

平成 21 年度 入 学 試 験 問 題

理 科

	ページ
物 理	1～ 8
化 学	9～25
生 物	26～39
地 学	40～52

化学については、問題 **1** から問題 **5** までは必ず解答し、問題 **6** と問題 **7** については、どちらか一方を選択して解答すること。

地学については、問題 **1** と **2** を必ず解答し、問題 **3** ～ **5** の 3 問のうちから 2 問を選択して解答すること。

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び答案用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子は開かないこと。
2. 解答は、必ず答案用紙の指定されたところに記入すること。
3. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
4. 答案用紙は持ち出さないこと。

化 学

(問題 **6** と問題 **7** については、どちらか一方を選択して解答すること。)

必要があれば、次の値を用いよ。原子量：Au = 197, C = 12.0, Cl = 35.5, Cu = 63.5, H = 1.0, N = 14.0, Na = 23.0, O = 16.0。気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 。アボガドロ定数 $N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$ 。ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C}/\text{mol}$ 。気体はすべて理想気体として取り扱うものとする。

1 次の文章を読み、問 1～問 8 に答えよ。

近年、石油や石炭などの化石燃料の使用量が増大する一方、二酸化炭素の吸収源である森林の伐採などが進行している。その結果、大気中の二酸化炭素の濃度が増加し続け、地球温暖化を後押ししている。緊急の課題として、大気中の二酸化炭素の濃度を低減する方策が各方面から検討されている。

二酸化炭素を水酸化カルシウム水溶液に通じると白色沈殿を生じる。さらに、
①この水溶液に二酸化炭素を通じると白色沈殿は溶解する。これらの方法により二酸化炭素を固体や水溶液として固定することができる。また、二酸化炭素は、二酸化炭素自身の温度を下げたり、ある温度以下で加圧すると固体になる。この方法により二酸化炭素の体積を約八百分の一に減少させることができる。^③

問 1 石油中に含まれているオクタン(C_8H_{18})の完全燃焼の化学反応式を記せ。

問 2 二酸化炭素分子の構造式を記せ。

問 3 二酸化炭素の性質で、次の(あ)～(お)の中から正しいものを1つ選び、記号で答えよ。

- (あ) 無色，無臭で還元性がある。
- (い) 単体である。
- (う) 気体の密度は空気の密度より小さい。
- (え) 極性分子である。
- (お) 水に溶けて弱酸性を示す。

問 4 下線部①の反応式を記せ。

問 5 下線部①の白色沈殿を主成分とした鉱物について、次の(か)～(そ)の中から該当するものを2つ選び、記号で答えよ。

- (か) 石灰石
- (き) セッコウ
- (く) ケイ砂
- (け) 大理石
- (こ) ホタル石
- (さ) 赤鉄鉱
- (し) ダイヤモンド
- (す) 黄銅鉱
- (せ) 水晶
- (そ) ボーキサイト

問 6 下線部②の化学反応式を記せ。

問 7 下線部③の物質に関して、次の(た)～(と)の中から正しいものを2つ選び、記号で答えよ。

- (た) この物質の電気伝導性は金属の銅と同程度である。
- (ち) この物質は昇華性がある。
- (つ) この物質は冷却剤として用いられる。
- (て) この物質はイオン結晶である。
- (と) この物質は可燃性である。

(問題は、次頁に続く。)

問 8 次の(1)～(4)に示した操作により、二酸化炭素が発生する。このときの各操作に対応する化学反応式を記せ。

(1) 炭酸カルシウムに塩酸を加え、反応させる。

(2) 炭酸水素ナトリウムを加熱分解する。

(3) 炭酸ナトリウムに二酸化ケイ素を加え、加熱する。

(4) グルコース ($C_6H_{12}O_6$) をアルコール発酵させる。

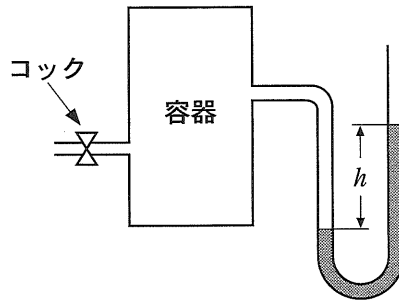
2

次の文章を読み、問1～問8に答えよ。

物質は一般に固体、液体、気体のいずれかの状態にある。固体は、低温、あるいは高圧の状態 で存在し、結晶構造を持っているものが多い。気体は高温、あるいは低圧の状態 で存在し、^①気体を構成する原子や分子は自由に運動しており、圧力や温度によってその体積が大きく変化する。

