

物 理

(問題は次ページから始まります)

物 理

第 1 問 次の問い（問 1～5）に答えなさい。

問 1 図 1 のように、木の棒が壁に立てかけられて静止している。このとき、下の A～C の条件のうち、この状態が成立し得る条件を過不足なく選んだものとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。

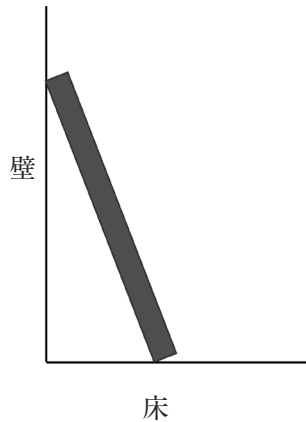


図 1

- A 壁にも床にも摩擦はない。
- B 壁にも床にも摩擦はある。
- C 壁に摩擦はないが、床に摩擦はある。

- ① A
- ② B
- ③ C
- ④ A, B
- ⑤ B, C
- ⑥ A, B, C

問2 精密な仕事当量を測定するため、図2のような装置を用いて、ある質量のおもりをある距離だけ落下させることによって羽根車を回転させ、装置内の水の温度を上昇させた。

おもりの落下距離をそのままにしておもりの質量を2倍にした場合(条件A)、およびおもりの質量をそのままにしておもりの落下距離を2倍にした場合(条件B)のそれぞれで比べた場合の水の温度上昇の関係に関する説明として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。ただし、重力によるおもりの位置エネルギーの減少分は、すべて装置内の水の温度上昇に使われ、装置の容器を含む外部への熱の移動はないものとする。 2

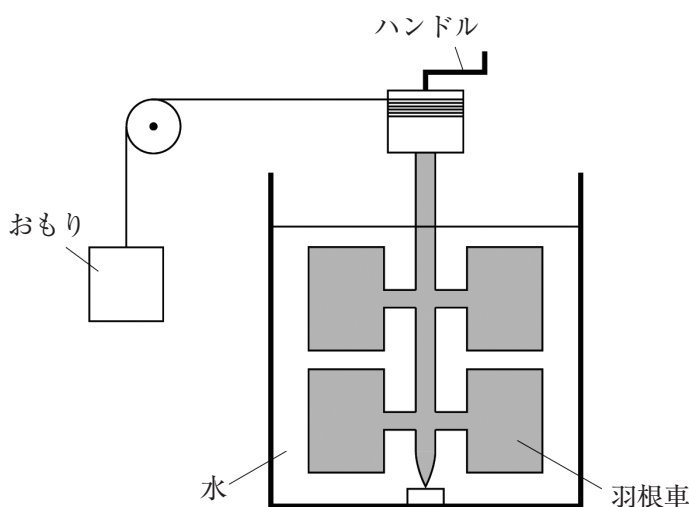


図2

- ① 条件Aでも条件Bでも水の温度上昇は変化しない。
- ② 条件Aでは水の温度上昇が2倍になるが、条件Bでは水の温度上昇は変化しない。
- ③ 条件Aでは水の温度上昇が変化しないが、条件Bでは水の温度上昇が2倍になる。
- ④ 条件Aでも条件Bでも、水の温度上昇が2倍になる。
- ⑤ 水の質量がある値以下では条件Aの方が、ある値以上では条件Bの方が、それぞれ温度上昇が大きい。
- ⑥ 水の質量がある値以下では条件Bの方が、ある値以上では条件Aの方が、それぞれ温度上昇が大きい。

問3 図3のように、断面積が一定の一樣な抵抗 R_1 と R_2 があり、内部抵抗が無視できる直流電源に対して並列に接続した。 R_1 と R_2 は同じ材質でできており、 R_2 の長さは R_1 の長さの2倍である。また、断面はともに円形で、 R_2 の断面の半径は R_1 の断面の半径の2倍である。この回路において R_1 と R_2 に流れる電流をそれぞれ I_1 , I_2 としたとき、 $\frac{I_1}{I_2}$ の値として最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 3

