藤柴理系

1.(1) 小球Aが地面に落下するまでの時間をt_A[s]とおくと、次式が成立する。

$\frac{1}{2}(-g)t_A^2+v_At_A=0$　※鉛直上向きを正としているのでgの符号は負。

$t_A\neq 0$として上式を整理すると以下のようになる。

$\frac{1}{2}(-g)t_A+v_A=0$ … $t_A=2v_A/g$

以上から求める時間は次のようになる。

$\underline{2v_A/g}$ //

1.(2) 力学的エネルギー保存則より、地面における位置エネルギーをゼロとすると次式が成立する。

$\frac{1}{2}m_Bv_B^2+m_Bgh=\frac{1}{2}m_Bv_B'^2$　※m_B:小球Bの質量、v_B':地面直前での速さ

上式をv_B'について整理すると求める速さは次のようになる。

$\underline{\sqrt{v_B^2+2gh}}$ //

1.(3) 小球Bを投射する瞬間の時刻をt=0[s]として、小球Bの地面からの高さに関する方程式を立てると次のようになる。

$$\frac{1}{2}(-g)\left(\frac{2v_A}{g}\right)^2+v_B\left(\frac{2v_A}{g}\right)+h=0$$

上式をv_Bについて整理すると次のようになる。

$\underline{v_B=v_A-gh/(2v_A)}$ //

1.(4) 小球Bの地面直前での速さは、(2)(3)の解を用いて次のように求められる。

$$\sqrt{\left(v_A-\frac{gh}{2v_A}\right)^2+2gh}=\sqrt{v_A^2+gh+\frac{g^2h^2}{4v_A^2}}=\sqrt{\left(v_A+\frac{gh}{2v_A}\right)^2}=v_A+\frac{gh}{2v_A}$$

この瞬間の小球Aの速さはv_A[m/s]なので、小球Bに対する小球Aの相対速度は次のように求められる。

$(-v_A)-[-\{v_A+gh/(2v_A)\}]=gh/(2v_A)$

※鉛直上向きを正としているので速度の符号は負。

以上から求める相対速度は次のようになる。

$\underline{gh/(2v_A)}$ //

雁柴瑠象

1.(5) 小球Cの斜面に沿った方向における力のつり合いの式を立てると次のようになる。

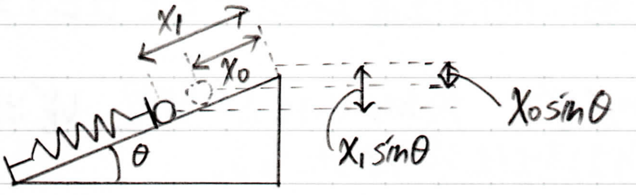
$$-k(-x_0)-mg\sin\theta=0$$　※斜面上方を正としている。

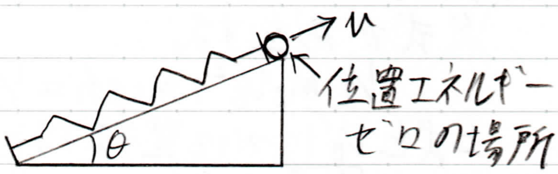
↑ばねは縮んでいるので変位の符号は負。

上式をx_0について整理すると次のようになる。

$$x_0=mg\sin\theta/k \quad //$$

1.(6) 題意の状況を図示すると以下のようになる。





上図右に示すように位置エネルギーの基準を定める。

これより力学的エネルギー保存則より次式が成立する。

$$\frac{1}{2}kx_1^2+mg(-x_1\sin\theta)=\frac{1}{2}mv^2$$

上式をvについて整理すると次のようになる。

$$v=\sqrt{(k/m)x_1^2-2gx_1\sin\theta} \quad //$$

小球Cが斜面から投射された後の運動については次式が成立する。

$$0^2-(v\sin\theta)^2=2(-g)H$$

↑最高点では鉛直方向の速度はゼロ

上式をHについて整理し、$\theta=30[°]$を代入すると次のようになる。

$$H=\frac{v^2\sin^2\theta}{2g}=\frac{\sin^2\theta}{2g}\left(\frac{k}{m}x_1^2-2gx_1\sin\theta\right)=\frac{kx_1^2}{2mg}\cdot\sin^2\theta-x_1\sin^3\theta$$

