# 厦门大学《大学物理 B（下）》课程
# 期末试卷（A 卷）参考答案
（考试时间：2023 年 2 月）

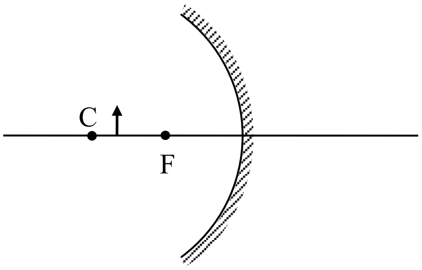
专业：　学院：　学号：　姓名：

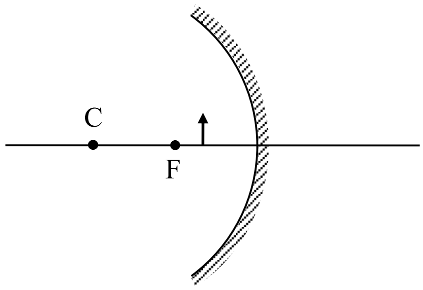
一、（14 分）

在球面半径 $R$=30cm 的凹镜前面放置一个物体，分别求其像的位置、正倒、虚实与横向放大率，并画出成像光路图。

（1）物体位于距镜顶 25cm 处；

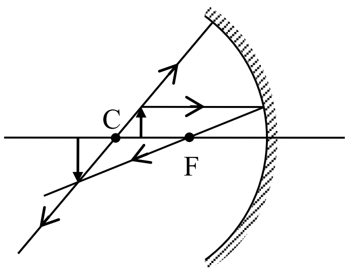
（2）物体位于距镜顶 10cm 处。



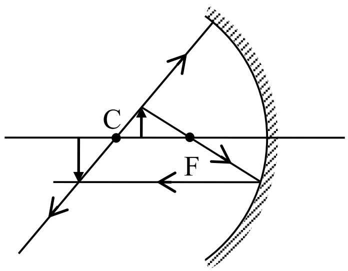




参考答案：

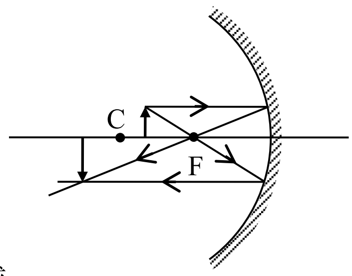
（1）光路图如下：




或




或




…………2 分

由题可知物距 $p_1$=25cm，根据物像公式有

$$\frac{1}{p_1}+\frac{1}{p_1'}=\frac{2}{R}\Rightarrow\frac{1}{25}+\frac{1}{p_1'}=\frac{2}{30}$$

像距为

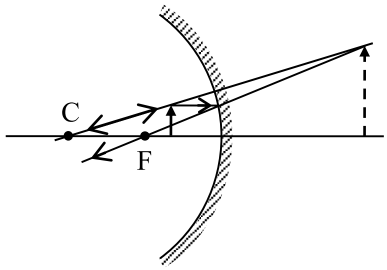
$$p_1'=37.5\,\text{cm}$$ ……………………………………………2 分

横向放大率为

$$m_1=-\frac{p_1'}{p_1}=-\frac{37.5}{25}=-1.5$$ ……………………………………………2 分

所以物体在镜前 37.5cm 处成放大、倒立实像。 ……………………………………………1 分

（2）光路图如下：




……………………………………………2 分

由题可知物距 $p_2$=10cm，根据物像公式有

$$\frac{1}{p_2}+\frac{1}{p_2'}=\frac{2}{R}\Rightarrow\frac{1}{10}+\frac{1}{p_2'}=\frac{2}{30}$$

像距为

$$p_2'=-30\text{ cm}$$ ……………………………………………2 分

横向放大率为

$$m_2=-\frac{p_2'}{p_2}=-\frac{-30}{10}=3$$ ……………………………………………2 分

所以物体在镜后 30cm 处成放大、正立虚像。 ……………………………………………1 分

二、（14 分）

若一物体作简谐运动，其表达式为 $x$=0.1cos（20$\pi t$+$\pi$/4）(SI)。求：

（1）振幅、频率、角频率、周期和初相；

（2）$t$=2s 时的该物体的位置、速度和加速度。

参考答案：

（1）由题可知：振幅 $A$=0.1$m$； ……………………………………………1 分

角频率 $\omega$=20$\pi$ rad/s； ……………………………………………1 分

初相 $\varphi$=$\pi$/4。 ……………………………………………1 分

频率 $v=\dfrac{\omega}{2\pi}=10Hz$，　　　　　　…………………………………………1 分

周期 $T=1/v=0.1$s　　　　　　…………………………………………1 分

（2）$t=2s$ 时

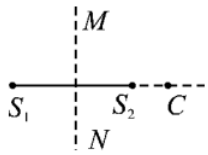
位置：$x=0.1\cos(20\pi\times2+\dfrac{\pi}{4})=\dfrac{\sqrt{2}}{20}m$　　　　　　…………………………………………3 分

