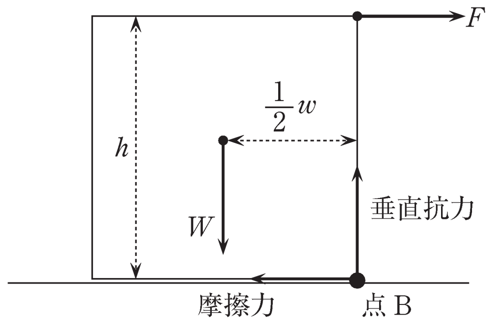
物 理

1 解答 問1．ア 問2．エ 問3．オ 問4．イ 問5．カ

解説

《小問集合》

問1． すべることなく点Bのまわりで回転しはじめたとき，板にはたらく力の様子は右図となる。点Bまわりの力のモーメントのつりあいより

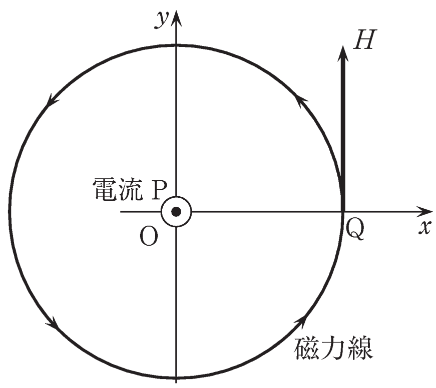


$$0=W\cdot\frac{1}{2}w-Fh \qquad F=\frac{w}{2h}W$$

問2． 衝突後の小球A，Bの速さを v_A，v_B とすると，運動量保存則から

x 軸：$mv_0=mv_A\cos 60°+mv_B\cos 30°$

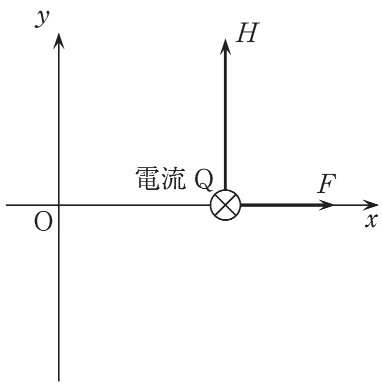
y 軸：$0=mv_A\sin 60°-mv_B\sin 30°$



2式から

$$v_A=\frac{1}{2}v_0$$

問4． **a．** 直線電流の周りには，導線を中心とする同心円状の磁場が生じ，その向きは右ねじの法則に従うので，点Qの磁場 H の向きは，右図となる。



b． フレミングの左手の法則を用いると，点Qに流れる電流が，電流Pがつくる磁場から受ける力 F の向きは右図となる。

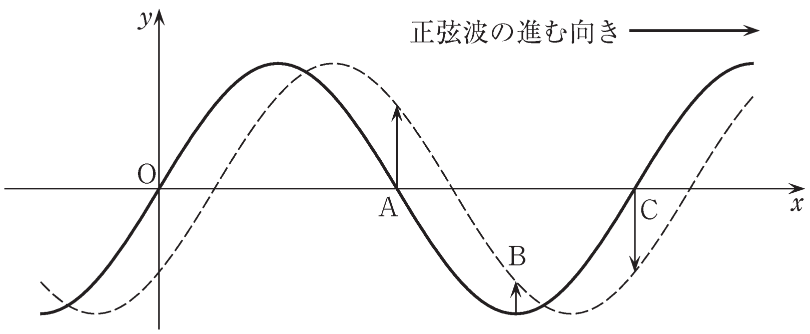
c． 電流Pが，点Qに流れる電流がつくる磁場から受ける力は，点Qに流れる電流が，電流P

