

平成 29 年度・入学試験問題

理 科 (前)

注 意 事 項

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. この冊子は 37 ページあります。
3. 試験開始後、落丁・乱丁・印刷不鮮明の箇所があったら申し出なさい。
4. 解答はすべて解答用紙に、それぞれの問題の指示にしたがって記入しなさい。
5. この冊子のどのページも切り離してはいけません。ただし、余白等は適宜利用してかまいません。
6. 試験終了後、問題冊子は持ち帰りなさい。
7. 受験科目選択上の注意(重要)
「物理」、 「化学」、 「生物」のうち 2 科目を選択して解答しなさい。
選択しなかった科目の解答用紙は試験開始後、90 分で回収します。それ以後は
選択の変更は認めません。
全科目の解答用紙 5 枚ともに受験番号を記入しなさい。

理 科 問 題

物 理	問題 1	3 ページ
	” 2	6 ”
	” 3	8 ”
	” 4	10 ”

化 学	問題 1	12 ページ
	” 2	15 ”
	” 3	18 ”
	” 4	21 ”

生 物	問題 1	24 ページ
	” 2	28 ”
	” 3	32 ”
	” 4	35 ”

解 答 用 紙

理科	物理解答用紙	2 枚
理科	化学解答用紙	1 枚
理科	生物解答用紙	2 枚

化 学

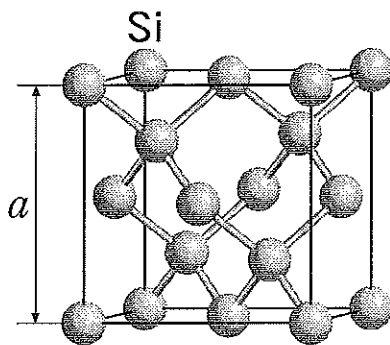
化学問題 1

次の文章を読み、問1～問9に答えよ。

炭素とケイ素は周期表の14族に属する非金属元素である。これらの原子は一般に共有結合の結晶をつくる。炭素は生物の重要な成分元素であり、ケイ素は酸素について2番目に多く地殻中に存在する。

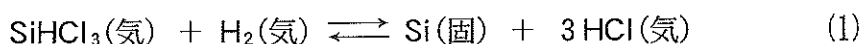
炭素の単体であるダイヤモンドでは、炭素原子が正四面体の中心と各頂点に位置し、炭素原子が **あ(数値)** 個の価電子を使って他の炭素原子と共有結合している。ダイヤモンドの **い(語句)** である黒鉛は、ダイヤモンドと異なり、電気を通す性質を持っている。^①

単体のケイ素は天然には存在せず、ケイ素の酸化物に炭素を加え電気炉で還元してつくる。単体のケイ素の結晶は融点が高く、電気をわずかに通す **う(語句)** の性質を示す。ケイ素は超高純度の結晶が得られるため、アボガドロ定数の推奨値はケイ素を用いて決められた。まず、ケイ素の大きな単結晶を使って、その質量と体積から密度 $d(\text{g}/\text{cm}^3)$ を求めた。次にX線で結晶構造を調べると、ダイヤモンドと同じ図のような単位格子の結晶をもつ、一辺の長さが $a(\text{cm})$ の立方体の繰り返し構造になっていた。さらに質量分析計で同位体の存在比からケイ素のモル質量 $w(\text{g}/\text{mol})$ を決めた。このように、 d 、 a 、 w を正確に測定することにより、精密なアボガドロ定数が求められた。^②



ケイ素の酸化物である二酸化ケイ素は、石英、ケイ砂などとして天然に存在している。石英を加熱して融解し、それを急速に凝固させると、もとの結晶とは異なる規則性のない構造をもった石英ガラスが得られる。ケイ砂を水酸化ナトリウムと混合して融解するとケイ酸ナトリウムが生じる。ケイ酸ナトリウムに水を加え、長時間加熱すると とよばれる粘性の大きい液体が得られる。 に塩酸を加えるとケイ酸が析出する。ケイ酸を乾燥させたものが である。 は多孔質で、特に水蒸気を吸着する力が強く乾燥剤として使われている。

工業的に高純度ケイ素は、ケイ素のハロゲン化物を水素で還元して作られる。この反応は可逆反応であり、次式のように表される。



ケイ素の原料として SiHCl_3 以外に SiH_4 も用いられる。 SiH_4 からのケイ素の生成では、次の熱化学方程式(2)が成り立つ。



問 1. 文章中の空欄 あ ~ お を括弧内の指示にしたがって記せ。

問 2. 下線部①の理由を、ダイヤモンドと黒鉛の結晶構造を対比しながら、簡潔に説明せよ。

問 3. 下線部②のアボガドロ定数を、密度 $d(\text{g/cm}^3)$ 、一辺の長さ $a(\text{cm})$ 、モル質量 $w(\text{g/mol})$ を用いて単位とともに表わせ。

