

# 哈尔滨工业大学（深圳）20?? 年秋季学期 大学物理 IB 试题

说明：本次考试为闭卷考试，考试时间为 120 分钟，总分 100 分。

**注意行为规范 遵守考场纪律**

## 一、单项选择题（每小题 3 分，满分 30 分）

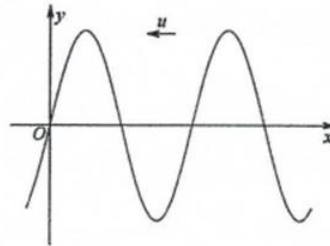
每小题均只有一个选项符合题目要求。请将每小题的答案填在题干末尾的中括号里，填在中括号以外的答案无效。

1. 两个质点各自作简谐振动，它们的振幅相同、周期相同。第一个  质点的振动方程为  $A\cos(\omega t + \alpha)$ 。当第一个质点从相对于其平衡位置的正位移处回到平衡位置时，第二个质点正在最大正位移处。则第二个质点的振动方程为： **【      】**

- (A)  $A\cos(\omega t + \alpha + \pi/2)$       (B)  $A\cos(\omega t + \alpha - \pi/2)$   
 (C)  $A\cos(\omega t + \alpha - 3\pi/2)$       (D)  $A\cos(\omega t + \alpha + \pi)$

2. 图为沿  $x$  轴负方向传播的平面简谐波在  $t=0$  时刻的波形。若波的表达式以余弦函数表示，则  $O$  点处质点振动的初相为： **【      】**

- (A) 0      (B)  $\frac{\pi}{2}$       (C)  $\pi$       (D)  $\frac{3\pi}{2}$

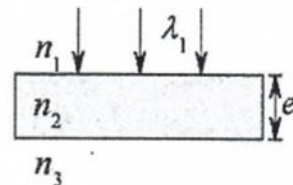


3. 在相同的时间内，一束波长为  $\lambda$  的单色光在空气中和在玻璃中 **【      】**

- (A) 传播的路程相等，走过的光程相等  
 (B) 传播的路程相等，走过的光程不相等  
 (C) 传播的路程不相等，走过的光程相等  
 (D) 传播的路程不相等，走过的光程不相等

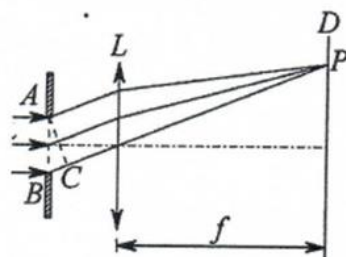
4. 如图所示，平行单色光垂直照射到薄膜上，经上下两表面反射的两束光发生干涉，若薄膜的厚度为  $e$ ，并且  $n_1 < n_2 > n_3$ ， $\lambda_1$  为入射光在折射率为  $n_1$  的媒质中的波长，则两束反射光在相遇点的相位差为 **【      】**

- (A)  $2\pi n_2 e / (n_1 \lambda_1)$       (B)  $[4\pi n_1 e / (n_2 \lambda_1)] + \pi$   
 (C)  $[4\pi n_2 e / (n_1 \lambda_1)] + \pi$       (D)  $4\pi n_2 e / (n_1 \lambda_1)$



5. 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 BC 的长度为 【 】

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



6. 设声波通过理想气体的速率正比于气体分子的热运动平均速率, 则声波通过具有相同温度的氧气和氢气的速率之比  $V_{O_2}/V_{H_2}$  为 【 】

- (A) 1      (B) 1/2      (C) 1/3      (D) 1/4

7. 关于可逆过程和不可逆过程的判断: (1) 可逆热力学过程一定是准静态过程; (2) 准静态过程一定是可逆过程; (3) 不可逆过程就是不能向相反方向进行的过程; (4) 凡有摩擦的过程, 一定是不可逆过程。以上四种判断, 其中正确的是

- (A) (1)、(2)、(3)      (B) (1)、(2)、(4)  
(C) (2)、(4)      (D) (1)、(4)

