

山形大学

平成28年度入学者選抜試験問題

理学部・物理学科
医学部・医学科

理 科

(物 理)

前 期 日 程

注 意 事 項

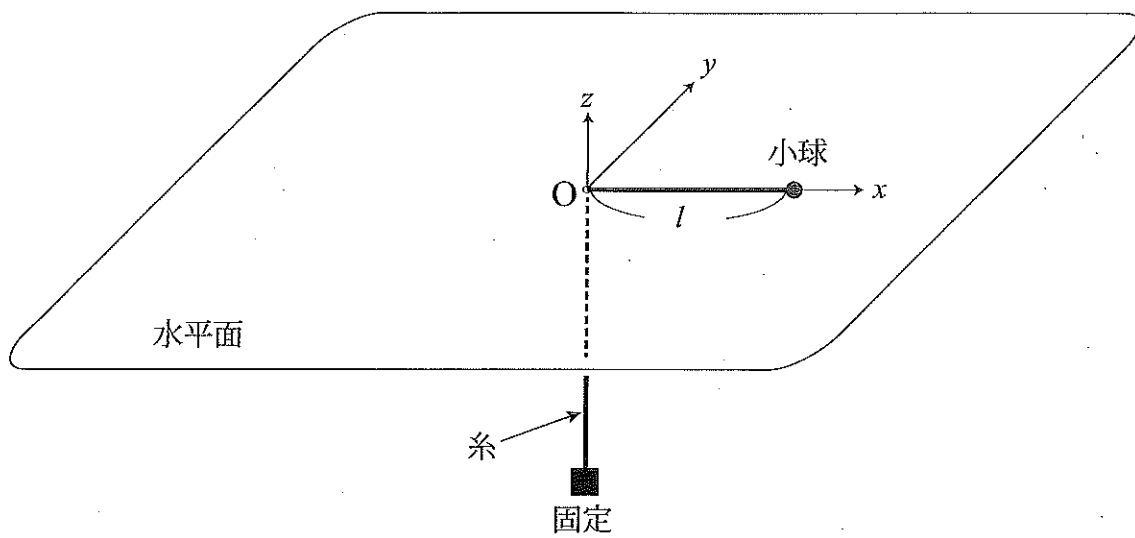
- 1 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- 2 この問題冊子の本文は1ページから6ページまでです。
- 3 問題は、第1問から第3問までの3問です。
- 4 問題の解答を、それぞれ対応した番号の解答用紙に書いてください。
- 5 試験中に問題冊子の印刷不鮮明・落丁・乱丁、解答用紙の汚れなどに気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 6 監督者の指示にしたがって、解答用紙に**大学受験番号**を正しく記入してください。
大学受験番号が正しく記入されていない場合は、採点されないことがあります。
- 7 解答用紙に印刷されている注意事項をよく読み、指示にしたがって解答してください。
- 8 問題を解く際の計算があれば、途中計算も解答用紙に書いてください。
- 9 試験終了後、問題冊子と下書き用紙は持ち帰ってください。

第1問 図のように、軽くて伸び縮みしない糸に結ばれた質量 m の小球がなめらかな水平面上の x 軸上に静止している。糸の他端は原点 O にある小さな穴を通じて水平面の下で固定されている。糸にはたるみがなく、原点 O から小球までの距離を l とする。この状態を始状態1とする。糸と原点 O にある小さな穴との摩擦や空気抵抗は無視できるものとして、以下の文章の から に適した式または数値を求めよ。解答用紙には導出の過程も記述せよ。

始状態1にある小球に大きさ v_0 の初速度を y 軸方向正の向きに与え、原点 O を中心とする半径 l の等速円運動を行わせる。このとき、小球と原点 O を結ぶ糸が単位時間を通して面積（面積速度）は である。この状態から、回転半径が $\frac{l}{2}$ となるまで糸の下端をゆっくり下方に引っ張る。ここでは小球に働く力の水平面に平行な成分は常に原点 O に向かう中心力だけであるから、面積速度は一定に保たれることがわかっている（面積速度一定の法則）。このことから、小球の速さは であることがわかる。更に回転半径を徐々に短くしていくと、回転半径が $\frac{l}{4}$ となるときに糸が切れるとする。この糸が切断される張力の大きさは である。

