学院______________专业______________________ ______班 年级______学号________________姓名______________ A 卷 共 4 页 第 1 页

2014～2015 学年第一学期期末考试试卷

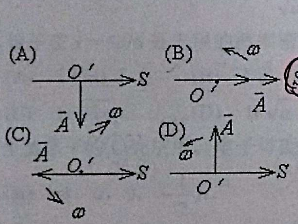
《大学物理 2B》（ A 卷 ）

（考试时间： 2015 年 1 月 16 日）

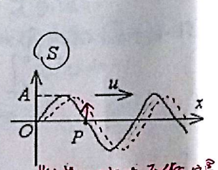
题号	一	二	三(21)	三(22)	三(23)	三(24)	成绩	核分人签字
得分								

一、选择题（每题 3 分，共 10 题）

1. 一平面简谐波沿 x 轴正方向传播，$t=0$ 时刻的波形图如图所示，则 P 处质点的振动在 $t=0$ 时刻的旋转矢量图是



注意 S 此方向



判断 P 点在平衡位置，向正向运动

第 1 题图

[A]

2. 如图所示，一平面简谐波沿 x 轴正方向传播，已知 P 点的振动方程为 $y=A\cos(\omega t+\phi_0)$，则波的表达式为

设波动方程：$y(x,t)=A\cos[\omega(t-\frac{x}{u})+\phi]$ ①

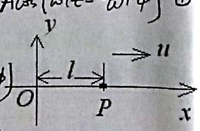
P点：$x=l$ 代入上式

$y_P(t)=A\cos[\omega(t-\frac{l}{u})+\phi]$

又 $=A\cos(\omega t+\phi_0)$

比较得：$\phi=\phi_0+\frac{\omega l}{u}$

代入①式 得 (A)



第 2 题图

(A) $y=A\cos\{\omega[t-(x-l)/u]+\phi_0\}$.

(B) $y=A\cos\{\omega[t-(x/u)]+\phi_0\}$.

(C) $y=A\cos\omega(t-x/u)$.

(D) $y=A\cos\{\omega[t+(x-l)/u]+\phi_0\}$.

[A]

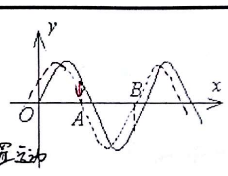
3. 图示一平面简谐机械波在 t 时刻的波形曲线．若此时 A 点处媒质质元的振动动能在增大，则

波：质元在平衡位置处 能量：动能、势能最大

在最大幅处 动能、势能最小　A点动能↑则其正向平衡位置运动

则波形如图虚线

可知波向 x 负向传播



第 3 题图

(A) A 点处质元的弹性势能在减小．

(B) 波沿 x 轴负方向传播． ✓

(C) B 点处质元的振动动能在减小．

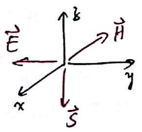
(D) 各点的波的能量密度都不随时间变化．

[B]

4. 在真空中沿着 z 轴负方向传播的平面电磁波，其磁场强度波的表达式为 $H_x=-H_0\cos\omega(t+z/c)$，则电场强度波的表达式为：

$\vec{S}=\vec{E}\times\vec{H}$　E 与 H 相位相同 $\omega(t+\frac{z}{c})$

电磁波传播方向



(A) $E_y=\sqrt{\mu_0/\varepsilon_0}H_0\cos\omega(t+z/c)$.

(B) $E_x=\sqrt{\mu_0/\varepsilon_0}H_0\cos\omega(t+z/c)$.

(C) $E_y=-\sqrt{\mu_0/\varepsilon_0}H_0\cos\omega(t+z/c)$.

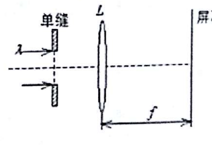
(D) $E_y=-\sqrt{\mu_0/\varepsilon_0}H_0\cos\omega(t-z/c)$.

[C]

5. 在如图所示的单缝夫琅禾费衍射实验中，若将单缝沿透镜光轴方向向透镜平移，则屏幕上的衍射条纹

单缝衍射 条纹间距

取决于：$\Delta x=\frac{f}{a}\lambda$



第 5 题图

(A) 间距变大．

(B) 间距变小．

(C) 不发生变化．

(D) 间距不变，但明暗条纹的位置交替变化．

[C]

6. 氢原子光谱的巴耳末线系中谱线最小波长与最大波长之比为

(A) 7/9.　　(B) 5/9.

