

西南交通大学 2015—2016 学年第(一)学期末期

试卷

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

分钟

题号	一	二	三	四				总成绩
				1	2	3	4	
得分								
阅卷教师签字								

一、填空题：(9 小题，共 26 分)

1. (本小题 3 分) 在本征半导体中掺 3 价元素杂质即可成为_____型半导体 (选填: N 型、 P 型), 它的多数载流子是_____, 在禁带中形成的杂质能级是_____能级 (选填: 施主、受主)。

2. (本小题 3 分) 波长 $\lambda = 4000 \text{ \AA}$ 的光沿 x 轴正方向传播, 若光的波长的不确定量 $\Delta\lambda = 10^{-3} \text{ \AA}$, 则利用不确定关系 $\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h$ 可得光子 x 坐标的不确定量 Δx 至少为 _____ m。

3. (本小题 3 分) 设用频率为 ν_1 和 ν_2 的两种单色光, 先后照射同一种金属均能产生光电效应。已知该金属的红限频率为 ν_0 , 测得两次照射时的遏止电压 $|U_{a2}| = 3|U_{a1}|$, 则这两种单色光的频率关系为 _____。

4. (本小题 3 分) 在气体动理论中, 对于不同问题的讨论建立不同的理想气体分子模型,

请说明如下情况：

在压强和温度公式的推导中，气体分子模型为_____；

在理想气体内能公式的推导中，气体分子模型为_____；

在分子平均碰撞自由程的推导中，气体分子模型为_____。

5.（本小题 2 分）根据量子理论，原子内电子的量子态由 (n, l, m_l, m_s) 四个量子数表征。

则处于**基态**的氦原子内的两个电子的量子态，四个量子数值分别为和_____。

6.（本小题 3 分）一绝热容器内被一隔板分成左、右两部分，左边体积为容器总体积的 $1/3$ ，且充满有 1 摩尔的理想气体，其内能为 E_1 、分子平均自由程为 $\bar{\lambda}_1$ 、最概然速率为 v_{p1} ，右边为真空。现把隔板抽出，气体将充满整个容器，当气体达到平衡时，气体的内能变为_____，分子平均自由程变为_____，最概然速率变为_____。

7.（本小题 3 分）用理想气体状态参量表示的 p - V 相图中的一点代表一个_____，一条线代表一个_____，若是在 V - T 相图中，上述结论_____（选填：相同，不相同）。

8.（本小题 3 分）设一定量理想气体的自由度为 i ，则其定压过程的摩尔热容量 $C_{p,m}$ = _____，等温过程的摩尔热容量 $C_{T,m}$ = _____，绝热过程的摩尔热容量 $C_{Q,m}$ = _____。

9.（本小题 3 分）设有一卡诺循环热机，其低温热源温度为 $T_2 = 300\text{ K}$ ，高温热源温度为 $T_1 = 900\text{ K}$ ，且每一循环从高温热源吸热 $Q_1 = 600\text{ J}$ ，则每一循环对外做功 A = _____。

二、判断题（每小题 1 分，共 10 分。请将表示正确的符号：T，表示错误的符号：F，填入相应题号后的括号内。填入其它符号和其它位置处的答案不得分）

1. () 戴维孙-革末实验证实了电子的波动性，弗兰克—赫兹实验证实了电子自旋的存在。
2. () 原子光谱存在自然宽度可以利用不确定关系 $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$ 解释。
3. () 激光器中，利用光学谐振腔可提高激光束的方向性和单色性。
4. () 本征半导体是电子与空穴两种载流子同时参与导电，N 型半导体只有电子导电，P 型半导体只有空穴导电。
5. () 量子观点认为只有当粒子总能量高于势垒高度时粒子才能贯穿势垒。
6. () 热力学方法与统计物理学方法是研究热运动的两种基本方法。
7. () 在给定的温度下，理想气体中每个分子在一个自由度上都具有能量 $\frac{1}{2}kT$ 。
8. () 热力学第二定律表述了自然过程的进行方向，且其表述方式是唯一的。
9. () 常温下，理想气体内能公式为 $\Delta E = \frac{m}{M} C_{v,m} \Delta T$ ，且只适用于等容（体）过程。
10. () 理想气体向真空作绝热自由膨胀，膨胀前后温度不变，熵也不变。

