

平成29年度入試【推薦入試Ⅰ】

## 小論文

### 【物理】

(総合理工学部 物質科学科)

#### 注 意

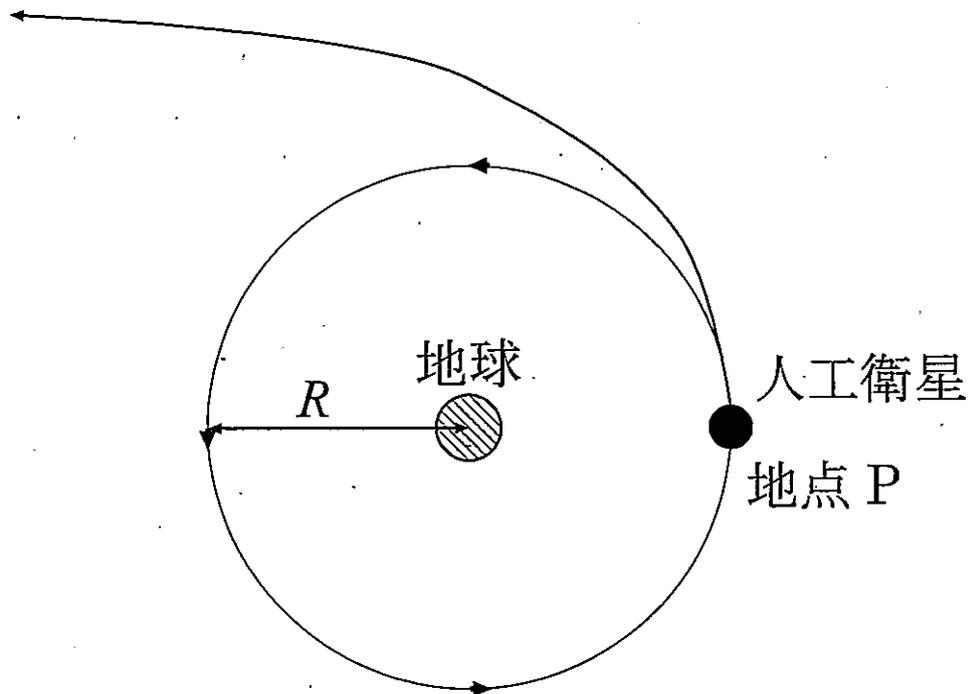
- 1 問題紙は、指示があるまで開いてはならない。
- 2 問題紙 4 ページ、解答用紙 4 枚である。  
指示があってから確認し、解答用紙の所定の欄に受験番号を記入すること。
- 3 解答は、すべて解答用紙の所定のところに記入すること。
- 4 解答用紙は持ち帰ってはいけない。
- 5 問題紙は、持ち帰ること。

物質科学科 小論文 (物 理) 問題

1

図のように、地球の中心を中心とする半径  $R$  [m] の円軌道上を、地球から受ける万有引力を向心力として速さ  $v_0$  [m/s] で等速円運動している人工衛星がある。地球の質量を  $M$  [kg] , 人工衛星の質量を  $m$  [kg] , 万有引力定数を  $G$  [Nm<sup>2</sup>/kg<sup>2</sup>] とする。また、地球の自転や他の天体の影響, および空気抵抗は無視できるものとする。

- (1) 人工衛星の角速度の大きさ  $\omega$  [rad/s] を求めなさい。
- (2) 人工衛星の加速度の大きさ  $a$  [m/s<sup>2</sup>] を  $v_0$  と  $R$  を用いて表しなさい。
- (3) 人工衛星に働く万有引力の大きさ  $F$  [N] を求めなさい。
- (4) 人工衛星の円運動の運動方程式を用いて、人工衛星の速さ  $v_0$  を  $G, M, R$  を用いて表しなさい。
- (5) 円軌道上の地点 P で人工衛星を円軌道方向に速さ  $v_1$  [m/s] まで加速したところ、人工衛星は無限遠方まで飛んで行った。無限遠方での人工衛星の運動エネルギーを  $K_\infty$  [J] として、地点 P での人工衛星の力学的エネルギー  $E_P$  [J] と無限遠方での人工衛星の力学的エネルギー  $E_\infty$  [J] を求めなさい。ただし、無限遠方での人工衛星の位置エネルギーを 0 とする。
- (6) (5)の結果を用いて、無限遠方に飛んでいくのに必要な速さ  $v_1$  の最小値  $V$  [m/s] を求めなさい。



