

2019-2020 学年第一学期期末考试 A 卷

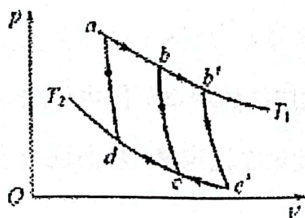
一、选择题(每小题 3 分, 共 30 分)

1、设某种气体分子的速率分布函数为 $f(v)$, 则速率在 $v_1 \sim v_2$ 区间内的分子的平均速率为

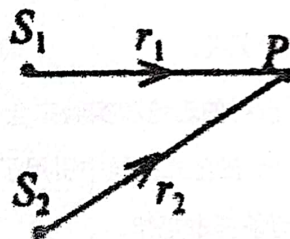
A、 $\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv$ B、 $v \int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv$ C、 $\frac{\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv}{\int_{v_1}^{v_2} f(v) dv}$ D、 $\frac{\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv}{\int_0^{\infty} f(v) dv}$

2、如图所示, 卡诺热机的循环曲线由 $abcda$ 变化为 $ab'c'da$, 那么每循环所做的净功和热机效率的变化情况是

- A、净功增大, 效率提高 B、净功增大, 效率降低
C、净功和效率都不变 D、净功增大, 效率不变



第 2 题图



第 5 题图

3、根据热力学第二定律, 下列哪种说法是正确的

- A、自然界中, 一切自发的宏观过程都是不可逆的
B、不可逆过程就是不能向相反方向进行的过程
C、热量可以从高温物体传到低温物体, 但不能从低温物体传到高温物体
D、任何过程总是沿着熵增加的方向进行

4、一物体作谐振动, 振动方程为 $x = A \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right)$, 在 $t = \frac{T}{4}$ (T 为周期) 时刻, 物体的加速度为

A、 $-\frac{1}{2}\sqrt{2}A\omega^2$ B、 $\frac{1}{2}\sqrt{2}A\omega^2$ C、 $-\frac{1}{2}\sqrt{3}A\omega^2$ D、 $\frac{1}{2}\sqrt{3}A\omega^2$

5、如图所示, 两列波长为 λ 的相干波在 P 点相遇, 波源 S_1 的初相位是 φ_1 , S_1 到 P 点的距离是 r_1 , 波源 S_2 的初相位是 φ_2 , S_2 到 P 点的距离是 r_2 , 则 P 点为干涉极大的条件为 ($k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$)

A、 $r_2 - r_1 = k\lambda$

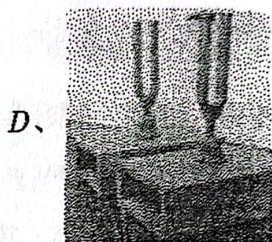
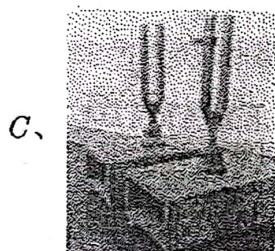
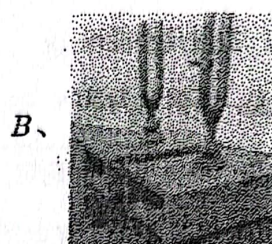
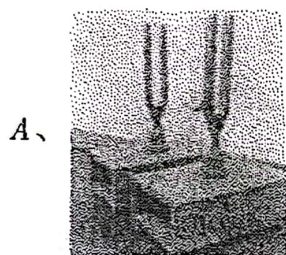
B、 $\varphi_2 - \varphi_1 - 2\pi\left(\frac{r_2 - r_1}{\lambda}\right) = 2k\pi$

C、 $\varphi_2 - \varphi_1 = 2k\pi$

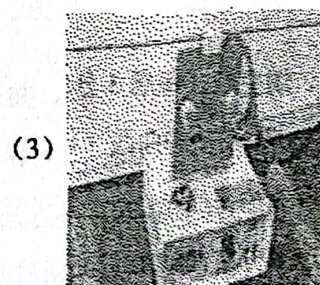
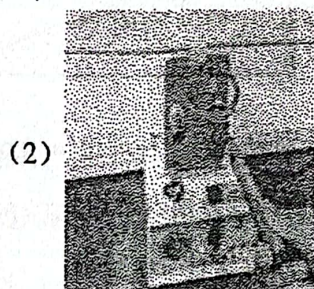
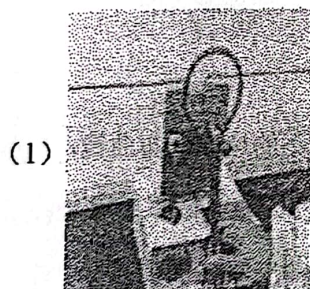
D、 $\varphi_2 - \varphi_1 + 2\pi\left(\frac{r_2 - r_1}{\lambda}\right) = 2k\pi$



