

ESPECTROSCOPIA

Formação e observação de linhas espectrais

NOME: GABARITO

VERDADEIRO OU FALSO (1 pontos)

1. (V) Luz, rádio, ultravioleta e raios gama são tipos de radiação eletromagnética.
2. (F) Ondas eletromagnéticas não se propagam no vácuo.
3. (V) Ondas eletromagnéticas viajam todas a mesma velocidade no vácuo.
4. (F) Luz ultravioleta tem o mais curto comprimento de onda de qualquer onda eletromagnética.
5. (F) Um corpo negro emite radiação num só comprimento de onda ou frequência.
6. (V) Diferentes intervalos de comprimentos de onda significam diferentes cores.
7. (V) Um fóton de comprimento de onda de raios-X tem mais energia do que um fóton no visível.
8. (V) Um espectro de emissão é caracterizado por linhas estreitas e brilhantes de diferentes cores.
9. (F) Todos os comprimentos de onda da luz atravessam o vácuo com a mesma velocidade e carregam a mesma energia por fóton.
10. (V) Um gás quente e pouco denso pode produzir linhas de emissão.
11. (F) Imagine um espectro de emissão produzido por uma certa quantidade de gás de hidrogênio. Variando a quantidade de gás de H deverá necessariamente variar as cores das linhas do espectro.
12. (V) Na questão 11 anterior, quando mudar o gás de H para um gás de hélio, deverá mudar as cores das linhas do espectro.
13. (V) Um espectro de absorção consiste num espectro contínuo interrompido por uma série de linhas escuras.
14. (F) Um átomo pode permanecer num estado excitado indefinidamente.
15. (V) A energia de um fóton é inversamente proporcional ao comprimento de onda da radiação.
16. (F) A velocidade radial de uma estrela no espaço pode alargar as linhas do seu espectro.
17. (V) Medidas espectroscópicas de uma estrela podem dar informações sobre sua temperatura efetiva, composição química e movimento na linha de visada.
18. (F) Quanto maior o *redshift*, mais rápido uma galáxia distante está se aproximando de nós.
19. (F) Espectro molecular envolve somente a vibração das partículas.
20. (V) O efeito Zeeman revela a presença de um relativamente forte campo magnético pelo desdobramento de linhas espectrais.

PREENCHER O QUE FALTA (2 pontos)

1. Um espectro contínuo pode ser produzido por um sólido, líquido ou gás DENSO.
2. Um espectro de absorção é produzido quando um gás FRIO (frio/quente) de BAIXA (baixa/alta) densidade é observado na frente da fonte emissora de radiação contínua.
3. A luz se comporta como ONDA e PARTÍCULA.
4. O experimento que demonstrou o EFEITO FOTOELÉTRICO levou Einstein a concluir que a luz nem sempre se comporta como uma onda.
5. Quando um ou mais elétrons são arrancados de um átomo, o átomo é dito IONIZADO.
6. Um elétron se move para um nível de energia mais alto num átomo se o mesmo ABSORVER um fóton de uma energia específica.
7. Um elétron se move para um nível de energia mais baixo num átomo se o mesmo EMITIR um fóton de uma energia específica.

8. A “energia específica” do fóton referida nas duas questões anteriores é exatamente igual à DIFERENÇA de energia entre os dois níveis envolvidos.
9. O NÍVEL FUNDAMENTAL de um átomo é aquele no qual os elétrons ocupam os mais baixos níveis de energia.
10. Todas as linhas de emissão Lyman são transições de um estado excitado ao ESTADO FUNDAMENTAL.
11. A definição de velocidade radial é COMPONENTE DA VELOCIDADE NA NOSSA LINHA DE VISADA.
12. Os espectros de moléculas são mais complexos porque moléculas podem VIBRAR e ROTAR, ao invés de somente exibir transições eletrônicas como nos átomos.