(C) 4/9.　　(D) 2/9.

$\frac{1}{\lambda}=R_H(\frac{1}{n^2}-\frac{1}{n'^2})$

巴耳末线系：$n=2$　$n'=3,4,\dots,\infty$

[B]

λ_{min}：$n'=\infty$ 最大　$\lambda_{min}=\frac{4}{R}$

λ_{max}：$n'=3$ 最小，$\lambda_{max}=\frac{36}{5R}$

13. 解：以 S_1 为原点，$x_P = r$，$x_{S_2} = L$，S_1 发出波：$y_1(x,t) = A_1\cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x)$ 设初相为 0
设 S_2 发出的波：$y_2(x,t) = A_2\cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}x + \varphi_2)$
将 $x_{S_2} = L$ 代入 $y_2(L,t) = A_2\cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}L + \varphi_2)$ S_2 振动相位：$\frac{2\pi}{\lambda}L + \varphi_2 + \omega t$ 相同
S_1 …… $\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x_0 = \omega t$ 相位
求得：$y_2(x,t) = A_2\cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{2\pi}{\lambda}L)$
$\varphi_2 = -\frac{2\pi}{\lambda}L$.

7. 在加热黑体过程中，其最大单色辐出度（单色辐射本领）对应的波长由 0.8 μm 变到 0.4 μm，则其辐射出射度（总辐射本领）增大为原来的 $T_1\lambda_{m_1} = T_2\lambda_{m_2}$

(A) 2 倍． (B) 4 倍． $\frac{E_2}{E_1} = \frac{\sigma T_2^4}{\sigma T_1^4} = \left(\frac{\lambda_{m_1}}{\lambda_{m_2}}\right)^4$

(C) 8 倍． (D) 16 倍． [D]

8. 电子显微镜中的电子从静止开始通过电势差为 U 的静电场加速后，其德布罗意波长是 0.04 nm，则 U 约为 $E_k = eU = \frac{p^2}{2m_e}$ $\lambda = \frac{h}{p} \Rightarrow eU = \frac{h^2}{\lambda^2 \times 2m_e}$ $\left(\begin{array}{l} hc = 1243\ eV\cdot nm \\ m_e c^2 = 0.511\times10^6\ eV \end{array}\right)$

(A) 150 V． (B) 330 V． $= \frac{(hc)^2}{\lambda^2 \times 2m_e c^2}$

(C) 630 V． (D) 940 V． [D]

(普朗克常量 h =6.63×10^{-34} J·s，电子静止质量 m_e=9.11×10^{-31} kg；基本电荷 e =1.60×10^{-19} C)

9. 已知粒子在一维矩形无限深势阱中运动，其波函数为： 先验证：此波函数满足归一性 $\int_{-a}^{a} \psi^2(x)\,dx = 1$

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

那么粒子在 $x = 5a/6$ 处出现的概率密度为 $P = |\psi(x)|^2$ $x = \frac{5}{6}a$

(A) $1/(2a)$． (B) $1/a$．

(C) $1/\sqrt{2a}$． (D) $1/\sqrt{a}$． [A]

10. 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 L 壳层 $n=2$

(A) (1，0，0，$-\frac{1}{2}$)． (B) (2，1，-1，$\frac{1}{2}$)． $l = 0, 1$

$m_l = 0, \pm1$

(C) (2，0，1，$-\frac{1}{2}$)． (D) (3，1，-1，$-\frac{1}{2}$)． $m_s = \pm\frac{1}{2}$ [B]

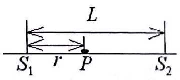
二、填空题（每题 3 分，共 10 题）

11. 在水平方向振动的弹簧振子，当位移等于振幅的一半时，其动能是总能量的 $\frac{3}{4}$ ．(设水平位置处重力势能为零)。若弹簧振子竖直放置，在平衡位置时，弹簧的长度比原长长 Δl，则这一振动系统的周期为 $2\pi\sqrt{\frac{\Delta l}{g}}$ ．

弹簧振子总能 $E_总 = \frac{1}{2}kA^2$ 位移为 $\frac{1}{2}A$ 时 $E_p = \frac{1}{2}k(\frac{A}{2})^2 = \frac{1}{4}E_总 \Rightarrow E_k = \frac{3}{4}E_总$

