

令和 7 年度入学者選抜試験問題
物理基礎・物理（前期日程）〔解答例〕

問題 1

- (1) 物体が板から受ける静止摩擦力を f (> 0) とすると (※1)、

板と物体の運動方程式は、それぞれ $Ma = F - f \cdots \textcircled{1}$, $ma = f \cdots \textcircled{2}$

$$\textcircled{1} + \textcircled{2} \quad (M + m)a = F \text{ より, } a = \frac{F}{M + m}$$

$$\text{これを} \textcircled{2} \text{ に代入 } f = \frac{mF}{M + m}$$

- (2) 物体が板上をすべらないための条件は、

板からの垂直抗力を N とすると、 $|f| \leq \mu N$ または $f \leq \mu N$

これに $N = mg$ を代入すると、 $|f| \leq mg$ または $f \leq \mu mg$

さらに(1)で求めた f を代入すると $\frac{mF}{M + m} \leq \mu mg$

これを整理して、 $F \leq \mu(M + m)g$

[(1)と(2)の別解]

- (1) 板が物体から受ける静止摩擦力を f (< 0) とすると (※2)、

板と物体の運動方程式は、それぞれ $Ma = F + f \cdots \textcircled{1}'$, $ma = -f \cdots \textcircled{2}'$

$$\textcircled{1}' + \textcircled{2}' \quad (M + m)a = F \text{ より, } a = \frac{F}{M + m}$$

$$\text{これを} \textcircled{2}' \text{ に代入 } f = -\frac{mF}{M + m}$$

- (2) 物体が板上をすべらないための条件は、

板からの垂直抗力を N とすると、 $|f| \leq \mu N$ または $-f \leq \mu N$

これに $N = mg$ を代入すると、 $|f| \leq mg$ または $-f \leq \mu mg$

さらに(1)で求めた f を代入すると $\frac{mF}{M + m} \leq \mu mg$

これを整理して、 $F \leq \mu(M + m)g$

f は※1 と※2 のどちらにしても良いが、(1)と(2)は整合性が取れている必要がある。

- (3) 板と物体の加速度をそれぞれ a_A , a_B とおく。物体が板から受ける動摩擦力を f' とすると、板と物体の運動方程式はそれぞれ、 $Ma_A = F - f'$, $ma_B = f'$ となる。

ここで、 $f' = \mu' N = \mu' mg$ を各運動方程式に代入し、整理すると

$$a_A = \frac{F - \mu' mg}{M}, \quad a_B = \mu' g$$

- (4) 板と物体の運動方程式は、それぞれ $Ma_A = \mu'N$, $ma_B = -\mu'N$ となる。

ここで、 $N = mg$ を各運動方程式に代入し、整理すると

$$a_A = \frac{\mu' mg}{M}, \quad a_B = -\mu' g$$

- (5) 板の運動開始から時間 t 経過したときの床に対する板、物体の速度をそれぞれ v_A, v_B とおくと、等加速度直線運動の公式より、

$$v_A = 0 + a_A t, \quad v_B = v_0 + a_B t$$

$t = T$ のときは、 $v_A = v_B$ で板と物体が一体化してすべり終わるから、

$$a_A T = v_0 + a_B T$$

これを整理して、 $T = \frac{v_0}{a_A - a_B}$

- (6) 板の運動開始から時間 t 経過したときの床に対する板、物体の移動距離をそれぞれ x_A, x_B とおくと、等加速度直線運動の公式より、

$$x_A = 0 \cdot t + \frac{1}{2} a_A t^2 \cdots \textcircled{1}, \quad x_B = v_0 t + \frac{1}{2} a_B t^2 \cdots \textcircled{2}$$

$t = T$ のとき、 $x_B = l_1$ だから、これを②に代入すると、 $l_1 = v_0 T + \frac{1}{2} a_B T^2$

また、 $t = T$ のとき、 $x_A = l_A$ とおくと、①は $l_A = \frac{1}{2} a_A T^2$

よって、 $l_2 = l_1 - l_A = v_0 T + \frac{1}{2} a_B T^2 - \frac{1}{2} a_A T^2 = v_0 T + \frac{a_B - a_A}{2} T^2$

令和 7 年度入学者選抜試験問題
物理基礎・物理（前期日程）〔解答例〕

問題 2

- (1) コンデンサーにたくわえられている電荷を Q ，抵抗 R に流れる電流を I とすると，
 $V=RI+Q/C$ である。 $t=0$ で $Q=0$ ，その後すぐに Q は増加し I は減少する。

答 グラフ：(c) $p: V/R$

- (2)

答 グラフ：(d) $p: CV$

- (3) 1 つの極板が周囲に作る電界の大きさは $CV/(2\epsilon_0 S)$ で，これがもう 1 つの極板にある電荷 CV に静電気力を及ぼす。

答 $(CV)^2/(2\epsilon_0 S)$

- (4) コンデンサーにたくわえられていた静電エネルギーが抵抗で熱として解放される。

答 $CV^2/2$

- (5) 極板間隔を h とする。図 3 の左側の誘電体部分の電気容量を C_1 ，その上部の電気容量を C_2 ，右側の電気容量を C_3 とすると， $C_1=r\epsilon_0(S/2)/(h/2)$ ， $C_2=\epsilon_0(S/2)/(h/2)$ ， $C_3=\epsilon_0(S/2)/h$ であり，全体の電気容量は $C_1C_2/(C_1+C_2)+C_3=(r/(1+r)+1/2)\epsilon_0 S/h$ である。 $C=\epsilon_0 S/h$ であることから h を消去する。