### PROBLEMAS (7 pontos)

- 1) Demonstre a equação do slide 44 (espectroscopia I):  $\Delta E \sim \frac{1240 \text{ (eV} \cdot \text{nm)}}{\lambda \text{ (nm)}}$  dica: **parta da equação de Planck da radiação**
- 2) Na figura do slide 45 (aula de formação de linhas) se encontram três diferentes séries de transições do átomo de hidrogênio (Lyman, Balmer e Paschen) representadas até o nível de energia 6. Construa esta mesma figura até o nível de energia 8 e indique algumas transições possíveis das chamadas séries de Bracket (transições até o terceiro estado excitado  $n=4$ ) e Pfund (transições até o quarto estado excitado  $n=5$ ) determinando os comprimentos de onda das transições entre os níveis de energia. Qual(is) região(ões) espectral(is) se encontram as linhas das séries consideradas? **(ver slide 26 da aula de radiação).**
- 3) Suponha que moléculas em repouso emitam em um comprimento de onda de 18 cm. Essas moléculas são observadas numa nuvem em um comprimento de onda de 18,001 cm. Qual a velocidade radial desta nuvem em km/s e em que sentido ela está se movendo?
- 4) Uma galáxia está com velocidade de afastamento em relação à Terra de 3000 km/s. Em qual comprimento de onda a linha Ly $\alpha$  deverá ser medida?
- 5) Calcular o comprimento de onda e frequência da radiação emitida pela transição eletrônica entre o 10<sup>o</sup> e o 9<sup>o</sup> estados excitados do hidrogênio. Em qual parte do espectro eletromagnético esta radiação está? Repetir a questão para os as transições entre os níveis 100<sup>o</sup> e 90<sup>o</sup> e 1000<sup>o</sup> e 900<sup>o</sup>. **(ver slide 26 da aula de radiação)**
- 6) A uma dada temperatura de 5800 K, os átomos de H na atmosfera do sol possuem velocidades típicas randômicas de 12 km/s. Assumindo que o alargamento da linha espectral é simplesmente o resultado de átomos que se movem na nossa direção e em direção contrária a nossa, estimar o alargamento térmico em nanômetros da linha H $\alpha$ .
- 7) Estimar o quão rápido, em revoluções por dia, o Sol deverá rotar para que seu alargamento rotacional seja comparável ao alargamento térmico do problema acima (raio do Sol  $\sim 700.000$  km)? **Dicas: 1) calcular a velocidade angular  $w=v/R_{\odot}$ ; 2) 1 revolução completa tem  $2\pi$  rad.**



PFUND

NOME \_\_\_\_\_  
 CURSO \_\_\_\_\_  
 DISCIPLINA \_\_\_\_\_  
 DATA \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_

N.º USP \_\_\_\_\_

NOTA	EXAMINADORES

①  $\Delta E \sim 1240 \frac{\text{eV} \cdot \text{mm}}{\lambda(\text{mm})}$

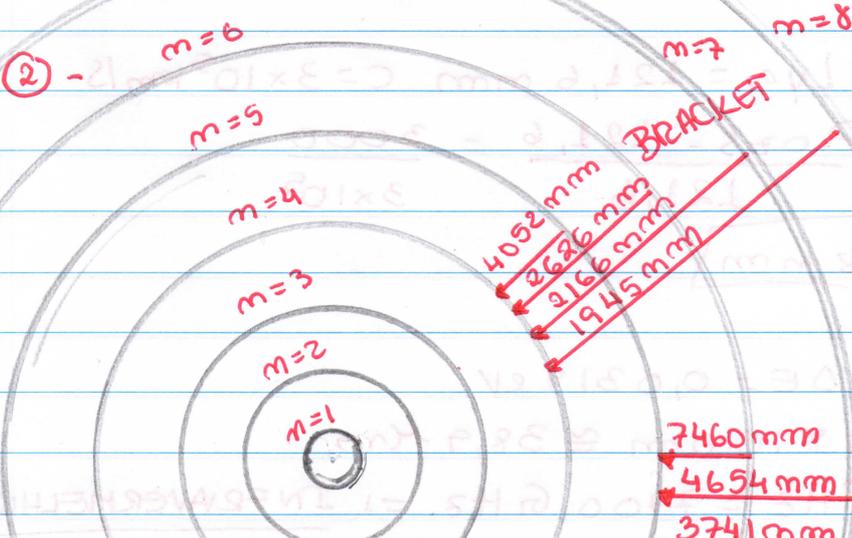
PARTINDO DE  $\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$ , TEMOS QUE:  $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ JS}$ ,

SABENDO QUE  $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J} \Rightarrow h \text{ em eV} = 4,144 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$

$c = 3 \times 10^8 \text{ m/s} \Rightarrow \text{SABENDO QUE } 1 \text{ m} = 10^9 \text{ mm}$

$c = 3 \times 10^{17} \text{ mm/s}$

ENTÃO:  $\Delta E = 4,144 \times 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s} \times 3 \times 10^{17} \text{ mm/s} \sim 1243 \frac{\text{eV} \cdot \text{mm}}{\lambda(\text{mm})}$



