

参考答案

一、选择题

题号	1	2	3	4	5
答案	C	D	D	D	C

二、填空题

1. -84.35J
2. 24.93J; 75.07J
3. 等压
4. 一
5. 物体做宏观位移：分子之间相互作用

三、计算题

1. 等温膨胀过程中，

$$\Delta E_1 = 0$$

$$Q_1 = W_1 = \nu RT \ln \frac{V}{V_0} = R(273 + 20) \ln 2 = 293R \ln 2$$

等容升温过程中，

$$W_2 = 0$$

$$\Delta E_2 = Q_2 = \nu C_V \Delta T = \frac{5}{2} R(60 - 20) = 100R$$

$$\therefore Q = Q_1 + Q_2 = (293 \ln 2 + 100)R$$

$$W = W_1 + W_2 = 293R \ln 2$$

$$\Delta E = \Delta E_1 + \Delta E_2 = 100R$$

2. 一空气泡自深为 H 的海底浮出海面，海水的绝对温度 T 与深度 h 的关系为 $T = T_0 - \frac{a}{H}h$ 。

已知在海面上气泡体积为 V_0 ，压强为 p_0 ，海水的密度为 ρ ，求气泡上浮过程中对外做的功以及吸收的热量。（不计气泡的表面张力因素，设气泡内气体当作双原子理想气体。）

参考答案：

设气泡的质量为 m ，视气泡中气体为理想气体，气泡上升为准静态过程，气泡内气体的压强和温度随深度 h 的变化由下列方程给出：

$$p = p_0 + \rho gh$$

$$T = T_0 - \frac{a}{H}h$$

取微分得：

$$dp = \rho g dh$$

$$dT = -\frac{a}{H} dh$$

气泡在海水中和在海平面上的状态方程分别为：

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

$$p_0 V_0 = \frac{m}{M} RT_0$$

由状态方程求微分得：

$$pdV = \frac{m}{M} R dT - V dp = \frac{p_0 V_0}{T_0} \left(dT - \frac{T}{p} dp \right) = -\frac{p_0 V_0}{T_0} \frac{\frac{a}{H} p_0 + \rho g T_0}{p_0 + \rho g h} dh$$

对上式从 $h=H$ 积分到 $h=0$ ，得到气泡从海底升到海平面对外所做的功：

$$W = \int p dV = -\frac{p_0 V_0}{T_0} \int_H^0 \frac{\frac{a}{H} p_0 + \rho g T_0}{p_0 + \rho g h} dh = \frac{p_0 V_0}{T_0} \left(\frac{ap_0}{\rho g H} + T_0 \right) \ln \frac{p_0 + \rho g H}{p_0}$$

气泡内能增加为

$$\Delta E = \frac{m}{M} C_v [T_0 - T(H)]$$

取空气的 $C_v = \frac{5}{2} R$ ， $\frac{m}{M} R = \frac{p_0 V_0}{T_0}$ ， $T(H) = T_0 - a$ ，代入得：

$$\Delta E = \frac{5}{2} \frac{p_0 V_0}{T_0} a$$

故气泡从海底升到海平面吸收的热量为：

$$Q = \Delta E + W = \frac{p_0 V_0}{T_0} \left[\frac{5}{2} a + \left(\frac{ap_0}{\rho g H} + T_0 \right) \ln \frac{p_0 + \rho g H}{p_0} \right]$$