

# 2019 年「大学物理 2」杭州电子科技大学 期中试题

考试时间：2020 年 2 月 20 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 【 A 】

一质量为  $m$  的滑块，两边分别与劲度系数为  $k_1$  和  $k_2$  的轻弹簧联接，两弹簧的另外两端分别固定在墙上。滑块  $m$  可在光滑的水平面上滑动， $O$  点为系统平衡位置。将滑块  $m$  向右移动到  $x_0$ ，自静止释放，并从释放时开始计时。取水平向右为正方向，则其振动方程为

A.  $x_0 \cos \sqrt{\frac{k_1 + k_2}{m}} t$     B.  $x_0 \cos \sqrt{\frac{k_1 k_2}{m(k_1 + k_2)}} t$     C.  $x_0 \cos \sqrt{\frac{k_1 + k_2}{m}} t + \pi$     D.  $x_0 \cos \left[ \sqrt{\frac{k_1 k_2}{m(k_1 + k_2)}} t + \pi \right]$

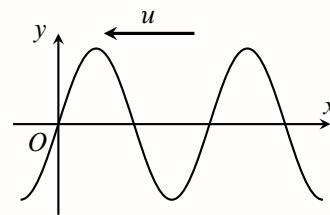
分析与解 两弹簧均连接在物块上且对物块的回复力方向相同，所以二者并联，系统角频率  $\omega^2 = \frac{k_1 + k_2}{m}$ 。初始时刻  $x = x_0$ ， $v < 0$ ，所以初相  $\varphi = 0$ ，物块的运动方程为  $x = x_0 \cos \left( \sqrt{\frac{k_1 + k_2}{m}} t \right)$ 。故本题选择 A 项。

### 题目 2

平面简谐波 【 D 】

图为沿  $x$  轴负方向传播的平面简谐波在  $t = 0$  时刻的波形。若波的表达式以余弦函数表示，则  $O$  点处质点振动的初相为

A. 0    B.  $\frac{1}{2}\pi$     C.  $\pi$     D.  $\frac{3}{2}\pi$



分析与解 此时  $O$  点的振动速度大于零，所以  $\varphi = -\frac{1}{2}\pi = \frac{3}{2}\pi$ 。故本题选择 D 项。

### 题目 3

驻波 【 B 】

在波长为  $\lambda$  的驻波中，两个相邻波腹之间的距离为

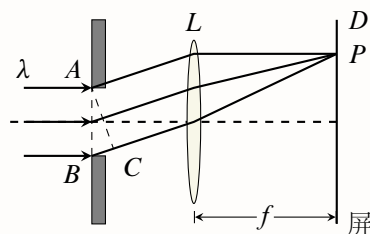
A.  $\frac{\lambda}{4}$     B.  $\frac{\lambda}{2}$     C.  $\frac{3\lambda}{4}$     D.  $\lambda$

#### 题目 4

#### ◆ 弗琅禾费衍射 【 B 】

一束波长为  $\lambda$  的平行单色光垂直入射到一单缝  $AB$  上, 装置如图. 在屏幕  $D$  上形成衍射图样, 如果  $P$  是一级暗纹所在的位置, 则  $\overline{BC}$  的长度为

- A.  $\frac{\lambda}{2}$       B.  $\lambda$       C.  $\frac{3\lambda}{2}$       D.  $2\lambda$



✓ 分析与解 由暗纹条件  $\overline{BC} = \delta = 1 \cdot \lambda$ . 故本题选择 B 项.

#### 题目 5

#### ◆ 光的偏振 【 C 】

使一光强为  $I_0$  的平面偏振光先后通过两个偏振片  $P_1$  和  $P_2$ .  $P_1$  和  $P_2$  的偏振化方向与原入射光光矢量振动方向的夹角分别是  $\alpha$  和  $90^\circ$ , 则通过这两个偏振片后的光强  $I$  是

- A.  $\frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha$       B. 0      C.  $\frac{1}{4} I_0 \sin^2 (2\alpha)$       D.  $\frac{1}{4} I_0 \sin^2 \alpha$

✓ 分析与解 由 Malus 定律得  $I = I_0 \cos^2 \alpha \cos^2 \left( \frac{\pi}{2} - \alpha \right) = \frac{1}{4} I_0 \sin^2 (2\alpha)$ . 故本题选择 C 项.

