

# 平成19年度入学試験問題

## 理 科

### (注 意 事 項)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があったら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。

科 目	問 題 冊 子	解 答 紙	
	ペ ー ジ	解答紙番号	枚 数
物理Ⅰ・物理Ⅱ	1 ～ 10	18 ～ 20	3
化学Ⅰ・化学Ⅱ	11 ～ 30	21 ～ 27	7
生物Ⅰ・生物Ⅱ	31 ～ 50	28 ～ 32	5
地学Ⅰ・地学Ⅱ	51 ～ 60	33 ～ 37	5

4. 各解答紙の2箇所受験番号を記入すること。
5. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
6. 計算その他を試みる場合は、解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
7. 医学部保健学科看護学専攻の配点は、表示されるものの $\frac{2}{5}$ です。

# 物 理 I · 物 理 II

[ 1 ] 図1に示すように、なめらかな水平面 PQ 上に置かれた質量  $m$  [kg] の物体 A および物体 B と、水平面 Q'R' 上をなめらかに運動する質量  $M$  [kg] の台車がある。物体 A は、ばね定数  $k$  [N/m] のばねによって点 P の壁と連結されている。台車は水平面 PQ と同じ高さの水平な上面を持ち、上面が水平面 PQ となめらかに接続した状態で静止している。重力加速度の大きさを  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。空気抵抗、物体 A および物体 B の大きさは無視できるものとし、物体 A、物体 B および台車の速度は右向きを正とする。(45 点)

問 1. 物体 A に物体 B を押しつけて、ばねが自然長から  $L$  [m] だけ縮んだ位置で静かに手を離れたところ、物体 A と物体 B は一緒に右向きに動き始めた。以下の問いに答えよ。なお、解答は  $m, M, g, k, L$  の中から必要なものを用いて表すこと。

- (1) 物体 B は、ある速度に達した瞬間に物体 A と離れ、水平面 PQ 上を等速で運動し始めた。手を静かに離してから物体 A と物体 B とが離れるまでの時間  $T$  [s] と、そのときの物体 B の速度  $v_0$  [m/s] を求めよ。
- (2) 物体 A は、物体 B と離れた後、水平面 PQ 上で単振動した。物体 A の単振動の振幅  $D$  [m] と角振動数  $\omega$  [rad/s] を求めよ。

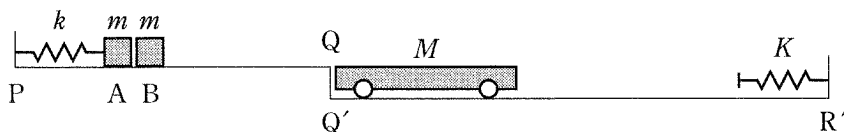


図 1

問 2. やがて物体 B は、点 Q において台車の上面に乗り移り、台車の上面を滑り始めた。物体 B が台車の上面に乗り移ってからの時間を  $t$  [s]、物体 B と台車の上面との間の静止摩擦係数を  $\mu$ 、動摩擦係数を  $\mu'$  とし、物体 B が台車の上面から落ちることはないものとする。以下の問いに答えよ。なお、解答は  $m, M, g, \mu, \mu', v_0, t$  の中から必要なものを用いて表すこと。

- (1) 物体 B が台車の上面を滑っているとき、時刻  $t$  [s] における物体 B の速度  $v$  [m/s] および台車の速度  $V$  [m/s] を求めよ。
- (2) 時刻  $t$  [s] までに物体 B が台車の上面を滑った距離  $d$  [m] を求めよ。
- (3) 物体 B と台車の相対速度はやがて 0 となり、物体 B と台車は一体となって運動し始めた。このときの時刻  $t_1$  [s]、物体 B と台車の速度  $V_1$  [m/s] を求めよ。

問 3. 物体 B と台車が一体となって運動し始めた後、台車は点 R' の壁に取り付けてあるばね定数  $K$  [N/m] のばねに衝突して運動の向きを変えた。このとき、物体 B が台車の上面を再び滑り始めることはなかった。このことから、ばね定数  $K$  [N/m] の範囲を示せ。なお、解答は  $m, M, g, \mu, \mu', V_1, K$  の中から必要なものを用いて表すこと。

問 4. その後、台車は QQ' の段差に衝突してはねかえり、物体 B は再び台車の上面を滑り始めた。 $M > m$  であり、台車と段差の反発係数(はねかえり係数)を  $e$  とする。以下の問いに答えよ。なお、解答は  $m, M, g, \mu, \mu', V_1, e$  の中から必要なものを用いて表すこと。