12. 两个同方向同频率的简谐振动，其合振动的振幅为 20 cm，与第一个简谐振动的相位差为 $\phi - \phi_1 = \pi/6$．若第一个简谐振动的振幅为 $10\sqrt{3}$ cm，则第二个简谐振动的振幅为 10 cm，第一、二两个简谐振动的相位差 $\phi_1 - \phi_2$ 为 $-\frac{1}{2}\pi$ ．

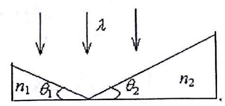
13. 如图所示，S_1 和 S_2 为同相位的两相干波源，相距为 L，P 点距 S_1 为 r；波源 S_1 在 P 点引起的振动振幅为 A_1，波源 S_2 在 P 点引起的振动振幅为 A_2，两波波长都是 λ，则 P 点的振幅 $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(2\pi\cdot\frac{L-2r}{\lambda})}$ ．



第 13 题图

P 点代入 $y_1(r,t) = A_1\cos(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}r)$ P 代入 $y_2(r,t) = A_2\cos(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}r - \frac{2\pi}{\lambda}L)$ 做差分析

14. 如图所示，波长为 λ 的平行单色光垂直照射到两个劈形膜上，两劈尖角分别为 θ_1 和 θ_2，折射率分别为 n_1 和 n_2，若二者分别形成的干涉条纹的明条纹间距相等，则 θ_1，θ_2，n_1 和 n_2 之间的关系是 $n_1\theta_1 = n_2\theta_2$



第 14 题图

15. 一个平凸透镜的顶点和一平板玻璃接触，用单色光垂直照射，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(其折射率小于玻璃的折射率)，第 k 个暗环的半径变为 r_2，由此可知该液体的折射率为 r_1^2/r_2^2 ． 牛顿环暗纹半径：$r_k = \sqrt{2Re_k} = \sqrt{\frac{k\lambda R}{n}}$

16. 在迈克耳孙干涉仪的一条光路中，插入一块折射率为 n，厚度为 d 的透明薄片．插入这块薄片使这条光路的光程改变了 $2(n-1)d$ ．

17. 两个偏振片叠放在一起，强度为 I_0 的自然光垂直入射其上，若通过两个偏振片后的光强为 $I_0/8$，则此两偏振片的偏振化方向间的夹角(取锐角)是 $60°$ ，若在两片之间再插入一片偏振片，其偏振化方向与前后两片的偏振化方向的夹角(取锐角)相等．则通过三个偏振片后的透射光强度为 $\frac{9}{32}I_0$ ．

18. 一束自然光从空气投射到玻璃表面上(空气折射率为 1)，当折射角为 30° 时，反射光是完全偏振光，则此玻璃板的折射率等于 $\sqrt{3}$ ． 折射角 30° ⇒ 反射入射角 60° $\tan 60° = \frac{n_{玻}}{n_1}$ 玻 空气

19. 当波长为 300 nm 的光照射在某金属表面时，光电子的能量范围从 0 到 4.0×10^{-19} J．在作上述光电效应实验时遏止电压为 $|U_a|$ = 2.5 V；此金属的红限频率 ν_0 = 4.0×10^{14} Hz． 见最后一次作业

(普朗克常量 h =6.63×10^{-34} J·s；基本电荷 e =1.60×10^{-19} C)

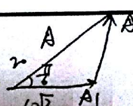
20. 在 B =1.25×10^{-2} T 的匀强磁场中沿半径为 R =1.66 cm 的圆轨道运动的α粒子的德布罗意波长是 10^{-11} m ．

(普朗克常量 h =6.63×10^{-34} J·s，基本电荷 e =1.60×10^{-19} C)

带电粒子在磁场中作圆周运动．
磁场给它提供洛伦兹力 qvB 作为向心力
$qvB = \frac{mv^2}{R} \Rightarrow v = \frac{qBR}{m}$
$\therefore E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2m}q^2B^2R^2$
又 $E_k = \frac{p^2}{2m} \Rightarrow p = qBR \Rightarrow \lambda = \frac{h}{p}$

α 粒子是 He 核，带 2 个正电荷 $2e$

用矢量三角形考虑．



$A_2^2 = A^2 + A_1^2 - 2\cos\frac{\pi}{6}\cdot A\cdot A_1 = 100$
发现正好满足 $A_2^2 + A_1^2 = A^2$
则 $A_2 \perp A_1$