#### 题目 6

#### ◆ 相对论基本原理 【 D 】

有下列几种说法

- (1) 所有惯性系对物理基本规律都是等价的      (2) 在真空中光度与光的频率、光源的运动状态无关  
(3) 在任何惯性系中, 光在真空中沿任何方向的传播速率都相同

其中说法正确的是

- A. (1)(2)      B. (1)(3)      C. (2)(3)      D. (1)(2)(3)

✓ 分析与解 由相对性原理和光速不变原理可知三个说法都是正确的. 故本题选择 D 项.

#### 题目 7

#### ◆ 尺缩效应 【 C 】

一宇航员要到离地球为 5 光年的星球. 如果宇航员希望把路程缩短为 3 光年, 则他所乘的火箭相对于地球的速度应是

- A.  $\frac{1}{2} c$       B.  $\frac{3}{5} c$       C.  $\frac{4}{5} c$       D.  $\frac{9}{10} c$

✓ 分析与解 由尺缩效应  $3\text{ly} = 5\text{ly} \sqrt{1 - v^2/c^2}$  得  $v = 0.8c$ . 故本题选择 C 项.

#### 题目 8

#### ◆ 四个量子数 【 C 】

在原子的 L 壳层中, 电子可能具有的四个量子数  $(n, l, m_l, m_s)$  是

- i.  $(2, 0, 1, \frac{1}{2})$       ii.  $(2, 1, 0, -\frac{1}{2})$       iii.  $(2, 1, 1, \frac{1}{2})$       iv.  $(2, 1, -1, -\frac{1}{2})$

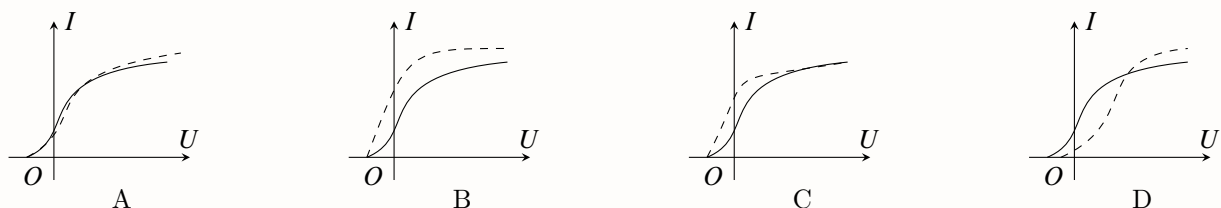
- A. 只有 i, ii 是正确的      B. 只有 ii, iii 是正确的      C. 只有 ii, iii, iv 是正确的      D. 全部是正确的

✓ 分析与解 四个量子数:  $n$  确定时,  $l = 0, \pm 1, \dots, \pm n - 1$ ;  $m_l = 0, \pm 1, \dots, \pm l$ ;  $m_s = \pm 1/2$ . 故本题选择 C 项.

## 题目 9

光电效应 【 B 】

以一定频率的单色光照射在某种金属上, 测出其光电流曲线在图中用实线表示, 然后保持光的频率不变, 增大照射光的强度, 测出其光电流曲线在图中用虚线表示. 满足题意的图是



## 2. 填空题 (共 21 分)

### 题目 10 (本题 3 分)

弹簧振子

一物块悬挂在弹簧下方做简谐振动, 当这物块的位移等于振幅的一半时, 其动能是总能量的  $\frac{3}{4}$  (设平衡位置处势能为零). 当这物块在平衡位置时, 弹簧的长度比原长长  $\Delta l$ , 这一振动系统的周期为  $2\pi\sqrt{\Delta l/g}$ .

分析与解 此时物块动能为  $E_k = \frac{1}{2}kA^2 - \frac{1}{2}k\left(\frac{A}{2}\right)^2 = \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{2}kA^2$ , 所以此时物块动能是总能量的  $\frac{\frac{3}{4} \cdot \frac{1}{2}kA^2}{\frac{1}{2}kA^2} = \frac{3}{4}$ ; 弹簧的劲度系数  $k = \frac{mg}{\Delta l}$ , 由弹簧振子周期表达式得系统的周期为  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 2\pi\sqrt{\frac{\Delta l}{g}}$ .

### 题目 11 (本题 3 分)

驻波

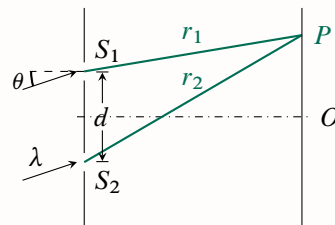
设入射波的表达式为  $y_1 = A \cos\left[2\pi\left(\nu t + \frac{x}{\lambda}\right) + \pi\right]$ , 波在  $x = 0$  处发生反射, 反射点为一固定端, 则入射波和反射波合成的驻波的波腹位置所在处的坐标为  $\frac{k\lambda}{2}, k = 0, 1, 2, \dots$ .

