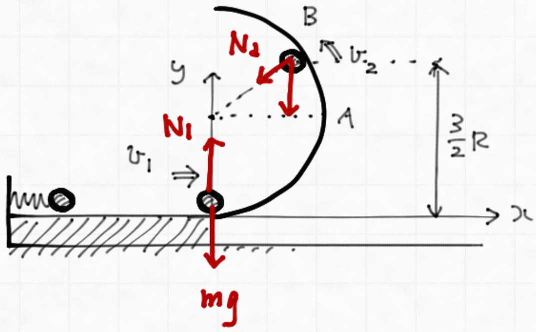
京都工芸繊維大 2021



1

(1) $\frac{1}{2}kl^2$

(2) エネルギー保存

$$\frac{1}{2}kl_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + \frac{3}{2}mgR$$

運動方程式

$$m\frac{v_1^2}{R} = N_1 - mg \quad , \quad m\frac{v_2^2}{R} = N_2 + mg\cos\frac{\pi}{3}$$

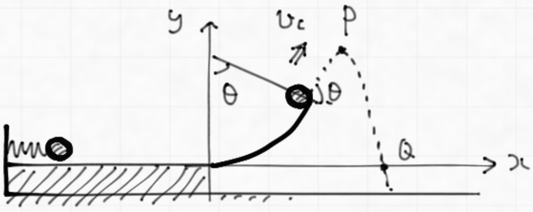
B点で離れたので $N_2 = 0$ だから $v_2 = \sqrt{\frac{gR}{2}}$ (イ)

これをエネルギーの式に代入 $\frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}m\cdot\frac{gR}{2} + \frac{3}{2}mgR$ $v_1 = \sqrt{\frac{7gR}{2}}$ (ア)

(3) エネルギー保存

$$\frac{1}{2}kl_1^2 = mgR \qquad l_1 = \sqrt{\frac{2mgR}{k}}$$

また $\frac{1}{2}kl_0^2 = \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{7}{4}mgR$ より $l_0 = \sqrt{\frac{7mgR}{2k}}$ よって $\frac{l_1}{l_0} = \frac{\sqrt{\frac{2mgR}{k}}}{\sqrt{\frac{7mgR}{2k}}} = \frac{2}{\sqrt{7}} = \frac{2\sqrt{7}}{7}$



(4) エネルギー保存 $\frac{1}{2}kl_1^2 = \frac{1}{2}mv_c^2 + mgR(1-\cos\theta)$

$$\frac{1}{\cancel{2}}\cancel{k}\frac{\cancel{2}mgR}{\cancel{k}} = \frac{1}{2}mv_c^2 + \cancel{mgR} - mgR\cos\theta$$

$$v_c = \sqrt{2gR\cos\theta}$$

(5) C点の座標は $(x, y) = (R\sin\theta,\ R(1-\cos\theta))$

C点での速度は $(v_x, v_y) = (v_c\cos\theta,\ v_c\sin\theta)$

C点での時刻を $t=0$ として. $v_x = v_c\cos\theta$, $v_y = v_c\sin\theta - gt$

$x = R\sin\theta + v_c\cos\theta\, t$, $y = R(1-\cos\theta) + v_c\sin\theta\cdot t - \frac{1}{2}gt^2$

$v_y = 0$ のとき $t = \frac{v_c}{g}\sin\theta$ だから.

$$x_P = R\sin\theta + \frac{v_c^2}{g}\sin\theta\cos\theta = R\sin\theta + \frac{2\cancel{g}R\cos\theta}{\cancel{g}}\sin\theta\cos\theta = 3R\sin\theta - 2R\sin^3\theta$$

$$y_P = R(1-\cos\theta) + \frac{v_c^2}{g}\sin^2\theta - \frac{1}{2}g\cdot\frac{v_c^2}{g^2}\sin^2\theta = R - R\cos\theta + 2R\cos\theta\sin^2\theta - R\cos\theta\sin^2\theta$$