がつくる磁場から受ける力の反作用であるので，x 軸負の向きとなる。

問5． 問題文の図4から，波長 λ は $\lambda=2d$ であるので，波の基本式を用いると正弦波が伝わる速さ v は

$$v=\frac{2d}{T}$$

わずかに時間が経過した後の波形は下図の破線となるので，点A，B，Cの媒質は矢印の向きに変位する。よって，負の向きに変位する媒質は点Cとなる。



2 解答 問1．カ　問2．エ　問3．イ　問4．ウ　問5．ウ

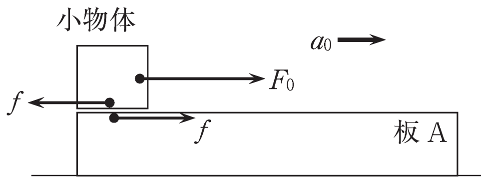
解説

《摩擦力，相対運動》

問1． 小物体と板Aにはたらく水平方向の力は下図のようになるので，加速度の大きさを a_0，静止摩擦力の大きさを f とすると，それぞれの運動方程式は

小物体：$ma_0=F_0-f$

板A：$4ma_0=f$



2式から

$$f=\frac{4}{5}F_0$$

問2． 小物体が板Aに対してすべりはじめたとき，静止摩擦力は最大静止摩擦力と等しくなるので，問1の式を用いると

$$f=\frac{4}{5}F_1=\frac{1}{2}mg \qquad F_1=\frac{5}{8}mg$$

問3． 小物体は，板Bに対してすべっているので，小物体が受ける動摩擦

力は，運動方向と逆向きにはたらく。床に対する小物体の加速度を a とすると，運動方程式は

$$ma=-\frac{1}{3}mg \qquad a=-\frac{1}{3}g$$

問4． 板Bが動き出してから小物体と一体となって運動するまでの時間を t とする。小物体について，問３の式と等加速度運動の式を用いると

$$\frac{1}{3}v_0=v_0-\frac{1}{3}gt \qquad t=\frac{2v_0}{g}$$

また，板Bの加速度を b とし，板Bについて等加速度運動の式を用いると

$$\frac{1}{3}v_0=b\cdot\frac{2v_0}{g} \qquad b=\frac{1}{6}g$$

よって，板Bの質量 M は，加速度 b と運動方程式を用いて

$$Mb=\frac{1}{3}mg \qquad M=2m$$

問5． 板Bに対する小物体の相対加速度 a_{AB} は

$$a_{AB}=a-b=-\frac{1}{2}g$$

板Bに対する小物体の運動は一定の加速度 a_{AB} の運動であるので，等加速度運動の式を用いると

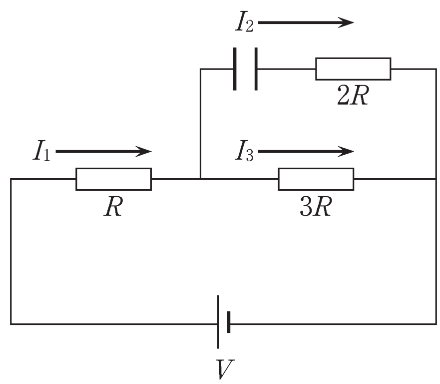
$$0-{v_0}^2=2\cdot\left(-\frac{1}{2}g\right)\cdot\frac{1}{2}l \qquad v_0=\sqrt{\frac{gl}{2}}$$

3 解答 **問1．** ア **問2．** エ **問3．** オ **問4．** カ **問5．** ウ

解説

《RC 複合回路》

問2． コンデンサー C_1 は電荷をたくわえていないため，S_2 を閉じた直後，コンデンサー C_1 を抵抗ゼロの導線とみなすことができる。したがって，抵抗のみの直並列回路と等価になる。抵抗 R_1，R_2，R_3 を流れる電流を I_1，I_2，I_3 とするとキルヒホッフの第１，第２法則から



キルヒホッフの第１法則：$I_1=I_2+I_3$
キルヒホッフの第２法則：$V=RI_1+3RI_3$

$$0=2RI_2-3RI_3$$

３式から

$$I_2=\frac{3V}{11R}$$

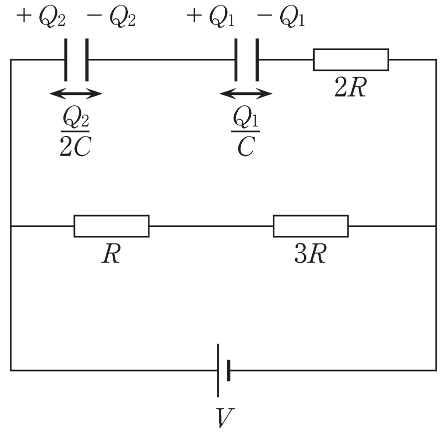
問３． S_2を閉じて十分に時間が経過すると，抵抗R_2に流れる電流は０となるので，電流は抵抗R_1，R_3にのみ流れる。この電流をIとおくと，キルヒホッフの第２法則から

$$V=RI+3RI \qquad I=\frac{V}{4R}$$

抵抗R_3とコンデンサーC_1は電圧が等しく，その大きさはオームの法則より$\frac{3}{4}V$となる。よって，コンデンサーC_1にたくわえられている電気量Qは，コンデンサーの基本式から

$$Q=\frac{3}{4}CV$$

問４． スイッチS_2を開いた後，スイッチS_3を閉じ，十分時間が経つと抵抗R_1に流れる電流は０となるので，コンデンサーC_1，C_2全体に加わる電圧はVとなる。右下図のようにコンデンサーC_1，C_2にたくわえられている電気量をQ_1，Q_2とすると電荷の保存則とキルヒホッフの第２法則から



