物　　理 1/4

I

ア – シ の中に適当な語句、数値を入れよ。ただし カ は「(a)」「(b)」「(c)」「(d)」の中から選べ。

物体の温度を 1K 上昇させるのに必要な熱量のことを ア といい、単位質量あたりの ア のことをその物体の イ という。

2 種類の物質 A、物質 B を考える。物質 A は以下の実験において固体のままで変化せず、物質 A の イ は 0.5 J/(g·K) である。物質 B は 0°C で固体から液体へ、100°C で液体から気体へ変化する。

質量が 400 g の物質 A からなる物体 A を用意する。この物体 A の ア は ウ J/K であり、20°C から 210°C まで加熱するのに必要な熱量は エ J である。その後、液体状態にある 10°C、200 g の物質 B のみが入ったビーカーに 210°C に加熱した物体 A を入れたところ、物体 A の温度は下がり、物体 A と物質 B の温度はともに 50°C となった。このことから液体状態にある物質 B の イ は オ J/(g·K) であることが分かる。ただし、物体 A と物質 B との間以外に熱の移動はなく、化学反応も起こらないものとする。物体 A と物質 B の温度の時間変化をグラフにすると図 1 の カ のようになる。

次に、10°C、50 g の物質 B のみが入ったビーカーに、1000°C まで加熱した物体 A を入れた。物質 B の温度は上昇し、途中でしばらく 100°C から変化しなくなるが、これは物体 A から得られた熱によって物質 B が液体から気体へ変化しているからである。このとき物質 B は液体と気体が共存した状態で、このときの温度を キ という。また、単位質量あたりの 100°C の液体を気体へと変えるのに必要な熱量のことを物質 B の ク という。液体が全て気体となったとき、物体 A の温度は 335°C であった。この結果から物質 B の ク は ケ J/g であることが分かる。ただし、物体 A と液体状態にある物質 B との間以外に熱の移動はなく、化学反応も起こらないものとする。

最後に、固体状態にある −10°C、56 g の物質 B のみが入ったビーカーに加熱した物体 A を入れて両者を接触させた。固体状態にある物質 B の イ は 2 J/(g·K)、単位質量あたりの 0°C の物質 B の固体を液体へと変えるのに必要な熱量は 330 J/g であるとする。固体状態にある物質 B の温度は上昇し、途中でしばらく 0°C から変化しなくなるが、これは物体 A から得られた熱によって物質 B が固体から液体へと変化しているからであり、このときの温度を物質 B の コ という。最終的な物体 A の温度を 100°C よりも低くするためには、接触前の物体 A の温度を サ °C よりも低くする必要があり、逆に最終的な物体 A の温度を 100°C よりも高くするためには、接触前の物体の温度を シ °C よりも高くする必要がある。ただし、物体 A と固体状態あるいは液体状態にある物質 B との間以外に熱の移動はなく、化学反応も起こらないものとする。

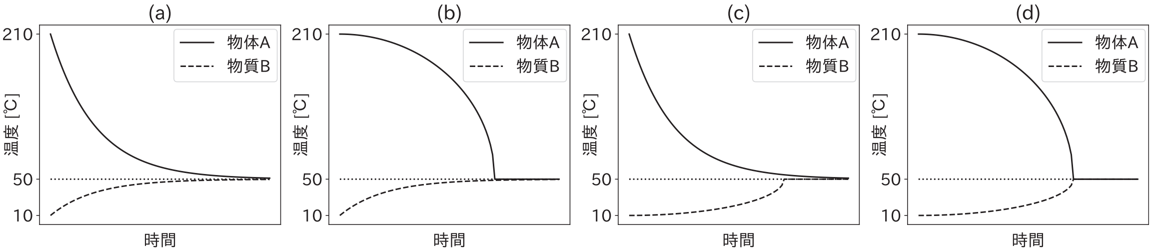

図 1

Ⅱ

図２のような電気回路を考える。可変抵抗の抵抗値は０から無限大まで変えることができるものとする。接地した点Ｑの電位を０とする。抵抗１と抵抗２の抵抗値はともに R である。また、電流計の内部抵抗は０、直流電源の内部抵抗は０で起電力は E である。

