2017 年「大学物理 2」杭州電子科技大学 期中试题

考试时间：2022 年 11 月 19 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　【 C 】

一弹簧振子水平放置时，它可以做简谐振动；若把它竖直放置或放在固定的**光滑斜面**上，则下面哪种情况是正确的

A. 竖直放置不能做简谐振动，放在固定的光滑斜面上可以做简谐振动

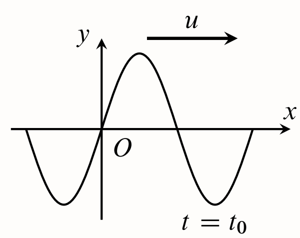
B. 竖直放置可以做简谐振动，放在固定的光滑斜面上不能做简谐振动

C. 两种情况都可做简谐振动　　D. 两种情况都不能做简谐振动

分析与解 两种情况的回复力大小均正比于与平衡点的距离，都可做简谐振动. 故本题选择 **C** 项.

题目 2　　平面简谐波　【 B 】

一平面简谐波，其振幅为 A，频率为 ν，沿 x 轴的正方向传播，设 $t = t_0$ 时刻波形如图所示，则 $x = 0$ 处质点振动方程为



A. $y = A\cos\left[\omega(t + t_0) + \dfrac{\pi}{2}\right]$　　B. $y = A\cos\left[\omega(t - t_0) + \dfrac{\pi}{2}\right]$

C. $y = A\cos\left[\omega(t - t_0) - \dfrac{\pi}{2}\right]$　　D. $y = A\cos\left[\omega(t - t_0) + \pi\right]$

分析与解 由图可知，$t = t_0$ 时刻原点处的质点 $v < 0$，所以此时的相位为 $\varphi_0 = \pi/2$. 故本题选择 **B** 项.

题目 3　　双缝干涉　【 D 】

在双缝干涉实验中，光的波长为 500nm，双缝间距为 2mm，双缝与屏的间距为 400cm. 则干涉图样的明纹间距为

A. 0.9mm　　B. 0.5mm　　C. 1.2mm　　D. 1.0mm

分析与解 条纹间距 $\Delta x = \lambda D/d = 1$mm. 故本题选择 **D** 项.

题目 4 平面简谐波的物理量 【 C 】

在下面几种说中，正确的是

A. 波源不动时，波源的振动、波动周期在数值上不同 B. 波源振动的速度与波速相同

C. 在波传播方向上的任一质点的振动相位总是比波源的相位滞后（按差值不大于 π 计）

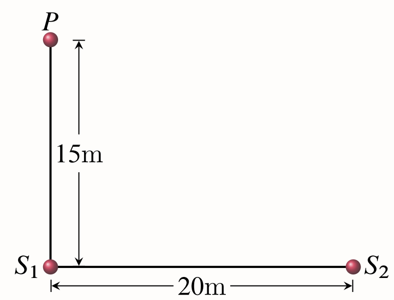
D. 在波传播方向上的任一质点的振动相位总是比波源的相位超前（按差值不大于 π 计）

分析与解

- 波速是波在介质中的传播速度，波源的振动速度是质点在某一刻的瞬时速度，所以 B 选项错误.
- 各质点在波源的带动下做受迫振动，二者周期相等，所以 A 选项错误；由 $\Delta\varphi = \dfrac{2\pi\delta}{\lambda}$ 可知 D 选项错误.

题目 5 光程和光程差 【 D 】

如图所示，S_1，S_2 为两相干波源，其振幅均为 0.5m，频率均为 100Hz. 但当 S_1 为波峰时，S_2 为波谷. 设在媒质中的波速为 10m/s，则两波抵达 P 点时的相位差和 P 点的合振幅为



A. 200π，0m B. 200π，0.5m C. 201π，0.5m D. 201π，0m

分析与解

相干波的波长为 $\lambda = u/f = 10\text{cm}$. 由题意得 S_2 与 S_1 在波源处相位差为 π. 所以到 P 点时的相差为

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 - \frac{2\pi}{\lambda}\left(\overline{S_2P} - \overline{S_1P}\right) = 201\pi$$

所以 P 点的合振幅为 $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\varphi} = 0\text{m}$.

题目 6 光程和光程差 【 A 】

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. $[r_2 + (n_2 - 1)t_2] - [r_1 + (n_1 - 1)t_1]$ B. $(r_2 + n_2t_2) - (r_1 + n_1t_1)$

C. $(r_2 - n_2t_2) - (r_1 - n_1t_1)$ D. $[r_2 + (n_2 + 1)t_2] - [r_1 + (n_1 + 1)t_1]$

分析与解 两路径的光程分别为 $r_{1,2} + (n_{1,2} - 1)t_{1,2}$. 故本题选择 **A** 项.

