

一 选择题 (共39分)

- 1. (本题 3分)(4387)
(C)
- 2. (本题 3分)(4503)
(D)
- 3. (本题 3分)(4739)
(B)
- 4. (本题 3分)(4185)
(D)
- 5. (本题 3分)(4206)
(C)
- 6. (本题 3分)(4242)
(D)
- 7. (本题 3分)(4628)
(D)
- 8. (本题 3分)(4770)
(A)
- 9. (本题 3分)(4211)
(D)
- 10. (本题 3分)(4428)
(A)
- 11. (本题 3分)(4778)
(A)
- 12. (本题 3分)(5234)
(C)
- 13. (本题 3分)(5619)
(C)

参考解:

根据

$$p = h / \lambda$$

则

$$\Delta p_x = h \Delta \lambda / \lambda^2$$

$$\Delta x \geq \lambda^2 / \Delta \lambda$$

$$\Delta x_{\min} = \lambda^2 / \Delta \lambda = 5000 \times 10^{-10} \times 5000 \times 10^3 = 2.5 \text{ m} = 250 \text{ cm}$$

二 填空题 (共61分)

- 14. (本题 3分)(0475)
 3.82×10^3

3 分

15. (本题 5分)(4179)	
hc/λ	1 分
h/λ	2 分
$h/(c\lambda)$	2 分
16. (本题 4分)(4187)	
π	2 分
0	2 分
17. (本题 3分)(4250)	
2.21×10^{-32}	3 分
18. (本题 3分)(4546)	
1.5×10^{19}	3 分
19. (本题 3分)(4608)	
1.5	3 分
20. (本题 3分)(4742)	
$\sqrt{\frac{h}{2m(\nu - \nu_0)}}$	3 分
21. (本题 3分)(4740)	
0.586	3 分
22. (本题 3分)(4611)	
不变	1 分
变长	1 分
波长变长	1 分
23. (本题 3分)(4207)	
$1/\sqrt{3}$	3 分
24. (本题 3分)(4429)	
0.0549	3 分
25. (本题 3分)(4524)	
$h/(2m_e e U_{12})^{1/2}$	3 分
26. (本题 4分)(4629)	
1.45 Å	2 分
6.63×10^{-19} Å	2 分
27. (本题 3分)(4771)	
150 V	3 分
28. (本题 4分)(4773)	
1 : 1	2 分
4 : 1	2 分

29. (本题 5分)(4203)

粒子在 t 时刻在 (x, y, z) 处出现的概率密度 2 分

单值、有限、连续 1 分

$$\iiint |\Psi|^2 dx dy dz = 1 \quad 2 \text{ 分}$$

30. (本题 3分)(4632)

$$1.33 \times 10^{-23} \quad 3 \text{ 分}$$

31. (本题 3分)(5372)

$$1.06 \times 10^{-24} \quad (\text{或 } 6.63 \times 10^{-24} \text{ 或 } 0.53 \times 10^{-24} \text{ 或 } 3.32 \times 10^{-24}) \quad 3 \text{ 分}$$

参考解:

根据 $\Delta y \Delta p_y \geq \hbar$, 或 $\Delta y \Delta p_y \geq h$, 或 $\Delta y \Delta p_y \geq \frac{1}{2} \hbar$, 或 $\Delta y \Delta p_y \geq \frac{1}{2} h$, 可得以上

答案.

三 计算题 (共65分)**32. (本题 8分)(4505)**

解: (1) 康普顿散射光子波长改变:

$$\Delta \lambda = (h m_e c)(1 - \cos \phi) = 0.024 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta \lambda = 1.024 \times 10^{-10} \text{ m} \quad 4 \text{ 分}$$

(2) 设反冲电子获得动能 $E_K = (m - m_e)c^2$, 根据能量守恒:

$$h\nu_0 = h\nu + (m - m_e)c^2 = h\nu + E_K$$

即

$$hc / \lambda_0 = [hc / (\lambda_0 + \Delta \lambda)] + E_K$$

故

$$E_K = hc \Delta \lambda / [\lambda_0 (\lambda_0 + \Delta \lambda)] = 4.66 \times 10^{-17} \text{ J} = 291 \text{ eV} \quad 4 \text{ 分}$$

33. (本题10分)(4431)

