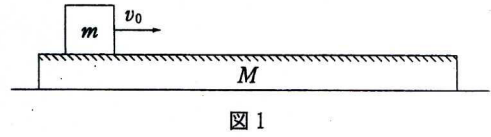


物 理 3 0 1 その 1

第1問 図1のように、滑らかな水平面上に質量 $M = 5.0 \text{ kg}$ の十分長い板を置き、その上に質量 $m = 1.0 \text{ kg}$ の物体をのせる。いま $t = 0$ で物体に水平方向に撃力を加え、右向きに速さ $v_0 = 6.0 \text{ m/s}$ を与えた。物体はしばらく板の上を滑ったのち止まり、その後板と一体となって水平面上を動いた。物体と板との間の動摩擦係数を $\mu' = 0.51$ とする。重力加速度を $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ として、次の問に答えよ。



(1) 物体が板に対して止まるまでにどれだけの時間がかかるか。

〔式と計算〕

したがって求める時間を t とすると、

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{物体の運動方程式 } ma = -\mu' mg \\ \text{板の運動方程式 } MA = \mu' mg \end{array} \right. \quad v_0 - \mu' g t = \frac{\mu' m g t}{M}$$

よ) $a = -\mu' g, A = \mu' m g / M \quad \therefore t = \frac{M v_0}{\mu' (m + M) g}$

答 1.0 s

(2) 物体が板と一体になって進むときの速さを求めよ。

〔式と計算〕

運動量保存則より、求める速さを v' とすると

$$m v_0 = (M + m) v' \quad \therefore v' = \frac{m}{M + m} v_0$$

答 1.0 m/s

(3) 物体の速さ $v(t)$ および板の速さ $V(t)$ の時間変化を、それぞれ実線および点線で図2に示せ。

〔式と計算〕 $v(t)$ および $V(t)$ は水平面に対する速さとする。

$$\left\{ \begin{array}{l} v(t) = v_0 - \mu' g t \\ V(t) = \frac{\mu' m g t}{M} \end{array} \right.$$

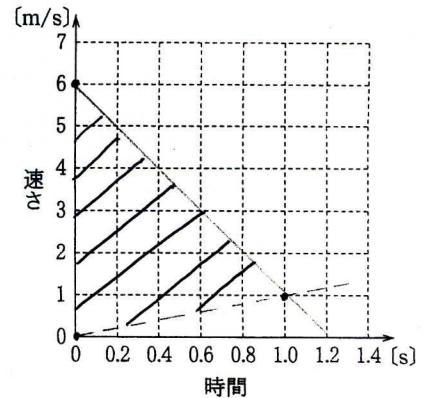


図2

(4) 物体が板の上を進んだ距離を求めよ。また、その距離に相当する部分を、図2に斜線で示せ。

〔式と計算〕

物体が進んだ距離: $x(t) = v_0 t + \frac{1}{2} (-\mu' g) t^2$

板が進んだ距離: $X(t) = \frac{1}{2} \frac{\mu' m g t^2}{M}$ よ)

物体が板の上を進んだ距離は $x(t) - X(t)$ とする。

答 3.0 m

(5) 物体が失った力学的エネルギーは何に変化するか、20字以内で述べよ。

答 摩擦により摩擦熱エネルギーに変化する。

小計 点

物 理 3 0 1 その 2

第2問 図1のように、1辺 l (m)の正方形部分を、紙面に垂直に裏から表に向かって一様な磁界 B (Wb/m²)が貫いている。いま、1回巻きの長方形コイル PQRS を紙面に平行に左から右に向かって一定の速さ v (m/s)で移動させる。時刻 $t=0$ にコイルが磁界の中に入り始めるとする。PQの長さは a (m)、PSの長さは b (m)であり、コイル全体の電気抵抗は r (Ω)である。また $a < b < l$ である。

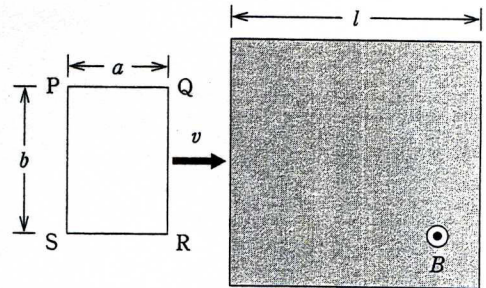


図1

(1) コイル PQRS に流れる誘導電流 i (A)の時間変化を表すグラフを、時計回りの電流の符号を正として図2に書き入れよ。また縦軸左側の2つの の中に必要な式を記入せよ。

[式と計算]