- (1) 衝突直後の物体 B の速度  $v_1'$  [m/s] と台車の速度  $V_1'$  [m/s] を求めよ。
- (2) さらにしばらくすると、物体 B と台車は同時に静止した。このことから、反発係数  $e$  を求めよ。

[ 2 ] 図 2 に示すように、一辺  $a$  [m] の 2 枚の正方形金属板を間隔  $d$  [m] で紙面に垂直に配置して平行板コンデンサーとし、出力電圧を変えることができる直流電源とスイッチをこれに接続した。ただし、図 2 に示された全ての装置は真空中にあり、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  [F/m] とする。また、重力の影響は無視でき、電場(電界)は金属板間の空間のみに一様に存在するものとする。(40 点)

問 1. 平行板コンデンサーの電気容量  $C$  [F] を求めよ。

問 2. スイッチを閉じた状態で直流電源の出力を  $U_1$  [V] に設定し、充分時間が経過した後、平行板コンデンサーに蓄えられている電気量  $Q$  [C] と静電エネルギー  $W_1$  [J] を求めよ。答えは、 $a$ ,  $d$ ,  $\epsilon_0$ ,  $U_1$  から必要な記号を用いて表せ。

さらに図 2 のように、金属板面に平行に  $x$  軸をとり、 $x$  軸と垂直に  $y$  軸をとる。 $x$  軸上を左から原点  $O$  に向かって、電気量が  $-e$  [C]、質量が  $m$  [kg] の電子を速さ  $v$  [m/s] で毎秒  $N$  個入射する。また、平行板コンデンサーの右端から  $L$  [m] ( $L > 0$ ) の位置に、充分広い面積を有するスクリーンを  $x$  軸に垂直に置いた。このスクリーンには蛍光物質が塗られており、電子が当たると輝点を生じる。この場合に以下の問いに答えよ。答えは、 $a$ ,  $d$ ,  $\epsilon_0$ ,  $U_2$ ,  $U_4$ ,  $U_5$ ,  $e$ ,  $m$ ,  $v$ ,  $N$ ,  $L$  から必要な記号を用いて表せ。

問 3. 平行板コンデンサーの 2 枚の金属板間に与える電位差を  $0$  [V] からゆっくりと大きくしていく。この電位差が  $U_2$  [V] の場合に、平行板コンデンサー内を通過している電子が電場(電界)から受ける力の大きさ  $F$  [N] を求めよ。さらに電位差を  $U_3$  [V] まで大きくしたところで、平行板コンデンサーの金属板に電子が当たるようになり、スクリーンの輝点が消えた。このときの電位差  $U_3$  [V] を求めよ。ただし、電極に当たった電子は、全てこの電極に捕えられて反射しないものとする。

問 4. 次に  $U_3$ [V]より大きな電位差  $U_4$ [V]を平行板コンデンサーの2枚の金属板間に与えた。その後スイッチを開いてしばらくすると再び輝点がスクリーンに現れた。電極に当たった電子は全てこの電極に捕えられるとして、スイッチを開いてから、再び輝点がスクリーンに現れるまでに要する時間  $T$ [s]を求めよ。また、再びスクリーンに現れた輝点の  $y$  座標  $y_1$ [m]を求めよ。ただし、接地されている下の金属板には、上の金属板と等量で異符号の電荷が つねに誘起されるとする。さらに、再び輝点がスクリーンに現れる金属板間の電位差は  $U_3$ [V]よりわずかに小さいが、ここでは近似的に  $U_3$ [V]と等しいとする。

問 5. スwitchを閉じて、 $U_3$ [V]より小さな電位差  $U_5$ [V]を平行板コンデンサーの2枚の金属板間に与えた。電子が平行板コンデンサー内を通過する間に電場(電界)から得るエネルギー  $W_2$ [J]を求めよ。

