

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



大物（下），密码1920



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

第五部分

历届秋季学期大学物理 B 试题

哈工大 2010 年秋季学期大学物理 B 期末试题

一、填空题

1. 在容积为 10^{-2} m^3 的容器中, 装有质量为 100 g 的气体, 若气体分子的方均根速率为 200 m/s , 则气体的压强为 _____.

2. 储有氢气的容器以某速度 v 做定向运动, 假设该容器突然停止, 气体的全部定向运动动能都变为气体分子热运动的动能, 此时容器中气体的温度上升 0.7 K , 则容器做定向运动的速度 $v =$ _____ m/s , 容器中气体分子的平均动能增加了 _____ J . (普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, 玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$, 氢气分子可视为刚性分子.)

3. 处于重力场中的某种气体, 在高度 z 处单位体积内的分子数即分子数密度为 n , 若 $f(v)$ 是分子的速率分布函数, 则坐标介于 $x \sim x + dx, y \sim y + dy, z \sim z + dz$ 的区间内, 速率介于 $v \sim v + dv$ 区间内的分子数 $dN =$ _____.

4. 设容器内盛有质量为 M_1 和质量为 M_2 的两种不同单原子分子理想气体, 并处于平衡态, 其内能均为 E , 则此两种气体分子的平均速率之比为 _____.

5. 图示为一定量理想气体几种状态变化过程的 $P-V$ 图, 图中 MT 为等温线, MQ 为绝热线. 在 AM, BM, CM 三种准静态过程中:

(1) 气体温度升高的是 _____ 过程?

(2) 气体吸热的是 _____ 过程?

6. 量子力学中, 动量算符在直角坐标系中表示为 _____; 角动量算符 z 分量在球坐标系中表示为 _____.

7. 由绝热材料包围的容器被隔板隔为两半, 左边是理想气体, 右边真空. 如果把隔板撤去, 气体将进行自由膨胀过程, 达到平衡后气体的温度 _____ (升高、降低或不变), 气体的熵 _____ (增加、减小或不变).

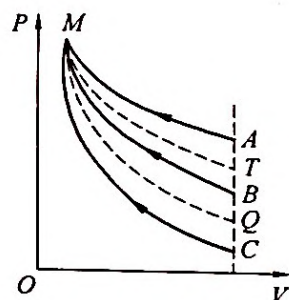
8. 平行单色光垂直入射在缝宽为 $a = 0.15 \text{ mm}$ 的单缝上. 缝后有焦距为 $f = 400 \text{ mm}$ 的凸透镜, 焦平面上放置观察屏幕. 现测得屏幕上中央明条纹两侧的两个第三级暗纹之间的距离为 8 mm , 则入射光的波长为 $\lambda =$ _____.

9. 根据量子力学理论, 氢原子中电子的动量矩在外磁场方向上的投影为 $L_z = m_l h$, 当角量子数 $l = 2$ 时, L_z 的可能取值为 _____.

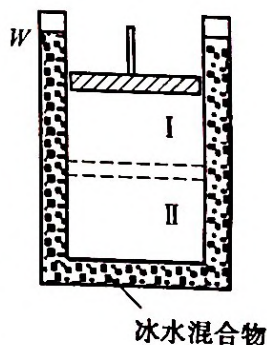
二、计算题

10. 如图所示, 一金属圆筒中盛有 1 mol 刚性双原子分子的理想气体, 用可动活塞封住, 圆筒浸在冰水混合物中. 迅速推动活塞, 使气体从标准状态(活塞位置 I) 压缩到体积为原来一半的状态(活塞位置 II), 然后维持活塞不动, 待气体温度下降至 0°C , 再让活塞缓慢上升到位置 I, 完成一次循环.

(1) 试在 $P-V$ 图上画出相应的理想循环曲线;



题 5 图



题 10 图

(2) 若做 100 次循环放出的总热量全部用来熔解冰, 则有多少冰被熔化?

(已知冰的熔解热 $\lambda = 3.35 \times 10^5 \text{ J/kg}$, 普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

11. ν 摩尔的某种理想气体, 状态按 $V = \frac{a}{\sqrt{p}}$ 的规律变化(式中 a 为正常量), 当气体体积从 V_1 膨胀到 V_2 时, 试求气体所做的功 W 及气体温度的变化 $T_1 - T_2$ 各为多少.

12. 一物体在光滑水平面上作简谐振动, 振幅是 12 cm, 在距平衡位置 6 cm 处速度是 24 cm/s, 求:

(1) 周期 T ;

(2) 当速度是 12 cm/s 时的位移.

13. 在弹性介质中有一沿 x 轴正向传播的平面波, 其表达式为 $y = 0.01 \cos\left(4t - \pi x - \frac{1}{2}\pi\right)$ (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.

14. 双缝干涉实验中, 波长 $\lambda = 550 \text{ nm}$ 的单色平行光垂直入射到缝间距 $a = 2 \times 10^{-4} \text{ m}$ 的双缝上, 屏到双缝的距离 $D = 2 \text{ m}$, 求:

(1) 中央明纹两侧的两条第 10 级明纹中心的间距;

(2) 用一厚度为 $e = 6.6 \times 10^{-6} \text{ m}$, 折射率为 $n = 1.58$ 的玻璃片覆盖一缝后, 零级明纹将移到原来的第几级明纹处?

(1 nm = 10^{-9} m)

15. 光电管的阴极用逸出功为 $A = 2.2 \text{ eV}$ 的金属制成, 今用一单色光照射此光电管, 阴极发射出光电子, 测得遏止电势差为 $|U_a| = 5.0 \text{ V}$, 试求:

(1) 光电管阴极金属的光电效应红限波长;

(2) 入射光波长.

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 基本电荷 $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$)

16. 氢原子光谱的巴尔末系中, 有一光谱线的波长为 4340 \AA , 试求:

(1) 与这一谱线相应的光子能量是多少电子伏特?

(2) 该谱线是氢原子有能级 E_n 跃迁到能级 E_k 产生的, n 和 k 各为多少?

(3) 最高能级为 E_5 的大量氢原子, 最多可以发射几个线系, 共几条谱线?

请在氢原子能级图中表示出来, 并说明波长最短的是哪一条谱线.

17. 虑到相对论效应, 试求实物粒子的德布罗意波长的表达式, 设 E_k 为粒子的动能, m_0 为粒子的静止质量.

18. 光子的波长为 $\lambda = 3000 \text{ \AA}$, 如果确定此波底的精确度 $\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 10^{-6}$, 那么试求此光子位置不确定量.

三、理论推导题

19. 用玻尔兹曼熵公式推导气体自由膨胀的熵变, 并判断过程的方向.

哈工大 2011 年秋季学期大学物理 B 期末试题

一、填空题

1. 当理想气体处于平衡状态时,若气体分子速率分布函数为 $f(v)$,则分子速率处于最概然速率 v_p 至 ∞ 范围内的概率 $\frac{\Delta N}{N} =$ _____.

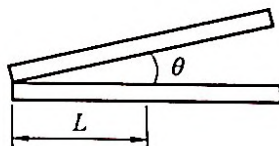
2. 一定量的某种理想气体,先经过等体过程使其热力学温度升高为原来的 4 倍;再经过等温过程使其体积膨胀为原来的 2 倍,则分子的平均碰撞频率变为原来的_____倍.

3. 在一个孤立系统内,一切实过程都向着_____的方向进行.这就是热力学第二定律的统计意义.从宏观上说,一切与热现象有关的实际过程都是_____.

4. 在双折射晶体内部,有某种特定方向称为晶体的光轴.光在晶体内沿光轴传播时,_____光和_____光的传播速度相等.

5. 一平面简谐波沿 x 轴负方向传播,已知 $x = -1$ m 处质点的振动方程为 $y = A \cos(\omega t + \varphi)$,若波速为 u ,则此波的表达式为_____.

6. 用波长为 λ 的单色光垂直照射到空气劈形膜上,从反射光中观察干涉条纹,距顶点为 L 处是暗条纹,如图所示.使劈尖角 θ 连续变大,直到该点处再次出现暗条纹为止,劈尖角的改变量 $\Delta\theta$ 是_____.



题 6 图

7. 圆偏振光通过一个四分之一波片后,出射的光是_____偏振光.

8. 氢原子的运动速率等于它在 300 K 时的方均根速率时,它的德布罗意波长是_____.质量为 $M = 1$ g,速度为 $v = 1$ cm/s 的运动的小球的德布罗意波长是_____.(普朗克常量为 $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J·s,玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K,氢原子质量 $m_H = 1.67 \times 10^{-27}$ kg)

9. 主量子数 $n = 4$ 的量子态中,角量子数 l 的可能取值为_____;磁量子数 m_l 的可能取值为_____.

二、计算题

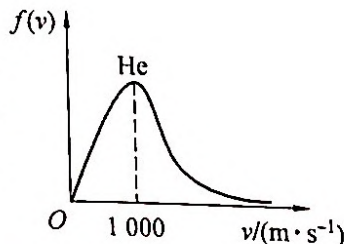
10. 有 2×10^{-3} m³ 刚性双原子分子理想气体.其内能为 6.75×10^2 J.

(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 $k = 1.38 \times 10^{-23}$ J/K)

11. 2 mol 单原子分子的理想气体,开始时处于压强 $p_1 = 10$ atm、温度 $T_1 = 400$ K 的平衡态.后经过一个绝热过程,压强变为 $p_2 = 2$ atm,求此绝热过程中气体对外做的功.(普适气体常量 $R = 8.31$ J·mol⁻¹·K⁻¹)



题 12 图

12. 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

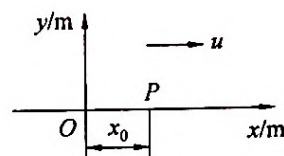
最可几速率和方均根速率。

13. 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 。

14. 一气缸内盛有一定量的单原子理想气体. 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?

15. 一质点同时参与两个同方向的简谐振动, 其振动方程分别为 $x_1 = 5 \times 10^{-2} \cos\left(4t + \frac{\pi}{3}\right)$ (SI), $x_2 = 3 \times 10^{-2} \sin\left(4t - \frac{\pi}{6}\right)$ (SI), 画出两振动的旋转矢量图, 并求合振动的振动方程。

16. 如图所示, 一简谐波向 x 轴正向传播, 波速 $u = 500 \text{ m/s}$, $x_0 = 1 \text{ m}$, P 点的振动方程为 $y = 0.03 \cos\left(500\pi t - \frac{1}{2}\pi\right)$ (SI).



题 16 图

(1) 按图所示坐标系, 写出相应的波的表达式;

(2) 在图上画出 $t = 0$ 时刻的波形曲线。

17. 某种单色平行光垂直入射在单缝上, 单缝宽 $a = 0.15 \text{ mm}$, 缝后放一个焦距 $f = 400 \text{ mm}$ 的凸透镜, 在透镜的焦平面上, 测得中央明条纹两侧的两个第三级暗条纹之间的距离为 8.0 mm , 求入射波的波长。

18. 两个偏振片 P_1, P_2 叠放在一起, 其偏振化方向之间的夹角为 30° , 由强度相同的自然光和偏振光混合而成的光束垂直入射在偏振片上, 已知穿过 P_1 后的透射光强为入射光强的 $\frac{2}{3}$, 求:

(1) 入射光中线偏振光的光矢量振动方向与 P_1 的偏振化方向的夹角;

(2) 连续穿过 P_1, P_2 后的透射光强与入射光强之比。

19. 设康普顿效应中入射 X 射线(伦琴射线)的波长 $\lambda = 0.700 \text{ \AA}$, 散射的 X 射线与入射的 X 射线垂直, 求:

(1) 反冲电子的动能 E_k 。

(2) 反冲电子运动的方向与入射的 X 射线之间的夹角 θ 。

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

20. 已知粒子在无限深势阱中运动, 其波函数为

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

求发现粒子的概率为最大的位置。

三、理论推导

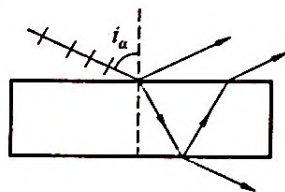
21. 试根据玻尔关于氢原子结构的基本假说, 推导里德伯的理论表达式。

(氢原子能级公式: $E_n = -\frac{1}{n^2} \cdot \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2}$)

哈工大 2012 年秋季学期大学物理 B 期末试题

一、填空题

1. 一束自然光自空气射向一块平板玻璃, 如图所示, 设入射角等于布儒斯特角 i_0 , 画出各光线的偏振方向.



题 1 图

2. 关于可逆过程和不可逆过程的判断:

- (1) 可逆热力学过程一定是准静态过程.
- (2) 准静态过程一定是可逆过程.
- (3) 不可逆过程就是不能向相反方向进行的过程.
- (4) 凡有摩擦的过程, 一定是不可逆过程.

以上四种判断, 其中正确的是_____.

3. 给理想气体(比热比为 γ), 从标准状态(p_0, V_0, T_0) 开始做绝热膨胀, 体积增大到 3 倍. 膨胀后温度 $T =$ _____, 压强 $p =$ _____.

4. 气体分子间的平均距离 \bar{l} 与压强 p 、温度 T 的关系为 _____, 在压强为 1 atm、温度为 0°C 的情况下, 气体分子间的平均距离 $\bar{l} =$ _____ m. (玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)

5. 处于重力场中的某种气体, 在高度 z 处单位体积内的分子数即分子数密度为 n . 若 $f(v)$ 是分子的速率分布函数, 则坐标介于 $x \sim x + dx, y \sim y + dy, z \sim z + dz$ 区间内, 速率介于 $v \sim v + dv$ 区间内的分子数 $dN =$ _____.

6. 卡诺可逆热机效率为 _____, 卡诺不可逆热机效率为 _____, 卡诺定理的正确性可以由 _____ 证明.

7. 当照射光的波长从 4000 \AA 变到 3000 \AA 时, 光强保持不变, 对同一金属, 在光电效应实验中测得的遏止电压将增大 _____; 饱和光电流 I_{s1} 与 I_{s2} 之比为 _____. (普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

8. 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 _____.

二、计算题

9. 一容积为 10 cm^3 的电子管, 当温度为 300 K 时, 用真空泵把管内空气抽成压强为 $5 \times 10^{-6} \text{ mmHg}$ 的高真空, 问:

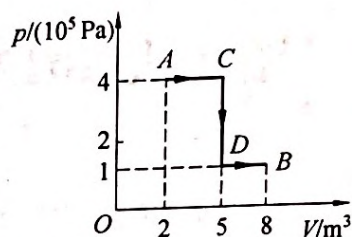
- (1) 此时管内有多少个空气分子?
- (2) 这些空气分子的平均平动动能的总和是多少?
- (3) 平均转动动能的总和是多少?
- (4) 平均动能的总和是多少?

($760 \text{ mmHg} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$, 空气分子可认为是刚性双原子分子, 玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)

10. 许多星球的温度达到 10^8 K. 在这温度下原子已经不存在了, 而氢核(质子)是存在的. 若把氢核视为理想气体, 求:

- (1) 氢核的方均根速率是多少?
- (2) 氢核的平均平动动能是多少电子伏特?

(普适气体常量 $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $1 \text{ eV} = 1.6 \times 10^{-19} \text{ J}$, 玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)



题 11 图

11. 一定量的理想气体, 从 A 态出发, 经 $p-V$ 图中所示的过程到达 B 态, 如图所示, 试求在这过程中, 该气体吸收的热量.

12. 设以氮气(视为刚性分子理想气体)为工作物质进行卡诺循环, 在绝热膨胀过程中气体的体积增大到原来的两倍, 求循环的效率.

13. 一物体在光滑水平面上作简谐振动, 振幅是 12 cm, 在距平衡位置 6 cm 处速度是 24 cm/s, 求:

- (1) 周期 T ;
- (2) 当速度是 12 cm/s 时的位移.

14. 用波长为 500 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) 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 $l = 1.56 \text{ cm}$ 的 A 处是从棱边算起的第四条暗条纹中心.

(1) 求此空气劈形膜的劈尖角;

(2) 改用 600 nm 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 处的范围内共有几条明纹? 几条暗纹?

15. 波长为 600 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) 的单色光垂直入射到宽度为 $a = 0.10 \text{ mm}$ 的单缝上, 观察夫琅禾费衍射图样, 透镜焦距 $f = 1.0 \text{ m}$, 屏在透镜的焦平面处. 求:

- (1) 中央衍射明条纹的宽度 Δx_0 ;
- (2) 第二级暗纹离透镜焦点的距离 x_2 .

16. 设康普顿效应中入射 X 射线(伦琴射线)的波长 $\lambda = 0.700 \text{ \AA}$, 散射的 X 射线与入射的 X 射线垂直, 求:

- (1) 反冲电子的动能 E_k ;
- (2) 反冲电子运动的方向与入射的 X 射线之间的夹角.

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

三、理论推导与证明题

17. 测得氢原子光谱中的某一谱线系的极限波长为 $\lambda_k = 364.7 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), 试推证此谱线系为巴耳末系. (里德伯常量 $R = 1.097 \times 10^7 \text{ m}^{-1}$)

18. 利用统计平均的方法推导理想气体压强与气体分子平均平动动能之间的关系式.

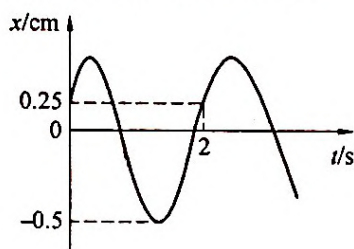
哈工大 2013 年秋季学期大学物理 B 期中试题

一、填空题

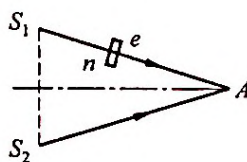
1. 一束光垂直入射在偏振片 P 上, 以入射光线为轴转动 P , 观察通过 P 的光强的变化过程. 若入射光是 _____ 光, 则将看到光强不变; 若入射光是 _____, 则将看到明暗交替变化, 有时出现全暗; 若入射光是 _____, 则将看到明暗交替变化, 但不出现全暗.

2. 已知一振子的振动曲线如图所示, 则该振子的初相为 _____.

3. 如图所示, 假设有两个同相的相干点光源 S_1 和 S_2 发出波长为 λ 的光. A 是它们连线的中垂线上的一点. 若在 S_1 与 A 之间插入厚度为 e 、折射率为 n 的薄玻璃片. 若已知 $\lambda = 500 \text{ nm}$, $n = 1.5$, A 点恰为第四级明纹中心, 则 $e =$ _____.



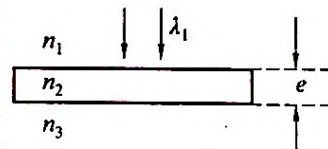
题 2 图



题 3 图

4. 光强分别为 I_0 和 $4I_0$ 的两束相干光相遇而发生干涉时, 在相遇区域内有可能出现的最大光强为 _____.

5. 单色平行光垂直照射在薄膜上, 经上下两表面反射的两束光发生干涉, 如题 5 图所示, 若膜厚度为 e , 且 $n_1 < n_2 > n_3$, λ_1 为入射光在 n_1 中的波长, 则两束反射光的光程差 $\delta =$ _____.



题 5 图

6. 惠更斯引入 _____ 的概念提出了惠更斯原理, 菲涅耳再用 _____ 的思想补充了惠更斯原理, 发展成了惠更斯-菲涅耳原理.

7. 用一定波长的单色光进行双缝干涉实验时, 欲使屏上的干涉条纹间距变大, 可采用的方法是 (1) _____; (2) _____.

二、计算题

8. (本题 10 分) 如图所示, 平面简谐波沿 x 轴正向传播, 振幅为 A , 频率为 ν , 传播速度为 u . 求:

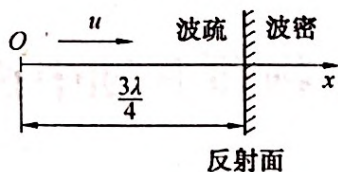
(1) $t = 0$ 时, 在原点 O 处的质元由平衡位置向 x 轴负向运动, 写出波函数;

(2) 若经反射面反射的波的振幅和入射波振幅相等, 写出反射波波函数, 并求在 x 轴上因两波叠加而静止的各点的位置.

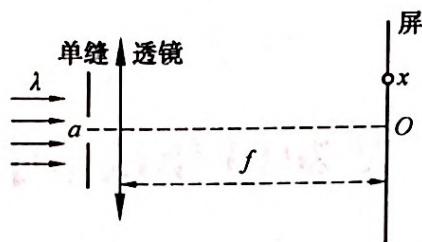
9. 在单缝夫琅禾费衍射中, 一束白光垂直照射到缝宽为 $a = 0.2 \text{ mm}$ 的单缝上, 如图所示. 在观察屏上 $x = 1.2 \text{ mm}$ 处为明条纹, 已知 $f = 20 \text{ cm}$, 求:

(1) 该明纹对应的波长? 衍射级数?