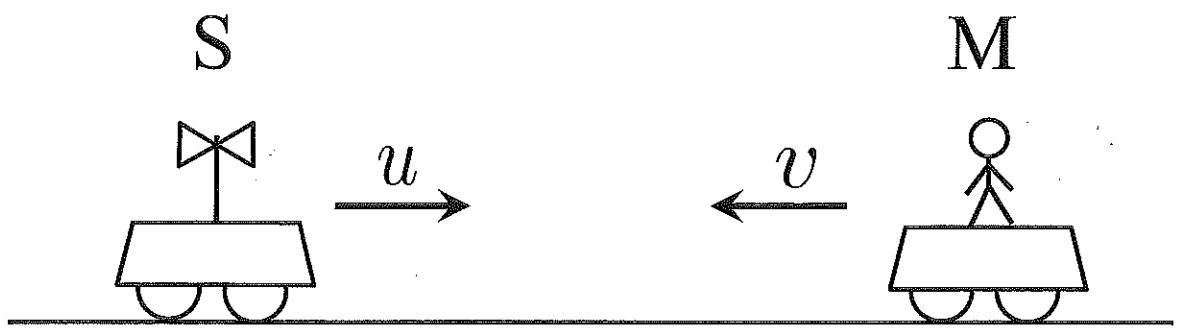
小球を始状態1に戻し、小球に正の電荷 Q を与える。更に z 軸方向負の向きに磁束密度の大きさ B の一様な磁場（磁界）をかける。この状態を始状態2とする。始状態2にある小球に大きさ v_0 の初速度を y 軸方向正の向きに与える。小球が半径 l の等速円運動を行うためには（小球の電荷は Q のままであるとする）、磁束密度の大きさは $B \leq$ でなければならない。 B が より大きい場合は、小球は半径 の等速円運動を行う。

小球を始状態2に戻し、 y 軸方向負の向きに強さ E の一様な電場（電界）をかける。同時に小球に大きさ v_0 の初速度を y 軸方向負の向きに与える。小球が原点 O を中心とする半径 l の円運動をするとき（小球の電荷は Q のままであるとする）、小球の速さの最大値は 、最小値は 、糸の張力の大きさの最大値は 、最小値は である。与える電場の強さが $E = \frac{2mv_0^2}{5Ql}$ であるとき、磁束密度の大きさが $B \geq$ $\times \frac{mv_0}{Ql}$ であれば糸がたるまず、また $B <$ $\times \frac{mv_0}{Ql}$ であれば糸が切れることはない。



第2問 図のように音源Sと観測者Mが一直線上を運動するとき、Mが「ド」「レ」「ミ」の3つの音を聞くことを考える。ここで、「ド」の音に対応する周波数に対して、「レ」は α 倍、「ミ」は α^2 倍の周波数の音である。Sの出す音の周波数を f 、空気中の音速を V として、以下の文章の空欄 **ア** から **コ** に適した式を求めよ。また、 $V = 3.4 \times 10^2$ m/s, $\alpha = 1.12$ を用いて、 **あ** から **え** には与えられた数値から最も適したものを選び。解答用紙には導出の過程も記述せよ。

- (1) 静止したMに向かってSが速さ u で近づく場合を考える。時間 t の間にSから出る波の数は **ア** である。この間に、波が進んだ距離とSが進んだ距離の差は **イ** である。よって、Mが聞く音の波長は **ウ** であり、周波数は **エ** となる。Sが「ド」の音を出すとき、Mが「レ」の音を聞くためには $u =$ **オ** でなければならない。したがって、Sは $u =$ **あ : 4.0×10^2 , 1.3×10^2 , 3.6×10** km/hで運動する必要がある。
- (2) Sは静止しているが、MがSに向かって速さ v で近づく場合を考える。時間 t の間に、Mは vt だけ進むので静止しているときよりも **カ** 個の波を多く観測する。そのためMには周波数が **キ** の音が聞こえる。Sが「ド」の音を出すとき、Mが「レ」の音を聞くためには $v =$ **い : 4.8×10^2 , 1.5×10^2 , 4.1×10** km/hで運動しなければならない。
- (3) SがMに向かって速さ u 、MはSに向かって速さ v で互いに近づく場合を考える。(1)と(2)で考えた効果がともに働くため、Mが聞く音の周波数は **ク** である。 $u = v$ の場合を考える。Sが「ド」の音を出すとき、Mが「レ」の音を聞くためには $u = v =$ **う : 1.3×10^2 , 6.9×10 , 1.9×10** km/hで運動すればよい。
- (4) 再びSとMがそれぞれ速さ u と v で互いに近づく場合を考える。時間が経過するとやがて両者はすれ違い、互いに遠ざかる。すれ違った後にMが聞く音の周波数は、すれ違う前の周波数に対して **ケ** 倍になる。Sが「レ」の音を出すとき、両者が近づいている間は「ミ」の音を、すれ違った後は「ド」の音をMが聞くためには、 u と v は **コ** の関係を満たす必要があり、 $u =$ **え : 1.3×10^2 , 6.9×10 , 1.9×10** km/hである。



