

## 重庆大学《大学物理II-2》期末试卷

2015~2016 学年 第1学期

A卷

B卷

开课学院: 物理学院 课程号: 考试日期 2016年1月

考试方式:  开卷  闭卷  其他

考试时间: 120 分钟

题号	一	二	三	四	五	六	七	八	九	十	总分
得分											

## 考试提示

1. 严禁随身携带通讯工具等电子设备参加考试；  
 2. 考试作弊，留校察看，毕业当年不授学位；请人代考、替他人考试、两次及以上作弊等，属严重作弊，开除学籍。

说明：本卷共2页。本卷一律不使用计算器。答案中可保留指数、对数、三角函数、反三角函数、乘方、开方，但不能保留四则运算。

## 一、填空题（共20题，每题3分，共60分）

1. 质量为  $m$  物体和一个轻弹簧组成弹簧振子，其固有振动周期为  $T$ 。当它作振幅为  $A$  自由简谐振动时，其振动能量  $E = 2\pi^2 m A^2 / T^2$ 。
2. 一质点沿  $x$  轴作简谐振动，振幅为  $A$ ，周期为  $T$ ，当  $t=0$  时，质点对平衡位置的位移  $x_0 = A/2$ ，质点向  $x$  轴正方向运动，则质点从  $x=0$  处运动到  $x=A/2$  处，最少需要的时间是  $T/12$ 。
3. 弹簧振子的劲度系数为  $k$ ，质量为  $m$ ，可沿  $x$  轴作简谐振动，刚开始时振子静止在平衡点 O。用恒定的外力  $F_{外} = ka$  沿  $x$  轴正方向拉动振子到  $x=a$  处

放手，其中  $a$  为一正常量。以放手时作为时间零点，则振子的运动方程为

$$x = \sqrt{2}a \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}t - \frac{\pi}{4}\right)$$

4. 有一个质点参与两个简谐振动，其中第一个分振动为  $x_1 = 0.3 \cos \omega t$ ，合振动为  $x = 0.4 \sin \omega t$ ，则第二个分振动的表达式为  $x_2 = 0.5 \cos(\omega t - 127^\circ)$ 。

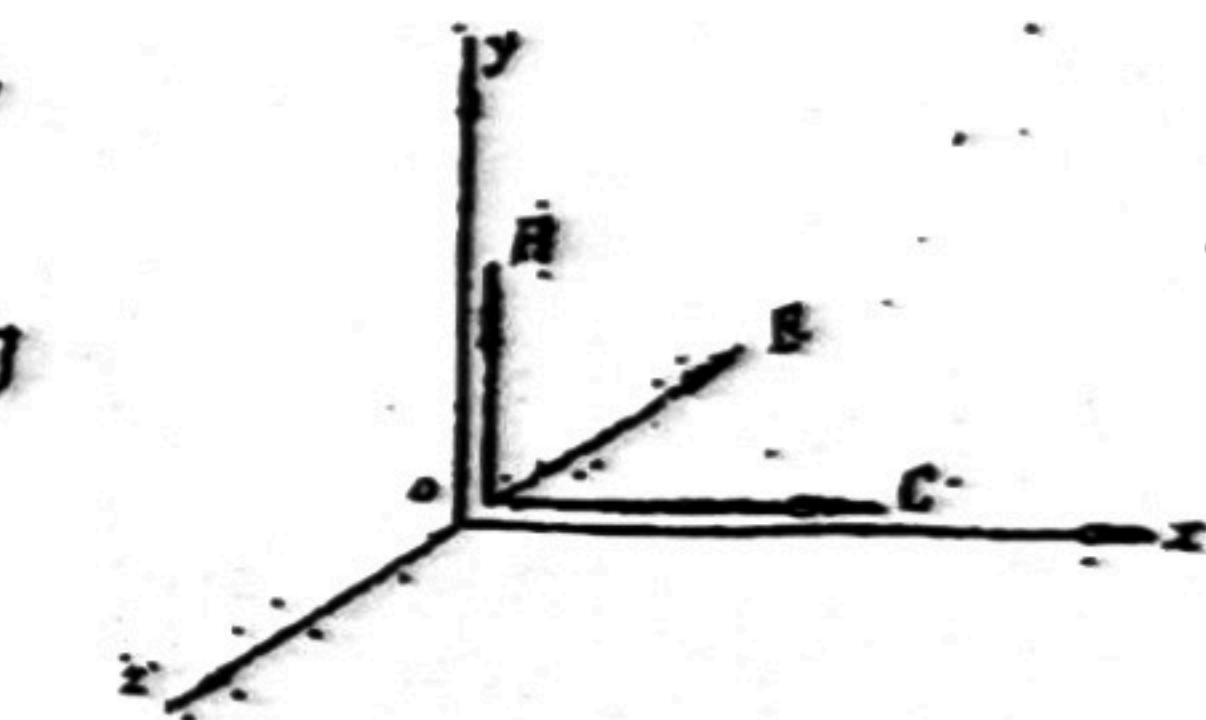
5. 已知空气中的声速为  $330 \text{ m/s}$ ，一警报器发射频率为  $1000 \text{ Hz}$  的声波，远离观察者向一固定的目的物运动，其速度为  $5 \text{ m/s}$ ，则听到的拍频是  $30 \text{ Hz}$ 。

