

平成17年度 大阪市立大学第2次試験

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、「物理」6ページ、「化学」8ページ、「生物」9ページ、「空白」1ページ、「地学」10ページ、合計34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」4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) 物質科学科を志望する者（第3志望までを含む）は、「物理」・「化学」の計2科目を解答すること。
 - (4) 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。

物 理

第 1 問 (35点)

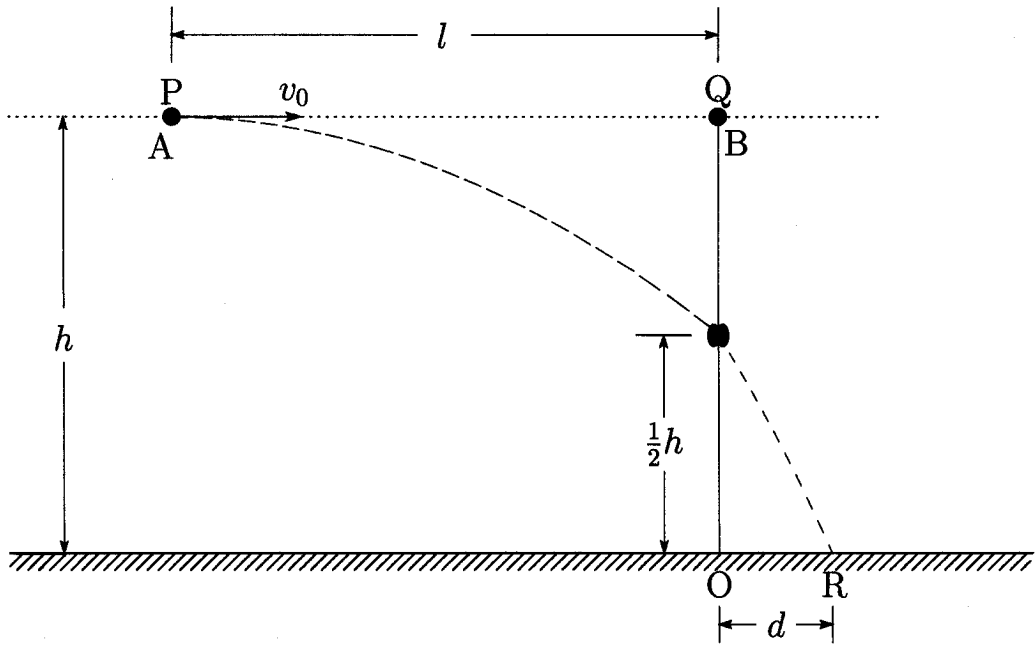
図のように、水平な床からの高さが h [m] で l [m] だけ離れた 2 点 P, Q に、質量がともに m [kg] の 2 個の小球 A, B が保持されている。小球 A を B に向けて水平に投げると同時に、B を自由落下させたら、2 球は床から $\frac{1}{2}h$ [m] の高さのところで完全非弾性衝突し、一体となって床の点 R に落下した。重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、以下の問いに答えよ。

問 1 小球 A の初速度の大きさ v_0 [m/s] を求めよ。

問 2 衝突直後の速度の水平成分の大きさ v_x [m/s] と鉛直成分の大きさ v_y [m/s] を求めよ。

問 3 衝突してから床に当たるまでの時間 t_d [s] を求めよ。

問 4 点 Q の真下にある床の点 O から R までの距離 d [m] を求めよ。



物 理

第 2 問 (35点)

図のように、極板間の距離が $2d$ [m] と d [m] の平行板コンデンサー A, B がある。すべての極板は高さが h [m], 幅が w [m] の長方形で、同一水平面上に垂直に立ててある。極板間の空間の両側面と底面には薄い絶縁体の膜が張っており、この空間に液体が入っている。A, B は細いパイプでつながれており、液体はパイプをとおして移動できる。A, B に同じ電圧 V [V] をかけたとき、A, B の液面の高さはそれぞれ h_A [m], h_B [m] となった。 h_A , h_B の高さの差を以下の問いに答えながら求めよ。ただし、液体の密度を ρ [kg/m³], 誘電率を ϵ [F/m], 空気の誘電率を ϵ_0 [F/m], 重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、液体には電流が流れないものとする。

問 1 A, B それぞれの電気容量 C_A [F], C_B [F] を ϵ , ϵ_0 , h , h_A , h_B , w , d で表せ。

問 2 A, B それぞれにたくわえられている静電エネルギー U_A [J], U_B [J] を ϵ , ϵ_0 , h , h_A , h_B , w , d , V で表せ。