問 4. 下線部③の構造をもつ固体物質を何というか、答えよ。

問 5. 下線部④の反応を反応式で書け。

問 6. 下線部⑤において、ケイ酸 H_2SiO_3 が生成する反応を反応式で書け。

問 7. 式(1)の正反応の反応熱は何 kJ/mol か答えよ。ただし、 SiHCl_3 (気)の生成熱を 490 kJ/mol 、 HCl (気)の生成熱を 92 kJ/mol とする。発熱の場合は+、吸熱の場合は-の符号をつけて、有効数字3桁で答えよ。

問 8. 式(1)の反応において、ケイ素の生成量を増やすためには、温度および圧力をどのように変えたらよいか、20字以内で答えよ。

問 9. 式(2)の反応において、反応速度定数 k は、ある温度範囲で式(3)にしたがう。

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}} \quad (3)$$

ここで、 A は定数、 e は自然対数の底、 E_a は活性化エネルギー、 R は気体定数、 T は絶対温度である。 $E_a = 100 \text{ kJ/mol}$ であるとき、温度を 1600 K から 2000 K に変化させると反応速度定数は 10^x 倍になる。 x の値を有効数字2桁で求めよ。必要ならば、次の数値を用いよ。 $R = 8.3 \text{ J/(K}\cdot\text{mol)}$ 、 $\log_{10} e = 0.43$ 。

化学問題 2

次の文章を読み，以下の問1～問7に答えよ。有効数字は3桁で答え，必要であれば次の数値を使用せよ。原子量：H = 1.00, N = 14.0, アンモニア水における25℃でのアンモニアの電離定数： 2.00×10^{-5} mol/L, $\log_{10} 2 = 0.301$

それぞれ異なる塩を含む6つの水溶液A～Fを用いて次の実験を行った。ただし塩は，(a) AgNO_3 , (b) CaCl_2 , (c) CuSO_4 , (d) KI , (e) NaCl , (f) Na_2CrO_4 , (g) $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, (h) ZnCl_2 のいずれかである。

実験1 濃アンモニア水(比重0.900 g/mL, 質量パーセント28.0%)を水で希釈して100 mLの濃度1.00 mol/Lの希アンモニア水を作った。

実験2 図のキップの装置を使い硫化水素を発生させた。キップの装置を組み立てた後，空のキップの装置に希硫酸および硫化鉄(II)を入れた。必要量の硫化水素を捕集装置に集め，図の(う)を閉じた。(う)を閉じた後，硫化水素の発生は自動的に停止した。

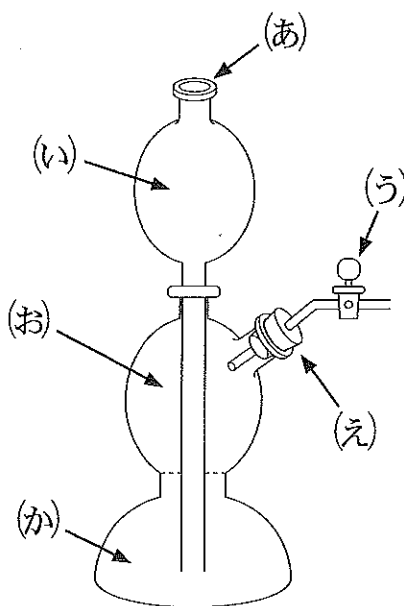


図 キップの装置

実験 3 水溶液 A~F に希アンモニア水 (NH₃ 水) を少量加え、さらに過剰量を加えたとき、または水酸化ナトリウム水溶液 (NaOH 水溶液) を少量加え、さらに過剰量を加えたときの変化を表に示した。水溶液 F は、いずれも沈殿が生じなかった。

表

	水溶液 A	水溶液 B	水溶液 C	水溶液 D	水溶液 E
NH ₃ 水 少量	褐色沈殿	白色沈殿	白色沈殿	青白色沈殿	沈殿せず
NH ₃ 水 過剰量	沈殿の溶解	白色沈殿	沈殿の溶解 ④	沈殿の溶解	沈殿せず
NaOH 水溶液 少量	褐色沈殿	白色沈殿	白色沈殿	青白色沈殿	白色沈殿
NaOH 水溶液 過剰量	褐色沈殿	沈殿の溶解	沈殿の溶解 ⑤	青白色沈殿	白色沈殿

実験 4 水溶液 A, B に希塩酸をそれぞれ加えると白色沈殿を生じた。水溶液 B から生じた沈殿は熱水に溶解した。一方、水溶液 A から生じた沈殿は熱水に溶解しなかった。

