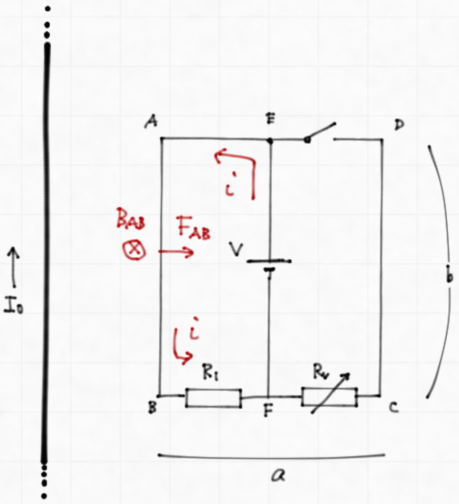
浜松医大2021

1

問1　$B_{AB} = \dfrac{\mu_0 I_0}{2\pi d}$　右ねじの法則より 向きは紙面 **表→裏**



問2　回路を流れる電流を i とする(右図)

$V = iR_1$ より $i = \dfrac{V}{R_1}$

よって 磁場から受ける電磁力は

$$F_{AB} = B_{AB} \times i \times b = \frac{\mu_0 I_0}{2\pi d} \times \frac{V}{R_1} \times b = \frac{\mu_0 b I_0 V}{2\pi d R_1}$$

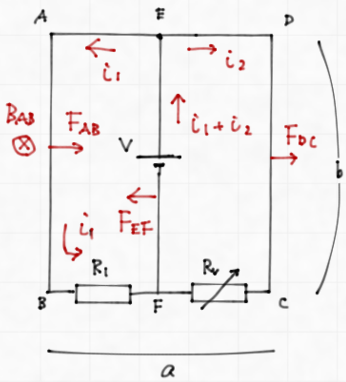
力の向きは左手の法則より **右向き.**

問3　辺ABが受ける力の向きは下向き. 辺BFは上向きの力を受ける.

対称性から. この2つの力の大きさは等しく. 相殺される.

BFが受ける力 F_{EF} について. 向きは(電流の向きが逆だから)逆向きの左向き. 大きさは問1.2と同様に考えて

$$F_{EF} = B_{EF} \times i \times b = \frac{\mu_0 b I_0 V}{2\pi (d + \frac{a}{2}) R_1} \qquad \therefore\ F = \frac{\mu_0 b I_0 V}{2\pi R_1}\left(\frac{1}{d} - \frac{2}{2d+a}\right)$$



問4　回路の式　$V = i_1 R_1 = i_2 R_v$　　$i_1 = \dfrac{V}{R_1}$, $i_2 = \dfrac{V}{R_v}$

$$F = \frac{\mu_0 b I_0 V}{2\pi d R_1} - \frac{\mu_0 b I_0}{2\pi (d + \frac{a}{2})}\left(\frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_v}\right) + \frac{\mu_0 b I_0 V}{2\pi (d+a) R_v}$$

$$= \frac{\mu_0 b I_0 V}{2\pi}\left(\frac{1}{dR_1} - \frac{2}{(2d+a)R_1} - \frac{2}{(2d+a)R_v} + \frac{1}{(d+a)R_v}\right)$$

問5　問4で $F = 0$　　$R_v = R_2$

$$\frac{1}{dR_1} + \frac{1}{(d+a)R_2} = \frac{2}{(2d+a)R_1} + \frac{2}{(2d+a)R_2}$$

$d^2 + ad$

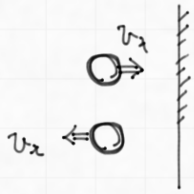
$$(dR_1 + dR_2 + aR_2)(2d+a)\cancel{R_1}\cancel{R_2} = 2(R_1 + R_2)\,d\cancel{R_1}(d+a)\cancel{R_2}$$

$$\cancel{2d^2R_1} + \cancel{adR_1} + \cancel{2d^2R_2} + \cancel{3}adR_2 + a^2R_2 = \cancel{2d^2R_1} + \cancel{2}adR_1 + \cancel{2d^2R_2} + \cancel{2adR_2}$$

$$\cancel{a}dR_2 + a^{\cancel{2}}R_2 = \cancel{a}dR_1 \qquad R_2 = \frac{d}{a+d}R_1$$

