平成25年度入学者選抜試験問題

工学部

（機能高分子工学科，物質化学工学科，情報科学科，電気電子工学科，
機械システム工学科，システム創成工学科）

理　科
（物　理）

前　期　日　程

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 物理または化学から1科目を選択し，解答してください。

3 物理および化学の問題は，それぞれ別冊子になっています。

4 物理の問題冊子の本文は，1ページから6ページまでです。

5 物理および化学の**解答用紙は，共通**になっています。

6 すべての解答用紙に**大学受験番号**を正しく記入し，**解答する科目名を○で囲んで**ください。大学受験番号および解答する科目名が正しくない場合は，採点できないことがあります。

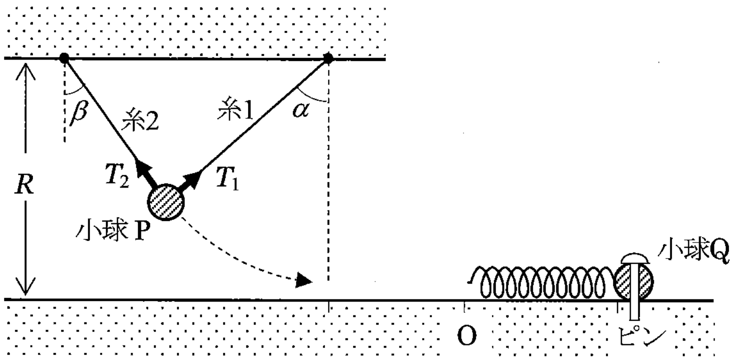
7 問題は〔Ⅰ〕，〔Ⅱ〕，〔Ⅲ〕からなっています。**解答は問題番号と一致した解答用紙**に記入してください。解答用紙は裏面まで使用できます。解答用紙には，計算過程も記入してください。

8 試験終了後，問題冊子および下書き用紙は持ち帰ってください。

〔 I 〕

次の文章を読んで，以下の問いに答えよ。解答は，小問番号 (1), (2), ･･･, (11) を明記し，途中の計算過程も記入して，答えに下線を引くこと。

図のように，2本の糸で天井からつり下げられた質量 m 〔kg〕の小球Pがある。天井の高さは，なめらかで水平な床面から R 〔m〕である。糸1の長さは R であり，糸1および糸2の鉛直線となす角は，それぞれ α , β であった。また，床面には質量 m 〔kg〕の小球Qがあり，ばね定数 k 〔N/m〕のばねがつながれている。最初，小球Qは床面にピンで固定されている。重力加速度の大きさを g 〔m/s^2〕とし，糸およびばねの質量は無視できるものとする。



図

(1) 糸 1 の張力の大きさ T_1 〔N〕と糸 2 の張力の大きさ T_2 〔N〕の関係を考える。小球 P にはたらく力の鉛直方向のつり合いより，T_1 を，α, β, g, m, T_2 を用いて表せ。

(2) 小球 P にはたらく力の水平方向のつり合いより，張力の大きさの比 $\dfrac{T_1}{T_2}$ を，α, β を用いて表せ。

(3) T_1 を，α, β, g, m を用いて表せ。

ここで，糸 2 を静かに切った。

(4) 床面に到達する直前の小球 P の速さ v_0 〔m/s〕を，α, β, g, m, R の中から必要な記号を用いて表せ。

(5) 小球 P が床面に到達する直前の糸 1 の張力の大きさ T_1' 〔N〕を，$\alpha, \beta, g, m, v_0, R$ の中から必要な記号を用いて表せ。

床面に到達した瞬間に糸 1 が切れ，小球 P は床面を右向きに水平に運動し，ばねと正面衝突した。ばねが最も縮むまでの運動について考える。

(6) ばねの自然長の位置 O 点からの小球 P の変位を x 〔m〕，加速度を a 〔m/s^2〕として，ばねと一体になっている間の小球 P の運動方程式を，a, k, m, x を用いて表せ。ただし，右向きを正の向きとする。