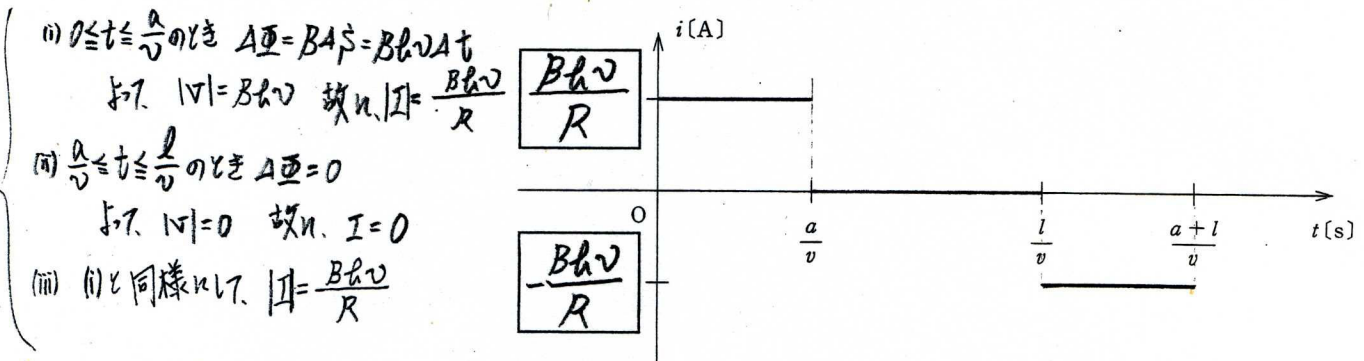


図2

(2) $0 < t < \frac{a}{v}$ のときに、コイルを流れる電流が磁場から受ける力の大きさと向きを答えよ。さらに、コイルを一定の速さ v で右側に動かすために外から加える力がする仕事率と、コイルの抵抗で消費される電力を答えよ。

[式と計算]

力の大きさは、 $F = IBb$ より $F = \frac{Bbv}{R} \cdot B \cdot b = \frac{(Bbv)^2}{R}$

仕事率は、 $Fv = \frac{(Bbv)^2}{R} \cdot v = \frac{(Bbv)^2 v}{R}$

消費電力は、 $RI^2 = R \cdot \left(\frac{Bbv}{R}\right)^2 = \frac{(Bbv)^2}{R}$

答	力の大きさ	$\frac{(Bbv)^2 v}{R}$
	力の向き	左向き
	仕事率	$\frac{(Bbv)^2}{R}$
	消費電力	$\frac{(Bbv)^2}{R}$

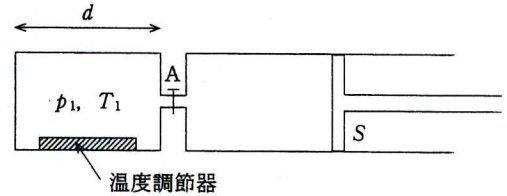
(3) $\frac{l}{v} < t < \frac{a+l}{v}$ のとき、ローレンツ力の考えに基づいてコイルに誘導電流が生じることを説明せよ。

答	コイル内の自由電子は、磁界 B 中を v の速さで動くため、電荷を $-e$ とすると、大きさが $e v B$ のローレンツ力が働く。又、このローレンツ力は $P \rightarrow S$ 方向に働くためこの自由電子はコイル内を移動する。よって、コイルには誘導電流が生じる。
---	--

小計	点
----	---

物 理 301 その3

第3問 図のように、同じ断面積 $S(\text{m}^2)$ を持つ2つの円筒形の容器が、栓 A の付いた細管で連結されている。左の容器の長さは $d(\text{m})$ であり、右の容器はなめらかに動くピストンで閉じられている。このピストンは固定することができる。また、左の容器には体積の無視できる温度調節器があり、容器内部の気体の温度調節が可能である。容器、ピストン、細管は全て断熱材でできている。気体定数を $R(\text{J/mol}\cdot\text{K})$ 、定圧モル比熱を $C_p(\text{J/mol}\cdot\text{K})$ 、定積モル比熱を $C_v(\text{J/mol}\cdot\text{K})$ として、次の問に答えよ。



- (1) 初め栓 A は閉じており、右の容器の長さが d になるようにピストンは固定されていた。左の容器に圧力 $p_1(\text{Pa})$ 、温度 $T_1(\text{K})$ 、物質 1 mol の理想気体が閉じ込められており、右の容器内は真空であった。栓 A を開くと、気体はゆっくり細管を通して右の容器に入り、長い時間の後に両方の容器内の気体の圧力および温度が等しくなって気体の移動が終わった。このときの気体の温度 $T_2(\text{K})$ と圧力 $p_2(\text{Pa})$ を求めよ。(ボイル・シャルルの法則より)

$$\frac{p_1 S d}{T_1} = \frac{p_2 S \cdot 2d}{T_2} \therefore p_2 = \frac{1}{2} p_1$$

〔式と計算〕

真空中への断熱自由膨張なので
気体の内部エネルギーは変化せず
よって温度は変化しない。

答	$T_2 = T_1$	$p_2 = \frac{1}{2} p_1$
---	-------------	-------------------------

