

*Halliday & Resnick*  
*Fundamentos de Física*  
Óptica e Física Moderna  
Volume 4



**LTC**  
EDITORA



[www.grupogen.com.br](http://www.grupogen.com.br)

<http://gen-io.grupogen.com.br>



Conteúdos editoriais



ROCA

LTC

atlas



O **GEN | Grupo Editorial Nacional** reúne as editoras Guanabara Koogan, Santos, Roca, AC Farmacêutica, LTC, Forense, Método, EPU, Atlas e Forense Universitária



O **GEN-IO | GEN – Informação Online** é o repositório de material suplementar dos livros dessas editoras

[www.grupogen.com.br](http://www.grupogen.com.br)

<http://gen-io.grupogen.com.br>



# Halliday/Resnick/Walker

# Fundamentos de Física 10ª edição

Testes em PowerPoint

Capítulo 38 Fótons e Ondas de Matéria



38.2.1. Por que não podemos ver os fótons individualmente e temos a impressão de que a luz é contínua?

- a) Porque um raio luminoso contém uma grande quantidade de fótons, cada um com uma pequena quantidade de energia.
- b) Porque a onda associada a um fóton se combina com a onda associada ao fóton vizinho, o que faz um raio luminoso parecer contínuo.
- c) Porque a onda associada a um fóton se estende a uma região maior do que os nossos olhos são capazes de detectar.
- d) Porque as propriedades corpusculares dos fótons não interagem com os nossos olhos.
- e) Porque cada fóton contém informações a respeito de todo o espectro eletromagnético, e nossos olhos não são capazes de interpretar essas informações.



38.2.1. Por que não podemos ver os fótons individualmente e temos a impressão de que a luz é contínua?

- a) Porque um raio luminoso contém uma grande quantidade de fótons, cada um com uma pequena quantidade de energia.
- b) Porque a onda associada a um fóton se combina com a onda associada ao fóton vizinho, o que faz um raio luminoso parecer contínuo.
- c) Porque a onda associada a um fóton se estende a uma região maior do que os nossos olhos são capazes de detectar.
- d) Porque as propriedades corpusculares dos fótons não interagem com os nossos olhos.
- e) Porque cada fóton contém informações a respeito de todo o espectro eletromagnético, e nossos olhos não são capazes de interpretar essas informações.



38.2.2. Um laser de 10 mW emite luz com um comprimento de onda de 780 nm. Quantos fótons o laser emite por segundo?

- a)  $2 \times 10^{16}$  fótons.
- b)  $4 \times 10^{16}$  fótons.
- c)  $8 \times 10^{18}$  fótons.
- d)  $1 \times 10^{20}$  fótons.
- e)  $3 \times 10^{21}$  fótons.



38.2.2. Um laser de 10 mW emite luz com um comprimento de onda de 780 nm. Quantos fótons o laser emite por segundo?

a)  $2 \times 10^{16}$  fótons.

b)  $4 \times 10^{16}$  fótons.

c)  $8 \times 10^{18}$  fótons.

d)  $1 \times 10^{20}$  fótons.

e)  $3 \times 10^{21}$  fótons.



38.2.3. Um laser de 5 mW produz uma luz de 650 nm. A luz passa por um filtro polarizador que transmite 70% da luz incidente. Quantos fótons por segundo passam pelo filtro polarizador?

- a)  $1 \times 10^{16}$  fótons.
- b)  $5 \times 10^{17}$  fótons.
- c)  $2 \times 10^{18}$  fótons.
- d)  $4 \times 10^{19}$  fótons.
- e)  $7 \times 10^{20}$  fótons.



38.2.3. Um laser de 5 mW produz uma luz de 650 nm. A luz passa por um filtro polarizador que transmite 70% da luz incidente. Quantos fótons por segundo passam pelo filtro polarizador?

a)  $1 \times 10^{16}$  fótons.

b)  $5 \times 10^{17}$  fótons.

c)  $2 \times 10^{18}$  fótons.

d)  $4 \times 10^{19}$  fótons.

e)  $7 \times 10^{20}$  fótons.



