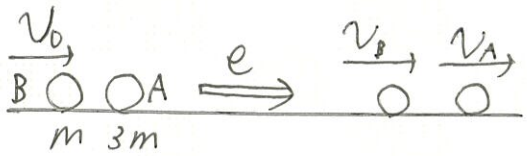
医学部専門予備校　クエスト　解答速報

杏林大学医学部　物理　試験日 1 月 20 日（金）

Ⅰ

(1)



とおく.

(a)

$$v_A = \frac{(1+e)m}{m+3m} v_0$$

$$= \frac{1+e}{4} v_0 = \underbrace{4.4 \times 10^{-1}}_{アイウ} v_0$$

$$v_B = \frac{m - e \cdot 3m}{m+3m} v_0$$

$$= \frac{1-3e}{4} v_0 = -\underbrace{3.2 \times 10^{-1}}_{エオカ} v_0$$

(b) $\frac{1}{2} 3m v_A^2 + \frac{1}{2} m v_B^2$

$$= \frac{1}{2} m v_0^2 \times \underbrace{6.8 \times 10^{-1}}_{キクケ}$$

(2)(c) $h = \frac{1}{2} g t^2$

$$\therefore t^2 = \frac{2h}{g}$$

$$= \frac{2 \times 19.6\,\mathrm{m}}{9.8\,\mathrm{m/s^2}}$$

$$\therefore t = \underbrace{2.0}_{コサ}\,\mathrm{s}$$

(d) エネルギー保存則より,

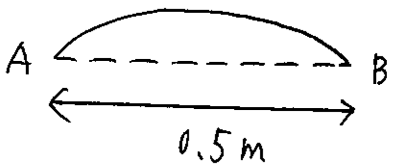
$$mgh = m'c\Delta T$$

$$\therefore \Delta T = \frac{mgh}{m'c}$$

$$= \frac{2\,\mathrm{kg} \times 9.8\,\mathrm{m/s^2} \times 19.6\,\mathrm{m}}{2 \times 10^3\,\mathrm{g} \times 0.90\,\mathrm{J/g \cdot K}}$$

$$\approx \underbrace{2.1 \times 10^{-1}}_{シスセ}\,\mathrm{K}$$

(3) (e)



$$\frac{\lambda}{2} = 0.5\ \mathrm{m}$$

$$\therefore \lambda = 1.0\ \mathrm{m}$$

ソタ

$$V = f\lambda$$
$$= 40\ \mathrm{Hz} \times 1.0\ \mathrm{m}$$
$$= 40\ \mathrm{m/s}$$

チツ

(f)

$$\frac{\lambda}{2} \times 3 = 0.5\ \mathrm{m}$$

$$\lambda \approx 0.33\ \mathrm{m}$$

テト

$$V = f\lambda$$
$$= 60\ \mathrm{Hz} \times \frac{1}{3}\ \mathrm{m}$$
$$= 20\ \mathrm{m/s}$$

ナニ

$$V = \sqrt{\frac{Mg}{\rho}}$$ と表せる.

いま、Vは小になったのでMも小になった. ∴ ①

数値計算はメンドウだが、内容は定期テストレベルである.

II

(1)

$$R=\rho\frac{l}{S}$$

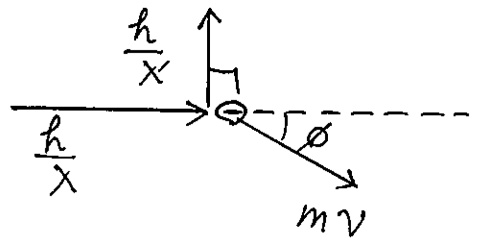
$$=1.1\times10^{-6}\,\Omega\cdot\mathrm{m}\times\frac{12\,\mathrm{m}}{2\times(10^{-3})^2\,\mathrm{m}^2}$$

$$=\underbrace{6.6\,\Omega}_{\text{アイ}}$$

$$RI^2=6.6\,\Omega\times3^2\,\mathrm{A}^2$$

$$\approx\underbrace{59}_{\text{ウエ}}\,\mathrm{J/s}$$

(2)



