

平成25年度

理 科 問 題

(物理・化学・生物・地学)

注 意 事 項

- 1 問題冊子は、監督者が「解答始め」の指示をするまで開かないこと。
- 2 問題冊子は、「空白」1ページ、「物理」6ページ、「化学」13ページ、「空白」1ページ、「生物」8ページ、「地学」9ページ、合計38ページである。解答用紙は、「物理」3枚、「化学」3枚、「生物」4枚、「地学」5枚である。脱落のあった場合には申し出ること。
- 3 解答用紙の各ページ所定欄に、それぞれ氏名、受験学部、受験番号（最後のページは、左右2か所）を忘れずに記入すること。
- 4 解答は、すべて解答用紙の所定欄に記入すること。
- 5 解答以外のことを書いたときは、該当箇所の解答を無効とすることがある。
- 6 理学部の受験者は、次により解答すること。
 - (1) 数学科・生物学科・地球学科・理科選択を志望する者は、「物理」・「化学」・「生物」・「地学」のうち2科目を選択解答すること。
 - (2) 物理学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」と、その他に「化学」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
 - (3) 化学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「化学」と、その他に「物理」・「生物」・「地学」のうちから1科目を選択し、計2科目を解答すること。
- 7 工学部の受験者は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
- 8 医学部の受験者は、「物理」・「化学」・「生物」のうちから2科目を選択解答すること。
- 9 生活科学部食品栄養科学科の受験者は、「化学」を解答すること。
- 10 机上に各自の「受験票」と「大学入試センター試験受験票」を出しておくこと。
- 11 問題冊子および選択しない科目の解答用紙は持ち帰ること。

(空 白)

物 理

第 1 問 (35 点)

図のように、水平面をなす地表から高さ h [m] のところより、質量 M [kg] の物体が時刻 $t = 0$ s において速さ V_0 [m/s] で水平に投げ出された。一方、地上から質量 m [kg] の弾丸が速さ V_0 で、物体の発射と同時に鉛直上向きに発射された。その後、弾丸は物体に命中し、一体となった。重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。また、 $V_0 > \sqrt{gh}$ とする。物体および弾丸の大きさを考えないものとし、空気の抵抗を無視する。物体の最初の位置を通る鉛直線と地表の交点を原点 O とし、物体の初速度の方向を x 軸、鉛直上向きを y 軸とする。

