

## 常数表

$$Q_e = 1.60 \times 10^{-19} C$$

$$m_e = 0.511 MeV = 9.11 \times 10^{-31} kg$$

$$1eV = 1.60 \times 10^{-19} Joul$$

$$c = 3.00 \times 10^8 m$$

$$h = 6.63 \times 10^{-34} J \cdot s$$

一、选择题：（每题 3 分,共 30 分）

1. 把双缝干涉实验装置放在折射率为  $n$  的水中, 两缝间距离为  $d$ , 双缝到屏的距离为  $D$  ( $D \gg d$ ), 所用单色光在真空中的波长为  $\lambda$ , 则屏上干涉条纹中相邻的明纹之间的距离是

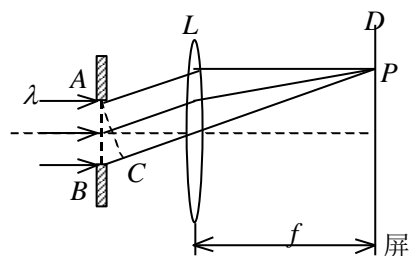
- (A)  $\lambda D / (nd)$       (B)  $n\lambda D/d$ .  
(C)  $\lambda d / (nD)$ .      (D)  $\lambda D / (2nd)$

[      ]

2. 一束波长为  $\lambda$  的平行单色光垂直入射到一单缝  $AB$  上, 装置如图. 在屏幕  $D$  上形成衍射图样, 如果  $P$  是中央亮纹一侧第一个暗纹所在的位置, 则  $\overline{BC}$  的长度为

- (A)  $\lambda / 2$ .      (B)  $\lambda$ .  
(C)  $3\lambda / 2$  .      (D)  $2\lambda$  .

[      ]



3. 某元素的特征光谱中含有波长分别为  $\lambda_1 = 450 \text{ nm}$  和  $\lambda_2 = 750 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) 的光谱线. 在光栅光谱中, 这两种波长的谱线有重叠现象, 重叠处  $\lambda_2$  的谱线的级数将是

- (A) 2 , 3 , 4 , 5 . . . . .  
(B) 2 , 5 , 8 , 11. . . . .  
(C) 2 , 4 , 6 , 8 . . . . .  
(D) 3 , 6 , 9 , 12. . . . .

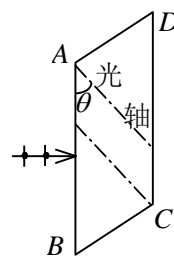
[      ]

4. 一束光强为  $I_0$  的自然光, 相继通过三个偏振片  $P_1$ 、 $P_2$ 、 $P_3$  后, 出射光的光强为  $I = I_0 / 8$ . 已知  $P_1$  和  $P_3$  的偏振化方向相互垂直, 若以入射光线为轴, 旋转  $P_2$ , 要使出射光的光强为零,  $P_2$  最少要转过的角度是

- (A)  $30^\circ$  .      (B)  $45^\circ$  .  
(C)  $60^\circ$  .      (D)  $90^\circ$  .

[      ]

5.  $ABCD$  为一块方解石的一个截面,  $AB$  为垂直于纸面的晶体平面与纸面的交线. 光轴方向在纸面内且与  $AB$  成一锐角  $\theta$ , 如图所示. 一束平行的单色自然光垂直于  $AB$  端面入射. 在方解石内折射光分解为  $o$  光和  $e$  光,  $o$  光和  $e$  光的



- (A) 传播方向相同, 电场强度的振动方向互相垂直.
- (B) 传播方向相同, 电场强度的振动方向不互相垂直.
- (C) 传播方向不同, 电场强度的振动方向互相垂直.
- (D) 传播方向不同, 电场强度的振动方向不互相垂直.

