

西南交通大学 2014—2015 学年第(一)学期考

试试卷

课程代码 6111020 课程名称 大学物理 A II (A 卷) 考试时间 120

分钟

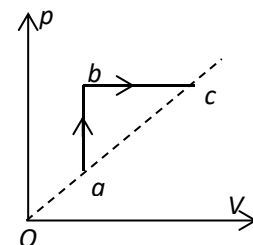
一、填空题：(8 小题，共 26 分)

1. (本小题 4 分) 量子理论的建立得到许多科学实验的验证。其中：康普顿散射实验证实了_____；弗兰克—赫兹实验证实了_____；戴维孙—革末实验证实了_____；施特恩—格拉赫实验证实了_____。

(请选择填入下列字母： A--光的波动性； B--光的粒子性； C--电子自旋的存在；
D--电子的波动性； E--原子的有核模型； F--原子定态能级的存在。)

2. (本小题 4 分) 如图所示，一定量的理想气体经历 $a \rightarrow b \rightarrow c$ 过程， 如果以系统吸热为正，内能增加为正，在此过程中： Q _____， ΔE _____。

(填入： >0 ； <0 ； $=0$)



3. (本小题 4 分) 在康普顿散射实验中，当散射光子与入射光子方向的夹角 $\theta =$ _____ 时，光子的波长增长量最大；散射光波长的改变量与散射物质 (填入： 有关； 无关)。

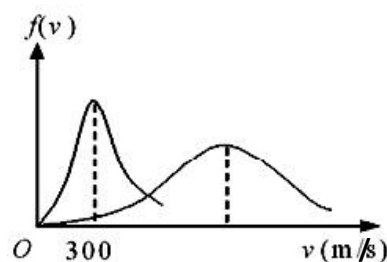
4. (本小题 4 分) 2 mol 单原子分子理想气体，从平衡态 1 到平衡态 2，两个状态体积相等，温度从 200 K 上升到 500 K ，若该过程为准静态过程即等体升温过程，气体吸收的热量为_____；若为非静态过程，气体的内能增量为_____。(普适气体常量为： $R = 8.31 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

5. (本小题 4 分) 图示的曲线分别表示了氢气和氧气在同一温度下的分子

速率分布, 由图可知:

氧气分子的最概然速率为_____;

氢气分子的最概然速率为_____。



6. (本小题 2 分) 用气体动理论研究理想气体分子热运动规律,

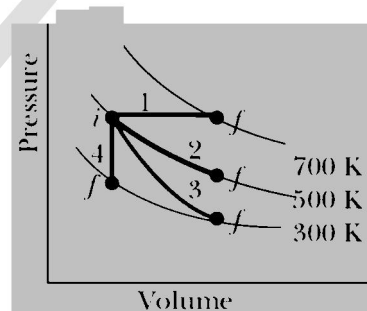
根据所研究的物理特性建立理想气体分子模型, 具体在讨论_____物理量

的研究时, 我们视理想气体分子为直径为 d 的刚性小球。

7. (本小题 2 分) 根据泡利不相容原理, 角量子数 $l=3$ 的电子壳层上最多可能有的电子数为_____个。

8. (本小题 2 分) 一定量理想气体经历如图四个过程。按给气体传热的

的多少由大到小对图中的 1、2、3、4 四条路径排序:_____。



二、判断题: (10 小题, 共 10 分)

1. [] 爱因斯坦解释光电效应, 认为入射光频率越高, 光电流越强。
2. [] 在激光器中利用光学谐振腔, 可以提高激光束的方向性和单色性。
3. [] 海森堡的不确定关系指出, 物理测量总是存在误差。
4. [] 对于总能量低于势垒高度的微观粒子, 存在穿越势垒到达另一侧的现象。
5. [] 温度的高低反映物质分子运动的剧烈程度, 温度高说明每个气体分子运动的速率大。
6. [] 热力学过程中, 温度升高的过程总是吸热过程。
7. [] 一个系统经历的过程是不可逆的, 就是说该系统不可能再回到原来的状态。
8. [] 工作在两个相同的高低温热源之间的所有热机的效率都相同。
9. [] 熵是系统无序性的量度。
10. [] 对于一定量理想气体组成的系统, 经过绝热自由膨胀过程, 熵变为零。

三、选择题: (每小题 3 分, 共 27 分。注意: 题目中只有一个正确答案。

请在每页页脚处相应的题号中用圆圈圈上你的正确选择, 例如: A、(B)、C、D、E。其

它位置处答案不得分)

1. 1 mol 刚性双原子分子理想气体, 当温度为 T 时, 其内能为

- | | |
|---------------------|---------------------|
| (A) $\frac{3}{2}RT$ | (B) $\frac{3}{2}kT$ |
| (C) $\frac{5}{2}RT$ | (D) $\frac{5}{2}kT$ |