解: (1) 德布罗意公式: $\lambda = h / (mv)$

由题可知 α 粒子受磁场力作用作圆周运动

$$qvB = m_\alpha v^2 / R, \quad m_\alpha v = qRB$$

又 $q = 2e$ 则

$$m_\alpha v = 2eRB \quad 4 \text{ 分}$$

故

$$\lambda_\alpha = h / (2eRB) = 1.00 \times 10^{-11} \text{ m} = 1.00 \times 10^{-2} \text{ nm} \quad 3 \text{ 分}$$

(2) 由上一问可得 $v = 2eRB / m_\alpha$

对于质量为 m 的小球

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{2eRB} \cdot \frac{m_\alpha}{m} = \frac{m_\alpha}{m} \cdot \lambda_\alpha = 6.64 \times 10^{-34} \text{ m} \quad 3 \text{ 分}$$

34. (本题 5分)(4522)

解: 据 $E_K = mc^2 - m_0c^2 = (m_0c^2 / \sqrt{1 - (v/c)^2}) - m_0c^2 \quad 1 \text{ 分}$

得 $m = (E_K + m_0c^2) / c^2 \quad 1 \text{ 分}$

$$v = c \sqrt{E_K^2 + 2E_K m_0c^2} / (E_K + m_0c^2) \quad 1 \text{ 分}$$

将 m, v 代入德布罗意公式得

$$\lambda = h / mv = hc / \sqrt{E_K^2 + 2E_K m_0c^2} \quad 2 \text{ 分}$$

35. (本题 5分)(4535)

解：非相对论动能

$$E_K = \frac{1}{2} m_e v^2$$

而 $p = m_e v$ 故有

$$E_K = \frac{p^2}{2m_e} \quad 2 \text{ 分}$$

又根据德布罗意关系有 $p = h/\lambda$ 代入上式

1 分

$$\text{则} \quad E_K = \frac{1}{2} h^2 / (m_e \lambda^2) = 4.98 \times 10^{-6} \text{ eV}$$

2 分

36. (本题12分)(4542)

$$\text{解：由} \quad E_K = mc^2 - m_0 c^2 = [m_0 c^2 / \sqrt{1 - (v/c)^2}] - m_0 c^2 \quad 2 \text{ 分}$$

$$\text{解出：} \quad m = (E_K + m_0 c^2) / c^2 \quad 2 \text{ 分}$$

$$v = c \sqrt{E_K^2 + 2E_K m_0 c^2} / (E_K + m_0 c^2) \quad 2 \text{ 分}$$

$$\text{根据德布罗意波：} \quad \lambda = h / p = h / (mv) \quad 2 \text{ 分}$$

$$\text{把上面 } m, v \text{ 代入得：} \quad \lambda = \frac{hc}{\sqrt{E_K^2 + 2E_K m_0 c^2}} \quad 2 \text{ 分}$$

当 $E_K \ll m_0 c^2$ 时，上式分母中， $E_K^2 \ll 2E_K m_0 c^2$ ， E_K^2 可略去。

$$\text{得} \quad \lambda = hc / \sqrt{2E_K m_0 c^2} \approx h / \sqrt{2E_K m_0} \quad 1 \text{ 分}$$

当 $E_K \gg m_0 c^2$ 时，上式分母中， $E_K^2 \gg 2E_K m_0 c^2$ ， $2E_K m_0 c^2$ 可略去。

$$\text{得} \quad \lambda \approx hc / E_K \quad 1 \text{ 分}$$

37. (本题 5分)(4631)

解：若电子的动能是它的静止能量的两倍，则：

$$mc^2 - m_e c^2 = 2m_e c^2 \quad 1 \text{ 分}$$

$$\text{故：} \quad m = 3m_e \quad 1 \text{ 分}$$

$$\text{由相对论公式} \quad m = m_e / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

$$\text{有} \quad 3m_e = m_e / \sqrt{1 - v^2 / c^2}$$

$$\text{解得} \quad v = \sqrt{8}c / 3 \quad 1 \text{ 分}$$

$$\text{德布罗意波长为：} \lambda = h / (mv) = h / (\sqrt{8}m_e c) \approx 8.58 \times 10^{-13} \text{ m} \quad 2 \text{ 分}$$

38. (本题10分)(1813)

$$\text{解：光子动量：} \quad p_r = m_r c = h / \lambda \quad ① \quad 2 \text{ 分}$$

$$\text{电子动量：} \quad p_e = m_e v = h / \lambda \quad ② \quad 2 \text{ 分}$$

$$\text{两者波长相等，有} \quad m_r c = m_e v$$

$$\text{得到} \quad m_r / m_e = v / c \quad ③$$

$$\text{电子质量} \quad m_e = \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \quad ④ \quad 2 \text{ 分}$$