6、在拍现象的课堂演示实验中，两个一模一样的音叉，在其中一个音叉加上一个小套环之后，其振动频率将发生变化；在实验中我们发现，小套环的位置对拍现象有重要影响。下面四种情况对比，哪种情况拍的周期最长。



7、在电磁波的发射与接收的课堂演示实验中，我们用带灯泡的环形金属天线探测电磁波，通过灯泡的亮度来显示接受到的信号的强弱。为了探索探测环与电磁波发射天线的相对位置，对灯泡亮度的影响。下面3种状态中，灯泡最亮的是



A、(1) 最亮

B、(2) 最亮

C、(3) 最亮

D、三个一样亮



8、自然光以 60° 的入射角照射到某透明介质表面时,反射光为线偏振光,那么,关于折射光,下列说法正确的是

- A、折射光为线偏振光,折射角为 60°
- B、折射光为线偏振光,折射角不能确定
- C、折射光为部分偏振光,折射角为 30°
- D、折射光为部分偏振光,折射角不能确定

9、用频率为 ν_1 的单色光照射某种金属时,光电子的最大动能为 E_{K1} ;用频率为 ν_2 的单色光照射同一种金属时,光电子的最大动能为 E_{K2} ,若 $E_{K1} > E_{K2}$,则:

- A、 ν_1 一定大于 ν_2
- B、 ν_1 一定小于 ν_2
- C、 ν_1 一定等于 ν_2
- D、 ν_1 可能大于也可能小于 ν_2

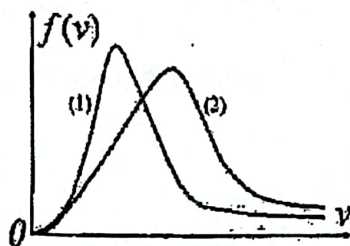
10、已知粒子在一维矩形无限深势阱中运动,其波函数为 $\psi(x) = A \cos \frac{3\pi x}{2a}$ ($-a \leq x \leq a$),那么

$x = \frac{2a}{3}$ 处的概率密度为

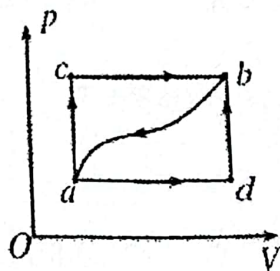
- A、 $\frac{1}{2a}$
- B、 $\frac{1}{\sqrt{2}a}$
- C、 $\frac{1}{a}$
- D、以上答案都不对

二、填空题(每题3分,共30分)

1、如图所示,若曲线(1)和(2)分别表示同一种理想气体不同温度下的速率分布曲线,则对应温度高的曲线是_____;若两曲线分别表示相同温度下的氢气和氧气的速率分布,则氧的速率分布曲线是_____。



第1题图



第2题图

2、如图所示,一理想气体系统由状态a沿acb到达状态b,系统吸收热量 350 J ,对外做功 130 J

(1)如经过过程adb,系统对外做功 40 J ,则系统吸收的热量 $Q_1 = \underline{\hspace{2cm}}\text{ J}$;

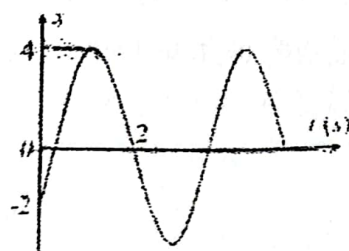
(2)如系统由状态b沿曲线ba回到状态a,外界对系统做功 60 J ,则系统与外界的能量交

$Q_2 = \underline{\hspace{2cm}}\text{ J}$ 。



3、一质点作谐振动,其振动曲线如图所示,则它的周期 $T=$ _____秒(保留2位小数);

