

(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。)

物 理 解 答 用 紙

1	[説明] 浮力の大きさは球が押しのかけた水の重さに等しいので、 $\rho_0 Vg$	評 点
問 1	答 $\rho_0 Vg$	
問 2	(1) [説明] 球にはたらく力は鉛直下向きの重力、鉛直上向きの浮力および速さに比例する力なので、運動方程式は $\rho V a = \rho V g - \rho_0 V g - kv$ 答 $\rho V a = \rho V g - \rho_0 V g - kv$	
	(2) [説明と計算式] 落下を開始した直後の速さは 0 とみなせるので、(1)で求めた運動方程式において $v = 0$ とおけば $\rho V a_1 = \rho V g - \rho_0 V g$ となる。これを a_1 について整理すると $a_1 = g \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right)$ 答 $g \left(1 - \frac{\rho_0}{\rho} \right)$	
	(3) [説明] (球の速さについて) 球の速さは変化しなくなる (一定になる)。 (理由) 下向きの合力を受けて球が落下する速さは増していくが、それにつれて速さに比例する鉛直上向きの抵抗力も増す。そのため、十分長い時間が経過すれば重力、浮力、および抵抗力がつり合い、加速度が 0 になるから。	
問 3	[説明と計算式] 十分長い時間が経過した後は、球が落下する速さが一定となることから、加速度は 0 となる。よって、軽い球が落下する速さを v_A とおくと、球の質量が $3\rho_0 V$ であるから、運動方程式は $0 = 3\rho_0 Vg - \rho_0 Vg - kv_A$ これより v_A は $v_A = \frac{2\rho_0 Vg}{k}$ 一方、重い球が落下する速さを v_B とおくと、球の質量が $9\rho_0 V$ であるから、運動方程式は $0 = 9\rho_0 Vg - \rho_0 Vg - kv_B$ これより v_B は $v_B = \frac{8\rho_0 Vg}{k}$ 以上より v_A と v_B の比を計算すると $\frac{v_B}{v_A} = \frac{8}{2} = 4$ となり、重い球が落下する速さは、軽い球が落下する速さの 4 倍となる。 答 4 倍	小 計

(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。)

物 理 解 答 用 紙

2	(ア) 答 $\frac{1}{2}m\overline{v^2}nN_A$
問 1	(イ) [説明と計算式] 圧力の式 $p = \frac{nN_A m \overline{v^2}}{3V}$ から $nN_A m \overline{v^2} = 3pV$ である。 これを(ア)の内部エネルギーの式に代入すると $U = \frac{1}{2}m\overline{v^2}nN_A = \frac{1}{2}3pV$ さらに気体の状態方程式 $pV = nRT$ を使って $U = \frac{1}{2}3pV = \frac{3}{2}nRT$ となる。 答 $\frac{3}{2}nRT$
問 2	(1) [モル比熱の説明] 1 mol の物質の温度を 1 K 上昇させるために必要な熱量のこと。 [大小関係] 定積モル比熱 < 定圧モル比熱 [理由] 定圧変化では気体が膨張して外部に仕事をするため。 (2) [説明と計算式] 物質 n_0 の気体の温度が $T_1 - T_0$ 上昇したので、 C_p を使って $Q = C_p n_0 (T_1 - T_0)$ である。 前問(イ)から内部エネルギーの増加は温度だけで決まるため $\frac{3}{2}n_0 R (T_1 - T_0)$ である。 気体が外部にした仕事を W' とすると $W' = p_0 (V_1 - V_0)$ である。従って、熱力学の第 1 法則から、気体の内部エネルギーの増加は $Q - W'$ に等しい。ゆえに、 $\frac{3}{2}n_0 R (T_1 - T_0) = Q - W'$ $= C_p n_0 (T_1 - T_0) - p_0 (V_1 - V_0)$ である。一方、気体の状態方程式から $p_0 V_1 = n_0 R T_1$ と $p_0 V_0 = n_0 R T_0$ が成り立ち $\frac{3}{2}n_0 R (T_1 - T_0) = C_p n_0 (T_1 - T_0) - n_0 R (T_1 - T_0)$ となり、 $C_p = \frac{3}{2}R + R = \frac{5}{2}R$ が導かれる。 答 $\frac{5}{2}R$
問 3	(1) [説明と計算式] 熱量 Q は気体の温度が $T_1 - T_0$ 増加した時の内部エネルギーの増加に等しいので、 $Q = \frac{3}{2}R n_0 (T_1 - T_0)$ である。これから、 $T_1 = \frac{2Q}{3R n_0} + T_0$ である。 さらに、気体の状態方程式 $p_1 V_0 = n_0 R T_1$ と $p_0 V_0 = n_0 R T_0$ 、および求めた T_1 を使って $p_1 = \frac{n_0 R T_1}{V_0} = \frac{n_0 R T_1}{\frac{n_0 R T_0}{p_0}} = \frac{p_0 T_1}{T_0} = \frac{p_0}{T_0} \left(\frac{2Q}{3R n_0} + T_0 \right) = \frac{2Q p_0}{3R n_0 T_0} + p_0$ となる。 答 $T_1 = \frac{2Q}{3R n_0} + T_0$, $p_1 = \frac{2Q p_0}{3R n_0 T_0} + p_0$ (2) [説明と計算式] 左右の気体について、それぞれ断熱変化後の状態方程式を立てる。 $1.20 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot (5.00 \times 10^{-2} + 5.00 \times 10^{-3}) \text{ m}^3 = 2.00 \text{ mol} \cdot 8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot T_2$ ……① $1.20 \times 10^5 \text{ Pa} \cdot (5.00 \times 10^{-2} - 5.00 \times 10^{-3}) \text{ m}^3 = 2.00 \text{ mol} \cdot 8.31 \text{ J}/(\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot T_2'$ ……② これから、 $1.20 \times 10^5 \cdot 55.0 \times 10^{-3} = 16.62 \cdot T_2$ ……①' $1.20 \times 10^5 \cdot 45.0 \times 10^{-3} = 16.62 \cdot T_2'$ ……②' さらに $6600 = 16.62 \cdot T_2$ ……①'', $5400 = 16.62 \cdot T_2'$ ……②'', となり、 $T_2 \cong 397.1 \text{ K}$ と $T_2' \cong 324.9 \text{ K}$ が得られる。 答 $T_2 = 397 \text{ K}$, $T_2' = 325 \text{ K}$
	小 計