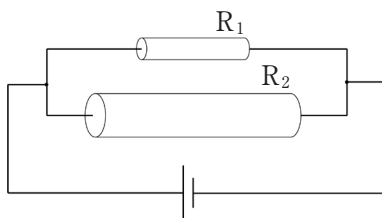


図3

- | | | |
|-----------------|-----------------|-----------------|
| ① $\frac{1}{8}$ | ② $\frac{1}{4}$ | ③ $\frac{1}{2}$ |
| ④ 1 | ⑤ 2 | ⑥ 4 |

問4 振動数が400HzのおんさAと、振動数がわからない2つのおんさB, Cがある。おんさAとBを同時に鳴らすとうなりが1秒間に4回聞こえ、おんさBとCを同時に鳴らすとうなりが1秒間に2回聞こえた。このとき、おんさAとCを同時に鳴らすと、1秒間に N 回のうなりが聞こえるとする。 N としてとり得る値の数は何種類あるか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 4 種類

- | | | |
|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 |
| ④ 4 | ⑤ 5 | ⑥ 6 |

問5 次の A～D の文から正しいものを選んだ組合せとして最も適当なものを、下の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 5

A 運動エネルギーと位置エネルギーの和は、どんな場合も一定に保たれる。

B 熱機関が受け取った熱エネルギーをすべて力学的エネルギーに変換することはできない。

C エネルギーは、異なる種類のエネルギーに変換されても、その総量が減ることはない。

D 摩擦のある面で物体が運動してやがて静止したとすると、常に運動エネルギーの半分が摩擦熱として消費される。

① A, B

② A, C

③ A, D

④ B, C

⑤ B, D

⑥ C, D

第2問

なめらかで水平な床面において、ばね定数 k の軽いばねに取り付けられた物体の運動について考える。ばねの左端は壁に取り付けられており、ばねの自然長の右端の位置を原点として床面に沿って水平右向きに x 軸をとる。物体に作用する力、物体の速度および加速度は x 軸正の向きの場合を正とし、重力加速度の大きさを g とする。物体は同一鉛直面内を運動し、ばねの質量および空気抵抗の影響は無視できるものとして、次の問い(問1, 2)に答えなさい。

問1 図1のように、自然長のばねの右端に質量 m の小物体Pを取り付け、 x 軸正の向きに大きさ v_0 の初速度を与えたところ、小物体Pは位置 $x=0$ を中心に x 軸に沿って単振動をした。小物体Pの大きさは無視できるものとする。

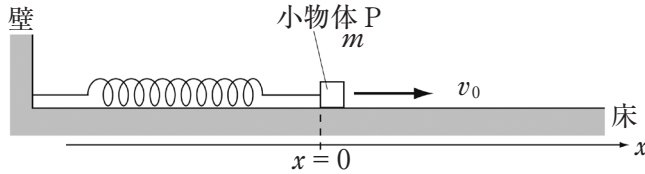


図1

(1) 小物体Pの単振動の振幅を A とする。 A を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 6

- | | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| ① $\frac{1}{v_0} \sqrt{\frac{k}{m}}$ | ② $v_0 \sqrt{\frac{k}{m}}$ | ③ $\frac{1}{v_0} \sqrt{\frac{m}{k}}$ |
| ④ $v_0 \sqrt{\frac{m}{k}}$ | ⑤ $\frac{1}{v_0} \sqrt{\frac{1}{km}}$ | ⑥ $v_0 \sqrt{\frac{1}{km}}$ |

(2) 小物体Pの位置が x のときの小物体Pの x 軸方向の加速度を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 7

- | | | |
|-------------------|-------------------|----------|
| ① $-\frac{m}{k}x$ | ② $-\frac{k}{m}x$ | ③ $-kmx$ |
| ④ $\frac{m}{k}x$ | ⑤ $\frac{k}{m}x$ | ⑥ kmx |

(3) 小物体Pが $x=0$ から初めて位置 $x=A$ に到達するまでの時間を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 8

- | | | |
|--------------------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| ① $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{k}{m}}$ | ② $\pi \sqrt{\frac{k}{m}}$ | ③ $2\pi \sqrt{\frac{k}{m}}$ |
| ④ $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}$ | ⑤ $\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ | ⑥ $2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ |

