



INSTITUTO DE FÍSICA  
Universidade Federal Fluminense

# Física 4

P3 - 07/01/2017

Atenção: Leia as recomendações antes de fazer a prova.

- 1- Assine seu nome de forma LEGÍVEL na folha do cartão de respostas.
- 2- Leia os enunciados com atenção.
- 3- Analise sua resposta. Ela faz sentido? Isso poderá ajudá-lo a encontrar erros.
- 4- A não ser que seja instruído diferentemente, assinale apenas uma das alternativas das questões;
- 5- **Nas questões assinaladas com asterisco (\*) assinale a resposta mais próxima da obtida por você. Não serão aceitas respostas nestas questões sem os devidos cálculos!**
- 6- Marque as respostas das questões no CARTÃO RESPOSTA.
- 7- Preencha integralmente o círculo no cartão resposta (com caneta) referente a sua resposta.
- 8- **Não é permitido portar celular (mesmo que desligado) durante a prova. O(A) estudante flagrado(a) com o aparelho terá a prova recolhida e ficará com nota zero neste exame.**

Nota:

Nome: <input style="width: 80%;" type="text"/>	
Matrícula: <input style="width: 90%;" type="text"/>	Turma: <input style="width: 90%;" type="text"/>

A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	11	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	12	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	13	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	14	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	15	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	16	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	17	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	18	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	19	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	20	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Dados

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2 \quad \square \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 300 \text{ m}/\mu\text{s} \quad \square \quad h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

$$1 \text{ Bq} = \text{dec/s} \quad \square \quad 1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq} \quad \square \quad 1 \text{ gray} = 1 \text{ Gy} = 1,00 \text{ J/Kg}$$

$$k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} = 8,617 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K} \quad N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad \square \quad e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$1 \text{ elétron-volt} = 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad \square \quad h^2/(8m_{\text{elétron}}) = 0,60314 \cdot 10^{-37} \text{ J}$$

$$hc = 1242 \text{ nm} \cdot \text{eV} \quad \square \quad m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0,00055u = 0,511 \text{ MeV}/c^2$$

$$u = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,49 \text{ MeV}/c^2$$

$$m_{\text{próton}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,00728u \quad \square \quad m_{\text{nêutron}} = 1,00866u \quad \square \quad m_{\text{Hidrogênio}} = 1,00783u \quad \square \quad a_B = 0,0529 \text{ nm}$$

$$E_{\text{rep elétron}}^{\text{rep}} = 81,87 \cdot 10^{-15} \text{ J} = 511 \text{ KeV} \quad \square \quad a_{cp} = v^2/r \quad \square \quad F_m = qvB \quad \square \quad F_E = qE \quad \square \quad U = qV$$

$$\Delta t = \gamma \Delta t' = \gamma \Delta \tau \quad \square \quad L' = L/\gamma = l/\gamma \quad \square \quad \gamma_p^2 = 1 - (v_p/c)^2 \quad \square \quad p = \gamma m v \quad \square \quad E = \gamma m c^2 \quad \square \quad E = pc$$

$$x' = \gamma (x - vt) \quad \square \quad y' = y \quad \square \quad z' = z \quad \square \quad t' = \gamma (t - vx/c^2) \quad \square \quad \Delta x' = \gamma (\Delta x + v \Delta t)$$

$$\Delta t' = \gamma (\Delta t - v \Delta x/c^2) \quad \square \quad u' = (u-v)/(1-uv/c^2)$$

$$x = \gamma (x' + vt') \quad \square \quad y = y' \quad \square \quad z = z' \quad \square \quad t = \gamma (t' + vx'/c^2) \quad \square \quad \Delta x = \gamma (\Delta x' - v \Delta t')$$

$$\Delta t = \gamma (\Delta t' + v \Delta x'/c^2) \quad \square \quad u = (u'+v)/(1+u'v/c^2)$$

$$E_{\text{fóton}} = hf \quad \square \quad \lambda = h/p \quad \square \quad P = Rhf = E/\Delta t \quad \square \quad I = P/A = E/(\Delta t H \delta x) \quad \square \quad I \propto |A(x)|^2 \quad \square \quad V_{\text{corte}} = h(f-f_0)/e$$

$$d\text{sen}(\theta) = m\lambda; \quad d\text{sen}(\theta) = (m+1/2)\lambda; \quad m=1,2,\dots \quad \square \quad Y_1 = \lambda L/d \text{ se } \theta \ll 1$$

$$E_n = n^2 \cdot h^2/(8mL^2) \quad \square \quad r_n = n^2 \cdot a_B \quad \square \quad v_n = v_1/n \quad \square \quad E_n = - (13,6 \text{ eV})/n^2 \quad \square \quad L = n\hbar; \quad n=1,2,3, \dots$$

$$\lambda_{n \rightarrow m} = \lambda_0 / (1/m^2 - 1/n^2); \quad \lambda_0 = 8\pi\epsilon_0 h c a_B / e^2 = 91,18 \text{ nm}; \quad m=1,2,\dots; \quad n=m+1, m+2, \dots$$

$$\Delta x \Delta p \geq h/2 \quad \square \quad \Delta f \Delta t \geq 1 \quad \square \quad \text{Prob}(\delta x(x)) = N(\delta x(x))/N_{\text{tot}} = |A(x)|^2 \delta x \quad \square \quad P(x) = |\Psi(x)|^2 \quad \square \quad \int_{-\infty}^{+\infty} P(x) dx = 1$$

$$P_{\text{túnel}} = e^{-2w/\eta} \quad \square \quad \eta = \hbar/\sqrt{2m(U_o - E)}$$

$$\frac{d^2\psi}{dx^2} = -\frac{2m}{\hbar} [E - U(x)]\psi(x) \quad \square \quad \psi_{nlm}(r, \theta, \varphi) = R_{nl}(r)Y_{lm}(\theta, \varphi)$$

$$P_{\text{rad}}(r) = 4\pi r^2 |R_{nl}(r)|^2 \quad \square \quad \int_0^{+\infty} P_{\text{rad}}(r) dr = 1 \quad \square \quad L = \sqrt{l(l+1)}\hbar \quad \square \quad L_z = m\hbar$$

$$\theta_{lm} = \arccos(L_z/L) \quad \square \quad S_z = m_s \hbar$$

$$\alpha = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dT} \quad \square \quad n = \frac{\text{massa específica}}{M/N_a} \quad \square \quad N(E) = \frac{8\sqrt{2}\pi m^{3/2}}{h^3} E^{1/2}$$

$$P(E) = \frac{1}{e^{(E-E_f)/kT} + 1} \quad \square \quad N_o(E) = N(E)P(E) \quad \square \quad E_f = \frac{0,121h^2}{m} n^{2/3}$$

$$E_n = (n - 1/2)\hbar\omega \quad \square \quad \omega = 2\pi f = \sqrt{k/m} \quad \square \quad -l \leq m \leq +l \quad \square \quad 0 \leq l \leq n-1 \quad \square \quad \Delta l = \pm 1 \quad \square \quad r = r_o A^{1/3}$$

$$B = (Zm_H + Nm_N - m_{\text{átomo}}) \cdot (931,49 \text{ MeV/u}) \quad \square \quad R = Nr \quad \square \quad N = N_o e^{-t/\tau} = N_o (1/2)^{t/t_{1/2}} \quad \square \quad t_{1/2} = \tau \ln 2$$

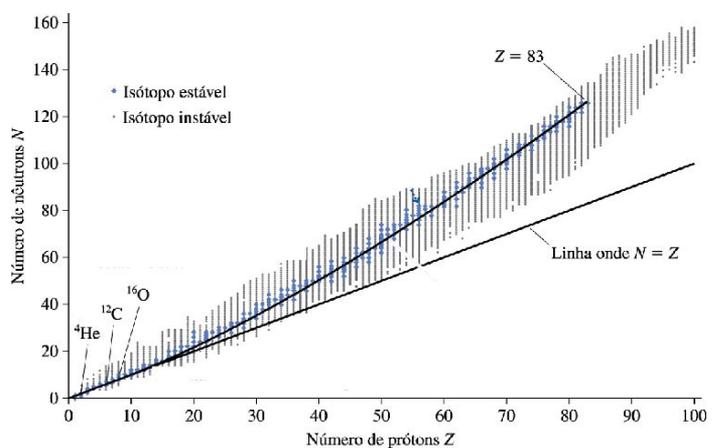
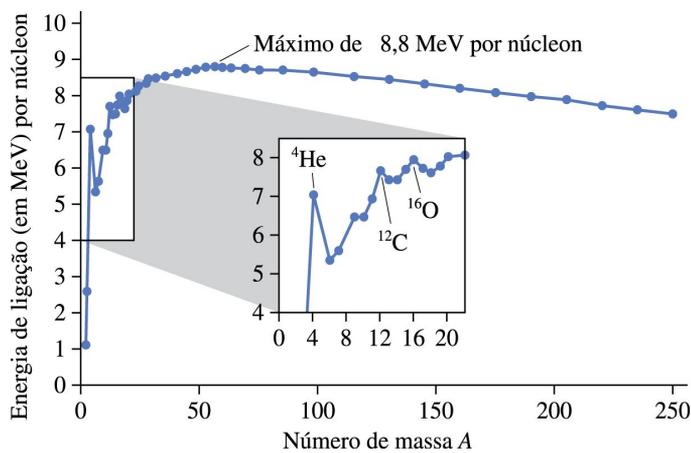
Período

1																	2		
H																	He		
3	4													5	6	7	8	9	10
Li	Be													B	C	N	O	F	Ne
11	12	Elementos de transição												13	14	15	16	17	18
Na	Mg													Al	Si	P	S	Cl	Ar
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36		
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr		
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54		
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112								
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg									

Lantanídeos	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Actinídeos	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

Elementos de transição interna



### Enunciado referente às questões 1 e 2.

Em um dado modelo para a descrição de um átomo excitado, três elétrons se encontram em uma caixa rígida unidimensional de comprimento igual a 1,0 nm. Dois deles estão no estado fundamental ( $n=1$ ), e o terceiro no estado  $n=6$ . A regra de seleção para esta caixa rígida permite apenas as transições nas quais  $\Delta n$  é um número par. Neste modelo simplificado não há restrição nenhuma quanto ao número de elétrons por nível.

