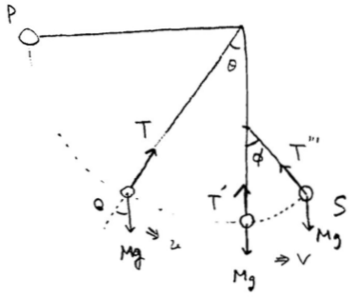
1

(i)

$$\underline{MgL}_{(1)} = \underline{\frac{1}{2}MV^2}_{(1)}$$

$$V = \underline{\sqrt{2gL}}_{(2)}$$



(1) ケ
(2) ト
(3) イ

運動方程式は

$$\underline{M\frac{v^2}{\underline{L}_{(4)}}}_{(5)} = T - \underline{Mg\cos\theta}_{(6)}$$

(4) ニ
(5) ネ
(6) セ

接線方向には

$$Ma = \underline{Mg\sin\theta}_{(7)}$$

$\boxed{(7)\ ス}$

Rを通過する直前の運動方程式

$$M\frac{V^2}{L} = T' - Mg \quad \Leftrightarrow \quad T' = M\frac{1}{L}(\sqrt{2gL})^2 + Mg = \underline{3Mg}_{(a)}$$

直後

$$M\frac{V^2}{\left(\frac{L}{2}\right)} = T'' - Mg \quad \Leftrightarrow \quad T'' = M\frac{2}{L}(\sqrt{2gL})^2 + Mg = \underline{5Mg}_{(b)}$$

Sでのエネルギー保存.

$$MgL = \frac{1}{2}Mv_S^2 + Mg\frac{L}{2}(1-\cos\phi)$$

法線方向の運動方程式

$$M\frac{v_S^2}{\left(\frac{L}{2}\right)} = T''' - Mg\cos\phi$$

$$v_S^2 = 2gL - gL + gL\cos\phi \qquad \therefore\ v_S = \underline{\sqrt{gL(1+\cos\phi)}}_{(8)}$$

$\boxed{(8)\ ク}$

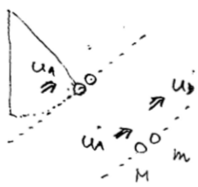
$$T''' = \frac{2M}{L}gL(1+\cos\phi) + Mg\cos\phi$$

$$= \underline{Mg(2+3\cos\phi)}_{(c)}$$

(ii) 運動量保存則

$$Mu_A = \underline{Mu_A'}_{(9)} + \underline{mu_B'}_{(10)}$$

(9) イ
(10) ウ
順不動



はねかえりの式

$$\underline{e = -\frac{u_A' - u_B'}{u_A - 0}}_{(11)}$$

$\boxed{(11)\ ク}$

連立する. $u_Ae = -u_A' + u_B'$ より $u_B' = u_Ae + u_A'$ を代入

$$Mu_A = Mu_A' + meu_A + mu_A'$$

$$u_A' = \underline{\frac{M-me}{M+m}}_{(12)}u_A$$

$\boxed{(12)\ ヌ}$

$$u_B' = u_Ae + \frac{M-me}{M+m}u_A = \underline{\frac{M(1+e)}{M+m}u_A}_{(13)}$$

$\boxed{(13)\ チ}$

一体となったときは

$$Mu_A = (m+M)u \qquad u = \underline{\frac{M}{m+M}u_A}_{(14)}$$

$\boxed{(14)\ コ}$

エネルギーの減少は運動エネルギー分のみ.

$$\frac{1}{2}(m+M)u^2 - \frac{1}{2}Mu_A^2 = \frac{1}{2}\cdot\frac{M^2}{m+M}u_A^2 - \frac{1}{2}Mu_A^2$$

$$= \frac{1}{2}Mu_A^2\frac{-m-M+M}{m+M} = \underline{-\frac{mM}{2(m+M)}u_A^2}_{(15)}$$

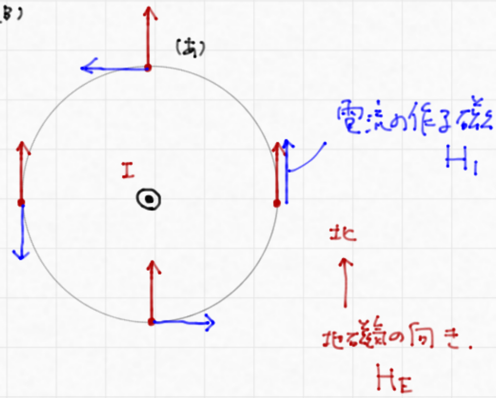
$\boxed{(15)\ タ}$

2

(i) (A) $H=\frac{I}{2\pi a}$ の公式より 磁場の強さHは Iに比例し、aに反比例する

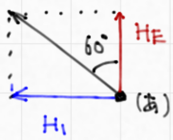
(1) (ア) (2) (ウ) (3) (イ)

(B)



左の図のように、地磁気は常に北向きにかかり、電流の作る磁場は右ねじの法則に従って、反時計まわりとなっている。

このことから南北から60°の方向に針が振れる可能性のあるのは、(あ)と(う)の2ヶ所のみ (イ) (4)