(7) ばねが最も縮んだときの，自然長からのばねの変位 d 〔m〕を，k, m, v_0 を用いて表せ。

(8) 小球Pが衝突してからばねが最も縮むまでの時間 t〔s〕を，円周率 π と k, m を用いて表せ。

次に，小球Pを最初の状態に戻した後に，小球Qを固定していたピンを抜き取って，ばねがつながった小球Qも床面上を自由に運動できるようにした。この状態でもう一度，小球Pを速さ v_0 でばねに衝突させた。すると，小球P，ばねと小球Qは一体となって床面上を運動した。この一体となった物体系には，水平方向の外力は作用していない。

(9) ばねが最も縮んだとき，小球Pと小球Qの速度は等しくなる。その速度 v_1〔m/s〕を，k, m, v_0 の中から必要な記号を用いて表せ。

(10) ばねが最も縮んだときの，ばねの弾性エネルギー U〔J〕を，m, v_0, v_1 の中から必要な記号を用いて表せ。

(11) その後，ばねは伸びはじめ，やがて小球Pから離れた。ばねが小球Pから離れるときの，小球Qの速度 v_2〔m/s〕を，k, m, v_0 の中から必要な記号を用いて表せ。

〔II〕

次の文章を読んで，以下の問いに答えよ。解答は，小問番号(1)，(2)，・・・，(7)を明記し，途中の計算過程も記入して，答えに下線を引くこと。

[A] 真空中に点電荷を置くと電界（電場）が生じ，電気力線を描くことができる。電気力線は，電界が強いほど $\boxed{\text{ア}}$ になる。また，電気力線には $\boxed{\text{イ}}$ という性質がある。電位の等しい点を連ねてできる面を等電位面といい，電気力線に $\boxed{\text{ウ}}$ 面となる。一定の電位差ごとに等電位面を描くと，その間隔が密なところでは，電界が $\boxed{\text{エ}}$。また，等電位面にそって電荷が動くとき，電界が電荷にする仕事は $\boxed{\text{オ}}$ であり，静電気力は等電位面に $\boxed{\text{カ}}$ な成分をもたない。

電界の方向に対して直交する面を考え，その面を貫く単位面積あたりの電気力線の本数を，その点の電界の強さ E〔N/C〕と等しくなるように定める。図1のように，真空中で電気量 Q〔C〕の正の点電荷から出る電気力線の総数を N 本とすると，この点電荷から距離 r〔m〕離れた球面の単位面積あたりの電気力線の本数は，半径 r の球面の表面積は $4\pi r^2$ であるから，$\boxed{①}$ で与えられる。一方，E はクーロンの法則の比例定数 k_0〔$\mathrm{N \cdot m^2/C^2}$〕を用いて，$E = \boxed{②}$ と表される。$\boxed{①}$ と $\boxed{②}$ が等しいので，N は

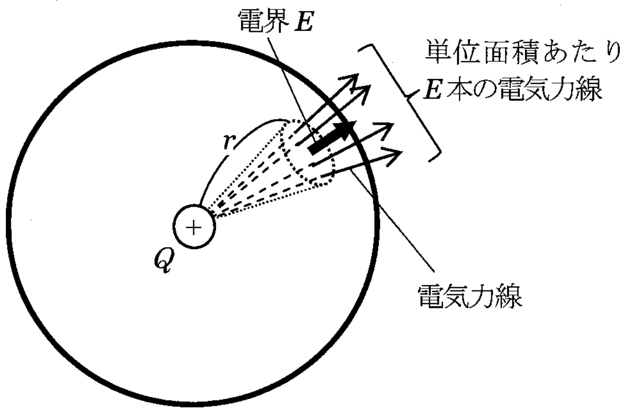


図1

$$N = \boxed{③} \qquad \text{式（1）}$$

となる。式（1）はどのような半径の球面をとっても，それを貫く電気力線の本数は Q だけで決まることを意味する。

次に，極板に電荷 $+Q$ と $-Q$ がそれぞれ蓄えられた真空中の平行板コンデンサーについて考える。極板の端の影響を無視すると，極板に $\boxed{\text{キ}}$ な方向に強さ E の一様な電界ができる。極板間の電気力線の本数は式（1）で与えられる。単位面積あたりの電気力線の本数が電界の強さ E に等しいので，E は極板の面積を S〔$\mathrm{m^2}$〕とすると，