三、选择题：（每小题 3 分，共 30 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。其它位置处答案不得分）

1. 根据黑体辐射实验的斯特藩定律，若黑体的温度变为原来的 2 倍，其总辐射度 M_0 将变为原来的

(A) 1 倍	(B) 2 倍
(C) 4 倍	(D) 16 倍
2. 康普顿效应的主要特点是

(A) 散射光的波长均比入射光的波长短，且随散射角增大而减小，但与散射体性质无关
(B) 散射光的波长均与入射光的波长相同，且与散射角、散射体性质无关
(C) 散射光中既有与入射光波长相同的成分，也有比入射光波长长和比入射光波长短的成分，且散射光波长与散射体性质有关
(D) 散射光中既有与入射光波长相同的成分，也有比入射光波长长的成分，且散射光波长随散射角增大而增大，但与散射体性质无关

3. 根据量子力学理论，氢原子中电子的角动量为 $L = \sqrt{l(l+1)}\hbar$ ，其在外磁场方向上的投影为 $L_z = m_l \hbar$ 。则当主量子数 $n = 3$ 时，下列选项中正确的是

- | | |
|---------------------------------------|--|
| (A) $L = \sqrt{6}\hbar, L_z = -\hbar$ | (B) $L = \sqrt{2}\hbar, L_z = -2\hbar$ |
| (C) $L = \sqrt{2}\hbar, L_z = 2\hbar$ | (D) $L = 0, L_z = -\hbar$ |

4. 在康普顿的 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

能量与散射光光子能量之比 $\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon}$ 、电子动能与入射光光子能量之比 $\frac{E_k}{\varepsilon_0}$ 分别为

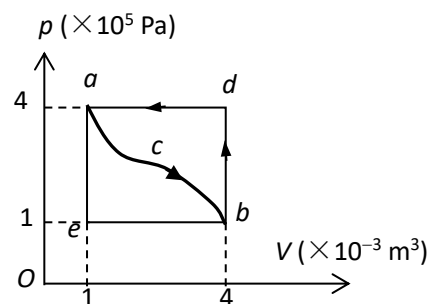
- (A) $\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon} = 1.5, \frac{E_k}{\varepsilon_0} = \frac{2}{3}$ (B) $\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon} = \frac{2}{3}, \frac{E_k}{\varepsilon_0} = \frac{1}{3}$
 (C) $\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon} = 1.5, \frac{E_k}{\varepsilon_0} = \frac{1}{3}$ (D) $\frac{\varepsilon_0}{\varepsilon} = 1.5, \frac{E_k}{\varepsilon_0} = \frac{1}{2}$

5. 已知分子总数为 N ，它们的速率分布函数为 $f(v)$ ，则速率分布在 $v_1 \sim v_2$ 内的分子平均速率为

- (A) $\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv$ (B) $\frac{\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv}{\int_{v_1}^{v_2} f(v) dv}$
 (C) $\int_{v_1}^{v_2} N v f(v) dv$ (D) $\frac{\int_{v_1}^{v_2} v f(v) dv}{N}$

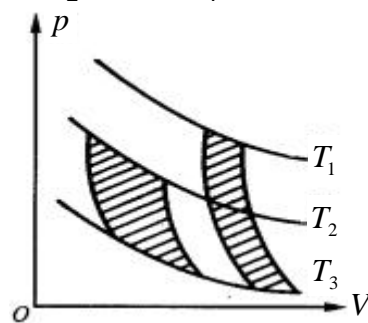
6. 如图所示，一定量的理想气体经历 acb 过程时吸热 200 J 。则经历 $acbda$ 过程时，吸热为

- (A) -1200 J (B) -1000 J
 (C) -700 J (D) 1000 J



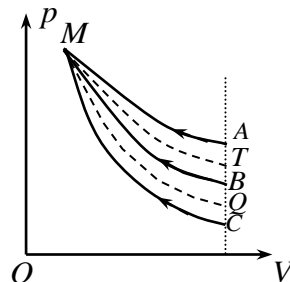
7. 如图所示的 $p-V$ 相图表示工作在 T_1 与 T_3 之间的卡诺热机和工作在 T_2 与 T_3 之间的卡诺热机，已知两个循环曲线所包围的面积相等，由此可知