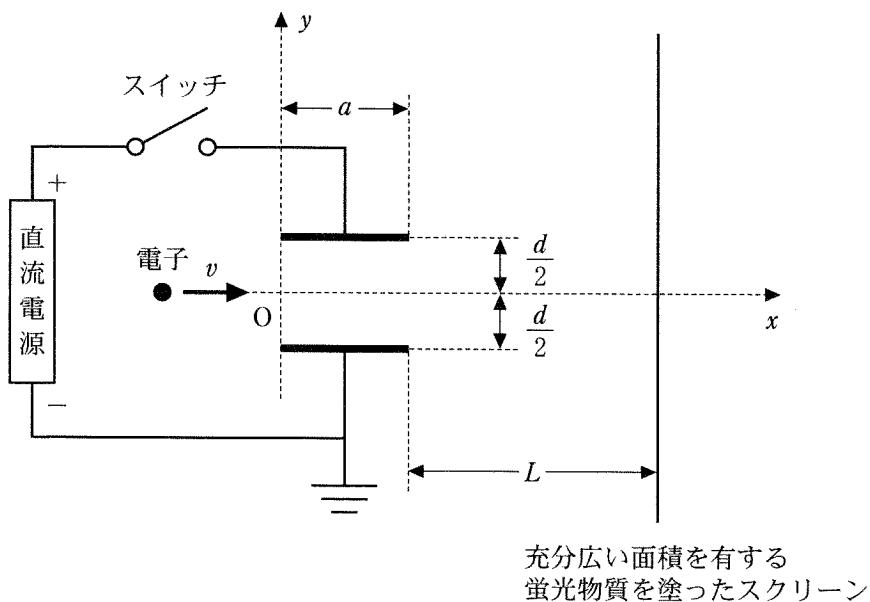


図 2

- 〔3〕 図3のように、1モルの単原子分子理想気体が、気密性を保ちながらなめらかに動くピストンでシリンダー内に閉じ込められている。ピストンには固定用ねじが取り付けられてあり、可動範囲の任意の位置でこれをシリンダーに固定できる。また、シリンダー内部には加熱・冷却器があって、内部の気体に対する加熱・冷却を自在に行える。加熱・冷却器によらないシリンダー内外の熱の出入り、加熱・冷却器の体積と熱容量はいずれも無視する。気体定数を  $R[\text{J}/(\text{mol} \cdot \text{K})]$  とする。(40点)

固定用ねじをゆるめた状態で、シリンダー内の気体の圧力を大気圧  $P_0[\text{Pa}]$  に等しくすると、気体の体積と温度はそれぞれ、 $V_0[\text{m}^3]$ 、 $T_0[\text{K}]$  であった。この状態を状態Aとし、気体の体積  $V[\text{m}^3]$  と圧力  $P[\text{Pa}]$  を表す図4のグラフにAで示す。この状態でピストンを固定し、加熱・冷却器でゆっくりと気体を加熱したところ、圧力が  $\frac{3}{2}P_0[\text{Pa}]$  となった。この状態を状態Bとし、温度を  $T_B[\text{K}]$  とする。状態A→状態Bの変化の間に、気体が外に対してする仕事を  $W_{AB}[\text{J}]$ 、気体に加えられる熱量を  $Q_{AB}[\text{J}]$  とする。

問 1.  $W_{AB}[\text{J}]$  を求めよ。

問 2.  $Q_{AB}[\text{J}]$  を  $R$ 、 $T_0$  を用いて表せ。

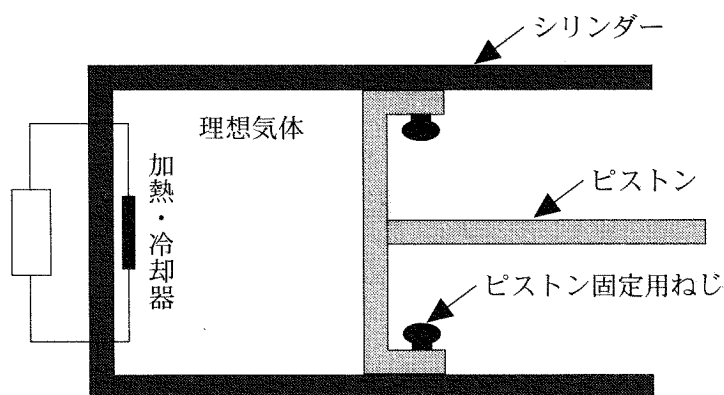


図 3

次に、図5のように外から力を加えて、ピストンが動かないように支えながら固定用ねじをゆるめた。それから、ピストンを支える力と加熱・冷却器の両方を制御して、体積が $\frac{3}{2}V_0$  [m<sup>3</sup>]になるまで気体を膨張させた。その間の体積  $V$  [m<sup>3</sup>] と圧力  $P$  [Pa] の関係は、図4に示すような直線の関係となり、膨張後の温度は  $T_B$  [K] に等しかった。この状態を状態Cとし、状態B→状態Cの変化を行程Iとする。ただし、行程Iの間、加熱・冷却器は常に加熱の状態にあった。行程Iで気体が外にする仕事を  $W_{BC}$  [J]、気体に加えられる熱量を  $Q_{BC}$  [J] とする。