$$E = \boxed{④} \qquad \text{式（2）}$$

となる。一方，極板間の電位差 V〔V〕を電界 E と極板間隔 d〔m〕で表すと

$$V = \boxed{⑤} \qquad \text{式（3）}$$

となる。式（2）と式（3）より Q を V で表すと，$Q = \boxed{⑥}$ となる。

(1) 文章中の空欄ア，イ，ウ，…，キに当てはまる適切な語句を，それぞれに対応する語群から一つ選んで記号で答えよ。(例えば，<u>ア：(a)</u>，<u>イ：(d)</u>　…　のように。)

ア：　(a)疎　(b)密　(c)一様

イ：　(d)負電荷から出て正電荷に入る　(e)正電荷から出て途中で消滅する　(f)互いに交差する場合がある　(g)互いに交差しない

ウ：　(h)接した　(i)45°傾斜した　(j)平行な　(k) 垂直な

エ：　(l)消滅する　(m)弱い　(n) 一定になる　(o) 強い

オ：　(p)正　(q)0　(r)負

カ：　(s)平行　(t) 垂直

キ：　(u)平行　(v)垂直

(2) 文章中の空欄 ①, ②, ③, …, ⑥ に入る適切な数式を，円周率πと d, k_0, r, E, N, Q, S, Vの中から必要な記号を用いて表せ。解答用紙に①, ②, ③, …, ⑥ を明記して，答えに下線を引くこと。

[B] 図2のように，真空中に置かれた平行板コンデンサーには起電力 V〔V〕の電池がつながれており，極板間には一様な電界が生じている。極板 A から$\frac{3}{8}d$〔m〕の位置に，質量m〔kg〕，電気量q〔C〕の正の点電荷を静かに置いた。ただし，重力の影響は無視する。

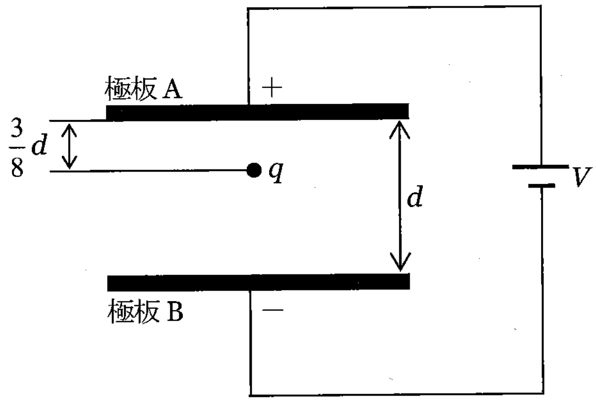


図2

(3) 点電荷が受ける静電気力の大きさF〔N〕を，d, m, q, Vの中から必要な記号を用いて表せ。

(4) この点電荷は等加速度運動を開始し，極板に衝突した。加速度の大きさa〔m/s^2〕を，d, m, q, Vの中から必要な記号を用いて表せ。

(5) 点電荷が動き始めてから極板に衝突するまでに電界が点電荷にした仕事W〔J〕を，d, m, q, Vの中から必要な記号を用いて表せ。

(6) 点電荷が動き始めて極板に衝突するまでの時間t〔s〕を，d, m, q, Vの中から必要な記号を用いて表せ。

(7) 点電荷が極板に衝突する直前の速度v〔m/s〕を，d, m, q, Vの中から必要な記号を用いて表せ。

〔III〕

次の文章を読んで，以下の問いに答えよ。解答は，小問番号(1)，(2)，・・・，(10)を明記し，途中の計算過程も記入して，答えに下線を引くこと。

[A] 単原子分子の理想気体1 molが，温度T〔K〕で圧力p〔Pa〕，体積V〔m^3〕の状態にあるときの内部エネルギーU〔J〕を求めよう。微視的に考えると，気体分子1個の質量をm〔kg〕，分子の速度の2乗平均を$\overline{v^2}$〔$(m/s)^2$〕とすれば，気体分子1個あたりの運動エネルギーの平均値E〔J〕は

