

物 理 解 答 用 紙

(標準的な正答例であり、この他にも正解となる解答はあります。)

2		<p>[説明と計算式]</p>
問 1		<p>ボイル・シャルルの法則から次式が得られる。 $\frac{p_0 V_A}{T_A} = \frac{p_0 V_B}{T_B}$</p> <p style="text-align: center;">$\therefore T_A = \frac{V_A}{V_B} T_B$ 答 $T_A = \frac{V_A}{V_B} T_B$</p>
問 2		<p>[説明と計算式]</p> <p>単原子分子の内部エネルギーは $U = 3nRT/2$ であり、物質質量 n は気体の状態方程式から</p> <p style="text-align: center;">$p_0 V_B = nRT_B \quad \therefore n = \frac{p_0 V_B}{RT_B}$</p> <p>よって、内部エネルギーの変化は問1の結果を用いて次のように表される。</p> <p style="text-align: center;">$\Delta U_B = \frac{3}{2} nR(T_B - T_A) = \frac{3}{2} \frac{p_0 V_B}{RT_B} R(T_B - \frac{V_A}{V_B} T_B) = \frac{3}{2} p_0 (V_B - V_A)$ 答 $\frac{3}{2} p_0 (V_B - V_A)$</p>
問 3		<p>[説明と計算式]</p> <p>状態Aから状態Bへの変化に伴うピストンが外部にした仕事 W_B は</p> <p style="text-align: center;">$W_B = p_0 \Delta V = p_0 (V_B - V_A)$</p> <p>熱力学第1法則より、温度制御装置から得た熱量 Q_B は問2の結果を用いて次のように表される。</p> <p style="text-align: center;">$Q_B = \Delta U_B + W_B = \frac{3}{2} p_0 (V_B - V_A) + p_0 (V_B - V_A) = \frac{5}{2} p_0 (V_B - V_A)$ 答 $\frac{5}{2} p_0 (V_B - V_A)$</p>
問 4		<p>(1) [説明と計算式]</p> <p>状態Cの圧力 p_C と大気圧 p_0、ピストンの重量とは力の釣り合いが成り立っているため</p> <p style="text-align: center;">$p_C S + Mg = p_0 S$ となる。 答 $p_C = p_0 - \frac{Mg}{S}$</p> <p>(2) [説明と計算式]</p> <p>状態Bから状態Cへの変化は断熱変化なので、外部にした仕事は内部エネルギーの減少と等しい。</p> <p>ここで、内部エネルギーの変化は $\Delta U_C = \frac{3}{2} nR(T_C - T_B)$ である。</p> <p>物質質量 n は問2と同様、状態方程式から得られる。よって、外部にした仕事 W_C は</p> <p style="text-align: center;">$W_C = -\Delta U_C = -\frac{3}{2} \frac{p_0 V_B}{RT_B} R(T_C - T_B) = \frac{3}{2} \frac{p_0 V_B}{T_B} (T_B - T_C)$ 答 $\frac{3}{2} \frac{p_0 V_B}{T_B} (T_B - T_C)$</p>
問 5		<p>(1) [説明と計算式]</p> <p>状態Dの圧力は p_C と等しい。また、状態Bから状態Cへの断熱変化、状態Bから状態Dへの等温変化では次のボイル・シャルルの法則が成り立つ。</p> <p style="text-align: center;">$\frac{p_0 V_B}{T_B} = \frac{p_C V_C}{T_C} = \frac{p_C V_D}{T_B}$</p> <p>これらの関係式から</p> <p style="text-align: center;">$\frac{p_C V_C}{T_C} = \frac{p_C V_D}{T_B} \quad \therefore V_D = \frac{T_B}{T_C} V_C$ 答 $V_D = \frac{T_B}{T_C} V_C$</p> <p>(2) [説明と計算式]</p> <p>膨張過程では理想気体は外部に対して仕事をするため仕事は正となる。つまり、問4(2)より次の関係が成り立つ。</p> <p style="text-align: center;">$W_C = \frac{3}{2} \frac{p_0 V_B}{T_B} (T_B - T_C) > 0 \quad T_B - T_C > 0 \quad \therefore \frac{T_B}{T_C} > 1$</p> <p>上記の関係式と問5(1)の結果から、V_C と V_D との間には次の関係式が成り立つ。</p> <p style="text-align: center;">$V_C < V_D$ 答 $V_C < V_D$</p>

