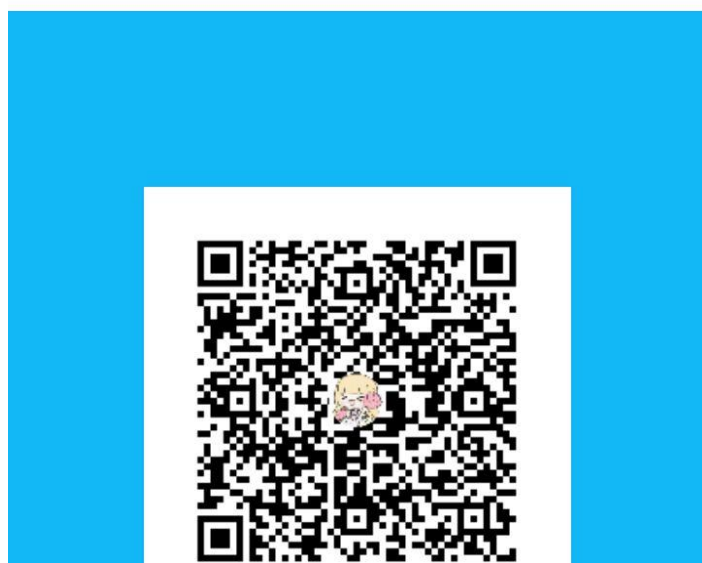


哈工大网盘计划简介

1.项目初衷

鉴于 (1) 哈工大各类 QQ 群内学习资料多且繁杂，而文件文字太多会导致文件被 tx 屏蔽或者降低 QQ 群信用星级；(2) 校内诚信复印和纸张记忆垄断；(3) 很多营销号在卖资料且售价很高；(4) 学长学姐的自编材料很好，还想分享给下一届；等问题，网盘计划应运而生！哈尔滨工业大学网盘计划**旨在将窝工的各类学习资料进行归类整理，并且以网盘的形式发出来**，历时一年，现已小成，扫描了上百份校内复印店试题文档，归类整理了近 40 个 G 的学习资料给大家，已经花费上千元，现入不敷出，如果您希望网盘计划继续运营下去的话，可通过以下方式进行捐赠。



推荐使用微信支付



2.网盘计划成就（密码 1920）

哈工大网盘计划
密码1920



微信公众号二维码



群名称:哈工大网盘计划（预）
群 号:953062322

腾讯自动屏蔽以上链接，请用浏览器扫一扫

老集文流群

189868951

哈工大 2011 年秋季学期大学物理 A 期末试题

一、填空题

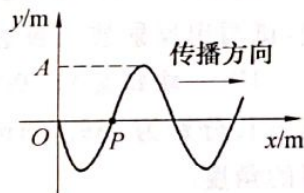
1. 氢分子的质量为 3.3×10^{-24} g, 如果每秒有 10^{23} 个氢分子沿着与容器器壁的法线成 45° 角的方向以 10^5 cm/s 的速率撞击在 2.0 cm² 面积上(碰撞是完全弹性的), 则此氢气的压强为 _____

2. 试写出克劳修斯的熵的定义式: _____

3. 有 1 mol 刚性双原子分子理想气体, 在等压膨胀过程中对外做功 W , 则其温度变化 $\Delta T =$ _____; 从外界吸取的热量 $Q_p =$ _____

4. 一质点作简谐振动, 速度最大值 $v_m = 5$ cm/s, 振幅 $A = 2$ cm. 若令速度具有正最大值的那一时刻为 $t = 0$, 则振动表达式为 _____

5. 如图所示是一平面简谐波在 $t = 2$ s 时刻的波形图, 波的振幅为 0.2 m, 周期为 4 s, 则图中 P 点处质点的振动方程为 _____



题 5 图

6. 折射率分别为 n_1 和 n_2 的两块平板玻璃构成空气劈尖, 用波长为 λ 的单色光垂直照射. 如果将该劈尖装置浸入折射率为 n 的透明液体中, 且 $n_2 > n > n_1$, 则劈尖厚度为 e 的地方两反射光的光程差的改变量是 _____.

7. 波长为 600 nm (1 nm = 10^{-9} m) 的单色光, 垂直入射到某种双折射材料制成的四分之一波片上. 已知该材料对非寻常光的主折射率为 1.74 , 对寻常光的折射率为 1.71 , 则此波片的最小厚度为 _____

8. 令 $\lambda_c = \frac{h}{m_e c}$ (称为电子的康普顿波长, 其中 m_e 为电子静止质量, c 为真空中光速, h 为普朗克常量). 当电子的动能等于它的静止能量时, 它的德布罗意波长是 $\lambda =$ _____ λ_c .

9. 根据量子力学原理, 当氢原子中电子的轨道角动量大小 $L = \sqrt{6} \hbar$ 时, L 在外磁场方向上的投影 L_z 可取的值分别为 _____

10. 有一种原子, 在基态时 $n = 1$ 和 $n = 2$ 的主壳层都填满电子, $3s$ 次壳层也填满电子, 而 $3p$ 壳层只填充一半. 这种原子的原子序数是 _____.

二、计算题

11. 导体中自由电子的运动可看成类似于气体中分子的运动. 设导体中共有 N 个自由电子, 其中电子的最大速率为 v_m , 电子速率在 $v - v + dv$ 之间的概率为

$$\frac{dN}{N} = \begin{cases} A v^2 dv & (0 \leq v \leq v_m) \\ 0 & (v > v_m) \end{cases}$$

式中 A 为常数.

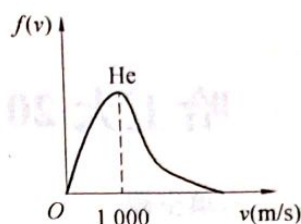
(1) 用 N, v_m 定出常数 A ;

(2) 试求导体中 N 个自由电子的平均速率

12. 某理想气体的定压摩尔热容为 29.1 J \cdot mol⁻¹ \cdot K⁻¹. 求它在温度为 273 K 时分子平均

转动动能。(玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)

13. 氦气分子的速率分布曲线如图所示, 试在图上画出同温度下氢气分子的速率分布曲线的大致情况, 并求氢气分子在该温度时的最可几速率和方均根速率.



题 13 图

14. 某种理想气体在温度为 300 K 时, 分子平均碰撞频率为 $\bar{Z}_1 = 5.0 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$. 若保持压强不变, 当温度升到 500 K 时, 求分子的平均碰撞频率 \bar{Z}_2 .

15. 一物体同时参与两个同方向的简谐振动:

$$x_1 = 0.04 \cos\left(2\pi t + \frac{\pi}{2}\right) \text{ (SI)}, x_2 = 0.03 \cos(2\pi t + \pi) \text{ (SI)}$$

求此物体的振动方程.

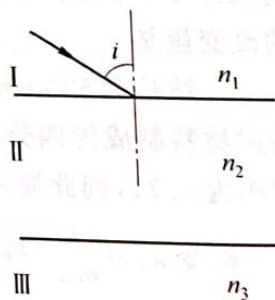
16. 在弹性媒质中有一沿 x 轴正向传播的平面波, 其表达式为

$$y = 0.01 \cos\left(4t - \pi x - \frac{\pi}{2}\right) \text{ (SI)}$$

若在 $x = 5.00 \text{ m}$ 处有一媒质分界面, 且在分界面处反射波相位突变 π , 设反射波的强度不变, 试写出反射波的表达式.

17. 一块每毫米 500 条缝的光栅, 用钠黄光正入射, 观察衍射光谱. 钠黄光包含两条谱线, 其波长分别为 589.6 nm 和 589.0 nm . ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) 求在第二级光谱中这两条谱线互相分离的角度.

18. 如图安排的三种透明介质 I, II, III, 其折射率分别为 $n_1 = 1.0, n_2 = 1.43$ 和 n_3 , II 和 I, III 的界面相互平行. 一束自然光由介质 I 中入射, 若在两个交界面上的反射光都是线偏振光, 则



题 18 图

(1) 入射角 i 是多大?

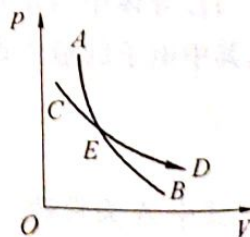
(2) 折射率 n_3 是多大?

19. 在用迈克耳孙干涉仪的实验中所用单色光的波长为 $\lambda = 589.3 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), 在反射镜 M_2 转动过程中, 在观测的干涉区域宽度 $L = 12 \text{ mm}$ 内干涉条纹从 12 条增加到 $N_2 = 20$ 条. 求 M_2 转过的角度.

20. 同时测量能量为 1 keV 作一维运动的电子的位置与动量时, 若位置的不确定值在 0.1 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) 内, 则动量的不确定值的百分比 $\frac{\Delta p}{p}$ 至少为何值? (电子质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, $1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$, 普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

三、理论推导

21. 如图所示, AB 为一理想气体绝热线. 设气体由任意 C 态经准静态过程变到 D 态, 过程曲线 CD 与绝热线 AB 相交于 E , 试证明: CD 过程为吸热过程.



题 21 图

22. 在一维无限深势阱中运动的粒子, 由于边界条件的限制, 势阱宽度 d 必须等于德布罗意波半波长的整数倍. 试利用这一条件导出能量量子化公式

$$E_n = \frac{n^2 h^2}{8m d^2} \quad (n=1,2,3,\dots)$$

(提示:非相对论的动能和动量的关系 $E_k = \frac{p^2}{2m}$)

23. 氢原子发射一条波长为 $\lambda = 4\,340 \text{ \AA}$ 的光谱线. 试问该谱线属于哪一谱线系? 氢原子是从哪个能级跃迁到哪个能级辐射出该光谱线的? (里德伯常量 $R = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$)

数值分析QQ群
926420643

资源共享QQID
HGDZYFXZ

哈工大 2011 年秋季学期大学物理 A 期末试题参考答案

一、填空题

1. $2.33 \times 10^3 \text{ Pa}$

2. $S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}$ (可逆过程)

3. $\frac{W}{R}; \frac{7W}{2}$

4. $x = 2 \times 10^{-2} \cos\left(\frac{5t}{2} - \frac{1}{2}\pi\right)$ (SI)

5. $y_p = 0.2 \cos\left(\frac{1}{2}\pi t - \frac{1}{2}\pi\right)$

6. $2(n-1)e - \frac{\lambda}{2}$ 或者 $2(n-1)e + \frac{\lambda}{2}$

7. $5 \mu\text{m}$

8. $\frac{1}{\sqrt{3}}$

9. $0, \pm \hbar, \pm 2\hbar$

10. 15

参考解:

$$n=1 \text{ 壳层电子数 } 2n^2 = 2$$

$$n=2 \text{ 壳层电子数 } 2n^2 = 8$$

$$3s \text{ 壳层电子数 } 2(2l+1) = 2$$

二、计算题

11. 解: (1) 根据已知条件可知电子速率分布函数为

$$f(v) = \frac{dN}{Ndv} = \begin{cases} Av^2 & (0 \leq v \leq v_m) \\ 0 & (v > v_m) \end{cases}$$

根据速率分布函数的归一化条件

$$\int_0^{\infty} f(v) dv = 1$$

有

$$\int_0^{v_m} Av^2 dv + \int_{v_m}^{\infty} 0 dv = \frac{A}{3} v_m^3 = 1$$

解得

$$A = \frac{3}{v_m^3}$$

(2) 根据平均速率定义

四六级交流群
741109221

电影社
2007年 725682926

$$\bar{v} = \frac{\int v dN}{N}$$

可得

$$\begin{aligned} \bar{v} &= \int_0^{\infty} v f(v) dv = \int_0^{v_m} v f(v) dv \\ &= \int_0^{v_m} v A v^2 dv = \frac{1}{4} A v_m^4 = \frac{3}{4} v_m \end{aligned}$$

12. 解:

$$C_r = \frac{i+2}{2} R = \frac{i}{2} R + R$$

故

$$i = \frac{2(C_r - R)}{R} = 2\left(\frac{C_r}{R} - 1\right) = 5$$

可见是双原子分子, 只有两个转动自由度.

$$\bar{\epsilon}_r = \frac{2kT}{2} = kT = 3.77 \times 10^{-21} \text{ J}$$

13. 解: 氧气的速率分布曲线如图中虚线所示.

$$\frac{(v_p)_{\text{H}_2}}{(v_p)_{\text{He}}} = \left(\frac{M_{\text{molHe}}}{M_{\text{molH}_2}}\right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{2}$$

所以 $(v_p)_{\text{H}_2} = \sqrt{2} (v_p)_{\text{He}} = 1.41 \times 10^3 \text{ m/s}$

$$(\sqrt{v^2})_{\text{H}_2} = (v_p)_{\text{He}} \sqrt{\frac{3 M_{\text{molHe}}}{2 M_{\text{molH}_2}}} = 1.73 \times 10^3 \text{ m/s}$$

或

$$(\sqrt{v^2})_{\text{H}_2} = (v_p)_{\text{He}} \sqrt{\frac{3}{2}} = 1.73 \times 10^3 \text{ m/s}$$

14. 解: 据

$$\bar{Z} = \sqrt{2} \pi d^2 \bar{v} n$$

得

$$\begin{aligned} \frac{\bar{Z}_2}{\bar{Z}_1} &= \frac{\bar{v}_2 n_2}{\bar{v}_1 n_1} \\ &= \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{T_1}{T_2} \\ &= \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{2}} \end{aligned}$$

所以

$$\bar{Z}_2 = \left(\frac{3}{5}\right)^{\frac{1}{2}} \bar{Z}_1 = 3.87 \times 10^9 \text{ s}^{-1}$$

15. 解: 设合成运动(简谐振动)的振动方程为

$$x = A \cos(\omega t + \varphi)$$

则

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2 A_1 A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1)$$

以 $A_1 = 4 \text{ cm}$, $A_2 = 3 \text{ cm}$, $\varphi_2 - \varphi_1 = \pi - \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2}$ 代入式 ①, 得

$$A = \sqrt{4^2 + 3^2} \text{ cm} = 5 \text{ cm}$$

又

$$\begin{aligned} \varphi &= \operatorname{arctg} \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2} \\ &\approx 127^\circ \approx 2.22 \text{ rad} \end{aligned}$$

所以

$$x = 0.05 \cos(2\pi t + 2.22) \quad (\text{SI})$$

16. 解: 反射波在 x 点引起的振动相位为

$$\begin{aligned} \omega t + \varphi &= 4t - \pi(5 + 5 - x) - \frac{\pi}{2} + \pi \\ &= 4t + \pi x + \frac{\pi}{2} - 10\pi \end{aligned}$$