6. 相干波源是指两个波源的频率相同，相位差恒定，以及它们的振动方向相同。

7. 一列电磁波沿  $x$  轴方向传播，传播过程中振幅保持不变，磁场  $H$  沿  $y$  轴方向振动，只有一个分量  $H_y = H_0 \cos(\omega t + \varphi - 2\pi \frac{x}{\lambda})$ ，

则电磁波中电场  $E$  的振动表达式为

$$E_z = -\sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} H_y = -\sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} H_0 \cos(\omega t + \varphi - 2\pi \frac{x}{\lambda})$$



8. 一束在空气中传播的单色光（真空波长  $\lambda$ ），从 A 点进入折射率为  $n_1$  的第一种介质，传播  $x_1$  路程后进入折射率为  $n_2$  的第二种介质，在第二种介质中传播  $x_2$  路程后从 B 点出射。光在 A、B 两点的时间差  $\Delta t = \frac{n_1 x_1 + n_2 x_2}{c}$ 。

9. 光学仪器分辨率的方法是增大仪器的孔径，采用波长更短的照射光。

10. 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  $I = \frac{I_0}{4} \sin^2 2\alpha$ 。

命题人：

教务处制

姓名\_\_\_\_\_

年级\_\_\_\_\_

专业、班级\_\_\_\_\_

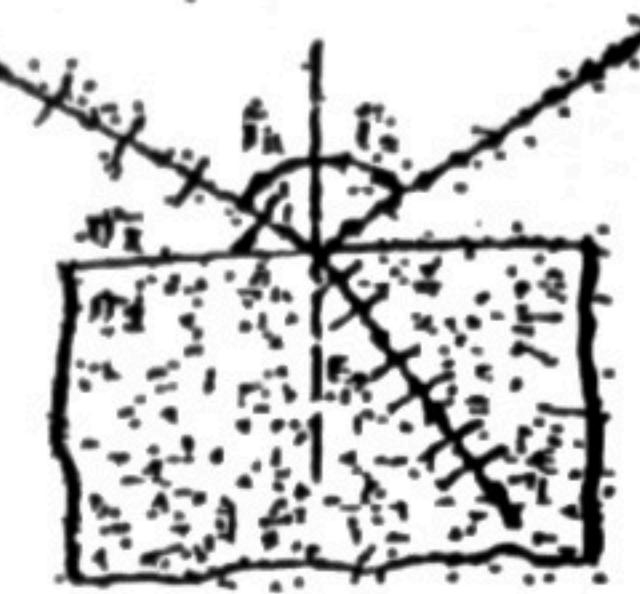
监考

密

封

线

11. 如图所示, 自然光以入射角  $i(i=i_0)$  入射到两种介质的分界面上, 请在图示的反射光线和折射光线上, 用点和短线把振动方向表示出来。



12. 狹义相对论的相对性原理指出, 在一切惯性系中, \_\_\_\_\_物理规律\_\_\_\_\_都是相同的。

13. 长度收缩效应的关系式  $L' = L/\gamma = L\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$  中, \_\_\_\_\_  $L$  \_\_\_\_\_ 是本征(固有)长度。(c为真空光速。)

