

令和7年度入学試験問題

物 理

(後 期 日 程)

工 学 部
農 学 部

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. この問題冊子は8ページ、解答用紙は3枚あります。
3. すべての解答用紙の受験番号欄に受験番号を記入しなさい。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。
4. 解答は解答用紙の指定された解答欄に記入しなさい。
5. 下書き用紙は1枚あります。
6. 試験中に問題冊子および解答用紙の印刷不鮮明、ページの落丁および汚損等がある場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
7. 試験終了後、問題冊子および下書き用紙は持ち帰りなさい。

1 次の文章を読み，設問の答を解答欄に記入せよ。

図1-1に示すように，地上 h [m] の高さから質量 m [kg] の小球を v_0 [m/s] の速さで水平に投射したところ，小球は t_1 [s] 後に投射地点から水平距離 x_1 [m] の地点に v_1 [m/s] の速さで着地した。重力加速度の大きさを g [m/s²] とし，小球の大きさと空気抵抗は無視できるものとする。また，地面は水平で，小球の進路をさまたげるような障害物は無いものとする。

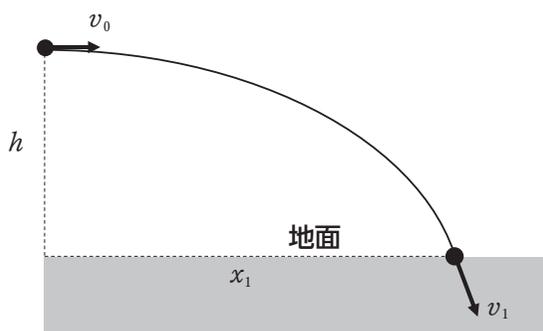


図 1 - 1

問1 以下は、投射する速さを変えることにより小球の運動がどのように変化するかについて説明した文章である。次の文中の空欄(ア)～(エ)に入る整数を答えよ。なお、変化しない場合には1を入れよ。

投射する速さを v_0 の2倍にしたところ、小球の投射地点から着地点までの水平距離は x_1 の(ア)倍になった。また、このとき小球が地面に到達するまでにかかった時間は t_1 の(イ)倍だった。

v_0 が gt_1 に対して十分小さいとき($v_0 \ll gt_1$)、投射する速さを v_0 の2倍にしたところ、小球は v_1 の約(ウ)倍の速さで着地した。また、 v_0 が gt_1 に対して十分大きいとき($v_0 \gg gt_1$)、投射する速さを v_0 の2倍にしたところ、小球は v_1 の約(エ)倍の速さで着地した。

問2 図1-1に示す小球の運動において、小球を水平に投射する速さ v_0 を大きくしていくと、ある速さに達した時点で、投射された小球は地面に着地することなく地球を等速円運動でまわり続ける。この小球が地球をまわり続けることができる最小の速さを v_0' [m/s] とする。

- (1) v_0' は何と呼ばれるか。
- (2) 文中の下線部について、なぜ v_0' で水平に投射された小球は地面に着地することなく地球をまわり続けるのか、簡潔に説明せよ。
- (3) 地球の質量を M [kg]、万有引力定数を G [$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{kg}^2$]、地球の半径を R [m]としたとき、 v_0' を m 、 M 、 G 、 R のうち必要な記号を用いて表せ。また、解答の計算過程も示せ。ただし、 h は R に比べて無視できるほど小さいものとする。

問3 問2の下線部のような地球をまわり続ける小球の運動は、人工衛星に応用されている。人工衛星の中でも静止衛星と呼ばれるものは地球の赤道上空を地球の自転と同じ周期の等速円運動で同じ向きにまわることにより、地面に対して相対的に静止している。例えば、我々にとって身近な静止衛星である気象衛星「ひまわり」は、図1-2に示すように東経約 140.7° 、地面から 3.6×10^7 mの高さの赤道上空を地球の自転と同じ周期の等速円運動をすることで、地上から見ると常に静止しているように見える。なお、地球の半径 R を 6.4×10^6 m、円周率 π を3.14とする。

- (1) 地球の自転の角速度 [rad/s] を求め、有効数字2桁で答えよ。ただし、地球の自転の周期は24時間とする。
- (2) 気象衛星「ひまわり」の速さ [m/s] を求め、有効数字2桁で答えよ。
- (3) 図1-2に示すように、気象衛星「ひまわり」のような静止衛星は赤道上空をまわっているが、例えば、図1-3のように日本の上空を地球の自転と同じ周期の等速円運動をする静止衛星を打ち上げることはできない。その理由を説明せよ。

