

平成 31 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～ 17 ページ

化 学 18 ページ～ 32 ページ

生 物 33 ページ～ 47 ページ

地 学 48 ページ～ 59 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄に受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ記入しなさい。その他の欄に記入してはいけません。
3. 選択科目は、届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、学部・学科等で異なるので、各科目の最初にかいてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は、持ち帰りなさい。
8. 落丁、乱丁または印刷不備があったら申し出なさい。

平成 3 1 年度個別学力検査等（前期日程）問題

問題訂正

理科「物理」

2

4 ページ 問 1 2 行目

(誤) ～, その直線に垂直な成分 V_T に分ける。 V_R を V , V_T を用いて表しなさい。(正) ～, その直線に垂直な成分 V_T に分ける。 V_R の絶対値 を V , V_T を用いて表しなさい。

6

1 6 ページ 問 5 2 行目

(誤) 必要なら $g = 9.8 \text{ kg/m}^2$, ～(正) 必要なら $g = 9.8 \text{ m/s}^2$, ～

1 7 ページ 問 7 1 行目

(誤) 高さ x での空気の密度を～(正) 高さ x での大気の密度を～

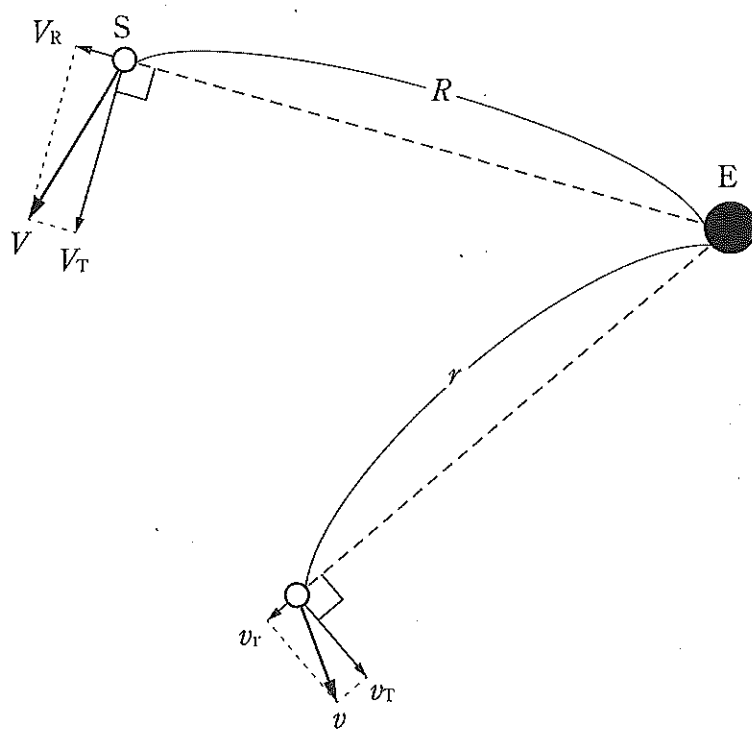
物 理

注意 1. 志望学部・学科等により、以下に示す番号の問題を解答すること。

志望する学部・学科等	解答する問題番号
国際教養学部 志望者のうち物理を選択する者	☐ 1 ☐ 3 ☐ 5 ☐ 6
教育学部 志望者のうち物理を選択する者	☐ 1 ☐ 3 ☐ 5
理学部 数学・情報数理学科，化学科，生物学科，地球科学科志望者のうち物理を選択する者	☐ 1 ☐ 3 ☐ 5
理学部 物理学科	☐ 2 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6
工学部 総合工学科(建築学コース，機械工学コース，電気電子工学コース，情報工学コース)	☐ 2 ☐ 4 ☐ 6
工学部 総合工学科(都市環境システムコース，デザインコース，医工学コース，物質科学コース，共生応用化学コース)	☐ 1 ☐ 3 ☐ 5
園芸学部 志望者のうち物理を選択する者	☐ 1 ☐ 3 ☐ 5
医学部 志望者のうち物理を選択する者	☐ 2 ☐ 4 ☐ 6
看護学部 志望者のうち物理を選択する者	☐ 1 ☐ 3 ☐ 5
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 物理学関連分野	☐ 2 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 工学関連分野(都市環境システムコース，デザインコース，医工学コース，物質科学コース，共生応用化学コース)志望者，および化学関連分野，生物学関連分野志望者のうち物理を選択する者	☐ 1 ☐ 3 ☐ 5
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 工学関連分野(建築学コース，機械工学コース，電気電子工学コース，情報工学コース)	☐ 2 ☐ 4 ☐ 6

