

Gabarito: Estrutura Atômica

Daniel Sahadi, Renan Romariz, e Gabriel Braun

Colégio e Curso Pensi, Coordenação de Química



Problemas

PROBLEMA 1. D

1A01

Cálculo do número de átomos de ferro:

$$N = \frac{m_{\text{total}}}{m_{\text{por átomo}}}$$
$$N = \frac{25 \cdot 10^{-3} \text{ kg}}{9,3 \cdot 10^{-26} \text{ kg/átomo}} \approx 2,7 \cdot 10^{23} \text{ átomos}$$

PROBLEMA 2. E

1A02

Cálculo do número de átomos de ouro

$$N = \frac{m_{\text{total}}}{m_{\text{por átomo}}}$$
$$N = \frac{12 \cdot 10^{-3} \text{ kg}}{3,3 \cdot 10^{-25} \text{ kg/átomo}} \approx 3,8 \cdot 10^{22} \text{ átomos}$$

PROBLEMA 3. C

1A03

Partículas são identificadas por possuírem forma e posição definida no espaço e por possuírem massa. As ondas são caracterizadas como perturbações no espaço, sem posição definida e sem massa, capazes de transportar energia e sujeitas aos fenômenos físicos de interferência, difração e reflexão

1. Suporta o lado ondulatório/radiação já que não se espera que uma partícula atravessasse uma massa metálica
2. Suporta o lado partícula, já que não viajam em velocidades altas o suficiente para serem comparados à luz e a outras radiações
3. Suporta o lado ondulatório/radiação, já que o objeto bloqueia a radiação emitida pelo elétron formando uma sombra fenômeno da difração
4. Suporta o lado partícula, já que as ondas são perturbações e transmissões de fluxo de energia, não estão associadas a polos negativos/positivos, já partículas carregadas estão

PROBLEMA 4. C

1A04

Cálculo da razão carga massa de cada uma das espécies: e^- :

$$\frac{q}{m} = \frac{-1,6 \cdot 10^{-19}}{9,1 \cdot 10^{-31}} = -1,8 \cdot 10^{11} \text{ C kg}^{-1}$$

He^- (2 nêutrons e 2 prótons e 3 elétrons) :

$$\frac{q}{m} = \frac{-1,6 \cdot 10^{-19}}{4 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}} = -2,4 \cdot 10^7 \text{ C kg}$$

He^+ (2 nêutrons e 2 prótons e 1 elétron):

$$\frac{q}{m} = \frac{1,6 \cdot 10^{-19}}{4 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}} = 2,4 \cdot 10^7 \text{ C kg}$$

PROBLEMA 5. B

1A05

Boro-11: isótopo do boro: $n_p = 5 = n_e$

^{10}B : isótopo do boro: $n_p = 5 = n_e$

Fósforo-31: isótopo do fósforo: $n_p = 15 = n_e$

^{238}U : isótopo do Urânio: $n_p = 92 = n_e$

PROBLEMA 6. C

1A06

^{40}K : $n_n = A - Z = 40 - 19 = 21$

^{58}Co : $n_n = A - Z = 58 - 27 = 31$

Tântalo-180: $n_n = A - Z = 180 - 73 = 107$

^{210}At : $n_n = A - Z = 210 - 85 = 125$

PROBLEMA 7. C

1A07

Todos possuem mesma massa atômica, portanto são isóbaros

PROBLEMA 8. B

1A08

Cálculo do número de nêutrons:

$$n_{Mn} = 55 - 25 = 30$$

$$n_{Fe} = 56 - 26 = 30$$

$$n_{Ni} = 58 - 28 = 30$$

Mesmo número de nêutrons, portanto são isótonos

PROBLEMA 9. A

1A09

O que define o elemento é o número de prótons, portanto, como todos são carbono, todos possuem o mesmo número de prótons, logo são isótopos

