

南京大学 电子科学与工程学院 全日制统招本科生

《大学物理 II》期末考试试卷 闭卷

任课教师姓名:\_\_\_\_\_

考试日期: 2015 年 7 月 2 日 考试时长: 2 小时  
分钟

考生年级\_\_\_\_\_考生专业\_\_\_\_\_考生学号\_\_\_\_\_考生姓名\_\_\_\_\_

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
得分											

一. (10 分) 简答:

本题得分	
------	--

- (1) 为什么引入光程的概念? 光程差和相位差有怎样的关系。
- (2) 在单缝夫琅禾费衍射实验中 (a) 狭缝变窄 (b) 入射光波长增大 (c) 单缝垂直于透镜光轴上下平移, 会引起衍射图样发生什么样的变化。
- (3) 光栅衍射中为什么会出现缺级现象。
- (4) 等厚干涉时, 尖劈保持顶角不变, 上下面分离和上下靠近分别导致干涉条纹出现什么变化, 为什么。

答: (1) 介质中光的波长发生变化, 相同的物理尺度将会导致不同的相位变化, 通过引入光程, 将不同介质中的物理长度等效到真空中, 使其有相同的衡量标准。

, 其中  $nl$  就是光程

(2) (a) 狭缝变窄会使得中央明纹张角变大 (b) 入射光波长增大也会使得中央明纹张角变大 (c) 单缝上下平移衍射条纹不发生变化

(3) 光栅衍射由于是多光束干涉和单缝衍射的共同作用, 当衍射暗纹和干

涉明纹重叠的时候就会出现缺级

(4) 上下分离，干涉条纹向棱边方向移动，上下靠近的时候远离棱边运动

本题得分	
------	--

二. (10 分) 一简谐波沿  $x$  轴正方向传播，波长  $\lambda = 4.0 \text{ m}$ ，

已知  $x = 0$  处质点的振动曲线如图所示。

(1) 写出  $x = 0$  处质点的运动表达式；

(2) 画出 a、b、c、d 处对应的相量图；

(3) 求出  $t = 0.5 \text{ s}$  时的位置  $x = 0$  处的速度  $v$  和加速度  $a$ ；

(4) 写出波函数的表达式；

(5) 画出  $t = 1.0 \text{ s}$  时刻的波形曲线。

答：解：(1) 由已知初始条件可写出表达式：

$0.02 = 0.04 \cos(\omega \cdot 0 + 0)$ ，可知初相  $0 = \pi/3$

又有  $-0.04 = 0.04 \cos(\omega \cdot 1 + \pi/3)$ ，可知  $\omega = 2\pi/3$

则表达式为： $x = 0.04 \cos(2\pi/3 \cdot t + \pi/3)$

(2) 各个位置的相量图如图所示

b, c, d 相角分别是  $\pi/2$ ,  $\pi$ ,  $5\pi/3$

(3)  $v = -0.04 \cdot 2\pi/3 \sin(2\pi/3 \cdot t + \pi/3)$

当  $t = 0.5$  时， $v = -7.31 \times 10^{-2} \text{ m/s}$

$a = -0.04 \cdot (2\pi/3)^2 \cos(2\pi/3 \cdot t + \pi/3) = 8.81 \times 10^{-2} \text{ m/s}^2$

(4) 波函数： $y = 0.04 \cos(2\pi/3 \cdot t + \pi/3 - 2\pi x)$

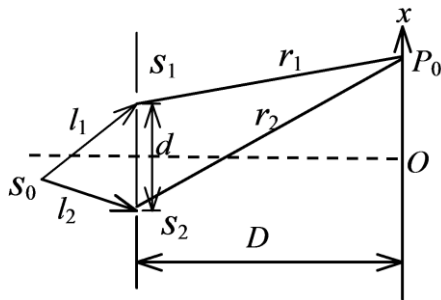
(5)  $t = 1.0$  时， $y = 0.04 \cos(-2\pi x) = 0.04 \cos(2\pi x)$

当  $x = 0$  时， $y = 0.04$ ，当  $x = 1$  时， $y = 0$ ，当  $x = 2$  时， $y = -0.04$ ，当  $x = 3$  时， $y = 0$ ，当  $x = 4$  时， $y = 0.04$