$$= R - R\cos\theta + R\cos\theta(1+\cos^2\theta) = R(1+\cos^3\theta)$$

(6) $\sin\theta = X$ として

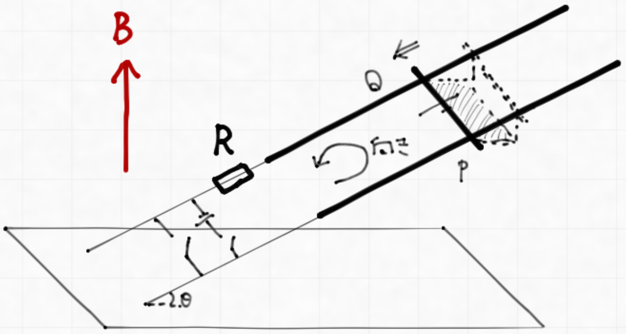
$x_P = 3RX - 2RX^3$ $\frac{dx_P}{dX} = 3R - 6RX^2$ $\frac{dx_P}{dX} = 0$ となるのは $X = \frac{1}{\sqrt{2}}$ $(\because X \geq 0)$

$X = \sin\theta = \frac{1}{\sqrt{2}}$ より $\theta = \frac{\pi}{4}$ このとき $x_P = 3R\cdot\frac{1}{\sqrt{2}} - \cancel{2}R\cdot\frac{1}{\cancel{2}\sqrt{2}} = \sqrt{2}R$

(7) エネルギー保存 $\frac{1}{2}kl_1^2 = \frac{1}{2}mv_Q^2$ より $v_Q = \sqrt{\frac{\cancel{k}}{\cancel{m}}\cdot\frac{2\cancel{m}gR}{\cancel{k}}} = \sqrt{2gR}$

京都工芸繊維大 2021

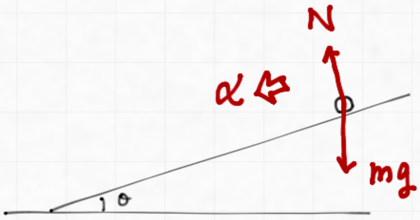
2



(1) レンツの法則を用いる.

スイッチ S_1 が閉じられているとみなして回路を貫く上向きの磁束が減少するので その変化を打ち消す、上向きの磁場を作るような向きの電流（左図の中央の向き）の電流を流そうとする向きの起電力が発生する（左図のPQ上の電池）.

電位の高いのは **Q**



(2) $m\alpha = mg\sin\theta$ より $\alpha = g\sin\theta$

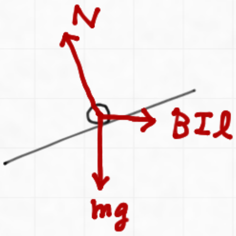
時刻tのときの水平方向の速度は $g\sin\theta \cdot t$

したがって起電力の大きさは

$$V = Bg\sin\theta \cdot t\, l\cos\theta = \mathbf{Bglt\cos\theta\sin\theta}$$

(3) $V = \mathbf{Bvl\cos\theta}$

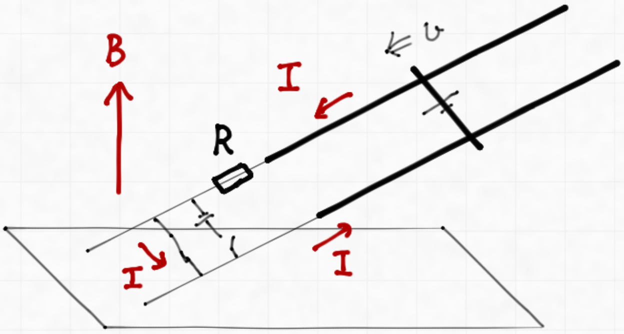
(4) $I = \dfrac{V}{R} = \dfrac{\mathbf{Bvl}}{\mathbf{R}}\mathbf{\cos\theta}$