(2) 该条纹对应半波带数?



题 8 图



题 9 图

10. 一束光强为 I_0 的自然光垂直穿过两个偏振片, 且此两偏振片的偏振化方向成 45° 角, 若不考虑偏振片的反射和吸收, 求穿过两个偏振片后的光强 I_2 .

11. 一束平行单色光垂直入射到光栅上, 当光栅常数 d 与缝宽 a 度满足什么条件时, $k=3, 6, 9$ 等级次的主极大均不出现?

三、问答题

12. 光在均匀介质中传播时, 光是沿两点间的最短路线——直线传播的, 即在给定两点间, 光沿着费时最少的路径传播. 但当光由一种介质进入另一种介质时 (即在分界面发生反射和折射时) 将按什么路径传播? 给出理由.

哈工大 2013 年秋季学期大学物理 B 期末试题

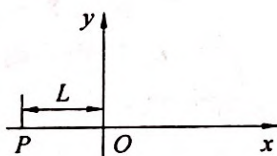
一、填空题

1. 在容积为 10^{-2} m^3 的容器中, 装有质量 200 g 的气体, 若气体分子的方均根速率为 200 m/s , 则气体的压强为_____.

2. 理想气体分子的平均平动动能与热力学温度 T 的关系式是_____, 此式所揭示的气体温度的统计意义是_____.

3. 氮气在标准状态下的分子平均碰撞频率为 $5.42 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$, 分子平均自由程为 $6 \times 10^{-6} \text{ cm}$, 若温度不变, 气压降为 0.2 atm , 则分子的平均碰撞频率变为_____; 平均自由程变为_____.

4. 如图所示, 一平面简谐波沿 Ox 轴负方向传播, 波长为 λ , 若 P 处质点的振动方程是 $y_P = A \cos(2\pi\nu t + \frac{1}{2}\pi)$, 则该波的表达式是_____; P 处质点_____时刻的振动状态与 O 处质点 t_1 时刻的振动状态相同.

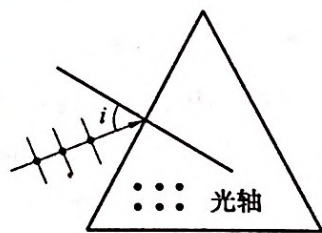


题 4 图

5. 要使一热力学系统的内能增加, 可以通过_____或_____两种方式, 或者两种方式兼用来完成. 热力学系统的状态发生变化时, 其内能的改变量只决定_____, 而与_____无关.

6. 用方解石晶体(负晶体) 切成一个截面为正三角形的棱镜, 光轴方向如图所示. 若自然光以入射角 i 入射并产生双折射. 试定性分别画出 o 光和 e 光的光路及振动方向.

7. 氢原子的运动速率等于它在 300 K 时的方均根速率时, 它的德布罗意波长是_____. 质量为 $m=1 \text{ g}$, 以速度 $v=1 \text{ cm/s}$ 运动的小球的德布罗意波长是_____. (普朗克常量为 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 玻尔兹曼常量 $k=1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$, 氢原子质量 $m_H=1.67 \times 10^{-27} \text{ kg}$)



题 6 图

8. 如果电子被限制在边界 x 与 $x + \Delta x$ 之间, $Dx=0.5 \text{ \AA}$, 那么电子动量 x 分量的不确定量近似地为_____ $\text{kg} \cdot \text{m/s}$. (不确定关系式 $D\Delta x \cdot \Delta p \geq h$, 普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

9. 粒子在一维无限深方势阱中运动(势阱宽度为 a), 其波函数为

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{3\pi x}{a} \quad (0 < x < a)$$

粒子出现的概率最大的各个位置是 $x =$ _____.

10. 热力学第二定律的实质是, 一切实际宏观过程都是_____过程.

11. 根据量子力学理论, 原子内电子的量子态由 (n, l, m_l, m_s) 四个量子数表征, 那么, 处于基态的氦原子内两个电子的量子态可由_____和_____两组量子数表征.

12. 设描述微观粒子运动的波函数为 $\psi(r, t)$, 则 $\psi\psi^*$ 表示_____, $\psi(r, t)$ 须满足的条件

是_____.

二、计算题

13. 已知某粒子系统中粒子的速率分布曲线如图所示, 即

$$f(v) = \begin{cases} Kv^3 & (0 < v < v_0) \\ 0 & (v_0 < v < \infty) \end{cases}$$

求:

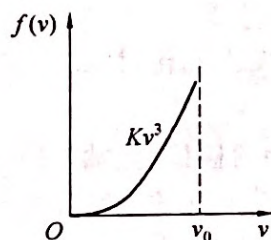
- (1) 比例常数 K ;
- (2) 粒子的平均速率 \bar{v} ;
- (3) 速率在 $0 \sim v_1$ 之间的粒子占总粒子数的 $\frac{1}{16}$ 时, v_1 .

(答案均以 v_0 表示.)

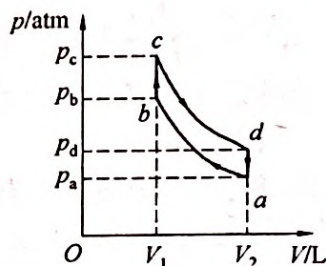
14. 1 mol 氦气做如图所示的可逆循环过程, 其中 ab 和 cd 是绝热过程, bc 和 da 为等体过程, 已知 $V_1 = 16.4 \text{ L}, V_2 = 32.8 \text{ L}, p_a = 1 \text{ atm}, p_b = 3.18 \text{ atm}, p_c = 4 \text{ atm}, p_d = 1.26 \text{ atm}$, 试求:

- (1) 在各态氦气的温度;
- (2) bc 过程的熵变 ΔS_{bc} ;
- (3) 循环效率.

($1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}, R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)



题 13 图



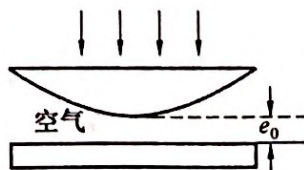
题 14 图

15. 用单色光照射某一金属产生光电效应, 如果入射光的波长从 $\lambda_1 = 400 \text{ nm}$ 减到 $\lambda_2 = 360 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), 遏止电压改变多少? 数值加大还是减小? (普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

16. 已知氢电离能为 13.60 eV . 设氢原子从某一定态移去一个电子所需要的能量是 0.85 eV . 试问从上述定态向激发能为 10.20 eV 的另一定态跃迁时, 所产生的谱线的波长是多少? 属什么线系?

17. 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.

18. 水的折射率为 1.33 , 玻璃的折射率为 1.50 , 当光由水中射向玻璃而反射时, 布儒斯特角是多少? 当光由玻璃射向水中而反射时, 布儒斯特角又是多少?



题 19 图

19. 如图所示, 牛顿环装置中的平凸透镜与平板玻璃有一小缝隙 e_0 . 现用波长为 λ 的单色光垂直照射, 已知平凸透镜的曲率半径为 R , 求反射光形成的牛顿环的各暗环半径.

20. 波长为 600 nm 的单色光垂直入射到一光栅上, 第二级、第三级分别出现在 $\sin \theta_2 = 0.20$ 和 $\sin \theta_3 = 0.30$ 处, 第四级缺级, 求:

(1) 光栅常数是多少?

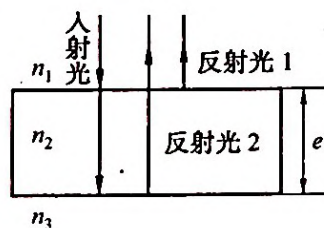
(2) 狭缝最小可能宽度有多大?

(3) 按上述选定 a, b 值, 实际呈现的全部级次是什么?

哈工大 2014 年秋季学期大学物理 B 期中试题

一、填空题

1. 单色平行光垂直照射在薄膜上, 经上下两表面反射的两束光发生干涉, 如图所示, 若薄膜的厚度为 e , 且 $n_1 < n_2 > n_3$, λ_1 为人射光在 n_1 中的波长, 则两束反射光的光程差为 _____.



题 1 图

2. 光强均为 I_0 的两束相干光相遇而发生干涉时, 在相遇区域内有可能出现的最大光强是 _____.

3. 以波长 1.10×10^{-10} m 的伦琴射线照射到某晶面族上, 在掠射角为 $11^\circ 15'$ 时, 获得第一级主极大反射光, 则晶面的间距为 _____.

4. 假设某一介质对于空气的临界角是 45° , 则光从空气射向此介质时的布儒斯特角是 _____.

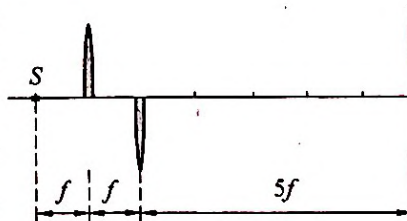
5. 在光学各向异性晶体内部有一确定的方向, 沿这一方向寻常光和非常光的 _____ 相等, 这一方向称为晶体的光轴. 只具有一个光轴方向的晶体称为 _____ 晶体.

6. 狭义相对论的基本原理之一, 光速不变原理是指光速与 _____、_____、_____ 无关.

7. 牛顿环与等倾干涉的干涉图样都是同心圆环, 二者的区别是 _____.

二、计算题

8. 如图所示, 光源 S 位于透镜的焦点上, 将焦距为 f 的透镜从中间切开, 移动下半部分使其距光源 $2f$, 距光源 $7f$ 处放置一屏, 入射光波长为 λ . 求屏上条纹的间距?



题 8 图

9. 用波长 $\lambda = 500$ nm 的单色光作牛顿环实验, 测得第 k 个暗环半径 $r_k = 4$ mm, 第 $k + 10$ 个暗环半径 $r_{k+10} = 6$ mm, 求平凸透镜的凸面的曲率半径 R .

10. 单缝衍射实验, $\lambda = 605.8$ nm 的光垂直入射, 缝宽 $a = 0.3$ mm, 透镜焦距 $f = 1$ m. 求:

(1) 中央明纹的宽度;

(2) 相应于第二级明纹, 单缝可分出多少个半波带, 每个半波带的宽度是多少?

11. 波长 600 nm 的单色光垂直射到平面光栅上. 已知光栅常数为 $4.5 \mu\text{m}$, 缝宽为 $1.5 \mu\text{m}$, 问屏上最多能看到几条明条纹?

12. 由强度为 I_0 的自然光和强度为 I_b 的线偏振光混合而成的一束入射光, 垂直入射在一偏振片上, 当以入射光方向为转轴旋转偏振片时, 出射光将出现最大值和最小值. 其比值为 n .

试求出 $\frac{I_a}{I_b}$ 与 n 的关系.

13. 两只宇宙飞船, 彼此以 $0.98c$ 的相对速率相对飞过对方, 宇宙飞船 1 中的观察者测得

另一只宇宙飞船 2 的长度为自己宇宙飞船长度的 $\frac{2}{5}$. 求:

(1) 宇宙飞船 2 与 1 中的静止长度之比?

(2) 飞船 2 中的观察者测得飞船 1 的长度与自己飞船长度之比?

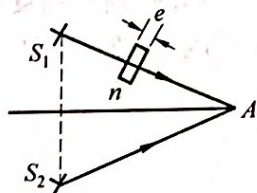
14. 要使电子的速度从 $v_1 = 1.2 \times 10^8$ m/s 增加到 $v_2 = 2.4 \times 10^8$ m/s 必须对它做多少功?
(电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg)

15. 一列以速度 u 行驶的火车, 当火车的中点 C' 与站台的中点 C 对准时, 从站台首尾两端发出闪光. 在 C' 和 C 处两人看来, 这两处闪光是否同时发出? 如果不是, 何处在先?

哈工大 2014 年秋季学期大学物理 B 期末试题

一、填空题

1. 如图所示, 假设有两个同相位的相干点光源 S_1 和 S_2 , 发出波长为 λ 的光. A 是它们连线的中垂线上的一点. 若在 S_1 与 A 之间插入厚度为 e 、折射率为 n 的薄玻璃片, 则两光源发出的光在点 A 的相位差 $\Delta\varphi =$ _____. 若已知 $\lambda = 500 \text{ nm}$, $n = 1.5$, 点 A 恰为第四级明纹中心, 则 $e =$ _____ nm . ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)

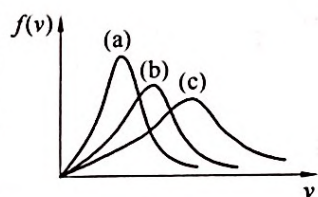


题 1 图

2. 一会聚透镜, 直径为 3 cm , 焦距为 20 cm . 照射光波长 550 nm . 为了可以分辨两个远处的点状物体, 则这两个远处的点状物体对透镜中心的张角必须不小于 _____. 这时在透镜焦平面上两个衍射图样中心间的距离不小于 _____.

3. 观察者甲以 $\frac{4}{5}c$ 的速度 (c 为真空中光速) 相对于静止的观察者乙运动, 若甲携带一长度为 l 、截面积为 S , 质量为 m 的棒, 这根棒安放在运动方向上, 则: (1) 甲测得此棒的密度为 _____; (2) 乙测得此棒的密度为 _____.

4. 如图所示的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 4 图

5. 用总分子数 N 、气体分子速率 v 和速率分布函数 $f(v)$, 表示下列各量:

- (1) 速率大于 v_p 的分子数 = _____;
- (2) 速率大于 v_p 的那些分子的平均速率 = _____;
- (3) 多次观察一分子的速率, 发现其速率大于 v_p 的概率 = _____.

6. 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 A , 则其温度变化 $\Delta T =$ _____; 从外界吸取的热量 $Q_p =$ _____.

7. 从统计的意义来解释, 不可逆过程实质上是一个 _____ 的转变过程, 一切实际过程都向着 _____ 的方向进行.

8. 在加热黑体过程中, 其最大单色辐出度 (单色辐射本领) 对应的波长由 $0.8 \mu\text{m}$ 变到 $0.4 \mu\text{m}$, 则其辐射出射度 (总辐射本领) 增大为原来的 _____ 倍.

9. 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 .

10. 波长 $\lambda = 500 \text{ nm}$ 的光沿 x 轴正向传播, 若光的波长的不确定量 $\Delta\lambda = 10^{-4} \text{ nm}$, 则利用不确定关系式 $\Delta p_x \Delta x \geq h$ 可得光子的 x 坐标的不确定量至少为 _____.

11. 根据量子力学原理,当氢原子中电子的角动量 $L = \sqrt{6}h$ 时, L 在外场方向上的投影 L_z 可取得值分别为 _____、_____、_____.

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

二、计算题

13. 用波长为 λ 的单色光垂直照射由两块平玻璃板构成的空气劈形膜,已知劈尖角为 θ . 如果劈尖角变为 θ' ,那么从劈棱数起的第四条明条纹位移值 Δx 是多少?

14. 两个偏振片叠在一起,当它们的偏振化方向成 $\alpha_1 = 30^\circ$ 时,观测一束单色自然光. 又当 $\alpha_2 = 45^\circ$ 时,观测另一束单色自然光. 若两次所测得的透射光强度相等,求两次入射自然光的强度之比.

15. 一电子以 $v = 0.99c$ (c 为真空中光速) 的速率运动. 试求:

(1) 电子的总能量是多少?

(2) 电子的经典力学的动能与相对论动能之比是多少?

(电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31}$ kg)

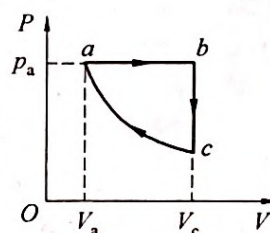
16. 1 mol 理想气体经历了体积从 V_1 到 $2V_1$ 的可逆等温膨胀, 求:

(1) 气体的熵变;

(2) 环境的熵变;

(3) 整个系统总的熵变.

17. 如图所示循环过程, $c \rightarrow a$ 是绝热过程, 已知体积 V_a, V_c 、比热容比 γ , 求循环效率.



题 17 图

18. 光电管的阴极用逸出功为 $A = 2.2$ eV 的金属制成, 今用一单色光照射此光电管, 阴极发射出光电子, 测得遏止电势差为 $|U_a| = 5.0$ V, 试求:

(1) 光电管阴极金属的光电效应红限波长;

(2) 入射光波长.

(普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J · s, 基本电荷 $e = 1.6 \times 10^{-19}$ C)

19. 已知氢光谱的某一线系的极限波长为 364.7 nm, 其中有一谱线波长为 656.5 nm. 试由玻尔氢原子理论, 求与该波长相应的始态与终态能级的能量. ($R = 1.097 \times 10^7$ m⁻¹)

20. 已知粒子处于宽度为 a 的一维无限深方势阱中运动的波函数为

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{n\pi x}{a} \quad (n=1, 2, 3, \dots)$$

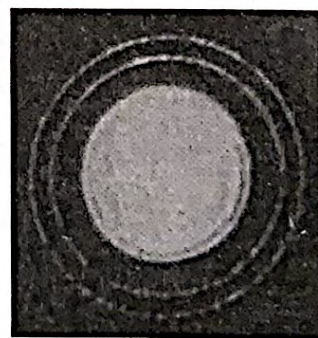
试计算 $n=1$ 时, 在 $x_1 = \frac{a}{4}$ 到 $x_2 = \frac{3}{4}a$ 区间找到粒子的概率.

三、证明题

21. 试根据热力学第二定律证明两条绝热线不能相交.

四、演示实验附加题(说明: 在下列 4 道题中任选 1 道)

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.

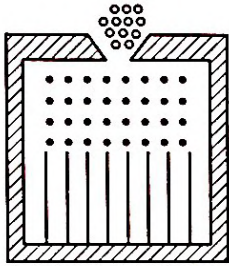


题 22 图

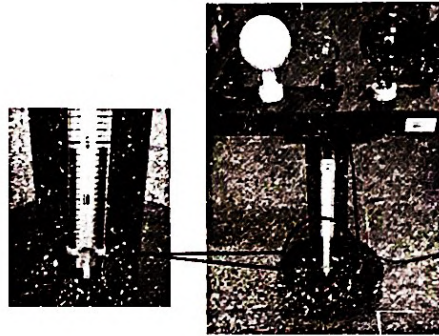
23. 用一束激光照射到方解石晶体上,控制激光沿主截面入射,且入射方向既不平行于光轴也不垂直于光轴,将看到什么现象? 让出射光通过偏振片,转动偏振片,会看到什么现象? 解释观察到的现象.

24. 如图所示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?

25. 如图所示为黑体辐射演示实验装置图,当灯泡点亮时,U型细管中的红色液体将如何变化? 请解释.



题 24 图



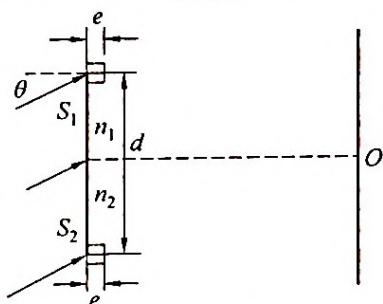
题 25 图

哈工大 2015 年秋季学期大学物理 B 期中试题

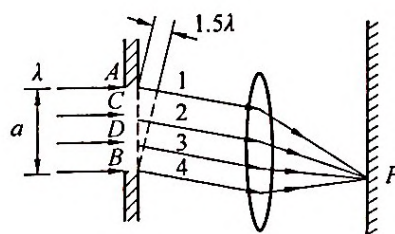
一、填空题

1. 如图所示, 双缝干涉实验装置中两个缝用厚度均为 e , 折射率分别为 n_1 和 n_2 的透明介质膜覆盖 ($n_1 > n_2$). 波长为 λ 的平行单色光斜入射到双缝上, 入射角为 θ , 双缝间距为 d , 在屏幕中央 O 处 ($\overline{S_1O} = \overline{S_2O}$), 两束相干光的相位差 $\Delta\varphi =$ _____.

2. 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. 若对应于会聚在 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 $\overline{AC} = \overline{CD} = \overline{DB}$, 则光线 1 和 2 在 P 点的相位差为 _____.



题 1 图



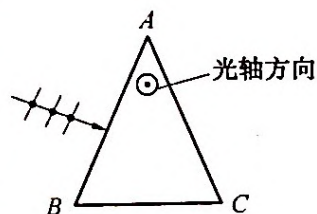
题 2 图

3. 用波长为 λ 的单色平行光垂直入射在一块多缝光栅上, 其光栅常数 $d = 3 \text{ mm}$, 缝宽 $a = 1 \text{ mm}$, 则在单缝衍射的中央明条纹中共有 _____ 条谱线 (主极大).

4. 假设某一介质对于空气的临界角是 45° , 则光从空气射向此介质时的布儒斯特角是 _____.

5. 一宇宙飞船相对于地球以 $0.8c$ (c 表示真空中光速) 的速度飞行. 现在一光脉冲从船尾传到船头, 已知飞船上的观察者测得飞船长为 90 m , 则地球上的观察者测得光脉冲从船尾发出和到达船头两个事件的空间间隔为 _____.