本题得分	
------	--

三. (10 分) 在双缝干涉实验中, 单色光源  $S_0$  到两缝  $S_1$  和  $S_2$  的距离分别为  $l_1$  和  $l_2$ , 并且  $l_1 - l_2 = 3\lambda$ , 为入射光的波长, 双缝之间的距离为  $d$ , 双缝到屏幕的距离为  $D$  ( $D \gg d$ ), 如图. 求:

- (1) 零级明纹到屏幕中央  $O$  点的距离.
- (2) 相邻明条纹间的距离.



解: (1) 如图, 设  $P_0$  为零级明纹中心

则  $r_2 - r_1 \approx d \overline{P_0 O} / D$

$$(l_2 + r_2) - (l_1 + r_1) = 0$$

$$\therefore r_2 - r_1 = l_1 - l_2 = 3\lambda$$

$$\therefore \overline{P_0 O} = D(r_2 - r_1) / d = 3D\lambda / d$$

(2) 在屏上距  $O$  点为  $x$  处, 光程差

$$\delta \approx (dx / D) - 3\lambda$$

明纹条件  $\delta = \pm k\lambda \quad (k=1, 2, \dots)$

$$x_k = (\pm k\lambda + 3\lambda)D / d$$

在此处令  $k=0$ , 即为(1)的结果. 相邻明条纹间距

$$\Delta x = x_{k+1} - x_k = D\lambda/d$$

本题得分	
------	--

四. (10 分)两个偏振片  $P_1$ 、 $P_2$  叠在一起, 其偏振化方向之间的夹角记为  $a$ . 由强度相同的自然光和线偏振光混合而成的光束垂直入射在偏振片上. 线偏振光的光矢量振动方向与  $P_1$  偏振化方向之间的夹角记为  $q$ .

(1) 若不计偏振片对可透射分量的反射和吸收. 且  $a=30^\circ$ ,  $q=60^\circ$ , 求穿过  $P_1$  后的透射光强与入射光强之比;再求连续穿过  $P_1$ 、 $P_2$  后的透射光强与入射光强之比.

(2) 若每个偏振片使可透射分量的强度减弱 10%, 并且要使穿过  $P_1$  后的透射光强及连续穿过  $P_1$ 、 $P_2$  后的透射光强与入射光强之比都和(1)中算出的相同. 这时  $q$  和  $a$  各应是多大?

$$(1) \quad \frac{I_1}{2I} = \frac{\frac{1}{2}I + I \cos^2 60^\circ}{2I}$$

$$= 3/8$$

$$\frac{I_2}{2I} = \frac{\left(\frac{1}{2}I + I \cos^2 60^\circ\right) \cos^2 30^\circ}{2I}$$

$$= 9/32$$

$$(2) \quad \frac{3}{8} = \frac{\frac{1}{2}I + I \cos^2 60^\circ}{2I} (1-10\%)$$

$$= \left[ \frac{1}{2} + \cos^2 \theta \right] 0.9/2$$

$$\cos^2 \theta = 0.333 \quad \theta = 54.7^\circ$$

$$\frac{9}{32} = \frac{\left(\frac{1}{2}I + I \cos^2 54.7^\circ\right) \cos^2 a}{2I} (1-10\%)^2$$

所以  $\cos^2 \alpha = 0.833$  ,  $\alpha = 24.1^\circ$

$$\left[ \text{或 } \frac{9}{32} = \frac{3}{8} (\cos^2 \alpha) 0.9, \cos^2 \alpha = 0.833, \alpha = 24.1^\circ \right]$$

本题得分	
------	--

五. (10 分) 如图, 一列平面简谐波沿  $x$  轴正方向传播, 振幅为  $A$ , 圆频率为  $\omega$ , 设在  $t=0$  时刻在原点  $O$  处引起的振动使介质元由平衡位置向  $y$  轴的负方向运动,  $M$  是垂直于  $x$  轴的波密介质反射面, 已知  $OO' = 7\lambda/4$ ,  $PO' = \lambda/4$  ( $\lambda$  为波长), 设反射波不衰减。请写出