問 3.  $W_{BC}$  [J]、 $Q_{BC}$  [J] を  $R$ 、 $T_0$  を用いて表せ。

図4

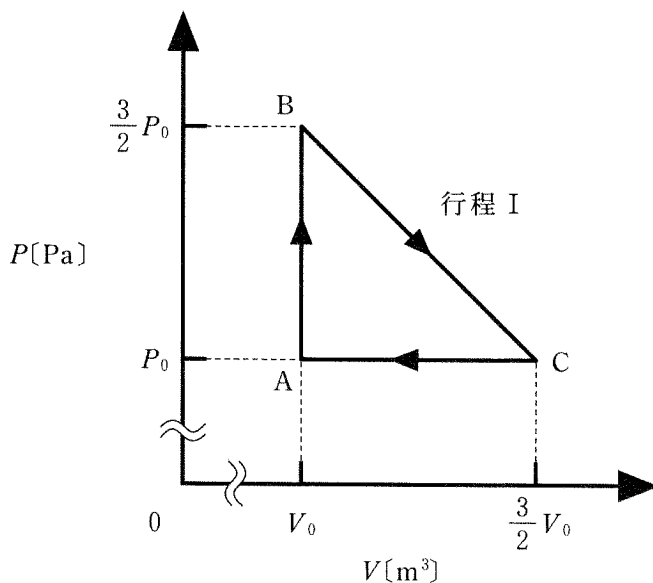
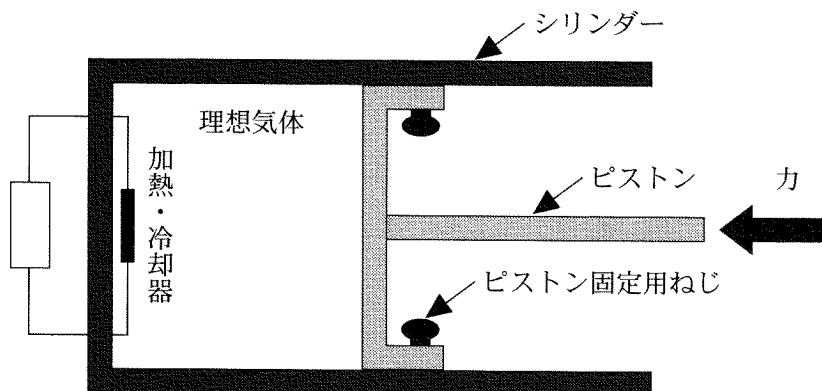


図5



次に、気体をゆっくりと冷却して、状態 C から始めの状態 A に戻した。この変化で、ピストンに外部からかかる力は、大気圧によるもののみであった。状態 A → 状態 B → (行程 I) → 状態 C → 状態 A の変化をサイクル I とする。

問 4. 状態 C → 状態 A の変化の間に、気体がされる仕事  $W_{CA}$  [J]、気体から奪われる熱量  $Q_{CA}$  [J] を  $R$ 、 $T_0$  を用いて表せ。

問 5. サイクル I における熱効率  $e_I$  を求めよ。

次に、行程 I とは別の行程 II を考える。行程 II では、状態 B → 状態 C の間、気体の温度が一定値  $T_B$  [K] に保たれる。状態 A → 状態 B → (行程 II) → 状態 C → 状態 A の変化をサイクル II とする。ただし、状態 A → 状態 B、状態 C → 状態 A の変化は、サイクル I、サイクル II で同じである。サイクル I、サイクル II において気体が外にする正味の仕事をそれぞれ  $W_I$  [J]、 $W_{II}$  [J] とする。

問 6. サイクル II における熱効率  $e_{II}$  を  $W_I$ 、 $W_{II}$ 、 $Q_{AB}$ 、 $Q_{BC}$  を用いて表せ。

問 7. 熱効率  $e_I$  と熱効率  $e_{II}$  の大小関係について、次の中から正しいものを選び、番号で答えよ。

①  $e_I > e_{II}$

②  $e_I = e_{II}$

③  $e_I < e_{II}$



