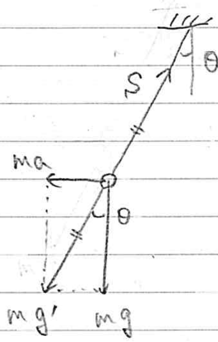
2020 滋賀県立大

I (ア) 慣性力は、実際の加速度と逆向きに加わる。
いま、車は図の右向きに加速しているので、慣性力は図の右向きに加わり、
その大きさは、 $\underline{ma}$ [N]

(イ)



小球にはたらく見かけの重力を mg' とすると、
この力と張力がつり合う。

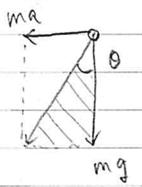
$$S = mg'$$

また、慣性力の大きさは、

$ma = mg' \sin\theta$ と書けるので、

$ma = \underline{S \sin\theta}$ [N] と表せる

(ウ)



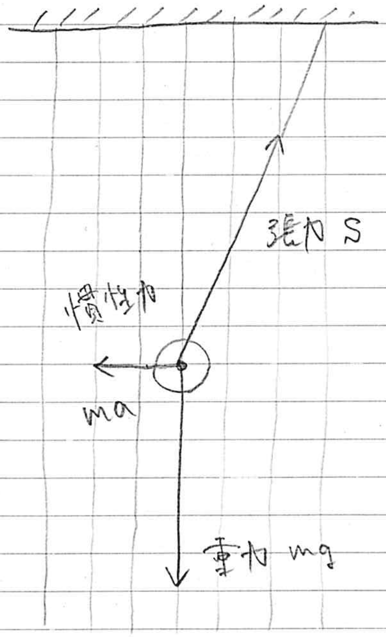
左図のような直角三角形を考えると

$\tan\theta = \dfrac{ma}{mg}$ であるから

$$ma = mg \tan\theta$$

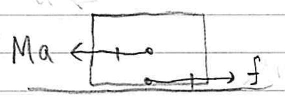
$a = \underline{g \tan\theta}$ [N] と表せる

問1 いま見てきたように、張力 S とつり合うような見かけの重力 mg' を考え、この力が斜辺となるように ma と mg をとればよいので、図は次のようになる



2020 滋賀県立大

I (エ)



いま，車は図の右向きに加速しているので，慣性力は図の左向きに加わる．よって，マサツ力は図の右向きに加わることになる．

静止マサツ力の最大値（最大静止マサツ力）は，

$$f_0 = \mu_0 N \quad [N]$$

であり，$N = Mg$ であるから，

$$f_0 = \underline{\mu_0 Mg} \quad [N]$$

となる．

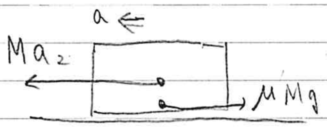
(オ) 物体とともに運動する系から見たとき，慣性力と最大静止マサツ力はつり合っているので，

$$Ma_1 = \mu_0 Mg$$

より

$$a_1 = \underline{\mu_0 g} \quad [m/s^2]$$

(カ)



車の加速度が a_2 であるとき，慣性力は Ma_2 となり，マサツ力は動マサツ力として μMg となる．

物体とともに運動する系から見たとき，物体は車の進行方向とは逆向きに，車内の床上をすべっていくが，このときの加速度は a_2 とはならないことに注意する．
図の右向きを正として，運動方程式を書くと，

$$Ma = Ma_2 - \mu Mg$$

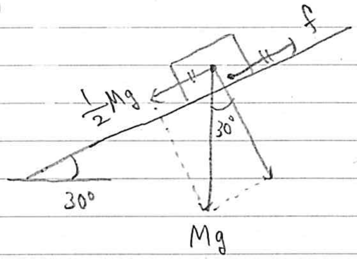
となるから，

$$a = \underline{a_2 - \mu g} \quad [m/s^2]$$

となる．

2020 滋賀県立大

I(キ)



