化　学　基　礎

（解答番号 1 ～ 20 ）

必要があれば，原子量は次の値を使うこと。

H　1.0　　C　12　　N　14　　O　16　　S　32

第 1 問　次の問い（問 1 ～10）に答えよ。（配点　30）

問 1　図 1 の電子式で表される原子 X に当てはまる元素として最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。 1



図 1　原子 X の電子式

①　アルミニウム　　②　リ　ン　　③　硫　黄　　④　塩　素

問 2　次の記述ア～ウのうち，^{1}H，^{2}H および ^{3}H に関する記述として正しいものはどれか。すべてを選択しているものとして最も適当なものを，後の①～⑦のうちから一つ選べ。 2

ア　陽子の数は，すべて 1 である。

イ　中性子の数は，すべて 1 である。

ウ　電子の数は，すべて 1 である。

①　ア　　②　イ　　③　ウ　　④　ア，イ

⑤　ア，ウ　　⑥　イ，ウ　　⑦　ア，イ，ウ

問 3 アンモニア NH_3 と水素イオン H^+ がアンモニウムイオン NH_4^+ をつくるとき，結合に使われるものとして最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 3

① 自由電子　② 共有電子対　③ 非共有電子対　④ 不対電子

問 4 同素体に関する記述として**誤りを含むもの**はどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 4

① 炭素の同素体の一つである黒鉛は，電気を通す。
② 酸素の同素体の一つであるオゾンは，常温・常圧で液体である。
③ リンの同素体には，空気中で自然発火するものがある。
④ 硫黄の同素体には，ゴムのような弾性を示すものがある。

問 5 化合物 A と B は次の**方法**によってつくることができる。

方法

化合物A　水酸化カルシウム水溶液に二酸化炭素を通じ，生じる沈殿をろ過する。

化合物B　水酸化ナトリウム水溶液と塩酸を混ぜて中性にした後，水分を蒸発させる。

A と B の用途として最も適当なものを，それぞれ後の①～④のうちから一つずつ選べ。

A の用途 5
B の用途 6

① ベーキングパウダーの主成分として用いられる。
② 調味料や，化学工業の原料に用いられる。
③ 乾燥剤や発熱剤に用いられる。
④ セメントの主原料に用いられる。

問 6　元素 M(原子量 70)の単体の密度は，ある条件下で 5.95 g/cm^3 であった。その 1.0 cm^3 には何個の M 原子が含まれているか。その数値を有効数字 2 桁の次の形式で表すとき，［ 7 ］と［ 8 ］に当てはまる数字を，後の①～⓪のうちから一つずつ選べ。ただし，同じものを繰り返し選んでもよい。なお，アボガドロ定数は 6.0×10^{23}/mol とする。

［ 7 ］.［ 8 ］$\times 10^{22}$ 個

① 1	② 2	③ 3	④ 4	⑤ 5
⑥ 6	⑦ 7	⑧ 8	⑨ 9	⓪ 0

問 7　およそ 0.1 mol/L の酢酸水溶液と塩酸の濃度をそれぞれ正確に求めるために，0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液と pH 指示薬を用いて中和滴定を行うことにした。指示薬 X と Y の変色域の pH の範囲がそれぞれ 3.1～4.4 と 8.0～9.8 であるとき，酸の水溶液と指示薬の組合せとして酸の濃度を**正確に求められないもの**はどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。［ 9 ］

	酸の水溶液	指示薬
①	酢酸水溶液	X
②	酢酸水溶液	Y
③	塩　酸	X
④	塩　酸	Y

問 8 酸化還元反応である化学反応式はどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 10

① $2\,H_2O_2 \longrightarrow 2\,H_2O + O_2$

② $AgNO_3 + NaCl \longrightarrow NaNO_3 + AgCl$

③ $HCl + NH_3 \longrightarrow NH_4Cl$

④ $Ca(OH)_2 \longrightarrow CaO + H_2O$

問 9　硝酸カリウム KNO_3 50 g，酸化鉄(Ⅲ) Fe_2O_3 10 g，ナフタレン 10 g からなる混合物 X がある。X から各物質を固体で取り出すために，図 2 に示すように X を 60 ℃ の水 100 g に加えてかき混ぜて，その後**操作 Ⅰ** ～ **Ⅲ** を適切な温度に変化させながら行った。**操作 Ⅱ** と **Ⅲ** の分離方法の組合せとして最も適当なものを，後の①～⑥のうちから一つ選べ。なお，X に含まれる物質の溶解度を表 1 に示す。 11

