

# 前期日程

平成29年度入学試験（前期日程）

## 物 理

（ 理 工 学 部 ）

### ———— 解答上の注意事項 ————

1. 「解答始め」の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は全部で8ページあります。落丁、乱丁又は印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせなさい。
3. 解答紙4枚と計算紙1枚は、糊付けされています。「解答始め」の合図があったら、初めにすべての用紙を丁寧に切り離しなさい。上手に切り離せない場合や誤って破いてしまった場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
4. 問題は **1** から **4** まで4問あります。解答は、必ず解答紙の指定された箇所に記入しなさい。
5. 解答しない問題がある場合でも、解答紙4枚すべてを提出しなさい。
6. 試験終了後、問題冊子と計算紙は持ち帰りなさい。

1

地球を半径  $R$ 、一様な密度で質量  $M$  の球とし、万有引力定数を  $G$  とする。地球の回転や大気による摩擦はないものとし、以下の問いに答えよ。

- (1) 地表での重力加速度の大きさを、 $R$ 、 $M$ 、 $G$  を用いて表せ。

質量  $m$  の人工衛星が地球の中心から半径  $r_1$  で等速円運動をしているとする。

- (2) 人工衛星の速度の大きさを求めよ。  
 (3) 人工衛星の持つ力学的エネルギーを求めよ。ただし、無限遠点を万有引力による位置エネルギーの基準点とする。

図に示すように、軌道半径  $r_1$  で等速円運動している衛星を点 A において進行方向に加速し、元の速度の  $\alpha$  倍にすることで、点 B で半径  $r_2$  の円に接する楕円軌道にのせる。A 点で加速した後、エネルギー保存則と面積速度一定の法則はなりたっている。

- (4) 図に示す楕円軌道にのせるために必要な  $\alpha$  を求めよ。

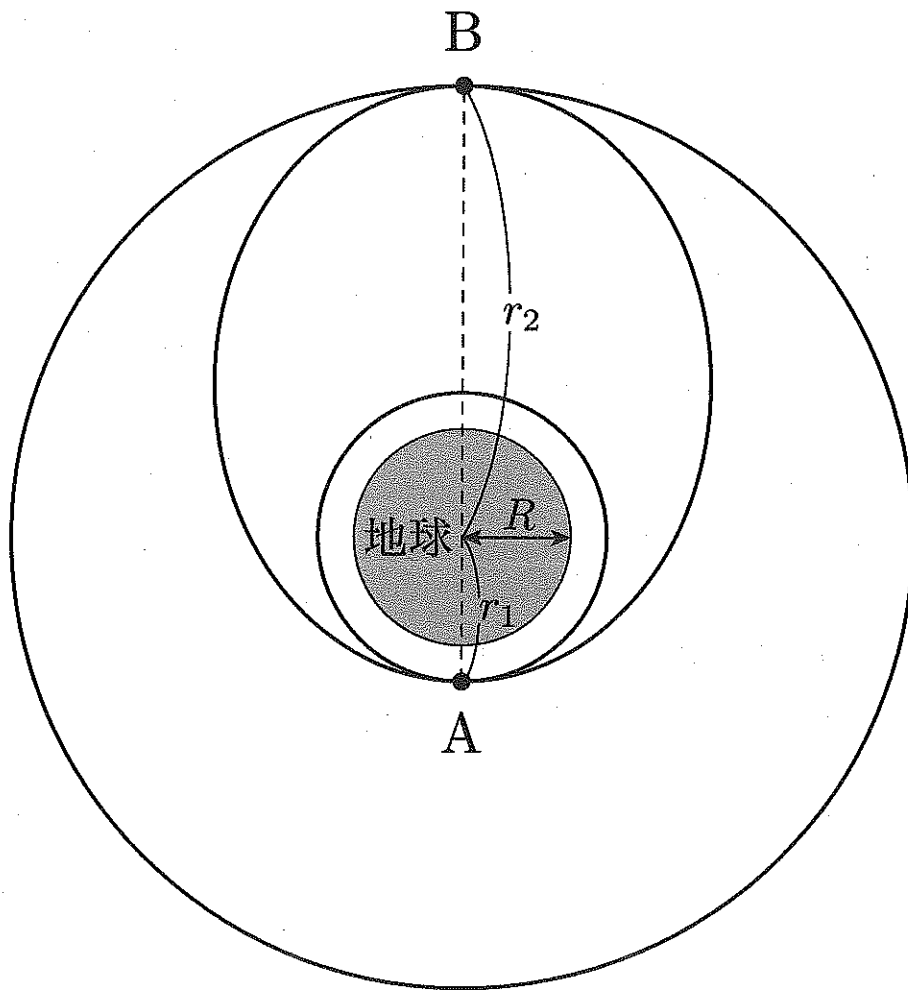
点 A における加速は、衛星がその一部を進行方向と逆向きに押し出すことの影響によりなされた。このとき、加速は短時間でおこり、押し出された物体は点 A で静止した。