物体に加わる重力を分解すると
斜面下向きに加わる重力の分力は

$$Mg\sin 30° = \frac{1}{2}Mg$$

となり，これと静止マサツ力がつり合っている
よって

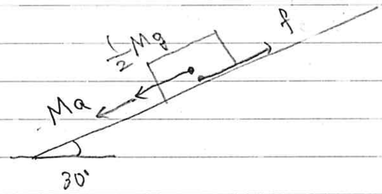
$$f = \frac{1}{2}Mg \quad より$$

$$= \frac{1}{2} \times 1.0 \times 9.8$$

$$= \underline{4.9 \text{ N}}$$

(キ)では，斜面上におかれた物体が，すべり始める瞬間を問うているわけではないので，最大マサツ力の公式 $f_0 = \mu N$ を使う場面ではないことに注意する．静止マサツ力には公式がなく，単に，加えられた力とつり合うこと，つまり $F = f$ を示せばよい．

問2



車が斜面上向きに加速すると，物体には斜面下向きへ慣性力 Ma_0 がはたらくので，斜面下向きへの合力は，

$$\frac{1}{2}Mg + Ma_0$$

となる．

これが，最大マサツ力を超えると，物体は車内の床に対して動き始める．このときの最大マサツ力 f_0 は

$$f_0 = \mu_0 N$$
$$= \mu_0 Mg\cos 30°$$
$$= \frac{\sqrt{3}}{2}\mu_0 Mg$$

であるから，動き始めるには

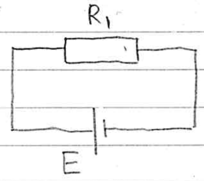
$$\frac{1}{2}Mg + Ma_0 > \frac{\sqrt{3}}{2}\mu_0 Mg$$

等号成立時は，最大マサツ力となっているので，静止状態である．

$$4.9 + a_0 > \frac{\sqrt{3}}{2} \times 0.80 \times 9.8$$
$$= 6.7816$$
$$a_0 > 1.8816$$
$$\therefore \underline{a_0 > 1.9 \text{ m/s}^2}$$

2020 滋賀県立大

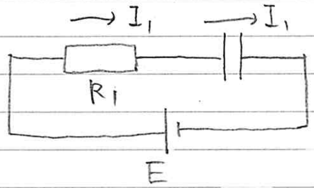
Ⅱ(ア) コンデンサー接続直後は、導線と見なせる



よって、I は $E = R_1 I$ より

$$I = \frac{E}{R_1} \text{ // } [A]$$

(イ)



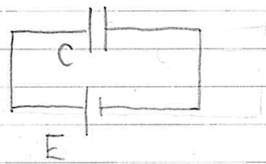
抵抗 R_1 の電圧降下は、

$$V = R_1 I_1$$

となるので、コンデンサーの極板間の電位差は、

$$E - R_1 I_1 \text{ // } [V]$$ となる

(ウ) 充電してから、十分に時間が経過すると、コンデンサーは断線状態となり、R_1 には電流が流れなくなる



このとき、極板間の電位差は E となるので、

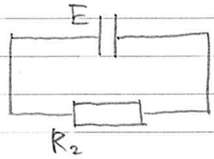
$Q = CV$ より

$$Q = CE \text{ // } [C]$$

(エ) また、静電エネルギーは

$$U = \frac{1}{2}CE^2 \text{ // } [J]$$

(オ)



コンデンサーを E[V] の電池と見なすことができるので、

$E = R_2 I$ より

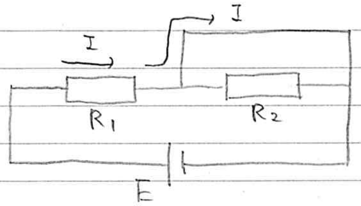
$$I = \frac{E}{R_2} \text{ // } [A]$$

(カ) 十分時間が経過すると、コンデンサーは完全に放電するので、

$$0 \text{ // } [A]$$

2020 滋賀県立大

Ⅱ(キ)(ク) S_0も閉じた直後は，コンデンサーは導線として見なせるので，



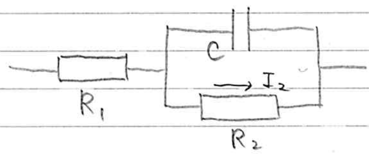
R_2に電流は流れない．よって抵抗R_1に流れる電流は，

$$I = \frac{E}{R_1} \quad [\mathrm{A}]$$

であり，コンデンサーに流れる電流も，

$$I = \frac{E}{R_1} \quad [\mathrm{A}]$$

(ケ)