## 38.2.4. A energia de um fóton depende

- a) da massa do fóton.
- b) da amplitude do campo elétrico.
- c) da direção do campo elétrico.
- d) da diferença de fase entre a onda eletromagnética e a fonte da radiação.
- e) da frequência do fóton.



## 38.2.4. A energia de um fóton depende

- a) da massa do fóton.
- b) da amplitude do campo elétrico.
- c) da direção do campo elétrico.
- d) da diferença de fase entre a onda eletromagnética e a fonte da radiação.
- e) da frequência do fóton.



38.2.5. Os cientistas criaram uma câmara fotográfica especial cujo obturador permanece aberto por um período de tempo muito curto. Quando um objeto iluminado é fotografado com essa câmara, a imagem mostra apenas pontos luminosos aleatoriamente distribuídos. O que esse experimento revela a respeito da natureza da luz?

- a) Os pontos constituem uma figura de interferência que comprova a natureza ondulatória da luz.
- b) O pequeno número de pontos mostra que os raios luminosos foram cortados pelo obturador da câmara.
- c) A falta de uma imagem definida mostra que é necessário um certo tempo para que a lente da câmara possa focalizar as ondas luminosas.
- d) Os pontos mostram que a luz é composta por fótons.



38.2.5. Os cientistas criaram uma câmara fotográfica especial cujo obturador permanece aberto por um período de tempo muito curto. Quando um objeto iluminado é fotografado com essa câmara, a imagem mostra apenas pontos luminosos aleatoriamente distribuídos. O que esse experimento revela a respeito da natureza da luz?

- a) Os pontos constituem uma figura de interferência que comprova a natureza ondulatória da luz.
- b) O pequeno número de pontos mostra que os raios luminosos foram cortados pelo obturador da câmara.
- c) A falta de uma imagem definida mostra que é necessário um certo tempo para que a lente da câmara possa focalizar as ondas luminosas.
- d) Os pontos mostram que a luz é composta por fótons.



38.3.1. Quando os primeiros experimentos envolvendo o efeito fotoelétrico foram executados, um resultado incompatível com a física clássica foi o fato de que

- a) a energia cinética dos elétrons ejetados não dependia da intensidade da luz.
- b) os elétrons podiam se mover no vácuo.
- c) a energia cinética dos elétrons ejetados era diretamente proporcional à frequência da luz.
- d) a luz podia liberar elétrons da superfície de um metal.
- e) a energia cinética dos elétrons ejetados era diretamente proporcional ao comprimento de onda da luz.



38.3.1. Quando os primeiros experimentos envolvendo o efeito fotoelétrico foram executados, um resultado incompatível com a física clássica foi o fato de que

- a) a energia cinética dos elétrons ejetados não dependia da intensidade da luz.
- b) os elétrons podiam se mover no vácuo.
- c) a energia cinética dos elétrons ejetados era diretamente proporcional à frequência da luz.
- d) a luz podia liberar elétrons da superfície de um metal.
- e) a energia cinética dos elétrons ejetados era diretamente proporcional ao comprimento de onda da luz.



38.3.2. Qual dos efeitos abaixo não é previsto pelo modelo clássico do efeito fotoelétrico?

- a) A existência de um intervalo de tempo finito entre o instante em que a luz atinge a superfície de um metal e o instante em que os primeiros elétrons são ejetados.
- b) A variação da energia cinética dos elétrons ejetados com a frequência da luz.
- c) A variação do momento dos elétrons ejetados com a intensidade da luz.
- d) A variação da energia cinética dos elétrons ejetados com a intensidade da luz.



38.3.2. Qual dos efeitos abaixo não é previsto pelo modelo clássico do efeito fotoelétrico?

- a) A existência de um intervalo de tempo finito entre o instante em que a luz atinge a superfície de um metal e o instante em que os primeiros elétrons são ejetados.
- b) A variação da energia cinética dos elétrons ejetados com a frequência da luz.
- c) A variação do momento dos elétrons ejetados com a intensidade da luz.
- d) A variação da energia cinética dos elétrons ejetados com a intensidade da luz.



