

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、必要な場合は単位をつけて答えること。

問1 図1のように、水平面と 30° の角をなすなめらかな斜面上に質量 10 kg の小物体をのせ、紙面平面内で水平方向に大きさ 50 N の一定の力を加え続けたところ、小物体は一定の加速度で斜面上を運動した。このときの小物体の加速度の大きさを答えよ。ただし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とし、 $\sqrt{3} \approx 1.73$ とする。また、空気抵抗は無視できるものとする。

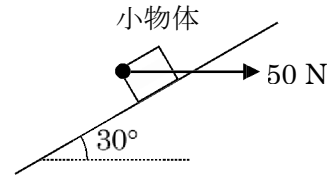


図1

問2 巻き数 200 の1次コイルと、巻き数 1000 の2次コイルからなる理想的な変圧器がある。1次コイルに 5.0 V の交流電圧(実効値)を加えたとき、2次コイルに生じる交流電圧(実効値)を答えよ。ただし、1次コイルを貫く磁束はすべて2次コイルを貫くものとする。

問3 一定量の気体が外部に $2.6 \times 10^2\text{ J}$ の仕事をし、 $4.0 \times 10^2\text{ J}$ の熱を放出した。このときの気体の内部エネルギーの変化量を答えよ。

問4 2つの支柱の間に、長さ 50 cm の弦をぴんと張り 600 Hz で振動させたところ、支柱と支柱の間に腹が3個の定常波ができた。弦を伝わる波の速さを答えよ。ただし、支柱の位置は固定端とみなせるものとする。

物理基礎 (その2)

第2問 以下の問い(問1～6)に答えよ。

図2のように、なめらかな水平面上に質量 M の台を置き、その水平であらい上面の右端に質量 m の小物体を置いた。全体が静止している状態で、台に水平方向右向きに大きさ v の初速度を与えたところ、小物体が台上を滑りながら小物体も台も右向きに運動した。しばらくすると、小物体は台から落ちることなく、台に対して静止した。小物体と台との間の動摩擦係数を μ 、重力加速度の大きさを g とする。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。

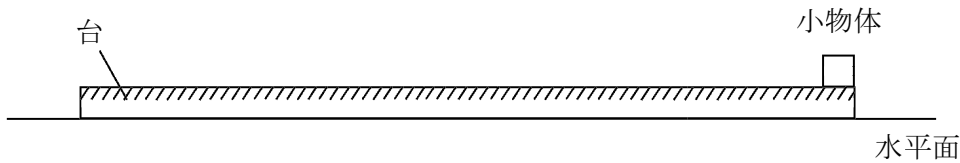


図2

問1 台に初速を与えてから小物体が台に対して静止するまでの間における、小物体と台の加速度をそれぞれ答えよ。ただし、加速度は右向きを正とせよ。

問2 台に初速を与えてから小物体が台に対して静止するまでにかかった時間を答えよ。

問3 小物体が台に対して静止した後の小物体と台の速さを答えよ。

問4 台に初速を与えてから小物体が台に対して静止するまでの間に、小物体が台上を滑った距離を答えよ。答えを求める過程も記述すること。

問5 台に初速を与えてから小物体が台に対して静止するまでの間に、動摩擦力が台および小物体にした仕事の和を答えよ。

小物体が台に対して静止してからしばらくして台を瞬間的に静止させたところ、小物体は台上を右向きに滑り、台の右端に到達する前に静止した。ただし、台を静止させた直後の小物体の速さは問3で求めたものとする。

問6 台の右端から小物体が静止した位置までの距離を答えよ。

物理基礎 (その3)

第3問 以下の問い(問1~5)に答えよ。

図3のように一辺の長さが L の立方体の形の導体を、各辺の長さが x 、 y 、 z の直方体に変形させた。変形後の導体を直方体Pと呼ぶことにし、 x は L のままにする。また、辺の長さが x 、 y の長方形の断面を面 S_{xy} 、辺の長さが y 、 z の長方形の断面を面 S_{yz} 、辺の長さが z 、 x の長方形の断面を面 S_{zx} と名付ける。

