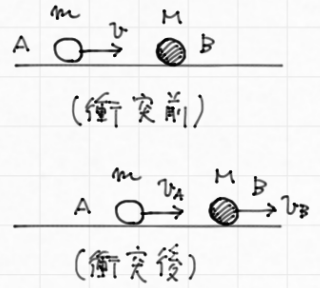


(1) 衝突後の小球 A, B の速度を v_A, v_B とする。



運動量保存 $mv = mv_A + Mv_B$

はねかえりの式 $-1 = \frac{v_A - v_B}{v - 0}$

連立して $v_A = \frac{m-M}{m+M}v$, $v_B = \frac{2m}{m+M}v$ (1)

(2) $P = \frac{1}{2}Mv_B^2 \div \frac{1}{2}mv^2 = \frac{M}{m} \frac{4m^2}{(m+M)^2} \times \frac{1}{m} = \frac{4mM}{(m+M)^2}$

$= \frac{4 \cdot \frac{M}{m}}{(1 + \frac{M}{m})^2} = \frac{4\beta}{(1+\beta)^2} = f(\beta)$ とする

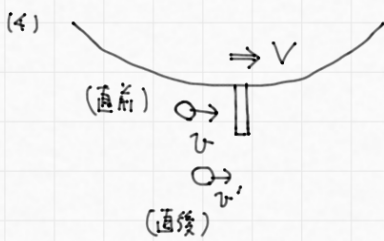
$f'(\beta) = \frac{4(1+\beta) - 4\beta \times 2(1+\beta)}{(1+\beta)^4} = \frac{4(1-\beta)}{(1+\beta)^3}$ また $f(0) = 0$, $f(1) = \frac{4 \cdot 1}{8} = \frac{1}{2}$, $f(1) = 1$

$P = f(\beta)$ のグラフは原点 $(\beta, P) = (0, 0)$ を通り $\beta = 1$ で極大 $f(1) = \frac{1}{2}$ となっており。

これらの値と合致するグラフは (b) (1)

(3) (2) の考察より, $\beta = 1$ のとき最大で, このとき $P = 1$ (2)

$\beta = 1$ のとき $m = M$ だから $v_A = 0$, $v_B = v$ (1)



衝突直後の小球の速度を v' とする (1)

衝突直前の相対速度 $v - V$ から -1 倍の $v' - V$ に変わった

はねかえり $-1 = \frac{v' - V}{v - V}$ $v' = -v + 2V$

これが 0 となるのは $-v + 2V = 0$ より $V = \frac{1}{2}v$ (2)

歯車の角速度を ω とすれば $V = R\omega$ より $\omega = \frac{V}{R} = \frac{v}{2R}$ (2)

にしておけばよいことが分かる。

(5) 衝突は $\frac{d}{v}$ 秒毎に起こり, その際 mv の大きさの力積を受けたので。

平均の力を \bar{f} とすると $\bar{f} \times \frac{d}{v} = mv$ より $\bar{f} = \frac{mv^2}{d}$ となる。

S および T で, この力から受けるモーメントの和は

$\bar{f} \times R \times 2 = \frac{2mv^2R}{d}$ (2)

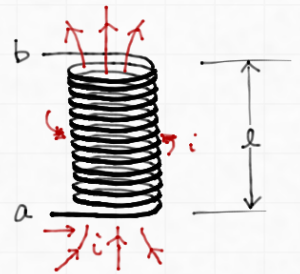
小球が失うエネルギーを歯車を受けとっているので 仕事率 P は

$P = \frac{1}{2}mv^2 \times 2 \div \frac{d}{v} = \frac{mv^3}{d}$ (1)

(1) コイルに生じる磁場の強さは $H = \frac{N}{l} i$

磁束密度 $B = \mu_0 H$ 磁束量は

$$\Phi = BS = \frac{\mu_0 S N^2 i}{l}$$



ソレノイドコイルP
(N回巻)

