (92 cromátides). No fim da mitose, cada filha tem 46 cromossomos e Q. Na meiose, o fim da divisão I dá células com 23 cromossomos duplos (Q), e o fim da divisão II, gametas com 23 cromossomos simples e $Q/2$.

	Mitose	**Meiose**
Divisões	uma	duas (I e II)
Células formadas	2, com $2n$	4, com n
Filhas	idênticas à mãe	diferentes entre si e da mãe
Pareamento e crossing-over	não	sim (prófase I)
Função no ser humano	crescimento, reparo, renovação	formação de gametas

Gametogênese. No homem, cada célula que entra em meiose forma 4 espermatozoides. Na mulher, a citocinese é desigual: forma-se 1 ovócito grande (que só completa a meiose e vira óvulo se for fecundado), rico em citoplasma e reservas, e pequenos corpúsculos polares, que degeneram.

Erros na meiose. Se um par de homólogos (na meiose I) ou de cromátides (na meiose II) não se separa, o que se chama **não disjunção**, formam-se gametas com um cromossomo a mais ($n+1=24$) ou a menos ($n-1=22$). Um gameta com 24 cromossomos que fecunda um normal gera um zigoto com $24+23=47$, com três cópias de um cromossomo: é uma **trissomia**. A do cromossomo 21 causa a síndrome de Down.

Ciclo de vida humano: adulto $2n \xrightarrow{\text{meiose}}$ gametas $n \xrightarrow{\text{fecundação}}$ zigoto $2n \xrightarrow{\text{mitoses}}$ adulto $2n$. Conta: $23+23=46$ na fecundação. A meiose existe justamente para que o número de cromossomos não dobre a cada geração.

Por que funciona Por que um par C–G segura as fitas com mais força que um par A–T? Porque tem três ligações de hidrogênio em vez de duas. Para separar as fitas, o calor precisa romper todas: um trecho rico em C–G exige mais energia e só se abre em temperatura mais alta. É a mesma ideia de uma costura com mais pontos. E é a fraqueza dessas ligações, comparadas às covalentes do "corrimão", que permite abrir a hélice para copiar e transcrever sem quebrar a molécula.

Armadilha Trocar mitose por meiose no ciclo de vida: a meiose aparece só na formação dos gametas, e o zigoto, que é $2n$, vira adulto por mitose. E, na replicação, usar o nome certo com a definição errada: semiconservativa quer dizer *uma fita antiga e uma nova* em cada DNA filho, e não "fita molde e fita codificadora", termos da transcrição. Os modelos conservativo e dispersivo foram descartados pelo experimento.

Armadilha Explicar a diferença entre células do mesmo corpo por mutações, genes diferentes, DNA mitocondrial diferente ou número diferente de cromossomos: todas têm o mesmo genoma, e o que muda é a parte dele que cada uma expressa. E não confunda os termos: *código genético* é a correspondência entre trincas e aminoácidos; o conjunto de todas as sequências de bases é o *genoma*, e o conjunto dos RNA transcritos é o *transcriptoma*.

Armadilha Contar o códon de parada como aminoácido, ou esquecer que uma deleção desloca todas as trincas seguintes. E achar que trechos de DNA do mesmo tamanho se separam na mesma temperatura: o que conta é a composição, porque cada par G–C no lugar de um A–T acrescenta uma ligação de hidrogênio.

Exemplo resolvido

Questão 165 (Enem 2021, questão 96 do caderno azul)

A sequência de nucleotídeos do RNA mensageiro presentes em um gene de um fungo, constituída de sete códons, está escrita a seguir.
Pesquisadores submeteram a sequência a mutações independentes. Sabe-se que os códons UAG e UAA são terminais, ou seja, indicam a interrupção da tradução.

1	2	3	4	5	6	7
AUG	UUU	GUU	CAA	UGU	AGU	UAG

Qual mutação produzirá a menor proteína?

A) Deleção de G no códon 3.

B) Substituição de C por U no códon 4.

C) Substituição de G por C no códon 6.

D) Substituição de A por G no códon 7.

E) Deleção dos dois primeiros nucleotídeos no códon 5.

resolução em vídeo

Resolução

Ideia-chave: a proteína termina no primeiro **códon de parada**. A menor proteína vem da mutação que cria uma parada *mais cedo*.
1. Sequência original: `AUG UUU GUU CAA UGU AGU UAG`. A parada está no códon 7: a proteína tem 6 aminoácidos.

2. Teste cada mutação.
(A) Apagar o G do códon 3 desloca a leitura: `AUG UUU UUC AAU GUA GUU AG...`; o UAG some e a proteína não termina ali, fica maior.
(B) Trocar C por U no códon 4 transforma CAA em `UAA`, uma parada: sobram só **3 aminoácidos**.
(C) AGU vira ACU: troca um aminoácido; continuam 6.
(D) UAG vira UGG: a parada some, e a proteína cresce.
(E) Apagar as duas primeiras bases do códon 5: `AUG UUU GUU CAA UAG`; 4 aminoácidos, curta, mas não a mais curta.
Resposta: **B.**

No ENEM, acertaram esta questão 37% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 166 (Enem 2017, questão 125 do caderno azul)

A reação em cadeia da polimerase (PCR, na sigla em inglês) é uma técnica de biologia molecular que permite replicação in vitro do DNA de forma rápida. Essa técnica surgiu na década de 1980 e permitiu avanços científicos em todas as áreas de investigação genômica. A dupla hélice é estabilizada por ligações hidrogênio, duas entre as bases adenina (A) e timina (T) e três entre as bases guanina (G) e citosina (C). Inicialmente, para que o DNA possa ser replicado, a dupla hélice precisa ser totalmente desnaturada (desenrolada) pelo aumento da temperatura, quando são desfeitas as ligações hidrogênio entre as diferentes bases nitrogenadas.
Qual dos segmentos de DNA será o primeiro a desnaturar totalmente durante o aumento da temperatura na reação de PCR?

resolução em vídeo

A) GGCCTTCG / CCGGAAGC
B) CCTCGACT / GGAGCTGA
C) AATTCCTA / TTAAGGAT
D) TTACGGCG / AATGCCGC
E) CCTAGGAA / GGATCCTT

O par A–T tem _____ ligações de hidrogênio; o par G–C tem _____.
Todos os segmentos têm 8 pares. O primeiro a desnaturar é o que tem _____ ligações no total, ou seja, o mais rico em pares _____.
Contando: A tem 22 ligações, B 21, C _____, D 21, E 20.
Alternativa _____.

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 326.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 326.

Questão 167 (Enem 2018, questão 100 do caderno azul)

No ciclo celular atuam moléculas reguladoras. Dentre elas, a proteína p53 é ativada em resposta a mutações no DNA, evitando a progressão do ciclo até que os danos sejam reparados, ou induzindo a célula à autodestruição.
A ausência dessa proteína poderá favorecer a

A) redução da síntese de DNA, acelerando o ciclo celular.
B) saída imediata do ciclo celular, antecipando a proteção do DNA.

C) ativação de outras proteínas reguladoras, induzindo a apoptose.

D) manutenção da estabilidade genética, favorecendo a longevidade.

E) proliferação celular exagerada, resultando na formação de um tumor.

resolução em vídeo

Questão 168 (Enem 2023, questão 125 do caderno azul)

Pais com síndrome de Down

A síndrome de Down é uma alteração genética associada à trissomia do cromossomo 21, ou seja, o indivíduo possui três cromossomos 21 e não um par, como é normal. Isso ocorre pela união de um gameta contendo um cromossomo 21 com um gameta possuidor de dois cromossomos 21. Embora, normalmente, as mulheres com a síndrome sejam estéreis, em 2008, no interior de São Paulo, uma delas deu à luz uma menina sem a síndrome de Down.

Sabendo disso, um jovem casal, ambos com essa síndrome, procura um médico especialista para aconselhamento genético porque querem ter um bebê.

O médico informa ao casal que, com relação ao cromossomo 21, os zigotos formados serão

A) todos normais.

B) todos tetrassômicos.

C) apenas normais ou tetrassômicos.

D) apenas trissômicos ou tetrassômicos.

E) normais, trissômicos ou tetrassômicos.

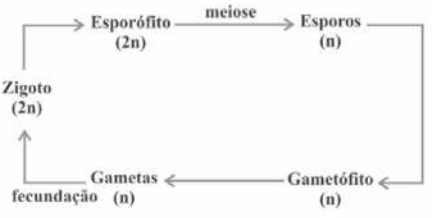
resolução em vídeo

Questão 169 (Enem 2009, questão 21 do caderno azul)

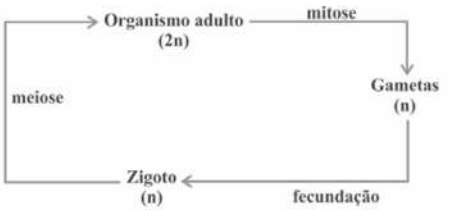
Os seres vivos apresentam diferentes ciclos de vida, caracterizados pelas fases nas quais gametas são produzidos e pelos processos reprodutivos que resultam na geração de novos indivíduos.

Considerando-se um modelo simplificado padrão para geração de indivíduos viáveis, a alternativa que corresponde ao observado em seres humanos é:

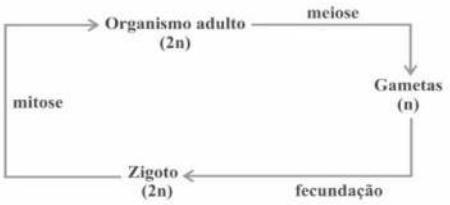
A



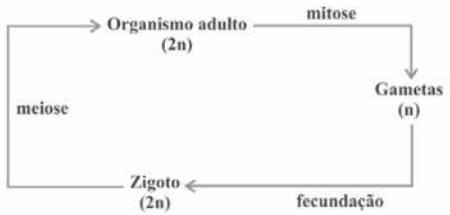
B



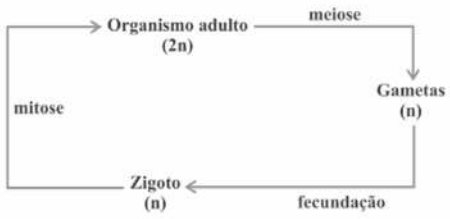
C



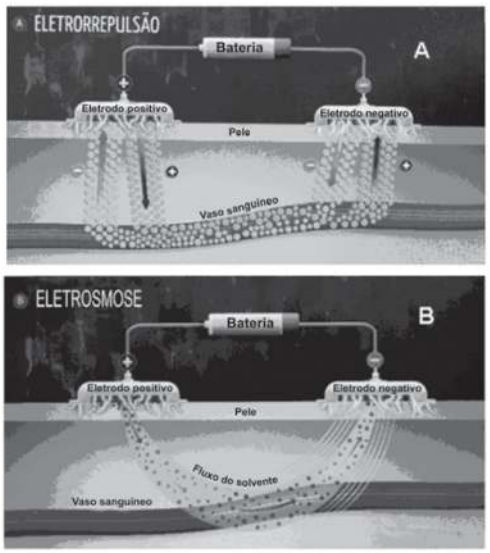
D



E



Um medicamento, após ser ingerido, atinge a corrente sanguínea e espalha-se pelo organismo, mas, como suas moléculas "não sabem" onde é que está o problema, podem atuar em locais diferentes do local "alvo" e desencadear efeitos além daqueles desejados. Não seria perfeito se as moléculas dos medicamentos soubessem exatamente onde está o problema e fossem apenas até aquele local exercer sua ação? A técnica conhecida como iontoforese, indolor e não invasiva, promete isso. Como mostram as figuras, essa nova técnica baseia-se na aplicação de uma corrente elétrica de baixa intensidade sobre a pele do paciente, permitindo que fármacos permeiem membranas biológicas e alcancem a corrente sanguínea, sem passar pelo estômago. Muitos pacientes relatam apenas um formigamento no local de aplicação. O objetivo da corrente elétrica é formar poros que permitam a passagem do fármaco de interesse. A corrente elétrica é distribuída por eletrodos, positivo e negativo, por meio de uma solução aplicada sobre a pele. Se a molécula do medicamento tiver carga elétrica positiva ou negativa, ao entrar em contato com o eletrodo de carga de mesmo sinal, ela será repelida e forçada a entrar na pele (eletrorrepulsão - A). Se for neutra, a molécula será forçada a entrar na pele juntamente com o fluxo de solvente fisiológico que se forma entre os eletrodos (eletrosmose - B).



GRATIERI, T; GELFUSO, G. M.; LOPES, R. F. V. Medicação do futuro-iontoforese facilita entrada de fármacos no organismo. **Ciência Hoje**, vol 44, nº 259, maio 2009 (adaptado).

De acordo com as informações contidas no texto e nas figuras, o uso da iontoforese

A provoca ferimento na pele do paciente ao serem introduzidos os eletrodos, rompendo o epitélio.
B aumenta o risco de estresse nos pacientes, causado pela aplicação da corrente elétrica.
C inibe o mecanismo de ação dos medicamentos no tecido-alvo, pois estes passam a entrar por meio da pele.
D diminui o efeito colateral dos medicamentos, se

resolução em vídeo

Questão 170 (Enem 2016, questão 83 do caderno azul)

O Brasil possui um grande número de espécies distintas entre animais, vegetais e microrganismos envoltos em uma imensa complexidade e distribuídas em uma grande variedade de ecossistemas. O incremento da variabilidade ocorre em razão da permuta genética, a qual propicia a troca de segmentos entre cromátides não irmãs na meiose.
Essa troca de segmentos é determinante na

A) produção de indivíduos mais férteis.

B) transmissão de novas características adquiridas.

C) recombinação genética na formação dos gametas.

D) ocorrência de mutações somáticas nos descendentes.

E) variação do número de cromossomos característico da espécie.

resolução em vídeo

Questão 171 (Enem 2023, questão 134 do caderno azul)

Avaliação de substâncias genotóxicas

O ensaio de micronúcleos é um teste de avaliação de genotoxicidade que associa a presença de micronúcleos (pequenos núcleos que aparecem próximo aos núcleos das células) com lesões genéticas. Os micronúcleos são fragmentos de DNA encapsulados, provenientes do fuso mitótico durante a divisão celular.

Os micronúcleos se originam dos(as)

resolução em vídeo

A) nucléolos. B) lisossomos. C) ribossomos. D) mitocôndrias. E) cromossomos.

Questão 172 (Enem 2012, questão 48 do caderno azul)

O milho transgênico é produzido a partir da manipulação do milho original, com a transferência, para este, de um gene de interesse retirado de outro organismo de espécie diferente.

A característica de interesse será manifestada em decorrência

A) do incremento do DNA a partir da duplicação do gene transferido.

B) da transcrição do RNA transportador a partir do gene transferido.

C) da expressão de proteínas sintetizadas a partir do DNA não hibridizado.

D) da síntese de carboidratos a partir da ativação do DNA do milho original.

E) da tradução do RNA mensageiro sintetizado a partir do DNA recombinante.

resolução em vídeo

Questão 173 (Enem 2012, questão 65 do caderno azul)

Os vegetais biossintetizam determinadas substâncias (por exemplo, alcaloides e flavonoides), cuja estrutura química e concentração variam num mesmo organismo em diferentes épocas do ano e estágios de desenvolvimento. Muitas dessas substâncias são produzidas para a adaptação do organismo às variações ambientais (radiação UV, temperatura, parasitas, herbívoros, estímulo a polinizadores etc.) ou fisiológicas (crescimento, envelhecimento etc.).

As variações qualitativa e quantitativa na produção dessas substâncias durante um ano são possíveis porque o material genético do indivíduo

A) sofre constantes recombinações para adaptar-se.

B) muda ao longo do ano e em diferentes fases da vida.

C) cria novos genes para biossíntese de substâncias específicas.

D) altera a sequência de bases nitrogenadas para criar novas substâncias.

E) possui genes transcritos diferentemente de acordo com cada necessidade.

resolução em vídeo

Porcentagem; aumentos e descontos sucessivos

Matemática

Antes de ler: tente responder

1. Quanto é 30% de 250?
2. Um preço sobe 10% e depois cai 10%. Ele volta ao valor inicial?
3. Depois de um desconto de 20%, um produto custa R$ 80,00. Quanto custava antes?

Respostas no Gabarito, na página 326. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

Cores deste capítulo: **azul** = a base (o valor sobre o qual a porcentagem incide); **roxo** = o fator multiplicativo; **verde** = o resultado.

Razão centesimal: o que é porcentagem

Uma **razão** compara duas quantidades por divisão. Quando o denominador é 100, ela se chama **razão centesimal**, e o símbolo % ("por cento") é só uma forma de escrevê-la:

$$p\% = \frac{p}{100}$$

"p de cada 100"; o símbolo % vale $\frac{1}{100}$

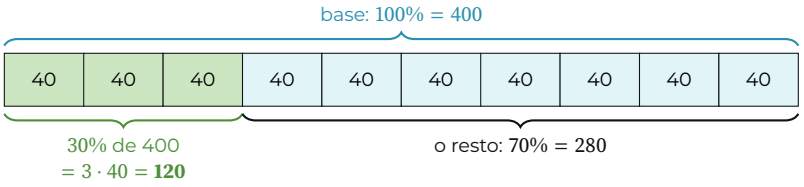
Assim, $p\%$ é um *número* como qualquer outro, que pode ser escrito em três formas equivalentes: **percentual**, **fracionária** e **decimal**.

percentual	fração	decimal	leitura
50%	$\frac{1}{2}$	0,5	a metade
25%	$\frac{1}{4}$	0,25	um quarto
20%	$\frac{1}{5}$	0,2	um quinto
12,5%	$\frac{1}{8}$	0,125	um oitavo
1%	$\frac{1}{100}$	0,01	um centésimo
0,5%	$\frac{1}{200}$	0,005	meio por cento
150%	$\frac{3}{2}$	1,5	uma vez e meia

Conversões. Do percentual para o decimal, divida por 100 (a vírgula anda duas casas para a esquerda): $37\% = 0{,}37$; $4\% = 0{,}04$. Do decimal para o percentual, multiplique por 100: $0{,}375 = 37{,}5\%$. De uma fração para o percentual, faça a divisão e multiplique por 100: $\frac{3}{8} = 0{,}375 = 37{,}5\%$; $\frac{1}{3} = 0{,}333\ldots \approx 33{,}3\%$ (dízima: o valor exato é $33\frac{1}{3}\%$).

Repare nos extremos da tabela. Uma porcentagem pode ser **maior que 100%**: 150% de um valor é mais que o valor inteiro. E pode ser **menor que 1%**: 0,5% de 3 000 é $0{,}005 \cdot 3\,000 = 15$.

Porcentagem é sempre de alguma coisa. "30%" sozinho não é uma quantidade de reais, pessoas ou litros. É uma fração de um todo, chamado **base** (ou referencial). A barra abaixo representa uma base de 400, o 100%, cortada em 10 partes de 10%:



A mesma porcentagem dá resultados diferentes sobre bases diferentes: 30% de 400 é 120, mas 30% de 50 é 15. Por isso, diante de qualquer porcentagem, a primeira pergunta é: *de quê?*

A relação fundamental e as três perguntas

Toda conta de porcentagem simples é a mesma igualdade, que vem direto da definição ($p\%$ *de* um valor é $\frac{p}{100}$ *vezes* esse valor; o "de" vira multiplicação, como em "metade de 10"):

$$\text{parte} = \frac{p}{100} \cdot \text{todo}$$

três grandezas: conhecendo duas, a igualdade dá a terceira

Ela também é uma proporção, $\frac{\text{parte}}{\text{todo}} = \frac{p}{100}$, que pode ser montada como regra de três (parte está para o todo assim como p está para 100). Conforme o que falta, surgem as três perguntas:

1. **Quanto é $p\%$ de um valor?** Multiplique: 15% de 60 $= 0{,}15 \cdot 60 = 9$.
2. **Que porcentagem a parte é do todo?** Divida e multiplique por 100: 9 de 60 é $\frac{9}{60} = 0{,}15 = 15\%$.
3. **Qual era o todo?** Divida a parte pela taxa: se 9 é 15% de um valor, ele é $9 \div 0{,}15 = 60$.

Exemplo 1. Numa turma de 40 alunos, 14 usam óculos. Que porcentagem é essa? $\frac{14}{40} = 0{,}35 = 35\%$. Se numa escola 35% dos alunos, ou seja, 280 alunos, usam óculos, a escola tem $280 \div 0{,}35 = 800$ alunos.

Cálculo mental. Como $10\% = \frac{1}{10}$, achar 10% é dividir por 10; daí saem os outros: 5% é metade de 10%; 1% é dividir por 100; 25% é dividir por 4; 20% é dividir por 5. Exemplo: 35% de 260 = 30% + 5% = $78 + 13 = 91$.

Uma simetria útil. Como $\frac{a}{100} \cdot b = \frac{b}{100} \cdot a$, vale $a\%$ de $b = b\%$ de a. Exemplo: 8% de 25 é difícil de cabeça, mas é igual a 25% de 8, que é 2.

Porcentagem de porcentagem. Se 40% dos funcionários de uma empresa são mulheres e 30% delas têm curso superior, as mulheres com curso superior são 30% de 40% do total: $0{,}3 \cdot 0{,}4 = 0{,}12 = 12\%$ do total (e não 70%, nem 10%). As taxas se multiplicam porque a segunda incide sobre uma parte, e não sobre o todo.

Fator multiplicativo

Aumentar um valor V em uma taxa i (escrita na forma decimal, $i = \frac{p}{100}$) é somar $i \cdot V$ ao próprio V. Colocando V em evidência:

$$V + iV = V(1+i) \qquad V - iV = V(1-i).$$

O número que multiplica V é o **fator multiplicativo**.

$$\text{aumento de } i: \ V \cdot (1+i) \qquad \text{desconto de } i: \ V \cdot (1-i)$$

exemplos: $+15\% \Rightarrow \times 1{,}15$; $-30\% \Rightarrow \times 0{,}70$

O fator diz, numa conta só, *quanto fica* em relação ao valor original: depois de −30% ficam 70%; depois de +15% ficam 115%. Leitura do fator f:

- $f > 1$: houve aumento de $(f-1)\cdot 100\%$. Ex.: $f = 1{,}08$ é +8%; $f = 2$ é +100% (dobrou); $f = 3$ é +200% (triplicou).
- $f = 1$: o valor não mudou.
- $0 < f < 1$: houve redução de $(1-f)\cdot 100\%$. Ex.: $f = 0{,}92$ é −8%.

Note que um *desconto* nunca passa de 100% (o fator não pode ficar negativo para um preço), mas um *aumento* pode: um preço que triplica subiu 200%, e não 300%.

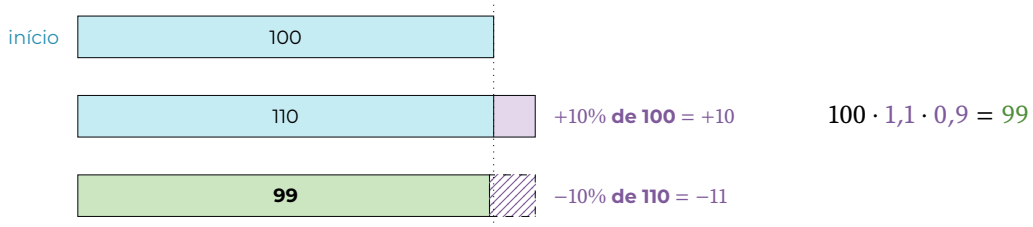
Exemplo 2. Uma conta de R$ 240 com 15% de gorjeta: $240 \cdot 1{,}15 = 276$ reais. Um tênis de R$ 180 com 35% de desconto: $180 \cdot 0{,}65 = 117$ reais.

Aumentos e descontos sucessivos

Quando duas variações acontecem uma depois da outra, a segunda incide sobre o valor **que já mudou**: a base muda a cada etapa. Depois da primeira, o valor é $V(1+i_1)$; a segunda multiplica *isso* por $(1+i_2)$. Por isso os fatores se **multiplicam** (para um desconto, use i negativo):

$$V_{\text{final}} = V \cdot (1+i_1)\cdot(1+i_2)\cdots(1+i_n)$$

descontos de 25% e 20%: $0{,}75 \cdot 0{,}8 = 0{,}6$, desconto total de 40% (e não 45%)



O aumento foi de 10% de 100; o desconto, de 10% de 110, que é mais. Resultado: ×0,99, ou seja, 1% a menos que o início.

Taxa acumulada (ou equivalente). É a taxa única i_{ac} que produz o mesmo efeito de todas as variações juntas: $1 + i_{\text{ac}} = (1+i_1)(1+i_2)$. Desenvolvendo o produto,

$$i_{\text{ac}} = i_1 + i_2 + \underbrace{i_1 \cdot i_2}_{\text{“taxa sobre taxa”}}.$$

O termo $i_1 i_2$ explica por que as taxas não se somam: é a segunda taxa agindo sobre o que a primeira acrescentou (ou tirou). Dois aumentos de 10% dão $0{,}1 + 0{,}1 + 0{,}01 = 21\%$, e não 20%; descontos de 25% e 20% dão $-0{,}25 - 0{,}2 + 0{,}05 = -40\%$.

Três consequências que valem sempre:

- **A ordem não importa.** A multiplicação é comutativa: descontar 20% e depois aumentar 30% dá o mesmo que o contrário ($0{,}8 \cdot 1{,}3 = 1{,}3 \cdot 0{,}8 = 1{,}04$).
- **Subir e descer a mesma taxa sempre dá prejuízo.** $(1+i)(1-i) = 1 - i^2 < 1$. Com $i = 20\%$: $1 - 0{,}04 = 0{,}96$, perda de 4%.
- **Variações iguais repetidas viram potência.** n aumentos de i: fator $(1+i)^n$. Três aumentos de 10%: $1{,}1^3 = 1{,}331$, ou seja, +33,1%. É a ideia dos juros compostos, que você verá em Matemática Financeira.

Exemplo 3. Uma ação cai 40% num mês e sobe 50% no seguinte. Fator: $0{,}6 \cdot 1{,}5 = 0{,}9$. Apesar de o “+50” parecer maior que o “−40”, o investidor perdeu 10%.

Variação percentual e valor anterior

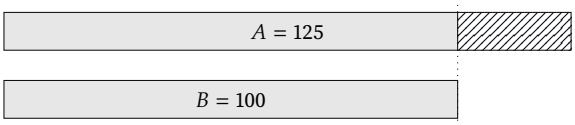
Quando uma grandeza passa de um valor antigo para um novo, a **variação percentual** compara a diferença com o valor de antes, que é a base:

$$\text{variação percentual} = \frac{\text{novo} - \text{antigo}}{\text{antigo}} \cdot 100\% = \left(\frac{\text{novo}}{\text{antigo}} - 1\right) \cdot 100\%$$

a base é sempre o valor *antigo*; o quociente $\frac{\text{novo}}{\text{antigo}}$ é o próprio fator

A segunda forma mostra a ligação com o fator: $\frac{65}{50} = 1{,}3$, aumento de 30%. Na volta, de 65 para 50, a variação é $\frac{50-65}{65} = \frac{-15}{65} \approx -23\%$: mesma diferença em reais, base diferente, porcentagem diferente.

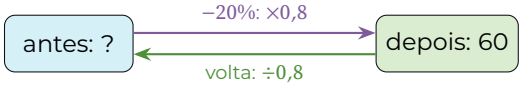
Comparar duas quantidades. "A é quantos por cento maior que B?" toma B como base; "B é quantos por cento menor que A?" toma A como base. As respostas são diferentes:



A é $\frac{25}{100} = 25\%$ maior que B (base B)
B é $\frac{25}{125} = 20\%$ menor que A (base A)

O mesmo vale para o lucro de um comerciante: comprar por 80 e vender por 100 é lucro de 20 reais, que é 25% *sobre o custo* e 20% *sobre o preço de venda*. É preciso dizer qual é a base.

Valor anterior. Se o valor novo é o antigo vezes o fator, o antigo é o novo **dividido pelo fator**: $V_{\text{antigo}} = V_{\text{novo}} \div f$.



60 ÷ 0,8 = **75**
(e não 60 + 20% de 60 = 72)
confira: 20% de 75 = 15; 75 − 15 = 60

Somar 20% ao valor de depois não funciona porque esses 20% seriam calculados sobre 60, e o desconto foi calculado sobre 75. Outro exemplo: se depois de cair 75% sobraram 300, antes havia $300 \div 0{,}25 = 1\,200$.

Quanto é preciso subir para recuperar uma queda? Depois de uma queda de taxa d, o fator para voltar ao valor inicial é $\frac{1}{1-d}$. Como a base agora é menor, a recuperação exige uma taxa *maior* que a da queda:

queda	10%	20%	25%	50%
fator de recuperação $\frac{1}{1-d}$	$\frac{1}{0{,}9} \approx 1{,}111$	$\frac{1}{0{,}8} = 1{,}25$	$\frac{1}{0{,}75} \approx 1{,}333$	$\frac{1}{0{,}5} = 2$
aumento necessário	$\approx 11{,}1\%$	25%	$\approx 33{,}3\%$	100%

Divisão de fatores: ganho real. Se um salário sobe 10% e, no mesmo período, os preços sobem 20%, o poder de compra muda pelo fator $\frac{1{,}1}{1{,}2} \approx 0{,}917$: uma perda de cerca de 8,3% (e não de exatamente 10%, a diferença das taxas).

Pontos percentuais

Quando a própria grandeza já é uma porcentagem (taxa de desemprego, taxa de juros, índice de aprovação), há duas maneiras de medir a mudança:

- a **diferença simples** entre as taxas, medida em **pontos percentuais** (p.p.);
- a **variação percentual** da taxa, calculada como qualquer outra.

