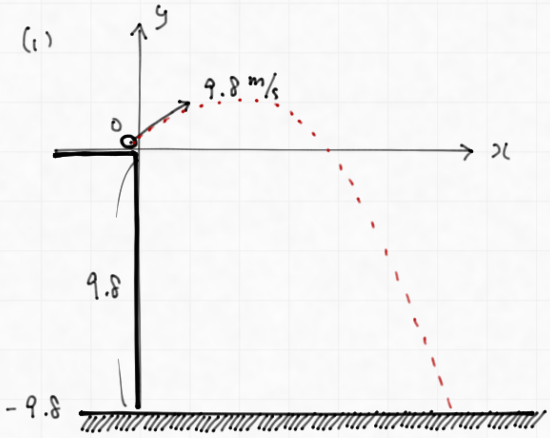
2020 杏林大

1 (1)



$$\begin{cases} x = 9.8 \times \cos 30^\circ\, t \\ v_y = 9.8 \times \sin 30^\circ - 9.8t \\ y = 9.8 \times \sin 30^\circ \times t - \frac{1}{2} \times 9.8 t^2 \end{cases}$$

$y = -9.8$のとき　$-\cancel{9.8}^{\,1} = \cancel{9.8} \cdot \frac{1}{2} t - \frac{1}{2} \cdot \cancel{9.8} \cdot t^2$

$t^2 - t - 2 = 0$　$t = \mathbf{2.0}$

このとき　$x = 9.8 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times 2 = 16.66 = \mathbf{17}$

最高点では $v_y = 0$だから　$t = \frac{1}{2}$

このとき　$x = 9.8 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \times \frac{1}{2} = 4.165 = \mathbf{4.2}$

(2)

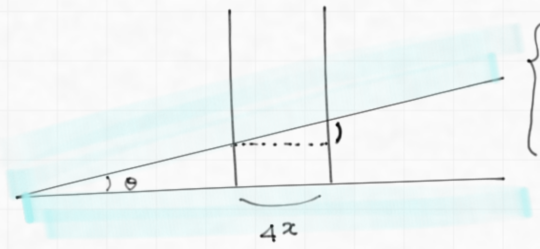
(a) $\cancel{0.90} \times \overset{10}{\cancel{4200}} \times (80 - t) = \cancel{4.2} \times \overset{100}{\cancel{90}} \times (t - 20)$

$t = \frac{820}{11} = 74.54\cdots = \mathbf{75}$

(b) $30 \times (1 + 1.7 \times 10^{-5} \times 30) - 30$

$= 9\cancel{00} \times 1.7 \times 10^{\cancel{-5}\,-3} = 15.3 \times 10^{-3} = 1.53 \times 10^{-2} = \mathbf{1.5 \times 10^{-2}}$

(3)



$$\begin{cases} \Delta x \tan\theta = \frac{1}{2}\lambda \\ \tan\theta = \frac{D}{L} \end{cases}$$

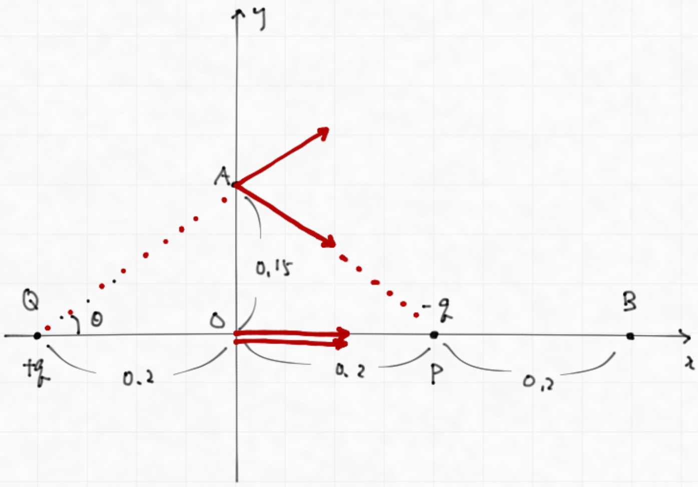
連立して

$\frac{D}{L} \Delta x = \frac{1}{2}\lambda$

$\therefore\ \Delta x = \frac{L}{2D}\lambda$　②

$D = \frac{L\lambda}{2\Delta x} = \frac{\cancel{0.15}^{\,3} \times \cancel{6} \times 10^{\cancel{-7}\,-5}}{\cancel{2} \times \underset{10}{\cancel{1.5}} \times \underset{10^{-2}}{\cancel{10^{-3}}}} = \mathbf{3 \times 10^{-5}}$