6. 若单用方解石晶体 ($n_o > n_e$) 切成一个顶角 $A = 30^\circ$ 的三棱镜, 其光轴方向如图色自然光垂直 AB 面入射, 如图所示. 试定性地画出三棱镜内外折射光的光路, 并画出光矢量的振动方向.



题 6 图

二、计算题

7. 在牛顿环实验中, 平凸透镜的曲率半径为 3.00 m , 当用某种单色光照射时, 测得第 k 个暗环半径为 4.24 mm , 第 $k + 10$ 个暗环半径为 6.00 mm . 求所用单色光的波长.

8. 用钠光 ($\lambda = 589.3 \text{ nm}$) 垂直照射到某光栅上, 测得第三级光谱的衍射角为 60° .

(1) 若换用另一光源测得其第二级光谱的衍射角为 30° , 求另一光源发光的波长.

(2) 若以白光 ($400 \text{ nm} \sim 760 \text{ nm}$) 照射在该光栅上, 求其第二级光谱的张角.

9. 由强度为 I_0 的自然光和强度为 I_0 的线偏振光混合而成的一束入射光, 垂直入射在一偏振片上, 当以入射光方向为转轴旋转偏振片时, 出射光将出现最大值和最小值. 其比值为 n . 试

求出 $\frac{I_a}{I_b}$ 与 n 的关系.

10. 在 O 参考系中, 有一个静止的正方形, 其面积为 100 cm^2 . 观测者 O' 以 $0.8c$ 的匀速度沿正方形的对角线运动. 求 O' 所测得的该图形的面积.

11. 要使电子的速度从 $v_1 = 1.2 \times 10^8 \text{ m/s}$ 增加到 $v_2 = 2.4 \times 10^8 \text{ m/s}$ 必须对它做多少功? (电子静止质量 $m_e = 9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

三、错误改正题

12. 固定在惯性系 K' 中的刚性棒沿 x' 轴放置, 长度 $L_0 = x'_2 - x'_1$. 由 K 系 (K' 系相对于 K 系沿正 x 方向以匀速 v 运动) 观测者测得棒长是 $L = x_2 - x_1$, 那么 L 和 L_0 的关系可由下列式子推得. 根据洛伦兹变换

$$x_1 = \frac{x'_1 + vt'}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}, x_2 = \frac{x'_2 + vt'}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

则

$$x_2 - x_1 = \frac{x'_2 + vt'}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} - \frac{x'_1 + vt'}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{x'_2 - x'_1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

即

$$L = \frac{L_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

显然这个结果与动尺缩短的相对论结论是矛盾的. 请改正.

哈工大 2015 年秋季学期大学物理 B 期末试题

一、填空题

1. 平行单色光垂直入射于单缝上, 观察夫琅禾费衍射. 若屏上 P 点处为第二级暗纹, 则单缝处波面相应地可划分为 _____ 个半波带. 若将单缝宽度缩小一半, P 点处将是 _____ 级 _____ 纹.

2. 三个偏振片 P_1, P_2 与 P_3 堆叠在一起, P_1 与 P_3 的偏振化方向相互垂直, P_2 与 P_1 的偏振化方向间的夹角为 30° . 强度为 I_0 的自然光垂直入射于偏振片 P_1 , 并依次透过偏振片 P_1, P_2 与 P_3 , 则通过三个偏振片后的光强为 _____.

3. 狭义相对论确认, 时间和空间的测量值都是 _____, 它们与观察者的 _____ 密切相关.

4. 一列高速火车以速度 u 驶过车站时, 固定在站台上的两只机械手在车厢上同时划出两个痕迹, 静止在站台上的观察者同时测出两痕迹之间的距离为 1 m , 则车厢上的观察者应测出这两个痕迹之间的距离为 _____.

5. 当粒子的动能等于它的静止能量时, 它的运动速度为 _____.

6. 已知大气中分子数密度 n 随高度 h 的变化规律 $n = n_0 \exp\left(-\frac{M_{\text{mol}}gh}{RT}\right)$, 式中 n_0 为 $h=0$ 处的分子数密度. 若大气中空气的摩尔质量为 M_{mol} , 温度为 T , 且处处相同, 并设重力场是均匀的, 则空气分子数密度减少到地面的一半时的高度为 _____. (符号 $\exp(a)$, 即 e^a .)

7. 在一个体积不变的容器中, 储有一定量的理想气体, 温度为 T_0 时, 气体分子的平均速率为 \bar{v}_0 , 分子平均碰撞次数为 \bar{Z}_0 , 平均自由程为 $\bar{\lambda}_0$. 当气体温度升高为 $4T_0$ 时, 气体分子的平均速率 $\bar{v} =$ _____, 平均碰撞频率 $\bar{Z} =$ _____ 和平均自由程 $\bar{\lambda} =$ _____.

8. 某理想气体等温压缩到给定体积时外界对气体做功 $|W_1|$, 又经绝热膨胀返回原来体积时气体对外做功 $|W_2|$, 则整个过程中气体:

(1) 从外界吸收的热量 $Q =$ _____;

(2) 内能增加了 $\Delta E =$ _____.

9. 某金属产生光电效应的红限为 ν_0 , 当用频率为 ν ($\nu > \nu_0$) 的单色光照射该金属时, 从金属中逸出的光电子(质量为 m) 的德布罗意波长为 _____, 光电子的最大初动能 _____.

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 _____. (斯特藩-玻尔兹曼定律常数 $\sigma = 5.67 \times 10^{-8}\text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$)

11. 定态薛定谔方程通常还表示为

$$\hat{H}\psi(r) = E\psi(r)$$

式中 \hat{H} 称为体系的能量算符或哈密顿算符, 其表达式为 _____, E 值称为体系的 _____

值.

12. 根据量子力学理论, 氢原子中电子的动量矩在外磁场方向上的投影为 $L_z = m_l \hbar$, 当角量子数 $l=2$ 时, L_z 的可能取值为_____.

二、计算题

13. 用波长 $\lambda=500 \text{ nm}$ 的单色光垂直照射在由两块玻璃板(一端刚好接触成为劈棱)构成的空气劈形膜上. 劈尖角 $\theta=2 \times 10^{-4} \text{ rad}$. 如果劈形膜内充满折射率为 $n=1.40$ 的液体. 求从劈棱数起第五个明条纹在充入液体前后移动的距离.

14. 在某个单缝衍射实验中, 光源发出的光含有两种波长 λ_1 和 λ_2 , 垂直入射于单缝上. 假如 λ_1 的第一级衍射极小与 λ_2 的第二级衍射极小相重合, 试问:

- (1) 这两种波长之间有何关系?
- (2) 在这两种波长的光所形成的衍射图样中, 是否还有其他极小相重合?

15. 有 1 mol 刚性多原子分子的理想气体, 原来的压强为 1.0 atm , 温度为 27°C , 若经过一绝热过程, 使其压强增加到 16 atm . 试求:

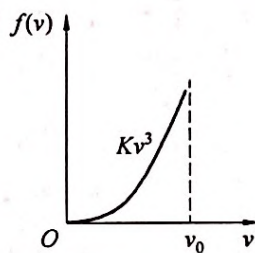
- (1) 气体内能的增量;
- (2) 在该过程中气体所做的功;
- (3) 终态时, 气体的分子数密度.

16. 已知某粒子系统中粒子的速率分布曲线如图所示, 即

$$f(v) = \begin{cases} Kv^3 & (0 < v < v_0) \\ 0 & (v_0 < v < \infty) \end{cases}$$

求:

- (1) 比例常数 K ;
- (2) $\frac{1}{2}v_0 \sim v_0$ 之间粒子的平均速率 $\bar{v}_{\frac{1}{2}v_0 \sim v_0}$.



题 16 图

17. 理想气体, 初态 $T_1=300 \text{ K}$, $p_1=3.039 \times 10^5 \text{ Pa}$, $V_1=4 \text{ m}^3$, 先等温膨胀至 16 m^3 , 接着等体达到某一压强, 再经绝热压缩回到初态. 设全部过程都是可逆的.

- (1) 在 $p-V$ 图和 $T-S$ 图上分别画出上述循环.
- (2) 计算每段过程和循环过程的熵变.

18. 在氢原子中, 电子从某能级跃迁到量子数为 n 的能级, 这时轨道半径改变 q 倍, 求发射的光子的频率.

19. 假定在康普顿散射实验中, 入射光的波长 $\lambda_0=0.0030 \text{ nm}$, 反冲电子的速度 $v=0.6c$, 求散射光的波长 λ . (电子的静止质量 $m_e=9.11 \times 10^{-31} \text{ kg}$, 普朗克常量 $h=6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, $1 \text{ nm}=10^{-9} \text{ m}$, c 表示真空中的光速)

20. 粒子在一维无限深方势阱中运动(势阱宽度为 a), 其波函数为 $\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{3\pi x}{a}$ ($0 < x < a$), 求发现粒子的概率为最大的位置.

三、回答问题

21. 用经典力学的物理量(例如坐标、动量等)描述微观粒子的运动时, 存在什么问题? 原因何在?

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√.

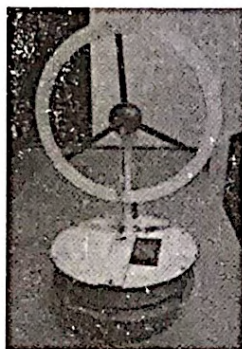
22. 在两个相互垂直的偏振片之间放一把塑料尺,将看到什么现象? 转动其中一个偏振片,又会看到什么现象? 请解释.

23. 如图所示为一维光栅衍射图,根据图判断中央明纹中有几条谱线? 光栅常数与缝宽的关系?



题 23 图

24. 如图所示为低温差发动机实验装置的示意图,当底盘加热时,能看到什么现象? 分析能量转化过程.



题 24 图

25. 当光照到如图所示的实验装置时,玻璃泡里的叶片将发生转动,请解释原因.

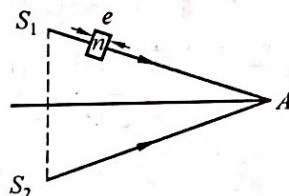


题 25 图

哈工大 2016 年秋季学期大学物理 B 期中试题

一、填空题

1. 如图所示, 假设有两个相干点光源 S_1 和 S_2 , 发出波长为 λ 的光. A 是它们连线的中垂线上的一点. 若在 S_1 与 A 之间插入厚度为 e 、折射率为 n 的薄玻璃片, 则两光源发出的光在 A 点的相位差 $\Delta\varphi =$ _____ . 若已知 $\lambda = 500 \text{ nm}$, $n = 1.5$, A 点恰为第 3 级明纹中心, 则 $e =$ _____ nm. ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$)



题 1 图

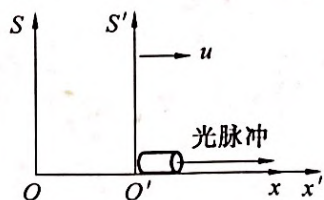
2. 一束光垂直入射到偏振片 P 上, 以入射光为轴旋转偏振片, 观察通过偏振片 P 的光强的变化过程. 若入射光是 _____ 光, 则将看到光强不变; 若入射光是 _____ 光, 则将看到明暗交替变化, 有时出现全暗; 若入射光是 _____ 光, 则将看到明暗交替变化, 但不出现全暗.

3. 光强均为 I_0 的两束相干光相遇而发生干涉时, 在相遇区域内有可能出现的最大光强是 _____ .

4. 当一衍射光栅的不透光部分的宽度 b 与透光缝宽度 a 满足关系 $b = 2a$ 时, 衍射光谱中第 _____ 级谱线缺级.

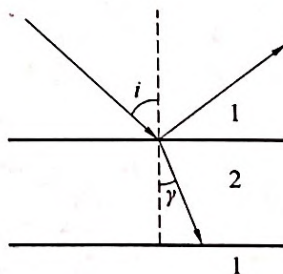
5. 两个静止质量均为 m_0 的全同粒子, 它们各自以速率 v 相向而行, 所以它们相对论质量均为 $m(v)$. 设两粒子作完全非弹性碰撞后, 变成一个静止的复合粒子, 其静止质量为 _____ .

6. 在真空中, 惯性参考系 S' 相对于惯性参考系 S 沿 x 轴方向做匀速直线运动, 其速度为 u , 如图所示. 现 S' 系有一信号发生器, 沿 x' 轴方向发射一光脉冲, 此光脉冲相对 S 系中的 x 轴的速度是 _____ .



题 6 图

7. 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.

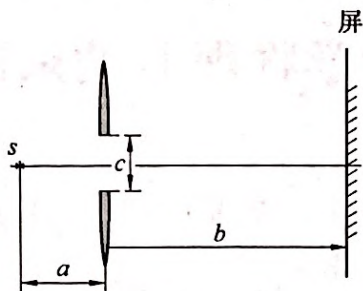


题 7 图

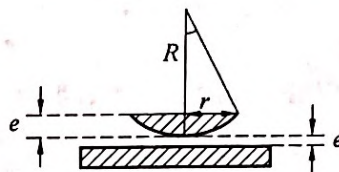
二、计算题

8. 如图所示, 将焦距为 f 的透镜从中间切开, 切开部分上下移动, 宽度为 c , 已知光源 S 到透镜的距离为 a , 屏到透镜的距离为 b , 波长为 λ . 求: 屏上干涉条纹的间距.

9. 如图所示, 牛顿环装置的平凸透镜与平板玻璃有一个小缝隙 e_0 . 现用波长为 λ 的单色光垂直照射, 已知平凸透镜的曲率半径为 R , 求反射光形成的各暗环半径.



题 8 图

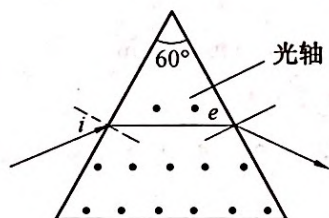


题 9 图

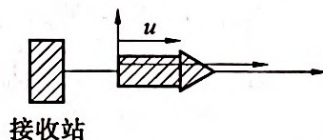
10. 一米尺静止在 S' 系中, 与 $O'x'$ 轴成 30° 角. 若在 S 系中测得该米尺与 Ox 轴成 45° 角, 试求:

- (1) S' 系相对 S 系运动的速率 u ;
- (2) 在 S 系中测得米尺的长度.

11. 用方解石割成一个正三角形棱镜, 其光轴与棱镜的棱边平行, 亦即与棱镜的正三角形横截面垂直, 如图所示. 今有一束自然光入射于棱镜, 为使棱镜内的 e 光折射线平行于棱镜的底边, 该入射光的入射角 i 应为多少? 在图中画出 o 光的光路, 并标明 o 光和 e 光的振动方向. 已知 $n_e = 1.49$ (主折射率).



题 11 图



题 12 图

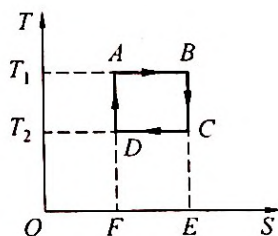
13. 在单缝衍射实验中, 一波长为 $\lambda = 605.8 \text{ nm}$ 的单色光垂直入射到单缝上, 缝宽 $a = 0.3 \text{ mm}$, 透镜焦距 $f = 1 \text{ m}$. 求:

- (1) 中央明纹的宽度;
- (2) 相应于第二级和第三级明纹, 单缝可分出多少个半波带, 每个半波带的宽度是多少?

哈工大 2016 年秋季学期大学物理 B 期末试题

一、填空题

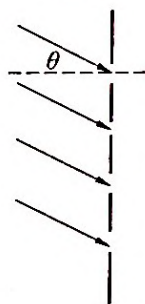
1. 要使一束线偏振光通过偏振片之后振动方向转过 90° 角, 则至少需要让这束光通过 _____ 块理想偏振片, 在此情况下, 透射光强最大是原来的 _____ 倍.
2. X 射线入射到晶格常数为 d 的晶体中, 可能发生布拉格衍射的最大波长为 _____.
3. 白光照射在镀有 $e=0.40 \mu\text{m}$ 厚介质膜的玻璃板上, 介质的折射率 $n_1=1.50$, 玻璃的折射率 $n_2=1.45$. 则在可见光范围内, 波长为 _____ 的光在透射中增强.
4. 氢原子能量算符本征值 $E_n = \frac{-m_e e^4}{32\pi^2 \epsilon_0^2 \hbar^2} \cdot \frac{1}{n^2}$ 只与 n 有关, 但同一能量本征值对应的本征函数 $\psi_{nlm_l}(r, \theta, \varphi)$ 却与 n, l, m_l 都有关, 这种同一本征值对应多个相互独立的本征函数的现象称为 _____, 而这些独立的波函数的个数称为 _____.
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 0.25 MeV 的电子, 其运动速度约等于 _____, 电子的总能量为 _____.
6. 在劈尖干涉中, 任何两个相邻的明条纹或暗条纹之间的光程差是 _____, 所对应的厚度差为 _____. (设劈尖的折射率为 n .)
7. 钠黄光双线的两个波长分别是 589.00 nm 和 589.59 nm ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), 若平面衍射光栅能够在第二级光谱中分辨这两条谱线, 光栅的缝数至少是 _____.
8. 量子力学中, 动量、能量以及角动量及其一维分量的算符形式在坐标空间中可以分别表示为 $\hat{p}_x =$ _____; $\hat{L} =$ _____; $\hat{H} =$ _____.
9. 根据量子力学理论, 氢原子中电子的角动量 $L = \sqrt{6} \hbar$ 时, L 在外磁场方向上的投影 L_z 的可能取值为 _____.
10. 如图所示的 $T-S$ (温熵) 图表示热力学系统经历了一个 ABCDA 循环过程, 该循环称为 _____ 循环. 若图中矩形 ABCD 的面积是矩形 ABEF 的面积 $\frac{1}{3}$, 则该循环的效率为 _____.
11. 已知气体分子速率 v 和速率分布函数 $f(v)$, 则速率在区间 $v_1 \sim v_2$ 内的分子的平均速率 $\bar{v}_{v_1 \sim v_2} =$ _____.
12. 氮气在标准状态下的分子平均碰撞频率为 $5.42 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$, 分子平均自由程为 $6 \times 10^{-6} \text{ cm}$, 若温度不变, 气压降为 0.1 atm , 则分子的平均碰撞频率变为 _____; 平均自由程变为 _____.



题 10 图

二、计算题

13. 用每毫米 500 条栅纹的光栅, 观察钠光谱线($\lambda=590 \text{ nm}$). 当光线以入射角 $\theta=30^\circ$ 斜入射时, 如图所示, 最多能看到几级条纹?



题 13 图

14. 质量为 m 的粒子处在宽度为 a 的一维无限深方势阱中, 试利用不确定关系 $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$, 估算该粒子可能具有的最小能量 E .

15. 用单色光照射某一金属产生光电效应, 如果入射光的波长从 $\lambda_1 = 400 \text{ nm}$ 减到 $\lambda_2 = 360 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$), 遏止电压改变多少? 数值加大还是减小? (普朗克常量 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$, 基本电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

16. 已知氢电离能为 13.60 eV . 设氢原子从某一定态移去一个电子所需要的能量是 0.85 eV . 试问从上述定态向激发能为 10.20 eV 的另一定态跃迁时, 所产生的谱线的波长是多少? 属什么线系?

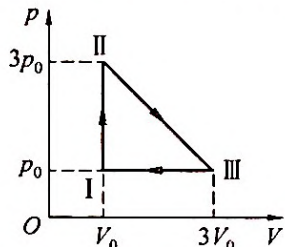
17. 已知氢原子基态下的电子的归一化径向波函数为 $R_{10}(r) = \left(\frac{1}{a_0}\right)^{\frac{3}{2}} 2e^{-\frac{r}{a_0}}$, 其中 a_0 为玻尔半径, 求电子径向概率密度最大的位置.

18. 1 mol 理想气体 He, 经历如图所示的循环过程. 求循环效率.

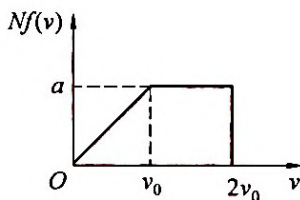
19. 一定温度下, 由 N 个粒子组成的理想气体系统, 其分子速率分布如图所示.

(1) 试用 N 与 v_0 表示 a 的值.

(2) 试求速率在 $1.5v_0 \sim 2.0v_0$ 之间的分子数目.



题 18 图



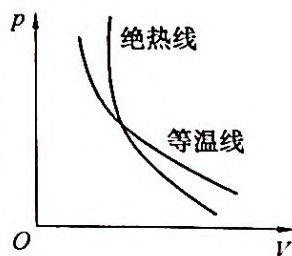
题 19 图

三、证明题

20. 分别从数学和物理角度证明在如图所示的 $p-V$ 图上, 绝热线比等温线陡.