- (5) 衛星から押し出された物体の質量を  $\alpha$  と  $m$  を用いて表せ。

衛星が楕円軌道上で点 B に達した時に、再度、衛星を進行方向に加速することで、軌道半径  $r_2$  の等速円運動に移行させる。この等速円運動が赤道上空でおこり、その周期が地球の自転周期と一致するとき、衛星は静止衛星となる。

- (6) 静止衛星の軌道半径としてもっとも近い値を以下の (a)~(f) から選べ。ただし、地表の重力加速度の大きさを  $9.8 \text{ m/s}^2$ 、地球の半径  $R$  を  $6400 \text{ km}$  とする。

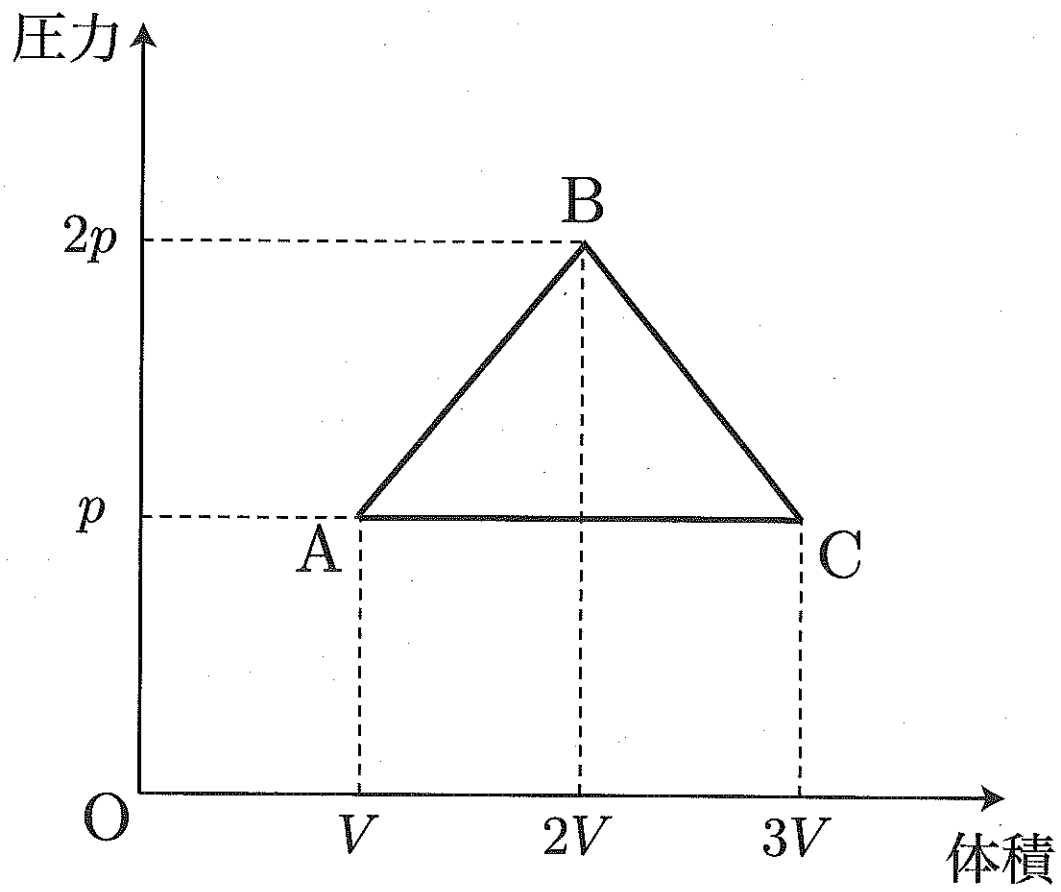
- (a) 6500 km            (b) 13000 km            (c) 26000 km  
 (d) 42000 km            (e) 65000 km            (f) 130000 km



