

2018 年「大学物理 2」杭州电子科技大学 期中试题

考试时间：2018 年 11 月 11 日

任课教师：大学物理教学团队

课程编号：A0715012

解析制作：未央物理讲师 Axia



HDU 物理营



未央学社公众号

1. 选择题（每题 3 分，共 27 分）

题目 1

简谐振动 【 C 】

一沿 x 轴做简谐振动的弹簧振子，振幅为 A ，周期为 T ，振动方程用余弦函数表示，如果该振子的初相为 $\frac{3}{4}\pi$ ，则 $t = 0$ 时刻，质点的位置在

A. 过 $x = +\frac{\sqrt{2}}{2}A$ 处，向负方向运动

B. 过 $x = -\frac{\sqrt{2}}{2}A$ 处，向正方向运动

C. 过 $x = -\frac{\sqrt{2}}{2}A$ 处，向负方向运动

D. 过 $x = +\frac{\sqrt{2}}{2}A$ 处，向正方向运动

题目 2

简谐振动 【 B 】

一质点沿 x 轴做简谐振动，振动方程为 $x = 0.08 \cos\left(\pi t + \frac{1}{3}\pi\right)$ (SI). 从 $t = 0$ 时刻起，到质点位置在 $x = -0.04\text{m}$ 处，且向 x 轴正方向运动的最短时间间隔为

A. $\frac{1}{2}\text{s}$

B. 1s

C. 2s

D. 3s

分析与解 此时质点的相位为 $\varphi = \frac{4}{3}\pi$ ，则相位变化 $\Delta\varphi = \pi$ ，时间间隔 $\Delta t = \frac{\Delta\varphi}{\omega} = 1\text{s}$. 故本题选择 B 项.

题目 3

驻波 【 D 】

沿着相反方向传播的两列相干波，其表达式为

$$y_1 = A \cos 2\pi\left(\nu t - \frac{x}{\lambda}\right), y_2 = A \cos 2\pi\left(\nu t + \frac{x}{\lambda}\right)$$

叠加后形成的驻波中，波腹的位置坐标为（其中 $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ ）

A. $x = \pm k\lambda$

B. $x = \pm(2k + 1)\lambda/4$

C. $x = \pm(2k + 1)\lambda/2$

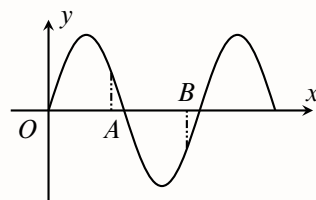
D. $x = \pm k\lambda/2$

分析与解 形成的驻波表达式为， $y = y_1 + y_2 = 2A \cos(2\pi\nu t) \cos(2\pi x/\lambda)$ ，故波腹位置坐标为 $x = \pm k\lambda/2$.

题目 4

波的能量 【 B 】

图示为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



- 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. 各点能量密度都不随时间变化

分析与解

- A 点的振动动能在增大, 所以 A 点在靠近平衡位置, 波沿 x 轴负方向传播, B 项正确
- 波沿 x 轴负方向传播, 由图可知 B 点在靠近平衡位置, 其振动动能在增大, C 项错误
- 根据机械波的特性: 动能和势能同时增大或减小, 能量密度随时间变化, A、D 项错误

题目 5

驻波 【 B 】

在驻波中, 两个相邻波节间各质点的振动

- A. 振幅相同, 相位相同 B. 振幅不同, 相位相同 C. 振幅相同, 相位不同 D. 振幅不同, 相位不同

分析与解 根据驻波波形的特点「波形并不向前推进, 而是在介质中来回振荡」. 故本题选择 B 项.

题目 6

多普勒效应 【 A 】

一机车汽笛频率为 550Hz, 机车以 30m/s 的速度驶近静止的观察者, 观察者听到声音的频率是 (空气中声速 330m/s)

- A. 605Hz B. 600Hz C. 504Hz D. 500Hz

分析与解

已知多普勒效应观察者 (Observer) 和发射源 (Source) 的频率关系为

$$\nu = \frac{u \pm v_o}{u \mp v_s} \nu_0$$

v_o 为观察者速度, 接近为 +, 远离为 -; v_s 为发射源速度, 接近为 -, 远离为 +. 观察者静止, 其所听频率为

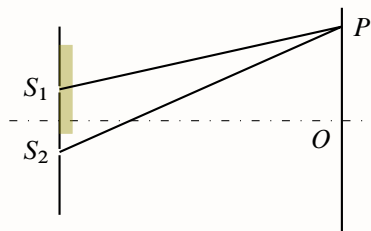
$$\nu = \frac{330}{330 - 30} \times 550\text{Hz} \approx 605\text{Hz}$$

故本题选择 C 项.