- (A) 两个热机从高温热源所吸收的热量一定相等
 (B) 两个热机向低温热源所放出的热量一定相等
 (C) 两个热机吸热与放热的差值一定相等
 (D) 两个热机的效率一定相等

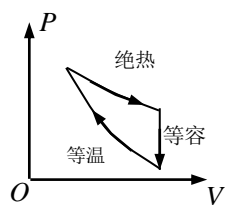


8. 图示为一理想气体几种状态变化过程的 $p-V$ 相图，其中 MT 为等温线， MQ 为绝热线，在 AM 、 BM 、 CM 三种准静态过程中的吸热分别为 Q_A 、 Q_B 、 Q_C ：

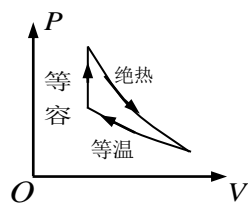
- (A) $Q_A > 0$ 、 $Q_B < 0$ 、 $Q_C > 0$
 (B) $Q_A < 0$ 、 $Q_B < 0$ 、 $Q_C < 0$
 (C) $Q_A < 0$ 、 $Q_B > 0$ 、 $Q_C < 0$
 (D) $Q_A < 0$ 、 $Q_B < 0$ 、 $Q_C > 0$



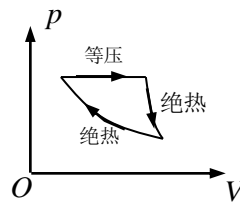
9. 下面所列四图分别表示某人设想的理想气体的四个循环过程，请选出其中在物理上可能实现的循环过程的图的符号。



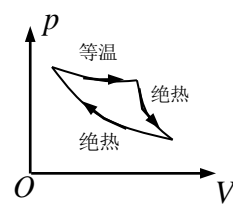
(A)



(B)



(C)



(D)

10. 关于熵增原理，正确的理解是

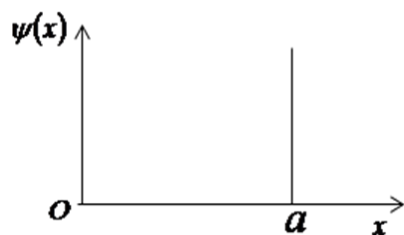
- (A) 熵增大于零的过程为不可能自发进行的过程
- (B) 一切热力学过程总是熵增加
- (C) 孤立系统的熵变为零
- (D) 孤立系统的熵永不会减少

四、计算题：(4 小题，共 34 分)

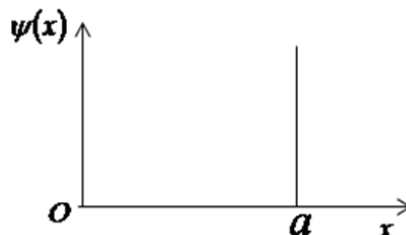
1. (本小题 10 分) 已知粒子在宽度为 a 的一维无限深势阱中运动，其定态波函数为：

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

(1) 请在下列两图中分别画出粒子处于 **基态** 和 **该定态** 时的波函数对应曲线；(4 分)



基态



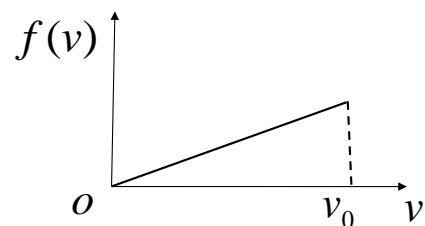
该定态

(2) 若粒子的 **基态** 能量为 E_1 ，请求出粒子处于 **该定态** 时的能量；(2 分)

(3) 求粒子出现在区间 $(\frac{a}{6} < x < \frac{a}{2})$ 的概率。(4 分)