PROBLEMA 10. E

1A10

Cálculo do número de nêutrons:

$$n_U = 238 - 92 = 146$$

$$n_{Th} = 234 - 90 = 144$$

$$n_{Ra} = 230 - 88 = 142$$

Cálculo do $n - p$ para checar se são isodíáferos:

$$U : n - p = 146 - 92 = 54$$

$$Th : n - p = 144 - 90 = 54$$

$$Ra : n - p = 142 - 88 = 54$$

Todos possuem mesmo $n - p$ portanto são isodíáferos

PROBLEMA 11. E

1A39

O método é chamar o número de prótons dos isótopos de p o número de nêutrons dos isótonos de n e escrever o resto dos dados em função disso:

	A	B	C
prótons	p	p	p _c
nêutrons	n	n _b	n
massa	p + n	p + n _b	p _c + n

Usando as informações de soma do enunciado:

$$\begin{cases} 2p + p_c = 58 \therefore p_c = 58 - 2p \\ 2n + n_b = 61 \therefore n_b = 61 - 2n \end{cases}$$

Usando que são B e C são isóbaros:

$$p + n_b = p_c + n \therefore p + 61 - 2n = 58 - 2p + n$$

$$n - p = 1$$

Usando a massa de A:

$$p + n = 39 \therefore p = 19 ; n = 20$$

Cálculo de n_b:

$$n_b = 61 - 2n = 61 - 2 \cdot 20 = 21$$

PROBLEMA 12. A

1A40

O método é chamar o número de prótons dos isótopos de p o número de nêutrons dos isótonos de n e escrever o resto dos dados em função disso:

	A	B	C
prótons	p	p	p _c
nêutrons	n	n _b	n
massa	p + n	p + n _b	p _c + n

Usando as informações de soma do enunciado:

$$\begin{cases} 2p + p_c = 58 \therefore p_c = 58 - 2p \\ 2n + n_b = 61 \therefore n_b = 61 - 2n \end{cases}$$

Usando que são B e C são isóbaros:

$$p + n_b = p_c + n \therefore p + 61 - 2n = 58 - 2p + n$$

$$n - p = 1$$

Usando a massa de A:

$$p + n = 39 \therefore p = 19 ; n = 20$$

Cálculo de n_b:

$$n_b = 61 - 2n = 61 - 2 \cdot 20 = 21$$

PROBLEMA 13. C

1A11

Cálculo do número de elétrons:

$$n_e = n_p = 6$$

Cálculo da fração da massa do elétron:

$$\%_m = \frac{6 \cdot 9,1 \cdot 10^{-31}}{12 \cdot 1,67 \cdot 10^{-27}} = 2,72 \cdot 10^{-4}$$

PROBLEMA 14. A

1A12

Cálculo do número de nêutrons do ferro:

$$n = A - Z = 56 - 26 = 30$$

Cálculo da fração mássica de nêutrons no Ferro:

$$\%_m = \frac{n}{n + p} = \frac{30}{56} = 0,54$$

Cálculo da massa de nêutrons em 1 tonelada de ferro:

$$m_n = \%_m \cdot m_{\text{total}} = 0,54 \cdot 1000 = 540 \text{ kg}$$

PROBLEMA 15. C

1A13

1. Incorreta. Velocidade depende do meio
2. Correta. Dado um meio fixo o comprimento aumenta conforme a frequência diminui $v = \lambda f$
3. Correta. Efeito fotoelétrico, conforme a frequência diminui, a energia diminui, portanto a diferença no campo elétrico diminui
4. Incorreta. $E = hf$ conforme a frequência diminui, a energia também diminui

PROBLEMA 16. C

1A14

1. Incorreta. Raios X possuem menor comprimento de onda portanto menor velocidade já que $v = \lambda f$
2. Correta. O comprimento aumenta conforme se aproxima dos tons avermelhados, seguindo a ordem violeta, azul, ciano, verde, amarelo, laranja, vermelho.
3. Incorreta. Quanto maior o lambda, menor a frequência associada para uma mesma velocidade (a da luz).
4. Correta. Comprimento inversamente proporcional a frequência já que a velocidade das duas ondas é a mesma (velocidade da luz)

PROBLEMA 17. A

1A15

Cálculo do comprimento de onda:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{5,7 \cdot 10^{14}} = 0,175 \cdot 10^{-6} = 530 \text{ nm}$$