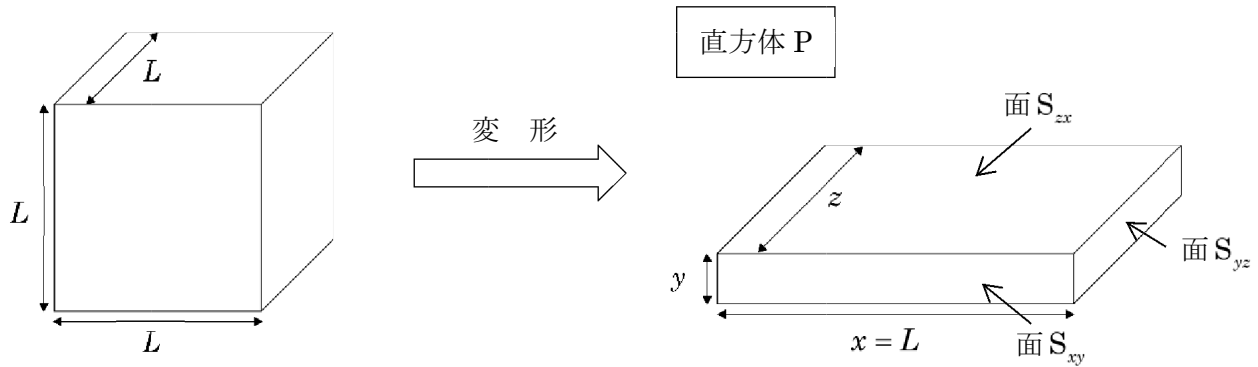


図3

直方体Pに電圧をかけたとき、どの断面を導線でつなぐかによって直方体Pの抵抗値は変わり、導線のつなぎ方によって異なる抵抗とみなすことができる。図4のように、面 S_{xy} 間、面 S_{yz} 間、面 S_{zx} 間に電圧をかけたときの直方体Pをそれぞれ抵抗 R_1 、抵抗 R_2 、抵抗 R_3 と名付け、抵抗値をそれぞれ R_1 、 R_2 、 R_3 とする。

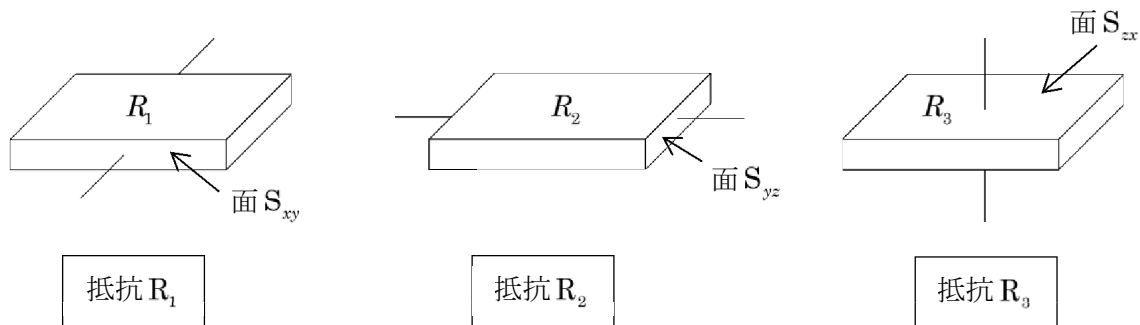


図4

抵抗 R_2 と R_3 に対して、抵抗にかける電圧 V と流れる電流 I との関係を調べると、図5のようなグラフが得られた。電圧 V_0 のときにそれぞれの抵抗に流れる電流は、抵抗 R_2 では $\frac{1}{4}I_0$ 、抵抗 R_3 では I_0 であった。

物理基礎 (その4)

