

'19

前期日程

理 科

(医学部医学科)

注 意 事 項

問題(□1から□7)の全てに解答してください。

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子は1冊(31頁)、解答用紙は7枚、下書用紙は3枚です。落丁、乱丁、印刷不鮮明の箇所等があった場合には申し出てください。
3. 氏名と受験番号は解答用紙の所定の欄に記入してください。
4. 解答は指定の解答用紙に記入してください。
5. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
6. 問題冊子と下書用紙は持ち帰って下さい。

問題を解くにあたって、必要ならば次の値を用いよ。

原子量	C = 12.0	Ca = 40.1	Cl = 35.5	Cu = 63.5
	H = 1.0	I = 127	K = 39.1	N = 14.0
	Na = 23.0	O = 16.0	Pb = 207	S = 32.1

理想気体のモル体積	22.4 L/mol (0 °C, 1.01×10^5 Pa)
気体定数	8.31×10^3 Pa·L/(K·mol)
アボガドロ定数	6.02×10^{23} /mol

- 1 図1のように，水平な床面上に，質量 M の台が置かれ，さらにその上に，質量 m の小球が置かれている。台は，厚さと材質が均一な底板と壁からできている。台の底板は水平であり，両端の壁は底板に対して垂直であり，左右の壁の間の距離は $2l$ である。台と小球は，水平方向にのみ運動するとし，また，小球の大きさは無視できるとする。床上に右向きを正の向きとして x 軸をとる。台の位置は，両端の壁から距離 l の位置の x 座標，すなわち，台の重心の x 座標で表す。床，台，小球の間に摩擦はなく，空気抵抗は無視できるとする。以下の問(1)～(14)に答えよ。

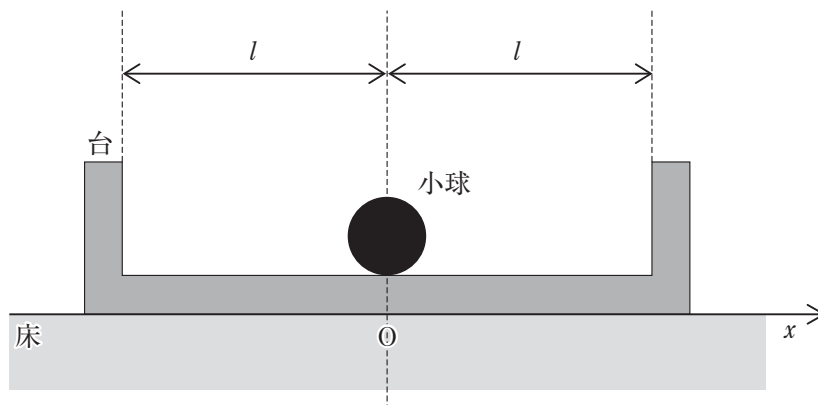


図1

- 【I】 以下の問(1)～(8)では，台は床に固定されていないものとする。

最初，台と小球の位置はどちらも $x = 0$ とし，小球のみを x 軸の正の向きに初速度の大きさ v ($v > 0$) で打ち出した。小球を打ち出した直後，台は静止したままであった。台の壁と小球の間の反発係数を e ($0 < e < 1$) とする。以下の問(1)～(8)について， M ， m ， e ， v ， l のうち必要なものを用いて答えよ。

小球は運動を開始した後、右側の壁に衝突した(1回目の衝突)。以下の問(1)~(4)に答えよ。

- (1) 1回目の衝突直後の床に対する小球の速度を求めよ。
- (2) 1回目の衝突直後の床に対する台の速度を求めよ。
- (3) 1回目の衝突直後の小球が、床に対して、 x 軸の負の向きに進むためには、小球の質量 m が

$$m < \boxed{}$$

を満たさなければならない。空欄 $\boxed{}$ に入る適切な式を答えよ。

- (4) 1回目の衝突直後における小球と台の力学的エネルギーの和は、衝突の直前と比べて減少する。その減少の大きさを求めよ。

1回目の衝突の後、小球は台の左側の壁に衝突した(2回目の衝突)。以下の問(5)~(7)に答えよ。

- (5) 1回目の衝突直後から2回目の衝突直前の間に、台が床面上を移動した距離を求めよ。
- (6) 2回目の衝突直後の床に対する小球の速度を求めよ。
- (7) 2回目の衝突直後の床に対する台の速度を求めよ。

さらに、小球が台の左右の壁と衝突を繰り返した。以下の問(8)に答えよ。

- (8) 衝突を繰り返すと、小球と台の床に対する速度は同じ値に近づいていく。その値を求めよ。

【II】 図2に示すように、小球と両端の壁の間を、質量の無視できるばね2本でつないだ。ばねは両方とも、ばね定数は k 、自然長は l とする。ここで、台と小球の位置がどちらも $x = 0$ のとき、ばねは、どちらも自然長の状態となる。また、小球の変位は、ばねの自然長に比べて十分小さく、小球が両端の壁に衝突することはないものとする。

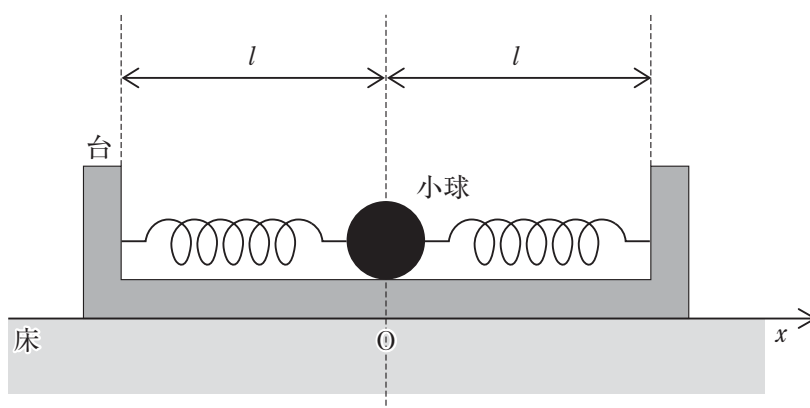


図2

以下の問(9)~(11)では、台を $x = 0$ の位置に固定している。

小球を $x = d$ ($d > 0$)の位置から、初速度の大きさ0で運動を開始させたところ、小球は水平方向に振動した。以下の問(9)~(11)について、 m 、 k 、 d のうち必要なものを用いて答えよ。