2020 杏林大



1 (1) O点 $k_0 \times \frac{q}{0.2^2} \times 2 = 9.0 \times \cancel{10^{9}} \times \frac{\overset{3}{\cancel{6}} \times \cancel{10^{-9}}}{\cancel{4} \times 10^{-2}} \times \cancel{2}$

$= \mathbf{2.7 \times 10^{3}}$ (N/C)

A点 $\overline{AQ} = 0.25$ ∠AQO = θとして

$\cos\theta = \frac{0.20}{0.25} = \frac{4}{5}$

$E_A = k_0 \frac{q}{0.25^2} \cos\theta \times 2$

$= 9.0 \times \cancel{10^{9}} \times \frac{4}{25} \times \frac{1}{10^{-2}} \times 6 \times \cancel{10^{-9}} \times 2 \times \frac{4}{5}$

$= \frac{9 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 8}{125} \times 10^{2} = \mathbf{1.4 \times 10^{3}}$ (N/C)

Bの電位 $V_B = k_0 \times \frac{q}{0.6} - k_0 \cdot \frac{q}{0.2} = -2k_0 q \times \frac{1}{0.6} = -2 \cdot 9.0 \times \cancel{10^{9}} \cdot \cancel{6} \times \cancel{10^{-9}} \times \frac{1}{\cancel{6}} \times 10 = -1.8 \times 10^{2}$

O 〃 $V_0 = 0$

$V_0 - V_B = \mathbf{1.8 \times 10^{2}}$ (V)

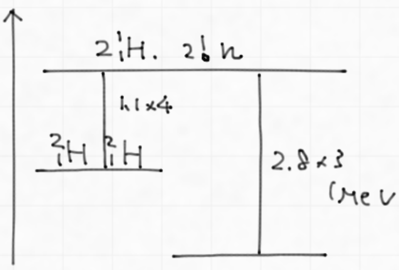
(2) $\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{\overset{2.2}{\cancel{6.6}} \times 10^{\overset{-9}{\cancel{-34}}}}{9.1 \times \cancel{10^{-31}} \times \cancel{3.0} \times \cancel{10^{6}}} = 2.41.. \times 10^{-10} = \mathbf{2.4 \times 10^{-10}}$

$\frac{1}{2}mv^2 = eV$ より $V = \frac{mv^2}{2e} = \frac{9.1 \times \cancel{10^{-31}} \times 9 \times \cancel{10^{12}}}{2 \times 1.6 \times \cancel{10^{-19}}} = \frac{81.9}{3.2} = 25.59.. = \mathbf{26}$ (V)

(3) $^{2}_{1}H + ^{2}_{1}H \longrightarrow ^{A}_{Z}X + ^{1}_{1}H$

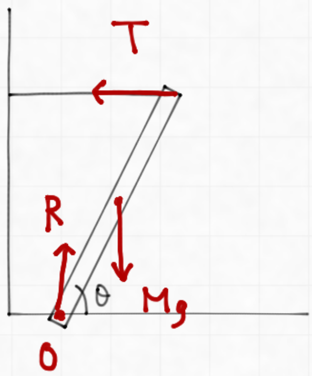
$2 + 2 = A + 1$ より $A = \mathbf{3}$, $1 + 1 = Z + 1$ より $Z = \mathbf{1}$

$-\left(1.1_{(MeV)} \times 2 \times 2 - 2.8 \times 3_{(MeV)}\right) = \mathbf{4.0}$ (MeV)



2020 杏林大

III

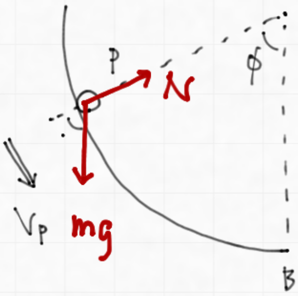


(a) 重心は棒の中央だから $\frac{1}{2}L$

モーメントのつりあい。

$$TL\sin\theta - Mg\times\frac{L}{2}\cos\theta = 0$$ ①

$$T = \frac{1}{2\tan\theta}\times Mg$$ ⑨



(b)
$$\begin{cases} m\dfrac{V_P^2}{h} = N - mg\cos\phi & \cdots (\mathrm{i}) \\ \dfrac{1}{2}mV_P^2 = mgh\cos\phi & \cdots (\mathrm{ii}) \end{cases}$$

(ii)より $V_P = \sqrt{2gh\cos\phi} = \sqrt{2\cos\phi\, gh}$ ⑤

(i)より $N = \frac{m}{\cancel{h}}\times 2g\cancel{h}\cos\phi + mg\cos\phi = 3\cos\phi\, mg$ ⑧

