2023年度　中期入学試験問題

Ⅰ型受験

◆機械工学科　◆機械システム工学科
◆電気電子工学科
◆建築学科／建築専攻（Ⅰ型）◆建築学科／インテリアデザイン専攻（Ⅰ型）
◆建築学科／土木・環境専攻（Ⅰ型）
◆建築学科／かおりデザイン専攻（Ⅰ型）
◆情報システム学科
◆情報デザイン学科（Ⅰ型）
◆総合情報学科／経営情報コース（Ⅰ型）
◆総合情報学科／スポーツ情報コース（Ⅰ型）

物　　　理

受験上の注意

※必須教科を含め２教科受験型です。受験する教科数に過不足があると判定しない場合がありますので注意してください。
※物理または化学のいずれか一つを選んで解答してください。

1．受験票は、机の端の見える位置に置いてください。

2．**解答用紙Ａ（ＯＣＲ用紙）**は１枚、**解答用紙Ｂ**は１枚です。

3．試験監督者の指示により、受験番号を解答用紙Ａ（ＯＣＲ用紙）と解答用紙Ｂの指定された場所に必ず記入してください。

4．試験開始の合図があるまで、この問題用紙の中を見てはいけません。

5．試験開始後は、試験終了まで退室できません。

6．用件のある場合は、手を挙げてください。

7．解答は、解答用紙Ａ（ＯＣＲ用紙）と解答用紙Ｂのそれぞれ指定された欄に記入してください。
問題の余白は計算に使用しても結構です。

8．解答用紙Ａ（ＯＣＲ用紙）の記入上の注意

（ア）解答用紙Ａは、直接コンピュータ処理をするため、汚したり、折り曲げたりしないでください。

（イ）記入は、鉛筆もしくはシャープペンで、ていねいに記入してください。
また、訂正の場合は消しゴムで完全に消してください。

（ウ）解答は「記入文字例」の数字を参考に記入してください。

9．問題用紙は持ち帰ってください。

10．※印の欄には記入しないでください。

中期 入学試験

１時限　＜I 型，物理＞　問題訂正

訂正箇所：５ページ　問題[III]　(3)の４行目

訂正前

・・・ $\underline{N,\ S,\ x_G,\ M,\ R,\ F_0,\ g}$ の中から必要な量を・・・

下線部の N, S を削除

訂正後

・・・ $\underline{x_G,\ M,\ R,\ F_0,\ g}$ の中から必要な量を・・・

［Ⅰ］次の問いの $\boxed{}$ の中の答えを，それぞれの解答群の中から１つずつ選べ。解答群の中の番号は，同じものを何度使ってもよい。

正の電荷 q をもつ質量 m の小球に小さな穴をあけ，十分に長い不導体の糸に通す。図のように，真空中にこの不導体の糸を直線状に張り，小球を運動させる。糸の上に原点Ｏをとり，糸に沿って x 軸を，糸と垂直に y 軸をとる。小球は糸に沿って摩擦なく運動できる。不導体の糸は帯電も分極も起こさず，糸が小球に電気力を加えたり，周りの電場（電界）に影響を与えることもないとする。また小球と糸に作用する重力は無視できる。真空におけるクーロンの法則の定数を k_0 とする。電位の基準は無限遠とする。

図のように，座標（$0, -d$）の位置（$d>0$）に正の電荷 Q をもつ点電荷を固定する。また，小球を x 軸上で x 座標が負の点Ｐに置き，原点に向かって初速（初速度の大きさ）v_0 で打ち出す。電荷 Q の点電荷の位置と点Ｐとの距離は R である。

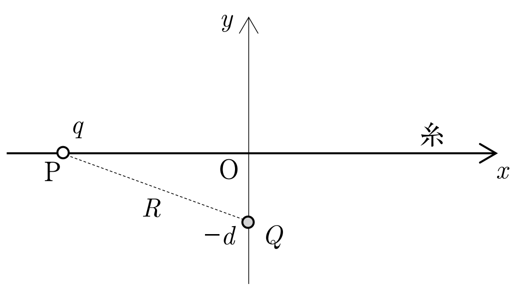
(1) 電荷 Q の点電荷が点Ｐにつくる電位は，$\boxed{\text{ア}}$ である。

(2) 点Ｐから打ち出された直後の小球が持つ運動エネルギーは $\boxed{\text{イ}}$ であり，静電エネルギーは $\boxed{\text{ウ}}$ である。したがって，小球が持つ力学的エネルギーは $\boxed{\text{イ}}$ ＋（ $\boxed{\text{ウ}}$ ）である。

