

## 2024 秋物理化学 I 第一次测验

课堂号: 003154.04 姓名:

学号:

H 1.008																	He 4.003
Li 6.941	Be 9.012											B 10.81	C 12.01	N 14.01	O 16.00	F 19.00	Ne 20.18
Na 22.99	Mg 24.31											Al 26.98	Si 28.09	P 30.97	S 32.07	Cl 35.45	Ar 39.95
K 39.10	Ca 40.08	Sc 44.96	Ti 47.88	V 50.94	Cr 52.00	Mn 54.94	Fe 55.85	Co 58.93	Ni 58.69	Cu 63.55	Zn 65.38	Ga 69.72	Ge 72.61	As 74.92	Se 78.96	Br 79.90	Kr 83.80
Rb 85.47	Sr 87.62	Y 88.91	Zr 91.22	Nb 92.91	Mo 95.94	Tc [98]	Ru 101.1	Rh 102.9	Pd 106.4	Ag 107.9	Cd 112.4	In 114.8	Sn 118.7	Sb 121.8	Te 127.6	I 126.9	Xe 131.3
Cs 132.9	Ba 137.3	Ln	Hf 178.5	Ta 180.9	W 183.8	Re 186.2	Os 190.2	Ir 192.2	Pt 195.1	Au 197.0	Hg 200.6	Tl 204.4	Pb 207.2	Bi 209.0	Po [210]	At [210]	Rn [222]
Fr [223]	Ra [226]	An	Rf [267]	Db [268]	Sg [269]	Bh [274]	Hs [277]	Mt [278]	Ds [281]	Rg [282]	Cn [285]	Nh [284]	Fl [289]	Mc [288]	Lv [292]	Ts [294]	Og [294]
		La 138.9	Ce 140.1	Pr 140.9	Nd 144.2	Pm [145]	Sm 150.4	Eu 152.0	Gd 157.3	Tb 158.9	Dy 162.5	Ho 164.9	Er 167.3	Tm 168.9	Yb 173.0	Lu 175.0	
		Ac [227]	Th [232]	Pa [231]	U [238]	Np [237]	Pu [239]	Am [243]	Cm [247]	Bk [247]	Cf [251]	Es [252]	Fm [257]	Md [258]	No [259]	Lr [262]	

## 单项选择 (20')

请将单选题的答案按照相应的题号填入下表.

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ans										

1. 气体常数  $R$  的量纲为

- A. 能量 · 温度<sup>-1</sup> · 物质的量<sup>-1</sup>  
 B. 动量 · 温度<sup>-1</sup> · 物质的量<sup>-1</sup>  
 C. 能量 · 温度 · 物质的量<sup>-1</sup>  
 D. 动量 · 温度 · 物质的量<sup>-1</sup>

2. 根据气体分子动力学理论, 四维空间中单原子理想气体的平均平动能为

- A.  $k_B T$   
 B.  $\frac{3}{2} k_B T$   
 C.  $2 k_B T$   
 D.  $\frac{5}{2} k_B T$

3. 下述说法中, 哪一个是错误的?