2

管楽器を演奏している演奏会場の気温が上昇すると、管楽器の音はどのように変化するか。管楽器の共鳴管(共鳴体)から音が出る仕組みに基づいて、気温上昇による音の変化について説明しなさい。ただし、気温  $T$  [°C] のときの音速  $v$  [m/s] は、気温  $0^\circ\text{C}$  の時の音速  $w$  [m/s] とし、 $v = aT + w$  ( $a > 0$ ) と表すことができるとする。なお、管楽器内の空気の温度は演奏会場の気温と等しく、気温上昇による管楽器の形状の変化は無視できるものとする。

熱容量  $C$  [J/K] の銅製の容器に、比熱  $c_1$  [J/(g·K)] で温度  $T_1$  [K] の水を入れ、熱容量の無視できる抵抗  $560 \Omega$  の電熱線で温度  $T_2$  [K] まで水および銅製の容器を温める。この時、周囲への熱の放出は無視できるものとし、全体の温度が均一になるように加熱を行う。また、銅製の容器の熱容量、水の比熱は温度によらず一定であるとする。容器に入れる水の質量を変えて、実験AおよびBを行う。以下の問いに答えよ。

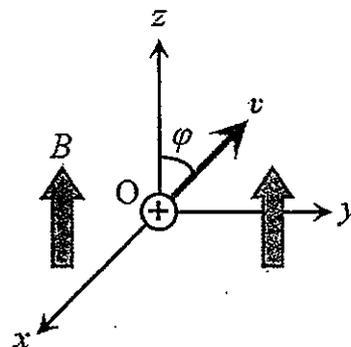
実験A. 質量  $10 \text{ g}$  の水を入れ、電熱線に  $28 \text{ V}$  の電圧をかけ  $2$  分間温めたところ、水および銅製の容器の温度は  $T_2$  まで上昇した。

実験B. 質量  $40 \text{ g}$  の水を入れ、電熱線に  $28 \text{ V}$  の電圧をかけ  $5$  分間温めたところ、水および銅製の容器の温度は  $T_2$  まで上昇した。

- (1) 実験Aにおいて、電熱線が水および銅製の容器に加えた熱量  $Q_1$  [J] を求めよ。
- (2) 実験Aにおいて、銅製の容器の温度を  $T_1$  から  $T_2$  まで上昇させるために必要な熱量  $Q_2$  [J] を  $C$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  を用いて表せ。
- (3) 実験Aにおいて、水の温度を  $T_1$  から  $T_2$  まで上昇させるために必要な熱量  $Q_3$  [J] を  $c_1$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  を用いて表せ。
- (4) 実験Aにおいて、 $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$  の間に成り立つ関係式を(1), (2), (3)で求めた値および数式を用いて表せ。
- (5) 実験Bは、実験Aと同じ容器に異なる質量の水を入れて同様に行ったものである。実験Bについても、電熱線が水に加えた熱量と、水および銅製の容器の温度を  $T_1$  から  $T_2$  まで上昇させるために必要な熱量との間に成り立つ関係式を(4)と同様に求めよ。
- (6) (4)および(5)で求めた2つの関係式より、水の比熱  $c_1$ 、および銅製の容器の熱容量  $C$  をそれぞれ  $T_1$ ,  $T_2$  を用いて表せ。
- (7) 水の比熱が  $4.2 \text{ J}/(\text{g} \cdot \text{K})$  であるとして、 $T_1$  と  $T_2$  の温度差を求めよ。

4

図に示すように、 $z$  軸の正の向きに磁束密度の大きさが  $B$  [T] の一様な磁界がかけられている。原点  $O$  から質量  $m$  [kg]、正の電気量  $Q$  [C] をもつ荷電粒子を、 $z$  軸と角度  $\varphi$  をなす向きに速さ  $v$  [m/s] で  $y-z$  平面内に打ち出した。以下の問いに答えなさい。



- (1) 荷電粒子に働く力の大きさ  $F$  [N] を求めなさい。
- (2) 図に示す荷電粒子が、磁界に垂直な面内で行う運動、および、磁界に平行な方向に行う運動について、各々の運動の名称を答えなさい。また、この2つの運動を合成したときの粒子の軌道はどのようなになるか言葉で答え、その理由についても文章で説明しなさい。
- (3) 原点  $O$  から粒子を打ち出してから粒子が最初に  $z$  軸を横切るまでの時間  $t$  [s] を求めなさい。
- (4) (3)の結果を用いて、粒子が原点  $O$  を出発して最初に  $z$  軸を横切るまでに  $z$  軸方向に進む距離  $L$  [m] (原点  $O$  との距離) を求めなさい。