Exemplo: o desemprego passa de 10% para 12%. Subiu 2 pontos percentuais; em relação ao valor antigo, subiu $\frac{12-10}{10} = 20\%$. As duas frases são verdadeiras, mas dizem coisas diferentes.

Por que funciona Porcentagem é sempre "por cem *de alguma coisa*", e a conta inteira é parte $= \frac{p}{100} \cdot$ base. Toda dúvida se resolve perguntando: *de quê?* Em variações sucessivas, cada taxa age sobre o valor que já mudou, por isso os fatores se multiplicam e as taxas não se somam. Ao voltar de um desconto, a base também muda: depois de −20%, é preciso +25% para recuperar o valor, porque $0{,}8 \cdot 1{,}25 = 1$.

Nas questões, este assunto aparece sobretudo em preços, salários, orçamentos e índices, quase sempre com mais de uma variação seguida.

Armadilha Somar porcentagens de bases diferentes: +20% na internet e +10% na escola não somam +30% no orçamento, porque cada taxa é de um valor diferente.

Armadilha Somar taxas sucessivas: quedas de 25% e 20% não dão 45% (dão 40%); aumentos de 15% e 10% não dão 25% (dão 26,5%, pois $1{,}15 \cdot 1{,}1 = 1{,}265$). Multiplique os fatores.

Armadilha Achar que subir e descer a mesma taxa se anulam: +20% e depois −20% dão $\times 1{,}2 \cdot 0{,}8 = \times 0{,}96$, ou seja, 4% a menos.

Armadilha Confundir o que sobra com o que sai: se a mesada cai 23,5%, sobram 76,5%; se algo cai 75%, a queda é 75% do valor antigo e restam 25%. As duas leituras costumam estar nas alternativas.

Armadilha Usar o valor novo como base da variação: de 200 para 500, o aumento é $\frac{300}{200} = 150\%$, e não $\frac{300}{500} = 60\%$.

Armadilha Confundir o fator com a variação: se o novo valor é 2,5 vezes o antigo, ele é 250% do antigo, mas o *aumento* foi de 150%.

Armadilha Confundir pontos percentuais com porcentagem: acertar "25% a menos" que quem acertou 80% das questões é acertar $0{,}75 \cdot 80\% = 60\%$ delas, e não $80\% - 25\% = 55\%$.

Exemplo resolvido

Questão 174 (Enem 2018, questão 147 do caderno azul)

O colesterol total de uma pessoa é obtido pela soma da taxa do seu "colesterol bom" com a taxa do seu "colesterol ruim". Os exames periódicos, realizados em um paciente adulto, apresentaram taxa normal de "colesterol bom", porém, taxa do "colesterol ruim" (também chamado LDL) de 280 mg/dL.

O quadro apresenta uma classificação de acordo com as taxas de LDL em adultos.

O paciente, seguindo as recomendações médicas sobre estilo de vida e alimentação, realizou o exame logo após o primeiro mês, e a taxa de LDL reduziu 25%. No mês seguinte, realizou novo exame e constatou uma redução de mais 20% na taxa de LDL.

Taxa de LDL (mg/dL)	
Ótima	Menor do que 100
Próxima de ótima	De 100 a 129
Limite	De 130 a 159
Alta	De 160 a 189
Muito alta	190 ou mais

De acordo com o resultado do segundo exame, a classificação da taxa de LDL do paciente é

resolução em vídeo

A) ótima.
B) próxima de ótima.
C) limite.
D) alta.
E) muito alta.

Resolução

Ideia-chave: 20% de quê? Cada exame compara com o exame *anterior*; os 20% incidem sobre o valor que já tinha caído.
1º mês: queda de 25% ⇒ fator 0,75: $280 \cdot 0{,}75 = 210$ mg/dL.
2º mês: queda de 20% ⇒ fator 0,8, sobre a nova base 210: $210 \cdot 0{,}8 =$ **168** mg/dL.
Direto: $280 \cdot 0{,}75 \cdot 0{,}8 = 280 \cdot 0{,}6 = 168$. Pelo quadro, 168 está entre 160 e 189: taxa *alta*.
Resposta: D. A alternativa C vem de somar as quedas (45%): $280 \cdot 0{,}55 = 154$, que cairia na faixa "limite".

No ENEM, acertaram esta questão 31% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 175 (Enem 2020, questão 167 do caderno azul)

O quadro representa os gastos mensais, em real, de uma família com internet, mensalidade escolar e mesada do filho.
No início do ano, a internet e a mensalidade escolar tiveram acréscimos, respectivamente, de 20% e 10%. Necessitando manter o valor da despesa mensal total com os itens citados, a família reduzirá a mesada do filho.

Internet	Mensalidade escolar	Mesada do filho
120	700	400

Qual será a porcentagem da redução da mesada?

resolução em vídeo

A) 15,0
B) 23,5
C) 30,0
D) 70,0
E) 76,5

Passo 1: aumento da internet em reais: 20% de 120 = _____.

Passo 2: aumento da mensalidade em reais: 10% de 700 = _____.

Passo 3: para o total não mudar, a mesada deve cair 24 + 70 = _____ reais.

Passo 4: a redução percentual é sobre a base *mesada*: 94÷ _____ = _____%.

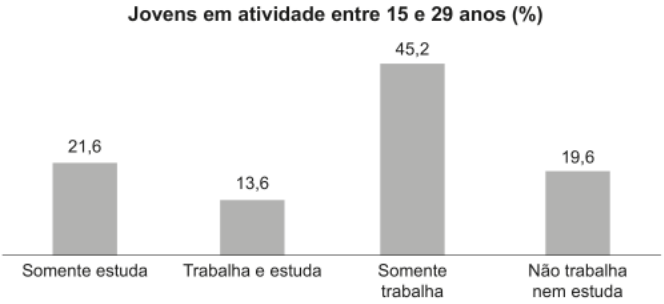
Respostas das lacunas no Gabarito, na página 326.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 326.

Questão 176 (Enem 2020, questão 148 do caderno azul)

A Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (Pnad) é uma pesquisa feita anualmente pelo IBGE, exceto nos anos em que há Censo. Em um ano, foram entrevistados 363 mil jovens para fazer um levantamento sobre suas atividades profissionais e/ou acadêmicas. Os resultados da pesquisa estão indicados no gráfico.



Disponível em: http://noticias.uol.com.br. Acesso em: 20 ago. 2014.

De acordo com as informações dadas, o número de jovens entrevistados que trabalha é

A) 114 708.
B) 164 076.
C) 213 444.
D) 284 592.
E) 291 582.

resolução em vídeo

Questão 177 (Enem 2014, questão 171 do caderno azul)

Uma ponte precisa ser dimensionada de forma que possa ter três pontos de sustentação. Sabe-se que a carga máxima suportada pela ponte será de 12 t. O ponto de sustentação central receberá 60% da carga da ponte, e o restante da carga será distribuído igualmente entre os outros dois pontos de sustentação.
No caso de carga máxima, as cargas recebidas pelos três pontos de sustentação serão, respectivamente,

resolução em vídeo

A) 1,8 t; 8,4 t; 1,8 t.
B) 3,0 t; 6,0 t; 3,0 t.
C) 2,4 t; 7,2 t; 2,4 t.
D) 3,6 t; 4,8 t; 3,6 t.
E) 4,2 t; 3,6 t; 4,2 t.

Questão 178 (Enem 2021, questão 174 do caderno azul)

Após consulta médica, um paciente deve seguir um tratamento composto por três medicamentos: X, Y e Z. O paciente, para adquirir os três medicamentos, faz um orçamento em três farmácias diferentes, conforme o quadro.
Dessas farmácias, algumas oferecem descontos:
• na compra dos medicamentos X e Y na Farmácia 2, recebe-se um desconto de 20% em ambos os produtos, independentemente da compra do medicamento Z, e não há desconto para o medicamento Z;
• na compra dos 3 medicamentos na Farmácia 3, recebe-se 20% de desconto no valor total da

compra.
O paciente deseja efetuar a compra de modo a minimizar sua despesa com os medicamentos.

	X	Y	Z
Farmácia 1	R$ 45,00	R$ 40,00	R$ 50,00
Farmácia 2	R$ 50,00	R$ 50,00	R$ 40,00
Farmácia 3	R$ 65,00	R$ 45,00	R$ 35,00

De acordo com as informações fornecidas, o paciente deve comprar os medicamentos da seguinte forma:

A) X, Y e Z na Farmácia 1.

B) X e Y na Farmácia 1, e Z na Farmácia 3.

C) X e Y na Farmácia 2, e Z na Farmácia 3.

D) X na Farmácia 2, e Y e Z na Farmácia 3.

E) X, Y e Z na Farmácia 3.

resolução em vídeo

Questão 179 (Enem 2013, questão 158 do caderno azul)

O contribuinte que vende mais de R$ 20 mil de ações em Bolsa de Valores em um mês deverá pagar Imposto de Renda. O pagamento para a Receita Federal consistirá em 15% do lucro obtido com a venda das ações.
Disponível em: www1.folha.uol.com.br. Acesso em: 26 abr. 2010 (adaptado).
Um contribuinte que vende por R$ 34 mil um lote de ações que custou R$ 26 mil terá de pagar de Imposto de Renda à Receita Federal o valor de

A) R$ 900,00. B) R$ 1 200,00. C) R$ 2 100,00. D) R$ 3 900,00. E) R$ 5 100,00.

resolução em vídeo

Questão 180 (Enem 2009, questão 141 do caderno azul)

Uma resolução do Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) estabeleceu a obrigatoriedade de adição de biodísel ao óleo dísel comercializado nos postos. A exigência é que, a partir de 1.º de julho de 2009, 4% do volume da mistura final seja formada por biodísel. Até junho de 2009, esse percentual era de 3%. Essa medida estimula a demanda de biodísel, bem como possibilita a redução da importação de dísel de petróleo.
Disponível em: http://www1.folha.uol.com.br. Acesso em: 12 jul. 2009 (adaptado).
Estimativas indicam que, com a adição de 4% de biodísel ao dísel, serão consumidos 925 milhões de litros de biodísel no segundo semestre de 2009. Considerando-se essa estimativa,
para o mesmo volume da mistura final dísel/biodísel consumida no segundo semestre de 2009, qual seria o consumo de biodísel com a adição de 3%?

A) 27,75 milhões de litros.
B) 37,00 milhões de litros.
C) 231,25 milhões de litros.
D) 693,75 milhões de litros.
E) 888,00 milhões de litros.

resolução em vídeo

Questão 181 (Enem 2022, questão 154 do caderno azul)

Em janeiro de 2013, foram declaradas 1 794 272 admissões e 1 765 372 desligamentos no Brasil, ou seja, foram criadas 28 900 vagas de emprego, segundo dados do Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (Caged), divulgados pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE). Segundo o Caged, o número de vagas criadas em janeiro de 2013 sofreu uma queda de 75%, quando comparado com o mesmo período de 2012.

De acordo com as informações dadas, o número de vagas criadas em janeiro de 2012 foi

resolução em vídeo

A) 16 514. B) 86 700. C) 115 600. D) 441 343. E) 448 568.

Questão 182 (Enem 2019, questão 153 do caderno azul)

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o rendimento médio mensal dos trabalhadores brasileiros, no ano 2000, era de R$ 1 250,00. Já o Censo 2010 mostrou que, em 2010, esse valor teve um aumento de 7,2% em relação a 2000. Esse mesmo instituto projeta que, em 2020, o rendimento médio mensal dos trabalhadores brasileiros poderá ser 10% maior do que foi em 2010.
Supondo que as projeções do IBGE se realizem, o rendimento médio mensal dos brasileiros em 2020 será de

resolução em vídeo

A) R$ 1 340,00. B) R$ 1 349,00. C) R$ 1 375,00. D) R$ 1 465,00. E) R$ 1 474,00.

Questão 183 (Enem 2016, questão 146 do caderno azul)

Uma pessoa comercializa picolés. No segundo dia de certo evento ela comprou 4 caixas de picolés, pagando R$ 16,00 a caixa com 20 picolés para revendê-los no evento. No dia anterior, ela havia comprado a mesma quantidade de picolés, pagando a mesma quantia, e obtendo um lucro de R$ 40,00 (obtido exclusivamente pela diferença entre o valor de venda e o de compra dos picolés) com a venda de todos os picolés que possuía.
Pesquisando o perfil do público que estará presente no evento, a pessoa avalia que será possível obter um lucro 20% maior do que o obtido com a venda no primeiro dia do evento.
Para atingir seu objetivo, e supondo que todos os picolés disponíveis foram vendidos no segundo dia, o valor de venda de cada picolé, no segundo dia, deve ser

resolução em vídeo

A) R$ 0,96. B) R$ 1,00. C) R$ 1,40. D) R$ 1,50. E) R$ 1,56.

Questão 184 (Enem 2023, questão 143 do caderno azul)

Em janeiro do ano passado, a direção de uma fábrica abriu uma creche para os filhos de seus funcionários, com 10 salas, cada uma com capacidade para atender 10 crianças a cada ano. As vagas são sorteadas entre os filhos dos funcionários inscritos, enquanto os não contemplados pelo sorteio formam uma lista de espera. No ano passado, a lista de espera teve 400 nomes e, neste ano, esse número cresceu 10%.
A direção da fábrica realizou uma pesquisa e constatou que a lista de espera para o próximo ano terá a mesma quantidade de nomes da lista de espera deste ano. Decidiu, então, construir, ao longo desse ano, novas salas para a creche, também com capacidade de atendimento para 10 crianças cada, de modo que o número de nomes na lista de espera no próximo ano seja 25% menor que o deste ano.
O número mínimo de salas que deverão ser construídas é

resolução em vídeo

A) 10. B) 11. C) 13. D) 30. E) 33.

Questão 185 (Enem 2022, questão 167 do caderno azul)

Em uma loja, o preço promocional de uma geladeira é de R$ 1 000,00 para pagamento somente em dinheiro. Seu preço normal, fora da promoção, é 10% maior. Para pagamento feito com o cartão de crédito da loja, é dado um desconto de 2% sobre o preço normal.
Uma cliente decidiu comprar essa geladeira, optando pelo pagamento com o cartão de crédito da loja. Ela calculou que o valor a ser pago seria o preço promocional acrescido de 8%. Ao ser informada pela loja do valor a pagar, segundo sua opção, percebeu uma diferença entre seu cálculo e o valor que lhe foi apresentado.
O valor apresentado pela loja, comparado ao valor calculado pela cliente, foi

resolução em vídeo

A) R$ 2,00 menor.
B) R$ 100,00 menor.
C) R$ 200,00 menor.
D) R$ 42,00 maior.
E) R$ 80,00 maior.

Questão 186 (Enem 2021, questão 158 do caderno azul)

Para realizar um voo entre duas cidades que distam 2 000 km uma da outra, uma companhia aérea utilizava um modelo de aeronave A, capaz de transportar até 200 passageiros. Quando uma dessas aeronaves está lotada de passageiros, o consumo de combustível é de 0,02 litro por quilômetro e por passageiro. Essa companhia resolveu trocar o modelo de aeronave A pelo modelo de aeronave B, que é capaz de transportar 10% de passageiros a mais do que o modelo A, mas consumindo 10% menos combustível por quilômetro e por passageiro.
A quantidade de combustível consumida pelo modelo de aeronave B, em relação à do modelo de aeronave A, em um voo lotado entre as duas cidades, é

resolução em vídeo

A) 10% menor. B) 1% menor. C) igual. D) 1% maior. E) 11% maior.

Questão 187 (Enem 2013, questão 163 do caderno azul)

Para aumentar as vendas no início do ano, uma loja de departamentos remarcou os preços de seus produtos 20% abaixo do preço original. Quando chegam ao caixa, os clientes que possuem o cartão fidelidade da loja têm direito a um desconto adicional de 10% sobre o valor total de suas compras.
Um cliente deseja comprar um produto que custava R$ 50,00 antes da remarcação de preços. Ele não possui o cartão fidelidade da loja.
Caso esse cliente possuísse o cartão fidelidade da loja, a economia adicional que obteria ao efetuar a compra, em reais, seria de

resolução em vídeo

A) 15,00. B) 14,00. C) 10,00. D) 5,00. E) 4,00.

Revisão da semana 4 · sem consulta

Questões novas, misturadas, de assuntos desta semana e de semanas anteriores (1, 3, 8, 16 e 32 semanas atrás, inclusive de volumes anteriores): tudo o que você estudou volta de tempos em tempos até a prova. Feche o livro e resolva sem olhar a teoria: tentar lembrar é o que fixa. Respostas no Gabarito, na página 327.

Questão 188 (Enem PPL 2019, questão 114 do caderno azul)

Um dos processos biotecnológicos mais antigos é a utilização de microrganismos para a produção de alimentos. Num desses processos, certos tipos de bactérias anaeróbicas utilizam os açúcares presentes nos alimentos e realizam sua oxidação parcial, gerando como produto final da reação o ácido lático.

Qual produto destinado ao consumo humano tem sua produção baseada nesse processo?

A) Pão.
B) Vinho.
C) Iogurte.
D) Vinagre.
E) Cachaça.

resolução em vídeo

Questão 189 (Enem 2ª aplicação 2016, questão 141 do caderno azul)

Nas construções prediais são utilizados tubos de diferentes medidas para a instalação da rede de água. Essas medidas são conhecidas pelo seu diâmetro, muitas vezes medido em polegada. Alguns desses tubos, com medidas em polegada, são os tubos de $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$ e $\frac{5}{4}$.

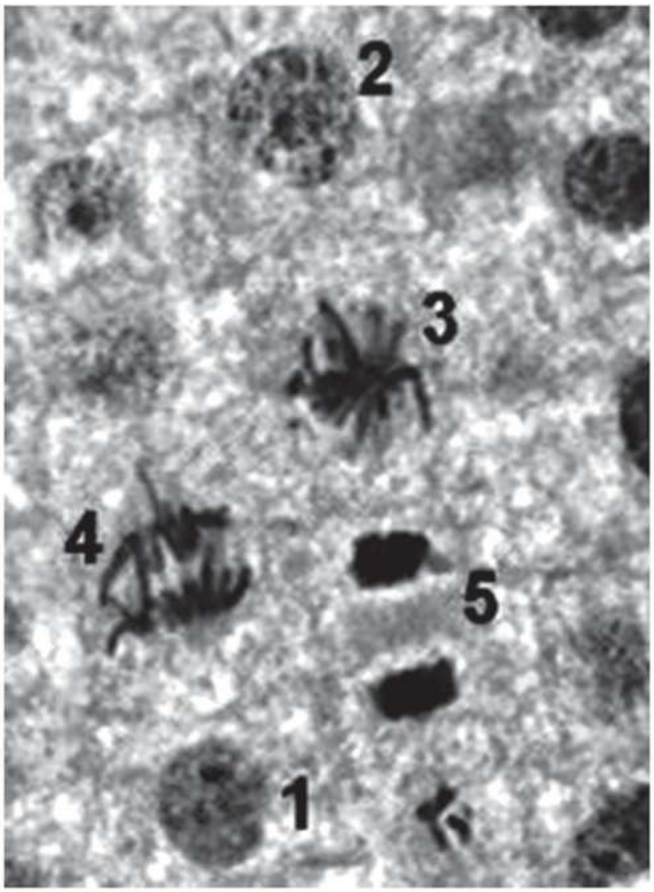
Colocando os valores dessas medidas em ordem crescente, encontramos

A) $\frac{1}{2}, \frac{3}{8}, \frac{5}{4}$
B) $\frac{1}{2}, \frac{5}{4}, \frac{3}{8}$
C) $\frac{3}{8}, \frac{1}{2}, \frac{5}{4}$
D) $\frac{3}{8}, \frac{5}{4}, \frac{1}{2}$
E) $\frac{5}{4}, \frac{1}{2}, \frac{3}{8}$

resolução em vídeo

Questão 190 (Enem PPL 2017, questão 116 do caderno azul)

Para estudar os cromossomos, é preciso observá-los no momento em que se encontram no ponto máximo de sua condensação. A imagem corresponde ao tecido da raiz de cebola, visto ao microscópio, e cada número marca uma das diferentes etapas do ciclo celular.



Disponível em: www.histologia.icb.ufg.br. Acesso em: 6 mar. 2015 (adaptado).

Qual número corresponde à melhor etapa para que esse estudo seja possível?

A 1
B 2
C 3
D 4
E 5

resolução em vídeo

Questão 191 (Enem PPL 2017, questão 171 do caderno azul)

O governo decidiu reduzir de 25% para 20% o teor de álcool anidro misturado à gasolina vendida nos postos do país. Considere que a média de desempenho, ou seja, a quantidade de quilômetros (km) que um carro anda com 1 litro de combustível, é diretamente proporcional à porcentagem de gasolina presente no combustível, e que a média de desempenho de um carro antes da decisão do governo era de 13,5 km/L.

Nas condições do texto, qual será a estimativa da média de desempenho após a redução de álcool anidro no combustível?

A) 10,80 km/L
B) 12,65 km/L
C) 12,82 km/L
D) 14,15 km/L
E) 14,40 km/L

resolução em vídeo

Questão 192 (Enem PPL 2018, questão 134 do caderno azul)

Em derramamentos de óleo no mar, os produtos conhecidos como "dispersantes" são usados para reduzir a tensão superficial do petróleo derramado, permitindo que o vento e as ondas "quebrem" a mancha em gotículas microscópicas. Estas são dispersadas pela água do mar antes que a mancha de petróleo atinja a costa. Na tentativa de fazer uma reprodução do efeito desse produto em casa, um estudante prepara um recipiente contendo água e gotas de óleo de soja. Há disponível apenas azeite, vinagre, detergente, água sanitária e sal de cozinha.

Qual dos materiais disponíveis provoca uma ação semelhante à situação descrita?

A) Azeite.
B) Vinagre.
C) Detergente.
D) Água sanitária.
E) Sal de cozinha.

resolução em vídeo

Questão 193 (Enem PPL 2012, questão 81 do caderno branco)

A grafita é uma variedade alotrópica do carbono. Trata-se de um sólido preto, macio e escorregadio, que apresenta brilho característico e boa condutibilidade elétrica.

Considerando essas propriedades, a grafita tem potencial de aplicabilidade em:

A Lubrificantes, condutores de eletricidade e cátodos de baterias alcalinas.

B Ferramentas para riscar ou cortar materiais, lubrificantes e condutores de eletricidade.

C Ferramentas para amolar ou polir materiais, brocas odontológicas e condutores de eletricidade.

D Lubrificantes, brocas odontológicas, condutores de eletricidade, captadores de radicais livres e cátodos de baterias alcalinas.

E Ferramentas para riscar ou cortar materiais, nanoestruturas capazes de transportar drogas com efeito radioterápico e cátodos de baterias alcalinas.

resolução em vídeo

Questão 194 (Enem PPL 2011, questão 76 do caderno branco)

Com a crescente demanda de energia elétrica, decorrente do modo de vida da sociedade moderna, tornou-se necessário que mais de uma fonte de energia seja estudada e aplicada, levando-se em conta os impactos ambientais e sociais a serem gerados em curto e longo prazo. Com isso, o uso da energia nuclear tem sido muito debatido no mundo. O questionamento principal é se valerá a pena construir centrais de produção nuclear ou é preferível investir em outros tipos de energias que sejam renováveis.

Disponível em: http://energiaeambiente.wordpress.com. http://www.comciencia.br. Acesso em: 27 jan. 2009 (adaptado).

Um argumento favorável ao uso da energia nuclear é o fato de

A seu preço de instalação ser menor que o das demais fontes de energia.

B o tratamento de seus rejeitos ser um processo simples.

C de ser uma energia limpa, de baixo custo, que não causa impactos ambientais.

D ser curto o tempo de atividade dos resíduos produzidos na sua geração.

E ser uma energia limpa embora não seja renovável.

resolução em vídeo

Questão 195 (Enem PPL 2019, questão 119 do caderno azul)

As algas são uma opção sustentável na produção de biocombustível, pois possuem estrutura simples e se reproduzem mais rapidamente que os vegetais, além da grande capacidade de absorverem dióxido de carbono. Esses organismos não são constituídos por tecidos heterogêneos, entretanto, assim como os vegetais, possuem parede celular.

Algas podem substituir metade do petróleo e inaugurar química verde (Agência Fapesp, 16/08/2010). Disponível em: www.inovacaotecnologica.com.br. Acesso em: 1 ago. 2012 (adaptado).

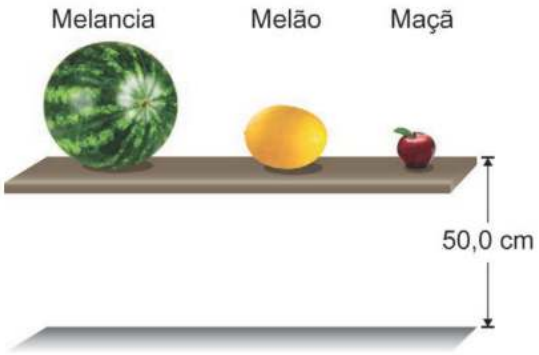
Para obtenção de biocombustível a partir de algas e vegetais, é necessário utilizar no processo a enzima

A) amilase.
B) maltase.
C) celulase.
D) fosfatase.
E) quitinase.

resolução em vídeo

Questão 196 (Enem PPL 2024, questão 107 do caderno azul)

Um experimento foi montado com o intuito de determinar o tempo de queda livre de corpos com tamanhos e massas distintas. Para isso, utilizou-se uma prateleira a 50,0 cm do chão, onde foram colocadas três frutas, conforme a figura. Em um determinado instante, a prateleira foi removida, liberando todas as frutas simultaneamente.



Considere o tempo de queda da melancia como t_1, do melão como t_2 e da maçã como t_3.

Desprezando-se as forças dissipativas, a relação entre os tempos de queda das frutas é

A $t_1 = t_2 = t_3$.
B $t_1 > t_2 > t_3$.
C $t_1 < t_2 < t_3$.
D $t_1 > t_2 < t_3$.
E $t_1 < t_2 > t_3$.

resolução em vídeo

Questão 197 (Enem PPL 2014, questão 175 do caderno cinza)

Um clube de futebol abriu inscrições para novos jogadores. Inscreveram-se 48 candidatos. Para realizar uma boa seleção, deverão ser escolhidos os que cumpram algumas exigências: os jogadores deverão ter mais de 14 anos, estatura igual ou superior à mínima exigida e bom preparo físico. Entre os candidatos, $\frac{7}{8}$ têm mais de 14 anos e foram pré-selecionados. Dos pré-selecionados, $\frac{1}{2}$ têm estatura igual ou superior à mínima exigida e, destes, $\frac{2}{3}$ têm bom preparo físico.

A quantidade de candidatos selecionados pelo clube de futebol foi

A) 12.
B) 14.
C) 16.
D) 32.
E) 42.

resolução em vídeo

Questão 198 (Enem PPL 2014, questão 170 do caderno cinza)

O Brasil desenvolveu técnicas próprias de plantio e colheita de cana-de-açúcar, tornando-se o maior produtor mundial. Cultivando novas variedades, foram produzidas, na safra 2010/2011, 624 milhões de toneladas em 8,1 milhões de hectares. Houve um substancial ganho de produtividade (em toneladas por hectare) quando se compara com a de décadas atrás, como a da safra 1974/1975, que foi de 47 toneladas por hectare.

Disponível em: www2.cead.ufv.br. Acesso em: 27 fev. 2011 (adaptado).

De acordo com dados apresentados, qual foi o valor mais aproximado da taxa de crescimento da produtividade de cana-de-açúcar, por hectare no Brasil, da safra 1974/1975 para a safra 2010/2011?

A) 13%
B) 30%
C) 64%
D) 77%
E) 164%

resolução em vídeo

Questão 199 (Enem PPL 2013, questão 85 do caderno branco)

Antes das lombadas eletrônicas, eram pintadas faixas nas ruas para controle da velocidade dos automóveis. A velocidade era estimada com o uso de binóculos e cronômetros. O policial utilizava a relação entre a distância percorrida e o tempo gasto, para determinar a velocidade de um veículo. Cronometrava-se o tempo que um veículo levava para percorrer a distância entre duas faixas fixas, cuja distância era conhecida. A lombada eletrônica é um sistema muito preciso, porque a tecnologia elimina erros do operador. A distância entre os sensores é de 2 metros, e o tempo é medido por um circuito eletrônico.

O tempo mínimo, em segundos, que o motorista deve gastar para passar pela lombada eletrônica, cujo limite é de 40 km/h, sem receber uma multa, é de

A) 0,05.
B) 11,1.
C) 0,18.
D) 22,2.
E) 0,50.

resolução em vídeo

Semana 5



Deitada na grama, as mãos sobre o livro aberto, a moça ergue os olhos e pensa: ler também é parar para entender.
Almeida Júnior, *Moça com livro* (séc. XIX), Museu de Arte de São Paulo (MASP), São Paulo. Domínio público.

- **Física**
  - Temperatura, escalas e dilatação térmica
- **Química**
  - Substâncias, misturas e processos de separação

Tempo estimado: cerca de 10 h (teoria 2 h, questões 2 h, simulado 5,5 h), ou cerca de 1,6 h por dia em 6 dias.

Temperatura, escalas e dilatação térmica

Física

Antes de ler: tente responder

1. Quanto é 25 °C em kelvin?
2. Uma tampa metálica emperrada num pote de vidro solta mais fácil se você a esquentar com água quente. Por quê?
3. Um litro de álcool comprado no frio e vendido aquecido "rende" mais de um litro?

Respostas no Gabarito, na página 327. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Temperatura, calor e equilíbrio térmico

Cores deste capítulo: **azul** = frio (temperatura menor); **roxo** = quente (temperatura maior); **verde** = resultado.

