2024年度　中期入学試験問題

理系型受験

◆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（理系型）
◆建築学科／インテリアデザイン専攻（理系型）
◆建築学科／かおりデザイン専攻（理系型）
◆建築学科／都市空間インフラ専攻（理系型）
◆情報システム学科　◆情報デザイン学科（理系型）
◆総合情報学科（理系型）

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．**解答用紙はマークシート（解答用紙 A）が１枚**、**記述（解答用紙 B）が１枚**です。
3．試験監督者の指示により、氏名、入学試験種別、受験型、受験番号をマークシート（解答用紙 A）と解答用紙 B の指定された場所に必ず記入・マークしてください。
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、マークシート（解答用紙 A）と解答用紙 B のそれぞれ指定された解答欄に記入・マークしてください。
問題の余白は計算に使用しても結構です。
8．マークシート（解答用紙 A）の記入上の注意
(ア)マークシート（解答用紙 A）の解答欄は**ア**～**ヌ**まで使用します。
(イ)マークシート（解答用紙 A）に、正しく記入・マークされていない場合は、採点できないことがあります。
(ウ)マークは、鉛筆もしくはシャープペンで、ていねいにマークしてください。また、訂正の場合は消しゴムで完全に消してください。
(エ)解答はマークシート(解答用紙 A)に記載のマーク例を参考に解答欄にマークしてください。例えば**ア**と表示のある問いに対して **3** と解答する場合は、次の（例）のように**ア**の解答欄の③にマークしてください。

（例）

解答欄	
ア	①②●④⑤⑥⑦⑧⑨⓪

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。

［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つずつ選び，解答用紙Ａの解答欄にマークせよ。解答群の中の番号は，同じものを何度使ってもよい。

図１のように，天井の点Ｏから長さ L の十分細くて軽い棒で質量 m，電気量 q（$q>0$）をもつ小球ａをつるし，水平方向に強さ E の一様な電場（電界）を加える。このとき，小球ａは棒と鉛直下向きの間の角 $\theta_1=30°$ の位置Ａで静止し続けた。点Ｏを原点とし，鉛直下向きに x 軸，電場の方向に y 軸をとり，紙面に垂直で裏から表への向き（記号⊙）に z 軸をとる。重力加速度の大きさを g とし，クーロンの法則の定数を k とする。棒は変形せず絶縁体でできており，帯電や分極をしないものとする。また，棒は点Ｏを中心になめらかに回ることができる。

(1) 小球ａが電場から受ける力の大きさは $F_e=$ $\boxed{\text{ア}}$ であり，この力の向きは $\boxed{\text{イ}}$ である。

(2) 小球ａが棒から受ける力の大きさを T_1 とすると，小球ａが受ける力のつり合いの条件より，$T_1\cos\theta_1=$ $\boxed{\text{ウ}}$，$T_1\sin\theta_1=$ $\boxed{\text{エ}}$ が成り立つ。

(3) 以上より，$T_1=$ $\boxed{\text{オ}}$ であり，$E=$ $\boxed{\text{カ}}$ が得られる。

次に，図２のように，水平方向に強さ E の一様な電場を加えたまま，座標（L, 0）の位置Ｐに電気量 Q（$Q>0$）をもつ小球ｐを置いて固定する。このとき，小球ａは xy 平面内で移動した後，棒と x 軸との間の角 $\theta_2=60°$ の位置Ｂで静止し続けた。

(4) 小球ａが小球ｐから受ける力の大きさは $F_2=$ $\boxed{\text{キ}}$ である。

(5) 小球ａが棒から受ける力の大きさを T_2 とすると，小球ａが受ける力のつり合いの条件より，$T_2\cos\theta_2=$ $\boxed{\text{ク}}$，$T_2\sin\theta_2=$ $\boxed{\text{ケ}}$ が成り立つ。