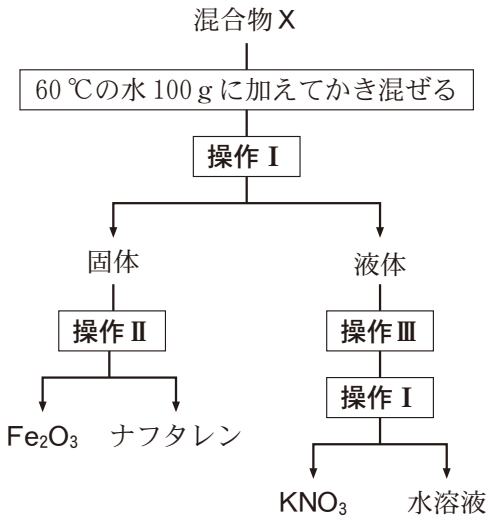


図 2　混合物 X から物質を分離するための操作手順

表 1　X に含まれる物質の溶解度

	20 ℃ での溶解度 (g/100 g 水)	60 ℃ での溶解度 (g/100 g 水)
Fe_2O_3	不　溶	不　溶
ナフタレン	2.8×10^{-3}	1.3×10^{-2}
KNO_3	31.6	109

	操作Ⅱ	操作Ⅲ
①	ろ　過	再結晶
②	再結晶	ろ　過
③	ろ　過	昇華法(昇華)
④	昇華法(昇華)	ろ　過
⑤	再結晶	昇華法(昇華)
⑥	昇華法(昇華)	再結晶

問10　単体の硫黄 S は，式(1)と(2)の反応で生成させることができる。まず硫化水素 H_2S を酸素 O_2 中で燃焼させ，式(1)に従って二酸化硫黄 SO_2 を生成させる。次に H_2S と式(1)で生成した SO_2 を，式(2)に従って反応させる。

$$2\,H_2S + 3\,O_2 \longrightarrow 2\,SO_2 + 2\,H_2O \quad (1)$$

$$2\,H_2S + SO_2 \longrightarrow 3\,S + 2\,H_2O \quad (2)$$

ここで，H_2S の全物質量を 3.0 mol とする。このうち x(mol)の H_2S を式(1)の反応に従ってすべて SO_2 に変化させる。次に，この SO_2 と残りの$(3.0 - x)$(mol)の H_2S を用いて式(2)の反応を行う。

x を 0 から 1.0 mol まで変化させると生成する S の物質量は，図 3 に示すようになる。x を 0 から 3.0 mol まで変化させたときに生成する S の物質量を表すグラフとして最も適当なものを，後の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし，式(1)および(2)以外の反応は起こらないものとする。 **12**

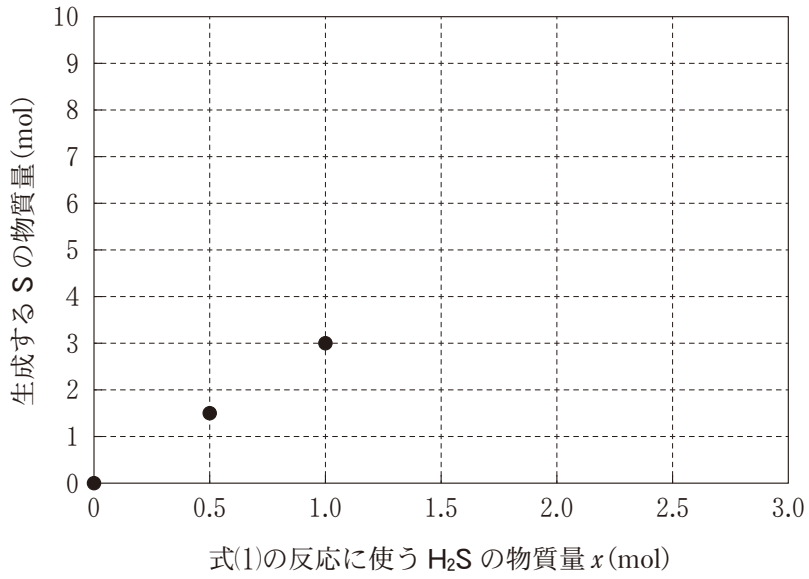
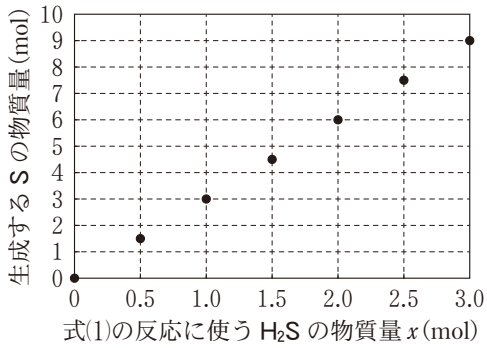
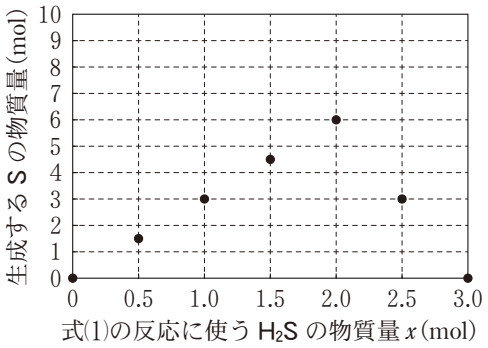