2

なめらかに動くピストンがついた円筒容器に物質量  $n$  の単原子分子理想気体を入れ、図のように圧力と体積を  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$  の順にそれぞれ直線に沿って状態を変化させるとする。状態  $A, B, C$  での気体の圧力はそれぞれ  $p, 2p, p$  であり、体積はそれぞれ  $V, 2V, 3V$  である。気体定数を  $R$  として、以下の問いに答えよ。

- (1) 状態  $A$  での気体の温度を求めよ。
- (2)  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$  のサイクルで気体が外部にする仕事を求めよ。
- (3) 状態変化  $B \rightarrow C$  において気体の内部エネルギーの変化を求めよ。
- (4) 状態変化  $B \rightarrow C$  において気体が外部にする仕事を求めよ。
- (5) 状態変化  $B \rightarrow C$  を表す過程として適切なものを㉠, ㉡, ㉢, ㉣, ㉤から1つ選択せよ。
  - ㉠ 等温過程
  - ㉡ 温度が上昇する断熱過程
  - ㉢ 温度が下降する断熱過程
  - ㉣ 断熱過程ではない温度上昇過程
  - ㉤ 断熱過程ではない温度下降過程



3

図1のように、質量  $m$ 、長さ  $L$ 、断面積  $S$ 、抵抗率  $\rho$  の導体棒  $XY$  の両端に、質量の無視できる変形しない導線を垂直に接続し、導体棒  $XY$  が水平を保って動けるように空中につるした。導体棒  $XY$  には、 $X$  から  $Y$  に向かって電流  $I_1$  が流れている。以下の問いに答えよ。ただし、円周率を  $\pi$  とする。

- (1) 点  $X$  の電位を  $V_X$ 、点  $Y$  の電位を  $V_Y$  とする。電位差  $(V_X - V_Y)$  を求めよ。

鉛直方向に一樣な磁場をかけ、その磁場を徐々に強くしていったところ、磁束密度の大きさが  $B$  のときに、導線は図2のように、鉛直方向からの角度が  $\theta$  となって静止した。

- (2) 導体棒  $XY$  に流れている電流が磁場から受ける力の大きさを、 $L$ 、 $I_1$ 、 $B$  を用いて表せ。

- (3) この磁場の向きは鉛直  ア. 上向き  イ. 下向き である。 の中で正しいものをア、イから選択せよ。

- (4) 導線の張力、導体棒に加わる重力、および導体棒が磁場から受ける力のつり合いから、 $B$  を  $m$ 、 $L$ 、 $I_1$ 、 $\theta$ 、および重力加速度の大きさ  $g$  を用いて表せ。

磁場をかけていない図1の状態に、大きさ  $I_2$  の電流が流れている十分に長い導体棒  $P$  を置いたところ、図3のように導線の鉛直方向からの角度が  $\varphi$  で導体棒  $XY$  は静止した。このとき、2本の導体棒は平行で同じ高さにあり、導体棒間の距離が  $d$  であった。

- (5) 導体棒  $P$  が導体棒  $XY$  の位置に作る磁束密度の大きさを、 $I_2$ 、 $d$ 、および空気の透磁率  $\mu$  を用いて表せ。

- (6) 電流の大きさ  $I_2$  を、 $m$ 、 $g$ 、 $d$ 、 $\varphi$ 、 $L$ 、 $I_1$ 、 $\mu$  を用いて表せ。

