

# 2020 年「大学物理 2」杭州电子科技大学 期中试题

考试时间：2020 年 11 月 21 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

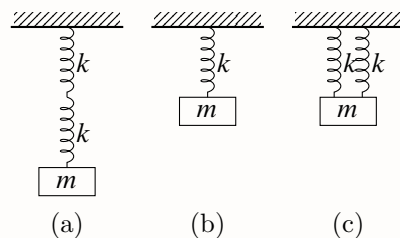
## 1. 选择题（每题 3 分，共 27 分）

### 题目 1

### 弹簧振子 【 B 】

图 (a)、(b)、(c) 为三个不同的简谐振动系统，组成各系统的各弹簧的原长、各弹簧的劲度系数及重物质量均相同。三个系统的固有角频率平方之比为

- A.  $2:1:\frac{1}{2}$       B.  $1:2:4$       C.  $2:2:1$       D.  $1:1:2$



✓ 分析与解 三种情况的弹簧劲度系数分别为  $k_1 = \frac{k}{2}$ ,  $k_2 = k$ ,  $k_3 = 2k$ . 由弹簧振子固有角频率的表达式  $\omega^2 = \frac{k}{m}$  得  $\omega_1^2 : \omega_2^2 : \omega_3^2 = k_1 : k_2 : k_3 = 1:2:4$ . 故本题选择 B 项.

### 题目 2

### 弹簧振子 【 D 】

一弹簧振子作简谐振动，当位移为振幅的一半时，其动能为总能量的

- A.  $\frac{1}{4}$       B.  $\frac{1}{2}$       C.  $\frac{1}{\sqrt{2}}$       D.  $\frac{3}{4}$       E.  $\frac{\sqrt{3}}{2}$

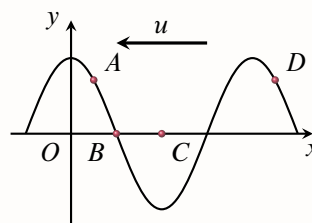
✓ 分析与解 此时物块动能为  $E_k = \frac{1}{2}kA^2 - \frac{1}{2}k\left(\frac{A}{2}\right)^2 = \frac{3}{8}kA^2$ ，所以此时物块动能是总能量的  $\frac{\frac{3}{8}kA^2}{\frac{1}{2}kA^2} = \frac{3}{4}$ .

### 题目 3

### 平面简谐波 【 D 】

横波以波速  $u$  沿  $x$  轴负方向传播， $t$  时刻波形曲线如图。则该时刻

- A. A 点的振动速度大于零      B. B 点静止不动  
C. C 点向下运动      D. D 点的振动速度小于零



✓ 分析与解 画出横波传播很短时间后的波形，根据各点上下位置变化趋势即可判断.

#### 题目 4

波的能量 【 C 】

一平面简谐波在弹性媒介中传播, 在媒质质元从最大位移处回到平衡位置的过程中

- A. 它的势能转换成动能
- B. 它的动能转换成势能
- C. 它从相邻一段质元获得能量, 其能量逐渐增加
- D. 它把能量传给相邻一段质元, 其能量逐渐减小

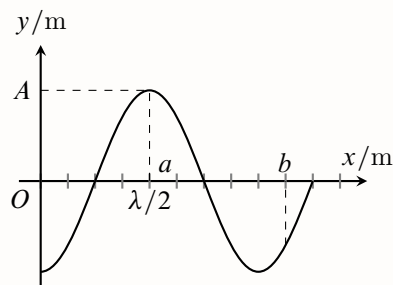
分析与解 波在传播过程中介质质元振动的动能和势能同时变化, 在从最大位移处运动到平衡位置的过程中动能变大, 所以势能也变大, 其能量逐渐增加. 故本题选择 C 项.

#### 题目 5

驻波 【 C 】

某时刻驻波波形曲线如图所示, 则  $a$ 、 $b$  两点振动的相位差是

- A. 0
- B.  $\frac{1}{2}\pi$
- C.  $\pi$
- D.  $\frac{5}{4}\pi$



分析与解  $a$ 、 $b$  两点位于波节的两侧, 所以两点处质元的振动相位相反, 相位差为  $\pi$ . 故本题选择 C 项.

#### 题目 6

光程和光程差 【 B 】

$S_1$ ,  $S_2$  是两个相干光源, 它们到  $P$  点的距离分别为  $r_1$  和  $r_2$ . 路径  $S_1P$  垂直穿过一块厚度为  $t_1$ , 折射率为  $n_1$  的介质板, 路径  $S_2P$  垂直穿过厚度为  $t_2$ , 折射率为  $n_2$  的另一介质板, 其余部分可看作真空, 这两条路径的光程差等于

- A.  $(r_2 + n_2 t_2) - (r_1 + n_1 t_1)$
- B.  $[r_2 + (n_2 - 1)t_2] - [r_1 + (n_1 - 1)t_1]$
- C.  $(r_2 - n_2 t_2) - (r_1 - n_1 t_1)$
- D.  $n_2 t_2 - n_1 t_1$

分析与解 路径 2 的光程为  $r_2 - t_2 + n_2 t_2 = r_2 + (n_2 - 1)t_2$ , 同理路径 1 的光程为  $= r_1 + (n_1 - 1)t_1$ . 所以两条路径的光程差为  $[r_2 + (n_2 - 1)t_2] - [r_1 + (n_1 - 1)t_1]$ . 故本题选择 B 项.

