

令和7年度山形大学入学者選抜試験【解答例】	
前期日程	理科(物理)
理学部	理学科
医学部	医学科

解答例

第1問

問1 ばね1の伸びを y_0 とすると力のつり合いより

$$-k_1 y_0 + mg = 0$$

$$y_0 = \frac{mg}{k_1}$$

問2 小球がつり合いの位置を通過する速さを v とすると力学的エネルギー保存則にしたがって

$$\frac{1}{2}k_1(y_0 + a_0)^2 - m g a_0 = \frac{1}{2}mv^2 + \frac{1}{2}k_1 y_0^2$$

$$v = \sqrt{\frac{k_1}{m}a_0}$$

問3 小球に働く力を F とすると

$$F = +mg - k_1(y_0 + y) = -k_1 y$$

問4 小球の加速度は $\frac{F}{m} = -\frac{k_1}{m}y$ であり y の最大値は a_0 なので加速度の大きさの最大値は $\frac{k_1}{m}a_0$ である。

問5 単振動の角振動数を ω とすると小球の加速度は $-\omega^2 y$ で表せる。問4の答えと比較して

$$\omega = \sqrt{\frac{k_1}{m}}$$

単振動の周期を T とすると $\omega = \frac{2\pi}{T}$ なので

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k_1}}$$

問6 ばね1とばね2の伸びをそれぞれ y_1 と y_2 とする。ばね1とばね2のつなぎ目の力のつり合いは

$$-k_1 y_1 + k_2 y_2 = 0$$

ばね2と小球のつなぎ目の力のつり合いは

$$-k_2 y_2 + mg = 0$$

2つの式をつかって

$$y_1 = \frac{mg}{k_1}, \quad y_2 = \frac{mg}{k_2}$$

問7 ばね1とばね2の伸びは全体で

$$y_1 + y_2 = \left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right)mg$$

ばね1とばね2の全体を1本のばねと見なしてそのばね定数を k とする。力のつり合いから

$$-k\left(\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}\right)mg + mg = 0$$

k は

$$k = \frac{k_1 k_2}{k_1 + k_2}$$

問8 問5において k_1 の代わりに問7の k を使う。単振動の周期を T' とすると

$$T' = 2\pi \sqrt{\frac{k_1 + k_2}{k_2} \frac{m}{k_1}}$$

問9 問2において k_1 の代わりに問7の k を使う。小球がつり合いの位置を通過する速さを v' とすると

$$v' = a_0 \sqrt{\frac{k_2}{k_1 + k_2} \frac{k_1}{m}} = v \sqrt{\frac{k_2}{k_1 + k_2}}$$

結果として $\sqrt{\frac{k_2}{k_1 + k_2}}$ 倍になる。

第2問

問1 電場の大きさは V/d で、向きが y 軸負の向き

問2 以下の式が成り立つので

$$\frac{1}{2}mv^2 = qV$$

速さは以下の様に計算できる。

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

問3 ローレンツ力は以下のように書けるので、

$$F = qvB$$

ローレンツ力の大きさは以下の通りである。

$$F = \sqrt{\frac{2q^3VB^2}{m}}$$

問4 ローレンツ力は仕事をしないので、速さは以下の通りである。

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}}$$

距離は、以下の通りである。

$$2\sqrt{\frac{2mV}{qB^2}}$$

問5 問4の答えから、粒子の衝突位置は、電気量と質量の比に依存している。従って、比が同じである粒子3が同じ位置に衝突する。

第3問

問1 力のつり合いより、状態Aの圧力 p_A は

$$p_A = \frac{mg}{S} [\text{Pa}]$$

である。

問2 状態 A の絶対温度を T_A とすると、気体の状態方程式は

$$p_A \frac{LS}{3} = nRT_A$$

である。従って

$$T_A = \frac{mgL}{3nR} [\text{K}]$$

である。

問3 過程 I 定圧変化

過程 II 定積変化

過程 III 定圧変化

過程 IV 断熱変化

問4 過程 I は定圧変化より、気体がした仕事は

$$p_A \left(\frac{LS}{2} - \frac{LS}{3} \right) = \frac{mgL}{6} [\text{J}]$$

である。

問5 状態 B の絶対温度を T_B とすると、気体の状態方程式は

$$p_A \frac{LS}{2} = nRT_B$$

である。従って内部エネルギーの変化は

$$\frac{3}{2} (nRT_B - nRT_A) = \frac{mgL}{4} [\text{J}]$$

である。

問6 熱力学第一法則より、気体が吸収した熱量は

$$\frac{5mgL}{12} [\text{J}]$$

である。

問7 力のつり合いより、状態 C の圧力 p_C は

$$p_C = \frac{2mg}{S}$$

である。状態 C の絶対温度を T_C とすると、気体の状態方程式は

$$p_C \frac{LS}{2} = nRT_C$$

である。従って内部エネルギーの変化は

$$\frac{3}{2} (nRT_C - nRT_B) = \frac{3mgL}{4}$$

である。過程 II は定積変化より、気体が吸収した熱量も

$$\frac{3mgL}{4} [\text{J}]$$

である。

問 8 過程 III は定圧変化より、状態 D の絶対温度を T_D とすると、気体の状態方程式は

$$p_C L S = n R T_D$$

である。従って

$$T_D = \frac{2mgL}{nR} = 6T_A$$

となり、答えは 6 倍である。

問 9 過程 IV は断熱変化である。状態 E の圧力を p_E とすると、

$$p_C (LS)^{\frac{5}{3}} = p_E \left(\frac{LS}{2} \right)^{\frac{5}{3}}$$

である。従って

$$p_E = \frac{2^{\frac{8}{3}} mg}{S} [\text{Pa}]$$

である。