**解答**　Ⅰ　(Ⅰ)　**問 1**　$T_1=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{M}{k}}$　**問 2**　$x_1=\sqrt{\frac{M}{k}}v_0$　**問 3**　(b), (c)　(Ⅱ)　**問 4**　解説参照

**問 5**　$F=\frac{mkx}{M+m}$　**問 6**　$\mu\geqq\frac{v_0}{g}\sqrt{\frac{k}{M+m}}$　(Ⅲ)　**問 7**　$v_0=2\mu'g\sqrt{\frac{2M}{k}}$　**問 8**　$\frac{1}{2\sqrt{2}}v_0$

Ⅱ　(Ⅰ)　(1)　$L\frac{\Delta I}{\Delta t}$　(2)　$\frac{V}{r}$　(3)　$\frac{nV}{r}$　(Ⅱ)　(4)　$CV$　(5)　$\frac{1}{2}CV^2$　(6)　$\frac{V}{L}$　(7)　a　(8)　$\frac{1}{\omega C}$　(9)　$\omega L$　(10)　$\omega CV$

(11)　$\frac{V}{\omega L}$　(12)　$\frac{1}{\sqrt{LC}}$　(13)　(d)　(14)　$nV\sqrt{\frac{C}{L}}$　(15)　$\mu_0 n^2\ell A$　(16)　$\ell$, $A$, $d$　(17)　$W$

Ⅲ　(Ⅰ)　**問 1**　$h=\frac{r^2}{2R}$　**問 2**　②，理由は解説参照　**問 3**　$r_m=\sqrt{\left(m-\frac{1}{2}\right)R\lambda}$　**問 4**　②

(Ⅱ)　**問 5**　$n=n_1$または$n=n_2$　**問 6**　解説参照　(Ⅲ)　**問 7**　②　**問 8**　$d_1=\frac{\lambda}{2n}$　**問 9**　解説参照

**解説**　Ⅰ　(Ⅰ)　**問 1**　ばねが$x$縮んだとき，Aの運動方程式は，

$$Ma=-kx$$

$$a=-\frac{k}{M}x \text{より，} \omega=\sqrt{\frac{k}{M}}$$

$$\therefore T_1=\frac{2\pi}{\omega}\times\frac{1}{4}=\frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{M}{k}}$$

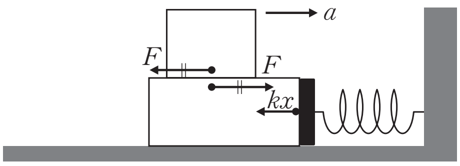
**問 2**　エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}M{v_0}^2=\frac{1}{2}k{x_1}^2$$

$$\therefore x_1=\sqrt{\frac{M}{k}}v_0$$

**問 3**　**問 1** より，$k$が大きく$M$が小さくなれば，$T_1$は短くなる。

(Ⅱ)　**問 4**　力の関係は下図のようになる。




よって，A，B各運動方程式は，

$$\begin{cases} Ma=-kx+F & \text{（物体Aの運動方程式）} \\ ma=-F & \text{（物体Bの運動方程式）} \end{cases}$$

**問 5**　**問 4** の式を辺々加えて，

$$(M+m)a=-kx$$

$$a=-\frac{k}{M+m}x$$

$$\therefore F=-ma=\frac{m}{M+m}kx$$

**問 6**　物体Bが物体Aに対してすべらないためには，

$$F\leqq\mu mg$$

を満たさなければならない。また，エネルギー保存則より最大の縮み$x_{\text{Max}}$は，

$$x_{\text{Max}}=\sqrt{\frac{M+m}{k}}v_0$$

$$\therefore \mu\geqq\frac{F}{mg}=\frac{1}{M+m}\cdot\frac{k}{g}\sqrt{\frac{M+m}{k}}v_0$$