R_2を流れる電流をI_2とすると，並列部分の電位差は一定であるから，

$$V = R_2 I_2 \quad [\mathrm{V}]$$

(コ) 抵抗R_1にかかる電圧は，

$$E - R_2 I_2$$

であるから，抵抗R_1に流れる電流は，

$$E - R_2 I_2 = R_1 I$$

$$I = \frac{E - R_2 I_2}{R_1}$$

よってコンデンサーに流れる電流は，

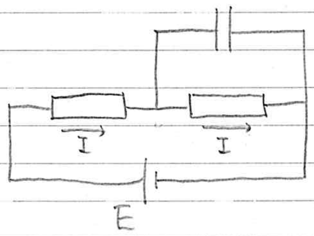
$$I - I_2 = \frac{E - R_2 I_2}{R_1} - I_2$$

$$= \frac{E - R_2 I_2 - R_1 I_2}{R_1}$$

$$= \frac{E - (R_1 + R_2) I_2}{R_1} \quad [\mathrm{A}]$$

2020 滋賀県立大

II (サ)



$E = (R_1 + R_2) I$ より

$I = \dfrac{E}{R_1 + R_2}$

よって、抵抗 R_2 にかかる電圧は

$V = R_2 I$

$= \dfrac{R_2}{R_1 + R_2} E$

スイッチ S_0 を開くと、コンデンサーに蓄えられたエネルギーが、全て R_2 で消費されることになるので、

$$E = \frac{1}{2} C V^2$$

$$= \underline{\frac{1}{2} C \cdot \left(\frac{R_2 E}{R_1 + R_2}\right)^2} \quad [\mathrm{J}]$$

(シ) 振動電流の固有周期の公式より

$$T = \underline{2\pi\sqrt{LC}} \quad [\mathrm{s}]$$

問1 コンデンサーとコイルの間でのエネルギー保存則より

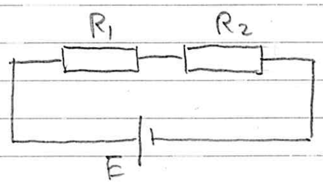
$$\frac{1}{2} C E^2 = \frac{1}{2} L I^2$$

であるから

$$I^2 = \frac{C}{L} E^2$$

$$I = \underline{\sqrt{\frac{C}{L}} E} \quad [\mathrm{A}]$$

(ス)(セ)



合成抵抗は $R_1 + R_2$ であり、直列回路では電流値が一定となることから

$E = (R_1 + R_2) I$

$\therefore I = \underline{\dfrac{E}{R_1 + R_2}} \quad [\mathrm{A}]$

また、これによって、抵抗 R_1 による電圧降下は、

$R_1 I = \underline{\dfrac{R_1}{R_1 + R_2} E} \quad [\mathrm{V}]$

2020 滋賀県立大

II 問2　$P = IV$ より、

$$P = \frac{E}{R_1+R_2} \cdot \frac{R_2}{R_1+R_2}E$$

$$= \left(\frac{E}{R_1+R_2}\right)^2 R_2 \quad [W]$$

ここから、

$$P = \frac{E^2 R_2}{R_1^2 + 2R_1R_2 + R_2^2}$$

$$= \frac{E^2 R_2}{R_1^2 - 2R_1R_2 + R_2^2 + 4R_1R_2}$$

$$= \frac{E^2 R_2}{(R_1-R_2)^2 + 4R_1R_2}$$

$$= \frac{E^2}{\frac{(R_1-R_2)^2}{R_2} + 4R_1}$$

と変形すると、

$\frac{(R_1-R_2)^2}{R_2} = 0$ のときPが最大となることが分かる。

つまり、

$$(R_1-R_2)^2 = 0$$

$$R_1 - R_2 = 0$$

$$R_1 = R_2 \quad [\Omega]$$

となるとき、

$$P_{max} = \left(\frac{E}{R_1+R_1}\right)^2 R_1$$

$$= \left(\frac{E}{2R_1}\right)^2 R_1$$

$$= \frac{E^2R_1}{4R_1^2}$$

$$= \frac{E^2}{4R_1} \quad [W]$$

2020 滋賀県立大

Ⅲ(ア) 分子は弾性衝突するので、向きだけ逆になる。

よって
$-v_x$ [m/s]