問2 自然長のばねの右端に質量 M の板 Q を取り付け、板 Q の上面に質量 m の小物体 P をのせた。板 Q の上面はあらく水平であり、板 Q と小物体 P の間には摩擦力が作用する。 x 軸上における板 Q の位置を、板 Q の左端の座標で表すとき、はじめ板 Q の位置は $x=0$ であった。図 2 のように、板 Q を位置 $x=-d$ までゆっくり移動させ、位置 $x=-d$ において静かに放すと、板 Q と小物体 P は一体となって x 軸に沿って単振動をし、その振幅は d であった。板 Q と小物体 P の間の静止摩擦係数を μ とする。

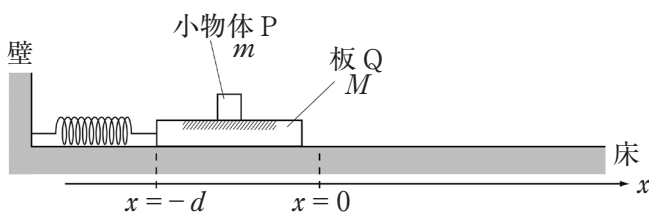


図 2

(1) 板 Q の位置が x のとき、小物体 P と板 Q の加速度を a 、板 Q が小物体 P に及ぼす静止摩擦力を f とする。板 Q の位置が x のときの、板 Q の x 軸方向の運動方程式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 9

- ① $Ma = -kx - f$ ② $Ma = -kx$ ③ $Ma = -kx + f$
 ④ $Ma = kx - f$ ⑤ $Ma = kx$ ⑥ $Ma = kx + f$

(2) 板 Q の位置が x のとき、板 Q が小物体 P に及ぼす静止摩擦力 f を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 10

- ① $-\frac{km}{M+m}x$ ② $-\frac{kM}{M+m}x$ ③ $-\frac{kMm}{(M+m)^2}x$
 ④ $\frac{km}{M+m}x$ ⑤ $\frac{kM}{M+m}x$ ⑥ $\frac{kMm}{(M+m)^2}x$

(3) 板 Q に対して小物体 P がすべることなく、2 物体が一体となって単振動をするとき、単振動の振幅は d_0 以下でなければならない。 d_0 を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 11

- ① $\frac{\mu mg}{k}$ ② $\frac{\mu Mg}{k}$ ③ $\frac{\mu(M+m)g}{k}$
 ④ $\frac{\mu(M+m)^2g}{km}$ ⑤ $\frac{\mu(M+m)Mg}{km}$ ⑥ $\frac{\mu(M+m)mg}{kM}$

第3問

真空中において、電流の作る磁場および電流が磁場から受ける力について考える。次の問い（問1、2）に答えなさい。

問1 図1のように、十分に長い直線状の導線Dおよび1辺の長さが ℓ の正方形コイルabcdが xy 平面内に置かれている。導線Dは y 軸に沿って置かれており、 y 軸正の向きに大きさ I の一定の電流が流れている。正方形コイルは辺abが位置 $x=L$ にあり、 $a \rightarrow b \rightarrow c \rightarrow d$ の向きに大きさ i の一定の電流が流れている。真空の透磁率を μ_0 とし、正方形コイルを流れる電流が作る磁場およびコイルの質量は無視できるものとする。

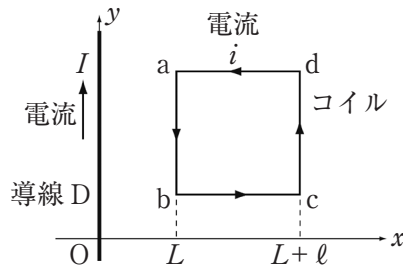


図1

(1) 導線Dを流れる電流が辺abの位置に作る磁場の強さを H とする。 H を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 12

- | | | |
|------------------------|-----------------------|------------------------|
| ① $\frac{I}{2\pi L^2}$ | ② $\frac{I}{\pi L^2}$ | ③ $\frac{2I}{\pi L^2}$ |
| ④ $\frac{I}{2\pi L}$ | ⑤ $\frac{I}{\pi L}$ | ⑥ $\frac{2I}{\pi L}$ |

(2) 導線Dを流れる電流が辺abに及ぼす力の大きさを表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 13