**1\***- O maior comprimento de onda emitido por uma amostra desses átomos durante a relaxação vale aproximadamente

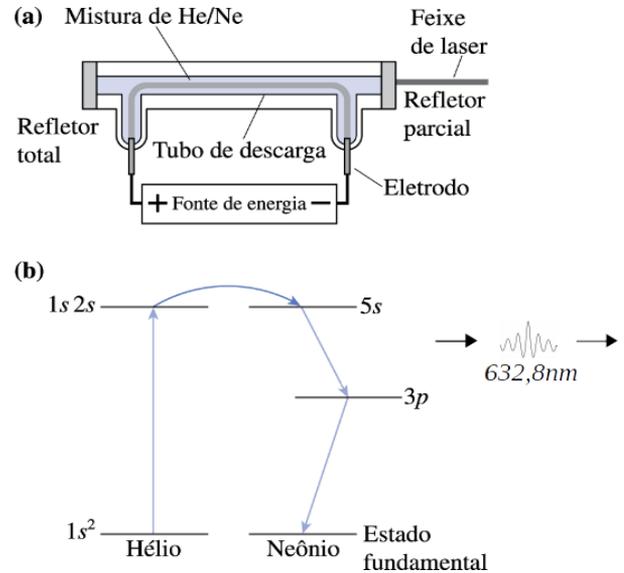
- A) 94 nm.
- B) 103 nm.
- C) 122 nm.
- D) **165 nm.**
- E) 297nm

**2\***- Um dado laser pulsado é construído com uma amostra de átomos descritos pelo modelo acima que, dentro de uma cavidade, sofrem apenas transições entre os níveis 6 e 4. O número de átomos que sofrem emissão estimulada a fim de gerar um pulso de 200MW e 5ns de duração vale aproximadamente

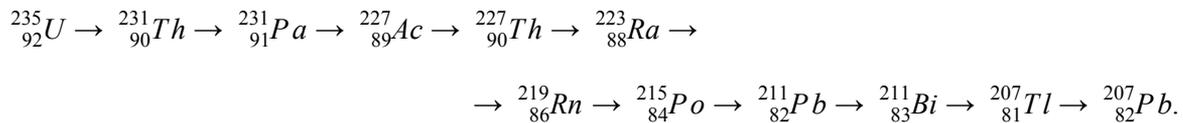
- A)  $1,3 \cdot 10^{+18}$
- B)  $1,5 \cdot 10^{+18}$
- C)  **$8,3 \cdot 10^{+17}$**
- D)  $5,2 \cdot 10^{+17}$
- E)  $4,6 \cdot 10^{+17}$

3- As figuras (a) e (b) ao lado ilustram o esquema de um laser HeNe e parte do diagrama de níveis do He e do Ne, respectivamente. As flechas indicam as transições energéticas sofridas por ambos os átomos durante o funcionamento do laser. A transição  $1s^2 \rightarrow 1s2s$  ocorre por meio de descarga elétrica e a emissão de luz ocorre na transição  $5s \rightarrow 3p$  do Ne. Com base nestas informações, qual a alternativa que melhor representa uma relação entre as *vidas médias* ( $\tau$ ) dos níveis de energia ilustrados?

- A)  $\tau_{1s2}^{\text{He}} > \tau_{5s}^{\text{Ne}} > \tau_{3p}^{\text{Ne}}$   
 B)  $\tau_{1s2}^{\text{He}} > \tau_{3p}^{\text{Ne}} > \tau_{5s}^{\text{Ne}}$   
 C)  $\tau_{1s2}^{\text{He}} > \tau_{3p}^{\text{Ne}} = \tau_{5s}^{\text{Ne}}$   
 D)  $\tau_{1s2}^{\text{He}} = \tau_{3p}^{\text{Ne}} < \tau_{5s}^{\text{Ne}}$   
 E)  $\tau_{1s2}^{\text{He}} = \tau_{5s}^{\text{Ne}} = \tau_{3p}^{\text{Ne}}$



Considere a seguinte cadeia de decaimento para responder às questões 4 e 5.



4- Podemos concluir que neste processo de decaimento:

- A) 7 partículas *alfa* e 3 partículas *beta mais* são liberadas.  
 B) 7 partículas *alfa* e 3 partículas *beta menos* são liberadas.  
 C) 7 partículas *alfa* e 3 fótons de *raio gama* são liberados.  
 D) 7 partículas *beta menos* e 3 partículas *alfa* são liberadas.  
 E) 7 partículas *beta mais* e 3 partículas *alfa* são liberadas.

5- Podemos concluir que essa cadeia de decaimento

- A) se desenvolve apenas até o  ${}_{84}^{215}\text{Po}$ , cuja energia de ligação por núcleon vale aproximadamente 19,8eV.  
 B) se desenvolve apenas até o  ${}_{84}^{215}\text{Po}$ , cuja energia de ligação por núcleon vale aproximadamente 8,5eV.  
 C) se desenvolve apenas até o  ${}_{83}^{211}\text{Bi}$ , cuja energia de ligação por núcleon vale aproximadamente 19,7eV.  
 D) se desenvolve apenas até o  ${}_{82}^{211}\text{Pb}$ , cuja energia de ligação por núcleon vale aproximadamente 19,6eV.  
 E) se desenvolve integralmente até o  ${}_{82}^{207}\text{Pb}$ , cuja energia de ligação por núcleon vale aproximadamente 7,7eV.

6- As barras de controle de um reator nuclear são usadas para:

- A) desacelerar nêutrons.  
 B) adicionar combustível ao reator.  
 C) absorver nêutrons.  
 D) produzir nêutrons.  
 E) absorver raios- $\gamma$ .

**As próximas duas questões estão baseadas no texto abaixo**

Considere a fissão do  $^{238}\text{U}$  por nêutrons rápidos. Em um desses eventos de fissão, nenhum nêutron foi emitido, e os produtos finais estáveis, depois de dez decaimentos beta dos produtos primários da fissão, foram o  $^{140}\text{Ce}$  e o  $^{99}\text{Ru}$ . As massas envolvidas são

$$^{238}\text{U} = 238,05079 \text{ u} - ^{140}\text{Ce} = 139,90543 \text{ u} - ^{99}\text{Ru} = 98,905 \text{ u} - n = 1,00860 \text{ u}$$

**7\***- O valor da energia liberada nesta primeira etapa da fissão vale aproximadamente

- A) 1,1 MeV
- B) 11 MeV
- C) 26 MeV
- D) 260 MeV**
- E) 2,60 GeV

**8\***- Uma usina elétrica utiliza como fonte de energia um reator nuclear de água pressurizada. A potência térmica gerada no núcleo do reator é de 3400 MW, e a usina é capaz de gerar 1100 MW de eletricidade. A carga de combustível é utilizada na forma de óxido de urânio enriquecido a 3,00% de  $^{235}\text{U}$ . Cada evento de fissão do  $^{235}\text{U}$  libera aproximadamente 200 MeV de energia. Assumindo que apenas o processo de fissão seja responsável pelo consumo do  $^{235}\text{U}$  e que  $m_{^{235}\text{U}} = 235\text{u}$ , qual a taxa de consumo do  $^{235}\text{U}$ ?

- A) 0,124 mg/s
- B) 1,461 mg/s
- C) 10,46 mg/s
- D) 37,22 mg/s
- E) 41,46 mg/s**

**As questões 9 e 10 estão baseadas no texto abaixo**

Em outubro de 1997 a NASA lançou a sonda robótica Cassini em direção ao planeta Saturno, aonde ela chegou em 2004. Desde então, esta sonda vem transmitindo imagens e dados espetaculares sobre este planeta, seus anéis e seus muitos satélites. A fonte de energia usada para manter os sistemas da sonda funcionando é o calor proveniente do decaimento radioativo de cápsulas contendo plutônio ( $^{238}\text{Pu}$ ), parte do qual é depois convertido em energia elétrica. Na época do lançamento, havia um total de **39,529 kg** de  $^{238}\text{Pu}$  a bordo.

Dados: meia-vida do  $^{238}\text{Pu}$  = **87,7 anos**;

massa de um átomo de  $^{238}\text{Pu}$  : **238.049553 u**

energia térmica liberada em cada decaimento de um átomo de  $^{238}\text{Pu}$ : **5.6 MeV**

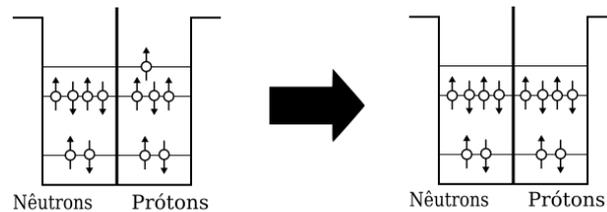
**9\***- Qual era, aproximadamente, a potência térmica liberada pela fonte radioativa na época do lançamento?

- A) 300 W      B) 1,41 kW      **C) 2,24 kW**      D) 7,88 kW      E) 19,2 kW

**10\***- Quando a bateria alimentará o satélite com 83% da potência original (da data do lançamento)?

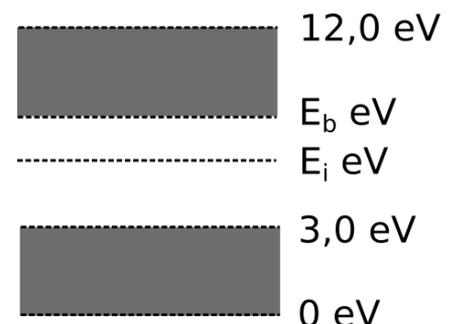
- a) em janeiro de 2017  
**b) em maio de 2020**  
c) em outubro de 2025  
d) em março de 2029  
e) em dezembro de 2038

11- De acordo com a representação baseado no modelo de camadas nucleares, a transição de estabilização representada abaixo é feita por meio



- A) de um decaimento  $\alpha$
- B) de um decaimento  $\beta^+$
- C) de um decaimento  $\beta^-$
- D) de um decaimento  $\gamma$**
- E) de uma emissão estimulada

12- Na figura ao lado estão representadas duas bandas de energia de um sólido hipotético. Em  $T=0K$ , as bandas estão preenchidas até um certo nível  $E_x$  (não indicado na fig.). Dependendo do caso, pode haver ou não um nível intermediário  $E_i$ .