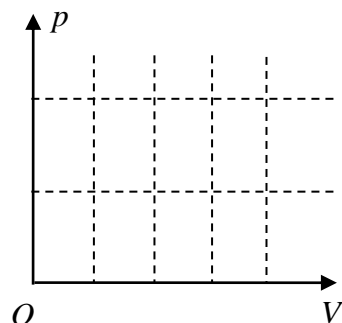
2. (本小题 6 分) 一个由 N 个粒子组成的系统, 平衡态下粒子的速率分布曲线如图所示, 求出用符号常量 v_0 表示的下列各值:

- (1) 该粒子系统的速率分布函数;
- (2) 速率在 $(0 \sim \frac{v_0}{2})$ 范围内的粒子数;
- (3) 粒子的平均速率;



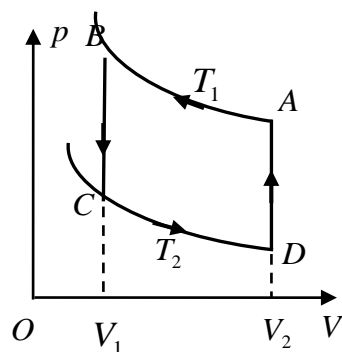
3. (本小题 8 分) 2 mol 的单原子理想气体从压强为 $2 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、体积为 $40.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 的 A 态等压压缩到体积为 $20.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3$ 的 B 态, 然后再等温升压到压强为 $4 \times 10^5 \text{ Pa}$ 的 C 态。要求:

- (1) 请在右示 $P-V$ 相图上画出整个过程的过程曲线 (注意: 图中要标明相关参数);
- (2) 计算整个过程的每个阶段气体的内能变化、气体吸收的热量、气体对外所做的功;



4. (本小题 10 分) 已知 1 mol 理想气体经历了如图所示的循环过程, 设 $T_1 = 450 \text{ K}$,

$T_2 = 300 \text{ K}$ 。求: 该逆循环的致冷系数。



参考解答及评分标准:

(评卷人员: 曾 勇、王先驱、刘想靓、王明江、王 路、戴茂春、梁含笑、邬奇洋、钟 汨、
罗 杰、汪贻高、栗钰彩、高兰兰、雷 鸣、赵立峰、杨 峰、羊新胜)

一、填空题: (9 小题, 共 26 分)

1. **P 型、空穴、受主**

各 1 分

2. 1.6 m

3 分

若给出了 1.6, 后面数量级是埃的, 给 1 分

3. $\nu_2 = 3\nu_1 - 2\nu_0$

3 分

4. **$(1, 0, 0, \frac{1}{2})$ 和 $(1, 0, 0, -\frac{1}{2})$**

各 1 分

5. **质点、刚性质点组、刚性小球**

各 1 分

6. E_1 、 $3\bar{\lambda}_1$ 、 ν_{P_1}

各 1 分

7. **平衡态、准静态过程、相同**

各 1 分

8. $C_{P,m} = \frac{i+2}{2}R$ 、 $C_{T,m} = \infty$ 、 $C_{Q,m} = 0$

各 1 分

9. 400 J

3 分

(评卷人员: 李树龙、邓小川、孔歌星、辛晓军)

二、判断题 (每小题 1 分, 共 10 分)。

1. F

2. T

3. T

4. F

5. F

6. T

7. F

8. F

9. F

10. F

(评卷人员: 周 霞、严乃杰、母雪玲、孙占东)

三、选择题: (每小题 3 分, 共 24 分)

1. D

2. D

3. A

4. C

5. B

6. B

7. C

8. D

9. B

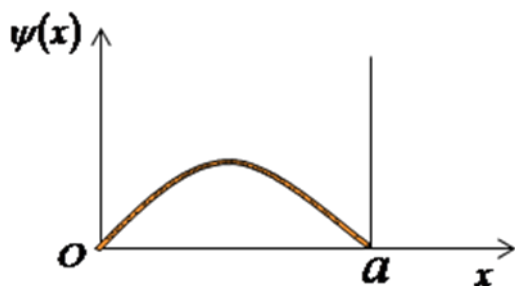
10. D

四、计算题: (4 小题, 共 34 分)