- (2) 次に、ピストンを自由に動けるようにして、気体の圧力 p_2 を一定に保ちながら、温度調節器により気体を冷却し、右の容器の長さが 0 になったところで冷却をやめ、ピストンを固定した。

問 1 このとき、気体の温度 $T_3(\text{K})$ はいくらになるか。

〔式と計算〕

圧力一定なので、シャルルの法則より

$$\frac{S \cdot 2d}{T_2} = \frac{S d}{T_3} \therefore T_3 = \frac{1}{2} T_2$$

答	$\frac{1}{2} T_1$
---	-------------------

問 2 この過程で気体が放出する熱量と外からされた仕事を求めよ。ただし、熱量は C_p を用いて答えよ。

〔式と計算〕

$$\begin{cases} Q = C_p (T_3 - T_2) = -\frac{1}{2} C_p T_1 \\ W = p_2 \cdot S \cdot d \end{cases}$$

答	熱量 $\frac{1}{2} C_p T_1$	仕事 $\frac{1}{2} p_1 S d$
---	--------------------------	--------------------------

- (3) その後、ピストンを固定したまま温度調節器により気体を加熱し、温度を T_3 から元の T_1 まで上昇させた。この過程で気体が吸収する熱量と外からされた仕事を求めよ。ただし、熱量は C_v を用いて答えよ。

〔式と計算〕

$$\begin{cases} Q = C_v (T_1 - T_3) = \frac{1}{2} C_v T_1 \\ W = 0 \quad (\because \text{定積変化だから}) \end{cases}$$

答	熱量 $\frac{1}{2} C_v T_1$	仕事 0
---	--------------------------	------

- (4) 熱力学第 1 法則により、1 サイクルで気体が吸収した熱量と外からされた仕事の総和は 0 でなければならない。熱力学第 1 法則を上記のサイクルに適用し、 $C_p - C_v = R$ が成り立つことを示せ。

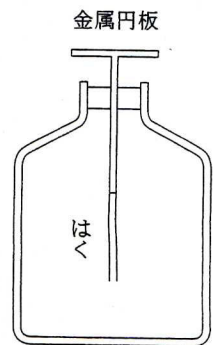
答	$\left(-\frac{1}{2} C_p T_1 + \frac{1}{2} C_v T_1\right) + \left(\frac{1}{2} p_1 S d\right) = 0, \quad -\frac{1}{2} C_p + \frac{1}{2} C_v + \frac{1}{2} R = 0$ $p_1 S d = 1 \cdot R \cdot T_1 \quad \therefore C_p - C_v = R$
---	---

物 理 301 その4

第4問 次の文章の〔①〕～〔⑫〕に当てはまる語句を入れよ。また下線部分a～cについて、その理由を25字以内で説明せよ。ただし、答えはすべて解答欄に記入すること。

原子では、その中心に位置する〔①〕のまわりを〔②〕が〔③〕力のもとで回っている。〔②〕の質量は〔①〕の質量に比べて非常に〔④〕。このため、〔②〕は比較的簡単に原子からはぎ取ることができる。はぎ取られた〔②〕を〔⑤〕という。物体どうしをこすり合わせると〔②〕が物体間を移動し〔⑥〕が発生する。たとえば、毛布でエポナイト棒をこするとエポナイト棒は負に、絹布でガラス棒をこするとガラス棒は正に帯電する。

はく検電器は物体が帯電している状態を調べる器具である。図のように、金属円板と2枚を重ねた「はく」が金属棒でつながれている。金属や「はく」は導体でできているため、〔⑤〕は移動しやすく、正や負に帯電させることができる。



はく検電器を用いた実験をしてみる。まず、帯電していないはく検電器の金属円板に絹布でこすったガラス棒を近づけると、はく検電器の「はく」は〔⑦〕。この状態で、金属円板に指を触れてアースすると「はく」は〔⑧〕。指を離してから、ガラス棒を遠ざけると、「はく」は〔⑨〕。このとき、はく^a検電器は〔⑩〕に帯電している。この状態で、はく検電器の金属円板に毛布でこすったエポナイト棒を近づけると、はく^b検電器の「はく」は〔⑪〕。この状態で、金属円板に指を触れてアースすると「はく」は〔⑫〕。指を離してから、エポナイト棒を遠ざけると、「はく」は〔⑨〕。このとき、はく^c検電器は〔⑫〕に帯電している。

解 答 欄

当てはまる語句

①	原子核	②	電子	③	クーロン	④	小さい
⑤	自由電子	⑥	電荷	⑦	開く	⑧	閉じる
⑨	開く	⑩	負	⑪	より開く	⑫	正

下線部分 a, b, c の理由

a	はくの正電荷がなくなり、はくは帯電しなくなるから。
b	エポナイト棒と反発し、はくがより負に帯電するから。
c	はくの負電荷がなくなり、はくは帯電しなくなるから。

小 計	点
-----	---