PROBLEMA 18. C

1A16

Cálculo do comprimento de onda:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8}{98,4 \cdot 10^6} = 3 \text{ m}$$

PROBLEMA 19. C

1A17

Cálculo do comprimento de onda:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{140 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19} \cdot 10^3} = 8,8 \text{ pm}$$

PROBLEMA 20. A

1A18

Cálculo da energia:

$$E = hf$$

$$E = 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 1,2 \cdot 10^{17} = 7,92 \cdot 10^{-17} \text{ J}$$

PROBLEMA 21. A

1A19

Ordem crescente de energia -> Ordem crescente de frequência

PROBLEMA 22. E

1A20

Ordem crescente de energia -> Ordem crescente de frequência

PROBLEMA 23. A

1A21

Cálculo do comprimento de onda:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1,1 \cdot 10^7 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{3^2} \right)$$

$$\lambda = 112 \text{ nm}$$

PROBLEMA 24. A

1A22

Cálculo do comprimento de onda:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1,1 \cdot 10^7 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{5^2} \right)$$

$$\lambda = 433 \text{ nm}$$

PROBLEMA 25. A

1A23

Estado não excitado: $n_1 = 1$ Primeiro estado excitado: $n_1 = 2$
Segundo estado excitado: $n_1 = 3$ Cálculo do comprimento de onda:

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 1,1 \cdot 10^7 \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{3^2} \right)$$

$$\lambda = 655 \text{ nm}$$

PROBLEMA 26. E

1A24

Cálculo do fator $\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) : n_1 = 1 \quad n_2 = 2 :$

$$\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 0,75$$

$n_1 = 2 \quad n_2 = 3 :$

$$\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 0,139$$

$n_1 = 3 \quad n_2 = 4 :$

$$\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 0,0486$$

$n_1 = 4 \quad n_2 = 5 :$

$$\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 0,0225$$

$n_1 = 5 \quad n_2 = 6 :$

$$\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 0,012$$

Quanto menor o fator maior o λ portanto o de maior λ será o $n_1 = 5 \quad n_2 = 6$

Problemas cumulativos

PROBLEMA 27. B

1A25

Cálculo do número de fótons:

$$E = \frac{Nhc}{\lambda}$$

$$32 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 2 \text{ s} = \frac{N \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{420 \cdot 10^{-9}}$$

$$N = 1,36 \cdot 10^{20} \text{ fótons}$$

PROBLEMA 28. A

1A26

Cálculo do número de fótons:

$$E = \frac{Nhc}{\lambda}$$

$$40 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 2 \text{ s} = \frac{N \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{470 \cdot 10^{-9}}$$

$$N = 1,9 \cdot 10^{20} \text{ fótons}$$

Cálculo do número de mols de fótons:

$$n = \frac{N}{N_{\text{av}}} = \frac{1,9 \cdot 10^{20}}{6 \cdot 10^{23}} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

PROBLEMA 29. D

1A27

Cálculo da variação de energia por mol:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \cdot N_{\text{av}}$$

$$E = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{865 \cdot 10^{-9}} \cdot 6 \cdot 10^{23}$$

$$E = 140 \text{ kJ mol}^{-1}$$

PROBLEMA 30. C

1A28

Cálculo da variação de energia por mol:

$$E_m = \frac{hc}{\lambda} \cdot N_{\text{av}}$$

$$E_m = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{590 \cdot 10^{-9}} \cdot 6 \cdot 10^{23}$$

$$E_m = 200 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Cálculo do número de mols de sódio:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n = \frac{5 \cdot 10^{-3} \text{ g}}{23 \text{ g mol}^{-1}} = 0,22 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Cálculo da energia emitida:

$$E_{\text{emitida}} = E_m \cdot n$$

$$E_{\text{emitida}} = 200 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1} \cdot 0,22 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$E_{\text{emitida}} = 44 \text{ J}$$

