物理基礎・物理

問題 1

(1)

最下点 B を通過する時に小球に働く力は重力と遠心力である。

重力はMg〔N〕である。

遠心力を求める。最下点 B における小球の速度をv_{B}〔m/s〕とすると、力学的エネルギー保存の法則より、

$\frac{1}{2}Mv_{\mathrm{B}}^2 = Mg(L - L\cos 60°)$　よって、$v_{\mathrm{B}}^2 = 2gL\left(1 - \frac{1}{2}\right) = gL$

遠心力は

$M\frac{v_{\mathrm{B}}^2}{L} = M\frac{gL}{L} = Mg$〔N〕

したがって、糸の張力は

$T = Mg + Mg = 2Mg$〔N〕

答.　$2Mg$〔N〕

(2)

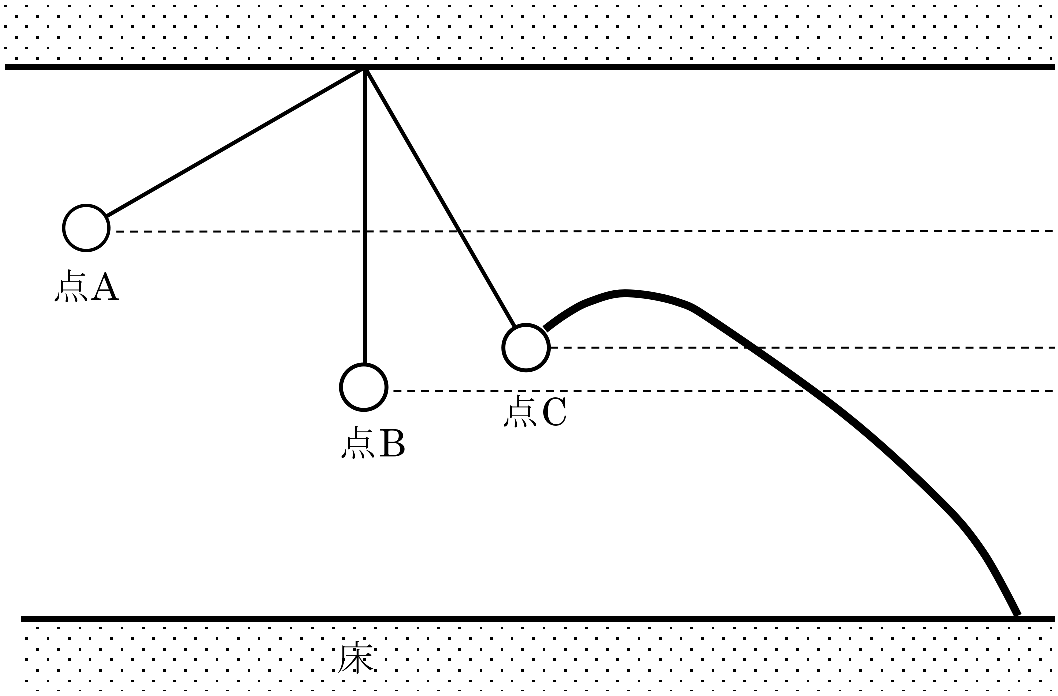
最下点 B を基準にして力学的エネルギー保存の法則を適用すると、

$$\frac{1}{2}Mv^2 + Mg(L - L\cos\theta) = Mg(L - L\cos 60°)$$

$$v = \sqrt{2gL\left(\cos\theta - \frac{1}{2}\right)}$$

答.　$\sqrt{2gL\left(\cos\theta - \frac{1}{2}\right)}$〔m/s〕

(3)



点 C で糸からはずれた時の小球は糸に対して垂直方向の速度をもつ。その後、小球は水平方向には等速度運動を、鉛直方向には鉛直投げ上げ運動をして放物線を描く。放物線の最高点では鉛直方向の速度は 0m/s になるが水平方向の速度は 0m/s にはならない。つまり、最高点では運動エネルギーは 0J ではない。したがって力学的エネルギー保存の法則より、最高点は点 A より低くなる。

(4)