14. 设  $S'$  系相对于惯性系 S 以匀速度  $v$  沿  $x$  轴运动, 一静止在  $S'$  系中的米尺与  $x'$  轴成  $\theta$  角放置, 测得长度为  $l'$ 。则 S 系中的观察者测得米尺的长度

$$l = \sqrt{(l' \sin \theta)^2 + \left(\frac{l' \cos \theta}{\gamma}\right)^2} \quad (\text{式中出现的 } \gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \text{ 请用符号 } \gamma \text{ 表示})$$

15. 一个放射性原子核以  $0.5c$  的速度相对于实验室运动。当它发生衰变时, 以  $0.90c$  的速度沿其运动方向发射一个电子, 则电子在实验室参考系中的速度为 \_\_\_\_\_  $0.966c$  \_\_\_\_\_。

16. 实验室观测到速度为  $0.95c$  的  $\mu$  介子的平均寿命为  $6 \times 10^{-6}$  s, 则在与  $\mu$  介子相对静止的参考系中, 它们的平均寿命为 \_\_\_\_\_  $1.89 \times 10^{-6}$  s \_\_\_\_\_。

17. 在光电效应实验中, 用两束光分别照射同一种金属产生光电效应。已知两束光的频率相同, 第一束光的强度为  $I_1$ , 第二束光的强度为  $I_2$  ( $I_1 > I_2$ )。实验测得两种情况下的截止电压分别为  $U_1, U_2$ 。则  $U_1 = U_2$  (填“>”、“=”或“<”)。

18. 在多电子原子中电子的排布必须遵守 \_\_\_\_\_ 泡利不相容原理 \_\_\_\_\_ 和 \_\_\_\_\_ 能量最低原理 \_\_\_\_\_。

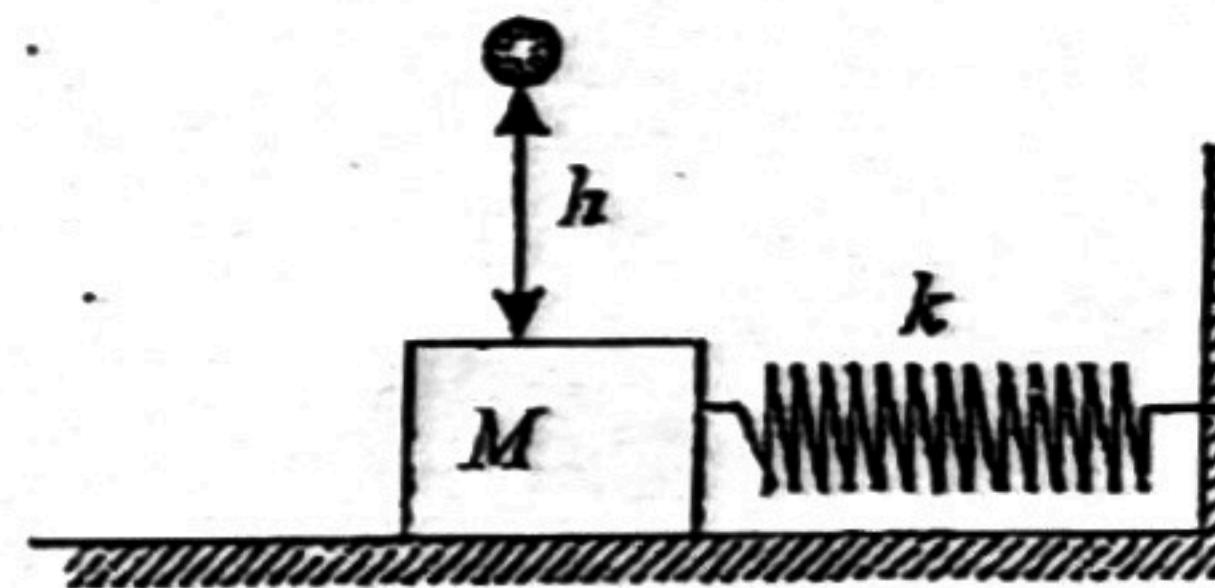
19. 已知一维无限深势阱中粒子波函数  $\psi_n(r) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{n\pi}{a} r$  ( $0 < r < \frac{a}{2}$ ), 则当粒子处于  $n=2$  的定态时, 粒子出现概率最大的位置在  $r = \frac{a}{4}$  \_\_\_\_\_。