反射波表达式为

$$y = 0.01 \cos\left(4t + \pi x + \frac{\pi}{2} - 10\pi\right) \quad (\text{SI})$$

或

$$y = 0.01 \cos\left(4t + \pi x + \frac{\pi}{2}\right) \quad (\text{SI})$$

17. 解: 光栅公式, $d \sin \theta = k\lambda$

现

$$d = \frac{1}{500} \text{ mm} = 2 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$\sin \theta_1 = \frac{k\lambda_1}{d} = 0.5896$$

$$\sin \theta_2 = \frac{k\lambda_2}{d} = 0.5890$$

$$\delta\theta = \theta_1 - \theta_2 = 0.043^\circ$$

18. 解: (1) 据布儒斯特定律

$$\operatorname{tg} i = \frac{n_2}{n_1} = 1.43$$

所以

$$i = 55.03^\circ$$

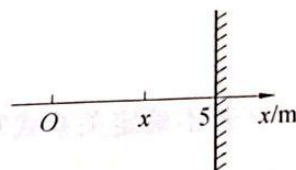
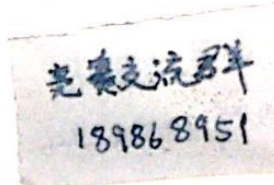
(2) 令在介质 II 中折射角为 r , 则

$$r = 0.5\pi - i$$

此 r 在数值上等于介质 II, III 界面上的入射角. 由布儒斯特定律 $\operatorname{tg} r = \frac{n_3}{n_2}$

得

$$n_3 = n_2 \operatorname{tg} r = n_2 \operatorname{ctg} i = \frac{n_2 n_1}{n_2} = 1.00$$



题 16 图

19. 解:

$$\begin{aligned}\Delta\theta &= \frac{\lambda}{2L}(N_2 - N_1) \\ &= 1.96 \times 10^{-4} \text{ rad}\end{aligned}$$

电学组
725682926

20. 解: 1 keV 的电子, 其动量为

$$p = (2mE_k)^{\frac{1}{2}} = 1.71 \times 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

据不确定关系式
得

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq \hbar$$

$$\Delta p \geq \frac{\hbar}{\Delta x} = 0.106 \times 10^{-23} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$$

$$\frac{\Delta p}{p} = 0.062 = 6.2\%$$

(若不确定关系式写成 $\Delta p \cdot \Delta x \geq h$, 则 $\frac{\Delta p}{p} = 39\%$, 或写成 $\Delta p \cdot \Delta x \geq \frac{h}{2}$, 则 $\frac{\Delta p}{p} = 3.1\%$, 均可视为正确)

三、理论推导

21. 证: 过点 C 作另一条绝热线 A'B', 由热力学第二定律可知 A'B' 与 AB 不可能相交, 一定在 AB 下方, 过点 D 作一等体线, 它与绝热线 A'B' 相交于 M. 根据热力学第一定律有

$$Q_{CD} = E_D - E_C + W_{CD}$$

$$Q_{CM} = E_M - E_C + W_{CM}$$

① - ② 得

$$Q_{CD} - Q_{CM} = E_D - E_M + W_{CD} - W_{CM}$$

而 $Q_{CM} = 0$ (绝热过程)

在等体线上, 点 D 压强大于 M 点, 所以 $T_D > T_M$

因而

$$E_D - E_M > 0$$

由图可知

$$W_{CD} > W_{CM}$$

所以

$$Q_{CD} > 0$$

22. 解: 依题意

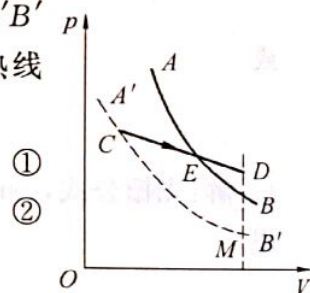
$$\frac{n\lambda}{2} = d$$

则有

$$\lambda = \frac{2d}{n}$$

由于

$$p = \frac{h}{\lambda}$$



题 21 图

则

$$p = \frac{nh}{2d}$$

故

$$E = \frac{p^2}{2m} = \frac{n^2 h^2}{8md^2}$$

即

$$E_n = \frac{n^2 h^2}{(8md^2)} \quad (n=1, 2, 3, \dots)$$

23. 答: 4340 \AA 属于可见光范围, 谱线属于巴尔末系.

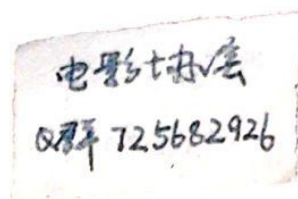
$$\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right)$$

$$n^2 = \frac{1}{\frac{1}{4} - \frac{1}{\lambda R}} = \frac{4\lambda R}{\lambda R - 4}$$

代入数值可得

$$n \approx 5$$

可见该辐射是氢原子从 $n=5$ 的能级跃迁到 $n=2$ 的能级的辐射.



哈工大 2012 年秋季学期大学物理 A 期末试题

一、填空题

1. 一定量的理想气体储存于某一容器中, 温度为 T , 气体分子的质量为 m , 根据理想气体的分子模型和统计假设, 分子速度在 x 方向的分量平方的平均值为_____.

2. 一定量的理想气体分别由初态 a 经 ① 过程 ab 和由初态 a' 经 ② 过程 $a'cb$ 到达相同的终态 b , 如图, 则两个过程中气体从外界吸收的热量 Q_1 _____ Q_2 . (填 $<$, $>$ 或 $=$)

3. 边长为 1 m 的立方箱子内盛有处于标准状态下的 3×10^{25} 个氧分子, 此时氧分子的平均速率 $\bar{v} =$ _____ m/s . 若已知在单位时间内撞击在容器器壁单位面积上的分子数是 $\frac{1}{4}n\bar{v}$ (其中 n 为分子数密度), 计算 1 s 内氧分子与箱子碰撞的次数 $N =$ _____ s^{-1} .

4. 在温度为 T 的平衡状态下, 试问在重力场中分子质量为 m 的气体, 当分子数密度减少一半时的高度 $h =$ _____.

5. 一定量的理想气体, 在 $P-T$ 图上经历一个如图所示的循环过程, 其中 a 到 b 以及 c 到 d 两个过程, 是绝热过程, 则该循环的效率为_____.

6. 要使一束线偏振光通过偏振片之后振动方向转过 90° , 至少需要让这束光通过_____块理想偏振片, 在此情况下, 透射光强最大是原来光强的_____倍.

7. 波长为 $0.400\ \mu\text{m}$ 的平面光波朝 x 轴正向传播, 若波长的相对不确定量 $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 10^{-6}$, 则光子动量数值的不确定量 $\Delta p_x =$ _____, 而光子坐标的最小不确定量 $\Delta x =$ _____. (普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34}\text{ J}\cdot\text{s}$)

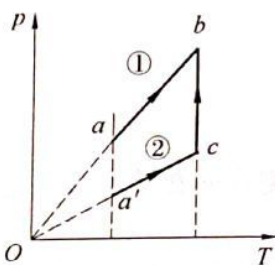
8. 频率为 ν 的一维线性谐振子的量子力学解, 其能量由下式给出: _____, 其中最低的量子态能量为 _____, 称为“零点能”.

二、计算题

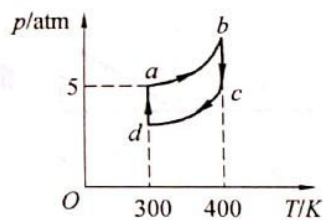
9. 已知在温度为 0°C 和某一压强下, 氧气分子的平均自由程 $\bar{\lambda}_1 = 9.5 \times 10^{-8}\text{ m}$, 从盛氧容器中吸出一部分氧气, 使压强变为原来的 $\frac{1}{100}$, 试求这时氧气分子的平均自由程 $\bar{\lambda}_2$ 和平均碰撞频率 Z_2 . (普适气体常量 $R = 8.31\text{ J mol}^{-1}\text{ K}^{-1}$)

10. 1 mol 双原子分子理想气体从状态 $A(P_1, V_1)$ 沿 $P-V$ 图所示直线变化到状态 $B(P_2, V_2)$, 试求:

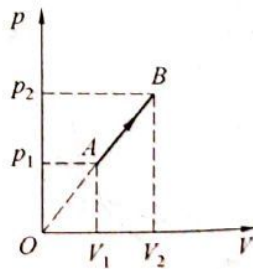
- (1) 气体的内能增量;
- (2) 气体对外界所做的功;



题 2 图



题 5 图



题 10 图

电学计划
2021 725682926

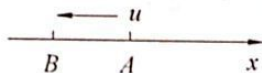
- (3) 气体吸收的热量;
- (4) 此过程的摩尔热容.

11. 一气缸内盛有一定的单原子理想气体, 若绝热压缩使其体积减半, 问气体分子的平均速率为原来的几倍?

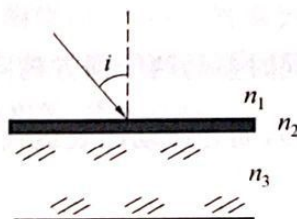
12. 如图所示, 一平面波在介质中以波速 $u = 20 \text{ m/s}$ 沿 x 轴负方向传播, 已知点 A 的振动方程为 $y = 3 \times 10^{-2} \cos 4\pi t$ (SI).

- (1) 以点 A 为坐标原点写出波的表达式;
- (2) 以距点 A 5 m 处的点 B 为坐标原点, 写出波的表达式.

13. 在折射率为 n_3 的平板玻璃上镀一层薄膜(折射率为 n_2), 波长为 λ 的单色平行光从空气(折射率为 n_1) 中以入射角 i 射到薄膜上, 欲使反射光尽可能增强, 所镀薄膜的最小厚度是多少? (设 $n_1 < n_2 < n_3$)



题 12 图



题 13 图

14. 以波长为 $\lambda = 500 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) 的单色平行光斜入射在光栅常数为 $d = 2.10 \mu\text{m}$ 、缝宽为 $a = 0.700 \mu\text{m}$ 的光栅上, 入射角为 $i = 30^\circ$, 求能看到哪几级光谱线.

15. 已知 x 射线光子的能量为 0.60 MeV , 若在康普顿散射中散射光子的波长为入射光子的 1.2 倍, 试求反冲电子的动能.

16. 处于第一激发态的氢原子被外来单色光激发后, 发射的光谱中, 仅观察到三条巴尔末系光谱线, 试求这三条光谱线中波长最长的那条谱线的波长以及外来光的频率. (里德伯常量 $R = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$)

17. 质量为 m_e 的电子被电势差 $U_{12} = 100 \text{ kV}$ 的电场加速, 如果考虑相对论效应, 试计算其德布罗意波的波长. 若不用相对论计算, 则相对误差是多少? (电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

三、理论推导与证明题

18. 由理想气体等温膨胀过程说明玻尔兹曼熵与克劳修斯熵的等效性.

哈工大 2012 年秋季学期大学物理 A 期末试题参考答案

一、填空题

1. 0

2. >

3. 425; 1.9×10^{28}

4. $\frac{kT \ln 2}{mg}$

5. 25%

6. 2; $\frac{1}{4}$

7. $1.66 \times 10^{-33} \text{ kg} \cdot \text{m/s}$; 0.4 m

8. $E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right) h\nu, (n=0, 1, 2, \dots); \frac{1}{2} h\nu$

二、计算题

9. 解: 由平均自由程公式和平均碰撞频率公式

$$\bar{\lambda} = \frac{kT}{\sqrt{2} \pi d^2 p}$$

$$\bar{z} = \sqrt{2} \pi n d^2 \bar{v}$$

有:

平均自由程为 $\bar{\lambda}_2 = 9.5 \times 10^{-6} \text{ m}$;

平均碰撞频率为 $\bar{Z}_2 = 4.5 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$.

10. 解: (1) 气体内能增量为 $\Delta E = \nu \frac{i}{2} RT$

所以

$$\Delta E = \frac{5}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

(2) 气体对外界做功为

$$A = \int dA = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

(3) 由热力学第一定律有 $Q = A + \Delta E$

所以

$$Q = 3(P_2 V_2 - P_1 V_1)$$

(4) 摩尔热容为

$$C = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{3(P_2 V_2 - P_1 V_1)}{\Delta T}$$

即 $C = 3R$.

11. 解: 由绝热方程 $V^{\gamma} T = C$ (常数)

而平均速率 $v \propto \sqrt{T}$

有平均速率为原来的 1.26 倍.

12. 解: (1) 以点 A 为坐标原点, 波的表达式为

$$y = 3 \times 10^{-2} \cos 4\pi \left[t + \left(\frac{x}{20} \right) \right] \quad (\text{SI})$$

(2) 周期为 $T = 0.5 \text{ s}$

波长为 $\lambda = uT = 10 \text{ m}$

所以, 点 B 的振动方程为

$$y = 3 \times 10^{-2} \cos(4\pi t - \pi)$$

所以, 以点 B 为坐标原点的波的表达式为

$$y = 3 \times 10^{-2} \cos \left\{ 4\pi \left[t + \left(\frac{x}{20} \right) \right] - \pi \right\} \quad (\text{SI})$$

13. 解: 上下表面反射均有半波损失, 所以

$$\delta = 2e \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i_1}$$

最小厚度, 要求 $\delta = \lambda$

所以有

$$e = \frac{\lambda}{2 \sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i}}$$

14. 解: 光栅方程为

$$(a + b) \sin \theta = k\lambda \quad (k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots)$$

缺级条件为

$$\frac{a + b}{a} = \frac{k}{k'}$$

考虑到衍射角不能大于 90° , 并且考虑缺级, 计算后有:

能看到 $-5, -4, -2, -1, 0, 1, 2$ 共 7 条谱线.

15. 解: 康普顿散射的光子波长改变为

$$\Delta\lambda = \frac{2h}{m_0 c} \sin^2 \frac{\theta}{2}$$

光子能量与波长的关系为 $E = \frac{hc}{\lambda}$

根据能量守恒, 反冲电子获得的能量就是入射光子与散射光子能量的差值,

反冲电子的动能为总能量减去静止能量,

所以计算有, 反冲电子的动能为 0.10 MeV .