- A. 压强是体系微观粒子相互碰撞时动量改变量的量度  
 B. 压强是体系微观粒子一种运动行为的统计平均值

- C. 压强是宏观体系所具有的物理量  
D. 压强是状态函数
4. 泻流可以用来分离气体中的同位素核素, 1945 年时 Manhattan 计划中就利用了泻流原理提取了数千克的  $^{235}\text{UF}_6$  用于生产第一颗铀原子弹, 该原子弹后投掷于广岛. 气体  $^{235}\text{UF}_6$  与  $^{238}\text{UF}_6$  的泻流速率之比为
- A. 1.01277  
B. 1.00636  
C. 0.99368  
D. 1.00429
5. 理想气体的以下过程中可能是准静态过程的是
- A. 等温反抗恒外压膨胀  
B. 绝热反抗恒外压膨胀  
C. 等温变压力膨胀  
D. 节流膨胀
6. 对于气体满足  $p(V_m - b) = RT, b > 0$ , 以下论述正确的是
- A.  $U$  与  $H$  均仅与温度有关  
B.  $U$  与  $H$  均不仅与温度有关  
C.  $U$  仅与温度有关,  $H$  不仅与温度有关  
D.  $U$  不仅与温度有关,  $H$  仅与温度有关
7. 以下论述中不适用于一般任意气体 ( $p, V, T$ ) 变化的是
- A.  $dH = dU + p dV + V dp$   
B.  $dU = C_V dT$   
C.  $\delta W \geq -p dV$   
D.  $C_p = \left(\frac{\partial H}{\partial T}\right)_p$
8. Van der Waals 气体的假设不包括
- A. 气体分子视为有一定大小的球  
B. 分子球间排斥势为静电势  
C. 压强减小量正比于粒子数密度平方  
D. 分子间吸引力减小了碰撞频率和碰撞力
9. 对于一般气体的准静态绝热过程, 以下论述正确的是
- A.  $\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_{\text{绝热}} = \frac{1}{\gamma} \left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_T$   
B.  $\left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_{\text{绝热}} = \gamma \left(\frac{\partial p}{\partial V}\right)_T$   
C.  $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_{\text{绝热}} = \frac{\gamma}{1 - \gamma} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$   
D.  $\left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_{\text{绝热}} = \frac{1 - \gamma}{\gamma} \left(\frac{\partial V}{\partial T}\right)_p$

10. 对于 1 atm, 298.15 K 的  $\text{N}_2(\text{g})$ , 设碰撞截面  $\sigma = 4.88 \times 10^{-16} \text{ cm}^2$ , 则以下物理量数量级错误的是
- A. 碰壁频率  $\Gamma = 2.921 \times 10^{27} \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$
  - B. 方均根速率  $v_{\text{rms}} = 16.29 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
  - C. 热运动分子间碰撞频率  $Z = 8.063 \times 10^8 \text{ s}^{-1}$
  - D. 平均自由程  $\lambda = 5.887 \times 10^{-7} \text{ m}$

### 解答题 (30')

11. 对于实际气体, Virial 展开是处理状态方程的常用手段, 此处我们使用形如

$$Z = A + B\rho + C\rho^2 + D\rho^3 + \dots$$

的 Virial 状态方程, 其中  $Z$  是实际气体压缩因子,  $\rho = \frac{1}{V_{\text{m}}}$ ;  $A, B, C \dots$  称为 Virial 系数, 为温度的函数. 本题我们使用 Virial 展开处理 van der Waals 气体.

- (1) 写出以  $p, V_{\text{m}}, T$  为参数的 van der Waals 方程.
- (2) 通过说明给出 Virial 系数  $A$  的值.
- (3) 气体的 Boyle 温度  $T_{\text{B}}$  满足  $\lim_{p \rightarrow 0^+} \left( \frac{\partial Z}{\partial p} \right)_T = 0$ , 证明: Boyle 温度下的 Virial 系数  $B = 0$ .
- (4) 给出 van der Waals 气体的 Virial 状态方程并计算其  $T_{\text{B}}$ .

12. 实际过程往往介于等温过程于绝热过程之间, 对于物质的量  $n$ , 初态温度为  $T_0$  的单原子理想气体, 其经过准静态多方过程  $pV^\delta = \text{常数}$  使得体积膨胀为初态的 2 倍, 计算该过程的  $\Delta U, Q, W$ , 其中常数  $\delta \in (1, \gamma]$ , 气体常数为  $R$ . 并证明该结果对  $\delta = 1$  的等温过程同样适用.

13. Diesel 循环是往复式内燃机中的一种热力学循环, 常用在柴油引擎中. 下图是理想气体的 Diesel 循环, 其包含两个绝热过程, 一个等压膨胀过程, 一个等容过程. 现定义停气比  $\alpha = V_3/V_2$ , 压缩比  $\beta = V_1/V_2$ , 气体的绝热指数为  $\gamma$ , 给出 Diesel 循环的热机效率  $\eta$  关于  $\alpha, \beta, \gamma$  的函数, 并通过计算判断偏导数  $\frac{\partial \eta}{\partial \alpha}, \frac{\partial \eta}{\partial \beta}$  的符号正负.

