

## 令和6年度 理工学群 総合型選抜

### 物 理 Ⅰ

#### I

次の文章中の空欄  ～  に適当な語句，数値を入れよ。

かつては，熱はエネルギーとは別のものと考えられており，熱量の単位としてカロリー (cal) が用いられていた。1 カロリーは，質量 1 g の水の温度を 1 °C (絶対温度の温度差 1 K に等しい) だけ上昇させるのに必要な熱量として定義されていたので，水の比熱は  cal/(g・K) ということになる。

ジュールは，1 cal が何 J に相当するか (これを熱の仕事当量 (単位は [J/cal]) という) を実験で求めた。図 1 は，ジュールの実験の装置を模式的に示したものである。2 個のおもりはゆっくりと鉛直に落下し，おもりが糸を引くことで羽根車を回転させて，容器内の水をかき回し，水の温度が上昇する。おもりの落下する速さは非常に小さく、ここではその運動エネルギーを無視できるものとする。1 個のおもりの質量を 5.0 kg，1 回あたりのおもりの落下距離を 1.0 m，容器と羽根車と水の合計の熱容量を  $1.0 \times 10^3$  cal/K とし，重力加速度の大きさを  $9.8$  m/s<sup>2</sup> とする。2 個のおもりを 1 回落下させたとき，おもりにはたらく重力が 2 個のおもりにした仕事の和は  J である。この仕事はすべて容器と羽根車と水の温度上昇に使われるものとする。2 個のおもりを繰り返し 30 回落下させると，容器と羽根車と水の温度が 0.70 °C だけ上昇し，容器の外部に熱が伝わることはないとする。この実験から得られる熱の仕事当量  $J$  は， $J =$   J/cal となる。

ほかの様々な実験からも同じ値が得られ，熱がエネルギーの一種であると認められるようになった。あらい水平面上をすべっている物体が摩擦によってやがて静止するとき，力学的エネルギー保存の法則は成り立たないが，この運動で失われた物体の運動エネルギーはおもに  に変換されており， 保存の法則は常に成り立っている。

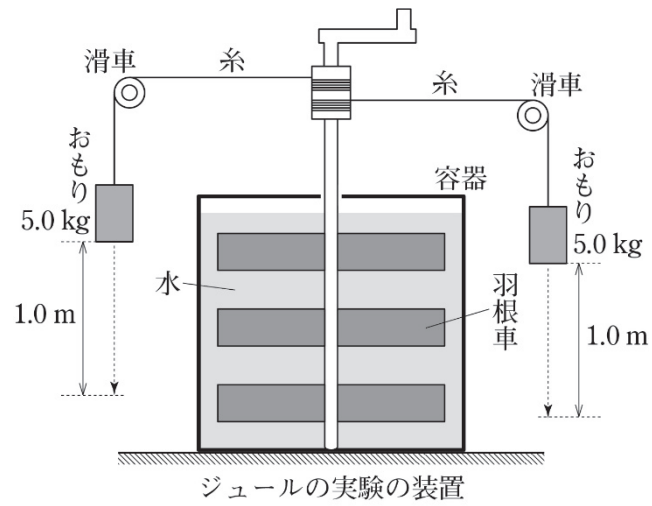


図 1

## II

図2のように、いずれも抵抗値  $r$  の抵抗  $R_1, R_2, R_3$ 、抵抗値  $2r$  の抵抗  $R_4$ 、起電力  $E$  の電源を接続した電気回路がある。抵抗  $R_1, R_2, R_3, R_4$  以外の電気抵抗は無視できるものとする。

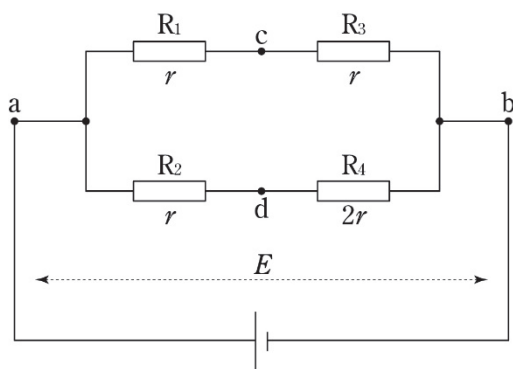


図 2

- (1) 図2の点  $d$  を流れる電流の大きさを求めよ。また、抵抗  $R_4$  の両端に加わる電圧を求めよ。
- (2) 図2の  $ab$  間の合成抵抗を求めよ。

次に，図3のように，抵抗  $R_3$  を取り去り，cd 間を導線でつないだ。

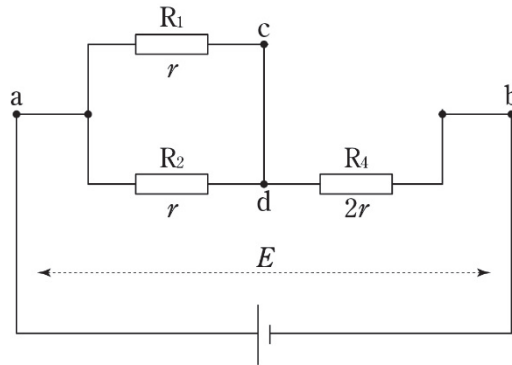


図 3

- (3) 図3の点  $a$  を流れる電流の大きさを求めよ。解法も示すこと。
- (4) 図3の抵抗  $R_1$ ，抵抗  $R_4$  の消費電力をそれぞれ求めよ。