$$=\frac{v_0}{g}\sqrt{\frac{k}{M+m}}$$

(Ⅲ)　**問 7**　ばねが最大で$\ell$縮んだとすると，動摩擦力のした仕事分のエネルギーは減少するので，

$$\frac{1}{2}M{v_0}^2=\mu'Mg\cdot 2\ell=\mu'Mg\ell+\frac{1}{2}k\ell^2$$

$$\therefore \ell=\frac{2\mu'Mg}{k}$$

$$v_0=2\sqrt{\mu'g\ell}=2\mu'g\sqrt{\frac{2M}{k}}$$

**問 8**　ばねが自然長から$x$縮んでいるときの速さを$v'$とすると，エネルギー保存則より，

$$\frac{1}{2}k\ell^2=\frac{1}{2}Mv'^2+\frac{1}{2}kx^2+\mu'Mg(\ell-x)$$

$$v'^2=-\frac{k}{M}(x^2-\ell x) \quad \text{（問 7 より）}$$

$$=-\frac{k}{M}\left\{\left(x-\frac{\ell}{2}\right)^2-\frac{\ell^2}{4}\right\}$$

$$\leqq\frac{k\ell^2}{4M}=\frac{M{v_0}^2}{8M}=\frac{1}{8}{v_0}^2$$

$$\therefore v'\leqq\frac{1}{2\sqrt{2}}v_0$$

Ⅱ　(Ⅰ)　下図の状態を考える。


$\Delta t$間に$\Delta I$変化したとすると，コイルに生ずる誘導起電力の大きさ$V$は，

$$V=L\frac{\Delta I}{\Delta t} \quad \cdots(1)$$

となる。十分時間がたち，電流が一定値$I$を保つとすると，

$$V=Ir \qquad \therefore I=\frac{V}{r} \quad \cdots(2)$$

コイルに生じる磁場の強さ$H_1$は，

$$H_1=nI=\frac{nV}{r} \quad \cdots(3)$$

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

(Ⅱ)　$S_1$，$S_3$を閉じると下図のようになる。

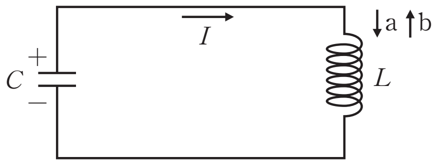

十分時間がたち，コンデンサーに蓄えられた電荷$Q$は，

$$Q=CV \qquad \cdots(4)$$

であり，静電エネルギー$U$は，

$$U=\frac{1}{2}CV^2 \qquad \cdots(5)$$

$S_1$を開き，$S_2$を閉じると下図のようになる。




$S_2$を閉じた直後は，コンデンサーに$V$の電位差があるので，

$$V=L\frac{\Delta I}{\Delta t} \qquad \therefore \frac{\Delta I}{\Delta t}=\frac{V}{L} \qquad \cdots(6)$$

となる。コンデンサーの電荷が0になるとき，コイルにはaの向きに電流が流れ，コンデンサーは正負逆に充電される。この充電と放電がくり返される結果，振動電流が流れる。この角周波数を$\omega$とすると，コンデンサー，コイルのリアクタンス$R_C$，$R_L$は，

$$R_C=\frac{1}{\omega C},\ R_L=\omega L \qquad \cdots(8),\ (9)$$

となる。電圧の最大値は$V$なので，振動電流の最大値は，

$$I_{C\,\mathrm{Max}}=\frac{V}{R_C}=\omega CV,\ I_{L\,\mathrm{Max}}=\frac{V}{R_L}=\frac{V}{\omega L} \qquad \cdots(10),\ (11)$$

これは等値なので，

$$\omega CV=\frac{V}{\omega L} \qquad \therefore \omega=\frac{1}{\sqrt{LC}} \qquad \cdots(12)$$

また，電流の時間変化は，(d)となり，エネルギーの総和が等しいことと，$H_2=nI_{L\,\mathrm{Max}}$より，

$$\frac{1}{2}CV^2=\frac{1}{2}L\left(\frac{H_2}{n}\right)^2$$

$$\therefore H_2=nV\sqrt{\frac{C}{L}} \qquad \cdots(14)$$

コイル内部に一様な磁場が生じるので，自己インダクタンスは，

$$L=\mu_0 n^2 \ell A \qquad \cdots(15)$$

とも表せる。コンデンサーは，

$$C=\varepsilon_0\frac{W}{d}$$

で表せるため，$H_2$を大きくするためには，

$$H_2=nV\sqrt{\frac{\varepsilon_0 W}{\mu_0 n^2 \ell A d}}$$

$$=\sqrt{\frac{\varepsilon_0 W}{\mu_0 \ell A d}}\cdot V$$

より，$\ell$，$A$，$d$　を小さく，$W$を大きくすればよい。

…(16)，(17)

