

令和 7 年度 一般 選 抜
個別学力試験問題(前期日程)

物 理

注 意

1. 問題紙は指示があるまで開いてはいけません。
2. 問題紙は 11 ページです。解答用紙は 8 枚です。指示があってから
確認し、解答用紙の所定の欄に受験番号を記入してください。
3. 答えはすべて解答用紙の所定のところに記入してください。
4. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
5. 試験終了後、問題紙は持ち帰ってください。

- 1 図1のような水平な面を持つ天井と、その天井に垂直な壁がある。壁に開口部を設け、開口端の下側に原点 O をとり、水平方向右向きに x 軸を、壁に沿って鉛直方向の上向きに y 軸をそれぞれ設定する。点 O から質量 m_A [kg] の小球 A を、 x 軸となす角 θ [rad] ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) の向きに、速さ $v_0 (= |\vec{v}_0|)$ [m/s] で射出する ($v_0 > 0$)。このときの時刻を 0 とする。一方、原点から x 軸正の向きに r [m]、 y 軸正の向きに h [m] (ただし $r > 0$, $h > 0$) の位置に、質量 m_B [kg] の小球 B が糸につるされていて、小球 A の射出と同時に小球 B を糸から切り離す。ただし、開口部は地面より十分高い位置にあるものとする。また、小球 A と小球 B の運動は常に xy 平面内で生じるものとし、重力加速度の大きさを g [m/s²]、空気抵抗および小球の大きさは無視できるものとする。これら2つの小球の運動に関する以下の問いに答えよ。

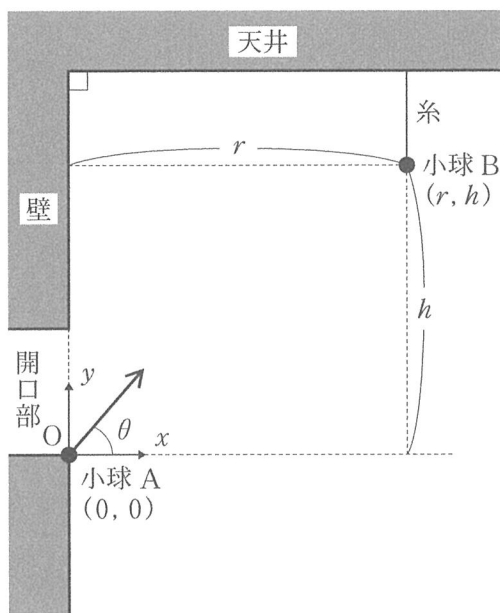


図1

(3) (2)の θ の条件において，小球 A の速度の y 成分が 0 となるとき，小球 A は小球 B と衝突した。この場合の小球 A の射出の速さ v_0 を， g ， h ， θ を用いて求めよ。また衝突したときの y 座標を h を用いて求めよ。

(4) (3)において，衝突後，小球 A と小球 B は合体して質量 $(m_A + m_B)$ の一つ的小球となった。衝突直後の小球の速度を $\vec{v'}$ とし，その x 成分を v'_x ， y 成分を v'_y とする。 v'_x と v'_y を， m_A ， m_B ， r ， g ， h の中から必要なものを用いてそれぞれ求めよ。

(5) (4)において，衝突後の小球が， $y = 0$ の高さになるときの x 座標を求めよ。
解答には v'_x ， v'_y を用いよ。

- 2** 実験室内で、音源から発生する音を観測して、音の伝わり方を調べる実験を行った。実験室内は風の影響や音の反射を無視できるものとして、以下の問いに答えよ。ただし、以下の問いでは、問2の(3)を除き、実験室内での音速を 340 m/s とする。

問1 図1のように、実験室内に2つの音源 S_1 と S_2 を配置して、音源 S_1 と S_2 を結ぶ直線上の点 P で音を観測する。



図1

- (1) 静止した音源 S_1 から振動数 $f_1 = 845 \text{ Hz}$ の音を発生させ、静止した音源 S_2 から、ある振動数の音を発生させると、図1の点 P に静止した観測者は毎秒5回のうなりを観測した。音源 S_1 を、点 P にいる観測者に向かって、一定の速さで近づけると、うなりが消えた。このとき、静止した音源 S_2 が発生している音の振動数 $f_2 [\text{Hz}]$ が $f_2 = 850 \text{ Hz}$ であることを説明せよ。
- (2) (1)について、音源 S_1 の速さ $v_1 [\text{m/s}]$ を求めよ。
- (3) 音源 S_1 と S_2 の振動数を、それぞれ f_1 と f_2 にしたまま、音源 S_1 を元の位置に静止させ、音源 S_2 を、点 P と音源 S_2 を通る直線に沿って、一定の速さ $v_2 [\text{m/s}]$ で動かすと、図1の点 P に静止した観測者には、うなりは観測されなかった。このとき、音源 S_2 は点 P に近づいたか、点 P から遠ざかったかを説明せよ。さらに、音源 S_2 の速さ v_2 は(2)の v_1 より大きいのか、小さいかを説明せよ。