题目 7

双缝干涉 【 A 】

如图所示, 用波长 $\lambda = 600\text{nm}$ 的单色光做杨氏双缝实验, 在光 P 处产生第 5 级明纹极大, 现将折射率 $n = 1.5$ 的薄透明玻璃片盖在其中一条缝上, 此时 P 处变成第一级明纹极大的位置, 则此玻璃片厚度为



- A. $4.8 \times 10^{-4}\text{cm}$ B. $6.0 \times 10^{-4}\text{cm}$ C. $7.2 \times 10^{-4}\text{cm}$ D. $8.4 \times 10^{-4}\text{cm}$

分析与解 遮住后光程差变化 $5\lambda - \lambda = 2400\text{nm} = (n - 1)e$, 得玻璃片厚度 $e = 4.8 \times 10^{-4}\text{cm}$. 故本题选择 A 项.

题目 8

劈尖干涉 【 D 】

两块平玻璃构成空气劈尖, 左边为棱边, 用单色平行光垂直入射, 若上面的平玻璃慢慢地向上平移, 则干涉条纹

- A. 向棱边方向平移, 条纹间隔变小
B. 向远离棱的方向平移, 条纹间隔不变
C. 向远离棱的方向平移, 条纹间隔变大
D. 向棱边方向平移, 条纹间隔不变

分析与解 平移过程中空气劈形膜的顶角不变, 所以条纹间隔不变; 平移过程中每处的光程差增大, 所以对应的条纹级数增大, 表现为向棱边方向平移. 故本题选择 D 项.

题目 9

弗琅禾费衍射 【 C 】

在单缝夫琅和费衍射实验中, 波长为 λ 的单色光垂直入射在宽度为 $a = 6\lambda$ 的单缝上, 对应于衍射角为 30° 的方向, 单缝处波阵面可分成的半波带数目为

- A. 2 个
B. 4 个
C. 6 个
D. 8 个

分析与解 由衍射公式 $a \sin \theta = k\lambda$ 得 $k = 3$, 可分成的半波带数目为 $2k = 6$. 故本题选择 C 项.

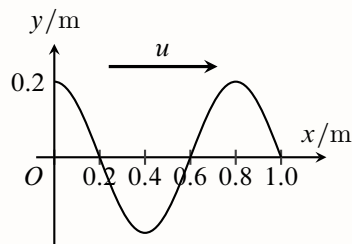
2. 填空题 (共 25 分)

题目 10 (本题 4 分)

平面简谐波的物理量

一平面简谐波沿 x 轴正方向传播, 波速 $u = 120\text{m/s}$, $t = 0$ 时刻的波形曲线如图所示, 则简谐波的波长 0.8m, 频率 150Hz.

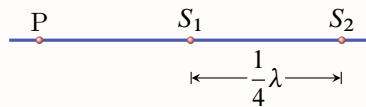
分析与解 由图易知波长 $\lambda = 0.8\text{m}$; 简谐波的频率 $f = \frac{u}{\lambda} = 150\text{Hz}$.



题目 11 (本题 3 分)

光程和光程差

如图所示, 两相干波源 S_1 和 S_2 相距 $\frac{\lambda}{4}$, S_1 的相位比 S_2 的相位超前 $\frac{\pi}{3}$. 在 S_1S_2 的连线上两者外侧 P 点两波引起的简谐振动的相位差是 $\frac{5\pi}{6}$.



分析与解 因传播过程而造成的相位差为 $\frac{2\pi\delta}{\lambda} = \frac{2\pi \cdot \lambda/4}{\lambda} = \frac{\pi}{2}$, 又因为 S_1 的相位比 S_2 的相位超前 $\frac{\pi}{3}$, 所以 P 点处两波引起的相位差为 $\frac{5\pi}{6}$.

题目 12 (本题 3 分)

简谐振动

用 40N 的力拉一轻弹簧, 可使其伸长 20cm . 此弹簧下应挂 0.5kg 的物体, 才能使其做简谐振动的周期为 $T = 0.1\pi$.