(1)  $P$  点的振动表达式;

(2) 入射波的波函数;

(3) 反射波的波函数。

解: (1)  $t=0$  时刻原点处振动使得介质元由平衡位置

向  $y$  轴负向运动, 说明振动初相为  $\pi/2$ , 则原点处

振动表达式为:  $x = A \cos(\omega t + \pi/2)$

则  $P$  点处得振动表达式为  $y = A \cos(\omega t - \pi/2) + A \cos(\omega t - \pi/2) = 2A \cos(\omega t - \pi/2)$  (入射波反射波叠加的结果)

(2) 入射波的波函数为  $y = A \cos(\omega t - 2\pi x/\lambda + \pi/2)$

(3) 求反射波的波函数, 首先要求反射波的初相, 入射波到达  $O'$  点, 其振动表达式为

$x = A \cos(\omega t - \pi)$ , 反射波出现半波损失, 则表达式为  $x = A \cos(\omega t)$ , 则反射波波函数为:

$$y = A \cos(\omega t + 2\pi x/\lambda + \pi/2)$$

本题得分	
------	--

六. (10 分) 用波长为  $500 \text{ nm}$  ( $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$ ) 的单色光垂直照射到由两块光学平玻璃构成的空气劈形膜上. 在观察反射光的干涉现象中, 距劈形膜棱边  $l = 1.56 \text{ cm}$  的  $A$  处是从棱边算起的第四条暗条纹中心.

(1) 求此空气劈形膜的劈尖角  $q$ ;

(2) 改用 600 nm 的单色光垂直照射到此劈尖上仍观察反射光的干涉条纹, A 处是明条纹还是暗条纹?

(3) 在第(2)问的情形从棱边到 A 处的范围内共有几条明纹? 几条暗纹?

(4) 假如某条明纹向棱边方向有 0.3cm 的凸起, 下玻璃板缺陷有多深。

解: (1) 棱边处是第一条暗纹中心, 在膜厚度为  $e_2 = \frac{1}{2} \lambda$  处是第二条暗纹中心,

依此可知第四条暗纹中心处, 即 A 处膜厚度  $e_4 = \frac{3}{2} \lambda$

$$\therefore \theta = e_4 / l = 3\lambda / (2l) = 4.8 \times 10^{-5} \text{ rad}$$

(2) 由上问可知 A 处膜厚为  $e_4 = 3 \times 500 / 2 \text{ nm} = 750 \text{ nm}$

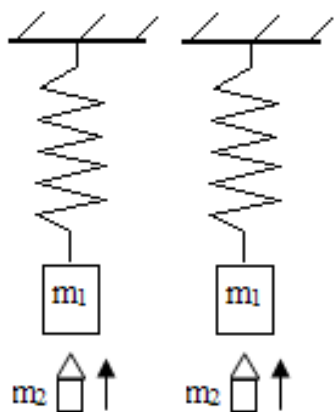
对于  $\lambda' = 600 \text{ nm}$  的光, 连同附加光程差, 在 A 处两反射光的光程差为

$$2e_4 + \frac{1}{2} \lambda', \text{ 它与波长 } \lambda' \text{ 之比为 } 2e_4 / \lambda' + \frac{1}{2} = 3.0. \text{ 所以 A 处是明纹}$$

(3) 棱边处仍是暗纹, A 处是第三条明纹, 所以共有三条明纹, 三条暗纹.

$$(4) = 1.44 \times 10^{-7} \text{ m}$$

本题得分	
------	--



七. (10 分) 如图所示，在劲度系数为  $k$  的弹簧下端挂有一质量为  $m_1$  的木块，现有质量为  $m_2$  的子弹以速度  $v$  从下方入射到木块并与木块一起振动，求此振动系统的(1)运动学方程; (2)振动的周期和振幅; (3)总的机械能（指子弹与木块发生非弹性碰撞之后）。