(3) 小球が座標（$x, 0$）の位置に到達したとする。電荷 Q の点電荷が（$x, 0$）の位置につくる電場の大きさは $\boxed{\text{エ}}$ である。したがって，小球が点電荷から受ける電気力の大きさは $\boxed{\text{オ}}$ であり，その x 成分は $\boxed{\text{カ}}$ である。この位置での小球の速度の x 成分を v，加速度の x 成分を a とすれば，小球の x 軸方向の運動方程式は $\boxed{\text{キ}}$ ＝ $\boxed{\text{カ}}$ であり，小球が持つ力学的エネルギーは $\boxed{\text{ク}}$ ＋（ $\boxed{\text{ケ}}$ ）である。

(4) 小球が $x>0$ の領域に到達するためには，小球の初速は $v_0>$ $\boxed{\text{コ}}$ を満たさなければならない。この条件を満たす場合，原点を通過する瞬間の小球の速さは $\boxed{\text{サ}}$ となる。また，無限遠へ到達したときの小球の速さは $\boxed{\text{シ}}$ となる。

(5) 初速が $v_0<$ $\boxed{\text{コ}}$ の場合には，原点まで到達せずに打ち出した位置へ戻ってしまう。この場合において，原点に最も近づいたときの小球の x 座標は，$-\sqrt{(\boxed{\text{ス}})^2-d^2}$ である。



解答群

$\boxed{\text{ア}}$，$\boxed{\text{ウ}}$

① $\dfrac{Q}{R}$　② $\dfrac{k_0Q}{R}$　③ $-\dfrac{k_0Q}{R}$　④ $\dfrac{k_0Q}{R^2}$　⑤ $-\dfrac{k_0Q}{R^2}$

⑥ $\dfrac{qQ}{R}$　⑦ $\dfrac{k_0qQ}{R}$　⑧ $-\dfrac{k_0qQ}{R}$　⑨ $\dfrac{k_0qQ}{R^2}$　⓪ $-\dfrac{k_0qQ}{R^2}$

$\boxed{\text{イ}}$　① mv_0　② $m{v_0}^2$　③ qv_0　④ $\dfrac{1}{2}q{v_0}^2$　⑤ $\dfrac{1}{2}mv_0$　⑥ $\dfrac{1}{2}m{v_0}^2$

$\boxed{\text{エ}}$

① $\dfrac{Q}{\sqrt{x^2+d^2}}$　② $\dfrac{Q}{x^2+d^2}$　③ $\dfrac{Q}{(x^2+d^2)^2}$

④ $\dfrac{k_0Q}{\sqrt{x^2+d^2}}$　⑤ $\dfrac{k_0Q}{x^2+d^2}$　⑥ $\dfrac{k_0Q}{(x^2+d^2)^2}$

$\boxed{\text{オ}}$，$\boxed{\text{カ}}$，$\boxed{\text{ケ}}$

① $\dfrac{k_0Q}{\sqrt{x^2+d^2}}$　② $-\dfrac{k_0Q}{\sqrt{x^2+d^2}}$　③ $\dfrac{k_0qQ}{\sqrt{x^2+d^2}}$　④ $-\dfrac{k_0qQ}{\sqrt{x^2+d^2}}$

⑤ $\dfrac{k_0qQ}{x^2+d^2}$　⑥ $-\dfrac{k_0qQ}{x^2+d^2}$　⑦ $\dfrac{k_0qQ}{(x^2+d^2)^{3/2}}$　⑧ $-\dfrac{k_0qQ}{(x^2+d^2)^{3/2}}$

⑨ $\dfrac{k_0qQx}{(x^2+d^2)^{3/2}}$　⓪ $-\dfrac{k_0qQx}{(x^2+d^2)^{3/2}}$

$\boxed{\text{キ}}$，$\boxed{\text{ク}}$

① m　② a　③ ma　④ ma^2　⑤ $\dfrac{1}{2}ma^2$

⑥ v　⑦ mv　⑧ $\dfrac{1}{2}mv$　⑨ $\dfrac{1}{2}mv^2$　⓪ 0

$\boxed{\text{コ}}$，$\boxed{\text{サ}}$，$\boxed{\text{シ}}$

① $\sqrt{\dfrac{2k_0qQ}{md}}$　② $\sqrt{\dfrac{2k_0qQ}{mR}}$　③ $\sqrt{\dfrac{2k_0qQ}{m}\left(\dfrac{1}{d}+\dfrac{1}{R}\right)}$