- (9) 小球の位置が $x = d$ のとき、左右のばねが小球に及ぼす力の合力の大きさと向きを求めよ。向きは、「 x 軸正の向き」、「 x 軸負の向き」のいずれか適切なものを選んで答えよ。
- (10) 小球が $x = 0$ を通過するときの、床に対する小球の速さを求めよ。
- (11) 小球の振動の周期を求めよ。

次に，台の固定を外し，台が床面上を運動できるようにする。

小球を $x = d$ の位置から，台を $x = 0$ の位置から，ともに初速度の大きさ 0 で，同時に運動を開始させた。以下の問(12)~(14)に答えよ。

- (12) 小球と台の位置が一致したときの，床に対する小球と台の速さを，それぞれ， M ， m ， d ， k を用いて表せ。
- (13) 小球の位置が $x = X$ のときの，台の位置を， M ， m ， d ， X を用いて表せ。
- (14) 小球の位置が $x = X$ のときの，床に対する小球の加速度を， M ， m ， d ， k ， X を用いて表せ。

2 以下の【I】，【II】について設問に答えよ。ただし，座標の単位はメートル(m)とする。

【I】 真空中に図1のように位置 $(r, 0, 0)$ に電気量が Q [C]の荷電粒子A，位置 $(a^2r, 0, 0)$ に電気量が $-aQ$ [C]の荷電粒子Bが置かれている。ただし $r > 0$ ， $Q > 0$ ， $a > 1$ である。また，位置 $(ar, 0, 0)$ に点S，位置 $(0, ar, 0)$ に点Tをとる。クーロンの法則の比例定数を k [$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$]とし，地磁気および重力の影響は無視できるものとする。また，無限遠点を電位の基準点(電位0)とする。以下の問いに答えよ。

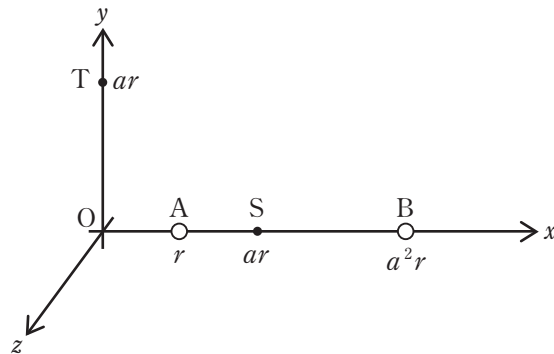


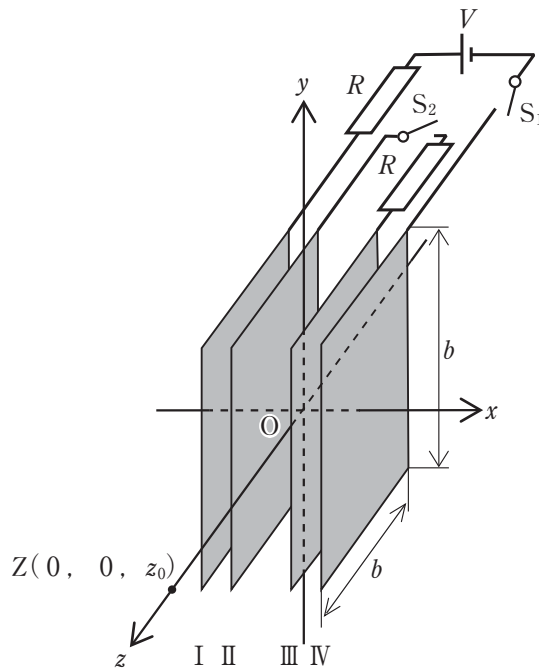
図1

- (1) 点Sの電位を求めよ。
- (2) 点Sにおける電場の大きさと向きを求めよ。向きは「 x 軸正の向き」，「 x 軸負の向き」のいずれか適切なものを選んで答えよ。
- (3) 無限遠点以外で電位が0の等電位面は球面となる。その球面の半径と中心の座標を求めよ。

さらに，点Tに電気量 q [C]の荷電粒子Pを置く。ただし $q > 0$ である。

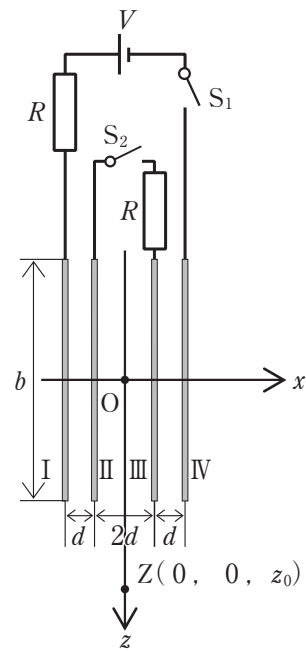
- (4) 点Tにある荷電粒子Pが，荷電粒子A，Bから受けるクーロン力の合力の x 成分， y 成分， z 成分を求めよ。
- (5) 次に，荷電粒子Pを点Tから原点Oまで移動させた。この間に荷電粒子A，Bからのクーロン力の合力が荷電粒子Pにした仕事を求めよ。

【II】 真空中に図2および図3に示すように、一辺の長さが b [m] の正方形の薄い平板状の4枚の極板, I, II, III, IVが yz 平面に平行に、極板の中心が x 軸上にあるように置かれている。各極板間の間隔は、IとIIの間、および、IIIとIVの間が d [m]、IIとIIIの間が $2d$ [m] となっており、座標軸の原点 O は極板IIと極板IIIから等距離の位置にある。極板IとIVはスイッチ S_1 と抵抗 R [Ω] を含む回路で電圧 V [V] の直流電源につながれている。また極板IIと極板IIIはスイッチ S_2 と抵抗 R [Ω] を含む回路でつながれている。各平板電極が作る電場は、各電極にはさまれた領域以外にはもれ出でならず、領域の端の近くでも極板に垂直であり、極板間に誘電体を挿入したとしても同様であるとする。また、真空の誘電率は ϵ_0 [$C^2/(N \cdot m^2)$] であり、地磁気および重力の影響は無視できるものとする。