$$=\frac{kx_1^2}{2mg}\cdot\left(\frac{1}{2}\right)^2-x_1\left(\frac{1}{2}\right)^3=\frac{1}{8}\left(\frac{kx_1^2}{mg}-x_1\right)$$

以上から求める高さHは次のようになる。

$$H=\frac{1}{8}\left(\frac{kx_1^2}{mg}-x_1\right) \quad //$$

藤紫瑾奕

1.(7) 小球Cの運動方程式を立てると次のようになる。

$ma = -kx + mg\sin\theta$　※斜面を下る方向を正 ← (8)の条件より、

上式を整理すると次のようになる。

$a = -\underbrace{\frac{k}{m}}_{\text{ここが}\omega^2\text{に対応。}}\left(x - \frac{mg}{k}\sin\theta\right)$ → 振動の中心位置は $x = \frac{mg}{k}\sin\theta$ であると分かる。

この単振動における角振動数を ω[rad/s]とおくと次のようになる。

$\omega = \sqrt{k/m}$

周期Tは $T = 2\pi/\omega$ と表わされるので、求める式は次のようになる。

$T = 2\pi\sqrt{m/k}$ //

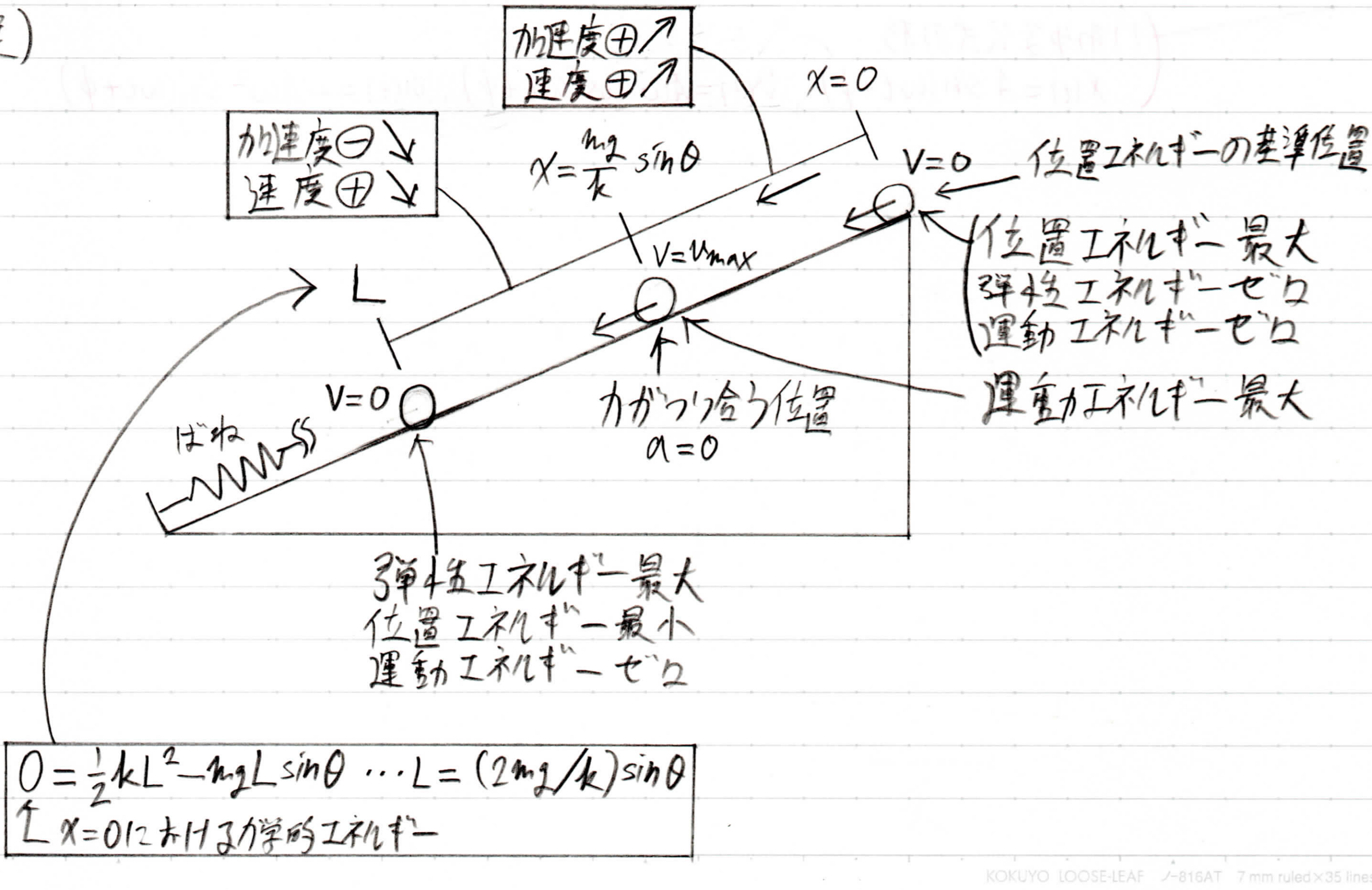
初期条件(弾性エネルギー、運動エネルギーはゼロ)より斜面の上端が位置エネルギーの最大位置となる。また、振動の中心位置は $x = (mg/k)\sin\theta$ なので、$x = 0$(斜面上端)とこの中心位置との距離Aが振幅となる。