[       ]

6. 一匀质矩形薄板, 在它静止时测得其长为  $a$ , 宽为  $b$ , 质量为  $m_0$ . 由此可算出其面积密度为  $m_0/ab$ . 假定该薄板沿长度方向以接近光速的速度  $v$  作匀速直线运动, 此时再测算该矩形薄板的面积密度则为

- (A)  $\frac{m_0 \sqrt{1-(v/c)^2}}{ab}$
- (B)  $\frac{m_0}{ab \sqrt{1-(v/c)^2}}$
- (C)  $\frac{m_0}{ab[1-(v/c)^2]}$
- (D)  $\frac{m_0}{ab[1-(v/c)^2]^{3/2}}$

[       ]

7. 在氢原子的 L 壳层中, 电子可能具有的量子数( $n, l, m_l, m_s$ )是

- (A)  $(1, 0, 0, -\frac{1}{2})$ .
- (B)  $(2, 1, -1, \frac{1}{2})$ .
- (C)  $(2, 0, 1, -\frac{1}{2})$ .
- (D)  $(3, 1, -1, -\frac{1}{2})$ .

[       ]

8. 量子力学得出, 频率为  $\nu$  的线性谐振子, 其能量只能为

- (A)  $E = h\nu$ .
- (B)  $E = nh\nu, \quad (n = 0, 1, 2, 3 \cdots)$ .
- (C)  $E = \frac{1}{2}nh\nu, \quad (n = 0, 1, 2, 3 \cdots)$ .
- (D)  $E = (n + \frac{1}{2})h\nu, \quad (n = 0, 1, 2, 3 \cdots)$ .

[       ]

9. 如果(1)锗用铈(五价元素)掺杂, (2)硅用铝(三价元素)掺杂, 则分别获得的半导体属于下述类型:

- (A) (1), (2)均为 n 型半导体.
- (B) (1)为 n 型半导体, (2)为 p 型半导体.
- (C) (1)为 p 型半导体, (2)为 n 型半导体.
- (D) (1), (2)均为 p 型半导体.

[       ]

10. 在激光器中利用光学谐振腔

- (A) 可提高激光束的方向性, 而不能提高激光束的单色性.
- (B) 可提高激光束的单色性, 而不能提高激光束的方向性.
- (C) 可同时提高激光束的方向性和单色性.
- (D) 既不能提高激光束的方向性也不能提高其单色性.

[       ]

二、填空题: (每题 3 分,共 30 分)

1. 在迈克耳孙干涉仪的一支光路上, 垂直于光路放入折射率为  $n$ 、厚度为  $h$  的透明介质薄膜. 与未放入此薄膜时相比较, 两光束光程差的改变量为\_\_\_\_\_.

2. 在单缝夫琅禾费衍射实验中, 用单色光垂直照射, 若衍射图样的中央明纹极大光强为  $I_0$ ,  $a$  为单缝宽度,  $\lambda$  为入射光波长, 则在衍射角  $\theta$  方向上的光强度

$I =$  \_\_\_\_\_.

3. 假设某一介质对于空气的临界角是  $45^\circ$ , 则光从空气射向此介质时的布儒斯特角是\_\_\_\_\_.

4. 波长为  $600 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) 的单色光, 垂直入射到某种双折射材料制成的四分之一波片上. 已知该材料对非寻常光的主折射率为 1.74, 对寻常光的折射率为 1.71, 则此波片的最小厚度为\_\_\_\_\_.

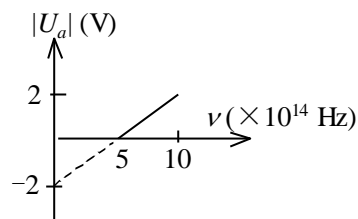
5. 当惯性系  $S$  和  $S'$  的坐标原点  $O$  和  $O'$  重合时, 有一点光源从坐标原点发出一光脉冲, 在  $S$  系中经过一段时间  $t$  后 (在  $S'$  系中经过时间  $t'$ ), 此光脉冲的球面方程 (用直角坐标系) 分别为:

$S$  系\_\_\_\_\_;

$S'$  系\_\_\_\_\_.

6. 已知一静止质量为  $m_0$  的粒子, 其固有寿命为实验室测量到的寿命的  $1/n$ , 则此粒子的动能是\_\_\_\_\_.

