大学物理（下） 模拟试卷 三

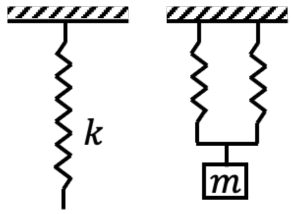
院(系)____________ 班级____________ 学号____________ 姓名_

题号	一	二	三	四	五	六	七	总分
得分								

一、选择题（每题 3 分，共计 33 分。）

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	小计
答案	D	A	B	B	A	B	B	A	D	B	C	

1. 一劲度系数为k的轻弹簧截成二等份，将它们并联，下面挂一质量为m的物体，如图所示。则振动系统的频率为



(A) $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{2m}}$　　(B) $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{m}}$

(C) $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{2k}{m}}$　　(D) $\frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{4k}{m}}$

2. 一平面简谐波沿x轴负方向传播。已知$x = x_0$处质点的振动方程为$y = A\cos(\omega t + \phi_0)$。若波速为$u$，则此波的表达式为

(A) $y = A\cos\{\omega[t - (x_0 - x)/u] + \phi_0\}$.

(B) $y = A\cos\{\omega[t - (x - x_0)/u] + \phi_0\}$.

(C) $y = A\cos\{\omega t - [(x_0 - x)/u] + \phi_0\}$.

(D) $y = A\cos\{\omega t + [(x - x_0)/u] + \phi_0\}$.

3. 一简谐平面波在无吸收的弹性介质中传播，以E_k、E_P分别表示介质中质元的动能和势能。则

(A) $E_k + E_P =$恒量，且E_k增长时，E_P减小；

(B) $E_k + E_P$是时间t的函数，且在任何时候都有$E_k = E_P$；

(C) $E_k + E_P$是时间t的函数，而且$E_k \neq E_P$；

(D) 上述说法都不对。

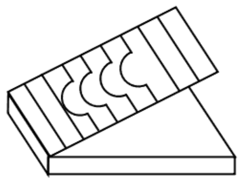
4. 设声波在媒质中的传播速度为u，声源的频率为ν_S。若声源不动，而接收器R相对于媒质以速度v_R沿着S、R连线向着声源S运动，则接收器接收的振动频率为

（A）ν_S　　（B）$\frac{u+v_R}{u}\nu_S$　　（C）$\frac{u}{u+v_R}\nu_S$　　（D）$\frac{u}{u-v_R}\nu_S$

5. 沿某路径传播到 B，若 A、B 两点相位差为3π，则此路径 AB 的光程差为

（A）1.5λ　　（B）$1.5n\lambda$　　（C）3λ　　（D）$1.5\lambda/n$

6. 如图所示，用劈尖干涉检测工件的表面，当波长为$500nm$的单色光垂直入射时，观察到的干涉条纹中间向劈尖棱边弯曲，每一条弯曲部分的顶点恰好与左邻的直线部分的连线相切，则工件表面：



（A）有一凹陷的槽，深为$500nm$；　　（B）有一凹陷的槽，深为$250nm$；

（C）有一凸起的埂，高为$500nm$；　　（D）有一凸起的埂，高为$250nm$。

7. 波长$\lambda = 550nm(1nm = 10^{-9}m)$的单色光垂直入射于光栅常数$d = 2 \times 10^{-4}cm$的平面衍射光栅上，可能观察到的光谱线的最大级次为

（A）2.　　（B）3.　　（C）4.　　（D）5.

8. 一束光是自然光和线偏振光的混合光，让它垂直通过一偏振片。若以此入射光束为轴旋转偏振片，测得透射光强度最大值是最小值的 5 倍，那么入射光束中自然光与线偏振光的光强比值为

（A）1/2　　（B）1/3　　（C）1/4　　（D）1/5

9. 自然光以$60°$的入射角照射到某两介质交界面时，反射光为完全线偏振光，则知折射光为

（A）完全线偏振光且折射角是$30°$

（B）部分偏振光且只是在该光由真空入射到折射率为$\sqrt{3}$的介质时，折射角是$30°$

（C）部分偏振光，但须知两种介质的折射率才能确定折射角

（D）部分偏振光且折射角是$30°$

10. 氢原子中处于L壳层量子态的电子，描述其量子态的四个量子数(n, l, m_l, m_s)可能取的值为

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

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

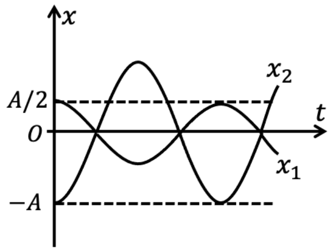
11. P 型半导体中杂质原子所形成的受主能级，在能带结构中处于

（A）满带中　　（B）导带中

（C）禁带中，但接近满带顶　　　　（D）禁带中，但接近导带底

得　分

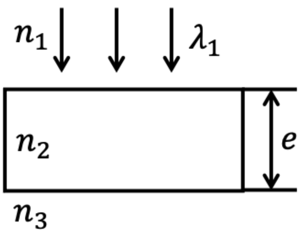
二、填空题（每空格 2 分，共计 22 分）



1. 图中所画的是两个简谐振动的振动曲线，振动周期为 T。若这两个简谐振动可叠加，则合成的余弦振动方程为 $x=\frac{A}{2}\cos(\omega t+\pi)$。