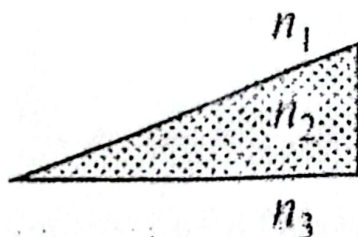
初相位 $\varphi=$ _____rad。



4、在生物遗物的放射性鉴年法中, $^{14}_6\text{C}$ 经过一次 β^- 衰变后变成了原子核_____

5、用波长为 λ 的单色光垂直照射折射率为 n_2 的劈尖薄膜(如图),图中各部分折射率的关系为

$n_1 < n_2 < n_3$, 观察反射光的干涉条纹,从劈尖尖端开始向右数第五条暗纹中心所对应的劈尖厚度为_____



6、把双缝干涉实验装置放在折射率为 n 的媒质中,双缝到观察屏的距离为 D ,两缝之间的距离为 d ($d \ll D$),入射光在真空中的波长为 λ ,则屏上干涉条纹中相邻明纹的间距为_____

7、在单缝夫琅禾费衍射实验中,波长为 λ 的单色光垂直入射在宽度 $a=5\lambda$ 的单缝上。对应于衍射角 φ 的方向上,若单缝处波面恰好可分成5个半波带,则衍射角 $\varphi=$ _____rad

8、某一波长的X光经物质散射后,其散射光中包含波长_____和波长_____的两种成分,散射光中波长_____的现象称为康普顿散射。

9、在四价元素半导体中掺入少量三价元素原子,则构成_____型半导体,参与导电的多数载流子是_____;如掺入五价元素原子,则构成_____型半导体。

10、描述微观粒子运动的波函数 $\Psi(\vec{r}, t)$ 满足的标准条件是_____

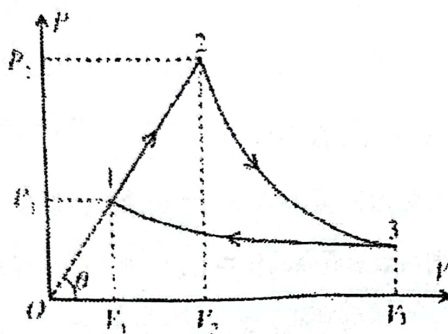


三、计算题(每题 10 分, 共 40 分)

1、1 mol 双原子分子理想气体, 进行如下图所示的可逆循环, 其中 $1 \rightarrow 2$ 为直线过程, $2 \rightarrow 3$ 为绝热过程, $3 \rightarrow 1$ 为等温过程, 已知 $T_2 = 2T_1$, $V_3 = 8V_1$, 试求:

(1) 各过程的功、热量以及内能增量(用 T_1 和已知常量表示);

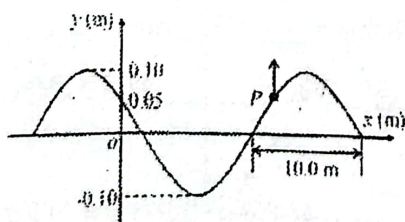
(2) 此循环的效率 η 。



2、下图为平面简谐波在 $t=0$ 时刻的波形图, 已知此简谐波的频率为 250 Hz , 且图中 P 点此时的运动方向为 y 轴正向。求:

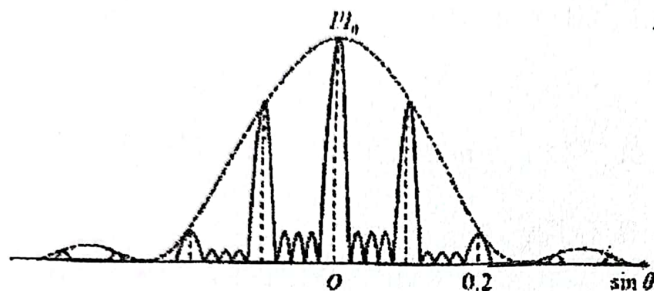
(1) 该简谐波的波函数;

(2) $x = 7.5 \text{ m}$ 处质点的运动方程以及 $t=0$ 时刻该点的振动速度。



3、波长为 600 nm 的单色平行光垂直入射到多缝上形成如图所示的衍射光强分布, 第三级缺级。试求:

- (1) 缝宽 a , 不透光部分的宽度 b ;
- (2) 屏幕上最多可呈现多少条衍射主极大;
- (3) 如将奇数序号的缝挡住, 则屏幕上将呈现什么图样? 试画出光强分布示意图。