解：(1) 动力学方程：

(2) 子弹和木块发生非弹性碰撞过程中动量守恒

$(m_1+m_2)u=m_2v$ ，则碰撞后二者速度为  $u=m_2v/(m_1+m_2)$

由动力学方程可以知道

(3) 取受力平衡点(平衡位置)为坐标原点，建立坐标系， $x$  轴向下为正。

以非弹性碰撞时为  $t=0$  时刻，则  $m_2g = -kx_0$ ，所以  $x_0 = -m_2g/k$

$$A = \sqrt{x_0^2 + \frac{u^2}{\omega^2}} = \sqrt{\left(-\frac{m_2g}{k}\right)^2 + \frac{(m_2v)^2}{(m_1+m_2)^2} \frac{m_1+m_2}{k}} = \sqrt{\left(\frac{m_2g}{k}\right)^2 + \frac{(m_2v)^2}{(m_1+m_2)k}}$$

$$\text{总机械能 } E = \frac{1}{2}kA^2 = \frac{1}{2}k\left[\left(\frac{m_2g}{k}\right)^2 + \frac{(m_2v)^2}{(m_1+m_2)k}\right] = \frac{1}{2}\left[\frac{(m_2g)^2}{k} + \frac{(m_2v)^2}{(m_1+m_2)}\right]$$

本题得分	
------	--

八. (10 分) 波长  $\lambda = 6000\text{\AA}$  的单色光垂直入射到一光栅上，测得第二级主极大的衍射角为  $30^\circ$ ，且第三级是缺级。

(1) 光栅常数  $d$  等于多少？

(2) 透光缝可能的最小宽度  $a$  等于多少？

(3) 在选定了上述  $d$  和  $a$  之后，求在衍射角  $-\pi/2 < \theta < \pi/2$  范围内可能观察到的全部主极大的级次。

(4) 如果入射光斜向上  $30^\circ$  度入射，中央明纹将移到什么位置，透镜焦距为  $0.5\text{m}$ 。

解：(1) 由第二级主极大衍射角为  $30^\circ$  度，且衍射明纹公式为

可以知

(2) 第三级缺级，因此存在一级衍射暗纹、二级衍射暗纹和三级干涉明纹重合的可能，当一级衍射暗纹和三级干涉明纹重叠的时候可得最小宽度，因此由缺级公式，可以知道  $a=d/k'=0.8\times 10^{-6}\text{m}$

(3) 由题意可以  $k=d/\lambda=4$

则可以看到的主极大包括 2, 1, 0, -1, -2

(4) 当出射光线也斜向上 30 度的时候光程才相等，因此在偏离中心位置

$0.5\lambda\sin 30^\circ=0.25\lambda$  处

本题得分	
------	--

九. (10 分) (1) 在单缝夫琅和费衍射实验中，垂直入射的光有两种波长， $\lambda_1 = 4000\text{\AA}$ ， $\lambda_2 = 7600\text{\AA}$ 。已知单缝宽度  $a=1.0\times 10^{-2}\text{cm}$ ，透镜焦距  $f = 50\text{ cm}$ 。求两种光第一级衍射明纹中心之间的距离。

(2) 若用光栅常数  $d = 1.0\times 10^{-3}\text{ cm}$  的光栅替换单缝，其他条件和上一问相同，求两种光第一级主极大之间的距离。

解：(1) 衍射明纹公式：， $k=1, 2, 3\cdots$

则当为一级明纹时，两种波长的明纹间距

(2) 如果使用光栅，则

本题得分	
------	--

十. (10 分) 公路检查站上警察用雷达测速仪测来往汽车的速度，所用雷达波频率为  $5.010^{10}\text{Hz}$ 。发出的雷达波被一开来的汽车反射回来（汽车运行方向和测试雷达与汽车连线夹角为 30 度），与入射波形成了频率为  $1.110^4\text{Hz}$  的拍频。此汽车是否超过了限定车速  $100\text{km/h}$ 。

解：首先，雷达测速仪是波源，汽车为接受者，属于接受者向波源运动，接受频率增加

则有：

第二次汽车作为波源，则

另一个过程都是频率增加的过程



并且

带入进行计算可以得到：

汽车实际速度为  $33/\cos 30 = 38.1 \text{ m/s}$

限定速度  $100 \text{ km/h}$  为  $27.8 \text{ m/s}$ ，所以是超速的