見取り図

図2



y 軸方向から見た図

図3

最初、スイッチ S_1 , S_2 はともに開いており、また各極板は帯電していなかった。スイッチ S_1 のみを閉じ、電荷が蓄えられるのに十分な時間が経過した後、スイッチ S_1 を開いた。以下の問(6), (7)に答えよ。

- (6) 極板 I と極板 II の間の電位差を求めよ。
(7) 極板 III と極板 IV の間の電場の大きさを求めよ。

z 軸上 $(0, 0, z_0)$ の位置に点 Z をとる。ただし $z_0 > \frac{b}{2}$ である。質量 m [kg], 電気量 q [C] ($q > 0$) で、大きさを無視できる荷電粒子を、点 Z から z 軸負の向きに初速度の大きさ v_0 [m/s] で射出したところ、荷電粒子は極板に衝突することなく、極板 II と極板 III の間の領域を通り抜けた。射出した荷電粒子による極板が作る電場への影響はないとして、荷電粒子が極板間の領域を通り抜けた直後、すなわち荷電粒子の z 座標が $z = -\frac{b}{2}$ となったときについて、以下の問(8), (9)に答えよ。

- (8) このときの荷電粒子の x 座標を、 b, d, m, q, v_0, V を用いて表せ。
(9) このときの荷電粒子の速度の大きさを、 b, d, m, q, v_0, V を用いて表せ。

次に、スイッチ S_1 を開いたままの状態、極板 I と極板 II の間、および極板 III と極板 IV の間の領域を満たすように、底面が極板と同じ一辺 b の正方形で厚さ d の板状の誘電体を 1 枚ずつ挿入した。ただし、誘電体の比誘電率は ϵ_r である。以下の問(10), (11)に答えよ。

- (10) 極板 I と極板 II の間の電位差を求めよ。

- (11) 質量 m , 電気量 q で, 大きさを無視できる荷電粒子を, 点 Z から z 軸負の向きに, 初速度の大きさ v_1 [m/s] で射出する。荷電粒子が極板に衝突することなく, 極板Ⅱと極板Ⅲの間の領域を通り抜けるためには,

$$v_1 > \boxed{\text{(ア)}}$$

である必要がある。 $\boxed{\text{(ア)}}$ に入る最も適切な式を b, d, m, q, V を用いて表せ。なお, 射出した荷電粒子による極板の作る電場への影響はないとする。

続いて, 極板Ⅰと極板Ⅱの間, および極板Ⅲと極板Ⅳの間の誘電体は挿入したままで再びスイッチ S_1 を閉じた。以下の問(12)に答えよ。

- (12) 十分時間が経過した後の極板Ⅰと極板Ⅱの間の電位差を求めよ。

さらに, スイッチ S_1 を閉じた状態のままスイッチ S_2 も閉じた。以下の問(13)~(16)に答えよ。

- (13) スイッチ S_2 を閉じた直後, 極板Ⅱと極板Ⅲをつなぐ回路に電流が流れた。この電流はどちら向きに流れたか。以下の(a), (b)より適切なものを選び, 記号で答えよ。

(a) 極板Ⅱから極板Ⅲの向きに流れた。

(b) 極板Ⅲから極板Ⅱの向きに流れた。

- (14) スイッチ S_2 を閉じて十分時間が経過した後の極板Ⅰと極板Ⅱの間の電位差を求めよ。

- (15) スイッチ S_2 を閉じて十分時間が経過した後の極板Ⅰと極板Ⅱで構成されるコンデンサーに蓄えられている静電エネルギーを, $\epsilon_0, \epsilon_r, b, d, V$ を用いて表せ。

- (16) スイッチ S_2 を閉じて十分時間が経過した後，質量 m ，電気量 q で，大きさを無視できる荷電粒子を，点 Z から z 軸負の向きに，問(11)で求めた (ア) に等しい大きさの初速度で射出する。射出した荷電粒子による極板の作る電場への影響はないとして，このときの荷電粒子の軌道についての説明として適切なものを，以下の(a)~(e)より1つ選び，記号で答えよ。
- (a) 極板Ⅱに近づくように曲がり，極板Ⅱに衝突する。
 - (b) 極板Ⅱに近づくように曲がるが，極板Ⅱに衝突することなく極板Ⅱと極板Ⅲの間の領域を通り抜ける。
 - (c) 極板Ⅲに近づくように曲がり，極板Ⅲに衝突する。
 - (d) 極板Ⅲに近づくように曲がるが，極板Ⅲに衝突することなく極板Ⅱと極板Ⅲの間の領域を通り抜ける。
 - (e) z 軸上を直進し，極板Ⅱと極板Ⅲの間の領域を通り抜ける。

3 図1のように、断熱材で作られた箱の中に密度 ρ [kg/m³] の液体があり、そこに円筒形の容器が底面を上にして浮かんでいる。容器の底面は水平に、側面は鉛直に保たれている。容器の内側には単原子分子理想気体が n [mol] 入っていて、その重さは無視できる。容器の外側には十分希薄な気体があり、その圧力および熱容量は無視できる。箱の底にはヒーターがついていて、液体の温度と容器の内側の気体の温度を調整できる。

容器の質量は m [kg]、底面積は S [m²] で、容器の底面と側面の厚さは無視できる。図1のように、最初、容器外の液面から容器の底面までの高さは h [m] であった。

重力加速度の大きさを g [m/s²]、気体定数を R [J/(mol·K)] とする。単原子分子理想気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ である。以下では、容器の内側の気体の、重力による位置エネルギーの変化は無視できる。液体は蒸発せず、液体の体積は一定である。

