

化学基礎

(解答番号 ~)

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。



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、 ^1H 、 ^2H および ^3H 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。

- 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^+ をつくり、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。

- ① 自由電子 ② 共有電子対 ③ 非共有電子対 ④ 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。

- 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、空气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

B の用途

- 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。

化学基礎

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、 と に当てはまる数字を、後の①～⑩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 $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。

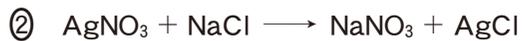
. $\times 10^{22}$ 個

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 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 $3.1 \sim 4.4$ と $8.0 \sim 9.8$ 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。

	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



化学基礎

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°C 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

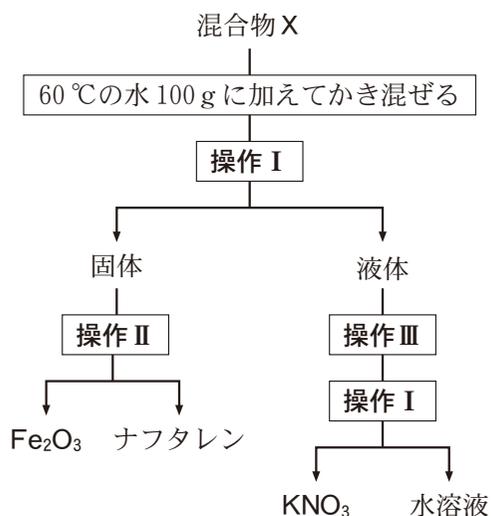


図 2 混合物 X から物質を分離するための操作手順

表 1 X に含まれる物質の溶解度

	20 °C での溶解度 (g/100 g 水)	60 °C 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

化学基礎

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。



ここで、 H_2S の全物質量を 3.0 mol とする。このうち $x \text{ (mol)}$ 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 $(3.0 - x) \text{ (mol)}$ 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

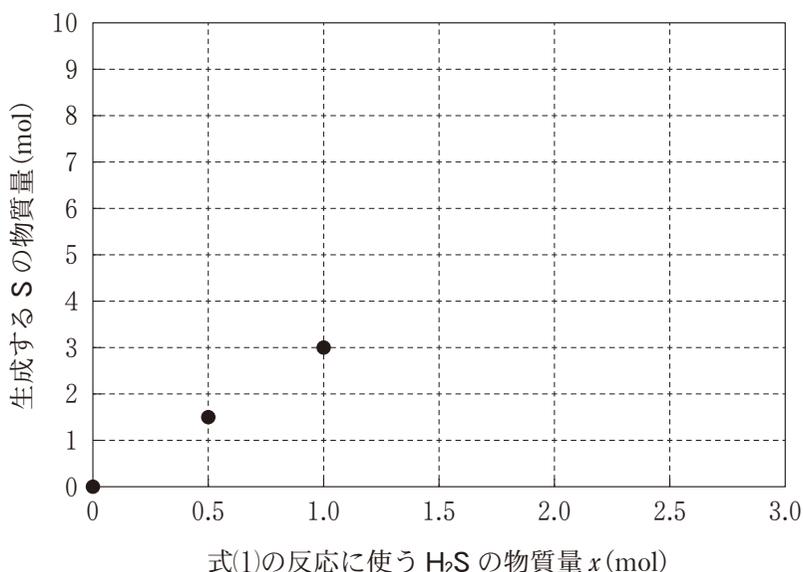
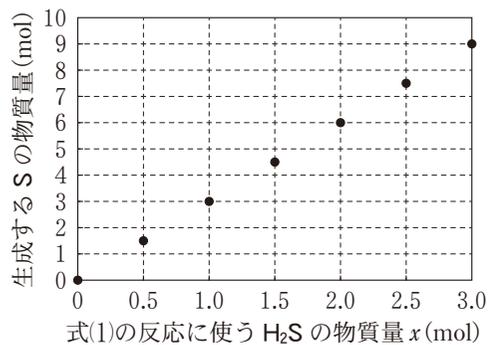
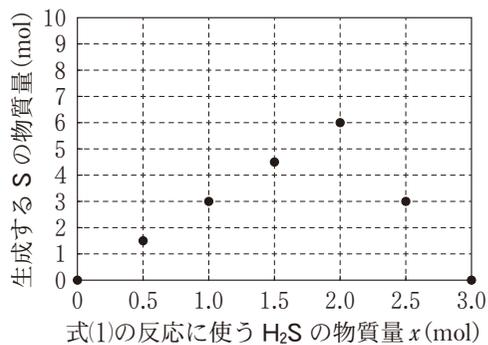


