物理基礎・物理

問題1

(1)

鉛直下向きに重力mg〔N〕、これに釣り合うように鉛直上向きに床からの垂直抗力mg〔N〕、水平右向きにバネからの弾性力kd〔N〕が働く。

(2)

バネが自然長に戻った時、バネから小球にはたらく弾性力は 0〔N〕になるので、小球はバネから離れる。小球から手を放してから小球がバネから離れるまでの間はバネ振り子と考えることができるので、その周期をTとすると、

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad 〔\mathrm{s}〕$$

求める時間 t はバネ振り子の周期の $\frac{1}{4}$ と考えられるので、

$$t = \frac{1}{4}T = \frac{1}{2}\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \quad 〔\mathrm{s}〕$$

答. $\frac{1}{2}\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ 〔s〕

(3)

力学的エネルギー保存の法則より、

$$\frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kd^2$$

よって、

$$v = d\sqrt{\frac{k}{m}} \quad 〔\mathrm{m/s}〕$$

答. $d\sqrt{\frac{k}{m}}$ 〔m/s〕

(4)

小球はバネから離れてから滑らかな床の上で等速直線運動をする。その後、粗い床の上では動摩擦力がはたらくため等加速度直線運動をする。

粗い床の上での運動方程式は、小球が進む向きを正とし小球の加速度を a〔m/s²〕とすると、

$ma = -\mu mg$ 　よって、$a = -\mu g$

粗い床の上を進む距離をy〔m〕とすると、

$$0 - v^2 = 2ya$$

よって、

$$y = \frac{-1}{2a}v^2 = \frac{1}{2\mu g}d^2\frac{k}{m} \quad 〔\mathrm{m}〕$$

したがって、小球が静止する位置の壁からの距離xは、

$$x = 2L + \frac{1}{2\mu g}d^2\frac{k}{m} \quad 〔\mathrm{m}〕$$

答. $2L + \frac{1}{2\mu g}d^2\frac{k}{m}$ 〔m〕

問題２

(1)

蓄えられた電気量をQとすると

$Q = C_1 V$

答.　$Q = C_1 V$〔C〕

(2)

コンデンサーC$_1$、C$_2$、C$_3$に蓄えられた電気量をQ_1、Q_2、Q_3とする

電気量保存の法則から、

$C_1 V = Q_1 + Q_2$　　①

$-Q_2 + Q_3 = 0$　　②

電位の関係から、

$\frac{Q_1}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3}$　　③

式①、②を式③に代入して、

$\frac{C_1 V - Q_2}{C_1} = \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_2}{C_3}$

この式を変形して、

$(C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_3 C_1) Q_2 = C_1 C_2 C_3 V$

$Q_2 = \frac{C_1 C_2 C_3 V}{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_3 C_1}$

答.　$Q_2 = Q_3 = \frac{C_1 C_2 C_3 V}{C_1 C_2 + C_2 C_3 + C_3 C_1}$〔C〕

(3)

(2)の式②、③から、

$$Q_1=\frac{(C_1C_2+C_1C_3)Q_2}{C_2C_3}$$

(2)で得られたQ_2を代入して、

$$Q_1=\frac{(C_2+C_3)C_1^2V}{C_1C_2+C_2C_3+C_3C_1}$$

答. $Q_1=\frac{(C_2+C_3)C_1^2V}{C_1C_2+C_2C_3+C_3C_1}$ 〔C〕

(4)

スイッチ S$_2$を開き、スイッチ S$_1$を閉じた時に、蓄えられた電気量をq_1、q_2、q_3とすると、

$$q_1=CV、\quad q_2=\frac{C^3V}{3C^2}=\frac{CV}{3}、\quad q_3=\frac{CV}{3}$$

スイッチ S$_1$を開き、スイッチ S$_2$を閉じた時に、蓄えられた電気量を$q_1{}'$、$q_2{}'$、$q_3{}'$とすると、電気量保存の法則から、

$$CV+\frac{CV}{3}=q_1'+q_2' \qquad ④$$

$$-q_2'\ +\ q_3'=0 \qquad ⑤$$

電位の関係から、

$$\frac{q_1{}'}{C}=\frac{q_2{}'}{C}+\frac{q_3{}'}{C} \qquad ⑥$$

式④、⑤、⑥から、

$$q_2'=q_3'=\frac{4}{9}CV$$

$$q_1'=\frac{8}{9}CV$$

答. $q_1'=\frac{8}{9}CV$ 〔C〕、$q_2'=q_3'=\frac{4}{9}CV$ 〔C〕

問題３

(1)