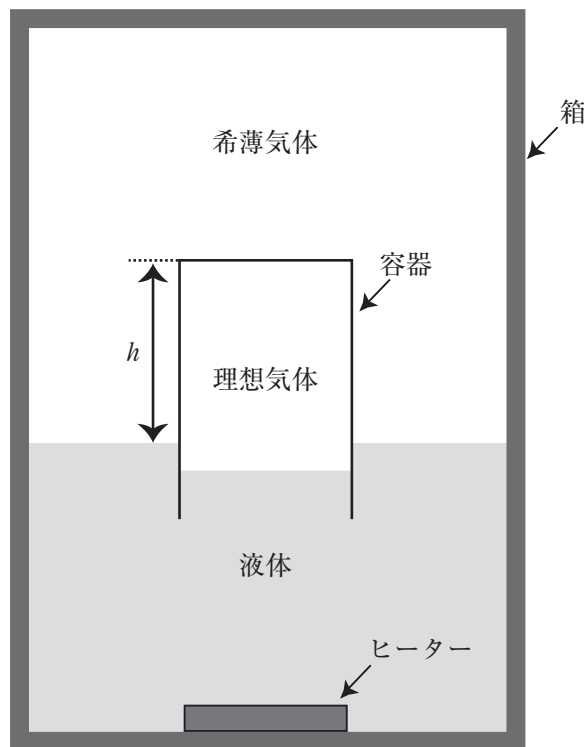


図1

- (1) 容器にはたらく力について、鉛直方向に関しては、容器の内側の気体が容器の底面を押す力と容器にはたらく重力が、つり合っている。容器の内側の気体の圧力を求めよ。
- (2) 容器の外と内の液面の高さの差の大きさを求めよ。
- (3) 容器の内側の気体の温度を求めよ。

次に、液体の温度と容器の内側の気体の温度を等しく保ちながら、両者の温度をある温度になるまでゆっくり上昇させた。すると、円筒形の容器が鉛直に上昇し、容器外の液面から容器の底面までの高さが $h + \Delta h$ [m] の状態で静止して、図 2 の状態になった。その間、容器の内側の気体はすべて容器に閉じ込められたままであった。

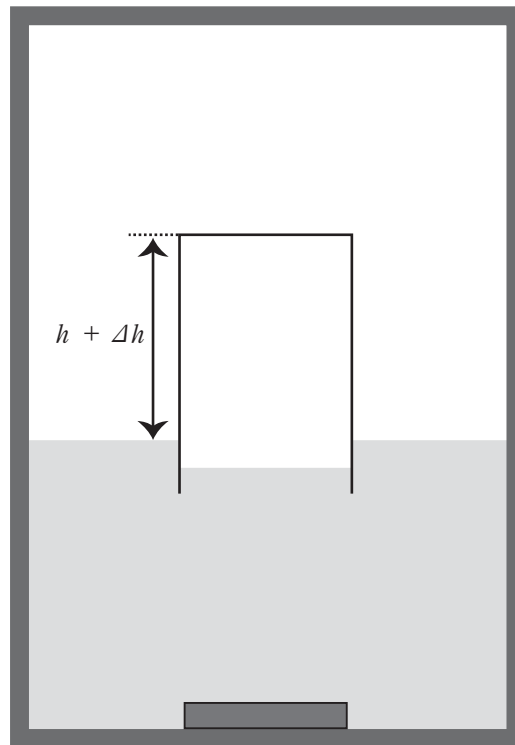


図 2

- (4) 容器外の液面から容器の底面までの高さが $h + \Delta h$ の状態における，容器の外と内の液面の高さの差の大きさを求めよ。

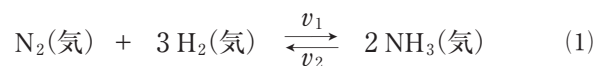
以下の問(5)~(9)では，容器外の液面から容器の底面までの高さが h から $h + \Delta h$ まで変わる状態変化について答えよ。

- (5) この状態変化における，容器のもつ重力による位置エネルギーの変化の大きさを求めよ。
- (6) この状態変化において，容器の内側の気体が行った仕事の大きさを求めよ。
- (7) この状態変化における，容器の内側の気体の温度の変化の大きさを求めよ。
- (8) この状態変化における，容器の内側の気体の内部エネルギーの変化の大きさを求めよ。
- (9) この状態変化において，容器の内側の気体が受け取った熱量の大きさを求めよ。

4

(1) 次の文章を読んで、問1～問8の答を解答欄に記入せよ。

19世紀～20世紀はじめにかけての人口増加に伴う食糧危機を回避するためには、空気中の窒素を窒素化合物に変換し、肥料として使用することが必須であった。ハーバーらは、触媒を用いて、a 水素と窒素から直接アンモニアを合成することに成功した。この反応は、次の可逆反応である。



ここで、 v_1 はアンモニアの生成速度、 v_2 はアンモニアの分解速度をあらわす。

問1 下線部aの反応について、その熱化学方程式を記せ。ただし、気体のアンモニアの生成熱は46 kJ/molとする。

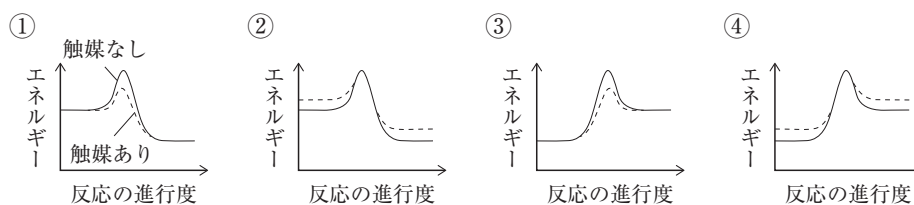
問2 (1)式の反応で平衡を右側に移動させるにはどうしたらよいか。最も適切なものを次の①～④から1つ選び、その番号を記せ。

- ① 混合気体の全圧を低くし、温度を低くする。
- ② 混合気体の全圧を高くし、温度を低くする。
- ③ 混合気体の全圧を低くし、温度を高くする。
- ④ 混合気体の全圧を高くし、温度を高くする。

問 3 窒素や水素の分圧を一定に保ったまま温度を高くすると v_1 は増加する。この主な原因として、適切なものを次の①～⑤からすべて選び、その番号を記せ。

- ① 活性化エネルギーが低下するため。
- ② 大きな運動エネルギーをもつ窒素が増えるため。
- ③ 大きな運動エネルギーをもつ水素が増えるため。
- ④ 反応熱が大きくなるため。
- ⑤ 反応熱が小さくなるため。

