Níveis de Energia e Energia de Ligação Nuclear

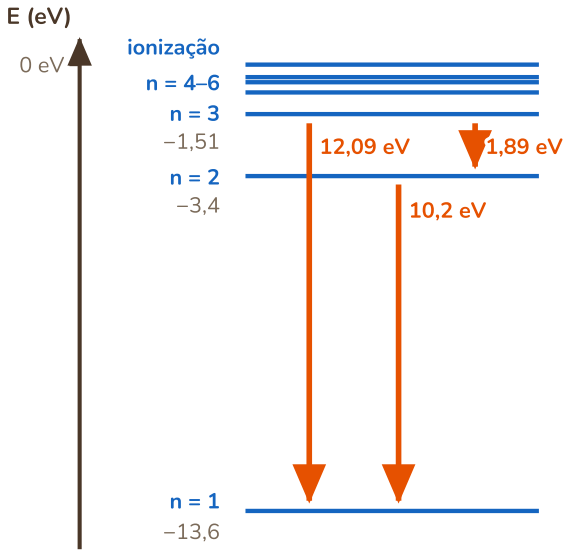
12.º Ano | Física | 4 páginas | 12 exercícios

Competências que desenvolve: ler um diagrama de níveis de energia com transições de emissão, calcular a energia e o comprimento de onda dos fotões emitidos, interpretar a curva de energia de ligação por núcleon e explicar onde a fusão e a cisão libertam energia.

Revisão rápida

- **Níveis do átomo:** a energia é **quantizada** — $E_n = -13{,}6/n^2$ eV (hidrogénio); emitir = saltar de um nível superior para um inferior e $E_{fóton} = E_i - E_f$.
- **Correspondência ótica:** $\lambda\ (nm) = 1240/E\ (eV)$ — transições grandes dão UV (Lyman), as menores do hidrogénio caem no visível (Balmer: 3→2 = 656 nm, vermelho).
- **Núcleo — energia de ligação:** $BE = \Delta m \cdot c^2$ (931,5 MeV por u); a curva **BE/A vs A** sobe até ao pico do Fe-56 (≈ 8,8 MeV/núcleon) e depois desce.
- **Libertar energia = subir a curva:** à esquerda do pico, **fusão**; à direita, **cisão** — ambos levam a núcleos mais estáveis (maior BE/A).

(a) Níveis de energia do hidrogénio
$E_n = -13{,}6/n^2$ eV · setas = emissão



(b) Energia de ligação por núcleon
pico de estabilidade · valores reais

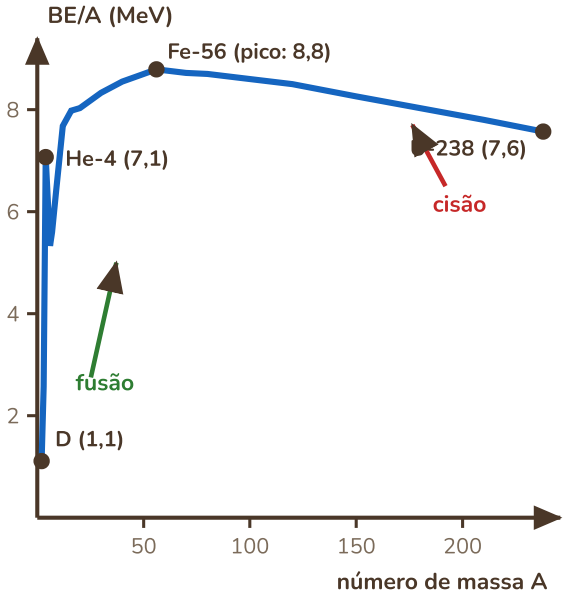


Figura 1 — (a) níveis do hidrogénio ($E_n = -13{,}6/n^2$ eV) com três emissões: 12,09 eV (n = 3→1), 10,2 eV (2→1) e 1,89 eV (3→2, λ = 656 nm — o vermelho Hα). (b) energia de ligação por núcleon com valores reais: pico no Fe-56 (8,8 MeV); libertar energia = subir a curva (fusão à esquerda, cisão à direita).

Exercícios — leitura dos diagramas

1. V/F — justifica com a Figura 1: a) As setas de emissão partem sempre de um nível mais alto e terminam num mais baixo. ( ) b) A transição 2→1 liberta 10,2 eV. ( ) c) O fotão de 3→2 tem 1,89 eV e corresponde ao vermelho (656 nm). ( ) d) Todas as transições para n = 1 dão fotões com pelo menos 10,2 eV. ( )

2. Níveis: calcula E_1, E_2 e E_3 com $E_n = -13{,}6/n^2$: ____ , ____ , ____ eV — confirma as cotas do painel (a). Porque é que os níveis se apertam perto da ionização?

3. Fóton da transição 3→1: $\Delta E = E_3 - E_1$ = ____ eV · frequência $\nu = \Delta E/h$ = ____ Hz · comprimento $\lambda = 1240/\Delta E$ = ____ nm (em que região do espetro?).

4. Balmer (visível): $\Delta E(3\to2)$ = 1,89 eV → λ = 1240/1,89 = ____ nm. Porque é que as transições para n = 2 caem no visível e as para n = 1 não?

5. Absorção: para um átomo *absorver* exatamente o fotão de 10,2 eV, em que nível está e para onde salta? E o que acontece se o fotão tiver 9 eV?

6. Ionização: energia para ionizar a partir de n = 6: $\Delta E = 0 - (-0{,}38)$ = ____ eV · a partir do estado fundamental (n = 1): ____ eV — confirma com a fórmula.