Considere as seguintes situações de valores para os níveis mencionados:

- (i)  $E_x = 3,0 \text{ eV}$ ,  $E_b = 9,0 \text{ eV}$ ,  $E_i$  inexistente.
- (ii)  $E_x = 3,0 \text{ eV}$ ,  $E_b = 4,10 \text{ eV}$ ,  $E_i = 4,06 \text{ eV}$ .
- (iii)  $E_x = 3,0 \text{ eV}$ ,  $E_b = 4,10 \text{ eV}$ ,  $E_i = 3,04 \text{ eV}$ .
- (iv)  $E_x = 1,5 \text{ eV}$ ,  $E_b = 9,0 \text{ eV}$ ,  $E_i$  inexistente.

Podemos afirmar que, na sequência (i), (ii), (iii), e (iv) temos:

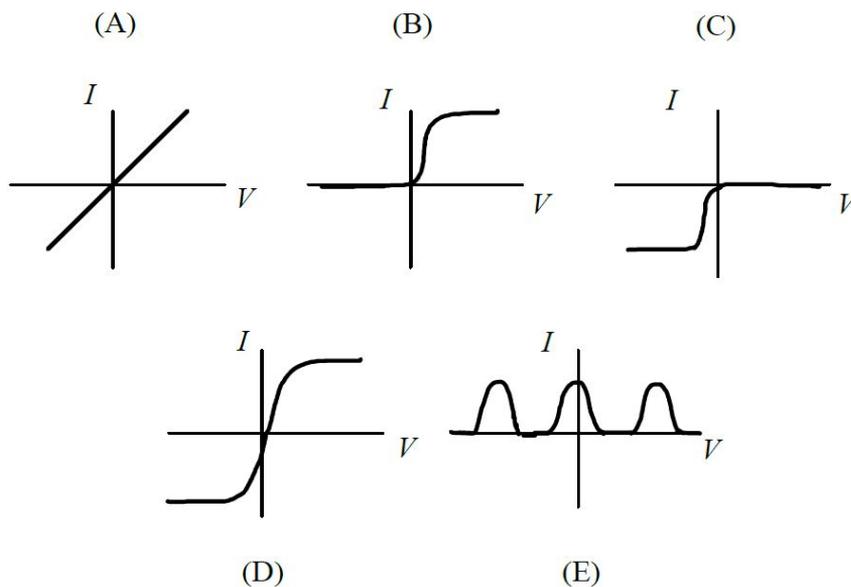
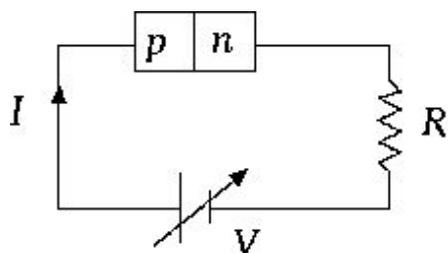
- A) metal, semicondutor dopado tipo p, semicondutor dopado tipo n, isolante.
- B) isolante, semicondutor dopado tipo p, semicondutor dopado tipo n, metal.
- C) isolante, semicondutor dopado tipo n, semicondutor dopado tipo p, metal.**
- D) semicondutor puro, semicondutor dopado tipo p, semicondutor dopado tipo n, isolante.
- E) isolante, semicondutor dopado tipo n, semicondutor dopado tipo p, isolante.

13- Uma tensão constante é aplicada em um diodo retificador, de forma que um valor positivo de corrente seja medido por um amperímetro. Ao se inverter a polaridade dessa tensão, espera-se que:

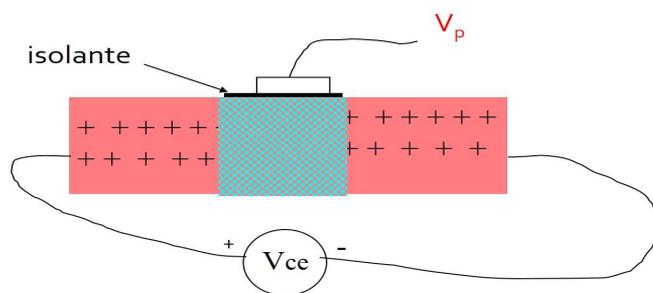
- A) A corrente se torne negativa.
- B) A corrente diminua em módulo, mas se mantenha positiva.

- C) Nenhuma alteração acontece.  
 D) A corrente aumenta em módulo, mas se mantenha positiva.  
 E) A corrente se torne nula.

14- Uma junção p-n está conectada a um resistor e a uma fonte de tensão variável como mostrado na figura abaixo. Qual dos seguintes gráficos melhor descreve a corrente no circuito em função da tensão aplicada? A tensão está sendo aplicada aproximadamente no intervalo de + 10 V até - 10 V.



15- A figura ao lado representa um transistor FET de junção p-n-p, onde a área hachurada representa a zona de depleção e os sinais positivos representam os portadores em maioria (buracos). O que acontece quando, mantendo a fonte de controle  $V_{ce}$  ligada com a polaridade indicada, aplicamos uma voltagem  $V_p$  (i) positiva e (ii) negativa, de intensidade muito alta?



- A) (i) não há corrente atravessando o transistor e (ii) aparece corrente atravessando o transistor.  
 B) (i) não há corrente atravessando o transistor e (ii) não há corrente atravessando o transistor.  
 C) (i) aparece corrente atravessando o transistor e (ii) aparece corrente atravessando o transistor.  
 D) (i) aparece corrente atravessando o transistor e (ii) não há corrente atravessando o transistor.  
 E) É imprevisível em ambos os casos, pois depende da condutividade elétrica do material isolante.



INSTITUTO DE FÍSICA  
Universidade Federal Fluminense

# Física 4

P3 - 07/01/2017

Atenção: Leia as recomendações antes de fazer a prova.

- 1- Assine seu nome de forma LEGÍVEL na folha do cartão de respostas.
- 2- Leia os enunciados com atenção.
- 3- Analise sua resposta. Ela faz sentido? Isso poderá ajudá-lo a encontrar erros.
- 4- A não ser que seja instruído diferentemente, assinale apenas uma das alternativas das questões;
- 5- **Nas questões assinaladas com asterisco (\*) assinale a resposta mais próxima da obtida por você. Não serão aceitas respostas nestas questões sem os devidos cálculos!**
- 6- Marque as respostas das questões no CARTÃO RESPOSTA.
- 7- Preencha integralmente o círculo no cartão resposta (com caneta) referente a sua resposta.
- 8- **Não é permitido portar celular (mesmo que desligado) durante a prova. O(A) estudante flagrado(a) com o aparelho terá a prova recolhida e ficará com nota zero neste exame.**

Nota:

Nome:	
Matrícula:	Turma:

A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
1	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	11	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
2	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	12	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
3	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	13	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
4	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	14	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
5	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	15	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
6	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	16	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
7	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	17	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
8	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	18	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
9	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	19	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
10	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	20	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

## Dados

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2 \quad \square \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 300 \text{ m}/\mu\text{s} \quad \square \quad h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

$$1 \text{ Bq} = \text{dec/s} \quad \square \quad 1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq} \quad \square \quad 1 \text{ gray} = 1 \text{ Gy} = 1,00 \text{ J/Kg}$$

$$k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} = 8,617 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K} \quad N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad \square \quad e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$1 \text{ elétron-volt} = 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad \square \quad h^2/(8m_{\text{elétron}}) = 0,60314 \cdot 10^{-37} \text{ J}$$

$$hc = 1242 \text{ nm} \cdot \text{eV} \quad \square \quad m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0,00055u = 0,511 \text{ MeV}/c^2$$

$$u = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,49 \text{ MeV}/c^2$$

$$m_{\text{próton}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,00728u \quad \square \quad m_{\text{nêutron}} = 1,00866u \quad \square \quad m_{\text{Hidrogênio}} = 1,00783u \quad \square \quad a_B = 0,0529 \text{ nm}$$

$$E_{\text{elétron}}^{\text{rep}} = 81,87 \cdot 10^{-15} \text{ J} = 511 \text{ KeV} \quad \square \quad a_{\text{cp}} = v^2/r \quad \square \quad F_m = qvB \quad \square \quad F_E = qE \quad \square \quad U = qV$$

$$\Delta t = \gamma \Delta t' = \gamma \Delta T \quad \square \quad L' = L/\gamma = l/\gamma \quad \square \quad \gamma_p^2 = 1 - (v_p/c)^2 \quad \square \quad p = \gamma m v \quad \square \quad E = \gamma m c^2 \quad \square \quad E = pc$$

$$x' = \gamma (x - vt) \quad \square \quad y' = y \quad \square \quad z' = z \quad \square \quad t' = \gamma (t - vx/c^2) \quad \square \quad \Delta x' = \gamma (\Delta x + v \Delta t)$$

$$\Delta t' = \gamma (\Delta t - v \Delta x/c^2) \quad \square \quad u' = (u-v)/(1-uv/c^2)$$

$$x = \gamma (x' + vt') \quad \square \quad y = y' \quad \square \quad z = z' \quad \square \quad t = \gamma (t' + vx'/c^2) \quad \square \quad \Delta x = \gamma (\Delta x' - v \Delta t')$$

$$\Delta t = \gamma (\Delta t' + v \Delta x'/c^2) \quad \square \quad u = (u'+v)/(1+u'v/c^2)$$

$$E_{\text{fóton}} = hf \quad \square \quad \lambda = h/p \quad \square \quad P = Rhf = E/\Delta t \quad \square \quad I = P/A = E/(\Delta t H \delta x) \quad \square \quad I \propto |A(x)|^2 \quad \square \quad V_{\text{corte}} = h(f-f_0)/e$$

$$d\text{sen}(\theta) = m\lambda; \quad d\text{sen}(\theta) = (m+1/2)\lambda; \quad m=1,2,\dots \quad \square \quad Y_1 = \lambda L/d \text{ se } \theta \ll 1$$

$$E_n = n^2 \cdot h^2 / (8mL^2) \quad r_n = n^2 \cdot a_B \quad v_n = v_1/n \quad E_n = - (13,6 \text{ eV})/n^2 \quad L = n\hbar; n=1,2,3, \dots$$

$$\lambda_{n \rightarrow m} = \lambda_0 / (1/m^2 - 1/n^2); \quad \lambda_0 = 8\pi\epsilon_0 h c a_B / e^2 = 91,18 \text{ nm}; \quad m=1,2,\dots; \quad n=m+1, m+2,\dots$$