問 4 触媒を用いることにより v_1 を増加させることができる。アンモニアの生成反応について、反応の進行に伴うエネルギーの変化を正しくあらわしたものはどれか。最も適切なものを次の①～④から1つ選び、その番号を記せ。ただし、実線は触媒が存在しない場合、点線は触媒が存在する場合をあらわす。



問 5 平衡状態における v_1 と v_2 の関係を正しくあらわしたものはどれか。触媒が存在する場合と、存在しない場合について、それぞれ最も適切なものを次の①～④から1つ選び、その番号を記せ。

- ① $v_1 \geq v_2$
- ② $v_1 \leq v_2$
- ③ $v_1 = v_2 = 0$
- ④ $v_1 = v_2 \neq 0$

問 6 窒素 x [mol] と水素 $3x$ [mol] を反応させたところ平衡状態に達した。平衡時のアンモニアの物質量を a [mol] としたとき、表の空欄①～③に当てはまる物質量を数式で答えよ。

表 1 反応開始前および平衡時における各物質の物質量 [mol]

	N_2	H_2	NH_3	気体分子の合計
反応開始前	x	$3x$	0	$4x$
平衡時	①	②	a	③

問 7 問 6 の反応条件において、平衡時の全圧を P [Pa] としたとき、平衡時の水素の分圧を、 a , x , P を用いて式で答えよ。

問 8 問 6 の反応条件において、ある温度で平衡状態に達したとき、 $a = x$ となった。このときの(1)式の圧平衡定数 K_p を、全圧 P [Pa] を用いて式で答えよ。

(2) 物質の状態に関する問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

問1 次の文章の空欄 ～ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

あらゆる物質は、固体、液体、気体のいずれかの状態をとる。この3つの状態を物質の という。固体から液体への変化を , 液体から固体への変化を , 液体から気体への変化を , 気体から液体への変化を , 固体から気体への変化を という。

密閉容器中に水を入れて一定温度に保ったところ、水と水蒸気が共存する平衡状態に至った。この平衡を 平衡といい、このときの水蒸気の圧力を水の蒸気圧という。

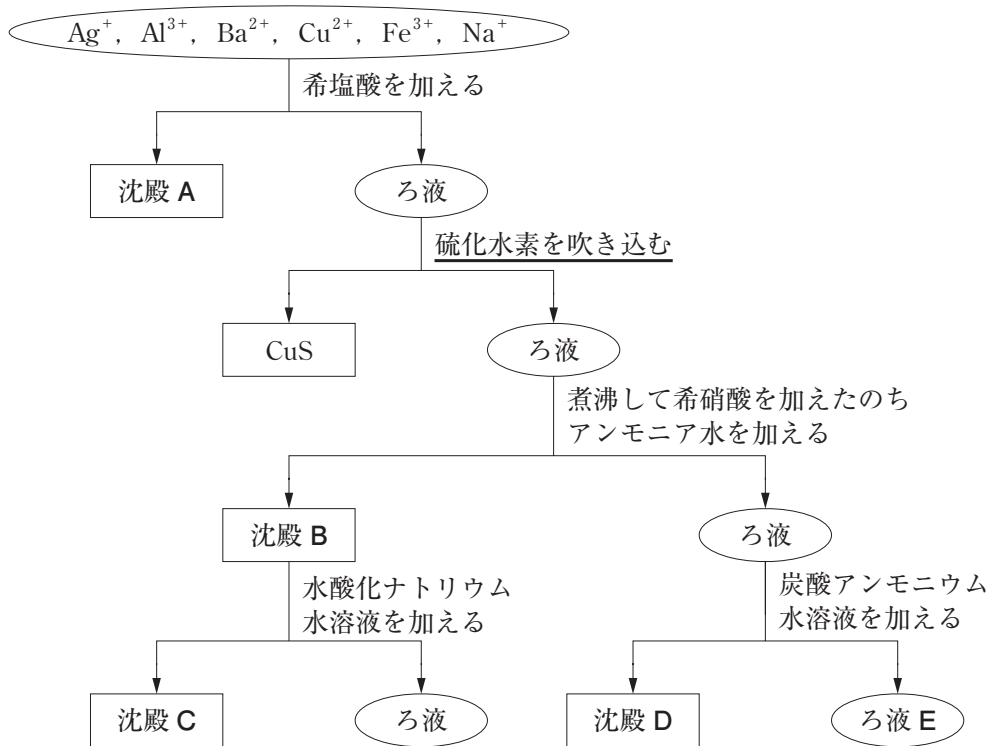
問2 同じ16族元素の水素化合物同士で比較すると、硫化水素 H_2S の沸点 (-60°C) に比べて水 H_2O の沸点は高い。水の沸点が高い理由を20字以内で説明せよ。

問3 容積 831 L で一定の密閉容器に水蒸気のみを封入して 127°C に保ったところ、容器内の圧力は $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。この容器内の温度を 60°C に下げ、十分な時間放置した後に、容器内に生じる液体の水の物質量を有効数字2桁で答えよ。ただし、 60°C における水の蒸気圧は $1.98 \times 10^4 \text{ Pa}$ とし、水蒸気は理想気体とみなしてよい。また、液体の水の体積は無視できるものとする。

問 4 ある量の塩化ナトリウムを純水に溶かした溶液の蒸気圧は、同じ温度の純水の蒸気圧よりも 0.50 % 低かった。この溶液に含まれる塩化ナトリウムの質量パーセント濃度を有効数字 2 桁で答えよ。ただし、この水溶液は希薄溶液として扱えるものとし、希薄溶液の蒸気圧は、純溶媒の蒸気圧と、その溶液中に占める溶媒のモル分率との積で表されるものとする。

5

(1) 次の図は、 Ag^+ 、 Al^{3+} 、 Ba^{2+} 、 Cu^{2+} 、 Fe^{3+} 、 Na^+ の6種類の金属イオンを含む水溶液から、各イオンを分離する操作を示したものである。この操作に関する次の問1～問5の答を解答欄に記入せよ。