2. 解答は，すべて解答用紙の所定の欄に，指定された方法で記入しなさい。
3. 問題文中に特に指示がない限り，結果のみを解答用紙の該当する欄に記入すること。

- 2 地球 E のまわりを周回する質量 m の人工衛星 S がある。図のように、ある時刻 t_0 のときに人工衛星 S は地球 E から距離 R の位置を速度 $\vec{V}$ (速さ V) で飛行していた。地球 E の質量を M 、万有引力定数を G とする。地球 E と人工衛星 S の大きさおよび空気抵抗は無視でき、地球 E は静止し続けているものとして、以下の問いに答えなさい。ただし、無限遠を位置エネルギーの基準にとるものとし、人工衛星 S は紙面内を運動するものとする。



図

- 問 1 図のように、速度 $\vec{V}$ を地球 E と人工衛星 S を結ぶ直線に平行な成分 V_R と、その直線に垂直な成分 V_T に分ける。 V_R を V 、 V_T を用いて表しなさい。
- 問 2 このときの人工衛星 S の力学的エネルギーを R 、 V 、 G 、 m 、 M を用いて表しなさい。
- 問 3 このときの人工衛星 S の面積速度を R 、 V_R 、 V_T 、 m のうち必要な記号を用いて表しなさい。面積速度とは人工衛星 S と地球 E を結ぶ線分が単位時間に描く面積である。

人工衛星 S はその後、飛行を続けた。図のように地球 E からの距離が r の位置にあるときの速度を $\vec{v}$ (速さ v) とする。問 1 と同様に、地球 E と人工衛星 S を結ぶ直線に平行な成分を v_r 、その直線に垂直な成分を v_T とする。

問 4 v_T を R , r , V_T を用いて表しなさい。

問 5 このときの人工衛星 S の力学的エネルギーを r , v_r , v_T , G , m , M を用いて表しなさい。

問 6 人工衛星 S が地球 E のまわりを楕円軌道で周回するとき、軌道上で $v_r = 0$ となるような地点が何か所必要か答えなさい。

問 7 人工衛星 S が無限遠方に飛び去らないためには、 V はある値 V_0 より小さくなければならない。 V_0 を R , G , M , m のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 8 V が V_0 より小さいとき、地球 E を周回する人工衛星 S の軌道上から地球 E までの距離の最小値と最大値を R , V_R , V_T , G , M , m のうち必要な記号を用いてそれぞれ表しなさい。

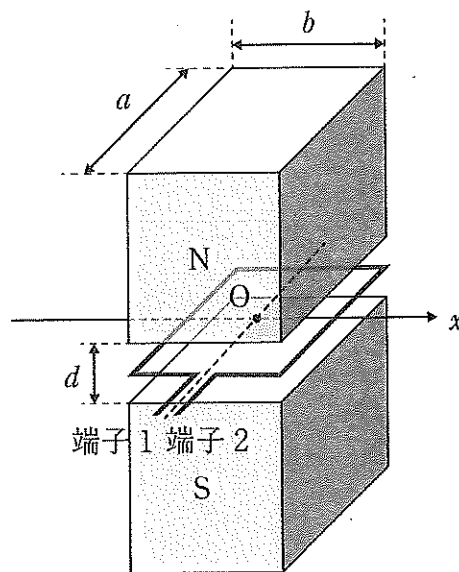
問 9 人工衛星 S が地球 E のまわりを円運動で周回するとき、 V_R , V_T を R , G , M , m のうち必要な記号もしくは数値を用いて表しなさい。

問 10 V が V_0 より大きいとき、人工衛星 S が時刻 t_0 で地球 E にもっとも近づくために必要な V_R の絶対値を R , G , M , m のうち必要な記号もしくは数値を用いて表しなさい。