第3問 2つの同じシリンダーを左右に並べて、閉じたコックのついた細管でつなぎ、それぞれの内部にヒーターを設置する。シリンダーとふた、コック、細管は断熱材でできている。外部圧力は一定で、シリンダーのふたは滑らかに動く。左側のシリンダーに単原子分子の理想気体を、右側のシリンダーに二原子分子の理想気体を封入する。定積モル比熱 C_v は気体定数 R を用いて、単原子分子理想気体で $\frac{3R}{2}$ 、二原子分子理想気体で $\frac{5R}{2}$ である。ふたの質量およびシリンダーとの摩擦のほか、気体分子への重力の影響や細管の体積、ヒーターの熱容量も無視できるとする。[ア] から [サ] までの空欄を埋めよ。(1) と (2) については導出過程を示した上で空欄に適した式を求め、(3) については語句一覧から最も適したものを選び、ただし、同じ語句を複数回選ぶことはできない。[] は [] ですすでに与えられた式または語句を表す。

(1) 図のように、2つのシリンダー中の気体がどちらも物質質量 n と絶対温度 T で与えられる状態であったとする。コックを閉じたまま2つのヒーターを作動させ、それぞれに熱量 Q を与えた。このとき、気体が外部にした仕事は左のシリンダーで [ア]、右のシリンダーで [イ] である。

(2) 左のシリンダーに物質質量が $\frac{3n}{2}$ の単原子分子理想気体、右のシリンダーに物質質量が $\frac{n}{2}$ の二原子分子理想気体が入っていて、どちらも絶対温度 T の状態であったとする。コックをゆっくり開いて全系が一様になるまで放置したとき、(化学反応をおこさず) 物質質量 $2n$ の理想気体となって、2つのシリンダー内の絶対温度は T のまま不変であった。この混合で気体が外部にした仕事は [ウ] である。また混合後の理想気体の定積モル比熱は [エ] である。2つのシリンダー内の気体の体積が等しくなるようにふたをゆっくり移動させて、コックを再び閉じる。片側のヒーターのみを作動させて熱量 Q を与えたとき、混合気体が外部にした仕事は [オ] である。

(3) [ア]、[イ]、[オ] の3つの式を比べると、定圧変化のもとでは、気体全体の物質質量が同じでも二原子分子の割合が多いほど、気体のする仕事が [カ] になるとわかる。これは、二原子分子の割合が多いほど、定積モル比熱が大きくなるためである。

定積モル比熱の相違について分子運動の観点から考察しよう。定積モル比熱は、体積一定のもとで、1 K の温度変化にともなう物質1モル当たりの [キ] の変化量である。理想気体の [キ] は、分子間の力による [ク] がゼロであるため、気体分子すべての [ケ] の和に等しい。単原子分子はボール、二原子分子は鉄アレイのような形をしており、二原子分子の運動には単原子分子にない [コ] が存在する。このため、二原子分子をより多く含む理想気体では、[ケ] の和が [サ] なる。その結果、温度上昇に伴う [キ] の変化量も [サ] なり、定積モル比熱が大きくなるのである。

語句一覧 (同じものを複数回選ぶことはできない)

大きく / 小さく / 内部エネルギー / 運動エネルギー / 位置エネルギー /
熱効率 / 絶対温度 / 放物運動 / 並進運動 / 衝突と分裂 / 回転運動