速度：$v=\dfrac{dx}{dt}=-0.1\times20\pi\sin(20\pi\times2+\dfrac{\pi}{4})=-\pi\sqrt{2}m/s$　　　　　　…………………………………………3 分

加速度：$a=\dfrac{dv}{dt}=-0.1\times(20\pi)^2\cos(20\pi\times2+\dfrac{\pi}{4})=-20\sqrt{2}\pi^2m/s^2$ …………………………………………3 分

三、（14 分）

如图所示，$S_1$，$S_2$ 为振幅、振动频率、振动方向均相同的两个点波源，两者相距 $\dfrac{3}{2}\lambda$（$\lambda$ 为波长）。已知 $S_1$ 的初相为 $\dfrac{\pi}{2}$。




（1）若使射线 $S_2C$ 上各点由两列波引起的振动均干涉相消，求 $S_2$ 振动的初相位 $\varphi_2$ ；

（2）若使 $S_1S_2$ 连线的中垂线 $MN$ 上各点由两列波引起的振动均干涉相消，求 $S_2$ 振动的初相位 $\varphi_2$ 。

（取值范围 $-\pi<\varphi_2\le\pi$ ）

参考答案：

（1）若在射线 $S_2C$ 上各点由两列波引起的振动均干涉相消，则两列波在 $S_2C$ 上各点引起相位差需满足

$$\Delta\varphi=\varphi_2-\frac{\pi}{2}-\frac{\frac{3}{2}\lambda}{\lambda}\times2\pi=(2k+1)\pi$$ …………………………………………3 分

$$\varphi_2=2(k-1)\pi+\frac{\pi}{2}$$ …………………………………………2 分

所以满足条件的 $S_2$ 振动初相为

$$\varphi_2=\frac{\pi}{2}$$ …………………………………………3 分

（2）若使 $S_1S_2$ 连线的中垂线 $MN$ 上各点由两列波引起的振动均干涉相消，则两列波在 $MN$ 上各点引起的相位差需满足

$$\Delta\varphi=\varphi_2-\frac{\pi}{2}=(2k+1)\pi \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots 3\text{ 分}$$

所以满足条件的 $S_2$ 振动初相为

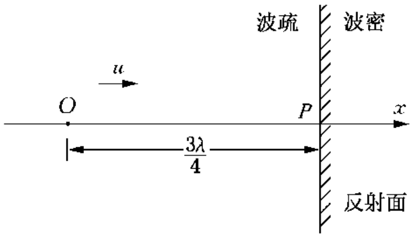
$$\varphi_2=-\frac{\pi}{2} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots 3\text{ 分}$$

四、（15 分）

一平面简谐波沿$x$轴正向传播，如图所示。已知振幅为$A$，频率为$v$，波速为$u$。

(1)若$t$=0时，原点$O$处质元正好由平衡位置向位移正方向运动，写出此波的波动表达式；

(2)若从分界面反射的波的振幅与入射波振幅相等，试写出反射波的波动表达式，并求$x$轴上，因入射波与反射波干涉而静止的各点的位置。




参考答案：

(1)$\because t=0$ 时，$y_0=0, v_0>0$，$\therefore \phi_0=-\dfrac{\pi}{2}$ 故波动表达式为

$$y=A\cos[2\pi v(t-\frac{x}{u})-\frac{\pi}{2}]\mathrm{m} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots 3\text{ 分}$$

(2)入射波传到反射面时的振动位相为(即将 $x=\dfrac{3}{4}\lambda$ 代入)$-\dfrac{2\pi}{\lambda}\times\dfrac{3}{4}\lambda-\dfrac{\pi}{2}$，再考虑到波由波疏入射而在波密界面上反射，存在半波损失，所以反射波在界面处的位相为

$$-\frac{2\pi}{\lambda}\times\frac{3}{4}\lambda-\frac{\pi}{2}+\pi=-\pi \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots 3\text{ 分}$$

若仍以 $O$ 点为原点，则反射波在 $O$ 点处的位相为

$-\dfrac{2\pi}{3}\times\dfrac{\lambda}{4}\lambda-\pi=\dfrac{-5}{2}\pi$，因只考虑 $2\pi$ 以内的位相角，$\therefore$反射波在 $O$ 点的位相为$-\dfrac{\pi}{2}$，故反射波的波动表达式为

$$y_{反}=A\cos[2\pi\upsilon(t+\frac{x}{u})-\frac{\pi}{2}] \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots 3\text{ 分}$$

此时驻波方程为

$$\begin{aligned} y&=A\cos[2\pi\upsilon(t-\frac{x}{u})-\frac{\pi}{2}]+A\cos[2\pi\upsilon(t+\frac{x}{u})-\frac{\pi}{2}]\\ &=2A\cos\frac{2\pi\upsilon x}{u}\cos(2\pi\upsilon t-\frac{\pi}{2}) \end{aligned} \qquad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots 3\text{ 分}$$