小球の速度vの鉛直上向きの成分をv_{y}とすると、

$$v_{\mathrm{y}} = v\sin\theta \quad ・・・・・①$$

最高点に到達するまでの時間をt_1とする。最高点では小球の鉛直上向きの速度成分は 0m/s になるので、

$$0 = v_{\mathrm{y}} - gt_1 \quad よって、t_1 = \frac{v_{\mathrm{y}}}{g} \quad 〔\mathrm{s}〕$$

最高点と点 C の高さの差をh_1とすると、

$$h_1 = v_{\mathrm{y}}t_1 - \frac{1}{2}gt_1^2 = v_{\mathrm{y}}\left(\frac{v_{\mathrm{y}}}{g}\right) - \frac{1}{2}g\left(\frac{v_{\mathrm{y}}}{g}\right)^2 = \frac{v_{\mathrm{y}}^2}{2g} \quad 〔\mathrm{m}〕$$

最高点から床まで落下する運動は自由落下運動とみなせるので、床までの落下時間をt_2とすると

$$h + h_1 = \frac{1}{2}gt_2^2$$

よって、$t_2^2 = \frac{2}{g}\ (h + h_1) = \frac{2}{g}\ \left(h + \frac{v_{\mathrm{y}}^2}{2g}\right)$

$$t_2 = \sqrt{\frac{2}{g}\ \left(h + \frac{v_{\mathrm{y}}^2}{2g}\right)} \quad 〔\mathrm{s}〕$$

したがって小球が糸からはずれてから床に衝突するまでの時間 t は

$$\mathrm{t} = t_1 + t_2 = \frac{v_{\mathrm{y}}}{g} + \sqrt{\frac{2}{g}\ \left(h + \frac{v_{\mathrm{y}}^2}{2g}\right)} \quad 〔\mathrm{s}〕$$

式①を代入して

$$t = \frac{1}{g}v\sin\theta + \sqrt{\frac{2}{g}\left\{h + \frac{1}{2g}(v\sin\theta)^2\right\}} \quad 〔\mathrm{s}〕$$

答.　$\frac{1}{g}v\sin\theta + \sqrt{\frac{2}{g}\left\{h + \frac{1}{2g}(v\sin\theta)^2\right\}}$ 〔s〕

物理基礎・物理

問題２

(1)

抵抗値が R_1〔Ω〕、R_2〔Ω〕の抵抗に右向きに流れる電流をI_1、I_2 、

電池に流れる電流をI_3 とする

スイッチを閉じた直後であるから、コンデンサーでの電圧降下は 0 である

キルヒホッフの法則より、

$I_1 + I_2 = I_3$

電池の起電力は各抵抗の電圧降下につり合うので、

$V = R_1 I_1 \qquad V = R_2 I_2$

よって、$I_1 = \frac{V}{R_1} \qquad I_2 = \frac{V}{R_2}$

$$I_3 = I_1 + I_2 = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} V$$

答．抵抗値が R_1〔Ω〕の抵抗に流れる電流： $I_1 = \frac{V}{R_1}$ 〔A〕

抵抗値が R_2〔Ω〕の抵抗に流れる電流： $I_2 = \frac{V}{R_2}$ 〔A〕

電池に流れる電流： $\frac{R_1+R_2}{R_1 R_2} V$ 〔A〕

(2)

抵抗値が R_1〔Ω〕、R_2〔Ω〕の抵抗に右向きに流れる電流を$I_1{}'$、$I_2{}'$ 、

とする。コンデンサーによる電圧降下は、$\frac{q}{C}$ であるから、

$$V = \frac{q}{C} + R_1 I_1{}'$$

これを解くと

$$I_1' = \frac{CV - q}{CR_1}$$

また、$V = R_2 I_2{}'$ から $I_2{}' = \frac{V}{R_2}$

答．抵抗値が R_1〔Ω〕の抵抗に流れる電流 $\frac{CV-q}{CR_1}$ 〔A〕

抵抗値が R_2〔Ω〕の抵抗に流れる電流 $\frac{V}{R_2}$ 〔A〕

(3)