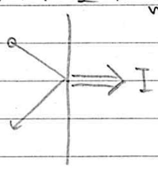
(イ) (運動量の変化) = (衝突後の運動量) − (衝突前の運動量) より

$\Delta p = -mv_x - mv_x$

$= -2mv_x$ [kg・m/s]

(ウ) この運動量の変化は分子が壁Sから受ける力積に等しい

(エ) 分子が壁Sに与える力積のx成分の大きさは



$I = 2mv_x$ [N・s]

(オ) 往復2Lを速さv_xで進むので、

$\dfrac{2L}{v_x}$ [s]

(カ) $1(回) : \dfrac{2L}{v_x}(s) = x(回) : t(s)$ より

$x = \dfrac{v_x}{2L}t$ (回)

(キ) (1回の衝突で与える力積) × (t(s)間での衝突回数) より

$2mv_x \times \dfrac{v_x}{2L}t$

$= \dfrac{mv_x^2}{L}t$ [N・s]

(ク) $\overline{f}\Delta t = \dfrac{mv_x^2}{L}t$ より

(Δtは初期時刻を$t=0$と考えることで、$\Delta t = t$とできる)

$\overline{f} = \dfrac{mv_x^2}{L}$ [N]

(ケ) (ク)をN倍し、$v_x^2 \longmapsto \overline{v_x^2}$と置換すると

$F = \dfrac{Nm\overline{v_x^2}}{L}$ [N]

2020 滋賀県立大

III (コ)

$$p = \frac{F}{S}$$ より。 $S = L^2$ として。

$$p = \frac{N m \overline{v_x^2}}{L^3} \quad [\mathrm{Pa}]$$

(サ)

$$\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_y^2} + \overline{v_z^2}$$

において。分子の速度は平均すると、どの軸に対しても同じ速度である(等方性がある)と考えられるから、

$$\overline{v_x^2} = \overline{v_y^2} = \overline{v_z^2}$$

となる。これを代入すると、

$$\overline{v^2} = \overline{v_x^2} + \overline{v_x^2} + \overline{v_x^2}$$

$$= 3\overline{v_x^2} \quad [\mathrm{m^2/s^2}]$$

(シ)　(コ)に(サ)を代入すると。$L^3 = V$ として。

$$p = \frac{N m \overline{v^2}}{3V} \quad [\mathrm{Pa}]$$

問1　分子1コあたりの運動エネルギーは

$$\frac{1}{2} m \overline{v^2}$$

であるから。(シ)を変形して。$\frac{1}{2} m \overline{v^2}$ を作ると。

$$\frac{N}{3V} \cdot m \overline{v^2} = p$$ より

$$\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3pV}{2N}$$

理想気体の状態方程式 $pV = nRT$ を代入

$$\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3nRT}{2N}$$

ここで分子総数 N は。モル数 n と アボガドロ数 N_A を用いて

$$N = nN_A$$

と書けるので、

$$\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \frac{3nRT}{2nN_A}$$

$$= \frac{3RT}{2N_A} \quad [\mathrm{J}]$$

2020 滋賀県立大

III 問2

$$N_A\,(コ) : M_A\,(kg) = 1\,(コ) : m\,(kg)$$ より

$$M_A = mN_A$$

$$m = \frac{M_A}{N_A}$$

よって

$$\frac{1}{2}m\overline{v^2} = \frac{3}{2}\frac{R}{N_A}T_A$$ は

$$\frac{1}{\cancel{2}}\cdot\frac{M_A}{\cancel{N_A}}\overline{v^2} = \frac{3}{\cancel{2}}\cdot\frac{R}{\cancel{N_A}}\cdot T_A$$

$$M_A\overline{v^2} = 3RT_A \text{ ——— } (*)$$

$$1300^2 M_A = 3RT_A.$$

このとき，$8M_A$ のモル質量をもつ別の分子の，温度 $2T_A$ における関係式は，上式(*)において，$M_A \mapsto 8M_A$，$T_A \mapsto 2T_A$ と置換すると