2. 一弹簧振子作简谐振动，总能量为E_1，如果简谐振动振幅增加为原来的两倍，重物的质量增为原来的四倍，则它的总能量E_2变为 $4E_1$ 。

3. 设入射波的表达式为$y_1=A\cos 2\pi\left(\frac{x}{\lambda}+\frac{t}{T}\right)$，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，则反射波的表达式 $y=A\cos[2\pi(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda})+\pi]$；合成的驻波的表达式 $2A\cos(2\pi\frac{x}{\lambda}-\frac{\pi}{2})\cos(2\pi\frac{t}{T}+\frac{\pi}{2})$。



4. 见右图，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$n_1<n_2<n_3$，λ_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光程差为 $2n_2e$ ，相位差为 $2\pi\frac{2n_2e}{n_1\lambda_1}$ 。

5. 若迈克耳逊干涉仪的可动反射镜移动了距离d，观测到干涉条纹移动了 N 条，则使用的光波的波长$\lambda=$ $\frac{2d}{N}$ 。

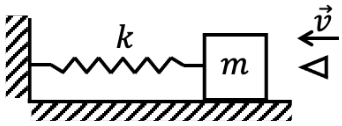
6. 平行单色光垂直入射于单缝上，观察夫琅禾费衍射。若屏上P点处为第三级暗纹，则单缝处波面相应地可划分为 6 个半波带。若将单缝宽度缩小一半，P点处应是 明 纹。

7. 设S'系以速率$v=0.6c$相对于S系沿xx'轴运动，且在$t=t'=0$时，$x=x'=0$。若有一事件，在S系中发生于$t=3\times10^{-7}s$，$x=10m$处，则该事件在S'系中发生的时刻为 $3.5\times10^{-7}s$ 。

8. 按氢原子理论，当大量氢原子处于$n=3$的激发态时，原子跃迁将发出 3 种波长的光。

得　分

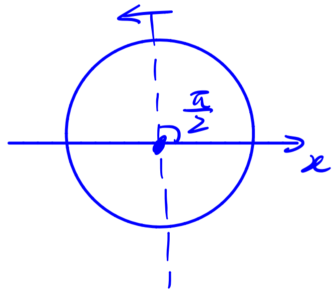
三、(10 分) 如图所示，质量为$1\times10^{-2}kg$的，以$500m/s$的速度射入并嵌入在木块中，同时使弹簧压缩从而作简谐运动。设木块的质量为$4.99kg$，弹簧的劲度系数为$8\times10^{3}N\cdot m^{-1}$。若以弹簧原长时物体所在处为坐标原点，向右为$x$轴正方向，求简谐运动方程。



解：由动量守恒，子弹进入木块的动量.

$$p = mv = 5\ kg\cdot m/s.$$

动能 $E_{Kmax} = \frac{p^2}{2(m+M)} = \frac{25}{2\times5} J = 2.5J$.



最大弹性势能 $E_p = E_{Kmax} = 2.5J$.

$$\frac{1}{2}kA^2 = 2.5J$$

$$A = \sqrt{\frac{5}{k}}\ m = 0.025m.$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \sqrt{\frac{8000}{5}} = 40\ rad/s.$$

运动方程 $x = 0.025\cos(40t+\frac{\pi}{2})\ (m)$.

得　分

四、(10 分) 一衍射光栅，每厘米 250 条透光缝，每条透光缝宽为$a=2\times10^{-3}cm$，在光栅后放一焦距$f=1m$的凸透镜，现以$\lambda=600nm(1nm=10^{-9}m)$的单色平行光垂直照射光栅，求：(1) 光栅中央明纹两侧第 2 级明纹的间距。(2)透光缝a的单缝衍射中央明纹宽度为多少？(3) 在该宽度内，有几个光栅衍射主极大？

解：光栅常数

$$d = \frac{1}{250}cm = 4\times10^{-5}m.$$

$$a = 2\times10^{-5}m.$$

(1) 光栅方程：

$$d\sin\theta = k\lambda.\ ①$$

$k=2$时.

$$\sin\theta_2 = \frac{2\lambda}{d} = \frac{1.2\times10^{-6}m}{4\times10^{-5}m} < \frac{5}{180}\pi$$

所以 $\sin\theta_2 \sim \tan\theta_2 = \frac{x_2}{f}$

$$x_2 = \frac{2\lambda}{d}f$$

$$\Delta x = x_2 - x_{-2} = \frac{4\lambda}{d}f = 0.06m$$

(2) 单缝 a 的衍射中央明纹边界

$$a\sin\theta = k'\lambda,\ 其中\ k'=1.$$

$$\sin\theta \sim \tan\theta = \frac{x}{f}$$

$$x = \frac{\lambda}{a}f = \frac{6\times10^{-7}}{2\times10^{-5}}\times1m = 0.03m.$$

衍射中央明纹宽度

$$\Delta x = 2x = 0.06m$$

(3) 衍射的中央明纹条件与①联立

$$\frac{a}{d} = \frac{k'}{k}$$

$$k = k'\frac{d}{a} = 2k',\ (k'=1)$$

所以当 $-1<k'<1$ 时，k 可以取 $k=-1,0,1$ 共3个光栅衍射主极大.

