

物理基礎 (その1)

第1問 以下の問い(問1～4)に答えよ。数値は有効数字2桁で、必要な場合には単位をつけて答えること。

問1 質量 2.0 kg の物体があたり水平面上を運動している。物体の運動方向と同じ向きに 2.0 N の一定の力を加え続けて動かしたところ、 10 m 進む間に物体の速さが 3.0 m/s から 5.0 m/s になった。 10 m 進んだ間に動摩擦力が物体に対してした仕事を答えよ。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。

問2 抵抗値 20Ω の抵抗に $1.0 \times 10^2 \text{ V}$ の一定電圧をかけたところ、抵抗から $5.0 \times 10^4 \text{ J}$ の熱量が発生した。抵抗に電圧をかけた時間を答えよ。

問3 とともに振幅が 5.0 mm 、振動数が 5.0 Hz の2つの正弦波が互いに逆向きに速さ 20 cm/s で進行しており、2つの波を合成したものは定常波となっている。この定常波の腹の間隔を答えよ。

問4 ほとんどの物質は、温度が上がると長さや体積が大きくなる。これを熱膨張という。ある固体の 0°C のときの長さを $l_0 [\text{m}]$ とすると、 $t [^\circ\text{C}]$ のときの長さ $l [\text{m}]$ は、

$$l = l_0(1 + \alpha t)$$

で表される。 $\alpha [1/\text{K}]$ を線膨張率といい、この値は物質によって決まっている。

0°C のときの長さが 10 m の銅線がある。この銅線を加熱してある温度まで上昇させたところ、 0°C のときの長さに比べ 1.0 mm だけ伸びた。銅の線膨張率を $1.8 \times 10^{-5} / \text{K}$ とし、加熱後の銅線の温度(セルシウス温度)を答えよ。

物理基礎 (その2)

第2問 以下の問い(問1～6)に答えよ。

図1のように水平面とのなす角が 30° のなめらかな斜面上に質量 m の球 A を置き、軽くて伸び縮みしない糸の一端を取りつける。次に球 A を動かないように押さえたまま、糸を斜面に固定された軽くてなめらかに回転する滑車に通し、他端に質量 m の球 B を取りつけて鉛直にぶらさげる。球 A と滑車の間の糸は斜面に平行であった。球 B の下には、球 B の密度の k 倍の密度の液体が満たされており、球 A, B が静止しているときの球 B の液面からの高さは h であった。時刻 $t=0$ において球 A の押さえをはずしたところ、球 A, B は静かに運動をはじめ、時刻 $t=t_1$ で球 B は液面に達した。空気抵抗は無視でき、また運動中、球 A と滑車は衝突することはないとする。重力加速度の大きさを g とし、球 B の速度と加速度は鉛直下向きを正の向きにとるものとする。

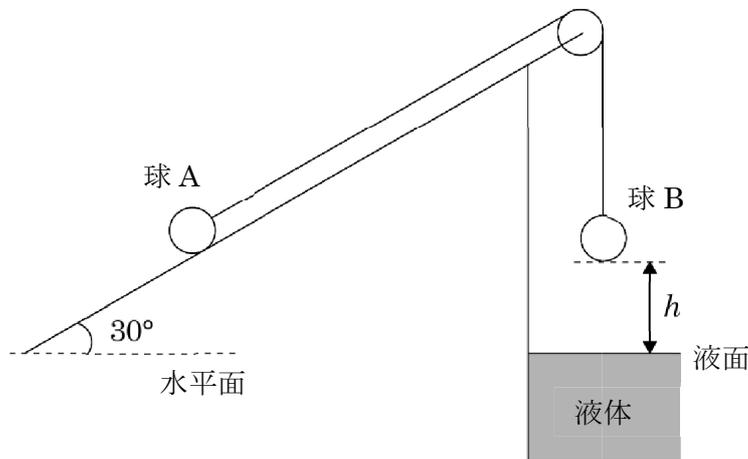


図1

問1 球 B が動き始めてから液面に達する前までの、球 B の加速度を答えよ。

問2 時刻 $t=0$ から $t=t_1$ の間の球 A と球 B の重力による位置エネルギーの合計の変化量 ΔU を答えよ。また、時刻 $t=t_1$ の球 B の速度 v_1 を ΔU を使って表せ。

問3 時刻 $t=0$ から $t=t_1$ の間に張力が球 B にした仕事を g , h , m を使って表せ。

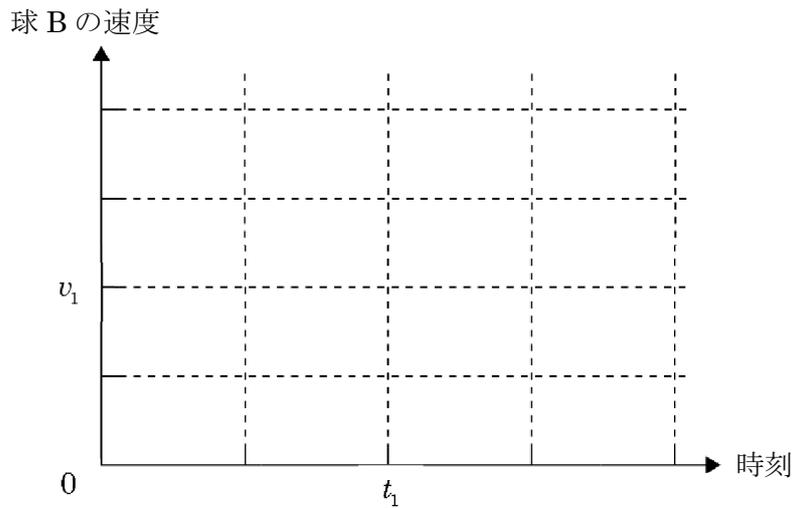
物理基礎 (その3)