7. 在光电效应实验中，测得某金属的遏止电压 $|U_a|$ 与入射光频率 $\nu$ 的关系曲线如图所示，由此可知该金属



的红限频率 $\nu_0$ =\_\_\_\_\_Hz；逸出功

$A$  =\_\_\_\_\_eV.

8. 用文字叙述黑体辐射的斯特藩—玻尔兹曼定律的内容是：

\_\_\_\_\_.

9. 设描述微观粒子运动的波函数为 $\Psi(\vec{r}, t)$ ，则 $\Psi\Psi^*$ 表示

\_\_\_\_\_；

$\Psi(\vec{r}, t)$ 须满足的条件是\_\_\_\_\_；其归一化条

件是\_\_\_\_\_.

10. 根据量子力学原理，当氢原子中电子的动量矩 $L = \sqrt{6}\hbar$ 时， $L$ 在外磁场方向

上的投影 $L_z$ 可取的值分别为\_\_\_\_\_.

三、计算题（每题 10 分，共 40 分）

1. 一平面透射多缝光栅，当用波长 $\lambda_1 = 600 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ )的单色平行光垂直入射时，在衍射角 $\theta = 30^\circ$ 的方向上可以看到第 2 级主极大，并且在该处恰能分辨波长差 $\Delta\lambda = 5 \times 10^{-3} \text{ nm}$ 的两条谱线. 当用波长 $\lambda_2 = 400 \text{ nm}$ 的单色平行光垂直入射时，在衍射角 $\theta = 30^\circ$ 的方向上却看不到本应出现的第 3 级主极大. 求光栅常数 $d$ 和总缝数 $N$ ，再求可能的缝宽 $a$ .

2. 火箭  $A$  以  $0.8c$  的速率相对地球向正北方向飞行, 火箭  $B$  以  $0.6c$  的速率相对地球向正西方向飞行 ( $c$  为真空中光速). 求在火箭  $B$  中观察火箭  $A$  的速度的大小和方向.

3. 已知氢光谱的某一线系的极限波长为  $3647 \text{ \AA}$ , 其中有一谱线波长为  $6565 \text{ \AA}$ . 试由玻尔氢原子理论, 求与该波长相应的始态与终态能级的能量.

$$(R = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1})$$

4.  $\alpha$ 粒子在磁感应强度为  $B = 0.025 \text{ T}$  的均匀磁场中沿半径为  $R = 0.83 \text{ cm}$  的圆形轨道运动.

(1) 试计算其德布罗意波长.

(2) 若使质量  $m = 0.1 \text{ g}$  的小球以与 $\alpha$ 粒子相同的速率运动. 则其波长为多少?

( $\alpha$ 粒子的质量  $m_\alpha = 6.64 \times 10^{-27} \text{ kg}$ , 普朗克常量  $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ , 基本电荷  $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ )

## 参考答案

一、选择题：（每题 3 分,共 30 分）

1.(A) 2. (B) 3. (D) 4. (B) 5. (C) 6. (C) 7. (B) 8.(D) 9. (B) 10. (C)

二、填空题：（每题 3 分,共 30 分）

1.  $2(n-1)h$  3 分

$$2. \frac{I_0 \sin^2(\frac{\pi a \sin \theta}{\lambda})}{\frac{\pi^2 a^2 \sin^2 \theta}{\lambda^2}} \quad 3 \text{ 分}$$

或写成  $I = I_0 \frac{\sin^2 u}{u^2}, \quad u = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$

3.  $54.7^\circ$  3 分

4.  $5 \mu\text{m}$  3 分

5.  $x^2 + y^2 + z^2 = c^2 t^2$  1 分

$x'^2 + y'^2 + z'^2 = c^2 t'^2$  2 分

6.  $m_0 c^2 (n-1)$  3 分

7.  $5 \times 10^{14}$  2 分

2 2 分

8. 黑体的辐射出射度与绝对温度的四次方成正比 3 分

9. 粒子在  $t$  时刻在  $(x, y, z)$  处出现的概率密度 1 分

单值、有限、连续 1 分

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

10.  $0, \pm \hbar, \pm 2\hbar$  3 分

三、计算题（每题 10 分，共计 40 分）

1. 解：据光栅公式

$$d \sin \psi = k \lambda$$

得：

$$d = \frac{k \lambda}{\sin \psi} = \frac{2 \times 600}{\sin 30^\circ} = 2.4 \times 10^3 \text{ nm} = 2.4 \text{ } \mu\text{m} \quad 3 \text{ 分}$$