故波节位置为

$$\frac{2\pi\upsilon x}{u}=\frac{2\pi}{\lambda}x=(2k+1)\frac{\pi}{2}$$

故 $x=(2k+1)\frac{\lambda}{4}$ $(k=0,\pm1,\pm2,\ \ldots)$

根据题意，$k$ 只能取 0,1，即 $x=\frac{1}{4}\lambda,\frac{3}{4}\lambda$ ……………………………………3 分

（另解：P 点为波节，且相邻波节之间的距离为 $\frac{\lambda}{2}$，故有静止点位置为

$$x=\frac{1}{4}\lambda,\frac{3}{4}\lambda$$ ……………………………………3 分）

五、（15 分）

在杨氏双缝干涉试验中，波长 $\lambda$=550nm 的单色平行光垂直入射到缝间距 $d$=2.00×10$^{-4}$m 的双缝上，观测屏到双缝的距离 $D$=2.00m，

（1）中央明纹两侧的两条第 10 级明纹中心的间距是多大？

（2）用一厚度 $t$=6.60×10$^{-6}$m 的云母片覆盖一缝后，发现零级明纹移动到原来的第 6 级明纹处，求云母片的折射率。

（保留 3 为有效数字）

参考答案：

（1）根据双缝干涉的条件，明条纹出现的位置应满足：$\delta=d\sin\theta=k\lambda$， ……………………2 分

$x_k=Dtg\theta\approx D\sin\theta=k\frac{D}{d}\lambda$ ………………………………………………2 分

$\Rightarrow\quad x_{\pm10}=\pm10\times\frac{2}{2\times10^{-4}}\times550\times10^{-9}=\pm0.055$（$m$）； ………………………………………………2 分

$\therefore\ \Delta x=x_{10}-x_{-10}=0.0550\times2=0.110(m)$； ………………………………………………1 分

（2）未加云母片时，第 6 级明纹位置：$x_6=6\frac{D}{d}\lambda$ ； ………………………………………………2 分

加入云母片后，双缝的光程差为：

$\delta'=(r_2-r_1)-(n-1)t\approx d\frac{x}{D}-(n-1)t$ ； ………………………………………………2 分

对于零级明条纹，有：$\delta'=d\frac{x_0'}{D}-(n-1)t=0$ ；

即：$x_0'=\frac{D(n-1)t}{d}=x_6$ ； ………………………………………………2 分

得云母片折射率：$n=\frac{6\lambda}{t}+1=\frac{6\times550\times10^{-9}}{6.6\times10^{-6}}+1=1.50$ ………………………………………………1 分

六、（14 分）

在单缝夫琅禾费衍射实验中，用橙黄色的平行光垂直照射狭缝，其缝宽 $a$=0.60mm。缝后凸透镜的焦距 $f$=40.0cm。若观察屏上离中央明条纹中心 1.40mm 处的 $P$ 点为一明条纹；求：

(1)入射光的波长；

(2)$P$ 点处条纹的级数；

(3)从 $P$ 点看，对该光波而言，狭缝处的波面可分成几个半波带?

（可见光波长范围为 400nm~760nm，保留 3 为有效数字）

参考答案：

(1)由于 $P$ 点是明纹，故有 $a\sin\varphi=(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$，$k=1,2,3\cdots$ ……………………………………………2 分

由 $\dfrac{x}{f}=\dfrac{1.4}{400}=3.5\times10^{-3}=\tan\varphi\approx\sin\varphi$

故 $\lambda=\dfrac{2a\sin\varphi}{2k+1}=\dfrac{2\times0.6}{2k+1}\times3.5\times10^{-3}$

$=\dfrac{1}{2k+1}\times4.2\times10^{-3}$ mm ……………………………………………3 分

当 $k=3$，得 $\lambda=6000\ \mathring{A}$ ……………………………………………2 分

$k=4$，得 $\lambda=4700\ \mathring{A}$（紫光，不符合题意，舍去） ……………………………………………2 分

(2) $\lambda=6000\ \mathring{A}$，则 $P$ 点是第 $3$ 级明纹； ……………………………………………3 分

(3)由 $a\sin\varphi=(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$ 可知，

当 $k=3$ 时，单缝处的波面可分成 $2k+1=7$ 个半波带。 ……………………………………………3 分

七、（14 分）

一束平行自然光以 $\alpha$ 角从空气中入射到平面玻璃表面上, 发现反射光束是完全线偏振光。试求：

（1）折射光束的折射角多大?

（2）玻璃折射率是多大?

参考答案：

（1）根据布鲁斯特定律，当入射角为布鲁斯特角时有：

$\alpha+\gamma=\dfrac{\pi}{2}$ $\Rightarrow$ 此时折射光束的折射角：$\gamma=\dfrac{\pi}{2}-\alpha$ ； ……………………………………………7 分

（2）根据布鲁斯特定律有：$tg\alpha = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n}{1} = n$ ，

所以玻璃折射率：$n = tg\alpha$ ……………………………………7 分