$\Delta E = 13,6 \left( \frac{1}{m_a^2} - \frac{1}{m_b^2} \right) \text{ eV}$

$\Delta E \sim 1240 \frac{\text{eV} \cdot \text{mm}}{\lambda(\text{mm})}$

**BRACKET:**

(5 → 4):  $\Delta E = 0,306 \text{ eV}$

$\lambda \sim 4052 \text{ mm}$

$\sim 4 \mu\text{m}$

(6 → 4):  $\Delta E = 0,472 \text{ eV}$

$\lambda \sim 2626 \text{ mm}$

$\sim 2,6 \mu\text{m}$

(7 → 4):  $\Delta E = 0,572 \text{ eV}$

$\lambda \sim 2166 \text{ mm}$

$\sim 2,2 \mu\text{m}$

(8 → 4):  $\Delta E = 0,6375 \text{ eV}$

$\lambda = 1945 \text{ mm} \sim 1,9 \mu\text{m}$

**BRACKET ESTÁ NO IR.**

### PFUND:

$$(6 \rightarrow 5): \Delta E = 0,166 \text{ eV}$$

$$\lambda \sim 7460 \text{ nm} \sim 7,5 \mu\text{m}$$

$$(7 \rightarrow 5): \Delta E = 0,266 \text{ eV}$$

$$\lambda \sim 4651 \text{ nm} \sim 4,6 \mu\text{m}$$

$$(8 \rightarrow 5): \Delta E = 0,3315 \text{ eV}$$

$$\lambda = 3741 \text{ nm} \sim 3,7 \mu\text{m}$$

### PFUND ESTÁ NO IR

$$\textcircled{3} - \lambda_{\text{LAB}} = 18 \text{ cm} \quad \lambda_{\text{OBS}} = 18,001 \text{ cm}$$

CONSIDERANDO  $c = 3 \times 10^{10} \text{ cm/s}$  E APLICANDO A FÓRMULA

DO EFEITO DOPPLER:  $\frac{\Delta \lambda}{\lambda} \sim \frac{v}{c}$

$$v = 3 \times 10^{10} \frac{(18,001 - 18)}{18} = 1,7 \times 10^6 \text{ cm/s}$$

$v = 17 \text{ km/s}$  E ESTÁ SE AFASTANDO DE NÓS.

$$\textcircled{4} - v = 3000 \text{ km/s} \quad \lambda_{\alpha} = 121,6 \text{ nm} \quad c = 3 \times 10^5 \text{ km/s}$$

$$\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = \frac{v}{c} \Rightarrow \frac{\lambda_{\text{OBS}} - 121,6}{121,6} = \frac{3000}{3 \times 10^5}$$

$$\lambda_{\text{OBS}} = 122,8 \text{ nm}$$

$$\textcircled{5} \text{ a) } (10 \rightarrow 9) \quad \Delta E = 0,0319 \text{ eV}$$

$$\lambda \sim 38.870 \text{ nm} \cong 38,9 \mu\text{m}$$

$$v = \frac{c}{\lambda} = 7,7 \times 10^{12} \text{ Hz} = 7700 \text{ GHz} = \text{INFRAVERMELHO}$$

$$\text{b) } (100 \rightarrow 90) \quad \Delta E = 3,19 \times 10^{-4} \text{ eV}$$

$$\lambda \sim 3,887 \times 10^6 \text{ nm} = 3,887 \text{ mm}$$

$$v = 7,72 \times 10^{10} \text{ Hz} = 77 \text{ GHz} \Rightarrow \text{MICROONDAS}$$

$$\text{c) } (1000 \rightarrow 900) \quad \Delta E = 3,19 \times 10^{-6} \text{ eV}$$

$$\lambda \sim 388 \times 10^6 \text{ nm} = 388 \text{ m}$$

$$v = 7,7 \times 10^8 \text{ Hz} = 771 \text{ MHz} \Rightarrow \text{RÁDIO}$$

$$\textcircled{6} - T = 5800\text{K} \quad v = 22\text{ km/s} \quad H\alpha = 656,3\text{ nm}$$

$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_{\text{LAB}}} = 2 \times \frac{v}{c} \Rightarrow \boxed{\Delta\lambda = 0,6525\text{ nm}}$$

É O ALARGAMENTO  
TÉRMICO

$$\textcircled{7} - \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{\text{LAB}}} = 2 \times \frac{v}{c} \quad v = 22\text{ km/s} \quad R_0 = 700.000\text{ km}$$

VELOCIDADE ANGULAR  $\omega = \frac{v}{R_0} = 1,71 \times 10^{-5} \frac{\text{RAD}}{\text{S}} \approx 4,5 \frac{\text{RAD}}{\text{DIA}}$

$$1 \text{ REVOLUÇÃO} = 2\pi \text{ RAD} \Rightarrow \boxed{\omega = 0,24 \text{ REVOL/DIA}}$$