(6) 以上より，$T_2=$ $\boxed{\text{コ}}$ であり，$Q=$ $\boxed{\text{サ}}$ が得られる。

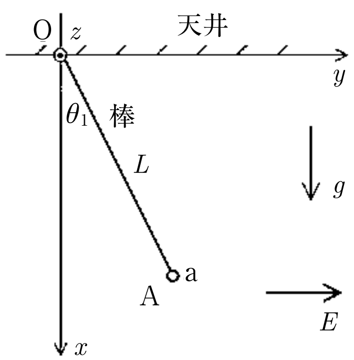

図１

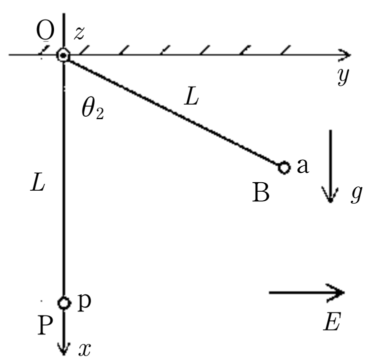

図２

解答群

$\boxed{\text{ア}}$，$\boxed{\text{ウ}}$，$\boxed{\text{エ}}$

① g　② E　③ qE　④ mg　⑤ mE

⑥ $\dfrac{mg}{2}$　⑦ $\dfrac{qE}{m}$　⑧ $\dfrac{\sqrt{3}mg}{2}$　⑨ $\dfrac{\sqrt{3}gE}{2m}$　⓪ 0

$\boxed{\text{イ}}$

① x 軸の正の向き　② x 軸の負の向き　③ y 軸の正の向き

④ y 軸の負の向き　⑤ z 軸の正の向き　⑥ z 軸の負の向き

$\boxed{\text{オ}}$，$\boxed{\text{カ}}$

① $2mg$　② $\dfrac{mg}{2}$　③ $\dfrac{\sqrt{3}mg}{2}$　④ $\dfrac{\sqrt{3}mg}{3}$　⑤ $\dfrac{2\sqrt{3}mg}{3}$

⑥ $\dfrac{2mg}{q}$　⑦ $\dfrac{mg}{2q}$　⑧ $\dfrac{\sqrt{3}mg}{q}$　⑨ $\dfrac{\sqrt{3}mg}{3q}$　⓪ $\dfrac{2\sqrt{3}mg}{3q}$

$\boxed{\text{キ}}$

① $\dfrac{kQ}{L}$　② $\dfrac{kQ}{2L}$　③ $\dfrac{kQ^2}{L^2}$　④ $\dfrac{kQ^2}{2L^2}$　⑤ $\dfrac{kqQ}{L}$

⑥ $\dfrac{kqQ}{2L}$　⑦ $\dfrac{kqQ}{L^2}$　⑧ $\dfrac{kqQ}{3L^2}$　⑨ $\dfrac{4kqQ^2}{3L^2}$　⓪ 0

$\boxed{\text{ク}}$，$\boxed{\text{ケ}}$

① $F_2\cos\theta_2+mg$　② $-F_2\cos\theta_2+mg$　③ $F_2\sin\theta_2+mg$

④ $-F_2\sin\theta_2+mg$　⑤ $F_2\cos\theta_2+qE$　⑥ $-F_2\cos\theta_2+qE$

⑦ $F_2\sin\theta_2+qE$　⑧ $-F_2\sin\theta_2+qE$　⑨ $-F_2+mg\sin\theta_2$

⓪ $F_2+qE\cos\theta_2$

$\boxed{\text{コ}}$

① $\dfrac{mg}{2}$　② $\dfrac{\sqrt{3}mg}{2}$　③ $\dfrac{2mg}{3}$　④ $\dfrac{\sqrt{3}mg}{3}$　⑤ $\dfrac{2\sqrt{3}mg}{3}$

⑥ $\dfrac{4mg}{3}$　⑦ $\dfrac{4\sqrt{3}mg}{3}$　⑧ $\dfrac{\sqrt{3}mg}{6}$　⑨ $\dfrac{5\sqrt{3}mg}{6}$　⓪ $\dfrac{\sqrt{6}mg}{6}$

$\boxed{\text{サ}}$

① $\dfrac{kq}{mgL}$　② $\dfrac{2kq}{mgL}$　③ $\dfrac{kq}{mgL^2}$　④ $\dfrac{3kq}{2mgL^2}$　⑤ $\dfrac{\sqrt{3}kq}{2mgL^2}$

⑥ $\dfrac{mgL}{kq}$　⑦ $\dfrac{2mgL}{kq}$　⑧ $\dfrac{mgL^2}{kq}$　⑨ $\dfrac{2mgL^2}{3kq}$　⓪ $\dfrac{\sqrt{3}mgL^2}{3kq}$

［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つずつ選び、解答用紙Ａの解答欄にマークせよ。解答群の中の番号は，同じものを何度使ってもよい。

図１に示すように，左右に滑らかに動くピストンで仕切られた空間Ａに，物質量１モルの単原子分子からなる理想気体が封入されたシリンダーがある。以下ではこの理想気体を単に気体と呼ぶ。シリンダーは断面積が S で一定，底からピストンまでの距離を x とする。シリンダー内には底から距離 $2L$ の位置にストッパーがあるため，$0 \leqq x \leqq 2L$ である。また，空間Ａには体積を無視できるヒーターも封入されている。図２は横軸を x，縦軸を気体の圧力 p とするグラフであり，状態ａから状態ｄまでの気体の状態変化を表している。気体定数は R，シリンダーとピストンは厚さが無視できる断熱材でできており，ピストンがヒーターに接触することはないものとする。