小	
計	

物 理 解 答 用 紙

(標準的な正答例であり、この他にも正解となる解答はあります。)

3		<p>[説明と計算式]</p> <p>静電気力に関するクーロンの法則より、試験電荷は点電荷 A の作る電場から $k\frac{qQ_A}{r^2}$, 点電荷 B の作る電場から $-k\frac{qQ_B}{(a-r)^2}$ の力を受ける。したがって、</p> <p>問 1 $F = k\frac{qQ_A}{r^2} - k\frac{qQ_B}{(a-r)^2}$ 答 $F = k\frac{qQ_A}{r^2} - k\frac{qQ_B}{(a-r)^2}$</p>
	問 2	<p>[説明と計算式]</p> <p>点 M で $F = k\frac{qQ_A}{(\frac{a}{2})^2} - k\frac{qQ_B}{(a-\frac{a}{2})^2} = k\frac{4q}{a^2}(Q_A - Q_B) > 0$, つまり $Q_A > Q_B$ 点 N で $F = k\frac{qQ_A}{(\frac{3}{4}a)^2} - k\frac{qQ_B}{(a-\frac{3}{4}a)^2} = k\frac{16q}{a^2}(\frac{Q_A}{9} - Q_B) < 0$, つまり $Q_A < 9Q_B$ したがって、$Q_B < Q_A < 9Q_B$ である。$Q_B < 9Q_B$ は $Q_B > 0$ でなければ成立しない。また、$Q_B < Q_A < 9Q_B$ より $Q_A > 0$ である。つまり、点電荷 A, B はともに正電荷である。</p> <p style="text-align: right;">答 Q_A の符号: + Q_B の符号: +</p>
	問 3	<p>[説明と計算式]</p> <p>点 X では問 1 の F が 0 になることから $F = k\frac{qQ_A}{r^2} - k\frac{qQ_B}{(a-r)^2} = 0$ なので $\frac{Q_A}{Q_B} = \frac{r^2}{(a-r)^2}$, これに $r = 4a - 2\sqrt{3}a$ を代入すると $\frac{Q_A}{Q_B} = \frac{(4a - 2\sqrt{3}a)^2}{(-3a + 2\sqrt{3}a)^2} = \frac{16 - 16\sqrt{3} + 12}{9 - 12\sqrt{3} + 12} = \frac{4(7 - 4\sqrt{3})}{3(7 - 4\sqrt{3})} = \frac{4}{3}$</p> <p style="text-align: right;">答 $m = 4$ $n = 3$</p>
	問 4	<p>[説明と計算式]</p> <p>静電気力に関するクーロンの法則より、試験電荷が電荷 A と B から受ける力の大きさはそれぞれ $k\frac{q \cdot \frac{4}{3}Q_B}{(\frac{a}{\sqrt{2}})^2} = \frac{8qkQ_B}{3a^2}$ と $k\frac{qQ_B}{(\frac{a}{\sqrt{2}})^2} = \frac{2kqQ_B}{a^2}$ でありその方向は直交するので $\sqrt{\left(\frac{8qkQ_B}{3a^2}\right)^2 + \left(\frac{2kqQ_B}{a^2}\right)^2} = \frac{10kqQ_B}{3a^2}$ である。</p> <p style="text-align: right;">答 $\frac{10kqQ_B}{3a^2}$</p>
	問 5	<p>[説明と計算式]</p> <p>点 X と点 Y における試験電荷の位置エネルギーを比較する。 点電荷 A, B と試験電荷は正電荷なので、それぞれの点電荷による試験電荷の位置エネルギーは点電荷からの距離が長くなるほど小さい。</p> <p>$OX = (4 - 2\sqrt{3})a < (4 - 2 \cdot 1.7)a = 0.6a$, $OY = \frac{\sqrt{2}a}{2} > \frac{1.4a}{2} = 0.7a$ なので、$OX < OY$ である。 また、題意および問 2 の結果より点 X は点 M と点 N の間に存在し、$XP < OX < OY = PY$ となる。 したがって、どちらの点電荷から見ても点 Y は点 X よりも遠くにあり、試験電荷の位置エネルギーは移動後の方が小さくなる。静電気力とつりあう外力を加えて移動したので試験電荷の運動エネルギーの増分はなく、外力の仕事によって試験電荷の位置エネルギーが小さくなるので、外力がする仕事は負である。</p>
		答 仕事の符号: -

小	
計	