PROBLEMA 31. A

1A29

Cálculo da variação de energia por mol:

$$E_m = \frac{hc}{\lambda} \cdot N_{av}$$

$$E_m = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{500 \cdot 10^{-9}} \cdot 6 \cdot 10^{23}$$

$$E_m = 240 \text{ kJ mol}^{-1}$$

PROBLEMA 32. D

1A30

Cálculo da energia molar fornecida pelos fótons:

$$E = \frac{Nhc}{\lambda} \cdot N_{av}$$

$$E = \frac{8 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{690 \cdot 10^{-9}} \cdot 6 \cdot 10^{23}$$

$$E = 1400 \text{ kJ mol}^{-1}$$

Cálculo da eficiência:

$$e = \frac{E_{total}}{E_{armazenada}}$$

$$e = \frac{470}{1377} = 0,33$$

PROBLEMA 33. B

1A31

Cálculo do comprimento de onda:

$$\frac{1}{\lambda} = Z^2 R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$\frac{1}{\lambda} = 2^2 \cdot 1,1 \cdot 10^7 \left(\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} \right)$$

$$\lambda = 30,3 \text{ nm}$$

PROBLEMA 34. D

1A32

Cálculo da energia fornecida pela colisão de átomos de hidrogênio ($Z = 1$) no primeiro estado excitado: Primeiro estado excitado: $n_1 = 1$ $n_2 = 2$:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = hc \cdot Z^2 R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

$$E = 16,335 \text{ J}$$

Cálculo da energia necessária para excitar cada estado das alternativas:

$$E = \frac{hc}{\lambda} = hc \cdot Z^2 R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

Cálculo do fator $hc \cdot Z^2 R$

$$hc \cdot Z^2 R = 6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8 \cdot 2^2 \cdot 1,1 \cdot 10^7 = 87,12 \cdot 10^{-19}$$

$n_1 = 1$ $n_2 = 2$:

$$hc \cdot Z^2 R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 65,34 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$n_1 = 2$ $n_2 = 3$:

$$hc \cdot Z^2 R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 12,1 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$n_1 = 1$ $n_2 = 4$:

$$hc \cdot Z^2 R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 81,7 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$n_1 = 2$ $n_2 = 4$:

$$hc \cdot Z^2 R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 16,335 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$n_1 = 2$ $n_2 = 5$:

$$hc \cdot Z^2 R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) = 18,3 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Desafios

PROBLEMA 35

1A33

Cálculo do comprimento de onda com base na energia molar necessária:

$$E = \frac{hc}{\lambda} \cdot N_{av}$$

$$240 \cdot 10^3 = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{\lambda} \cdot 6 \cdot 10^{23}$$

$$\lambda = 495 \text{ nm}$$

Cálculo da energia total fornecida com rendimento:

$$E = P \cdot \Delta t \cdot \eta = 10 \cdot 2,5 \cdot 0,02 = 0,5 \text{ J}$$

Cálculo do número de fótons absorvidos:

$$n = \frac{E\lambda}{hc}$$

$$n = \frac{0,5 \cdot 250 \cdot 10^{-9}}{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8} = 6,3 \cdot 10^{17} \text{ fótons}$$

Cálculo do número de moléculas decompostas:

$$N = n \cdot N_{av}$$

$$N = 65 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 10^{23}$$

$$N = 3,9 \cdot 10^{22} \text{ átomos}$$

Cálculo do rendimento quântico:

$$\eta = \frac{\text{moléculas decompostas}}{\text{fótons absorvidos}}$$

$$\eta = \frac{3,9 \cdot 10^{22}}{6,3 \cdot 10^{17}} = 0,6 \cdot 10^5 = 6 \cdot 10^4$$

PROBLEMA 36

1A34

Cálculo da taxa(ν) de fótons incidentes(fótons por segundo):

$$\nu = \frac{P\lambda}{hc}$$

$$\nu = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 330 \cdot 10^{-9}}{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}$$

$$\nu = 25 \cdot 10^{14} = \boxed{2,5 \cdot 10^{15} \text{ fótons/s}}$$

Cálculo da taxa de fótons absorvidos:

$$\nu_{\text{abs}} = \nu \cdot \eta$$

$$\nu_{\text{abs}} = 2,5 \cdot 10^{15} \cdot 0,06 = 1,5 \cdot 10^{14} \text{ fótons/s}$$