問1 沈殿 A, C, D を化学式で記せ。また、沈殿の色として最も適切なものを次の①～⑥から1つずつ選び、その番号を記せ。ただし、同じ番号を複数回選んでもよい。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 白色 | ② 黄色 | ③ 赤褐色 |
| ④ 濃青色 | ⑤ 青白色 | ⑥ 黒色 |

問 2 ろ液 E を白金線の先に付け、炎の中に入れたときに炎が呈する色として最も適切なものを次の①～⑥から 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① 青色 ② 青緑色 ③ 黄緑色
④ 黄色 ⑤ 赤色 ⑥ 赤紫色

問 3 沈殿 B には 2 種類の化合物が含まれる。沈殿 B に水酸化ナトリウム水溶液を加えたところ、一方の化合物のみが溶解した。この反応のイオン反応式を記せ。

問 4 沈殿 C に酸を加えて溶解し、ある試薬を加えたところ血赤色を呈した。この試薬に含まれる化合物として最も適切なものを次の①～⑤から 1 つ選び、その番号を記せ。

- ① H_2O_2 ② H_2S ③ KSCN
④ $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ ⑤ $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$

問 5 図の下線部について、 0.05 mol/L の Cu^{2+} を含む溶液に十分な量の硫化水素を通じたところ、沈殿が生じた。沈殿生成後の溶液に溶解している Cu^{2+} の濃度を有効数字 1 桁で答えよ。また、計算過程も示せ。ただし、沈殿生成後の溶液の pH は 1.0 であり、この溶液に溶解している硫化水素の濃度は 0.1 mol/L であった。硫化水素は、



のように電離し、その電離定数 K_a は $1 \times 10^{-21} (\text{mol/L})^2$ とする。また、 CuS の溶解度積 K_{sp} は $6 \times 10^{-36} (\text{mol/L})^2$ とする。

(2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

シュウ酸カルシウム一水和物 $\text{Ca}(\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 146 mg を、窒素ガスを流通させた雰囲気中でゆっくり加熱したところ、下の図に示すように3段階で質量が減少した。このように加熱によって固体物質の質量が減少するのは、高温で分解が起こり、固体物質の一部が気体となって失われたためである。300℃、550℃、800℃まで加熱した段階では、それぞれ固体の純物質 **ア**、**イ**、**ウ** が生成しており、これらの質量は 128 mg、100 mg、56 mg であった。

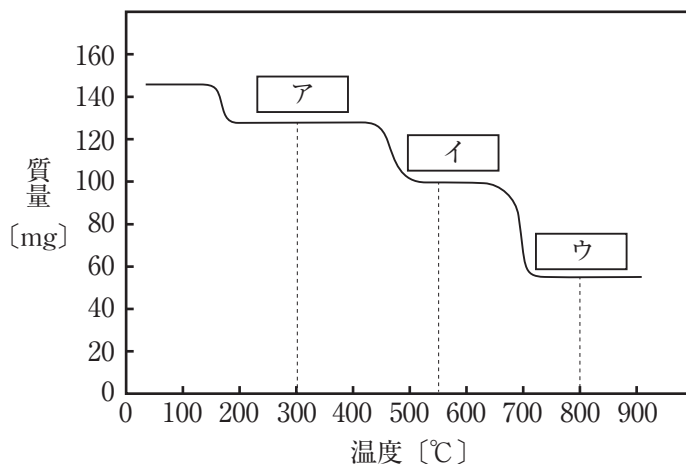


図 シュウ酸カルシウム一水和物を加熱したときの質量の変化

固体の純物質 **ウ** を試験管に取り、水を数滴加えたところ、発熱しながら反応した。これにさらに水を加えると、透明な溶液が得られた。この溶液に二酸化炭素を通じると白色の沈殿が生じたが、a さらに二酸化炭素を通じ続けると、沈殿が溶解し、再び透明な溶液になった。

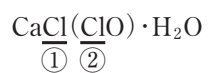
水酸化カルシウム $\text{Ca}(\text{OH})_2$ は **エ** とも呼ばれる白色の粉末である。これに塩素 Cl_2 を吸収させると、さらし粉が得られる。さらし粉の主成分は b $\text{CaCl}(\text{ClO}) \cdot \text{H}_2\text{O}$ である。さらし粉を水に溶かすと、c ClO^- を生じる。このイオンは強い酸化作用があるため、漂白や殺菌に利用されている。

問 1 固体の純物質 ~ の化学式を下の①~⑧から1つずつ選び、その番号を記せ。

- | | | |
|---------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|
| ① Ca | ② CaC ₂ | ③ Ca(OH) ₂ |
| ④ CaCO ₃ ·H ₂ O | ⑤ CaCO ₃ | ⑥ Ca(HCO ₃) ₂ |
| ⑦ Ca(COO) ₂ | ⑧ CaO | |

問 2 下線部 a について、白色の沈殿が溶解するときの反応を化学反応式で記せ。

問 3 下線部 b について、次に示す①, ②の塩素の酸化数をそれぞれ記せ。



問 4 に当てはまる最も適当な語句および下線部 c のイオンの名称を記せ。

問 5 カルシウムとマグネシウムはいずれも 2 族に属する元素であるが、性質が異なる点が多い。次の A)～E) の記述は、下の①～④のどれに該当するか、1 つずつ選び、その番号を記せ。

- A) 炎色反応を示す。
- B) 単体は、その元素のイオンを含む水溶液を電気分解することで得られる。
- C) 水酸化物は水に少し溶けて、強い塩基性を示す。
- D) 塩化物は潮解性がある。
- E) 硫酸塩は水によく溶ける。

- ① マグネシウムとカルシウムの両方に当てはまる。
- ② マグネシウムにのみ当てはまる。
- ③ カルシウムにのみ当てはまる。
- ④ マグネシウムにもカルシウムにも当てはまらない。

6

(1) 次の文章を読んで，問 1～問 5 の答を解答欄に記入せよ。

有機化合物 **A** および **B** は互いに構造異性体であり，分子量は 122 である。**A** および **B** に含まれる炭素，水素，酸素の質量百分率は，それぞれ，78.7 %，8.2 %，13.1 % である。**A** は 1 個の不斉炭素原子をもつが，**B** はもたない。