答 $(r/(1+r)+1/2)C$

令和7年度入学者選抜試験問題
物理基礎・物理（前期日程）〔解答例〕

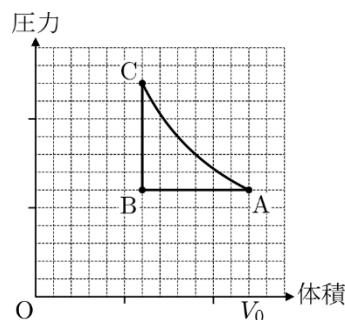
問題3

(1) 過程 A→B はグラフ上で原点を通る直線上にあるので $\frac{\text{体積}}{\text{温度}} = \frac{nR}{\text{圧力}} = \text{一定}$ の関係があり、定圧変化。

状態 A の圧力: $\frac{nRT_0}{V_0}$, 状態 B の圧力: $\frac{nRT_0}{V_0}$, 状態 C の圧力: $\frac{2nRT_0}{V_0}$, 状態 B の絶対温度: $\frac{V_B}{T_B} = \frac{V_A}{T_A} \rightarrow T_B = \frac{T_0}{2}$

答 A の圧力: $\frac{nRT_0}{V_0}$ B の圧力: $\frac{nRT_0}{V_0}$ C の圧力: $\frac{2nRT_0}{V_0}$ B の絶対温度: $\frac{T_0}{2}$

(2) 右図。過程 C→A は等温変化なので、(圧力) × (体積) = 一定の双曲線の一部になる。グリッド上で、B, C は(6, 6), (6, 12) にあり、双曲線は(8, 9), (9, 8)を通る。



(3) 内部エネルギーの増減方向は温度変化の方向と一致するので、
過程 B→C で内部エネルギーが増加する。

内部エネルギーの増加量

$$= \frac{3}{2}nR\Delta T = \frac{3}{2}nR(T_C - T_B) = \frac{3}{2}nR\left(1 - \frac{1}{2}\right)T_0 = \frac{3}{4}nRT_0$$

答 過程: B→C 増加量: $\frac{3}{4}nRT_0$

(4) 気体が熱を放出するのは過程 A→B のみ

(内部エネルギーの増加量) = (吸収した熱量) + (外部からされた仕事)

$$\Delta U_{AB} = Q_{AB} + W_{AB} \rightarrow \frac{3}{2}nR(T_B - T_A) = Q_{AB} - p_A\Delta V_{AB}$$

$$Q_{AB} = \frac{3}{2}nRT_0\left(\frac{1}{2} - 1\right) + \frac{nRT_0}{V_0}\left(\frac{1}{2} - 1\right)V_0 = -\frac{3}{4}nRT_0 - \frac{1}{2}nRT_0 = -\frac{5}{4}nRT_0$$

(放出した熱量) $Q'_{AB} = -Q_{AB}$ (吸収した熱量)

答 過程: A→B 熱量: $\frac{5}{4}nRT_0$

(5) 過程 C→A は等温変化であり、内部エネルギーは変化しないので、

(外部にした仕事) $W = Q_{CA}$ (吸収した熱量) になる。

熱効率 = (気体が吸収した熱量 - 気体が放出した熱量) / (気体が吸収した熱量)

サイクル A→B→C→A の熱効率

$$= \frac{Q_{CA} + Q_{BC} - Q'_{AB}}{Q_{CA} + Q_{BC}} = \frac{W + \Delta U_{BC} - Q'_{AB}}{W + \Delta U_{BC}} = \frac{W + \frac{3}{4}nRT_0 - \frac{5}{4}nRT_0}{W + \frac{3}{4}nRT_0} = \frac{4W - 2nRT_0}{4W + 3nRT_0}$$

答 $\frac{4W - 2nRT_0}{4W + 3nRT_0}$

令和 7 年度入学者選抜試験問題
物理基礎・物理（前期日程）〔解答例〕

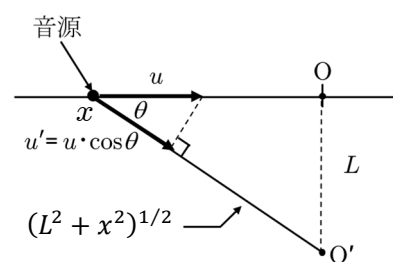
問題 4

- (1) 近づいてくるときの振動数を f_1 ，離れていくときの振動数を f_2 とする

$$f_1 = \frac{v}{v-u} f_0, \quad f_2 = \frac{v}{v+u} f_0, \quad \frac{f_2}{f_1} = \frac{1}{2} \quad \text{より,} \quad \frac{1}{2} = \frac{v-u}{v+u} \quad \text{なので} \quad u = \frac{v}{3}$$

- (2) 右図のように、速度 u と位置 x にある音源から O' にある計測器へ向かう方向との成す角を θ とする。音源から計測器へ向かう方向の音源の速度の成分 u' は

$$u' = u \cdot \cos \theta = -\frac{u \cdot x}{(L^2 + x^2)^{\frac{1}{2}}}$$



- (3) 計測された振動数を f とすると

$$f = \frac{v}{v + \frac{u \cdot x}{(L^2 + x^2)^{\frac{1}{2}}}} f_0$$