問 2 図 2 のように、音源 S_1 と点 P を結ぶ直線に垂直な直線 PQ をとり、PQ の中点を点 O とする。直線 PQ に対して点 Q から引いた垂線上に音源 S_2 を置き、音源 S_2 と点 Q の距離を、音源 S_1 と点 P の距離に等しくする。音源 S_1 と S_2 から同じ大きさで同じ振動数の音を同位相で発生させて、音の干渉を調べた。

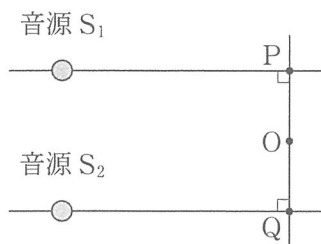


図 2

- (1) 音の干渉について、次の文の空欄に当てはまる語句の組み合わせのうち、正しいものを解答群から選び、記号で答えよ。

『2つの音源から観測者までの距離の差の絶対値が、音波の波長の $\left(m + \frac{1}{2}\right)$ 倍 ($m = 0, 1, 2, \dots$) に等しいときは、音波が (ア) ため、観測者が観測する音の大きさは (イ)。このとき、音の高さは (ウ)。』

- | | | | |
|---------|-----------|-----------|-----------|
| (ア)の解答群 | (a) 強め合う | (b) 弱め合う | |
| (イ)の解答群 | (a) 大きくなる | (b) 変わらない | (c) 小さくなる |
| (ウ)の解答群 | (a) 高くなる | (b) 変わらない | (c) 低くなる |

(2) 図 2 において、静止した音源 S_1 と S_2 から振動数 850 Hz の同じ大きさの音を同位相で発生させた。観測者が直線 PQ 上で音の大きさを観測したところ、点 O で音が極大となり、点 O から点 P に近づくにつれて音が小さくなり、点 P で音が極小となった。ただし、各観測点では観測者は静止して音を観測したものとする。PQ の距離を 200 cm とすると、音源 S_1 と点 P の距離が 990 cmであることを説明せよ。

(3) 空気中の音速は、気温が上昇すると速くなることが知られている。音源の振動数を変えずに、実験室内の温度を上昇させて、(2)の実験を行った。観測者が点 O から出発して直線 OP 上で音の大きさを観測したとき、最初に音が極小となる点は、点 P から点 O に近づいたか、あるいは、遠ざかったか、理由と共に説明せよ。

- 3 真空中に断面積 $S[\text{m}^2]$ の円筒容器が鉛直に立てて置かれている。この容器に 1 mol の単原子分子理想気体を入れ、鉛直方向になめらかに動くことができる質量 $M[\text{kg}]$ のピストンで閉じ込めた。円筒容器とピストンは断熱材でできており、気体は外部と熱のやり取りをしない。円筒容器下部には体積が無視できるヒーターが取り付けられており、ヒーターにより気体に熱を与えることができる。気体定数を $R[\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})]$ 、重力加速度を $g[\text{m}/\text{s}^2]$ とする。また、温度 $T[\text{K}]$ における 1 mol の単原子分子理想気体の内部エネルギーは $\frac{3}{2}RT[\text{J}]$ である。以下の問いに答えよ。

問 1 図 1 のようにピストンの上に質量 $m[\text{kg}]$ のおもりを静かにのせたところ、ピストンはゆっくりと下降して静止した。ピストンが静止したとき、気体の温度は $T_1[\text{K}]$ であった。この状態を状態 1 とする。状態 1 においてヒーターにより気体を加熱するとピストンはゆっくりと上昇した。気体の温度を $T_2[\text{K}]$ ($> T_1$) まで加熱したところでヒーターのスイッチを切ると、ピストンは静止した。この状態を状態 2 とする。解答は、 S , m , M , R , g , T_1 , T_2 の中から必要なものを用いて表せ。

- (1) 状態 1 における気体の圧力 $P_1[\text{Pa}]$ を求めよ。
- (2) 状態 1 における円筒容器の底とピストンの距離 $h_1[\text{m}]$ を求めよ。
- (3) 状態 2 における円筒容器の底とピストンの距離 $h_2[\text{m}]$ を求めよ。
- (4) 状態 1 → 状態 2 の変化におけるピストンとおもりの位置エネルギーの増加分 $\Delta E_{12}[\text{J}]$ を求めよ。
- (5) 状態 1 → 状態 2 の変化において、ヒーターが気体に与えた熱量 $Q_{12}[\text{J}]$ を求めよ。