④ $\sqrt{\dfrac{2k_0qQ}{m}\left(\dfrac{1}{d}-\dfrac{1}{R}\right)}$　⑤ $\sqrt{v_0^2+\dfrac{2k_0qQ}{md}}$　⑥ $\sqrt{v_0^2-\dfrac{2k_0qQ}{md}}$

⑦ $\sqrt{v_0^2+\dfrac{2k_0qQ}{mR}}$　⑧ $\sqrt{v_0^2-\dfrac{2k_0qQ}{mR}}$　⑨ $\sqrt{v_0^2+\dfrac{2k_0qQ}{m}\left(\dfrac{1}{d}-\dfrac{1}{R}\right)}$

⓪ $\sqrt{v_0^2-\dfrac{2k_0qQ}{m}\left(\dfrac{1}{d}-\dfrac{1}{R}\right)}$

$\boxed{\text{ス}}$

① $\dfrac{k_0qQR}{mv_0^2R+k_0qQ}$　② $\dfrac{k_0qQR}{mv_0^2R-k_0qQ}$　③ $\dfrac{2k_0qQR}{mv_0^2R+2k_0qQ}$　④ $\dfrac{2k_0qQR}{mv_0^2R-2k_0qQ}$

⑤ $\dfrac{4k_0qQR}{mv_0^2R+4k_0qQ}$　⑥ $\dfrac{4k_0qQR}{mv_0^2R-4k_0qQ}$　⑦ $\dfrac{k_0qQR}{2mv_0^2R+k_0qQ}$　⑧ $\dfrac{k_0qQR}{2mv_0^2R-k_0qQ}$

［Ⅱ］次の問いの $\boxed{}$ の中の答えを，それぞれの解答群の中から１つずつ選べ。解答群の中の番号は，同じものを何度使ってもよい。

ピストン付きの容器に物質量（モル数）n の単原子分子からなる理想気体が入っている（以下で気体と言えば，この理想気体を指す）。図は気体の圧力 p を縦軸とし，気体の体積 V を横軸としたグラフであり，気体が状態 A から出発し，実線に沿ってゆっくりと状態 B，C，D を通って状態 A に戻る一周の過程（サイクル）を行うことを示している。状態 A での気体の圧力，体積，温度（絶対温度）をそれぞれ p_1，V_1，T_1 とし，気体定数を R とすると，理想気体の状態方程式より $\boxed{\text{ア}}$ が成り立つ。また状態 B，C，D での温度をそれぞれ T_B，T_C，T_D とすると，$\boxed{\text{イ}}$ であり，特に $T_C = \boxed{\text{ウ}} \times T_1$ である。

以下では，気体は温度 T_1 の熱源 L または温度 T_C の熱源 H の間でだけ熱の移動を行うものとする。ただし，熱源の熱容量は十分大きく熱の出入りによる熱源の温度変化は無視できる。また，熱源と気体の間での熱の移動および気体の状態変化はゆっくりと行われる。図に示したサイクルは以下の手順で行われる。

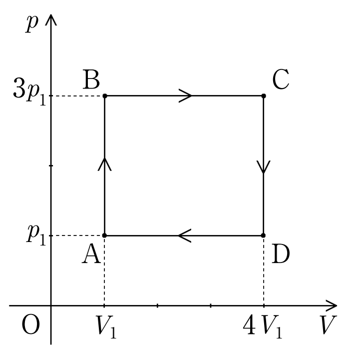
(1) 状態 A にある気体に熱源 H を接触させる。体積を一定にして状態 B まで変化させた後，圧力を一定にして状態 C まで変化させる。ここで熱源 H を外す。

(2) 状態 C にある気体に熱源 L を接触させる。体積を一定にして状態 D まで変化させた後，圧力を一定にして状態 A まで変化させる。ここで熱源 L を外す。

以下では，例えば A → B は，気体の状態を A から B へ図中の実線に沿って真っすぐに変化させる過程を表す。図に示したサイクルの中で気体が熱を放出する過程は $\boxed{\text{エ}}$，熱を吸収する過程は $\boxed{\text{オ}}$ であり，それ以外の過程では熱を吸収も放出もしない。

