Núcleos Atómicos: Estabilidade e Energia de Ligação

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

Competências que desenvolve: Caraterizar a estrutura do núcleo atómico, determinar a massa de defeito e a energia de ligação de um nuclídeo e interpretar o que a energia por nucleão revela sobre a estabilidade nuclear.

Revisão rápida

- **O núcleo:** protões (Z) e nêutronons ($N = A - Z$), com A o número maisico. Símbolo: ${}^{A}_{Z}X$ — ex.: ${}^{4}_{2}He$. Ocupa cerca de **10^{-15} m** e contém quase toda a massa do átomo.
- **Massa de defeito:** $\Delta m = \Sigma m(protões) + \Sigma m(nêutronons) - m(núcleo)$ — o núcleo é **mais leve** do que a soma das suas partes.
- **Energia de ligação:** $E_{lig} = \Delta m \cdot c^2$, com a troca **1 u = 931,5 MeV/c²**. Divide-se por A para comparar núcleos.
- **Curva de estabilidade:** a energia *por nucleão* atinge o máximo (≈ **8,8 MeV**) no **ferro-56**. Núcleos mais leves ganham energia ao *juntar-se* (fusão); mais pesados, ao *partir-se* (cisão).

Exercícios

1. V/F — corrige as falsas: a) «O núcleo contém nêutronons e eletrões.» ( ) b) «A energia de ligação é a energia necessária para desmontar o núcleo.» ( ) c) «Quanto maior a energia por nucleão, mais estável é o núcleo.» ( ) d) «A massa de um núcleo é igual à soma das massas dos seus nucleões.» ( )

2. Para cada nuclídeo indica Z, A e o número de nêutronons: a) ${}^{27}_{13}Al$ b) ${}^{56}_{26}Fe$ c) ${}^{238}_{92}U$.

3. Isótopos: o carbono existe como ${}^{12}_{6}C$, ${}^{13}_{6}C$ e ${}^{14}_{6}C$. a) o que têm em comum e em que diferem? b) porque é que partilham as mesmas propriedades químicas? c) qual é o mais instável?

4. Massa de defeito do hélio-4: massa dos nucleões = 2(1,007825 u) + 2(1,008665 u); massa do núcleo = 4,002603 u. a) calcula Δm b) calcula a energia de ligação em MeV c) divide pelo número de nucleões.

© 2026 Estudantices

5. Ferro-56: com massa dos nucleões = 56,463400 u e massa do núcleo = 55,934938 u: a) calcula a massa de defeito b) a energia de ligação total c) a energia por nucleão e compara com a do hélio.

6. Curva de energia por nucleão: a) onde está o máximo? b) o que significa um núcleo estar à esquerda do máximo? c) e à direita? d) como se chama cada processo?

7. Deutério: $^{2}_{1}H$ tem massa 2,014102 u, enquanto 1 protão + 1 nêutron somam 2,016490 u. a) calcula Δm b) calcula a energia de ligação e a por nucleão c) é este núcleo fortemente ligado em comparação com o hélio-4?

8. Unidades: a) porque é que se usa a unidade atómica de massa em vez de quilogramas? b) confirma que 1 u = 931,5 MeV/c² c) expressa 0,030377 u em MeV e em joules.

© 2026 Estudantices

9. De onde vem a energia: a) se o núcleo é mais leve, onde está a energia que ele tem? b) escreve $E = \Delta m c^2$ e indica o que significa o fator c^2 c) porque é que uma pequena massa dá tanta energia?

10. Forças no núcleo: a) qual é a força que mantém os protões juntos, apesar da repulsão elétrica? b) porque é que essa força tem de ser de *alcance curtíssimo*? c) o que acontece quando os nucleões se afastam além desse alcance?

11. Tamanho e densidade: usando $r = 1{,}2 \times A^{1/3}$ fm, calcula o raio do núcleo de a) hélio ($A = 4$) b) urânio ($A = 238$) c) porque é que a densidade da matéria nuclear praticamente não varia?

12. Desdevolvimento. Explica por que processo um núcleo muito leve e um núcleo muito pesado aumentam a sua estabilidade, e por que a energia disponível é maior no primeiro caso do que no segundo, referindo a curva de energia por nucleão.

© 2026 Estudantices

Soluções — Núcleos Atómicos: Estabilidade e Energia de Ligação

1. a) **F** — núcleo: protões e nêutronons; os eletrões estão fora b) **V** — é exatamente a energia que se teria de fornecer para separar todos os nucleões c) **V** — é a medida direta da coesão d) **F** — é **inferior**, e a diferença é a massa de defeito.

