

令和 7 年度 個別学力試験問題

理 科 (120 分)

● 総合選抜

理系Ⅰ, 理系Ⅱ, 理系Ⅲ

● 学類・専門学群選抜

社会・国際学群 (国際総合学類) ※1科目選択で60分

人間学群 (教育学類, 心理学類, 障害科学類) ※1科目選択で60分

生命環境学群 (生物学類, 生物資源学類, 地球学類)

※生物資源学類, 地球学類で地理歴史を選択する者は,
地理歴史と理科1科目を合わせて120分

理工学群 (数学類, 物理学類, 化学類, 応用理工学類,
工学システム学類)

情報学群 (情報科学類)

医学群 (医学類, 医療科学類)

(看護学類) ※1科目選択で60分

目 次

物	理		1
化	学		8
生	物		17
地	学		37

注 意

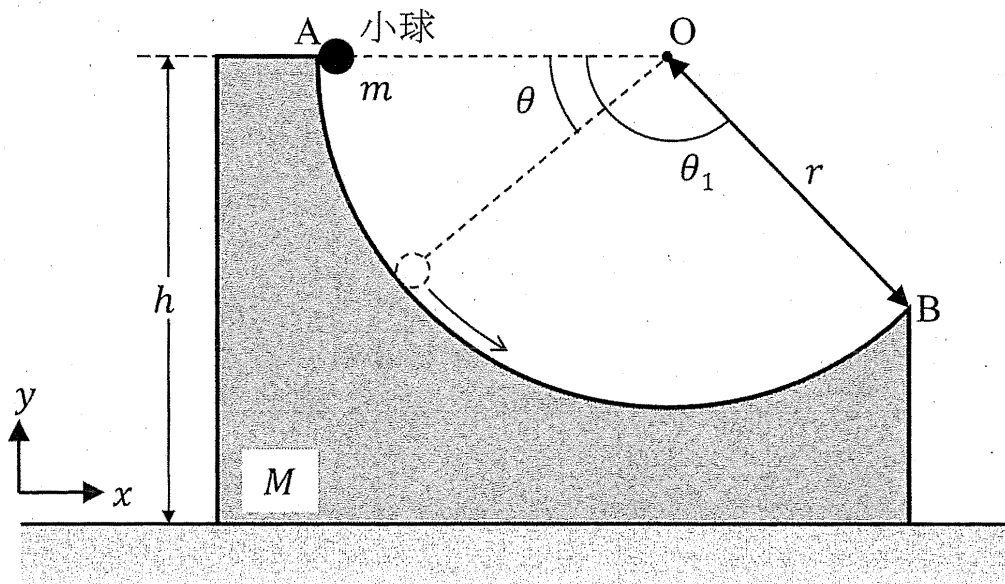
1. 問題冊子は1ページから45ページまでである。
2. 受験者は下表を確認し, 志望する学類の出題科目を解答すること。

【出題科目】

選 抜 区 分・学 類		出 題 科 目				備 考
		物理	化学	生物	地学	
総合選抜	理 系 Ⅰ					
学類・専門学群選抜	数 学 類 物 理 学 類 応 用 理 工 学 類 工 学 シ ス テ ム 学 類	◎	○	○	○	◎印の物理は必須, ○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜	化 学 類	○	◎	○	○	◎印の化学は必須, ○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜	生 物 資 源 学 類 地 球 学 類	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答 又は地理歴史を選択する者は○印の中から1科目選択
総合選抜	理 系 Ⅱ 理 系 Ⅲ	○	○	○	○	○印の中から2科目を選択解答
学類・専門学群選抜	生 物 学 類 情 報 科 学 類					
学類・専門学群選抜	医 学 類 医 療 科 学 類	○	○	○		○印の中から2科目を選択解答
学類・専門学群選抜	国 際 総 合 学 類 教 育 学 類 心 理 学 類 障 害 科 学 類	○	○	○	○	○印の中から1科目を選択解答
学類・専門学群選抜	看 護 学 類	○	○	○		○印の中から1科目を選択解答