8. 用频率为  $\nu$  的单色光照射某种金属时, 逸出光电子的最大动能为  $E_K$ ; 若改用频率为  $2\nu$  的单色光照射此种金属时, 则逸出光电子的最大动能为: 【 】

- (A)  $2E_K$       (B)  $2h\nu - E_K$       (C)  $h\nu - E_K$       (D)  $h\nu + E_K$

9. 已知氢原子从基态激发到某一定态所需能量为 10.19 eV, 当氢原子从能量为 -0.85 eV 的状态跃迁到上述定态时, 所发射的光子的能量为 【 】

- (A) 2.56 eV      (B) 3.41 eV      (C) 4.25 eV      (D) 9.95 eV

10. 下列各组量子数中, 哪一组可以描述原子中电子的状态? 【 】

- (A)  $n=2, l=2, m_l=0, m_s=1/2$   
(B)  $n=3, l=1, m_l=-1, m_s=-1/2$   
(C)  $n=1, l=2, m_l=1, m_s=1/2$   
(D)  $n=1, l=0, m_l=1, m_s=-1/2$

## 二、填空题（每小题 3 分，满分 30 分）

1. 一质点作简谐振动，速度最大值  $v_m = 5 \text{ cm/s}$ ，振幅  $A = 2 \text{ cm}$ 。若令速度具有正最大值的那一时刻为  $t = 0$ ，则振动表达式为\_\_\_\_\_。

2. 已知一平面简谐波的波长  $\lambda = 1 \text{ m}$ ，振幅  $A = 0.1 \text{ m}$ ，周期  $T = 0.5 \text{ s}$ 。波的传播方向为  $x$  轴正方向，并以振动初相为零的点为  $x$  轴原点，则波动表达式为  
 $y =$ \_\_\_\_\_。

3. 在单缝夫琅禾费衍射实验中，波长为  $\lambda$  的单色光垂直入射在宽度为  $a = 4\lambda$  的单缝上，对应于衍射角为  $30^\circ$  的方向，单缝处波阵面可分成的半波带数目为\_\_\_\_\_个。

4. 高为  $h_0$  的物体，在凸透镜左侧，置于  $0 < |p| < |f|$  的位置，请用文字指明成像为：

\_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ (放大 or 缩小 / 正立 or 倒立 / 实像 or 虚像)。

5. 如果两个偏振片堆叠在一起，且偏振化方向之间夹角为  $30^\circ$ ，光强为  $I_0$  的自然光垂直入射在偏振片上，则出射光强为  $I =$ \_\_\_\_\_。

6. 在温度分别为  $327^\circ\text{C}$  和  $27^\circ\text{C}$  的高温热源和低温热源之间工作的热机，理论上的最大效率为\_\_\_\_\_。

7. 在高度  $z$  处，某种气体单位体积内的分子数即分子数密度为  $n$ 。若  $f(v)$  是分子的速率分布函数，则坐标介于  $x \sim x + dx$ 、 $y \sim y + dy$ 、 $z \sim z + dz$  区间内，速率介于  $v \sim v + dv$  间的分子数  $dN$  的表达式为  $dN =$ \_\_\_\_\_。

8. 当一个质子俘获一个动能  $E_k = 13.6 \text{ eV}$  的自由电子组成一个基态氢原子时，所发出的单色光频率是\_\_\_\_\_ Hz。

9. 已知粒子在一维矩形无限深势阱中运动，其波函数为：

$$\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \cdot \cos \frac{3\pi x}{2a} \quad (-a \leq x \leq a),$$

那么粒子在  $x = a/2$  处出现的概率密度为：\_\_\_\_\_。

10. 原子中电子的主量子数  $n = 2$ ，它可能具有的状态数最多为\_\_\_\_\_个。

以下为计算题，每小题 10 分，满分 40 分。

三、计算题 一横波沿绳子传播，其波的表达式为  $y = 0.05 \cos(100 \pi t - 2 \pi x)$  (式中的数值是国际单位制下的值)。(1) 求此波的振幅、波速、频率和波长；(2) 求绳子上各质点的最大振动速度和最大振动加速度；(3) 求  $x_1 = 0.2 \text{ m}$  处和  $x_2 = 0.7 \text{ m}$  处二质点振动的相位差。