問6　$R_2 = \dfrac{\frac{1}{2}a}{a + \frac{1}{2}a}R_1 = \dfrac{1}{3}R_1$

浜松医大2021



2

I 問1 $\boldsymbol{2mv_x}$

問2 1回の衝突に要する時間は $\dfrac{2L}{v_x}$ だから $f_x = \boldsymbol{\dfrac{v_x}{2L}}$

問3 1つの分子が1秒間にあたえる力積は $2mv_x \times f_x$

平均の力を $\bar{f}$ とすると $\bar{f} = 2mv_x \dfrac{v_x}{2L} = \dfrac{mv_x^2}{L}$

Nコの分子が壁を押す力は $\sum^N \bar{f} = \dfrac{m\overline{v_x^2}}{L} \times N$

圧力は $p = \dfrac{m\overline{v_x^2}N}{L} \times \dfrac{1}{L^2}$

ところで $\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$ および $\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2}$ だから $\overline{v_x^2} = \dfrac{1}{3}\overline{v^2}$

これを代入して

$$p = \frac{mN\cdot\frac{1}{3}\overline{v^2}}{L^3} = \boldsymbol{\frac{m\overline{v^2}N}{3L^3}}$$

問4 $U = \dfrac{1}{2}m\overline{v^2} \times N$ に 問3より $m\overline{v^2}N = 3L^3p$ を代入 $U = \boldsymbol{\dfrac{3}{2}L^3p}$

問5 $\dfrac{1}{2}m\overline{v^2} = \dfrac{3}{2}kT$ より $m\overline{v^2} = 3kT$ を代入 $U = \boldsymbol{\dfrac{3}{2}kNT}$

II 問6 $Q = \boldsymbol{I^2rt}$

問7 $p_0L^3 = kNT$

$\downarrow$ $Q = p_0L^2\Delta L + \dfrac{3}{2}kN\Delta T$

$p_0L^2(L+\Delta L) = kN(T+\Delta T)$

$1+\dfrac{\Delta L}{L} = 1+\dfrac{\Delta T}{T}$ より $\Delta T = \dfrac{\Delta L}{L}T$

$\Delta U = \dfrac{3}{2}kN\cdot\dfrac{\Delta L}{L}T = \boldsymbol{\dfrac{3kN\Delta L}{2L}T}$

または $\boldsymbol{\dfrac{3}{2}p_0L^2\Delta L}$

問8 $Q = \dfrac{5}{2}p_0L^2\Delta L$ より $\Delta L = \boldsymbol{\dfrac{2I^2rt}{5p_0L^2}}$

浜松医大2021

3 I　$|PA - PB| = |35 - 42.5| = 7.5$ cm　これは波長5cmの1.5倍だから，距離差によって生じる位相差は $1.5 \times 2\pi = 3\pi$．

ア　初期位相差がないので，位相差は 3π で弱めあう　$0.5 - 0.3 = \mathbf{0.20}$ cm

イ　初期位相の差の π と距離差によって生じる位相差 3π を併せると位相差は 4π で強めあう
よって振幅は　$0.3 + 0.5 = \mathbf{0.80}$ cm

II　$54\,\mathrm{km/h} = 54 \times 10^3 \times \frac{1}{3600} = 15\,\mathrm{m/s}$　　$36\,\mathrm{km/h} = 36 \times 10^3 \times \frac{1}{3600} = 10\,\mathrm{m/s}$

ウ　$\frac{340+15}{800} = \frac{71}{160} = 0.44375 = \mathbf{4.44 \times 10^{-1}}$ m

エ　$f = 800 \times \frac{340+10}{340+15} = \frac{800 \times 350}{355} = 788.7.. = \mathbf{7.89 \times 10^2}$ Hz

オ　$f' = 800 \times \frac{340+10}{340} = 823.5.. = \mathbf{8.24 \times 10^2}$ Hz

III　カ　$\frac{3.00}{1.50} \times 10^8 = \mathbf{2.00 \times 10^8}$ m/s

キ　$\lambda = 6.30 \times 10^{-7} \times \frac{1}{1.50} = \mathbf{4.20 \times 10^{-7}}$ m/s

ク　$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{2.00 \times 10^8}{4.2 \times 10^{-7}} = 0.4761\ldots \times 10^{15} = \mathbf{4.76 \times 10^{14}}$

浜松医大2021

4

問1 (1) **光電効果 , 光電子**

(2) 波長λ_0のとき、飛び出してくる電子の最大エネルギーは0

$$\frac{hc}{\lambda_0} - W = 0 \qquad (W\text{は仕事関数})$$

波長λ_1のとき、飛び出してくる電子の最大速度をvとすると

$$\frac{hc}{\lambda_1} - W = \frac{1}{2}mv^2$$

連立して $\frac{1}{2}mv^2 = \frac{hc}{\lambda_1} - \frac{hc}{\lambda_0} = hc\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_0}\right)$ $\therefore v = \sqrt{\frac{2hc}{m}\left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_0}\right)}$

問2 大気中の$\frac{^{14}C}{^{12}C}$の比をx_0、t年後の木片中の$\frac{^{14}C}{^{12}C}$をxとすると、

$$x = x_0\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5700}}$$

$x = \frac{1}{\sqrt{2}}x_0$のとき $\frac{1}{\sqrt{2}}x_0 = x_0\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{5700}}$ より $2^{-\frac{1}{2}} = 2^{-\frac{t}{5700}}$