(1) はじめ，気体は状態ａである。状態ａでは，ピストンを $x=L$ の位置で静止させており，気体の圧力は p_1 である。この場合，気体の絶対温度 T_{a} は理想気体の状態方程式より $T_{\mathrm{a}}=$ $\boxed{\text{シ}}$ である。また，気体の内部エネルギーは $\boxed{\text{ス}}$ である。

(2) 次に，ヒーターで気体の温度を T_{a} に保ちながら，ピストンを $x=\frac{3}{2}L$ の位置までゆっくり移動させると，気体は状態ａから圧力が p_2 である状態ｂへ変化した。ボイルの法則より $p_2=$ $\boxed{\text{セ}}$ $\times p_1$ である。また，この状態変化における気体の内部エネルギーの変化量は $\boxed{\text{ソ}}$ $\times RT_{\mathrm{a}}$ である。

(3) 次に，ピストンが気体に加える圧力は p_2 のままに，ヒーターで気体を加熱すると，ピストンが $x=2L$ の位置までゆっくり移動し，気体は状態ｂから圧力が p_2 である状態ｃへ変化した。状態ｃにおける気体の絶対温度はシャルルの法則より $\boxed{\text{タ}}$ $\times T_{\mathrm{a}}$ である。また，この状態変化における気体の内部エネルギーの変化量は $\boxed{\text{チ}}$ $\times RT_{\mathrm{a}}$，気体が外部にした仕事は $\boxed{\text{ツ}}$ である。

(4) 次に，状態ｃからさらにヒーターで加熱すると，気体は圧力が p_1 である状態ｄへゆっくり変化した。この状態変化における気体の内部エネルギーの変化量は $\boxed{\text{テ}}$ $\times RT_{\mathrm{a}}$，気体が外部にした仕事は $\boxed{\text{ト}}$，気体が吸収した熱は $\boxed{\text{ナ}}$ である。

(5) 次に，ヒーターの加熱を停止し，ピストンを左側へゆっくり移動させて $x=\frac{L}{4}$ の位置で静止させると気体は状態ｅへ変化した。この状態変化では気体の圧力 p と体積 V の間に $pV^{\frac{5}{3}}$ が一定という関係が成立することが分かっている。状態ｅにおける気体の圧力は $\boxed{\text{ニ}}$ $\times p_1$ である。また，この状態変化で気体が吸収した熱は $\boxed{\text{ヌ}}$ である。

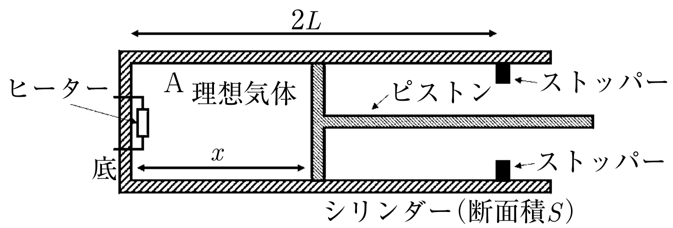

図１

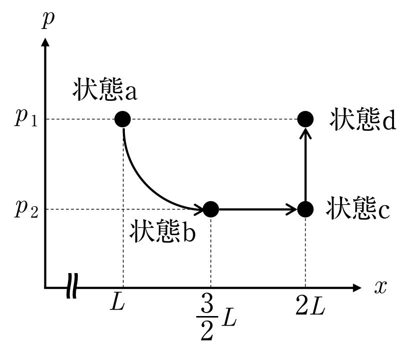

図２

解答群

$\boxed{\text{シ}}$

① p_1LS　② $\frac{p_1LS}{2}$　③ p_1LSR　④ $\frac{p_1LSR}{2}$　⑤ $\frac{2p_1LS}{R}$

⑥ $\frac{p_1LS}{R}$　⑦ $\frac{p_1LS}{2R}$　⑧ $\frac{R}{2p_1LS}$　⑨ $\frac{R}{p_1LS}$　⓪ $\frac{2R}{p_1LS}$

$\boxed{\text{ス}}$，$\boxed{\text{ツ}}$，$\boxed{\text{ト}}$

① p_1LS　② $\frac{p_1LS}{2}$　③ $\frac{p_1LS}{3}$　④ $\frac{3p_1LS}{2}$　⑤ $\frac{2p_1LS}{3}$