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar/2 \quad \Delta f \Delta t \geq 1 \quad \text{Prob}(\delta x(x)) = N(\delta x(x)) / N_{\text{tot}} = |A(x)|^2 \delta x \quad P(x) = |\Psi(x)|^2 \quad \int_{-\infty}^{+\infty} P(x) dx = 1$$

$$P^{\text{túnel}} = e^{-2w/\eta} \quad \eta = \hbar / \sqrt{2m(U_0 - E)}$$

$$\frac{d^2 \Psi}{dx^2} = -\frac{2m}{\hbar^2} [E - U(x)] \Psi(x) \quad \Psi_{nlm}(r, \theta, \phi) = R_{nl}(r) Y_{lm}(\theta, \phi)$$

$$P_{\text{rad}}(r) = 4\pi r^2 |R_{nl}(r)|^2 \quad \int_0^{+\infty} P_{\text{rad}}(r) dr = 1 \quad L = \sqrt{l(l+1)} \hbar \quad L_z = m \hbar$$

$$\theta_{lm} = \arccos(L_z / L) \quad S_z = m_s \hbar$$

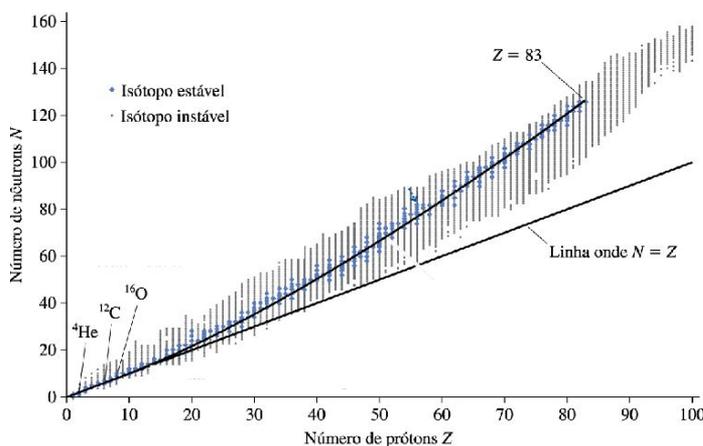
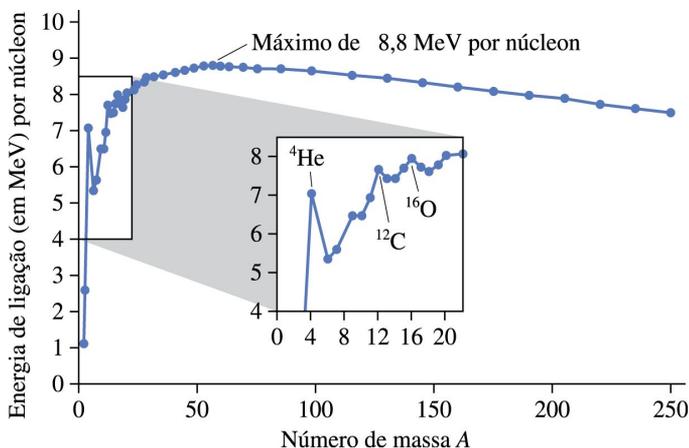
$$\alpha = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dT} \quad n = \frac{\text{massa específica}}{M/N_a} \quad N(E) = \frac{8\sqrt{2} \pi m^{3/2}}{h^3} E^{1/2}$$

$$P(E) = \frac{1}{e^{(E-E_f)/kT} + 1} \quad N_o(E) = N(E)P(E) \quad E_f = \frac{0,121 h^2}{m} n^{2/3}$$

$$E_n = (n-1/2) \hbar \omega \quad \omega = 2\pi f = \sqrt{k/m} \quad -l \leq m \leq +l \quad 0 \leq l \leq n-1 \quad \Delta l = \pm 1 \quad r = r_0 A^{1/3}$$

$$B = (Zm_H + Nm_N - m_{\text{átomo}}) \cdot (931,49 \text{ MeV/u}) \quad R = Nr \quad N = N_0 e^{-t/\tau} = N_0 (1/2)^{t/t_{1/2}} \quad t_{1/2} = \tau \ln 2$$

Período	1																	2								
	H																	He								
	3	4																	5	6	7	8	9	10		
	Li	Be																	B	C	N	O	F	Ne		
	11	12	Elementos de transição																13	14	15	16	17	18		
	Na	Mg																	Al	Si	P	S	Cl	Ar		
	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36								
	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr								
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54								
	Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe								
	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86								
	Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn								
	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112														
	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg															
Lantanídeos	58													59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	Ce													Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Actinídeos	90													91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Th													Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
	Elementos de transição interna																									



**Enunciado referente às questões 1 e 2.**

Em um dado modelo para a descrição de um átomo excitado, três elétrons se encontram em uma caixa rígida unidimensional de comprimento igual a 1,0 nm. Dois deles estão no estado fundamental ( $n=1$ ), e o terceiro no estado  $n=6$ . A regra de seleção para esta caixa rígida permite apenas as transições nas quais  $\Delta n$  é um número par. Neste modelo simplificado não há restrição nenhuma quanto ao número de elétrons por nível.

**1\***- O menor comprimento de onda emitido por uma amostra desses átomos durante a relaxação vale aproximadamente

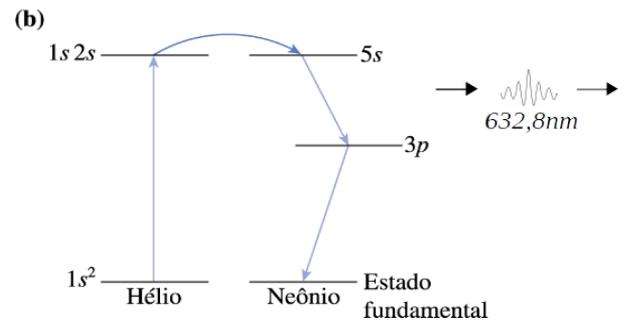
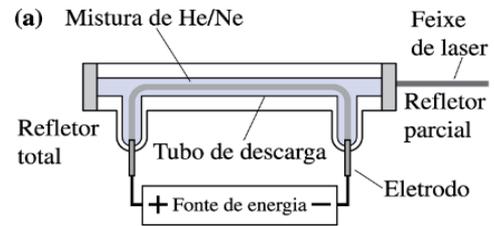
- A) 94 nm.
- B) 103 nm.
- C) 122 nm.
- D) 165 nm.
- E) 297nm

**2\***- Um dado laser pulsado é construído com uma amostra de átomos descritos pelo modelo acima que, dentro de uma cavidade, sofrem apenas transições entre os níveis 6 e 4. O número de átomos que sofrem emissão estimulada a fim de gerar um pulso de 200MW e 2,5ns de duração vale aproximadamente

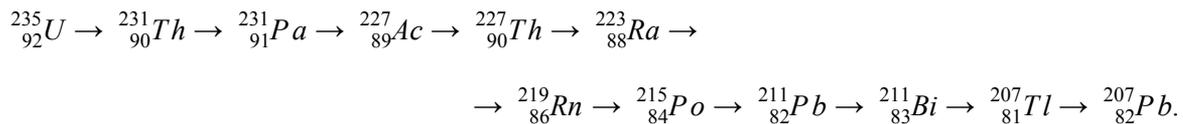
- A)  $1,3 \cdot 10^{18}$
- B)  $1,5 \cdot 10^{18}$
- C)  $8,3 \cdot 10^{17}$
- D)  $5,2 \cdot 10^{17}$
- E)  $4,1 \cdot 10^{17}$

3- As figuras (a) e (b) ao lado ilustram o esquema de um laser HeNe e parte do diagrama de níveis do He e do Ne, respectivamente. As flechas indicam as transições energéticas sofridas por ambos os átomos durante o funcionamento do laser. A transição  $1s^2 \rightarrow 1s2s$  ocorre por meio de descarga elétrica e a emissão de luz ocorre na transição  $5s \rightarrow 3p$  do Ne. Com base nestas informações, qual a alternativa que melhor representa uma relação entre as *vidas médias* ( $\tau$ ) dos níveis de energia ilustrados?

- A)  $\tau_{1s2}^{\text{He}} > \tau_{3p}^{\text{Ne}} > \tau_{5s}^{\text{Ne}}$   
**B)  $\tau_{1s2}^{\text{He}} > \tau_{5s}^{\text{Ne}} > \tau_{3p}^{\text{Ne}}$**   
 C)  $\tau_{1s2}^{\text{He}} > \tau_{3p}^{\text{Ne}} = \tau_{5s}^{\text{Ne}}$   
 D)  $\tau_{1s2}^{\text{He}} = \tau_{3p}^{\text{Ne}} < \tau_{5s}^{\text{Ne}}$   
 E)  $\tau_{1s2}^{\text{He}} = \tau_{5s}^{\text{Ne}} = \tau_{3p}^{\text{Ne}}$



Considere a seguinte cadeia de decaimento para responder às questões 4 e 5.