(実験1) 50 gの水が入った4つのビーカーA、B、C、Dを70℃に保持した。この内の1つのビーカーに硝酸ナトリウム、塩化ナトリウム、硝酸カリウム、硫酸銅(II)のうち1つを溶かし、4つの飽和水溶液を用意した。これらを20℃まで冷却し放置したところ、それぞれのビーカー中には結晶が析出した。

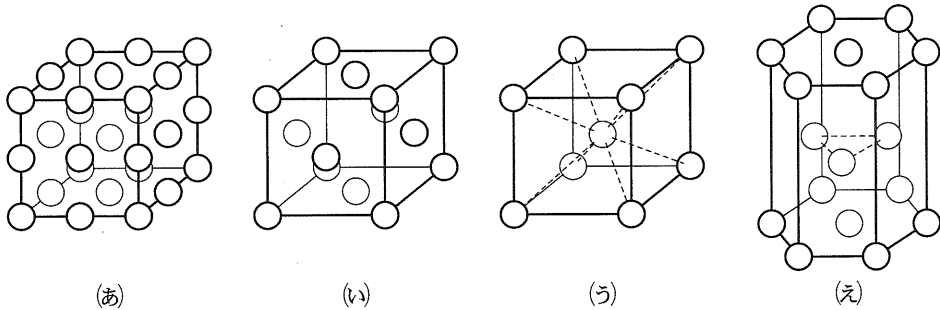
(実験2) 図1のような、水銀を入れた細いガラス製のU字管がついた容積2.50 Lの容器がある。この容器に27℃で 1.01×10^5 Paのある気体^②を入れたとき、水銀の高さの差 h は0.00 mmであった。この容器の気体を窒素 8.00×10^{-2} mol、酸素0.200 mol、プロパン 2.00×10^{-2} mol^③に置換したあと、わずかな量の触媒を入れ、ゆっくり加熱して反応させたところ、プロパンは完全に反応して消失し、二酸化炭素と水が生成^④した。容器を冷却して27℃にしたとき、水銀の高さの差 h は、 x mm^⑤であった。なお、容器内の気体と大気との圧力差が 1.01×10^5 Paのとき、水銀の高さの差は760 mmであった。また、容器の容積は実験中変化しないものとし、水銀を入れたU字管部分の体積は、容器に比べ非常に小さく無視できるものとする。



水銀を入れたU字管

図1

問1 下線部①について、下の図は結晶格子を示したものである。この中から六方最密構造および面心立方格子を選び、(あ)~(え)の記号で示せ。



問2 問1の図(い)の単位格子に含まれる原子数を記せ。

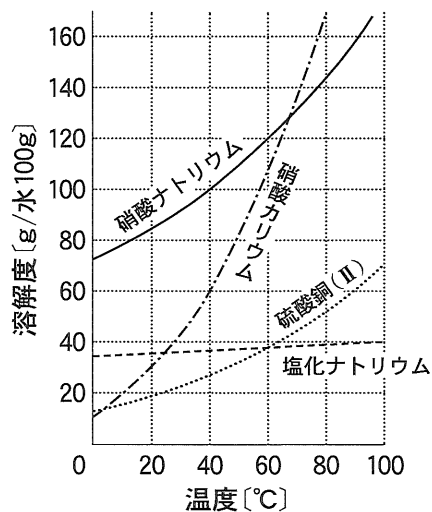
問3 問1の図(い)の単位格子をもつ結晶が1種類の元素からなるとき、その密度 $[\text{g}/\text{cm}^3]$ を、単位格子の1辺を $a[\text{nm}]$ 、原子量を M 、アボガドロ定数を N_A として式で示せ。ただし、 $1.00 \text{ nm} = 1.00 \times 10^{-9} \text{ m}$ とする。

