哈尔滨工业大学（深圳）202? 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. 一物体作简谐振动，振动方程为 $x = A\cos(\omega t + \frac{1}{2}\pi)$。则该物体在 $t = 0$ 时刻的动能与 $t = T/8$ 时刻（T 为振动周期）的动能之比为：【   】

   (A) 1:4   (B) 1:2   (C) 1:1   (D) 2:1

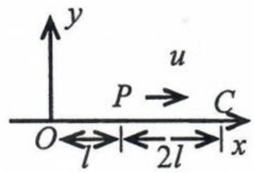
2. 如图，一平面简谐波以波速 u 沿 x 轴正方向传播，O 为坐标原点．已知 P 点的振动方程为 $y = A\cos\omega t$，则【   】

   (A) O 点的振动方程为 $y = A\cos\omega(t - \frac{l}{u})$

   (B) 波的表达式为 $y = A\cos\omega(t - \frac{l}{u} - \frac{x}{u})$

   (C) 波的表达式为 $y = A\cos\omega(t + \frac{l}{u} - \frac{x}{u})$

   (D) C 点的振动方程为 $y = A\cos\omega(t - \frac{3l}{u})$

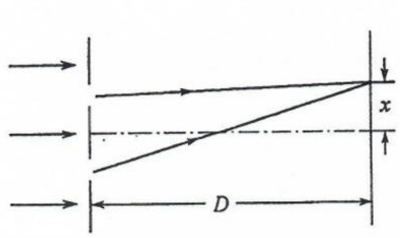


3. 光线以某一入射角从空气射入折射率为 $\sqrt{3}$ 的玻璃中，折射光线恰好跟反射光线垂直，则入射角等于【   】

   (A) 45^0 (B) 60^0 (C) 15^0 (D) 30^0

4. 如图所示，在杨氏双缝干涉实验中，设屏到双缝的距离 D =2.0 m，用波长λ=500 nm 的单色光垂直入射，若双缝间距 d 以 0.2 mm·s^{-1} 的速率对称地增大（但仍满足 $d << D$），则在屏上距中心点 x =5 cm 处，每秒钟扫过的干涉亮纹的条数为【   】

   (A) 1 条
   (B) 2 条
   (C) 5 条
   (D) 10 条



5. 在单缝衍射实验中，缝宽 a =0.2mm，透镜焦距 f =0.4m，入射光波长 λ =500nm，则在距离中央亮纹中心位置 2mm 处是明纹还是暗纹？从这个位置看上去可以把波阵面分为几个半波带？【   】

   (A) 明纹，3 个半波带   (B) 明纹，4 个半波带
   (C) 暗纹，3 个半波带   (D) 暗纹，4 个半波带

6. 有两个容器，一个盛氢气，另一个盛氧气，如果两种气体分子的最概然速率相等，那么由此可以得出下列结论，正确的是 【　　】

(A) 氧气的温度比氢气的高　　(B) 氢气的温度比氧气的高

(C) 两种气体的温度相同　　(D) 两种气体的压强相同

7. 你认为以下哪个循环过程是不可能实现的 【　　】

(A) 由绝热线、等温线、等压线组成的循环

(B) 由绝热线、等温线、等容线组成的循环

(C) 由等容线、等压线、绝热线组成的循环

(D) 由两条绝热线和一条等温线组成的循环

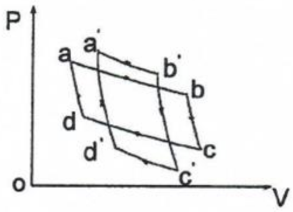
8. 某理想气体分别经历如图所示的两个卡诺循环，即I($abcd$)和II($a'b'c'd'$)，且两条循环曲线所围面积相等。设循环I的效率为η，每次循环在高温热源处吸收的热量为Q，循环II的效率为η'，每次循环在高温热源处吸收的热量为Q'，则 【　　】

(A) $\eta<\eta', Q<Q'$

(B) $\eta<\eta', Q>Q'$

(C) $\eta>\eta', Q<Q'$

(D) $\eta>\eta', Q>Q'$



9. 要使处于基态的氢原子受激发后能发射莱曼系（由激发态跃迁到基态时发射的各谱线组成的谱线系）的最长波长的谱线，至少应向基态氢原子提供的能量是 【　　】

（A）1.5eV （B）3.4 eV （C）10.2 eV（D）13.6 eV

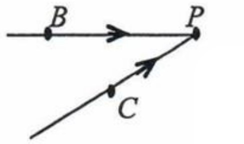
10. 温度为27℃时，对应于方均根速率的氧气分子的德布罗意波长为 【　　】

(A)　5.58×10^{-2} nm　　(B)　4.58×10^{-2} nm

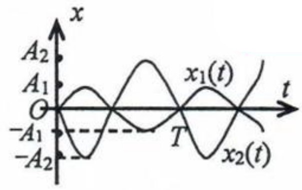
(C)　3.58×10^{-2} nm　　(D)　2.58×10^{-2} nm