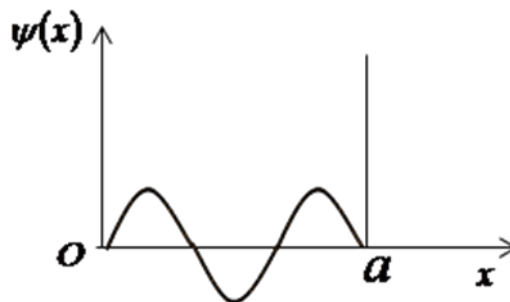
(评卷人员: 何竹、曾勇、王秩文、王先驱、雷 鸣)

1. (本小题 10 分)

解:



基态



该定态

每图 2 分

(2) 对于一维无限深势阱而言, 定态能量为: $E_n = n^2 E_1$ 1 分

$$\text{由题意定的态波函数: } \psi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{3\pi x}{a} \quad (0 < x < a)$$

可知量子数 $n=3$, 所以该定态能量为:

$$E_3 = 9E_1 \quad 1 \text{ 分}$$

(3) 粒子出现在区间 $(\frac{a}{6} < x < \frac{a}{2})$ 的概率

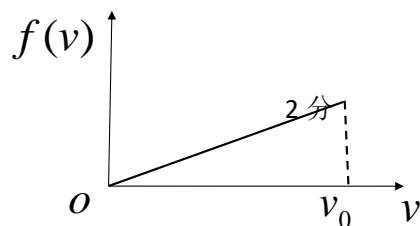
$$P = \int_{a/6}^{a/2} |\psi_3(x)|^2 dx = \int_{a/6}^{a/2} \frac{2}{a} \sin^2 \frac{3\pi x}{a} dx = \int_{a/6}^{a/2} \frac{1 - \cos \frac{6\pi x}{a}}{a} dx \quad 2 \text{ 分}$$

$$= \frac{1}{a} \left[x - \frac{a}{6\pi} \sin \frac{6\pi x}{a} \right]_{a/6}^{a/2} = \frac{1}{3} - 0 = 33.33\% \quad 2 \text{ 分}$$

(评卷人员: 黄代绘、谢 宁、周小红、羊新胜、杨 峰)

2. (本小题6分)

解 (1) 由题图, 速率分布函数应为: $f(v) = \begin{cases} kv, v \leq v_0 \\ 0, v > v_0 \end{cases}$



再由归一化条件 $\int_0^\infty f(v) dv = 1$ 有

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

即有归一化常量 $k = \frac{2}{v_0^2}$ 1 分

于是速率分布函数为 $f(v) = \begin{cases} \frac{2}{v_0^2} v, v \leq v_0 \\ 0, v > v_0 \end{cases}$ 1 分

(2) 速率在 $(0 \sim \frac{v_0}{2})$ 范围内的粒子数为: $\Delta N = \int_0^{v_0/2} Nf(v)dv = \int_0^{v_0/2} N \frac{2}{v_0^2} v dv = \frac{N}{4}$ 1 分

(3) 平均速率 $\bar{v} = \int_0^{v_0} vf(v)dv = \int_0^{v_0} \frac{2}{v_0^2} v^2 dv = \frac{2}{3} v_0$ 1 分

3. (本小题 8 分)

解: (1) $P-V$ 相图上整个过程的过程曲线如右图示
2 分

(2) $A \rightarrow B$ 过程: 等压、压缩、降温, 外界作功, 放热
气体的内能变化

$$\begin{aligned} \Delta E &= \nu C_V (T_B - T_A) = \nu \frac{i}{2} R (T_B - T_A) \\ &= \frac{i}{2} (P_B V_B - P_A V_A) \\ &= \frac{3}{2} \times (2 \times 20.0 - 2 \times 40.0) \times 10^2 \\ &= -6.0 \times 10^3 \text{ J} \end{aligned}$$

气体吸收的热量

$$\begin{aligned} Q &= \nu C_p (T_B - T_A) = \nu \frac{i+2}{2} R (T_B - T_A) \\ &= \frac{i+2}{2} (P_B V_B - P_A V_A) \\ &= \frac{3+2}{2} \times (2 \times 20.0 - 2 \times 40.0) \times 10^2 \\ &= -1.0 \times 10^4 \text{ J} \end{aligned}$$