(2) $V = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -N \frac{\mu_0 S N^2}{l} \frac{\Delta i}{\Delta t}$ より起電力の大きさは $\frac{\mu_0 S N^2 \Delta i}{l \Delta t}$

その向きは磁束の変化(右図で上向きに増加)を妨げる向きで

$b \rightarrow a$ の向き

(3) $V = -N \frac{\mu_0 S N^2}{l} \frac{\Delta i}{\Delta t} \equiv -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$ より $L = \frac{\mu_0 S N^2}{l}$

(4) S_2 を閉じた直後はコイルを流れる電流は 0 のままで維持される。

その後 + 分の時間が経ったときの電流は抵抗値 R (Ω) の

2つの抵抗が並列になっているので $E \div \frac{R}{2} = \frac{2E}{R}$ (A)

に落ちつく。(このときコイルには逆起電力が発生(aが高電位))

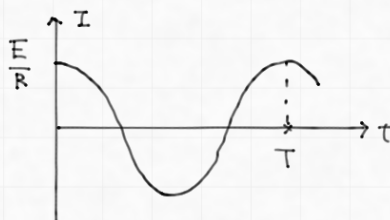
そこで S_1 を閉くと抵抗値が R に変わり、+ 分の時間が経

た後、電流は $\frac{E}{R}$ に近づいていく。電流は (4)

コイルには順方向に大きさ E の電圧が発生し、その後

0 に近づく。電圧は (4)

(5) $\frac{1}{2} L \left(\frac{2E}{R}\right)^2 = \frac{2LE^2}{R^2}$



(6) 電気振動

(7) 周期 T は $T = 2\pi\sqrt{LC}$

$\frac{1}{4}$ 周期後、初めて電流が 0 になったので $\frac{\pi}{2}\sqrt{LC}$

(8) 電流が 0 となるとき、コンデンサに蓄えられている電荷は最大(これを Q_0 とする)

エネルギー保存則より

$$\frac{1}{2} L \left(\frac{E}{R}\right)^2 = \frac{Q_0^2}{2C} \quad \text{より} \quad Q_0 = \frac{E}{R} \sqrt{LC}$$

このときの電圧が最大 $\frac{Q_0}{C} = \frac{E}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$

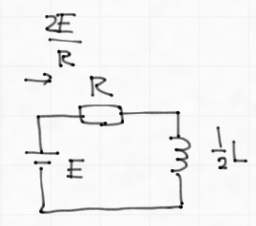
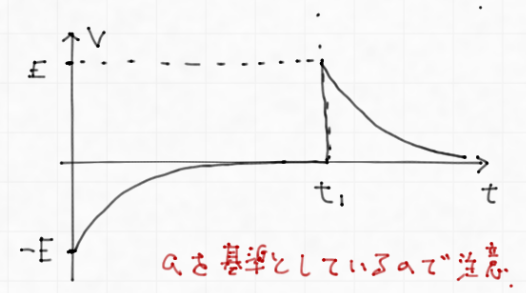
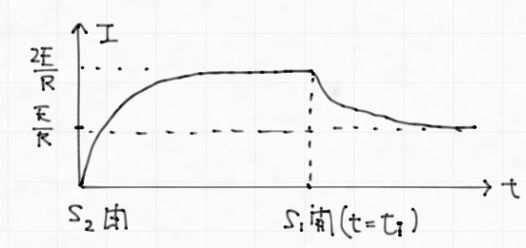
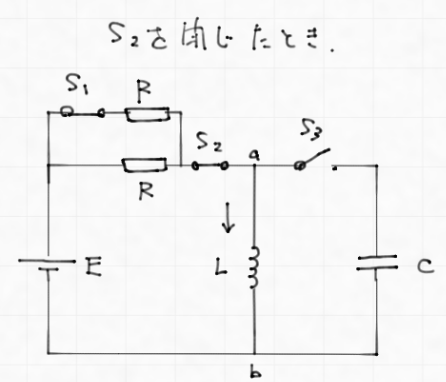
(9) コイルの自己インダクタンスは $\frac{1}{2}$ 倍となっている。 t_1 直後の電流は $\frac{2E}{R}$ で

