

**F107- Física para Biologia —Lista 2 - 1º Semestre de 2018**

Esta área do curso tem os seguintes tópicos: interferência, difração, experimento de fenda simples e dupla,

1. (Cutnell, exemplo 1) Seja a luz vermelha,  $\lambda = 660 \text{ nm}$  foi usada num experimento de dupla fenda com a largura da fenda de  $a = 1,20 \times 10^{-4} \text{ m}$ .

(a) Qual é o ângulo  $\theta$  do primeiro mínimo?

**Resposta**

$$\theta = 0,95^\circ.$$

(b) Qual é o ângulo  $\theta$  do terceiro mínimo?

**Resposta**

$$\theta = 2,85^\circ.$$

2. Agora faça para microondas, com  $\lambda = 2,00 \times 10^{-4} \text{ m}$ .

(a) Qual é o ângulo  $\theta$  do primeiro mínimo?

**Resposta**

Neste caso não é possível ter interferência pois o comprimento de onda,  $\lambda$  é maior do que a largura da fenda,  $a$ .

3. (Duran) Luz vermelha de  $\lambda = 700 \text{ nm}$  tem difração por uma fenda horizontal de largura de  $1,4 \mu \text{ m}$ .

(a) Qual deve a frequência de uma luz sonora para sofrer a mesma difração quando atravessa uma porta de  $1 \text{ m}$  de largura? A velocidade da luz sonora é de  $343 \text{ m/s}$ .

**Resposta**

$$\lambda = 0,5 \text{ m e } f = 686 \text{ Hz}.$$

4. (Giancoli página 670) Seja uma dupla fenda com separação de  $d = 0,1 \text{ mm}$  e está localizada a  $L = 1,20 \text{ m}$  de uma tela. Luz de comprimento de onda de  $\lambda = 500 \text{ nm}$  incide nesta fenda.

(a) Qual é o ângulo,  $\theta_1$ , entre o máximo central e o primeiro mínimo?

**Resposta**

$$\theta_1 = 5,00 \times 10^{-3}$$

(b) Assuma dado que a distância entre o máximo central e o primeiro mínimo é dado por  $x_1 \sim L\theta_1$ , onde  $\theta_1$  é o ângulo calculado no item anterior. Qual é esta distância?

**Resposta**

$$x_1 \sim 6,00 \text{ mm.}$$

(c) Qual é o ângulo,  $\theta_2$  entre o máximo central e o segundo mínimo? Assuma dado que a distância entre o máximo central e o segundo mínimo é dado por  $x_2 \sim L\theta_2$ , onde  $\theta$  é o ângulo calculado neste item. Qual é esta distância?

**Resposta**

$$\theta_2 = 10,0 \times 10^{-3} \quad x_2 \sim 12,0 \text{ mm.}$$

(d) Imagina agora que a tela plana é colocada a 10 m de distância. Qual é o ângulo,  $\theta_1$ , entre o máximo central e o primeiro mínimo para este caso? Assuma dado que a distância entre o máximo central e o primeiro mínimo é dado por  $x_1 \sim L\theta_1$ , onde  $\theta_1$  é o ângulo calculado no item anterior. Qual é esta distância para este caso?

**Resposta**

$$\theta_1 = 5,00 \times 10^{-3} \quad x_1 \sim 60,0 \text{ mm.}$$

5. A Figura 1 mostra o padrão de difração de uma luz no lado esquerdo e no lado direito a geometria do problema. A luz tem comprimento de onda de  $\lambda = 410 \text{ nm}$ . A luz passa através de uma fenda numa tela plana que é localizado 0.40 m (Veja o diagrama do lado direito na Figura 1). A distância entre o ponto médio da franja central e o primeira franja escura é chamado de  $y$ . A largura da fenda é chamada de  $a$ .

(a) Determine a localização da primeira franja escura se  $a = 5,0 \times 10^{-6} \text{ m}$ .

**Resposta**

Está em  $\theta = 4,7^\circ$ .

(b) Determine a localização da primeira franja escura se  $a = 2,5 \times 10^{-6} \text{ m}$ .

**Resposta**

Está em  $\theta = 9,4^\circ$ .