Toda matéria é formada por partículas (átomos, moléculas, íons) em movimento permanente: nos gases elas voam e colidem; nos líquidos deslizam umas sobre as outras; nos sólidos vibram em torno de posições fixas. A **temperatura** é a grandeza que mede o grau dessa agitação: quanto maior a temperatura, maior a energia cinética *média* das partículas. Ela não mede a energia total do corpo. Uma banheira de água morna tem muito mais energia térmica que uma faísca, embora a faísca esteja a centenas de graus: a faísca tem poucas partículas, muito agitadas; a banheira, uma quantidade enorme de partículas pouco agitadas.

Calor é energia em trânsito: a energia que passa de um corpo para outro *por causa* de uma diferença de temperatura, espontaneamente do mais quente para o mais frio. Por isso um corpo não "tem calor": ele tem temperatura e energia interna, e *recebe* ou *cede* calor. Calor se mede em joules (J), como toda energia; ainda se usa a caloria, 1 cal ≈ 4,2 J.

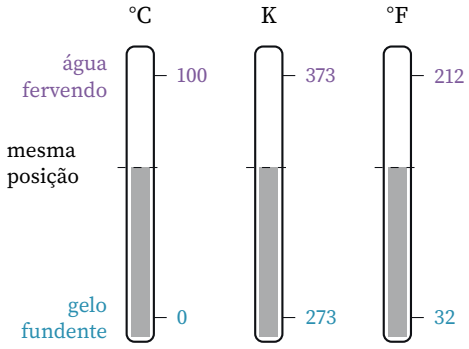
Quando dois corpos a temperaturas diferentes são postos em contato, o mais quente cede calor ao mais frio até que as temperaturas se igualem; aí o fluxo de calor cessa: é o **equilíbrio térmico**. Se A está em equilíbrio térmico com B, e B com C, então A está em equilíbrio com C (a chamada *lei zero da Termodinâmica*). É ela que dá sentido ao **termômetro**: ele troca calor com o corpo até atingir a mesma temperatura e, então, mostra a própria temperatura. Por isso é preciso esperar alguns instantes antes de ler um termômetro clínico.

Um termômetro se baseia numa **grandeza termométrica**, uma propriedade que varia de modo regular com a temperatura: a altura de uma coluna de mercúrio ou álcool (que dilata), a resistência elétrica de um fio, a radiação infravermelha emitida por um corpo (termômetros "de testa").

Escalas termométricas

Para graduar um termômetro escolhem-se dois **pontos fixos**, estados fáceis de reproduzir: o ponto de fusão do gelo e o ponto de ebulição da água, sob pressão de 1 atm.

- **Celsius:** 0 e 100, com 100 divisões entre eles.
- **Fahrenheit:** 32 e 212, com 180 divisões. Usada nos Estados Unidos.
- **Kelvin** (escala absoluta, a do SI): 273 e 373 (mais precisamente, 273,15 e 373,15). Seu zero é o **zero absoluto**, −273,15 °C, a temperatura em que a agitação das partículas seria mínima. Não existe temperatura abaixo dele, logo não há kelvin negativo. Escreve-se "K", sem o símbolo de grau.



Conversão. Uma mesma temperatura ocupa a *mesma fração* do intervalo entre os dois pontos fixos, em qualquer escala (a linha tracejada da figura). Igualando essas frações:

$$\frac{T_C - 0}{100 - 0} = \frac{T_F - 32}{212 - 32} = \frac{T_K - 273}{373 - 273},$$

e, simplificando os denominadores (100, 180 e 100, ou seja, 5, 9 e 5),

$$T_K = T_C + 273 \qquad \frac{T_C}{5} = \frac{T_F - 32}{9}$$

para *variações*: $\Delta T_K = \Delta T_C$ e $\frac{\Delta T_C}{5} = \frac{\Delta T_F}{9}$ (1 °C de variação = 1 K = 1,8 °F)

Exemplos. 25 °C em kelvin: 25 + 273 = **298 K**; em fahrenheit, $\frac{25}{5} = 5 = \frac{T_F - 32}{9}$, então $T_F = 32 + 45 =$ **77 °F**. A temperatura normal do corpo, 37 °C, corresponde a $32 + 1{,}8 \cdot 37 = 98{,}6$ °F. As escalas Celsius e Fahrenheit coincidem em −40: faça $T_F = T_C = x$ e resolva $x/5 = (x - 32)/9$.

Uma variação de temperatura, porém, *não* se converte como uma temperatura: se a temperatura sobe 10 °C, ela sobe 10 K e 18 °F (e não 50 °F, que seria converter "10 °C" como leitura de termômetro).

Escala qualquer. O mesmo raciocínio converte para uma escala inventada. Se um termômetro X marca 20 °X no gelo fundente e 220 °X na água fervendo, então $\frac{T_X - 20}{220 - 20} = \frac{T_C}{100}$, isto é, $T_X = 2\,T_C + 20$; a 30 °C ele marca **80 °X**.

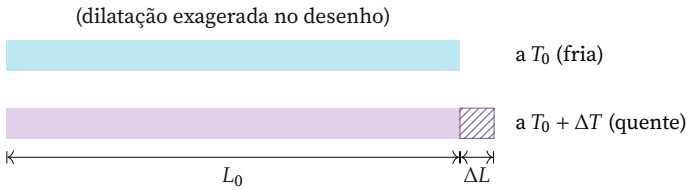
Dilatação térmica dos sólidos

Ao ser aquecido, quase todo corpo aumenta de tamanho: é a **dilatação térmica**. A causa é microscópica: com mais energia, cada átomo vibra com amplitude maior e, por causa da forma assimétrica da força entre átomos vizinhos (veja o quadro "Por que funciona"), a distância *média* entre eles aumenta. Somando o efeito de bilhões de átomos, o corpo cresce.

Dilatação linear. Numa barra, importa o aumento de comprimento. Experimentalmente, ele é proporcional ao comprimento inicial (cada pedaço da barra dilata, então o dobro de comprimento dilata o dobro) e à variação de temperatura:

$$\Delta L = L_0\,\alpha\,\Delta T \qquad L = L_0\,(1 + \alpha\,\Delta T)$$

α: coeficiente de dilatação linear, característico do material, em $°C^{-1}$ (ou K^{-1}, que é o mesmo número)



material	α ($10^{-5}\,°C^{-1}$)
alumínio	2,4
cobre	1,7
aço	1,2
concreto	cerca de 1,2
vidro comum	0,9
vidro pirex	0,32
invar (liga de ferro e níquel)	0,12

Os coeficientes são pequenos, mas os efeitos se acumulam em peças longas. O concreto e o aço têm α quase iguais, o que permite o concreto armado: os dois dilatam juntos e não se separam. O vidro pirex, com α pequeno, suporta aquecimento brusco sem trincar, porque suas partes dilatam pouco umas em relação às outras.

Exemplo. Um trilho de aço de 10 m ($\alpha = 1{,}2 \times 10^{-5}\,°C^{-1}$) esquenta 30 °C: $\Delta L = 10 \cdot 1{,}2 \times 10^{-5} \cdot 30 = 3{,}6 \times 10^{-3}$ m = **3,6 mm**. Parece pouco, mas sem folga entre os trilhos essa expansão os entorta. O gráfico de L contra T é uma reta, de inclinação $L_0\,\alpha$.

Dilatação superficial e volumétrica. Uma chapa dilata nas duas dimensões, e um bloco nas três. Para dilatações pequenas, os coeficientes são, com ótima aproximação, o dobro e o triplo do linear:

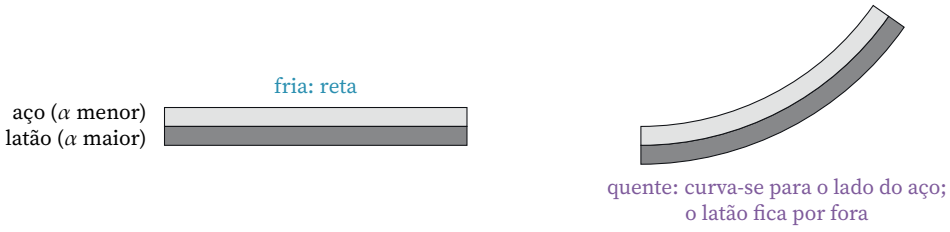
$$\Delta A = A_0\,\beta\,\Delta T \quad (\beta \approx 2\alpha) \qquad\qquad \Delta V = V_0\,\gamma\,\Delta T \quad (\gamma \approx 3\alpha)$$

de onde vem: um cubo de aresta $L_0(1+\alpha\Delta T)$ tem volume $L_0^3(1+\alpha\Delta T)^3 \approx L_0^3(1+3\alpha\Delta T)$, pois $\alpha\Delta T$ é muito pequeno

Exemplo. Uma chapa de alumínio de 1 m² aquecida em 100 °C: $\Delta A = 1 \cdot (2 \cdot 2{,}4 \times 10^{-5}) \cdot 100 = 4{,}8 \times 10^{-3}$ m², ou seja, **48 cm²**.

Um *furo* numa chapa dilata como se fosse feito do próprio material: a chapa inteira cresce em escala, e o furo cresce junto. É por isso que um anel metálico aquecido entra num eixo em que, frio, não entraria.

Materiais diferentes, dilatações diferentes. Uma **lâmina bimetálica** é feita de duas tiras de metais diferentes, soldadas. Aquecida, a tira de maior α fica mais comprida e a lâmina se curva, com o metal que mais dilatou do lado de fora da curva. Esse movimento liga e desliga contatos em termostatos de ferros de passar, pisca-piscas e disjuntores térmicos.



O mesmo princípio explica a tampa metálica que afrouxa ao ser aquecida num pote de vidro: o metal dilata mais que o vidro. E explica por que um copo de vidro comum pode trincar ao receber água fervente: a face interna dilata antes da externa.

Dilatação dos líquidos

Líquidos não têm forma própria; interessa só a dilatação volumétrica, $\Delta V = V_0\,\gamma\,\Delta T$, e os γ dos líquidos são bem maiores que os dos sólidos (álcool e gasolina, cerca de $10^{-3}\,°C^{-1}$; vidro, cerca de $2{,}7 \times 10^{-5}\,°C^{-1}$).

Dilatação aparente. O líquido está sempre num recipiente, que também dilata. O volume que *transborda* de um recipiente cheio é a diferença entre a dilatação do líquido e a do recipiente:

$$\Delta V_{\text{aparente}} = V_0\,(\gamma_{\text{líquido}} - \gamma_{\text{recipiente}})\,\Delta T$$

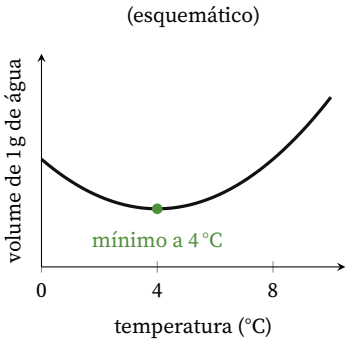
o que se vê sair é menos do que o líquido realmente dilatou

Exemplo. Um frasco de vidro de 1 000 cm³, cheio de um líquido com $\gamma = 1{,}0 \times 10^{-3}\,°\text{C}^{-1}$, é aquecido em 40 °C: transbordam $1000 \cdot (1{,}0 \times 10^{-3} - 0{,}027 \times 10^{-3}) \cdot 40 \approx$ **39 cm³**.

Densidade e temperatura. A massa não muda ao aquecer, mas o volume aumenta; logo a densidade $\rho = m/V$ *diminui*. Por isso densímetros e alcoolômetros são calibrados a uma temperatura fixa (em geral 20 °C) e precisam de correção fora dela. E por isso o líquido aquecido sobe e o frio desce, o que produz as correntes de convecção (capítulo de propagação do calor).

Venda por volume. Combustíveis são vendidos por litro. O mesmo combustível, mais quente, ocupa mais litros; quem compra frio e vende quente vende litros "a mais" que a dilatação criou, sem ter pago por eles. Ao contrário, quem abastece num dia frio leva mais massa de combustível em cada litro.

O comportamento anômalo da água. Entre 0 °C e 4 °C, a água líquida faz o contrário dos outros líquidos: *contrai* ao ser aquecida. Seu volume é mínimo, e a densidade máxima, a cerca de 4 °C. Ao congelar, ela ainda aumenta cerca de 9 % de volume, porque as pontes de hidrogênio organizam as moléculas numa rede cristalina aberta: o gelo é menos denso que a água e flutua. Consequências: num lago no inverno, a água a 4 °C, mais densa, fica no fundo, e o gelo se forma na superfície e isola o resto, o que permite a vida aquática sob o gelo; garrafas cheias de água estouram no congelador; a água que congela nas fendas das rochas as fratura.



Umidade relativa do ar

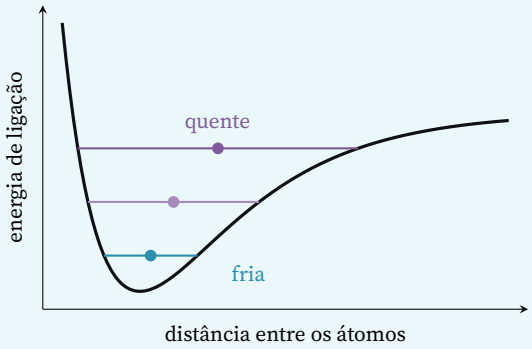
O ar contém vapor de água, mas há um limite: numa dada temperatura, o ar fica **saturado** quando não comporta mais vapor, e o excesso condensa. Esse limite **cresce com a temperatura**: o ar quente comporta mais vapor que o frio. A **umidade relativa** (UR) é a razão entre a quantidade de vapor que o ar contém e a quantidade máxima que ele comportaria naquela temperatura:

$$\text{UR} = \frac{\text{vapor presente}}{\text{vapor máximo (saturação) na mesma temperatura}} \times 100\,\%$$

é uma fração do máximo, e não a quantidade absoluta de vapor

Se a quantidade de vapor não muda e o ar esquenta ao longo do dia, o máximo aumenta e a UR *cai*; à noite, quando o ar esfria, a UR sobe. Se o ar esfria até a saturação (UR = 100 %), o vapor começa a condensar: forma-se orvalho nas superfícies frias, ou neblina. A temperatura em que isso acontece é o **ponto de orvalho**. Por isso, num mesmo dia sem chuva, a UR costuma ser máxima de madrugada e mínima no meio da tarde, em oposição à temperatura, sem que a quantidade de vapor no ar tenha mudado.

Por que funciona Por que um corpo aumenta ao ser aquecido? A força entre dois átomos vizinhos é assimétrica: é fácil afastá-los um pouco e muito difícil aproximá-los. No gráfico da energia de ligação, a "parede" da esquerda (aproximação) é íngreme, e a da direita (afastamento) é suave.



Cada linha horizontal mostra até onde o átomo vibra numa temperatura; o ponto é a distância *média*. Com mais energia, a vibração se estende mais para o lado suave (afastamento), e a distância média aumenta. Somando bilhões de átomos, o corpo cresce. As linhas ficam abaixo de zero: a ligação continua existindo; só uma energia muito maior separaria os átomos.

Armadilha Achar que aquecer aumenta a densidade. É o contrário: a massa fica a mesma e o volume aumenta, então $\rho = m/V$ diminui.

Armadilha Confundir dilatação com quebra de ligação. Na dilatação os átomos continuam ligados e só a distância *média* aumenta; dissociar exigiria energia suficiente para tirar o átomo do "vale" de energia.

Armadilha Tratar a umidade relativa como quantidade absoluta de vapor. Quando o ar esquenta, a UR cai sem que o ar tenha perdido vapor; ela é uma fração do máximo naquela temperatura.

Armadilha Nas contas de ganho com combustível dilatado, parar no ganho de um dia quando a pergunta é sobre a semana, ou usar a margem de lucro por litro: o litro "criado" pela dilatação não teve custo, então vale o preço de venda inteiro.

Exemplo resolvido

Questão 200 (Enem 2021, questão 134 do caderno azul)

O alcoolômetro Gay Lussac é um instrumento destinado a medir o teor de álcool, em porcentagem de volume (v/v), de soluções de água e álcool na faixa de 0 °GL a 100 °GL, com divisões de 0,1 °GL. A concepção do alcoolômetro se baseia no princípio de flutuabilidade de Arquimedes, semelhante ao funcionamento de um densímetro. A escala do instrumento é aferida a 20 °C, sendo necessária a correção da medida, caso a temperatura da solução não esteja na temperatura de aferição. É apresentada parte da tabela de correção de um alcoolômetro, com a temperatura.

Tabela de correção do alcoolômetro com temperatura 20 °C						
°GL	Leitura da temperatura (°C)					
	20	21	22	23	24	25
35	35,0	34,6	34,2	33,8	33,4	33,0
36	36,0	35,6	35,2	34,8	34,4	34,0

É necessária a correção da medida do instrumento, pois um aumento na temperatura promove o(a)

A) aumento da dissociação da água.

B) aumento da densidade da água e do álcool.

C) mudança do volume dos materiais por dilatação.

D) aumento da concentração de álcool durante a medida.

E) alteração das propriedades químicas da mistura álcool e água.

resolução em vídeo

Resolução

Ideia-chave: o alcoolômetro flutua mais ou menos conforme a densidade da mistura, e a densidade depende da temperatura.
Aquecida, a mistura de água e álcool dilata: a mesma massa ocupa um volume maior, e a densidade cai ($\rho = m/V$). O instrumento afunda mais e indica um teor diferente do real. Por isso a leitura é corrigida para a temperatura de aferição (20 °C).
A causa é a **mudança de volume por dilatação**: **alternativa C.** A B erra o sentido (o aquecimento *diminui* a densidade), e as alternativas A, D e E falam de mudanças que não explicam a correção: a composição da mistura não muda só por aquecê-la um pouco.

No ENEM, acertaram esta questão 25% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 201 (Enem 2009, questão 38 do caderno azul)

Durante uma ação de fiscalização em postos de combustíveis, foi encontrado um mecanismo inusitado para enganar o consumidor. Durante o inverno, o responsável por um posto de combustível compra álcool por R$ 0,50/litro, a uma temperatura de 5 °C. Para revender o líquido aos motoristas, instalou um mecanismo na bomba de combustível para aquecê-lo, para que atinja a temperatura de 35 °C, sendo o litro de álcool revendido a R$ 1,60. Diariamente o posto compra 20 mil litros de álcool a 5 °C e os revende.
Com relação à situação hipotética descrita no texto e dado que o coeficiente de dilatação volumétrica do álcool é de $1{\times}10^{-3}\ °C^{-1}$, desprezando-se o custo da energia gasta no aquecimento do combustível,
o ganho financeiro que o dono do posto teria obtido devido ao aquecimento do álcool após uma semana de vendas estaria entre

resolução em vídeo

A) R$ 500,00 e R$ 1.000,00.
B) R$ 1.050,00 e R$ 1.250,00.
C) R$ 4.000,00 e R$ 5.000,00.
D) R$ 6.000,00 e R$ 6.900,00.
E) R$ 7.000,00 e R$ 7.950,00.

Ideia-chave: o álcool comprado a 5 °C e vendido a 35 °C dilata, e o dono vende os litros a mais.
Dilatação diária: $\Delta V = V_0\,\gamma\,\Delta T = 20\,000 \cdot 10^{-3} \cdot$ _____ = _____ L.
Ganho por dia: 600 L × R$ 1,60 = R$ _____.
Ganho em uma semana: 7 × 960 = R$ _____.

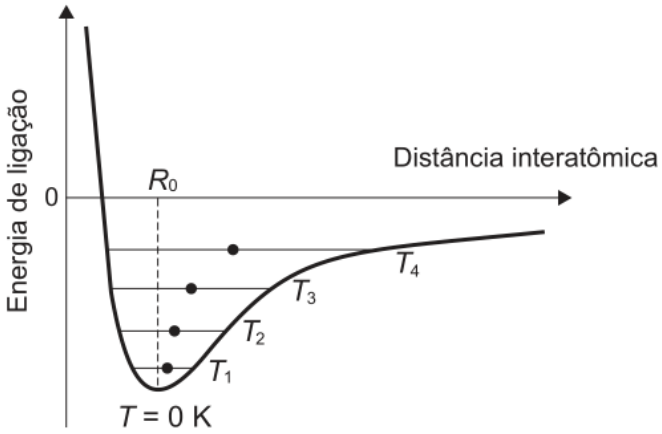
Respostas das lacunas no Gabarito, na página 327.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 327.

Questão 202 (Enem 2018, questão 118 do caderno azul)

Alguns materiais sólidos são compostos por átomos que interagem entre si formando ligações que podem ser covalentes, iônicas ou metálicas. A figura apresenta a energia potencial de ligação em função da distância interatômica em um sólido cristalino. Analisando essa figura, observa-se que, na temperatura de zero kelvin, a distância de equilíbrio da ligação entre os átomos (R_0) corresponde ao valor mínimo de energia potencial. Acima dessa temperatura, a energia térmica fornecida aos átomos aumenta sua energia cinética e faz com que eles oscilem em torno de uma posição de equilíbrio média (círculos cheios), que é diferente para cada temperatura. A distância de ligação pode variar sobre toda a extensão das linhas horizontais, identificadas com o valor da temperatura, de T_1 a T_4 (temperaturas crescentes).



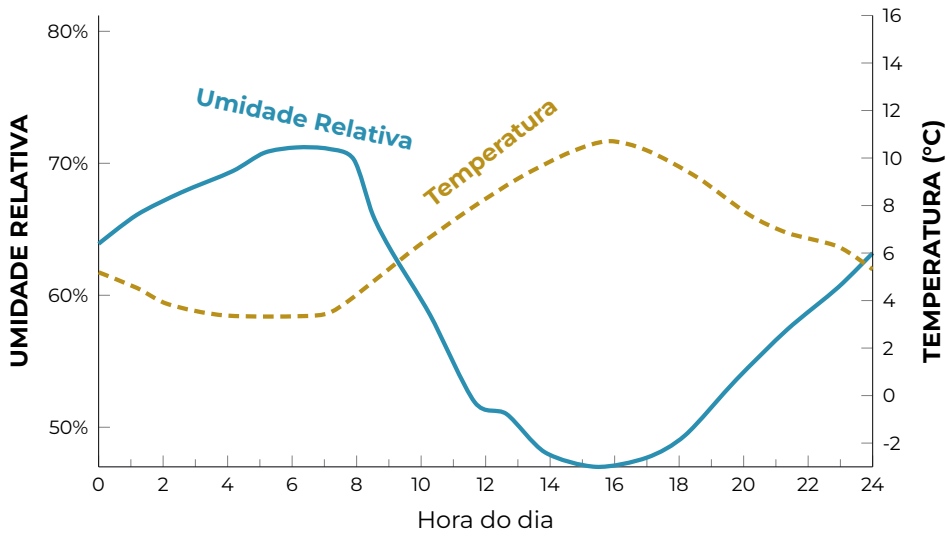
O deslocamento observado na distância média revela o fenômeno da

A) ionização.
B) dilatação.
C) dissociação.
D) quebra de ligações covalentes.
E) formação de ligações metálicas.

resolução em vídeo

Questão 203 (Enem 2009, questão 24 do caderno azul)

Umidade relativa do ar é o termo usado para descrever a quantidade de vapor de água contido na atmosfera. Ela é definida pela razão entre o conteúdo real de umidade de uma parcela de ar e a quantidade de umidade que a mesma parcela de ar pode armazenar na mesma temperatura e pressão quando está saturada de vapor, isto é, com 100% de umidade relativa. O gráfico representa a relação entre a umidade relativa do ar e sua temperatura ao longo de um período de 24 horas em um determinado local.



Considerando-se as informações do texto e do gráfico, conclui-se que

A) a insolação é um fator que provoca variação da umidade relativa do ar.

B) o ar vai adquirindo maior quantidade de vapor de água à medida que se aquece.

C) a presença de umidade relativa do ar é diretamente proporcional à temperatura do ar.

D) a umidade relativa do ar indica, em termos absolutos, a quantidade de vapor de água existente na atmosfera.

E) a variação da umidade do ar se verifica no verão, e não no inverno, quando as temperaturas permanecem baixas.

resolução em vídeo

Substâncias, misturas e processos de separação

Química

Antes de ler: tente responder

1. Água com areia é uma mistura homogênea ou heterogênea? E água com sal dissolvido?
2. Qual processo separa o sal da água do mar e recupera a água?
3. Que propriedade é usada para separar o álcool da água numa destilação?

Respostas no Gabarito, na página 327. Errar aqui faz parte: o teste antes da teoria ajuda a aprender.

Teoria

Cores deste capítulo: **líquido** (ou o componente que passa, sobe ou sai primeiro), **sólido ou segundo componente** e **a propriedade que separa**.

1. Substâncias puras

Uma **substância pura** é um material formado por um único tipo de constituinte (as mesmas moléculas, ou o mesmo retículo de íons ou átomos). Por isso tem **composição fixa** e **propriedades constantes:** a água pura, sob 1 atm, congela a 0 °C, ferve a 100 °C e tem densidade 1,00 g/cm³ a 4 °C, venha de onde vier. Essas propriedades específicas (ponto de fusão, ponto de ebulição, densidade, solubilidade) servem para identificar a substância e verificar se ela é pura.

Uma substância pura pode ser:

- **simples:** formada por um só elemento químico, como O_2, O_3, Fe, N_2, diamante (C);
- **composta:** formada por dois ou mais elementos, como H_2O, NaCl, CO_2.

Um mesmo elemento pode formar substâncias simples diferentes: é a **alotropia**. Oxigênio (O_2) e ozônio (O_3) são alótropos do oxigênio; diamante, grafita e grafeno, do carbono. Cuidado com a palavra "elemento": ele é um *tipo de átomo*, não uma substância. O elemento oxigênio está no O_2, no O_3 e na água.

2. Misturas

Uma **mistura** reúne duas ou mais substâncias, cada uma conservando sua identidade. Sua composição pode variar (há água com mais ou menos sal), e suas propriedades variam com ela: a água do mar congela abaixo de 0 °C e ferve acima de 100 °C.

Fases. Uma **fase** é cada região do sistema com aspecto e propriedades uniformes. A mistura é **homogênea** (ou **solução**) se tem uma só fase, e **heterogênea** se tem duas ou mais. Exemplos de homogêneas: água com sal dissolvido, ar filtrado, gasolina, álcool com água, ligas metálicas como o latão. Exemplos de heterogêneas: água com óleo, água com areia, granito (quartzo, feldspato e mica: três fases).



água + sal dissolvido
homogênea: 1 fase

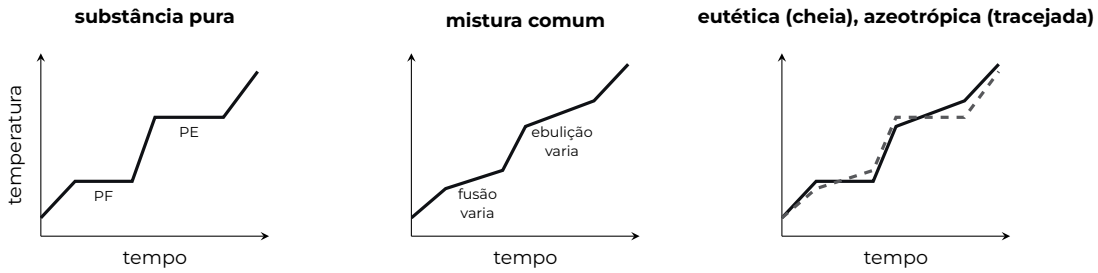
água + óleo
heterogênea: 2 fases

água + areia
heterogênea: 2 fases

Contando fases. Água + óleo + gelo + areia: água líquida (1), óleo (2), gelo (3, o gelo é outra fase, embora seja a mesma substância) e areia (4). Quatro fases, quatro componentes não: são três substâncias. Qualquer mistura de gases é homogênea. Alguns materiais parecem homogêneos a olho nu, mas mostram duas fases ao microscópio, como o leite (gotículas de gordura na água) e o sangue (células no plasma): são heterogêneos. No leite, as partículas dispersas são tão pequenas que não se depositam com o tempo: é um **coloide** (dispersão coloidal). No sangue em repouso, as células acabam se depositando.

3. Como distinguir substância de mistura: curvas de aquecimento

Aquecendo um sólido a ritmo constante e anotando a temperatura, obtém-se uma **curva de aquecimento**. Enquanto uma substância pura muda de estado, toda a energia recebida vai para separar as partículas, e a temperatura fica **constante**: a curva tem dois patamares, um na fusão e outro na ebulição. Numa mistura comum, a composição da parte que ainda não mudou de estado vai mudando, e a temperatura **varia** durante a fusão e a ebulição.



Há dois tipos de mistura que imitam a substância pura em uma das mudanças:

- **mistura eutética**: funde a temperatura constante, mas ferve com temperatura variando (linha cheia, à direita). Exemplo: a solda de estanho e chumbo;
- **mistura azeotrópica**: ferve a temperatura constante, mas funde com temperatura variando (linha tracejada). Exemplo: álcool e água com cerca de 96% de álcool em massa, que ferve a 78,2 °C como se fosse uma substância só.

Exemplo. Um líquido incolor começa a ferver a 100 °C e, à medida que ferve, a temperatura sobe até 102 °C. Não é água pura: é uma mistura (por exemplo, água com sal), porque a temperatura variou durante a ebulição.

