物理基礎・物理

問題 1

(1)

水平方向の力のつり合いより、右向きを正とすると、

$$T_B - T_A \times \frac{3l}{5} \times \frac{1}{l} = 0$$

$$T_B = \frac{3}{5} T_A \quad \cdot\cdot\cdot ①$$

鉛直方向の力のつり合いより、上向きを正とすると、

$$T_A \times \frac{4l}{5} \times \frac{1}{l} - mg = 0$$

$$\therefore T_A = \frac{5}{4} mg \quad \cdot\cdot\cdot ②$$

式①と式②より、

$$T_B = \frac{3}{5} \times \frac{5}{4} mg = \frac{3}{4} mg$$

答. $T_A = \frac{5}{4} mg$

$T_B = \frac{3}{4} mg$

(2)

物体 A にはたらく力のつり合いより、上向きを正とすると、

$$T - 0.50 \times 9.8 = 0$$
$$T = 4.9\,\mathrm{N}$$

2 つのばねには張力 T と同じ大きさの力がそれぞれはたらいているので、ばね C の伸びを x_C、ばね D の伸びを x_D とすると、

$$x_C = \frac{T}{30} = \frac{4.9}{30} = 0.163$$
$$x_D = \frac{T}{40} = \frac{4.9}{40} = 0.123$$

よって、2 つのばねの伸びの合計値は、

$$x = 0.163 + 0.123 = 0.286 \approx 0.29\,\mathrm{m}$$

物体 B にはたらく力のつり合いより、上向きを正とすると、

$$T - 0.80 \times 9.8 + N = 0$$
$$N = 0.80 \times 9.8 - 4.9 = 2.94 \approx 2.9\,\mathrm{N}$$

答. $T = 4.9\,\mathrm{N}$

$x = 0.29\,\mathrm{m}$

$N = 2.9\,\mathrm{N}$

物理基礎・物理

問題2

(1)

容器内の気体の物質量を n、気体定数を R、状態Aの温度を T_A とすると、

$$3P_0V_0 = nRT_A$$

A→Dは等温変化であるため、

$$P_0V_2 = nRT_A$$

よって、

$$3P_0V_0 = P_0V_2$$
$$V_2 = 3V_0$$

答. $3V_0$

(2)

B→Dは定積変化であるため、気体が外部にした仕事はゼロ。よって、A→Bにおいて気体が外部にした仕事を求めればよい。

ここで、A→Bは定圧変化であるため、気体が外部にした仕事 W_1 は、

$$W_1 = 3P_0(V_2 - V_0)$$

(1)の結果を用いて、

$$W_1 = 3P_0(V_2 - V_0) = 3P_0(3V_0 - V_0) = 6P_0V_0$$

答. $6P_0V_0$

(3)

A→B で気体が吸収した熱量 Q は、熱力学第一法則より、気体が外部にした仕事と内部エネルギーの変化との和で表される。A→B で気体が外部にした仕事 W_1 は(2)で求めているため、A→B の内部エネルギーの変化を求めればよい。

状態 B の温度を T_B とすると、

$$3P_0V_2 = nRT_B$$
$$9P_0V_0 = nRT_B$$

よって、A→B の内部エネルギーの変化 $\Delta U_{A\to B}$ は、

$$\Delta U_{A\to B} = \frac{3}{2}nR(T_B - T_A) = \frac{3}{2}(nRT_B - nRT_A) = \frac{3}{2}(9P_0V_0 - 3P_0V_0) = 9P_0V_0$$

そのため、

$$Q = W_1 + \Delta U_{A\to B} = 6P_0V_0 + 9P_0V_0 = 15P_0V_0$$

答. $15P_0V_0$

(4)

A→C は断熱変化なので、気体が吸収した熱量はゼロ。したがって、熱力学第一法則より、A→C で気体が外部にした仕事 W_2 と内部エネルギーの変化との和がゼロとなる。

状態 C の温度を T_C とすると、

$$P_0V_1 = nRT_C$$

A→C の内部エネルギーの変化 $\Delta U_{A\to C}$ は、

$$\Delta U_{A\to C} = \frac{3}{2}nR(T_C - T_A) = \frac{3}{2}(nRT_C - nRT_A) = \frac{3}{2}(P_0V_1 - 3P_0V_0) = \frac{3}{2}P_0(V_1 - 3V_0)$$