38.3.3. Qual dos fenômenos abaixo, observado nos experimentos do efeito fotoelétrico, não era compatível com a física clássica?

- a) O fato de que os elétrons se comportavam como ondas.
- b) O fato de que, abaixo de uma certa frequência, a luz não era capaz de ejetar elétrons da superfície de um metal.
- c) O fato de que os fótons se comportavam como ondas.
- d) O fato de que, acima de uma certa frequência, a luz se comportava como uma onda.
- e) O fato de que a energia dos elétrons emitidos dependia da intensidade da luz.



38.3.3. Qual dos fenômenos abaixo, observado nos experimentos do efeito fotoelétrico, não era compatível com a física clássica?

- a) O fato de que os elétrons se comportavam como ondas.
- b) O fato de que, abaixo de uma certa frequência, a luz não era capaz de ejetar elétrons da superfície de um metal.
- c) O fato de que os fótons se comportavam como ondas.
- d) O fato de que, acima de uma certa frequência, a luz se comportava como uma onda.
- e) O fato de que a energia dos elétrons emitidos dependia da intensidade da luz.



38.3.4. Se a luz se comportasse apenas como uma onda, não deveria haver uma frequência de corte, já que

- a) apenas partículas podem ejetar elétrons de uma superfície.
- b) a energia de uma onda não depende da intensidade.
- c) ondas de baixa frequência têm mais energia que ondas de alta frequência.
- d) qualquer onda eletromagnética deveria ter energia suficiente para ejetar elétrons de uma superfície, contanto que fosse suficientemente intensa.
- e) sempre haveria interferência entre as ondas luminosas e as ondas eletrônicas.



38.3.4. Se a luz se comportasse apenas como uma onda, não deveria haver uma frequência de corte, já que

- a) apenas partículas podem ejetar elétrons de uma superfície.
- b) a energia de uma onda não depende da intensidade.
- c) ondas de baixa frequência têm mais energia que ondas de alta frequência.
- d) qualquer onda eletromagnética deveria ter energia suficiente para ejetar elétrons de uma superfície, contanto que fosse suficientemente intensa.
- e) sempre haveria interferência entre as ondas luminosas e as ondas eletrônicas.



- 38.3.5. Que tipo de transformação de energia acontece em um experimento de efeito fotoelétrico?
- a) Energia cinética é transformada em energia térmica.
  - b) Energia térmica é transformada em energia eletromagnética.
  - c) Energia eletromagnética é transformada em energia cinética.
  - d) Energia eletromagnética é transformada em energia térmica.
  - e) Energia eletromagnética é transformada em energia potencial.



38.3.5. Que tipo de transformação de energia acontece em um experimento de efeito fotoelétrico?

- a) Energia cinética é transformada em energia térmica.
- b) Energia térmica é transformada em energia eletromagnética.
- c) Energia eletromagnética é transformada em energia cinética.
- d) Energia eletromagnética é transformada em energia térmica.
- e) Energia eletromagnética é transformada em energia potencial.



38.4.1. Raios X com um comprimento de onda de  $0,10 \text{ nm}$  são espalhados por um átomo de argônio. Os raios X espalhados fazem um ângulo de  $85^\circ$  com o feixe incidente. Qual é o deslocamento de Compton dos raios X espalhados?