$A = (mg/k)\sin\theta - 0 = (mg/k)\sin\theta$

単振動における速さの最大値は $A\omega$ と表わされるので、求める式は次のようになる。

$v_{max} = g\sin\theta\sqrt{m/k}$ //

(補足)



藤柴理系

1.(8) 前問の途中で求めた振幅A、角振動数ω、及び初期条件から小球の位置$x(t)$は次のように表わせる。

$$x(t) = A\sin(\omega t + \theta_0) + \underline{(mg/k)\sin\theta} = (mg/k)\sin\theta\cdot\sin(\omega t+\theta_0) + (mg/k)\sin\theta$$

初期位相↑　　↑振動の中心位置。オフセット分として加える。

$$x(0) = (mg/k)\sin\theta\cdot(\sin\theta_0 + 1) = 0 \cdots \sin\theta_0 = -1 \cdots \theta_0 = -\pi/2$$

上記の内容をまとめると$x(t)$は次のようになる。

$$x(t) = \frac{mg\sin\theta}{k}\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) + \frac{mg\sin\theta}{k} = -\frac{mg\sin\theta}{k}\cos\omega t + \frac{mg\sin\theta}{k}$$

小球の位置$x(t)$の式が得られたので速度$v(t)$、加速度$a(t)$の式は以下のようになる。

$$v(t) = \frac{mg\sin\theta}{k}\cdot\omega\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = g\sin\theta\sqrt{\frac{m}{k}}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$= v_{max}\sin\omega t$$

$$a(t) = -\frac{mg\sin\theta}{k}\cdot\omega^2\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right) = -g\sin\theta\sin\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

$$= -g\sin\theta\cdot(-\cos\omega t) = g\sin\theta\cos\omega t$$

以上から求める加速度の式は次のようになる。

$$g\sin\theta\cdot\cos\left(\sqrt{\frac{k}{m}}\,t\right) \;/\!/$$

いわゆる公式の形

$x(t) = A\sin(\omega t+\phi)$、$v(t) = A\omega\cos(\omega t+\phi)$、$a(t) = -A\omega^2\sin(\omega t+\phi)$

No.