エネルギー保存則より、

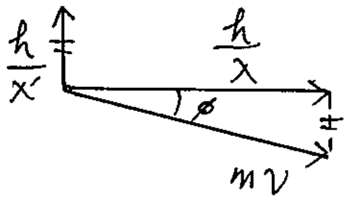
$$\frac{(mv)^2}{2m}=\frac{hc}{\lambda}-\frac{hc}{\lambda'}$$

$$=hc\,\frac{\lambda'-\lambda}{\lambda\lambda'}$$

$$=\frac{6.6\times10^{-34}\,\mathrm{J\cdot s}\times3.0\times10^{8}\,\mathrm{m/s}\times0.2\,\mathrm{m}}{1.2\times10^{-11}}$$

$$\approx\underbrace{3.3\times10^{-15}}_{\text{オカ・キク}}\,\mathrm{J}$$

運動量保存則より、下図が描ける。



$$\tan\phi=\frac{h/\lambda'}{h/\lambda}$$

$$=\frac{\lambda}{\lambda'}$$

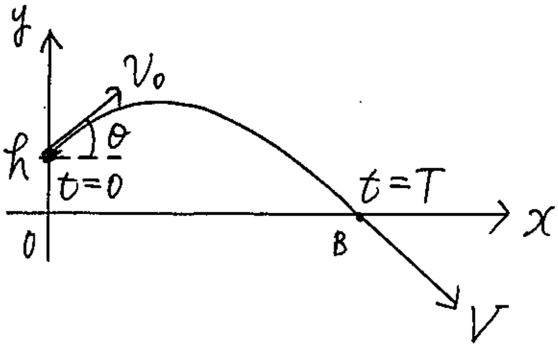
$$\approx\underbrace{0.83}_{\text{ケコ}}$$

(3) 質量数と電荷が保存することから、

$$\underbrace{{}^{30}_{15}}_{\text{サシ・スセ}}X$$

定期テストレベルである。

III



(a) $\begin{cases} v_x = \underbrace{v_0\cos\theta}_{ア} \\ v_y = \underbrace{v_0\sin\theta}_{イ} \underbrace{-g}_{ウ} t \end{cases}$

エネルギー保存則より、

$$\frac{1}{2}mv_0^2 + mgh = \frac{1}{2}mV^2$$

$$\therefore \underbrace{V = \sqrt{v_0^2 + 2gh}}_{エ}$$

$$L = \underbrace{v_0\cos\theta \cdot T}_{オ}$$

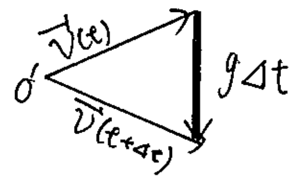
加速度の定義より、

$$\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}(t+\Delta t) - \vec{v}(t)}{\Delta t}$$

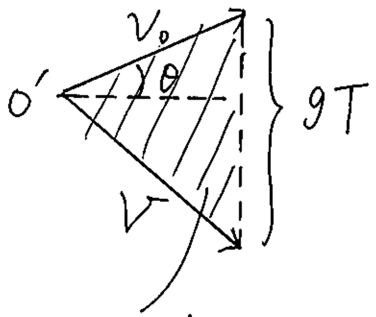
(Δtは微小時間)

$$\therefore \vec{v}(t+\Delta t) - \vec{v}(t) = \vec{a}\Delta t$$

いま、$\vec{a} = (0, -g)$ ゆえ、以下の図が描ける。(このような図を「ホドグラフ」という。)



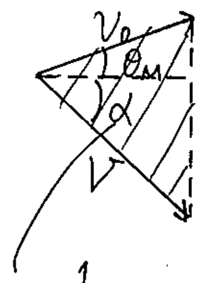
$\therefore \underbrace{④}_{カ}$



$$S = \frac{1}{2}v_0\cos\theta \cdot gT$$

$$\underbrace{= \frac{1}{2}gL}_{キ} \quad (\because v_0\cos\theta \cdot T = L)$$

上式より、L最大のとき、S最大。



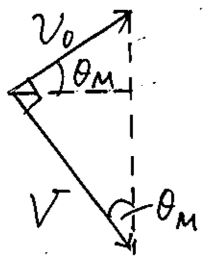
$$S = \frac{1}{2}\underbrace{v_0 V}_{一定}\sin(\theta_M + \alpha)$$

