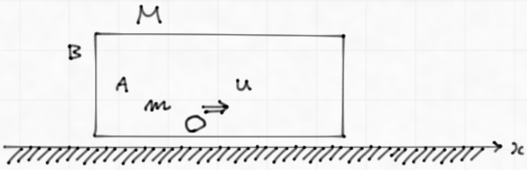
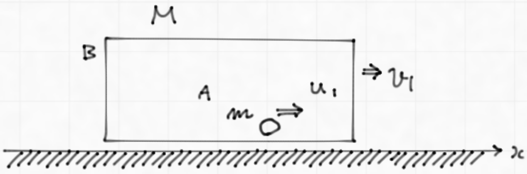
立命館大学2016

1





小球Aの運動量の変化 $= mu_1 - mu$ (い) $=$ 力積 $= \bar{f}\Delta t$

平均の力 $\bar{f} = \dfrac{m(u_1-u)}{\Delta t}$ (ろ)

運動量保存　$mu = mu_1 + Mv_1$

はねかえり　$-e = \dfrac{u_1-v_1}{u-0}$

$$u_1 = \frac{m-eM}{m+M}u \ \text{(は)},\quad v_1 = \frac{(1+e)m}{m+M}u \ \text{(に)}$$

$$\Delta E = \frac{1}{2}mu_1^2 + \frac{1}{2}Mv_1^2 - \frac{1}{2}mu^2$$

$$= \frac{1}{2}u^2\left\{\frac{m(m-eM)^2}{(m+M)^2} + \frac{Mm^2(1+e)^2}{(m+M)^2} - m\right\}$$

$$= \frac{1}{2}mu^2\,\frac{\cancel{m^2} \cancel{-2emM} + e^2M^2 + mM + \cancel{2emM} + e^2mM \cancel{-m^2} - 2mM - M^2}{(m+M)^2}$$

$$= \frac{1}{2}mMu^2\,\frac{(e^2-1)(m+M)}{(m+M)^2} = \frac{(e^2-1)mMu^2}{2(m+M)} \ \text{(ほ)}$$

箱の中の人には速さ eu で進んでくるように見えている

$e<1$ だから $\Delta E<0$　エネルギーは減少する　① a

1回目の衝突から2回目の衝突までに要する時間は $\dfrac{l}{eu}$ (へ)

運動量保存は成立し続けている

$$mu = mu_1 + Mv_1 = mu_2 + Mv_2 = \cdots = mu_n + Mv_n \quad ④ \ b$$

はね返りの式より

$$-eu = u_1 - v_1,\quad -e(u_1-v_1) = u_2 - v_2,\quad -e(u_2-v_2) = u_3 - v_3,\ \cdots$$

$$u_n - v_n = (-e)^n u \quad ② \ c$$

b, cを連立　$mu = mu_n + M(u_n - (-e)^n u)$

$$u_n = \frac{m+(-e)^nM}{m+M}u$$

$$v_n = \frac{1-(-e)^n}{m+M}mu$$

$$\Delta E_n = \frac{1}{2}mu_n^2 + \frac{1}{2}Mv_n^2 - \frac{1}{2}mu^2$$

$$= \frac{1}{2}mu^2\left\{\frac{(m+(-e)^nM)^2}{(m+M)^2} + \frac{(1-(-e)^n)^2Mm}{(m+M)^2} - 1\right\}$$

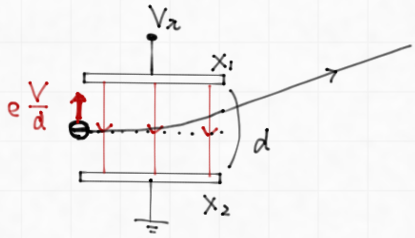
$2(-e)^n m - 2(-e^n)M - 2m$

$$= \frac{mu^2}{2(m+M)^2}\left(\cancel{m^2} + \cancel{2(-e)^n mM} + (-e)^{2n}M^2 + Mm - \cancel{2(-e)^n Mm} + (-e)^{2n}Mm \cancel{-m^2} - 2mM - M^2\right)$$

$$= \frac{mMu^2}{2(m+M)^2}\left\{(-e)^{2n}M - m + (-e^{2n})m - M\right\} = \frac{mMu^2\{(-e^{2n})-1\}}{2(m+M)} \longrightarrow \frac{-mMu^2}{2(m+M)} \ \text{(と)}$$

2

［I］



電場の大きさは $\frac{V_x}{d}$ だから電子は $e\frac{V_x}{d}$ (イ) の大きさの力をx軸正の向き ① (あ) に受ける

電場を通過中のx方向の加速度をαとすると、運動方程式は

$$m\alpha = e\frac{V_x}{d}$$

x方向の速度 v_x と位置 x は

$$v_x = \alpha t \quad , \quad x = \frac{1}{2}\alpha t^2$$

と表される. 電子がコンデンサーのあいだを通過するのに $\frac{l}{v_0}$ 秒を要するので通過直後のx方向の速度 v_{x0} および位置 x_0 は

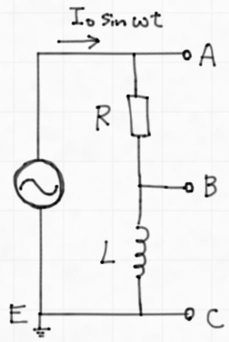
$$v_{x0} = \alpha\frac{l}{v_0} = \frac{elV_x}{mdv_0} \ \text{(ロ)} \qquad x_0 = \frac{1}{2}\alpha\left(\frac{l}{v_0}\right)^2 = \frac{eV_xl^2}{2mdv_0^2}$$