分析与解 反射波的表达式为  $y_2 = A \cos\left[2\pi\left(\nu t - \frac{x}{\lambda}\right)\right]$ , 由此得驻波表达式  $y_1 + y_2 = 2A \cos(2\pi\nu t) \cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)$ , 所以波腹的位置为  $\cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{\pi}{2}\right) = \pm 1, x = \frac{k\lambda}{2}, k = 0, 1, 2, \dots$ .

### 题目 12 (本题 3 分)

光程和光程差

如图所示, 两缝  $S_1$  和  $S_2$  之间的距离为  $d$ , 媒质的折射率为  $n = 1$ , 平行单色光斜入射到双缝上, 入射角为  $\theta$  则屏幕上  $P$  处, 两相干光的光程差为  $r_2 - r_1 - d \sin \theta$ .



### 题目 13 (本题 3 分)

起偏角

一束自然光入射到折射率分别为  $n_1$  和  $n_2$  的两种介质的交界面上, 发生反射和折射. 已知反射光是完全偏振光, 那么折射角  $r$  的值为  $\frac{\pi}{2} - \arctan \frac{n_2}{n_1}$ .

分析与解 起偏角为  $\arctan \frac{n_2}{n_1}$ , 由起偏条件  $i + r = 90^\circ$  得折射角  $r = \frac{\pi}{2} - \arctan \frac{n_2}{n_1}$ .

### 题目 14 (本题 3 分)

钟慢效应

$\pi^+$  介子是不稳定的粒子, 在它自己的参照系中测得平均寿命是  $2.6 \times 10^{-8}\text{s}$ , 如果它相对于实验室以  $0.8c$  的速率运动, 那么实验室坐标系中测得的  $\pi^+$  介子的寿命是  $4.33 \times 10^{-8}\text{s}$ .

分析与解 由钟慢效应公式  $t = \frac{t_0}{\sqrt{1-\beta^2}} = 4.33 \times 10^{-8}\text{s}$ .

### 题目 15 (本题 3 分)

相对论能量关系

设电子静止质量为  $m_e$ , 将一个电子从静止加速到速率为  $0.6c$ , 需做功  $\frac{1}{4}m_e c^2$ .

分析与解  $W = mc^2 - m_0 c^2 = \frac{m_e}{\sqrt{1-v^2/c^2}} - m_e c^2 = \frac{1}{4}m_e c^2$

### 题目 16 (本题 3 分)

壳层结构

多电子原子中, 电子的排列遵循 泡利不相容 原理和 能量最低 原理.

## 3. 计算题 (共 52 分)

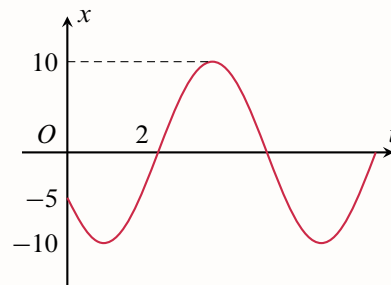
### 题目 17 (本题 6 分)

简谐振动

一简谐振动的振动曲线如图所示, 求振动方程.

分析与解

- $t = 0$  时,  $x = -5\text{cm}$ ,  $v < 0$ , 所以初相  $\varphi = 2\pi/3$ . (2pt)
- $t = 2$  时相位  $\varphi = -\frac{\pi}{2} = \omega \cdot 2 + \frac{2\pi}{3}$ , 得角频率  $\omega = \frac{5}{12}\pi$ . (2pt)
- 综上, 振动方程为  $y = 0.1 \cos\left(\frac{5}{12}\pi t + \frac{2\pi}{3}\right)$ . (2pt)

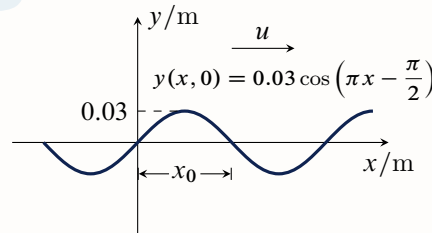


### 题目 18 (本题 6 分)

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  $y = 0.03 \cos\left(500\pi t - \frac{\pi}{2}\right)$  (SI).