過程 A → B の間に外部（ピストン）が気体にした仕事は $\boxed{\text{カ}}$ であり，熱源が気体に加えた熱量は $\boxed{\text{キ}}$ である。また，過程 D → A の間に外部が気体にした仕事は $\boxed{\text{ク}}$ であり，熱源が気体に加えた熱量は $\boxed{\text{ケ}}$ である。ただし，気体が外部に正の仕事をした場合，外部が気体にした仕事は負となる。また，気体が熱源に熱を放出した場合，熱源が気体に加えた熱量は負とする。他の過程も同様に計算する。図に示した一周の過程の間に，熱源 H が気体に加えた熱量の和は $Q_H = \boxed{\text{コ}}$，外部が気体にした仕事の和は $W = \boxed{\text{サ}}$ である。

続けて，図に示したサイクルを逆向きに一周する過程を考える。逆向きに一周するためには，A → D → C の間に熱源 H を接触させ，C → B → A の間に熱源 L を接触させる必要がある。図に示したサイクルを逆向きに一周する過程の間に，熱源 H が気体に加えた熱量の和は $Q'_H = \boxed{\text{シ}}$，外部が気体にした仕事の和は $W' = \boxed{\text{ス}}$ である。よって図に示したサイクルは，気体を逆向きに一周させても（熱源も含めて）完全にもとに戻ることはない。このように完全にはもとに戻せない過程を不可逆過程という。



解答群

$\boxed{\text{ア}}$

① $p_1V_1 = nRT_1$　② $p_1T_1 = nRV_1$　③ $T_1V_1 = nRp_1$
④ $Rp_1 = nT_1V_1$　⑤ $RV_1 = np_1T_1$　⑥ $RT_1 = np_1V_1$

$\boxed{\text{イ}}$

① $T_1 < T_B < T_C < T_D$　② $T_1 < T_B < T_D < T_C$　③ $T_1 < T_C < T_B < T_D$
④ $T_1 < T_D < T_B < T_C$　⑤ $T_1 < T_D < T_C < T_B$　⑥ $T_D < T_C < T_B < T_1$
⑦ $T_D < T_B < T_C < T_1$　⑧ $T_C < T_D < T_B < T_1$　⑨ $T_C < T_B < T_D < T_1$
⓪ $T_B < T_C < T_D < T_1$

$\boxed{\text{ウ}}$

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 6　⑥ 8　⑦ 9　⑧ 12

$\boxed{\text{エ}}$，$\boxed{\text{オ}}$

① A→B　② B→C　③ C→D　④ D→A
⑤ A→B，B→C　⑥ A→B，C→D　⑦ A→B，D→A
⑧ B→C，C→D　⑨ B→C，D→A　⓪ C→D，D→A

$\boxed{\text{カ}}$，$\boxed{\text{ク}}$，$\boxed{\text{サ}}$，$\boxed{\text{ス}}$

① p_1V_1　② $2p_1V_1$　③ $3p_1V_1$　④ $4p_1V_1$　⑤ $6p_1V_1$
⑥ $-2p_1V_1$　⑦ $-4p_1V_1$　⑧ $-6p_1V_1$　⑨ $-9p_1V_1$　⓪ 0

$\boxed{\text{キ}}$，$\boxed{\text{ケ}}$

① nRT_1　② $\frac{1}{2}nRT_1$　③ $3nRT_1$　④ $\frac{3}{2}nRT_1$　⑤ $\frac{5}{2}nRT_1$
⑥ $-\frac{3}{2}nRT_1$　⑦ $-\frac{5}{2}nRT_1$　⑧ $-\frac{9}{2}nRT_1$　⑨ $-\frac{15}{2}nRT_1$　⓪ 0

$\boxed{\text{コ}}$，$\boxed{\text{シ}}$

① $\frac{3}{2}nRT_1$　② $\frac{39}{2}nRT_1$　③ $\frac{45}{2}nRT_1$　④ $\frac{51}{2}nRT_1$　⑤ $30nRT_1$
⑥ $-\frac{9}{2}nRT_1$　⑦ $-\frac{39}{2}nRT_1$　⑧ $-\frac{45}{2}nRT_1$　⑨ $-\frac{51}{2}nRT_1$　⓪ 0