4- Podemos concluir que neste processo de decaimento:

- A) 7 partículas *alfa* e 3 partículas *beta menos* são liberadas.  
 B) 7 partículas *alfa* e 3 partículas *beta mais* são liberadas.  
 C) 7 partículas *alfa* e 3 fótons de *raio gama* são liberados.  
 D) 7 partículas *beta menos* e 3 partículas *alfa* são liberadas.  
 E) 7 partículas *beta mais* e 3 partículas *alfa* são liberadas.

5- Podemos concluir que essa cadeia de decaimento

- A) se desenvolve apenas até o  ${}_{84}^{215}\text{Po}$ , cuja energia de ligação por núcleon vale aproximadamente 19,8eV.  
 B) se desenvolve apenas até o  ${}_{84}^{215}\text{Po}$ , cuja energia de ligação por núcleon vale aproximadamente 8,5eV.  
**C) se desenvolve integralmente até o  ${}_{82}^{207}\text{Pb}$ , cuja energia de ligação por núcleon vale aproximadamente 7,7eV.**  
 D) se desenvolve apenas até o  ${}_{82}^{211}\text{Pb}$ , cuja energia de ligação por núcleon vale aproximadamente 19,6eV.  
 E) se desenvolve apenas até o  ${}_{83}^{211}\text{Bi}$ , cuja energia de ligação por núcleon vale aproximadamente 19,7eV.

6- As barras de controle de um reator nuclear são usadas para:

- A) desacelerar nêutrons.  
 B) adicionar combustível ao reator.  
 C) absorver raios- $\gamma$ .  
 D) produzir nêutrons.

E) absorver nêutrons.

**As próximas duas questões estão baseadas no texto abaixo**

Considere a fissão do  $^{238}\text{U}$  por nêutrons rápidos. Em um desses eventos de fissão, nenhum nêutron foi emitido, e os produtos finais estáveis, depois de dez decaimentos beta dos produtos primários da fissão, foram o  $^{140}\text{Ce}$  e o  $^{99}\text{Ru}$ . As massas envolvidas são

$$^{238}\text{U} = 238,05079 \text{ u} - ^{140}\text{Ce} = 139,90543 \text{ u} - ^{99}\text{Ru} = 98,905 \text{ u} - n = 1,00860 \text{ u}$$

**7\***- O valor da energia liberada nesta primeira etapa da fissão vale aproximadamente

- A) 1,1 MeV
- B) 260 MeV
- C) 2,60 GeV
- D) 26 MeV
- E) 11 MeV

**8\***- Uma usina elétrica utiliza como fonte de energia um reator nuclear de água pressurizada. A potência térmica gerada no núcleo do reator é de 3400 MW, e a usina é capaz de gerar 1100 MW de eletricidade. A carga de combustível é utilizada na forma de óxido de urânio enriquecido a 3,00% de  $^{235}\text{U}$ . Cada evento de fissão do  $^{235}\text{U}$  libera aproximadamente 200 MeV de energia. Assumindo que apenas o processo de fissão seja responsável pelo consumo do  $^{235}\text{U}$  e que  $m_{^{235}\text{U}} = 235\text{u}$ , qual a taxa de consumo do  $^{235}\text{U}$ ?

- A) 41,46 mg/s
- B) 1,461 mg/s
- C) 10,46 mg/s
- D) 37,22 mg/s
- E) 0,124 mg/s

**As questões 9 e 10 estão baseadas no texto abaixo**

Em outubro de 1997 a NASA lançou a sonda robótica Cassini em direção ao planeta Saturno, aonde ela chegou em 2004. Desde então, esta sonda vem transmitindo imagens e dados espetaculares sobre este planeta, seus anéis e seus muitos satélites. A fonte de energia usada para manter os sistemas da sonda funcionando é o calor proveniente do decaimento radioativo de cápsulas contendo plutônio ( $^{238}\text{Pu}$ ), parte do qual é depois convertido em energia elétrica. Na época do lançamento, havia um total de **39,529 kg** de  $^{238}\text{Pu}$  a bordo.

Dados: meia-vida do  $^{238}\text{Pu}$  = **87,7 anos**;

massa de um átomo de  $^{238}\text{Pu}$  : **238.049553 u**

energia térmica liberada em cada decaimento de um átomo de  $^{238}\text{Pu}$ : **5.6 MeV**

**9\***- Qual era, aproximadamente, a potência térmica liberada pela fonte radioativa na época do lançamento?

A) 19,2 kW

**B) 2,24 kW**

C) 1,41 kW

D) 7,88 kW

E) 300 W

**10\***- Quando a bateria alimentará o satélite com 83% da potência original (da data do lançamento)?

a) em dezembro de 2038

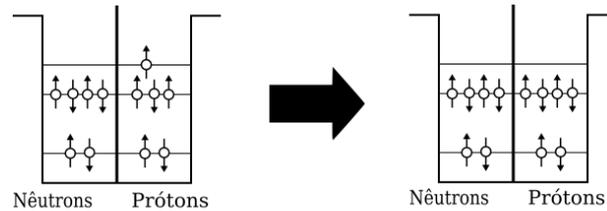
b) em março de 2029

c) em outubro de 2025

**d) em maio de 2020**

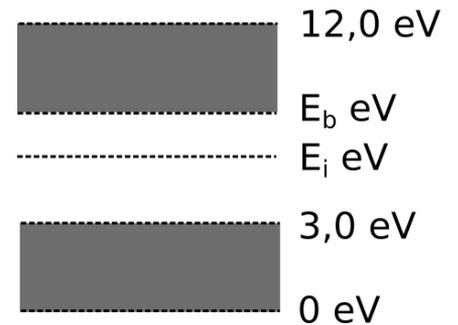
e) em janeiro de 2017

11- De acordo com a representação baseado no modelo de camadas nucleares, a transição de estabilização representada abaixo é feita por meio



- A) de uma emissão estimulada
- B) de um decaimento  $\beta^+$
- C) de um decaimento  $\gamma$
- D) de um decaimento  $\beta^-$
- E) de um decaimento  $\alpha$

12- Na figura ao lado estão representadas duas bandas de energia de um sólido hipotético. Em  $T=0K$ , as bandas estão preenchidas até um certo nível  $E_x$  (não indicado na fig.). Dependendo do caso, pode haver ou não um nível intermediário  $E_i$ .



Considere as seguintes situações de valores para os níveis mencionados:

- (i)  $E_x = 3,0 \text{ eV}$  ,  $E_b = 9,0 \text{ eV}$  ,  $E_i$  inexistente.
- (ii)  $E_x = 3,0 \text{ eV}$  ,  $E_b = 4,10 \text{ eV}$  ,  $E_i = 4,06 \text{ eV}$ .
- (iii)  $E_x = 3,0 \text{ eV}$  ,  $E_b = 4,10 \text{ eV}$  ,  $E_i = 3,04 \text{ eV}$ .
- (iv)  $E_x = 1,5 \text{ eV}$  ,  $E_b = 9,0 \text{ eV}$  ,  $E_i$  inexistente.

Podemos afirmar que, na sequência (i), (ii), (iii), e (iv) temos:

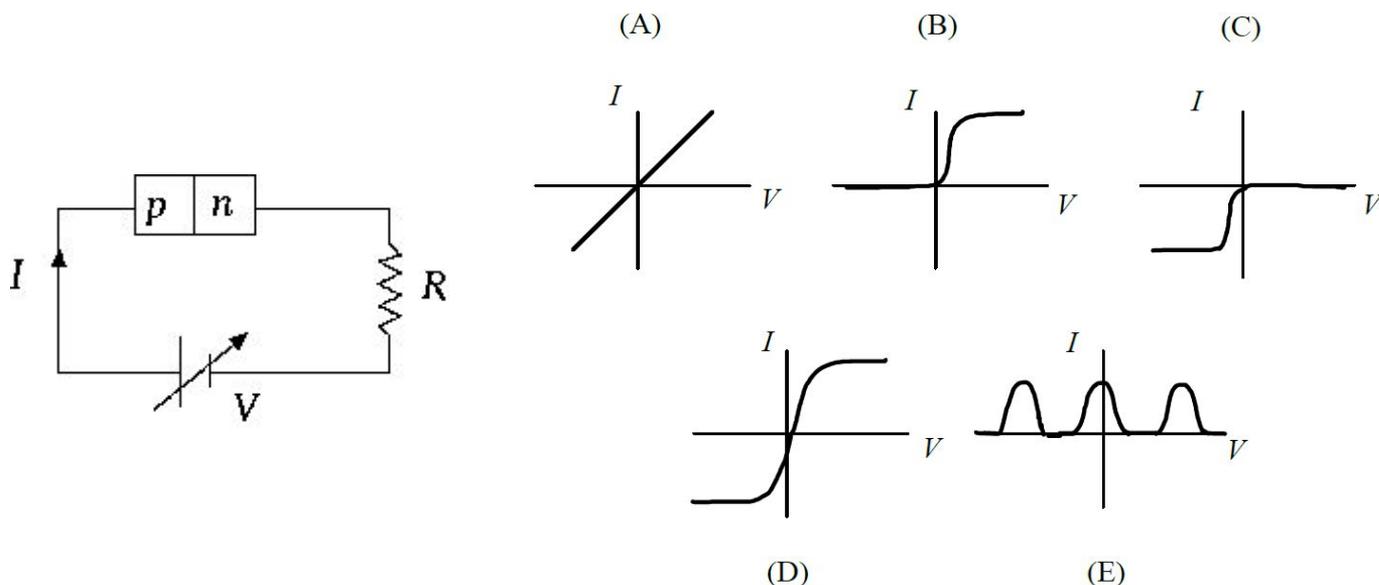
- A) metal, semicondutor dopado tipo p, semicondutor dopado tipo n, isolante.
- B) isolante, semicondutor dopado tipo p, semicondutor dopado tipo n, metal.
- C) semicondutor puro, semicondutor dopado tipo p, semicondutor dopado tipo n, isolante.
- D) isolante, semicondutor dopado tipo n, semicondutor dopado tipo p, metal.
- E) isolante, semicondutor dopado tipo n, semicondutor dopado tipo p, isolante.