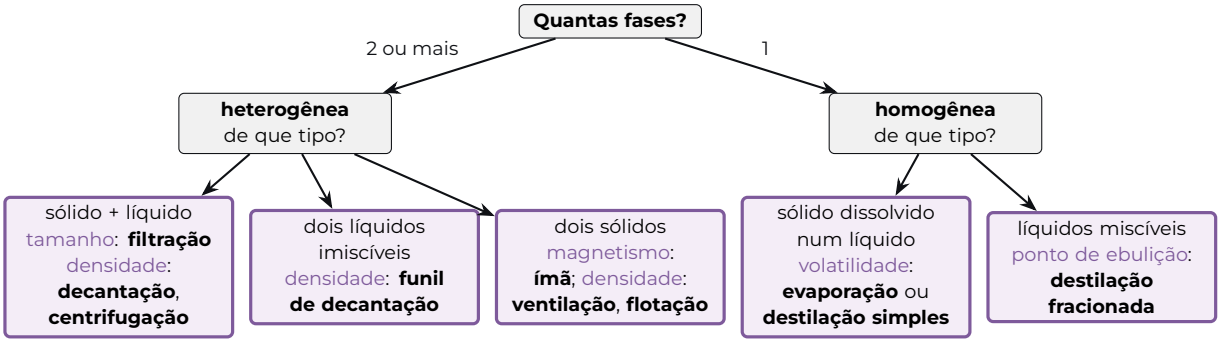
4. Fenômenos físicos e químicos

Um **fenômeno físico** não altera a natureza das substâncias: mudanças de estado (fundir, ferver, condensar, sublimar), dissolver, quebrar, misturar e separar. Um **fenômeno químico**, ou reação química, forma substâncias novas: queimar, enferrujar, fermentar, cozinhar um ovo. Indícios de reação: liberação de gás, mudança de cor, formação de sólido, liberação ou absorção de calor e luz (nenhum deles é prova sozinho).

As separações de misturas são **processos físicos**: no fim, cada substância continua a mesma. Por isso combustão e decomposição não são métodos de separação.

5. Separação de misturas heterogêneas

Todo processo de separação explora uma **diferença de propriedade** entre os componentes: tamanho das partículas, densidade, ponto de ebulição, solubilidade, magnetismo, afinidade por uma superfície. O fluxograma resume a escolha:



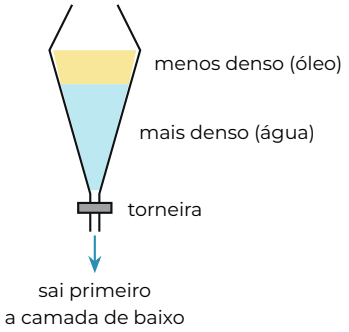
Sólido com sólido.

- **Catação**: separar à mão ou com pinça pedaços grandes e visíveis (pedrinhas do feijão).
- **Peneiração** (tamisação): partículas de tamanhos diferentes, numa peneira.
- **Ventilação**: uma corrente de ar leva o sólido mais leve (a palha separada dos grãos de arroz).
- **Levigação**: uma corrente de água leva o sólido menos denso (garimpo de ouro na bateia: a areia vai, o ouro fica).
- **Separação magnética**: um ímã atrai o componente ferromagnético (ferro, níquel, cobalto). Não confunda com *imantação*, que é transformar um material em ímã.
- **Flotação**: bolhas de ar sobem e carregam para a superfície as partículas que aderem a elas; também se chama flotação a separação de sólidos num líquido de densidade intermediária (serragem boia, areia afunda).
- **Dissolução fracionada**: um solvente dissolve só um dos sólidos (água dissolve o sal e não a areia); depois se filtra.

Sólido com líquido.

- **Decantação**: em repouso, o sólido mais denso assenta no fundo, e o líquido é retirado por cima (às vezes com um sifão). A **floculação** acelera o processo: um reagente junta as partículas finas em flocos maiores, que assentam mais depressa.
- **Centrifugação**: gira a mistura muito depressa e "aumenta a gravidade"; o mais denso vai para o fundo do tubo. Separa o plasma das células do sangue e a nata do leite.
- **Filtração**: um meio poroso (papel, areia, tecido) retém as partículas sólidas *em suspensão* maiores que seus poros; o líquido e tudo o que está *dissolvido* passam. A filtração a vácuo (funil de Büchner) acelera o processo com sucção.

Líquido com líquido (imiscíveis). Em repouso, os líquidos formam camadas, com o mais denso embaixo. No **funil de separação** (ou de decantação), abre-se a torneira e escoa a camada de baixo; fecha-se quando ela acaba. Assim se separam água e óleo, ou água e acetato de etila.
Gás com sólido. Filtros de ar e aspiradores retêm a poeira; nas chaminés industriais, a **câmara de poeira** faz as partículas decantarem.

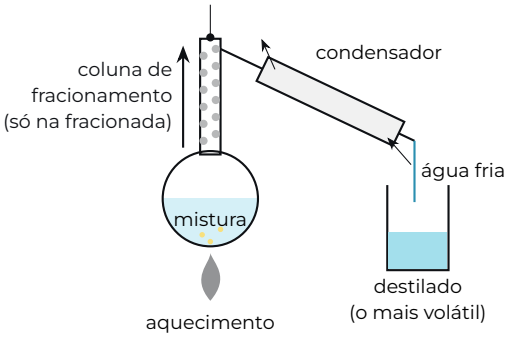


Por que a centrifugação separa por densidade? Num tubo que gira, tudo gira com a mesma velocidade angular; para manter cada porção de matéria em movimento circular é preciso uma força para dentro. As porções mais densas "tendem a seguir reto" com mais força e vão para a parte de fora (o fundo do tubo), deslocando as menos densas. A propriedade que decide é a densidade; a posição final é consequência. Ela funciona até com gases: no enriquecimento de urânio, as moléculas de UF_6 com ^{238}U, pouco mais pesadas que as com ^{235}U, concentram-se na parte de fora das centrífugas.

6. Separação de misturas homogêneas

Evaporação. Deixa-se o líquido evaporar e sobra o sólido dissolvido. É o que fazem as salinas com a água do mar. O líquido se perde para o ar.

Destilação simples. A mistura é aquecida; o líquido mais volátil (de menor ponto de ebulição) vira vapor, é resfriado no **condensador** e volta a ser líquido no frasco coletor. Separa um **sólido dissolvido** de um líquido e, ao contrário da evaporação, *recupera* o líquido. A água obtida, sem sais dissolvidos, é a **água destilada**.



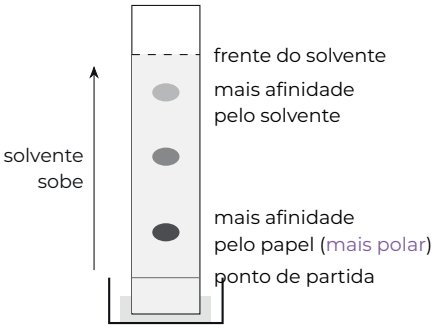
Destilação fracionada. Separa **líquidos miscíveis** com pontos de ebulição diferentes. Entre o balão e o condensador fica uma **coluna de fracionamento**, cheia de obstáculos (bolinhas de vidro ou pratos). O vapor condensa e evapora muitas vezes ao subir; a cada vez, fica mais rico no componente mais volátil, e só ele chega ao topo. O termômetro no alto da coluna mostra quando cada fração está saindo. É assim que se separam as frações do petróleo (gás, gasolina, querosene, diesel, óleos e asfalto, em ordem crescente de ponto de ebulição) e o álcool da água. O limite é o azeótropo: a destilação de álcool e água não passa de cerca de 96% de álcool; o álcool anidro exige outros processos.

Liquefação fracionada. Mistura de gases é resfriada e comprimida até virar líquido; depois, aquecida aos poucos, cada gás ferve na sua temperatura. É como se obtêm nitrogênio (−196 °C), argônio (−186 °C) e oxigênio (−183 °C) a partir do ar.

Cristalização. Evaporando parte do solvente ou resfriando uma solução, o soluto se separa em cristais. Com dois sais de solubilidades diferentes, o menos solúvel cristaliza primeiro (cristalização fracionada).

Extração por solvente. Um solvente retira só o que é solúvel nele ("semelhante dissolve semelhante"): hexano extrai óleo de sementes; água quente extrai o café do pó. Depois, o solvente costuma ser separado do extrato por destilação. Na **extração por arraste a vapor**, vapor de água passa pelo material e arrasta os óleos essenciais voláteis de folhas e cascas; o vapor é condensado e o óleo, imiscível com a água, separado num funil.

Cromatografia. A mistura é aplicada numa **fase estacionária** (papel, sílica numa coluna) e arrastada por uma **fase móvel** (um solvente que sobe pelo papel por capilaridade, ou passa pela coluna). Cada componente se divide entre "grudar" na fase estacionária e "andar" com a móvel. Quem tem mais afinidade pela fase estacionária anda menos; quem tem mais afinidade pela móvel anda mais. A celulose do papel é polar: com um solvente apolar, como o hexano, os componentes mais polares ficam para trás, e os apolares correm junto com o solvente. Separa pigmentos de folhas e de tintas e permite identificar substâncias.



Adsorção. Um sólido de grande superfície, como o carvão ativado, retém em sua superfície certas moléculas (corantes, compostos de cheiro e sabor) e deixa passar as outras.

7. Separações em sequência

Misturas com vários componentes exigem vários processos, na ordem certa. Em cada passo, pergunte: *quantas fases há agora, e em que os componentes diferem?*

Exemplo. Como separar areia, limalha de ferro, sal de cozinha e água?

1. Um ímã retira a limalha de ferro (magnetismo).

2. A filtração retém a areia, que não se dissolve; o sal dissolvido passa com a água (tamanho das partículas em suspensão).
3. A destilação simples da solução recupera a água pura no coletor e deixa o sal no balão (volatilidade). Se só interessasse o sal, bastaria evaporar.

A filtração não serviria para tirar o sal da água, porque ele está dissolvido, e a evaporação perderia a água.

Por que funciona Por que cada processo funciona só para certos tipos de mistura? Porque todo processo de separação explora uma diferença entre os componentes: tamanho, densidade, ponto de ebulição, solubilidade, magnetismo, afinidade por uma superfície. Se eles não diferem nessa propriedade, o processo não separa nada. Por isso a pergunta certa é sempre: "em que eles são diferentes?".

Armadilha Usar o processo que não explora a diferença certa. O filtro só segura sólidos em suspensão: dois líquidos passam juntos por ele, e uma destilação simples de dois líquidos voláteis daria vapor misturado; líquidos imiscíveis se separam no funil. E destilar ou evaporar a água de uma mistura com um sólido em suspensão deixaria junto todos os sais dissolvidos; o sólido se separa por filtração.

Armadilha Usar evaporação quando se quer recuperar os dois componentes: ela perde o mais volátil para o ar. Para separar dois líquidos miscíveis e aproveitar os dois, a destilação fracionada.

Armadilha Trocar nomes. Imantação e magnetização são transformar algo em ímã; separar com ímã é **separação magnética**. Combustão e decomposição são reações químicas, não separações.

Armadilha Na centrifugação, atribuir a separação à velocidade angular ou ao raio de rotação: tudo gira com a mesma velocidade angular, e o raio final é consequência; a causa é a diferença de densidade.

Armadilha Na cromatografia em papel com solvente apolar, achar que os componentes apolares ficam para trás: eles correm com o solvente; quem migra mais devagar é o mais *polar*, que se prende à celulose.

Exemplo resolvido

Questão 204 (Enem 2014, questão 80 do caderno azul)

O principal processo industrial utilizado na produção de fenol é a oxidação do cumeno (isopropilbenzeno). A equação mostra que esse processo envolve a formação do hidroperóxido de cumila, que em seguida é decomposto em fenol e acetona, ambos usados na indústria química como precursores de moléculas mais complexas. Após o processo de síntese, esses dois insumos devem ser separados para comercialização individual.
Equação: cumeno + O_2 → hidroperóxido de cumila (com catalisador); hidroperóxido de cumila → fenol + acetona (H_2O / H_2SO_4).
Considerando as características físico-químicas dos dois insumos formados, o método utilizado para a separação da mistura, em escala industrial, é a

resolução em vídeo

A) filtração.
B) ventilação.
C) decantação.
D) evaporação.
E) destilação fracionada.

Resolução

Ideia-chave: líquidos miscíveis se separam pela diferença de ponto de ebulição.
1. Quantas fases? Fenol e acetona saem da reação como uma única fase líquida: não há sólido para filtrar (A) nem duas camadas para decantar (C).
2. Em que diferem? No ponto de ebulição: a acetona ferve a cerca de 56 °C; o fenol, que faz ligações de hidrogênio pelo grupo OH, perto de 182 °C.
3. Processo. Na coluna de destilação fracionada, a acetona sobe e é recolhida no topo; o fenol fica embaixo.
Distratores. A evaporação (D) perderia a acetona para o ar, e a ideia é vender os dois. Ventilação (B) separa sólidos leves de pesados.
Resposta: **E.**

No ENEM, acertaram esta questão 37% dos candidatos.

Agora você: complete a resolução

Questão 205 (Enem 2010, questão 55 do caderno azul)

Em visita a uma usina sucroalcooleira, um grupo de alunos pôde observar a série de processos de beneficiamento da cana-de-açúcar, entre os quais se destacam:
1. A cana chega cortada da lavoura por meio de caminhões e é despejada em mesas alimentadoras que a conduzem para as moendas. Antes de ser esmagada para a retirada do caldo açucarado, toda a cana é transportada por esteiras e passada por um eletroimã para a retirada de materiais metálicos. 2. Após se esmagar a cana, o bagaço segue para as caldeiras, que geram vapor e energia para toda a usina. 3. O caldo primário, resultante do esmagamento, é passado por filtros e sofre tratamento para transformar-se em açúcar refinado e etanol.
Com base nos destaques da observação dos alunos, quais operações físicas de separação de materiais foram realizadas nas etapas de beneficiamento da cana-de-açúcar?

A) Separação mecânica, extração, decantação.
B) Separação magnética, combustão, filtração.
C) Separação magnética, extração, filtração.
D) Imantação, combustão, peneiração.
E) Imantação, destilação, filtração.

resolução em vídeo

Etapa 1: o eletroímã atrai os metais e os separa da cana: é a separação _____.
Etapa 2: esmagar a cana tira dela o caldo açucarado: separar o caldo da fibra é uma _____. Queimar o bagaço é _____, uma reação química, e não conta como separação física.
Etapa 3: os filtros seguram as partículas sólidas e deixam o caldo passar: é a _____.

Respostas das lacunas no Gabarito, na página 327.

Fixação (da mais fácil para a mais difícil)

Respostas no Gabarito, na página 327.

Questão 206 (Enem 2025, questão 100 do caderno azul)

Existe um processo de purificação de água em que são removidos os sais dissolvidos. A água que passa por esse processo é muito utilizada em laboratórios de química, em indústrias (como solvente), em baterias de carros etc. Entretanto, esse tipo de água não é adequado para ingestão, pois pode causar problemas de saúde, como carência iônica e diarreia.
Essa água é chamada de

resolução em vídeo

A) dura. B) pesada. C) sanitária. D) destilada. E) oxigenada.

Questão 207 (Enem 2017, questão 115 do caderno azul)

As centrífugas são equipamentos utilizados em laboratórios, clínicas e indústrias. Seu funcionamento faz uso da aceleração centrífuga obtida pela rotação de um recipiente e que serve para a separação de sólidos em suspensão em líquidos ou de líquidos misturados entre si.
Nesse aparelho, a separação das substâncias ocorre em função

A) das diferentes densidades.
B) dos diferentes raios de rotação.
C) das diferentes velocidades angulares.
D) das diferentes quantidades de cada substância.
E) da diferente coesão molecular de cada substância.

resolução em vídeo

Questão 208 (Enem 2017, questão 130 do caderno azul)

A cromatografia em papel é um método de separação que se baseia na migração diferencial dos componentes de uma mistura entre duas fases imiscíveis. Os componentes da amostra são separados entre a fase estacionária e a fase móvel em movimento no papel. A fase estacionária consiste de celulose praticamente pura, que pode absorver até 22% de água. É a água absorvida que funciona como fase estacionária líquida e que interage com a fase móvel, também líquida (partição líquido-líquido). Os componentes capazes de formar interações intermoleculares mais fortes com a fase estacionária migram mais lentamente.
Uma mistura de hexano com 5% (v/v) de acetona foi utilizada como fase móvel na separação dos componentes de um extrato vegetal obtido a partir de pimentões. Considere que esse extrato contém as substâncias representadas: licopeno, α-caroteno, γ-caroteno (hidrocarbonetos), capsorubina (duas hidroxilas e duas carbonilas) e α-criptoxantina (uma hidroxila).
A substância presente na mistura que migra mais lentamente é o(a)

resolução em vídeo

A) licopeno.
B) α-caroteno.
C) γ-caroteno.
D) capsorubina.
E) α-criptoxantina.

Questão 209 (Enem 2024, questão 116 do caderno azul)

O magnésio metálico utilizado em ligas leves é produzido em um processo que envolve várias etapas e utiliza água do mar como matéria-prima. A primeira etapa desse processo consiste na reação entre o íon Mg^{2+} e hidróxido de cálcio, $Ca(OH)_2$, obtendo uma mistura que contém hidró-

xido de magnésio, pouco solúvel, e íons Ca^{2+}, de acordo com a equação química:
Mg^{2+} (aq) + $Ca(OH)_2$ (aq) → $Mg(OH)_2$ (s) + Ca^{2+} (aq)
O método adequado para separar o $Mg(OH)_2$ dessa mistura é a

resolução em vídeo

A) filtração. B) catação. C) destilação. D) dissolução. E) evaporação.

Questão 210 (Enem 2015, questão 51 do caderno azul)

Um grupo de pesquisadores desenvolveu um método simples, barato e eficaz de remoção de petróleo contaminante na água, que utiliza um plástico produzido a partir do líquido da castanha-de-caju (LCC). A composição química do LCC é muito parecida com a do petróleo e suas moléculas, por suas características, interagem formando agregados com o petróleo. Para retirar os agregados da água, os pesquisadores misturam ao LCC nanopartículas magnéticas.
KIFFER, D. Novo método para remoção de petróleo usa óleo de mamona e castanha-de-caju. Disponível em: www.faperj.br. Acesso em: 31 jul. 2012 (adaptado).
Essa técnica considera dois processos de separação de misturas, sendo eles, respectivamente,

A) flotação e decantação.
B) decomposição e centrifugação.
C) floculação e separação magnética.
D) destilação fracionada e peneiração.
E) dissolução fracionada e magnetização.

resolução em vídeo

Questão 211 (Enem 2022, questão 97 do caderno azul)

O urânio é empregado como fonte de energia em reatores nucleares. Para tanto, o seu mineral deve ser refinado, convertido a hexafluoreto de urânio e posteriormente enriquecido, para aumentar de 0,7% a 3% a abundância de um isótopo específico — o urânio-235. Uma das formas de enriquecimento utiliza a pequena diferença de massa entre os hexafluoretos de urânio-235 e de urânio-238 para separá-los por efusão, precedida pela vaporização. Esses vapores devem efundir repetidamente milhares de vezes através de barreiras porosas formadas por telas com grande número de pequenos orifícios. No entanto, devido à complexidade e à grande quantidade de energia envolvida, cientistas e engenheiros continuam a pesquisar procedimentos alternativos de enriquecimento.
Considerando a diferença de massa mencionada entre os dois isótopos, que tipo de procedimento alternativo ao da efusão pode ser empregado para tal finalidade?

resolução em vídeo

A) Peneiração. B) Centrifugação.
C) Extração por solvente. D) Destilação fracionada.
E) Separação magnética.

Questão 212 (Enem 2020, questão 123 do caderno azul)

Em seu laboratório, um técnico em química foi incumbido de tratar um resíduo, evitando seu descarte direto no meio ambiente. Ao encontrar o frasco, observou a seguinte informação: "Resíduo: mistura de acetato de etila e água".
Considere os dados do acetato de etila:
• Baixa solubilidade em água;
• Massa específica = 0,9 g/cm³;

• Temperatura de fusão = −83 °C;
• Pressão de vapor maior que a da água.

A fim de tratar o resíduo, recuperando o acetato de etila, o técnico deve

A) evaporar o acetato de etila sem alterar o conteúdo de água.

B) filtrar a mistura utilizando um funil comum e um papel de filtro.

C) realizar uma destilação simples para separar a água do acetato de etila.

D) proceder a uma centrifugação da mistura para remover o acetato de etila.

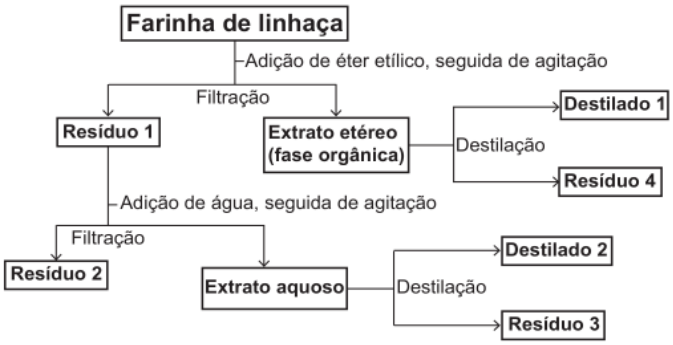
E) decantar a mistura separando os dois componentes em um funil adequado.

resolução em vídeo

Questão 213 (Enem 2017, questão 113 do caderno azul)

A farinha de linhaça dourada é um produto natural que oferece grandes benefícios para o nosso organismo. A maior parte dos nutrientes da linhaça encontra-se no óleo desta semente, rico em substâncias lipossolúveis com massas moleculares elevadas. A farinha também apresenta altos teores de fibras proteicas insolúveis em água, celulose, vitaminas lipossolúveis e sais minerais hidrossolúveis.

Considere o esquema, que resume um processo de separação dos componentes principais da farinha de linhaça dourada.



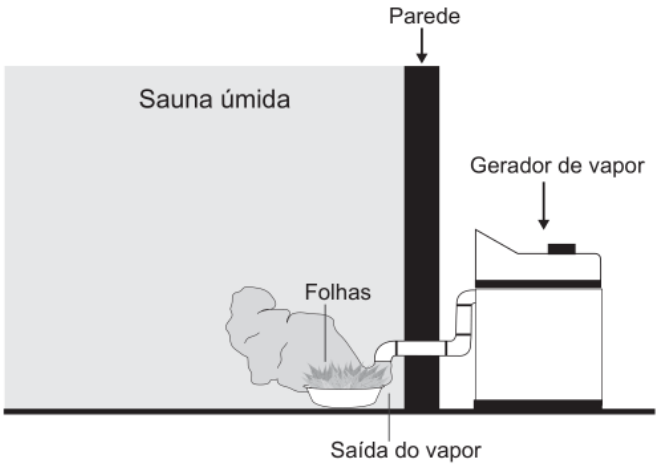
O óleo de linhaça será obtido na fração

A) Destilado 1.
B) Destilado 2.
C) Resíduo 2.
D) Resíduo 3.
E) Resíduo 4.

resolução em vídeo

Questão 214 (Enem 2016, questão 72 do caderno azul)

Uma pessoa é responsável pela manutenção de uma sauna úmida. Todos os dias cumpre o mesmo ritual: colhe folhas de capim-cidreira e algumas folhas de eucalipto. Em seguida, coloca as folhas na saída do vapor da sauna, aromatizando-a, conforme representado na figura.



Qual processo de separação é responsável pela aromatização promovida?

A) Filtração simples.
B) Destilação simples.
C) Extração por arraste.
D) Sublimação fracionada.
E) Decantação sólido-líquido.

resolução em vídeo

Revisão da semana 5 · sem consulta

Questões novas, misturadas, de assuntos desta semana e de semanas anteriores (1, 3, 8, 16 e 32 semanas atrás, inclusive de volumes anteriores): tudo o que você estudou volta de tempos em tempos até a prova. Feche o livro e resolva sem olhar a teoria: tentar lembrar é o que fixa. Respostas no Gabarito, na página 327.

Questão 215 (Enem PPL 2022, questão 161 do caderno azul)

As hemácias são células sanguíneas responsáveis pelo transporte de uma substância chamada hemoglobina, a qual tem a função de levar oxigênio dos pulmões para os tecidos. Hemácias normais têm diâmetro médio de $7{,}8 \times 10^{-6}$ metros.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de fisiologia médica**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2006 (adaptado).

O diâmetro médio dessas hemácias, em metros, é representado pela razão $\frac{78}{d}$, em que d é igual a

A) 10 000.
B) 100 000.
C) 1 000 000.
D) 10 000 000.
E) 100 000 000.

resolução em vídeo

Questão 216 (Enem PPL 2012, questão 69 do caderno branco)

A usina termelétrica a carvão é um dos tipos de unidades geradoras de energia elétrica no Brasil. Essas usinas transformam a energia contida no combustível (carvão mineral) em energia elétrica.

Em que sequência ocorrem os processos para realizar essa transformação?

A A usina transforma diretamente toda a energia química contida no carvão em energia elétrica, usando reações de fissão em uma célula combustível.

B A usina queima o carvão, produzindo energia térmica, que é transformada em energia elétrica por dispositivos denominados transformadores.

C A queima do carvão produz energia térmica, que é usada para transformar água em vapor. A energia contida no vapor é transformada em energia mecânica na turbina e, então, transformada em energia elétrica no gerador.

D A queima do carvão produz energia térmica, que é transformada em energia potencial na torre da usina. Essa energia é então transformada em energia elétrica nas células eletrolíticas.

E A queima do carvão produz energia térmica, que é usada para aquecer água, transformando-se novamente em energia química, quando a água é decomposta em hidrogênio e oxigênio, gerando energia elétrica.

resolução em vídeo

Questão 217 (Enem PPL 2018, questão 118 do caderno azul)

A ricina, substância tóxica extraída da mamona, liga-se ao açúcar galactose presente na membrana plasmática de muitas células do nosso corpo. Após serem endocitadas, penetram no citoplasma da célula, onde destroem os ribossomos, matando a célula em poucos minutos.

SADAVA, D. et al. **Vida: a ciência da biologia**. Porto Alegre: Artmed, 2009 (adaptado).

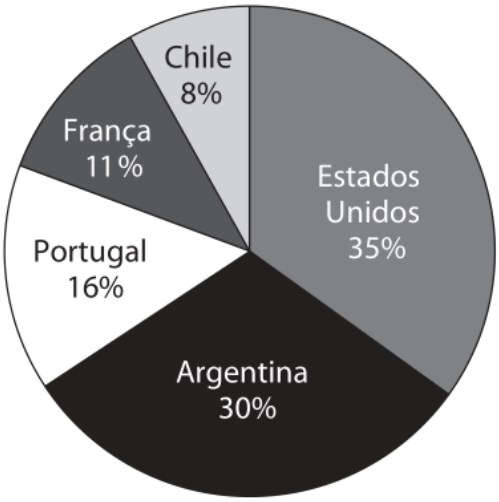
O uso dessa substância pode ocasionar a morte de uma pessoa ao inibir, diretamente, a síntese de

A) RNA.
B) DNA.
C) lipídios.
D) proteínas.
E) carboidratos.

resolução em vídeo

Questão 218 (Enem PPL 2014, questão 169 do caderno cinza)

Em 2010, cerca de 3,24 milhões de passageiros foram transportados entre os Estados Unidos e o Brasil, de acordo com dados divulgados pela Agência Nacional de Aviação Civil (Anac). O gráfico mostra a distribuição relativa do número de passageiros transportados entre o Brasil e os cinco destinos mais procurados, dos quais apenas dois países são europeus: França e Portugal.



De acordo com esses dados, o valor mais aproximado para a quantidade total de passageiros transportados em 2010 entre o Brasil e os países europeus mostrados no gráfico é

A) 874 800.
B) 1 018 285.
C) 1 481 142.
D) 2 499 428.
E) 3 240 000.

resolução em vídeo

Questão 219 (Enem PPL 2019, questão 145 do caderno azul)

Um asteroide batizado de 2013-TV135 passou a aproximadamente $6{,}7 \times 10^6$ quilômetros da Terra. A presença do objeto espacial nas proximidades da Terra foi detectada por astrônomos ucranianos, que alertaram para uma possível volta do asteroide em 2032.

Disponível em: www1.folha.uol.com.br. Acesso em: 30 out. 2013.

O valor posicional do algarismo 7, presente na notação científica da distância, em quilômetro, entre o asteroide e a Terra, corresponde a

A) 7 décimos de quilômetro.
B) 7 centenas de quilômetros.
C) 7 dezenas de milhar de quilômetros.
D) 7 centenas de milhar de quilômetros.
E) 7 unidades de milhão de quilômetros.

resolução em vídeo

Questão 220 (Enem PPL 2012, questão 63 do caderno branco)



O quadro oferece os coeficientes de dilatação linear de alguns metais e ligas metálicas:

Substância	Aço	Alumínio	Bronze	Chumbo	Níquel	Latão	Ouro	Platina	Prata	Cobre
Coeficiente de dilatação linear ($\times 10^{-5}$ °C^{-1})	1,2	2,4	1,8	2,9	1,3	1,8	1,4	0,9	2,4	1,7

GREF. **Física 2:** calor e ondas. São Paulo: Edusp, 1993.

Para permitir a ocorrência do fato observado na tirinha, a partir do menor aquecimento do conjunto, o parafuso e a porca devem ser feitos, respectivamente, de

A) aço e níquel.
B) alumínio e chumbo.
C) platina e chumbo.
D) ouro e latão.
E) cobre e bronze.

resolução em vídeo

Questão 221 (Enem PPL 2010, questão 64 do caderno azul)

Rua da Passagem

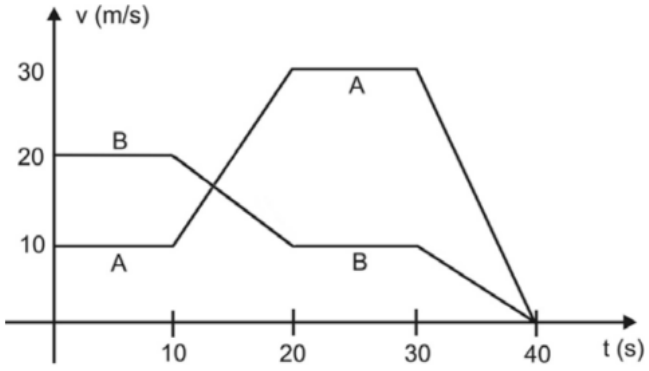
Os automóveis atrapalham o trânsito.