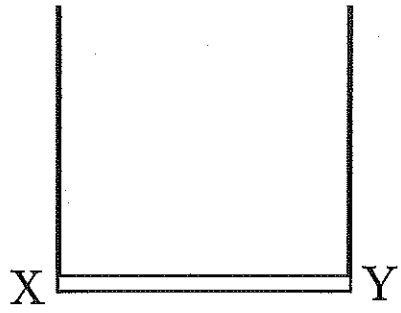


图 1

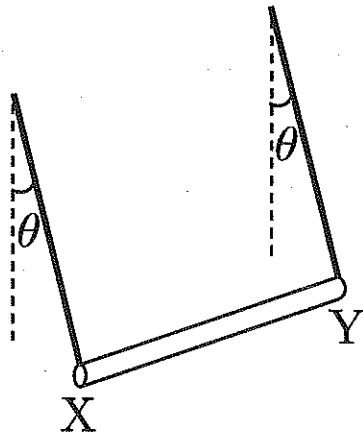


图 2

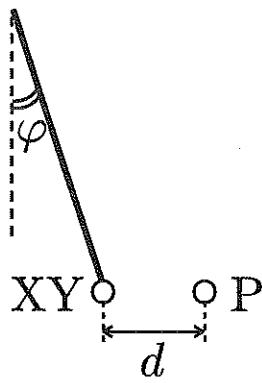


图 3

4

振動数  $f_0$  の静止した音源と、音源に向かって速さ  $v_0$  で動いている反射板が図1のように配置されている。観測者は反射板で反射された音と、音源から直接届く音を聞く。観測者、音源、および、反射板は一直線上に並んでいて、この順序は変わらないとする。反射板は、音を受け取る際は動いている観測者として、音を反射する際は動いている音源として、それぞれ考えることができる。音の速さを  $V$  として、以下の問いに答えよ。

- (1) 反射板が受け取る音の振動数を求めよ。
- (2) 観測者が反射板から受け取る音の振動数を求めよ。
- (3) 観測者は音源から直接届く音と反射板で反射される音の両方を受け取ることになるが、このとき、観測者はうなりを聞く。そのうなりの単位時間あたりの回数が  $N$  になるとき、反射板の速さ  $v_0$  を  $V$ ,  $N$ ,  $f_0$  で表せ。

次に、図2のように音源を速さ  $u_s$  で反射板の方へ動かす。

- (4) 反射板が受け取る音の波長を求めよ。
- (5) 観測者が聞く単位時間あたりのうなりの回数を求めよ。



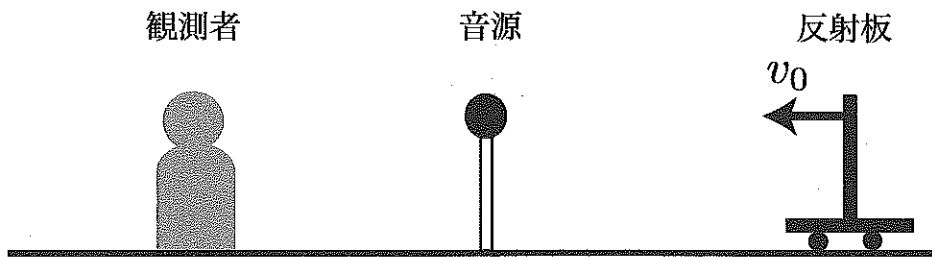


図 1

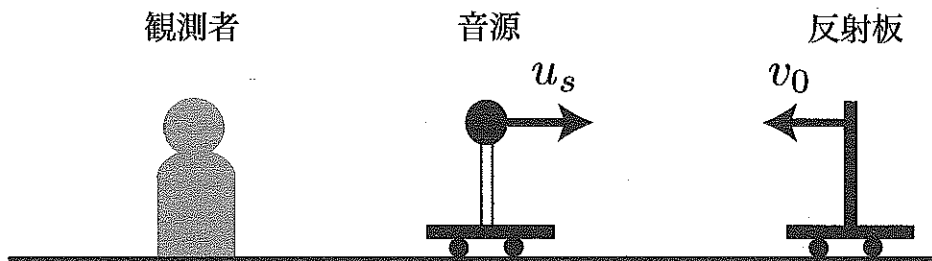


図 2