

2016 年「大学物理 2」杭州电子科技大学 期中试题

考试时间：2016 年 11 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

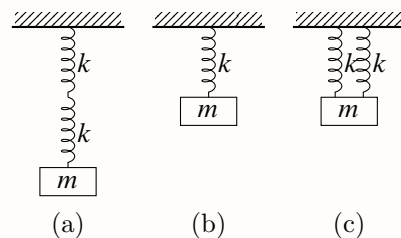
1. 选择题（每题 3 分，共 30 分）

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. $4:2:\frac{1}{2}$ 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

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

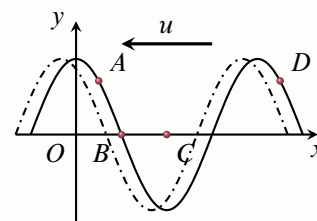
✓ 分析与解 波在传播过程中介质质元振动的动能和势能同时变化，在从最大位移处运动到平衡位置的过程中动能变大，所以势能也变大，其能量逐渐增加。故本题选择 C 项.

题目 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



题目 4

弹簧振子 【 D 】

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

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

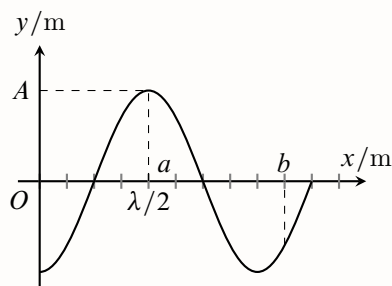
✓ 分析与解 此时物块动能为 $E_k = \frac{1}{2}kA^2 - \frac{1}{2}k\left(\frac{A}{2}\right)^2 = \frac{3}{8}kA^2$, 所以此时物块动能是总能量的 $\frac{\frac{3}{8}kA^2}{\frac{1}{2}kA^2} = \frac{3}{4}$.

题目 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. π 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 π . 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 $\Delta x = \frac{\lambda L}{d}$. 要使 Δx 变大, 可增大波长 λ 、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.

题目 10

◆ 迈克尔逊干涉仪 【 A 】

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, 放入后, 这条光路的光程改变了

- A. $2(n-1)d$ B. $2nd$ C. $2(n-1)d + \frac{\lambda}{2}$ D. nd E. $(n-1)d$

✓ 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.

2. 填空题 (共 11 分)

题目 11 (本题 3 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

$$x_1 = 0.05 \cos\left(4\pi t + \frac{1}{3}\pi\right) \text{ (SI)}, \quad x_2 = 0.03 \cos\left(4\pi - \frac{2}{3}\pi\right) \text{ (SI)}$$

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 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 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 三级暗纹对应 $3 \times 2 = 6$ 个半波带, 若缝宽缩小一半, 则此处对于 3 个半波带, 满足明纹条件.

3. 计算题 (共 43 分)

题目 14 (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

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

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

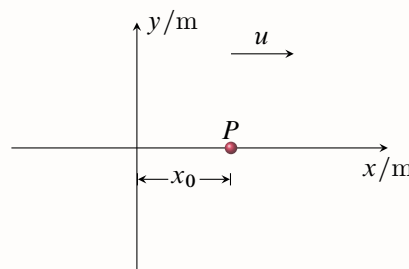
$$3. \text{ 由于 } t = 0 \text{ 时 } x = 0, v < 0, \text{ 所以初相 } \varphi = \frac{\pi}{2}. \text{ 由 1 问可知角频率 } \omega = 1.5 \text{s}^{-1}, \text{ 所以振动方程为 } \dots\dots\dots (2\text{pt})$$

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

题目 15 (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.



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

题目 16 (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

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

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

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

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

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

题目 17 (本题 8 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 1.5mm , 求光源发出的单色光的波长 λ .

分析与解 由 $\Delta x = \lambda D/d$ 得单色光波长 $\lambda = \Delta x d/D = 562.5\text{nm}$. (8pt)

题目 18 (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 50cm 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)

题目 19 (本题 15 分)

劈尖干涉

用波长 500nm 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 θ .
2. 改用 600nm 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 (2pt)

$$2h_4 + \frac{\lambda}{2} = \frac{2k-1}{2}\lambda = \frac{2 \times 4 - 1}{2}\lambda \quad (3\text{pt})$$

利用小角度近似得劈尖角 $\theta \approx \frac{h_4}{l} = 4.81 \times 10^{-5}\text{rad}$, $h_4 = 750\text{nm}$. (3pt)

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 20 (本题 10 分)

光栅

波长 $\lambda = 600\text{nm}$ 的单色光垂直入射到一光栅上, 第二级主极大衍射角为 30° , 第三级缺级.

1. 光栅常数 $d = a + b$ 等于多少?
2. 透光缝可能的最小宽度 a 等于多少?
3. 在上述 d 和 a 值下, 求在衍射角 $-\frac{1}{2}\pi < \varphi < \frac{1}{2}\pi$ 范围内可观察到的全部主级大的级次.

分析与解

1. 由光栅方程 $(a + b) \sin 30^\circ = 2\lambda$ 得 $d = \frac{2\lambda}{\sin 30^\circ} = 2.4\mu\text{m}$. (2pt)

2. 由缺级条件 $k = k' \frac{d}{a}$ 得 $a = (a + b)/3 = 0.8\mu\text{m}$. (2pt)

3. 取衍射角两侧最大值 $\varphi = \pm 90^\circ$, 由光栅方程 $d \sin \pm 90^\circ$ 得 $k = \pm 4$. 由于 k 无法取到 4, 所以此范围内可见主极大级次为 $k = 0, \pm 1, \pm 2$. (3pt)