抵抗値が R_1〔Ω〕、R_2〔Ω〕の抵抗に右向きに流れる電流をI_1''、I_2'' 、

電池に流れる電流をI_3''とする

充電が完了しているから、$I_1''=0$

また、$V=R_2I_2''$ から

$$I_2''=\frac{V}{R_2}$$

$$I_3''=I_1''+I_2''=\frac{V}{R_2}$$

答．抵抗値が R_1〔Ω〕の抵抗に流れる電流　0 〔A〕

抵抗値が R_2〔Ω〕の抵抗に流れる電流　$\frac{V}{R_2}$ 〔A〕

電池に流れる電流　$\frac{V}{R_2}$ 〔A〕

(4)

コンデンサーに蓄えられた電荷をQとすると、

コンデンサーによる電圧降下は、$\frac{Q}{C}$

抵抗による電圧降下は、$R_1\times 0$

キルヒホッフの第 2 法則を適用すると

$$V=\frac{Q}{C}+R_1\times 0$$

よって、

$$Q=CV$$

答．CV 〔C〕

問題３

(1)

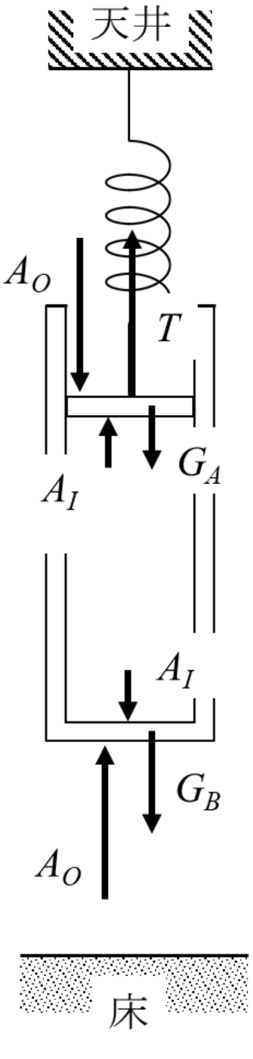
ピストンの鉛直下向きには重力と大気の圧力による力、上向きにはシリンダー内の気体の圧力による力がはたらき、これらはつりあっているので、

$P_0 S = PS + m_1 g$

$P_0 = P + \frac{m_1 g}{S}$

答. $P + \frac{m_1 g}{S}$ 〔Pa〕

(2)



ピストンにはたらく力

G_A：重力

T：ばねによる張力

A_O：大気の圧力による力

A_I：シリンダー内部の気体の圧力による力

シリンダーにはたらく力

G_B：重力

A_O：大気の圧力による力

A_I：シリンダー内部の気体の圧力による力

(3)

シリンダー内の気体の圧力を P_1 とすると、ピストンおよびシリンダーにはたらく力のつり合いは、それぞれ

$m_1 g + PS = kL + P_1 S$ ①

$m_2 g + P_1 S = PS$ ②

式①および②より、$L = \frac{(m_1+m_2)g}{k}$ ③

答. $\frac{(m_1+m_2)g}{k}$ 〔m〕

(4)

シリンダー下面の床面からの高さを h_2、床面からのばねの伸びの変化を ΔL、シリンダー内の気体の体積変化を ΔV とすると

$h_2 = h - (\Delta L + \frac{\Delta V}{S})$ ④

式③より、ΔL はシリンダー内の気体の状態の影響を受けないので

$\Delta L = 0$ ⑤

式②より $P_1 = P - \frac{m_2 g}{S}$ ⑥で、シリンダー内の気体の圧力は一定。

温度を上げる前の気体の体積を V_1、上げた後の体積を V_2 とすると

$P_1 V_1 = RT_1$

$P_1 V_2 = RT_2$

$\Delta V = V_2 - V_1 = \frac{RT_2 - RT_1}{P_1}$ ⑦

式⑥より $\Delta V = \frac{SR(T_2 - T_1)}{PS - m_2 g}$ ⑧

式④⑤⑧より $h_2 = h - \frac{R(T_2 - T_1)}{PS - m_2 g}$

答. $h - \frac{R(T_2 - T_1)}{PS - m_2 g}$ 〔m〕

(5)