　加熱によって、水はパイプの水面の位置からパイプの先端まで 0.60m 上昇するから、求める圧力変化を ΔP〔Pa〕とすると、

$$\Delta P = \rho g h = (1.0 \times 10^3) \times 9.8 \times 0.60 = 5.88 \times 10^3$$

答．5.9×10^3〔Pa〕

(2)

　体積変化を無視できることから、定積変化と捉えることができる。そこで、気体の最初の温度と圧力を T_0〔K〕、P_0〔Pa〕とすると、加熱によって気体の温度が ΔT〔K〕、圧力が ΔP〔Pa〕上昇するので、

$$\frac{P_0}{T_0} = \frac{P_0 + \Delta P}{T_0 + \Delta T}$$

$$(T_0 + \Delta T)P_0 = (P_0 + \Delta P)T_0$$

$$\Delta T = \frac{\Delta P}{P_0}T_0 = \frac{5.88 \times 10^3}{1.0 \times 10^5} \times 3.0 \times 10^2 = 17.64$$

答．18〔K〕

(3)

30〔V〕の電圧を加えると消費電力が 90〔W〕になるから、

$$\frac{30^2}{R} = 90$$

$$R = 10$$

答．10〔Ω〕

(4)

熱容量 4.5×10^2 J/K の A 内の気体の温度を 17.6 K 上昇させるために必要な熱量 Q〔J〕は、

$$Q = 17.6 \times 4.5 \times 10^2 = 7920$$

この熱量を発生させるために必要な時間を t〔s〕とすると、

$$Q = \frac{V^2}{R}t$$

$$t = \frac{RQ}{V^2} = \frac{10 \times 7920}{30^2} = 88$$

答．88〔s〕

問題４

(1) ヤングの実験

(2) 図より、

$$\begin{cases} {L_1}^2 = L^2 + \left(x + \dfrac{d}{2}\right)^2 \\ {L_2}^2 = L^2 + \left(x - \dfrac{d}{2}\right)^2 \end{cases}$$

よって、

$$L_1 - L_2 = \sqrt{L^2 + \left(x + \frac{d}{2}\right)^2} - \sqrt{L^2 + \left(x - \frac{d}{2}\right)^2} = L\left\{1 + \frac{\left(x+\frac{d}{2}\right)^2}{L^2}\right\}^{\frac{1}{2}} - L\left\{1 + \frac{\left(x-\frac{d}{2}\right)^2}{L^2}\right\}^{\frac{1}{2}}$$

与えられた近似式を用いて、

$$L_1 - L_2 \fallingdotseq L\left\{1 + \frac{\left(x+\frac{d}{2}\right)^2}{2L^2}\right\} - L\left\{1 + \frac{\left(x-\frac{d}{2}\right)^2}{2L^2}\right\} = L\left(\frac{\left(x+\frac{d}{2}\right)^2 - \left(x-\frac{d}{2}\right)^2}{2L^2}\right) = \frac{xd}{L}$$

答．$L_1 - L_2 = \dfrac{xd}{L}$

(3)

光の経路の差が波長の整数倍になれば光が強めあうので、

$$\frac{xd}{L} = n\lambda \qquad (n = 0, 1, 2\ \cdot\cdot\cdot)$$

$$x = \frac{n\lambda L}{d} \qquad (n = 0, 1, 2\ \cdot\cdot\cdot)$$

したがって

$$z = \frac{(n+1)\lambda L}{d} - \frac{n\lambda L}{d} = \frac{\lambda L}{d}$$

答. $z = \frac{\lambda L}{d}$