(問題は、次頁に続く。)

問 4 実験 1 で、析出した結晶の質量は下表のようになった。右の溶解度曲線を参考にして、A～D のビーカーに入っている物質名を(お)～(く)の中から選び、記号で答えよ。

ビーカー	A	B	C	D
析出量 [g]	1	24	13	54

- (お) 硝酸ナトリウム
- (か) 硝酸カリウム
- (き) 塩化ナトリウム
- (く) 硫酸銅(Ⅱ)



問 5 下線部②において、ある気体の物質量 [mol] を有効数字 3 桁で求めよ。

問 6 下線部③において、27°C における U 字管内の水銀の高さの差 h [mm] を有効数字 3 桁で求めよ。

問 7 下線部④において、反応後の容器中にある成分は窒素、酸素、水、二酸化炭素である。各成分の物質量 [mol] を求めよ。

問 8 下線部⑤の x の値を有効数字 3 桁で求めよ。ただし、水の 27°C における蒸気圧は 3.30×10^3 Pa とし、凝縮した水の体積は無視できるものとする。また、気体は水に溶解していないものとする。

3 次の文章を読み、問1～問4に答えよ。

鉄製の電柱などは、さびなどを防止するために、亜鉛メッキが施されている。これは、鉄の が亜鉛の よりも ことを利用したものである。

電線に使われる銅線には、送電ロスを少なくするために電気抵抗が小さい純銅が使用される。この純銅は粗銅を原料として電解精錬により得られる。これも、金属の の差を利用したものである。硫酸銅水溶液中で、粗銅を 極に、純銅をもう一方の極として直流電圧を加えると、粗銅中に含まれる銅は銅イオンとなって溶液中に溶け出し、溶液中の銅イオンは、純銅表面に析出する。また、粗銅に含まれていた の大きな金属元素の単体は、 されて溶液中に溶け出すが析出できない。一方、粗銅に含まれていた の小さな金属は、溶液中に溶けることができず、泥状物質として沈殿する。

問1 文章中の に適切な語句を記せ。また、 ～ は、以下の枠内の語句から適切なものを選んで記せ。

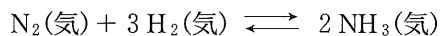
問2 この電解精錬中に純銅および粗銅の電極表面で起こる反応を、電子 e^- を用いた反応式で記せ。

問3 上述の電解精錬を電圧0.300 V、2.00 Aで10.0時間連続して行った。純銅電極の銅純度は質量パーセント濃度で100%とし、粗銅電極は金属の金のみを不純物として含み、銅純度は質量パーセント濃度で98.3%とする。この電解精錬後の純銅電極の増加量および粗銅電極の減少量はそれぞれ何gか求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字3桁で示せ。

問 4 電線から取り出した銅線を、濃硝酸に浸すと、赤褐色(茶色)の気体を発生して溶けた。この液体を水で希釈すると青色の液体になった。この液体にアンモニア水を加えると青白色の沈殿を生じたが、さらにアンモニア水を加えると、沈殿は溶けて深青色の水溶液になった。下線部①および下線部②の反応式を記せ。

4 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。

窒素と水素を原料とするアンモニアの合成法の反応式は次のように表される。



この合成法では、反応時の圧力を高くすると、平衡が **ア** の方向へ移動し、アンモニアの生成率が **イ** なる。また、アンモニアの凝縮する温度は、窒素や水素よりも **ウ** ので、反応後、反応器を冷却すれば、容易にアンモニアを **エ** として分離できる。アンモニアは、水に溶けやすく、1.00気圧、20℃のとき、100 mLの水に52.0 g溶ける。^①