図3 式(1)の反応に使う H_2S の物質量 x と生成する S の物質量との関係

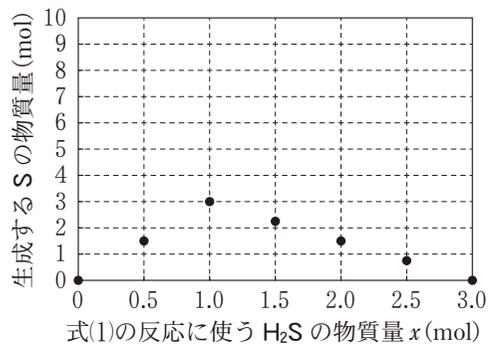
①



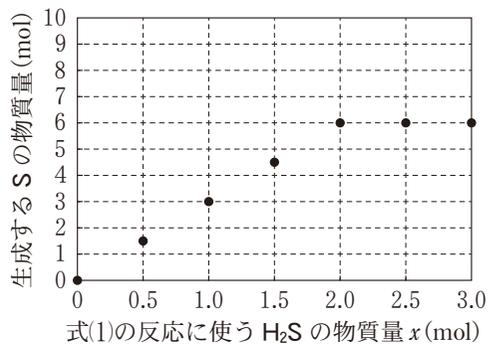
②



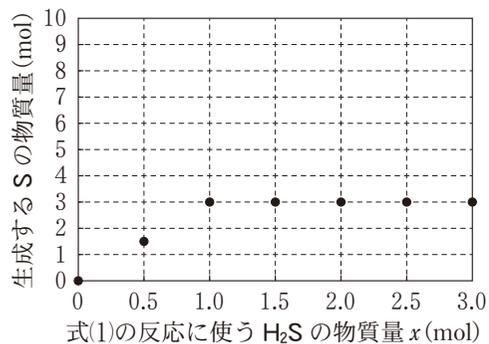
③



④



⑤



化学基礎

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°C 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。



大気には CO_2 の他にも微量の酸や塩基、^{えん}塩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°C 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

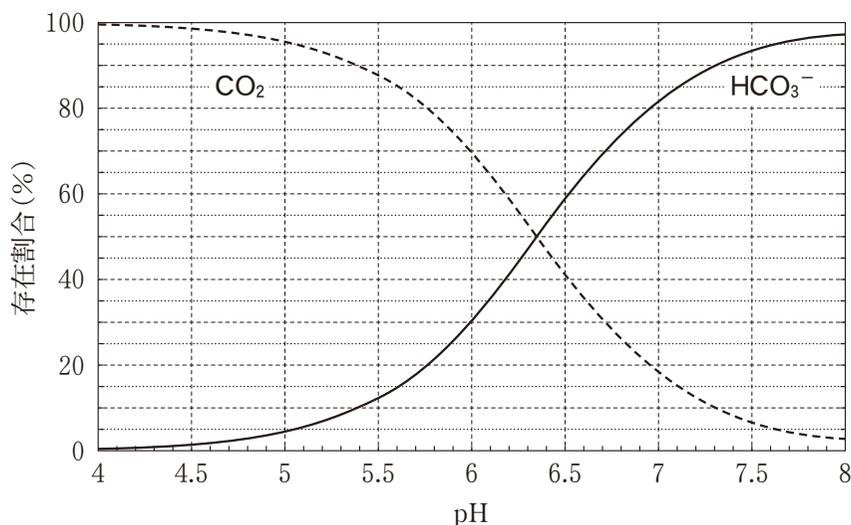


図 1 水溶液 A における CO_2 と HCO_3^- の物質量の和に対する CO_2 (破線) と HCO_3^- (実線) の物質量の存在割合と pH の関係

- 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 °C

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。

省略

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 CO₂ 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 CO₂ 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。

化学基礎

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)

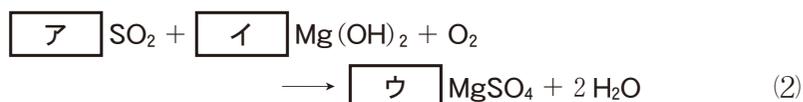
② (B)

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 $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 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。

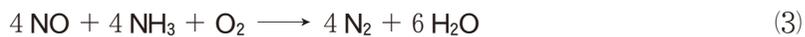


式(2)の係数 ア ~ ウ に当てはまる数字を、後の①~⑨のうちから一つずつ選べ。ただし、係数が1の場合は①を選ぶこと。同じものを繰り返し選んでもよい。

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 NH₃、O₂ と触媒を使って、NO を窒素 N₂ と H₂O に変化させる方法があり、式(3)で表される。



式(3)の反応により H₂O 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。 kg

- ① 300 ② 450 ③ 600 ④ 675