

一般選抜（前期日程）「理科（物理）」
（食産業学群 B 区分）

第 1 問

問 1	試験管の口から息を吹き込むと、管の中の気柱が振動する。このとき試験管の口は自由端であり、試験管の底は固定端である。気柱を伝わる音波は自由端と固定端で反射して重なり合い定常波が生じる。これにより一定の高さの音が鳴る。試験管に水を入れると、その水面で固定端反射をするため、定常波の波長が短くなり、固有振動数が大きくなる。従って試験管が空のときよりも高い音が鳴る。
問 2	最初の共鳴であるから基本振動である。その波長を λ とすると、閉管であるから $\lambda = 4p = 4 \times 0.125 = 0.500$ 振動数を f とすると $f = \frac{v}{\lambda} = \frac{340}{0.500} = 680 \text{ Hz}$
問 3	閉管であるから、二回目の共鳴は波が $\frac{3}{4}$ 波長収まった状態である。 $p = \lambda \times \frac{3}{4} = 0.500 \times \frac{3}{4} = 0.375 \text{ m}$
問 4	ピストンが外れて開管となるため両端が波の腹となる。これが三回目の共鳴であるから、L を求めるには二回目の共鳴の p に $\frac{\lambda}{4}$ を加えればよい。 $L = p + \frac{\lambda}{4} = 0.375 + 0.125 = 0.500 \text{ m}$ 別解 実験の条件から、このとき L にちょうど 1 波長が収まっている。したがって $L = \lambda = 0.500 \text{ m}$
問 5	問 4 の状態は開管における 2 倍振動である。より小さい振動数で共鳴が起こるためには、基本振動のみが条件に合致する。基本振動の振動数は 2 倍振動の振動数の $\frac{1}{2}$ である。したがって交換したおんさの振動数は $\frac{680}{2} = 340 \text{ Hz}$

第2問

問 1	加えた熱量を Q, 水の比熱を c, 温度上昇を ΔT, 水の密度を ρ, 水の体積を V, 水の質量を m とすると, $Q = mc\Delta T$ $\Delta T = \frac{Q}{mc} = \frac{Q}{\rho V c}$ $= \frac{1.00}{1000 \times 0.01 \times 4.18}$ $= 0.0239$ $= 2.39 \times 10^{-2} \text{ K}$
問 2	水が失った熱量を Q_1 とすると $Q_1 = mc\Delta T = \rho V c \Delta T$ $= 1000 \times 0.01 \times 4.18 \times (20 - 10) = 418$ 氷が受け取った熱量を Q_2 とすると, 内訳は氷の融解熱と融けた氷(水)が 0°C から 10°C になる際に必要な熱量であり, 氷の融解熱を $r[\text{kJ/kg}]$, 質量を $M[\text{kg}]$ とおくと $Q_2 = rM + Mc\Delta T = 334M + 4.18 \times 10.0 \times M \doteq 376M[\text{kJ}]$ 水が失った熱量と氷が受け取った熱量が等しいので $Q_1 = Q_2 \text{ より } 418 = 376M$ よって $M = \frac{418}{376} = 1.11 \text{ kg}$
問 3	定積変化であり, 投入された熱量 Q_v は内部エネルギーの増加に使用される。定積モル比熱を C_v, 温度変化を ΔT, 物質量を n とおくと $Q_v = nC_v\Delta T$ よって $\Delta T = \frac{Q_v}{nC_v} = \frac{1.0 \times 10^3}{2.00 \times 12.5} = 40.0$ 初期の温度が 20.0°C であるから最終的な温度 T は $T = 20.0 + \Delta T = 20.0 + 40.0 = 60.0^\circ\text{C}$
問 4	定圧変化であり, 投入された熱量 Q_p は内部エネルギーの増加と外部への仕事に使われる。気体定数を R とおくと $Q_p = n(C_v + R)\Delta T$ $\Delta T = \frac{Q_p}{n(C_v + R)} = \frac{1.0 \times 10^3}{2.00 \times (12.5 + 8.31)} = 24.0$ 気体の圧力を p, 体積の増加量を ΔV とおくと, 外部への仕事は

$$p\Delta V = nR\Delta T$$

よって

$$\Delta V = \frac{nR\Delta T}{p} = \frac{2.00 \times 8.31 \times 24.0}{1.01 \times 10^5}$$