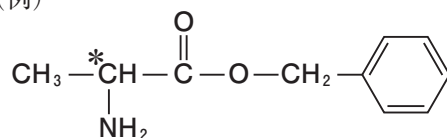
A および **B** は いずれも中性の化合物であり，金属ナトリウムと反応して水を発生する。 また，**A** および **B** のいずれも濃硫酸とともに加熱すると，分子内脱水反応によりスチレンが生成する。

問 1 化合物 **A** の分子式を記せ。

問 2 下線部 a から，化合物 **A** および **B** に共通して含まれると予想される官能基の名称を記せ。

問 3 化合物 **A**，**B** それぞれの構造式を，次の例にならって記せ。**A** の不斉炭素原子については，構造式中で該当する原子の左上に * 印をつけよ。

(例)



* 印は不斉炭素原子を表す。

問 4 化合物 A, B それぞれの化学的性質について正しいものを, 次の①～⑥から1つずつ選び, その番号を記せ。同じ番号を複数回選んでもよい。

- ① フェーリング液とともに加熱すると赤色沈殿を生じる。
- ② 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えると, 青紫色～赤紫色を呈する。
- ③ 塩基性水溶液中でヨウ素と反応し, ヨードホルムの黄色沈殿が生成する。
- ④ ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えると, 青色～赤紫色を呈する。
- ⑤ アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱すると, 金属銀が析出する。
- ⑥ おだやかに酸化すると, 同じ炭素数のアルデヒドが生成する。

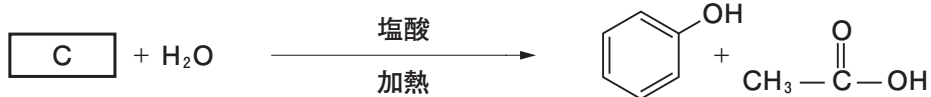
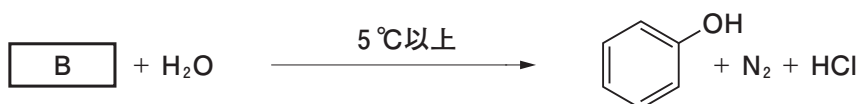
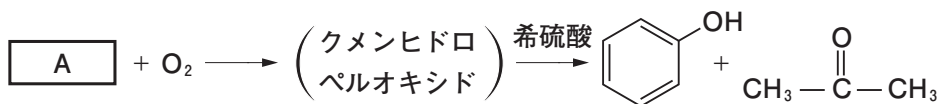
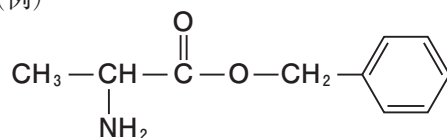
問 5 次の文章中の下線部 b～g の記述について, スチレンの性質として正しい場合には○印を, 誤っている場合には正しい語句または数字を記せ。

スチレンの沸点は, トルエンの沸点よりも b 高い。スチレンに対し, 水とジエチルエーテルを注いで分液漏斗に移し, 振り混ぜた後に静置すると, スチレンは主に c 水層から抽出される。スチレンは幾何異性体(シストランス異性体)を d もつ。白金などの触媒のもとで, 高温高圧の条件で, 1 mol のスチレンは e 2 mol の水素 H₂ と反応して, エチルシクロヘキサンを生成する。スチレンは重合によって鎖状構造をもつ f 熱硬化性樹脂を生成する。また, スチレンと *p*-ジビニルベンゼンとの共重合体にスルホ基を導入したものは, g 陽イオン交換樹脂として利用されている。

(2) フェノールに関する問1～問3の答を解答欄に記入せよ。

問1 下の3つの反応では、いずれもフェノールが生成する。化合物A～Cの構造式を、次の例にならって記せ。

(例)



問2 フェノール水溶液に臭素水を加えると、2,4,6-トリブロモフェノールが生成した。この反応の前後で溶液のpHはどう変化するか。最も適切なものを次の①～③から1つ選び、その番号を記せ。また、そのように変化する理由を20字以内で記せ。

- ① 反応後のpHは反応前より大きくなる。
- ② 反応後のpHは反応前より小さくなる。
- ③ 反応の前後でpHはほとんど変化しない。

問 3 化合物 **D** は、フェノールに濃硫酸と濃硝酸の混合物を作用させて得られた生成物の 1 つであり、フェノール分子の水素原子 1 個以上が同数のニトロ基に置換された構造をもつ。ある量の **D** を完全燃焼させたところ、二酸化炭素 528 mg と水 72 mg が生じた。ただし、化合物 **D** のすべての炭素と水素は、それぞれ二酸化炭素と水になるものとする。次の各問に答えよ。

- 1) 化合物 **D** に含まれる炭素原子と水素原子の数の比を、最も簡単な整数値で記せ。
- 2) 化合物 **D** の分子式を記せ。

7

(1) 合成繊維に関する次の文章を読んで、問1～問4の答を解答欄に記入せよ。

^aナイロン6は、環状構造のモノマーXに少量の水を加えて加熱して得られる。このように、環状構造の単量体から鎖状の高分子ができる重合を 重合と呼ぶ。^bナイロン66は、アジピン酸とモノマーYの混合物を加熱しながら、生成する を除去すると得られる。このように、 などの簡単な分子がとれて鎖状の高分子が生成する重合を 重合と呼ぶ。

ナイロン66のメチレン鎖の部分を に置き換えたポリ(*p*-フェニレンテレフタルアミド)は、代表的な 繊維の一つである。この繊維は、ナイロン66よりもさらに強度や耐久性に優れるため、消防士の服や防弾チョッキに使われている。