二、填空题（每小题 3 分，满分 30 分）

1. 如图所示，两列相干波在 P 点相遇。一列波在 B 点引起的振动是 $y_{10}=3\times10^{-3}\cos2\pi t$；另一列波在 C 点引起的振动是 $y_{20}=3\times10^{-3}\cos(2\pi t+\frac{1}{2}\pi)$；若 $\overline{BP}=0.45\ \mathrm{m}$，$\overline{CP}=0.30\ \mathrm{m}$，两波的传播速度 u= 0.20 m/s 。若不考虑传播途中振幅的减小，则 P 点的合振动的振动方程为______________________________。

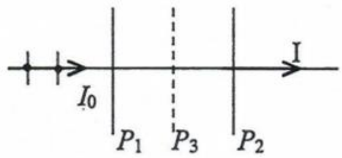


2. 两个同方向的简谐振动曲线如图所示。其合振动的振动方程为：______________________________ 。



3．一薄凸透镜的焦距大小为 20 cm．一物体放在薄凸透镜右侧 30 cm 处，物高 $h_0=5$ cm。则像高 $h_i=$__________cm。

4．如图，P_1、P_2 为偏振化方向间夹角为 α 的两个偏振片。光强为 I_0 的平行自然光垂直入射到 P_1 表面上，然后在 P_1、P_2 之间插入第三个偏振片 P_3。实验发现，以光线为轴旋转 P_2，使其偏振化方向旋转一角度 θ 后，发生了消光现象，从而可以推算出 P_3 的偏振化方向与 P_1 的偏振化方向之间的夹角 α' =______________。(假设题中所涉及的角均为锐角，且设 $\alpha'<\alpha$).



5. 一个由平凸透镜和一平板玻璃组成的牛顿环装置，用单色光垂直照射平凸透镜，观察反射光形成的牛顿环，测得中央暗斑外第 k 个暗环半径为 r_1，现将透镜和玻璃板之间的空气换成某种液体(该液体的折射率小于玻璃的折射率)，此时第 k 个暗环的半径变为 r_2，由此可知该液体的折射率为____________________。

6. 氮气（可视为理想气体）在标准状态（1 个标准大气压，273 K）下的分子平均碰撞频率为 $5.42\times10^{8}\ \mathrm{s^{-1}}$，分子平均自由程为 6×10^{-6} cm，若温度不变，气压降为 0.1 个标准大气压 ，则分子的平均碰撞频率变为_______________ 。

7. 钾的截止频率为 4.62×10^{14} Hz，今以波长为 435.8 nm 的光照射，则钾放出的光电子的初速度为_________________ $\mathrm{m\cdot s^{-1}}$。

8. 入射的 X 射线光子的能量为 0.60 MeV，被静止的自由电子散射后波长变化了 20%，则反冲电子的动能为__________MeV。

9. 氦氖激光器所发红光波长$\lambda = 632.8$ nm，谱线宽度$\Delta\lambda$=10^{-9} nm，利用不确定关系$\Delta x \cdot \Delta p \geq h$，

当这种光子沿 x 方向传播时，它的 x 坐标的最小不确定量是____________________。

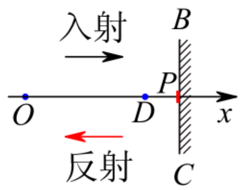
10. 在描述原子内电子状态的量子数n, l, m_l中，当$n = 5$时，m_l的可能值分别是

____。

以下为计算题，每小题 10 分，满分 40 分。

三、

【3111，308】如图所示，一平面简谐波沿 x 轴正方向传播，BC 面左侧介质的波阻小于右侧介质的波阻。波由 P 点反射，OP = 3λ/4，DP =λ/6。在 t = 0 时，O 处质点的合振动是经过平衡位置向负方向运动。求：（1）反射波的波函数；（2）D 点处入射波与反射波的合振动方程。（设入射波和反射波的振幅皆为 A，频率为υ，波长为 λ）



四、

将一束波长λ＝589nm的平行钠光垂直入射在1厘米内有5000条刻痕的平面衍射光栅上，光栅的透光缝宽度 a 与其间距 b 相等。问：能看到几条主明纹？是哪几级主明纹？