Sが最大になるのは、

$$\theta_M + \alpha = \frac{\pi}{2}$$

のとき。よって、$\underbrace{\alpha = \frac{\pi}{2} - \theta_M}_{(ク)}$

$\theta_M + \alpha = \frac{\pi}{2}$ より、下図が描ける。



$$\underbrace{\tan\theta_M = \frac{v_0}{V}}_{ケ}$$

$$= \frac{v_0}{\sqrt{v_0^2 + 2gh}}$$

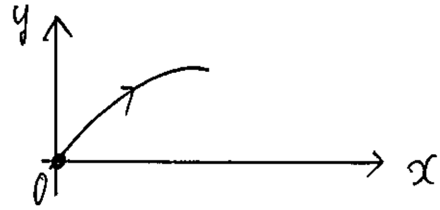
$h > 0$ であれば、

$\tan\theta_M$ の分子 < 分母

$\therefore \tan\theta_M < 1$

$$\therefore \underbrace{\theta_M < \frac{\pi}{4}}_{コ}$$

(b) $h = 0$



$$\begin{cases} x = \underbrace{v_0\cos\theta \cdot t}_{サ} \\ y = \underbrace{v_0\sin\theta \cdot t}_{シ} - \underbrace{\frac{1}{2}gt^2}_{ス} \end{cases}$$

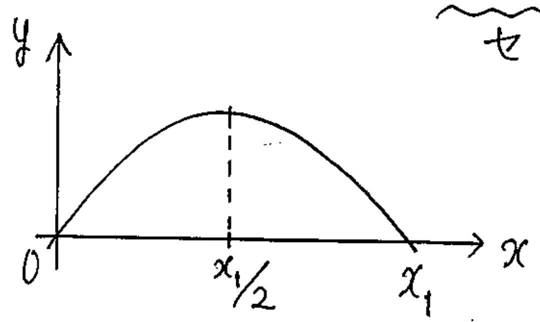
この２式から t を消して、

$$y = \tan\theta \cdot x - \frac{g}{2(v_0\cos\theta)^2}x^2 \cdots ⓐ$$

$y = 0$ として、

$$x = 0,\ \frac{2(v_0\cos\theta)^2}{g\tan\theta} \equiv x_1$$

$$x_1 = \frac{v_0^2\sin 2\theta}{g} \leqq \underbrace{\frac{v_0^2}{g}}_{セ} = L_M$$



y 方向について次の式が成立する。

$$0^2 - (v_0\sin\theta)^2 = 2(-g)y$$

$$\therefore y = \frac{v_0^2\sin^2\theta}{2g} \leqq \underbrace{\frac{v_0^2}{2g} = \frac{L_M}{2}}_{ソタ}$$

ⓐより，

$$y = \tan\theta \cdot x - \frac{g}{2v_0^2}(1+\tan^2\theta)x^2$$

y は θ, x の2変数関数である。

$$(y = f(\theta, x))$$

ここで，上式を $\tan\theta$ でまとめると，

$$\alpha x^2 \tan^2\theta - x\tan\theta + \alpha x^2 + y = 0$$

（ただし，$\frac{g}{2v_0^2} \equiv \alpha$ とした）

$\tan\theta \equiv X$ とおくと，$X \geqq 0 \cdots$ ⓑ

$$\alpha x^2 X^2 - xX + \alpha x^2 + y = 0 \cdots ⓒ$$

条件ⓑの下で X が存在すればよい。…ⓓ

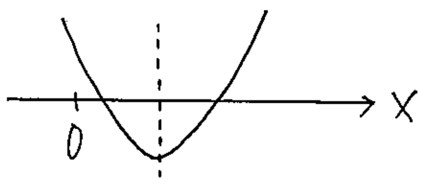
$$f(X) = \alpha x^2 X^2 - xX + \alpha x^2 + y$$

とおくと，

$$\frac{df(X)}{dX} = \alpha x^2 \cdot 2X - x = 0$$

$$\therefore X = \frac{1}{2\alpha x} \quad (x \neq 0 \text{とした})$$

つまり，$f(X)$ の軸は $X = \frac{1}{2\alpha x}(>0)$ である。



以上から，ⓓとなる条件は，「ⓒの判別式 $\geqq 0$」である。

$$\therefore x^2 - 4\alpha x^2(\alpha x^2 + y) \geqq 0$$

$$\therefore y \leqq -\alpha x^2 + \frac{1}{4\alpha}$$

（$x \neq 0$ とした）

ここで $\alpha = \frac{g}{2v_0^2} = \frac{1}{2L_M}$ ゆえ，

$$\underbrace{y \leqq L_M\left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\left(\frac{x}{L_M}\right)^2\right)}_{チツ・テト・ナ}$$

と表せる。

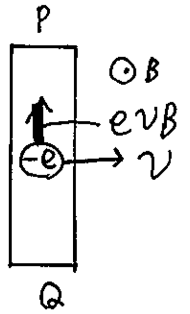
なお，$x=0$ のときは ⓐより $y=0$ である。

ホドグラフの面積から x 方向の距離を考えるのが新鮮である。$\boxed{キ}$～$\boxed{コ}$は学びのある問いであり，復習するに値するだろう。$\boxed{カ}$ができなかった人は，等加速度運動の「公式」をただ覚えていただけであり，定義が頭に入っていないと思われる。我々が覚えるべきなのは公式ではなく定義（や法則や定理の成立条件）である。