据光栅分辨本领公式  $R = \lambda / \Delta \lambda = kN$

得：

$$N = \frac{\lambda}{k \Delta \lambda} = 60000. \quad 3 \text{ 分}$$

在  $\theta = 30^\circ$  的方向上, 波长  $\lambda_2 = 400 \text{ nm}$  的第 3 级主极大缺级, 因而在此处恰好是波长  $\lambda_2$  的单缝衍射的一个极小, 因此有:

$$d \sin 30^\circ = 3 \lambda_2, \quad a \sin 30^\circ = k' \lambda_2$$

$\therefore$

$$a = k' d / 3, \quad k' = 1 \text{ 或 } 2 \quad 2 \text{ 分}$$

缝宽  $a$  有下列两种可能:

当  $k' = 1$  时,

$$a = \frac{1}{3} d = \frac{1}{3} \times 2.4 \text{ } \mu\text{m} = 0.8 \text{ } \mu\text{m} . \quad 1 \text{ 分}$$

当  $k' = 2$  时,

$$a = 2 \times d / 3 = 2 \times 2.4 / 3 \text{ } \mu\text{m} = 1.6 \text{ } \mu\text{m} . \quad 1 \text{ 分}$$

2. 解：选地球为  $K$  系，火箭  $B$  为  $K'$  系，正东方向为  $x$  和  $x'$  轴的正向，正北方向为  $y$  和  $y'$  轴的正向。火箭  $A$  为运动物体。则  $K'$  对  $K$  系的速度  $u = -0.6c$ ，火箭  $A$  对地的速度  $v_x = 0$ ， $v_y = 0.8c$ ， $v_z = 0$ 。

根据狭义相对论的速度变换公式：

$$v'_x = \frac{v_x - u}{1 - (uv_x / c^2)} = 0.6c \quad 3 \text{ 分}$$

$$v'_y = \frac{v_y \sqrt{1 - u^2 / c^2}}{1 - (uv'_x / c^2)} = 0.64c \quad 3 \text{ 分}$$

$$v'_z = \frac{v_z \sqrt{1 - u^2 / c^2}}{1 - (uv'_x / c^2)} = 0 \quad 2 \text{ 分}$$

在火箭  $B$  中测得火箭  $A$  的速度  $\vec{v}'$  的大小为

$$|\vec{v}'| = \sqrt{(v'_x)^2 + (v'_y)^2 + (v'_z)^2} = 0.877c \quad 1 \text{ 分}$$



$\vec{v}'$  与  $x'$  轴之间的夹角为  $\alpha = \cos^{-1} \frac{v'_x}{|\vec{v}'|} = 46.83^\circ$  1 分

3. 解：极限波数  $\tilde{\nu} = 1/\lambda_\infty = R/k^2$  可求出该线系的共同终态. 1 分

$$k = \sqrt{R\lambda_\infty} = 2 \quad 2 \text{ 分}$$

$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R\left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2}\right) \quad 2 \text{ 分}$$

由  $\lambda = 6565 \text{ \AA}$  可得始态  $n = \sqrt{\frac{R\lambda\lambda_\infty}{\lambda - \lambda_\infty}} = 3 \quad 2 \text{ 分}$

由  $E_n = \frac{E_1}{n^2} = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV} \quad 1 \text{ 分}$

可知终态  $n=2, E_2 = -3.4 \text{ eV} \quad 1 \text{ 分}$

始态  $n=3, E_3 = -1.51 \text{ eV} \quad 1 \text{ 分}$

4. 解：(1) 德布罗意公式：  $\lambda = h/(mv)$

由题可知  $\alpha$  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

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