Gentileza é fundamental.

Não adianta esquentar a cabeça.

Menos peso do pé no pedal.

O trecho da música, de Lenine e Arnaldo Antunes (1999), ilustra a preocupação com o trânsito nas cidades, motivo de uma campanha publicitária de uma seguradora brasileira. Considere dois automóveis, A e B, respectivamente conduzidos por um motorista imprudente e por um motorista consciente e adepto da campanha citada. Ambos se encontram lado a lado no instante inicial t = 0 s, quando avistam um semáforo amarelo (que indica atenção, parada obrigatória ao se tornar vermelho). O movimento de A e B pode ser analisado por meio do gráfico, que representa a velocidade de cada automóvel em função do tempo.



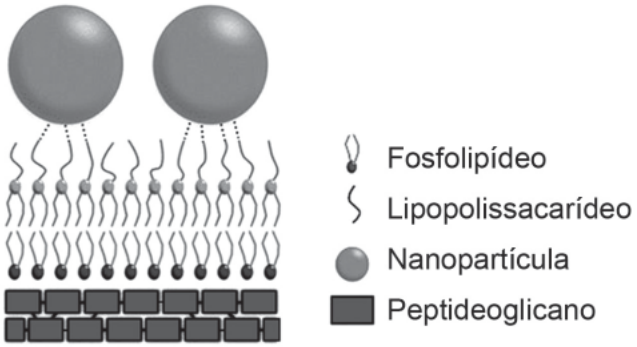
As velocidades dos veículos variam com o tempo em dois intervalos: (I) entre os instantes 10 s e 20 s; (II) entre os instantes 30 s e 40 s. De acordo com o gráfico, quais são os módulos das taxas de variação da velocidade do veículo conduzido pelo motorista imprudente, em m/s^2, nos intervalos (I) e (II), respectivamente?

A 1,0 e 3,0
B 2,0 e 1,0
C 2,0 e 1,5
D 2,0 e 3,0
E 10,0 e 30,0

resolução em vídeo

Questão 222 (Enem PPL 2019, questão 108 do caderno azul)

Nanopartículas de sílica recobertas com antibióticos foram desenvolvidas com sucesso como material bactericida, pois são eficazes contra bactérias sensíveis e resistentes, sem citotoxicidade significativa a células de mamíferos. As nanopartículas livres de antibióticos também foram capazes de matar as bactérias *E. coli* sensíveis e resistentes ao antibiótico estudado. Os autores sugerem que a interação entre os grupos hidroxil da superfície das nanopartículas e os lipopolissacarídeos da parede celular da bactéria desestabilizaria sua estrutura.



CAPELETTI, L. B. et al. Tailored Silica – Antibiotic Nanoparticles: Overcoming Bacterial Resistance with Low Cytotoxicity. **Langmuir**, n. 30, 2014 (adaptado).

A interação entre a superfície da nanopartícula e o lipopolissacarídeo ocorre por uma ligação

A) de hidrogênio.
B) hidrofóbica.
C) dissulfeto.
D) metálica.
E) iônica.

resolução em vídeo

Questão 223 (Enem PPL 2017, questão 157 do caderno azul)

O estado de qualquer substância gasosa é determinado pela medida de três grandezas: o volume (V), a pressão (P) e a temperatura (T) dessa substância. Para os chamados gases "ideais", o valor do quociente $\frac{P \cdot V}{T}$ é sempre constante. Considere um reservatório que está cheio de um gás ideal. Sem vazar o gás, realiza-se uma compressão do reservatório, reduzindo seu volume à metade. Ao mesmo tempo, uma fonte de calor faz a temperatura do gás ser quadruplicada. Considere P_0 e P_1 respectivamente, os valores da pressão do gás no reservatório, antes e depois do procedimento descrito.

A relação entre P_0 e P_1 é

A) $P_1 = \frac{P_0}{8}$

B) $P_1 = \frac{P_0}{2}$

C) $P_1 = P_0$

D) $P_1 = 2P_0$

E) $P_1 = 8P_0$

resolução em vídeo

Questão 224 (Enem PPL 2015, questão 71 do caderno branco)

O quadro apresenta a composição do petróleo.

Fração	Faixa de tamanho das moléculas	Faixa de ponto de ebulição (°C)	Usos
Gás	C_1 a C_5	–160 a 30	combustíveis gasosos
Gasolina	C_5 a C_{12}	30 a 200	combustível de motor
Querosene	C_{12} a C_{18}	180 a 400	diesel e combustível de alto-forno
Lubrificantes	maior que C_{16}	maior que 350	lubrificantes
Parafinas	maior que C_{20}	sólidos de baixa fusão	velas e fósforos
Asfalto	maior que C_{30}	resíduos pastosos	pavimentação

BROWN, T. L. et al. **Química**: a ciência central. São Paulo: Person Prentice Hall, 2005.

Para a separação dos constituintes com o objetivo de produzir a gasolina, o método a ser utilizado é a

A) filtração.
B) destilação.
C) decantação.
D) precipitação.
E) centrifugação.

resolução em vídeo

Questão 225 (Enem PPL 2017, questão 160 do caderno azul)

Uma televisão pode ser posicionada de modo que se consiga enxergar os detalhes de uma imagem em alta definição. Considere que a distância ideal, com conforto visual, para se assistir à televisão de 32 polegadas é de 1,8 metro. Suponha que haja uma relação de proporcionalidade direta entre o tamanho da tela (medido em polegada) e a distância ideal. Considere que um espectador dispõe de uma televisão de 60 polegadas e que ele deseja se posicionar em frente a ela, com conforto visual.

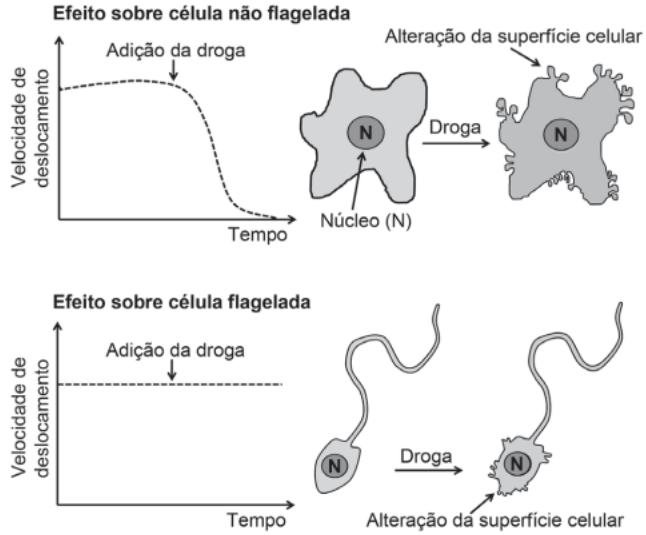
A distância da televisão, em metro, em que o espectador deve se posicionar para que tenha conforto visual é mais próxima de

A) 0,33.
B) 0,96.
C) 1,57.
D) 3,37.
E) 3,60.

resolução em vídeo

Questão 226 (Enem PPL 2019, questão 99 do caderno azul)

A ação de uma nova droga antitumoral sobre o citoesqueleto foi investigada. O pesquisador comparou o efeito da droga na velocidade de deslocamento celular e na integridade de filamentos do córtex celular e de flagelos, conforme apresentado na figura.



O pesquisador concluiu que a droga age sobre os

A) microtúbulos apenas.
B) filamentos de actina apenas.
C) filamentos intermediários apenas.
D) filamentos de actina e microtúbulos.
E) filamentos de actina e filamentos intermediários.

resolução em vídeo

Simulado 2

Como fazer. São 90 questões reais do ENEM, 45 de Ciências da Natureza e 45 de Matemática, como no segundo dia da prova. A numeração também é a do caderno do segundo dia: começa na questão 91 (Ciências da Natureza, de 91 a 135) e vai até a 180 (Matemática, de 136 a 180), para o simulado ser igual ao ENEM. Por isso cada simulado tem a sua própria numeração, diferente da numeração corrida dos capítulos. Reserve cerca de 4 h30 sem interrupção e marque as respostas na folha de respostas, logo depois da questão 180. Faça tudo de uma vez, como no dia da prova, desde o primeiro simulado: acostumar-se com o tamanho da prova também é treino. Depois confira pelo gabarito no fim do volume e use os QR Codes das questões que errou.

Vai cair matéria que você ainda não estudou, de propósito. O ENEM cobra a matéria inteira, e este simulado também. Questões de assunto que o curso ainda vai ensinar trazem, à direita do número, o selo ► *ainda não estudado: Vol. X, semana Y*, que diz em que volume (e, quando já definida, em que semana) esse assunto vai aparecer. Ao lado do número, entre parênteses, está a origem da questão: a edição do ENEM e o número dela no caderno (o azul, quando a prova tem caderno azul). Além da prova regular, entram questões das outras aplicações oficiais do ENEM (PPL, reaplicação, 2ª aplicação), feitas pelo mesmo Inep, com o mesmo padrão e dificuldade medida do mesmo jeito. Tente assim mesmo: tentar responder antes de aprender ajuda a aprender depois (é o mesmo efeito do pré-teste de cada capítulo). Errar essas questões agora é normal e esperado, e a sua nota vai subir à medida que você avança nos volumes.

Este é o simulado 2 de 12.

Ciências da Natureza · 45 questões

Questão 91 (Enem 2013, questão 74 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 4*

Eu também podia decompor a água, se fosse salgada ou acidulada, usando a pilha de Daniell como fonte de força. Lembro o prazer extraordinário que sentia ao decompor um pouco de água em uma taça para ovos quentes, vendo-a separar-se em seus elementos, o oxigênio em um eletrodo, o hidrogênio no outro. A eletricidade de uma pilha de 1 volt parecia tão fraca, e no entanto podia ser suficiente para desfazer um composto químico, a água...
SACKS, O. Tio Tungstênio: memórias de uma infância química. São Paulo: Cia. das Letras, 2002.
O fragmento do romance de Oliver Sacks relata a separação dos elementos que compõem a água. O princípio do método apresentado é utilizado industrialmente na

A) obtenção de ouro a partir de pepitas.
B) obtenção de calcário a partir de rochas.
C) obtenção de alumínio a partir da bauxita.
D) obtenção de ferro a partir de seus óxidos.
E) obtenção de amônia a partir de hidrogênio e nitrogênio.

Questão 92 (Enem 2024, questão 94 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 2*

A nimesulida é um fármaco pouco solúvel em água, utilizado como anti-inflamatório, analgésico e antitérmico. Essa substância pode ser convertida em uma espécie eletricamente carregada, de maior solubilidade em água, mediante o tratamento com uma base de Brönsted-Lowry, isto é, uma espécie química capaz de capturar um próton (H^+). Na figura são apresentados os grupamentos presentes na estrutura química da nimesulida.
Na estrutura desse fármaco, o grupamento capaz de reagir com a base de Brönsted-Lowry é o grupo
A) sulfonamida. B) metila. C) fenila. D) nitro. E) éter.

Questão 93 (Enem 2025, questão 116 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 2*

As cangas são ambientes resultantes da atuação, ao longo de milhões de anos, de chuvas, enxurradas, calor e ventos em rochas ricas em ferro. São compostas por até 90% de óxidos de ferro e contêm solos muito ácidos, rasos, com reduzidos índices de fertilidade e temperaturas que atingem quase 70 °C na superfície. Ao contrário do que se imagina, esse tipo de ambiente abriga comunidades de plantas e animais com elevado número de espécies e distribuição restrita.
A seleção adaptativa nesses ambientes favorece a ocorrência de espécies
A) exóticas. B) migratórias. C) endêmicas. D) dominantes. E) generalistas.

Questão 94 (Enem 2019, questão 129 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 3*

Um dos parâmetros de controle de qualidade de polpas de frutas destinadas ao consumo como bebida é a acidez total expressa em ácido cítrico, que corresponde à massa dessa substância em 100 gramas de polpa de fruta. O ácido cítrico é uma molécula orgânica que apresenta três hidrogênios ionizáveis (ácido triprótico) e massa molar 192 g mol^{-1}. O quadro indica o valor mínimo desse parâmetro de qualidade para polpas comerciais de algumas frutas.
A acidez total expressa em ácido cítrico de uma amostra comercial de polpa de fruta foi determinada. No procedimento, adicionou-se água destilada a 2,2 g da amostra e, após a solubilização do ácido cítrico, o sólido remanescente foi filtrado. A solução obtida foi titulada com solução de hidróxido de sódio 0,01 mol L^{-1}, em que se consumiram 24 mL da solução básica (titulante).

Polpa de fruta	Valor mínimo da acidez total expressa em ácido cítrico (g/100 g)
Acerola	0,8
Caju	0,3
Cupuaçu	1,5
Graviola	0,6
Maracujá	2,5

Entre as listadas, a amostra analisada pode ser de qual polpa de fruta?

A) Apenas caju.
B) Apenas maracujá.
C) Caju ou graviola.
D) Acerola ou cupuaçu.
E) Cupuaçu ou graviola.

Questão 95 (Enem 2022, questão 130 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 4*

No processo de captação da luz pelo olho para a formação de imagens estão envolvidas duas estruturas celulares: os cones e os bastonetes. Os cones são sensíveis à energia dos fótons, e os bastonetes, à quantidade de fótons incidentes. A energia dos fótons que compõem os raios luminosos está associada à sua frequência, e a intensidade, ao número de fótons incidentes.
Um animal que tem bastonetes mais sensíveis irá

A) apresentar daltonismo.
B) perceber cores fora do espectro do visível.
C) enxergar bem em ambientes mal iluminados.
D) necessitar de mais luminosidade para enxergar.
E) fazer uma pequena distinção de cores em ambientes iluminados.

Questão 96 (Enem 2017, questão 124 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 3*

O ferro é encontrado na natureza na forma de seus minérios, tais como a hematita (α-Fe_2O_3), a magnetita (Fe_3O_4) e a wustita (FeO). Na siderurgia, o ferro-gusa é obtido pela fusão de minérios de ferro em altos fornos em condições adequadas. Uma das etapas nesse processo é a formação de monóxido de carbono. O CO (gasoso) é utilizado para reduzir o FeO (sólido), conforme a equação química: $FeO\ (s) + CO\ (g) \rightarrow Fe\ (s) + CO_2\ (g)$.
Considere as seguintes equações termoquímicas (ver quadro): $Fe_2O_3\ (s) + 3\ CO\ (g) \rightarrow 2\ Fe\ (s) + 3\ CO_2\ (g)$, $\Delta H = -25$ kJ/mol de Fe_2O_3; $3\ FeO\ (s) + CO_2\ (g) \rightarrow Fe_3O_4\ (s) + CO\ (g)$, $\Delta H = -36$ kJ/mol de CO_2; $2\ Fe_3O_4\ (s) + CO_2\ (g) \rightarrow 3\ Fe_2O_3\ (s) + CO\ (g)$, $\Delta H = +47$ kJ/mol de CO_2.
O valor mais próximo de ΔH, em kJ/mol de FeO, para a reação indicada do FeO (sólido) com o CO (gasoso) é
A) \$-14\$ B) \$-17\$ C) \$-50\$ D) \$-64\$ E) \$-100\$

Questão 97 (Enem 2009, questão 9 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 1*

As mudanças climáticas e da vegetação ocorridas nos trópicos da América do Sul têm sido bem documentadas por diversos autores, existindo um grande acúmulo de evidências geológicas ou paleoclimatológicas que evidenciam essas mudanças ocorridas durante o Quaternário nessa região. Essas mudanças resultaram em restrição da distribuição das florestas pluviais, com expansões concomitantes de habitats não-florestais durante períodos áridos (glaciais), seguido da expansão das florestas pluviais e restrição das áreas não-florestais durante períodos úmidos (interglaciais).
Disponível em: http://zoo.bio.ufpr.br. Acesso em: 1 maio 2009.
Durante os períodos glaciais,

A) as áreas não-florestais ficam restritas a refúgios ecológicos devido à baixa adaptabilidade de espécies não-florestais a ambientes áridos.
B) grande parte da diversidade de espécies vegetais é reduzida, uma vez que necessitam de condições semelhantes a dos períodos interglaciais.
C) a vegetação comum ao cerrado deve ter se limitado a uma pequena região do centro do Brasil, da qual se expandiu até atingir a atual distribuição.
D) plantas com adaptações ao clima árido, como o desenvolvimento de estruturas que reduzem a perda de água, devem apresentar maior área de distribuição.
E) florestas tropicais como a amazônica apresentam distribuição geográfica mais ampla, uma vez que são densas e diminuem a ação da radiação solar sobre o solo e reduzem os efeitos da aridez.

Questão 98 (Enem 2014, questão 68 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 1*

Uma proposta de dispositivo capaz de indicar a qualidade da gasolina vendida em postos e, consequentemente, evitar fraudes, poderia utilizar o conceito de refração luminosa. Nesse sentido, a gasolina não adulterada, na temperatura ambiente, apresenta razão entre os senos dos raios incidente e refratado igual a 1,4. Desse modo, fazendo incidir o feixe de luz proveniente do ar com um ângulo fixo e maior que zero, qualquer modificação no ângulo do feixe refratado indicará adulteração no combustível.

Em uma fiscalização rotineira, o teste apresentou o valor de 1,9. Qual foi o comportamento do raio refratado?

A) Mudou de sentido.

B) Sofreu reflexão total.

C) Atingiu o valor do ângulo limite.

D) Direcionou-se para a superfície de separação.

E) Aproximou-se da normal à superfície de separação.

Questão 99 (Enem 2011, questão 49 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 1*

Um paciente deu entrada em um pronto-socorro apresentando os seguintes sintomas: cansaço, dificuldade em respirar e sangramento nasal. O médico solicitou um hemograma ao paciente para definir um diagnóstico. Os resultados estão dispostos na tabela:

Constituinte	Número normal	Paciente
Glóbulos vermelhos	4,8 milhões/mm³	4 milhões/mm³
Glóbulos brancos	(5 000 – 10 000)/mm³	9 000/mm³
Plaquetas	(250 000 – 400 000)/mm³	200 000/mm³

TORTORA, G. J. **Corpo Humano**: fundamentos de anatomia e fisiologia. Porto Alegre: Artmed, 2000 (adaptado).

Relacionando os sintomas apresentados pelo paciente com os resultados de seu hemograma, constata-se que

A) o sangramento nasal é devido à baixa quantidade de plaquetas, que são responsáveis pela coagulação sanguínea.

B) o cansaço ocorreu em função da quantidade de glóbulos brancos, que são responsáveis pela coagulação sanguínea.

C) a dificuldade respiratória decorreu da baixa quantidade de glóbulos vermelhos, que são responsáveis pela defesa imunológica.

D) o sangramento nasal é decorrente da baixa quantidade de glóbulos brancos, que são responsáveis pelo transporte de gases no sangue.

E) a dificuldade respiratória ocorreu pela quantidade de plaquetas, que são responsáveis pelo transporte de oxigênio no sangue.

Questão 100 (Enem 2022, questão 116 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 4*

O manual de uma ducha elétrica informa que seus três níveis de aquecimento (morno, quente e superquente) apresentam as seguintes variações de temperatura da água em função de sua vazão:

Utiliza-se um disjuntor para proteger o circuito dessa ducha contra sobrecargas elétricas em qualquer nível de aquecimento. Por padrão, o disjuntor é especificado pela corrente nominal igual ao múltiplo de 5 A imediatamente superior à corrente máxima do circuito. Considere que a ducha deve ser ligada em 220 V e que toda a energia é dissipada através da resistência do chuveiro e convertida em energia térmica transferida para a água, que apresenta calor específico de 4,2 J/(g °C) e densidade de 1 000 g/L.

Vazão (L/min)	Morno	Quente	Superquente
3	10	20	30
6	5	10	15

O disjuntor adequado para a proteção dessa ducha é especificado por:

A) 60 A B) 30 A C) 20 A D) 10 A E) 5 A

Questão 101 (Enem 2014, questão 52 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 3*

A talidomida é um sedativo leve e foi muito utilizado no tratamento de náuseas, comuns no início da gravidez. Quando foi lançada, era considerada segura para o uso de grávidas, sendo administrada como uma mistura racêmica composta pelos seus dois enantiômeros (R e S). Entretanto, não se sabia, na época, que o enantiômero S leva à malformação congênita, afetando principalmente o desenvolvimento normal dos braços e pernas do bebê.
Essa malformação congênita ocorre porque esses enantiômeros

A) reagem entre si.
B) não podem ser separados.
C) não estão presentes em partes iguais.
D) interagem de maneira distinta com o organismo.
E) são estruturas com diferentes grupos funcionais.

Questão 102 (Enem 2010, questão 78 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 2*

Duas irmãs que dividem o mesmo quarto de estudos combinaram de comprar duas caixas com tampas para guardarem seus pertences dentro de suas caixas, evitando, assim, a bagunça sobre a mesa de estudos. Uma delas comprou uma metálica, e a outra, uma caixa de madeira de área e espessura lateral diferentes, para facilitar a identificação. Um dia as meninas foram estudar para a prova de Física e, ao se acomodarem na mesa de estudos, guardaram seus celulares ligados dentro de suas caixas. Ao longo desse dia, uma delas recebeu ligações telefônicas, enquanto os amigos da outra tentavam ligar e recebiam a mensagem de que o celular estava fora da área de cobertura ou desligado.
Para explicar essa situação, um físico deveria afirmar que o material da caixa, cujo telefone celular não recebeu as ligações é de

A) madeira, e o telefone não funcionava porque a madeira não é um bom condutor de eletricidade.
B) metal, e o telefone não funcionava devido à blindagem eletrostática que o metal proporcionava.
C) metal, e o telefone não funcionava porque o metal refletia todo tipo de radiação que nele incidia.
D) metal, e o telefone não funcionava porque a área lateral da caixa de metal era maior.
E) madeira, e o telefone não funcionava porque a espessura desta caixa era maior que a espessura da caixa de metal.

Questão 103 (Enem 2023, questão 120 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 3*

O circuito com três lâmpadas incandescentes idênticas, representado na figura, consiste em uma associação mista de resistores. Cada lâmpada (L_1, L_2 e L_3) é associada, em paralelo, a um resistor de resistência R, formando um conjunto. Esses conjuntos são associados em série, tendo todas as lâmpadas o mesmo brilho quando ligadas à fonte de energia. Após vários dias em uso, apenas a lâmpada L_2 queima, enquanto as demais permanecem acesas.
Em relação à situação em que todas as lâmpadas funcionam, após a queima de L_2, os brilhos das lâmpadas serão

A) os mesmos.
B) mais intensos.
C) menos intensos.
D) menos intenso para L_1 e o mesmo para L_3.
E) mais intenso para L_1 e menos intenso para L_3.

Questão 104 (Enem 2014, questão 79 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 2*

Em um hospital havia cinco lotes de bolsas de sangue, rotulados com os códigos I, II, III, IV e V. Cada lote continha apenas um tipo

sanguíneo não identificado. Uma funcionária do hospital resolveu fazer a identificação utilizando dois tipos de soro, anti-A e anti-B. Os resultados obtidos estão descritos no quadro.
Lote I: 22 L; anti-A não aglutinou; anti-B aglutinou. Lote II: 25 L; anti-A aglutinou; anti-B não aglutinou. Lote III: 30 L; aglutinou nos dois. Lote IV: 15 L; não aglutinou em nenhum. Lote V: 33 L; anti-A não aglutinou; anti-B aglutinou.
Quantos litros de sangue eram do grupo sanguíneo do tipo A?
A) 15 B) 25 C) 30 D) 33 E) 55

Questão 105 (Enem PPL 2014, questão 68 do caderno branco)
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 2*

Antes de técnicas modernas de determinação de paternidade por exame de DNA, o sistema de determinação sanguínea ABO foi amplamente utilizado como ferramenta para excluir possíveis pais. Embora restrito à análise fenotípica, era possível concluir a exclusão de genótipos também. Considere que uma mulher teve um filho cuja paternidade estava sendo contestada. A análise do sangue revelou que ela era tipo sanguíneo AB e o filho, tipo sanguíneo B.

O genótipo do homem, pelo sistema ABO, que exclui a possibilidade de paternidade desse filho é

A) I^AI^A.
B) I^Ai.
C) I^BI^B.
D) I^Bi.
E) ii.

Questão 106 (Enem 2024, questão 104 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 3*

As autoridades sanitárias brasileiras têm se preocupado muito nos últimos anos com o aumento da ocorrência de doenças transmitidas por mosquitos, principalmente arboviroses como chikungunya e zika, que se tornaram epidêmicas ou endêmicas em áreas urbanas. Parte de uma análise da relação entre a urbanização e a incidência dessas doenças está representada no fluxograma.
Nesse contexto, como a urbanização está causando riscos à saúde humana?

A) Disseminando verminoses.
B) Causando a eutrofização de lagoas.
C) Aumentando a chance de contato com coliformes.
D) Diminuindo a população de predadores aquáticos.
E) Aproximando as pessoas das áreas de ocorrência de mosquitos.

Questão 107 (Enem 2015, questão 78 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 1*

A definição de queimadura é bem ampla, porém, basicamente, é a lesão causada pela ação direta ou indireta produzida pela transferência de calor para o corpo. A sua manifestação varia desde bolhas (flictenas) até formas mais graves, capazes de desencadear respostas sistêmicas proporcionais à gravidade da lesão e sua respectiva extensão. Muitas vezes, os primeiros socorros prestados à vítima, ao invés de ajudar, acabam agravando ainda mais a situação do paciente.
Disponível em: www.bombeiros-bm.rs.gov.br. Acesso em: 28 fev. 2012 (adaptado).
Ao se deparar com um indivíduo que sofreu queimadura com formação de flictena, o procedimento de primeiros socorros que deve ser realizado antes de encaminhar o paciente ao hospital é

A) colocar gelo sobre a flictena para amenizar o ardor.
B) utilizar manteiga para evitar o rompimento da flictena.
C) passar creme dental para diminuir a ardência da flictena.
D) perfurar a flictena para que a água acumulada seja liberada.
E) cobrir a flictena com gazes molhadas para evitar a desidratação.

Questão 108 (Enem 2009, questão 5 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 1*

Na linha de uma tradição antiga, o astrônomo grego Ptolomeu (100-170 d.C.) afirmou a tese do geocentrismo, segundo a qual a Terra seria o centro do universo, sendo que o Sol, a Lua e os planetas girariam em seu redor em órbitas circulares. A teoria de Ptolomeu resolvia de modo razoável os problemas astronômicos da sua época. Vários sé-

culos mais tarde, o clérigo e astrônomo polonês Nicolau Copérnico (1473-1543), ao encontrar inexatidões na teoria de Ptolomeu, formulou a teoria do heliocentrismo, segundo a qual o Sol deveria ser considerado o centro do universo, com a Terra, a Lua e os planetas girando circularmente em torno dele. Por fim, o astrônomo e matemático alemão Johannes Kepler (1571-1630), depois de estudar o planeta Marte por cerca de trinta anos, verificou que a sua órbita é elíptica. Esse resultado generalizou-se para os demais planetas.

A respeito dos estudiosos citados no texto, é correto afirmar que

A) Ptolomeu apresentou as ideias mais valiosas, por serem mais antigas e tradicionais.

B) Copérnico desenvolveu a teoria do heliocentrismo inspirado no contexto político do Rei Sol.

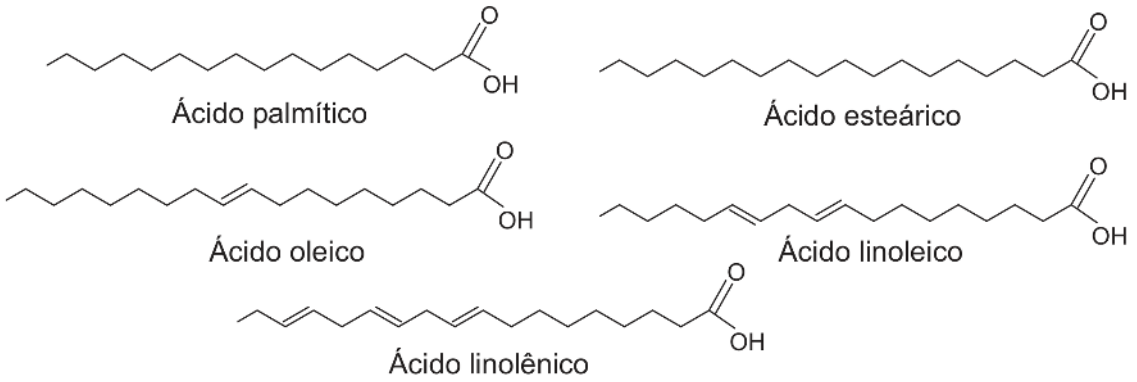
C) Copérnico viveu em uma época em que a pesquisa científica era livre e amplamente incentivada pelas autoridades.

D) Kepler estudou o planeta Marte para atender às necessidades de expansão econômica e científica da Alemanha.

E) Kepler apresentou uma teoria científica que, graças aos métodos aplicados, pôde ser testada e generalizada.

Questão 109 (Enem PPL 2013, questão 67 do caderno branco)
► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 2*

A qualidade de óleos de cozinha, compostos principalmente por moléculas de ácidos graxos, pode ser medida pelo índice de iodo. Quanto maior o grau de insaturação da molécula, maior o índice de iodo determinado e melhor a qualidade do óleo. Na figura, são apresentados alguns compostos que podem estar presentes em diferentes óleos de cozinha:



Dentre os compostos apresentados, os dois que proporcionam melhor qualidade para os óleos de cozinha são os ácidos

A) esteárico e oleico.
B) linolênico e linoleico.
C) palmítico e esteárico.
D) palmítico e linolênico.
E) linolênico e esteárico.