16. 解: 巴尔末系光谱

$$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (n = 3, 4, 5, \dots)$$

所以氢原子被激发到了 $n = 5$ 能级上,

波长最长的谱线是从 $n = 3$ 跃迁到 $n = 2$ 上, 得到其波长为 $\lambda = 656 \text{ nm}$;

外来光的频率为 $\nu = 6.91 \times 10^{14} \text{ Hz}$

二手市场 Q 群
731429909

17. 解: 考虑相对论效应, 电子能量为 $E = mc^2$

动能

$$E_k = E - E_0 = e U_{12}$$

动量与能量的关系为

$$p^2 c^2 = E^2 - E_0^2$$

德布罗意波长为 $\lambda = \frac{h}{p}$

可计算得出德布罗意波长为

$$\lambda = 3.71 \times 10^{-12} \text{ m}$$

若不考虑相对论效应, 则

$$E_k = \frac{1}{2} m v^2 = e U_{12}$$

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m_e v}$$

最后计算得, 相对误差为 4.6%.

三、理论推导与证明题

18. 证明: 设 1 mol 理想气体等温膨胀, 体积由 V_1 增至 V_2 , 系统初、末态的热力学概率之比为

$$\frac{W_2}{W_1} = \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{N_A}$$

N_A 为阿伏加德罗常数, 即 1 mol 理想气体内的分子数. 此过程引起系统的熵增:

$$\Delta S = S_2 - S_1 = k \ln W_2 - k \ln W_1 = k \ln \frac{W_2}{W_1} = k \ln \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^{N_A}$$

$$= k N_A \ln \frac{V_2}{V_1} = R \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{RT \ln \frac{V_2}{V_1}}{T}$$

又由于等温过程中系统由外界吸热

$$Q = RT \ln \frac{V_2}{V_1}$$

代入上式, 得

$$\Delta S = \frac{Q}{T}$$

对无限小过程可写为

$$dS = \frac{\delta Q}{T}$$

此即克劳修斯熵公式, 以上推证说明玻尔兹曼熵与克劳修斯熵是等效的.

图六级O群
741109221

哈工大彩虹墙
3609217933

哈工大 2013 年秋季学期大学物理 A 期末试题

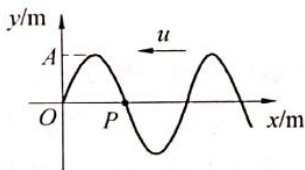
一、填空题

1. 容积恒定的容器内盛有一定量某种理想气体,其分子热运动的平均自由程为 $\bar{\lambda}_0$,平均碰撞频率为 \bar{Z}_0 ,若气体的热力学温度降低为原来的 $\frac{1}{4}$ 倍,则此时分子平均自由程 $\bar{\lambda} =$ _____和

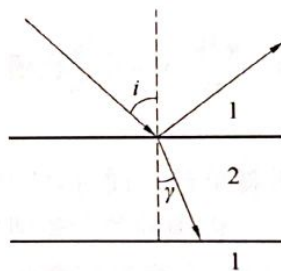
平均碰撞频率 $\bar{Z} =$ _____

2. 如图所示为一平面简谐波在 $t=2\text{ s}$ 时刻的波形图,该简谐波的表达式是_____; P 处质点的振动方程是_____。(该波的振幅 A 、波速 u 与波长 l 为已知量)

3. 如图所示,媒质 1 和媒质 2 交界面相互平行.一束自然光由媒质 1 以 i 角入射.若 1,2 交界面的反射光为完全线偏振光,则图中媒质 2 上表面处的折射角 $\gamma =$ _____;媒质 2 下表面处的反射光_____ (“是”或“不是”)线偏振光



题 2 图

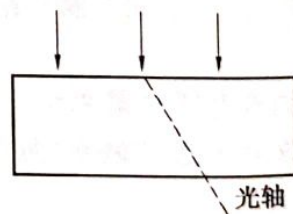


题 3 图

4. 菲涅耳以_____观点发展了惠更斯原理,从而得到了惠更斯—菲涅耳原理

5. 若某种理想气体分子的方均根速率 $\sqrt{v^2} = 450\text{ m/s}$,气体压强为 $p = 7 \times 10^4\text{ Pa}$,则该气体的密度为 $r =$ _____

6. 如图所示,一非偏振光垂直投射在由方解石晶体切割出来的晶片上,光轴在图面内用虚线表示.请用惠更斯作图法,在附图中画出晶体中 o 光、 e 光的传播方向,并标明其振动(电矢量)方向.



题 6 图

7. 锂原子($Z=3$)中含有 3 个电子,电子的量子态可用 (n, l, m_l, m_s) 四个量子数来描述,若已知基态下一个电子的量子态为 $(1, 0, 0, -\frac{1}{2})$,则其余两个电子的量子态分别为_____和_____

8. 量子力学中,动量、动能以及能量的一维分量算符形式在坐标空间中可以分别表示为 $\hat{p}_x =$ _____; $\hat{T}_x =$ _____; $\hat{H} =$ _____

9. 量子力学中的隧道效应是指_____,这种效应是微观粒子_____的表现.

10. 波长为 400 nm 的平面光波朝 x 轴正向传播, 若波长的相对不确定量 $\frac{\Delta \lambda}{\lambda} = 10^{-6}$, 则光子动量数值的不确定量 $\Delta p_x =$ _____, 而光子坐标的最小不确定量 $\Delta x =$ _____. (普朗克常量 $h \approx 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

11. 钴 ($Z = 27$) 有两个电子在 $4s$ 态, 没有其他 $n \geq 4$ 的电子, 则在 $3d$ 态的电子可有 _____ 个.

12. 当照射光的波长从 400 nm 变到 300 nm 时, 光强不变, 对同一金属, 在光电效应实验中, 波长变化后的截止电压与之前的截止电压之差为 _____; 变化后的饱和光电流与之前的饱和光电流之比为 $I_{s2} : I_{s1} =$ _____ (普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$; 电子电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

13. 在加热黑体过程中, 其最大单色辐出度对应的波长变到原来的 $\frac{1}{3}$, 则其辐射出射度增大为原来的 _____ 倍.

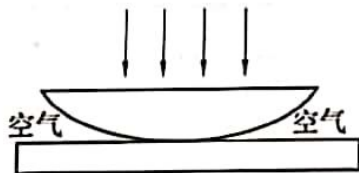
二、计算题

14. 用波长为 λ_1 的单色光垂直照射牛顿环装置时, 测得中央暗斑外第 1 和第 4 暗环半径之差为 l_1 , 而用未知单色光垂直照射时, 测得第 1 和第 4 暗环半径之差为 l_2 , 求未知单色光的波长 λ_2 . (已知平凸透镜与平板玻璃为同种材料)

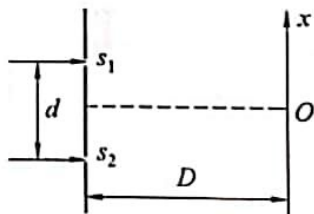
15. 在杨氏双缝干涉实验中, $D = 2 \text{ m}$, $d = 0.55 \text{ mm}$, 用波长为 $\lambda = 550 \text{ nm}$ 的单色光垂直照射双缝

(1) 求原点 O (零级明条纹所在处) 上方的第四级明条纹的坐标 x

(2) 如果用厚度 $h = 1.1 \times 10^{-2} \text{ mm}$, 折射率 $n = 1.5$ 的透明薄膜覆盖 s_1 缝后面, 求上述第四级明条纹的坐标 x' .



题 14 图



题 15 图

16. 已知氢原子基态下的电子的归一化径向波函数为 $R_{10}(r) = \left(\frac{1}{a_0}\right)^{\frac{3}{2}} 2e^{-\frac{r}{a_0}}$, 其中 a_0 为玻尔半径, 求电子径向概率最大的位置.

17. 静止质量为 m 的电子被电势差为 U 的电场加速, 如果考虑相对论效应, 求其德布罗意波长.

18. 一定温度下, 由 N 个粒子组成的理想气体系统, 其分子速率分布如图所示.

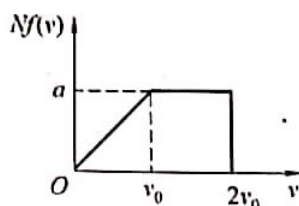
(1) 试用 N 与 v_0 表示 a 的值.

(2) 试求速率在 $1.5v_0 - 2.0v_0$ 之间的分子数目.

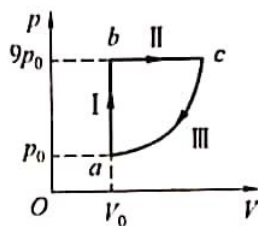
(3) 试求分子的平均速率.

19. 1 mol 单原子分子的理想气体, 经历如图所示的可逆循环, 联结 a, c 两点的曲线 III 的方程为 $p = \frac{p_0 V^2}{V_0^2}$, a 点的温度为 T_0 .

- (1) 试以 T_0 , 普适气体常量 R 表示 I, II, III 过程中气体吸收的热量.
 (2) 求此循环的效率.



题 18 图



题 19 图

20. 理想气体开始时处于 $T_1 = 300 \text{ K}$, $p_1 = 3.039 \times 10^5 \text{ Pa}$, $V_1 = 4 \text{ m}^3$ 状态, 先等温膨胀至 16 m^3 , 接着经过一等体过程达到某一压强, 在经过绝热压缩回到初态. 设全过程都是可逆的, 且 $\gamma = 1.4$. 求:

- (1) 在 $T-S$ 图上画出上述循环
 (2) 计算每段过程和循环过程的熵变

读书交流群
735695322

哈工大 2013 年秋季学期大学物理 A 期末试题参考答案

一、填空题

1. $\bar{\lambda}_0; \frac{1}{2} \bar{Z}_0$

2. $y = A \cos \left[2\pi \frac{u}{\lambda} \left(t - 2 + \frac{x}{u} \right) - \frac{\pi}{2} \right]; y_P = A \cos \left[2\pi \frac{u}{\lambda} (t - 2) + \frac{\pi}{2} \right]$

3. $\frac{\pi}{2} - i$; 是

4. “子波相干叠加”; 或“子波在空间相遇发生干涉”

5. 1.04 kg/m^3

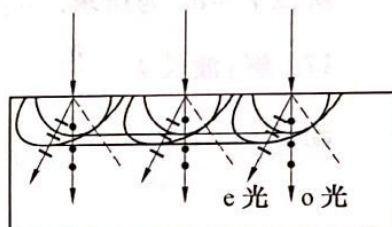
6. 见图

传播方向

振动电矢量方向

7. $(1, 0, 0, \frac{1}{2}); (2, 0, 0, \pm \frac{1}{2})$

8. $-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}; -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2}; -\frac{\hbar^2}{2m} \frac{\partial^2}{\partial x^2} + U(x)$ (导数或偏导均可)



题 6 图

9. 微观粒子能量 E 小于势垒 U_0 时, 粒子有一定的几率贯穿

势垒的现象; 波动性

10. $1.66 \times 10^{-33} \text{ kg} \cdot \text{m/s}; 0.4 \text{ m}$ 或 63.7 mm

11. 7

12. $1.036 \text{ V}; 3:4$

13. 81

二、计算题

14. 解: 由牛顿环暗环半径公式

$$r_k = \sqrt{kR\lambda}$$

根据题意可得

$$l_1 = \sqrt{4R\lambda_1} - \sqrt{R\lambda_1} = \sqrt{R\lambda_1}$$

$$l_2 = \sqrt{4R\lambda_2} - \sqrt{R\lambda_2} = \sqrt{R\lambda_2}$$

$$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{l_2^2}{l_1^2}$$

$$\lambda_2 = \frac{l_2^2 \lambda_1}{l_1^2}$$

15. 解: (1) 原点 O 上方的第四级明条纹的坐标:

$$x = k \frac{D}{d} \lambda = 4 \times \frac{2000}{0.55} \times 5500 \times 10^{-7} = 8 \text{ mm}$$

(2) 覆盖 s_1 时, 条纹向上移动

由于光程差的改变量为 $(n-1)h$, 而移动一个条纹的光程差的改变量为 λ , 所以明条纹移动的条数为

$$\Delta k = \frac{h(n-1)}{\lambda} = \frac{1.1 \times 10^{-2} \times (1.5-1)}{5.500 \times 10^{-7}} = 10 \text{ 条}$$

$$x' = (4 + \Delta k) \frac{D}{d} \lambda = 28 \text{ mm}$$

16. 解: $R_{10}(r) = \left(\frac{1}{a_0}\right)^{\frac{3}{2}} 2e^{-\frac{r}{a_0}}$

$$P_{10}(r) = r^2 |R_{10}(r)|^2 = \frac{4}{a_0^3} r^2 e^{-\frac{2r}{a_0}}$$

$$\frac{d}{dr} P_{10}(r) = 0$$

$$\Rightarrow r = 0, a_0, \infty \quad (0 \text{ 和无穷都舍去})$$

所以 $r = a_0$ 为所求.

17. 解: 波长 $\lambda = \frac{h}{p}$

动量

$$p = m'v = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} v$$

加速后

$$eU = \frac{m}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} c^2 - mc^2$$

所以

$$p = \sqrt{2meU + \left(\frac{e^2 U^2}{c^2}\right)}$$

所以

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2meU + \left(\frac{e^2 U^2}{c^2}\right)}}$$

18. 解: (1) 由分布图可知:

$$0 \rightarrow v_0: Nf(v) = \left(\frac{a}{v_0}\right) v, f(v) = \frac{av}{Nv_0}$$

$$v_0 \rightarrow 2v_0: Nf(v) = a, f(v) = \frac{a}{N}$$

$$2v_0: f(v) = 0$$

由归一化条件 $\int_0^{\infty} f(v) dv = 1$, 有

$$\int_0^{v_0} \frac{av}{Nv_0} dv + \int_{v_0}^{2v_0} \frac{a}{N} dv = 1$$

大物实验群
290028380

得

$$\left(\frac{3}{2}\right) \left(\frac{av_0}{N}\right) = 1$$

所以

$$a = \left(\frac{2}{3}\right) \left(\frac{N}{v_0}\right)$$

$$(2) \Delta N = \int_{\frac{3}{2}v_0}^{2v_0} Nf(v)dv = \int_{\frac{3}{2}v_0}^{2v_0} N \frac{a}{N} dv = \frac{1}{2} av_0$$

将 a 代入得

$$\Delta N = \frac{1}{2} v_0 \times \frac{2N}{3v_0} = \frac{1}{3} N$$

$$(3) 0 \rightarrow v_0: f(v) = \frac{av}{Nv_0} = \frac{v}{Nv_0} \times \frac{2N}{3v_0} = \frac{2v}{3v_0^2}$$

$$v_0 \rightarrow 2v_0: f(v) = \frac{a}{N} = \frac{1}{N} \times \frac{2N}{3v_0} = \frac{2}{3v_0}$$

$$\bar{v} = \int_0^{\infty} v f(v) dv = \int_0^{v_0} v \times \frac{2v}{3v_0^2} dv + \int_{v_0}^{2v_0} v \times \frac{2}{3v_0} dv$$

$$= \frac{2}{9} v_0 + v_0 = \frac{11v_0}{9}$$

19. 解: 设 a 状态的状态参量为 p_0, V_0, T_0 , 则 $p_b = 9p_0, V_b = V_0, T_b = \frac{p_b}{p_a} T_a = 9T_0$

因为 $p_c = \frac{p_0 V_c^2}{V_0^2}$, 所以 $V_c = \sqrt{\frac{p}{p_0}} V_0 = 3V_0$.