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. 如图所示, 在“伽尔顿板实验”中, 一次将大量小球投入漏斗中, 若漏斗处于板的中间, 这些小球落到那些格中? 若漏斗处于板的右端或左端, 这些小球又落到那些格中? 请画出在这三种情况下, 小球在格中的分布情况.



题 20 图

22. 如图所示为两个偏振片, 若使一个偏振片不动, 旋转另一个, 你能看到什么现象? 若转动一周有什么现象发生?



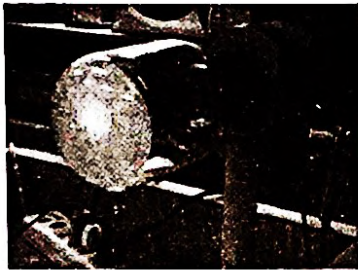
题 21 图



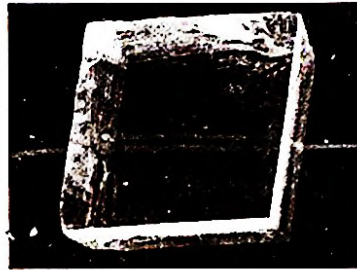
题 22 图

23. 如图所示为电子衍射实验装置, 如何判断此衍射图样是由电子束产生的而不是由可见光产生的?

24. 请解释如图所示的现象.



题 23 图



题 24 图

哈工大 2017 年秋季学期大学物理 B 期中试题

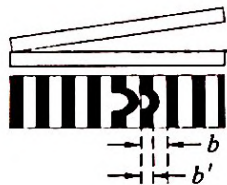
一、填空题

1. 在杨氏干涉实验中,用 632.8 nm 氦氖激光束,垂直照射间距为 1.50 mm 的两个小孔,小孔至屏幕的垂直距离为 1.50 m . 现将整个装置放在 $n=1.33$ 的水中,则屏幕上干涉条纹的间距为_____.

2. 平行单色光垂直入射于单缝上,观察夫琅和费衍射. 若屏上点 P 处为第二级暗纹,则单缝处波面相应地可划分为_____个半波带,若将单缝宽度缩小一半,则点 P 将是第_____级_____纹.

3. 波长为 600 nm 的单色光垂直照射宽为 0.3 mm 的单缝,在缝后透镜的焦平面处屏幕上,中央明纹上下两侧第二条暗纹之间相距为 2.0 mm ,则该透镜的焦距为_____ cm .

4. 利用空气劈形膜的等厚干涉条纹,可以测量精密加工的工件表面上极小的纹路深度. 在工作表面上放一平板玻璃,使其间形成空气劈形膜,如果在波长为 λ 的单色光照射下,用眼睛观察到了如图所示的干涉条纹,则工件表面上的纹路是_____ (填“凹陷”或“凸起”),纹路深度可表示为_____.



题 4 图

5. 理想气体温度的统计意义是_____ ; 一个分子是否具有温度_____ (填“是”或“否”).

6. 用总分子数 N 、气体分子速率 v 和速率分布函数 $f(v)$, 下列各式表示的物理意义为:

(1) $\int_{v_0}^{\infty} Nf(v)dv$ 表示_____;

(2) $\frac{\int_{v_0}^{\infty} vf(v)dv}{\int_{v_0}^{\infty} f(v)dv}$ 表示_____;

(3) $\int_{v_0}^{\infty} f(v)dv$ 表示_____.

7. 将偏振化方向互相平行的两块偏振片 M 和 N 共轴平行放置,在它们之间平行地插入另一块偏振片 B , B 与 M 的偏振化方向之间的夹角为 θ . 若用强度为 I_0 的单色自然光垂直入射到偏振片 M 上,并假定不计偏振片对光能量的吸收,则透过检偏器 N 的出射光强为_____.

8. 从普通光源获得相干光的方法有_____和_____等.

9. 氮气在标准状态下的分子平均碰撞频率为 $5.42 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$,分子平均自由程为 $6 \times 10^{-6} \text{ cm}$,若温度不变,气压降为 0.2 atm ,则分子的平均碰撞频率变为_____ ; 平均自由程变为_____. ($1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$)

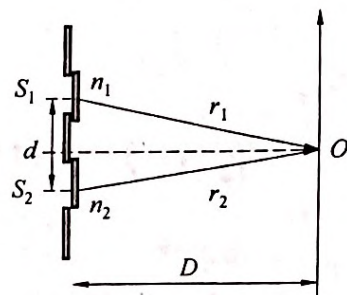
二、计算题

10. 在如图所示的双缝干涉实验中,若用玻璃片(折射率 $n_1 = 1.4$) 覆盖缝 S_1 ,用同样厚度的玻璃片,但折射率 $n_2 = 1.7$,覆盖 S_2 ,将屏幕上原来未放玻璃时的中央明纹所在处 O 变为第

五级明纹. 设单色光波长为 $\lambda = 4800 \text{ \AA}$, 求:

(1) 玻璃片的厚度 h , (可认为光线垂直穿过玻璃片);

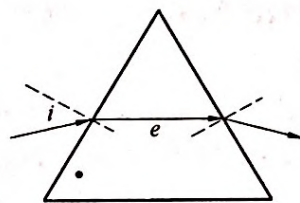
(2) 如果双缝与屏间的距离 $D = 120 \text{ cm}$, 双缝间距离 $d = 0.50 \text{ mm}$, 那么新的零级明纹 O' 的坐标 x 为多少?



题 10 图

11. 一平面透射多缝光栅, 当用波长 $\lambda_1 = 600 \text{ nm}$ ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) 的单色平行光垂直入射时, 在衍射角 $\theta = 30^\circ$ 的方向上可以看到第 2 级主极大, 并且在该处恰能分辨波长差 $\Delta\lambda = 5 \times 10^{-3} \text{ nm}$ 的两条谱线. 当用波长 $\lambda_2 = 400 \text{ nm}$ 的单色平行光垂直入射时, 在衍射角 $\theta = 30^\circ$ 的方向上却看不到本应出现的第 3 级主极大. 求光栅常数 d 和总缝数 N , 再求缝的最小宽度 a .

12. 用方解石晶体切割成一个正三角形棱镜. 光轴垂直于棱镜的正三角形截面, 如图所示. 自然光以入射角 i 入射时, e 光在棱镜内的折射线与棱镜底边平行, 求入射角 i , 并画出 O 光的传播方向和各光线的光矢量振动方向. ($n_e = 1.49, n_o = 1.66$, 方解石 $n_o > n_e$)



题 12 图

13. 某种理想气体分子的方均根速率为 450 m/s , 气体的压强为 $7 \times 10^4 \text{ Pa}$, 则该气体的密度为多少?

14. 一瓶氢气和一瓶氧气温度相同, 若氢气分子的平均平动动能为 $\bar{\omega} = 6.21 \times 10^{-21} \text{ J}$. 试求:

(1) 氧气分子的平均平动动能和方均根速率;

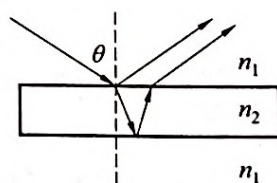
(2) 氧气的温度.

(阿伏伽德罗常量 $N_A = 6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$, 氧气分子摩尔质量 $m = 32 \text{ g}$, 玻尔兹曼常量 $k = 1.38 \times 10^{-23} \text{ J/K}$)

三、证明题

15. 请利用费马原理说明透镜成像过程中物、像间各条光线等光程.

16. 如图所示, 一块玻璃的折射率为 $n_2 = 1.55$, 一束自然光以 θ 角入射到玻璃表面, 求 θ 角为多少时反射光为完全偏振光? 证明在下表面反射并经上表面透射的光也是完全偏振光.

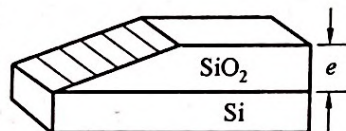


题 16 图

哈工大 2017 年秋季学期大学物理 B 期末试题

一、填空题

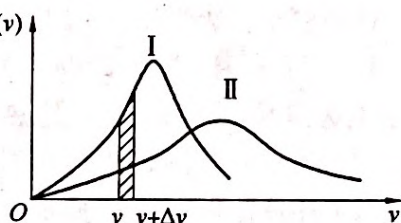
1. 利用劈尖干涉测硅片上 SiO_2 薄膜的厚度. 将 SiO_2 薄膜腐蚀成劈尖状, 如图所示. 已知 SiO_2 的折射率为 $n=1.46$, 介于空气和硅的折射率之间, 用波长 $\lambda=546.1 \text{ nm}$ 的绿光垂直照射, 在劈尖斜坡顶点 A 处, 见到第 7 条暗纹, 则 SiO_2 的厚度为_____.



题 1 图

2. 一束线偏振光与自然光混合, 当它通过一旋转的偏振片时, 发现透射光强度的最大值是最小值的五倍, 则光束中的两种成分的光强各占总强度的百分比分别为_____和_____.

3. 如图所示的两条曲线分别表示氮、氧两种气体在相同温度 T 时分子按速率的分布, 其中曲线 I 表示_____气体分子的速率分布曲线; 画有阴影的小长条面积表示_____.



题 3 图

4. 常温常压下, 一定量的某种理想气体(其分子可视为刚性分子, 自由度为 i), 在等压过程中吸热为 Q , 对外做功为 W , 内能增加为 ΔE , 则 $\frac{W}{Q} = \underline{\hspace{2cm}}$, $\frac{\Delta E}{Q} = \underline{\hspace{2cm}}$.

5. 由绝热材料包围的容器被隔板隔为两半, 左边是理想气体, 右边真空. 如果把隔板撤去, 气体将进行自由膨胀过程, 达到平衡后气体的温度_____ (升高、降低或不变), 气体的熵_____ (增加、减小或不变).

6. 从统计的意义来解释: 不可逆过程实质上是一个_____的转变过程, 一切实过程都向着_____的方向进行.

7. 当绝对黑体的温度从 27°C 升到 327°C 时, 其辐射出射度(总辐射本领) 增加为原来的_____倍.

8. 钾的光电效应红限波长为 $0.62 \mu\text{m}$, 则钾的逸出功为_____, 在波长为 330 nm 的紫外光照射下, 钾的遏止电压为_____. (普朗克常数 $h = 6.63 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$, 真空中的光速 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$, 元电荷 $e = 1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$)

9. 按照普朗克量子假说, 频率为 ν 的谐振子的能量只能为_____ ; 而从量子力学得出, 谐振子的能量只能为_____. (普朗克常数用 h 表示)

10. 波长 $\lambda = 500 \text{ nm}$ 的光谱线, 其谱线宽度 $\Delta\lambda = 0.1 \text{ nm}$. 若该光沿 x 轴正方向传播, 根据不确定关系 $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{h}{2}$ 可得光子 x 坐标的不确定量至少为_____.

11. (1) 氢原子 M 壳层中的电子轨道角动量可能取的值为_____;

(2) 若电子的轨道角动量为 $\sqrt{6}h$, 则轨道角动量在外磁场方向投影的可能取值为_____, 这些值反应了_____是量子化的.

12. 第 19 号元素钾的核外电子排布为_____.

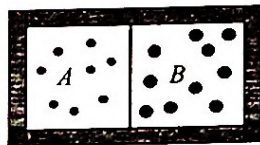
二、计算题

13. 一双缝,缝间距 $d=0.10\text{ mm}$,缝宽 $a=0.02\text{ mm}$,用波长为 480 nm 的平行单色光垂直入射该双缝,双缝后放一焦距为 50 cm 的透镜,试求:

- (1) 单缝衍射中央亮纹的宽度;
- (2) 单缝衍射的中央包线内有多少条干涉的主极大?

14. 一束自然光从空气射到平面玻璃上,入射角为 58° ,此时反射光是线偏振光,求此玻璃的折射率及光线的折射角.

15. 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 单原子理想气体, B 内储有 2 mol 双原子理想气体. A, B 两部分压强相等均为 p_0 ,两部分体积均为 V_0 ,求:



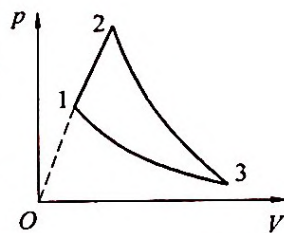
题 15 图

- (1) 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.
- (普适气体常量 $R=8.31\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)

16. 理想气体,初态 $T_1=300\text{ K}$, $p_1=3.039\times 10^5\text{ Pa}$, $V_1=4\text{ m}^3$,先等温膨胀至 16 m^3 ,接着等体达到某一压强,再经绝热压缩回到初态.设全部过程都是可逆的.

- (1) 在 $p-V$ 图和 $T-S$ 图上分别画出上述循环;
- (2) 计算每段过程和循环过程的熵变.

17. 1 mol 双原子分子理想(刚性)气体作如图的可逆循环过程,其中 $1\sim 2$ 为直线, $2\sim 3$ 为绝热线, $3\sim 1$ 为等温线.已知 $T_2=2T_1$, $V_3=8V_1$,试求:



题 17 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 .

18. 在康普顿效应中,入射光的波长为 $3.0\times 10^{-3}\text{ nm}$,反冲电子的速度为光速的 60% ,求散射光子的波长及散射角.(电子静质量 $m_e=9.11\times 10^{-31}\text{ kg}$)

19. 实验发现基态氢原子可吸收能量为 12.75 eV 的光子.试问:

- (1) 氢原子吸收该光子后将被激发到哪个能级?
- (2) 受激发的氢原子向低能级跃迁时,可能发出哪几条谱线? 定性画出能级图以及跃迁图.

(3) 从该能级向低能级跃迁所发出的最大波长?(里德伯常量 $R=1.09737\times 10^7\text{ m}^{-1}$)

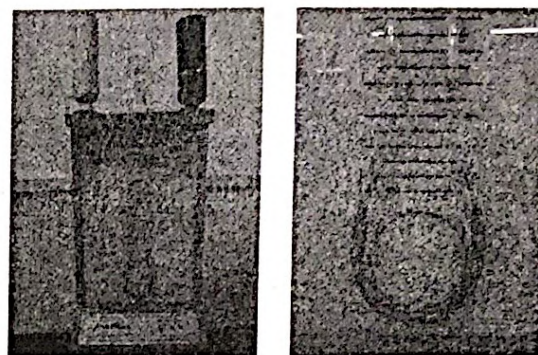
20. 设一维运动的粒子处在 $\psi(x)=\begin{cases} Ax e^{-\lambda x} & (x \geq 0) \\ 0 & (x < 0) \end{cases}$ 的状态,其中 $\lambda > 0$,试求:

- (1) 归一化因子;
- (2) 粒子坐标的概率分布;
- (3) 在何处找到粒子的概率最大.

注: $\int_0^\infty x^n e^{-ax} dx = \frac{n!}{a^{n+1}}$ ($a > 0$,且 n 为整数).

三、演示实验附加题

21. 如图所示为黑体辐射演示装置,当灯泡点亮时,U形管内红色的液体将如何变化? 请解释.



题 21 图

第十部分

历届秋季学期大学物理 B 试题答案

哈工大 2010 年秋季学期大学物理 B 期末试题参考答案

一、填空题

1. $1.33 \times 10^5 \text{ Pa}$

2. $v = 121; 2.4 \times 10^{-23} \text{ J}$

3. $nf(v)dx dy dz dv$

4. $\sqrt{\frac{M_2}{M_1}}$

5. (1) BM, CM; (2) CM

6. $-i\hbar \nabla; -i\hbar \frac{\partial}{\partial \varphi}$

7. 不变; 增加

8. 500 nm (或 $5 \times 10^{-4} \text{ mm}$)

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

二、计算题

10. 解: (1) $P-V$ 图上循环曲线如图所示. 其中 ab 为绝热线, bc 为等体线, ca 为等温线.

(2) 等体过程放热为

$$Q_v = C_1(T_2 - T_1)$$

等温过程吸热为

$$Q_T = RT_1 \ln \frac{V_1}{\frac{V_1}{2}}$$

绝热过程方程

$$V_1^{\gamma-1} T_1 = \left(\frac{V_1}{2}\right)^{\gamma-1} T_2$$

双原子分子气体

$$C_1 = \frac{5}{2}R, \gamma = 1.4$$

解得系统一次循环放出的净热量为

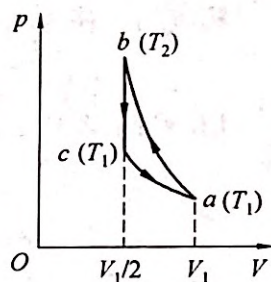
$$Q = Q_v - Q_T = \frac{5}{2}R(2^{\gamma-1} - 1)T_1 - RT_1 \ln 2 = 240 \text{ J}$$

若 100 次循环放出的总热量全部用来熔解冰, 则熔解的冰的质量为

$$m = \frac{100Q}{\lambda} = 7.16 \times 10^{-2} \text{ kg}$$

11. 解: 已知 $V = \frac{a}{\sqrt{p}}$, 则有

$$p = \frac{a^2}{V^2}$$



题 10 图

所以

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p dV = \int_{V_1}^{V_2} \frac{a^2}{V^2} dV = a^2 \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right)$$

又由 $pV = \nu RT$, 及 $p = \frac{a^2}{V^2}$, 得

$$T = \frac{a^2}{\nu R V}$$

所以

$$T_1 - T_2 = \frac{a^2}{\nu R} \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right)$$

12. 解: 设振动方程为 $x = A \cos \omega t$, 则 $v = -A\omega \sin \omega t$.

(1) 在 $x = 6 \text{ cm}$, $v = 24 \text{ cm/s}$ 的状态下, 有

$$6 = 12 \cos \omega t, 24 = -12\omega \sin \omega t$$

解得

$$\omega = \frac{4}{\sqrt{3}}$$

所以

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\sqrt{3}\pi}{2} = 2.72 \text{ s}$$

(2) 设对应于 $v = 12 \text{ cm/s}$ 的时刻为 t_2 , 则由 $v = -A\omega \sin \omega t$ 得

$$12 = -12 \times \frac{4}{\sqrt{3}} \sin \omega t_2$$

解得

$$\sin \omega t_2 = -0.433$$

相应的位移为

$$x = A \cos \omega t_2 = \pm A \sqrt{1 - \sin^2 \omega t_2} = \pm 10.8 \text{ cm}$$

13. 解: 如图所示反射波在 x 点引起的振动相位为

$$\begin{aligned} \omega t + \varphi &= 4t - \pi(5 + 5 - x) - \frac{1}{2}\pi + \pi \\ &= 4t + \pi x + \frac{1}{2}\pi - 10\pi \end{aligned}$$

反射波的表达式为

$$y = 0.01 \cos \left(4t + \pi x + \frac{1}{2}\pi - 10\pi \right) \quad (\text{SI})$$

或

$$y = 0.01 \cos \left(4t + \pi x + \frac{1}{2}\pi \right) \quad (\text{SI})$$

14. 解: (1) $\Delta x = \frac{20D}{a} \lambda = 0.11 \text{ m}$

(2) 覆盖玻璃后, 零级明纹应满足

$$(n-1)e + r_1 = r_2$$

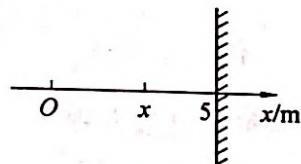
设不盖玻璃片时, 此点为第 k 级明纹, 则应有

$$r_2 - r_1 = k\lambda$$

所以

$$(n-1)e = k\lambda, k = \frac{(n-1)e}{\lambda} \approx 7$$

零级明纹移至原第 7 级明纹处.



题 13 图

15. 解: (1) 由 $A = h\nu_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$, 得

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = 5.65 \times 10^{-7} \text{ m} = 565 \text{ nm}$$

(2) 由 $\frac{1}{2}mv^2 = e|U_a|$, $h\nu = \frac{hc}{\lambda} = e|U_a| + A$, 得

$$\lambda = \frac{hc}{e|U_a| + A} = 1.73 \times 10^{-7} \text{ m} = 173 \text{ nm}$$

16. 解: (1) $h\nu = \frac{hc}{\lambda} = 2.86 \text{ eV}$.

(2) 由于此谱线是巴尔末线系, 可知 $k = 2$

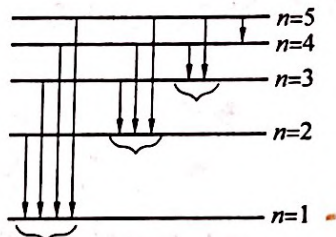
$$E_k = \frac{E_1}{2^2} = -3.4 \text{ eV} \quad (E_1 = -13.6 \text{ eV})$$

$$E_n = \frac{E_1}{n^2} = E_k + h\nu$$

所以

$$n = \sqrt{\frac{E_1}{E_k + h\nu}} = 5$$

(3) 可发射四个线系, 共有 10 条谱线. 如图所示, 波长最短的是 $n=5$ 跃迁到 $n=1$ 的谱线.