#### 题目 7

双缝干涉 【 B 】

在双缝干涉实验中, 为使屏上的干涉条纹间距变大, 可采取的办法是

- A. 使屏靠近双缝
- B. 使两缝的间距变小
- C. 把两缝的宽度调窄
- D. 改用短波长单色光

分析与解 已知双缝干涉条纹间距公式  $\Delta x = \lambda L / d$ . 要使  $\Delta x$  变大, 可增大波长  $\lambda$ 、屏幕与双缝的距离  $L$  或减小双缝间距  $d$ . 故本题选择 B 项.

#### 题目 8

光的相干条件 【 D 】

用白光光源进行双缝干涉实验, 若用一个纯红色滤光片遮盖一条缝, 用一个纯蓝色滤光片遮盖另一条缝, 则

- A. 干涉条纹的宽度将发生改变
- B. 产生红光和蓝光的两套彩色干涉条纹
- C. 干涉条纹的亮度将发生改变
- D. 不产生干涉条纹

分析与解 根据干涉条件「频率相等」, 此时不能产生干涉条纹. 故本题选择 D 项.

### 题目 9

◆ 牛顿环 【 B 】

用单色光垂直照射在观察牛顿环的装置上, 当平凸透镜垂直向上缓慢平移而远离平面玻璃时, 可以观察到这些环状干涉条纹

- A. 向右平移      B. 向中心收缩      C. 向外扩张      D. 静止不动      E. 向左平移

✓ 分析与解 向中心收缩光程差减小, 可抵消透镜上移时导致的光程差增大, 故本题选择 B 项.

## 2. 填空题 (共 19 分)

### 题目 10 (本题 2 分)

◆ 简谐振动的合成

两个同方向简谐振动的振动方程分别为  $x_1 = 0.05 \cos(4\pi t + \pi/3)$  (SI),  $x_2 = 0.03 \cos(4\pi t - 2\pi/3)$  (SI), 合成振动的振幅为 0.02 m.

✓ 分析与解  $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)} = 0.02\text{m}.$

### 题目 11 (本题 4 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  $I = I_1 + I_2 \pm 2\sqrt{I_1I_2}$ , 对应光强分别为  $4I_0$  与 0.

### 题目 12 (本题 4 分)

◆ 惠更斯原理

惠更斯引进 子波 (或次波) 的概念提出了惠更斯原理, 菲涅尔再用 子波相干叠加 (或子波干涉) 的思想补充了惠更斯原理发展成了惠更斯 - 菲涅耳原理.

### 题目 13 (本题 2 分)

◆ 增透膜

波长为  $\lambda$  的单色光垂直入射厚度为  $e$ 、折射率  $n_2 = 1.30$  的透明薄膜, 膜上方、下方介质的折射率分别为  $n_1 = 1.00$ ,  $n_3 = 1.50$ . 则两束反射光的光程差  $\delta = \underline{2.60e}$ .

✓ 分析与解 由于  $n_3 > n_2 > n_1$ , 所以上表面与下表面的反射光均有半波损失, 二者光程差为  $\delta = 2n_2e = 2.60e$ .

### 题目 14 (本题 4 分)

◆ 弗琅禾费衍射

在单缝的夫琅禾费衍射实验中, 屏上第三级暗纹对应于单缝处波面可划分为 6 个半波带, 若将缝宽缩小一半, 原来第三级暗纹处将是 明 纹 (填“明”或“暗”).

✓ 分析与解 半波带数目为  $2k = 6$ .

### 题目 15 (本题 3 分)

◆ 迈克尔逊干涉仪

在迈克尔逊干涉仪的一条光路中, 放入一折射率为  $n$ , 厚度为  $d$  的透明薄片, 这条光路的光程改变了  $2(n-1)d$ .

✓ 分析与解 迈克尔逊干涉仪光路上的某点光碰到反射镜后会再次经过此处, 故原来的光程为  $2d$ ; 现在加入了透明薄片, 使得这里的光程为  $2nd$ , 故光程差为  $2(n-1)d$ . 故本题选择 A 项.

### 3. 计算题 (共 54 分)

#### 题目 16 (本题 12 分)

简谐振动

一物体作简谐振动, 其速度最大值  $v_{\max} = 3 \times 10^{-2} \text{m/s}$ , 其振幅  $A = 2 \times 10^{-2} \text{m}$ . 若  $t = 0$  时, 物体位于平衡位置且向  $x$  轴的负方向运动. 求

1. 振动周期  $T$ .
2. 加速度的最大值  $a_{\max}$ .
3. 振动方程的数值式.