1. 按图所示坐标系, 写出相应的波的表达式.
2. 在图上画出  $t = 0$  时刻的波形曲线.



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

### 题目 19 (本题 5 分)

劈尖干涉

用波长为  $\lambda = 500\text{nm}$  的单色光垂直照射折射率  $n = 1.33$  的劈尖膜观察反射光的等厚干涉. 从劈尖膜的棱算起, 第五条明纹中心对应的膜厚是多少.

分析与解 由明纹条件  $\delta = 2nh + \lambda/2 = k\lambda$  得  $k = 5$  时,  $h = 9\lambda/4n = 0.85\mu\text{m}$ .

### 题目 20 (本题 10 分)

### ◆ 弗琅禾费衍射

1. 在单缝夫琅禾费衍射实验中, 垂直入射的光有两种波长,  $\lambda_1 = 400\text{nm}$   $\lambda_2 = 760\text{nm}$ . 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.

### ✓ 分析与解

1. 由单缝衍射明纹公式  $a \sin \varphi = \frac{2k+1}{2} \lambda \approx \frac{xa}{f}$  得一级明纹间距  $\Delta x = x_2 - x_1 = \frac{3(\lambda_2 - \lambda_1)f}{2a} = 0.27\text{cm}$ . (5pt)
2. 由光栅主极大公式  $d \sin \varphi = k\lambda \approx \frac{x}{f}$  得两个主极大之间距离  $\Delta x = x_2 - x_1 = \frac{(\lambda_2 - \lambda_1)f}{d} = 1.8\text{cm} \dots \dots$  (5pt)

### 题目 21 (本题 8 分)

### ◆ 光的偏振

将两个偏振片叠放在一起, 此两偏振片的偏振化方向之间的夹角为, 一束光强为  $I_0$  的线偏振光垂直入射到偏振片上, 该光束的光矢量振动方向与二偏振片的偏振化方向皆成  $30^\circ$  角.

1. 求透过每个偏振片后的光束强度.
2. 若将原入射光束换为强度相同的自然光, 求透过每个偏振片后的光束强度.

### ✓ 分析与解

1. 线偏光透过偏振片 1 后与偏振片 2 夹角为  $60^\circ$ . 由 Malus 定律得  $I_1 = I_0 \cos^2 30^\circ \cos^2 60^\circ = \frac{3}{16} I_0 \dots \dots$  (4pt)
2. 自然光透过偏振片 1 后光强减半, 与偏振片 2 夹角为  $60^\circ$ . 由 Malus 定律得  $I_2 = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 60^\circ = \frac{1}{8} I_0 \dots \dots$  (4pt)

### 题目 22 (本题 6 分)

### ◆ 相对论论动量关系

一电子 (静质量  $m_e = 9.11 \times 10^{-31}\text{kg}$ ) 以  $0.99c$  的速率运动, 试求

1. 电子的总能量.
2. 电子的经典力学的动能与相对论动能之比.

✓ 分析与解  $E = m_c^2 = \frac{m_e c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} = 5.8 \times 10^{-13}\text{J}$ ,  $\frac{E_{k0}}{E_k} = \frac{\frac{1}{2} m_e v^2}{m_c^2 - m_e c^2} = 8.13\%$ .

### 题目 23 (本题 6 分)

### ◆ 光电效应

光电管的阴极用逸出功  $A = 2.2\text{eV}$  的金属制成, 今用一单色光照射此光电管, 阴极发射出光电子, 测得遏止电势差为  $|U_a| = 5.0\text{eV}$ . 试求

1. 光电管的阴极金属的光电效应红限波长.
2. 入射光波长.

### ✓ 分析与解

1.  $\lambda_{\max} = hc/A = 563.56\text{nm} \dots \dots \dots$  (3pt)
2.  $\lambda = hc/(eU_a + A) = 172.20\text{nm} \dots \dots \dots$  (3pt)

### 题目 24 (本题 5 分)

### ◆

无限深势阱中运动粒子波函数为  $\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{\pi x}{a}\right)$ , 求发现粒子的概率密度为最大的位置 ( $0 \leq x \leq a$ ).

### ✓ 分析与解

粒子的概率密度为

$$\omega = |\psi(x)|^2 = \frac{2}{a} \sin^2\left(\frac{\pi x}{a}\right)$$

令  $\frac{d\omega}{dx} = 0$  得在  $0 \leq x \leq a$  范围内发现粒子的概率密度为最大位置为  $x = a/2$ .