図 3　式(1)の反応に使う H_2S の物質量 x と
生成する S の物質量との関係

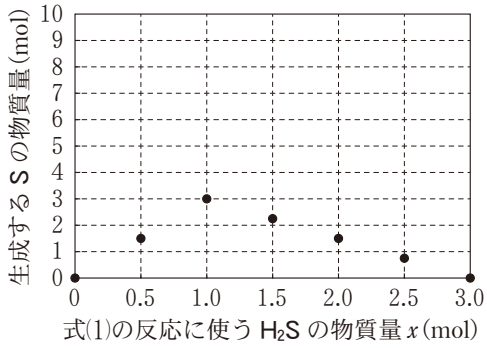
①


生成するSの物質量(mol)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0
式(1)の反応に使うH2Sの物質量x(mol)

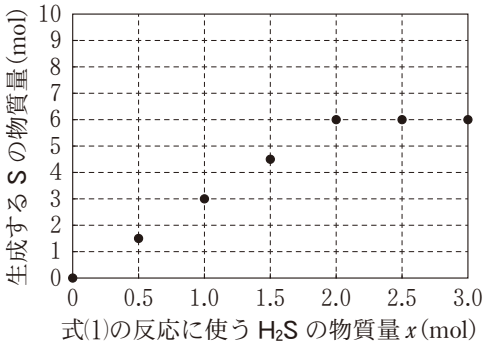
②


生成するSの物質量(mol)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0
式(1)の反応に使うH2Sの物質量x(mol)

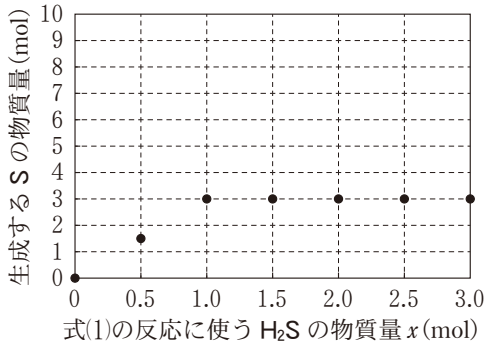
③


生成するSの物質量(mol)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0
式(1)の反応に使うH2Sの物質量x(mol)

④


生成するSの物質量(mol)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0
式(1)の反応に使うH2Sの物質量x(mol)

⑤


生成するSの物質量(mol)
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
0 0.5 1.0 1.5 2.0 2.5 3.0
式(1)の反応に使うH2Sの物質量x(mol)

第 2 問　次の文章を読み，後の問い(問 1 ～ 3)に答えよ。(配点　20)