(c) O que aconteceu quando diminui a largura da fenda? O máximo central se esparrama ou se concentra?

**Resposta**

Como o ângulo aumenta a franja central ou máximo central se alargou.

	$\lambda_1$	$\lambda_2$
$d_1$		
$d_2$		

Tabela 1: Tabela para preencher.

6. Seja a Figura 2 que mostra duas fendas com larguras  $d_1$  e  $d_2$  e a luz com dois diferentes comprimentos de onda  $\lambda_1$  e  $\lambda_2$ .

(a) No caso das fendas, se a luz tem comprimento de onda  $\lambda_1$ , se primeiro a luz passa pela fenda  $d_1$  ou pela fenda  $d_2$ . Comparando dois casos qual a separação entre o máximo central e o primeiro mínimo é maior ou menor?

(b) No caso das fendas, se a luz a luz passa pela fenda  $d_1$ . Comparando o caso que o comprimento de onda é  $\lambda_1$  ou  $\lambda_2$  em qual destes a separação entre o máximo central e o primeiro mínimo é maior ou menor?

7. Seja a Figura 3 que mostra uma luz branca passando por um duas fendas (chamado experimento de Young). A Figura 3 mostra uma fotografia que ilustra as franjas de interferência (série de máximos e mínimos) quando a luz branca, que é uma mistura de todas as cores, passa numa dupla fenda. O resultado é uma franja central branca (primeiro máximo) e as franjas laterais sendo coloridas.

(a) Porquê a dupla fendas separam a luz?

**Resposta** Como a interferência depende do comprimento de onda, diferentes comprimentos iram ter diferentes máximos e mínimos.

(b) Porque o vermelho está mais afastado do que o verde na Figura? O comprimento de onda da cor vermelho é  $\lambda = 660 \text{ nm}$  e a cor verde é  $\lambda = 550 \text{ nm}$ . Se diminuirmos o comprimento de onda, diminui o ângulo  $\theta$  do primeiro mínimo, portanto ondas com menor comprimento de onda são mais centrais. Lembre que existem infinitas franjas.

8. (Giancoli, página 677) Uma grade difração incide uma luz de  $\lambda = 400 \text{ nm}$  e de  $\lambda = 700 \text{ nm}$ . A grade de difração tem uma grade de 10.000 linhas por cm.

(a) Qual é a distância entre as fendas?

**Resposta** A distância entre as fendas é dado por  $d=1/N$  onde

$N$  é o número de linhas por  $m$ . A distância neste caso é de  $1,00 \times 10^{-6} m = 1\mu m$ . Veja a Figura 4.

(b) Qual é a posição do primeiro máximo?

**Resposta**

$\sin \theta \sim 0,4$  para  $\lambda = 400 \text{ nm}$  e  $\sin \theta \sim 0,7$  para  $\lambda = 700 \text{ nm}$ .

(b) Qual é a posição do segundo máximo? Compare a Figura 4.

**Resposta**

$\sin \theta \sim 0,8$  para  $\lambda = 400 \text{ nm}$  e  $\sin \theta \sim 1,4$  para  $\lambda = 700 \text{ nm}$ .

Como no segundo caso o seno do ângulo é maior do que 1, e isto não é possível não existe o segundo máximo para este comprimento de onda.

9. (Giancoli, seção 24-7) Seja a Figura 5 que mostra uma luz passando por uma grade de difração e sendo observada a um certo ângulo  $\theta$  por um telescópio. Este aparelho móvel ;e o espectrometro.

(a) Seja o espectro observado por um espectrometro de um gás aquecido e pouco denso. O resultado é mostrado na primeira, segunda e terceira coluna aparecem as linhas *discretas* dos elementos químicos, respectivamente hidrôgênio, mercúrio e sódio.

(b) No sol, está n formato gasoso e num meio muito denso. Neste caso aparece o espectro contínuo mostrado na quarta coluna. Os pontos negros no espectro do sol são luz de um dado elemento que foi absorvido na atmosfera do sol e não chega até nós. De forma qualitativa quais são os elementos presentes no sol ?

10. (Giancoli, exemplo 27-1) Na Figura 7, vemos a intensidade da luz em função do comprimento.