题 16 图

17. 解: 由 $E_k = mc^2 - m_0c^2 = \frac{m_0c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0c^2$, 得

$$m = \frac{E_k + m_0c^2}{c^2}$$

$$v = \frac{c\sqrt{E_k^2 + 2E_k m_0c^2}}{E_k + m_0c^2}$$

代入德布罗意公式, 得

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{hc}{\sqrt{E_k^2 + 2E_k m_0c^2}}$$

18. 解: 光子动量 $p = \frac{h}{\lambda}$.

按题意, 动量的不确定量为

$$\Delta p = \left| -\frac{h}{\lambda^2} \right| \Delta \lambda = \frac{h}{\lambda} \cdot \frac{\Delta \lambda}{\lambda}$$

根据不确定性关系 $\Delta p \Delta x \geq \frac{h}{2\pi}$, 得

$$\Delta x \geq \frac{h}{2\pi \Delta p} = \frac{h\lambda}{2\pi h \frac{\Delta \lambda}{\lambda}} = \frac{\lambda}{2\pi \frac{\Delta \lambda}{\lambda}}$$

故

$$\Delta x \geq 0.048 \text{ m} = 48 \text{ mm}$$

(注: 不确定性关系可使用 $\Delta p \Delta x \geq \frac{h}{4\pi}$, 或 $\Delta p \Delta x \geq h$, 结果相应改变.)

三、理论推导题

19. 证明：膨胀前的热力学概率为

$$W_1 = V_1^n$$

膨胀后的热力学概率为

$$W_2 = (V_1 + V_2)^n$$

膨胀前系统的熵为

$$S_1 = k \ln W_1$$

膨胀后系统的熵为

$$S_2 = k \ln W_2$$

系统的熵变为

$$S_2 - S_1 = k \ln W_2 - k \ln W_1 = k \ln \frac{W_2}{W_1} = nk \ln \frac{V_1 + V_2}{V_1} > 0$$

所以，自由膨胀过程是沿着熵增加的方向进行的。

哈工大 2011 年秋季学期大学物理 B 期末试题参考答案

一、填空题

1. $\int_{v_p}^{\infty} f(v) dv$

2. 1

3. 状态几率增大;不可逆的

4. 寻常;非寻常(或非寻常;寻常)

5. $y = A \cos \left[\omega \left(t + \frac{1+x}{u} \right) + \varphi \right]$ (SI)

6. $\frac{\lambda}{(2L)}$

7. 线

8. $1.45 \text{ \AA}, 6.63 \times 10^{-19} \text{ \AA}$

9. $0, 1, 2, 3; 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3$

二、计算题

10. 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 $\frac{\bar{w}}{E} = \frac{\frac{3}{2} kT}{N \frac{5}{2} kT}$, 得

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

又由 $E = N \frac{5}{2} kT$, 得

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

11. 解:由绝热过程方程得

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_1}{p_2} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}$$

单原子分子理想气体 $\gamma = 1.67$, 所以 $T_2 = 210 \text{ K}$.绝热过程 $Q = 0$, 则根据热力学第一定律可得

$$W = -\Delta E = \frac{\nu i R (T_1 - T_2)}{2} = 4.74 \times 10^3 \text{ J}$$

12. 解:氢气得速率分布曲线如图中虚线所示.

因为

$$\frac{(v_P)_{H_2}}{(v_P)_{He}} = \left(\frac{M_{\text{mol He}}}{M_{\text{mol H}_2}} \right)^{\frac{1}{2}} = \sqrt{2}$$

所以

$$(v_P)_{H_2} = \sqrt{2} (v_P)_{He} = 1.41 \times 10^3 \text{ m/s}$$

$$(\sqrt{\overline{v^2}})_{H_2} = (v_P)_{He} \sqrt{\frac{3M_{\text{mol He}}}{2M_{\text{mol H}_2}}} = 1.73 \times 10^3 \text{ m/s}$$

或

$$(\sqrt{\overline{v^2}})_{H_2} = (v_P)_{H_2} \sqrt{\frac{3}{2}} = 1.73 \times 10^3 \text{ m/s}$$

13. 解: 据 $\bar{Z} = \sqrt{2} \pi d^2 \bar{v} n$ 得

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

所以

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

14. 解: 设绝热压缩前气体的体积为 V_1 , 温度为 T_1 ; 压缩后的体积为 $V_2 = \frac{V_1}{2}$, 温度为 T_2 ;

气体的比热容比为 γ , 由绝热方程得

$$V_1^{\gamma-1} T_1 = V_2^{\gamma-1} T_2$$

所以

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{\gamma-1} = 2^{\gamma-1} T_1$$

设绝热压缩前后, 气体分子的平均速率分别为 \bar{v}_1 和 \bar{v}_2 , 因为 $\bar{v} \propto \sqrt{T}$, 所以

$$\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} = \sqrt{\frac{T_2}{T_1}} \quad \text{①}$$

将关系式 $\frac{T_2}{T_1} = 2^{\gamma-1}$ 代入式 ①, 得

$$\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} = 2^{\frac{\gamma-1}{2}}$$

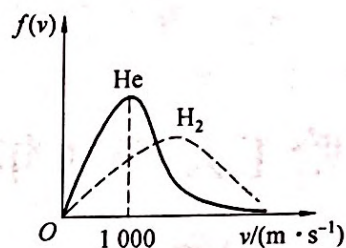
单原子理想气体 $\gamma = \frac{5}{3} \approx 1.67$, 故 $\frac{\bar{v}_2}{\bar{v}_1} \approx 1.26$.

15. 解:

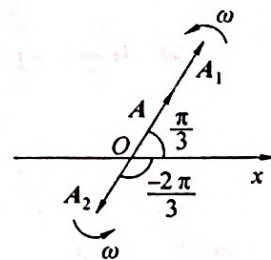
$$\begin{aligned} x_2 &= 3 \times 10^{-2} \sin\left(4t - \frac{\pi}{6}\right) \\ &= 3 \times 10^{-2} \cos\left(4t - \frac{\pi}{6} - \frac{\pi}{2}\right) \\ &= 3 \times 10^{-2} \cos\left(4t - \frac{2\pi}{3}\right) \end{aligned}$$

作两振动的旋转矢量图, 如图所示.

由图得: 合振动的振幅合初相位分别为



题 12 图



题 15 图

$$A = (5 - 3) \text{ cm} = 2 \text{ cm}, \varphi = \frac{\pi}{3}$$

合振动方程为

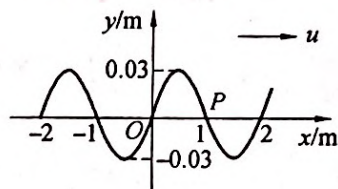
$$x = 2 \times 10^{-2} \cos\left(4t + \frac{\pi}{3}\right) \quad (\text{SI})$$

16. 解:

$$(1) \lambda = \frac{u}{\nu} = \frac{500}{250} \text{ m} = 2 \text{ m.}$$

波的表达式为

$$\begin{aligned} y(x, t) &= 0.03 \cos\left[500\pi t - \frac{1}{2}\pi - \frac{(x-1)2\pi}{\lambda}\right] \\ &= 0.03 \cos\left[500\pi t - \frac{1}{2}\pi - \frac{(x-1)2\pi}{2}\right] \\ &= 0.03 \cos\left(500\pi t + \frac{1}{2}\pi - \pi x\right) \quad (\text{SI}) \end{aligned}$$



题 16 图

(2) $t=0$ 时刻的波形曲线为

$$y(x, 0) = 0.03 \cos\left(\frac{1}{2}\pi - \pi x\right) = 0.03 \sin \pi x \quad (\text{SI})$$

17. 解: 设第三级暗纹在 φ_3 方向上, 则有

$$a \sin \varphi_3 = 3\lambda$$

此暗纹到中心的距离为 $x_3 = f \tan \varphi_3$, 因为 φ_3 很小, 可以认为 $\tan \varphi_3 \approx \sin \varphi_3$, 所以 $x_3 \approx \frac{3\lambda}{a}$.

两侧到第三级暗纹的距离是

$$2x_3 = \frac{6f\lambda}{a} = 8.0 \text{ mm}$$

所以

$$\lambda = \frac{(2x_3)a}{6f} = 500 \text{ nm}$$

18. 解: 设 I_0 为自然光强. 由题意知入射光强为 $2I_0$.

(1) 因为

$$I_1 = 2 \times \frac{2I_0}{3} = 0.5I_0 + I_0 \cos^2 \theta$$

即

$$\frac{4}{3} = 0.5 + \cos^2 \theta$$

所以

$$\theta = 24.1^\circ$$

(2) 因为

$$I_1 = (0.5I_0 + I_0 \cos^2 24.1^\circ) = \frac{2(2I_0)}{3}$$

$$I_2 = I_1 \cos^2 30^\circ = \frac{3I_1}{4}$$

所以

$$\frac{I_2}{2I_0} = \frac{1}{2}$$

19. 解: 令 p, ν 和 p', ν' 分别为入射与散射光子的动量和频率, mv 为反冲电子的动量, 如图所示. 因散射线与入射线垂直, 散射角 $\varphi = \frac{\pi}{2}$, 因此可以求得散射 X 射线的波长: $\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_e c}$

0.724 Å.

(1) 根据能量守恒定律 $m_e c^2 + h\nu = h\nu' + m_e c^2$, 且 $E_k = m_e c^2 - m_e c^2$ 得

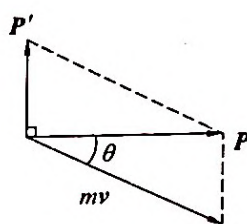
$$E_k = h\nu - h\nu' = \frac{hc(\lambda' - \lambda)}{(\lambda\lambda')} = 9.42 \times 10^{-17} \text{ J}$$

(2) 根据动量守恒定律 $p = p' + mv$, 则

$$mv = \sqrt{p^2 + p'^2} = \sqrt{\left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{h}{\lambda'}\right)^2}$$

$$\cos \theta = \frac{p}{mv} = \frac{\frac{h}{\lambda}}{\sqrt{\left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{h}{\lambda'}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\lambda'}{\lambda}\right)^2}}$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\lambda'}{\lambda}\right)^2}} = 44.0^\circ$$



题 19 图

20. 解: 先求粒子的位置概率密度

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

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、理论推导

21. 解: $\nu_{kn} = \frac{1}{h} \cdot (E_n - E_k)$, $\tilde{\nu}_{kn} = \frac{1}{hc} \cdot (E_n - E_k)$.

而 $E_n = -\frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2 n^2}$, $E_k = -\frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2 k^2}$.

代入上式得

$$\tilde{\nu}_{kn} = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^3 c} \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

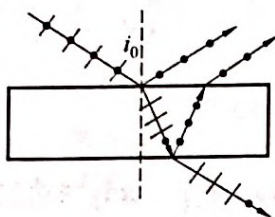
与 $\tilde{\nu}_{kn} = R \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2}\right)$ 比较, 可以得到里德伯常量

$$R = \frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^3 c}$$

哈工大 2012 年秋季学期大学物理 B 期末试题参考答案

一、填空题

1.



题 1 图

2. (1)(4)

3. $T = \frac{1}{3^{\gamma-1}} T_0$; $p = \frac{1}{3^{\gamma}} p_0$

4. $\bar{l} = \left(\frac{kT}{P}\right)^{\frac{1}{3}}$; 3.34×10^{-9}

5. $n f(v) dx dy dz dV$

6. $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1}$; $\eta < 1 - \frac{T_2}{T_1}$; 热力学第二定律

7. 1.036 V, 4 : 3

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

二、计算题

9. 解: 电子管中空气分子的压强公式为: $p = nkT$, 其中 n 为分子数密度.(1) 带入已知条件可得 $n = 1.61 \times 10^{17}$ 个每立方米, 所以 10 cm^3 的电子管内有空气分子个数为 $N = 1.61 \times 10^{12}$ 个.

(2) 这些空气分子的平均平动动能的总和是: $\epsilon_t = N \frac{3}{2} kT = 1 \times 10^{-8} \text{ J}$.

(3) 平均转动动能的总和: $\epsilon_r = N \frac{2}{2} kT = 6.67 \times 10^{-9} \text{ J}$.

(4) 平均动能的总和: $\epsilon = N \frac{5}{2} kT = 1.67 \times 10^{-8} \text{ J}$.

10. 解: (1) 氢核的方均根速率是

$$\sqrt{\overline{v^2}} = \sqrt{\frac{3RT}{M_{\text{mol}}}} = \sqrt{\frac{3 \times 8.31 \times 10^8}{10^{-3}}} = 1.58 \times 10^6 \text{ m/s}$$

(2) 氢核的平均平动动能是

$$\bar{\epsilon}_t = \frac{3}{2} kT = 1.29 \times 10^4 \text{ eV}$$

11. 解: 由题图可知 A 态: $p_A V_A = 8 \times 10^5 \text{ J}$, B 态: $p_B V_B = 8 \times 10^5 \text{ J}$.

所以 $p_A V_A = p_B V_B$, 根据理想气体状态方程可知 $T_A = T_B$.

所以在这个过程中 $\Delta E = 0$.

根据热力学第一定律得

$$Q = W = p_A(V_C - V_A) + p_B(V_B - V_D) = 1.5 \times 10^6 \text{ J}$$

12. 解: 氮气为刚性双原子分子, 自由度 $i = 5$, 所以比热容比 $\gamma = \frac{7}{5}$.

经历绝热过程 $T_1 V_1^{\gamma-1} = T_2 V_2^{\gamma-1}$, 则

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\gamma-1} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{2}{5}}$$

所以热机效率 $\eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 24.2\%$.

13. 解: (1) 设谐振子的振动方程为 $x = A \cos(\omega t + \varphi) = 12 \cos(\omega t + \varphi) \text{ cm}$, 则速度表达式为 $v = -\omega A \sin(\omega t + \varphi) = -12\omega \sin(\omega t + \varphi) \text{ cm/s}$.

在距平衡位置 6 cm 处速度是 24 cm/s, 即

$$\begin{aligned} |x = 12 \cos(\omega t + \varphi)| &= 6 \\ |v = -12\omega \sin(\omega t + \varphi)| &= 24 \end{aligned}$$

所以 $\omega = \frac{4}{\sqrt{3}}$.

所以周期 $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\sqrt{3}}{2}\pi = 2.72 \text{ s}$.

(2) 当速度是 12 cm/s 时

$$v = -12\omega \sin(\omega t + \varphi) = -12 \times \frac{4}{\sqrt{3}} \sin(\omega t + \varphi) = 12$$

$$\sin(\omega t + \varphi) = -\frac{\sqrt{3}}{4}$$

相应的位移

$$x = 12 \cos(\omega t + \varphi) = \pm 12 \sqrt{1 - \sin^2(\omega t + \varphi)} = \pm 10.82 \text{ cm}$$

14. 解: (1) 棱边处是第一条暗纹中心, 膜厚度为 $e_2 = \frac{\lambda}{2}$ 处是第二条暗纹中心, 依次类推可知

第四条暗纹中心处即 A 处膜厚度 $e_4 = \frac{3\lambda}{2}$, 所以劈尖角 $\theta = \frac{e_4}{l} = \frac{3\lambda}{2l} = 4.8 \times 10^{-5} \text{ rad}$

(2) 由上问可知 A 处膜厚度 $e_4 = \frac{3\lambda}{2} = \frac{3 \times 500}{2} \text{ nm} = 750 \text{ nm}$, 对于 $\lambda' = 600 \text{ nm}$ 的光, 在 A

处两反射光的光程差为 $2e_4 + \frac{\lambda'}{2}$, 它与波长 λ' 之比为 3, 所以 A 处是明纹.

(3) 棱边处仍是暗纹, A 处是第三条明纹, 所以共有三条明纹, 三条暗纹.

15. 解: (1) 对于第一级暗纹, 有 $a \sin \varphi_1 \approx \lambda$, 因为 φ_1 很小, 所以

$$\text{tg } \varphi_1 \approx \sin \varphi_1 = \frac{\lambda}{a}$$

故中央明纹宽度

$$\Delta x = 2f \operatorname{tg} \varphi_1 = 2f \frac{\lambda}{a} = 1.2 \text{ cm}$$

(2) 对于第二级暗纹, 有 $a \sin \varphi_2 \approx 2\lambda$.

第二级暗纹离透镜焦点的距离 $x_2 = f \operatorname{tg} \varphi_2 = f \frac{2\lambda}{a} = 1.2 \text{ cm}$.

16. 解: 设 p, ν 和 p', ν' 分别为入射光子与散射光子的动量和频率, $m\nu$ 为反冲电子的动量, 如图所示, 因为散射线与入射线相垂直, 散射角 $\varphi = \frac{\pi}{2}$, 因此可求得散射 X 射线的波长

$$\lambda' = \lambda + \frac{h}{m_e c} = 0.724 \text{ \AA}$$

(1) 根据能量守恒定律 $m_e c^2 + h\nu = m_e c^2 + h\nu'$ 且 $E_K = m_e c^2 - m_e c'^2$, 得

$$E_K = m_e c^2 - m_e c'^2 = h\nu - h\nu' = hc \frac{\lambda' - \lambda}{\lambda \lambda'} = 9.42 \times 10^{-17} \text{ J}$$

(2) 根据动量守恒定律 $p = p' + m\nu$, 则

$$m\nu = \sqrt{p^2 + p'^2} = \sqrt{\left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{h}{\lambda'}\right)^2}$$

$$\cos \theta = \frac{p}{m\nu} = \frac{\frac{h}{\lambda}}{\sqrt{\left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{h}{\lambda'}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\lambda'}{\lambda}\right)^2}}$$

$$\theta = \cos^{-1} \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{\lambda'}{\lambda}\right)^2}} = 44.0^\circ$$

三、理论推导与证明题

17. 证明: $\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, 当 $n \rightarrow \infty$ 得极限波长 $\frac{1}{\lambda_k} = \frac{R}{k^2}$, 所以 $k =$

$\sqrt{R\lambda_k} \approx 2$, 可见该谱线系为巴耳末系.

18. 证明: 速度为 $v_i \rightarrow v_i + dv_i$ 内的一个分子作用在 dS 面元上, $\Delta v_{ix} = -2v_{ix}$.

对面元 dS 产生的冲量为 $2m_0 v_{ix}$.

在 dt 时间内, 在底面积为 dS , 高为 $v_{ix} dt$ 的斜柱体内的分子数为 $n_i v_{ix} dt dS$, 它们作用在 dS 面上的冲量为 $2m_0 v_{ix}^2 n_i dt dS$.

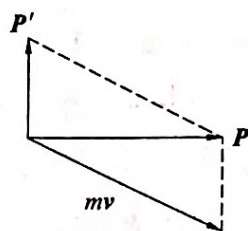
在 dt 时间内的冲量为 $\sum_i 2m_0 v_{ix}^2 n_i dt dS$.

$v_{ix} > 0$, 则

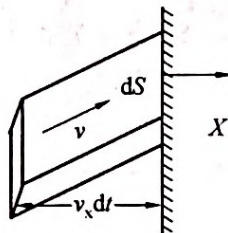
$$dI = \frac{1}{2} \sum_i 2m_0 v_{ix}^2 n_i dt dS, p = \frac{dI}{dt dS} = m_0 \sum_i n_i v_{ix}^2$$

由于 $\overline{v_x^2} = \sum_i \frac{n_i v_{ix}^2}{n} = \frac{\sum_i n_i v_{ix}^2}{n}$, 所以

$$p = \frac{dI}{dt dS} = nm_0 \overline{v_x^2} = \frac{1}{3} nm_0 \overline{v^2} = \frac{2}{3} n \left(\frac{1}{2} m_0 \overline{v^2} \right) = \frac{2}{3} n \epsilon_i$$



题 16 图



题 18 图

哈工大 2013 年秋季学期大学物理 B 期中试题参考答案

一、填空题

1. 自然光、圆偏振光；线偏振光；部分偏振光、椭圆偏振光

2. $-\frac{\pi}{3}$

3. 参考解：设 s_1, s_2 到点 A 的距离为 r ，则光程差

$$\delta = r - e + ne - r = (n - 1)e = k\lambda$$

由题给 $k = 4, n = 1.5, \lambda = 500 \text{ nm}$ ，代入上式得

$$e = \frac{k\lambda}{n - 1} = \frac{4 \times 500}{1.5 - 1} = 4 \times 10^3 \text{ nm}$$

4. $9I_0$

5. $\delta = 2n_2e \pm \frac{\lambda}{2} = 2n_2e \pm \frac{n_1\lambda_1}{2}$ ($\lambda_1 = \frac{\lambda}{n_1}$, λ 为真空中波长)

6. 子波；子波相干

7. 参考解：根据条纹间距： $\Delta x = \frac{\lambda D}{d}$ ，(1) 加大 D ；(2) 减小 d

二、计算题

8. 解：(1) O 处质元的振动函数 $y = A\cos(2\pi\nu t + \frac{\pi}{2})$ ，所以入射波的波函数为

$$y = A\cos(2\pi\nu t - 2\pi \frac{x}{\lambda} + \frac{\pi}{2}) = A\cos(2\pi\nu t - \frac{2\pi\nu}{u}x + \frac{\pi}{2}) \quad (\text{其中 } \lambda = \frac{u}{\nu})$$

(2) 有半波损失，即相位突变 π ，所以反射波波函数为

$$\begin{aligned} y &= A\cos\left[2\pi\nu t - \frac{2\pi\nu}{u} \frac{3}{4}\lambda + \frac{\pi}{2} + \pi - \frac{2\pi\nu}{u}\left(\frac{3}{4}\lambda - x\right)\right] \\ &= A\cos\left(2\pi\nu t + \frac{2\pi\nu}{u}x + \frac{\pi}{2}\right) \end{aligned}$$

入射波和反射波叠加，此题反射点肯定是波节，另一波节与反射点相距 $\frac{\lambda}{2}$ ，即 $x = \frac{\lambda}{4}$ 处。

9. 解：(1) 由 $a \cdot \sin \theta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$

$$x = f \tan \theta$$

$$\sin \theta \approx \tan \theta = \frac{x}{f}$$

得 $\lambda = \frac{2ax}{(2k + 1)f} = \frac{2 \times 0.2 \text{ mm} \times 1.2 \text{ mm}}{(2k + 1) \times 200 \text{ mm}} \times 10^6 \text{ nm} = \frac{2400}{2k + 1} \text{ nm}$

$$k = 1: \lambda_1 = 800 \text{ nm}$$

$$k = 2: \lambda_2 = 480 \text{ nm}$$

$$k = 3: \lambda_3 = 342.8 \text{ nm}$$

答: $x = 1.2 \text{ mm}$ 处有 $\lambda_2 = 480 \text{ nm}$.