© 2026 Estudantices

7. Leitura da curva (b): BE/A: He-4 ≈ ____ MeV · Fe-56 ≈ ____ MeV (máximo) · U-238 ≈ ____ MeV. Ordena os três núcleos por estabilidade.

8. Fusão e cisão: porque é que ambos os processos libertam energia? Liga a resposta ao sentido das setas da figura: os produtos ficam ____ do que os reagentes na curva de BE/A.

9. Ligação total: BE = (BE/A) × A → para o Fe-56: 8,79 × 56 = ____ MeV. O que representa essa energia em termos de massa?

10. Defeito de massa: o He-4 tem BE = 28,3 MeV → Δm = BE/931,5 = ____ u (931,5 MeV por unidade de massa atómica). A massa do núcleo é maior ou menor que a soma dos seus nucleões?

11. Números da energia nuclear: a) Fusão simplificada: 4 deutérios (BE/A = 1,11) formam 1 He-4 (7,07): energia libertada = 4×7,07 − 4×1,11 = ____ MeV. b) Cisão: um U-238 (7,57) divide-se por dois núcleos intermédios (~8,5): energia ≈ 238 × (8,5 − 7,57) = ____ MeV.

12. Desenvolvimento. Liga os dois painéis: ambos mostram energias quantizadas — de que forma os saltos de nível em (a) e o pico da curva em (b) dizem respeito à estabilidade, e porque é que um físico lê cada figura para decidir se uma reação vale a pena?

© 2026 Estudantices

Soluções — Níveis de Energia e Energia de Ligação Nuclear

1. a) **V** — emissão = perda de energia: seta de cima para baixo, com o sobressalto entregue ao fotão. b) **V** — −3,4 − (−13,6) = 10,2 eV ✓ c) **V** — ΔE = 1,89 eV → λ = 656 nm (na fronteira do vermelho — é a linha Hα do hidrogénio). d) **V** — a transição menor para n = 1 é 2→1 (10,2 eV); todas as outras (3→1 = 12,09, etc.) dão mais.

2. E_1 = **−13,6 eV** · E_2 = −13,6/4 = **−3,4 eV** · E_3 = −13,6/9 = **−1,51 eV** ✓ Os níveis apertam-se porque $E_n \propto 1/n^2$: as diferenças entre n consecutivos encolhem depressa (13,6−3,4 = 10,2; mas 3,4−1,51 = 1,89; e depois 0,66, 0,31…), acumulando-se junto da ionização.

3. ΔE = −1,51 − (−13,6) = **12,09 eV** · ν = 12,09/4,14×10⁻¹⁵ = **2,92×10¹⁵ Hz** · λ = 1240/12,09 = **103 nm** — **ultravioleta** (série de Lyman).

4. λ = 1240/1,89 = **656 nm** (vermelho). Porque as transições para n = 2 têm *menor* ΔE: para n = 1 o salto mínimo é de 10,2 eV (λ = 122 nm, UV); para n = 2 o salto 3→2 é de 1,89 eV e com $\lambda = 1240/E$ só energias pequenas é que dão comprimentos de onda dentro dos 380–700 nm.

5. Está em **n = 1** e salta para **n = 2** (ΔE = 10,2 eV): a absorção exige igualdade exata de energia. Com 9 eV < 10,2 eV, **não há absorção** — os níveis são discretos: ou dá certo ou nada acontece.

6. De n = 6: ΔE = **0,38 eV** · de n = 1: **13,6 eV** ✓ (0 − (−13,6/n²) com n = 1 e n = 6: 13,6/36 = 0,378).

7. He-4 ≈ **7,1 MeV** · Fe-56 ≈ **8,8 MeV** · U-238 ≈ **7,6 MeV**. Estabilidade (BE/A maior): **Fe-56 > U-238 > He-4** (nesta curva — o He-4 é excepcionalmente estável para a sua massa, mas o ferro é o máximo absoluto).

8. Porque os produtos têm **maior BE/A** — ficam *mais acima* na curva que os reagentes: núcleos mais ligados, mais estáveis, e a diferença de energia sai como energia cinética/fotões. À esquerda do pico junta-se massa (fusão); à direita reparte-se (cisão) — ambos sobem a curva.

9. BE = 8,79 × 56 = **492 MeV** — é a energia que seria libertada (ou que é necessária) para desmontar o núcleo em nucleões soltos; corresponde a uma **defeito de massa**: os produtos (nucleões livres) pesam mais que o núcleo, com $BE = \Delta m \cdot c^2$.

10. Δm = 28,3/931,5 = **0,0304 u** — a massa do núcleo é **menor** que a soma das massas dos protões e neutrões: a «massa perdida» está convertida na energia de ligação (0,8% do He-4).

11. a) 4 × (7,07 − 1,11) = 4 × 5,96 = **23,8 MeV ≈ 24 MeV** por reação (ordem de grandeza real: ~23,9 MeV). b) 238 × 0,93 = **221 MeV** — ordem de grandeza da energia de uma fissão (~200 MeV reais): milhares de vezes a de uma reação química.

12. (modelo) As duas figuras mostram que a energia em átomos e núcleos só toma valores permitidos: em (a), os elétrons saltam entre níveis discretos e a diferença sai como fotão de energia exata (é a origem dos espetros — cada elemento tem o seu «código de barras»); em (b), os núcleos só existem em certas combinações de massa e energia, e a curva de BE/A diz qual é o destino energeticamente favorável: os lados sobem para o pico do ferro. Um físico lê (a) para saber que luz um gás emite ou absorve, e (b) para decidir se uma reação nuclear (fusão de pesados leves, cisão de pesados) produz energia — é a diferença entre o céu que brilha e o reator que aquece.

© 2026 Estudantices