Questão 110 (Enem 2022, questão 92 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 3*

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, a filariose e a leishmaniose são consideradas doenças tropicais infecciosas e constituem uma preocupação para a saúde pública por ser alto o índice de mortalidade a elas associado.
Uma medida profilática comum a essas duas doenças é o(a)

A) incineração do lixo orgânico.
B) construção de rede de esgoto.
C) uso de vermífugo pela população.
D) controle das populações dos vetores.
E) consumo de carnes vermelhas bem cozidas.

Questão 111 (Enem 2018, questão 98 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 2*

Corredores ecológicos visam mitigar os efeitos da fragmentação dos ecossistemas promovendo a ligação entre diferentes áreas, com o objetivo de proporcionar o deslocamento de animais, a dispersão de sementes e o aumento da cobertura vegetal. São instituídos com base em informações como estudos sobre o deslocamento de espécies, sua área de vida (área necessária para o suprimento de suas necessidades vitais e reprodutivas) e a distribuição de suas populações.
Nessa estratégia, a recuperação da biodiversidade é efetiva porque

A) propicia o fluxo gênico.
B) intensifica o manejo de espécies.
C) amplia o processo de ocupação humana.
D) aumenta o número de indivíduos nas populações.
E) favorece a formação de ilhas de proteção integral.

Questão 112 (Enem 2020, questão 125 do caderno azul)

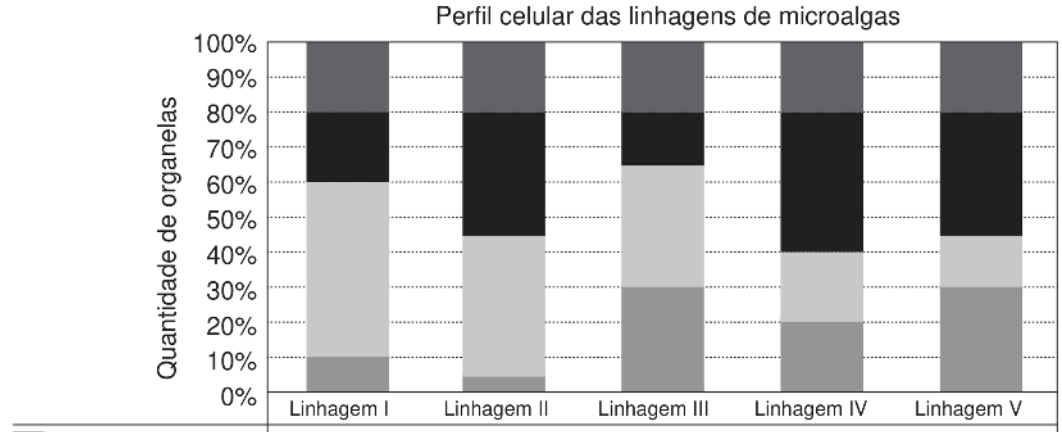
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 2*

Uma população encontra-se em equilíbrio genético quanto ao sistema ABO, em que 25% dos indivíduos pertencem ao grupo O e 16%, ao grupo A homozigotos. Considerando que: p = frequência de I^A; q = frequência de I^B; e r = frequência de i, espera-se encontrar: A porcentagem de doadores compatíveis para alguém do grupo B nessa população deve ser de

A) 11%. B) 19%. C) 26%. D) 36%. E) 60%.

Questão 113 (Enem 2013, questão 73 do caderno azul)

Uma indústria está escolhendo uma linhagem de microalgas que otimize a secreção de polímeros comestíveis, os quais são obtidos do meio de cultura de crescimento. Na figura podem ser observadas as proporções de algumas organelas presentes no citoplasma de cada linhagem.



	Linhagem I	Linhagem II	Linhagem III	Linhagem IV	Linhagem V
Núcleo	20	20	20	20	20
Retículo endoplasmático	20	35	15	40	35
Complexo golgiense	50	40	35	20	15
Mitocôndrias	10	5	30	20	30

Qual é a melhor linhagem para se conseguir maior rendimento de polímeros secretados no meio de cultura?

A) I
B) II
C) III
D) IV
E) V

Questão 114 (Enem 2014, questão 46 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 2*

Christiaan Huygens, em 1656, criou o relógio de pêndulo. Nesse dispositivo, a pontualidade baseia-se na regularidade das pequenas oscilações do pêndulo. Para manter a precisão desse relógio, diversos problemas foram contornados. Por exemplo, a haste passou por ajustes até que, no início do século XX, houve uma inovação, que foi sua fabricação usando uma liga metálica que se comporta regularmente em um largo intervalo de temperaturas.
Despreze as forças dissipativas e considere a aceleração da gravidade constante.
Para que esse tipo de relógio realize corretamente a contagem do tempo, é necessário que o(a)

A) comprimento da haste seja mantido constante.
B) massa do corpo suspenso pela haste seja pequena.
C) material da haste possua alta condutividade térmica.
D) amplitude da oscilação seja constante a qualquer temperatura.
E) energia potencial gravitacional do corpo suspenso se mantenha constante.

Questão 115 (Enem 2021, questão 116 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 2*

As águas subterrâneas têm sido contaminadas pelo uso de pesticidas na agricultura. Entre as várias substâncias usualmente encon-

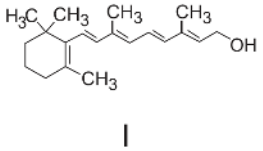
tradas, algumas são apresentadas na figura. A distinção dessas substâncias pode ser feita por meio de uma análise química qualitativa, ou seja, determinando sua presença mediante a adição de um reagente específico. O hidróxido de sódio é capaz de identificar a presença de um desses pesticidas pela reação ácido-base de Brönsted-Lowry.

O teste positivo será observado com o pesticida

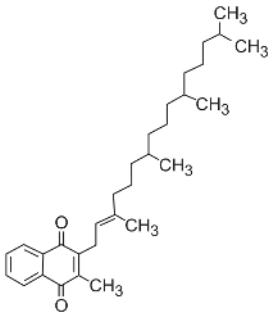
A) I. B) II. C) III. D) IV. E) V.

Questão 116 (Enem 2012, questão 79 do caderno azul)

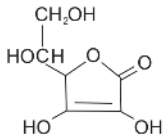
O armazenamento de certas vitaminas no organismo apresenta grande dependência de sua solubilidade. Por exemplo, vitaminas hidrossolúveis devem ser incluídas na dieta diária, enquanto vitaminas lipossolúveis são armazenadas em quantidades suficientes para evitar doenças causadas pela sua carência. A seguir são apresentadas as estuturas químicas de cinco vitaminas necessárias ao organismo.



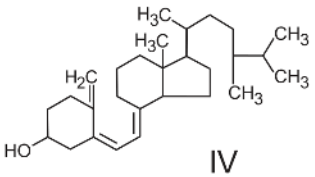
I



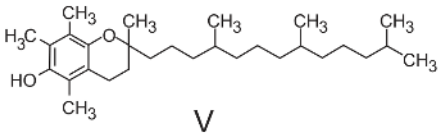
II



III



IV



V

Dentre as vitaminas apresentadas na figura, aquela que necessita de maior suplementação diária é

A) I.
B) II.
C) III.
D) IV.
E) V.

Questão 117 (Enem 2020, questão 133 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 2*

Há muitos mitos em relação a como se proteger de raios, cobrir espelhos e não pegar em facas, garfos e outros objetos metálicos, por exemplo. Mas, de fato, se houver uma tempestade com raios, alguns cuidados são importantes, como evitar ambientes abertos. Um bom abrigo para proteção é o interior de um automóvel, desde que este não seja conversível.

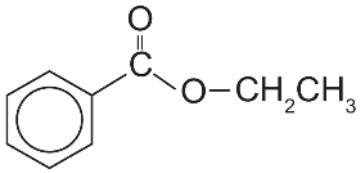
Qual o motivo físico da proteção fornecida pelos automóveis, conforme citado no texto?

A) Isolamento elétrico dos pneus.
B) Efeito de para-raios da antena.
C) Blindagem pela carcaça metálica.
D) Escoamento da água pela lataria.
E) Aterramento pelo fio terra da bateria.

Questão 118 (Enem 2012, questão 58 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 1*

A própolis é um produto natural conhecido por suas propriedades anti-inflamatórias e cicatrizantes. Esse material contém mais de 200 compostos identificados até o momento. Dentre eles, alguns são de estrutura simples, como é o caso do $C_6H_5CO_2CH_2CH_3$, cuja estrutura está mostrada a seguir.



O ácido carboxílico e o álcool capazes de produzir o éster em apreço por meio da reação de esterificação são, respectivamente,

A) ácido benzoico e etanol.
B) ácido propanoico e hexanol.
C) ácido fenilacético e metanol.
D) ácido propiônico e cicloexanol.
E) ácido acético e álcool benzílico.

Questão 119 (Enem 2019, questão 132 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 1*

A maioria das pessoas fica com a visão embaçada ao abrir os olhos debaixo d'água. Mas há uma exceção: o povo moken, que habita a costa da Tailândia. Essa característica se deve principalmente à adaptabilidade do olho e à plasticidade do cérebro, o que significa que você também, com algum treinamento, poderia enxergar relativamente bem debaixo d'água. Estudos mostraram que as pupilas de olhos de indivíduos moken sofrem redução significativa debaixo d'água, o que faz com que os raios luminosos incidam quase paralelamente ao eixo óptico da pupila.

A acuidade visual associada à redução das pupilas é fisicamente explicada pela diminuição

A) da intensidade luminosa incidente na retina.
B) da difração dos feixes luminosos que atravessam a pupila.
C) da intensidade dos feixes luminosos em uma direção por polarização.
D) do desvio dos feixes luminosos refratados no interior do olho.
E) das reflexões dos feixes luminosos no interior do olho.

Questão 120 (Enem PPL 2010, questão 59 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 2*

A resistência elétrica de um fio é determinada pela suas dimensões e pelas propriedades estruturais do material. A condutividade (σ) caracteriza a estrutura do material, de tal forma que a resistência de um fio pode ser determinada conhecendo-se **L**, o comprimento do fio e **A**, a área de seção reta. A tabela relaciona o material à sua respectiva resistividade em temperatura ambiente.

Tabela de condutividade

Material	Condutividade (S·m/mm²)
Alumínio	34,2
Cobre	61,7
Ferro	10,2
Prata	62,5
Tungstênio	18,8

Mantendo-se as mesmas dimensões geométricas, o fio que apresenta menor resistência elétrica é aquele feito de

A) tungstênio.
B) alumínio.
C) ferro.
D) cobre.
E) prata.

Questão 121 (Enem 2017, questão 106 do caderno azul)

Na Idade Média, para elaborar preparados a partir de plantas produtoras de óleos essenciais, as coletas das espécies eram realizadas ao raiar do dia. Naquela época, essa prática era fundamentada misticamente pelo efeito mágico dos raios lunares, que seria anulado pela emissão dos raios solares. Com a evolução da ciência, foi comprovado que a coleta de algumas espécies ao raiar do dia garante a obtenção de material com maiores quantidades de óleos essenciais.

A explicação científica que justifica essa prática se baseia na

A) volatilização das substâncias de interesse.
B) polimerização dos óleos catalisada pela radiação solar.
C) solubilização das substâncias de interesse pelo orvalho.
D) oxidação do óleo pelo oxigênio produzido na fotossíntese.
E) liberação das moléculas de óleo durante o processo de fotossíntese.

Questão 122 (Enem 2019, questão 93 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 1*

A esquistossomose (barriga-d'água) caracteriza-se pela inflamação do fígado e do baço causada pelo verme Schistosoma mansoni (esquistossomo). O contágio ocorre depois que larvas do verme são liberadas na água pelo caramujo do gênero Biomphalaria, seu hospedeiro intermediário, e penetram na pele humana. Após o diagnóstico, o tratamento tradicional utiliza medicamentos por via oral para matar o parasita dentro do corpo. Uma nova estratégia terapêutica baseia-se na utilização de uma vacina, feita a partir de uma proteína extraída do verme, que induz o organismo humano a produzir anticorpos para combater e prevenir a doença.
Uma vantagem da vacina em relação ao tratamento tradicional é que ela poderá

A) impedir a penetração do parasita pela pele.
B) eliminar o caramujo para que não haja contágio.
C) impedir o acesso do esquistossomo especificamente para o fígado.
D) eliminar o esquistossomo antes que ocorra contato com o organismo.
E) eliminar o esquistossomo dentro do organismo antes da manifestação de sintomas.

Questão 123 (Enem 2025, questão 115 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 1*

Em uma aula prática de química orgânica, um professor identificou os frascos de várias substâncias apenas por suas fórmulas moleculares. Em seguida, apresentou a representação tridimensional da molécula do borneol, um álcool secundário, conforme a figura. Ele explicou que, quando oxidado, o borneol dá origem à cânfora, uma cetona usada desde a Antiguidade como incenso e no preparo de medicamentos. Finalmente, o professor solicitou que os alunos identificassem o frasco contendo a substância cânfora.
O frasco contendo cânfora apresenta a fórmula molecular:

A) $C_9H_{16}O$ B) $C_9H_{17}O$ C) $C_{10}H_{16}O$ D) $C_{10}H_{16}O_2$ E) $C_{10}H_{18}O_2$

Questão 124 (Enem 2017, questão 95 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 4*

A eletrólise é um processo não espontâneo de grande importância para a indústria química. Uma de suas aplicações é a obtenção do gás cloro e do hidróxido de sódio, a partir de uma solução aquosa de cloreto de sódio. Nesse procedimento, utiliza-se uma célula eletroquímica, como ilustrado.
No processo eletrolítico ilustrado, o produto secundário obtido é o

A) vapor de água.
B) oxigênio molecular.
C) hipoclorito de sódio.
D) hidrogênio molecular.
E) cloreto de hidrogênio.

Questão 125 (Enem 2018, questão 124 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 2*

O petróleo é uma fonte de energia de baixo custo e de larga utilização como matéria-prima para uma grande variedade de produtos. É um óleo formado de várias substâncias de origem orgânica, em sua maioria hidrocarbonetos de diferentes massas molares. São utilizadas técnicas de separação para obtenção dos componentes comercializáveis do petróleo. Além disso, para aumentar a quantidade de frações comercializáveis, otimizando o produto de origem fóssil, utiliza-se o processo de craqueamento.
O que ocorre nesse processo?

A) Transformação das frações do petróleo em outras moléculas menores.
B) Reação de óxido-redução com transferência de elétrons entre as moléculas.
C) Solubilização das frações do petróleo com a utilização de diferentes solventes.
D) Decantação das moléculas com diferentes massas molares pelo uso de centrífugas.
E) Separação dos diferentes componentes do petróleo em função de suas temperaturas de ebulição.

Questão 126 (Enem 2014, questão 84 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 4*

Ao sintonizarmos uma estação de rádio ou um canal de TV em um aparelho, estamos alterando algumas características elétricas de seu circuito receptor. Das inúmeras ondas eletromagnéticas que chegam simultaneamente ao receptor, somente aquelas que oscilam com determinada frequência resultarão em máxima absorção de energia.
O fenômeno descrito é a
A) difração. B) refração. C) polarização. D) interferência. E) ressonância.

Questão 127 (Enem 2016, questão 88 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 2*

A magnetohipertermia é um procedimento terapêutico que se baseia na elevação da temperatura das células de uma região específica do corpo que estejam afetadas por um tumor. Nesse tipo de tratamento, nanopartículas magnéticas são fagocitadas pelas células tumorais, e um campo magnético alternado externo é utilizado para promover a agitação das nanopartículas e consequente aquecimento da célula.
A elevação de temperatura descrita ocorre porque

A) o campo magnético gerado pela oscilação das nanopartículas é absorvido pelo tumor.

B) o campo magnético alternado faz as nanopartículas girarem, transferindo calor por atrito.

C) as nanopartículas interagem magneticamente com as células do corpo, transferindo calor.

D) o campo magnético alternado fornece calor para as nanopartículas que o transfere às células do corpo.

E) as nanopartículas são aceleradas em um único sentido em razão da interação com o campo magnético, fazendo-as colidir com as células e transferir calor.

Questão 128 (Enem 2021, questão 98 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 1*

Durante o desenvolvimento embrionário humano ocorre uma comunicação entre os átrios direito e esquerdo através do forame oval (ou forame de Botal). Essa comunicação não causa prejuízos à circulação do bebê em formação, exceto se ela perdurar após o nascimento.
Os prejuízos no período embrionário são evitados porque a circulação fetal se assemelha à dos(as)

A) aves, porque a pequena circulação e a grande circulação estão presentes.

B) répteis, porque a mistura de sangue é minimizada por um metabolismo lento.

C) crocodilianos, porque a separação dos ventrículos impede a mistura sanguínea.

D) peixes, porque a circulação é simples, ocorrendo uma passagem única pelo coração.

E) anfíbios, porque pressões diferenciais isolam temporalmente o sangue venoso do arterial.

Questão 129 (Enem 2017, questão 104 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 1*

A técnica do carbono-14 permite a datação de fósseis pela medição dos valores de emissão beta desse isótopo presente no fóssil. Para um ser em vida, o máximo são 15 emissões beta/(min g). Após a morte, a quantidade de ^{14}C se reduz pela metade a cada 5 730 anos.
Considere que um fragmento fóssil de massa igual a 30 g foi encontrado em um sítio arqueológico, e a medição de radiação apresentou 6 750 emissões beta por hora.
A idade desse fóssil, em anos, é
A) \$450\$ B) 1 433 C) 11 460 D) 17 190 E) 27 000

Questão 130 (Enem 2018, questão 93 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 3*

Em 1938 o arqueólogo alemão Wilhelm König, diretor do Museu Nacional do Iraque, encontrou um objeto estranho na coleção da instituição, que poderia ter sido usado

como uma pilha, similar às utilizadas em nossos dias. A suposta pilha, datada de cerca de 200 a.C., é constituída de um pequeno vaso de barro (argila) no qual foram instalados um tubo de cobre, uma barra de ferro (aparentemente corroída por ácido) e uma tampa de betume (asfalto), conforme ilustrado. Considere os potenciais-padrão de redução: $E°(Fe^{2+}|Fe) = -0{,}44$ V; $E°(H^{+}|H_2) = 0{,}00$ V; e $E°(Cu^{2+}|Cu) = +0{,}34$ V.

Nessa suposta pilha, qual dos componentes atuaria como cátodo?

A) A tampa de betume.
B) O vestígio de ácido.
C) A barra de ferro.
D) O tubo de cobre.
E) O vaso de barro.

Questão 131 (Enem 2021, questão 131 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 3*

O eletrocardiograma é um exame cardíaco que mede a intensidade dos sinais elétricos advindos do coração. A imagem apresenta o resultado típico obtido em um paciente saudável e a intensidade do sinal (VEC) em função do tempo.

De acordo com o eletrocardiograma apresentado, qual foi o número de batimentos cardíacos por minuto desse paciente durante o exame?

A) 30 B) 60 C) 100 D) 120 E) 180

Questão 132 (Enem 2014, questão 76 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 3*

Alguns sistemas de segurança incluem detectores de movimento. Nesses sensores, existe uma substância que se polariza na presença de radiação eletromagnética de certa região de frequência, gerando uma tensão que pode ser amplificada e empregada para efeito de controle. Quando uma pessoa se aproxima do sistema, a radiação emitida por seu corpo é detectada por esse tipo de sensor.

A radiação captada por esse detector encontra-se na região de frequência

A) da luz visível.
B) do ultravioleta.
C) do infravermelho.
D) das micro-ondas.
E) das ondas longas de rádio.

Questão 133 (Enem 2018, questão 119 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 3*

A utilização de extratos de origem natural tem recebido a atenção de pesquisadores em todo o mundo, principalmente nos países em desenvolvimento que são altamente acometidos por doenças infecciosas e parasitárias. Um bom exemplo dessa utilização são os produtos de origem botânica que combatem insetos.

O uso desses produtos pode auxiliar no controle da

A) esquistossomose.
B) leptospirose.
C) leishmaniose.
D) hanseníase.
E) aids.

Questão 134 (Enem 2019, questão 110 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 1*

Com base nos experimentos de plantas de Mendel, foram estabelecidos três princípios básicos, que são conhecidos como leis da uniformidade, segregação e distribuição independente. A lei da distribuição independente refere-se ao fato de que os membros de pares diferentes de genes segregam-se independentemente, uns dos outros, para a prole.

Hoje, sabe-se que isso nem sempre é verdade. Por quê?

A) A distribuição depende do caráter de dominância ou recessividade do gene.
B) Os organismos nem sempre herdam cada um dos genes de cada um dos genitores.
C) As alterações cromossômicas podem levar a falhas na segregação durante a meiose.
D) Os genes localizados fisicamente próximos no mesmo cromossomo tendem a ser herdados juntos.
E) O cromossomo que contém dois determinados genes pode não sofrer a disjunção na primeira fase da meiose.

Questão 135 (Enem 2014, questão 62 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 2*

Um sistema de pistão contendo um gás é mostrado na figura. Sobre a extremidade superior do êmbolo, que pode movimentar-se livremente sem atrito, encontra-se um objeto. Através de uma chapa de aquecimento é possível fornecer calor ao gás e, com auxílio de um manômetro, medir sua pressão. A partir de diferentes valores de calor fornecido, considerando o sistema como hermético, o objeto elevou-se em valores Δh, como mostrado no gráfico. Foram estudadas, separadamente, quantidades equimolares de dois diferentes gases, denominados M e V.
Figura: pistão com objeto sobre o êmbolo, manômetro e chapa de aquecimento. Gráfico de Δh em função do calor fornecido: duas retas a partir da origem, a do gás M mais inclinada que a do gás V.
A diferença no comportamento dos gases no experimento decorre do fato de o gás M, em relação ao V, apresentar

A) maior pressão de vapor.
B) menor massa molecular.
C) maior compressibilidade.
D) menor energia de ativação.
E) menor capacidade calorífica.

Matemática · 45 questões

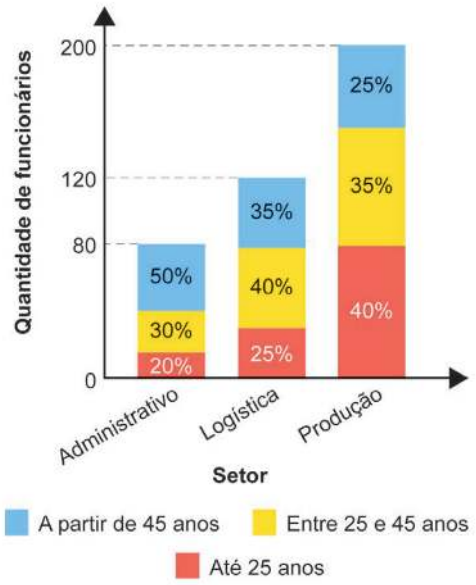
Questão 136 (Enem 2016, questão 163 do caderno azul)

Densidade absoluta (d) é a razão entre a massa de um corpo e o volume por ele ocupado. Um professor propôs à sua turma que os alunos analisassem a densidade de três corpos: dA, dB, dC. Os alunos verificaram que o corpo A possuía 1,5 vez a massa do corpo B e esse, por sua vez, tinha 3/4 da massa do corpo C. Observaram, ainda, que o volume do corpo A era o mesmo do corpo B e 20% maior do que o volume do corpo C.
Após a análise, os alunos ordenaram corretamente as densidades desses corpos da seguinte maneira

A) $d_B < d_A < d_C$
B) $d_B = d_A < d_C$
C) $d_C < d_B = d_A$
D) $d_B < d_C < d_A$
E) $d_C < d_B < d_A$

Questão 137 (Enem 2024, questão 173 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 2*

Uma empresa tem 400 funcionários, distribuídos em três setores: administrativo, logística e produção. O gráfico apresenta a distribuição quantitativa desses funcionários, por setor e por faixa etária.



Uma viagem de férias será sorteada entre esses funcionários, de forma que todos terão igual probabilidade de serem sorteados.

A maior probabilidade é que o funcionário sorteado esteja na faixa etária

A entre 25 e 45 anos, pois é a faixa etária com maior quantidade de funcionários.

B entre 25 e 45 anos, pois é a única faixa etária cujas porcentagens são maiores do que as porcentagens mínimas de cada setor.

C até 25 anos, pois é a única faixa etária cujos percentuais associados aos setores aumentam com o aumento da quantidade de funcionários por setor.

D até 25 anos, pois é a faixa etária que apresenta maior quantidade de funcionários no setor de produção, que é o setor que emprega metade dos funcionários dessa empresa.

E a partir de 45 anos, pois a soma das porcentagens associadas a essa faixa etária é 110%, que é maior do que as respectivas somas associadas às outras faixas etárias, que são 105% e 85%.

Questão 138 (Enem 2020, questão 172 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 1*

No período de fim de ano, o síndico de um condomínio resolveu colocar, em um poste, uma iluminação natalina em formato de cone, lembrando uma árvore de Natal, conforme as figuras 1 e 2.

A árvore deverá ser feita colocando-se mangueiras de iluminação, consideradas segmentos de reta de mesmo comprimento, a partir de um ponto situado a 3 m de altura no poste até um ponto de uma circunferência de fixação, no chão, de tal forma que esta fique dividida em 20 arcos iguais. O poste está fixado no ponto C (centro da circunferência) perpendicularmente ao plano do chão.

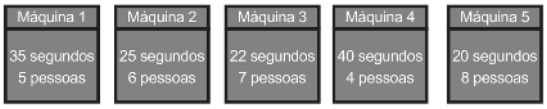
Para economizar, ele utilizará mangueiras de iluminação aproveitadas de anos anteriores, que juntas totalizaram pouco mais de 100 m de comprimento, dos quais ele decide usar exatamente 100 m e deixar o restante como reserva.

Para que ele atinja seu objetivo, o raio, em metro, da circunferência deverá ser de

A) 4,00. B) 4,87. C) 5,00. D) 5,83. E) 6,26.

Questão 139 (Enem 2018, questão 144 do caderno azul)

Em um aeroporto, os passageiros devem submeter suas bagagens a uma das cinco máquinas de raio-X disponíveis ao adentrarem a sala de embarque. Num dado instante, o tempo gasto por essas máquinas para escanear a bagagem de cada passageiro e o número de pessoas presentes em cada fila estão apresentados em um painel, como mostrado na figura.



Um passageiro, ao chegar à sala de embarque desse aeroporto no instante indicado, visando esperar o menor tempo possível, deverá se dirigir à máquina

A 1.
B 2.
C 3.
D 4.
E 5.

Questão 140 (Enem 2022, questão 158 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 3*

Ao analisar os dados de uma epidemia em uma cidade, peritos obtiveram um modelo que avalia a quantidade de pessoas infectadas a cada mês, ao longo de um ano. O modelo é dado por $p(t) = -t^2 + 10t + 24$, sendo t um número natural, variando de 1 a 12, que representa os meses do ano, e p(t) a quantidade de pessoas infectadas no mês t do ano.

Para tentar diminuir o número de infectados no próximo ano, a Secretaria Municipal de Saúde decidiu intensificar a propaganda oficial sobre os cuidados com a epidemia. Foram apresentadas cinco propostas (I, II, III, IV e V), com diferentes períodos de intensificação das propagandas:

- I: $1 \leq t \leq 2$;
- II: $3 \leq t \leq 4$;
- III: $5 \leq t \leq 6$;
- IV: $7 \leq t \leq 9$;
- V: $10 \leq t \leq 12$.

A sugestão dos peritos é que seja escolhida a proposta cujo período de intensificação da propaganda englobe o mês em que, segundo o modelo, há a maior quantidade de infectados. A sugestão foi aceita.

A proposta escolhida foi a

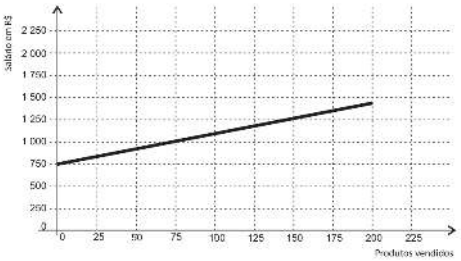
A) I. B) II. C) III. D) IV. E) V.

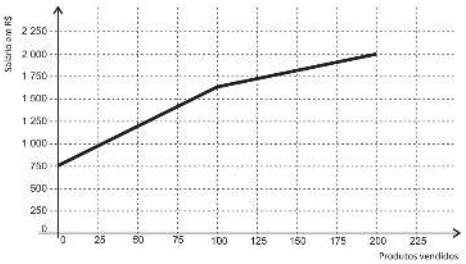
Questão 141 (Enem 2012, questão 156 do caderno azul)

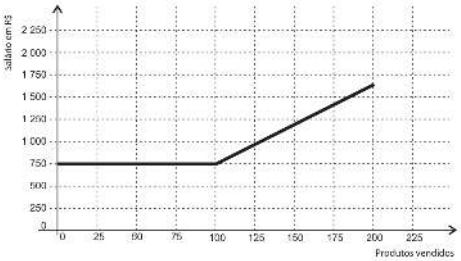
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 1*

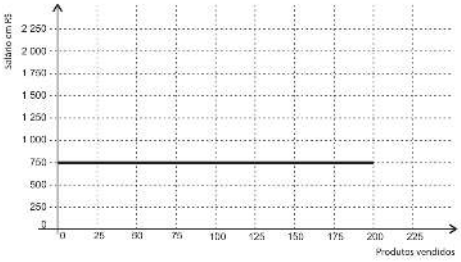
Certo vendedor tem seu salário mensal calculado da seguinte maneira: ele ganha um valor fixo de R$ 750,00, mais uma comissão de R$ 3,00 para cada produto vendido. Caso ele venda mais de 100 produtos, sua comissão passa a ser de R$ 9,00 para cada produto vendido, a partir do 101° produto vendido.