(2) $k = 2$ 时 $2k + 1 = 5$ 单缝分为 5 个半波带.

10. 解: 通过第一个偏振片的光强 $I_1 = \frac{1}{2} I_0$.

通过第二个偏振片的光强 $I_2 = I_1 \cos^2 45^\circ = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 45^\circ = \frac{1}{4} I_0$.

11. 解: 因为 $k = \frac{d}{a} k'$ ($k' = \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots$).

由于 $k = 3, 6, 9$ 等级次的主极大均不出现, 为缺级, 则有 $k = \frac{d}{a} k' = 3, 6, 9$ 等.

所以, 当 $\frac{d}{a} = 3$, 即 $d = 3a$ 时 $k = 3, 6, 9$ 等级次的主极大均不出现.

三、问答题

12. 答: 光由一种介质进入另一种介质时(即在分界面发生反射和折射时)也按费时最短的路径.

理由: 光的传播遵从费马原理, 即光线从一点传播到另一点, 光沿所需时间为极值(即可以是极小值, 极大值, 也可以是常量)的路径传播.

哈工大 2013 年秋季学期大学物理 B 期末试题参考答案

一、填空题

1. $2.67 \times 10^5 \text{ Pa}$

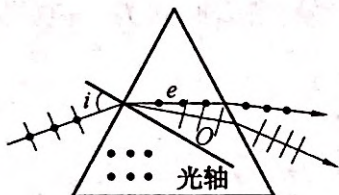
2. $\bar{\epsilon}_k = \frac{3}{2}kT$; 气体的温度是分子平均平动动能的量度

3. $1.084 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$; $3 \times 10^{-5} \text{ cm}$

4. $y = A\cos[2\pi(\nu t + \frac{x+L}{\lambda}) + \frac{\pi}{2}]$; $t_1 + \frac{L}{\lambda\nu} + \frac{k}{\nu}$ ($k=0,1,2, \dots$) (只写 $t_1 + \frac{L}{\lambda\nu}$ 也可以)

5. 外界对系统做功; 向系统传递热量; 始末两个状态; 所经历的过程

6.



题 6 图

7. 1.45 \AA ; $6.63 \times 10^{-19} \text{ \AA}$

8. 1.33×10^{-23}

9. $\frac{a}{6}$, $\frac{a}{2}$, $\frac{5a}{6}$

10. 不可逆

11. $(1, 0, 0, \frac{1}{2})$; $(1, 0, 0, -\frac{1}{2})$

12. t 时刻、在空间 (x, y, z) 点处, 微观粒子出现的概率密度; 单值、有限、连续

二、计算题

13. 解: (1) 因为 $1 = \int_0^\infty f(v)dv = \int_0^{v_0} K v^3 dv = \frac{K v_0^4}{4}$, 所以 $K = \frac{4}{v_0^4}$.

(2) $\bar{v} = \int_0^\infty v f(v)dv = \int_0^{v_0} v K v^3 dv = \frac{K v_0^5}{5} = \frac{4 v_0}{5}$.

(3) 因为 $\frac{1}{16} = \int_0^{v_1} f(v)dv = \int_0^{v_1} K v^3 dv = K \frac{v_1^4}{4} = \frac{4}{v_0^4} \frac{v_1^4}{4} = \left(\frac{v_1}{v_0}\right)^4$, 所以 $v_1 = \frac{v_0}{2}$.

14. 解: (1) $T_a = \frac{p_a V_2}{R} = 400 \text{ K}$;

$$T_b = \frac{p_b V_1}{R} = 636 \text{ K};$$

$$T_c = \frac{p_c V_1}{R} = 800 \text{ K};$$

$$T_d = \frac{p_d V_2}{R} = 504 \text{ K.}$$

$$(2) \Delta S_{bc} = \int \frac{\delta Q}{T} = \int \frac{dE}{T} = \int_{T_b}^{T_c} \frac{i}{2} R \frac{dT}{T} = \frac{3}{2} R \int_{T_b}^{T_c} \frac{dT}{T} = \frac{3}{2} R \ln \frac{T_c}{T_b} = 2.86 \text{ J/K}$$

$$(3) b-c \text{ 等体吸热: } Q_1 = C_V(T_c - T_b) = 2.044 \times 10^3 \text{ J;}$$

$$d-a \text{ 等体放热: } Q_2 = C_V(T_d - T_a) = 1.296 \times 10^3 \text{ J;}$$

$$\text{效率: } \eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{1.296 \times 10^3}{2.044 \times 10^3} = 36.6\%.$$

15. 解: 由爱因斯坦方程 $h\nu = \frac{1}{2}mu_m^2 + A$ 和 $\frac{1}{2}mu_m^2 = e|U_a|$ 得

$$e|U_a| = \frac{hc}{\lambda} - A$$

所以

$$e(|U_{a2}| - |U_{a1}|) = hc \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right)$$

遏止电压改变

$$\Delta|U_a| = \frac{hc}{e} \left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1} \right) = 0.345 \text{ V}$$

数值加大.

16. 解: 由频率条件 $E_n - E_m = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$, 另根据题意 $E_n = -0.85 \text{ eV}$.

另一定态: $E_m = (E_m - E_1) + E_1 = -3.4 \text{ eV}$.

故由 E_n 跃迁到 E_m 发出的谱线波长为 $\lambda = \frac{hc}{E_n - E_m} = 4.875 \times 10^{-7} \text{ m}$.

由 $E_m = \frac{E_1}{m^2}$, $m = 2$, 属于巴耳末系.

17. 解: 设散射前电子为静止自由电子, 则反冲电子的动能等于入射光子与散射光子能量之差

$$E_K = \epsilon_0 - \epsilon$$

入射 X 射线光子的能量

$$\epsilon_0 = h\nu_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$$

$$\lambda_0 = \frac{hc}{\epsilon_0}$$

散射光子的能量

$$\epsilon = \frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{1.20\lambda_0} = \frac{1}{1.2}\epsilon_0$$

反冲电子的动能

$$E_K = \epsilon_0 - \epsilon = \left(1 - \frac{1}{1.2}\right)\epsilon_0 = 0.10 \text{ MeV}$$

18. 解: 当光由水中射向玻璃反射时

$$\tan i = \frac{1.50}{1.33}$$

$$i = \arctan \frac{1.50}{1.33} = 48.44^\circ$$

当光由玻璃中射向水中反射时

$$\tan i = \frac{1.33}{1.50}$$

$$i = \arctan \frac{1.33}{1.50} = 41.56^\circ$$

19. 解: 设某暗环半径为 r , 如图所示, 根据几何关系, 近似有

$$e = \frac{r^2}{2R}$$

再根据干涉减弱条件有

$$\delta = 2(e - e_0) + \frac{\lambda}{2} = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

式中 k 为大于零的整数. 由式 ① 和式 ② 解得暗环半径

$$r = \sqrt{R(k\lambda - 2e_0)}$$

k 为大于零的整数, 且 $k > \frac{2e_0}{\lambda}$.

20. 解: (1) 设光栅常数为 d , 则由已知可得

$$d \sin \theta_2 = 2\lambda, \quad d = \frac{2\lambda}{\sin \theta_2} = \frac{2 \times 600 \times 10^{-9}}{0.20} = 6 \times 10^{-6} \text{ m}$$

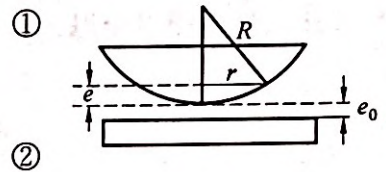
(2) 缺级条件 $k = \frac{d}{a} k'$, 由已知可得 $k' = 1$ 时, $k = 4$, 则

$$a = \frac{d}{4} = 1.25 \times 10^{-6} \text{ m}$$

(3) 光栅呈现的最高级满足

$$|k| = \frac{a \sin \theta}{\lambda} < \frac{a}{\lambda} = \frac{6 \times 10^{-6}}{600 \times 10^{-9}} = 10$$

所以可以呈现的全部级次为 $0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 5, \pm 6, \pm 7, \pm 9$.



题 19 图

(2) 有明纹条件: $a \sin \theta = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$, 第 2 级明纹对应 $k = 2$, 则有

$$a \sin \theta = 5 \times \frac{\lambda}{2}$$

即分为 5 个半波带, 每个半波带的宽度 $\frac{0.3}{5} \text{ mm}$

11. 解: (1) 根据光栅衍射主极大公式 $d \sin \theta = k\lambda$, 最高能看到的级次

$$k = \frac{d}{\lambda} = \frac{4.5 \times 10^{-6}}{600 \times 10^{-9}} = 7$$

有缺级公式 $k = \frac{d}{a} k' = \frac{4.5}{1.5} k' = 3k'$, 其中 $k' = 1, 2, 3, \dots$, 所以 $k = \pm 3, \pm 6$ 级缺级, 屏上最多能看到 11 条明条纹.

12. 解: 设 I_{\max}, I_{\min} 分别表示出射光的最大值和最小值, 则

$$I_{\max} = \frac{I_a}{2} + I_b; \quad I_{\min} = \frac{I_a}{2}$$

令

$$\frac{I_{\max}}{I_{\min}} = \frac{\frac{I_a}{2} + I_b}{\frac{I_a}{2}} = n$$

所以

$$\frac{I_a}{I_b} = \frac{2}{n-1}$$

13. 解: (1) 设飞船 1 为 S, 飞船 2 为 S', 静长分别为 L_{10}, L_{20}' , 飞船 1 测飞船 2 的长度为 L_2 , 飞船 2 测飞船 1 的长度为 L_1' .

由题意得
$$\frac{L_2}{L_{10}} = \frac{2}{5}$$

由长度收缩
$$L_2 = L_{20}' \sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}$$

宇宙飞船 2 与 1 中的静止长度之比为
$$\frac{L_{20}'}{L_{10}} = \frac{2}{5} \left(\sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2} \right)^{-1} \approx 2.$$

(2) 同理, 飞船 2 中的观察者测得飞船 1 的长度与自己飞船长度之比

$$\frac{L_1'}{L_{20}'} = \frac{L_{10} \sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}}{2L_{10}} = \frac{1}{2} \sqrt{1 - \left(\frac{0.98c}{c}\right)^2} \approx 0.1$$

14. 解: 根据功能原理, 要做的功

$$A = E$$

根据相对论能量公式

$$\Delta E = m_2 c^2 - m_1 c^2$$

根据相对论质量公式

$$m_2 = \frac{m_0}{\left[1 - \left(\frac{v_2}{c}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$m_1 = \frac{m_0}{\left[1 - \left(\frac{v_1}{c}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$$

所以

$$W = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}} - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}} \right) = 4.72 \times 10^{-14} \text{ J} = 2.95 \times 10^5 \text{ eV}$$

15. 答: C 处的人认为是同时发出.

C' 处的人认为不是同时发出, 根据洛伦兹变换 (或光速不变原理), 在火车头部方向先发光.

哈工大 2014 年秋季学期大学物理 B 期末试题参考答案

一、填空题

1. $\frac{2\pi(n-1)e}{\lambda}$; 4×10^3

2. 2.24×10^{-5} rad ; $4.47 \mu\text{m}$

3. $\frac{m}{1S}$; $\frac{25m}{91S}$

4. 氩 ; 氦

5. $\int_{v_p}^{\infty} Nf(v)dv$; $\frac{\int_{v_p}^{\infty} vf(v)dv}{\int_{v_p}^{\infty} f(v)dv}$; $\int_{v_p}^{\infty} f(v)dv$

6. $\frac{A}{R}$; $\frac{7}{2}A$

7. 从概率较小的状态到概率较大的状态; 状态的概率增大 (或熵值增加)

8. 16

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

10. 2.5 m (或 250 cm)

11. 0; $\pm \hbar$; $\pm 2\hbar$

12. $i\hbar$; 0

二、计算题

13. 解: 第四条明条纹满足以下两式

$$2x_4\theta + \frac{1}{2}\lambda = 4\lambda, \text{ 即 } x_4 = \frac{7\lambda}{4\theta}$$

$$2x'_4\theta' + \frac{1}{2}\lambda = 4\lambda, \text{ 即 } x'_4 = \frac{7\lambda}{4\theta'}$$

第 4 级明条纹的位移值为

$$x = x'_4 - x_4 = \frac{7\lambda(\theta - \theta')}{4\theta\theta'}$$

(也可以直接用条纹间距的公式算, 考虑到第四明纹离棱边的距离等于 3.5 个明纹间距.)

14. 解: 令 I_1 和 I_2 分别为两入射光束的光强. 透过起偏器后, 光的强度分别为 $\frac{I_1}{2}$ 和 $\frac{I_2}{2}$ 马吕斯定律, 透过检偏器的光强分别为分

$$I'_1 = \frac{1}{2}I_1 \cos^2 \alpha_1$$

$$I'_2 = \frac{1}{2}I_2 \cos^2 \alpha_2$$

按题意, $I'_1 = I'_2$, 于是

$$\frac{1}{2} I_1 \cos^2 \alpha_1 = \frac{1}{2} I_2 \cos^2 \alpha_2$$

得

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{\cos^2 \alpha_2}{\cos^2 \alpha_1} = \frac{2}{3}$$

15. 解: (1) 电子的总能量

$$E = mc^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = 5.8 \times 10^{-13} \text{ J}$$

(2) 经典力学的动能

$$E_{K0} = \frac{1}{2} m_0 v^2 = 4.01 \times 10^{-14} \text{ J}$$

相对论动能

$$E_K = mc^2 - m_0 c^2 = \left[\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} - 1 \right] m_0 c^2 = 4.99 \times 10^{-13} \text{ J}$$

动能之比

$$\frac{E_{K0}}{E_K} = 8.04 \times 10^{-2}$$

16. 解: (1) 可逆等温膨胀, 气体熵的增量为

$$\Delta S_1 = \int \frac{\delta Q}{T} = \int \frac{p dV}{T} = \int_{V_1}^{2V_1} \frac{R dV}{V} = R \ln 2$$

(2) 可逆过程, 环境熵的增量为

$$\Delta S_2 = -\Delta S_1 = -R \ln 2$$

(3) 可逆过程, 整个系统熵的增量为

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 = 0$$

17. 解: $a \rightarrow b$ 等压过程

$$Q_1 = \nu C_{p,m} (T_b - T_a) = \frac{C_{p,m}}{R} p_a (V_c - V_a) > 0$$

吸热.

$b \rightarrow c$ 等容过程

$$Q_2 = \nu C_{v,m} (T_c - T_b) = \frac{C_{v,m}}{R} (p_c V_c - p_b V_b) = \frac{C_{v,m}}{R} V_c (p_c - p_a) < 0$$

放热.

由 $p_c V_c^\gamma = p_a V_a^\gamma$, 得到

$$Q_2 = \frac{C_{v,m}}{R} \left(p_a \frac{V_a^\gamma}{V_c^{\gamma-1}} - p_a V_c \right)$$

效率

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = 1 - \frac{|Q_2|}{Q_1} = 1 - \frac{\frac{C_{v,m}}{R} p_a \left(V_c - \frac{V_a^\gamma}{V_c^{\gamma-1}} \right)}{\frac{C_{p,m}}{R} p_a (V_c - V_a)}$$

$$= 1 - \frac{C_{v,m}}{C_{p,m}} \cdot \frac{1 - \frac{V_a}{V_c}}{1 - \frac{V_a}{V_c}} = 1 - \frac{1 - \frac{V_a}{V_c}}{\gamma \left(1 - \frac{V_a}{V_c}\right)}$$

18 解:(1) 由 $A = h\nu_0 = \frac{hc}{\lambda_0}$ 得红限波长

$$\lambda_0 = \frac{hc}{A} = 5.65 \times 10^{-7} \text{ m} = 565 \text{ nm}$$

(2) 由 $\frac{1}{2}mv^2 = e|U_a|$, $h\nu = \frac{hc}{\lambda} = e|U_a| + A$ 得入射光波长

$$\lambda = \frac{hc}{e|U_a| + A} = 1.73 \times 10^{-7} \text{ m} = 173 \text{ nm}$$

19. 解: 极限波数 $\tilde{\nu} = \frac{1}{\lambda_\infty} = \frac{R}{k^2}$ 可求出该线系的共同终态

$$k = \sqrt{R\lambda_\infty} = 2$$

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

由 $l = 656.5 \text{ nm}$ 可得始态

$$n = \sqrt{\frac{R\lambda_\infty}{\lambda - \lambda_\infty}} = 3$$

由 $E_n = \frac{E_1}{n^2} = -\frac{13.6}{n^2} \text{ eV}$ 可知:

终态为 $n=2, E_2 = -3.4 \text{ eV}$;

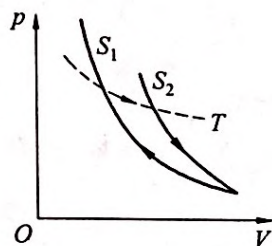
始态为 $n=3, E_3 = -1.51 \text{ eV}$.

20. 解: 找到粒子的概率为

$$\int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{3\pi}{4}} \psi_1^*(x) \psi_1(x) dx = \int_{\frac{\pi}{4}}^{\frac{3\pi}{4}} \frac{2}{a} \sin^2 \frac{\pi x}{a} dx = \frac{1}{\pi} \left(\frac{\pi}{2} + 1 \right) = \frac{1}{2} + \frac{1}{\pi} = 0.818$$

三、证明题

21. 证明: 假设 $p-V$ 图上一定量物质的两条绝热线 S_1 和 S_2 可能相交, 如果引入一条等温线与两条绝热线构成一个正循环, 如图所示, 那么此循环只有一个热源而对外做功 (图中循环曲线所包围的面积), 这违反热力学第二定律得开尔文表述, 所以, 两条绝热线不能相交.



题 21 图

四、实验题

22. 答: 说明电子等微观粒子具有波动性.

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: 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 \circ 光消光时, e 光光强达到极大值.

24. 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.

25. 答: 观察到的现象: 中间灯泡点亮后, 玻璃管中液柱在黑色球这一侧的液面下降, 白色球这一侧的液面上升.

物理原理: 因为黑色球比白色球更接近黑体, 黑色球对光辐射具有较大的吸收比, 所以黑色球较白色球在相同时间内从灯泡的辐射中吸收更多的热量.

另一方面, 根据基尔霍夫定律, 好的吸收体必然是好的辐射体, 因此黑球比白球具有较高的辐射功率从而使其内的气体温度上升较多, 最终导致黑球内气体膨胀更厉害使该侧液面较低.

哈工大 2015 年秋季学期大学物理 B 期中试题参考答案

一、填空题

1. $\frac{2\pi[d\sin\theta + (n_1 - n_2)e]}{\lambda}$

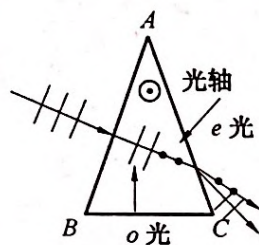
2. π

3. 5

4. 54.7°

5. 270 m

6.