$N\sin\phi$ が最大となったとき N' が最大で

このとき T は最小となる

$$N\sin\phi = 3mg\cdot\cos\phi\sin\phi = \frac{3}{2}mg\sin2\phi$$

$2\phi = \frac{\pi}{2}$ すなわち $\phi = \frac{1}{4}\pi$ のとき

(c) Bに達したときの速さは (オ)の結果で $\phi = 0$ を代入して $\sqrt{2gh}$

Dまで達すると一体として動くので 運動量保存より $m\sqrt{2gh} = (m+3m)V_D$

$$\therefore V_D = \frac{1}{4}\sqrt{2gh} = \frac{\sqrt{2}}{4}\sqrt{gh}$$

完全非弾性衝突だから、エネルギーは保存されない ③

(d) $N' \leqq \frac{3}{2}mg < \frac{Mg}{2\tan\theta}$ を満たせばたるまない

$3m\tan\theta < M$　　　$m_1 = 3\tan\theta\, m$ ③

エネルギーを考えると、棒が動かない方が、小球の速さは速くなる。　$v_1 > v_2$ ②

2020 杏林大

IV (1) $H = \frac{N}{d} I$ ②

$\Phi = B\cdot\pi a^2 = \mu_0 H\cdot\pi a^2 = \frac{N}{d}\cdot\mu_0\pi a^2 I$

$V = -L\frac{\Delta I}{\Delta t} = -N\cdot\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -\frac{N^2}{d}\mu_0\pi a^2\frac{\Delta I}{\Delta t}$ だから $L = \frac{N}{d}\mu_0\pi a^2 N$ ⑧

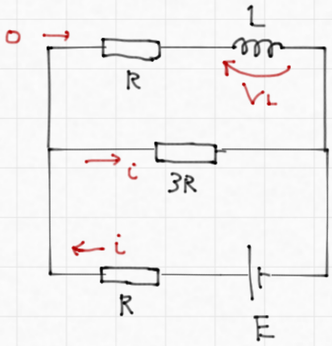
(2) $B = \mu H = \mu\frac{N_1}{d} I$ ⑥

$V_M = -M\frac{\Delta I}{\Delta t} = -N_2\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N_2\cdot\frac{S\Delta B}{\Delta t} = -N_2 S\mu N_1\frac{1}{d}\cdot\frac{\Delta I}{\Delta t}$

$M = \mu N_1 N_2\frac{S}{d} = \mu\frac{N_1}{d}\times N_2 S$ ④

(3) (a) スイッチを閉じた直後，コイルには電流が流れない

直後

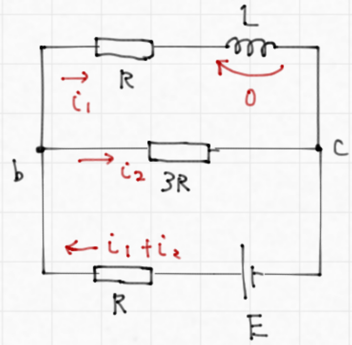


$$\begin{cases} E = iR + i3R \\ 3Ri = V_L \end{cases}$$

$i = \frac{1}{4}\frac{E}{R}$

十分な時間が経ったとき、コイルには定常電流が流れ，コイルにかかる電圧は0となる

十分時間が経った



$$\begin{cases} E = (i_1+i_2)R + i_2\cdot 3R \\ i_1 R = i_2\, 3R \end{cases}$$

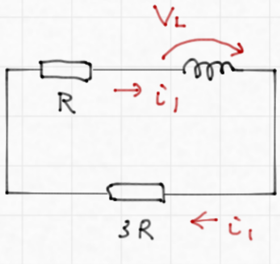
$i_1 = 3i_2$ $E = 7i_2 R$ $i_2 = \frac{E}{7R}$, $i_1 = \frac{3E}{7R} = \frac{3}{7}\frac{E}{R}$

cに対するbの電位は $Ri_1 = \frac{3}{7}E$ だけ高い ①

(b) スイッチを開いた直後、コイルは流れる電流 (i_1) を維持しようとする。

$i_1 = \frac{3}{7}\frac{E}{R}$

スイッチを開いた直後



$V_L = 3Ri_1 + Ri_1$

cに対するbの電位は $-3Ri_1 = -\frac{9}{7}\frac{E}{R}$

これより，bはcより電位が低い ②

(c) つなぐ前の電流は0.

$0 \to \frac{3E}{7R}$ に徐々に増え，スイッチを切ると $\frac{3E}{7R} \to 0$ へ徐々に減る。 ⑤

コイルにかかる電圧は最初は電流を止め，スイッチを開くと流し続けようとするので ⑧