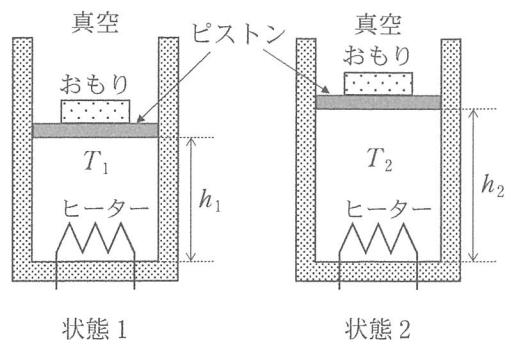


図 1

問 2 状態 1 においておもりを外すと、ピストンはゆっくりと上昇し、ある位置で静止した。この操作において、気体の温度はヒーターにより T_1 に保たれており、ピストン静止後、ただちにヒーターのスイッチを切った。この状態を状態 3 とする(図 2)。

- (1) 状態 3 における気体の圧力 P_3 [Pa] と円筒容器の底とピストンの距離 h_3 [m] を S , M , R , g , T_1 の中から必要なものを用いて求めよ。
- (2) 状態 1 $\rightarrow$ 状態 3 の変化において、ヒーターが気体に与えた熱量を Q_{13} [J] とするとき、この変化において気体が外部にした仕事 W_{13} [J] は Q_{13} に等しいことを熱力学第一法則を用いて説明せよ。

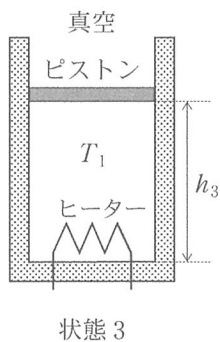


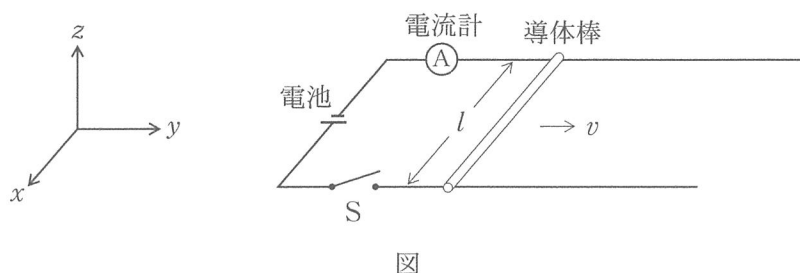
図 2

問 3 状態 1 においてヒーターのスイッチを切った状態でおもりを外すと、ピストンはゆっくりと上昇し、ある位置で静止した。この状態を状態 4 とする。

(1) 状態 1 $\rightarrow$ 状態 4 の変化において、気体の温度は上がるか、下がるか、変化しないか、熱力学第一法則を用いて説明せよ。

(2) 状態 4 における気体の温度は T_4 [K] であった。状態 1 $\rightarrow$ 状態 4 の変化において、気体が外部にした仕事 W_{14} [J] を R , T_1 , T_4 を用いて求めよ。

- 4 一様な磁束密度 B [T] の磁場の中に、図のように水平な xy 平面上に、 y 軸に平行に間隔 l [m] で置かれた十分に長い 2 本のレールがある。レール上には、レールに垂直に抵抗 R [Ω] の導体棒が置かれており、導体棒は常にレールに垂直に滑らかに動くことができる。2 本のレールに電位差を与えることができるように起電力 V [V] の電池とスイッチ S が接続されており、導体棒を流れる電流は電流計により測ることができる。ただし、導体棒の太さや導体棒以外の抵抗、および、空気抵抗は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。



- (1) スイッチ S を入れた直後、導体棒を流れる電流 I_0 [A] を V , R , B , l の中から必要なものを用いて求めよ。
- (2) スイッチ S を入れると導体棒はレールに平行で右向きの力を受けて図の矢印の方向に動き出した。このことから一様な磁束密度の向きとして正しいものはどれか、次の(ア)～(カ)から一つ選び答えよ。また、その理由を説明せよ。なお、磁束密度の向きは x , y , z いずれかの軸に平行であるものとする。

- (ア) x 軸の正の向き (イ) x 軸の負の向き (ウ) y 軸の正の向き
 (エ) y 軸の負の向き (オ) z 軸の正の向き (カ) z 軸の負の向き

- (3) スイッチ S を入れるとしばらくの間は時間の経過とともに導体棒の速さが増加した。導体棒の速さが v [m/s] となったとき、導体棒を流れる電流 I [A] と導体棒が磁場から受ける力 F [N] を V, R, B, l, v の中から必要なものを用いてそれぞれ求めよ。
- (4) スイッチ S を入れて十分に時間が経過したとき、導体棒の速さが一定となった。このときの速さ v_1 [m/s] を V, R, B, l の中から必要なものを用いて求めよ。
- (5) スイッチ S を入れた時刻を 0 として、スイッチを入れてからの導体棒に流れる電流と時間の関係を表すグラフとして適切なものはどれか、次の(ア)～(カ)から一つ選び答えよ。また、その理由を説明せよ。