题 6 图

二、计算题

7. 解: 根据 $r_{k+10}^2 = (k+10)R\lambda$, $r_k^2 = kR\lambda$, 有

$$\lambda = \frac{r_{k+10}^2 - r_k^2}{10R} = 601 \text{ nm}$$

8. 解: (1)

$$(a+b)\sin\varphi = 3\lambda$$

$$a+b = \frac{3\lambda}{\sin\varphi}, \varphi = 60^\circ$$

$$a+b = \frac{2\lambda'}{\sin\varphi'}, \varphi' = 30^\circ$$

$$\frac{3\lambda}{\sin\varphi} = \frac{2\lambda'}{\sin\varphi'}$$

$$\lambda' = 510.3 \text{ nm}$$

(2)

$$a+b = \frac{3l}{\sin\varphi} = 2041.4 \text{ nm}$$

$$\varphi'_2 = \sin^{-1} \frac{2 \times 400}{2041.4} \quad (\lambda = 400 \text{ nm})$$

$$\varphi''_2 = \sin^{-1} \frac{2 \times 760}{2041.4} \quad (\lambda = 760 \text{ nm})$$

白光第二级光谱的张角 $\Delta\varphi = \varphi''_2 - \varphi'_2 = 25^\circ$.

9. 解: 设 I_{\max} , I_{\min} 分别表示出射光的最大值和最小值, 则

$$I_{\max} = \frac{I_a}{2} + I_b$$

$$I_{\min} = \frac{I_a}{2}$$

令
$$\frac{I_{\max}}{I_{\min}} = \frac{\frac{I_a}{2} + I_b}{\frac{I_a}{2}} = n$$

所以
$$\frac{I_a}{I_b} = \frac{2}{n-1}$$

10. 解: 令 O 系中测得正方形边长为 a , 沿对角线取 x 轴正方向, 如图所示, 则边长在坐标轴上投影的大小为

$$a_x = \frac{1}{2}\sqrt{2}a$$

$$a_y = \frac{1}{2}\sqrt{2}a$$

面积可表示为

$$S = 2a_y \cdot a_x$$

在以速度 v 相对于 O 系沿 x 正方向运动的 O' 系中

$$a'_x = a_x \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} = 0.6 \times \frac{1}{2}\sqrt{2}a$$

$$a'_y = a_y = \frac{1}{2}\sqrt{2}a$$

在 O' 系中测得的图形为菱形, 其面积亦可表示为

$$S' = 2a'_y \cdot a'_x = 0.6a^2 = 60 \text{ cm}^2$$

11. 解: 根据功能原理, 要做的功

$$W = \Delta E$$

根据相对论能量公式

$$\Delta E = m_2 c^2 - m_1 c^2$$

根据相对论质量公式

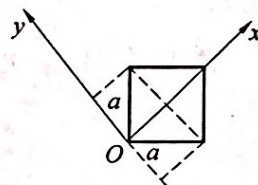
$$m_2 = \frac{m_0}{\left[1 - \left(\frac{v_2}{c}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$$

$$m_1 = \frac{m_0}{\left[1 - \left(\frac{v_1}{c}\right)^2\right]^{\frac{1}{2}}}$$

所以
$$W = m_0 c^2 \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_2^2}{c^2}}} - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_1^2}{c^2}}} \right) = 4.72 \times 10^{-14} \text{ J} = 2.95 \times 10^5 \text{ eV}$$

12. 答: 以上的推导不正确.

因为在 K 系中棒在运动, 必须同时测量棒的两端, 以确定其长度, 但在 K' 系中看来, 这将是不同时的, 所以在以上推导中 t' 不可能相同, 应改为



题 10 图

$$x_2 = \frac{x'_2 + ut'_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}, \quad x_1 = \frac{x'_1 + ut'_1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

而

$$t'_2 = \frac{t_2 - \frac{v}{c^2}x_2}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}, \quad t'_1 = \frac{t_1 - \frac{v}{c^2}x_1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

且

$$t_1 = t_2$$

由以上关系可得

$$x_2 - x_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \times [(x'_2 - x'_1) + v(t'_2 - t'_1)]$$

$$t'_2 - t'_1 = \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \frac{v}{c^2} (x_1 - x_2)$$

消去 $t'_2 - t'_1$ 并整理得

$$x_2 - x_1 = \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} (x'_2 - x'_1)$$

即

$$L = L_0 \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$$

哈工大 2015 年秋季学期大学物理 B 期末试题参考答案

一、填空题

1. 4; 第一; 暗

2. $\frac{3I_0}{32}$

3. 相对的; 运动

4. $\frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{u}{c}\right)^2}} \text{ m}$

5. $\frac{\sqrt{3}}{2}c$ (或 $0.87c$)

6. $\frac{(\ln 2) RT}{(M_{\text{mol}} g)}$

7. $2\bar{v}_0, 2\bar{Z}_0; \lambda_0$

8. $-|W_1|, -|W_2|$

9. $\sqrt{\frac{h}{2m(\nu - \nu_0)}}; h(\nu - \nu_0)$

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

11. $\hat{H} = -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + U(\mathbf{r});$ 能量本征

12. $0, \hbar, -\hbar, 2\hbar, -2\hbar$

二、计算题

13. 解: 设第五个明纹处膜厚为 e , 则有

$$2ne + \frac{\lambda}{2} = 5\lambda \quad \textcircled{1}$$

设该处至劈棱的距离为 l , 则有近似关系

$$e = l\theta \quad \textcircled{2}$$

由式 ① 和式 ② 得

$$2nl\theta = \frac{9\lambda}{2}, l = \frac{9\lambda}{4n\theta}$$

充入液体前第五个明纹位置

$$l_1 = \frac{9\lambda}{4\theta}$$

充入液体后第五个明纹位置

$$l_2 = \frac{9\lambda}{4n\theta}$$

充入液体前后第五个明纹移动的距离

$$\Delta l = l_1 - l_2 = \frac{9\lambda(1 - \frac{1}{n})}{4\theta} = 1.61 \text{ mm}$$

14. 解: (1) 由单缝衍射暗纹公式得

$$a \sin \theta_1 = 1\lambda_1 \quad \text{①}$$

$$a \sin \theta_2 = 2\lambda_2 \quad \text{②}$$

由题意可知 $\theta_1 = \theta_2$, 即

$$\sin \theta_1 = \sin \theta_2 \quad \text{③}$$

由式 ①②③ 可得

$$\lambda_1 = 2\lambda_2$$

$$(2) \quad a \sin \theta_1 = k_1 \lambda_1 = 2k_1 \lambda_2 \quad (k_1 = 1, 2, \dots)$$

$$\sin \theta_1 = \frac{2k_1 \lambda_2}{a}$$

$$a \sin \theta_2 = k_2 \lambda_2 \quad (k_2 = 1, 2, \dots)$$

$$\sin \theta_2 = \frac{k_2 \lambda_2}{a}$$

若 $k_2 = 2k_1$, 则 $\theta_1 = \theta_2$, 即 λ_1 的任一 k_1 级极小都有 λ_2 的 $2k_1$ 级极小与之重合.

15. 解: (1) 因为是刚性多原子分子, 所以 $i = 6$, $\gamma = \frac{i+2}{i} = \frac{4}{3}$, 所以

$$T_2 = T_1 \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = 600 \text{ K}$$

$$\Delta E = \frac{m}{M_{\text{mol}}} \frac{1}{2} i R (T_2 - T_1) = 7.48 \times 10^3 \text{ J}$$

(2) 因为绝热, 所以 $A = -\Delta E = -7.48 \times 10^3 \text{ J}$ (外界对气体做功).

(3) 因为 $p_2 = n_2 k T_2$, 所以得 $n_2 = \frac{p_2}{k T_2} = 1.96 \times 10^{26}$ 个每立方米.

16. 解: (1) 由归一化条件 $\int_0^{\infty} f(v) dv = 1$ 得

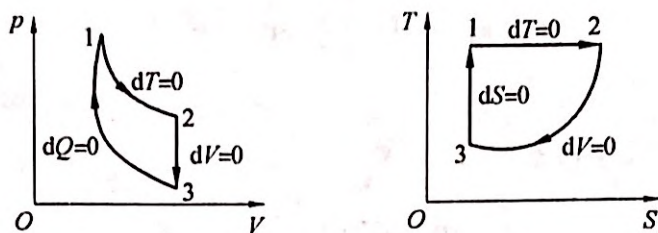
$$\int_0^{\infty} f(v) dv = \int_0^{v_0} K v^3 dv = \frac{K v_0^4}{4} = 1$$

所以

$$K = \frac{4}{v_0^4}$$

$$(2) \text{ 平均速率 } \bar{v}_{\frac{1}{2}v_0 \sim v_0} = \frac{\int_{\frac{v_0}{2}}^{v_0} v f(v) dv}{\int_{\frac{v_0}{2}}^{v_0} f(v) dv} = \frac{\int_{\frac{v_0}{2}}^{v_0} K v^4 dv}{\int_{\frac{v_0}{2}}^{v_0} K v^3 dv} = \frac{62}{75} v_0$$

17. 解:(1)



题 17 图

(2) 1 → 2 等温过程, 熵的增加

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

2 → 3 等温过程, 熵的增加

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

3 → 1 绝热过程, 熵的增加

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

循环过程熵的增加

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 = 0$$

18. 解: 设始态能级量子数为 k , 则轨道半径由 r_k 变为 r_n , 且 $r_k = qr_n$.

$$\text{由 } r_k = k^2 \frac{\epsilon_0 h^2}{\pi m e^2}$$

$$\text{可得 } k^2 = qn^2$$

$$\text{光子的频率 } \nu = Rc \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{k^2} \right)$$

$$\text{即 } \nu = \frac{Rc}{n^2} \left(1 - \frac{n^2}{k^2} \right) = \frac{Rc}{n^2} \left(1 - \frac{1}{q} \right)$$

19. 解: 根据能量守恒, 有

$$h\nu_0 + m_e c^2 = h\nu + m c^2$$

因为

$$m = m_e \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}}$$

所以

$$h\nu = h\nu_0 + m_e c^2 \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \right]$$

则

$$\frac{hc}{\lambda} = \frac{hc}{\lambda_0} + m_e c^2 \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \right]$$

解得

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{1 + \frac{m_e c \lambda_0}{h} \left[1 - \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \right]} = 0.00434 \text{ nm}$$

20. 解: 概率密度

$$|\psi(x)|^2 = \frac{2}{a} \sin^2 \frac{3\pi x}{a}$$

极大值条件

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

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

由
$$\frac{d|\psi(x)|^2}{dx} = \frac{2}{a} \cdot 2 \sin \frac{3\pi x}{a} \cos \frac{3\pi x}{a} \cdot \frac{3\pi}{a} = 0$$

得
$$x = \frac{ka}{6} \quad (k=0, 1, 2, 3, 4, 5, 6)$$

满足条件 $\frac{d^2|\psi(x)|^2}{dx^2} < 0$ 的 x 取值 $x_1 = \frac{a}{6}$, $x_2 = \frac{a}{2}$, $x_3 = \frac{5a}{6}$.

三、回答问题

21. 答: 用经典力学的物理量例如坐标、动量等只能在一定程度内近似地描述微观粒子的运动, 坐标 x 和动量 p_x 存在不确定量 Δx 和 Δp_x , 它们之间必须满足不确定关系式

$$\Delta p_x \Delta x \geq h$$

这是由于微观粒子具有波粒二象性的缘故.

四、演示实验附加题

22. 会看到彩色的干涉条纹; 如果转动其中一个偏振片, 那么条纹强度及颜色将发生变化. 原因是塑料尺内存在着内应力, 因而是各向异性的, 能够使光产生双折射, 即光弹效应, 将塑料尺放在两个偏振片之间, 会出现偏振光的干涉现象. 转动偏振片, 偏振光的强度发生变化, 另外相位差也会发生变化. 从而光的强度与颜色发生改变.

23. 由题图可知中央明纹中由 3 条主极大明纹. 且第 2 即主极大产生缺级, 从而光栅常数为缝宽的 2 倍.

24. 当底盘加热时, 气缸中的活塞运动起来, 从而带动轮子转动. 在这一过程中, 气体从高温热源(热水)吸热, 对外做功, 并向低温热源(空气)放热. 循环过程中能量守恒.

25. 当光照射到叶片时, 黑色一侧吸收的热量比白色一侧多, 从而温度较白色一侧高, 分子对其撞击剧烈, 叶片两侧产生压力差, 从而转动起来.

哈工大 2016 年秋季学期大学物理 B 期中试题参考答案

一、填空题

1. $\frac{2\pi e(n-1)}{\lambda}$; 3 000 nm
2. 自然光或圆偏振光; 线偏振光; 部分偏振光或椭圆偏振光
3. $4I_0$
4. $\pm 3, \pm 6, \dots$
5. $2m(v)$
6. c
7. $\frac{\pi}{2} - i$; 是

二、计算题

8. 解: 根据透镜成像公式, 有

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{z} = \frac{1}{f}$$

解得

$$z = \frac{af}{a-f}$$

由于

$$D = b - z$$

根据图中相似三角形关系, 得

$$\frac{c}{d} = \frac{a}{a+z}$$

解得

$$d = \frac{c}{a}(a+z) \quad \text{③}$$

将式 ①②③ 代入条纹间隔公式 $\Delta x = \frac{D}{d}\lambda$, 得到

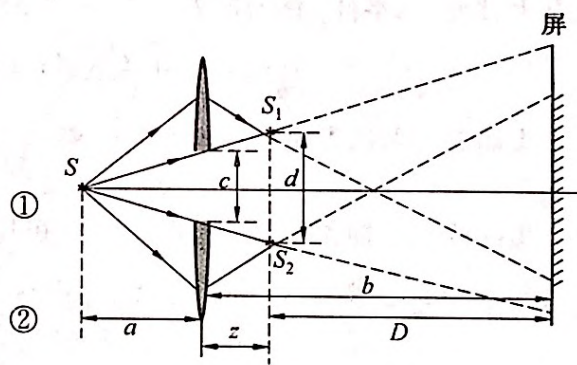
$$\Delta x = \frac{D}{d}\lambda = \frac{b - \frac{af}{a-f}}{\frac{c}{a}\left(a + \frac{af}{a-f}\right)}\lambda = \frac{ab - af - bf}{ac}\lambda$$

9. 解: 设某暗环半径为 r , 由图可知, 根据几何关系, 近似有

$$e = \frac{r^2}{2R}$$

再根据暗纹条件

$$2e + 2e_0 + \frac{\lambda}{2} = \frac{2k+1}{2}\lambda$$



题 8 图

其中 $k=0, 1, 2, 3 \dots$, 联立方程求解得

$$r = \sqrt{R(k\lambda - 2e_0)} \quad (k \text{ 为整数, 且 } k > \frac{2e_0}{\lambda})$$

10. 解: x 方向上米尺长度收缩, y 方向上保持不变, 可得

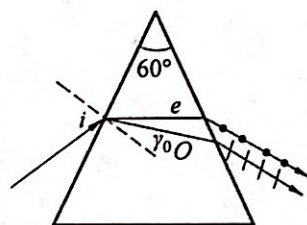
$$\begin{aligned} x &= x_0 \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \\ y &= x \operatorname{tg} 45^\circ = x_0 \operatorname{tg} 30^\circ \\ \frac{x}{x_0} &= \frac{\operatorname{tg} 30^\circ}{\operatorname{tg} 45^\circ} = \sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}} \\ u^2 &= \frac{2}{3} c^2 \Rightarrow u = 0.816c \end{aligned}$$

$$l = \sqrt{2} y = \sqrt{2} l_0 \sin 30^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} l_0 = 0.707l_0$$

11. 解: 由图可知, $\sin i = n_e \sin \gamma_e$, 而 $\gamma_e = 30^\circ$, 所以入射角

$$i = \arcsin(n_e \sin 30^\circ) = \arcsin 0.745 = 48^\circ 10'$$

12. 解: 如图所示, 根据洛伦兹变换, 在地面参考系, 飞船相继两次发出脉冲(两事件)的时间差



题 11 图

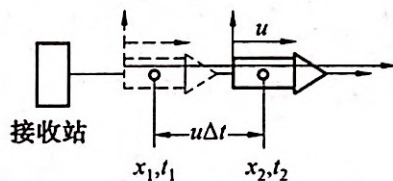
$$\Delta t = \gamma \left(\Delta t' + \frac{u}{c^2} \Delta x' \right) = \gamma T_0$$

飞船相继两次发出脉冲的空间距离

$$\Delta x = u \Delta t$$

相继两次脉冲先后到达接收站的时间差(即地面接收站所测量的周期)

$$T = \Delta t + \frac{\Delta x}{c} = \Delta t \left(1 + \frac{u}{c} \right) = \gamma T_0 \left(1 + \frac{u}{c} \right) = \sqrt{\frac{c+u}{c-u}} T_0 = \sqrt{\frac{c+0.6c}{c-0.6c}} \times 4 = 8 \text{ s}$$



题 12 图

13. 解: (1) 中央明纹的宽度 $\Delta x_0 = \frac{2f\lambda}{a} \approx 4.0 \text{ mm}$.

(2) 根据 $a \sin \theta = (2k+1) \frac{\lambda}{2}$, 因为 $k=2, 3$, 所以可分出 5 个和 7 个半波带, 半波带宽度分别为

$$\frac{0.3}{5} = 0.06 \text{ mm}$$

和

$$\frac{0.3}{7} = 0.043 \text{ mm}$$

哈工大 2016 年秋季学期大学物理 B 期末试题参考答案

一、填空题

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

2. $2d$

3. $400 \text{ nm}, 600 \text{ nm}$

4. 简并; 简并度

5. $0.75c$ (或 $\frac{\sqrt{5}}{3}c, 2.25 \times 10^8 \text{ m/s}$); 0.75 MeV (或 $\frac{3}{4} \text{ MeV}$)

6. $\lambda; \frac{\lambda}{2n}$

7. 499 (或 500)

8. $-i\hbar \frac{\partial}{\partial x}; -\hbar \mathbf{r} \times \nabla$ (或写成 $-i\hbar(y \frac{\partial}{\partial z} - z \frac{\partial}{\partial y})$ 等分量形式); $-\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + U(\mathbf{r})$

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

10. 卡诺; $\frac{1}{3}$

11.
$$\frac{\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv}{\int_{v_1}^{v_2} f(v) dv}$$

12. $5.42 \times 10^7 \text{ s}^{-1}; 6 \times 10^{-5} \text{ cm}$

二、计算题

13. 解: 根据光栅方程, 有

$$d(\sin \theta + \sin \varphi) = k\lambda$$

得

$$k = \frac{d(\sin \theta + \sin \varphi)}{\lambda}$$

当 $\varphi = +90^\circ$ 时

$$k = \frac{2 \times 10^{-6} \times (\sin 30^\circ + 1)}{5.900 \times 10^{-10}} = 5.1$$

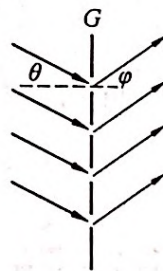
取 $k = 5$. 当 $\varphi = -90^\circ$ 时

$$k = \frac{2 \times 10^{-6} \times (\sin 30^\circ - 1)}{5.900 \times 10^{-10}} = -1.7$$

取 $k = -1$. 最多能看到 7 条.

14. 解: 由不确定关系 $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$.

设粒子动量的不确定量等于它的动量, 故有



题 13 图

$$p = \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2\Delta x}, \Delta x = a$$

由粒子能量与动量关系(非相对论),得

$$E = \frac{p^2}{2m} \geq \frac{\hbar^2}{2m(2\Delta x)^2} = \frac{\hbar^2}{8ma^2}$$

所以最小能量 $E_{\min} = \frac{\hbar^2}{8ma^2}$.

15. 解:由爱因斯坦方程

$$h\nu = \frac{1}{2}mu_m^2 + A$$

和

$$\frac{1}{2}mu_m^2 = e|U_a|$$

得

$$e|U_a| = \frac{hc}{\lambda} - A$$

所以

$$e(|U_{a2}| - |U_{a1}|) = hc\left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}\right)$$

遏止电压改变

$$\Delta|U_a| = \frac{hc}{e}\left(\frac{1}{\lambda_2} - \frac{1}{\lambda_1}\right) = 0.345 \text{ V}$$

数值加大.

16. 解:由频率条件 $E_n - E_m = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$,另据题意 $E_n = -0.85 \text{ eV}$.

另一定态

$$E_m = (E_n - E_1) + E_1 = 10.20 - 13.6 = -3.40 \text{ eV}$$

故由 E_n 跃迁到 E_m 发出的谱线波长为

$$\lambda = \frac{hc}{E_n - E_m} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.0 \times 10^8}{(3.4 - 0.85) \times 1.6 \times 10^{-19}} = 4.875 \times 10^{-4} \text{ m}$$

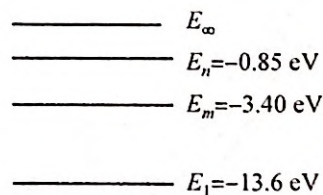
由 $E_m = \frac{E_1}{m^2}$,得

$$m = \sqrt{\frac{E_1}{E_m}} = \sqrt{\frac{13.6}{3.4}} = 2$$

故谱线属巴尔末系.