- 4 発電機の原理について考えてみよう。2 辺の長さがそれぞれ a , b の磁石を図のように N 極と S 極の間隔が d となるように配置する。磁石が作る磁束密度の大きさ B は磁極間で一定であり、磁極間の外に磁束はもれないものとする。

磁極間に磁石と同じく 2 辺の長さがそれぞれ a , b の 1 回巻きの長方形コイルを、面が磁場(磁界)の向きに垂直になるように設置する。このコイルを動かすとコイルに誘導起電力が発生する。コイルには、端子 1 と端子 2 が取り付けられていて、発電した電力を外部に取り出すことができる。なお、端子 1 と端子 2 の距離は十分小さいものとする。

図のように辺 b に平行に x 軸をとり、磁石の中心の位置を原点 O とする。また、コイルの中心の位置の x 座標を x とする。コイルを x 軸に沿って正の向きに一定の速さ v で動かすときについて考える。このコイルの抵抗を r とし、自己インダクタンスの影響は無視できるものとして以下の問いに答えなさい。ただし、解答に用いる物理量を表す記号は、問題文中に与えられているもののみを用いること。



図

- 問 1 コイルを貫く磁束 Φ およびコイルに発生する誘導起電力 V を x の関数としてそれぞれ解答用紙のグラフに描きなさい。誘導起電力 V は、端子 2 を基準にした端子 1 の電圧とする。また、 x の範囲は $-b \leq x \leq b$ とし、 Φ と V の最大値および最小値、それらに対応する x の値をグラフにかきなさい。

問 2 端子 1 と端子 2 をつないでコイルを左から右に動かすとコイルに電流が流れ、コイルは x 軸に沿って力を受ける。コイルの位置が $-b < x < 0$ と $0 < x < b$ の場合について力を求めなさい。力の正の向きは x 軸の正方向とする。

問 3 コイルを $x = -b$ から $x = b$ まで動かすとき、コイルを動かすために加えた外力がする仕事を求めなさい。

問 4 次に端子 1 と端子 2 の間に抵抗値 R の外部抵抗をつなぐ。コイルを $x = -b$ から $x = b$ まで動かすとき、外部抵抗で発生するジュール熱を求めなさい。

この発電機の性能を向上させるため、以下の(ア)～(ウ)に示す 3 種類の改良を比較してみよう。

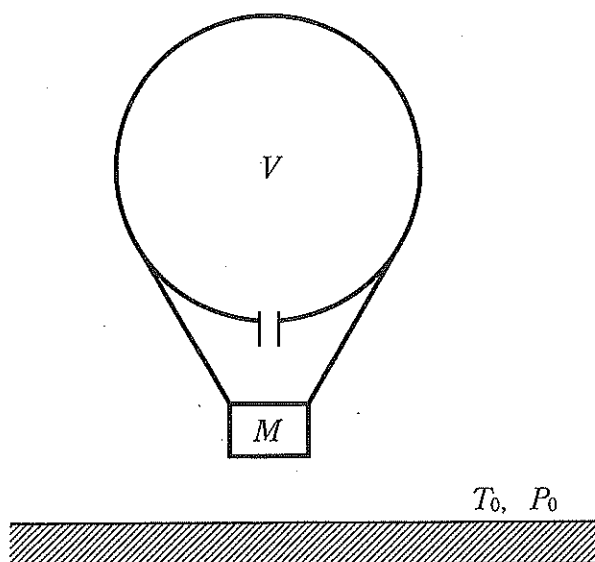
- (ア) コイルの巻き数を n 倍にする。
- (イ) コイルを動かす速度 v を n 倍にする。
- (ウ) 取りつける外部抵抗の抵抗値 R を n 倍にする。

これらの場合について、以下の問いに答えなさい。ただし、 $n > 1$ 、 $R > r$ とする。

問 5 (ア)～(ウ)のそれぞれの場合について、端子 1 と端子 2 との間に発生する電圧が、問 4 の場合に比べて何倍になるか求めなさい。また、得られる電圧の大きい順に(ア)～(ウ)の記号を並べなさい。