(式中 R 为普适气体常量, k 为玻尔兹曼常量)

2. 物理学中有许多重要的物理常数或物理量, 以下哪一个值的数量级存在严重错误

- (A) 普朗克常数 $h \sim 10^{-15} \text{ eV} \cdot \text{s}$ (B) 电子的静能

$$m_0 c^2 \sim 10^6 \text{ eV}$$

- (C) 阿伏伽德罗常数 $N_A \sim 10^{19} \text{ mol}^{-1}$ (D) 电子的康普顿波长

$$\lambda_c \sim 10^{-12} \text{ m}$$

3. 在 X 射线散射实验中, 若散射光波长是入射光波长的 1.5 倍, 则入射光光子能量 ε 与散射光光子能量 ε_0 之比为

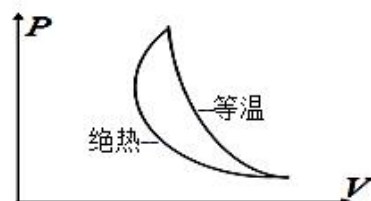
- (A) 8.5 (B) 1.2
(C) 1.5 (D) 2.0

4. 在光电效应实验中, 用单色光照射某种金属表面, 有光电子逸出, 则光电子的最大初动能值取决于 入射光的

- (A) 频率 (B) 强度
(C) 照射时间 (D) 光子数目

5. 假设某一热机循环由等温过程和绝热过程组成, 如图所示, 可以认为此循环

- (A) 既不违反热力学第一定律, 也不违反热力学第二定律
(B) 违反热力学第一定律
(C) 既违反热力学第一定律, 也违反热力学第二定律
(D) 违反热力学第二定律

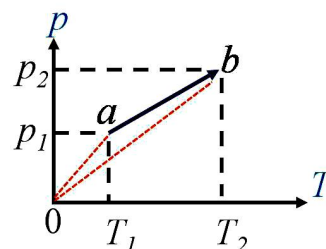


6. 关于能带理论, 下列说法错误的是

- (A) 固体中能带的形成是由于固体中的电子仍然满足泡利不相容原理
(B) 本征半导体是电子与空穴两种载流子同时参与导电, 而 N 型半导体只有电子导电
(C) 由于 P 型和 N 型半导体材料接触时载流子扩散形成 PN, 并具有单向导电性
(D) 本征半导体掺五价元素杂质即可成为 n 型半导体, 它的多数载流子是电子

7. 一定量的理想气体, 在 $p-T$ 图上沿着一条直线从平衡态 a 变化到平衡态 b , 则这是

- (A) 绝热膨胀过程 (B) 等容吸热过程
(C) 吸热压缩过程 (D) 吸热膨胀过程



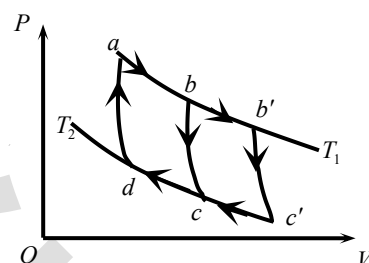
8. 麦克斯韦速率分布函数 $f(v)$ 的物理意义: 在给定温度下, 一定量理想气体处

于平衡态时的

- (A) 分子速率随体积的变化
- (B) 分子数随速率 v 的变化
- (C) 速率为 v 的分子数与分子总数的比值
- (D) 速率在 v 附近单位速率区间内的分子数与分子总数的比值

9. 如果卡诺热机的循环曲线所包围的面积从图中的 $abcd a$ 增大为 $ab'c'da$ ，那么循环 $abcd a$ 与 $ab'c'da$ 所作的功和热机效率变化情况是：

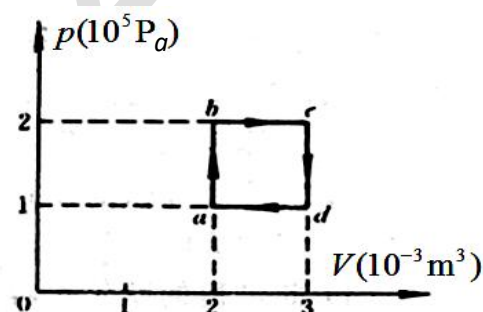
- (A) 净功增大，效率提高
- (B) 净功增大，效率降低
- (C) 净功和效率都不变
- (D) 净功增大，效率不变



三、计算题：（4 小题，共 37 分）

1. （本小题 10 分）如图所示， $abcd$ 为 1 mol 单原子分子理想气体的循环过程。

- (1) 指出吸热过程，并计算从外界吸收的总热量；
- (2) 求气体循环对外做的净功；
- (3) 求循环效率。



2. （本小题 7 分）在一维无限深势阱中，由于边界条件的限制，势阱宽度 a 必须等于德布罗意波半波长的整数倍。请利用这一条件导出一维无限深势阱的能量量子化表示式。