13- Uma tensão constante é aplicada em um diodo retificador, de forma que um valor positivo de corrente seja medido por um amperímetro. Ao se inverter a polaridade dessa tensão, espera-se que:

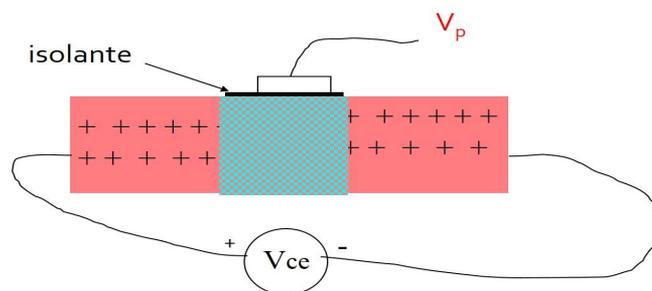
- A) A corrente se torne nula.
- B) A corrente diminua em módulo, mas se mantenha positiva.
- C) Nenhuma alteração aconteça.
- D) A corrente aumente em módulo, mas se mantenha positiva.

E) A corrente se torne negativa.

14- Uma junção p-n está conectada a um resistor e a uma fonte de tensão variável como mostrado na figura abaixo. Qual dos seguintes gráficos melhor descreve a corrente no circuito em função da tensão aplicada? A tensão está sendo aplicada aproximadamente no intervalo de + 10 V até - 10 V.



15- A figura ao lado representa um transistor FET de junção p-n-p, onde a área hachurada representa a zona de depleção e os sinais positivos representam os portadores em maioria (buracos). O que acontece quando, mantendo a fonte de controle  $V_{ce}$  ligada com a polaridade indicada, aplicamos uma voltagem  $V_p$  (i) positiva e (ii) negativa, de intensidade muito alta?



- A) É imprevisível em ambos os casos, pois depende da condutividade elétrica do material isolante.
- B) (i) não há corrente atravessando o transistor e (ii) não há corrente atravessando o transistor.
- C) (i) aparece corrente atravessando o transistor e (ii) aparece corrente atravessando o transistor.
- D) (i) aparece corrente atravessando o transistor e (ii) não há corrente atravessando o transistor.
- E) (i) não há corrente atravessando o transistor e (ii) aparece corrente atravessando o transistor.



INSTITUTO DE FÍSICA  
Universidade Federal Fluminense

# Física 4

P3 - 07/01/2017

Atenção: Leia as recomendações antes de fazer a prova.

- 1- Assine seu nome de forma LEGÍVEL na folha do cartão de respostas.
- 2- Leia os enunciados com atenção.
- 3- Analise sua resposta. Ela faz sentido? Isso poderá ajudá-lo a encontrar erros.
- 4- A não ser que seja instruído diferentemente, assinale apenas uma das alternativas das questões;
- 5- **Nas questões assinaladas com asterisco (\*) assinale a resposta mais próxima da obtida por você. Não serão aceitas respostas nestas questões sem os devidos cálculos!**
- 6- Marque as respostas das questões no CARTÃO RESPOSTA.
- 7- Preencha integralmente o círculo no cartão resposta (com caneta) referente a sua resposta.
- 8- **Não é permitido portar celular (mesmo que desligado) durante a prova. O(A) estudante flagrado(a) com o aparelho terá a prova recolhida e ficará com nota zero neste exame.**

Nota:

Nome: _____	
Matrícula: _____	Turma: _____

1	A	B	C	D	E	11	A	B	C	D	E
2	○	○	○	○	○	12	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	13	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○	14	○	○	○	○	○
5	○	○	○	○	○	15	○	○	○	○	○
6	○	○	○	○	○	16	○	○	○	○	○
7	○	○	○	○	○	17	○	○	○	○	○
8	○	○	○	○	○	18	○	○	○	○	○
9	○	○	○	○	○	19	○	○	○	○	○
10	○	○	○	○	○	20	○	○	○	○	○

## Dados

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2 \quad c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} = 300 \text{ m}/\mu\text{s} \quad h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} = 4,14 \cdot 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$$

$$1 \text{ Bq} = \text{dec/s} \quad 1 \text{ Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq} \quad 1 \text{ gray} = 1 \text{ Gy} = 1,00 \text{ J/Kg}$$

$$k_B = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J/K} = 8,617 \cdot 10^{-5} \text{ eV/K} \quad N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1} \quad e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

$$1 \text{ elétron-volt} = 1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J} \quad h^2/(8m_{\text{elétron}}) = 0,60314 \cdot 10^{-37} \text{ J}$$

$$hc = 1242 \text{ nm} \cdot \text{eV} \quad m_e = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ kg} = 0,00055u = 0,511 \text{ MeV}/c^2$$

$$u = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 931,49 \text{ MeV}/c^2$$

$$m_{\text{próton}} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg} = 1,00728u \quad m_{\text{nêutron}} = 1,00866u \quad m_{\text{Hidrogênio}} = 1,00783u \quad a_B = 0,0529 \text{ nm}$$

$$E_{\text{elétron}}^{\text{rep}} = 81,87 \cdot 10^{-15} \text{ J} = 511 \text{ KeV} \quad a_{\text{cp}} = v^2/r \quad F_m = qvB \quad F_E = qE \quad U = qV$$

$$\Delta t = \gamma \Delta t' = \gamma \Delta \tau \quad L' = L/\gamma = l/\gamma \quad \gamma_p^2 = 1 - (v_p/c)^2 \quad p = \gamma m v \quad E = \gamma m c^2 \quad E = pc$$

$$x' = \gamma (x - vt) \quad y' = y \quad z' = z \quad t' = \gamma (t - vx/c^2) \quad \Delta x' = \gamma (\Delta x + v \Delta t)$$

$$\Delta t' = \gamma (\Delta t - v \Delta x/c^2) \quad u' = (u-v)/(1-uv/c^2)$$

$$x = \gamma (x' + vt') \quad y = y' \quad z = z' \quad t = \gamma (t' + vx'/c^2) \quad \Delta x = \gamma (\Delta x' - v \Delta t')$$

$$\Delta t = \gamma (\Delta t' + v \Delta x'/c^2) \quad u = (u'+v)/(1+u'v/c^2)$$

$$E_{\text{fóton}} = hf \quad \lambda = h/p \quad P = Rhf = E/\Delta t \quad I = P/A = E/(\Delta t H \delta x) \quad I \propto |A(x)|^2 \quad V_{\text{corte}} = h(f-f_0)/e$$

$$d\text{sen}(\theta) = m\lambda; \quad d\text{sen}(\theta) = (m+1/2)\lambda; \quad m=1,2,\dots \quad Y_1 = \lambda L/d \text{ se } \theta \ll 1$$

$$E_n = n^2 \cdot h^2/(8mL^2) \quad r_n = n^2 \cdot a_B \quad v_n = v_1/n \quad E_n = - (13,6 \text{ eV})/n^2 \quad L = n\hbar; \quad n=1,2,3, \dots$$

$$\lambda_{n \rightarrow m} = \lambda_0 / (1/m^2 - 1/n^2); \quad \lambda_0 = 8\pi\epsilon_0 h c a_B / e^2 = 91,18 \text{ nm}; \quad m=1,2,\dots; \quad n=m+1, m+2,\dots$$

$\Delta x \Delta p \geq \hbar/2$     $\Delta f \Delta t \geq 1$     $\text{Prob}(\delta x(x)) = N(\delta x(x))/N_{\text{tot}} = |A(x)|^2 \delta x$     $P(x) = |\Psi(x)|^2$     $\int_{-\infty}^{+\infty} P(x) dx = 1$

$P_{\text{túnel}} = e^{-2w/\eta}$     $\eta = \hbar/\sqrt{2m(U_o - E)}$

$\frac{d^2 \psi}{dx^2} = -\frac{2m}{\hbar} [E - U(x)] \psi(x)$     $\Psi_{nlm}(r, \theta, \varphi) = R_{nl}(r) Y_{lm}(\theta, \varphi)$

$P_{\text{rad}}(r) = 4\pi r^2 |R_{nl}(r)|^2$     $\int_0^{+\infty} P_{\text{rad}}(r) dr = 1$     $L = \sqrt{l(l+1)} \hbar$     $L_z = m \hbar$

$\theta_{lm} = \arccos(L_z/L)$     $S_z = m_s \hbar$

$\alpha = \frac{1}{\rho} \frac{d\rho}{dT}$     $n = \frac{\text{massa específica}}{M/N_a}$     $N(E) = \frac{8\sqrt{2} \pi m^{3/2}}{h^3} E^{1/2}$

$P(E) = \frac{1}{e^{(E-E_f)/kT} + 1}$     $N_o(E) = N(E)P(E)$     $E_f = \frac{0,121 \hbar^2}{m} n^{2/3}$

$E_n = (n - 1/2) \hbar \omega$     $\omega = 2\pi f = \sqrt{k/m}$     $-l \leq m \leq +l$     $0 \leq l \leq n-1$     $\Delta l = \pm 1$     $r = r_o A^{1/3}$

$B = (Zm_H + Nm_N - m_{\text{átomo}}) \cdot (931,49 \text{ MeV/u})$     $R = Nr$     $N = N_o e^{-t/\tau} = N_o (1/2)^{t/t_{1/2}}$     $t_{1/2} = \tau \ln 2$