問 6 コイルを動かすために外力がした仕事のうち、一部はコイルの内部抵抗で消費されて外部に取り出すことはできない。コイルにした仕事に対して、外部に取り出すことのできる仕事(すなわち、外部抵抗で発生したジュール熱)の割合を効率という。(ア)～(ウ)の場合において、効率は問 4 の場合に比べてそれぞれ何倍になるか求めなさい。また、効率の高い順に(ア)～(ウ)の記号を並べなさい。

- 6 図のような熱気球がある。風船部分の体積を V 、全体の質量を M とする(風船内の空気の質量は含まない)。風船内の温度は大気の大気とは無関係に自由に制御できる一方、風船部分には空気の出入り口があり、風船内の圧力は常に大気と同じ値に維持される。風船内部の空気を加熱すると、大気と比べて密度が低くなるため、熱気球は浮力を得る。地表付近の大気は、絶対温度 T_0 、圧力 P_0 であった。気体定数を R 、空気のモル質量(1モル当たりの質量)を m 、重力加速度の大きさを g とする。以下では、風船部分の体積 V は一定であり、風船部分以外からの浮力は無視できるものとする。また、気球の高さは十分小さく、風船内の空気の圧力は一様であるとみなしてよい。空気は理想気体として取り扱うことができるものとして、以下の問いに答えなさい。



図

はじめ、風船内の空気は大気と同じ温度であり、熱気球は浮上しておらず、地面に接していた。

問 1 風船内の空気の質量を T_0 、 P_0 、 m 、 R 、 V を用いて表しなさい。

問 2 地表付近の大気の密度 ρ_0 を T_0 、 P_0 、 m 、 R を用いて表しなさい。

問 3 風船内の空気の温度をゆっくりと上げていくと、ある温度で熱気球が地面から離れた。このときの風船内の空気の密度 ρ_1 を ρ_0 , V , M を用いて表しなさい。また、このときの風船内の空気の温度 T_1 を ρ_0 , ρ_1 , T_0 を用いて表しなさい。

問 4 風船内の空気の温度をどれほど上げることができたとしても、熱気球の質量が大きすぎれば浮上しない。すなわち、熱気球が浮上することができるとき、その質量 M はある値 M_0 より小さくならなくてはならない。 M_0 を ρ_0 , V , g のうち必要なものを用いて表しなさい。

問 5 $T_0 = 300 \text{ K}$, $P_0 = 1000 \text{ hPa}$, $V = 2000 \text{ m}^3$ のとき、 M_0 を計算しなさい。必要なら $g = 9.8 \text{ kg/m}^2$, $m = 29 \text{ g/mol}$, $R = 8.3 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ を用いてよい。有効数字 1 けたまで求め、解答には単位も付すこと。

次に、浮上し始める温度 T_1 が $\frac{6}{5} T_0$ となるように熱気球の質量 M を調整した。

問 6 このときの熱気球の質量 M を T_0, P_0, m, R, V のうち必要なものを用いて表しなさい。

その後、風船内の空気の温度を T_1 よりわずかに上げ、熱気球が浮上した後すぐに空気の温度を T_1 に戻した。すると、熱気球は地表から $h(>0)$ の高さまで上昇し、静止した。大気の圧力と温度は高所では減少することが知られている。地表付近では、地表からの高さ x の関数として大気の圧力 $P(x)$ と温度 $T(x)$ を以下のように定数 α および β を用いて近似的に表すことができる。

$$P(x) = P_0 \left(1 - \frac{\alpha x}{T_0}\right),$$
$$T(x) = T_0 - \beta x$$

上式が常に成り立つものとして以下の問いに答えなさい。

問 7 高さ x での空気の密度を $T_0, P_0, m, R, g, \alpha, \beta, x$ のうち必要なものを用いて表しなさい。

問 8 高さ h を T_0, α, β を用いて表しなさい。

問 9 $\alpha = 0.0341 \text{ K/m}$, $\beta = 0.00649 \text{ K/m}$ を用いて、 $T_0 = 300 \text{ K}$ のときの h を計算しなさい。有効数字 2 けたまで求め、解答には単位も付すこと。