

I.

問1

力のつり合いの式は、
$$\underline{\frac{4}{5} \rho h S g - m g = 0}$$

問2

運動方程式は、
$$\underline{m a = -m g + \rho h S g}$$

問3

問1,問2の結果から、
$$a = \frac{1}{4} g$$

等加速度運動の式 $d = \frac{1}{2} a t_1^2$ より

$$t_1 = \sqrt{\frac{2d}{a}} = \underline{2\sqrt{\frac{2d}{g}}}$$

$$v_1 = a t_1 = \underline{\sqrt{\frac{g d}{2}}}$$

問4

運動方程式は

$$\underline{m A = \rho (h - z) S g - m g}$$

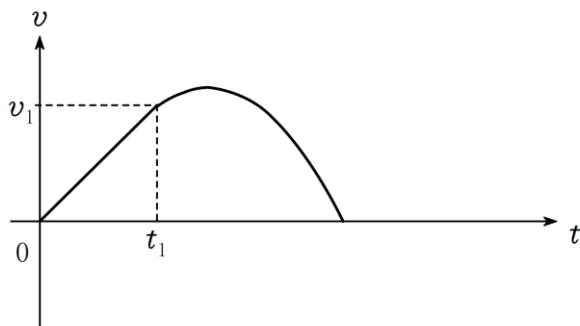
この式と問1の結果より

$$\therefore A = -\frac{\rho S g}{m} \left(z - \frac{1}{5} h \right) = -\frac{5g}{4h} \left(z - \frac{1}{5} h \right)$$

最大の速さになるとき、振動中心であるから

$$z = \underline{\frac{1}{5} h}$$

問5



$0 \leq t \leq t_1$ のとき、速度 0 から速度 v_1 まで直線的に変化する。

$t \geq t_1$ のとき、速度 v_1 から正弦曲線的に変化する。

II.

問1

電場の大きさを E とすると, $E = \frac{V}{l}$

向き: A→B の向き

電場から受ける力の大きさを f とすると, $f = eE = \frac{eV}{l}$

向き: B→A の向き

問2

力のつり合い $\frac{eV}{l} = kv$ より, $v = \frac{eV}{kl}$

単位時間に導体の断面を通過する電気量の大きさを q とすると

$$q = enSv$$

よって, 電流の大きさ i は, $i = \frac{q}{1} = \frac{enSv}{1} = \frac{e^2nSV}{kl}$

電気抵抗は, $r = \frac{V}{i} = \frac{V}{\frac{enSv}{1}} = \frac{kl}{e^2nS}$

問3

求める仕事は, $w = fv = \frac{eV}{l}v = \frac{e^2V^2}{kl^2}$

導体から発生する単位時間あたりのジュール熱は, $p = w \times nSl = \frac{enSvV}{1} = \frac{e^2nSV^2}{kl}$

問4

導体棒に生じる誘導起電力の大きさを V とすると, $V = uBL$ であり, 向きは, C→D の向きである。

したがって, 導体棒に流れる電流の大きさを I とすると, $I = \frac{V}{R} = \frac{uBL}{R}$

向きは: C→D の向き

導体棒にはたらく力のつり合いより, $F = IBL$

この式に, $I = \frac{uBL}{R}$ を代入して, $u = \frac{FR}{B^2L^2}$

求めるジュール熱を P とすると

$$P = I^2R = \frac{(uBL)^2}{R} = \frac{F^2R}{B^2L^2}$$

問5 S_1 を閉じた状態では CD 間の電位差は 0 だから, 導体棒の速さ $u = 0$ となる。このとき, 導体棒に流れる電流が存在し, この電流が磁場から受ける力と F がつり合うことになるから。

III.

問1

$f_A > f_B$ より, 1秒あたりのうなりの回数は, $f = \underline{f_A - f_B}$

問2

このとき, $f_A = \frac{V}{V-v} f_B$ が成り立っているので

問1の結果より, $f = \frac{V}{V-v} (f_A - f)$

よって, $f_A = \underline{\frac{V}{v} f}$

また, $f_B = f_A - f = \underline{\frac{V-v}{v} f}$

問3

$f_A = \frac{V}{V-v} f_B$ より, $\frac{v}{V} = 1 - \frac{f_B}{f_A}$

$$f_A' = \frac{V}{V+v} f_A = \frac{1}{1 + \frac{v}{V}} f_A = \frac{1}{1 + 1 - \frac{f_B}{f_A}} f_A$$

よって, $f_A' = \underline{\frac{f_A^2}{2f_A - f_B}}$

$$f_B' = \frac{V}{V+v} f_B = \frac{1}{1 + \frac{v}{V}} f_B = \frac{1}{1 + 1 - \frac{f_B}{f_A}} f_B$$

よって, $f_B' = \underline{\frac{f_A f_B}{2f_A - f_B}}$

問4

$$f_0 = f_A' - f_B' = \frac{V}{V+v} (f_A - f_B) = \underline{\frac{V}{V+v} f}$$

問5

このときの音波の波長を λ [m] とすると, $\frac{\lambda}{4} = L$ だから, $\lambda = 4L$

また, $V = f_A \lambda = 4f_A L$ より

$$L = \frac{V}{4f_A} = \frac{340}{4 \times 680} = \underline{0.125 \text{ [m]}}$$