17. 解:

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



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

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

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

所以所求为 $r = a_0$.

18. 解: 由图知, I 到 II 过程是吸热过程, II 到 III 过程先吸热后放热. 由 $\frac{p-p_0}{V-3V_0} = \frac{3p_0-p_0}{V_0-3V_0} = -\frac{p_0}{V_0}$, 得到 II 到 III 过程的过程方程式

$$p = -\frac{p_0}{V_0}V + 4p_0 \quad (1)$$

根据热力学第一定律, 绝热点 $\delta Q = 0$, 即 $\delta Q_{\text{吸}} = dE + p dV =$) 得到

$$p dV = -dE = -\frac{3}{2}RdT \quad (H_e \text{ 是单原子分子, } i=3) \quad (2)$$

由 $pV = RT$, 得到

$$p dV + V dp = RdT \quad (3)$$

由式 (2) 和式 (3) 得到绝热点满足

$$\frac{5}{3}p dV + V dp = 0 \quad (4)$$

将式 (1) 和微分后的式 (1): $dp = -\frac{p_0}{V_0}dV$ 代入式 (4), 得到绝热点的体积、压强和温度

$$V_Q = \frac{5}{2}V_0, p_Q = \frac{3}{2}p_0, T_Q = \frac{15}{4} \frac{p_0 V_0}{R}$$

吸收热量

$$Q_{I-II} = \Delta E_{I-II} = \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}R\left(\frac{3p_0 V_0}{R} - \frac{p_0 V_0}{R}\right) = 3p_0 V_0$$

$$\begin{aligned} Q_{II-T_Q} &= \Delta E_{II-T_Q} + A_{II-T_Q} = \frac{3}{2}R(T_Q - T_2) + \int_{V_0}^{2.5V_0} p dV \text{ (梯形面积)} \\ &= \frac{3}{2}R\left(\frac{15}{4} - 3\right) \frac{p_0 V_0}{R} + \frac{1}{2}\left(\frac{3}{2}p_0 + 3p_0\right)\left(\frac{5}{2}V_0 - V_0\right) = \frac{9}{2}p_0 V_0 \end{aligned}$$

系统对外做功

$$A_{\text{系对外}} = \frac{1}{2}(3p_0 - p_0)(3V_0 - V_0) = 2p_0 V_0 \text{ (三角形面积)}$$

循环效率

$$\eta = \frac{A_{\text{系对外}}}{Q_{I-II} + Q_{II-T_Q}} = \frac{2p_0 V_0}{3p_0 V_0 + \frac{9p_0 V_0}{2}} = 26.7\%$$

19. 解: (1) 由分布图可知

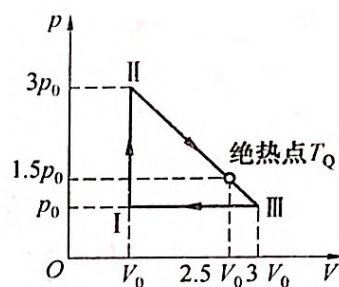
$$0 \rightarrow v_0: Nf(v) = \frac{a}{v_0}v, f(v) = \frac{av}{Nv_0}$$

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

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

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

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



题 18 图

得

$$\frac{3}{2} \frac{av_0}{N} = 1$$

所以

$$a = \frac{2}{3} \frac{N}{v_0}$$

(2)

$$\int_0^{v_0} \frac{av}{Nv_0} dv + \int_{v_0}^{2v_0} \frac{a}{N} dv = 1 = \frac{1}{2} av_0$$

将 a 代入得

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

20. 从数学角度:

等温

$$pV = cp dV + V dp = 0$$

在交点处的斜率

$$\left(\frac{dp}{dV}\right)_{dT=0} = -\frac{p_1}{V_1}$$

绝热

$$pV^\gamma = c'$$

$$p\gamma V^{\gamma-1} dV + V^\gamma dp = 0$$

在交点处的斜率

$$\left(\frac{dp}{dV}\right)_{dQ=0} = -\gamma \frac{p_1}{V_1}$$

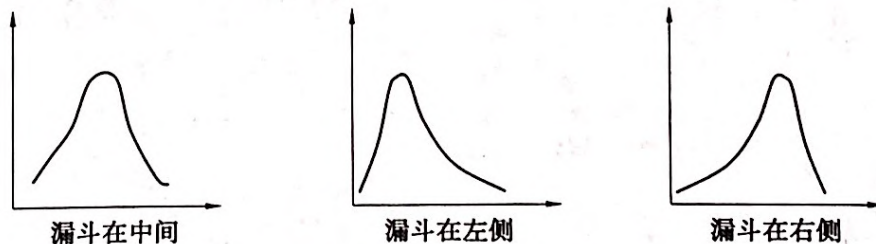
因为 $\gamma > 1$, 所以绝热线比等温线陡.

从物理意义上看:

$$p = nkT \begin{cases} \text{等温: } T \text{ 不变 } V \uparrow, n \downarrow \rightarrow p \downarrow \\ \text{绝热: } V \uparrow, T \downarrow, n \downarrow \rightarrow p \downarrow \downarrow \end{cases}$$

四、演示实验附加题

21.

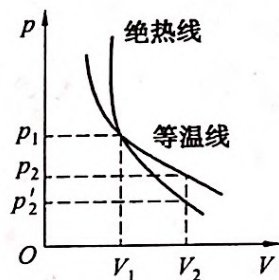


题 21 图

22. 答:若使一个偏振片不动,旋转另一个,视场明暗变化;若转动一周视场出现两次全黑、两次全明的现象.

23. 答:拿一磁铁从仪器的侧面对着射线流,若发现衍射图样的位置发生变化,说明这种射线受磁场影响,射线应是带电粒子,即电子束;若衍射图样的位置不发生变化,就是可见光.

24. 答:这是双折射现象.是双折射晶体特有的性质,即一束光通过双折射晶体,由于晶体的各向异性导致一条光束分裂为两条.



题 20 图

哈工大 2017 年秋季学期大学物理 B 期中试题参考答案

一、填空题

1. $4.76 \times 10^{-4} \text{ m}$

2. 4; 1; 暗

3. 25

4. 凸起; $\frac{\lambda b'}{2b}$

5. 气体分子热运动平均平动动能的量度(反应分子无规则热运动的剧烈程度); 否

6. (1) 速率大于 v_0 的分子数; (2) 速率大于 v_0 的那些分子的平均速率; (3) 多次观察某一分子的速率, 发现其速率大于 v_0 的概率(或速率大于 v_0 的分子数占总分子数的百分比)

7. $\frac{I_0}{2} \cos^4 \theta$

8. 分波阵面法; 分振幅法; 分振动面法(或杨氏双缝; 薄膜干涉; 分振动面法)(三个中任选两个作答即可)

9. $1.08 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$; $3.0 \times 10^{-5} \text{ cm}$

二、计算题

10. 解: (1) 未盖玻璃片之前, O 为中央明纹位置, 所以得到: $r_1 = r_2$. 加上玻璃片之后, 条纹整体移动, O 处为第 5 级明纹, 所以光程差

$$\delta = r_2 + (n_2 - 1)h - r_1 - (n_1 - 1)h = (n_2 - n_1)h = 5\lambda$$

得到

$$h = 8 \times 10^{-6} \text{ m}$$

(2) 依据题意, 新的零级明纹在 O 点下方, 加上玻璃片后条纹整体下移, 新的零级明纹, 移动到原来没有加玻璃片之前的 -5 级明纹处, 其坐标位置为

$$x = \frac{-Dk\lambda}{d} = \frac{-5 \times 1.2 \times 4800 \times 10^{-10}}{0.0005} \text{ m} = -5.76 \text{ mm}$$

11. 解: 根据光栅公式 $d \sin \theta = k \lambda_1$ 得

$$d = \frac{k \lambda_1}{\sin \theta} = \frac{2 \times 600}{\sin 30^\circ} = 2.4 \times 10^3 \text{ nm} = 2.4 \mu\text{m}$$

据光栅分辨本领公式 $R = \frac{\lambda_1}{\Delta \lambda} = kN$ 得

$$N = \frac{\lambda_1}{k \Delta \lambda} = 60000$$

在 $\theta = 30^\circ$ 的方向上, 波长 $\lambda_2 = 400 \text{ nm}$ 的第 3 级主极大缺级, 因而此处一定恰好是波长为 λ_2 入射光单缝衍射的一个极小出现的位置.

故有

$$d \sin 30^\circ = 3 \lambda_2$$

$$a \sin 30^\circ = k' \lambda_2$$

所以 $a = \frac{k' d}{3}$.

当 $k' = 1$ 时, $a_{\min} = \frac{d}{3} = \frac{2.4 \mu\text{m}}{3} = 0.8 \mu\text{m}$.

12. 解: 由已知得 e 光的折射角 $r_e = 90^\circ - 60^\circ = 30^\circ$.

根据折射定律得

$$\sin i = n_e \sin r_e = 1.49 \times \sin 30^\circ = 0.745$$

所以 $i = \arcsin 0.745 = 48^\circ$

13. 解: 根据理想气体状态方程

$$pV = \frac{m}{M}RT$$

故

$$\frac{p}{\rho} = \frac{RT}{M}$$

满足麦克斯韦速率分布的理想气体的均方根速率为

$$\sqrt{v^2} = \sqrt{\frac{3RT}{M}} = \sqrt{\frac{3p}{\rho}}$$

则气体密度为

$$\rho = p \frac{3}{v^2} = 1.04 \text{ kg/m}^3$$

14. 解: (1) 因为 T 相等, 所以氧气分子平均平动动能等于氢气分子平均平动动能, 即氧气分子平均平动动能为

$$\bar{w} = 6.21 \times 10^{-21} \text{ J}$$

所以

$$(\overline{v^2})^{\frac{1}{2}} = \left(\frac{2\bar{w}}{m}\right)^{\frac{1}{2}} = 483 \text{ m/s}$$

(2) $T = \frac{2\bar{w}}{3k} = 300 \text{ K}$.

三、证明题

15. 解: 物、像两点间多条光的实际路径(光线), 根据费马原理, 这些路径均取极值, 因此光程必相等.

16. 解: 以布儒斯特角入射时反射光为完全偏振光, 根据布儒斯特定律

$$\text{tg } i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

故

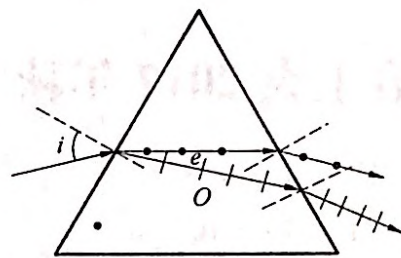
$$\theta = \text{tg}^{-1} \frac{n_2}{n_1} = 57^\circ 10' 17''$$

由折射定律: $n_1 \sin \theta = n_2 \sin \gamma$

$$\theta + \gamma = \frac{\pi}{2}$$

$$\sin \theta = \sin\left(\frac{\pi}{2} - \gamma\right) = \cos \gamma$$

γ 角满足布儒斯特定律.



题 12 图

哈工大 2017 年秋季学期大学物理 B 期末试题参考答案

一、填空题

1. $1.22 \times 10^{-6} \text{ m}$

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

3. 氧; 速率在 $v \rightarrow v + \Delta v$ 范围内的分子数占总分子数的百分率

4. $\frac{2}{i+2}; \frac{i}{i+2}$

5. 不变; 增加

6. 从热力学概率小的状态向着热力学概率大的状态; 熵值增大

7. 16

8. $3.21 \times 10^{-19} \text{ J}; 1.73 \text{ V}$

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

10. 0.2 mm

11. (1) $0, \sqrt{2}\hbar, \sqrt{6}\hbar$; (2) $0, \pm\hbar, \pm 2\hbar$; 电子轨道角动量的空间取向

12. $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

二、计算题

13. 解: 光栅衍射为单缝衍射与多缝干涉的合成.

(1) 由单缝衍射一级暗纹条件, 有 $a \sin \theta_1 = \lambda$.

单缝衍射中央明纹的宽度为

$$\Delta x = 2f \tan \theta_1 \approx 2f \sin \theta_1 = 2f \frac{\lambda}{a} = 2 \times 500 \times \frac{480 \times 10^{-6}}{0.02} = 24 \text{ mm}$$

(2) 单缝衍射中央明纹区中可能包含的干涉主极大的条数:

干涉主极大 $d \sin \theta = k\lambda$.单缝衍射极小 $a \sin \theta = k'\lambda$.

所以

$$\frac{d}{a} = \frac{k}{k'} = 5$$

取 $k' = \pm 1$, 考虑到 $k = \pm 5$ 级缺级, 只有 $k = 0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \pm 4$, 即单缝衍射中央明纹区中包含的干涉主极大的条数为 9 条.

14. 解: 因为反射光是线偏光, 所以入射角为起偏角即 $i_0 = 58^\circ$

$$\text{tg } i_0 = \text{tg } 58^\circ = \frac{n_{\text{玻璃}}}{n_{\text{空气}}} = n_{\text{玻璃}}$$

所以折射率

$$n_{\text{玻璃}} = \text{tg } 58^\circ = 1.6$$

因为 i_0 为起偏角, 所以

$$r_{\text{折}} + i_0 = 90^\circ$$

所以折射角

$$r_{\text{折}} = 32^\circ$$

15. 解: 理想气体内能

$$E = \frac{i}{2} \cdot \frac{M}{M_{\text{mol}}} RT = \frac{i}{2} pV$$

A 气体自由度为 3, B 气体自由度为 5.

$$(1) E_A = \frac{3}{2} P_0 V_0, E_B = \frac{5}{2} P_0 V_0.$$

(2) 设两种气体混合后处于平衡时的温度为 T , 气体内能不变, 有:
初内能

$$E_1 = E_A + E_B = 4p_0 V_0$$

末内能

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

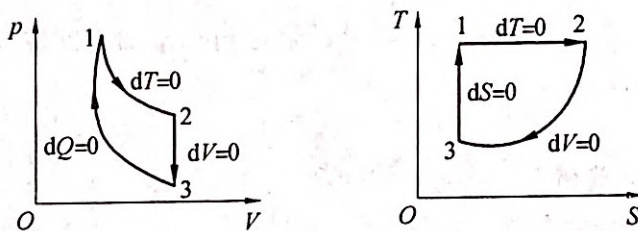
因为

$$E_1 = E_2$$

所以

$$T = \frac{8p_0 V_0}{13R}$$

16. 解: (1)



题 16 图

(2) 循环过程熵的增加

$$\Delta S = \Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 = 0$$

1 → 2 等温过程, 熵的增加

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

2 → 3 等容过程, 熵的增加

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

3 → 1 绝热过程, 熵的增加

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

17. 解: 先由过程方程及理想气体的物态方程求出 p_1, V_1 和 p_2, V_2 之间的关系.

对于绝热线有

$$p_3 V_3^\gamma = p_2 V_2^\gamma$$

和

$$T_2 V_2^{\gamma-1} = T_1 V_3^{\gamma-1}$$

对于等温过程有

$$p_1 V_1 = p_3 V_3 = RT_1$$

又 $T_2 = 2T_1, V_3 = 8V_1$, 于是解得 $V_2 = \sqrt{2}V_1, p_2 = \sqrt{2}p_1$.

(1) 功、内能增量和传递热量

$$A_{12} = \frac{(p_2 + p_1)(V_2 - V_1)}{2} = \frac{p_1 V_1}{2} = \frac{RT_1}{2}$$

$$\Delta E_{12} = \frac{5R\Delta T}{2} = \frac{5RT_1}{2}$$

$$Q_{12} = \Delta E_{12} + A_{12} = 3RT_1$$

$$Q_{23} = 0$$

$$\Delta E_{23} = \frac{5R\Delta T}{2} = -\frac{5RT_1}{2}$$

$$A_{23} = Q_{23} - \Delta E_{23} = \frac{5RT_1}{2}$$

$$\Delta E_{31} = 0$$

$$Q_{31} = A_{31} = RT_1 \ln \frac{V_1}{V_3} = -3RT_1 \ln 2$$

$$(2) \text{效率 } \eta = \frac{A_{12} + A_{23} + A_{31}}{Q_{12}} = \frac{3RT_1(1 - \ln 2)}{3RT_1} = 1 - \ln 2 \approx 31\%$$

18. 解: 反冲电子的动能为

$$E_k = mc^2 - m_0 c^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} - m_0 c^2 = \frac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - \frac{(0.6c)^2}{c^2}}} - m_0 c^2 = 0.25m_0 c^2$$

电子的动能等于光子能量的损失, 所以 $E_k = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'}$, 解得

$$\begin{aligned} \lambda' &= \frac{hc\lambda}{hc - E_k \lambda} = \frac{h\lambda}{h - 0.25m_0 c \lambda} \\ &= \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 0.003 \times 10^{-9}}{6.63 \times 10^{-34} - 0.25 \times 9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8 \times 0.003 \times 10^{-9}} \\ &= 4.3 \times 10^{-12} \text{ m} = 0.0043 \text{ nm} \end{aligned}$$

根据康普顿散射公式 $\lambda' - \lambda = \frac{2h}{m_0 c} \sin^2 \frac{\theta}{2}$ 得

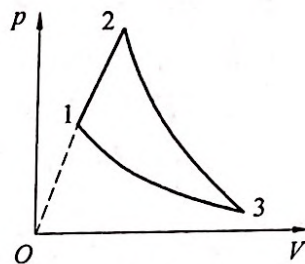
$$\begin{aligned} \sin^2 \frac{\theta}{2} &= \frac{(\lambda' - \lambda)m_0 c}{2h} \\ &= \frac{(0.0043 - 0.003) \times 10^{-9} \times 9.11 \times 10^{-31} \times 3 \times 10^8}{2 \times 6.63 \times 10^{-34}} \\ &= 0.26796 \end{aligned}$$

$$\sin \frac{\theta}{2} = 0.51763$$

$$\theta = 62^\circ 18'$$

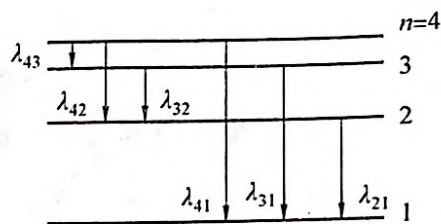
所以散射光子的方向为 $\theta = 62^\circ 18'$.

19. 解: (1) 氢原子吸收 12.75 eV 的能量后, 能量为 $(-13.6 + 12.75) = -0.85 \text{ eV}$. 所处的能态为 $E_n = \frac{E_1}{n^2}$, 解得 $n = 4$



题 17 图

(2) 可发出六条谱线: $\lambda_{41}, \lambda_{31}, \lambda_{21}, \lambda_{42}, \lambda_{32}, \lambda_{43}$, 能级图如图



题 19 图

(3) 氢原子从该能级($n=4$) 向低能级跃迁, 当低能级为 $n=3$ 时, 辐射光的波长最长

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

当 $n=4$, $m=3$ 时, 可得到最小波长

$$\lambda = 1.875 \times 10^{-6} \text{ m}$$

20. 解: (1) 求归一化因子 $\int_{-\infty}^{\infty} |\psi(x)|^2 dx = \int_0^{\infty} |Ax e^{-\lambda x}|^2 dx = A^2 \frac{2}{(2\lambda)^3} = \frac{A^2}{4\lambda^3}$.

所以归一化因子为 $\frac{2\lambda^{\frac{3}{2}}}{A}$.

(2) 粒子坐标的概率分布函数(即概率密度函数)

$$\rho(x) = \left| \frac{2\lambda^{\frac{3}{2}}}{A} \psi(x) \right|^2 = \left| \frac{2\lambda^{\frac{3}{2}}}{A} Ax e^{-\lambda x} \right|^2 = 4\lambda^3 x^2 e^{-2\lambda x} \quad (x \geq 0)$$

$$\rho(x) = 0 \quad (x \leq 0)$$

(3) 若求粒子概率最大处, 令 $\frac{d\rho(x)}{dx} = 0$, 即

$$2x e^{-2\lambda x} - 2\lambda x^2 e^{-2\lambda x} = 0$$

得

$$x = \frac{1}{\lambda}$$

该处找到粒子的概率最大.

三、演示实验附加题

答: 观察到的现象: 中间灯泡点亮后, 玻璃管中液柱在黑色球这一侧的液面下降, 白色球这一侧的液面上升.

物理原理: 因为黑色球比白色球更接近黑体, 黑色球对光辐射具有较大的吸收比, 所以黑色球较白色球在相同时间内从灯泡的辐射中吸收更多的热量.

另一方面, 根据基尔霍夫定律, 好的吸收体必然是好的辐射体, 因此黑球比白球具有较高的辐射功率从而使其内的气体温度上升较多, 最终导致黑球内气体膨胀的更厉害, 使该侧液面较低.