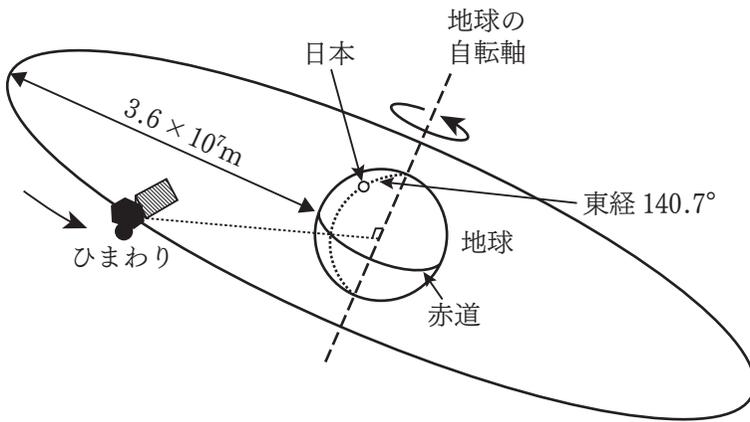


図 1 - 2

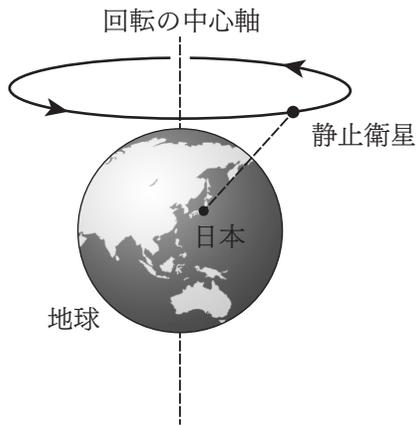


図 1 - 3

2 次の文章を読み、設問の答を解答欄に記入せよ。

真空中に置かれた図2-1のような回路を考える。3枚の平行な極板A, B, Cからなるコンデンサーと、2枚の平行な極板D, Eからなるコンデンサーがあり、コンデンサーの極板はすべて面積 $S[\text{m}^2]$ である。極板間隔は、極板A, B間は $d[\text{m}]$ 、極板B, C間は $3d[\text{m}]$ 、極板D, E間は $2d[\text{m}]$ である。はじめは、3個のスイッチ S_1, S_2, S_3 が開いた状態であり、極板は帯電していない。

ただし、それぞれの極板は十分に広く、端の効果や厚さは無視できるものとし、真空の誘電率は $\epsilon_0[\text{F/m}]$ とする。それぞれの極板につながれた導線が、コンデンサーやその他に与える電気的な影響は無視できるものとする。極板A, C間の電気容量は $C_0[\text{F}]$ 、抵抗 R_1, R_2 の抵抗値は $R[\Omega]$ 、電池の電圧は $V_0[\text{V}]$ であり、電池の内部抵抗は無視できるものとする。

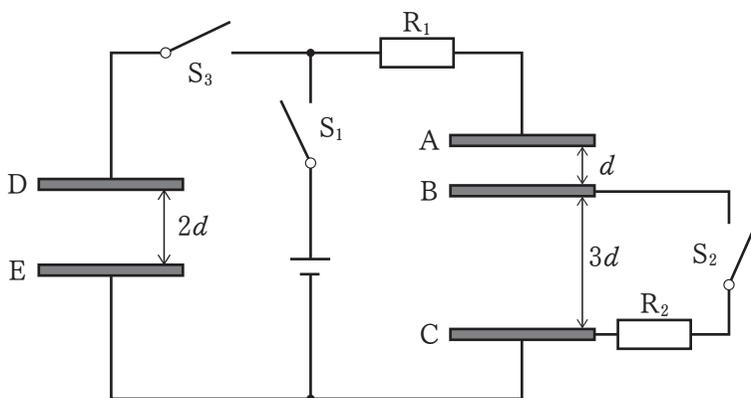


図2-1

問1 極板B, Cからなるコンデンサーの電気容量 $C_{BC}[\text{F}]$ を ϵ_0, S, d を用いて表せ。

問2 電気容量 C_{BC} を C_0 を用いて表せ。

問3 スイッチ S_1 を閉じた。閉じた瞬間に流れる電流の大きさ $I[\text{A}]$ を求めよ。

問4 スイッチ S_1 を閉じてから十分に時間が経過し、電流が流れなくなった後、スイッチ S_1 を再び開いた。このとき、以下の間に答えよ。なお、問4(1)から(3)の解答は、電気容量 C_0 を用いて表せ。

- (1) 極板 A, C からなるコンデンサーに蓄えられた電気量 Q_{AC} [C] を求めよ。
- (2) 極板 A, C からなるコンデンサーに蓄えられた静電エネルギー U_{AC} [J] の値を求めよ。
- (3) スイッチ S_1 を開くまでの間に抵抗 R_1 で発生したジュール熱の総量 Q_{R_1} [J] を求めよ。計算過程も記述せよ。