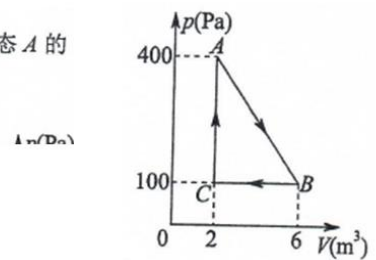
四、计算题 用波长为  $200 \text{ nm}$  的紫外光照射到铝的表面，铝的逸出功为  $4.2 \text{ eV}$ 。  
求出：(1) 光电子的最大初动能；(2) 遏止电势差；(3) 铝的截止频率。

五、计算题 设光栅平面和透镜都与屏幕平行，在平面透射光栅上每厘米有 5000 条刻线，用它来观察钠黄光 ( $\lambda=589 \text{ nm}$ )

|    |  |
|----|--|
| 得分 |  |
|----|--|

的光谱线。(1nm=10<sup>-9</sup>m) (1) 当光线垂直入射到光栅上时，能看到的光谱线的最高级次  $k_m$  是多少？ (2) 当光线以 30° 的入射角 (入射线与光栅平面的法线的夹角) 斜入射到光栅上时，能看到的光谱线的最高级次  $k'_m$  是多少？

六、计算题 (10 分) 摩尔热容比  $\gamma = 1.40$  的理想气体进行如图所示的循环。已知状态 A 的温度为 300 K。求：(1) 状态 B、C 的温度；  
(2) 每一过程中气体所吸收的净热量。



哈尔滨工业大学（深圳）20?? 年秋季学期  
大学物理 IB 试题参考答案

一、单项选择题

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| B | D | C | C | B | D | D | D | A | B  |

二、填空题

|   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1 | $x = 0.02 \cos(2.5t - 0.5\pi)$  |
| 2 | $y = 0.1 \cos(4\pi t - 2\pi x)$ |
| 3 | 4                               |
| 4 | 放大 / 正立 / 虚像                    |
| 5 | $\frac{3}{8}I_0$                |

|    |                       |
|----|-----------------------|
| 6  | 50%                   |
| 7  | $f(v)ndvdx dy dz$     |
| 8  | $6.56 \times 10^{15}$ |
| 9  | $1/(2a)$              |
| 10 | 8                     |

三、

(1) 已知波的表达式为:  $y = 0.05 \cos(100\pi t - 2\pi x)$   
 与标准形式:  $y = A \cos(2\pi \nu t - 2\pi x / \lambda)$  比较得:  
 $A = 0.05 \text{ m}, \quad \nu = 50 \text{ Hz}, \quad \lambda = 1.0 \text{ m}$   
 $u = \lambda \nu = 50 \text{ m/s}$  -----4 分

(2)  $v_{\max} = (\partial y / \partial t)_{\max} = 2\pi \nu A = 15.7 \text{ m/s}$  -----2 分  
 此处答案也可以写成  $5\pi$

$a_{\max} = (\partial^2 y / \partial t^2)_{\max} = 4\pi^2 \nu^2 A = 4.93 \times 10^3 \text{ m/s}^2$  -----2 分  
 此处答案也可以写成  $500\pi^2$

(3)  $\Delta\phi = 2\pi(x_2 - x_1) / \lambda = \pi$  -----2 分  
 此处答案也可以写成  $-\pi$

#### 四、

解：(1) 由光电效应方程  $h\nu = \frac{1}{2}mv_{max}^2 + W$  -----2分

入射光子的能量为：

$$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3 \times 10^8}{200 \times 10^{-9}} = 9.945 \times 10^{-19} \text{ (J)} = 6.216 \text{ (eV)} \quad \text{----2分}$$

得光电子的最大初动能为：

$$\frac{1}{2}mv_{max}^2 = \frac{hc}{\lambda} - W = 6.216 - 4.200 = 2.016 \text{ eV} = 3.225 \times 10^{-19} \text{ J} \quad \text{----1分}$$