シリンダー内の気体は定圧なのでそのした仕事 W は $W = P_1 \Delta V$ ⑨

式⑨および解答例（4）の式⑦より　$W = R(T_2 - T_1)$

答. $R(T_2 - T_1)$ 〔J〕

物理基礎・物理

問題４

(1)

波長λは、図から$2d$

答．$2d$〔m〕

(2)

振動数$f = \frac{1}{T}$　波長$\lambda = 2d$

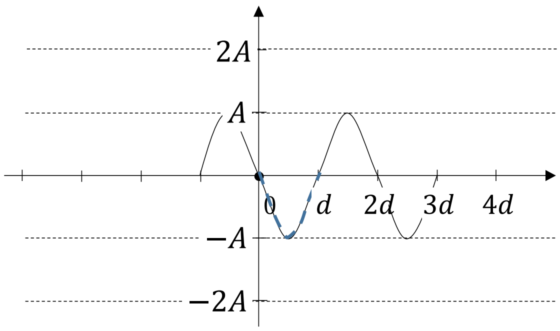
波の速さ$v = f\lambda = \frac{2d}{T}$

答．$\frac{2d}{T}$〔m/s〕

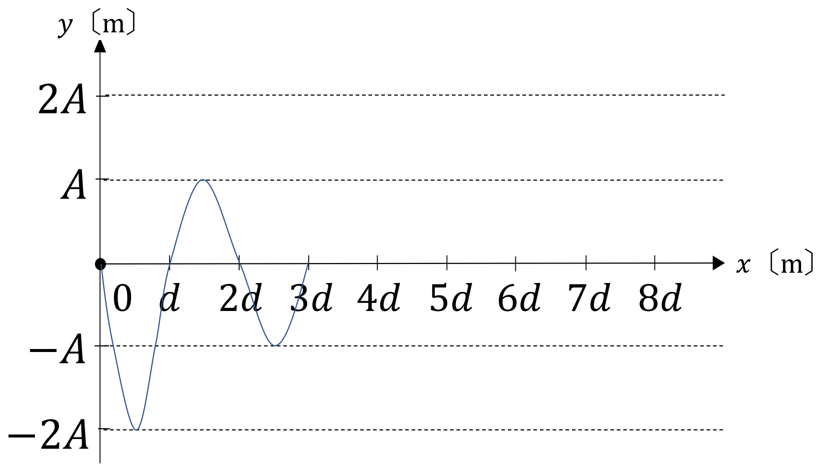
(3)

時間$2T$の間に、距離$x = \frac{2d}{T} \times 2T = 4d$ 進む

入力波を実線、反射波を点線で描くと下図のようになる



入力波と反射波の合成波を描くと波の形が得られる



(4)

主要な時刻の点$x = d$における変位を調べる

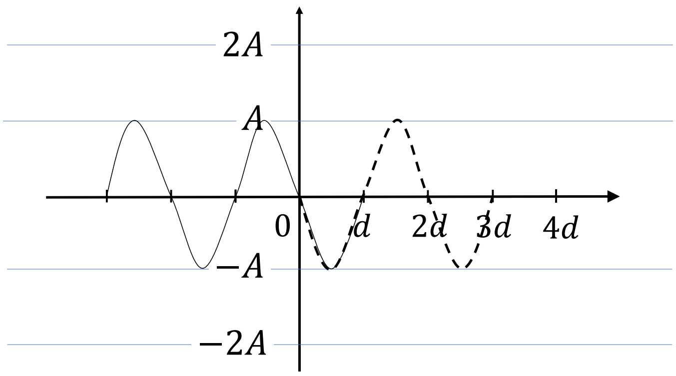
時刻 0～T　　変位はゼロ

時刻T～$2T$　　$x = d$の点を 1 波長分の入力波が通過する

時刻$2T$　　(3)の状態であり、変位はゼロ

時刻$2T$～$3T$　　$x = d$の点は合成波の節となり、変位はゼロ

時刻$3T$　　入力波を実線、反射波を点線で描くと、下図のようになる。よって、変位はゼロ



時刻$3T$～$4T$　　$x = d$の点を 1 波長分の反射波が通過する

以上をまとめると、$x = d$の点における変位は下図の通り