弾丸が物体に命中するまでの間について、以下の問いに答えよ。

問 1 時刻 t での、物体の位置の座標 (x_1, y_1) [m] を記せ。

問 2 弾丸は座標 $(d, 0)$ [m] から発射されるものとする。時刻 t での、弾丸の位置の座標を (d, y_2) [m] とする。 y_2 を記せ。

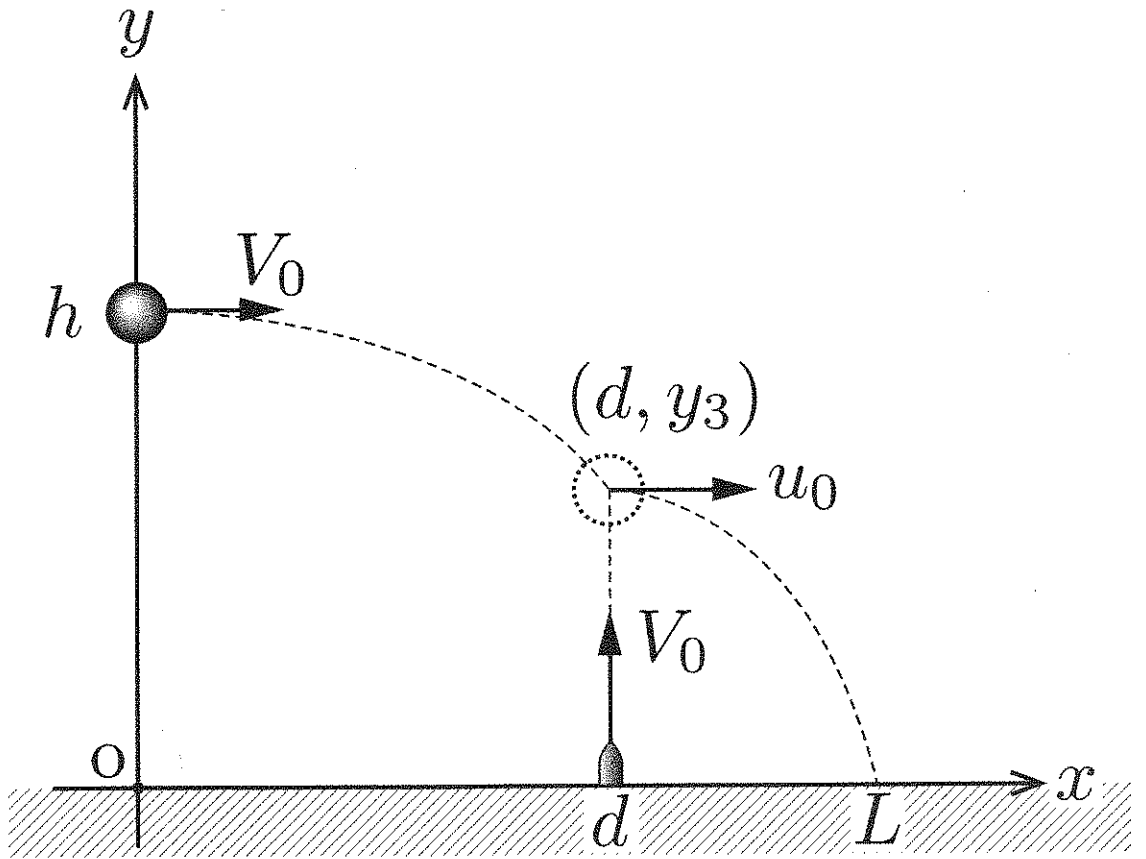
弾丸が物体に命中した時刻を t_3 [s] とする。命中直後、一体となった物体の速度の方向は水平になった。以下の問いには、 g, h, M, V_0 のみを用いて答えよ。

問 3 t_3 および d を求めよ。弾丸が物体に命中したときの、物体と弾丸の座標を (d, y_3) [m] とする。 y_3 を求めよ。

問 4 弾丸が物体に命中する直前の、物体と弾丸のそれぞれの速度の x 成分と y 成分を求めよ。

問 5 弾丸が物体に命中した直後の物体の速度の x 成分 u_0 [m/s] と、 m を求めよ。

問 6 命中後、物体は運動を続け、地上に落下した。落下点の座標を $(L, 0)$ [m] とする。 L を求めよ。



物 理
第 2 問 (35 点)

図1に示すような回路を作った。A, B, C, Dは、すべて平らな金属板でできた正方形の電極で、面積は S [m²] である。A と B は平行で、その間隔は d [m] である。C と D も平行で、その間隔は $2d$ である。回路には内部抵抗が無視できる起電力 V [V] の電池がつながっている。電池をつなぐ前には、どの電極にも電荷はなかった。真空の誘電率を ϵ_0 [F/m] として、以下の問いに答えよ。

はじめ、AB間とCD間はともに真空であった。

問 1 AB間の電圧を求めよ。

問 2 Bに蓄えられている電荷はいくらか求めよ。

誘電体のなかには、電圧をかけたとき、それに流れる電流を無視できないものがある。このような誘電体でできた板MとNを準備した。MとNの形はともに正方形であり、面積は S である。Mの厚さは d 、抵抗率は ρ [$\Omega \cdot \text{m}$]、Nの厚さは $2d$ 、抵抗率は 0.5ρ である。比誘電率は共に ϵ_r である。