得　分

五、（5 分）用波长$\lambda_0 = 0.1nm$的光子做康普顿实验。

（1）散射角$\phi = 90°$的康普顿散射波长是多少？

(2) 反冲电子获得的动能有多大？（普朗克常量$h = 6.63 \times 10^{-34} J \cdot s$，电子静止质量$m_e = 9.11 \times 10^{-31} kg$）

解：(1)康普顿散射公式

$$\Delta\lambda = \lambda_c(1-\cos\theta)$$

$$= 2.43\times10^{-12}\times(1-0)\,m$$

$$= 2.43\times10^{-12}\,m.$$

散射光的波长

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda = 1.0243\times10^{-10}\,m$$

(2) 根据能量守恒：$\Delta E_{光} + \Delta E_{电子} = 0$

$$\Delta E_{电子} = \frac{hc}{\lambda_0} - \frac{hc}{\lambda}$$

$$= 4.72\times10^{-17}\,J$$

$$= 294.9\,eV$$

得　分

六、（10 分）在实验室中，若电子 A 以速度$2.9 \times 10^8 m/s$向右方向运动，而电子 B 以速度$2.7 \times 10^8 m/s$向左方向运动，求：(1) A 电子相对 B 电子的速度为多少？ (2) 在实验室坐标系下 A 电子的质量、动量和总能量是多少？ (3) 电子波的波长为多少？

解：(1) 以B电子所在参考系为S'

以地面参考系为 S.

A电子在 S 中的速度为

$$v_A = 2.9\times10^8\,m/s.$$

S'系相对于 S 的速度

$$u = -2.7\times10^8\,m/s.$$

则根据洛伦兹速度变换

$$v_A' = \frac{v_A - u}{1 - \frac{v_A u}{c^2}}$$

$$= \frac{2.9\times10^8 + 2.7\times10^8}{1 - \frac{2.9\times10^8\times2.7\times10^8}{9\times10^{16}}}\,m/s$$

$$= 2.995\times10^8\,m/s$$

(2) $$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_A^2}{c^2}}} = 3.906$$

电子质量 $m = \gamma m_0$

$$= 3.906\times9.11\times10^{-31}\,kg$$

$$= 3.56\times10^{-30}\,kg$$

电子动量 $p = mv$

$$= 3.56\times10^{-30}\times2.9\times10^8\,kg\cdot m/s$$

$$= 1.03\times10^{-21}\,kg\cdot m/s$$

总能量 $E = mc^2$

$$= 3.56\times10^{-30}\times9\times10^{16}\,J$$

$$= 3.20\times10^{-14}\,J$$

(3) $$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{6.63\times10^{-34}}{1.03\times10^{-21}}\,m = 6.44\times10^{-13}\,m$$

得 分

七、（10 分）一维无限深势阱定态波函数为$\psi(x) = A\sin\frac{n\pi x}{l}$ $(0 < x < l)$，

（1）求归一化常数 A；（2）计算基态粒子的概率密度及概率密度为最大的位置；（3）第二激发态$(n = 3)$粒子处在$x = 0$到$x = l/3$区间的几率。

解：(1) 由归一化条件：

$$\int_0^l |\psi(x)|^2 = 1$$

$$A^2 \int_0^l \sin^2 \frac{n\pi x}{l} dx = 1.$$

$$A^2 \cdot \frac{l}{2} = 1$$

$$A = \sqrt{\frac{2}{l}}$$

(2) 基态，$n=1$，

概率密度

$$W(x) = |\psi(x)|^2$$

$$= \frac{2}{l}\sin^2\frac{\pi x}{l}$$

当 $\sin^2\frac{\pi x}{l} = 1$ 时

$W(x)$ 取得最大值.

$$\frac{\pi x}{l} = \frac{\pi}{2}$$

$$x = \frac{l}{2}.$$

(3) $n=3$ 时粒子处在 $x=0$ 到 $x=\frac{l}{3}$ 区间的几率.

$$W = \int_0^{\frac{l}{3}} \frac{2}{l}\sin^2\frac{3\pi x}{l} dx$$

令 $x = \frac{l}{3}t$

$$W = \frac{2}{3}\int_0^1 \sin^2 \pi t \, dt$$

$$= \frac{1}{3}$$