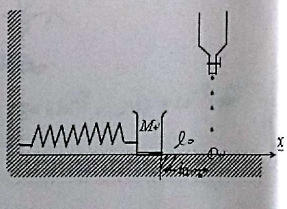
三、计算题（每题 10 分，共 4 题）

21. 得分（ ）

如图，劲度系数为 k 的弹簧一端固定在墙上，另一端连接一质量为 M 的容器，容器可在光滑水平面上运动．当弹簧未变形时容器位于 O 处，今使容器自 O 点左侧 l_0 处从静止开始运动，每经过 O 点一次时，从上方滴管中滴入一质量为 m 的油滴，求：

(1) 容器中滴入 n 滴以后，容器运动到距 O 点的最远距离；

(2) 容器滴入第(n+1)滴与第 n 滴的时间间隔．



第 21 题图

解：分析：弹簧振子的能量(总能)

(1) $E=\frac{1}{2}kA^2=\frac{1}{2}Mv^2 \cdots\cdots$ ①

A：最远距离(振幅)

v：质量为 M 的振子通过平衡位置时的速度

外处：油滴入容器与容器一起运动，该过程，动量守恒，但能量有损失．☆

M 第一次通过 O 时的初始速度为 v_0，由式① $\frac{1}{2}kl_0^2=\frac{1}{2}Mv_0^2 \Rightarrow v_0=\sqrt{\frac{k}{M}}\,l_0$

一滴油 m 落入，由动量守恒，$(m+M)v_1=Mv_0$（v_1为通过 O 后 m+M 一起的速度）

同理，n 滴油落入，则 $(nm+M)v_n=Mv_0 \Rightarrow v_n=\frac{M}{nm+M}v_0$

此时振子总能量变为：$E=\frac{1}{2}(nm+M)v_n^2=\frac{1}{2}\frac{M^2}{nm+M}v_0^2=\frac{1}{2}\frac{M}{nm+M}kl_0^2$

再由式①求出此时振幅：$\frac{1}{2}kA_n^2=E=\frac{1}{2}\frac{M}{nm+M}kl_0^2$

$\therefore A_n=\sqrt{\frac{M}{nm+M}}\,l_0$

(2) 第(n+1)滴与第 n 滴时间间隔为 $\frac{1}{2}T_n$　$T_n=2\pi\sqrt{\frac{(nm+M)}{k}}$

$\therefore$ 时间间隔为 $\pi\sqrt{\frac{nm+M}{k}}$

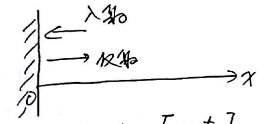
22. 得分（ ）

设入射波的表达式为 $y_1=A\cos 2\pi(\frac{x}{\lambda}+\frac{t}{T})$，在 $x=0$ 处发生反射，反射点为一固定端．设反射时无能量损失，求

(1) 反射波的表达式；

(2) 合成的驻波的表达式；

(3) 波腹和波节的位置．



解．(1) 入射波在 O 点（$x=0$）引起的振动：$y_{10}=A\cos\left[2\pi\frac{t}{T}\right]$

O 点为固定端，因此反射波在 O 点引起的振动比 y_{10} 多一个 π 相位差．

$\therefore y_{20}=A\cos\left[2\pi\frac{t}{T}+\pi\right]$

设反射波的波动方程：$y_2(x,t)=A\cos\left[2\pi\frac{t}{T}-\frac{2\pi x}{\lambda}+\phi_2\right]$

y_{20} 应满足 $y_2(x,t)$ ($x=0$)

$\therefore y_2(0,t)=A\cos\left[\frac{2\pi t}{T}+\phi_2\right]=y_{20}=A\cos\left[\frac{2\pi t}{T}+\pi\right]$

比较得：$\phi_2=\pi$

$\therefore$ 反射波波动方程：$y_2(x,t)=A\cos\left[2\pi\frac{t}{T}-\frac{2\pi x}{\lambda}+\pi\right]$

(2) $x>0$ 区域波的合成：

$y=y_1+y_2=A\cos\left[\frac{2\pi t}{T}+\frac{2\pi x}{\lambda}\right]+A\cos\left[\frac{2\pi t}{T}-\frac{2\pi x}{\lambda}+\pi\right]$

$=2A\cos(\frac{2\pi t}{T}+\frac{\pi}{2})\cdot\cos(\frac{2\pi x}{\lambda}-\frac{\pi}{2})$