- | | | |
|-----------------|-------------------|----------------------|
| ① $\mu_0 HiL$ | ② $\mu_0 Hil$ | ③ $\mu_0 HiL^2$ |
| ④ $\mu_0 Hil^2$ | ⑤ $\mu_0 Hi^2L^2$ | ⑥ $\mu_0 Hi^2\ell^2$ |

(3) 導線Dが正方形コイルabcd全体に及ぼす力の向きおよび大きさとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 14

- | | |
|--|--|
| ① x 軸負の向きに $\frac{\mu_0 Ii\ell}{2\pi(L+\ell)}$ | ② x 軸正の向きに $\frac{\mu_0 Ii\ell}{2\pi(L+\ell)}$ |
| ③ x 軸負の向きに $\frac{\mu_0 IiL^2}{2\pi\ell(L+\ell)}$ | ④ x 軸正の向きに $\frac{\mu_0 IiL^2}{2\pi\ell(L+\ell)}$ |
| ⑤ x 軸負の向きに $\frac{\mu_0 Ii\ell^2}{2\pi L(L+\ell)}$ | ⑥ x 軸正の向きに $\frac{\mu_0 Ii\ell^2}{2\pi L(L+\ell)}$ |

問2 図2のように、磁束密度の大きさが B で一様な磁場が存在する空間がある。この空間に、導体でできた2本のレールを間隔 w で平行に並べて水平に置き、起電力の大きさが E の電池および可変抵抗を接続した。磁場の向きは、レールに沿って水平左向きから時計回りに 60° の角度をなしている。可変抵抗の抵抗値を R に調節し、2本のレールの上に、レールに対して垂直に質量 m の導体棒をのせたところ、導体棒には一定の大きさの電流が流れ、導体棒は静止した。なお、2本のレールと導体棒の間はあらく摩擦力が作用し、レールと導体棒の間の静止摩擦係数は $\frac{1}{\sqrt{3}}$ である。重力加速度の大きさを g とし、導線の電気抵抗、電池の内部抵抗、導体棒とレールの間の接触部分の電気抵抗および回路に流れる電流が作る磁場は無視できるものとする。

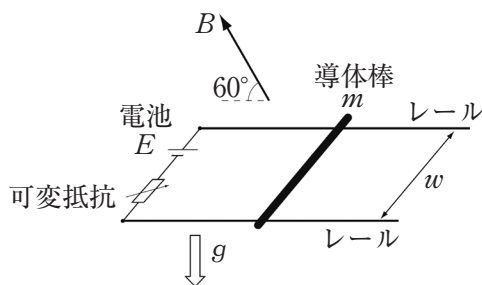


図2

(1) 導体棒が一様な磁場から受ける力の大きさを F とする。 F を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 15

- | | | |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| ① $\frac{RBw}{E}$ | ② $\frac{EBw}{R}$ | ③ $\frac{RBw^2}{E}$ |
| ④ $\frac{EBw^2}{R}$ | ⑤ $\frac{RB^2w^2}{E}$ | ⑥ $\frac{EB^2w^2}{R}$ |

(2) 2本のレールが導体棒に及ぼす垂直抗力の合力の大きさを、(1)の F を用いて表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 16

- | | | |
|-----------------------|------------------------------|-----------------------|
| ① $mg - F$ | ② $mg - \frac{\sqrt{3}}{2}F$ | ③ $mg - \frac{1}{2}F$ |
| ④ $mg + \frac{1}{2}F$ | ⑤ $mg + \frac{\sqrt{3}}{2}F$ | ⑥ $mg + F$ |

(3) 可変抵抗の値をゆっくりと小さくしていくと、ある値 R_0 より小さくなったときに導体棒はレールに対してすべりはじめた。 R_0 を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 17

① $\frac{EBw}{mg}$

② $\frac{EBw^2}{mg}$

③ $\frac{EB^2w^2}{mg}$

④ $\frac{mg}{EBw}$

⑤ $\frac{mg}{EBw^2}$

⑥ $\frac{mg}{EB^2w^2}$

(下 書 き 用 紙)

物理の試験問題は次ページに続きます。

第 4 問

物質質量が一定の単原子分子理想気体について、体積 V_0 、圧力 p_0 、絶対温度（以下、単に温度とよぶ） T_0 の状態 A からの状態変化について考える。状態変化はゆっくり行われるものとして、次の問い（問 1、2）に答えなさい。