問5 次に、スイッチ S_1 , S_2 をそれぞれ閉じた。十分な時間が経過し、電流が流れなくなった後、スイッチ S_1 のみを再び開いた。以降スイッチ S_2 は閉じたままにする。このとき、以下の間に答えよ。

- (1) 極板 A, B からなるコンデンサーの電気容量 C_{AB} [F] を ϵ_0 , S , d を用いて表せ。
- (2) 極板 A, B からなるコンデンサーに蓄えられた電気量 Q_{AB} [C] を C_0 を用いて表せ。

問6 問5につづいて、スイッチ S_2 は閉じたまま、スイッチ S_3 を閉じた。このとき、極板 A, B からなるコンデンサーに蓄えられた電荷の一部が電流として流れ、極板 D, E からなるコンデンサーに移動した。十分な時間が経過し、電流が流れなくなった後、極板 A, B 間の電位差と、極板 D, E 間の電位差は等しくなった。このときの電位差 V [V] を求めよ。計算過程も記述せよ。

3 以下の設問の答を解答欄に記入せよ。

ただし、気体定数を R [J/(mol·K)], 単原子分子理想気体の定積モル比熱を $C_V = \frac{3}{2}R$ [J/(mol·K)], 定圧モル比熱を $C_p = \frac{5}{2}R$ [J/(mol·K)] とする。

問1 図3-1のように、円筒容器にピストンで n [mol] の単原子分子理想気体を閉じこめたところ、気体の圧力が p [Pa], 体積が V [m³] となった。

- (1) 気体の温度 T [K] を n , R , p , V のうち必要なものを用いて表せ。
- (2) 気体の内部エネルギー U [J] を n , R , T のうち必要なものを用いて表せ。
- (3) 単原子分子のモル質量(物質 1 mol 当たりの質量)を M [kg/mol] とするとき、2乗平均速度 $\sqrt{v^2}$ [m/s] を n , R , T , M のうち必要なものを用いて表せ。

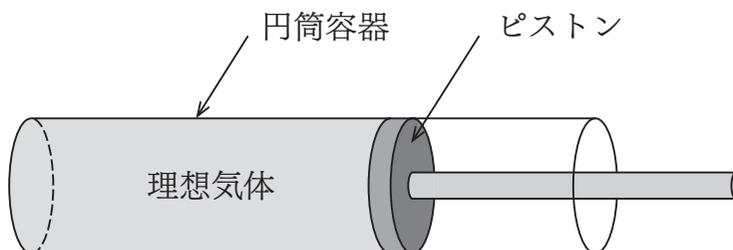


図3-1

問2 単原子分子理想気体 n [mol] に対して、図3-2のような4つの過程を1サイクルとして状態をゆっくりと変化させた。初めの状態Aにおける気体の温度は T [K], 体積は V [m³], 圧力は p [Pa] とする。

- (1) C_p の値が C_V の値より大きい理由を説明せよ。
- (2) 状態Bの温度 T_B [K] を n , R , T のうち必要なものを用いて表せ。
- (3) A→Bの変化で、気体が吸収した熱量 Q_{AB} [J] と気体がされた仕事 W_{AB} [J] を n , R , T のうち必要なものを用いて表せ。

- (4) B → C の変化で、気体が吸収した熱量 Q_{BC} [J] と気体がされた仕事 W_{BC} [J] を n , R , T のうち必要なものを用いて表せ。
- (5) 1 サイクルの間に、気体が外部にした正味の仕事 W [J] を n , R , T のうち必要なものを用いて表せ。
- (6) 状態 A からの 1 サイクルにおける内部エネルギーの変化 ΔU [J] を n , R , T のうち必要なものを用いて表せ。
- (7) このサイクルを熱機関とみなしたとき、1 サイクルでの熱効率 e を有効数字 2 桁で求めよ。

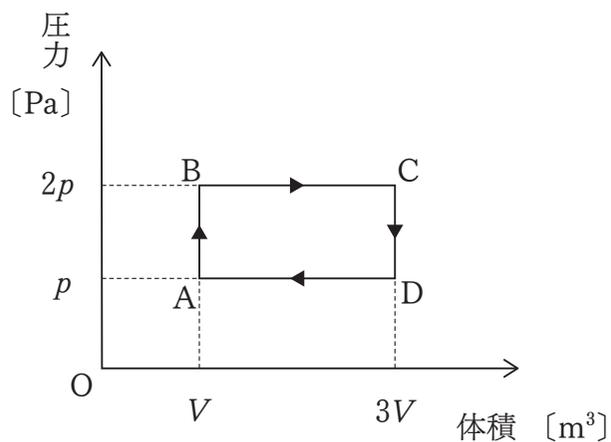


図 3 - 2