4、薛定谔方程的一般形式为 $-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\Psi + V\Psi = i\hbar\frac{\partial\Psi}{\partial t}$, 其中 $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$, 现考虑一维情况。当势能 $V = V(x)$ 不显含时间时, 薛定谔方程有如下形式的解

$$\Psi(x,t) = \varphi(x)f(t)$$

- (1) 导出 $\varphi(x)$ 所满足的定态薛定谔方程;
- (2) 导出 $f(t)$ 的表达式;
- (3) 说明为什么 $\varphi(x)$ 称为定态波函数。

$$1. -\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2\varphi + V\varphi = E\varphi$$

$$2. f(t) = e^{-\frac{iEt}{\hbar}}$$

3. 几率随时间改变



2019-2020 学年第一学期期末考试 A 卷参考答案

一、选择题(每小题 3 分, 共 30 分)

1、【正解】C

【学解】气体速率分布函数的物理意义, $\int_{v_1}^{v_2} f(v)dv$, 表示 $v_1 \sim v_2$ 之间的分子的概率。

【考点延伸】《考试宝典》知识点十一 11.3 气体分子的速率

2、【正解】D

【学解】净功的值等于循环曲线围住的面积, 变大, 卡诺热机的效率 $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$, 不变

【考点延伸】《考试宝典》知识点十 10.3 循环过程

3、【正解】A

【学解】B、在系统状态变化的过程中, 如果逆过程能重复正过程的每一个状态, 而不引起其他变化, 这样的过程叫做可逆过程, 反之称为不可逆过程

C、热量不可能自动地从低温物体传向高温物体。

D、孤立系统的演化过程满足 $\Delta S \geq 0$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十 10.4 热力学第二定律

4、【正解】B

【学解】 $v = \frac{dx}{dt} = -A\omega \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right)$, $a = \frac{dv}{dt} = -A\omega^2 \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{4}\right)$, $t = \frac{T}{4}$ 时, $a = A\omega^2 \frac{\sqrt{2}}{2}$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十二 12.1 简谐振动

5、【正解】B

【学解】该题考查波的干涉极大条件

【考点延伸】《考试宝典》知识点十二 12.4 波的衍射和干涉

6、【正解】A

【学解】金属环下移, 拍频越来越小, 拍的周期越来越长

【考点延伸】《考试宝典》知识点十二 12.3 机械波

7、【正解】B

【学解】(2) 所在的位置磁通量较大, 故灯泡的亮度最高

【考点延伸】《考试宝典》知识点九 9.2 感应电动势

8、【正解】C

【学解】反射光为线偏振光, 则根据布儒斯特定律, 折射光为部分偏振光, 折射角与入射角互余



为 30°

【考点延伸】《考试宝典》知识点十三 13.4 光的偏振

9、【正解】A

【学解】最大初动能 $E_k = h\nu - W_0$ ，同一种金属逸出功 W_0 相同，则若 $E_{K1} > E_{K2}$ 则 $\nu_1 > \nu_2$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十四 14.3 光电效应

10、【正解】C

【学解】根据归一化条件 $\int_{-a}^a A^2 \cos^2 \frac{3\pi x}{2a} dx = A^2 a = 1 \Rightarrow A = \sqrt{\frac{1}{a}}$

$x = \frac{2a}{3}$ 处的概率密度 $\frac{1}{a} \cos^2 \frac{3\pi x}{2a} = \frac{1}{a}$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十四 14.6 不确定关系、薛定谔方程

二、填空题（每题3分，共30分）

1、【正解】(2); (1)

【学解】最概然速率 $v_p = \sqrt{\frac{2RT}{M}}$ ，同种气体不同温度下时，温度越高，最概然速率越大，对应

温度高的曲线是 (2)，相同温度下不同气体时，分子量越大，最概然速率越小，对应氧气的速率分布曲线时 (1)

【考点延伸】《考试宝典》知识点十一 11.3 气体分子的速率

2、【正解】260; -280

【学解】

(1) $a \rightarrow b$ 内能改变量 $\Delta E = Q - A = 350 - 130 = 220 \text{ J} = Q_1 - A'$ ，得 $Q_1 = 260 \text{ J}$

(2) $b \rightarrow a$ 内能改变量 $\Delta E' = Q_2 - A_2 = -\Delta E \Rightarrow Q_2 = -220 + (-60) = -280 \text{ J}$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十 10.1 热力学第一定律