- a)  $0,0022 \text{ nm}$
- b)  $0,011 \text{ nm}$
- c)  $0,022 \text{ nm}$
- d)  $0,041 \text{ nm}$
- e)  $0,12 \text{ nm}$



38.4.1. Raios X com um comprimento de onda de  $0,10 \text{ nm}$  são espalhados por um átomo de argônio. Os raios X espalhados fazem um ângulo de  $85^\circ$  com o feixe incidente. Qual é o deslocamento de Compton dos raios X espalhados?

a)  $0,0022 \text{ nm}$

b)  $0,011 \text{ nm}$

c)  $0,022 \text{ nm}$

d)  $0,041 \text{ nm}$

e)  $0,12 \text{ nm}$



- 38.4.2. Um fóton de comprimento de onda  $\lambda$  e frequência  $f$  incide em um elétron que está inicialmente em repouso. Qual dos processos abaixo acontece em consequência dessa colisão?
- O fóton ganha energia, o que aumenta sua frequência para um valor maior que  $f$ .
  - O fóton perde energia, o que reduz sua frequência para um valor menor que  $f$ .
  - O fóton perde energia, o que reduz seu comprimento de onda para um valor menor que  $\lambda$ .
  - O fóton ganha energia, o que aumenta seu comprimento de onda para um valor maior que  $\lambda$ .
  - O fóton é totalmente absorvido pelo elétron.



38.4.2. Um fóton de comprimento de onda  $\lambda$  e frequência  $f$  incide em um elétron que está inicialmente em repouso. Qual dos processos abaixo acontece em consequência dessa colisão?

- a) O fóton ganha energia, o que aumenta sua frequência para um valor maior que  $f$ .
- b) O fóton perde energia, o que reduz sua frequência para um valor menor que  $f$ .
- c) O fóton perde energia, o que reduz seu comprimento de onda para um valor menor que  $\lambda$ .
- d) O fóton ganha energia, o que aumenta seu comprimento de onda para um valor maior que  $\lambda$ .
- e) O fóton é totalmente absorvido pelo elétron.



38.4.3. Um fóton de raio X com um comprimento de onda  $\lambda$  incide em um elétron que está inicialmente em repouso. Qual das afirmações abaixo descreve corretamente o comprimento de onda do fóton após a colisão?

- a) Não existe nenhum fóton após a colisão.
- b) O comprimento de onda do fóton continua a ser  $\lambda$ , mas a frequência do fóton é menor que antes.
- c) O comprimento de onda do fóton após a colisão é maior que  $\lambda$ .
- d) O comprimento de onda do fóton após a colisão é  $\lambda/2$ .
- e) O comprimento de onda do fóton após a colisão está entre  $\lambda/2$  e  $\lambda$ .



38.4.3. Um fóton de raio X com um comprimento de onda  $\lambda$  incide em um elétron que está inicialmente em repouso. Qual das afirmações abaixo descreve corretamente o comprimento de onda do fóton após a colisão?

- a) Não existe nenhum fóton após a colisão.
- b) O comprimento de onda do fóton continua a ser  $\lambda$ , mas a frequência do fóton é menor que antes.
- c) O comprimento de onda do fóton após a colisão é maior que  $\lambda$ .
- d) O comprimento de onda do fóton após a colisão é  $\lambda/2$ .
- e) O comprimento de onda do fóton após a colisão está entre  $\lambda/2$  e  $\lambda$ .



38.5.1. Um experimento de dupla fenda é executado em uma câmara escura, usando uma fonte que produz um fóton de cada vez, e um filme fotográfico é colocado no lugar da tela de observação. Depois de algum tempo, o filme é removido e revelado. A fotografia mostra

- a) duas faixas claras, que correspondem às duas fendas.
- b) franjas de interferência.
- c) uma faixa clara central.
- d) Nenhuma das respostas acima.



38.5.1. Um experimento de dupla fenda é executado em uma câmara escura, usando uma fonte que produz um fóton de cada vez, e um filme fotográfico é colocado no lugar da tela de observação. Depois de algum tempo, o filme é removido e revelado. A fotografia mostra

- a) duas faixas claras, que correspondem às duas fendas.
- b) franjas de interferência.
- c) uma faixa clara central.
- d) Nenhuma das respostas acima.



38.5.2. Quando um experimento de dupla fenda é realizado usando uma fonte que produz um fóton de cada vez, e um filme fotográfico é colocado no lugar da tela de observação, são observadas franjas de interferência. O que produz a interferência?