身のまわりにある物質は，さまざまな pH の値を示す。純水 H_2O の pH の値は 25 ℃ で 7 であるが，大気中の二酸化炭素 CO_2 が溶け込んだ水の pH の値は約 5.6 になる。これは，式(1)のように電離して水素イオン H^+ と炭酸水素イオン HCO_3^- が生じるためである。

$$CO_2 + H_2O \rightleftarrows H^+ + HCO_3^- \qquad (1)$$

大気には CO_2 の他にも微量の酸や塩基，塩(えん)などが含まれており，それらが溶け込むと雨水の pH は変化する。

問 1　次の問い(**a** ・ **b**)に答えよ。

a　身のまわりにある牛乳，食酢，セッケン水を pH の値が小さい順に並べたものはどれか。最も適当なものを，次の①～⑥のうちから一つ選べ。

13

① 牛乳　<　食酢　<　セッケン水
② 牛乳　<　セッケン水　<　食酢
③ 食酢　<　牛乳　<　セッケン水
④ 食酢　<　セッケン水　<　牛乳
⑤ セッケン水　<　牛乳　<　食酢
⑥ セッケン水　<　食酢　<　牛乳

b　CO_2 が溶け込んだ 25 ℃ の水に，塩化水素 HCl 水溶液(塩酸)や水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を加えて，pH の値を調整した水溶液 A 中では，CO_2 と HCO_3^- の物質量の和に対するそれぞれの物質量の存在割合は，図 1 のようになる。A に関する記述として**誤りを含むもの**はどれか。最も適当なものを，後の①～④のうちから一つ選べ。

なお，HCO_3^- の電離は無視することができる。また，塩化物イオン Cl^- やナトリウムイオン Na^+ は式(1)の電離には影響しないものとする。

14

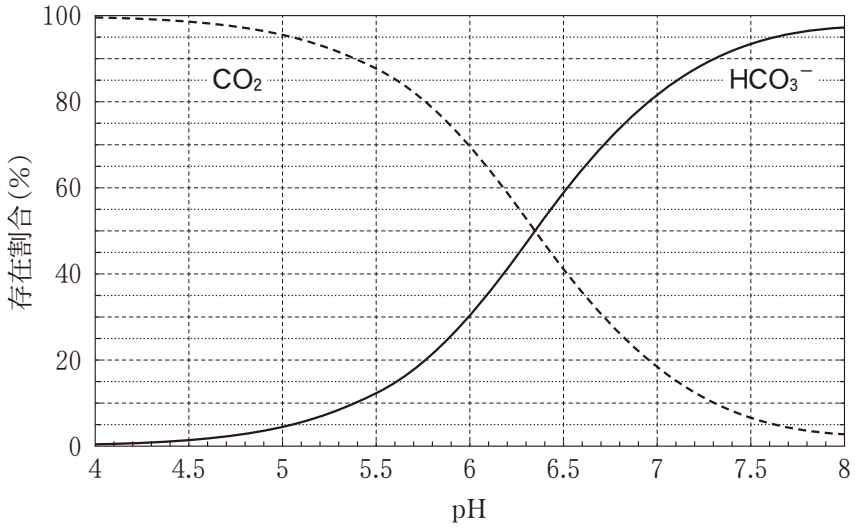


図 1　水溶液 A における CO_2 と HCO_3^- の物質量の和に対する CO_2 (破線)と HCO_3^- (実線)の物質量の存在割合と pH の関係

① A の pH の値が 4.0 のとき，HCO_3^- の存在割合は 5 % 未満である。

② A の pH の値が 6.3 のとき，CO_2 と HCO_3^- の物質量はほぼ等しくなる。

③ A の pH の値が 6.8 のとき，HCO_3^- の物質量は CO_2 の物質量より少ない。

④ A の pH の値が 8.0 のとき，HCO_3^- の存在割合は 95 % を超える。

化学基礎

問 2 高校生のKさんのクラスでは，探究活動の一環として，雨の降った同じ日に九つの班に分かれて学校内のグラウンド，駐車場，中庭で採取した雨水のpHを調べる実験を行った。第3班に所属するKさんの**報告書**を次に示す。後の問い(**a** ・ **b**)に答えよ。

報告書：雨水のpH測定

報告書作成日：2023年○月△日
実験日：2023年○月▽日　天気：曇りのち雨　気温：26 ℃
第3班　報告者：　K　(共同実験者：　L，M，N)
採取場所：本校のグラウンド

【目的】 雨水のpHの値を測定し，二酸化炭素が溶け込んだ水のpH(約5.6)と比較する。他の班から報告された測定結果と比べて，雨水のpHが本校敷地内の採取場所により異なるか調べる。

【準備した物】 pHメーター，温度計，純粋な水(純水)，雨水を採取する容器(ビーカー)，スポイト，純水で表面を洗浄して乾かしておいたビニールシート

【操作】

(時刻)