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

3. (本小题 8 分) 一粒子被限制在相距为 L 的两个不可穿透的壁之间, 描述该粒子的波函数为 $\psi = cx(L - x)$, 其中 c 为待定常量, 求在 $0 \sim \frac{L}{3}$ 区间发现粒子的概率。

4. (本小题 12 分) 有 1 mol 理想气体在 $T_1 = 400\text{K}$ 的高温热源与 $T_2 = 300\text{K}$ 的低温热源间作卡诺循环 (可逆的), 在 400 K 的等温线上起始体积为 $V_1 = 1.0 \times 10^{-3} \text{m}^3$, 终止体积为 $V_2 = 5.0 \times 10^{-3} \text{m}^3$ 。

- (1) 画出此循环的 $P-V$ 示意图, 并标出循环方向; (已知: $\ln 5 = 1.61$)
- (2) 求从高温热源吸收的热量 Q_1 ;
- (3) 求气体所作的净功 A ;
- (4) 求气体传给低温热源的热量 Q_2 。

西南交通大学 2014—2015 学年第(一)学期考试

试卷

大学物理 AII——A 卷参考解答及评分标准:

一、填空题: (8 小题, 共 26 分)

1. B; F; D; C 每空 1 分
4 分
2. >0 ; >0 每空 2 分
4 分
3. 180° ; 无关 每空 2 分
4 分
4. $900 R(\text{J})$ 或 $7479(\text{J})$; $900 R(\text{J})$ 或 $7479(\text{J})$ 每空 2 分
4 分
5. $300(\text{m/s})$; $1200(\text{m/s})$ 每空 2 分
4 分
6. \bar{Z} 或 $\bar{\lambda}$ 或 平均碰撞频率 \bar{Z} 或 平均自由程 $\bar{\lambda}$
2 分
7. 14
2 分
8. $1 > 2 > 3 > 4$
2 分

二、判断题 (每小题 1 分, 共 10 分)。

- | | | | | |
|------|------|------|------|-------|
| 1. F | 2. T | 3. F | 4. T | 5. F |
| 6. F | 7. F | 8. F | 9. T | 10. F |

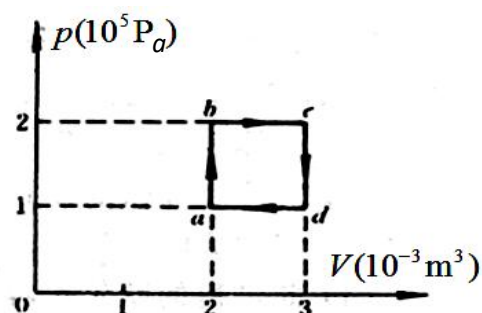
三、选择题: (共 27 分)

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| 1. C | 2. C | 3. C | 4. A | 5. D |
| 6. B | 7. D | 8. D | 9. D | |

四、计算题: (4 小题, 共 37 分)

1. (本小题 10 分)

解: (1) 由题图知: $a \rightarrow b$ 过程是等体升温升压过程, 系统不作功, 内能增加, 则由热力学第一定律知该过程吸热, $b \rightarrow c$ 过程是等压膨胀升温过程, 系统对外做功, 内能增加, 则由热力学第一定律知该



过程也吸热, $c \rightarrow d$ 过程是等体降温降压过程, 系统不作功, 内能减少, 则由热力学第一定律知该过程放热, $d \rightarrow a$ 过程是等压压缩降温过程, 系统对外作负功, 内能减少, 则由热力学第一定律知该过程也放热。

2 分

$$Q_{ab} = \Delta E_{ab} = 1 \times \frac{3}{2} \times R(T_b - T_a) = \frac{3}{2}(p_b V_b - p_a V_a) = 300 \text{ (J)}$$

2 分

$$Q_{bc} = \nu C_p (T_c - T_b) = 1 \times \frac{5}{2} \times R(T_c - T_b) = \frac{5}{2}(p_c V_c - p_b V_b) = 500 \text{ (J)}$$

1 分

$$\text{从外界吸收的总热量 } Q = Q_{ab} + Q_{bc} = 300 + 500 = 800 \text{ (J)}$$

1 分

(2) 气体循环对外做的净功数值等于 p - V 相图中循环过程包围的面积数值, 故气体循环对外做的净功

$$\begin{aligned} A_{\text{净}} &= (p_2 - p_1) \times (V_2 - V_1) \\ &= (2-1) \times (3-2) \times 10^5 \times 10^{-3} \\ &= 100 \text{ (J)} \end{aligned}$$

2 分

(3) 循环效率为:

$$\eta = \frac{A_{\text{净}}}{Q_{\text{吸}}} = \frac{A_{\text{净}}}{Q_{ab} + Q_{bc}} = \frac{100}{800} = 12.50\%$$