(a) Assuma que o espectro do Sol tenha o máximo na região do visível, então qual é a temperatura do sol?

**Resposta**

$T=6000 \text{ K}$

(b) Seja uma estrela cuja temperatura seja de  $32.500 \text{ K}$ . O máximo de intensidade ocorre quando  $\lambda_{\text{max}} T = 2.90 \times 10^{-3} \text{ mK}$ . Qual será o comprimento de onda corresponde desta estrela? Qual seria a cor desta estrela?

**Resposta:**

$\lambda = 89,2 \text{ nm}$  que seria ultra-violeta.

**Efeitos Quânticos : Efeito compton, fotoelétrico: a introdução de fótons.**

11. Fótons de uma lâmpada. Uma lâmpada de 60 J/s, i.e que emite 60J de energia em 1s. A energia elétrica da corrente é convertida em luz, com uma eficiência de 2.1 %, i.e. apenas 2.1% da energia é realmente aproveitada. Assuma que esta lâmpada só emita luz verde,  $\lambda = 555 \text{ nm}$ .

(a) Calcule a energia do fóton usando a fórmula de Planck,  $E = hf = \frac{hc}{\lambda}$ , é dado que  $h = 6.63 \times 10^{-24} \text{ J}$ .

**Resposta:**

Usando a fórmula de Planck,  $E = \frac{hc}{\lambda}$ ,  $E = 3,58 \times 10^{-19} \text{ J}$

(b) Qual é a energia realmente usada?

**Resposta:**

A energia usada é  $60 \text{ J/s} \times (2.1 \times 10^{-2}) = 1.3 \text{ J/s}$ .

(c) Quantos fótons tem neste lâmpada?

Se a energia total disponível é de 1.3 J/s e cada fóton de comprimento de onda verde tem  $E = 3,58 \times 10^{-19}$ , então teremos

$$N_{\text{fotons}} = \frac{\text{Energia}}{E_{\text{foton}}} = \frac{1.3}{3,58 \times 10^{-19}} = 3,6 \times 10^{14} \text{ fótons/s.}$$

12. (Giancoli, exemplo 27-7) Na fotossíntese pigmentos tais como clorofila em plantas absorvem a energia do sol para transformar o gás carbônico  $\text{CO}_2$  em carboidrato útil para as plantas. Se achou que 9 fótons são necessários para transformar uma molécula de gás carbônico em carboidratos e oxigênio  $\text{O}_2$ . Assuma que a luz tenha comprimento de onda  $\lambda = 670 \text{ nm}$  (clorofila absorve mais fortemente para comprimentos de onda entre 650 a 700 nm). Cada molécula de gás carbônico tem 4.9 eV.  $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$ .

(a) Qual é a energia de um fóton com este comprimento de onda? E de 9 fótons?

**Resposta**

$E = 2,7 \times 10^{-18} \text{ J} = 17 \text{ eV}$  para os nove fótons.

(b) Se temos 4,9 eV de energia da molécula de gás carbônico qual é a eficiência deste processo de fotossíntese? A eficiência é

de  $\frac{4.9}{19} = 29\%$ . Em outras palavras 29% da energia disponível é usada neste processo.

13. Na Figura 8 qual caso (a) ou (b) corresponde ao que ocorre com elétrons? No caso (a) não ocorre difração e no caso (b) ocorre difração.

**Resposta** Se elétrons são partículas então não existe interferência ou difração, se são ondas então existe interferência ou difração. Então deveremos ter o caso (a).

14. No experimento fotoelétrico temos emissão de elétrons se a energia dos fótons é maior do que a chamada função trabalho. A função trabalho, o nome vem da história do experimento, é de 2,28 eV para o elemento sódio.

(a) Imagine que incida fótons de comprimento de onda de 410 nm, qual a energia destes fótons? É maior ou menor do que a função trabalho ?

**Resposta** A energia é de 3,03 eV.

(b) Imagine que incida fótons de comprimento de onda de 550 nm, qual a energia destes fótons? É maior ou menor do que a função trabalho ?

**Resposta** A energia é de 2,26 eV.

(c) Em qual dos dois casos será emitido elétrons?