⑥ $\frac{p_1L^2S^2}{2}$　⑦ $\frac{p_1L^2S^2}{3}$　⑧ $\frac{3p_1L^2S^2}{2}$　⑨ $\frac{2p_1L^2S^2}{3}$　⓪ 0

$\boxed{\text{セ}}$

① 1　② 2　③ 3　④ $\frac{1}{2}$　⑤ $\frac{1}{3}$

⑥ $\frac{3}{2}$　⑦ $\frac{2}{3}$　⑧ $\frac{3}{4}$　⑨ $\frac{4}{3}$　⓪ 0

$\boxed{\text{ソ}}$，$\boxed{\text{チ}}$，$\boxed{\text{テ}}$

① 1　② 2　③ 3　④ $\frac{1}{2}$　⑤ $\frac{1}{3}$

⑥ $\frac{2}{3}$　⑦ $\frac{3}{2}$　⑧ $\frac{5}{2}$　⑨ $\frac{2}{5}$　⓪ 0

$\boxed{\text{タ}}$

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ $\frac{2}{3}$

⑥ $\frac{3}{2}$　⑦ $\frac{4}{3}$　⑧ $\frac{3}{4}$　⑨ $\frac{1}{4}$　⓪ 0

$\boxed{\text{ナ}}$，$\boxed{\text{ヌ}}$

① RT_{a}　② $2RT_{\mathrm{a}}$　③ $3RT_{\mathrm{a}}$　④ $\frac{p_1L^2S^2}{2}$　⑤ $\frac{p_1L^2S^2}{3}$

⑥ $\frac{2p_1L^2S^2}{3}$　⑦ $\frac{5p_1L^2S^2}{2}$　⑧ $\frac{5}{2}RT_{\mathrm{a}}$　⑨ $\frac{2}{5}RT_{\mathrm{a}}$　⓪ 0

$\boxed{\text{ニ}}$

① 1　② 2　③ 8　④ 16　⑤ 32

⑥ 64　⑦ $\frac{1}{8}$　⑧ $\frac{1}{16}$　⑨ $\frac{1}{32}$　⓪ $\frac{1}{64}$

［Ⅲ］図のように，水平な床面上の原点 O に質量 m の小球 A を置く。原点 O から距離 d だけ離れた床面上の点 P には，長さ L の細い柱が鉛直に立てられており，その上端には質量 M の小球 B が置いてある。原点 O から点 P の向きに x 軸を，鉛直上向きに y 軸をとる。時刻 0s に，原点 O から小球 A を初速 v_0 で，x 軸から θ_0 の角度で斜め上方に発射すると，小球 A は運動した後，水平向きの速度で小球 B に衝突した。重力加速度の大きさを g とする。空気抵抗は無視できる。

まず，原点 O から発射した後，小球 B に衝突する直前までの小球 A の運動を考える。

(1) 原点 O から発射した直後の小球 A の速度の x 成分 v_{x0} と y 成分 v_{y0} を，v_0，θ_0，m，g の中から必要な量を用いて表せ。

(2) 運動する小球 A に作用する合力(全ての力の和)の大きさ F_A を，m，L，d，g の中から必要な量を用いて表せ。

(3) 小球 A に生じる加速度の y 成分 a_y を，m，L，d，g の中から必要な量を用いて表せ。

(4) 小球 B に衝突する直前の小球 A の速度の y 成分が 0 になる条件を用いて，小球 A と B が衝突する時刻 t_1 を，v_0，θ_0，m，g の中から必要な量を用いて表せ。

(5) 原点 O から点 P までの距離 d を，v_0，θ_0，m，g の中から必要な量を用いて表せ。

(6) 柱の高さ L を，v_0，θ_0，m，g の中から必要な量を用いて表せ。

(7) 小球 A が小球 B に水平向きの速度で衝突するという条件を満たす $\tan\theta_0$ と v_0 を，L，d，g の中から必要な量を用いて表せ。

次に小球 A と B の衝突について考える。静止している小球 B に対して，小球 A は水平向きの速度で弾性衝突をした。衝突している間は撃力(衝突によって働く力)以外の力は無視できる。

(8) 小球 B との衝突直前における小球 A の速度の x 成分 v_A を，v_0，θ_0，m，g の中から必要な量を用いて表せ。

(9) 小球 A と B の衝突直後における小球 A の速度の x 成分を v_A'，小球 B の速度の x 成分を V_B として，衝突の直前直後での運動量保存の法則を表す式を，v_A，v_A'，V_B，m，M，g の中から必要な量を用いて表せ。

(10) V_B を，v_0，θ_0，m，M を用いて表せ。