物 理

I 図のように、半径 r の円弧状のなめらかな面を持つ質量 M の台が、水平な床の上に置かれている。大きさの無視できる質量 m の小球を、床からの高さ h にある円弧面の端点 A に置いた後、静かにはなす。円弧の中心点 O と端点 A は同じ高さにあるとする。小球が円弧面の上にある時には、小球の位置を、点 O と小球を結ぶ線分と直線 OA がなす角度 θ で表す。 $\theta = \theta_1$ ($90^\circ < \theta_1 < 180^\circ$) のとき、小球が端点 B に到達し、台から離れ右上方へ放り出される。その後、小球がはじめて床に衝突するまでの運動を考える。水平方向に x 軸、鉛直方向に y 軸をとり、それぞれ右向き、上向きを正とする。重力加速度の大きさを g とし、床は水平方向に十分長く、空気抵抗および小球と台の間の摩擦は無視できるものとする。また、点 A、B、O は xy 平面内にあり、小球の運動はこの面内に限られるとして、以下の問いに答えよ。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入せよ。



はじめに台は床に固定されている。

問 1 小球が角度 θ の位置にあるとき、小球の速さ v_1 を g, r, θ を用いて表せ。

問 2 問 1 のとき、小球が台から受ける垂直抗力の大きさ N_1 を m, g, θ を用いて表せ。

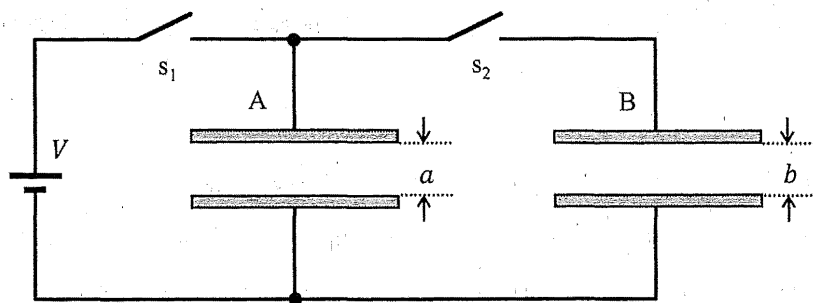
問 3 点 B において小球が台から離れた後、小球が最も高い位置にあるときの床からの高さ h_1 を h, r, θ_1 を用いて表せ。解答欄に考え方や計算の要点も記入せよ。

次に、台の固定を外し、小球を点 A に置いた後、静かにはなす。このとき、点 O は台とともに動くものとする。小球が角度 $\theta (0^\circ \leq \theta < 90^\circ)$ の位置にあるとき、小球の速度の x 成分と y 成分をそれぞれ v_x, v_y とし、台の速度の x 成分を v_M とする。ただし、台は x 方向にしか動かず、床面と台の間の摩擦は無視できるものとする。

問 4 台に対する小球の相対速度の x 成分 V_x と y 成分 V_y を、 v_x, v_y, v_M のうち必要なものを用いて表せ。また、その結果を利用することで v_M を v_x, v_y, θ を用いて表せ。

問 5 v_x, v_y を M, m, v_M, θ のうち必要なものを用いて表し、次に v_M を M, m, θ, g, r を用いて表せ。解答欄に考え方や計算の要点も記入せよ。

Ⅱ 図のように正の電圧 V を持つ電池，スイッチ s_1 ， s_2 ，およびコンデンサー A，B からなる電気回路を考える。A，B は極板の面積が S の平行板コンデンサーである。極板間の空間は真空であるとし，真空の誘電率を ϵ_0 とする。コンデンサーの極板は十分に大きく端の効果は無視できるものとする。コンデンサー A は極板の間隔を変化させることができるものとして，以下の問いに答えよ。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入し，問 1，問 2，問 3，問 5 については考え方や計算の要点も記入せよ。



はじめコンデンサー A，B の極板の間隔がそれぞれ正の値 a および b であった。コンデンサー A と B にはどちらも電荷が蓄えられておらず，スイッチ s_1 と s_2 はどちらも開いていた。まずスイッチ s_1 を閉じ十分な時間が経過した。