- a) Cada fóton interfere com os fótons que já passaram pelas fendas.
- b) Cada fóton interfere com os fótons que ainda vão passar pelas fendas.
- c) Cada fóton interfere com todos os outros fótons.
- d) Cada fóton interfere com si mesmo.
- e) Cada fóton interfere com uma das fendas.



38.5.2. Quando um experimento de dupla fenda é realizado usando uma fonte que produz um fóton de cada vez, e um filme fotográfico é colocado no lugar da tela de observação, são observadas franjas de interferência. O que produz a interferência?

- a) Cada fóton interfere com os fótons que já passaram pelas fendas.
- b) Cada fóton interfere com os fótons que ainda vão passar pelas fendas.
- c) Cada fóton interfere com todos os outros fótons.
- d) Cada fóton interfere com si mesmo.
- e) Cada fóton interfere com uma das fendas.



38.6.1. Complete a seguinte afirmação: As ondas de matéria e as ondas luminosas

- a) são ondas de probabilidade.
- b) possuem momento.
- c) possuem massa.
- d) podem produzir figuras de interferência.
- e) Duas ou mais das respostas acima estão corretas.



38.6.1. Complete a seguinte afirmação: As ondas de matéria e as ondas luminosas

- a) são ondas de probabilidade.
- b) possuem momento.
- c) possuem massa.
- d) podem produzir figuras de interferência.
- e) Duas ou mais das respostas acima estão corretas.



38.6.2. Um feixe de elétrons incide em um anteparo com duas fendas estreitas. Do outro lado do anteparo, é colocada uma tela que produz um clarão quando é atingida por um elétron. Ao contrário das previsões da física clássica, esse experimento mostra que

- a) nem todos os elétrons chegam à tela no mesmo ponto.
- b) nem todos os elétrons do feixe chegam à tela.
- c) a probabilidade de que os elétrons cheguem à tela varia periodicamente com o ângulo de espalhamento.
- d) a sombra do anteparo aparece na tela.
- e) nenhum elétron chega à tela.



38.6.2. Um feixe de elétrons incide em um anteparo com duas fendas estreitas. Do outro lado do anteparo, é colocada uma tela que produz um clarão quando é atingida por um elétron. Ao contrário das previsões da física clássica, esse experimento mostra que

- a) nem todos os elétrons chegam à tela no mesmo ponto.
- b) nem todos os elétrons do feixe chegam à tela.
- c) a probabilidade de que os elétrons cheguem à tela varia periodicamente com o ângulo de espalhamento.
- d) a sombra do anteparo aparece na tela.
- e) nenhum elétron chega à tela.



38.6.3. Qual dos experimentos abaixo pode ser considerado uma demonstração da natureza ondulatória dos elétrons?

- a) Clarões luminosos são observados quando os elétrons incidem em uma tela especial.
- b) Os elétrons produzem franjas de interferência depois de passarem por uma dupla fenda.
- c) O elétrons interagem com o éter, como foi revelado no experimento de Michelson-Morley.
- d) Os elétrons podem ser ejetados pela luz, como foi observado nos experimentos do efeito fotoelétrico.
- e) Os elétrons interagem com os fótons (partículas de luz), como foi observado nos experimentos do efeito Compton).



38.6.3. Qual dos experimentos abaixo pode ser considerado uma demonstração da natureza ondulatória dos elétrons?

- a) Clarões luminosos são observados quando os elétrons incidem em uma tela especial.
- b) Os elétrons produzem franjas de interferência depois de passarem por uma dupla fenda.
- c) O elétrons interagem com o éter, como foi revelado no experimento de Michelson-Morley.
- d) Os elétrons podem ser ejetados pela luz, como foi observado nos experimentos do efeito fotoelétrico.
- e) Os elétrons interagem com os fótons (partículas de luz), como foi observado nos experimentos do efeito Compton).