$=2A\sin\frac{2\pi x}{\lambda}\cdot\cos(\frac{2\pi t}{T}+\frac{\pi}{2})$

(3) 波腹：$\left|\sin\frac{2\pi x}{\lambda}\right|=1 \Rightarrow \frac{2\pi x}{\lambda}=(2k+1)\frac{\pi}{2} \Rightarrow x=\frac{2k+1}{4}\lambda$ $(k=0,1,2\cdots)$

波节：$\left|\sin\frac{2\pi x}{\lambda}\right|=0 \Rightarrow \frac{2\pi x}{\lambda}=k\pi \Rightarrow x=\frac{k}{2}\lambda$，$(k=0,1,2\cdots)$

23. 得分（　　　　）

一双缝，缝距 d=0.40 mm，两缝宽度都是 a=0.080 mm，用波长为 λ=480 nm (1 nm = 10^{-9} m) 的平行光垂直照射双缝，在双缝后放一焦距 f=2.0 m 的透镜求：

(1) 在透镜焦平面处的屏上，双缝干涉条纹的间距 l；

(2) 在单缝衍射中央亮纹范围内的双缝干涉亮纹数目 N 和相应的级数.

解：(1). 双缝干涉条纹间距：$\Delta x_{双} = \frac{D}{d}\lambda$

此处 $D \approx f$ 焦平面距透镜距离

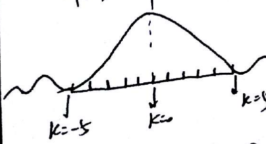
$l = \Delta x_{双} = \frac{f}{d}\lambda = \frac{2.0}{0.4\times10^{-3}} \times 480\times10^{-9} = 2.4\times10^{-3}$ m

(2) 单缝衍射中央明纹宽度.

$\Delta x_{中央} = \frac{2f}{a}\lambda = \frac{2\times2.0}{0.08\times10^{-3}} \times 480\times10^{-9} = 2.4\times10^{-2}$ m

$\therefore \Delta x_{中央} = 10\,\Delta x_{双}$

即：在中央明纹的宽度范围内有10个双缝间隔



又要考虑缺级：$\frac{d}{a} = \frac{k}{k'}$

$\therefore \frac{k}{k'} = \frac{5}{1} \Rightarrow$ 缺级 $k = \pm5, \pm10, \cdots$

因此最多能看到 $k = 0, \pm1, \pm2, \pm3, \pm4$ 共9条.

24. 得分（　　　　）

设康普顿效应中入射 X 射线(伦琴射线)的波长 λ=0.070 nm，散射的 X 射线与入射的 X 射线垂直，求：

(1) 反冲电子的动能 E_K.

(2) 反冲电子运动的方向与入射的 X 射线之间的夹角 θ.

(普朗克常量 h =6.63×10^{-34} J · s，电子静止质量 m_e=9.11×10^{-31} kg)

解：入射波长 $\lambda = 0.07$ nm

散射角 $\theta = 90^\circ \Rightarrow \Delta\lambda = 2k\sin^2\frac{\theta}{2} = k = 0.00243\text{ nm} = \boxed{\frac{h}{m_e c}}$

$\therefore \lambda' = \lambda + \Delta\lambda = 0.07243$ nm

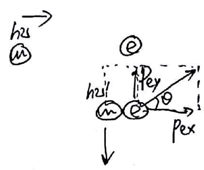
(1) 由能量守恒：$E + E_{e0} = E' + E_e$

反冲电子动能：$E_k = E_e - E_{e0} = E - E' = h\nu - h\nu' = hc\frac{(\lambda'-\lambda)}{\lambda\lambda'}$

$= \frac{6.63\times10^{-34}\text{ J·s} \times 0.00243\text{ nm} \times 3.0\times10^{8}\text{ m/s}}{0.07\text{ nm} \times 0.07243\text{ nm}}$

$= 9.53\times10^{-17}$ J

(2)



由动量守恒. 碰前. 水平方向光子动量 $\frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$

碰后. 竖直方向光子动量 (电子): $P_{ey} + \frac{h\nu'}{c} = 0$

水平方向电子动量：P_{ex}

$\therefore \begin{cases} P_{ey} = -\frac{h\nu'}{c} = -\frac{h}{\lambda'} \\ P_{ex} = \frac{h}{\lambda} \end{cases}$

$\therefore \tan\theta = \left|\frac{P_{ey}}{P_{ex}}\right| = \frac{\lambda}{\lambda'} = \frac{0.07\text{ nm}}{0.07243\text{ nm}}$

$\Rightarrow \theta \approx 44^\circ$