## III

図4のように、水平となす角度  $\theta$  のあらい斜面上の点 P に質量  $m$  の小物体を置き、斜面に沿って上向きに大きさ  $v_0$  の初速度を与えると、小物体は点 P から斜面に沿って上向きに距離  $L$  だけ離れた点 Q まで上昇して一瞬静止した後、直ちに下降し始めて、点 P に戻ってきた。運動の間、小物体の底面と斜面は常に接していた。小物体と斜面の間の静止摩擦係数を  $\mu$ 、動摩擦係数を  $\mu'$  とし、重力加速度の大きさを  $g$  とする。

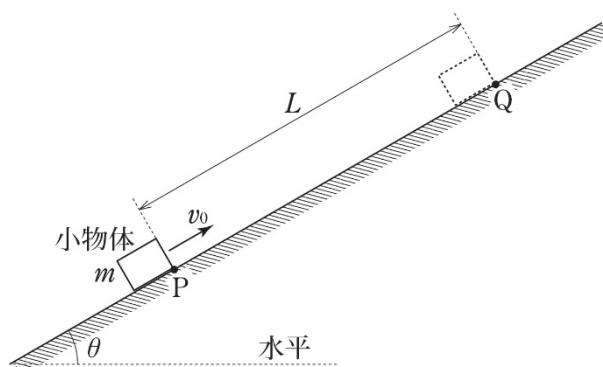
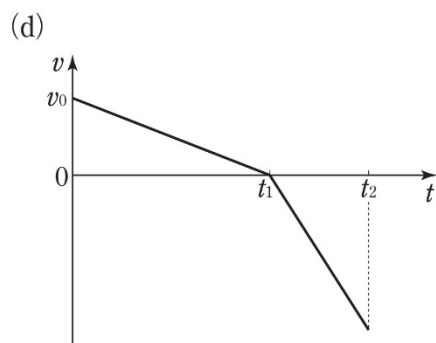
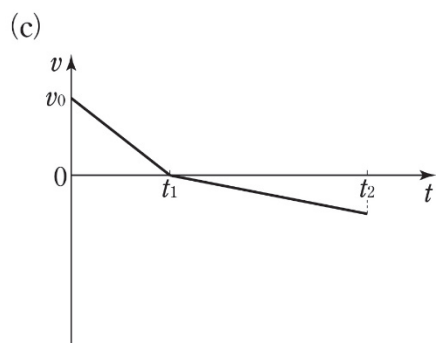
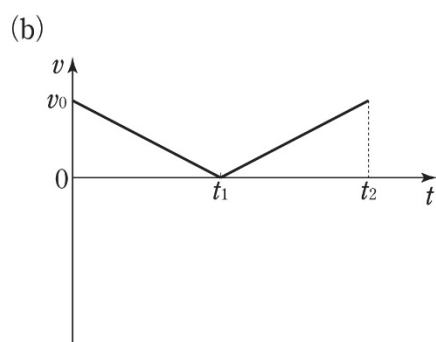
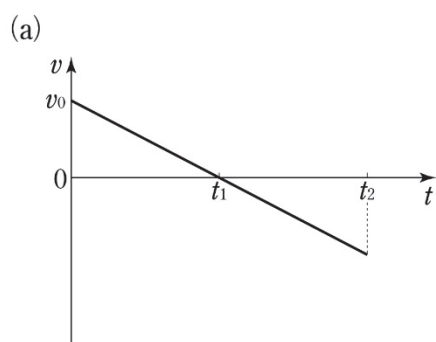


図 4

- (1) 点 Q まで上昇して一瞬静止した小物体が直ちに下降し始めたことから、 $\mu$  が満たすべき条件を  $\theta$  を用いて表せ。
- (2) 斜面を上昇しているときの小物体の加速度  $a$  を、 $g$ 、 $\theta$ 、 $\mu'$  を用いて表せ。  
解法も示すこと。ただし、小物体の加速度は斜面に沿って上向きを正とする。
- (3) 小物体に与えた初速度の大きさ  $v_0$  を、 $g$ 、 $L$ 、 $\theta$ 、 $\mu'$  を用いて表せ。

- (4) 小物体が点 P で初速度を与えられてから点 P に戻ってくるまでの間の、小物体の速度  $v$  と時刻  $t$  の関係を表すグラフの概形として最も適当なものを、次の(a)~(d)の中から一つ選べ。ただし、小物体の速度は斜面に沿って上向きを正とする。また、小物体が点 P で初速度を与えられた時刻を  $0$  とし、点 Q に到達した時刻を  $t_1$ 、点 P に戻ってきた時刻を  $t_2$  とする。



## IV

図5のように、軽くて伸び縮みしない長さ  $L$  の糸の一端を天井の点  $O$  に固定し、糸の他端に質量  $m$  の小さいおもりを付ける。おもりに初速度を与えたところ、おもりは水平面内で角速度  $\omega$  の等速円運動をした。糸が鉛直線となす角度を  $\theta$ 、重力加速度の大きさを  $g$  とし、空気抵抗は無視できるものとする。

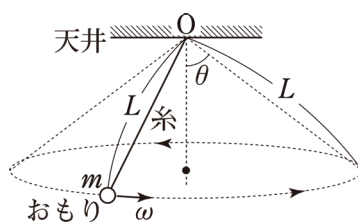


図 5

- (1) おもりの速さを  $L$ ,  $\theta$ ,  $\omega$  を用いて表せ。
- (2) 糸の張力の大きさを  $T$  とする。  $T$  を,  $m$ ,  $g$ ,  $\theta$  を用いて表せ。
- (3) おもりとともに等速円運動をする観測者から見ると、おもりに遠心力がはたらく。その遠心力の大きさを,  $m$ ,  $L$ ,  $\theta$ ,  $\omega$  を用いて表せ。
- (4)  $\omega$  を,  $g$ ,  $L$ ,  $\theta$  を用いて表せ。解法も示すこと。