(5) 速度が一定となったとき、力がつりあっている

$$mg\sin\theta = BIl\cos\theta$$

$$I = \frac{\mathbf{mg}}{\mathbf{Bl}}\mathbf{\tan\theta}$$



(6) (4)と(5)を連立

$$mg\sin\theta = \frac{B^2l^2v}{R}\cos^2\theta$$

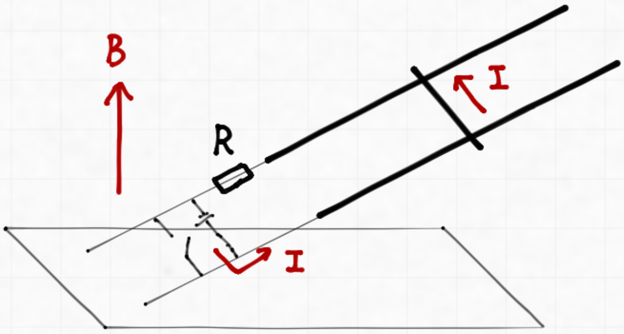
$$v = \frac{\mathbf{mgR\sin\theta}}{\mathbf{B^2l^2\cos^2\theta}}$$

(7) 速さvで動いているので単位時間に失う、位置エネルギーは

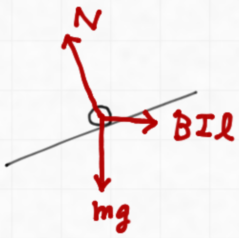
$$mgv\sin\theta = \frac{\mathbf{m^2g^2R}}{\mathbf{B^2l^2}}\mathbf{\tan^2\theta}$$

(8) $P = I^2R = \dfrac{m^2g^2}{B^2l^2}\tan^2\theta \cdot R = \dfrac{\mathbf{m^2g^2R}}{\mathbf{B^2l^2}}\mathbf{\tan^2\theta}$

（(7)と(8)が等しいのは偶然ではなく、力学的エネルギーが最終的にジュール熱となって消費されている）

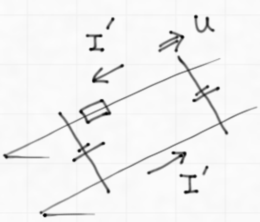


(9) 回路の式　$E = IR$



力は左のようにつりあっているので I は(5)と同じ

$$E = \frac{\mathbf{mgR}}{\mathbf{Bl}}\mathbf{\tan\theta}$$



(10) 回路の式　$V - Bul\cos\theta = IR$

力については(9)同様つりあっている.　$I = \dfrac{mg}{Bl}\tan\theta$

$$u = \frac{V - IR}{Bl\cos\theta} = \frac{BVl\cos\theta - mgR\sin\theta}{B^2l^2\cos^2\theta}$$

京都工芸繊維大 2021

3 (ア) **縦**　(イ) **速い**　(ウ) **屈折**　(エ) **反射**

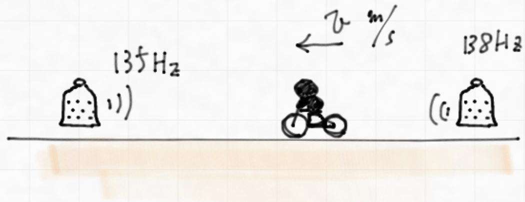
(オ) $\dfrac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \dfrac{V_1}{V_2}$　(カ) **A**　(キ) **B**

(ク) $9\,\mathrm{km/h} = 9000\,\mathrm{m}/3600\,\mathrm{s} = \dfrac{5}{2}$

$$f_{直} = 138 \times \frac{331.5+2.5}{331.5} = 139.0\cdots = \mathbf{139}$$

(ケ) $$f_{反} = 138 \times \frac{331.5-2.5}{331.5} = 136.95\cdots = \mathbf{137}$$

(コ) **うなり**　(サ) $138 - 135 = \mathbf{3}$ Hz



(シ) $$f_{②} = 135 \times \frac{331.5+v}{331.5}$$

$$f_{①} = 138 \times \frac{331.5-v}{331.5}$$

うなりが消えたとあるので $f_{②} = f_{①}$

$$135 \times \frac{331.5+v}{\cancel{331.5}} = 138 \times \frac{331.5-v}{\cancel{331.5}}$$

$$273v = 3 \times 331.5$$

$$v = \frac{994.5}{273} = 3.64\cdots\ \mathrm{m/s} = 3.64 \times 3600 \div 1000 = 13.1 = \mathbf{13}\ \mathrm{km/h}$$