球 B は時刻 $t = t_1$ に静かに液体中に入り沈んでいき、時刻 $t = t_2$ で液面から深さ h の位置を通過した。球 B が液体中を沈んでいく間、2つの球を結ぶ糸はたるむことはなかった。球 B の大きさは小さいため、時刻 $t = t_1$ でただちに球 B の全体が液体中に入り、一定の大きさの浮力を受け続けるものとする。球 B が液体から受ける力は浮力のみであるとする。液体中に入った直後の球 B の速度は、液体中に入る直前の速度と同じとしてよい。

問4 球 B が液体中を沈んでいくときの球 B の加速度を、 t_1 と t_2 を使わずに答えよ。

問5 時刻 $t = t_2$ における球 B の速度を、 t_1 と t_2 を使わずに答えよ。

問6 $k = \frac{1}{2}$ の場合の時刻 $t = 0$ から時刻 $t = t_2$ までの球 B の速度と時刻のグラフを解答用紙にかけ。なお、横軸には時刻 t_2 をかき加えること。ただし、縦軸には時刻 $t = t_1$ の球 B の速度 v_1 が、横軸には時刻 t_1 がすでにかき込んである。



物理基礎 (その4)

第3問 以下の問い(問1~4)に答えよ。

図2のように、どちらも長さ L 、抵抗値 R の一様な抵抗線 A, B を用意し、両端をそろえて平行に並び、それぞれの左端から x だけ離れた位置を導線でつなぐ。抵抗線 A, B の左端をそれぞれ a_1, b_1 、右端をそれぞれ a_2, b_2 とする。電池の内部抵抗、導線の抵抗、および抵抗線と導線との接点における接触抵抗は無視できるものとする。

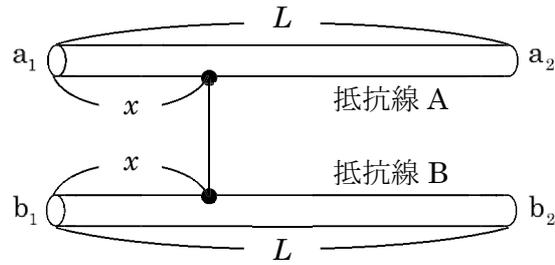


図2

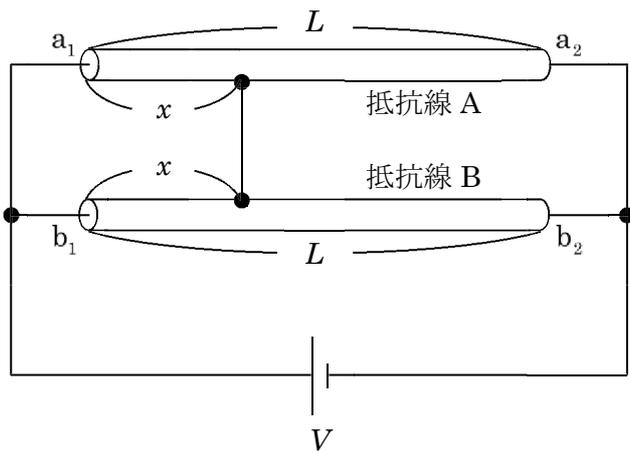


図3

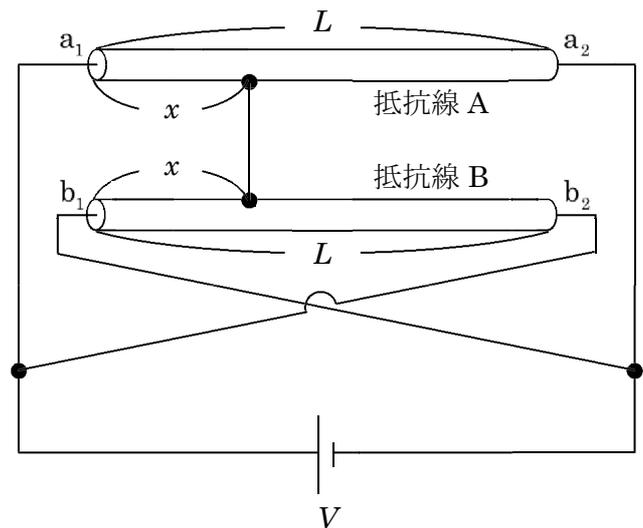


図4

まず、図3のように、 a_1 と b_1 、 a_2 と b_2 をそれぞれ導線をつなぎ、その間に導線を介して起電力 V の電池を接続した。

問1 図3の回路全体の合成抵抗を答えよ。

問2 図3の回路全体で単位時間あたりに発生するジュール熱を答えよ。

物理基礎 (その5)