［Ⅲ］板厚が薄く密度が均一で点Oを中心とする半径 R の円板から，点 O′ を中心とする半径 $\frac{2}{3}R$ の円板を切り取り，図1のように水平な粗い床に対して板が垂直で OO′ が床と平行になるように置いた。OO′ の距離は $\frac{R}{4}$ である。切り取った半径 $\frac{2}{3}R$ の円板を物体1とし，その質量を m，残りの部分の板を物体2とし，その質量を M とする。点Gは物体2の重心であり，点Gと点Oの距離を x_G とする。右端にばね定数 k のばねを取り付けた糸の左端を点Cにつけて大きさ F_0 の力で水平に引っ張り，点Cが点Oを通る鉛直線上にある状態でつり合うようにした。点Aは物体2が床と接する点である。以下では，重力加速度の大きさを g とし，ばねや糸に働く重力は無視できるものとする。

(1) 物体2の重心Gに作用する重力の大きさ P を，M，m，g の中から必要な量を用いて表せ。

(2) 質量の比 $\frac{m}{M}$ を求めよ。

(3) 点Aで物体2に作用する床面の垂直抗力の大きさを N，静止摩擦力の大きさを S とする。点Aのまわりの垂直抗力のモーメント Φ_N，静止摩擦力のモーメント Φ_S，物体2に作用する重力のモーメント Φ_P，点Cを水平に引っ張る力のモーメント Φ_{F0} のそれぞれを，N，S，x_G，M，R，F_0，g の中から必要な量を用いて表せ。ただし，物体2を点Aのまわりに左回り(反時計回り)に回転させる力のモーメントを正とする。

(4) Φ_N，Φ_S，Φ_P，Φ_{F0} を用いて力のモーメントのつり合い式を書け。

(5) 静止摩擦力は糸が点Cを水平に引っ張る力とつり合う。問い(3)と問い(4)の答えも使って，静止摩擦力の大きさ S を x_G，M，R，g の中から必要な量を用いて表せ。

(6) ばねの自然の長さからの伸び e を x_G，M，R，k，g の中から必要な量を用いて表せ。

(7) 水平にとった x 軸の原点を点Oとすると，物体2の重心の x 座標は $-x_G$，切り取る前の物体1の重心 O′ の x 座標は $\frac{R}{4}$ である。このことから，元の半径 R の円板の重心Oの x 座標を計算する式を考えることにより x_G を求めることができる。x_G を R を用いて表せ。

(8) このつり合いが成り立つためには板と床との間の静止摩擦係数 μ_0 は不等式 $\mu_0 \geqq a$ を満たさなければならない。問い(5)と問い(7)の答えを使ってこの下限 a の数値を求めよ。

次に図2のように，床の上をすべらせることなく板を転がして角度 θ だけ回転した状態でつり合うようにしたところ，水平に引っ張る力の大きさは F となった。点Bは回転した物体2が床と接する点である。

(9) 点Bのまわりの力のモーメントのつり合いの条件式を考えることにより，F を x_G，M，R，θ，g の中から必要な量を用いて表せ。ただし，問い(7)の答えを使わずに x_G をそのまま使うものとする。

(10) $\theta = 60°$ の場合のばねの伸び e' を，問い(7)と問い(9)の答えを使って M，k，g の中から必要な量を用いて表せ。

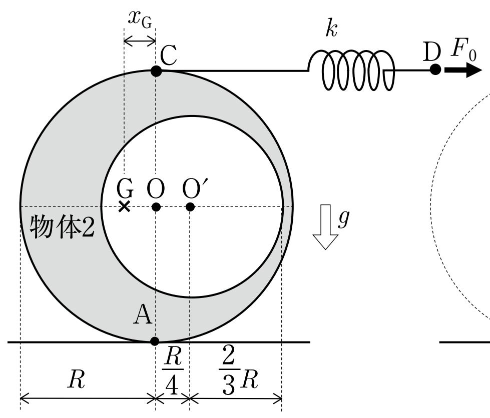


図1

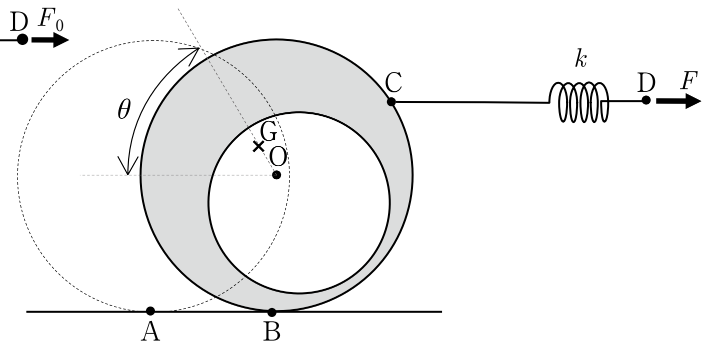


図2