因为 $p_c V_c = RT_c$, 所以 $T_c = 27T_0$.

(1) 过程 I

$$Q_V = C_V(T_b - T_a) = \frac{3}{2} R(9T_0 - T_0) = 12RT_0$$

过程 II

$$Q_p = C_p(T_c - T_b) = 45 RT_0$$

过程 III

$$\begin{aligned} Q &= C_V(T_a - T_c) + \int_{V_c}^{V_a} p_0 V^2 \frac{dV}{V_0^2} \\ &= \frac{3}{2} R(T_0 - 27T_0) + \frac{p_0}{3V_0^2} (V_a^3 - V_c^3) \\ &= -39RT_0 + \frac{p_0(V_0^3 - 27V_0^3)}{3V_0^2} = -47.7RT_0 \end{aligned}$$

$$(2) \text{效率: } \eta = 1 - \frac{|Q|}{Q_V + Q_p} = 1 - \frac{47.7RT_0}{12RT_0 + 45RT_0} = 16.3\%$$

20. 解: (1) 如图所示, $1 \rightarrow 2$ 为等温过程, $2 \rightarrow 3$ 为等体过程, $3 \rightarrow 1$ 为绝热过程,(2) $1 \rightarrow 2$ 为等温过程, 熵增:

$$\Delta S_1 = S_2 - S_1 = \int_{V_1}^{V_2} \frac{\delta Q}{T_1} = \int_{V_1}^{V_2} \frac{p dV}{T_1} = \frac{p_1 V_1}{T_1} \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = \frac{p_1 V_1}{T_1} \ln \frac{V_2}{V_1} = 5.62 \times 10^3 \text{ J/K}$$

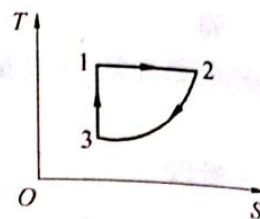
2 → 3 为等体过程, 熵增:

$$\Delta S_2 = S_3 - S_2 = S_1 - S_2 = -(S_2 - S_1) = -5.62 \times 10^3 \text{ J/K}$$

3 → 1 为绝热过程

$$\Delta S_3 = S_1 - S_3 = 0$$

循环过程熵的增加: $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 = 0$



题 20 图

读书交流群
735695322

哈工大 2014 年秋季学期大学物理 A 期末试题

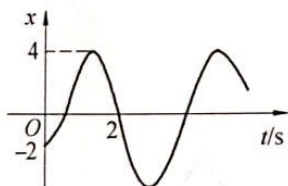
一、填空题

1. 两个同频率同方向的简谐振动, 其合振动的振幅为 20 cm, 与第一个简谐振动的相位差为 $\varphi - \varphi_1 = \frac{\pi}{6}$, 若第一个简谐振动的振幅为 $10\sqrt{3} = 17.3$ cm, 则第二个简谐振动的振幅为 _____ cm, 第一、二两个简谐振动的相位差 $\varphi_1 - \varphi_2$ 为 _____.

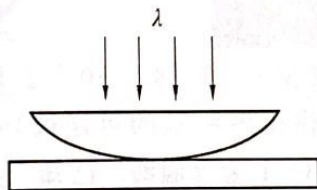
2. 一质点做简谐振动. 其振动曲线如图所示. 根据此图, 它的周期 $T =$ _____, 用余弦函数描述时初相 $f =$ _____.

3. 用波长为 λ 的单色光垂直照射如图所示的牛顿环装置, 观察从空气膜上下表面反射的光形成的牛顿环. 若使平凸透镜慢慢地垂直向上移动, 从透镜顶点与平面玻璃接触到两者距离为 d 的移动过程中, 移过视场中某固定观察点的条纹数目等于 _____.

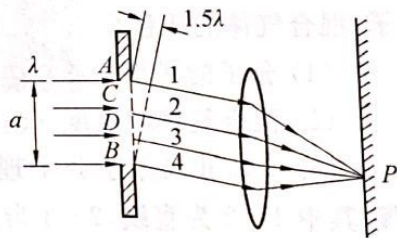
4. 如图所示在单缝的夫琅禾费衍射中波长为 λ 的单色光垂直入射在单缝上. 若对应于汇聚在 P 点的衍射光线在缝宽 a 处的波阵面恰好分成 3 个半波带, 图中 $AC = CD = DB$, 则光线 1 和 2 在 P 点的相位差为 _____.



题 2 图



题 3 图



题 4 图

5. 一定量的某种理想气体, 先经过等体过程使其热力学温度升高为原来的 4 倍, 再经过等温过程使其体积膨胀为原来的 2 倍, 则分子的平均碰撞频率变为原来的 _____ 倍.

6. 一定量的理想气体贮于某一容器中, 温度为 T , 气体分子的质量为 m . 根据理想气体分子模型和统计假设, 分子速度在 x 方向的分量的下列平均值为 $\overline{v_x} =$ _____, $\overline{v_x^2} =$ _____.

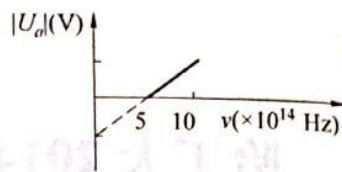
7. 给定的理想气体(比热容比 γ 为已知), 从标准状态 (p_0, V_0, T_0) 开始, 作绝热膨胀, 体积增大到三倍, 膨胀后的温度 $T =$ _____, 压强 $p =$ _____.

8. 已知大气压强随高度 h 的变化规律为 $p = p_0 \exp\left(-\frac{M_{\text{mol}}gh}{RT}\right)$, 设气温 $t = 5^\circ\text{C}$, 同时测得海平面的气压和山顶的气压分别为 750 mmHg 和 590 mmHg, 则山顶的海拔 $h =$ _____ m. (普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 空气的摩尔质量 $M_{\text{mol}} = 29 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$, p_0 为 $h = 0$ 处的压强. 符号 $\exp(a)$, 即 e^a)

9. 一个 100 W 的白炽灯泡的灯丝表面积为 $5.3 \times 10^{-5} \text{ m}^2$, 若将点燃的灯丝看成是黑体, 可估算出它的工作温度为 _____ . (斯特藩-玻尔兹曼常数 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$)

10. 在光电效应实验中, 测得某金属的遏止电压 $|U_a|$ 与入射光的频率 ν 的关系曲线如图

所示,由此可知该金属的红限频率 $\nu_0 =$ _____; 逸出功 $A =$ _____.



题 10 图

11. 写出对易关系: $[y, \hat{p}_y] =$ _____; $[\hat{p}_x, \hat{p}_y] =$ _____.

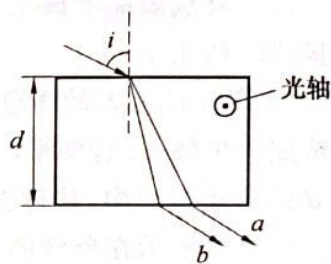
12. 设描述微观粒子运动的波函数为 $\Psi(r, t)$, 则 $\Psi^* \Psi$ 表示 _____;

$\Psi(r, t)$ 须满足的是 _____; 其归一化条件是 _____.

二、计算题

13. 用波长为 λ_1 的单色光照射空气劈形膜, 从反射光干涉条纹中观察到劈形膜装置的 A 点处是暗条纹. 若连续改变入射光波长, 直到波长变为 λ_2 ($\lambda_2 > \lambda_1$) 时, A 点再次变为暗条纹. 求 A 点的空气薄膜厚度.

14. 一束单色自然光自空气 ($n=1$) 入射到一块方解石晶体上, 晶体光轴方向如图所示, 其主折射率 $n_o = 1.658$, $n_e = 1.486$, 已知晶体的厚度为 $d = 2.00 \text{ cm}$, 入射角 $i = 60^\circ$.



题 14 图

(1) 求 a, b 两透射光间的垂直距离;

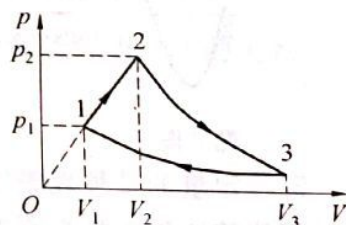
(2) 两束透射光中, 哪一束在晶体中是寻常光? 哪一束在晶体中是非寻常光? 透射光的光矢量振动方向如何? 请在图中注明.

15. 容积为 1 m^3 的容器内混有 $N_1 = 1.0 \times 10^{25}$ 个氧气分子和 $N_2 = 4.0 \times 10^{25}$ 个氮气分子, 混合气体的压强是 $2.76 \times 10^5 \text{ Pa}$, 求:

(1) 分子的平均平动动能;

(2) 混合气体的温度. (玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)

16. 1 mol 双原子分子理想气体作如图所示的可逆循环过程, 其中 1—2 为直线, 2—3 为绝热线, 3—1 为等温线. 已知 $T_2 = 2T_1$, $V_3 = 8V_1$. 试求:



题 16 图

(1) 各过程的功、内能增量和传递的热量 (用 T_1 和已知常数表示);

(2) 此循环的效率 η .

17. $1 \text{ kg } 0^\circ \text{C}$ 的冰与温度 $t = 20^\circ \text{C}$ 的恒温热库接触, 求冰全部溶化成 0°C 的水时两者构成系统的总熵变. (冰的溶解热 $\lambda = 334 \text{ J/g}$)

18. 当氢原子从某初始状态跃迁到激发能 (从基态到激发态所需的能量) 为 $\Delta E = 10.19 \text{ eV}$ 的状态时, 发射出光子的波长是 $\lambda = 4860 \text{ \AA}$, 试求该初始状态的能量和主量子数. (普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$)

19. 设粒子处于由下面波函数描述的状态: $\psi(x) = \begin{cases} A \sin \frac{\pi x}{a} & (0 < x < a) \\ 0 & (x \leq 0, x \geq a) \end{cases}$ A 是正的常数.

求粒子在 x 轴上分布的概率密度; 粒子在何处出现的概率最大?

(利用 $\int \sin^2 x dx = \frac{x}{2} - \frac{1}{2} \sin x \cos x$)

三、问答题

20. 用 4 个量子数描述原子中电子的量子态, 这 4 个量子数各称作什么, 它们的取值范围怎样? 写出轨道角动量的表达式.

四、演示实验附加题

说明: 在下列 4 道题中任选 1 道, 并在所选的题号上打√.

21. 弦线驻波实验装置如图所示, 一根橡皮筋两端固定, 左侧为振动源. 保持两固定端距离不变, 当振动源的频率由低逐渐调高时, 可观察到什么现象? 解释所观察到的实验现象.



题 21 图

22. 用一束激光照射到方解石晶体上, 控制激光沿主截面入射, 且入射方向既不平行于光轴也不垂直于光轴, 将看到什么现象? 让出射光通过偏振片, 转动偏振片, 会看到什么现象? 解释观察到的现象.

23. 如图所示是一个永动机的示意图. 这个永动机能工作吗? 为什么?

24. 经过加速后的电子通过圆孔后产生如图所示的图案, 这说明了微观粒子的什么性质? 当加速电压增大时, 电子动能随之增大, 图案将如何变化? 分析产生这种变化的原因.



题 23 图



题 24 图

数值分析 Q 群
926420643

哈工大 2014 年秋季学期大学物理 A 期末试题参考答案

一、填空题

1. $10 \text{ cm}; -\frac{\pi}{2}$

2. $3.43 \text{ s}; -\frac{2p}{3}$

3. $\frac{2d}{\lambda}$

4. π

5. 1

6. $0; \frac{kT}{m}$

7. $\left(\frac{1}{3}\right)^{\gamma-1} T_0; \left(\frac{1}{3}\right)^{\gamma} p_0$

8. 1950

9. $2.40 \times 10^3 \text{ K}$

10. $5 \times 10^{14} \text{ Hz}; 2 \text{ eV}$

11. $i\hbar; 0$

12. 粒子在 t 时刻在 $r(x, y, z)$ 处出现的概率密度; 单值、有限、连续; $\iiint |\Psi|^2 dx dy dz = 1$

二、计算题

13. 解: 设 A 点处空气薄膜的厚度为 e , 则有

$$2e + \frac{1}{2}\lambda_1 = \frac{1}{2}(2k + 1)\lambda_1$$

即 $2e = k\lambda_1$

改变波长后有

$$2e = (k - 1)\lambda_2$$

所以

$$k\lambda_1 = k\lambda_2 - \lambda_2, k = \frac{\lambda_2}{(\lambda_2 - \lambda_1)}$$

所以

$$e = \frac{1}{2}k\lambda_1 = \frac{1}{2} \frac{\lambda_1\lambda_2}{(\lambda_2 - \lambda_1)}$$

14. 解: (1) 在此特殊情况下, o 光和 e 光在晶体内均服从通常的折射定律, 对 o 光,
 $n_o \sin r_o = \sin i$

得

$$r_o = \arcsin\left(\sin \frac{i}{n_o}\right) = 31.49^\circ$$

读书交流群

735695322

对 e 光, $n_e \sin r_e = \sin i$

得 $r_e = \arcsin\left(\frac{\sin i}{n_e}\right) = 35.65^\circ$

由图知

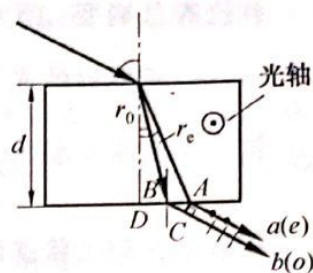
$$BD = d \operatorname{tg} r_o = 1.225 \text{ cm}$$

$$AD = d \operatorname{tg} r_e = 1.435 \text{ cm}$$

$$AB = AD - BD = 0.210 \text{ cm}$$

故 a, b 之间的垂直距离: $AC = AB \cos i = 0.105 \text{ cm}$

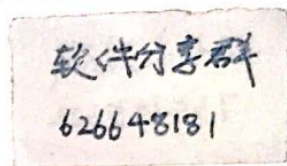
(2) 光束 b 在晶体中为寻常光, 其光矢量振动方向在纸面内; 光束 a 在晶体中为非寻常光, 其光矢量振动方向垂直于纸面, 如图所示.