Date

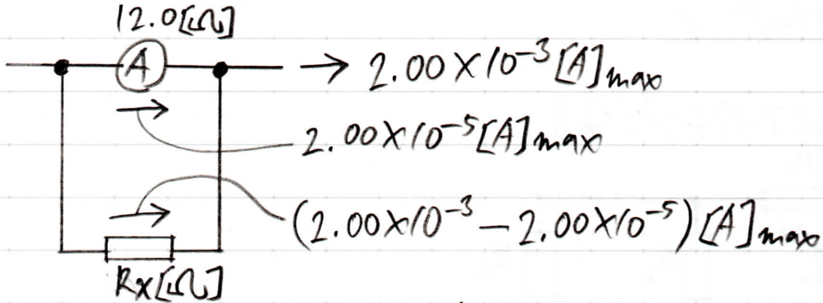
藤柴拉多

2.(1) 電流計に流れる電流をバイパスするため、電流計に並列に抵抗を接続する必要がある。$\therefore$ A:② //

電圧計に加わる電圧を分圧するため、電圧計に直列に抵抗を接続する必要がある。$\therefore$ B:① //

2.(2) 知識問題。$\therefore$ ア:e、イ:b //

2.(3) 分流器に関する回路図を描くと以下のようになる。



電流計と抵抗の端子間電圧は等しいので、次式が成立する。

$$2.00\times10^{-5}\times12.0=(2.00\times10^{-3}-2.00\times10^{-5})R_x$$

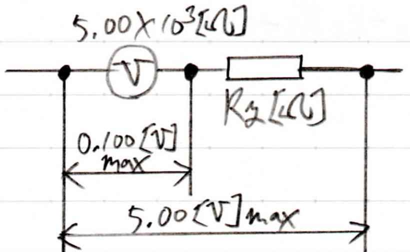
上式をR_xについて整理すると次のようになる。

$$R_x=\frac{2.00\times10^{-5}\times12.0}{2.00\times10^{-3}-2.00\times10^{-5}}=\frac{2.40\times10^{-4}}{1.98\times10^{-3}}=1.21\times10^{-1}$$

以上から求める値は次のようになる。

X: 1.21×10^{-1} //

倍率器に関する回路図を描くと以下のようになる。



$$\rightarrow I_{max}=\frac{0.100[V]}{5.00\times10^{3}[\Omega]}=2.00\times10^{-5}[A]$$

電圧計と抵抗を流れる電流は等しいので、次式が成立する。

$$0.100/5.00\times10^{3}=(5.00-0.100)/R_x$$

上式をR_xについて整理すると次のようになる。

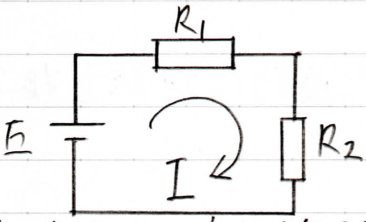
$$R_x=\frac{(5.00-0.100)\times5.00\times10^{3}}{0.100}=\frac{4.90\times5.00\times10^{3}}{1.00\times10^{-1}}=\frac{2.45\times10^{4}}{1.00\times10^{-1}}=2.45\times10^{5}$$

以上から求める値は次のようになる。

Y: 2.45×10^{5} //

藤学理系

2.(4) 回路図を描くと以下のようになる。



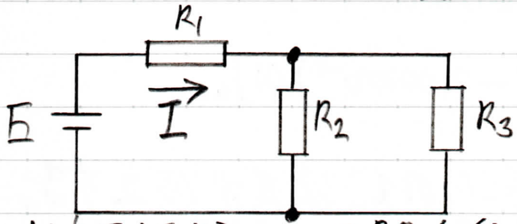
上図より求める電流は次のようになる。

$E/(R_1+R_2)$ //

抵抗R_1における消費電力はR_1I^2と表わせるので、求める式は次のようになる。

$R_1E^2/(R_1+R_2)^2$ //

2.(5) 回路図を描くと以下のようになる。



上図より直流電源からみた回路全体の抵抗Rは次のように求められる。

$$R = R_1 + R_2R_3/(R_2+R_3) = (R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1)/(R_2+R_3)$$