20. 氢原子中的电子处于  $(2, 1, -1, -1/2)$  的量子态时, 根据量子力学理论, 电子的轨道自旋角动量  $L = \frac{\sqrt{3}}{2} h$  \_\_\_\_\_。

## 二. 计算题 (共4题, 每题10分, 共40分)

21. 如下图示: 弹簧振子 ( $k, M$ ) 光滑平面上作谐动, 振幅为  $A$ 。一质量为  $m$  的粘土, 从高处自由落下粘在  $M$  上, 求:

- (1) 则振子的振动周期变为多少?
- (2) 若粘土是在  $M$  通过平衡位置时落在其上的, 则其后振动振幅  $A'$  与原振幅  $A$  比是多少?
- (3) 若粘土是在  $M$  通过最大位移时落在其上的, 则其后振动振幅  $A'$  与原振幅  $A$  之比为多少?



第21题图

解：(1) 若黏土在  $M$  通过平衡位置时落在其上：

落在其上的过程看成是碰撞过程，在水平方向无外力，动量守恒：设碰前速率是  $v$ ，碰后速率是  $v'$ ，则有：

$$Mv = (M+m)v' \quad (1)$$

所以初始条件为：

$$\begin{cases} x_0 = 0 \\ v_0 = v' = \frac{M}{M+m}v \end{cases}$$

由  $A = \sqrt{x_0^2 + \frac{v'^2}{\omega^2}}$  得：

$$A' = \sqrt{\frac{v'^2}{\omega^2}} = \sqrt{\frac{M^2 v^2}{(M+m)^2} \cdot \frac{M+m}{k}} = \sqrt{\frac{M^2 v^2}{M+m} \cdot \frac{1}{k}}$$

$$\text{原来的振幅为: } A = v \sqrt{\frac{M}{k}} \quad \text{所以: } \frac{A'}{A} = \sqrt{\frac{M^2 v^2}{M+m} \cdot \frac{1}{k} \frac{k}{Mv^2}} = \sqrt{\frac{M}{M+m}}$$

(2) 若黏土在  $M$  通过平衡位置时落在其上：

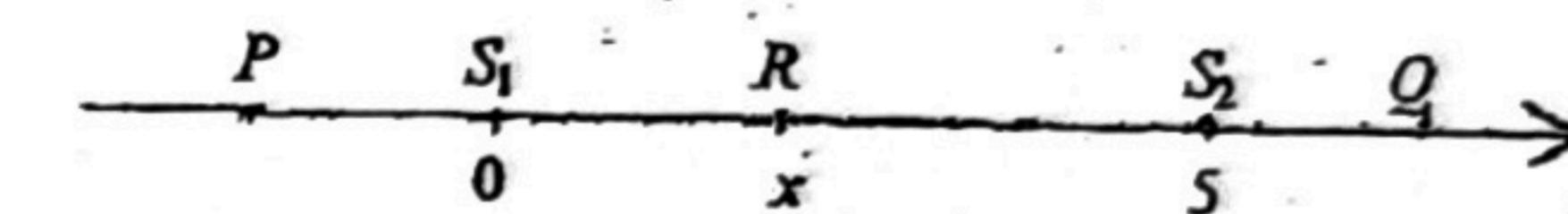
落在其上的过程看成是碰撞过程，在水平方向无外力，动量守恒：设碰前速率是 0，碰后速率也是 0，

所以初始条件为：

$$\begin{cases} x_0 = A \\ v_0 = 0 \end{cases} \quad A'' = \sqrt{x_0^2 + \frac{v'^2}{\omega^2}} = A \quad \text{所以: } \frac{A''}{A} = 1:1$$

22. 在  $x$  轴上两个波源， $S_1$  位置在  $x_1=0$  处， $S_2$  位置在  $x_2=5$  处，振幅均为  $a$ ， $S_1$  的相位比  $S_2$  超前  $\pi/2$ 。假设每个波源都向  $x$  轴的正方向和负方向发出简谐波，每列波都可传播到无穷远处，波长为  $\lambda=4$ 。求：