問 1 状態 A から状態 B まで体積が V_0 で一定の定積変化、状態 B から状態 C まで圧力が $2p_0$ で一定の定圧変化をした後、再び状態 A に戻る過程を考える。状態 C の体積は $3V_0$ であり、図 1 は、状態 A から再び状態 A に戻るまでの間の気体の圧力 p と体積 V の関係を表す p - V グラフである。状態 C から状態 A までの変化を表す p - V グラフは直線である。

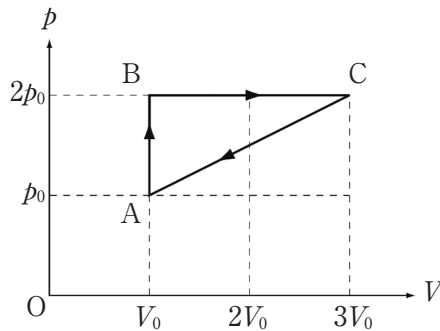


図 1

(1) 状態 C における気体の温度を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 18

- | | | |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| ① $\frac{1}{6}T_0$ | ② $\frac{1}{3}T_0$ | ③ $\frac{1}{2}T_0$ |
| ④ $2T_0$ | ⑤ $3T_0$ | ⑥ $6T_0$ |

(2) 状態 C から状態 A までの間に気体が外部にした仕事を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 19

- | | | |
|--------------|--------------|------------------------|
| ① $-6p_0V_0$ | ② $-4p_0V_0$ | ③ $-3p_0V_0$ |
| ④ $-2p_0V_0$ | ⑤ $-p_0V_0$ | ⑥ $-\frac{1}{2}p_0V_0$ |

(3) 状態 C から状態 A までの間に気体が外部に放出した熱量を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 20

- | | | |
|------------------------|-----------------------|------------------------|
| ① $3p_0V_0$ | ② $\frac{9}{2}p_0V_0$ | ③ $6p_0V_0$ |
| ④ $\frac{15}{2}p_0V_0$ | ⑤ $9p_0V_0$ | ⑥ $\frac{21}{2}p_0V_0$ |

問2 図2のような、状態Aから状態B、状態C、状態Dを経て再び状態Aに戻る熱サイクルを考える。状態Aから状態Cまでの変化は問1と同じであり、状態Cから状態Dまでは気体の体積が $3V_0$ で一定の定積変化、状態Dから状態Aまでは気体の圧力が p_0 で一定の定圧変化である。

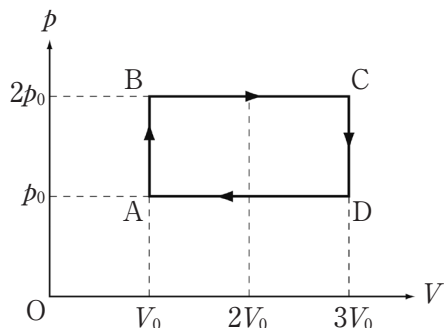


図2

(1) 熱サイクルにおいて、気体がした正味の仕事を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 21

- | | | |
|-----------------------|-------------|------------------------|
| ① $\frac{3}{2}p_0V_0$ | ② $2p_0V_0$ | ③ $\frac{5}{2}p_0V_0$ |
| ④ $\frac{7}{2}p_0V_0$ | ⑤ $4p_0V_0$ | ⑥ $\frac{13}{2}p_0V_0$ |

(2) 熱サイクルにおいて、気体が外部から吸収した熱量の総和を表す式として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 22

- | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① $\frac{11}{2}p_0V_0$ | ② $6p_0V_0$ | ③ $\frac{15}{2}p_0V_0$ |
| ④ $8p_0V_0$ | ⑤ $\frac{23}{2}p_0V_0$ | ⑥ $12p_0V_0$ |

(3) 熱サイクルの熱効率として最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選びなさい。 23

- | | | |
|------------------|------------------|------------------|
| ① $\frac{2}{21}$ | ② $\frac{3}{20}$ | ③ $\frac{4}{23}$ |
| ④ $\frac{5}{18}$ | ⑤ $\frac{3}{8}$ | ⑥ $\frac{2}{5}$ |

物理の問題はここまでです。