Cálculo do número de mols de monóxido de carbono formado por segundo:

$$n = \frac{m}{M}$$

$$n = \frac{56 \cdot 10^{-6}}{28} = 2 \cdot 10^{-6} \text{ mol/s}$$

Cálculo da taxa de moléculas formadas:

$$N = n \cdot N_{\text{av}}$$

$$N = 2 \cdot 10^{-6} \cdot 6 \cdot 10^{23}$$

$$N = 1,2 \cdot 10^{18} \text{ moléculas/s}$$

Cálculo do rendimento quântico:

$$\eta = \frac{\text{moléculas decompostas}}{\text{fótons absorvidos}}$$

$$\eta = \frac{1,2 \cdot 10^{18}}{1,5 \cdot 10^{14}} = 0,8 \cdot 10^4 = \boxed{8000}$$

PROBLEMA 37

1A35

Cálculo da energia:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{103 \cdot 10^{-9}}$$

$$E = \boxed{1,9 \cdot 10^{-18} \text{ J}}$$

Cálculo do fator $(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2})$:

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2})$$

$$(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}) = 1/1,1 \cdot 10^7 \cdot 103 \cdot 10^{-9}$$

$$(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}) = 0,88$$

Então $n_1 = 1$ se não $(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}) < 0,88$ Cálculo de n_2 :

$$n_2^2 = \frac{1}{0,12}$$

$$\boxed{n_2 = 3}$$

PROBLEMA 38

1A36

Cálculo da energia:

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{434 \cdot 10^{-9}}$$

$$E = \boxed{4,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}}$$

Cálculo do fator $(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2})$:

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2})$$

$$(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}) = 1/1,1 \cdot 10^7 \cdot 434 \cdot 10^{-9}$$

$$(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}) = 0,21$$

Então $n_1 = 1$ ou $n_1 = 2$ e não $(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}) < 0,21$ Cálculo de n_2 se $n_1 = 1$:

$$n_2^2 = \frac{1}{0,79}$$

$n_2 = 1$ não funciona

Cálculo de n_2 se $n_1 = 2$:

$$n_2^2 = 1/0,04$$

$$\boxed{n_2 = 5}$$

PROBLEMA 39

1A37

Cálculo do alcance de energia:

$$\frac{hc}{\lambda_1} < E < \frac{hc}{\lambda_2}$$

$$\frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{660 \cdot 10^{-9}} < E < \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{300 \cdot 10^{-9}}$$

$$3 \cdot 10^{-19} \text{ J} < E < 6,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Passando para eV:

$$1,875 \text{ eV} < E < 4,125 \text{ eV}$$

Cálculo dos saltos quânticos que estão nessa faixa:

$$E = E_1 - E_2 = 13,6(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2})$$

$$n_1 = 2 \quad n_2 = 3$$

$$E = \boxed{1,9 \text{ eV}}$$

$$n_1 = 2 \quad n_2 = 4$$

$$E = \boxed{2,55 \text{ eV}}$$

$$n_1 = 2 \quad n_2 = 5$$

$$E = \boxed{2,86 \text{ eV}}$$

$$n_1 = 1 \quad n_2 = 6$$

$$E = \boxed{3,02 \text{ eV}}$$

PROBLEMA 40

1A38

Segundo estado excitado: $n_1 = 3$ $n_2 =$ variável Cálculo do número atômico:

$$\frac{1}{\lambda} = Z^2 R \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right)$$

No gráfico nós temos a primeira faixa que representa $n_2 = 4$ Depois temos a segunda faixa que representa $n_2 = 5$ cujo comprimento de onda é dado, portanto:

$$\frac{1}{142 \cdot 10^{-9}} = Z^2 \cdot 1,1 \cdot 10^7 \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{5^2} \right)$$

$$Z^2 = 9$$

$$Z = 3$$

$$\text{Li}^{2+}$$

Para a linha de menor energia, basta maximizar n_2 ou seja $n_2 = 4$ Cálculo do comprimento de onda:

$$\frac{1}{\lambda} = 3^2 \cdot 1,1 \cdot 10^7 \left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} \right)$$

$$\lambda = 207,8 \text{ nm}$$