- (1)  $x < 0$  区间的合成波的振幅；
- (2)  $x > 5$  区间合成波的振幅；
- (3)  $0 < x < 5$  区间形成的驻波的波腹和波节的位置。



解 (1) 在  $x < 0$  区间，干涉点的相位差： $\Delta\phi = \varphi_2 - \varphi_1 - 2\pi \frac{r_2 - r_1}{\lambda} = -\frac{\pi}{2} - 2\pi \frac{5}{4} = -3\pi$

(与点的位置无关)

该区间的合振幅为极小 ( $A = 0$ )

(2) 在  $x > 5$  区间，干涉点的相位差： $\Delta\phi = \varphi_2 - \varphi_1 - 2\pi \frac{r_2 - r_1}{\lambda} = -\frac{\pi}{2} - 2\pi \frac{-5}{4} = 2\pi$

该区间的合振幅为极大 ( $A = 2a$ )

(3) 在  $0 < x < 5$  区间，考察点  $R$  的波程差： $r_2 - r_1 = (5-x) - x = 5 - 2x$

相位差

$$\Delta\phi = \varphi_2 - \varphi_1 - 2\pi \frac{r_2 - r_1}{\lambda} = -\frac{\pi}{2} - 2\pi \frac{5-2x}{4} = -3\pi + \pi x \quad (\text{与 } R \text{ 位置有关})$$

对于波腹，应有： $\Delta\phi = -3\pi + \pi x = 2k\pi$

故波腹位置为： $x = 2k+3$  在  $0 < x < 5$  区间取  $x = 1, 3$  (两点)

对于波节，应有： $\Delta\phi = -3\pi + \pi x = (2k+1)\pi$  即波节位置为：

$x = 2k+4$  在  $0 < x < 5$  区间取  $x = 2, 4$  (两点)

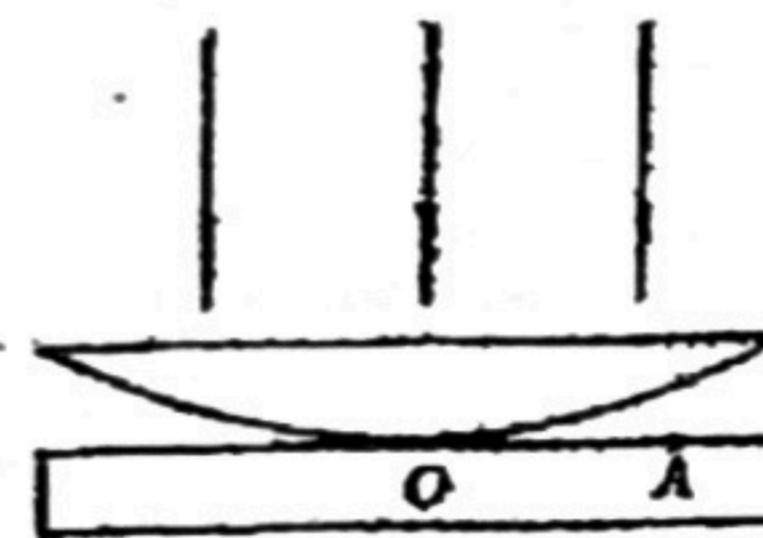
23. 如图所示, 在观察牛顿环的装置中, 设平球面透镜中心恰好和平玻璃接触, 透镜球面的半径  $R=400\text{cm}$ , 用某单色光垂直入射, 观察反射光形成的牛顿环, 测得第 5 个明环的半径是  $0.30\text{cm}$ .

