



## Física IV para Engenharia Elétrica

IFUSP - 4320293

P3 – 26/11/2014

- A prova tem duração de 120 minutos. Resolva cada questão na folha correspondente. Use o verso se necessário. Escreva de forma legível.
- É permitido o uso de Calculadora; mas não o seu empréstimo. Não é permitido o uso de Celular
- Justifique suas respostas. Não basta copiar a fórmula do formulário.
- Seja ético: a prova é individual e sem consulta a anotações ou qualquer outro material.

Nome	Assinatura	No. USP	Turma

**Ex. 1** – Os possíveis valores para a energia do elétron do átomo de hidrogênio são:  $E_n = -\frac{13,6}{n^2} eV$ ; enquanto que, em certo estado excitado, tem-se que as autofunções  $\psi_{nlm_l}$  são dadas por:

$$\psi_{200} = \frac{1}{4\sqrt{2\pi}} \left(\frac{1}{a_0}\right)^{3/2} e^{-\frac{r}{2a_0}} \left(2 - \frac{r}{a_0}\right); \psi_{210} = \frac{1}{4\sqrt{2\pi}} \left(\frac{1}{a_0}\right)^{3/2} \frac{r}{a_0} e^{-\frac{r}{2a_0}} \cos\theta; \psi_{21\pm 1} = \frac{1}{8\sqrt{\pi}} \left(\frac{1}{a_0}\right)^{3/2} \frac{r}{a_0} e^{-\frac{r}{2a_0}} \sin\theta e^{\pm i\phi}$$

(0,5) a) Quais os valores de energia correspondentes a cada um destes estados?

(1,0) b) Qual a probabilidade de encontrar o elétron na região  $r \leq a_0$  no estado  $\psi_{200}$ ? (deixe a sua resposta na forma de uma integral na variável  $r$ ; não é preciso resolvê-la)

(1,0) c) Sabendo que o módulo do momento angular é dado por:  $L = \sqrt{l(l+1)} \hbar$  e que sua projeção no eixo  $z$  é  $L_z = m_l \hbar$ , calcule os valores de  $L$  e  $L_z$  para os quatro estados quânticos do elétron definidos acima. Deixe sua resposta em termos de  $\hbar$ .

**Ex. 2** – O plutônio-238 é um isótopo radioativo com uma meia-vida  $T_{1/2} = 87,7$  anos e constante de decaimento  $\lambda = 2,5 \times 10^{-10} s^{-1}$ , que decai (transmutando-se em urânio) através da emissão de uma partícula alfa. Pelo fato de não liberar radiações mais penetrantes (beta e gama, que por sua vez são problemáticas), ele é comumente utilizado em geradores termoelétricos e unidades de aquecimento em sondas espaciais. Dado:  $M(\alpha) = 4,00260 u$ ,  $M(^{238}\text{Pu}) = 238,04956 u$ ,  $M(^{234}\text{U}) = 234,04095 u$

(0,5) a) Escreva na folha de respostas da prova a reação nuclear correspondente a este decaimento alfa e calcule a energia (em  $MeV$  e em  $Joules$ ) da partícula alfa emitida em cada desintegração.

(1,0) b) Mostre que a potência gerada por um quilo de plutônio-238 recém produzido (através das sucessivas desintegrações de seus núcleos), considerando uma eficiência de 7% na transformação da energia nuclear em energia elétrica, é de  $P = 566 W$ .

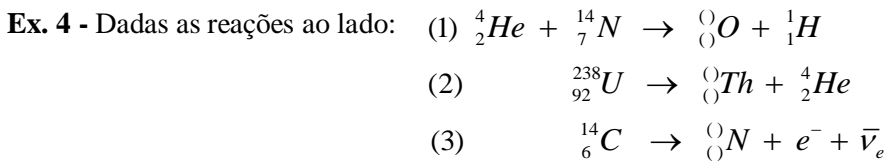
(1,0) c) Nas condições do item acima, quantos núcleos desintegram-se por hora? Considerando que toda a energia gerada nesta primeira hora é exclusivamente utilizada para impulsionar uma sonda de 50 Kg a partir do repouso, que já encontra-se fora do sistema solar, qual a variação porcentual da velocidade correspondente?