実験室でナイロン66の繊維を得るには、界面重合が適している。この重合は、アジピン酸の代わりにアジピン酸ジクロリドを用いて、下記のように行われる。

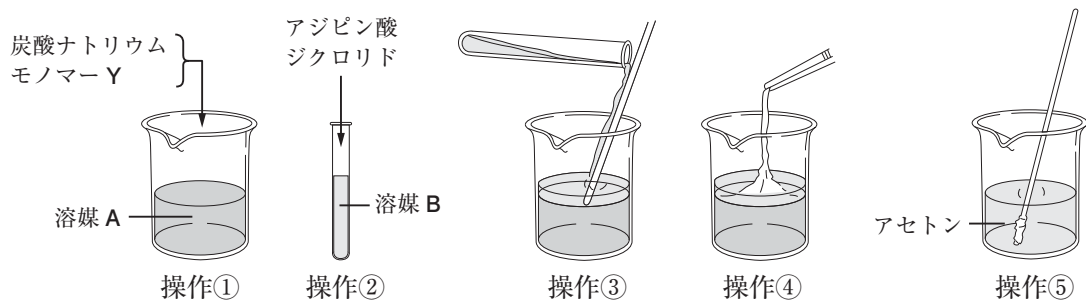
操作① 50 mLの溶媒Aに、1 gの炭酸ナトリウムと1 gのモノマーYを加え、よくかき混ぜる。

操作② 10 mLの溶媒Bに、1 mLのアジピン酸ジクロリドを溶かす。

操作③ 操作①で得られた溶液の上に、操作②で得られた溶液を静かに注ぐ。

操作④ 界面(境界面)にできた膜をピンセットで静かに引き上げ、ガラス棒に巻きつける。

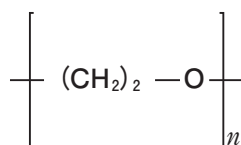
操作⑤ 得られた糸をアセトンで洗い、乾燥させる。



問 1 空欄 ～ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

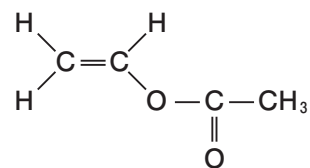
問 2 下線部 a, b について, ナイロン 6 とナイロン 66 の構造式を下の例にならって記せ。

(例)



問 3 モノマー X, Y の構造式と名称を下の例にならって記せ。

(例) 構造式



名称

酢酸ビニル

問 4 溶媒 A, B として最も適切なものを, 次の①～⑤からそれぞれ1つずつ選び, その番号を記せ。

- ① アセトン ② エタノール ③ 酢酸
④ ヘキサン ⑤ 水

(2) 次の文章を読んで、問1～問5の答を解答欄に記入せよ。

タンパク質、炭水化物(糖類)、脂質は三大栄養素とよばれ、筋肉や血液などの主要な構成物質として知られている。

タンパク質は、約20種類のアミノ酸がペプチド結合で連結した高分子化合物である。これらのアミノ酸の中で、生体内で合成されない、もしくは合成されにくいアミノ酸を という。アミノ酸がペプチド結合で連結したものをペプチドといい、^a2分子のアミノ酸が結合したものをジペプチドという。

多糖類は多数の単糖類が 結合を形成して重合した、直鎖状構造もしくは枝分かれ構造をもつ高分子化合物である。単糖類が2分子、3分子結合したものを、それぞれ二糖類、三糖類という。代表的な二糖類にマルトースがある。^bマルトースの水溶液は還元性を有しており、フェーリング液とともに熱すると の赤色沈殿を生じる。

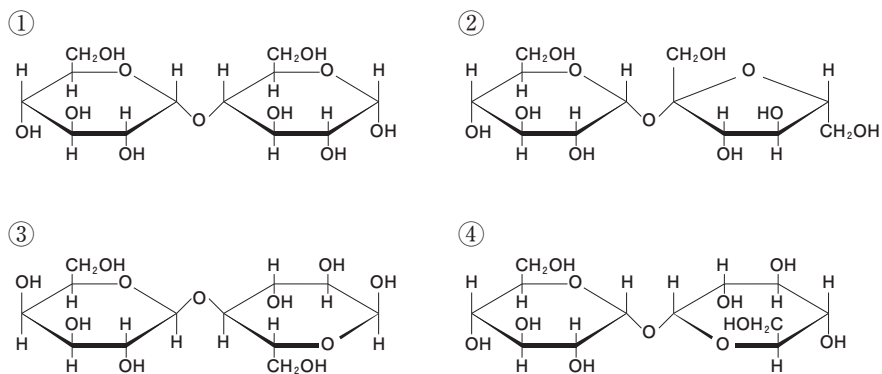
脂質の一種である^c油脂は、グリセリンに高級脂肪酸が 結合により連結した化合物である。油脂を構成する脂肪酸として高級飽和脂肪酸を多く含む場合、油脂は常温で の状態をとる。油脂に水酸化ナトリウムなどの強塩基の水溶液を加えて加熱すると、 とよばれる加水分解反応が起り、脂肪酸の塩とグリセリンが生成する。人体において油脂は、すい臓から分泌される酵素である によって加水分解される。

問1 空欄 ～ に当てはまる最も適切な語句を記せ。

問2 空欄 に当てはまる化合物名、空欄 に当てはまる酵素名を記せ。

問3 下線部aについて、グルタミン酸とリシンからなる鎖状ジペプチドには、分子中の全ての官能基がペプチド結合を形成できるとしたとき、何種類の構造異性体が存在するか答えよ。

問 4 下線部 b について、水溶液中で還元性をもたない二糖類を次の①～④からすべて選び、その番号を記せ。



問 5 下線部 c について、3種類の鎖状の不飽和脂肪酸とグリセリンから構成される油脂 X がある。油脂 X 0.10 mol に水素を付加し、飽和脂肪酸のみからなる油脂にするのに、標準状態で 13.4 L の水素が必要であった。油脂 X を構成する 3種類の不飽和脂肪酸を、次の①～⑥から選び、その番号を記せ。

- ① ミード酸 ($C_{19}H_{33}COOH$)
- ② パルミトレイン酸 ($C_{15}H_{29}COOH$)
- ③ アラキドン酸 ($C_{19}H_{31}COOH$)
- ④ ドコサヘキサエン酸 ($C_{21}H_{31}COOH$)
- ⑤ エイコサペンタエン酸 ($C_{19}H_{29}COOH$)
- ⑥ リノール酸 ($C_{17}H_{31}COOH$)