题目 7 牛顿环 【 A 】

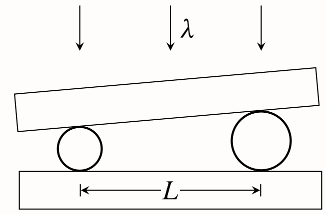
用单色光垂直照射在观察牛顿环的装置上，当平凸透镜垂直向上缓慢平移而远离平面玻璃时，可以观察到这些环状干涉条纹

A. 向中心收缩 B. 向外扩张 C. 向右平移 D. 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 **A** 项.

题目 8　　劈尖干涉　　【 B 】

如图所示，两个直径有微小差别的彼此平行的滚柱之间的距离为 L，夹在两块平板透光晶体的中间，形成空气劈尖. 当单色光垂直入射时，产生等厚干涉条纹，如果两滚柱之间的距离 L 变小，则在 L 范围内干涉条纹的



A. 数目不变，间距变大　　B. 数目不变，间距变小

C. 数目增加，间距变小　　D. 数目减少，间距变大

分析与解 两滚筒间距变小相当于劈尖的顶角在变大，根据条纹间距公式 $\Delta x = \dfrac{\lambda}{2\theta}$ 所以条纹间隔变小；对于某条纹路，其光程差是确定的，所以数目不变. 故本题选择 **B** 项.

题目 9　　弗琅禾费衍射　　【 D 】

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 $a = 5\lambda$ 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

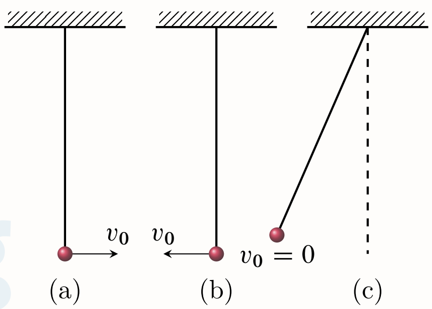
A. 6 个　　B. 4 个　　C. 7 个　　D. 5 个

分析与解 由衍射公式 $a\sin\theta = k\lambda$ 得 $k = 5/2$，可分成的半波带数目为 $2k = 5$. 故本题选择 **D** 项.

2. 填空题（共 25 分）

题目 10（本题 5 分）　　单摆

在 $t = 0$ 时，振幅为 A，周期为 T 的单摆分别处于图示的三种状态. 若选单摆的平衡位置为坐标原点，坐标指向正右方，则单摆做小角度摆动的振动表达式（用余弦函数表示）分别为 (a) $x = A\cos\left(\dfrac{2\pi}{T}t - \dfrac{\pi}{2}\right)$，(b) $x = A\cos\left(\dfrac{2\pi}{T}t + \dfrac{\pi}{2}\right)$，(c) $x = A\cos\left(\dfrac{2\pi}{T}t + \pi\right)$



分析与解 三种情况的状态和对应的相位分别为 $x = 0$，$v > 0$，$\varphi = -\dfrac{\pi}{2}$；$x = 0$，$v < 0$，$\varphi = \dfrac{\pi}{2}$；$x = -A$，$v = 0$，$\varphi = \pi$. 所以振动表达式分别为 $A\cos\left(\dfrac{2\pi}{T}t - \dfrac{\pi}{2}\right)$，$A\cos\left(\dfrac{2\pi}{T}t + \dfrac{\pi}{2}\right)$，$A\cos\left(\dfrac{2\pi}{T}t + \pi\right)$.

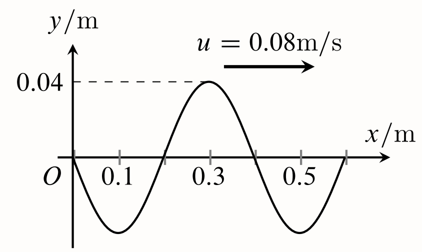
题目 11（本题 4 分）　　弹簧振子

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 $\dfrac{3}{4}$（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 $E_k = \dfrac{1}{2}kA^2 - \dfrac{1}{2}k\left(\dfrac{A}{2}\right)^2 = \dfrac{3}{8}kA^2$，所以此时物块动能是总能量的 $\dfrac{\frac{3}{8}kA^2}{\frac{1}{2}kA^2} = \dfrac{3}{4}$；弹簧的劲度系数 $k = mg/\Delta l$，由弹簧振子周期表达式得系统的周期为 $T = 2\pi\sqrt{m/k} = 2\pi\sqrt{\Delta l/g}$.

题目 12（本题 3 分） 平面简谐波的波函数

右图所示为一平面简谐波在 $t = 2\text{s}$ 时的波形图，则 O 点的振动方程为 $y_o =$ $\underline{0.04\cos(0.4\pi t - 1.3\pi)}$.



分析与解 由图可知简谐波的振幅 $A = 0.04\text{m}$；波长 $\lambda = 0.4\text{m}$，所以其角频率 $\omega = \dfrac{2\pi u}{\lambda} = 0.4\pi\text{s}^{-1}$. 在此刻 O 点处的质点 $v > 0$，所以此时的相位 $\varphi_0 = -\dfrac{\pi}{2}$，$t = 0$ 时刻 O 点的相位 $\varphi = -0.4\pi \cdot 2 - \dfrac{\pi}{2} = -1.3\pi$，$O$ 点的振动方程 $y_o = 0.04\cos(0.4\pi t - 1.3\pi)$.