式中 m_0 为电子的静止质量。由②、④两式解出

$$v = \frac{c}{\sqrt{1 + (m_0^2 \lambda^2 c^2 / h^2)}} \quad 2 \text{ 分}$$

$$\text{代入③式得} \quad \frac{m_r}{m_e} = \frac{1}{\sqrt{1 + (m_0^2 \lambda^2 c^2 / h^2)}} \quad 2 \text{ 分}$$

39. (本题 5分)(4435)

解：1 keV 的电子，其动量为

$$p = (2mE_K)^{1/2} = 1.71 \times 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \quad 2 \text{ 分}$$

据不确定关系式： $\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar$

$$\text{得} \quad \Delta p = \hbar / \Delta x = 0.106 \times 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^{-1} \quad 2 \text{ 分}$$

$$\therefore \quad \Delta p / p = 0.062 = 6.2\% \quad 1 \text{ 分}$$

[若不确定关系式写成 $\Delta p \cdot \Delta x \geq h$ 则 $\Delta p / p = 39\%$ ，或写成 $\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar/2$ 则 $\Delta p / p = 3.1\%$ ，均可视为正确。]

40. (本题 5分)(4442)

$$\text{解：光子动量} \quad p = h / \lambda \quad 1 \text{ 分}$$

按题意，动量的不确定量为

$$\Delta p = \left| -h / \lambda^2 \right| \Delta \lambda = (h / \lambda)(\Delta \lambda / \lambda) \quad 2 \text{ 分}$$

$$\text{根据测不准关系式得：} \quad \Delta x \geq h / (2\pi \Delta p) = \frac{h\lambda}{2\pi h(\Delta \lambda / \lambda)} = \frac{\lambda}{2\pi(\Delta \lambda / \lambda)}$$

$$\text{故} \quad \Delta x \geq 0.048 \text{ m} = 48 \text{ mm} \quad 2 \text{ 分}$$

若用 $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h / (4\pi)$ 或 $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h$ ，或 $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{1}{2}h$ ，计算 Δx 同样得 2 分。

四 回答问题 (共23分)**41. (本题10分)(4402)**

答：处于静止状态的自由电子不能吸收光子，并把全部能量用来增加自己的动能，因为假若原来静止的自由电子与光子碰撞后吸收光子，并以速度 v 运动，则根据能量守恒定律有：

$$h\nu + m_0 c^2 = \frac{m_0}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} c^2 \quad ①$$

由①式解得电子吸收光子后的运动速度为

$$v = \frac{c \sqrt{h^2 v^2 + 2 h \nu m_0 c^2}}{h \nu + m_0 c^2} \quad 3 \text{ 分}$$

$$\text{又根据动量守恒定律有} \quad \frac{h\nu}{c} = \frac{m_0 v}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \quad ②$$

由②式解得电子吸收光子后的运动速度为

$$v = \frac{h \nu c}{\sqrt{h^2 v^2 - m_0^2 c^4}} \quad 3 \text{ 分}$$

显然，由①式和②式决定的速度不相等，这说明自由电子吸收光子的过程不能同时遵守能量守恒和动量守恒定律。因而这一过程是不可能发生的。 4 分

42. (本题 8分)(5241)

答: (1) 电子和光子的动量大小相同. 因为 $p = h / \lambda$ 对两者都成立, 而 λ 相同, 故 p 相同. 2 分

(2) 电子的能量 $E_e = mc^2$
 其中 $m = m_0 / \sqrt{1 - (v/c)^2}$ 2 分

根据 $p = mv = h / \lambda$ 可解出:

$$v = c / \sqrt{1 + (m_0 c \lambda / h)^2}$$

 所以 $E_e = mc^2 = m_0 c^2 / \sqrt{1 - (v/c)^2}$

$$= m_0 c^2 \sqrt{1 + (m_0 c \lambda / h)^2} / (m_0 \lambda c / h)$$

$$= hc \sqrt{1 + (m_0 c \lambda / h)^2} / \lambda$$
 2 分

光子的能量 $E_\lambda = h\nu = hc / \lambda < E_e$
 可见电子和光子的能量不相同. 2 分

43. (本题 5分)(4780)

答: 用经典力学的物理量例如坐标、动量等只能在一定程度内近似地描述微观粒子的运动, 坐标 x 和动量 p_x 存在不确定量 Δx 和 Δp_x , 它们之间必须满足不确定关系式 $\Delta p_x \Delta x \geq h$ 3 分

这是由于微观粒子具有波粒二象性的缘故. 2 分