これより直流電源から供給される電流Iは次のように表わされる。

$$I = E/R = E(R_2+R_3)/(R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1)$$

抵抗R_2に流れる電流は分流則より、$R_3I/(R_2+R_3)$となるので、求める電流は次のように計算される。

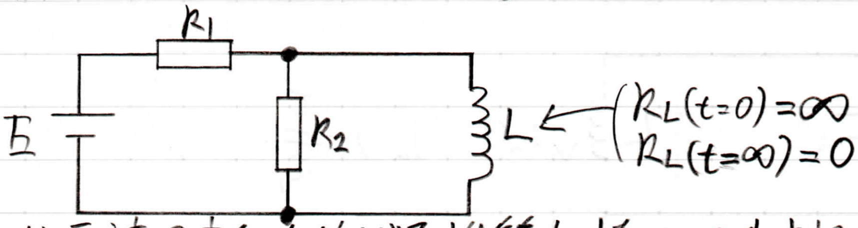
$$\frac{E(R_2+R_3)}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}\cdot\frac{R_3}{R_2+R_3} = \frac{ER_3}{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}$$

以上から求める電流は次のようになる。

$ER_3/(R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1)$ //

藤崇理季

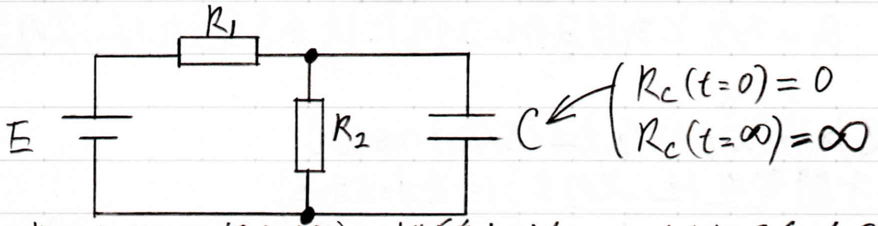
2.(6) 回路図を描くと以下のようになる。



コイルは電流の変化を妨げる性質を持つ。これよりスイッチS_2、S_4を閉じた瞬間は、コイルに電流は流れない。そして十分時間が経過した場合、コイルは導線と同じ性質を持つ。
以上から求める解は次のようになる。

直後：$E/(R_1+R_2)$、十分時間経過：E/R_1 //

2.(7) 回路図を描くと以下のようになる。



コンデンサーは電荷を蓄える性質を持つ。これよりスイッチS_3を閉じた瞬間は、一気に電流が流れ、見かけ上抵抗値がゼロとなる。そして十分時間が経過した場合、電流が流れなくなり、断線と同じ状態となる。
以上から求める解は次のようになる。