実験 5 水溶液 B~F に水溶液 A をそれぞれ加えると、水溶液 C, E で白色沈殿を生じた。水溶液 F では暗赤色沈殿を生じた。水溶液 D では沈殿を生じなかった。

実験 6 水溶液 C~F に水溶液 B をそれぞれ加えると、水溶液 C, D, E で白色沈殿を生じた。水溶液 F では黄色沈殿を生じた。

実験 7 水溶液 E に炭酸水または希硫酸を加えると白色沈殿を生じた。

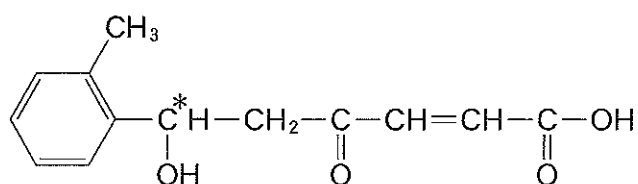
実験 8 水溶液 C, D の各溶液を酸性にし硫化水素を通じたところ、水溶液 D では黒色沈殿を生じたが、水溶液 C では沈殿を生じなかった。水溶液 C, D の各溶液を塩基性にし硫化水素を通じたところ、水溶液 C では白色沈殿、水溶液 D では黒色沈殿を生じた。

- 問 1. (ア)実験 1 で用いた濃アンモニア水の量(mL)を求めよ。(イ)実験 1 で作った希アンモニア水の pH を求めよ。ただし、水溶液の温度は 25℃ で一定に保たれている。
- 問 2. 図に示した記号(あ)~(か)のすべてを用いて、下線部①の手順を文章で答えよ。
- 問 3. 下線部②として適切な捕集法を答えよ。また、その方法を用いる理由を簡潔に説明せよ。
- 問 4. 実験 2 において、希硫酸の代わりに希硝酸を用いることができない。その理由を 30 字以内で答えよ。
- 問 5. 下線部③の理由を 50 字以内で答えよ。
- 問 6. 水溶液 A~F はどの塩に相当するか、それぞれ(a)~(h)の記号で答えよ。
- 問 7. (ア) 表中の下線部④の溶液中に存在する錯イオンを、イオン式で示せ。
(イ) 表中の下線部⑤の溶液中に存在する錯イオンを、イオン式で示せ。

化学問題 3

次の文章を読み、問1～問7に答えよ。原子量は $H = 1.00$, $C = 12.0$, $O = 16.0$ とする。気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$ である。構造式は下記にならって記せ。不斉炭素原子がある場合は*を付けよ。構造式は光学異性体を区別しなくてよい。

例



炭素、水素および酸素からなる化合物 A, B, C がある。これらの分子量は有効数字 3 桁の範囲で同じであり、炭素原子数は 9 以上である。いずれの化合物もベンゼン環を 1 つと、不斉炭素原子を 1 つもつ。化合物 A は B よりも炭素原子数が 1 つ多い。化合物 B と C は同じ組成式をもつ。化合物 A と B はベンゼン環に 1 つの置換基が、化合物 C はベンゼン環のパラ位に異なる置換基が結合した構造である。なお、これらの置換基には、環の構造、アルケンの構造、アルキンの構造、パーオキシドの構造(-O-O-)を含まない。

実験 1 22.5 mg の化合物 A を完全燃焼させたところ、水が 18.9 mg、二酸化炭素が 66.0 mg 生成した。

実験 2 27 °C において、5.00 g の化合物 A をある溶媒に溶かして、体積が 100 mL になるように溶液を作った。化合物 A は電離していなかった。この溶液の浸透圧を測定したところ、 $8.31 \times 10^5 \text{ Pa}$ であった。

実験 3 化合物 A は、炭酸水素ナトリウムとは反応しなかったが、金属ナトリウムと反応し、水素が発生した。

- 実験4 化合物Aを水酸化物イオンの存在下，ヨウ素と反応させたところ，ヨードホルムが生成した。^①
- 実験5 化合物Bを水酸化ナトリウム水溶液中で加熱したところ，けん化が起こった。この反応溶液を希塩酸で酸性にしたところ，化合物DとEが得られた。
- 実験6 化合物Dを水酸化物イオンの存在下，ヨウ素と反応させたところ，ヨードホルムが生成した。
- 実験7 化合物Eには還元性があり，アンモニア性硝酸銀溶液に加えて加熱したところ，銀が生成した。
- 実験8 化合物Eを炭酸水素ナトリウム水溶液に加えたところ，二酸化炭素が発生した。
- 実験9 化合物Cは塩化鉄(Ⅲ)と反応し，青紫色を呈した。
- 実験10 化合物Cをフェーリング溶液に加えて熱したところ，赤色の沈殿が生成した。^②