题 14 图

15. 解: (1) $E_k = \frac{3pV}{2} = 4.14 \times 10^5 \text{ J}$

$$\bar{\omega} = \frac{E_k}{N} = \frac{E_k}{(N_1 + N_2)} = 8.21 \times 10^{-21} \text{ J}$$



(2) $T = \frac{2\bar{\omega}}{3k} = 400 \text{ K}$

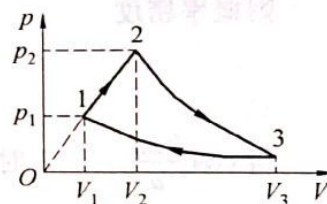
或由 $p = nkT$ 得 $T = \frac{p}{nk} = \frac{pV}{(N_1 + N_2)k} = 400 \text{ K}$

16. 解: 1—2 直线过程:

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

$$A_1 = \frac{1}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{1}{2}RT_2 - \frac{1}{2}RT_1 = \frac{1}{2}RT_1$$

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



题 16 图

2—3 绝热膨胀过程:

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

$$A_2 = -\Delta E_2 = \frac{5}{2}RT_1, Q_2 = 0$$

3—1 等温压缩过程:

$$\Delta E_3 = 0, A_3 = -RT_1 \ln \frac{V_3}{V_1} = -RT_1 \ln \frac{8V_1}{V_1} = -2.08RT_1$$

$$Q_3 = A_3 = -2.08RT_1$$

(2) $\eta = 1 - \frac{|Q_3|}{Q_1} = 1 - \frac{2.08RT_1}{3RT_1} = 30.7\%$

17. 解: 冰等温融化成水的熵变:

$$\Delta S_1 = \int \frac{\delta Q}{T_1} = \frac{Q_1}{T_1} = \frac{m\lambda}{t_1 + 273.15} = \frac{10^3 \times 334}{273.15} = 1.22 \times 10^3 \text{ J/K}$$

$t = 20^\circ \text{C}$ 的恒温热库发生的熵变:

$$\Delta S_2 = \int \frac{\delta Q_2}{T_2} = \frac{Q_2}{T_2} = \frac{-m\lambda}{t_2 + 273.15} = -\frac{10^3 \times 334}{293.15} = -1.14 \times 10^3 \text{ J/K}$$

系统的总熵变: $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 80 \text{ J/K}$

18. 解: 所发射的光子能量为 $\epsilon = \frac{hc}{\lambda} = 2.56 \text{ eV}$

氢原子在激发能为 10.19 eV 的能级时, 其能量为

$$E_k = E_1 + \Delta E = -13.6 + 10.19 = -3.41 \text{ eV}$$

氢原子在初始状态的能量为

$$E_n = \epsilon + E_k = -3.41 + 2.56 = -0.85 \text{ eV}$$

该初始态的主量子数为 $n = \sqrt{\frac{E_1}{E_n}} = 4$

19. 解: 首先把给定的波函数归一化 $\int_{-\infty}^{\infty} |\Psi(x)|^2 dx = 1$

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\Psi(x)|^2 dx = A^2 \int_0^a \sin^2 \frac{\pi x}{a} dx = A^2 \frac{a}{2} = 1$$

得 $A = \sqrt{\frac{2}{a}}$

因此, 归一化的波函数为

$$\Psi(x) = \begin{cases} \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{\pi x}{a} & (0 < x < a) \\ 0 & (x \leq 0, x \geq a) \end{cases}$$

则概率密度

$$|\Psi(x)|^2 = \frac{2}{a} \sin^2 \frac{\pi x}{a} = \frac{2}{2a} (1 - \cos \frac{2\pi x}{a})$$

当 $\cos \frac{2\pi x}{a} = -1$ 时, $|\Psi(x)|^2$ 有最大值. 在 $0 \leq x \leq a$ 范围内可得 $\frac{2\pi x}{a} = \pi$,

所以

$$x = \frac{a}{2}$$

三、问答题

20. 答: 4 个量子数包括: 主量子数 $n, n=1, 2, 3, \dots$;

角量子数 $l, l=0, 1, 2, \dots, n-1$

轨道磁量子数 $m_l, m_l=0, \pm 1, \dots, \pm l$

自旋磁量子数 $m_s, m_s = \pm \frac{1}{2}$

轨道角动量为 $L = \sqrt{l(l+1)} \hbar$

四、实验题

21. 答: 当频率逐渐调高时, 在某些特定的频率上, 橡皮筋上出现驻波; 随着频率的增加, 驻波的波节数逐渐增多. 设两固定端间的距离为 L , 则当 $L = \frac{n\lambda}{2}$ 时出现驻波, 而驻波频率、波速和波长之间满足 $u = \lambda\nu$. 当频率 ν 升高时, 波长 λ 变短, 所以驻波的波节数增多.

22. 答: 可以看到出射光分为两束(双折射现象), 这两束光都是线偏振光; 一束为寻常光(o光), 偏振方向垂直于光轴; 另一束光为非寻常光(e光), 偏振方向平行于光轴. 让两束光通过

网盘计划

QQ: 953062322

偏振片,转动偏振片时两者交替消光,即 e 光消光时, o 光光强达到极大值,而 o 光消光时, e 光光强达到极大值.

23. 答:不能工作. 虽然在机器的一侧小球力臂比另一侧大,但小球的数量少,两侧小球产生的力矩是平衡的. 从热力学的角度来看,它违背了热力学第一定律,即能量守恒定律,因此这台永动机不能工作.

24. 答:电子通过圆孔后发生了衍射,中间圆斑为爱理斑,说明电子等微观粒子具有波粒二象性. 电子波的波长由德布罗意关系给出,即 $\lambda = \frac{h}{p}$. 当电子加速电压升高时,其动能也随之增加,从而具有更大的动量,导致波长变短. 由圆孔衍射公式, $\sin \theta = 1.22 \frac{\lambda}{D}$, 可知爱理斑的角宽度(半径)变小,相应的一级和高级衍射环的半径也变小.

一区二系易群
731429909

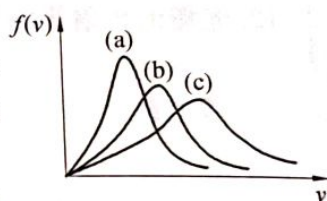
哈工大 2015 年秋季学期大学物理 A 期末试题

一、填空题

1. 一物块悬挂在弹簧下方做简谐振动, 当这个物块的位移等于振幅的一半时, 其动能是总能量的_____. (设平衡位置处势能为零). 当这个物块在平衡位置时, 弹簧的长度比原长长 DI , 这一振动系统的周期为_____.

2. 在两个偏振化方向正交的偏振片之间平行于偏振片插入一厚度为 l 的双折射晶片, 晶片对 o 光、e 光的折射率分别为 n_o 和 n_e . 晶片光轴平行于晶面且与第一偏振片的偏振化方向间有一夹角. 一单色自然光垂直入射于系统, 则通过第二偏振片射出的两束光的振幅大小_____, 它们的相位差 $D\varphi =$ _____.

3. 图示曲线为处于同一温度 T 时氦(原子量 4)、氖(原子量 20) 和氩(原子量 40) 三种气体分子的速率分布曲线. 其中曲线 (a) 是_____气分子的速率分布曲线; 曲线 (c) 是_____气分子的速率分布曲线;



题 3 图

4. 体积和压强都相同的氦气和氢气(均视为刚性分子理想气体), 在某一温度 T 下混合, 所有氢分子所具有的热运动动能在系统总热运动动能中所占的百分比为_____.

5. 一定量的某种理想气体, 先经过等体过程使其热力学温度升高为原来的 4 倍; 再经过等温过程使其体积膨胀为原来的 2 倍, 则分子的平均碰撞频率变为原来的_____倍.

6. 一定量理想气体, 从同一状态开始把其体积由 V_0 压缩到 $\frac{1}{2}V_0$, 分别经历以下三种过程: (1) 等压过程; (2) 等温过程; (3) 绝热过程. 其中: _____过程外界对气体做功最多; _____过程气体内能减小最多; _____过程气体放热最多.

7. 熵是_____的定量量度. 若一定量的理想气体经历一个等温膨胀过程, 它的熵将_____. (填入: 增加, 减少, 不变.)

8. 某金属产生光电效应的红限波长为 λ_0 , 今以波长为 λ ($\lambda < \lambda_0$) 的单色光照射该金属, 金属释放出的电子(质量为 m_e) 的动量大小为_____.

9. 某一恒星的表面温度为 6 000 K, 若视作绝对黑体, 则其单色辐出度为最大值的波长为_____. (维恩定律常数 $b = 2.897 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$)

10. 在 X 射线散射实验中, 散射角为 $\theta_1 = 45^\circ$ 和 $\theta_2 = 60^\circ$ 的散射光波长改变量之比 $DI_1 : DI_2 =$ _____.

11. 量子力学得出: 若氢原子处于主量子数 $n=4$ 的状态, 则其轨道角动量(动量矩)可能取的值(用 h 表示)分别为_____; 对应于 $l=3$ 的状态, 氢原子的角动量在外磁场方向的投影可能取的值分别为_____.

12. 用波函数 $\psi(x)$ 求动量 p_x 平均值的表达式_____.

二、计算题

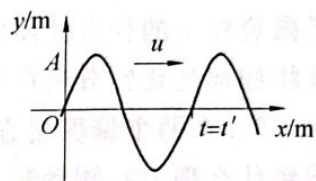
13. 一弹簧振子沿 x 轴做简谐振动(弹簧为原长时振动物体的位置取作 x 轴原点). 已知振动物体最大位移为 $x_m = 0.4 \text{ m}$ 最大恢复力为 $F_m = 0.8 \text{ N}$, 最大速度为 $v_m = 0.8 \text{ m/s}$, 又知 $t = 0$ 的初位移为 $+0.2 \text{ m}$, 且初速度与所选 x 轴方向相反.

- (1) 求振动能量;
- (2) 求此振动的表达式.

14. 一平面简谐波沿 x 轴正向传播, 其振幅为 A , 频率为 n , 波速为 u . 设 $t = t'$ 时刻的波形曲线如图所示. 求

- (1) $x = 0$ 处质点振动方程;
- (2) 该波的表达式.

15. 白色平行光垂直入射到间距为 $a = 0.25 \text{ mm}$ 的双缝上, 距 $D = 50 \text{ cm}$ 处放置屏幕, 分别求第一级和第五级明纹彩色带的宽度. (设白光的波长范围是从 400 nm 到 760 nm . 这里说的“彩色带宽度”指两个极端波长的同级明纹中心之间的距离.) ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)



题 14 图

16. 用一束具有两种波长的平行光垂直入射在光栅上, $\lambda_1 = 600 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 400 \text{ nm}$, 发现距中央明纹 5 cm 处 λ_1 光的第 k 级主极大和 λ_2 光的第 $(k + 1)$ 级主极大相重合, 放置在光栅与屏之间的透镜的焦距 $f = 50 \text{ cm}$, 试问:

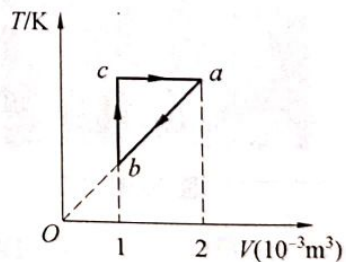
- (1) 上述 $k = ?$
- (2) 光栅常数 $d = ?$

17. 有 $2 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 刚性双原子分子理想气体, 其内能为 $6.75 \times 10^2 \text{ J}$.

(1) 试求气体的压强;

(2) 设分子总数为 5.4×10^{22} 个, 求分子的平均平动动能及气体的温度. (玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)

18. 1 mol 单原子分子理想气体的循环过程如图, 其中 c 点的温度为 $T_c = 600 \text{ K}$. 试求:



题 18 图

(1) ab, bc, ca 各个过程系统吸收的热量;

(2) 经一个循环系统所做的净功;

(3) 循环的效率. (普通常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

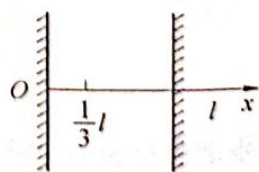
19. 根据玻尔理论

(1) 计算氢原子中电子在量子数为 n 的轨道上作圆周运动的频率;

(2) 计算当该电子跃迁到 $(n - 1)$ 的轨道上时所发出的光子的频率;

(3) 证明当 n 很大时, 上述(1)和(2)结果近似相等.

20. 一粒子被限制在相距为 l 的两个不可穿透的壁之间, 如图所示. 描写粒子状态的波函数为 $\psi = cx(l - x)$, 其中 c 为待定常量. 求



题 20 图

(1) 在 $0 - \frac{1}{3}l$ 区间发现该粒子的概率.

(2) 发现粒子的概率为最大的位置.

三、理论推导题

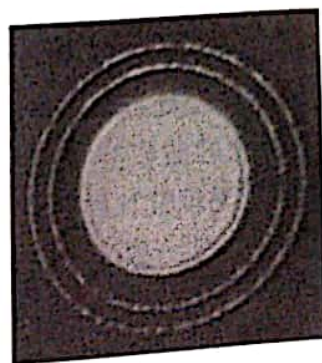
21. 试证明 1 mol 刚性分子理想气体做等压膨胀时, 若从外界吸收的热量为 Q , 则其气体分子平均动能的增量为 $\frac{Q}{\gamma N_A}$, 式中 γ 为比热容比, N_A 为阿伏伽德罗常量.

四、演示实验附加题

说明: 在下列 4 道题中任选 1 道, 并在所选的题号上打√.

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 题号 | 22 | 23 | 24 | 25 | 签字 |
| 得分 | | | | | |

22. 经过加速后的电子通过圆孔后产生如图所示的图案, 这说明了微观粒子的什么性质? 当加速电压增大时, 电子动能随之增大, 图案将如何变化? 分析产生这种变化的原因.