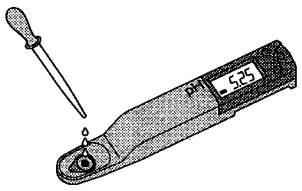
13：05　雨が降りそうになったので，ビニールシートを敷いた。

13：10　雨が降りはじめたので，ビニールシートの上に(A)純水で内側を洗浄して乾かしておいたビーカーを置き，雨水の採取をはじめた。

14：10　1時間たったので雨水の採取を終え，温度計を(B)雨水の一部で洗浄し雨水でぬれたまま，雨水の温度を測定した。そのビーカーを実験室に運んだ。

14：15　スポイトの内部を(C)雨水で洗浄した。

14：17　純水で洗浄したpHメーターの電極に(D)純水が残ったまま，右図のようにスポイトから雨水をたらしてpHの値を測定した。



pHメーター

報告書：雨水の pH 測定(続き)

【結果】 雨水の温度　25 ℃　　pH＝ 5.25

他の班から報告された測定結果との比較(雨水の温度は全ての班で 25 ℃)

班	1	2	3	4	5	6	7	8	9
採取場所	本校のグラウンド			本校の駐車場			本校の中庭		
pH の値	4.83	4.91	5.25	4.81	4.95	4.84	4.87	5	4.83

【考察】

私たちの班(第 3 班)の測定結果の pH＝5.25 は，他の班の pH の値よりも約 0.2～0.4 大きかった。この違いは**【操作】**に原因があるのではないかと考えられる。

すべての班の pH の測定結果が 5.6 よりも小さいことから，この雨水には CO_2 以外のものが含まれている可能性があると考えられる。

本校内の 3 か所で採取した雨水の pH を測定したが，私たちの班以外では pH の値に大きな差はみられなかった。空気中には，雨水の pH の値に影響を与える CO_2 以外の物質が存在すると考えられるが，雨水を採取した 3 か所では同程度に雨水の pH の値に影響を与えた。今後は，雨水の採取場所をさらに変えて実験を行いたい。

a　この**報告書**に記載された内容で，**適切ではないもの**はどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 15

① 雨水を採取した日の天気と気温を記載した。

② 各班で得られた測定結果を比較するために，雨水を採取した場所を記載した。

③ 第 8 班から報告された pH の値は 5.00 だったので 5 と記載した。

④ 結果に対する考察を記載した。

b　K さんは pH の値が他の班と比べて大きいのは，操作に原因があると考察した。原因と考えられるのは，**報告書**の**【操作】**の下線部(A)～(D)のうちどれか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。 16

① (A)　② (B)　③ (C)　④ (D)

問 3　雨水の pH の値を小さくする原因としてさまざまな物質が知られている。そのうち，人間の活動によって発生するいくつかの物質については，大気中への排出量を減らすための方法が利用されている。次の問い（**a** ・ **b**）に答えよ。

a　ボイラーの使用時に発生するガスには二酸化硫黄 SO_2 が含まれることがある。それを除くために，式(2)で表されるように SO_2 を水酸化マグネシウム $Mg(OH)_2$ および酸素 O_2 と反応させて硫酸マグネシウム $MgSO_4$ と H_2O に変化させる方法が用いられている。

$$\boxed{\text{ア}}\ SO_2 + \boxed{\text{イ}}\ Mg(OH)_2 + O_2 \longrightarrow \boxed{\text{ウ}}\ MgSO_4 + 2\,H_2O \qquad (2)$$

式(2)の係数 ア ～ ウ に当てはまる数字を，後の①～⑨のうちから一つずつ選べ。ただし，係数が 1 の場合は①を選ぶこと。同じものを繰り返し選んでもよい。

ア 17　イ 18　ウ 19

① 1　② 2　③ 3　④ 4　⑤ 5
⑥ 6　⑦ 7　⑧ 8　⑨ 9

b　火力発電所などで発生する一酸化窒素 NO を除くためには，アンモニア NH_3，O_2 と触媒を使って，NO を窒素 N_2 と H_2O に変化させる方法があり，式(3)で表される。

$$4\,NO + 4\,NH_3 + O_2 \longrightarrow 4\,N_2 + 6\,H_2O \qquad (3)$$

式(3)の反応により H_2O が 270 kg 生成した。このとき，除くことができた NO の質量は何 kg か。最も適当な数値を，次の①～④のうちから一つ選べ。 20 kg

① 300　② 450　③ 600　④ 675