問 1 コンデンサー A に蓄えられた電荷量を答えよ。

次にスイッチ s_1 を開いてからスイッチ s_2 を閉じ十分な時間が経過した。

問 2 コンデンサー B に蓄えられた電荷量を答えよ。

続いて外力を用いてコンデンサー A の極板間隔を a から $3a$ へとゆっくり変化した。電荷はコンデンサー A と B の間でのみ移動したとして以下の問いに答えよ。

問 3 コンデンサー B に蓄えられた電荷量を答えよ。

問 4 外力がした仕事 W は以下のように書かれる。ただし、ここでは導線の抵抗によるジュール熱は考えないものとする。

$$W = \frac{\boxed{\text{ア}}}{2a} \left(\frac{\boxed{\text{イ}}}{\boxed{\text{ウ}}} - \frac{\boxed{\text{エ}}}{\boxed{\text{オ}}} \right)$$

$\boxed{\text{ア}}$ に入る適切なものを以下の選択肢(a)~(c)から、および $\boxed{\text{イ}} \sim \boxed{\text{オ}}$ に入る適切なものを以下の選択肢(d)~(j)から選べ。

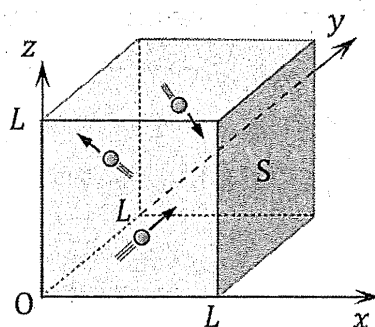
- | | | |
|---------------------|-----------------------|------------------------|
| (a) $\epsilon_0 SV$ | (b) $\epsilon_0 SV^2$ | (c) $\epsilon_0 S^2 V$ |
| (d) a | (e) b | (f) $3a$ (g) $3b$ |
| (h) $a + b$ | (i) $3a + b$ | (j) $a + 3b$ |

続いて、スイッチ s_2 を開きコンデンサー A の極板間隔を a に戻してからスイッチ s_1 を閉じ、十分な時間が経過した。さらにスイッチ s_1 を開いてからスイッチ s_2 を閉じ、十分な時間が経過した。

問 5 コンデンサー B の極板間にかかる電圧は電池の電圧 V と等しくなった。このとき a の大きさを b を用いて表せ。

Ⅲ 以下の問題文を読み、設問に答えよ。解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入せよ。

図のように、一辺の長さ L [m]、体積 V [m³] ($= L^3$) の立方体の容器の中に、質量 m [kg] の分子 N 個からなる単原子分子理想気体を入れた。 $x = L$ の位置にある、 x 軸に垂直な容器の壁を S とする。分子の運動に特定の方向へのかたよりはない。また、重力の影響は無視でき、分子と壁との衝突は弾性衝突であり、衝突時以外は分子は等速直線運動し、分子どうしは衝突しないものとする。



問 1 以下の にあてはまる式または数値を答えよ。

1つの分子と壁 S との衝突に関する考察から、壁 S が理想気体から受ける圧力 p [Pa] を導出する。壁 S に衝突する直前の分子の速度を $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z)$ [m/s] ($v_x > 0$) とすると、衝突前後の分子の運動量変化は ア [kg·m/s] であるので、壁 S は1回の衝突あたり x 軸の正の向きに大きさ イ [N·s] の力積を受ける。この衝突の周期は ウ [s] であるから、周期より十分に長い時間 t [s] の間に壁 S が1つの分子から受ける力積の合計は エ [N·s] となる。壁 S が1つの分子から受ける平均の力の大きさを $\bar{f}$ [N] とすると $\bar{f}t =$ エ なので、 $\bar{f} =$ エ $\div t$ となる。これをふまえると、壁 S が N 個の分子から単位時間あたりに受ける平均の力の大きさ F [N] は、 N 個の分子の v_x^2 の平均を $\overline{v_x^2}$ として、 $F =$ オ $\times \overline{v_x^2}$ となる。