38.6.4. Estime o valor do comprimento de onda de de Broglie de uma abelha em pleno voo.

- a) Uma abelha não pode ter um comprimento de onda.
- b)  $2 \times 10^{-18} \text{ m}$
- c)  $5 \times 10^{-32} \text{ m}$
- d)  $4 \times 10^{-36} \text{ m}$
- e)  $1 \times 10^{-40} \text{ m}$



38.6.4. Estime o valor do comprimento de onda de de Broglie de uma abelha em pleno voo.

a) Uma abelha não pode ter um comprimento de onda.

b)  $2 \times 10^{-18} \text{ m}$

c)  $5 \times 10^{-32} \text{ m}$

d)  $4 \times 10^{-36} \text{ m}$

e)  $1 \times 10^{-40} \text{ m}$



38.6.5. Qual é o comprimento de onda de de Broglie de um elétron em repouso?

- a) 0
- b)  $\infty$
- c) A pergunta não faz sentido. O comprimento de onda de de Broglie só pode ser calculado para partículas em movimento.
- d)  $10^{-10}$  m, de acordo com o experimento de Davisson e Germer.



38.6.5. Qual é o comprimento de onda de de Broglie de um elétron em repouso?

a) 0

b)  $\infty$

c) A pergunta não faz sentido. O comprimento de onda de de Broglie só pode ser calculado para partículas em movimento.

d)  $10^{-10}$  m, de acordo com o experimento de Davisson e Germer.



### 38.8.1. Qual das opções abaixo é o enunciado correto do Princípio de Indeterminação de Heisenberg?

- a) Se uma partícula está confinada a uma região  $\Delta x$ , o momento da partícula deve estar em um intervalo  $\Delta p$ .
- b) Se o erro cometido ao medir a posição de uma partícula é  $\Delta x$ , podemos determinar o erro medindo o momento  $\Delta p$  da partícula.
- c) Sempre que medimos a posição de uma partícula, mudamos o momento da partícula.
- d) Não é possível confiar plenamente no resultado de qualquer medida.
- e) As precisões das medidas de posição e momento de uma partícula estão relacionadas de tal forma que não é possível medir simultaneamente as duas grandezas com uma precisão arbitrariamente alta.



### 38.8.1. Qual das opções abaixo é o enunciado correto do Princípio de Indeterminação de Heisenberg?

- a) Se uma partícula está confinada a uma região  $\Delta x$ , o momento da partícula deve estar em um intervalo  $\Delta p$ .
- b) Se o erro cometido ao medir a posição de uma partícula é  $\Delta x$ , podemos determinar o erro medindo o momento  $\Delta p$  da partícula.
- c) Sempre que medimos a posição de uma partícula, mudamos o momento da partícula.
- d) Não é possível confiar plenamente no resultado de qualquer medida.
- e) As precisões das medidas de posição e momento de uma partícula estão relacionadas de tal forma que não é possível medir simultaneamente as duas grandezas com uma precisão arbitrariamente alta.



38.8.2. Sabe-se que a posição de um elétron no eixo  $x$  está entre  $-0,31$  nm e  $+0,31$  nm. Como seria afetada a incerteza do momento do elétron se o elétron estivesse entre  $-0,62$  nm e  $+0,62$  nm?

- a) A incerteza do momento do elétron seria duas vezes maior.
- b) A incerteza do momento do elétron seria duas vezes menor.
- c) A incerteza do momento do elétron não seria afetada.
- d) A incerteza do momento do elétron seria quatro vezes maior.
- e) A incerteza do momento do elétron seria quatro vezes menor.



38.8.2. Sabe-se que a posição de um elétron no eixo  $x$  está entre  $-0,31$  nm e  $+0,31$  nm. Como seria afetada a incerteza do momento do elétron se o elétron estivesse entre  $-0,62$  nm e  $+0,62$  nm?

a) A incerteza do momento do elétron seria duas vezes maior.

b) A incerteza do momento do elétron seria duas vezes menor.

c) A incerteza do momento do elétron não seria afetada.

d) A incerteza do momento do elétron seria quatro vezes maior.

e) A incerteza do momento do elétron seria quatro vezes menor.