#### 分析与解

$$1. T = \frac{2\pi}{\omega} \frac{v_{\max}=\omega A}{v} \frac{2\pi A}{v} = \frac{4}{3}\pi \text{s}. \dots\dots (4\text{pt})$$

$$2. a_{\max} = \omega^2 A \frac{v_{\max}=\omega A}{v} v^2/A = 4.5 \times 10^{-2} \text{m/s}^2. \dots\dots (4\text{pt})$$

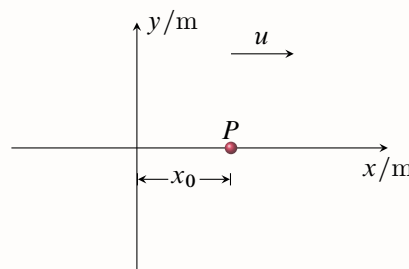
$$3. \text{由于 } t = 0 \text{ 时 } x = 0, v < 0, \text{ 所以初相 } \varphi = \frac{\pi}{2}. \text{ 由 1 问可知角频率 } \omega = 1.5 \text{s}^{-1}, \text{ 所以振动方程为 } \dots\dots (2\text{pt})$$

$$x = 0.02 \cos\left(1.5t + \frac{1}{2}\pi\right) (\text{SI}) \quad (2\text{pt})$$

#### 题目 17 (本题 6 分)

平面简谐波的波函数

如图所示, 一简谐波向  $x$  轴正向传播, 波速  $u = 500 \text{m/s}$ ,  $x_0 = 1 \text{m}$  处  $P$  点的振动方程为  $y = 0.03 \cos\left(500\pi t - \frac{\pi}{2}\right) (\text{SI})$ . 按图所示坐标系, 写出相应的波的表达式.



$$\checkmark \text{ 分析与解 } y(x, t) = 0.03 \cos\left[500\pi\left(t - \frac{x - 1}{500}\right) - \frac{1}{2}\pi\right] (\text{SI}). \dots\dots (6\text{pt})$$

#### 题目 18 (本题 12 分)

驻波

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

1. 反射波的表达式
2. 驻波的表达式
3. 波腹、波节的位置

#### 分析与解

1. 到达反射端后波的传播方向改变, 同时因半波损失带有  $\pi$  的相位差. 所以反射波的表达式为  $\dots\dots (1\text{pt})$

$$y_2 = A \cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) + \pi\right] \quad (2\text{pt})$$

$$2. \text{驻波表达式 } y = y_1 + y_2 = 2A \cos\left(\frac{2\pi t}{T} + \frac{\pi}{2}\right) \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{\pi}{2}\right). \dots\dots (3\text{pt})$$

$$3. \text{波腹的位置 } \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{\pi}{2}\right) = \pm 1, x = \frac{2k+1}{4}\lambda, k = 0, 1, 2, \dots\dots (3\text{pt})$$

$$\text{波节的位置 } \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{\pi}{2}\right) = 0, x = \frac{k}{2}\lambda, k = 0, 1, 2, \dots\dots (3\text{pt})$$

### 题目 19 (本题 6 分)

### 双缝干涉

在双缝干涉实验中, 双缝与屏间的距离  $D = 1.2\text{m}$ , 双缝间距  $d = 0.45\text{mm}$ , 若测得屏上干涉条纹相邻明条纹间距为  $1.5\text{mm}$ , 求光源发出的单色光的波长  $\lambda$ .

分析与解 由  $\Delta x = \lambda D/d$  得单色光波长  $\lambda = \Delta x d/D = 562.5\text{nm}$ . (6pt)

### 题目 20 (本题 12 分)

### 劈尖干涉

用波长  $500\text{nm}$  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纹中心.

1. 求此空气劈形膜的劈尖角  $\theta$ .
2. 改用  $600\text{nm}$  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  $A$  处的范围共有几条明纹, 几条暗纹?

分析与解

1. 考虑半波反射, 两束光的光程差为  $\delta = 2h_k + \frac{\lambda}{2}$ , 由暗纹条件 (1pt)

$$2h_4 + \frac{\lambda}{2} = \frac{2k-1}{2}\lambda = \frac{2 \times 4 - 1}{2}\lambda \quad (2\text{pt})$$

利用小角度近似得劈尖角  $\theta \approx \frac{h_4}{l} = 4.81 \times 10^{-5}\text{rad}$ ,  $h_4 = 750\text{nm}$ . (2pt)

2. 此时光程差  $\delta = 2h_4 + \frac{\lambda'}{2} = 1800\text{nm} = 3\lambda'$ , 满足明纹条件  $\delta = k\lambda$ . 所以  $A$  处是第 3 条明纹. (4pt)

3. 由棱边处的光程差  $\delta = \frac{\lambda}{2}$  可知棱边处为暗纹. 所以共有 3 条明纹, 3 条暗纹. (3pt)

### 题目 21 (本题 6 分)

### 弗琅禾费衍射

单缝的宽度  $a = 0.10\text{mm}$ , 在缝后放一焦距为  $50\text{cm}$  的会聚透镜, 用平行绿光 ( $\lambda = 546\text{nm}$ ) 垂直照射到单缝上, 试求位于透镜焦平面处的屏幕上中央明条纹宽度.

分析与解  $\Delta x = 2\lambda f/a = 5.46\text{mm}$ . (6pt)