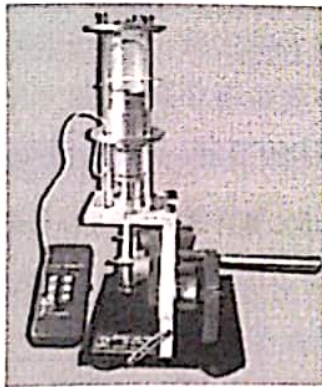


题 22 图

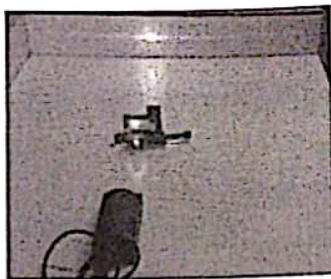
23. 在两个偏振化方向相互垂直的偏振片之间放一把塑料尺, 将看到什么现象? 转动其中一个偏振片, 又会看到什么现象? 请解释.

24. 如图所示为菱形制冷(制热)机实验装置的示意图. 手摇主动轮, 正转或反转, 分别看到什么现象? 分析能量转化过程.

25. 如图所示(a)(b)各是什么演示实验? 为什么中间区域特别明亮?



题 24 图



(a)



(b)

题 25 图

哈工大 2015 年秋季学期大学物理 A 期末试题参考答案

一、填空题

1. $\frac{3}{4}; 2\pi\sqrt{\frac{\Delta l}{g}}$

2. 相等; $\frac{2\pi l}{\lambda} | (n_o - n_c) | + \pi$

3. 氩; 氦

4. 62.5%

5. 1

6. 绝热; 等压; 等压

7. 大量微观粒子热运动所引起的无序性(或热力学系统的无序性); 增加

8. $\sqrt{\frac{2m_e hc (\lambda_0 - \lambda)}{\lambda_0 \lambda}}$

9. 482.8 nm

10. 0.586

11. $\sqrt{12}\hbar, \sqrt{6}\hbar, \sqrt{2}\hbar, 0; \pm 3\hbar, \pm 2\hbar, \pm \hbar, 0$

12. $\bar{p}_x = \int_{-\infty}^{+\infty} \psi^*(x) (-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}) \psi(x) dx$ 或 $\bar{p}_x = \int_{-\infty}^{+\infty} \psi^*(x) \hat{p}_x \psi(x) dx$, $\hat{p}_x = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$

二、计算题

13. 解:(1) 由题意

$$F_m = kA, A = x_m, k = \frac{F_m}{x_m}$$

$$E = \frac{1}{2} k x_m^2 = \frac{1}{2} F_m x_m = 0.16 \text{ J}$$

(2) $\omega = \frac{v_m}{A} = \frac{v_m}{x_m} = 2\pi \text{ rad/s}$

由 $t=0$,

$$x_0 = A \cos \varphi = 0.2 \text{ m}, v_0 = -A\omega \sin \varphi < 0$$

可得

$$\varphi = \frac{\pi}{3}$$

则振动方程为

$$x = 0.4 \cos\left(2\pi t + \frac{\pi}{3}\right)$$

14. 解:(1) 设 $x=0$ 处质点的振动方程为

$$y = A \cos(2\pi \nu t + \varphi)$$

由图可知, $t=t'$ 时

HIT 耳聪小站
QQ 302753320

数值分析 Q 群
926420643

$$y = A \cos(2\pi vt' + \varphi) = 0$$

$$\frac{dy}{dt} = -2\pi v A \sin(2\pi vt' + \varphi) < 0$$

所以

$$2\pi vt' + \varphi = \frac{\pi}{2}, \varphi = \frac{1}{2}\pi - 2\pi vt'$$

$x=0$ 处的振动方程为

$$y = A \cos \left[2\pi v(t - t') + \frac{1}{2}\pi \right]$$

哈工大彩虹墙
3609217933

(2) 该波的表达式为

$$y = A \cos \left[2\pi v \left(t - t' - \frac{x}{u} \right) + \frac{1}{2}\pi \right]$$

15. 解: 由公式 $x = \frac{kD\lambda}{a}$ 可知波长范围为 $\Delta\lambda$ 时, 明纹彩色宽度为

$$\Delta x_k = kD \frac{\Delta\lambda}{a}$$

由 $k=1$ 可得, 第一级明纹彩色带宽度为

$$\Delta x_1 = \frac{500 \times (760 - 400) \times 10^{-6}}{0.25} = 0.72 \text{ mm}$$

$k=5$ 可得, 第五级明纹彩色带的宽度为

$$\Delta x_5 = 5\Delta x_1 = 3.6 \text{ mm}$$

16. 解: (1) 由题意, l_1 的 k 级与 l_2 的 $(k+1)$ 级谱线相重合. 所以

$$d \sin \varphi_1 = k \lambda_1, d \sin \varphi_1 = (k+1) \lambda_2, \text{ 或 } k \lambda_1 = (k+1) \lambda_2$$

所以

$$k = \frac{\lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2} = 2$$

(2) 因 $\frac{x}{f}$ 很小, $\text{tg } \varphi_1 \approx \sin \varphi_1 \approx \frac{x}{f}$

所以

$$d = \frac{k\lambda_1 f}{x} = 1.2 \times 10^{-3} \text{ cm}$$

17. 解: (1) 设分子数为 N .

据 $E = N \frac{i}{2} kT$ 及 $p = \frac{N}{V} kT$

得

$$p = \frac{2E}{iV} = 1.35 \times 10^5 \text{ Pa}$$

(2) 由 $\frac{w}{E} = \frac{\frac{3}{2}kT}{N \frac{5}{2}kT}$

得

$$w = \frac{3E}{5N} = 7.5 \times 10^{-21} \text{ J}$$

$$\text{又 } E = N \frac{5}{2} kT$$

得

$$T = \frac{2E}{5Nk} = 362 \text{ K}$$

18. 解: 单原子分子的自由度为 $i=3$, 由图知, ab 是等压过程

$$ab: \text{由 } pV = RT, \text{得 } T = \frac{p}{R}V = kV, \text{则有 } \frac{T_a}{V_a} = \frac{T_b}{V_b}, \text{得 } \frac{T_a}{T_b} = \frac{V_a}{V_b} = 2$$

所以得到

$$T_b = \frac{1}{2}T_a = \frac{1}{2}T_c = 300 \text{ K}$$

$$(1) Q_{ab} = C_p \Delta T = C_p (T_b - T_a) = \left(\frac{i}{2} + 1\right) (T_b - T_a) = -6232.5 \text{ J} \quad \text{放热}$$

$$Q_{bc} = \Delta E = C_v \Delta T = C_v (T_c - T_b) = 3739.5 \text{ J} \quad \text{吸热}$$

$$Q_{ca} = RT_c \ln \frac{V_a}{V_c} = 3456 \text{ J} \quad \text{吸热}$$

$$(2) A = (Q_{bc} + Q_{ca}) - |Q_{ab}| = 963 \text{ J}$$

$$(3) \eta = \frac{A}{Q_{\text{吸}}} = \frac{A}{Q_{bc} + Q_{ca}} = 13.4\%$$

19 解: (1)

$$\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 r^2} = m \frac{v^2}{r} \quad \text{①}$$

$$mvr = n \frac{h}{2\pi} \quad \text{②}$$

$$\omega_n = \frac{v}{r} \quad \text{③}$$

①②③ 联立解出

$$\omega_n = \frac{\pi m e^4}{2\epsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{1}{n^3}$$

$$\nu_n = \frac{\omega_n}{2\pi} = \frac{m e^4}{4\epsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{1}{n^3}$$

(2) 电子从 n 态跃迁到 $(n-1)$ 态所发出光子的频率为

$$\begin{aligned} \nu' &= \frac{c}{\lambda} = cR \left[\frac{1}{(n-1)^2} - \frac{1}{n^2} \right] = cR \frac{2n-1}{n^2(n-1)^2} \\ &= \frac{m e^4}{8\epsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{2n-1}{n^2(n-1)^2} \end{aligned}$$

(3) 当 n 很大时, 上式变为

$$\nu' = \frac{m e^4}{8\epsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{2 - \left(\frac{1}{n}\right)}{n(n-1)^2} \approx \frac{m e^4}{4\epsilon_0^2 h^3} \cdot \frac{1}{n^3} = \nu_n$$

20. 解: 由波函数的性质得

$$\int_0^l |\psi|^2 dx = 1$$

即

$$\int_0^l c^2 x^2 (l-x)^2 dx = 1$$

由此解得

$$c^2 = \frac{30}{l^5}, c = \frac{\sqrt{30}}{l^2}$$

(1) 设在 $0 - \frac{l}{3}$ 区间内发现该粒子的概率为 P , 则

$$P = \int_0^{\frac{l}{3}} |\psi|^2 dx = \int_0^{\frac{l}{3}} 30x^2 \left[\frac{(l-x)^2}{l^5} \right] dx = \frac{17}{81}$$

(2) 概率密度

$$|\psi(x)|^2 = \frac{30}{l^5} x^2 (l-x)^2$$

极大值条件:

$$\frac{d|\psi(x)|^2}{dx} = 0, \frac{d^2|\psi(x)|^2}{dx^2} < 0$$

由

$$\frac{d|\psi(x)|^2}{dx} = \frac{30}{l^5} [2x(l-x)^2 - 2x^2(l-x)] = 0$$

得

$$x = \frac{1}{2}l, \text{ 此处 } \left. \frac{d^2|\psi(x)|^2}{dx^2} \right|_{x=\frac{1}{2}l} = -\frac{l^2}{2} < 0$$

发现粒子的概率为最大的位置 $x = \frac{1}{2}l$.

三、理论推导题

21. 证: 1 mol 理想气体, 做等压膨胀时从外界吸收热量 Q , 气体温度增量为 ΔT , 则

$$Q = C_p \Delta T$$

所以

$$\Delta T = \frac{Q}{C_p}$$

一个刚性气体分子的平均动能为

$$\bar{\epsilon} = \frac{1}{2} ikT = \frac{1}{2} \frac{iRT}{N_A}$$

故气体分子的平均动能的增量为

$$\Delta \bar{\epsilon} = \frac{1}{2} \frac{iR}{N_A} \Delta T = \frac{C_v}{N_A} \Delta T$$

因此

$$\Delta \bar{\epsilon} = \frac{C_v}{N_A} \frac{Q}{C_p} = \frac{Q}{\gamma N_A}$$

网盘计划
QQ群 953062322

四、演示实验附加题

22. 答:电子通过圆孔后发生了衍射,中间圆斑为爱理斑,说明电子等微观粒子具有波粒二象性.电子波的波长由德布罗意关系给出,即 $\lambda = \frac{h}{p}$.当电子加速电压升高时,其动能也随之增加,从而具有更大的动量,导致波长变短.由圆孔衍射公式, $\sin \theta = \frac{1.22\lambda}{D}$,可知爱理斑的角宽度(半径)变小,相应的一级和高级衍射环的半径也变小.

23. 答:在两个偏振化方向中间放一把塑料尺,会看到塑料尺上有彩色的干涉条纹出现.若转动其中一个偏振片,将会看到条纹颜色和强度会发生变化.这些现象的出现是因为塑料尺材料内部存在应力,应力分布不均匀,从而产生光弹效应,其基本原理是偏振光干涉和色偏振.

24. 答:正转时,温度显示降低,因为实现的是制冷机过程,测温处为低温热源,制冷机过程发生后,从低温热源吸热,使其温度降低;反转时,温度显示升高,因为实现的是致热过程,机械能转化为热能.

25. 答:(a)为单缝衍射实验,(b)为二维平面光栅衍射实验;中间区域均为中央明纹,所以特别明亮.

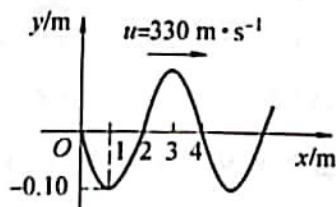
紫丁香影院

QQ 1689929593

哈工大 2016 年秋季学期大学物理 A 期末试题

一、填空题

1. 如图所示为 $t = \frac{T}{4}$ 时一平面简谐波的波形曲线, 则其波的表达式为_____.



题 1 图

2. 圆偏振光通过其波长所对应的四分之一波片后, 出射的光的偏振态是_____.

3. 某理想气体压强为 $P = 1.0 \times 10^{-2}$ atm, 密度 $\rho = 1.24 \times 10^{-2}$ kg/m³, 则该气体分子的方均根速率为_____. (1 atm = 1.013×10^5 Pa)

4. 大量粒子组成的系统, 在不受外界影响时, 其宏观量具有稳定值的状态称为系统的_____.

5. 一个热力学系统从某一状态经某一过程达到另一状态, 如果存在某一相反过程, 能使系统和外界同时都恢复原来的状态, 则原来的过程称为_____过程.

6. 根据卡诺定理, 工作在两个恒温热源之间的不可逆热机的效率_____ (填“不可能大于”或“不可能小于”) 可逆热机的效率.

7. 孤立系统的熵_____. (填“永远减小”或“永远不减小”)

8. 当光照射到金属表面上时, 能使电子从金属中逸出现象, 称为_____ (填“康普顿效应”或“光电效应”或“黑体辐射”或“光的反射”或“热辐射”).

9. 对于绝对黑体, 其单色反射比等于_____. (填“1”或“0”或“无穷大”或“无穷小”).

10. 已知算符 $\hat{p}_x = -i\hbar \frac{\partial}{\partial x}$, 则 $\hat{p}_x^2 =$ _____.

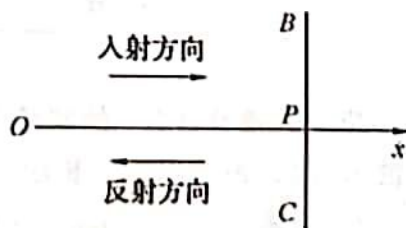
11. 一维谐振子的量子化能量本征值 $E_n =$ _____.

12. 考虑电子自旋的情况下, 氢原子处在 $n=2$ 能级时, 有_____个不同的状态.

13. 若两个算符 \hat{A} 和 \hat{B} 对易, 则 $[\hat{A}, \hat{B}] =$ _____.