維持されているので回路の式は

$$E - \frac{1}{2} L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{2E}{R} \times R$$

であり 自己インダクタンスが $\frac{1}{2}$ 倍となっても変わらず E (V) (bが高電位) \therefore 同じ

(10) 誘導起電力が小さくなっているため、電流値を維持する働きは小さく、変化は速くなる



3

(1) $A + C + \frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{2} + B$ $C = B - A$

(2) $\frac{\sin C}{\sin B} = \frac{1}{n_p}$

(3) 全反射するための条件 $\sin B \geq \frac{n_s}{n_p}$ かつ
 "りきり" 成立してゐるのだから

$\sin B = \frac{n_s}{n_p}$ $\cos B = \sqrt{1 - \sin^2 B} = \sqrt{1 - \left(\frac{n_s}{n_p}\right)^2}$

(4) $\sin D = n_p \sin C = n_p \sin(B - A)$
 $= n_p \sin B \cos A - n_p \cos B \sin A = n_p \cdot \frac{n_s}{n_p} \cos A - n_p \sqrt{1 - \left(\frac{n_s}{n_p}\right)^2} \sin A$
 $= n_s \cos A - \sqrt{n_p^2 - n_s^2} \sin A$

(5) $\sqrt{n_p^2 - n_s^2} \sin A = n_s \cos A - \sin D$ を両辺二乗 ($n_s \cos A - \sin D > 0$)

$(n_p^2 - n_s^2) \sin^2 A = n_s^2 \cos^2 A - 2 n_s \cos A \sin D + \sin^2 D$

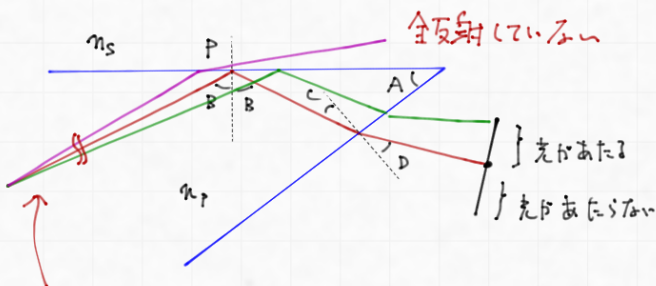
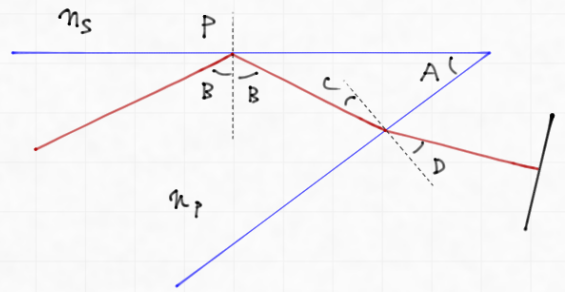
$n_s^2 - 2 \cos A \sin D n_s - n_p^2 \sin^2 A + \sin^2 D = 0$

$n_s = \cos A \sin D \pm \sqrt{\cos^2 A \sin^2 D + n_p^2 \sin^2 A - \sin^2 D}$

$= \cos A \sin D \pm \sin A \sqrt{n_p^2 - \sin^2 D}$

ここで $n_s \cos A - \sin D > 0$ より $n_s > \frac{\sin D}{\cos A}$ であり、 $\cos A \sin D < \frac{\sin D}{\cos A}$ なるので

$n_s = \cos A \sin D + \sin A \sqrt{n_p^2 - \sin^2 D}$



点光源から入射しているから
 平行光線ではない

(6) Pより右側で反射可能な光は全反射可能。

Pより右側で反射可能な光は全反射しない。

(入射角が大きいから)

したがって 上半分にだけ光が到達可能。

(7)