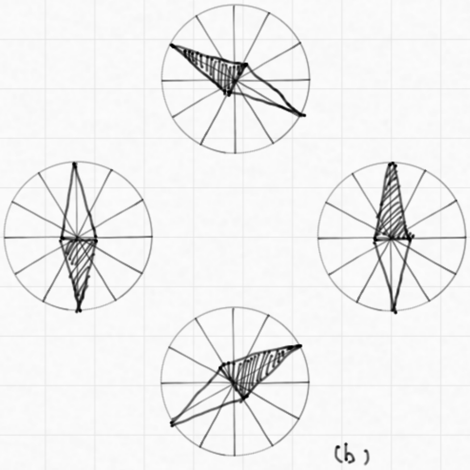


このとき、(あ)の磁場が、南北方向と60°であることから

$$H_E : H_1 = 1 : \sqrt{3}$$

となり

$$H_E = \frac{1}{\sqrt{3}}H_1$$ が成り立つ (a)



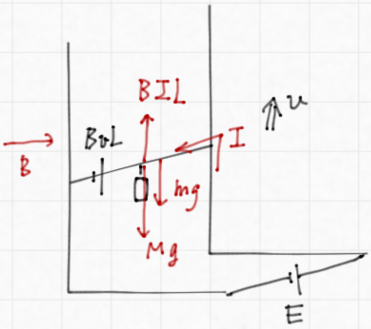
(b)

針の振れ方は左上を参考にして左図のようになる

(ii) $I = \frac{E}{r}$, $F = BIL = \frac{BEL}{r} \geq (m+M)g$ (c)

$$E_0 = \frac{(m+M)rg}{BL}$$ (d)

(e) 磁束



回路の式 $2E_0 - BvL = Ir$ (f)

運動方程式 $(m+M)\alpha = BIL - (m+M)g$

誘導起電力は磁束の増加を妨げるような向きの磁場を作るような向きの電流… b→a (イ) (5)

このとき $BIL = BL \times \frac{2E_0 - BvL}{r}$

$$= \frac{2\cancel{BL}}{r} \times \frac{(m+M)rg}{\cancel{BL}} - \frac{B^2vL^2}{r}$$

$$= 2(m+M)g - \frac{B^2L^2v}{r}$$ (エ) (6)

だから $\alpha = 2g - \frac{B^2L^2v}{r(m+M)} - g = g - \frac{B^2L^2v}{r(m+M)}$ (ウ) (7)

(B) $BvL = (r+R)I$

a→b に向かって $\frac{BvL}{r+R}$ の電流が流れている

(8) (ア) (エ) (9)

等速になるのは $BIL = mg$ のときで

$B \cdot \frac{BvL}{r+R} L = mg$ より $v = \frac{mg(r+R)}{B^2L^2}$ (キ)

3

(i) 振幅は $\underline{3}_{(a)}$ m，波長は $\underline{5}_{(b)}$ m

0.2 s で 0.5 m 進んでいるので 速さは $\underline{2.5}_{(c)}$ m

周期 = 波長 ÷ 速さ = 5 ÷ 2.5 = $\underline{2}_{(d)}$ s.

$$振動数 = \frac{1}{周期} = \underline{0.5}_{(e)}\ (1/s)$$

(ii) x の距離進むのに $\underline{\frac{x}{v}}_{(1)}$ (秒) かかり．そのため，$x = 0$ とくらべて $\frac{x}{v}$ 秒遅れる

$$y_1 = A\sin\frac{2\pi}{T}\underline{\left(t - \frac{x}{v}\right)}_{(2)}$$

負の向きに進む場合は逆に $\frac{x}{v}$ 秒すすんでいる

$$y_2 = A\sin\frac{2\pi}{T}\underline{\left(t + \frac{x}{v}\right)}_{(3)}$$

(1) サ
(2) キ
(3) ク

$$y_1 + y_2 = A\left\{\sin\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{v}\right) + \sin\frac{2\pi}{T}\left(t + \frac{x}{v}\right)\right\}$$

$$= 2A\sin 2\pi\frac{t}{T}\cos\frac{2\pi x}{Tv}$$

$$= 2A\sin\underline{\frac{2\pi}{T}}_{(4)}t\cos\underline{\frac{2\pi}{vT}}_{(5)}x \quad \cdots ④$$

(4) タ
(5) テ

$x = 0$ のとき $\underline{y_1 = y_2}_{(6)} = A\sin\frac{2\pi}{T}t$

(6) ウ

これは定常波の $\underline{腹}_{(7)}$ であることを示している

(7) イ

④で $x = 0$ とすると

$$y = 2A\sin\frac{2\pi}{T}t$$

このグラフは $\underline{(ウ)}_{(8)}$

(8) ウ

定常波の $\underline{節}_{(10)}$ となるのは $\underline{y_1 = -y_2}_{(9)}$ で，これは④より

$$\cos\frac{2\pi}{vT}L = 0 \quad すなわち \quad \frac{2\pi}{vT}L = \underline{\frac{\pi}{2} + n\pi}$$

(9) エ
(10) ア
(11) カ
(12) セ，(13) サ