二、计算题

14. 如图所示, 一平面简谐波沿 x 轴正方向传播, BC 为两介质分界面, 左边为波疏介质, 右边为波密介质, 波由点 P 反射, 入射波与反射波的振幅均为 A , 它们的角频率均为 ω , 波长均为 λ , 且 $OP = \frac{3\lambda}{4}$, 在 $t=0$ 时, 入射波使在坐标原点 O 处质点的振动状态是经过平衡位置向正方向运动, 试求反射波的表达式.



题 14 图

15. 一束平行光垂直入射到某个光栅上, 该光有两种波长的光, $\lambda_1 = 440$ nm, $\lambda_2 = 660$ nm. 实验发现, 两种波长的谱线 (不计中央明纹) 第二次重合于衍射角 $\varphi = 60^\circ$ 的方向上, 求光栅常

数 d .

16. 有 N 个粒子, 其速率分布函数为 $f(v) = \begin{cases} c & (0 \leq v \leq v_0) \\ 0 & (v > v_0) \end{cases}$

(1) 由已知的 N 和 v_0 求未知常量 c ;

(2) 求粒子的平均速率 \bar{v} ;

(3) 求粒子的方均根速率 $\sqrt{\bar{v}^2}$.

17. 在标准状态下的 0.014 kg 氮气, 分别通过等温过程和等压过程被压缩为原体积的一半, 试求出这两个过程的气体内能的改变, 外界对气体作的功以及气体从外界吸收的热量. (假定氮气可看作理想气体, 且 $C_{V,m} = \frac{5R}{2}$, $R = 8.31 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

18. 组成某双原子气体分子的两个原子的质量为 m , 间隔为固定值 d , 并绕通过 d 的中点而垂直于 d 的轴旋转, 假设角动量是量子化的, 并符合玻尔量子化条件. 试求:

(1) 可能的角速度;

(2) 可能的量子化转动动能.

19. 设一维运动的粒子处在

$$\psi(x) = \begin{cases} bAx e^{-\lambda x} & (x \geq 0) \\ 0 & (x \leq 0) \end{cases} \text{ 的状态, 其中 } A \text{ 和 } \lambda \text{ 为已知量, 且 } A, \lambda > 0, b \text{ 为未知的大于零}$$

的归一化因子, 试求:

(1) 归一化因子 b ;

(2) 粒子空间分布的概率密度最大的位置;

(3) x 的平均值. (定积分 $\int_0^{\infty} x^n e^{-ax} dx = \frac{n!}{a^{n+1}}$)

20. 在 160 km 的高空, 空气密度为 $1.5 \times 10^{-9} \text{ kg/m}^3$, 温度为 500 K , 摩尔质量为 0.0289 kg/mol , 分子直径大约为 $3 \times 10^{-10} \text{ m}$, 求该处分子的平均自由程.

21. 水的比定压热容 $C_p = 4.19 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 在定压下将 1.00 kg 水从 273.15 K 加热到 373.15 K , 试求其熵的变化.

三、演示实验附加题

说明: 在下列 4 道题中任选 1 道, 并在所选的题号上打√.

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| 题号 | 22 | 23 | 24 | 25 | 签字 |
| 得分 | | | | | |

22. 在“弦线驻波”的实验中, 若弦线两端是固定端, 在驻波形成时, 发现在弦线的中间有 1 个波节, 那么请写出弦线长度 L 与波长 λ 之间满足的关系式.

23. 请阐述如图所示的“穿墙而过”实验的原理.

24. 如图所示, “伽尔顿板实验”中, 初始先将板倒立使槽中的小钢球全部进入漏斗中, 然后再将板正立过来, 使小球下落到槽中, 观察各槽中小球数量的多少. 请回答: 当只有少量几个小球下落时, 能否确定这几个小球一定分别下落到哪个或哪几个槽中? 为什么?

25. 如图所示, 说明“黑体辐射实验”的原理.



题 23 图



题 24 图



题 25 图

哈工大资源分享
QQ 2842305604

哈工大 2016 年秋季学期大学物理 A 期末试题参考答案

一、填空题

1. $y = 0.1 \cos\left(165\pi t - \frac{\pi}{2}x - \pi\right) \text{ m}$

2. 线偏振

3. 495 m/s

4. 平衡态

5. 可逆

6. 不可能大于

7. 永不减小

8. 光电效应

9. 0

10. $-\hbar^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2}$

11. $\left(n + \frac{1}{2}\right) \hbar\omega$ 或 $\left(n + \frac{1}{2}\right) h\nu$

12. 8

13. 0

二、计算题

14. 解: 入射波引起的原点 O 处的质点振动方程为

$$y = A \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

注意有半波损失, 反射波引起的原点 O 处质点的振动方程

$$y = A \cos\left[\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}\left(\frac{3}{4}\lambda \times 2\right) - \frac{\pi}{2} - \pi\right]$$

即

$$y = A \cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

所以, 反射波的表达式为

$$y = A \cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}x - \frac{\pi}{2}\right)$$

15. 解: 由光栅衍射主极大公式得

$$d \sin \varphi_1 = k_1 \lambda_1$$

$$d \sin \varphi_2 = k_2 \lambda_2$$

$$\frac{\sin \varphi_1}{\sin \varphi_2} = \frac{k_1 \lambda_1}{k_2 \lambda_2} = \frac{440 k_1}{660 k_2} = \frac{2k_1}{3k_2}$$

当两谱线重合时有 $\varphi_1 = \varphi_2$

哈工大资源分享
QQ 2842305604

即

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{3}{2} = \frac{6}{4} = \frac{9}{6} = \dots$$

两谱线第二次重合即是

$$\frac{k_1}{k_2} = \frac{6}{4}, k_1 = 6, k_2 = 4$$

由光栅公式可知

$$d \sin 60^\circ = 6\lambda_1$$

所以

$$d = \frac{6\lambda_1}{\sin 60^\circ} = 3.05 \times 10^{-6} \text{ m}$$

16. 解:(1) 由归一化条件

$$\int_0^{\infty} f(v) dv = \int_0^{v_0} c dv = c v_0 = 1$$

得: $c = \frac{1}{v_0}$

$$(2) \bar{v} = \int_0^{\infty} v f(v) dv = \int_0^{v_0} c v dv = \frac{1}{2} c v_0^2 = \frac{v_0}{2};$$

$$(3) \bar{v}^2 = \int_0^{\infty} v^2 f(v) dv = \int_0^{v_0} c v^2 dv = \frac{1}{3} c v_0^3 = \frac{v_0^2}{3};$$

所以 $\sqrt{\bar{v}^2} = \frac{\sqrt{3}}{3} v_0$.

17. 解:(1) 等温过程:理想气体内能不变,即 $U_2 - U_1 = 0$;

外界对气体所做的功为

$$A = - \int_{V_1}^{V_2} p dV = - \nu R T_1 \int_{V_1}^{V_2} \frac{1}{V} dV = - \nu R T_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = 0.787 \text{ kJ}$$

气体从外界吸收的热量为

$$Q = -0.787 \text{ kJ}$$

即气体向外界放出热量 0.787 kJ (1 分)

(2) 等压过程:由初态和末态的理想气体的物态方程,以及 $p_2 = p_1, V_2 = \frac{V_1}{2}$,可求得: $T_2 =$

$$\frac{1}{2} T_1$$

由于理想气体的内能 U 仅是温度 T 的函数,因此有 $dU = C_V dT$;又已知 $C_V = \frac{5\nu R}{2}$,所以经等压过程气体内能的改变为

$$U_2 - U_1 = \frac{5}{2} \nu R (T_2 - T_1) = -\frac{5}{4} \nu R T_1 = -1.42 \text{ kJ}$$

在等压过程中,气体对外界所做的功为

$$A = \int_{V_1}^{V_2} p dV = p_1 (V_2 - V_1) = -\frac{1}{2} p_1 V_1 = -\frac{1}{2} \nu R T_1 = -0.567 \text{ kJ}$$

所以,外界对气体做功为 0.567 kJ.

大物实验群
290028380

气体从外界吸收的热量为

$$Q = U_2 - U_1 + A = -1.987 \text{ kJ}$$

18. 解: (1) 由角动量量子化条件, 有

$$L = \frac{nh}{2\pi} = 2m\omega r^2 \quad (n=1, 2, \dots)$$

其中 $r = \frac{d}{2}$

$$\Rightarrow \omega = \frac{nh}{\pi m d^2} \quad (n=1, 2, \dots)$$

(2) 转动动能则为

$$E_k = \frac{2J\omega^2}{2} = \frac{\left(\frac{nh}{\pi d}\right)^2}{4} \quad (n=1, 2, \dots)$$

19. 解: (1) 归一化条件: $\int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(x)|^2 dx = 1,$

$$\int_0^{\infty} |bAx e^{-\lambda x}|^2 dx = \frac{2b^2 A^2}{8\lambda^3} = 1$$

所以有:

$$b = \frac{2\lambda^{\frac{3}{2}}}{A}$$

(2) 极值条件 $\frac{d}{dx} |\psi(x)|^2 = 0$

而

$$|\psi(x)|^2 = 4\lambda^3 x^2 e^{-2\lambda x}$$

代入上式, 有 $x = \frac{1}{\lambda}$

(3) $\bar{x} = \int_{-\infty}^{+\infty} x |\psi(x)|^2 dx = \frac{3}{2\lambda}$

20. 解: 空气的分子数密度

$$n = \frac{\rho N_A}{M} = 0.31 \times 10^{17} \text{ m}^{-3} \quad (\text{平均自由程})$$

$$\bar{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{2} n \pi d^2} = 80.7 \text{ m}$$

21. 解: 熵的增加为

$$\Delta S = \int \frac{\delta Q}{T} = \int_{T_1}^{T_2} \frac{C_P m dT}{T} = m C_P \ln \frac{T_2}{T_1} = 1.31 \times 10^3 \text{ J/K}$$

三、演示实验附加题

22. $L = \lambda.$

23. 透明塑料桶的中心的两边分别套上了偏振片, 这 2 个偏振片的偏振化方向垂直, 光经过 2 个偏振片后不能到达我们的眼睛, 所以在通道的中间看上去好像有一堵墙隔开, 而实际是不存在墙的. 这样网球在经过中间区域时, 就像是穿墙而过.

24. 不能. 因为统计的规律要求是大量粒子的行为, 少量粒子的行为只能是随机的.

哈工大彩虹墙
3609217933

25. 灯泡打开后,黑色的球吸收比比另一边大,单位时间内吸收的能量比白色球多,使得黑球那边对应的气体的压强大于另一边,所以黑色球那边的连通器的液面变低.

数值分析 Q群
926420643

哈工大 2017 年秋季学期大学物理 A 期末试题

一、填空题

1. 在相同的时间内,一束波长为 λ 的单色光在空气中和在玻璃中传播的路程_____,走过的光程_____。(填“相等”和“不相等”)

2. 如果单缝夫琅禾费衍射的第一级暗纹发生在衍射角为 $\theta = 30^\circ$ 的方位上,所用单色光波长为 $\lambda = 500 \text{ nm}$,则单缝宽度为_____.

3. 一束光是自然光和线偏振光的混合光,让它垂直通过一偏振片,若以此入射光束为轴旋转偏振片,测得透射光强度最大值是最小值的 5 倍,那么入射光束中自然光与线偏振光的光强比值为_____.

4. 狭义相对论的两个基本假设分别是_____和_____.

5. c 表示真空中光速,电子的静能 $m_e c^2 = 0.5 \text{ MeV}$,则根据相对论动力学,动能为 $\frac{1}{8} \text{ MeV}$ 的电子,其运动速度约等于_____.

6. 有一瓶质量为 M 的氢气(视作刚性双原子分子的理想气体),温度为 T ,则氢分子的平均平动动能为_____,氢分子的平均动能为_____,该瓶氢气的内能为_____.

7. 给定的理想气体(比热容比 γ 为已知),从标准状态(p_0, V_0, T_0)开始,做绝热膨胀,体积增大到三倍,膨胀后的温度 $T =$ _____,压强 $p =$ _____.

8. 如图所示的两条曲线分别表示氦、氢两种气体在相同温度 T 时分子按速率的分布,其中(1)曲线 I 表示_____气分子的速率分布曲线,曲线 II 表示_____气分子的速率分布曲线;

(2) 画有阴影的小长条面积表示_____;

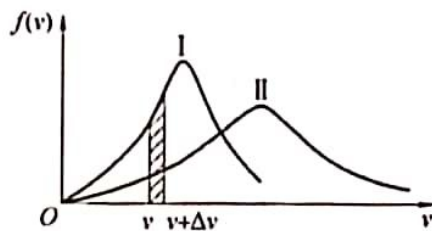
(3) 分布曲线下所包围的面积表示_____.

9. 有一卡诺热机,用 290 g 空气作为工作物质,工作在 27°C 的高温热源与 -73°C 的低温热源之间,此热机的效率 $\eta =$ _____.若在等温膨胀的过程中气缸体积增大到 2.718 倍,则此热机每一循环所做的功为_____.(空气的摩尔质量为 $29 \times 10^{-3} \text{ kg/mol}$,普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

10. 一个 100 W 的白炽灯泡的灯丝表面积为 $5.3 \times 10^{-5} \text{ m}^2$,若将点燃的灯丝看成是黑体,可估算出它的工作温度为_____;其发光的峰值波长为_____.(斯特藩-玻尔兹曼常数 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$,维恩常数 $b = 2.898 \times 10^{-3} \text{ m} \cdot \text{K}$)

11. 当波长为 300 nm 的光照射在某金属表面时,光电子的能量范围从 0 到 $4.0 \times 10^{-19} \text{ J}$. 在作上述光电效应实验时遏止电压为 $|U_s| =$ _____ V;此金属的红限频率 $\nu_0 =$ _____ Hz.

12. 令 $\lambda_c = \frac{h}{m_e c}$ (λ_c 称为电子的康普顿波长,其中 m_e 为电子的静止质量, c 为真空中的光速,



题 8 图

h 为普朗克常量). 当电子动能等于其静止能量 2 倍时, 它的德布罗意波长 $\lambda = \underline{\hspace{2cm}} \lambda_c$.

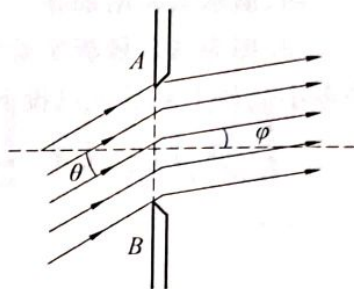
二、计算题

13. 在双缝干涉实验装置中, 幕到双缝的距离 D 远大于双缝之间的距离 d . 整个双缝装置放在空气中. 对于钠黄光, $\lambda = 589.3 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), 产生的干涉条纹相邻两明条纹的角距离 (即相邻两明条纹对双缝中心处的张角) 为 0.20° .