電極を通過後、蛍光面に達するまでにかかる時間は $\frac{D}{v_0}$ (ハ) だから、そのあいだのx方向の変位は $v_{x0}\times\frac{D}{v_0}$ となる. よって

$$x_c = x_0 + v_{x0}\times\frac{D}{v_0} = \frac{eV_xl^2}{2mdv_0^2} + \frac{elV_x}{mdv_0}\times\frac{D}{v_0} = \frac{elD}{mdv_0^2}\left(1+\frac{l}{2D}\right)V_x \ \text{(ニ)}$$

$1 \gg \frac{l}{2D}$ だから

$x_c \fallingdotseq \frac{elD}{mdv_0^2}V_x$ 　　同様に $y_c \fallingdotseq \frac{elD}{mdv_0^2}V_y$



［2］ 抵抗のリアクタンスはRで電流と同位相の電圧がかかるので

$$V_{AB} = I_0R\sin\omega t \ \text{(ホ)}$$

コイルのリアクタンスはωLで電圧の位相は電流よりも $\frac{\pi}{2}$ だけ進んでいる

$$V_{BC} = I_0\omega L\sin\left(\omega t+\frac{\pi}{2}\right) \ \text{(ヘ)}$$

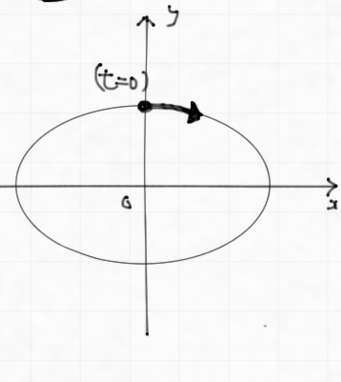
(i) $\frac{elD}{mdv_0^2} = r$ と表す ($\alpha_x = \alpha_y = r$) と

$$x_c = rV_{AB} = rI_0R\sin\omega t$$

Y_1, Y_2 はともに接地したので $V_y = 0$ なので $y_c = rV_y = 0$

これは輝点がx軸方向に単振動することを示しているので軌跡は ⑬ (い)

(ii) $x_c = 0$, $y_c = rI_0\omega L\cos\omega t$ だから軌跡は ⑧ (う)



(iii) $x_c = rI_0R\sin\omega t$, $y_c = rI_0\omega L\cos\omega t = \frac{1}{2}rI_0R\cos\omega t$

軌跡はだ円で ④ (え) 右のように動き始めるので時計まわり ① (お)

(iv) $\omega \to 0$ とすると $y_c \to 0$ となるのでだ円はつぶれてしまう. ⑬ (か)

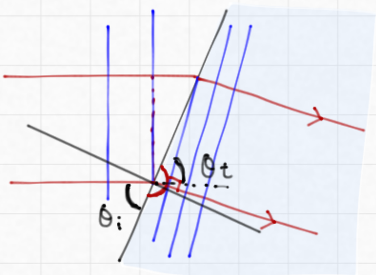
立命館大学2016

3 [1] $f = \dfrac{\omega}{2\pi}$ (あ) , $\lambda = \dfrac{c}{f} = \dfrac{2\pi c}{\omega}$ (い)

$(x_1, y_1, 0)$ での 平面波Aの位相は $(0, 0, 0)$ よりも 距離 x_1 の分だけ遅れることになる。

$$z = E_0 \sin \omega \left(t - \frac{x_1}{c} \right) \quad (う)$$

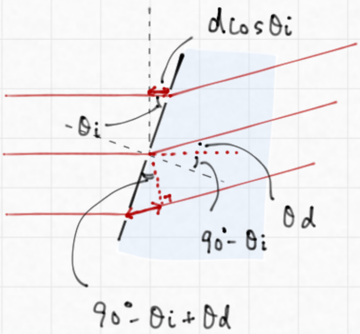
[2] $f_B = f = \dfrac{\omega}{2\pi}$ (え) $c_B = \dfrac{c}{n}$ (お) . $\lambda_B = \dfrac{\lambda}{n} = \dfrac{2\pi c}{\omega n}$ (か)



← θを小さ目に書いた 3 [A] が正しい図.

屈折の式 $\dfrac{\sin(90^\circ - \theta_i)}{\sin(\theta_t - \theta_i)} = \dfrac{n}{1}$ より $\dfrac{\cos\theta_i}{\sin(\theta_t - \theta_i)} = n$ 19 [B]

[3]



左図より、隣りあうスリット間の位相差は

$$\phi_A = \frac{d\cos\theta_i}{\lambda} \times 2\pi = \cancel{2\pi} d\cos\theta_i \times \frac{\omega}{\cancel{2\pi} c} = \frac{d\omega\cos\theta_i}{c} \quad (き)$$

左図より、 $\phi_B = \dfrac{nd\sin(90^\circ - \theta_i + \theta_d)}{\lambda} \times 2\pi = \dfrac{n\omega d\cos(\theta_i - \theta_d)}{c}$ (く)

$\phi_A - \phi_B = 2\pi m$ を満たすとき強めあう 6 [C]