

I.

問1

衝突直前の小球Aの速さを v_0 とする。力学的エネルギー保存則 $\frac{1}{2}kd^2 = \frac{1}{2}mv_0^2$ より

$$v_0 = d\sqrt{\frac{k}{m}}$$

衝突直後の小球Aおよび小球Bの速さをそれぞれ v_A, v_B とする。

運動量保存則より, $mv_0 = mv_A + mv_B$

反発係数の式より, $-1 = \frac{v_A - v_B}{v_0 - 0}$

この2式より

$$v_A = 0, v_B = v_0 = d\sqrt{\frac{k}{m}}$$

問2

重力加速度の大きさを g , 小球Bの速さを v とする。

力学的エネルギー保存則 $\frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}mv^2 + mgl(1 - \cos \theta)$ より

$$v = \sqrt{\frac{kd^2}{m} - 2gl(1 - \cos \theta)}$$

問3

糸の張力の大きさを T とすると, 運動方程式 $m\frac{v^2}{l} = T - mg\cos \theta$ より

$$T = m\frac{v^2}{l} + mg\cos \theta = \frac{kd^2}{l} + mg(3\cos \theta - 2)$$

問4

$\theta = 120^\circ$ のとき $T = 0$ となった。 $\frac{kd^2}{l} + mg(3\cos 120^\circ - 2) = 0$ より

$$d = \sqrt{\frac{7mgl}{2k}}$$

II.

問1

導体棒に生じる誘導起電力の大きさは vBL である。

抵抗1および抵抗2に流れる電流の大きさをそれぞれ I_1, I_2 とする。

オームの法則より

$$I_1 = \frac{vBL}{R_1} \quad \text{向き: } \underline{a \rightarrow c}$$

$$I_2 = \frac{vBL}{R_2} \quad \text{向き: } \underline{b \rightarrow d}$$

問2

重力加速度の大きさを g とする。

重力の大きさは mg , 向きは 鉛直下向き

垂直抗力の大きさは $mg \cos \theta$, 向きは レールに垂直上向き

電流が磁場から受ける力の大きさは $\frac{(R_1 + R_2)vB^2L^2}{R_1R_2}$, 向きは レールに平行上向き

問3

力のつり合い $mg \sin \theta = \frac{(R_1 + R_2)v_f B^2 L^2}{R_1 R_2}$ より

$$v_f = \frac{R_1 R_2 mg \sin \theta}{(R_1 + R_2) B^2 L^2}$$

問4

抵抗1および抵抗2で単位時間に発生するジュール熱をそれぞれ P_1, P_2 とする。

$$P_1 = R_1 \left(\frac{v_f BL}{R_1} \right)^2 = R_1 \left\{ \frac{R_2 mg \sin \theta}{(R_1 + R_2) BL} \right\}^2$$

$$P_2 = R_2 \left(\frac{v_f BL}{R_2} \right)^2 = R_2 \left\{ \frac{R_1 mg \sin \theta}{(R_1 + R_2) BL} \right\}^2$$

問5

導体棒が失う重力による位置エネルギー

Ⅲ.

問1

$$\lambda = \frac{v}{\underline{f}}$$

問2

自然数を n とする。気柱が音波と共鳴したとき $\frac{\lambda}{4} \times (2n-1) = L+l$ が成り立つ。

問1の結果より

$$f = \frac{(2n-1)v}{\underline{4(L+l)}}$$

問3

図2の1本の曲線から

$$700 = \frac{(2n-1)v}{4(34+l)}$$

$$600 = \frac{(2n-1)v}{4(40+l)}$$

この2式より

$$\frac{7}{6} = \frac{40+l}{34+l}$$

よって, $l = \underline{2 \text{ cm}}$

問4

図2の2本の曲線における振動数 700Hzの L の値から

$$\frac{\lambda}{2} = (58+l) - (34+l)$$

$$\lambda = 48 \text{ cm} = 0.48 \text{ m}$$

よって

$$v = 700 \times 0.48 = 336 \div \underline{3.4 \times 10^2 \text{ m/s}}$$