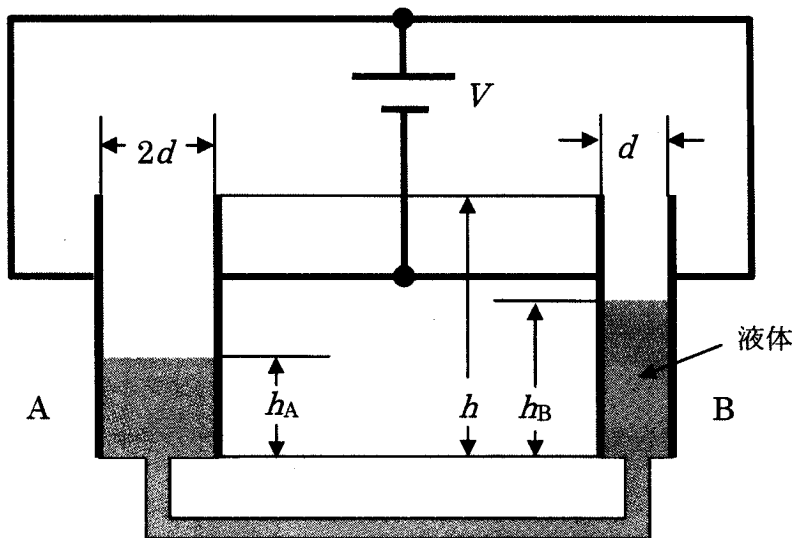
問 3 A の液面の高さ h_A が微小量 Δh [m] だけ下がった場合を考える。そのときの C_A , C_B それぞれの変化量 ΔC_A [F], ΔC_B [F] を求めよ。

問 4 問 3 の液面の変化によって、A, B 両方にたくわえられている静電エネルギーの合計の変化量 ΔU_E [J] を求めよ。

問 5 問 3 の液面の変化による液体全体の位置エネルギーの変化量を ΔU_P [J], このとき電池がする仕事を ΔW [J] とする。 ΔU_E , ΔU_P , ΔW の間に成り立つエネルギー保存の法則を表す式を書け。また、これを使って、 $h_B - h_A$ を ϵ , ϵ_0 , d , ρ , g , V で表せ。ただし、 ΔU_P は

$$\Delta U_P = 2d w \rho g (h_B - h_A) \Delta h$$

と表され、 ΔW は、2つのコンデンサーにたくわえられている全電気量の変化を ΔQ [C] とすると、 $\Delta W = V \Delta Q$ と表される。



物 理

第 3 問 (30点)

図のように、真空中に間隔 d [m] で平行に置かれた一対の平面極板 A, B があり、極板間に電圧 V [V] がかけられている。陽極側の極板 A には小孔 P が開けられており、ここを通過して質量 m [kg]、電荷 (電気量) q [C] ($q > 0$) をもつ粒子が速さ v_0 [m/s] で極板間へ入射し、陰極側の極板 B に開けられた小孔 Q を通過して外に出た。このときの入射角 (極板 A の法線方向と入射方向の間の角度) を i [rad]、放出角 (極板 B の法線方向と放出方向の間の角度) を r [rad] とする。極板 A, B 間の電場 (電界) は一様で、極板に開けた小孔 P, Q は電場には影響を与えないものとする。また、重力は無視できるものとする。プランク定数を h [J・s] として、以下の問いに答えよ。

問 1 小孔 Q を出たときの粒子の速さ v [m/s] を d, m, v_0, q, V のうちで必要なものを用いて表せ。

問 2 粒子は小孔 P から Q に進む間に向きを変える。これは光が異なる媒質の境界を透過する際の屈折現象と類似している。そこで、光の場合と同様に、「屈折率」を $n = \frac{\sin i}{\sin r}$ で定義することにする。この n を d, m, v_0, q, V のうちで必要なものを用いて表せ。

問 3 一般に粒子は、「粒子性」と同時に「波動性」もあわせ持つことが知られており、粒子の波動性を表す波は「物質波 (ド・ブローイ波)」と呼ばれている。そこで、小孔 P に入射する直前、および、小孔 Q から放出された直後の粒子の物質波の波長を、それぞれ、 λ_0 [m] および λ [m] とする。 λ_0 および λ を d, m, v_0, q, V, h のうちで必要なものを用いて表せ。また、その比 $\frac{\lambda_0}{\lambda}$ は問 2 で求めた「屈折率」 n に等しいことを示せ。