問 1, 2の状態から、図2に示すように、AB間にMを入れ、MとABを密着させたところ、AB間に電流が流れはじめ、その後十分な時間が過ぎた後、電流は止まった。

問 3 このときのAB間の電圧を求めよ。

つぎに、図3に示すように、CD間にもNを入れ、NとCDを密着させ、その後十分な時間が過ぎた。

問 4 このときのAB間の電圧を求めよ。

問 5 Bに蓄えられている電荷はいくらか求めよ。

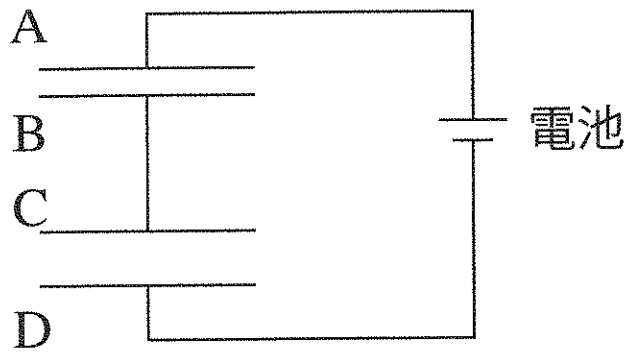


図 1: AB 間も CD 間も真空.

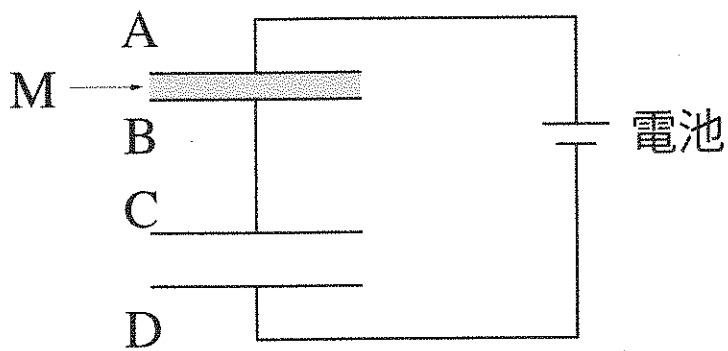


図 2: AB 間に M が密着して入っている.

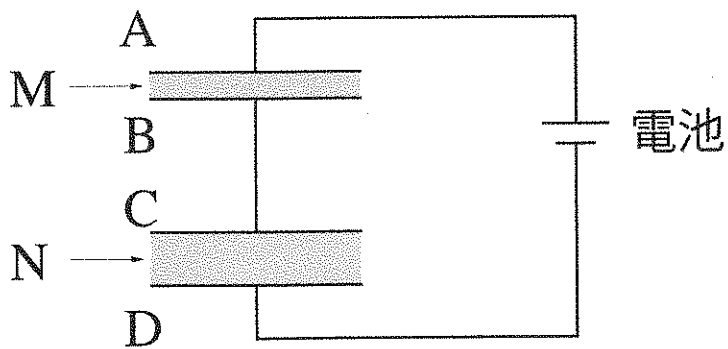


図 3: AB 間には M が、また CD 間には N が、それぞれ密着して入っている.

物 理

第 3 問 (30 点)

単原子分子理想気体 1 mol を一辺 L [m], 体積 $V(=L^3)$ [m³] の立方体の容器に入れ, 絶対温度 T [K], 圧力 p [Pa] の状態に保つ. 分子 1 個の質量を m [kg], アボガドロ定数を N_0 [1/mol] とし, 分子の速さの 2 乗平均を $\overline{v^2}$ [m²/s²] で表す.

以下の問いに答えよ.

問 1 この気体の内部エネルギー U [J] を, $m, N_0, \overline{v^2}$ で表せ.

問 2 気体分子の運動の考察によると, 立方体の内壁の一つが N_0 個の分子から受ける力の平均 F [N] は,

$$F = \frac{N_0 m \overline{v^2}}{3L}$$

で与えられる. これを用いて, pV は U に比例することを示し, その比例定数を求めよ.

問 3 気体定数 R [J/(mol·K)] を用いて, 定積モル比熱 C_V [J/(mol·K)] を求めよ.

つぎに, 図のような, 体積の無視できる仕切りにより隔てられた体積の等しい部屋 1, 部屋 2 に, 上の気体をそれぞれ n_1 [mol], n_2 [mol] 入れた. 絶対温度はそれぞれ T_1 [K], T_2 [K] であった. このとき, 部屋 1 内の圧力は p_1 [Pa] であった. 外部との熱のやり取りはないものとする.

問 4 仕切りを取り払い, 両者を混合させた後の温度および圧力を, p_1, n_1, n_2, T_1, T_2 で表せ.

部屋 1	部屋 2
------	------