PV

直前講習

解答

Z会東大進学教室

直前東医歯大物理

【2 回目】

問題

【1】

《解答》

(1)

$$\underline{ma = -kx + mg - mA}$$

(2)

$$ma = -kx + mg - mA = -k\left\{x - \frac{m}{k}(g - A)\right\} = -k(x - x_0)$$

$$\therefore \quad x_0 = \underline{\frac{m}{k}(g - A)}$$

(3)

$$a = -\frac{k}{m}(x - x_0) = -\omega^2(x - x_0) \qquad \therefore \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\therefore \quad T_0 = \frac{2\pi}{\omega} = \underline{2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}}$$

(4) $x_0 = 0$ として，

$$A = \underline{g}$$

(5) $A = 0$ として，新たなつりあい位置 (振動中心)$x_0{}'$ は

$$x_0{}' = \underline{\frac{m}{k}g}$$

質点は $x = 0$ から初速 0 で動き出し，$x_0{}'$ を中心に振動するから，

$$D = \underline{\frac{m}{k}g}$$

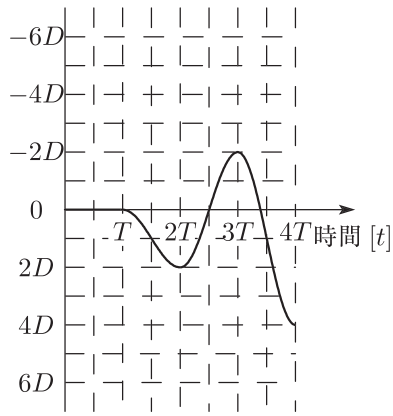
(6) 領域① と同じだから振動の中心は，

$$x_0 = \underline{0}$$

(7) 領域② では $x_0{}'$ 中心の単振動で，領域③ の開始の $t = 2T$ の時に質点が $x = 0$ に戻ってくればよい．すなわち $T < t < 2T$ の間に 1 回の振動をすればよいから，$T = \underline{T_0}$.

(8) $t = 2T$ でばねが最大の伸び，つまり $x = 2D$ であればよいから，時間 T の間に半周期分運動すればよい．よって $T = \underline{\frac{1}{2}T_0}$.

(9) すべての領域で時間周期は同じ．振動の中心が入れ替わり振幅が増加していくから下図.



(10) 偶数番号の最後の時に質点の変位が最大になる．その値は n 番目で nD である．したがってそのときに位置エネルギーが最大でその値は,

$$\frac{1}{2}k(nD)^2 = \underline{\frac{1}{2}n^2\frac{m^2}{k}g^2}$$

配点

(1)〜(3) 各 4 点　(4)〜(8) 各 3 点 ((5) は完答)　(9) 5 点　(10) 4 点

【2】

《解答》

I (1) 時刻 $t=0$ のときに発生させた音波は，時刻 $t=\dfrac{t_0}{2}$ に反射板に到達するから，

$$c\cdot\frac{t_0}{2}=R_1+v\cdot\frac{t_0}{2}\qquad\therefore\quad t_0=\underline{\frac{2R_1}{c-v}}$$

同様に，

$$c\cdot\frac{t_1-T}{2}=R_1+vT+v\cdot\frac{t_1-T}{2}$$
$$\therefore\quad t_1=\underline{\frac{(c+v)T+2R_1}{c-v}}$$

(2) (1) より，

$$t_1-t_0=\frac{c+v}{c-v}T$$

また，時刻 $t=0$ から $t=T$ の間に発生させた音波の数より，

$$fT=f_1(t_1-t_0)\qquad\therefore\quad f_1=\frac{fT}{t_1-t_0}=\underline{\frac{c-v}{c+v}f}$$

(3) うなりの振動数 $\varDelta f_1$ は，

$$\varDelta f_1=f-f_1=\frac{2v}{c+v}f\qquad\therefore\quad v=\underline{\frac{\varDelta f_1}{2f-\varDelta f_1}c}$$

II (1) 発生させた音波が反射板にあたり，音源の位置に戻ってくるまでの時間が，$\varDelta t$ の自然数倍であればよい．

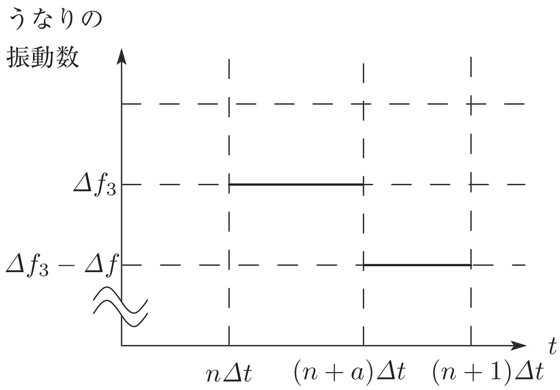
(2) 自然数を n として，(1) の条件を立式して，

$$\frac{2R_2}{c}=n\varDelta t$$

一方，

$$\varDelta f_2=n\varDelta f\qquad\therefore\quad R_2=\underline{\frac{\varDelta f_2}{2\varDelta f}c\varDelta t}$$

(3) (1) の条件を満たさないとき，時刻 $t=(n+a)\Delta t$ には，反射板で反射して戻ってきた音波の振動数が Δf 大きくなる．すなわち，うなりの振動数は Δf 小さくなる．よって変化の様子は <u>下図</u>.