次に、図4のように、 a_1 と b_2 、 a_2 と b_1 をそれぞれ導線をつなぎ、その間に導線を介して起電力 V の電池を接続した。

問3 図4の回路全体の合成抵抗を答えよ。

問4 図4の回路で x を $0 < x < L$ の範囲で変化させるとき、回路全体で単位時間あたりに発生するジュール熱が最小となる x を答えよ。答えを求める過程も記述すること。

物理基礎 (その6)

第4問 以下の問い(問1～5)に答えよ。

$-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ の氷 $m\text{ [g]}$ を断熱性の容器に入れ、電熱器から一定の電力 $P\text{ [W]}$ で熱を加えた。図5は、加熱時間 $t\text{ [s]}$ に対する氷または水の温度 $T\text{ [}^{\circ}\text{C]}$ の変化の様子を表したグラフである。 $t=t_1\text{ [s]}$ で氷の温度が $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ となり、 $t=t_2\text{ [s]}$ で容器内のすべての氷が水になった。その後も加熱を続け、 $t=3160\text{ s}$ に水の温度が $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ となったところで加熱を停止した。容器や電熱器の熱容量、および電熱器以外から氷または水に出入りする熱量は無視できるものとし、電熱器からの熱はすべて氷または水に対し均一に与えられるものとする。氷(固体)の比熱を $2.0\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ 、水(液体)の比熱を $4.2\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ 、氷の融解熱を $3.3\times 10^2\text{ J/g}$ とする。

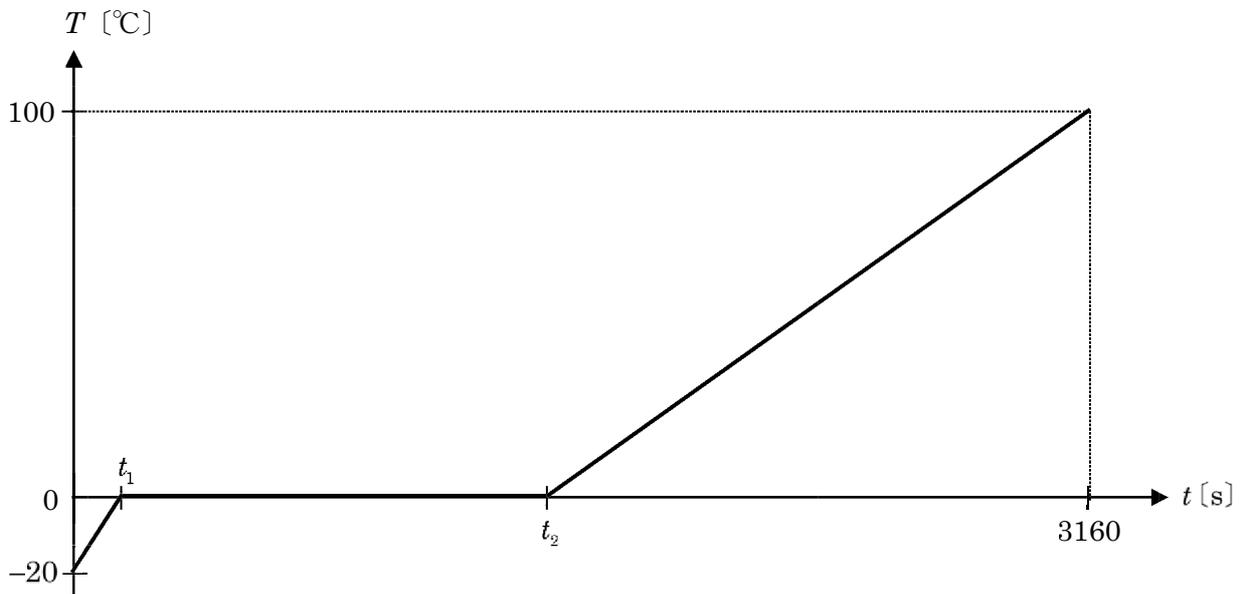


図5

- 問1 $t=t_1\text{ [s]}$ から $t=t_2\text{ [s]}$ までの間に加えられた熱量は、 $t=0\text{ s}$ から $t=t_1\text{ [s]}$ までの間に加えられた熱量の何倍か。既約分数で答えよ。
- 問2 $t=t_2\text{ [s]}$ から $t=3160\text{ s}$ までの間に加えられた熱量は、 $t=0\text{ s}$ から $t=t_1\text{ [s]}$ までの間に加えられた熱量の何倍か。既約分数で答えよ。
- 問3 t_1 、 t_2 はいくらか。それぞれ整数で答えよ。
- 問4 $t=1580\text{ s}$ における $T\text{ [}^{\circ}\text{C]}$ はいくらか。有効数字2桁で答えよ。
- 問5 $\frac{P}{m}\text{ [J/(g}\cdot\text{s)]}$ はいくらか。有効数字2桁で答えよ。