圧力 p [Pa] は F [N] を壁 S の面積で割ると得られ、さらに、 $\overline{v_x^2}$ と N 個の分子の速さの 2 乗の平均 $\overline{v^2}$ の関係、 $\overline{v_x^2} = \boxed{\text{カ}} \times \overline{v^2}$ を用いると、 $p = \boxed{\text{キ}} \times \overline{v^2}$ が得られる。これにより、理想気体の圧力と分子の速度との関係が導かれた。

この関係式と理想気体の状態方程式を用いると、分子 1 個あたりの平均の運動エネルギーと気体の温度 T [K] との関係は、気体の物質量を n [mol]、気体定数を R [J/(mol·K)] として、 $\frac{1}{2} m \overline{v^2} = \boxed{\text{ク}} \times T$ となる。これにより、分子 N 個からなる単原子分子理想気体における内部エネルギー U [J] と温度 T [K] との関係は、 $U = \boxed{\text{ケ}} \times T$ と求められる。

表のように、気体の定積モル比熱 C_V [J/(mol·K)]、および、定圧モル比熱 C_p [J/(mol·K)] を気体定数 R [J/(mol·K)] で割り規格化した値は、気体の種類によらず、単原子分子では $C_V/R \doteq 1.5$ 、および、 $C_p/R \doteq 2.5$ 、二原子分子では $C_V/R \doteq 2.5$ 、および、 $C_p/R \doteq 3.5$ になる。この理由について考える。以下の問いに答えよ。

300 K、1 atm (= 101325 Pa) における、 R [J/(mol·K)] で規格化した気体のモル比熱

	C_V/R	C_p/R
He	1.50	2.50
Ar	1.50	2.51
H ₂	2.47	3.47
O ₂	2.54	3.54
CO	2.51	3.51

(化学便覧 基礎編 改訂 5 版に基づいて作成)

問 2 以下の にあてはまる式を答えよ。

熱力学第一法則より、 n [mol] の気体の内部エネルギーの増加 ΔU [J] は、気体が受け取った熱量 Q [J]、および、気体の体積の膨張 ΔV [m³] により気体がされた仕事 W [J] を用い、

$$\Delta U = Q + W \quad \text{①}$$

と表される。いま、熱量 Q [J] により気体に温度の上昇 ΔT [K] が生じたとする。定積変化では、 ΔU [J] と ΔT [K] の関係は C_V [J/(mol·K)] を用いて

$$\Delta U = \text{a} \times \Delta T \quad \text{②}$$

となる。定圧変化では、 Q [J] と ΔT [K] の関係は C_p [J/(mol·K)] を用いて

$$Q = \text{b} \times \Delta T \quad \text{③}$$

となり、また、 W [J] は圧力 p [Pa] と ΔV [m³] を用い $W = \text{c}$ となる。

気体が理想気体の状態方程式に従うとして c を書き換えると、 W [J] と ΔT [K] の関係は次のようになる。

$$W = \text{d} \times \Delta T \quad \text{④}$$

理想気体の内部エネルギーは変化の過程に関係なく温度だけで決まるので、式①～④を連立し、 $C_p = C_V + R$ を得る。すなわち、理想気体では $C_p/R = C_V/R + 1$ が気体の種類によらず成立することが示された。特に単原子分子理想気体の場合、問 1 の式 $U = \text{ケ} \times T$ を用い、

$$\Delta U = \text{e} \times \Delta T \quad \text{⑤}$$

となるので、式②と式⑤より $C_V = \frac{3}{2}R$ 、すなわち、 $C_V/R = 1.5$ が得られる。

問 3 二原子分子理想気体のモル比熱が単原子分子理想気体に比べ 1 mol あたり R だけ大きいことから、二原子分子気体の 1 mol あたりの内部エネルギーは、温度を T [K] とし、単原子分子気体に比べ RT だけ大きいことが示唆される。この理由を解答欄に記述せよ。