問 1. 実験 1 において、元素分析の際、(a)試料の完全燃焼を助けるために用いる固体の化合物と、(b)水を吸収させる際に使用する化合物の名称を、それぞれ答えよ。

問 2. 不揮発性物質の分子量を測定するには、実験 2 で行った浸透圧を利用する方法の他に、凝固点降下や沸点上昇を利用する方法がある。次の(ア)~(オ)のうち、浸透圧法が他の 2 つの方法よりも、正確に分子量を決定できる化合物はどれか。最も適切なものを 1 つ選び、記号で答えよ。

- (ア) 芳香族化合物 (イ) 単糖類 (ウ) 二糖類
(エ) アミノ酸 (オ) 高分子化合物

問 3. 実験 4 において、下線部①の反応を示さない化合物を次の(ア)~(カ)の中から、1 つ選び、記号で答えよ。

- (ア) アセトアルデヒド (イ) アセトン (ウ) エタノール
(エ) 2-プロパノール (オ) 酢酸 (カ) 乳酸

問 4. 下線部②の操作を、化合物 C の代わりにアセトアルデヒドに対して行ったところ、赤色の沈殿が生成した。このときの反応をイオン反応式で示せ。

問 5. 化合物 A の構造式を答えよ。

問 6. 化合物 B の構造式を答えよ。

問 7. 化合物 C の構造式を答えよ。

化学問題 4

次の文章を読み、問1～問6に答えよ。必要であれば次の数値を使用せよ。

原子量：H = 1, C = 12, N = 14, O = 16, S = 32

グルタチオンは動物や植物に広く存在し、生体内の解毒や生体物質の酸化防止に重要な働きを演じているペプチドである。表はタンパク質を構成する9種類の代表的な α -アミノ酸について、その名称と構造式を示したものである。グルタチオンは表中の3分子のアミノ酸の縮合で生じた直鎖状のトリペプチドである。

名称	R
グリシン	-H
アラニン	-CH ₃
セリン	-CH ₂ -OH
フェニルアラニン	-CH ₂ -C ₆ H ₅
システイン	-CH ₂ -SH
メチオニン	-CH ₂ -CH ₂ -S-CH ₃
グルタミン酸	-CH ₂ -CH ₂ -COOH
リシン	-CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -CH ₂ -NH ₂
バリン	-CH(CH ₃) ₂

表中のRはアミノ酸を $\text{H}_2\text{N}-\underset{\text{R}}{\text{CH}}-\text{COOH}$ と表したときの側鎖Rを示す。

グルタチオンを構成するアミノ酸の決定のために、以下の操作①～⑤を順に行った。

操作① グルタチオンを酸で完全に加水分解したところ、3種類のアミノ酸が生成した。このうちのひとつのアミノ酸は不斉炭素原子を持たず、別のひとつのアミノ酸の等電点は、3.2であった。

操作② グルタチオンを弱い酸で部分的に加水分解したところ、2種類のジペプチドAとBが生成した。

操作③ 操作②より生じたジペプチドAおよびBに、濃い水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱した後、酢酸で中和し、酢酸鉛(II)水溶液を加えると、いずれも黒色沈殿が生じた。

操作④ 操作②より生じたジペプチドAおよびBに、ある化合物の水溶液を加えて温めると、いずれも紫色を呈した。

操作⑤ グルタチオンに酸化剤として過酸化水素を加えたところ、グルタチオンの分子量の2倍と比べて、分子量が2少ない化合物が生じた。

問 1. 操作①よりグルタチオンに含まれるアミノ酸のうち、2種類を特定することができる。

ア) 不斉炭素原子を持たないアミノ酸について、その等電点と同じ pH をもつ緩衝液中で、最も多く存在するイオンの状態をイオン式で示せ。

イ) 等電点 3.2 の値を持つアミノ酸について、その名称を答えよ。

問 2. 操作③で生じた黒色沈殿物の化学式を示せ。

問 3. 操作③より、操作①で明らかになった 2 種類のアミノ酸を除いた、残り 1 種類のアミノ酸の候補が絞られる。そのアミノ酸の名称を全て答えよ。

問 4. 操作④で用いられた、広くタンパク質の検出にも用いられる化合物の名称を答えよ。

問 5. 操作⑤により生成する結合は何か。その名称を答えよ。

問 6. その後の実験から、グルタチオンでは構成するアミノ酸の側鎖 R に含まれる官能基の一つがペプチド結合(アミド結合)に関与していることが明らかになった。用いられたグルタチオンの構造式を例に従って示せ。不斉炭素がある場合には*を付けよ。