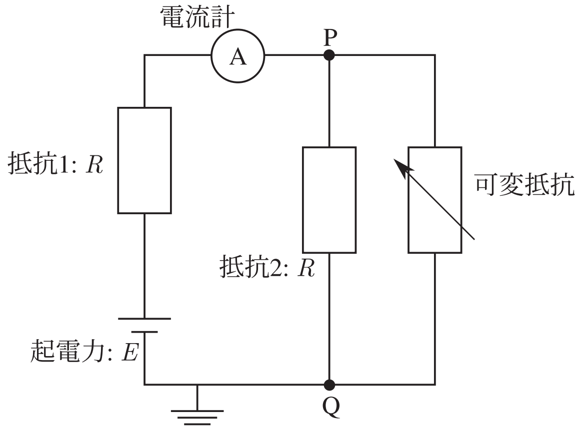

図２

(1) 可変抵抗の抵抗値を無限大としたとき、点Ｐの位置の電位および電流計を流れる電流の強さを求めよ。

(2) 可変抵抗の抵抗値を０としたとき、点Ｐの位置の電位および電流計を流れる電流の強さを求めよ。

(3) 可変抵抗の抵抗値を R としたとき、抵抗２で単位時間あたりに消費されるエネルギーを求めよ。導出過程も示すこと。

(4) 抵抗２で単位時間あたりに消費されるエネルギーを最小にしたときの、可変抵抗の抵抗値を求めよ。

Ⅲ

図 3 のように、円弧と直線から形成される軌道 A〜F と水平な床面 FG を考える。軌道の円弧部分は点 C から点 E の間であり、円弧の半径は r、円弧の中心は床面と同じ高さにあり、点 C および点 E で円弧は直線部分となめらかに繋がっている。点 B および点 F での軌道の直線部分と床面の延長線との角度は a で、円弧の中心角は $2a$ である。軌道上で床面から高さ h の点 A に静止している小球 (質量 m) を静かにはなしたところ、小球は点 A から点 F まで軌道に沿って運動し、点 F から空中に飛び出し点 G で床面に衝突した。ただし、重力加速度の大きさを g とし、小球の半径は十分小さく、運動中における小球の回転および小球と軌道の間の摩擦、空気抵抗はないものとする。

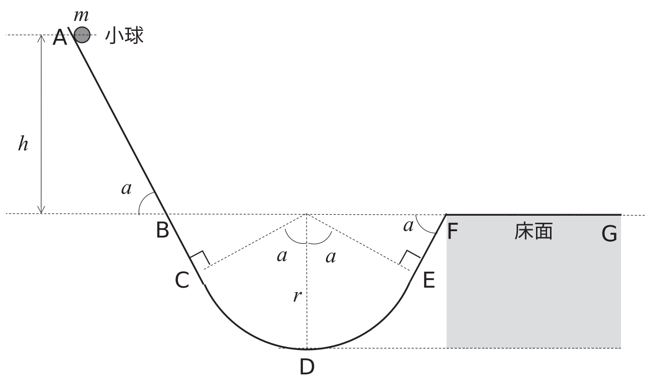

図 3

(1) 小球が点 B および点 D を通過するときの速さを求めよ。

(2) 点 A から点 F までの間で、小球が軌道から受ける垂直抗力の大きさが最大となる点を選べ。

(3) (2) の点で、小球が軌道から受ける垂直抗力の大きさを m, g, r, h を用いて表せ。導出過程も示すこと。

(4) 小球が点 F から点 G に到達するまでの時間を g, a, h を用いて表せ。導出過程も示すこと。

(5) 点 F から点 G の間における、小球の床面からの高さの最大値を a, h を用いて表せ。

Ⅳ

図４に示すように、ばね定数 k の質量が無視でき十分に長いばねに、質量 M の物体１がつり下げられ、最初静止していた。質量 m の物体２が鉛直上向きに真っ直ぐ、速さ v で物体１に衝突したところ、その後の物体１と物体２は真っ直ぐ鉛直方向のみに運動した。ただし、重力加速度の大きさを g、物体１と物体２との間の反発係数を e とする。

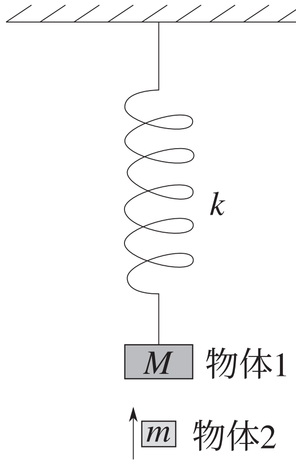

図 4

(1) 衝突前、物体１をつり下げ静止しているときの、自然の長さからのばねの伸びを求めよ。

(2) 衝突直後の物体１の速さを求めよ。

(3) 衝突直後、物体２はその運動の向きを鉛直下向きに変えた。m と M の大小関係および e の範囲を求めよ。導出過程も示すこと。

(4) 衝突時の高さを基準にして、物体１は衝突後にそこから最高点の高さ h まで上昇した。e を h, m, M, k, v を用いて表せ。