本番では$\boxed{ク}$～$\boxed{コ}$，$\boxed{チ}$～$\boxed{ナ}$を捨てた人がほとんどだったと想像する。

IV

(1)



大きさ $\underbrace{evB}_{ア ②}$

向き $\underbrace{+y向き}_{イ ③}$

P側に負電荷が偏るので、電場の向きは $\underbrace{Q \to P}_{ウ ③}$

力のつり合いより、

$$0 = evB - eE$$

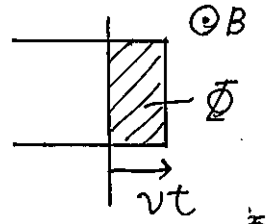
$$\therefore E = vB$$

$$\therefore \Delta\phi = E\Delta y = \underbrace{vBL}_{エ ①}$$

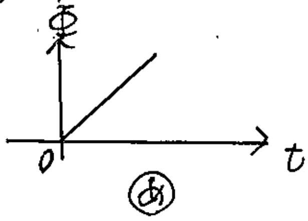
$$\underbrace{\phi_P < \phi_Q}_{オ ②}$$

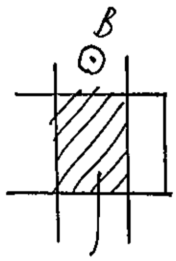
(2)

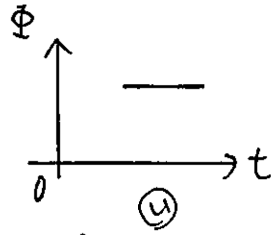
(a)



$$\Phi = BS = BLvt$$







$$\Phi = BL^2 = 一定$$

グラフにあいがあるのは①,②,③
このあと⊗向きのΦは減る。よって、
適切なグラフは $\underbrace{①}_{カ}$

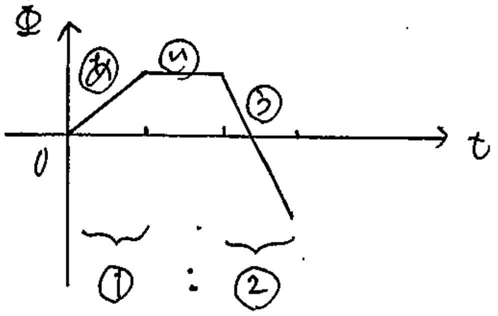
(b) (1)より、$0 \leqq t \leqq \frac{L}{v}$ では起電力εの向きは $S \to R$。よって、Iの値は正。

$$I = \frac{vBL}{r} = 一定$$

よって、④,⑤,⑧のいずれか。

$$|\varepsilon| = \left|\frac{d\Phi}{dt}\right|$$

ゆえ、(a)のグラフ①の傾きを考えると、



あとうで1：2である。ゆえに、Iの大きさも1：2。このことと傾きの正負を考慮すると　⑤　が適切。

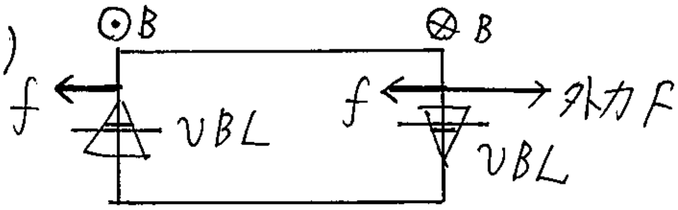
$\underbrace{⑤}_{キ}$

(c)　(b)のグラフを参考にして、

$\underbrace{2L < x < 3L}_{ク\ ③}$ で最大値

$\underbrace{\frac{2vBL}{r}}_{ケコ\ ①}$ をとる。

(d)



$f = LIB$ (アンペール力)

$= L\frac{2vBL}{r}B$

$\therefore F = 2f$

$$= \underbrace{\frac{(2BL)^2 v}{r}}_{サシ\ ⑦}$$

Fの仕事率 $= Fv$

$$= \underbrace{\frac{(2vBL)^2}{r}}_{スセ\ ⑧}$$

(e) エネルギー保存則より、

$Fv = rI^2$

$$= \underbrace{r\left(\frac{2vBL}{r}\right)^2}$$

典型問題。完答したい。