(1) 求入射光的波长;

(2) 设图中  $OA=1.00\text{cm}$ , 求在半径为  $OA$  的范围内可观察到的明环数。

(3) 若用曲率半径为  $3.00\text{m}$  的平凸透镜和平板玻璃作牛顿环实验, 测得第  $k$  级暗环半径为  $4.24\text{mm}$ , 第  $k+10$  级暗环的半径为  $6.0\text{mm}$ . 求所用单色光的波长。

(4) 若将一平凸透镜放在平板玻璃上, 在反射光中观察牛顿环。当  $\lambda_1=4500\text{\AA}$  时, 测得第 3 级明环的半径为  $1.06 \times 10^{-3}\text{m}$ . 换用红光, 观测到第 5 级明环的半径为  $1.77 \times 10^{-3}\text{m}$ . 求透镜曲率半径和红光的波长。



$$\text{解: (1) 牛顿环明环半径公式为 } r_k^2 = \frac{(2k-1)R\lambda}{2}, \text{ 所以 } \lambda = \frac{2r_k^2}{(2k-1)R}$$

因中心为暗环, 对应第 5 个明环  $k=5$ , 所以

$$\lambda = \frac{2r_k^2}{(2 \times 5 - 1)R} = \frac{2 \times 0.3^2 \times 10^{-4}}{9 \times 400 \times 10^{-2}} = 5000 \text{\AA}$$

$$(2) \text{ 因为 } r_k^2 = \frac{(2k-1)R\lambda}{2}, \text{ 所以 } k = \frac{1}{2} + \frac{r_k^2}{R\lambda} = \frac{1}{2} + \frac{(1.06 \times 10^{-3})^2}{4 \times 5 \times 10^{-7}} = 50.5$$

所以能看到的明环数 50 个。

(3) 牛顿环暗环半径公式为  $r_k = \sqrt{kR\lambda}$

$$\text{故 } r_{k+10} = \sqrt{(k+10)R\lambda}$$

$$\text{因此 } \lambda = \frac{r_{k+10}^2 - r_k^2}{10R} = 6.01 \times 10^{-3} \text{\AA}$$

$$(4) \text{ 牛顿环明环半径公式为 } r_k^2 = \frac{(2k-1)R\lambda}{2},$$

$$\text{对 } \lambda_1, k=3 \text{ 时, } r_3^2 = \frac{5R\lambda_1}{2} \quad \text{对 } \lambda_2, k=5 \text{ 时, } r_5^2 = \frac{9R\lambda_2}{2}$$

$$\text{由此得 } \lambda_2 = \frac{5r_5^2}{99r_3^2} \lambda_1 = \frac{5 \times 1.77^2 \times 10^{-6}}{9 \times 1.06^2 \times 10^{-6}} \times 4500 = 6971 \text{\AA}$$

$$\text{由 } r_3^2 = \frac{5R\lambda_1}{2} \text{ 得, } R = \frac{2r_3^2}{5\lambda_1} = \frac{2 \times 1.06^2 \times 10^{-6}}{5 \times 4500 \times 10^{-6}} = 1.00 \text{m}$$

24. 波长  $\lambda=600\text{nm}$  ( $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$ ) 的单色光垂直入射到一光栅上, 测得第二级主极大的衍射角为  $30^\circ$ , 且第三级是缺级.

(1) 光栅常数  $(a+b)$  等于多少?

(2) 透光缝可能的最小宽度  $a$  等于多少?

(3) 在选定了上述  $(a+b)$  和  $a$  之后, 求在衍射角  $-\frac{1}{2}\pi < \varphi < \frac{1}{2}\pi$  范围内可能观察到的全部主极大的级次.

解: (1) 由光栅衍射主极大公式得

$$a+b = \frac{k\lambda}{\sin \varphi} = 2.4 \times 10^{-4} \text{ cm}$$

(2) 若第三级不缺级, 则由光栅公式得  $(a+b)\sin \varphi' = 3\lambda$

由于第三级缺级, 则对于最小可能的  $a$ ,  $\varphi'$  方向应是单缝衍射第一级暗纹. 两式比较, 得  $a\sin \varphi' = \lambda$   $a = (a+b)/3 = 0.8 \times 10^{-4} \text{ cm}$

(3)  $(a+b)\sin \varphi = k\lambda$ , (主极大)

$$a\sin \varphi = k'\lambda, \text{ (单缝衍射极小)} \quad (k' = 1, 2, 3, \dots)$$

因此  $k=3, 6, 9, \dots$  缺级.

又因为  $k_{\max} = (a+b)/\lambda = 4$ , 所以实际呈现  $k=0, \pm 1, \pm 2$  级明纹. ( $k=\pm 4$  在  $\pi/2$  处看不到.)