题目 13（本题 3 分） 多普勒效应

一静止的报警器，其频率为 1000Hz. 有一汽车以 79.2km 的时速远离报警器时，坐在汽车里的人听到的报警声的频率是 $\underline{935.3\text{Hz}}$（设空气中声速为 340m/s）.

分析与解

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

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

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 +. 观察者远离，其所听频率为

$$\nu = \frac{340 - 22}{340} \times 550\text{Hz} \approx 935.3\text{Hz}$$

题目 14（本题 4 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 $\underline{\text{红}}$ 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 $\underline{\text{不能}}$ 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 15（本题 3 分） 劈尖干涉

用波长为 λ 的单色光垂直照射劈尖膜（$n_1 > n_2 > n_3$），观察反射光干涉. 从劈尖顶开始算起，第二条暗纹中心所对应的膜厚度为 $\underline{3\lambda/4n_2}$.

分析与解 由暗纹条件 $\delta = 2n_2 h = \dfrac{2k-1}{2}\lambda$ 得 $k = 2$ 时，$h = \dfrac{3\lambda}{4n_2}$.

题目 16（本题 3 分） 弗琅禾费衍射

单缝弗琅禾费衍射的第一级暗纹发生在衍射角 30° 的方向上，所用单色光波长 $\lambda = 600\text{nm}$，则单缝宽度为 $\underline{1.2\mu\text{m}}$.

分析与解 由暗纹条件 $a\sin\varphi = k\lambda$，代入 $k = 1$，$\varphi = 30^\circ$ 得 $a = 2\lambda = 1.2\mu\text{m}$.

3. 计算题（共 48 分）

题目 17（本题 10 分） 简谐振动

一质点按如下规律沿 x 轴做简谐振动 $x = 0.2\cos\left(4\pi t + \frac{1}{3}\pi\right)$ (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）
- 振幅：$A = 0.2\text{m}$ ……（2pt）
- 初相：$\varphi_0 = \frac{1}{3}\pi$ ……（2pt）
- 速度最大值：$v_{\max} = \omega A = 0.8\pi\text{m/s}$ ……（2pt）
- 加速度最大值：$a_{\max} = \omega^2 A = 3.2\pi^2\text{m/s}^2$ ……（2pt）

题目 18（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 2s，振幅为 0.06m，$t = 0$ 时刻，质点恰好处在平衡位置并向负方向运动，求

1. 该质点的振动方程.
2. 此振动以速度 $u = 3\text{m/s}$ 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 $\omega = \frac{2\pi}{T} = 1\pi\text{s}^{-1}$，质点的初相 $\varphi = \frac{\pi}{2}$. 故质点的振动方程为
$$y_0 = 0.06\cos\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \qquad \text{(2pt)}$$
2. 波动表达式 $y = A\cos\left[\omega\left(t - \frac{x}{u}\right) + \varphi\right] = 0.06\cos\left[\pi\left(t - \frac{x}{3}\right) + \frac{\pi}{2}\right]$. ……（3pt）
3. 波长 $\lambda = uT = 6\text{m}$. ……（2pt）

题目 19（本题 6 分） 双缝干涉

用一束 $\lambda = 580\text{nm}$ 激光垂直照射一双缝，在缝后 2.0m 处的墙上观察到中央明纹和第一级明纹的间隔为 15cm. 求

1. 两缝的间距.
2. 在中央明纹以上还能看到几条明纹.

分析与解

1. 由 $\Delta x = \lambda D/d$ 得两缝的间距 $d = \lambda D/\Delta x = 7.73\mu\text{m}$. ……（3pt）
2. 由明纹条件 $d\sin\theta = k\lambda$，取 θ 最大值为 90°，中央明纹以上能看到的明纹条数为 $k = \lfloor d/\lambda \rfloor = 13$. ……（3pt）

题目 20（本题 10 分） 驻波

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 $x = 0$ 发生反射，反射点为一固定端，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，波的传播方向发生变化，同时因半波损失带有 π 的相位差. 所以反射波的表达式为 ····· (1pt)

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

2. 驻波表达式 $y = y_1 + y_2 = 2A\cos\left(\frac{2\pi t}{T} + \frac{\pi}{2}\right)\cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{\pi}{2}\right)$. ···················· (3pt)
3. 波腹的位置 $\cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda} - \frac{\pi}{2}\right) = \pm 1$，$x = \frac{2k+1}{4}\lambda$，$k = 0, 1, 2, \cdots$； ···················· (2pt)

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

题目 21（本题 8 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 $l = 1.56$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

$$2h_4 + \frac{\lambda}{2} = \frac{2k-1}{2}\lambda = \frac{2\times 4 - 1}{2}\lambda$$

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

题目 22（本题 6 分） 弗琅禾费衍射

今有白光形成单缝弗琅禾费衍射，若其中某一光波的第四级明纹和红光（$\lambda = 600$nm）的第三级明纹相重合，求这一光波的波长.

分析与解 明纹位置 $a\sin\varphi = \pm\frac{2k+1}{2}\lambda$，由重合条件 $\frac{2\times 3+1}{2}\lambda = \frac{2\times 4+1}{2}\lambda'$ 得光波波长 $\lambda' = \frac{7}{9}\lambda = 446.7$nm.