(2) 遏止电势差为：  $U_0 = \frac{\frac{1}{2}mv_{max}^2}{e} = \frac{2.016 \text{ eV}}{e} = 2.016 \text{ V} \quad \text{----3分}$

(3) 铝的截止频率可由下式求得：  $h\nu_0 = W$

$$\nu_0 = \frac{W}{h} = \frac{4.2 \times 1.6 \times 10^{-19}}{6.63 \times 10^{-34}} = 1.014 \times 10^{15} \text{ Hz} \quad \text{----2分}$$

#### 五、

(1) 依题意，光栅上每厘米有 5000 条刻线，所以光栅常数为

$$d = 0.01 / 5000 = 2 \times 10^{-6} \text{ m} \quad \text{----1分,}$$

由光栅方程

$$\delta = d \sin\theta = k\lambda$$

可得

$$k = d \sin\theta / \lambda < d / \lambda = 2 \times 10^{-6} / 5.89 \times 10^{-7} \approx 3.40 \quad \text{----}$$

$$k_m = 3 \quad \text{----}$$

(2) 对于斜入射情况，入射光到达光栅时的光程差为

$$\delta_0 = d \sin\theta_0$$

所以到达衍射点的总的光程差为

$$\delta = d \sin\theta + \delta_0 = d(\sin\theta + \sin\theta_0) \quad \text{----2分,}$$

因此斜入射情况下的光栅方程为

$$\delta = d(\sin\theta + \sin\theta_0) = k'\lambda \quad \text{----1分,}$$

所以有

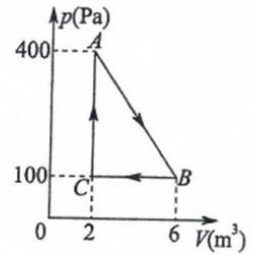
$$k' = \delta / \lambda = d(\sin\theta + \sin\theta_0) / \lambda < d(1 + \sin\theta_0) / \lambda \quad \text{----1分,}$$

$$= 2 \times 10^{-6} \times (1 + \sin 30^\circ) / 5.89 \times 10^{-7} \approx 5.10$$

$$k'_m = 5 \quad \text{----1分,}$$

## 六、

六、计算题 (10分) 摩尔热容比  $\gamma = 1.40$  的理想气体进行如图所示的循环。已知状态  $A$  的温度为 300 K。求: (1) 状态  $B$ 、 $C$  的温度;  
(2) 每一过程中气体所吸收的净热量。



解: 由图得:  $P_A = 400 \text{ Pa}$ ,  $P_B = P_C = 100 \text{ Pa}$ ,  
 $V_A = V_C = 2 \text{ m}^3$ ,  $V_B = 6 \text{ m}^3$

(1)  $C \rightarrow A$  为等体过程, 据方程  $p_A/T_A = p_C/T_C$ ,  
得:  $T_C = T_A P_C / P_A = 75 \text{ K}$  -----2分

$B \rightarrow C$  为等压过程, 据方程  $V_B/T_B = V_C/T_C$ ,  
得:  $T_B = T_C V_B / V_C = 225 \text{ K}$  -----2分

(2) 根据理想气体状态方程求出气体的物质的量(即摩尔数), 为:

$$\frac{m}{M_{\text{mol}}} = \frac{p_A V_A}{RT_A} = 0.321 \text{ mol}$$

由  $\gamma = 1.4$  知该气体为双原子分子气体,

$$C_V = \frac{5}{2}R, \quad C_P = \frac{7}{2}R$$

$B \rightarrow C$  等压过程吸热:  
 $Q_2 = \frac{7}{2} \nu R(T_C - T_B) = -1400 \text{ J}$  -----2分,

$C \rightarrow A$  等体过程吸热  
 $Q_3 = \frac{5}{2} \nu R(T_A - T_C) = 1500 \text{ J}$  -----2分

循环过程, 整个循环过程净吸热:

$$Q = W = \frac{1}{2} (p_A - p_C)(V_B - V_C) = 600 \text{ J}$$

$A \rightarrow B$  过程净吸热:  $Q_1 = Q - Q_2 - Q_3 = 500 \text{ J}$  -----2分