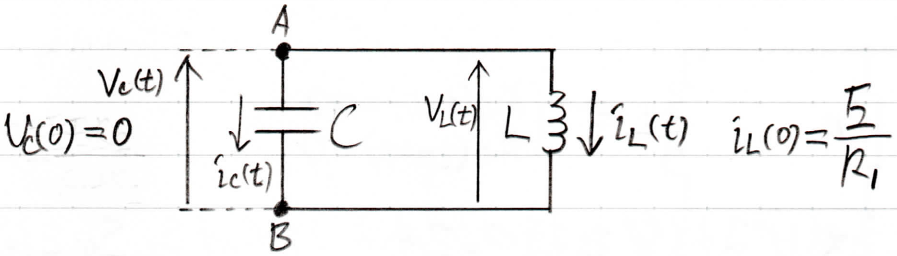
直後：0、十分時間経過：$ER_2/(R_1+R_2)$

分圧則より。

電流の最大値はE/R_1、
コンデンサーの抵抗値は$R_C(t=0)=0$
なので$(E/R_1)\cdot R_C(t=0)=0$。

藤堂理系

2.(8) 回路図を描くと以下のようになる。



上の回路図の中で示しているコイルに流れる電流の式を次のように定める。

$i_L(t)=I_0\sin(\omega t+\theta_0)$ $\begin{cases} I_0：\text{電流の振幅} \\ \omega：\text{角周波数} \\ \theta_0：\text{初期位相} \end{cases}$

初期条件より、電流に直流成分はなく $i_L(0)=E/R_1$ であるから次式が成立する。

$E/R_1 = I_0\sin\theta_0 =$ (電流の絶対値の最大値)

上式より $I_0=E/R_1$, $\theta_0=\pi/2$ とおけるのでコイルに流れる電流は次のように表わされる。

$i_L(t)=(E/R_1)\sin(\omega t+\pi/2)=(E/R_1)\cos\omega t$

これよりコイルの端子間電圧は次のように表わされる。

$v_L(t)=(\omega L)(E/R_1)\cos(\omega t+\pi/2)=(\omega LE/R_1)(-\sin\omega t)$

$=-(\omega LE/R_1)\sin\omega t$ ↑コイルの電圧は電流に対してπ/2進む。

また、$v_C(t)=v_L(t)$ となるので、コンデンサーに流れる電流は次のように表わされる。

$i_C(t)=-(\omega LE/R_1)(1/\omega C)^{-1}\sin(\omega t+\pi/2)$

$=-(\omega^2 LCE/R_1)\cos\omega t$ ↑コンデンサーの電流は電圧に対してπ/2進む。

ここでキルヒホッフ第一法則を点Aに適用すると以下の式が成立する。

$i_L(t)+i_C(t)=0$

$(E/R_1)\cos\omega t-(\omega^2LCE/R_1)\cos\omega t=(E/R_1)\cos\omega t\cdot(1-\omega^2LC)=0$

$1-\omega^2LC=0 \quad \therefore \omega=1/\sqrt{LC}$

上式より角周波数ωが求められたので、以上から求める解は次のようになる。

周期：$2\pi\sqrt{LC}$ $\quad(\because T=2\pi/\omega)$

電位：$-\frac{E}{R_1}\sqrt{\frac{L}{C}}\cdot\sin\left(\frac{t}{\sqrt{LC}}\right)$ $\quad\left(\because v_C(t)=v_L(t)=-\frac{\omega LE}{R_1}\cdot\sin\omega t\right)$

角周波数$\omega=1/\sqrt{LC}$は単純に公式として考えて、周期$2\pi\sqrt{LC}$を回答。
その後、コイルの電流・電圧の式を考えて、電位V_Aの式を回答するのが本来の流れ。
厳密に解こうとすると上記のような答案になる。