气体对外所做的功

$$\begin{aligned} A &= P_B (V_B - V_A) = P_A (V_B - V_A) \\ &= (2 \times 20.0 - 2 \times 40.0) \times 10^2 \\ &= -4.0 \times 10^3 \text{ J} \end{aligned} \quad 1 \text{ 分}$$

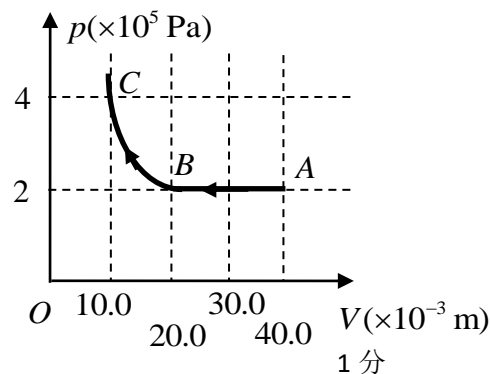
$B \rightarrow C$ 过程: 等温、压缩、升压, 放热

气体的内能变化

$$\Delta E = 0 \quad 1 \text{ 分}$$

气体吸收的热量

$$\begin{aligned} Q &= \nu R T_B \ln \frac{V_B}{V_A} = \nu R T_C \ln \frac{V_B}{V_A} \\ &= P_B V_B \ln \frac{V_B}{V_A} \\ &= 2 \times 20.0 \times 10^2 \times \ln \frac{V_B}{V_A} \\ &= -4.0 \times 10^3 \ln 2 \text{ (J)} \\ &= -2.77 \times 10^3 \text{ (J)} \end{aligned} \quad 1 \text{ 分}$$



气体对外所做的功

$$\begin{aligned}
 A &= \nu RT_B \ln \frac{V_B}{V_A} = \nu RT_C \ln \frac{V_B}{V_A} \\
 &= P_B V_B \ln \frac{V_B}{V_A} \\
 &= 2 \times 20.0 \times 10^2 \times \ln \frac{V_B}{V_A} \quad 1 \text{ 分} \\
 &= -4.0 \times 10^3 \ln 2 \text{ (J)} \\
 &= -2.77 \times 10^3 \text{ (J)}
 \end{aligned}$$

4. (本小题 10 分)

解: $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ 为逆循环过程, 且有:

$A \rightarrow B$ 过程: 等温、压缩、升压, 外界做功, 放热为

$$Q_{AB} = RT_1 \ln \frac{V_1}{V_2} < 0$$

$B \rightarrow C$ 过程: 等容、降压、降温, 放热为

$$Q_{BC} = C_V (T_2 - T_1) < 0$$

$C \rightarrow D$ 过程: 等温、膨胀、降压, 对外做功, 吸热为

$$Q_{CD} = RT_2 \ln \frac{V_2}{V_1} > 0 \quad 1 \text{ 分}$$

$D \rightarrow A$ 过程: 等容、升压、升温, 吸热为

$$Q_{DA} = C_V (T_1 - T_2) > 0 \quad 1 \text{ 分}$$

该逆循环过程净功为

$$\begin{aligned}
 |A_{\text{净}}| &= |Q_{\text{净}}| = |Q_{AB} + Q_{BC} + Q_{CD} + Q_{DA}| \\
 &= \left| RT_1 \ln \frac{V_1}{V_2} + RT_2 \ln \frac{V_2}{V_1} \right| = \left| RT_2 \ln \frac{V_2}{V_1} - RT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} \right| = R \ln \frac{V_2}{V_1} (T_1 - T_2) \quad 2 \text{ 分}
 \end{aligned}$$

该逆循环过程制冷系数为: $w = \frac{Q_{\text{吸}}}{|A_{\text{净}}|} = \frac{Q_{CD}}{|A_{\text{净}}|} \quad 1 \text{ 分}$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{RT_2 \ln \frac{V_2}{V_1}}{R \ln \frac{V_2}{V_1} (T_1 - T_2)} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} \\
 &= \frac{300}{450 - 300} = 2 \quad 1 \text{ 分}
 \end{aligned}$$