**Resposta** Apenas no primeiro caso, pois no segundo o fóton tem energia menor do que a função trabalho.

15. No experimento de Compton, veja Figura 9, um fóton de comprimento  $\lambda$  colide com o alvo, e sai com um comprimento  $\lambda'$ .

(a) Raios X de 0.14 nm incidem em carbono e aparecem comprimentos de onda de 0,142 e 0,145 nm para diferentes ângulos. Calcule a energia do fóton inicial e fótons medidos após a colisão. A energia dos fótons medidos após a colisão aumentou ou diminuiu em relação ao fóton inicial? Como se pode explicar este comportamento por efeitos ondulatórios?

**Resposta** Energia do fóton inicial de 227 eV, energia dos fótons após a colisão, 224 e 219 eV. Parte da energia do fóton inicial foi transferida. Se isto fosse interferência ou difração a energia seria igual. Portanto não podemos explicar por efeitos de interferência ou difração, uma maneira de entender é pensar que a luz esta sendo espalhada como na sinuca pelo elétron.

16.

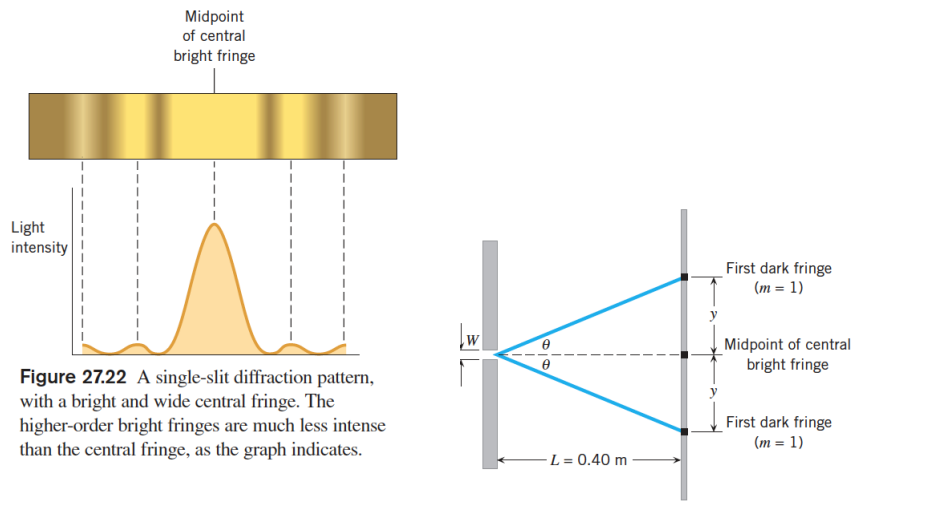


Figura 1: Difração por uma fenda simples do Cutnell e Johnson. Veja as franjas claras e escuras.

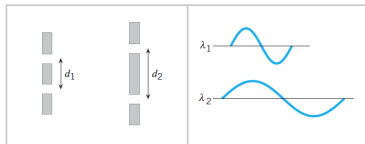
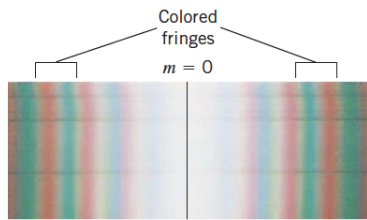


Figura 2: Difração para diferentes aberturas e diferentes comprimentos de onda.



**Figure 27.8** This photograph shows the results observed on the screen in one version of Young's experiment in which white light (a mixture of all colors) is used. (© Andy Washnik)

Figura 3: Dupla fenda com luz branca.

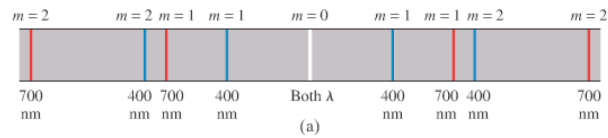


Figura 4: Dupla fenda com luz com dois comprimentos de onda.

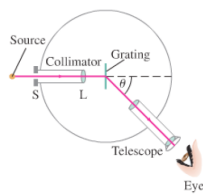


Figura 5: Espectrometro.