$$= 0.00395 = 3.95 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

第3問

問1	力学的エネルギー保存の法則に基づく方法 重力による仕事のみを考え、位置エネルギーが運動エネルギーに変わることから求める $mgr = \frac{1}{2} \times m \times v^2 \quad \text{従って} \quad v = \sqrt{2gr}$ 自由落下の式に基づく方法 落下に要する時間を t とし、求める $r = \frac{1}{2} \times g \times t^2$ $t = \sqrt{\frac{2r}{g}} \quad \text{従って} \quad v = g \times t = \sqrt{2gr}$
問2	星1の体積は $\frac{4}{3} \times \pi \times R_1^3$ 星1の質量は $\frac{4}{3} \times \pi \times R_1^3 \times \rho_1$ 星2の体積は $\frac{4}{3} \times \pi \times R_2^3$ 星2の質量は $\frac{4}{3} \times \pi \times R_2^3 \times \rho_2$ 星1の万有引力は $G \times \frac{4\pi R_1^3 \times \rho_1 \times m}{3 \times (r + R_1)^2}$ 星2の万有引力は $G \times \frac{4\pi R_2^3 \times \rho_2 \times m}{3 \times (r + R_2)^2}$
問3	星1 万有引力 $= mg$ より $g = G \times \frac{4\pi R_1^3 \times \rho_1}{3 \times (r + R_1)^2}$ 星2 万有引力 $= mg'$ より $g' = G \times \frac{4\pi R_2^3 \times \rho_2}{3 \times (r + R_2)^2}$
問4	$\frac{g}{g'} = \frac{R_1^3 \times \rho_1 \times (r + R_2)^2}{R_2^3 \times \rho_2 \times (r + R_1)^2}$ $R_1 = 3 \times R_2$, $\rho_1 = 0.5 \times \rho_2$, $r = 0$ を代入すると $\frac{g}{g'} = 1.5$ g は g' の 1.5 倍

第4問

問 1	<table><tr><td>原</td><td>子</td><td>の</td><td>原</td><td>子</td><td>番</td><td>号</td><td>は</td><td>陽</td><td>子</td><td>の</td><td>数</td><td>で</td><td>,</td><td>質</td><td>量</td><td>数</td><td>は</td><td>陽</td><td>子</td></tr><tr><td>と</td><td>中</td><td>性</td><td>子</td><td>の</td><td>数</td><td>の</td><td>和</td><td>で</td><td>決</td><td>ま</td><td>る</td><td>。</td><td>原</td><td>子</td><td>番</td><td>号</td><td>が</td><td>同</td><td>じ</td></tr><tr><td>で</td><td>質</td><td>量</td><td>数</td><td>が</td><td>異</td><td>な</td><td>る</td><td>も</td><td>の</td><td>を</td><td>同</td><td>位</td><td>体</td><td>と</td><td>い</td><td>う</td><td>。</td><td>不</td><td>安</td></tr><tr><td>定</td><td>な</td><td>も</td><td>の</td><td>は</td><td>自</td><td>然</td><td>に</td><td>放</td><td>射</td><td>線</td><td>を</td><td>出</td><td>す</td><td>放</td><td>射</td><td>能</td><td>と</td><td>呼</td><td>ば</td></tr><tr><td>れ</td><td>る</td><td>性</td><td>質</td><td>を</td><td>持</td><td>つ</td><td>。</td><td>(88字)</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	原	子	の	原	子	番	号	は	陽	子	の	数	で	,	質	量	数	は	陽	子	と	中	性	子	の	数	の	和	で	決	ま	る	。	原	子	番	号	が	同	じ	で	質	量	数	が	異	な	る	も	の	を	同	位	体	と	い	う	。	不	安	定	な	も	の	は	自	然	に	放	射	線	を	出	す	放	射	能	と	呼	ば	れ	る	性	質	を	持	つ	。	(88字)											
原	子	の	原	子	番	号	は	陽	子	の	数	で	,	質	量	数	は	陽	子																																																																																		
と	中	性	子	の	数	の	和	で	決	ま	る	。	原	子	番	号	が	同	じ																																																																																		
で	質	量	数	が	異	な	る	も	の	を	同	位	体	と	い	う	。	不	安																																																																																		
定	な	も	の	は	自	然	に	放	射	線	を	出	す	放	射	能	と	呼	ば																																																																																		
れ	る	性	質	を	持	つ	。	(88字)																																																																																													
問 2	① 放射性崩壊 （または崩壊） ② α線 ③ β線 ④ γ線																																																																																																				
問 3	②の放出： 原子番号は-2，質量数は-4 ③の放出： 原子番号は+1，質量数は±0 ④の放出： 原子番号は±0，質量数は±0																																																																																																				
問 4	原子番号＝88－2×x＋1×y＝83 質量数＝226－4×x＝210 4×x＝16 x＝4， 代入し，88-2×4+1×y=83 80+1×y=83 y=3 x=4, y=3																																																																																																				