

2019 年「大学物理 2」杭州电子科技大学 期末试题

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

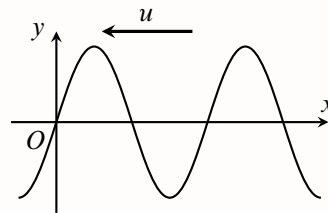
分析与解 两弹簧均连接在物块上且对物块的回复力方向相同，所以二者并联，系统角频率 $\omega^2 = \frac{k_1 + k_2}{m}$ 。初始时刻 $x = x_0$ ， $v < 0$ ，所以初相 $\varphi = 0$ ，物块的运动方程为 $x = x_0 \cos \left(\sqrt{\frac{k_1 + k_2}{m}} t \right)$ 。故本题选择 A 项。

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. π 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 】

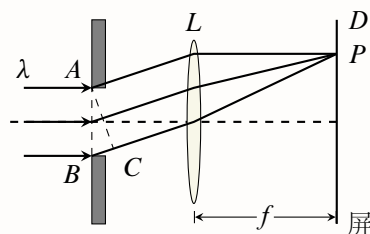
在波长为 λ 的驻波中，两个相邻波腹之间的距离为

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

题目 4

◆ 弗琅禾费衍射 【 B 】

一束波长为 λ 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. λ C. $\frac{3\lambda}{2}$ D. 2λ

✓ 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 α 和 90° , 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. $(2, 1, -1, -\frac{1}{2})$

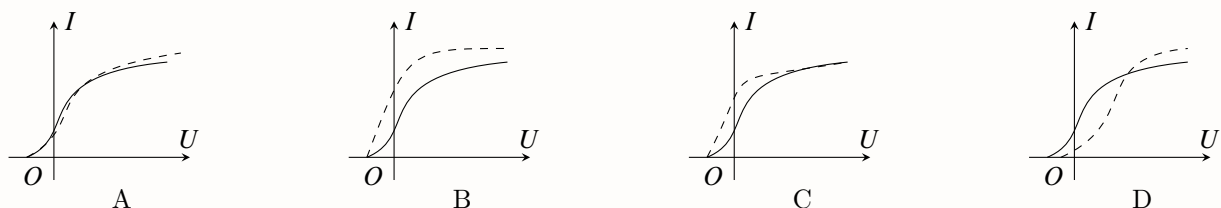
- A. 只有 i, ii 是正确的 B. 只有 ii, iii 是正确的 C. 只有 ii, iii, iv 是正确的 D. 全部是正确的

✓ 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 Δl , 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

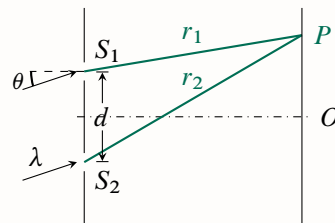
设入射波的表达式为 $y_1 = A \cos\left[2\pi\left(\nu t + \frac{x}{\lambda}\right) + \pi\right]$, 波在 $x = 0$ 处发生反射, 反射点为一固定端, 则入射波和反射波合成的驻波的波腹位置所在处的坐标为 $\frac{k\lambda}{2}, k = 0, 1, 2, \dots$.

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 θ 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

π^+ 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 π^+ 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)

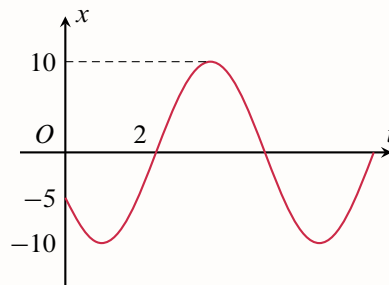
题目 17 (本题 6 分)

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)

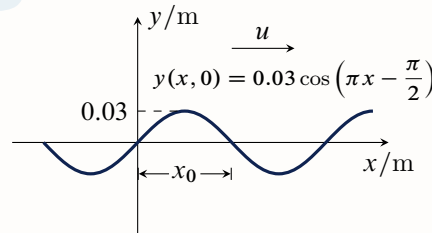


题目 18 (本题 6 分)

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° 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° . 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° . 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 $x = a/2$.