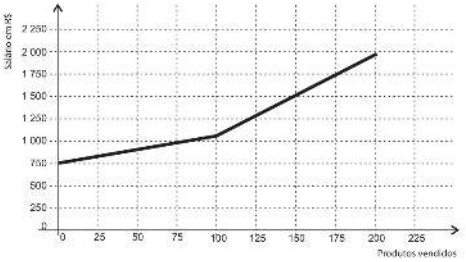
Com essas informações, o gráfico que melhor representa a relação entre salário e o número de produtos vendidos é

A


B


C


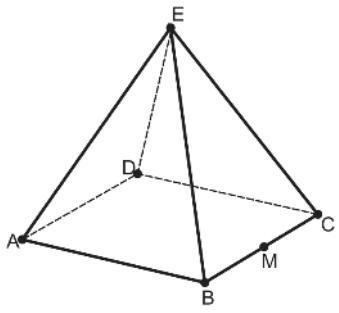
D


E


Questão 142 (Enem 2012, questão 165 do caderno azul)

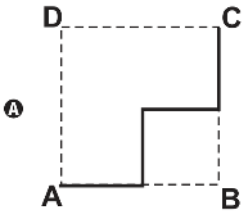
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 3*

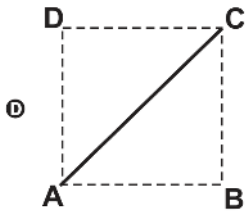
João propôs um desafio a Bruno, seu colega de classe: ele iria descrever um deslocamento pela pirâmide a seguir e Bruno deveria desenhar a projeção desse deslocamento no plano da base da pirâmide.

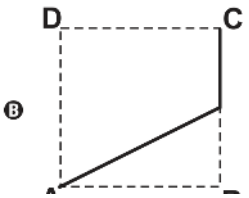


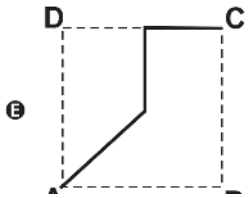
O deslocamento descrito por João foi: mova-se pela pirâmide, sempre em linha reta, do ponto A ao ponto E, a seguir do ponto E ao ponto M, e depois de M a C.

O desenho que Bruno deve fazer é

A


D


B


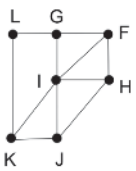
E


Questão 143 (Enem 2011, questão 172 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 1*

Um técnico em refrigeração precisa revisar todos os pontos de saída de ar de um escritório com várias salas.

Na imagem apresentada, cada ponto indicado por uma letra é a saída do ar, e os segmentos são as tubulações.



Iniciando a revisão pelo ponto K e terminando em F, sem passar mais de uma vez por cada ponto, o caminho será passando pelos pontos

A) K, I e F.
B) K, J, I, G, L e F.
C) K, L, G, I, J, H e F.
D) K, J, H, I, G, L e F.
E) K, L, G, I, H, J e F.

Questão 144 (Enem 2011, questão 149 do caderno azul)

O Índice de Massa Corporal (IMC) é largamente utilizado há cerca de 200 anos, mas esse cálculo representa muito mais a corpulência que a adiposidade, uma vez que indivíduos musculosos e obesos podem apresentar o mesmo IMC. Uma nova pesquisa aponta o Índice de Adiposidade Corporal (IAC) como uma alternativa mais fidedigna para quantificar a gordura corporal, utilizando a medida do quadril e a altura. A figura mostra como calcular essas medidas, sabendo-se que, em mulheres, a adiposidade normal está entre 19% e 26%.

O velho IMC
(Índice de Massa Corporal)



$$\text{Índice de Massa Corporal} = \frac{\text{massa (kg)}}{\text{altura} \times \text{altura (m)}}$$

O novo IAC
(Índice de Adiposidade Corporal)



$$\%\text{ de Gordura Corporal} = \frac{\text{Circunferência do quadril (cm)}}{\text{Altura} \times \sqrt{\text{altura (m)}}} - 18$$

Disponível em: http://www1.folha.uol.com.br. Acesso em: 24 abr. 2011(adaptado).

Uma jovem com IMC = 20 kg/m², 100 cm de circunferência dos quadris e 60 kg de massa corpórea resolveu averiguar seu IAC. Para se enquadrar aos níveis de normalidade de gordura corporal, a atitude adequada que essa jovem deve ter diante da nova medida é

(Use $\sqrt{3} = 1{,}7$ e $\sqrt{1{,}7} = 1{,}3$)

A) reduzir seu excesso de gordura em cerca de 1%.
B) reduzir seu excesso de gordura em cerca de 27%.
C) manter seus níveis atuais de gordura.
D) aumentar seu nível de gordura em cerca de 1%.
E) aumentar seu nível de gordura em cerca de 27%.

Questão 145 (Enem 2017, questão 138 do caderno azul)

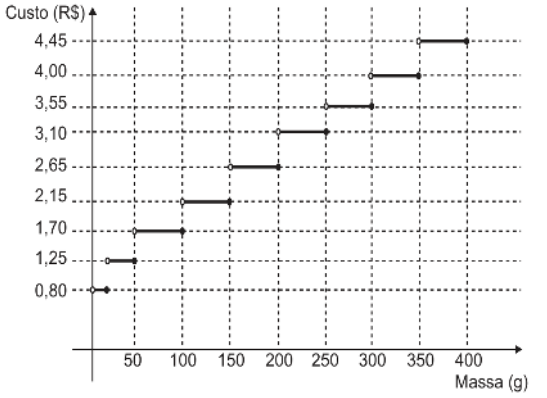
► *ainda não estudado: Vol. 6, semana 2*

Raios de luz solar estão atingindo a superfície de um lago formando um ângulo x com a sua superfície, conforme indica a figura.
Em determinadas condições, pode-se supor que a intensidade luminosa desses raios, na superfície do lago, seja dada aproximadamente por $I(x) = k \cdot \text{sen}(x)$, sendo k uma constante, e supondo-se que x está entre 0° e 90°. Quando x = 30°, a intensidade luminosa se reduz a qual percentual de seu valor máximo?
A) 33% B) 50% C) 57% D) 70% E) 86%

Questão 146 (Enem 2013, questão 161 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 1*

Deseja-se postar cartas não comerciais, sendo duas de 100 g, três de 200 g e uma de 350 g. O gráfico mostra o custo para enviar uma carta não comercial pelos Correios:



Disponível em: www.correios.com.br. Acesso em: 2 ago. 2012 (adaptado).

O valor total gasto, em reais, para postar essas cartas é de

A) 8,35.
B) 12,50.
C) 14,40.
D) 15,35.
E) 18,05.

Questão 147 (Enem 2021, questão 172 do caderno azul)

Um ciclista amador de 61 anos de idade utilizou um monitor cardíaco para medir suas frequências cardíacas em quatro diferentes tipos de trechos do percurso. Os resultados das frequências cardíacas máximas alcançadas nesses trechos foram:
Sabe-se que a faixa aeróbica ideal para o ganho de condicionamento físico é entre 65% e 85% da frequência cardíaca máxima (Fc máx.), que, por sua vez, é determinada pela fórmula:
Fc máx. = 220 – idade,
em que a idade é dada em ano e Fc máx. é dada em bpm (batimento por minuto).

Trechos do percurso	Frequências cardíacas máximas (bpm)
Leve no plano	90
Forte no plano	120
Subida moderada	130
Subida forte	140

Os trechos do percurso nos quais esse ciclista se mantém dentro de sua faixa aeróbica ideal, para o ganho de condicionamento físico, são

A) leve no plano, forte no plano, subida moderada e subida forte.

B) leve no plano, forte no plano e subida moderada.

C) forte no plano, subida moderada e subida forte.

D) forte no plano e subida moderada.

E) leve no plano e subida forte.

Questão 148 (Enem 2010, questão 150 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 2*

A loja Telas & Molduras cobra 20 reais por metro quadrado de tela, 15 reais por metro linear de moldura, mais uma taxa fixa de entrega de 10 reais.

Uma artista plástica precisa encomendar telas e molduras a essa loja, suficientes para 8 quadros retangulares (25 cm × 50 cm). Em seguida, fez uma segunda encomenda, mas agora para 8 quadros retangulares (50 cm × 100 cm).

O valor da segunda encomenda será

A) o dobro do valor da primeira encomenda, porque a altura e a largura dos quadros dobraram.

B) maior do que o valor da primeira encomenda, mas não o dobro.

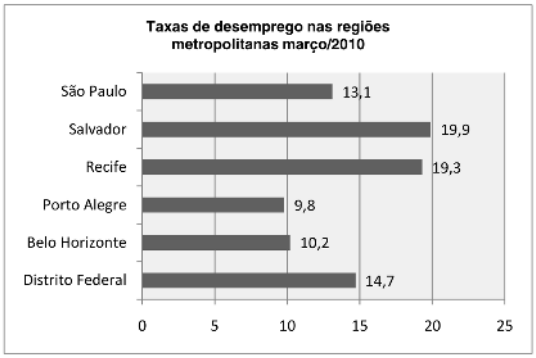
C) a metade do valor da primeira encomenda, porque a altura e a largura dos quadros dobraram.

D) menor do que o valor da primeira encomenda, mas não a metade.

E) igual ao valor da primeira encomenda, porque o custo de entrega será o mesmo.

Questão 149 (Enem 2010, questão 145 do caderno azul)

Os dados do gráfico seguinte foram gerados a partir de dados colhidos no conjunto de seis regiões metropolitanas pelo Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (Dieese).



Disponível em: http://g1.globo.com. Acesso em: 28 abr. 2010 (adaptado).

Supondo que o total de pessoas pesquisadas na região metropolitana de Porto Alegre equivale a 250 000, o número de desempregados em março de 2010, nessa região, foi de

A) 24 500.
B) 25 000.
C) 220 500.
D) 223 000.
E) 227 500.

Questão 150 (Enem 2017, questão 163 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 1*

Em um parque há dois mirantes de alturas distintas que são acessados por elevador panorâmico. O topo do mirante 1 é acessado pelo elevador 1, enquanto que o topo do mirante 2 é acessado pelo elevador 2. Eles encontram-se a uma distância possível de ser percorrida a pé, e entre os mirantes há um teleférico que os liga que pode ou não ser utilizado pelo visitante.

O acesso aos elevadores tem os seguintes custos: subir pelo elevador 1, R$ 0,15; subir pelo elevador 2, R$ 1,80; descer pelo elevador 1, R$ 0,10; descer pelo elevador 2, R$ 2,30. O custo da passagem do teleférico partindo do topo do mirante 1 para o topo do mirante 2 é de R$ 2,00, e do topo do mirante 2 para o topo do mirante 1 é de R$ 2,50.

Qual é o menor custo, em real, para uma pessoa visitar os topos dos dois mirantes e retornar ao solo?

A) 2,25 B) 3,90 C) 4,35 D) 4,40 E) 4,45

Questão 151 (Enem 2019, questão 167 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 3*

Os alunos de uma turma escolar foram divididos em dois grupos. Um grupo jogaria basquete, enquanto o outro grupo jogaria futebol. Sabe-se que o grupo de basquete é formado pelos alunos mais altos da classe e tem uma pessoa a mais do que o grupo de futebol. A tabela seguinte apresenta informações sobre as alturas dos alunos da turma.
Os alunos P, J, F e M medem, respectivamente, 1,65 m, 1,66 m, 1,67 m e 1,68 m, e as suas alturas não são iguais a de nenhum outro colega da sala.

Média	Mediana	Moda
1,65	1,67	1,70

Segundo essas informações, argumenta-se que os alunos P, J, F e M jogaram, respectivamente,

A) basquete, basquete, basquete, basquete.
B) futebol, basquete, basquete, basquete.
C) futebol, futebol, basquete, basquete.
D) futebol, futebol, futebol, basquete.
E) futebol, futebol, futebol, futebol.

Questão 152 (Enem 2014, questão 177 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 3*

Um fazendeiro tem um depósito para armazenar leite formado por duas partes cúbicas que se comunicam, como indicado na figura. A aresta da parte cúbica de baixo tem medida igual ao dobro da medida da aresta da parte cúbica de cima. A torneira utilizada para encher o depósito tem vazão constante e levou 8 minutos para encher metade da parte de baixo.
Quantos minutos essa torneira levará para encher completamente o restante do depósito?
A) 8 B) 10 C) 16 D) 18 E) 24

Questão 153 (Enem 2025, questão 177 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 3*

A figura ilustra o projeto visual para confecção de uma medalha comemorativa, com a forma de um cilindro circular reto, de diâmetro 6 cm e espessura 3 mm.
A figura ABCD tem a forma de um quadrado e é a base de um prisma que atravessa toda a medalha. A região da medalha externa a esse prisma será cunhada em ouro. Pretende-se cunhar 100 dessas medalhas.
Considere 3,1 como valor aproximado para π.
Qual é o volume de ouro, em centímetro cúbico, necessário para a confecção dessas medalhas?
A) 288 B) 297 C) 567 D) 990 E) 1 134

Questão 154 (Enem 2025, questão 151 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 1*

Para acompanhar o fluxo de visitantes em seu prédio, uma empresa estabeleceu um código de identificação para a visitação. De acordo com a regra estabelecida, cada visitante será identificado com um código sequencial numérico com 7 dígitos, determinado, da esquerda para a direita, da seguinte forma:
• o primeiro dígito indica o andar ao qual o visitante se dirige, que é um número de 1 a 4;
• os dois próximos dígitos correspondem ao número do setor da empresa ao qual o visitante se destina. Esse número varia de 01 a 20;
• os três dígitos seguintes correspondem ao número do funcionário da empresa com quem o visitante irá se reunir. Esse número varia de 001 a 135;
• o último dígito indica se o visitante chegou à empresa pela manhã, dígito 0, ou à tarde, dígito 1.
Um visitante chegou à empresa às 10 horas da manhã para se reunir com o funcionário identificado pelo número 109, que trabalha no setor 08 da empresa, localizado no 2º andar.
O código de identificação desse visitante é
A) 0109082. B) 0281090. C) 1010982.
D) 2081090. E) 2810910.

Questão 155 (Enem 2023, questão 176 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 3*

Os números figurados pentagonais provavelmente foram introduzidos pelos pitagóricos

por volta do século V a.C. As figuras ilustram como obter os seis primeiros deles, sendo os demais obtidos seguindo o mesmo padrão geométrico.
O oitavo número pentagonal é
A) 59. B) 83. C) 86. D) 89. E) 92.

Questão 156 (Enem 2023, questão 162 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 3*

Para concretar a laje de sua residência, uma pessoa contratou uma construtora. Tal empresa informa que o preço y do concreto bombeado é composto de duas partes: uma fixa, chamada de taxa de bombeamento, e uma variável, que depende do volume x de concreto utilizado. Sabe-se que a taxa de bombeamento custa R$ 500,00 e que o metro cúbico do concreto bombeado é de R$ 250,00.
A expressão que representa o preço y em função do volume x, em metro cúbico, é
A) $y = 250x$ B) $y = 500x$ C) $y = 750x$
D) $y = 250x + 500$ E) $y = 500x + 250$

Questão 157 (Enem 2014, questão 179 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 2*

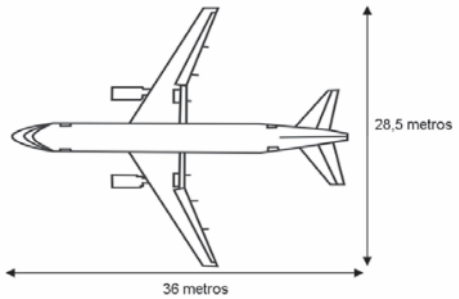
Uma pessoa compra semanalmente, numa mesma loja, sempre a mesma quantidade de um produto que custa R$ 10,00 a unidade. Como já sabe quanto deve gastar, leva sempre R$ 6,00 a mais do que a quantia necessária para comprar tal quantidade, para o caso de eventuais despesas extras.
Entretanto, um dia, ao chegar à loja, foi informada de que o preço daquele produto havia aumentado 20%. Devido a esse reajuste, concluiu que o dinheiro levado era a quantia exata para comprar duas unidades a menos em relação à quantidade habitualmente comprada.
A quantia que essa pessoa levava semanalmente para fazer a compra era
A) R$ 166,00. B) R$ 156,00. C) R$ 84,00.
D) R$ 46,00. E) R$ 24,00.

Questão 158 (Enem 2011, questão 141 do caderno azul)

Você pode adaptar as atividades do seu dia a dia de uma forma que possa queimar mais calorias do que as gastas normalmente, conforme a relação seguinte:
- Enquanto você fala ao telefone, faça agachamentos: 100 calorias gastas em 20 minutos.
- Meia hora de supermercado: 100 calorias.
- Cuidar do jardim por 30 minutos: 200 calorias.
- Passear com o cachorro: 200 calorias em 30 minutos.
- Tirar o pó dos móveis: 150 calorias em 30 minutos.
- Lavar roupas por 30 minutos: 200 calorias.
Disponível em: http://cyberdiet.terra.com.br. Acesso em: 27 abr. 2010 (adaptado).
Uma pessoa deseja executar essas atividades, porém, ajustando o tempo para que, em cada uma, gaste igualmente 200 calorias.
A partir dos ajustes, quanto tempo a mais será necessário para realizar todas as atividades?
A) 50 minutos. B) 60 minutos. C) 80 minutos.
D) 120 minutos. E) 170 minutos.

Questão 159 (Enem 2009, questão 158 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 2*

A figura a seguir mostra as medidas reais de uma aeronave que será fabricada para utilização por companhias de transporte aéreo. Um engenheiro precisa fazer o desenho desse avião em escala de 1:150.



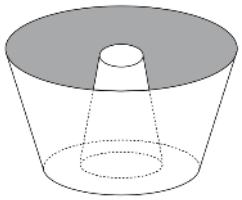
Para o engenheiro fazer esse desenho em uma folha de papel, deixando uma margem de 1 cm em relação às bordas da folha, quais as dimensões mínimas, em centímetros, que essa folha deverá ter?

A) 2,9 cm × 3,4 cm.
B) 3,9 cm × 4,4 cm.
C) 20 cm × 25 cm.
D) 21 cm × 26 cm.
E) 192 cm × 242 cm.

Questão 160 (Enem 2013, questão 176 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 3*

Uma cozinheira, especialista em fazer bolos, utiliza uma forma no formato representado na figura:



Nela identifica-se a representação de duas figuras geométricas tridimensionais.

Essas figuras são

A) um tronco de cone e um cilindro.
B) um cone e um cilindro.
C) um tronco de pirâmide e um cilindro.
D) dois troncos de cone.
E) dois cilindros.

Questão 161 (Enem 2012, questão 166 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 2*

As curvas de oferta e de demanda de um produto representam, respectivamente, as quantidades que vendedores e consumidores estão dispostos a comercializar em função do preço do produto. Em alguns casos, essas curvas podem ser representadas por retas. Suponha que as quantidades de oferta e de demanda de um produto sejam, respectivamente, representadas pelas equações:

$Qo = -20 + 4P$

$Qd = 46 - 2P$

em que Qo é quantidade de oferta, Qd é a quantidade de demanda e P é o preço do produto.

A partir dessas equações, de oferta e de demanda, os economistas encontram o preço de equilíbrio de mercado, ou seja, quando Qo e Qd se igualam.

Para a situação descrita, qual o valor do preço de equilíbrio?

A) 5 B) 11 C) 13 D) 23 E) 33

Questão 162 (Enem 2017, questão 150 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 2*

A imagem apresentada na figura é uma cópia em preto e branco da tela quadrada intitulada O peixe, de Marcos Pinto, que foi colocada em uma parede para exposição e fixada nos pontos A e B.

Por um problema na fixação de um dos pontos, a tela se desprendeu, girando rente à parede. Após o giro, ela ficou posicionada como ilustrado na figura, formando um ângulo de 45° com a linha do horizonte.

Para recolocar a tela na sua posição original, deve-se girá-la, rente à parede, no menor ângulo possível inferior a 360°.

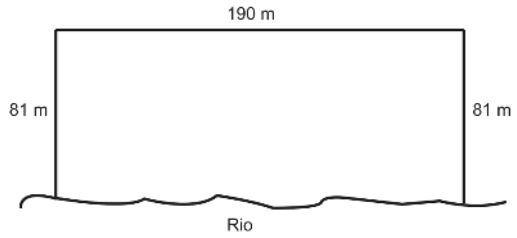
A forma de recolocar a tela na posição original, obedecendo ao que foi estabelecido, é girando-a em um ângulo de

A) 90° no sentido horário.
B) 135° no sentido horário.
C) 180° no sentido anti-horário.
D) 270° no sentido anti-horário.
E) 315° no sentido horário.

Questão 163 (Enem 2013, questão 147 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 2*

Para o reflorestamento de uma área, deve-se cercar totalmente, com tela, os lados de um terreno, exceto o lado margeado pelo rio, conforme a figura. Cada rolo de tela que será comprado para confecção da cerca contém 48 metros de comprimento.



A quantidade mínima de rolos que deve ser comprada para cercar esse terreno é

A) 6.
B) 7.
C) 8.
D) 11.
E) 12.

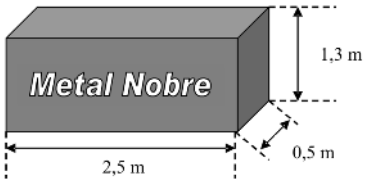
Questão 164 (Enem 2013, questão 148 do caderno azul)

Um dos grandes problemas enfrentados nas rodovias brasileiras é o excesso de carga transportada pelos caminhões. Dimensionado para o tráfego dentro dos limites legais de carga, o piso das estradas se deteriora com o peso excessivo dos caminhões. Além disso, o excesso de carga interfere na capacidade de frenagem e no funcionamento da suspensão do veículo, causas frequentes de acidentes.

Ciente dessa responsabilidade e com base na experiência adquirida com pesagens, um caminhoneiro sabe que seu caminhão pode carregar, no máximo, 1 500 telhas ou 1 200 tijolos.
Considerando esse caminhão carregado com 900 telhas, quantos tijolos, no máximo, podem ser acrescentados à carga de modo a não ultrapassar a carga máxima do caminhão?
A) 300 tijolos B) 360 tijolos C) 400 tijolos
D) 480 tijolos E) 600 tijolos

Questão 165 (Enem 2010, questão 146 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 1*

A siderúrgica "Metal Nobre" produz diversos objetos maciços utilizando o ferro. Um tipo especial de peça feita nessa companhia tem o formato de um paralelepípedo retangular, de acordo com as dimensões indicadas na figura que segue.



O produto das três dimensões indicadas na peça resultaria na medida da grandeza

A massa.
B volume.
C superfície.
D capacidade.
E comprimento.

Questão 166 (Enem 2015, questão 153 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 2*

Para uma alimentação saudável, recomenda-se ingerir, em relação ao total de calorias diárias, 60% de carboidratos, 10% de proteínas e 30% de gorduras. Uma nutricionista, para melhorar a visualização dessas porcentagens, quer dispor esses dados em um polígono. Ela pode fazer isso em um triângulo equilátero, um losango, um pentágono regular, um hexágono regular ou um octógono regular, desde que o polígono seja dividido em regiões cujas áreas sejam proporcionais às porcentagens mencionadas. Ela desenhou as seguintes figuras: (triângulo, losango, pentágono, hexágono e octógono, cada um dividido em regiões de carboidratos, proteínas e gorduras).

Entre esses polígonos, o único que satisfaz as condições necessárias para representar a ingestão correta de diferentes tipos de alimentos é o
A) triângulo. B) losango. C) pentágono.
D) hexágono. E) octógono.

Questão 167 (Enem 2018, questão 164 do caderno azul)

Um edifício tem a numeração dos andares iniciando no térreo (T), e continuando com primeiro, segundo, terceiro, ..., até o último andar. Uma criança entrou no elevador e, tocando no painel, seguiu uma sequência de andares, parando, abrindo e fechando a porta em diversos andares. A partir de onde entrou a criança, o elevador subiu sete andares, em seguida desceu dez, desceu mais treze, subiu nove, desceu quatro e parou no quinto andar, finalizando a sequência. Considere que, no trajeto seguido pela criança, o elevador parou uma vez no último andar do edifício.
De acordo com as informações dadas, o último andar do edifício é o
A) 16º B) 22º C) 23º D) 25º E) 32º

Questão 168 (Enem 2010, questão 142 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 3*

Acompanhando o crescimento do filho, um casal constatou que, de 0 a 10 anos, a variação da sua altura se dava de forma mais rápida do que dos 10 aos 17 anos e, a partir de 17 anos, essa variação passava a ser cada vez menor, até se tornar imperceptível. Para ilustrar essa situação, esse casal fez um gráfico relacionando as alturas do filho nas idades consideradas.
Que gráfico melhor representa a altura do filho desse casal em função da idade?

A) Linha contínua: sobe de 51 cm a 148 cm de 0 a 10 anos, com inclinação menor de 148 a 171 cm de 10 a 17 anos, depois sobe cada vez menos até 180 cm e fica horizontal.

B) Sobe de 51 a 148 cm até os 10 anos, fica horizontal dos 10 aos 17, salta para 171 cm e fica horizontal, com um salto final até 180 cm.

C) Apenas traços verticais isolados aos 0, 10, 17 anos e depois, sem ligação entre eles.

D) Sobe de 51 cm até cerca de 80 cm aos 10 anos, salta para 148 cm, sobe pouco até os 17, salta para 171 cm e depois sobe até 180 cm e fica horizontal.

E) Escada: horizontal em 51 cm até 10 anos, salta para 148 cm, horizontal até 17 anos, salta para 171 cm, horizontal, com degrau final até 180 cm.

Questão 169 (Enem 2020, questão 178 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 3*

Suponha que uma equipe de corrida de automóveis disponha de cinco tipos de pneu (I, II, III, IV, V), em que o fator de eficiência climática EC (índice que fornece o comportamento do pneu em uso, dependendo do clima) é apresentado:
• EC do pneu I: com chuva 6, sem chuva 3;
• EC do pneu II: com chuva 7, sem chuva −4;
• EC do pneu III: com chuva −2, sem chuva 10;
• EC do pneu IV: com chuva 2, sem chuva 8;
• EC do pneu V: com chuva −6, sem chuva 7.
O coeficiente de rendimento climático (CRC) de um pneu é calculado como a soma dos produtos dos fatores de EC, com ou sem chuva, pelas correspondentes probabilidades de se ter tais condições climáticas: ele é utilizado para determinar qual pneu deve ser selecionado para uma dada corrida, escolhendo-se o pneu que apresentar o maior CRC naquele dia. No dia de certa corrida, a probabilidade de chover era de 70% e o chefe da equipe calculou o CRC de cada um dos cinco tipos de pneu.
O pneu escolhido foi
A) I. B) II. C) III. D) IV. E) V.

Questão 170 (Enem 2012, questão 144 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 7, semana 1*

O diretor de uma escola convidou os 280 alunos de terceiro ano a participarem de uma brincadeira. Suponha que existem 5 objetos e 6 personagens numa casa de 9 cômodos; um dos personagens esconde um dos objetos em um dos cômodos da casa. O objetivo da brincadeira é adivinhar qual objeto foi escondido por qual personagem e em qual cômodo da casa o objeto foi escondido.
Todos os alunos decidiram participar. A cada vez um aluno é sorteado e dá a sua resposta. As respostas devem ser sempre distintas das anteriores, e um mesmo aluno não pode ser sorteado mais de uma vez. Se a resposta do aluno estiver correta, ele é declarado vencedor e a brincadeira é encerrada.
O diretor sabe que algum aluno acertará a resposta porque há

A) 10 alunos a mais do que possíveis respostas distintas.

B) 20 alunos a mais do que possíveis respostas distintas.

C) 119 alunos a mais do que possíveis respostas distintas.

D) 260 alunos a mais do que possíveis respostas distintas.

E) 270 alunos a mais do que possíveis respostas distintas.

Questão 171 (Enem 2019, questão 152 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 4*

Para contratar três máquinas que farão o reparo de vias rurais de um município, a prefeitura elaborou um edital que, entre outras cláusulas, previa:
• Cada empresa interessada só pode cadastrar uma única máquina para concorrer ao edital;
• O total de recursos destinados para contratar o conjunto das três máquinas é de R$ 31 000,00;
• O valor a ser pago a cada empresa será inversamente proporcional à idade de uso da máquina cadastrada pela empresa para o presente edital.
As três empresas vencedoras do edital cadastraram máquinas com 2, 3 e 5 anos de idade de uso.
Quanto receberá a empresa que cadastrou a máquina com maior idade de uso?
A) R$ 3 100,00 B) R$ 6 000,00 C) R$ 6 200,00
D) R$ 15 000,00 E) R$ 15 500,00

Questão 172 (Enem 2012, questão 150 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 3*

Jogar baralho é uma atividade que estimula o raciocínio. Um jogo tradicional é a Paciência, que utiliza 52 cartas. Inicialmente são formadas sete colunas com as cartas. A primeira coluna tem uma carta, a segunda tem duas cartas, a terceira tem três cartas, a quarta tem quatro cartas, e assim sucessivamente até a sétima coluna, a qual tem sete cartas, e o que sobra forma o monte, que são as cartas não utilizadas nas colunas.
A quantidade de cartas que forma o monte é
A) 21. B) 24. C) 26. D) 28. E) 31.

Questão 173 (Enem 2021, questão 173 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 5, semana 3*

Um lava-rápido oferece dois tipos de lavagem de veículos: lavagem simples, ao preço de R$ 20,00, e lavagem completa, ao preço de R$ 35,00. Para cobrir as despesas com produtos e funcionários, e não ter prejuízos, o lava-rápido deve ter uma receita diária de, pelo menos, R$ 300,00.
Para não ter prejuízo, o menor número de lavagens diárias que o lava-rápido deve efetuar é
A) 6. B) 8. C) 9. D) 15. E) 20.