$$E = \boxed{\quad ア \quad}$$

となる。一方，アボガドロ定数をN_Aとすると，気体分子の熱運動よりpとVの積は

$$pV = \frac{N_A}{3} m\overline{v^2}$$

で表わされるので，pVとEの間には次の関係が成り立つ。

$$pV = \boxed{\quad イ \quad}$$

この式を気体の状態方程式と比較して，気体定数R〔J/(mol·K)〕を用いてEを表すと，

$$E = \boxed{\quad ウ \quad}$$

となり，この1 molの気体の内部エネルギーUは

$$U = \boxed{\quad エ \quad}$$

となる。したがって内部エネルギーは$\boxed{\quad ① \quad}$だけで決まることがわかる。

二原子分子では並進運動に加え，分子の$\boxed{\quad ② \quad}$などによるエネルギーも内部エネルギーとして考慮しなくてはならない。

(1) $\boxed{ア}$ ～ $\boxed{エ}$ に入る適切な数式を，m, $\overline{v^2}$, E, N_A, R, Tの中から必要な記号を用いて表せ。解答用紙にア～エを明記して，答えに下線を引くこと。

(2) $\boxed{\quad ① \quad}$ に入る適切な記号をp，T，Vの中から1つ選べ。

(3) $\boxed{\quad ② \quad}$ に入る適切な語句を記せ。

[B] 図のように，断熱材でできた断面積S〔m^2〕のシリンダーとなめらかに動くピストンがある。シリンダーには熱容量が無視できるヒーターが取り付けてある。シリンダーの中には温度T_0〔K〕，圧力p_0〔Pa〕の理想気体n〔mol〕が封入されており，ピストンはシリンダーの左端からL_0〔m〕の位置に静止している。気体定数をR〔J/(mol·K)〕，気体の定積モル比熱をC_v〔J/(mol·K)〕とする。

(4) T_0を，n, p_0, L_0, R, Sを用いて表せ。

気体にQ_1〔J〕の熱量をゆっくりと与えるとピストンが右向きに動いてL_1〔m〕の位置で止まり，気体の温度はT_1〔K〕になった。

(5) T_1を，L_0, L_1, Q_1, T_0の中から必要な記号を用いて表せ。

(6) 気体が外部からされた仕事W〔J〕を，p_0, L_0, L_1, Sを用いて表せ。

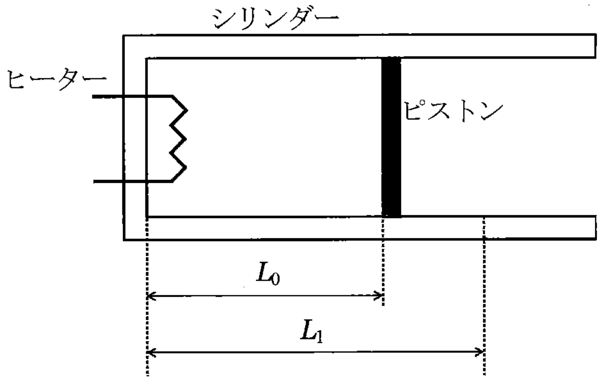
(7) 気体の内部エネルギーの変化ΔU〔J〕を，p_0, L_0, L_1, Q_1, Sを用いて表せ。

(8) 気体の定圧モル比熱C_p〔J/(mol·K)〕を，p_0, L_0, L_1, Q_1, R, Sを用いて表せ。

次に，ピストンをL_1の位置に固定したまま，気体にQ_2〔J〕の熱量をゆっくりと与えると，気体の温度はT_2〔K〕になった。

(9) T_2を，n, C_v, Q_2, T_1を用いて表せ。

(10) このときの気体の圧力p〔Pa〕を，p_0, L_1, S, T_1, T_2の中から必要な記号を用いて表せ。



図