(4) 発生させた音波が反射板にあたって，音源の位置に戻ってくるまでの時間を $(n_1+a)\Delta t$ とおくと，

$$\frac{2R_3}{c}=(n_1+a)\Delta t$$

このとき，

$$\Delta f_3-\Delta f=n_1\Delta f$$

以上 2 式より n_1 を消去して，

$$\underline{R_3=\left(\frac{\Delta f_3}{\Delta f}+a-1\right)\frac{c\Delta t}{2}}$$

配点

I(1) 各 3 点　(2) 4 点　(3) 4 点

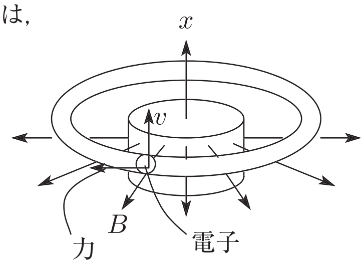
II(1) 4 点　(2) 5 点　(3) 6 点　(4) 5 点

【3】

《解答》

(1) 電気素量を e とすると，右図より，電子は $+x$ 向きから眺めて時計回りにローレンツ力 $f = evB$ を受ける．よって誘導電場は，

$$E = \frac{f}{e} = \frac{evB}{e} = vB$$



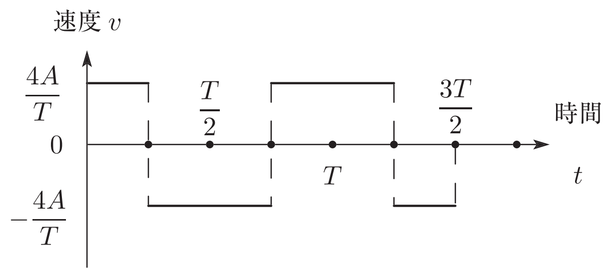
この電場による誘導起電力は，

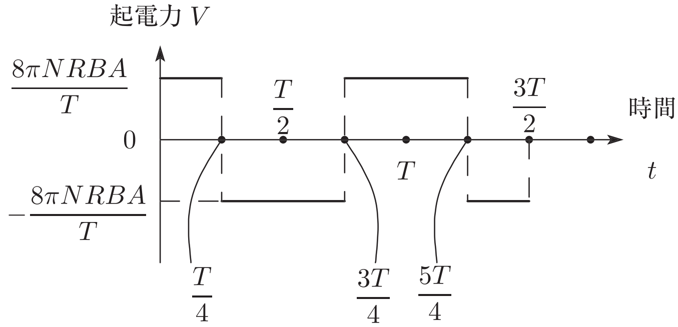
$$V = \underline{2\pi NRvB}$$

このとき，$v > 0$ で P が Q より高電位.

(2) 各々の領域の v を求め，<u>下図</u>．なお，起電力の最大値は，

$$V = 2\pi NRB \cdot \frac{4A}{T} = \frac{8\pi NRBA}{T}$$





(3) 2 つのコイルの半径をそれぞれ，R，R' とする．ここでコイルの位置に半径 R，R' で高さ h の等しい 2 つの円筒を考えると，x 軸を軸とする円筒の側面を貫く磁力線の数は，円筒の半径に関係なく一定であるから，それぞれの円筒側面における磁束密度を B，B' とすると，各コイルが x 方向に h 変位したときコイルを貫く磁束は，

$$\Phi = 2\pi RhB = 2\pi R'hB' \qquad \therefore \quad RB = R'B'$$

この式は，磁束密度が半径に反比例することを示す．よって，(1) の結論から起電力の大きさは変わらないことが分かる．

(4) 自由電子は磁場と垂直な方向に運動する場合，磁場からローレンツ力を受ける．コイルが x 軸を中心として回転運動するときは，自由電子が受ける力は導線断面の上下方向に働くだけで，導線方向には電位差を生じないので，運動を検出できない．これに対して x 軸方向に運動する場合は前述の通り端子 PQ 間の起電力の測定から，コイルの速度変化を求めることができる．

配点

(1) 6 点　(2) 10 点　(3) 7 点　(4) 7 点

PV

直前東医歯大物理

【2 回目】

Z-KAI

会員番号		氏　名	