$$8M_A\overline{v'^2} = 3R\cdot 2T_A$$

$$4M_A\overline{v'^2} = 3RT_A$$

∴

$$4M_A\overline{v'^2} = 1300^2 M_A$$

$$4\overline{v'^2} = 1300^2$$

$$\overline{v'^2} = 650^2$$

$$\sqrt{\overline{v'^2}} = 650 \text{ m/s}$$ //

2020 滋賀県立大

IV (ア)(イ)　(振幅) = 0.5 m

(波長) = 2 m

(ウ)　$v = \frac{\lambda}{T}$ より

$T = \frac{2}{v}$ [s]

(エ)　波は、T(s) で λ(m) 進むので、$\frac{1}{2}$ 波長進むのに要した時間が
0.1 s であるということは、

$T = 0.2$ s

(オ)　$v = \frac{\lambda}{T}$ より

$v = \frac{2}{0.2}$

$= 10$ m/s

(カ)　$y = A \sin 2\pi \frac{t}{T}$ より

$= 0.5 \sin 2\pi \frac{t}{0.2}$

$= 0.5 \sin 10\pi t$

(キ)　波は、速さ v で距離 x 進むのに、
$\frac{x}{v}$ (s)
だけ要する。これが、x = 0 の媒質の振動からの遅れ時間に
相当する。いま v = 10 であるから、遅れ時間は、
$\frac{x}{10}$ (s)

2020 滋賀県立大

Ⅳ (ア) 遅れ時間を t_0 とすると、正弦波の式は

$$y = A\sin\omega(t - t_0)$$

となる。

$\omega = \dfrac{2\pi}{T}$ と $t_0 = \dfrac{x}{v}$ を代入すると

$$y = A\sin\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{v}\right)$$

$$= A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{vT}\right)$$

$$v = \frac{\lambda}{T} \Leftrightarrow vT = \lambda$$

$$= A\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right)$$

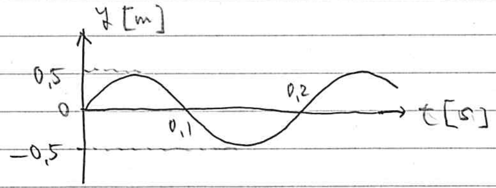
ここに各値代入すると、

$$y = 0.5\sin 2\pi\left(\frac{t}{0.2} - \frac{x}{2}\right)$$

$$= 0.5\sin\pi\left(\frac{t}{0.1} - x\right)$$

$$= 0.5\sin 10\pi(t - 0.1x)$$

問1



- 図1のとき($t=0$ のとき)、$x=2$m の媒質は $y=0$、
- 波が右に進むと、$x=2$m の媒質は上に進む。
- $T=0.2$s である。

ことから作図する。

問2. 略

2020 滋賀県立大

Ⅳ (ケ)(コ)(サ)　まったく振動しない点を 節

大きく振動する点を 腹

このような波を 定常波(定在波) という

(シ)　(ア)より

$$y_1 = A\sin\omega(t - t_0)$$

$$= A\sin\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{v}\right)$$

(ス)　波が逆向きに進むので、$v \mapsto -v$ とすると

$$y_2 = A\sin\frac{2\pi}{T}\left(t + \frac{x}{v}\right)$$

(セ)(ソ)(タ)　よって合成波は

$$y_1 + y_2 = 2A\sin\frac{1}{2}\left\{\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{v}\right) + \frac{2\pi}{T}\left(t + \frac{x}{v}\right)\right\}$$

$$\times \cos\frac{1}{2}\left\{\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{v}\right) - \frac{2\pi}{T}\left(t + \frac{x}{v}\right)\right\}$$

$$= 2A\sin\frac{1}{2}\cdot\frac{4\pi}{T}t \times \cos\frac{1}{2}\left(-\frac{4\pi}{T}\cdot\frac{x}{v}\right)$$

$$= 2A\sin 2\pi\frac{t}{T}\cdot\cos 2\pi\frac{x}{vT}$$