2

分

2. (本小题7分)

$$\text{解: 由题意有: } a = n \frac{\lambda}{2} \quad n = 1, 2, \dots$$

1 分

$$\text{于是德布罗意波长为: } \lambda = \frac{2a}{n}$$

1 分

$$\text{代入德布罗意波长得粒子动量为: } p = \frac{h}{\lambda} = \frac{nh}{2a}$$

2 分

$$\text{于是由非相对论动能和动量的关系式: } E_K = \frac{p^2}{2m}$$

$$\text{有: 粒子在一维无限深势阱的能量: } E = E_K = \frac{p^2}{2m} = \frac{1}{2m} \left(\frac{nh}{2a} \right)^2 = n^2 \frac{h^2}{8ma^2}$$

2 分

此式表明：一维无限深势阱的能量是量子化的。

1 分

3. (本小题 8 分)

解：由波函数归一化条件有 $\int_0^L |\psi|^2 dx = 1$

2 分

$$\text{即 } \int_0^L c^2 x^2 (L-x)^2 dx = 1$$

2 分

由此解出归一化常数： $c = \sqrt{\frac{30}{L^5}}$

1 分

则发现该粒子的概率密度为： $|\psi|^2 = \frac{30}{L^5} x^2 (L-x)^2$

2 分

$0 \sim \frac{1}{3}L$ 区间发现粒子的概率为： $P = \int_0^{L/3} \frac{30}{L^5} x^2 (L-x)^2 dx = \frac{17}{81} \approx 20.99\%$

1 分

4. (本小题 12 分)

解：

(1) 此循环的 $P-V$ 示意图，及循环方向如右图

2 分

(2) 可以看出： $a \rightarrow b$ 为高温等温膨胀过程，吸收的热量：

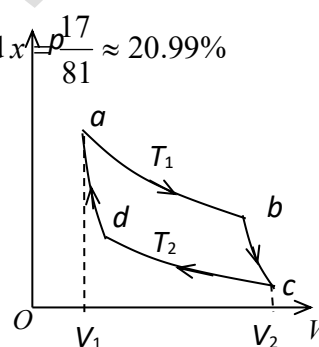
$$Q_1 = \nu R T_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = 1 \times R \times 400 \times \ln \frac{5.0 \times 10^{-5}}{1.0 \times 10^{-5}} = 400 R \ln 5 = 5349.77 \text{ (J) 或}$$

$$5351.64 \text{ (J) } \quad 3 \text{ 分}$$

(3) 由卡诺循环效率公式： $\eta = \frac{A_{\text{净}}}{Q_{\text{吸}}} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$ 得

气体所作的净功：

$$A_{\text{净}} = \left(1 - \frac{T_2}{T_1}\right) Q_{\text{吸}} = \left(1 - \frac{300}{400}\right) \times 400 R \ln 5 = 100 R \ln 5 \approx 1337.44 \text{ (J) 或 } 1337.91 \text{ (J) } \quad 4$$



分

$$\text{或: } Q_2 = \nu R T_2 \ln \frac{V_c}{V_d}$$

又由准静态绝热方程有:

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

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

即有

$$\frac{V_c}{V_d} = \frac{V_c}{V_d}$$

$$\text{故 } Q_2 = \nu R T_2 \ln \frac{V_c}{V_d} = \nu R T_2 \ln \frac{V_2}{V_1} = 1 \times R \times 300 \times \ln \frac{5.0 \times 10^{-5}}{1.0 \times 10^{-5}} = 300 R \ln 5 = 4012.32 \text{ (J)}$$

或 4013.73 (J)

$$A_{\text{净}} = Q_1 - Q_2 = 1337.45 \text{ (J)} \quad \text{或 } 1337.91 \text{ (J)}$$

$$(4) \text{ 由卡诺循环效率公式: } \eta = \frac{A_{\text{净}}}{Q_{\text{吸}}} = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad \text{得}$$

$$\text{气体传给低温热源的热量: } Q_2 = \frac{T_2}{T_1} Q_1 = \frac{300}{400} \times 400 R \ln 5 = 300 R \ln 5 = 4012.32 \text{ (J)} \text{ 或}$$

4013.73 (J) 3 分

$$\text{或 } Q_2 = \nu R T_2 \ln \frac{V_c}{V_d}$$

又由准静态绝热方程有:

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

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

即有

$$\frac{V_c}{V_d} = \frac{V_c}{V_d}$$

$$\text{故 } Q_2 = \nu R T_2 \ln \frac{V_c}{V_d} = \nu R T_2 \ln \frac{V_2}{V_1} = 1 \times R \times 300 \times \ln \frac{5.0 \times 10^{-5}}{1.0 \times 10^{-5}} = 300 R \ln 5 = 4012.32 \text{ (J)}$$

或 4013.73 (J)