Questão 174 (Enem 2017, questão 153 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 1*

A manchete demonstra que o transporte de grandes cargas representa cada vez mais preocupação quando feito em vias urbanas: "Caminhão entala em viaduto no Centro". Um caminhão de grande porte entalou embaixo de um viaduto em Porto Alegre; ele transportava três grandes tubos.
Considere que o raio externo de cada cano seja 0,60 m e que eles estejam em cima de uma carroceria cuja parte superior está a 1,30 m do solo. O desenho representa a vista traseira do empilhamento dos canos.
A margem de segurança recomendada para que um veículo passe sob um viaduto é que a altura total do veículo com a carga seja, no mínimo, 0,50 m menor do que a altura do vão do viaduto. Considere 1,7 como aproximação para $\sqrt{3}$.
Qual deveria ser a altura mínima do viaduto, em metro, para que esse caminhão pudesse passar com segurança sob seu vão?
A) 2,82 B) 3,52 C) 3,70 D) 4,02 E) 4,20

Questão 175 (Enem PPL 2023, questão 155 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 2*

Uma pessoa tinha um projeto para um salão de festas no formato de paralelepípedo reto retângulo. Ela comprou a quantidade exata de azulejos para cobrir as paredes laterais, incluindo as regiões destinadas a uma porta e uma janela. Os azulejos que cobririam essas regiões seriam reservados para futuras substituições. Esse projeto previa que o salão teria, como dimensões internas, 10 m de comprimento por 6 m de largura por 2,5 m de altura.

Em decorrência de uma mudança no projeto, o salão ficará com 12 m de comprimento por 5 m de largura e as mesmas dimensões para porta e janela. Como a compra de azulejos já foi feita, essa pessoa ajustará a altura do salão de modo que a área lateral, incluindo as regiões da porta e da janela, seja equivalente à área lateral antes da alteração do projeto.

Qual é a medida, em metro, dessa nova altura, expressa com duas casas decimais?

A) 3,25
B) 3,00
C) 2,50
D) 2,35
E) 2,00

Questão 176 (Enem 2017, questão 147 do caderno azul)
► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 2*

Num dia de tempestade, a alteração na profundidade de um rio, num determinado local, foi registrada durante um período de 4 horas. Os resultados estão indicados no gráfico de linhas. Nele, a profundidade h, registrada às 13 horas, não foi anotada e, a partir de h, cada unidade sobre o eixo vertical representa um metro.
Foi informado que entre 15 horas e 16 horas, a profundidade do rio diminuiu em 10%.
Às 16 horas, qual é a profundidade do rio, em metro, no local onde foram feitos os registros?
A) 18 B) 20 C) 24 D) 36 E) 40

Questão 177 (Enem 2024, questão 147 do caderno azul)

Uma professora de matemática utiliza em suas aulas uma "máquina caça-números" para verificar os conhecimentos de seus es-

tudantes sobre representações de números racionais. Essa máquina tem um visor dividido em seis compartimentos e, na lateral, uma alavanca. Cada estudante puxa a alavanca e espera que os compartimentos parem de girar. A partir daí, precisa responder para a professora em quais posições se encontram os números que representam a mesma quantidade.

Um estudante puxou a alavanca, aguardou que os compartimentos parassem de girar e observou os números apresentados no visor.

A configuração da máquina naquele instante está apresentada na imagem.

Esse estudante respondeu corretamente à pergunta da professora.

As posições indicadas pelo estudante foram

A) I, II e IV. B) II, IV e V. C) II, III e V.
D) III, V e VI. E) III, IV e VI.

Questão 178 (Enem 2024, questão 163 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 3, semana 2*

Um sistema de polias circulares e correias é um dos mecanismos responsáveis pela transmissão de movimento em máquinas rotativas. O manual de um motor traz uma figura representando um sistema composto por duas polias e uma correia de transmissão, tensionada e perfeitamente ajustada sobre as polias, de modo a não apresentar folgas nos contatos com as polias. Considere que as partes dessa correia que não ficam em contato com as polias são representadas por segmentos de reta tangentes às polias.

Na figura: r = 4 cm, R = 8 cm, os dois segmentos retos medem 15 cm, e o ângulo central do arco de contato da polia menor é 150°.

Para substituição dessa correia, é necessária a especificação de seu comprimento.

Considere 3 como valor aproximado para π.

A medida do comprimento dessa correia, em centímetro, é

A) 54. B) 60. C) 66. D) 68. E) 72.

Questão 179 (Enem 2011, questão 157 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 2, semana 4*

Um jovem investidor precisa escolher qual investimento lhe trará maior retorno financeiro em uma aplicação de R$ 500,00. Para isso, pesquisa o rendimento e o imposto a ser pago em dois investimentos: poupança e CDB (certificado de depósito bancário). As informações obtidas estão resumidas no quadro:

	Rendimento mensal (%)	IR (imposto de renda)
POUPANÇA	0,560	ISENTO
CDB	0,876	4% (sobre o ganho)

Para o jovem investidor, ao final de um mês, a aplicação mais vantajosa é

A) a poupança, pois totalizará um montante de R$ 502,80.
B) a poupança, pois totalizará um montante de R$ 500,56.
C) o CDB, pois totalizará um montante de R$ 504,38.
D) o CDB, pois totalizará um montante de R$ 504,21.
E) o CDB, pois totalizará um montante de R$ 500,87.

Questão 180 (Enem 2018, questão 171 do caderno azul)

► *ainda não estudado: Vol. 4, semana 2*

A rosa dos ventos é uma figura que representa oito sentidos, que dividem o círculo em partes iguais.

Uma câmera de vigilância está fixada no teto de um shopping e sua lente pode ser direcionada remotamente, através de um controlador, para qualquer sentido. A lente da câmera está apontada inicialmente no sentido Oeste e o seu controlador efetua três mudanças consecutivas, a saber:

• 1ª mudança: 135° no sentido anti-horário;
• 2ª mudança: 60° no sentido horário;
• 3ª mudança: 45° no sentido anti-horário.

Após a 3ª mudança, ele é orientado a reposicionar a câmera, com a menor amplitude possível, no sentido Noroeste (NO) devido a um movimento suspeito de um cliente.

Qual mudança de sentido o controlador deve efetuar para reposicionar a câmera?

A) 75° no sentido horário.
B) 105° no sentido anti-horário.
C) 120° no sentido anti-horário.
D) 135° no sentido anti-horário.
E) 165° no sentido horário.

Fim do simulado 2. Terminou? Passe as respostas para a folha de respostas, na próxima página. O gabarito está na página 327.

Folha de respostas · Simulado 2

Nome: _____ Data: _____

Nota TRI na hora: preencha a bolinha da alternativa escolhida, com caneta escura. Depois leia o QR Code ao lado com o celular (ou entre em **maninhoresolve.com/simulado**) e fotografe esta folha inteira, com os quatro quadrados pretos aparecendo. Você recebe a nota TRI de Natureza e de Matemática e a lista do que treinar.

Ciências da Natureza: 91 a 135 Matemática: 136 a 180

91	A B C D E	**121**	A B C D E	**151**	A B C D E
92	A B C D E	**122**	A B C D E	**152**	A B C D E
93	A B C D E	**123**	A B C D E	**153**	A B C D E
94	A B C D E	**124**	A B C D E	**154**	A B C D E
95	A B C D E	**125**	A B C D E	**155**	A B C D E
96	A B C D E	**126**	A B C D E	**156**	A B C D E
97	A B C D E	**127**	A B C D E	**157**	A B C D E
98	A B C D E	**128**	A B C D E	**158**	A B C D E
99	A B C D E	**129**	A B C D E	**159**	A B C D E
100	A B C D E	**130**	A B C D E	**160**	A B C D E
101	A B C D E	**131**	A B C D E	**161**	A B C D E
102	A B C D E	**132**	A B C D E	**162**	A B C D E
103	A B C D E	**133**	A B C D E	**163**	A B C D E
104	A B C D E	**134**	A B C D E	**164**	A B C D E
105	A B C D E	**135**	A B C D E	**165**	A B C D E
106	A B C D E	**136**	A B C D E	**166**	A B C D E
107	A B C D E	**137**	A B C D E	**167**	A B C D E
108	A B C D E	**138**	A B C D E	**168**	A B C D E
109	A B C D E	**139**	A B C D E	**169**	A B C D E
110	A B C D E	**140**	A B C D E	**170**	A B C D E
111	A B C D E	**141**	A B C D E	**171**	A B C D E
112	A B C D E	**142**	A B C D E	**172**	A B C D E
113	A B C D E	**143**	A B C D E	**173**	A B C D E
114	A B C D E	**144**	A B C D E	**174**	A B C D E
115	A B C D E	**145**	A B C D E	**175**	A B C D E
116	A B C D E	**146**	A B C D E	**176**	A B C D E
117	A B C D E	**147**	A B C D E	**177**	A B C D E
118	A B C D E	**148**	A B C D E	**178**	A B C D E
119	A B C D E	**149**	A B C D E	**179**	A B C D E
120	A B C D E	**150**	A B C D E	**180**	A B C D E

Simulado 2 · resolução em vídeo

Nível deste simulado: mais fácil que a média das provas do ENEM desde 2009.

Sobre a dificuldade. A referência é a média de dificuldade das provas do ENEM desde 2009, porque o ENEM muda de dificuldade de um ano para outro. Os primeiros simulados são mais fáceis que essa média, os do meio ficam na média e os últimos são mais difíceis que ela, de propósito: quem treina com prova mais difícil chega ao dia do ENEM e encontra uma prova tranquila. Isso só é dito agora, depois da prova, porque no dia do ENEM ninguém sabe de antemão se a prova é fácil ou difícil. A nota TRI continua comparável entre os simulados: a TRI leva em conta a dificuldade de cada questão, então uma prova mais fácil *não* dá nota mais alta, apenas mede com mais precisão quem está começando.

Depois de corrigir pelo gabarito (página 327), aponte a câmera para o QR da questão: a resolução completa está em vídeo.

Questão 91 Questão 92 Questão 93 Questão 94 Questão 95 Questão 96

Questão 97 Questão 98 Questão 99 Questão 100 Questão 101 Questão 102

Questão 103 Questão 104 Questão 105 Questão 106 Questão 107 Questão 108

Questão 109 Questão 110 Questão 111 Questão 112 Questão 113 Questão 114

Questão 115 Questão 116 Questão 117 Questão 118 Questão 119 Questão 120

Questão 121 Questão 122 Questão 123 Questão 124 Questão 125 Questão 126

Questão 127 Questão 128 Questão 129 Questão 130 Questão 131 Questão 132

Questão 133 Questão 134 Questão 135 Questão 136 Questão 137 Questão 138

Questão 139 Questão 140 Questão 141 Questão 142 Questão 143 Questão 144

Questão 145 Questão 146 Questão 147 Questão 148 Questão 149 Questão 150

Questão 151 Questão 152 Questão 153 Questão 154 Questão 155 Questão 156

Questão 157 Questão 158 Questão 159 Questão 160 Questão 161 Questão 162

Questão 163 Questão 164 Questão 165 Questão 166 Questão 167 Questão 168

Questão 169 Questão 170 Questão 171 Questão 172 Questão 173 Questão 174

Questão 175 Questão 176 Questão 177 Questão 178 Questão 179 Questão 180

Gabarito

Todas as respostas do volume, na ordem do livro: em cada capítulo, o pré-teste, as lacunas e a fixação; depois, as revisões e os simulados. Os exemplos resolvidos têm a resolução no próprio texto. Entre parênteses, o percentual de candidatos que acertaram a questão no ENEM. Errou? Aponte a câmera para o QR da questão: a resolução completa está em vídeo.

M02.1 · Operações com naturais, inteiros e racionais; frações e decimais

Pré-teste. 1) $3 \div 4 = 0{,}75$, que é 75%. 2) $\frac{2}{3} = 0{,}666\ldots$, maior que 0,6. 3) $5 - 7 + 4 = 2$: 2º andar.

Lacunas (questão 2). 7; 29; 21; 8; 1,3; D. (Outro caminho: $4\frac{5}{6} - 3\frac{1}{2} = 1 + \frac{5}{6} - \frac{3}{6} = 1 + \frac{2}{6} = 1\frac{1}{3}$.)

No ENEM, acertaram esta questão 38% dos candidatos.

Fixação. 3: E (62%) 4: E (55%) 5: A (54%) 6: B (52%) 7: A (52%) 8: E (49%) 9: E (48%) 10: C (38%) 11: D (36%) 12: C (34%) 13: C (31%) 14: C (22%)

M02.5 · Comparação e ordenação de números

Pré-teste. 1) $2{,}3 = 2{,}30 > 2{,}25$. 2) $0{,}05 < 0{,}45 < 0{,}5$ (com duas casas: 5, 45 e 50 centésimos). 3) 4,97 (distância 0,03, contra 0,04).

Lacunas (questão 16). 070; 0,040; 0,021; 3,021; C. Cuidado com a de 2,96: ela está abaixo de 3, a 0,040 de distância, mais longe que a de 3,021.

No ENEM, acertaram esta questão 27% dos candidatos.

Fixação. 17: B (42%) 18: B (43%) 19: C (40%)

F01.1 · Velocidade média e movimento uniforme

Pré-teste. 120 km/h (60 km em meia hora). Não: a média é 48 km/h, porque você passa mais tempo na volta, que é mais lenta (veja "Viagem em trechos"). 20 m/s ($72 \div 3{,}6$).

Lacunas (questão 21). 6 h = 360 min; 4,8 h = 288 min; 30 min; 318 min; 42 min (alternativa B).

No ENEM, acertaram esta questão 32% dos candidatos.

Fixação. 22: D (29%) 23: B (23%) 24: D (22%) 25: D (21%)

Q01.1 · Modelos atômicos, estrutura do átomo e tabela periódica

Pré-teste. 1. Os elétrons do sódio, excitados pelo calor, voltam ao nível de origem emitindo luz amarela. 2. Comportamento químico parecido: mesmo número de elétrons na camada de valência e íons de mesma carga (2+). 3. $Z = 11$ e $A = 11 + 12 = 23$.

Lacunas (questão 27). grupo (coluna); 2; 2+; ósseo. Resposta: E.

No ENEM, acertaram esta questão 48% dos candidatos.

Fixação. 28: D (32%) 29: C (29%) 30: C (26%) 31: D (19%) 32: E (18%) 33: C (18%)

B01.4 · Bioquímica: água, sais, carboidratos, lipídios, proteínas, enzimas

Pré-teste. 1. O amido é um polissacarídeo grande; a levedura só usa açúcares pequenos, então antes é preciso hidrolisá-lo em glicose. 2. Em pH 9 ela perde o formato ideal do sítio ativo e praticamente não age. 3. Aminoácidos; glicose.

Lacunas (questão 35). polissacarídeo (polímero); glicose; pequenos (como a glicose); água; substratos (glicose); D.

No ENEM, acertaram esta questão 39% dos candidatos.

Fixação. 36: E (30%) 37: E (27%) 38: D (21%) 39: A (18%) 40: E (17%)

M02.2 · Potências, raízes e notação científica

Pré-teste. 1) $10^{3+(-5)} = 10^{-2} = 0{,}01$. 2) $4{,}5 \times 10^{-3}$ (a vírgula anda 3 casas para a direita). 3) $\left(\sqrt[3]{8}\right)^2 = 2^2 = 4$.

Lacunas (questão 46). $8^{2/3}$; 2; 4; B. Faz sentido: massa 8 vezes maior, com o corpo crescendo por igual, é tamanho 2 vezes maior em cada direção, e área $2^2 = 4$ vezes maior (como no desenho do cubo).

No ENEM, acertaram esta questão 23% dos candidatos.

Fixação. 47: C 48: E (37%) 49: C 50: D (24%) 51: C (20%) 52: C (19%) 53: D (19%) 54: C (19%)

M02.4 · Sistema de numeração, ordens de grandeza e estimativas

Pré-teste. 1) 700 000 (o 7 está na centena de milhar). 2) 2 400 000 000. 3) 8×10^3, com $8 > 3{,}16$: ordem 10^4.

Lacunas (questão 56). 21; 4; 10101; D.

No ENEM, acertaram esta questão 40% dos candidatos.

Fixação. 57: E (67%) 58: C (57%) 59: A (47%) 60: D (39%) 61: D (25%)

F01.2 · Movimento uniformemente variado; gráficos do movimento

Pré-teste. 10 m/s ($v = 0 + 2 \cdot 5$). Não: quadruplica, porque a distância de frenagem é proporcional a v^2. Como um trecho horizontal: a posição não muda.

Lacunas (questão 63). 19,6 m; 15 m/s; 14,5 m; 22,5 m; 17,4 m (alternativa E).

No ENEM, acertaram esta questão 9,1% dos candidatos.

Fixação. 64: D (28%) 65: C (24%)

Q01.2 · Fórmulas químicas e quantidade de matéria (mol)

Pré-teste. 1. 12. 2. $10/40 = 0{,}25$ mol. 3. Cerca de 6×10^{23} (constante de Avogadro).

Lacunas (questão 67). 2800; 2,8; 2,8; $9{,}5 \times 10^{-3}$. Resposta: B.

No ENEM, acertaram esta questão 22% dos candidatos.

Fixação. 68: A (39%) 69: D (26%) 70: A (20%) 71: E

B01.1 · Célula: membrana, organelas, transporte

Pré-teste. 1. O sal deixa o meio hipertônico: os microrganismos perdem água por osmose e não se multiplicam. 2. A hemácia incha e estoura; a célula da folha fica túrgida, porque a parede celular segura. 3. Na mitocôndria.

Lacunas (questão 73). Krebs; mitocôndria; citoplasma (citosol); mitocôndria; B.

No ENEM, acertaram esta questão 31% dos candidatos.

Fixação. 74: E (53%) 75: A (30%) 76: B (25%) 77: C (24%) 78: E (24%) 79: A (19%) 80: C (11%)

M01.1 · Razão e proporção; regra de três simples

Pré-teste. 1. $360 \div 30 = 12$ km por litro. 2. $3 \div 4 = 0{,}75$ ovo por pessoa; $0{,}75 \cdot 10 = 7{,}5$, ou seja, 8 ovos (não se compra meio ovo). 3. R$ 4,50/kg contra R$ 4,20/kg: a de 5 kg é mais barata por quilo.

Lacunas (questão 82). 3; 5; 4,5; 2; 1,5; mais; F2 (alternativa B). Comparar só as massas (18 mg) apontaria F1 ou F3, mas esses filtros foram testados por mais dias.

No ENEM, acertaram esta questão 30% dos candidatos.

Fixação. 83: D (58%) 84: B (52%) 85: B (48%) 86: E (48%) 87: B (42%) 88: C (42%) 89: D (40%) 90: C (38%) 91: B (36%) 92: D (28%) 93: B (25%)

F01.3 · Queda livre, lançamentos e movimento circular

Pré-teste. Chegam juntas: sem ar, todos os corpos caem com a mesma aceleração g. Continua sendo g, para baixo: a gravidade não "desliga" no topo. 1 volta: os dentes que passam no ponto de contato são os mesmos para as duas ($3 \times 10 = 30$ dentes, uma volta da grande).

Lacunas (questão 105). 6 rpm; 6 rpm; 2 rpm (alternativa B).

No ENEM, acertaram esta questão 13% dos candidatos.

Fixação. 106: B (35%) 107: B (28%) 108: C (26%) 109: A (17%) 110: A (13%) 111: E (6,4%)

Q02.1 · Ligações químicas e geometria molecular

Pré-teste. 1. NaCl: iônica (metal + não metal). H_2O: covalente (dois não metais). 2. K: a diferença de eletronegatividade é maior (2,6 contra 1,6). 3. Sete.

Lacunas (questão 113). 8; 7; 2; 4; 6; 10. Resposta: C.

No ENEM, acertaram esta questão 19% dos candidatos.

Fixação. 114: A (17%) 115: B (16%)

B01.2 · Metabolismo energético: respiração e fermentação

Pré-teste. 1. O gás carbônico da fermentação alcoólica, preso no glúten. 2. Cerca de 30 a 38 ATP na respiração aeróbica; só 2 na fermentação. 3. Porque a fermentação não quebra a glicose até o fim: parte da energia fica guardada no etanol.

Lacunas (questão 117). fermentação; 2; CO_2 (gás carbônico); etanol; B.

No ENEM, acertaram esta questão 22% dos candidatos.

Fixação. 118: B (35%) 119: B (28%) 120: E (26%) 121: C (16%) 122: B (11%)

M01.2 · Grandezas diretamente e inversamente proporcionais; regra de três composta

Pré-teste. 1. 3 horas: o dobro de torneiras leva metade do tempo (inversamente proporcionais; $4 \cdot 6 = 8 \cdot 3$). 2. A área fica 4 vezes maior: a área é proporcional ao *quadrado* do lado. 3. 8 paredes: cada pintor pinta meia parede por hora; $4 \cdot 4 \cdot 0{,}5 = 8$.

Lacunas (questão 133). 150; 25; 125; 5 (alternativa C); mais (número de ralos e tempo são inversamente proporcionais).

No ENEM, acertaram esta questão 22% dos candidatos.

Fixação. 134: B (42%) 135: D (28%) 136: C (27%) 137: D (26%) 138: B (25%) 139: A (24%) 140: A (18%) 141: D (12%)

F03.3 · Fontes e transformações de energia; usinas

Pré-teste. Da energia potencial gravitacional da água represada (que vira cinética na queda e gira a turbina). Não: o calor vem da fissão do urânio, sem queima. Os riscos são outros (rejeitos radioativos, acidentes, poluição térmica). Vento, Sol e biomassa.

Lacunas (questão 143). 750 MW; 500 000 m² (alternativa B).

No ENEM, acertaram esta questão 23% dos candidatos.

Fixação. 144: A (61%) 145: E (59%) 146: E (48%) 147: D (44%) 148: B (39%) 149: D (38%) 150: B (17%)

Q02.2 · Polaridade, forças intermoleculares e solubilidade

Pré-teste. 1. A água é polar e o óleo é apolar: "semelhante dissolve semelhante". 2. O etanol: faz ligações de hidrogênio pelo grupo OH. 3. Ele tem uma parte polar, que fica na água, e uma parte apolar, que se mistura com a gordura.

Lacunas (questão 152). OH (hidroxila); oxigênio; ligação de hidrogênio; dentro. Resposta: E.

No ENEM, acertaram esta questão 45% dos candidatos.

Fixação. 153: D (43%) 154: E (32%) 155: B (31%) 156: D (30%) 157: B (28%) 158: D (28%) 159: A (25%) 160: B (21%) 161: D (20%) 162: D (19%) 163: D (18%) 164: D (12%)

B01.3 · Ácidos nucleicos, síntese de proteínas e divisão celular

Pré-teste. 1. Mais alta: cada par G–C tem três ligações de hidrogênio, e o A–T, duas. 2. A troca pode transformar um códon comum num códon de parada (por exemplo, CAA em UAA), e a tradução termina antes. 3. Meiose forma os gametas; mitose forma o corpo a partir do zigoto.

Lacunas (questão 166). 2; 3; menos; A–T; 18; C.

No ENEM, acertaram esta questão 34% dos candidatos.

Fixação. 167: E (47%) 168: E (36%) 169: C (31%) 170: C (28%) 171: E (27%) 172: E (26%) 173: E (18%)

M01.3 · Porcentagem; aumentos e descontos sucessivos

Pré-teste. 1. $0{,}3 \cdot 250 = 75$. 2. Não: $1{,}1 \cdot 0{,}9 = 0{,}99$; o preço fica 1% menor que o inicial. 3. $80 \div 0{,}8 = 100$ reais (e não $80 + 20\% \cdot 80 = 96$).

Lacunas (questão 175). 24; 70; 94; 400; 23,5 (alternativa B). Somar 20% e 10% (C, 30%) ignora que as bases são diferentes; 76,5% (E) é o que *sobra* da mesada.

No ENEM, acertaram esta questão 35% dos candidatos.

Fixação. 176: C (44%) 177: C (43%) 178: C (40%) 179: B (40%) 180: D (40%) 181: C (34%) 182: E (32%) 183: C (31%) 184: B (30%) 185: A (27%) 186: B (21%) 187: E (15%)

F05.1 · Temperatura, escalas e dilatação térmica

Pré-teste. 298 K (25 + 273). Porque o metal dilata mais que o vidro: a tampa aumenta de tamanho e afrouxa. Rende: o álcool aquecido ocupa mais volume, e quem vende por litro entrega menos massa de álcool em cada litro.

Lacunas (questão 201). 30 °C; 600 L; R$ 960,00; R$ 6 720,00 (alternativa D).

No ENEM, acertaram esta questão 21% dos candidatos.

Fixação. 202: B (29%) 203: A (19%)

Q03.1 · Substâncias, misturas e processos de separação

Pré-teste. 1. Água com areia: heterogênea (duas fases). Água com sal: homogênea (uma fase). 2. Destilação simples. 3. A diferença de ponto de ebulição (volatilidade).

Lacunas (questão 205). magnética; extração; combustão; filtração. Resposta: C.

No ENEM, acertaram esta questão 27% dos candidatos.

Fixação. 206: D (60%) 207: A (43%) 208: D (32%) 209: A (29%) 210: C (27%) 211: B (22%) 212: E (20%) 213: E (15%) 214: C (15%)

Revisão da semana 1

41: D 42: D 43: D 44: D

Revisão da semana 2

94: A 95: C 96: A 97: D 98: B 99: D 100: E 101: C 102: B 103: B

Revisão da semana 3

123: C 124: B 125: D 126: E 127: B 128: D 129: A 130: D 131: A

Simulado 1 · Ciências da Natureza

Nível deste simulado: mais fácil que a média das provas do ENEM desde 2009. Nota TRI: leia o QR Code da folha de respostas e fotografe a folha preenchida.

91: A (21%) 92: A (35%) 93: A (43%) 94: C (43%) 95: B (23%) 96: E (30%) 97: B (26%) 98: E (11%) 99: B (24%) 100: A (46%) 101: A (25%) 102: E (27%) 103: D (25%) 104: A (31%) 105: A (14%) 106: D (41%) 107: A (24%) 108: B (24%) 109: C (21%) 110: E (35%) 111: E (47%) 112: D (49%) 113: D (20%) 114: D (17%) 115: D (20%) 116: A (47%) 117: B (60%) 118: E (16%) 119: A (16%) 120: A (27%) 121: A (24%) 122: E (15%) 123: B (38%) 124: C (71%) 125: C (24%) 126: B (50%) 127: C (28%) 128: E (26%) 129: A (29%) 130: D (28%) 131: A (15%) 132: C (34%) 133: D (23%) 134: A (36%) 135: A (32%)

Simulado 1 · Matemática

136: B (26%) 137: A (39%) 138: D (22%) 139: D (34%) 140: B (49%) 141: C (31%) 142: D (30%) 143: B (62%) 144: E (18%) 145: C (49%) 146: A (50%) 147: C (46%) 148: C (37%) 149: C (29%) 150: C (36%) 151: C (35%) 152: D (31%) 153: B (42%) 154: C (57%) 155: C (52%) 156: B (35%) 157: C (65%) 158: E (33%) 159: C (30%) 160: E (34%) 161: A (22%) 162: C (35%) 163: B (29%) 164: E (39%) 165: D (30%) 166: D (25%) 167: E (9,7%) 168: B (57%) 169: E (60%) 170: C (51%) 171: E (48%) 172: D (25%) 173: B (33%) 174: D (23%) 175: D (43%) 176: B (38%) 177: A (61%) 178: B (23%) 179: D (32%) 180: A (44%)

Revisão da semana 4

188: C 189: C 190: C 191: E 192: C 193: A 194: E 195: C 196: A 197: B 198: C 199: C

Revisão da semana 5

215: D 216: C 217: D 218: D 219: D 220: C 221: D 222: A 223: E 224: B 225: D 226: B

Simulado 2 · Ciências da Natureza

Nível deste simulado: mais fácil que a média das provas do ENEM desde 2009. Nota TRI: leia o QR Code da folha de respostas e fotografe a folha preenchida.

91: C (16%) 92: A (38%) 93: C (23%) 94: C (24%) 95: C (40%) 96: B (24%) 97: D (18%) 98: E (16%) 99: A (43%) 100: B (30%) 101: D (41%) 102: B (40%) 103: C (12%) 104: B (20%) 105: A 106: D (24%) 107: E (60%) 108: E (58%) 109: B 110: D (24%) 111: A (27%) 112: D (29%) 113: A (19%) 114: A (15%) 115: C (34%) 116: C (35%) 117: C (26%) 118: A (36%) 119: D (19%) 120: E 121: A (7,3%) 122: E (50%) 123: C (32%) 124: D (15%) 125: A (22%) 126: E (21%) 127: B (22%) 128: D (16%) 129: C (31%) 130: D (36%) 131: B (38%) 132: C (49%) 133: C (30%) 134: D (9,6%) 135: E (12%)

Simulado 2 · Matemática

136: A (17%) 137: A (30%) 138: A (25%) 139: B (35%) 140: C (25%) 141: E (49%) 142: C (49%) 143: C (57%) 144: A (22%)
145: B (27%) 146: D (47%) 147: D (32%) 148: B (32%) 149: A (55%) 150: C (28%) 151: C (39%) 152: B (19%) 153: B (30%)
154: D (61%) 155: E (38%) 156: D (51%) 157: B (24%) 158: B (46%) 159: D (25%) 160: D (32%) 161: B (34%) 162: B (39%)
163: C (44%) 164: D (18%) 165: B (43%) 166: C (22%) 167: C (36%) 168: A (59%) 169: A (37%) 170: A (30%) 171: B (16%)
172: B (61%) 173: C (37%) 174: D (17%) 175: D 176: A (28%) 177: B (38%) 178: D (20%) 179: D (23%) 180: E (26%)