五、

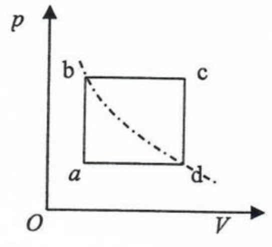
已知粒子在宽度为 $2a$ 的一维无限深方势阱$(-a < x \le a)$中运动，其某一能态的波函数为 $\psi(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \cos \frac{3\pi x}{2a}\ (-a < x \le a)$，试求在此能态下：

（1）粒子在 $x = \frac{5a}{6}$ 处出现的概率密度；（2）粒子在 $x = 0$ 到 $x = \frac{5a}{6}$ 之间被找到的概率；

（3）粒子出现在何处的概率密度最大？

六、

1mol 单原子分子的理想气体，在 P—V 图上完成由两条等容线和两条等压线构成的循环过程 $abcda$，如图所示。已知状态 a 的温度为 T_1，状态 c 的温度为 T_3，状态 b 和状态 d 位于同一等温线上，试求：（1）状态 b 的温度；（2）循环过程的效率。



哈尔滨工业大学（深圳）202? 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
D	C	B	D	D	A	D	B	C	D

二、 填空题

1. $y=6\times10^{-3}\cos(2\pi t-\frac{1}{2}\pi)$

2. $x=|A_2-A_1|\cos(\frac{2\pi}{T}t+\frac{1}{2}\pi)$

3. 10 或 −10

4. $\alpha+\theta-\frac{1}{2}\pi$

5. r_1^2/r_2^2

6. $5.42\times10^7\ \mathrm{s}^{-1}$

7. $5.74\times10^5\ \mathrm{m\cdot s^{-1}}$

8. 0.10 MeV

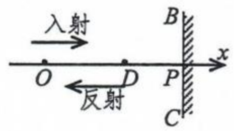
9. 400435.84 m 或 400.44 km

10. $m_l=0,\pm1,\pm2,\pm3,\pm4$

三、

如图所示，一平面简谐波沿 x 轴正方向传播，BC 面左侧介质的波阻小于右侧介质的波阻。波由 P 点反射，$\overline{OP}=3\lambda/4$，$\overline{DP}=\lambda/6$。在 $t=0$ 时，O 处质点的合振动是经过平衡位置向负方向运动。求：（1）反射波的波函数；（2）D 点处入射波与反射波的合振动方程。

（设入射波和反射波的振幅皆为 A，频率为 v，波长为 λ）



解：（1）选 O 点为坐标原点，设入射波表达式为

$$y_{入}=A\cos[2\pi(vt-x/\lambda)+\varphi]$$

由于波从波疏介质入射到波密介质，故反射波有半波损失，因此反射波在 P 点引起的振动方程为

$$y_{反P}=A\cos[2\pi(vt-\frac{\overline{OP}}{\lambda})+\varphi+\pi]$$
$$=A\cos[2\pi vt+\varphi-\frac{\pi}{2}]$$
2 分

因此反射波的波函数为

$$y_{反}=A\cos[2\pi v(t-\frac{\overline{OP}-x}{\lambda v})+\varphi-\frac{\pi}{2}]$$
$$=A\cos(2\pi vt+\frac{2\pi x}{\lambda}-\frac{3\pi}{2}+\varphi-\frac{\pi}{2}]$$
$$=A\cos[2\pi(vt+\frac{x}{\lambda})+\varphi]$$

因此合成波（驻波）的波函数为

$$y=y_{入}+y_{反}$$
$$=2A\cos(2\pi vt+\varphi)\cos\frac{2\pi x}{\lambda}$$

由于 t=0 时，O 处（x=0 处）合振动处于平衡位置，并向负方向运动，利用旋转矢量法，可得

$$\varphi=\frac{\pi}{2}$$
1 分

因此，反射波的波函数为

$$y_{反}=A\cos[2\pi(vt+\frac{x}{\lambda})+\frac{\pi}{2}]或-A\sin[2\pi(vt+\frac{x}{\lambda})]$$
1 分

（2）D 点处入射波与反射波的合振动方程为

$$y_D=2A\cos(2\pi vt+\frac{\pi}{2})\cos\frac{2\pi(\overline{OP}-\overline{DP})}{\lambda}$$
$$=2A\cos\frac{7\pi}{6}\cos(2\pi vt+\frac{\pi}{2})$$
$$=-\sqrt{3}A\cos(2\pi vt+\frac{\pi}{2})\ 或\sqrt{3}A\sin 2\pi vt$$
2 分

四、

解：光栅常量 $a+b=\dfrac{1\times10^{-2}}{5000}=2\times10^{-6}(m)$，而 $a=1\times10^{-6}(m)$ 1 分