**Ex. 3** - O isótopo  $^{24}_{11}\text{Na}$  do sódio, com meia-vida  $T_{1/2} = 15 h$ , é escolhido para medir o fluxo de água através de uma tubulação. Este radioisótopo é produzido irradiando-se o isótopo estável  $^{23}_{11}\text{Na}$  com um fluxo de nêutrons. Suponha que em tal processo, 5  $\mu g$  do  $^{24}_{11}\text{Na}$  são inicialmente produzidos.

(0,5) a) Qual a quantidade do isótopo  $^{24}_{11}\text{Na}$ , em  $\mu g$ , que ainda não decaiu ao fim de 24h?

(1,0) b) Estime a radiatividade inicial e final (pós 24 h) da amostra.

(1,0) c) Uma medida cuidadosa constata a presença de um contaminante na água, correspondendo a  $10^{-8}$  moles da substância que apresenta uma atividade radioativa de 82.000 decaimentos por segundo. Determine a meia-vida desta substância e, através da tabela abaixo, identifique o elemento que a ela corresponde.



(0,5) a) Transcreva estas equações para a folha de resposta, preenchendo os espaços em branco entre parênteses.

(1,0) (b) Sabendo que  $M(\text{He}) = 4,002603 \text{ u}$ ;  $M(\text{H}) = 1,007825 \text{ u}$ ;  $M(\text{O}) = 16,99913 \text{ u}$  e  $M(\text{N}) = 14,003074 \text{ u}$ , estime a energia cinética mínima da partícula  $\alpha$ , em  $\text{MeV}$ , para causar a transmutação do nitrogênio em oxigênio, correspondente à equação (1).

(1,0) c) Estima-se que a estrela 1987A localizada a 170.000 anos-luz da Terra, ao explodir e tornar-se um supernova, emitiu um surto de neutrinos com energias  $E \sim 10^{16} \text{ J}$ . Por quanto tempo (em anos) a Usina de Itaipú ( $P = 14.000 \text{ MW}$ ) deveria funcionar para gerar a mesma quantidade de energia transportada por estes neutrinos? Aproxime seu corpo como tendo uma seção (área) transversal de  $2 \text{ m} \times 0,3 \text{ m}$  e estime quantos destes neutrinos teriam atravessado você.

### Constantes e Formulário

$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ $m_e = 9 \times 10^{-31} \text{ Kg}$ $e = 1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$ $K = 1,38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$ $\sigma = 5,7 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$ $h = 6,6 \times 10^{-34} \text{ J.s}$ $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$ $1 \text{ mol} = 6 \times 10^{23} \text{ partículas}$ $1 \text{ ano-luz} = 9,5 \times 10^{15} \text{ m}$ $1 \text{ u} = 931,5 \text{ MeV}$ $1 \text{ u} = 1,660559 \times 10^{-22} \text{ kg}$ $\vec{S} = \frac{1}{\mu} \vec{E} \times \vec{B}$ $U = \frac{Ke^2}{r}$ $E = mc^2$	$\vec{E} = \vec{E}_0 \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)$ $\vec{B} = \vec{B}_0 \cos(\vec{k} \cdot \vec{r} - \omega t)$ $\omega = 2\pi f$ ; $n = c/v$ $\lambda = cT$ ; $k = \frac{2\pi}{\lambda}$ $I = \bar{S} = \frac{nE_0^2}{2\mu_0 c}$ $E = hf$ ; $\lambda = c/f$ $-\frac{\hbar^2}{2m} \frac{d^2\psi}{dx^2} + U\psi = E\psi$ $W = -q \int \vec{E} \cdot d\vec{l} = (q)(\Delta V)$ $P(r)dr =  \psi ^2 dV$ $S = \sqrt{s(s+1)}\hbar$ $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$	$E_n = -\frac{Ke^2}{2a_0} \frac{1}{n^2} = -\frac{13,6}{n^2} (\text{eV})$ $p = \frac{h}{\lambda} = \hbar k$ $\hbar = \frac{h}{2\pi}$ $\psi(x, t) = Ae^{i(kx - \omega t)}$ $\psi = A \cos(kx - \omega t)$ $N = N_0 e^{-\lambda t}$ $R = R_0 e^{-\lambda t}$ $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$ $L = \sqrt{l(l+1)}\hbar$ $L_z = m_l \hbar$ $\cos \theta = \frac{m_l}{\sqrt{l(l+1)}}$
--	---	--