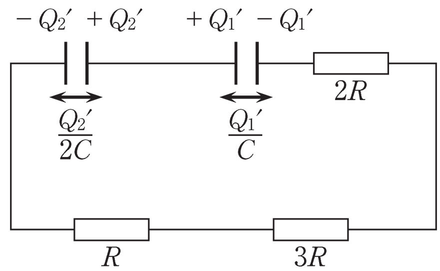
電荷の保存則：$\frac{3}{4}CV=Q_1-Q_2$

キルヒホッフの第２法則：$V=\frac{Q_1}{C}+\frac{Q_2}{2C}$

以上より

$$Q_1=\frac{11}{12}CV$$

問５． スイッチS_1を開いて，十分時間が経つと抵抗に流れる電流は０となるので，電圧降下はコンデンサーC_1，C_2のみで生じる。右図のようにコンデンサーC_1，C_2



にたくわえられている電気量を Q_1'，Q_2' とすると，電荷の保存則とキルヒホッフの第2法則から

電荷の保存則：$\frac{3}{4}CV = Q_1' + Q_2'$

キルヒホッフの第2法則：$0 = \frac{Q_1'}{C} - \frac{Q_2'}{2C}$

以上より

$$Q_2' = \frac{1}{2}CV$$

4 解答　問1．オ　問2．ア　問3．ア　問4．イ　問5．エ

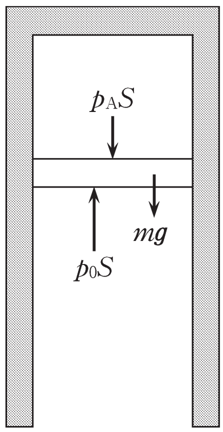
解説

《理想気体の状態方程式・熱力学第一法則》

問1． 状態Aにおける気体の圧力を p_A とおくと，ピストンの力のつりあいから

$$0 = p_0S - p_AS - mg$$

$$p_A = p_0 - \frac{mg}{S}$$



状態A

問2． 状態Bにおける気体の圧力を p_B とおくと，ボイルの法則から

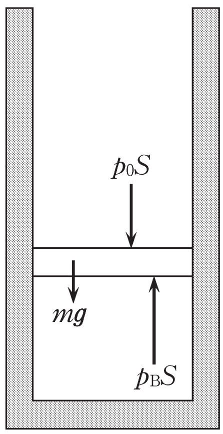
$$\left(p_0 - \frac{mg}{S}\right)SL = p_B \cdot \frac{2}{3}SL$$

$$p_B = \frac{3}{2}\left(p_0 - \frac{mg}{S}\right) \quad \cdots\cdots ①$$

状態Bにおけるピストンの力のつりあいより

$$0 = p_BS - p_0S - mg$$

①式を代入して計算すると



状態B

$$m=\frac{p_0S}{5g} \quad \cdots\cdots②$$

問 3． 状態Ｂ⇒状態Ｃは断熱変化であるので，問題文の式を用いると

$$p_B\left(\frac{2}{3}SL\right)^{\frac{5}{3}}=p_C\left(\frac{16}{3}SL\right)^{\frac{5}{3}} \qquad p_C=\frac{1}{32}p_B$$

問 4． 状態Ｂと状態Ｃにおける気体の内部エネルギーを U_B，U_C とおく。単原子分子理想気体であるので

$$U_B=\frac{3}{2}p_B\cdot\frac{2}{3}SL=p_BSL \quad \cdots\cdots③$$

$$U_C=\frac{3}{2}p_C\cdot\frac{16}{3}SL=\frac{1}{4}p_BSL \quad \cdots\cdots④$$

状態Ｂ⇒状態Ｃの内部エネルギーの変化を ΔU，気体がピストンにした仕事を W とすると，断熱変化における熱力学第一法則の式は

$$0=\Delta U+W \qquad W=-\Delta U=-(U_C-U_B)$$

③，④の式を用いると

$$W=\frac{3}{4}p_BSL$$

問 5． 仕事とエネルギーの関係から，(外力がした仕事)＋(大気圧がした仕事)＝(ピストンの重力による位置エネルギーの変化)＋(内部エネルギーの変化) が成り立つので，外力がした仕事を $W_{外}$ とすると

$$W_{外}-p_0S\left(\frac{16}{3}L-\frac{2}{3}L\right)=mg\left(\frac{16}{3}L-\frac{2}{3}L\right)+(U_C-U_B) \quad \cdots\cdots⑤$$

①，③，④の式を用いて内部エネルギーの変化の項を計算すると

$$U_C-U_B=-\frac{3}{4}p_BSL=-\frac{9}{8}p_0SL+\frac{9}{8}mgL$$

⑤の式に代入し，②の式を用いて計算すると

$$W_{外}=\frac{85}{24}p_0SL+\frac{139}{24}mgL=\frac{47}{10}p_0SL$$