光线垂直入射时，光栅方程为 $(a+b)\sin\theta=\pm k\lambda$，k=0,1,2,.... 2 分

令衍射角为 $\theta=\pi/2$ 时，$\pm k=(a+b)/\lambda=3.40$，故 $k_{\max}=3$ 2 分

利用光栅的缺级条件 $\dfrac{a+b}{a}=2$，则 k=2，4，6，… 时缺级 3 分

因此，能看到 5 条主明纹，分别是 0，±1，±3 级主明纹。 2 分

五、

解：（1）粒子在此能态下的概率密度为 $|\psi(x)|^2=\dfrac{1}{a}\cos^2\dfrac{3\pi x}{2a}$ 2 分

故在此能态下粒子在 $x=\dfrac{5a}{6}$ 处出现的概率密度为 $\left|\psi(\dfrac{5a}{6})\right|^2=\dfrac{1}{a}\cos^2(\dfrac{3\pi}{2a}\times\dfrac{5a}{6})=\dfrac{1}{2a}$ 2 分

（2）此能态下粒子在 $x=0$ 到 $x=\dfrac{5a}{6}$ 之间被找到的概率为

$$\int_0^{\frac{5a}{6}}\frac{1}{a}\cos^2\frac{3\pi x}{2a}dx=\frac{1}{2a}(x+\frac{a}{3\pi}\sin\frac{3\pi x}{a})\Big|_0^{\frac{5a}{6}}=\frac{2+5\pi}{12\pi}$$ 2 分

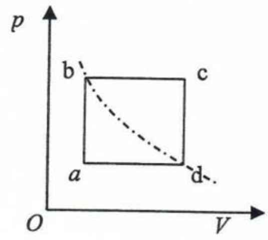
（3）令 $\cos^2\dfrac{3\pi x}{2a}=1$，可得 $\dfrac{3\pi x}{2a}=k\pi$ 1 分

因此 $x=\dfrac{2}{3}ka$

故粒子出现在 $x=-\dfrac{2}{3}a$，$x=0$，$x=\dfrac{2}{3}a$ 处的概率密度最大。 3 分

六、

1mol 单原子分子的理想气体，在 $P—V$ 图上完成由两条等容线和两条等压线构成的循环过程 $abcda$，如图所示。已知状态 a 的温度为 T_1，状态 c 的温度为 T_3，状态 b 和状态 d 位于同一等温线上，试求：（1）状态 b 的温度；（2）循环过程的效率。



解： $\nu=1mol$，i=3，$C_{V,m}=\frac{3}{2}R$，$C_{p,m}=\frac{5}{2}R$ 1 分

(1) $T_a=T_1$，$T_c=T_3$，利用理想气体物态方程 $pV=\nu RT$，故

$p_aV_a=RT_1$，$p_bV_b=RT_b$，$p_cV_c=RT_3$，$p_dV_d=RT_d$

$p_aV_ap_cV_c=R^2T_1T$

再利用两条等容线和等压线，有 $p_dV_bp_bV_d=R^2T_1T_3$

状态 b 和状态 d 位于同一等温线上，故 $p_bV_b=RT_b=p_dV_d$

因此，$R^2T_b{}^2=R^2T_1T_3$，则 $T_b=\sqrt{T_1T_3}$

（2）ab 过程，吸热 $Q_{ab}=C_{V,m}(T_b-T_a)=\frac{3}{2}R(\sqrt{T_1T_3}-T_1)$

bc 过程，吸热 $Q_{bc}=C_{p,m}(T_c-T_b)=\frac{5}{2}R(T_3-\sqrt{T_1T_3})$

cd 过程，放热 $Q_{cd}=C_{V,m}(T_d-T_c)=\frac{3}{2}R(\sqrt{T_1T_3}-T_3)$

da 过程，放热 $Q_{da}=C_{p,m}(T_d-T_a)=\frac{5}{2}R(T_1-\sqrt{T_1T_3})$

循环过程的总吸热大小为 $Q_1=Q_{ab}+Q_{bc}$，总放热大小为 $|Q_2|=|Q_{cd}|+|Q_{da}|$ 3 分

因此，循环过程的效率为 $\eta=1-\frac{|Q_2|}{Q_1}=1-\frac{\frac{3}{2}R(T_3-\sqrt{T_1T_3})+\frac{5}{2}R(\sqrt{T_1T_3}-T_1)}{\frac{3}{2}R(\sqrt{T_1T_3}-T_1)+\frac{5}{2}R(T_3-\sqrt{T_1T_3})}$

$$=\frac{2(T_3-2\sqrt{T_1T_3}+T_1)}{5T_3-2\sqrt{T_1T_3}-3T_1}$$ 2 分