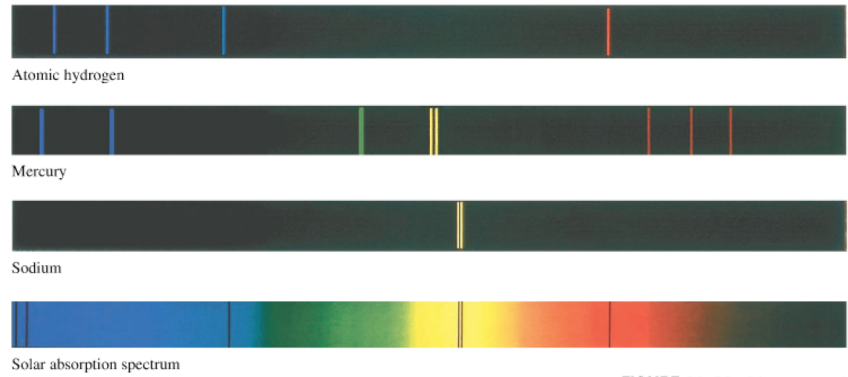


FIGURE 24-28 Line spectra for

Figura 6: Espectro de elementos químicos e do Sol.

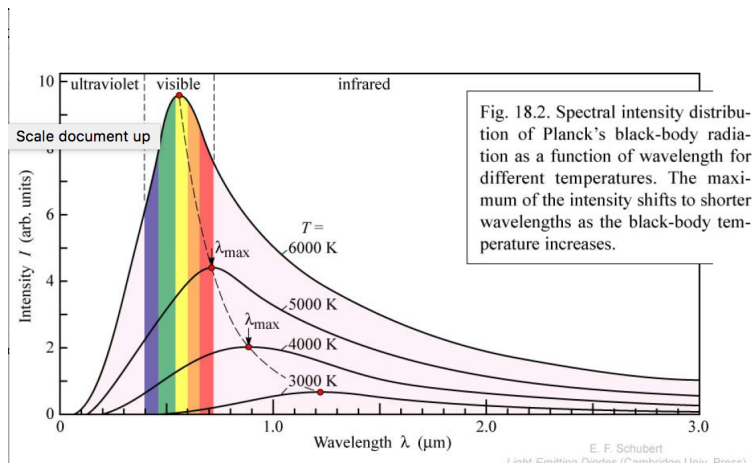


Figura 7: Intensidade do espectro em função do comprimento de onda..

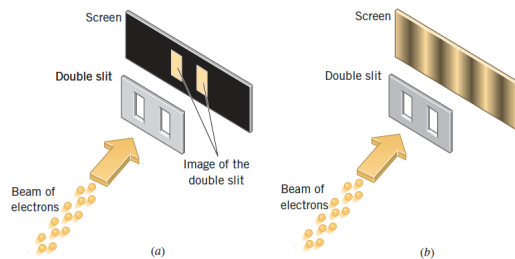
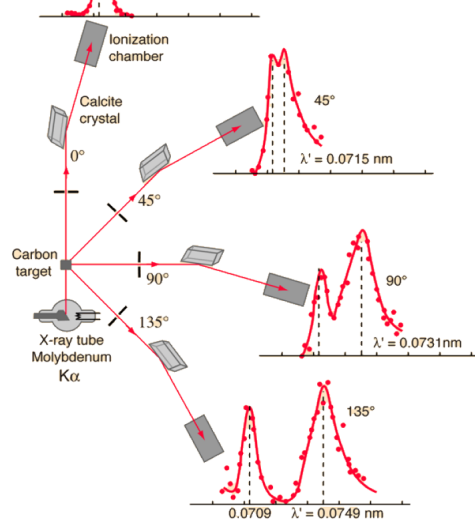


Figura 8: Electrons e luz se chocando em dupla fenda.

# Efeito Compton: carácter corpuscular



Mudança no comprimento de onda:

$$\lambda_{\text{final}} > \lambda_{\text{inicial}} \rightarrow E_{\text{final}} < E_{\text{inicial}}$$

Figura 9: Espalhamento compton, dependendo do ângulo aparecem dois comprimentos de onda.