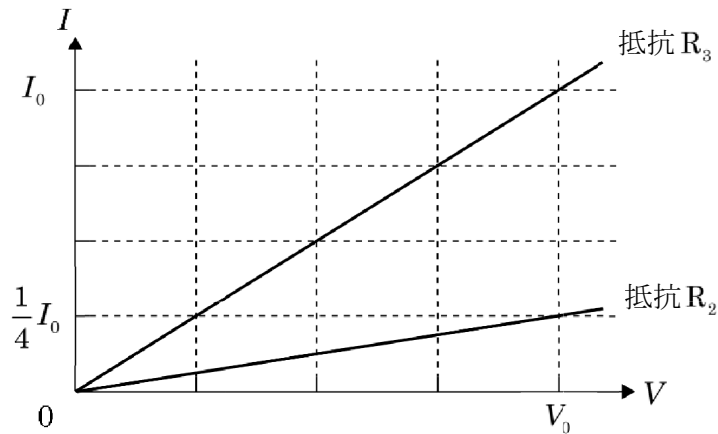


図5

問1 抵抗 R_2 , R_3 の抵抗値の比, $R_2 : R_3$ をできるだけ簡単な整数比で答えよ。

問2 y , z を答えよ。ただし, 直方体 P の体積 xyz は L^3 であることに注意せよ。

問3 抵抗 R_1 , R_2 の抵抗値の比, $R_1 : R_2$ をできるだけ簡単な整数比で答えよ。

次に直方体 P を 3 つ用意し, これらを抵抗 R_1 , R_2 , R_3 の 3 つの抵抗として用いて図6のような回路をつくった。電池の内部抵抗や導線の抵抗は無視できるものとする。

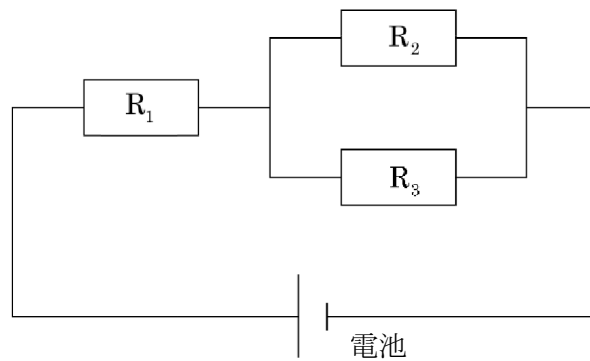


図6

問4 回路全体の合成抵抗は R_3 の何倍か。既約分数で答えよ。

問5 抵抗 R_1 , R_2 , R_3 で消費される電力を, それぞれ P_1 , P_2 , P_3 と表す。この消費電力の比, $P_1 : P_2 : P_3$ をできるだけ簡単な整数比で答えよ。

物理基礎 (その5)

第4問 以下の問い(問1~4)に答えよ。

比熱の異なる2つの金属球 P, Q がある。金属球 P の比熱は c_0 、質量は m である。金属球 Q の比熱は $3c_0$ であり、質量は金属球 P, Q の熱容量が等しくなるように調整してある。はじめ金属球 P の温度は T_1 、金属球 Q の温度は T_2 ($T_1 > T_2$) であった。

この状態から金属球 P, Q を接触させた後、十分に時間が経過すると、2つの金属球は同じ温度 T_0 となった。この間、熱は2つの金属球の間でのみやりとりされるものとする。

問1 金属球 Q の質量を答えよ。

問2 温度 T_0 を答えよ。

次に、温度 T_0 となった2つの金属球(以後、物体 PQ と呼ぶ)に、物体 PQ の α 倍の熱容量で温度 $\frac{3}{2}T_0$ の金属球 R を接触させた後、十分に時間が経過すると、物体 PQ と金属球 R は同じ温度 T となった。この間も、熱は物体 PQ と金属球 R の間でのみやりとりされるものとする。

問3 温度 T を、 T_0 、 α を使って表せ。

問4 温度 T が $\frac{4}{3}T_0$ となるような α の値を答えよ。