分析与解 弹簧劲度系数 $k = 40\text{N}/0.2\text{m} = 200\text{N/m}$; 由振子振动周期 $T = 2\pi\sqrt{m/k}$ 得 $m = kT^2/4\pi^2 = 0.5\text{kg}$.

题目 13 (本题 3 分)

光的相干条件

在双缝干涉实验中, 用白光照射时, 明纹会出现彩色条纹, 明纹外侧呈红颜色; 如果用纯绿色滤光片和纯蓝色滤光片分别盖住两缝, 则不能产生干涉条纹(填能或不能)。

分析与解 波长越大, 明纹张角越大, 所以外侧呈红色; 根据干涉条件「频率相等」, 此时不能产生干涉条纹。

题目 14 (本题 3 分)

相干光的叠加后的光强分布

光强均为 I_0 的两束相干光发生干涉时, 在相遇区域内可能出现的最大光强是 $4I_0$, 可能出现的最小光强是 0 。

分析与解 两种情况分别对应「干涉相长」与「干涉相消」, 即 $I = I_1 + I_2 \pm 2\sqrt{I_1 I_2}$, 对应光强分别为 $4I_0$ 与 0 。

题目 15 (本题 3 分)

增透膜

在照相机镜头的玻璃片上均匀镀有一层折射率为 n 的介质薄膜 (n 大于玻璃的折射率), 以增强某一波长 λ 的透射光能量. 假设光线垂直入射, 则介质膜的最小厚度应为 $\frac{\lambda}{2n}$ 。

分析与解

- 当光从光密介质射向光疏介质时, 反射光没有半波损失. 所以两个表面反射光光程差为 $\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$ 。
- 使反射光干涉相消, 即 $2ne + \frac{\lambda}{2} = \frac{2k+1}{2}\lambda$. 解得 $k=1$ 时, $e_{\min} = \frac{\lambda}{2n}$ 。

题目 16 (本题 3 分)

牛顿环

波长 $\lambda = 600\text{nm}$ 的单色光垂直照射到牛顿环的装置上, 第三级明纹与第七级明纹所对应的空气膜厚度之差为 1200nm 。

分析与解

由明环半径公式 $r_k = \sqrt{\frac{2k-1}{2}}\lambda R$ 得第三级明纹与第七级明纹所对应的空气膜厚度之差为

$$\Delta d = \sqrt{R^2 - r_3^2} - \sqrt{R^2 - r_7^2} \stackrel{\lambda \ll R}{\sim} \frac{\sqrt{1 - \frac{\lambda}{R}} - \sqrt{1 - \frac{13\lambda}{4R}}}{\lambda \ll R} R \left(1 - \frac{5\lambda}{4R}\right) - R \left(1 - \frac{13\lambda}{4R}\right) = 2\lambda = 600\text{nm}$$

题目 17 (本题 3 分)

弗琅禾费衍射

测量未知单缝宽度 a 的一种方法是: 用已知波长 λ 的平行光垂直入射在单缝上, 在距单缝的距离为 f 处测出衍射花样的中央亮纹宽度为 L (实验上保证 $f \approx 10^3 a$), 则由单缝衍射的原理可标出 a 与 λ, f, L 的关系为 $a = \frac{2\lambda f}{L}$ 。

分析与解 由衍射公式 $a \sin \theta = \lambda$ 得中央明纹张角 $2\theta \approx \frac{2\lambda}{a}$, 所以中央明纹宽度 $L = \frac{2\lambda f}{a}$, 即 $a = \frac{2\lambda f}{L}$ 。

3. 计算题 (共 48 分)

题目 18 (本题 10 分)

简谐振动

一质点按如下规律沿 x 轴做简谐振动

$$x = 0.2 \cos\left(4\pi t + \frac{1}{3}\pi\right) \text{ (SI)}$$

求此振动的周期、振幅、初相、速度最大值和加速度最大值.