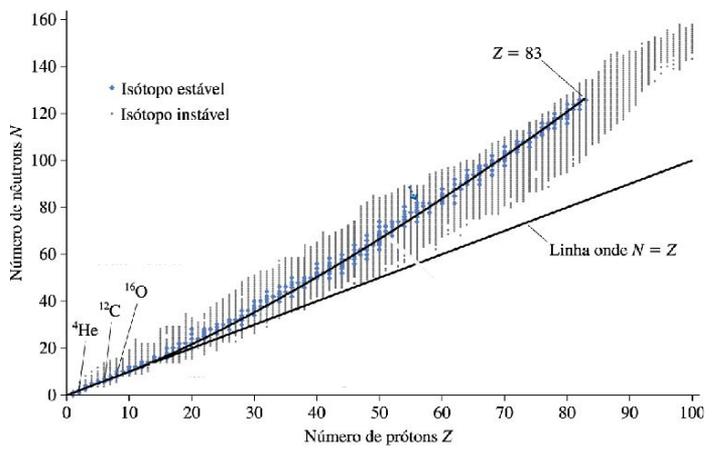
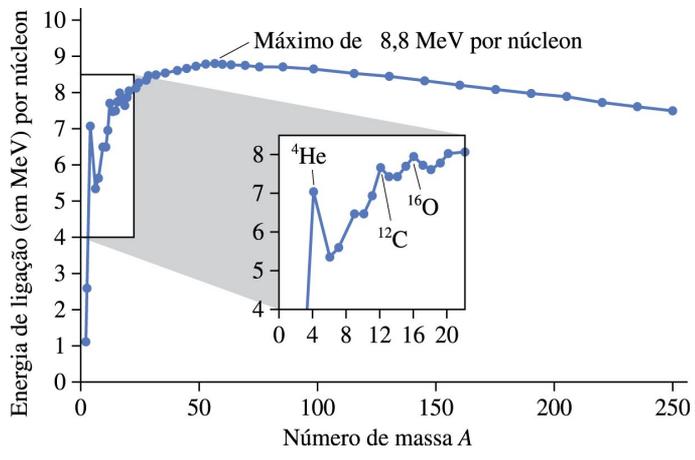
Período

1	H																2	He																				
3	Li		Be																		5	B	6	C	7	N	8	O	9	F	10	Ne						
11	Na		Mg		Elementos de transição																13	Al	14	Si	15	P	16	S	17	Cl	18	Ar						
19	K	20	Ca	21	Sc	22	Ti	23	V	24	Cr	25	Mn	26	Fe	27	Co	28	Ni	29	Cu	30	Zn	31	Ga	32	Ge	33	As	34	Se	35	Br	36	Kr			
37	Rb	38	Sr	39	Y	40	Zr	41	Nb	42	Mo	43	Tc	44	Ru	45	Rh	46	Pd	47	Ag	48	Cd	49	In	50	Sn	51	Sb	52	Te	53	I	54	Xe			
55	Cs	56	Ba	57	La	72	Hf	73	Ta	74	W	75	Re	76	Os	77	Ir	78	Pt	79	Au	80	Hg	81	Tl	82	Pb	83	Bi	84	Po	85	At	86	Rn			
87	Fr	88	Ra	89	Ac	104	Rf	105	Db	106	Sg	107	Bh	108	Hs	109	Mt	110	Ds	111	Rg	112																

Lantanídeos	58	Ce	59	Pr	60	Nd	61	Pm	62	Sm	63	Eu	64	Gd	65	Tb	66	Dy	67	Ho	68	Er	69	Tm	70	Yb	71	Lu
Actinídeos	90	Th	91	Pa	92	U	93	Np	94	Pu	95	Am	96	Cm	97	Bk	98	Cf	99	Es	100	Fm	101	Md	102	No	103	Lr

Elementos de transição interna



### Enunciado referente às questões 1 e 2.

Em um dado modelo para a descrição de um átomo excitado, três elétrons se encontram em uma caixa rígida unidimensional de comprimento igual a 1,0 nm. Dois deles estão no estado fundamental ( $n=1$ ), e o terceiro no estado  $n=6$ . A regra de seleção para esta caixa rígida permite apenas as transições nas quais  $\Delta n$  é um número par. Neste modelo simplificado não há restrição nenhuma quanto ao número de elétrons por nível.

**1\***- O menor comprimento de onda emitido por uma amostra desses átomos durante a relaxação vale aproximadamente

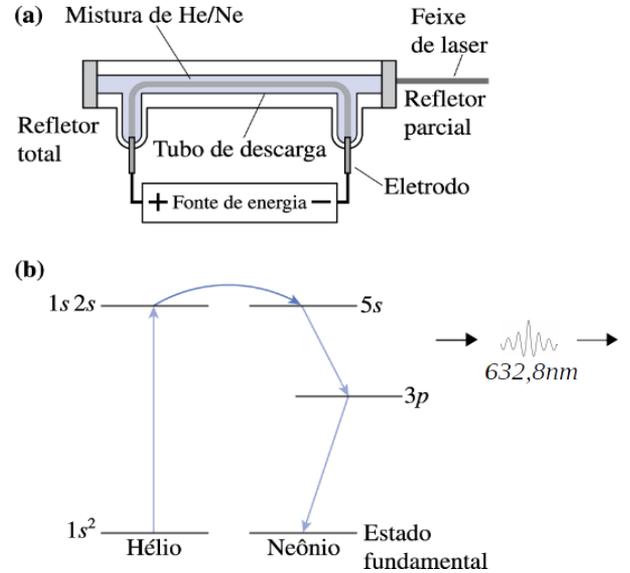
- A) 94 nm.
- B) 122 nm.
- C) 103 nm.
- D) 165 nm.
- E) 297nm

**2\***- Um dado laser pulsado é construído com uma amostra de átomos descritos pelo modelo acima que, dentro de uma cavidade, sofrem apenas transições entre os níveis 6 e 4. O número de átomos que sofrem emissão estimulada a fim de gerar um pulso de 200MW e 5ns de duração vale aproximadamente

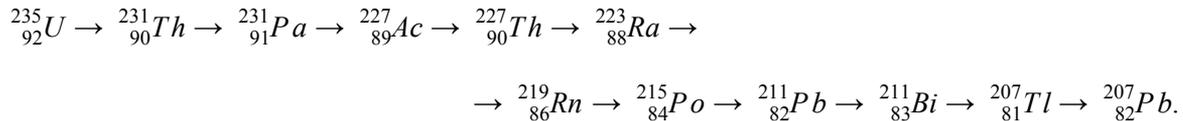
- A)  $8,3 \cdot 10^{+17}$
- B)  $1,3 \cdot 10^{+18}$
- C)  $5,2 \cdot 10^{+17}$
- D)  $1,5 \cdot 10^{+18}$
- E)  $4,1 \cdot 10^{+17}$

3- As figuras (a) e (b) ao lado ilustram o esquema de um laser HeNe e parte do diagrama de níveis do He e do Ne, respectivamente. As flechas indicam as transições energéticas sofridas por ambos os átomos durante o funcionamento do laser. A transição  $1s^2 \rightarrow 1s2s$  ocorre por meio de descarga elétrica e a emissão de luz ocorre na transição  $5s \rightarrow 3p$  do Ne. Com base nestas informações, qual a alternativa que melhor representa uma relação entre as *vidas médias* ( $\tau$ ) dos níveis de energia ilustrados?

- A)  $\tau_{1s2}^{\text{He}} = \tau_{5s}^{\text{Ne}} = \tau_{3p}^{\text{Ne}}$   
 B)  $\tau_{1s2}^{\text{He}} = \tau_{3p}^{\text{Ne}} < \tau_{5s}^{\text{Ne}}$   
 C)  $\tau_{1s2}^{\text{He}} > \tau_{3p}^{\text{Ne}} = \tau_{5s}^{\text{Ne}}$   
 D)  $\tau_{1s2}^{\text{He}} > \tau_{5s}^{\text{Ne}} > \tau_{3p}^{\text{Ne}}$   
 E)  $\tau_{1s2}^{\text{He}} > \tau_{3p}^{\text{Ne}} > \tau_{5s}^{\text{Ne}}$



Considere a seguinte cadeia de decaimento para responder às questões 4 e 5.



4- Podemos concluir que neste processo de decaimento:

- A) 7 partículas *beta mais* e 3 partículas *alfa* são liberadas.  
 B) 7 partículas *beta menos* e 3 partículas *alfa* são liberadas.  
 C) 7 partículas *alfa* e 3 fótons de *raio gama* são liberados.  
 D) 7 partículas *alfa* e 3 partículas *beta mais* são liberadas.  
 E) 7 partículas *alfa* e 3 partículas *beta menos* são liberadas.

5- Podemos concluir que essa cadeia de decaimento

- A) se desenvolve integralmente até o  ${}_{82}^{207}\text{Pb}$ , cuja energia de ligação por núcleon vale aproximadamente 7,7eV.  
 B) se desenvolve apenas até o  ${}_{84}^{215}\text{Po}$ , cuja energia de ligação por núcleon vale aproximadamente 8,5eV.  
 C) se desenvolve apenas até o  ${}_{84}^{215}\text{Po}$ , cuja energia de ligação por núcleon vale aproximadamente 19,8eV.  
 D) se desenvolve apenas até o  ${}_{82}^{211}\text{Pb}$ , cuja energia de ligação por núcleon vale aproximadamente 19,6eV.  
 E) se desenvolve apenas até o  ${}_{83}^{211}\text{Bi}$ , cuja energia de ligação por núcleon vale aproximadamente 19,7eV.

6- As barras de controle de um reator nuclear são usadas para:

- A) absorver nêutrons.  
 B) adicionar combustível ao reator.  
 C) absorver raios- $\gamma$ .  
 D) produzir nêutrons.  
 E) desacelerar nêutrons.

**As próximas duas questões estão baseadas no texto abaixo**

Considere a fissão do  $^{238}\text{U}$  por nêutrons rápidos. Em um desses eventos de fissão, nenhum nêutron foi emitido, e os produtos finais estáveis, depois de dez decaimentos beta dos produtos primários da fissão, foram o  $^{140}\text{Ce}$  e o  $^{99}\text{Ru}$ . As massas envolvidas são

$$^{238}\text{U} = 238,05079 \text{ u} - ^{140}\text{Ce} = 139,90543 \text{ u} - ^{99}\text{Ru} = 98,905 \text{ u} - n = 1,00860 \text{ u}$$

**7\***- O valor da energia liberada nesta primeira etapa da fissão vale aproximadamente

- A) 260 MeV
- B) 2,60 GeV
- C) 1,1 MeV
- D) 26 MeV
- E) 11 MeV

**8\***- Uma usina elétrica utiliza como fonte de energia um reator nuclear de água pressurizada. A potência térmica gerada no núcleo do reator é de 3400 MW, e a usina é capaz de gerar 1100 MW de eletricidade. A carga de combustível é utilizada na forma de óxido de urânio enriquecido a 3,00% de  $^{235}\text{U}$ . Cada evento de fissão do  $^{235}\text{U}$  libera aproximadamente 200 MeV de energia. Assumindo que apenas o processo de fissão seja responsável pelo consumo do  $^{235}\text{U}$  e que  $m_{^{235}\text{U}} = 235\text{u}$ , qual a taxa de consumo do  $^{235}\text{U}$ ?