(1) 对于什么波长的光, 这个双缝装置所得相邻两明条纹的角距离将比用钠黄光测得的角距离大 10%?

(2) 假想将此整个装置浸入水中 (水的折射率 $n = 1.33$), 相邻两明条纹的角距离有多大?

14. 如图所示, 设波长为 λ 的平面波沿与单缝平面法线成 θ 角的方向入射, 单缝 AB 的宽度为 a , 观察夫琅禾费衍射. 试求出各级小值 (即各暗条纹) 的衍射角 φ .



题 14 图

15. 半人马星座 α 星是离太阳系最近的恒星, 距地球为 $4.3 \times 10^{16} \text{ m}$. 设有一宇宙飞船自地球往返于半人马星座 α 星之间. 若飞船的速率为 $0.999c$, 按地球上的时钟计算, 飞船往返一次需要多长时间? 如以飞船上的时钟计算, 往返一次的时间又为多少?

16. 用绝热材料制成的一个容器, 体积为 $2V_0$, 被绝热板隔成 A, B 两部分, A 内储有 1 mol 单原子分子理想气体, B 内储有 2 mol 刚性双原子分子理想气体, A, B 两部分压强相等均为 p_0 , 两部分体积均为 V_0 .

(1) 求两种气体各自的内能;

(2) 抽去绝热板, 两种气体混合后处于平衡时的温度为多少?

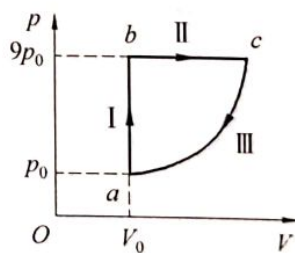
17. 考虑共有 1200 J 的热量, 由 -173°C 的热源向 127°C 的热源稳定流动, 求:

(1) 高温热源的熵变;

(2) 低温热源的熵变;

(3) 整个系统的熵变. 结果是否违反热力学第二定律?

18. 1 mol 单原子分子的理想气体, 经历如图所示的可逆循环, 联结 a, c 两点的曲线 III 的方程为 $p = \frac{p_0 V^2}{V_0^2}$, a 点的温度为 T_0 .



题 18 图

(1) 试以 T_0 , 普适气体常量 R 表示 I, II, III 过程中气体吸收的热量; (2) 求此循环的效率.

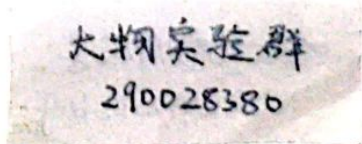
19. α 粒子在磁感应强度为 $B = 0.025 \text{ T}$ 的均匀磁场中沿半径为 $R = 0.83 \text{ cm}$ 的圆形轨道运动.

(1) 试计算其德布罗意波长;

(2) 若使质量 $m = 0.1 \text{ g}$ 的小球以与 α 粒子相同的速率运动. 则其德布罗意波长为多少? (α 粒子的质量 $m_\alpha = 6.64 \times 10^{-27} \text{ kg}$, 普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

20. 粒子在一维矩形无限深势阱中运动, 其波函数为:

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{n\pi x}{a} \quad (0 \leq x \leq a),$$



若粒子处于 $n=1$ 的状态,它在 $0 - \frac{a}{4}$ 区间内的概率是多少?

三、问答题

21. 回答下列问题:

(1) 用 4 个量子数描述原子中电子的状态,这 4 个量子数各称作什么,它们的取值范围怎样?

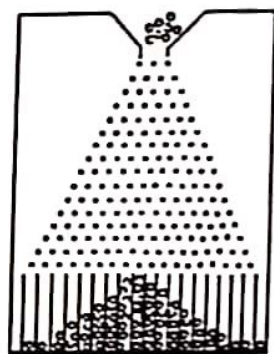
(2) 4 个量子数取值的不同组合表示不同的量子态,当 $n=3$ 时,包括几个量子态?

(3) 写出钾 ($Z=19$) 和铜 ($Z=29$) 两种元素的核外电子排布.

四、演示实验附加题

22. 图为伽尔顿板实验装置的示意图,小球经过中间的“钉子区”落到下面的槽中.如果把许多小球从上部的入口投下,能看到什么现象? 多次重复这个实验后,能总结出什么规律?

电影协会
QQ 725682926



题 22 图

哈工大 2017 年秋季学期大学物理 A 期末试题参考答案

一、填空题

1. 不相等;相等

2. $1.0 \times 10^{-6} \text{ m}$

3. $\frac{1}{2}$

4. 相对性原理; 光速不变原理

5. $0.6 c$

6. $\frac{3kT}{2}; \frac{5kT}{2}; \frac{5MRT}{2M_{\text{mol}}}$ 或 $\frac{5MRT}{4}$

7. $\left(\frac{1}{3}\right)^{\gamma-1} T_0, \left(\frac{1}{3}\right)^{\gamma} p_0$

8. 氦; 氢; 速率在 $v \rightarrow v + \Delta v$ 范围内的分子数占总分子数的百分率; 速率在 $0 \rightarrow \infty$ 整个速率区间内的分子数占总分子数的百分率(或者为 1)

9. $33.3\%; 8.31 \times 10^3 \text{ J}$

10. $2.40 \times 10^3 \text{ K}, 1208 \text{ nm}$

11. $2.5; 4.0 \times 10^{14}$

12. $\frac{1}{2\sqrt{2}}$ 或 0.354

二、计算题

13. 解:(1) 干涉条纹间距

$$\Delta x = \frac{D\lambda}{d}$$

相邻两明条纹的角距离

$$\Delta\theta = \frac{\Delta x}{D} = \frac{\lambda}{d}$$

由上式可知角距离正比于 λ , $\Delta\theta$ 增大 10%, λ 也应增大 10%. 故

$$\lambda' = \lambda(1 + 0.1) = 648.2 \text{ nm}$$

(2) 整个干涉装置浸入水中时, 相邻两明条纹角距离变为

$$\Delta\theta' = \frac{\Delta x}{nd} = \frac{\Delta\theta}{n}$$

由题给条件可得 $\Delta\theta' = 0.15^\circ$

14. 解: 1, 2 两光线的光程差, 在如图情况下为

$$\delta = CA - BD = a \sin \theta - a \sin \varphi$$

由单缝衍射极小值条件

$$a(\sin \theta - \sin \varphi) = \pm k\lambda \quad (k = 1, 2, \dots)$$

紫丁香影院

QQ 1689929593

网盘计划

QQ 群 953062322

得

$$\varphi = \sin^{-1} \left(\pm \frac{k\lambda}{a} + \sin \theta \right) \quad (k=1, 2, \dots (k \neq 0))$$

15. 解: 选地球为惯性系, 飞船往返一次所需时间为

$$t = \frac{2 \times 4.3 \times 10^{16}}{0.999 \times 3 \times 10^8} = 2.87 \times 10^8 \text{ s} = 9 \text{ 年}$$

选飞船为惯性系, 设飞船上时钟时间为 t' , 根据时钟变慢效应

得

$$t = \frac{t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

解得: $t' = 1.28 \times 10^7 \text{ s} \approx 0.4 \text{ 年}$

16. 解: (1) 理想气体状态方程 $PV = \frac{M}{\mu} RT$, 气体的内能为 $E = \frac{M}{\mu} \frac{i}{2} RT$, 单原子分子和刚性双原子气体分子的自由度分别为 3 和 5, 因此其内能分别为

$$E_A = \frac{M}{\mu} \frac{i_A}{2} RT = \frac{3}{2} P_0 V_0, E_B = \frac{M}{\mu} \frac{i_B}{2} RT = \frac{5}{2} P_0 V_0$$

(2) 两种气体混合后总内能不变, 初内能 $E_1 = E_A + E_B = \frac{3}{2} P_0 V_0 + \frac{5}{2} P_0 V_0 = 4 P_0 V_0$

设混合后温度为 T , 则末内能为

$$E_2 = \frac{3}{2} RT + 2 \cdot \frac{5}{2} RT = \frac{13}{2} RT$$

$$E_1 = E_2, \text{ 得 } T = \frac{8 P_0 V_0}{13 R}$$

17. 解: (1) 高温热源的熵变化

$$\Delta S_1 = \frac{Q}{T_1} = \frac{1200 \text{ J}}{400 \text{ K}} = 3.0 \text{ J/K}$$

(2) 低温热源的熵变化

$$\Delta S_2 = -\frac{Q}{T_2} = -\frac{1200 \text{ J}}{100 \text{ K}} = -12.0 \text{ J/K}$$

低温热源有熵流向高温热源.

(3) 总的熵变化: $\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = -9.0 \text{ J/K}$.

以上结果并不违反热力学第二定律, 包含高、低温热源的整个系统的熵减小, 是外界对该系统做功的结果. 如果将与系统有相互作用的外界也包含进来, 由此构成更大的一个孤立系统, 则其总熵将增加.

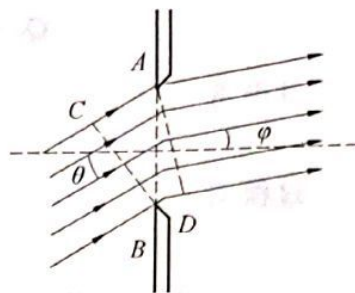
18. 解: 设 a 状态的状态参量为 p_0, V_0, T_0 , 则

$$p_b = 9p_0, V_b = V_0, T_b = \frac{p_b}{p_a} T_a = 9T_0$$

$$p_c = \frac{p_0 V_c^2}{V_0^2}, V_c = \sqrt{\frac{p}{p_0}} V_0 = 3V_0$$

$$p_c V_c = RT_c, T_c = 27T_0$$

(1) 过程 I



题 14 图

一区二系 物理系
731429909

$$Q_V = C_V(T_b - T_a) = \frac{3}{2}R(9T_0 - T_0) = 12RT_0$$

过程 II

$$Q_p = C_p(T_c - T_b) = 45RT_0$$

过程 III

$$\begin{aligned} Q &= C_V(T_a - T_c) + \int_{V_c}^{V_a} \frac{p_0 V^2 dV}{V_0^2} = \frac{3}{2}R(T_0 - 27T_0) + \frac{p_0}{3V_0^2}(V_a^3 - V_c^3) \\ &= -39RT_0 + \frac{p_0(V_0^3 - 27V_0^3)}{3V_0^2} = -47.7RT_0 \end{aligned}$$

(2) 循环效率

$$\eta = 1 - \frac{|Q|}{Q_V + Q_p} = 1 - \frac{47.7RT_0}{12RT_0 + 45RT_0} = 16.3\%$$

19. 解: (1) 由题可知 α 粒子受磁场力作用做圆周运动

$$qvB = \frac{m_a v^2}{R}, m_a v = qRB$$

又 $q = 2e$, 则

$$m_a v = 2eRB$$

德布罗意公式: $\lambda = \frac{h}{mv}$, 故

$$\lambda_a = \frac{h}{2eRB} = 1.00 \times 10^{-11} \text{ m} = 1.00 \times 10^{-2} \text{ nm}$$

(2) 由上一问可得 $v = \frac{2eRB}{m_a}$

对于质量为 m 的小球

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{h}{2eRB} \cdot \frac{m_a}{m} = \frac{m_a}{m} \cdot \lambda_a = 6.64 \times 10^{-34} \text{ m}$$

20. 解: 先求粒子的位置概率密度

$$|\psi(x)|^2 = \frac{2}{a} \sin^2 \frac{\pi x}{a} = \frac{2}{2a} \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{a}\right)$$

$$dP = |\psi|^2 dx = \frac{2}{a} \sin^2 \frac{\pi x}{a} dx$$

粒子位于 $0 - \frac{a}{4}$ 内的概率为

$$\begin{aligned} P &= \int_0^{\frac{a}{4}} \frac{2}{a} \sin^2 \frac{\pi x}{a} dx = \int_0^{\frac{a}{4}} \frac{2}{a} \frac{a}{\pi} \sin^2 \frac{\pi x}{a} d\left(\frac{\pi x}{a}\right) \\ &= \frac{2}{\pi} \left[\frac{1}{2} \frac{\pi x}{a} - \frac{1}{4} \sin \frac{2\pi x}{a} \right] \Bigg|_0^{\frac{a}{4}} \\ &= \frac{2}{\pi} \left[\frac{1}{2} \frac{\pi x}{a} \frac{a}{4} - \frac{1}{4} \sin \frac{2\pi}{a} \frac{a}{4} \right] \\ &= 0.091 \end{aligned}$$

网盘计划

QQ群 953062322

三、问答题

21. 答: (1) 4 个量子数包括: 主量子数 $n, n=1, 2, 3, \dots$;

角量子数 $l, l=0, 1, 2, \dots, n-1$

轨道磁量子数 $m_l, m_l=0, \pm 1, \dots, \pm l$

自旋磁量子数 $m_s, m_s = \pm \frac{1}{2}$

(2) $n=3, l=0(s), m_l=0, m_s = \pm \frac{1}{2}$

$l=1(p), m_l=0, m_s = \pm \frac{1}{2}$

$m_l=1, m_s = \pm \frac{1}{2}$

$m_l=-1, m_s = \pm \frac{1}{2}$

$l=2(d), m_l=0, m_s = \pm \frac{1}{2}$

$m_l=1, m_s = \pm \frac{1}{2}$

$m_l=-1, m_s = \pm \frac{1}{2}$

$m_l=2, m_s = \pm \frac{1}{2}$

$m_l=-2, m_s = \pm \frac{1}{2}$

共有 18 个量子态.

(3) 按照能量最低原理和泡利不相容原理, 在每个量子态填充 1 个电子, 得磷 (K) 的电子排布: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^4 4s^1$; 铜 ($Z=29$) 的电子排布: $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1 3d^{10}$.

四、演示实验附加题

22. 答: 当小球由上部投入时, 会落到下面的槽中; 中间的槽中小球多, 两边的槽中小球少; 多次重复这个实验, 每个槽中的小球数量有变化, 即有涨落, 但总体来看中间多、两边少的现象没有改变. 可见, 单个小球落到哪个槽中是不可预测的, 但大量小球的实验结果是符合统计规律的. 这个实验说明, 大量微观粒子的运动遵从统计规律.

-区二手支易器单
731429909