3、【正解】3.43; $-\frac{2\pi}{3} \pm 2k\pi (k=0, 1, 2, \dots)$

【学解】 $\frac{\frac{\pi}{6} + \pi}{2\pi} = \frac{2}{T}$, $T = \frac{24}{7} = 3.43 \text{ s}$,

初相 $\varphi = -\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{6} \pm 2k\pi = -\frac{2\pi}{3} \pm 2k\pi (k=0, 1, 2, \dots)$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十二 12.1 简谐振动

4、【正解】 $\frac{14}{7}N$



【学解】 β^- 衰变 ${}^{14}_6\text{C} \rightarrow {}^{14}_7\text{N} + {}^0_{-1}\text{e}$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十四 14.9 原子核物理简介

5、【正解】 $\frac{9\lambda}{4n_2}$

【学解】在两个入射面都存在半波损失，则暗纹时有 $2n_2d = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ ($k=0, 1, 2, \dots$)，第五条暗纹时， $k=4$ ，得 $d = \frac{9\lambda}{4n_2}$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十三 13.2 光的干涉

6、【正解】 $\frac{D\lambda}{nd}$

【学解】 $\delta = n \frac{x_k d}{D} = \pm k\lambda \Rightarrow x_k = \pm k \frac{D\lambda}{nd}$ ， $\Delta x = x_{k+1} - x_k = \frac{D\lambda}{nd}$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十三 13.2 光的干涉

7、【正解】 $\frac{\pi}{6}$ (或 $-\frac{\pi}{6}$)

【学解】 $a \sin \varphi = \pm 5 \frac{\lambda}{2} \Rightarrow \varphi = \pm \frac{\pi}{6}$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十三 13.3 光的衍射

8、【正解】本题两套答案都对

不变；变长；变长

变长；不变；变长

【学解】某一波长的 X 光经物质散射后，其散射光中包含波长不变和波长变长的两种成分，散光中波长变长的现象称为康普顿散射

【考点延伸】《考试宝典》知识点十四 14.4 康普顿效应

9、【正解】P；空穴；N

【学解】将少量三价元素原子掺入四价元素半导体形成 P 型半导体，以空穴导电为主；将少量价元素原子掺入四价元素半导体形成 N 型半导体，以电子导电为主。

【考点延伸】《考试宝典》知识点十四 14.8 半导体和激光

10、【正解】单值、有限、连续

【学解】描述微观粒子运动的波函数 $\Psi(\vec{r}, t)$ 满足的标准条件是单值、有限、连续

【考点延伸】《考试宝典》知识点十四 14.6 不确定关系、薛定谔方程



三、计算题(每题10分,共40分)

1.【学解】

(1) 1→2过程, 升温升压

$$\Delta E_1 = C_V(T_2 - T_1) = \frac{5}{2}RT_1$$

$$A_1 = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) = \frac{1}{2}R(T_2 - T_1) = \frac{1}{2}RT_1$$

$$Q_1 = \Delta E_1 + A_1 = \frac{5}{2}RT_1 + \frac{1}{2}RT_1 = 3RT_1$$

2→3: 绝热膨胀过程

$$Q_2 = 0$$

$$\Delta E_2 = C_V(T_3 - T_2) = C_V(T_1 - T_2) = -\frac{5}{2}RT_1$$

$$A_2 = -\Delta E_2 = \frac{5}{2}RT_1$$

3→1等温压缩过程

$$\Delta E_3 = 0$$

$$A_3 = -RT_1 \ln \frac{V_3}{V_1} = -3RT_2 \ln 2 = -2.08RT_1$$

$$Q_3 = A_3 = -2.08RT_1$$

$$(2) \eta = 1 - \frac{|Q_3|}{Q_1} = 1 - \frac{2.08}{3} = 30.7\%$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十 10.2 理想气体的四个重要演化过程

2.【学解】

(1) 从图中可以得到:

波的振幅 A 为: $A = 0.10 \text{ m}$, 波长 λ 为: $\lambda = 20.0 \text{ m}$

$$\omega = 2\pi\nu = 500\pi \text{ rad/s}$$

所以波速 u 为: $u = \lambda\nu = 5.0 \times 10^3 \text{ m/s}$

由 P 的运动方向向上, 波沿 Ox 轴负方向传播。

$$\text{设波函数为: } y = A \cos \left[\omega \left(t + \frac{x}{u} \right) + \varphi \right] \text{ m}$$