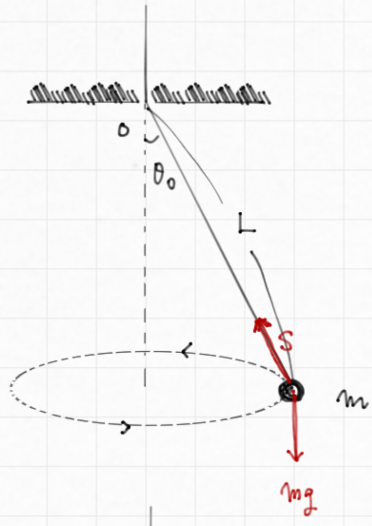
$\therefore \frac{1}{2} = \frac{t}{5700}$ $t = 2850$ $\therefore$ **2.9×10^3 年**

問3

$${}^{223}_{88}Ra \rightarrow {}^{219}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

浜松医大2021

5



鉛直方向(力のつりあい)　$S\cos\theta_0 = mg$

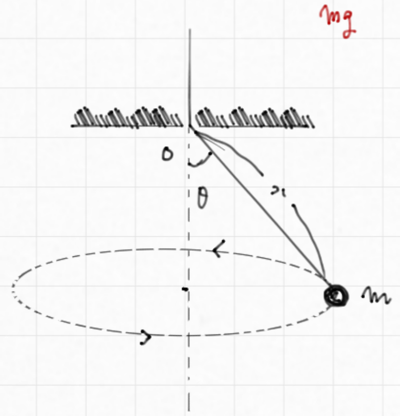
水平方向(運動方程式)　$mL\sin\theta_0\,\omega^2 = S\sin\theta_0$

問1　$S = \dfrac{mg}{\cos\theta_0}$

問2　$\omega = \sqrt{\dfrac{S}{mL}} = \sqrt{\dfrac{g}{L\cos\theta_0}}$,　$T = \dfrac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\dfrac{L\cos\theta_0}{g}}$

問3　$v = L\sin\theta_0\,\omega = \sin\theta_0\sqrt{\dfrac{Lg}{\cos\theta_0}}$

問4　$\dfrac{1}{2}mv^2 = \dfrac{1}{2}m\sin^2\theta_0\dfrac{Lg}{\cos\theta_0} = \dfrac{mgL\sin^2\theta_0}{2\cos\theta_0}$



問5　$mv\cdot L\sin\theta_0 = mv'x\sin\theta$

$$\cancel{m}\sin\theta_0\sqrt{\frac{Lg}{\cos\theta_0}}\cdot L\sin\theta_0 = \cancel{m}\sin\theta\sqrt{\frac{xg}{\cos\theta}}\,x\sin\theta$$

$$\frac{L^3\cancel{g}\sin^4\theta_0}{\cos\theta_0} = \frac{x^3\cancel{g}\sin^4\theta}{\cos\theta}$$

$$L^3\tan\theta_0\sin^3\theta_0 = x^3\tan\theta\sin^3\theta$$　④

問6　$L^3\tan\dfrac{\pi}{6}\sin^3\dfrac{\pi}{6} = x^3\tan\dfrac{\pi}{3}\sin^3\dfrac{\pi}{3}$

$$L^3\frac{1}{\sqrt{3}}\times\frac{1}{\cancel{8}} = x^3\sqrt{3}\times\frac{3\sqrt{3}}{\cancel{8}}$$

$$\left(\frac{x}{L}\right)^3 = \frac{1}{\sqrt{3}^5}\qquad \frac{x}{L} = \frac{1}{(\sqrt{3})^{\frac{2}{3}}}\times\frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{(\sqrt{3})^{\frac{1}{3}}}{3} = \frac{1.20}{3} = 0.4 = \mathbf{4.0\times10^{-1}}$$

問7　$\dfrac{1}{2}mv'^2 = \dfrac{mgx\sin^2\frac{\pi}{3}}{2\cos\frac{\pi}{3}} = mgx\times\left(\dfrac{\sqrt{3}}{2}\right)^2 = \dfrac{3}{4}mgx$

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{mgL\sin^2\frac{\pi}{6}}{2\cos\frac{\pi}{6}} = \frac{mgL\times\frac{1}{4}}{\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{12}mgL$$

$$\frac{\cancel{3}^{\sqrt{3}}}{\cancel{4}}\cancel{mg}x\times\frac{\cancel{12}\,3}{\sqrt{3}\,\cancel{mg}L} = 3\sqrt{3}\frac{x}{L} = 1.2\times\sqrt{3} = 1.2\times1.73 = 2.076 = \mathbf{2.1}$$