Ⅲ　(Ⅰ)　**問1**　右図で，三平方の定理より，

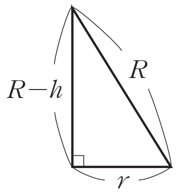
$$R^2=r^2+(R-h)^2$$

$$=r^2+R^2\left(1-\frac{h}{R}\right)^2$$

$$\fallingdotseq r^2+R^2\left(1-\frac{2h}{R}\right)$$

$$\therefore 2hR=r^2$$

$$h=\frac{r^2}{2R}$$




**問2**　接点O付近は，光路差がほぼ0で，かつ平面ガラスの上面で反射した光は位相が逆になるため，暗くなる。

**問3**　光路差は$2h$なので，

$$\left(m-\frac{1}{2}\right)\lambda=2h=\frac{r_m{}^2}{R}$$

$$\therefore r_m=\sqrt{\left(m-\frac{1}{2}\right)R\lambda}$$

**問4**　同位相の波の干渉となるため，$r_m$は暗輪となる。

(Ⅱ)　**問5**　屈折率の大小によって反射が生じ，その光路差により，2波が干渉する。よって，$n=n_1$または$n=n_2$のとき，屈折率が等しい境界では反射が起こらないため，ニュートンリングは見えない。

**問6**　$1.0<n<n_1$または$n>n_2$のときは，逆位相の波が干渉し，光路差が$2nh$なので，

$$r_m=\sqrt{\left(m-\frac{1}{2}\right)\frac{R\lambda}{n}}$$

$n_1<n<n_2$のとき，同位相の波が干渉するので，

$$r_m=\sqrt{m\frac{R\lambda}{n}}$$

(Ⅲ)　$n_1=n_2$の仮定より，$n<n_1$または$n>n_2$のときで，逆位相の波の干渉となる。

**問7**　$m$番目の明輪半径を$r_m'$とすると，

$$\left(m-\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n}=\frac{r_m{}^2}{R}=\frac{r_m'^2}{R}+2d$$

となり，$r_m>r_m'$

**問8**　光路差$2nd_1$が1波長分になればよいので，

$$\lambda=2nd_1 \qquad \therefore d_1=\frac{\lambda}{2n}$$

**問9**　**問7**の解説の式において，1番目の明輪半径が0になるのは，

$$\left(1-\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n}=2d$$

のとき，すなわち　$d=\frac{\lambda}{4n}=\frac{d_1}{2}$のとき。

$d\geqq\frac{d_1}{2}$の高さになると，それまで2番目の明輪だったものが1番目の明輪となるので，

$$\left(m+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n}=\frac{r_m{}^2}{R}+2d \quad \cdots①$$

となる。この式において，1番目の明輪半径が0になるの

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

は，

$$\left(1+\frac{1}{2}\right)\frac{\lambda}{n}=2d$$

すなわち $d=\dfrac{3\lambda}{4n}=\dfrac{3}{2}d_1$ のとき。

$d\geqq\dfrac{3}{2}d_1$ の高さでは，同様に

$$\left(m+\frac{3}{2}\right)\frac{\lambda}{n}=\frac{{r_m}^2}{R}+2d \quad \cdots②$$

と表せる。以上①，②より，

(i)　$d_1<d<\dfrac{3}{2}d_1$ のとき，

$$r_m=\sqrt{\left(m+\frac{1}{2}\right)\frac{R\lambda}{n}-2Rd}$$

(ii)　$\dfrac{3}{2}d_1\leqq d<d_2$ のとき，

$$r_m=\sqrt{\left(m+\frac{3}{2}\right)\frac{R\lambda}{n}-2Rd}$$

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。