藤笠理系

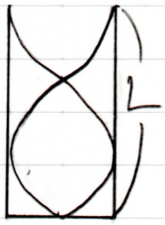
3.(1) 題意より弦には腹が3つあるので波長は次のようになる。

$2l/3$ //

また、振動数は速度を波長で割る事によって求められるので次のようになる。

$3v/(2l)$ //

気柱は3倍振動で固有振動しているので節の位置は次のようになる。



$z=0,\ 2L/3$ //

この振動における波長は $4L/3$ となるので振動数は次のようになる。

$3V/(4L)$ //

前の問いの解答より弦と気柱の振動数は一致するので次式が成立する。

$3v/(2l) = 3V/(4L)$

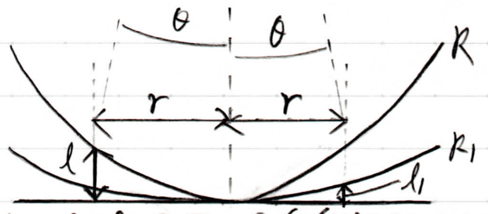
上式を整理すると次式が導かれる。

$v/V = l/(2L)$ //

3.(2) 知識問題。∴ニュートンリング //

知識問題。∴ $r=\sqrt{mR\lambda}$、赤色 // ※赤色の波長は緑色の波長よりも長い。

題意の状況を図示すると以下のようになる。



$\begin{cases} \sin\theta \simeq r/R \\ \cos\theta \simeq 1 - r^2/(2R^2) \end{cases}$

↑ 高校物理でよく用いられる近似。

上図より図中の l, l_1 の長さ(近似)は以下のように表わされる。

$$l = R - R\cos\theta = R\{1-1+r^2/(2R^2)\} = r^2/(2R)$$

$$l_1 = R_1 - R_1\cos\theta = R_1\{1-1+r^2/(2R_1^2)\} = r^2/(2R_1)$$

これより光路差 $2(l-l_1)$ が求められ、干渉縞の暗い輪の半径を r、波長を λ、正の整数を m とおくと次式が成立する。

$$2\left(\frac{r^2}{2R} - \frac{r^2}{2R_1}\right) = m\lambda \quad \dots \quad r^2 \cdot \frac{R_1-R}{RR_1} = m\lambda \quad \dots \quad r = \sqrt{\frac{m\lambda RR_1}{R_1-R}}$$

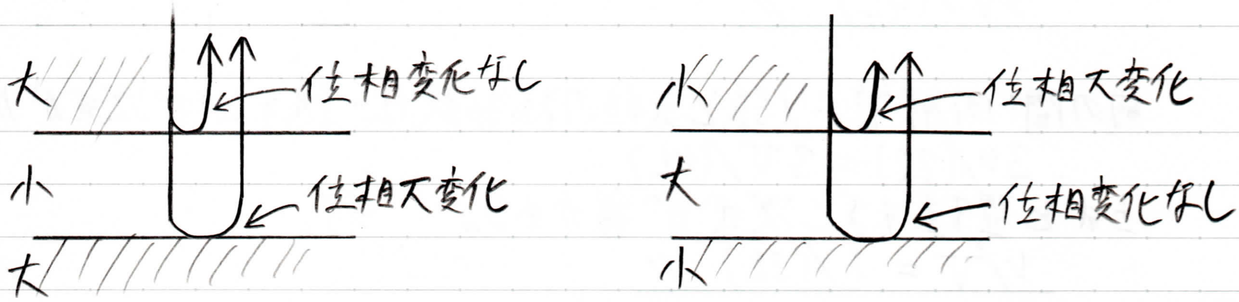
以上から求める式は次のようになる。

$$r = \sqrt{\frac{m\lambda RR_1}{R_1-R}}$$ //

藤柴瑶系

3.(2続) 光線の波長が空気中においてλの場合、この光線が絶対屈折率nの物質中を進む際、その波長はλ/nとなる。
これより前の問いの解を用いると求める式は次のようになる。

$$r=\sqrt{\frac{m(\lambda/n)RR_1}{R_1-R}}=\underline{\sqrt{\frac{m\lambda RR_1}{n(R_1-R)}}}\quad //$$