从图中可知 $t=0$ 时, $x=0$ 处的质点向下运动, 且 $y=0.05 \text{ m}$, 可得:



$$\frac{A}{2} = A \cos \varphi, \quad -\omega A \sin \varphi < 0 \text{ 可得: } \cos \varphi = \frac{1}{2}, \quad \sin \varphi > 0$$

$$\text{得 } \varphi = \frac{\pi}{3}$$

$$\text{所以波函数为 } y = 0.10 \cos \left[500\pi \left(t + \frac{x}{5000} \right) + \frac{\pi}{3} \right] \text{ m}$$

$$y = 0.10 \cos \left(500\pi t + \frac{\pi x}{10} + \frac{\pi}{3} \right) \text{ m}$$

$$(2) \quad x = 7.5 \text{ m 处质点的运动方程为: } y = 0.10 \cos \left(500\pi t + \frac{13\pi}{12} \right) \text{ m}$$

$$v = \left. \frac{dy}{dt} \right|_{t=0} = -0.10 \times 500\pi \sin \left(\frac{13\pi}{12} \right) = 40.7 \text{ m/s}$$

【考点延伸】《考试宝典》知识点十二 12.3 机械波

3、【学解】

(1) 由次级条纹的暗纹数, 可得 $N = 5$;

由光栅方程 $d \sin \theta = k\lambda$, 将 $k = 2$, $\sin \theta = 0.2$ 代入得:

$$d = 10\lambda = 6.0 \times 10^{-6} \text{ m}$$

因为第三级缺级, 有 $\frac{d}{a} = 3$ 可得:

$$a = 2.0 \times 10^{-6} \text{ m}, \quad b = 4.0 \times 10^{-6} \text{ m}$$

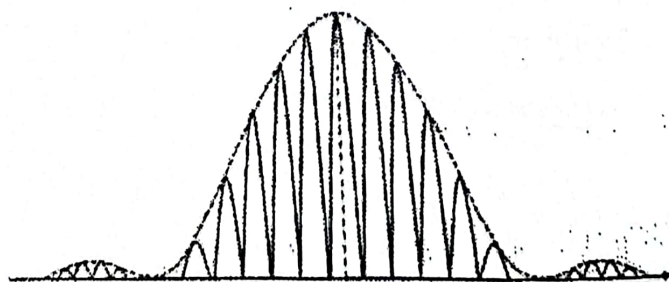
(2) 由光栅方程 $d \sin \theta = k\lambda$, 可得 $k_{\max} < \frac{d}{\lambda} = 10$

屏幕上最多可呈现 $k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 4, \pm 5, \pm 7, \pm 8$ 共十三条亮条纹

(3) 将奇数的缝挡住, 变为双缝, 屏幕上将呈现双缝衍射花样

此时 $d = 6a$, 第6级缺级,

其光强分布示意图如下:



上图横轴和纵轴的标度, 以及是否标示, 均不扣分。



只看衍射中央零级亮斑内的条纹数, 不看两侧的小峰的个数。

【考点延伸】《考试宝典》知识点十三 13.3 光的衍射

4. 【学解】

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \Psi(x, t) + V(x) \Psi(x, t) = i\hbar \frac{\partial \Psi(x, t)}{\partial t}$$

$$\text{令 } \Psi(x, t) = \varphi(x) f(t)$$

$$i\hbar \frac{1}{f(t)} \frac{df(t)}{dt} = -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{1}{\varphi(x)} \nabla^2 \varphi(x) + V(x)$$

注意到等号左边是时间的函数, 而右边则是位置的函数, 所以两边都等于常数 E

$$\text{左边方程等于 } E \text{ 的解为 } f(t) = e^{-\frac{iEt}{\hbar}}$$

右边方程等于 E 可转化为不含时薛定谔方程:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \varphi(x) + V(x) \varphi(x) = E \varphi(x)$$

$$(1) -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \varphi(x) + V(x) \varphi(x) = E \varphi(x)$$

$$(2) f(t) = e^{-\frac{iEt}{\hbar}}$$

(3) 粒子处于定态, 则粒子在空间某处出现的几率不随时间而改变, 因为该函数不含时间变量, 则 $\varphi(x)$ 可称为定态波函数。

【考点延伸】《考试宝典》知识点十四 14.6 不确定关系、薛定谔方程