(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。)

物理 解 答 用 紙

3	[説明と計算式] ある時刻tの放射性物質の原子核の数をN、その放射性物質の半減期をTとし、$t = 0$のときの原子核の数をN_0とすると、$N = N_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$で表される。したがって、$\frac{N}{N_0} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$となる。まずは放射性物質の半減期を求める。 10 時間後に$\frac{1}{32}$になるので、$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{32} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{10}{T}}$となる。よって、$\left(\frac{1}{2}\right)^5 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{10}{T}}$より、$T = \frac{10}{5} = 2$時間となる。 したがって$\frac{1}{128}$になるのは、$\frac{1}{128} = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{2}}$より、$\left(\frac{1}{2}\right)^7 = \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{2}}$となり、$t = 7 \times 2 = 14$時間 答 14 時間後		
問 1			
問 2	(1) [説明と計算式] α 崩壊によって質量数は 4 減り、原子番号は 2 減る。さらに、β 崩壊によって質量数は変化しないが、原子番号は 1 増える。ここで、質量数をA、原子番号をZとする。 $A = 238 - (4 \times 6) + (0 \times 3) = 238 - 24 + 0 = 214$ $Z = 92 - (2 \times 6) + (1 \times 3) = 92 - 12 + 3 = 83$ 答 質量数 : 214, 原子番号 : 83		
	(2) [説明と計算式] α 崩壊によって質量数は 4 減り、原子番号は 2 減る。一方、β 崩壊では質量数は変化しない。 $X = \frac{238-206}{4} = 8$回となる。$\alpha$ 崩壊が 8 回起こることによって原子番号は 16 減る。β 崩壊が起こらなければ原子番号は 76 となる。β 崩壊によって原子番号が 1 増える。鉛の原子番号が 82 であるため、$Y = 82 - 76 = 6$回となる。 答 X: 8 回, Y: 6 回		
	(3) [説明と計算式] 光子のエネルギーをE、真空中の光速をc、プランク定数をh、光子の波長をλとするとエネルギーと波長の関係は$E = \frac{hc}{\lambda}$で表すことができる。したがって、$\lambda = \frac{hc}{E}$となる。 $\lambda = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.00 \times 10^8}{9.74 \times 10^{-14}} = \frac{19.89 \times 10^{-26}}{9.74 \times 10^{-14}} \approx 2.04 \times 10^{-12} \text{ m}$ 小数第 1 位までで答えるので、小数第 2 位を四捨五入して$2.0 \times 10^{-12} \text{ m}$となる。 答 $2.0 \times 10^{-12} \text{ m}$		
問 3	(1) [説明と計算式] 電気素量をeとすればα 線の電荷は$+2e$である。したがって、静電気力$F = 2eE$となる。さらに、α 線の速度をvとすれば、ローレンツ力$f = 2evB$となる。ここで、α 線は電場と磁場中で直進するということは、静電気力とローレンツ力ががつり合うことを意味する。したがって、$2eE = 2evB$となる。 よって、$v = \frac{E}{B} = \frac{1.60 \times 10^5}{1.00 \times 10^{-2}} = 1.6 \times 10^7 \text{ m/s}$ 答 $1.6 \times 10^7 \text{ m/s}$		
	(2) [説明と計算式] α 線の運動エネルギーεと速度vとの関係は、$\varepsilon = \frac{1}{2}mv^2$で表される。また、$1 \text{ eV} = 1.60 \times 10^{-19} \text{ J}$である。したがって、$\varepsilon = \frac{1}{2} \times 6.64 \times 10^{-27} \times (1.6 \times 10^7)^2 \times \frac{1}{1.60 \times 10^{-19}} = 5.31 \times 10^6 \text{ eV}$ 小数第 1 位までで答えるので、小数第 2 位を四捨五入して$5.3 \times 10^6 \text{ eV}$となる。 答 $5.3 \times 10^6 \text{ eV}$		
	(3) [説明] 問題文より、実験条件は電場と磁場中でα 線が直進したときから電場の強さを 0 にし、磁束密度を保ったままとしている。α 線は正電荷であり、電流の向きは紙面上方である。したがって、フレミングの左手の法則よりα 線には①の方向に曲がる力がかかることがわかる。 答 ①		
<table border="1"> <tr> <td>小 計</td> <td></td> </tr> </table>		小 計	
小 計			