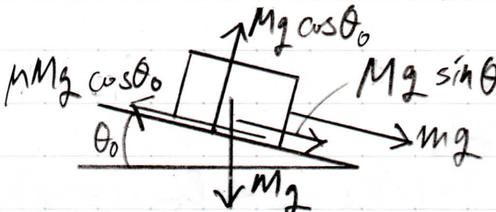


藤柴理季

4.(1) 物体Aの静止摩擦力と物体Bに作用する重力がつり合っているので求める力の大きさは次のようになる。

mg //

4.(2) 力のベクトルを図示すると以下のようになる。



※物体Aが滑り出す直前の状態

斜面に沿った方向におけるつり合いの式を立てると次のようになる。

$$\mu Mg\cos\theta_0 = Mg\sin\theta_0 + mg$$

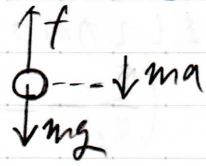
上式を整理すると静止摩擦係数μは次のようになる。

$\mu = (M\sin\theta_0 + m)/(M\cos\theta_0)$ //

4.(3) 物体Aが滑っていく方向を正として、運動方程式を立てると次のようになる。

$$Ma = -\mu' Mg\cos\theta + Mg\sin\theta + f$$

$$ma = mg - f$$



上の式からfを消去すると次のようになる。

$$Ma = -\mu' Mg\cos\theta + Mg\sin\theta + m(g-a)$$

上式をaについて整理すると、求める加速度の大きさは次のようになる。

$(Mg\sin\theta - \mu' Mg\cos\theta + mg)/(M+m)$ //

4.(4) 電流が流れる導体棒に生じる力の大きさは次のようになる。

$$(E/R_1)BL$$

この力の大きさと物体Bに作用する重力がつり合っているので、次式が成立する。

$$EBL/R_1 = mg$$

上式をR_1について整理すると、求める抵抗値は次のようになる。

$R_1 = EBL/(mg)$ //

また、導体棒は静止状態なので、電磁誘導による起電力は生じず、導体棒自身の抵抗はゼロなので、PとQの電位は等しくなる。

従って選択肢は次のようになる。

ウ //

No.

Date

藤筆理系

4.(5) 電流が流れる導体棒に生じる力の大きさは次のようになる。

$(E/R_2)BL$

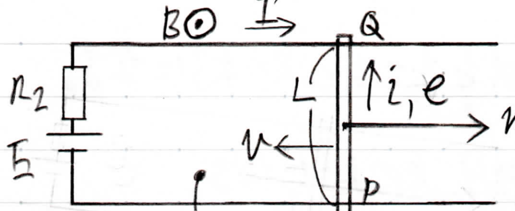
ここで物体Bの運動方程式を立てると次のようになる。

$ma = EBL/R_2 - mg$　　※上昇する向きを正としている。

上式を加速度aについて整理すると次のようになる。

$EBL/(mR_2) - g$ //

4.(6) 題意の状況を図示すると以下のようになる。



$I = E/R_2$, $e = vBL$, $i = e/R_2$

加速度はゼロなので、力の大きさは物体Bの重力そのままとなる。

単位時間当りの面積の変化量はvL(減少)

電磁誘導による起電力eはPからQに向かう向きに生じ、その大きさはvBLとなる。
この誘導起電力による電流の大きさはvBL/R_2となり、電池による電流も加味して力のつり合いに関する方程式を立てると次のようになる。

$$\left(\frac{E}{R_2} - \frac{vBL}{R_2}\right)BL = mg$$

上式をvについて整理し、速さを求めると次のようになる。

$v = (EBL - mgR_2)/(BL)^2$ //

また、回路全体を流れる電流を求めると次のようになる。

$$\frac{E}{R_2} - \frac{vBL}{R_2} = \frac{E}{R_2} - \frac{BL}{R_2}\cdot\frac{EBL - mgR_2}{(BL)^2} = \frac{mg}{BL}$$

従って抵抗R_2に流れる電流は次のようになる。

$I = mg/(BL)$ //

導体棒には誘導起電力が生じており、Qの方がPよりも電位が高い。
従って、選択肢は次のようになる。

ア //

4.(7) 電流は電池に対して順方向に流れているので、電池の供給電力はEIとなる。
これより、求めるエネルギー量は次のようになる。

$mgEt/(BL)$ //