- A) 1,461 mg/s
- B) 41,46 mg/s
- C) 10,46 mg/s
- D) 37,22 mg/s
- E) 0,124 mg/s

**As questões 9 e 10 estão baseadas no texto abaixo**

Em outubro de 1997 a NASA lançou a sonda robótica Cassini em direção ao planeta Saturno, aonde ela chegou em 2004. Desde então, esta sonda vem transmitindo imagens e dados espetaculares sobre este planeta, seus anéis e seus muitos satélites. A fonte de energia usada para manter os sistemas da sonda funcionando é o calor proveniente do decaimento radioativo de cápsulas contendo plutônio ( $^{238}\text{Pu}$ ), parte do qual é depois convertido em energia elétrica. Na época do lançamento, havia um total de **39,529 kg** de  $^{238}\text{Pu}$  a bordo.

Dados: meia-vida do  $^{238}\text{Pu}$  = **87,7 anos**;

massa de um átomo de  $^{238}\text{Pu}$  : **238.049553 u**

energia térmica liberada em cada decaimento de um átomo de  $^{238}\text{Pu}$ : **5.6 MeV**

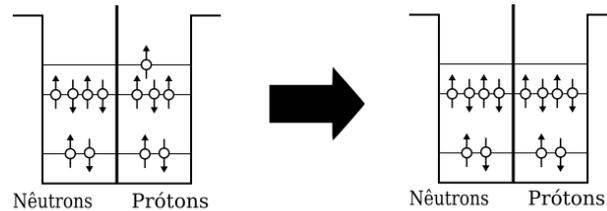
**9\***- Qual era, aproximadamente, a potência térmica liberada pela fonte radioativa na época do lançamento?

- A) 19,2 kW      B) 300 W      C) 1,41 kW      D) 7,88 kW      E) 2,24 kW

**10\***- Quando a bateria alimentará o satélite com 83% da potência original (da data do lançamento)?

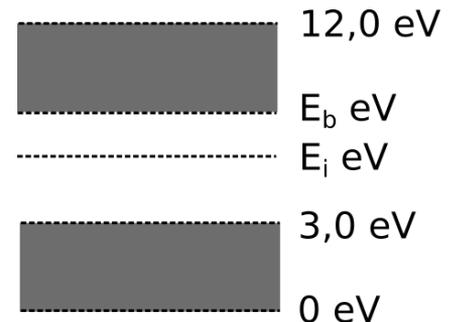
- A) em dezembro de 2038  
B) em outubro de 2025  
C) em maio de 2020  
D) em março de 2029  
E) em janeiro de 2017

11- De acordo com a representação baseado no modelo de camadas nucleares, a transição de estabilização representada abaixo é feita por meio



- A) de uma emissão estimulada
- B) de um decaimento  $\gamma$
- C) de um decaimento  $\beta^+$
- D) de um decaimento  $\beta^-$
- E) de um decaimento  $\alpha$

12- Na figura ao lado estão representadas duas bandas de energia de um sólido hipotético. Em  $T=0K$ , as bandas estão preenchidas até um certo nível  $E_x$  (não indicado na fig.). Dependendo do caso, pode haver ou não um nível intermediário  $E_i$ .



Considere as seguintes situações de valores para os níveis mencionados:

- (i)  $E_x = 3,0 \text{ eV}$  ,  $E_b = 9,0 \text{ eV}$  ,  $E_i$  inexistente.
- (ii)  $E_x = 3,0 \text{ eV}$  ,  $E_b = 4,10 \text{ eV}$  ,  $E_i = 4,06 \text{ eV}$ .
- (iii)  $E_x = 3,0 \text{ eV}$  ,  $E_b = 4,10 \text{ eV}$  ,  $E_i = 3,04 \text{ eV}$ .
- (iv)  $E_x = 1,5 \text{ eV}$  ,  $E_b = 9,0 \text{ eV}$  ,  $E_i$  inexistente.

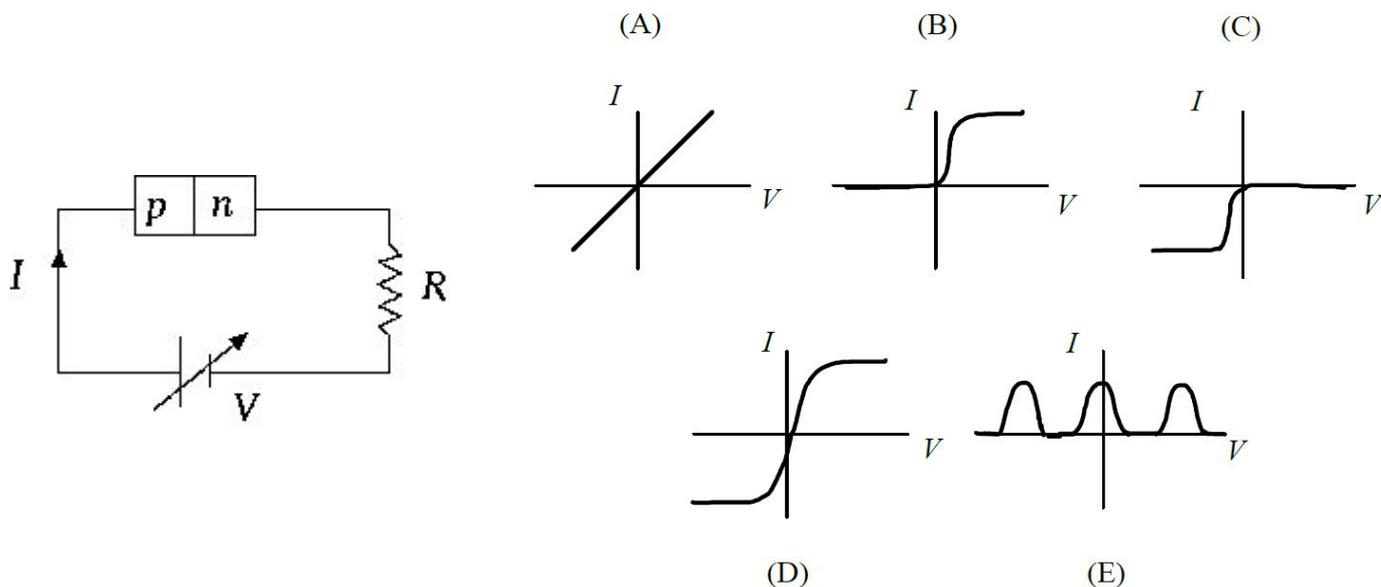
Podemos afirmar que, na sequência (i), (ii), (iii), e (iv) temos:

- A) metal, semicondutor dopado tipo p, semicondutor dopado tipo n, isolante.
- B) isolante, semicondutor dopado tipo p, semicondutor dopado tipo n, metal.
- C) semicondutor puro, semicondutor dopado tipo p, semicondutor dopado tipo n, isolante.
- D) isolante, semicondutor dopado tipo n, semicondutor dopado tipo p, isolante.
- E) isolante, semicondutor dopado tipo n, semicondutor dopado tipo p, metal.

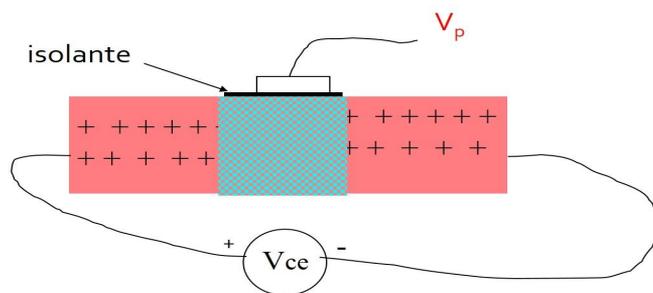
13- Uma tensão constante é aplicada em um diodo retificador, de forma que um valor positivo de corrente seja medido por um amperímetro. Ao se inverter a polaridade dessa tensão, espera-se que:

- A) A corrente aumente em módulo, mas se mantenha positiva.
- B) A corrente diminua em módulo, mas se mantenha positiva.
- C) Nenhuma alteração aconteça.
- D) A corrente se torne nula.
- E) A corrente se torne negativa.

14- Uma junção p-n está conectada a um resistor e a uma fonte de tensão variável como mostrado na figura abaixo. Qual dos seguintes gráficos melhor descreve a corrente no circuito em função da tensão aplicada? A tensão está sendo aplicada aproximadamente no intervalo de + 10 V até - 10 V.



15- A figura ao lado representa um transistor FET de junção p-n-p, onde a área hachurada representa a zona de depleção e os sinais positivos representam os portadores em maioria (buracos). O que acontece quando, mantendo a fonte de controle  $V_{ce}$  ligada com a polaridade indicada, aplicamos uma voltagem  $V_p$  (i) positiva e (ii) negativa, de intensidade muito alta?



- A) É imprevisível em ambos os casos, pois depende da condutividade elétrica do material isolante.
- B) (i) não há corrente atravessando o transistor e (ii) não há corrente atravessando o transistor.
- C) (i) não há corrente atravessando o transistor e (ii) aparece corrente atravessando o transistor.
- D) (i) aparece corrente atravessando o transistor e (ii) não há corrente atravessando o transistor.
- E) (i) aparece corrente atravessando o transistor e (ii) aparece corrente atravessando o transistor.