2. a) $Z = 13 \cdot A = 27$ · nêutronons = 14 b) $Z = 26 \cdot A = 56$ · nêutronons = 30 c) $Z = 92 \cdot A = 238$ · nêutronons = 146.

3. a) têm o mesmo $Z = 6$ (portanto as mesmas propriedades químicas) e o mesmo número de nêutronons não — diferem em A (12, 13, 14) b) porque a química depende dos eletrões, e esses ficam iguais quando Z é igual c) o ^{14}C — é o único radioativo dos três, e é o que se usa na datação.

4. a) nucleões: 2,015650 + 2,017330 = 4,032980 u → $\Delta m = 4{,}032980 - 4{,}002603 =$ **0,030377 u** b) $E_{lig} = 0{,}030377 \times 931{,}5 =$ **28,3 MeV** c) $28{,}3/4 =$ **7,07 MeV por nucleão**.

5. a) $\Delta m = 56{,}463400 - 55{,}934938 =$ **0,528462 u** b) $0{,}528462 \times 931{,}5 =$ **492,3 MeV** c) $492{,}3/56 =$ **8,79 MeV por nucleão** — muito acima dos 7,07 MeV do hélio, o que confirma que o ferro é dos núcleos mais estáveis.

6. a) no **ferro-56**, com ≈ 8,8 MeV por nucleão b) o núcleo pode ganhar energia ao **fundir-se** com outro → **fusão** c) pode ganhar energia ao **fragmentar-se** → **cisão** d) são os dois modos de chegar ao máximo da curva.

7. a) $\Delta m = 2{,}016490 - 2{,}014102 =$ **0,002388 u** b) $E = 0{,}002388 \times 931{,}5 =$ **2,22 MeV** → $2{,}22/2 =$ **1,11 MeV por nucleão** c) **não** — é muito menos ligado: 1,11 contra 7,07 MeV por nucleão, o que se vê na prática porque o deutério é estável mas fraco e fácil de partir.

8. a) porque as massas nucleares são da ordem de $10^{-25}\,kg$ — quilogramas dariam decimais inescritíveis b) $1\ u = 1{,}6605 \times 10^{-27}\,kg$ → $mc^2 = 1{,}6605 \times 10^{-27} \times 9 \times 10^{16} = 1{,}494 \times 10^{-10}\,J$ ÷ $1{,}60 \times 10^{-19} =$ **931,5 MeV** ✓ c) **28,3 MeV = 4,53 × 10⁻¹² J**.

9. a) a energia está «escondida» na massa que *faltou* — não é energia cinética, é energia de ligação medida em massa b) $E = \Delta m c^2$: $c^2 = 9 \times 10^{16}$ m²/s² c) porque esse fator é enorme: um grama de matéria equivaleria a dezenas de megajoules, o que explica porque é que a fusão das estrelas e a fissão das centrais libertam tanta energia com tão pouca massa.

10. a) a **força nuclear forte**, de origem quark, entre nucleões b) porque é essa força que tem de vencer a repulsão eletrostática entre os protões, mas só é apreciável a distâncias da ordem de $10^{-15}\,m$ c) além desse alcance a força desvanece-se e passa a dominar a repulsão elétrica — o núcleo fica instável e tende a emitir partículas.

11. a) $r = 1{,}2 \times 4^{1/3} = 1{,}2 \times 1{,}587 =$ **1,90 fm** b) $r = 1{,}2 \times 238^{1/3} = 1{,}2 \times 6{,}20 =$ **7,44 fm** c) porque A é proporcional ao **volume** ($A \propto r^3$): ao dobrar o número de nucleões dobra-se o volume, e a massa, proporcional a A, distribui-se por esse volume — a densidade fica sempre na ordem de **2,3 × 10¹⁷ kg/m³**.

12. (modelo) A curva de energia por nucleão tem um máximo no ferro: todos os núcleos, por qualquer lado que venham, ganham energia ao se moverem *em direção a ele*. Os muito leves estão à esquerda e ganham mais ao juntar-se — a fusão sobe a curva devagar mas continuamente, e é por isso que as estrelas conseguem tirar dela tanta energia durante milhares de milhões de anos. Os muito pesados, à direita, ganham ao partir-se: a cisão dá um passo maior, mas há menos matéria a converter e a curva cai depressa. A diferença explica-se pela forma da curva — ela é íngreme junto do hélio e quase plana perto do ferro — e é por isso que, por quilograma, a fusão rende muito mais do que a cisão.

© 2026 Estudantices