分析与解

- 周期: $T = 2\pi/\omega = 0.5\text{s}$ (2pt)
- 速度最大值: $v_{\max} = \omega A = 0.8\pi\text{m/s}$ (2pt)
- 振幅: $A = 0.2\text{m}$ (2pt)
- 加速度最大值: $a_{\max} = \omega^2 A = 3.2\pi^2\text{m/s}^2$ (2pt)
- 初相: $\varphi_0 = \frac{1}{3}\pi$ (2pt)

题目 19 (本题 8 分)

简谐振动, 平面简谐波的波函数

某质点做简谐振动, 周期为 3s, 振幅为 0.5m, $t = 0$ 时刻, 质点恰好处在平衡位置并向正方向运动, 求

1. 该质点的振动方程.
2. 此振动以速度 $u = 5\text{m/s}$ 沿 x 轴正方向传播时, 形成的一维简谐波的波动方程 (以平衡位置为坐标原点).
3. 该波的波长.

分析与解

1. 由题意得, 质点的角频率 $\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{3}\text{s}^{-1}$, 质点的初相 $\varphi = -\frac{\pi}{2}$. 故质点的振动方程为 (1pt)

$$y_0 = 0.5 \cos\left(\frac{2\pi}{3}t - \frac{\pi}{2}\right) \quad (2\text{pt})$$

2. 波动表达式

$$y = A \cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{u}\right) + \varphi\right] = 0.5 \cos\left[\frac{2\pi}{3}\left(t - \frac{x}{5}\right) - \frac{\pi}{2}\right] \quad (3\text{pt})$$

3. 波长 $\lambda = uT = 15\text{m}$ (2pt)

题目 20 (本题 10 分)

牛顿环

用波长 $\lambda = 780\text{nm}$ 的单色光做牛顿环实验, 测得第 k 个暗环半径 $r_k = 4\text{mm}$, 第 $k + 6$ 个暗环半径 $r_{k+6} = 7\text{mm}$, 求平凸透镜的凸面的曲率半径 R .

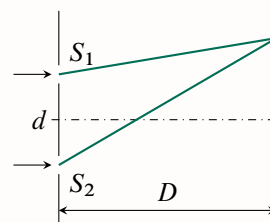
- 分析与解 根据暗环半径公式 $r_k = \sqrt{k\lambda R}$, $r_{k+6} = \sqrt{(k+6)\lambda R}$ 得 $R = (r_{k+6}^2 - r_k^2)/6\lambda = 7.05\text{m}$.

题目 21 (本题 10 分)

双缝干涉

双缝干涉实验装置如图所示, 双缝与屏之间的距离 $D = 150\text{cm}$, 两缝之间的距离 $d = 0.50\text{mm}$, 用波长 $\lambda = 600\text{nm}$ 的单色光垂直照射双缝.

1. 求原点 O (零级明条纹所在处) 上方第 3 级明条纹的坐标
2. 如果用厚度 $e = 0.02\text{mm}$, 折射率 $n = 1.67$ 的透明薄膜覆盖在图中的 S_1 缝后面, 求上述第 3 级明条纹的坐标 x' .



☑ 分析与解

1. $x_3 = \frac{3\lambda D}{d} = 5.4\text{mm}.$ (4pt)

2. 根据明纹条件, 此时的光程差为

$$\delta = r_2 - r_1 - (n-1)e = \frac{x'_3 d}{D} - (n-1)e = k\lambda \quad (4\text{pt})$$

得 $x'_3 = [k\lambda + (n-1)e] \frac{D}{d} = 45.6\text{mm}.$ (2pt)

🔪 题目 22 (本题 10 分)

🔪 弗琅禾费衍射

波长为 760nm 的平行光垂直地入射于一宽为 0.5mm 的狭缝, 若在缝的后面有一焦距为 2m 的薄透镜, 使光线会聚于一屏幕上, 试求

1. 中央明纹宽度
2. 第一级明纹的位置, 两侧第二级暗纹之间的距离 ($1\text{nm} = 10^{-9}\text{m}$).

☑ 分析与解

1. 中央明条纹宽度 $\Delta x_0 = \frac{2\lambda f}{a} = 6.08\text{mm}.$ (3pt)

2. 第一级明纹位置 $a \sin \varphi_1 = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2} = \pm\frac{3}{2}\lambda, x_1 = f \sin \varphi_1 = \frac{3\lambda f}{2a} = \pm 4.56\text{mm}.$ (3pt)

第二级暗纹位置 $a \sin \varphi_2 = \pm k\lambda = \pm 2\lambda, \Delta x_2 = |2 \cdot f \sin \varphi_2| = \frac{4\lambda f}{a} = 12.16\text{mm}.$ (3pt)

WeYoung