したがって、気体が外部にした仕事 W_2 は、

$$Q = W_2 + \Delta U_{A\to C} = 0$$
$$W_2 = -\frac{3}{2}P_0(V_1 - 3V_0) = \frac{3}{2}P_0(3V_0 - V_1)$$

答. $\frac{3}{2}P_0(3V_0 - V_1)$

物理基礎・物理

問題３

(1)

ac の抵抗 R_{ac} は $R_{ac}=\dfrac{x}{L}R_{ab}$ …①、

cb の抵抗 R_{cb} は $R_{cb}=\dfrac{L-x}{L}R_{ab}$ …②である。

検流計に流れる電流が 0 であることから、抵抗 R と R_X に流れる電流を I_1、ac と cb に流れる電流を I_2 とすると、R と R_{ac} の電圧降下は同じであるから、オームの法則 $E=IR$ より $RI_1=R_{ac}I_2$ …③、R_X と R_{cb} の電圧降下も同じであるから、 $R_xI_1=R_{cb}I_2$ …④である。

③と④より、 $\dfrac{R_x}{R}=\dfrac{R_{cb}}{R_{ac}}$

①と②を用いて、 $R_x=\dfrac{R_{cb}}{R_{ac}}R=\dfrac{L-x}{x}R$ 〔Ω〕

(2)

抵抗 R と Rx の合成抵抗は(1)の結果より $R+R_x=\dfrac{LR}{x}$ であるから、回路の全抵抗 R_{T} は

$$\frac{1}{R_T}=\frac{1}{R+R_x}+\frac{1}{R_{ab}}$$ より、 $$R_T=\frac{LRR_{ab}}{LR+xR_{ab}}$$

電流計 E に流れる電流を I とすると、

$$I=\frac{V}{R_T}=\frac{(LR+xR_{ab})V}{LRR_{ab}}$$ 〔A〕

(3)

点 c を点 a 側にずらした位置を点 c'とする。
ac>ac'より $R_{\mathrm{ac}}>R_{\mathrm{ac'}}$、cb<c'b より $R_{\mathrm{cb}}<R_{\mathrm{c'b}}$ であるから、

$$\frac{R}{R_x}=\frac{R_{ac}}{R_{cb}}>\frac{R_{ac'}}{R_{c'b}}$$ となる。

R による ad の電圧降下 V_{ad} と R_{ac} による ac の電圧降下 V_{ac} との関係は、$V_{\mathrm{ad}}=V_{\mathrm{ac}}$ であるから、ac'の電圧降下 $V_{\mathrm{ac'}}$ との関係は、$V_{\mathrm{ad}}=V_{\mathrm{ac}}>V_{\mathrm{ac'}}$ である。
点 d の電位は点 c'の電位より低いので、c'→d の方向に電流は流れる。

物理基礎・物理

問題4

(1)

ア	電 磁 波	イ	3.00
ウ	8		

(2)

1.33

(3)

問題の図で、棒の下端からの光が水面を通る点と、棒が水面を横切る点との距離を d とおくと

$$d = h_w \cdot \tan\theta_w = h_a \cdot \tan\theta_a \qquad (1)$$

である。

式(1)を変形して

$$h_w \;/\; h_a = \tan\theta_a \;/\; \tan\theta_w$$

$$= \frac{\sin\theta_a}{\sqrt{1-\sin^2\theta_a}} \;/\; \frac{\sin\theta_w}{\sqrt{1-\sin^2\theta_w}}$$

$$= \frac{\sin\theta_a}{\sin\theta_w}\sqrt{\frac{1-\sin^2\theta_w}{1-\sin^2\theta_a}} \qquad (2)$$

屈折率 n は

$$n = \frac{\sin\theta_a}{\sin\theta_w} = 1.33 \qquad (3)$$

であるから、変形すると

$$\sin\theta_a = 1.33\sin\theta_w \qquad (4)$$

である。

式(3), (4)を式(2)に代入すると

$$h_w \;/\; h_a = 1.33\sqrt{\frac{1-\sin^2\theta_w}{1-1.33^2\sin^2\theta_w}} = 1.33\sqrt{2.00} = 1.88$$

答. 比は 1.88