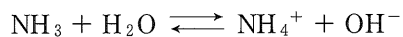
問1 文章中の **ア** ～ **エ** に適切な語句を記せ。

問2 4.00 molの窒素ガスと12.00 molの水素ガスを、1.00 Lの容器中で、ある一定条件のもとで反応させ、アンモニアを合成した。反応が平衡状態に達したのち、生成したアンモニアの物質量を測定した結果、6.00 molであった。この反応における平衡定数[L²/mol²]を求めよ。解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字3桁で示せ。

問3 N≡NおよびH-Hの結合エネルギーは、それぞれ945 kJ/mol、432 kJ/molである。アンモニアの生成熱が46.1 kJ/molであるとき、アンモニア分子中のN-Hの結合エネルギー[kJ/mol]を求めよ。有効数字3桁で示せ。

問4 下線部①の飽和アンモニア水1.00 mLを、水で希釈して、0.200 mol/Lの濃度に調整したい。加える水の量[mL]を求めよ。有効数字3桁で示せ。ただし、アンモニアの溶解による体積の増加は無視するものとする。

問 5 0.200 mol/L アンモニア水の pH を求めよ。ただし、アンモニアの電離平衡では、以下の関係式が成り立つものとする。なお、 $\log_{10} 5 = 0.699$ を用いて、解答欄には計算の過程を含めて記入し、有効数字 3 桁で示せ。



$$\frac{[\text{NH}_4^+][\text{OH}^-]}{[\text{NH}_3]} = 2.00 \times 10^{-5} [\text{mol/L}]$$

問 6 0.200 mol/L のアンモニア水 100 mL に、希硫酸 210 mL を加えて、ちょうど中和した。この反応を、化学反応式で記せ。また、中和に用いた希硫酸の濃度 [mol/L] を求めよ。有効数字 3 桁で示せ。

5 次の実験 1～実験 5 の文章を読み、問 1～問 8 に答えよ。

(実験 1) 炭素、水素、酸素だけからなる物質 A がある。物質 A は不斉炭素原子とエステル結合を持つ中性の化合物で、加水分解すると物質 B と物質 C が生成した。その際、1.00 mol の物質 A から、物質 B は 1.00 mol、物質 C は 2.00 mol 生成した。

(実験 2) 物質 B は弱酸性の化合物で、水や酸性水溶液には溶けにくいだが水酸化ナトリウム水溶液にはよく溶けた。物質 B は、キシレンを過マンガン酸カリウムの塩基性水溶液と反応させて得られる化合物であり、飲料容器として広く利用される 高分子化合物の製造原料の 1 つ である。物質 B の原料となるキシレン^①を ア と濃硫酸でニトロ化するとき、ニトロ基を 1 つ持つ生成物は 1 種類である。

(実験 3) 物質 C は、分子量が 100 よりも小さい不斉炭素原子を持つ第一級アルコールである。物質 C に 臭素水を少量滴下すると臭素水の色が消えた。^②

(実験 4) 物質 C を 100 mg とり、完全燃焼させたところ、二酸化炭素 256 mg と水 104 mg が生成した。

(実験 5) 物質 C を 1.00 g とり、適切な触媒が存在する条件で水素と完全に反応させたところ物質 D が得られた。その際必要な水素の体積は標準状態で 0.260 L であった。なお、気体 1.00 mol の体積は標準状態で 22.4 L である。

問 1 不斉炭素原子を持つ化合物を次の(a)~(e)の中から1つ選び、記号で答えよ。

- (a) 安息香酸 (b) 乳酸 (c) サリチル酸
(d) マレイン酸 (e) グリセリン

問 2 下線部①の高分子化合物は PET と略称される。この高分子化合物の名称を記せ。

問 3

ア

 に適切な物質の名称を記せ。

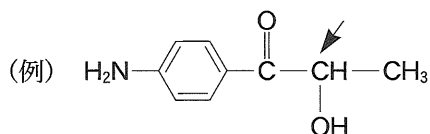
問 4 下線部②と同様な反応がおこる物質を、次の(f)~(j)の中から1つ選び、記号で答えよ。

- (f) パルミチン酸 (g) ヘキサン (h) オレイン酸
(i) シクロヘキサン (j) ジエチルエーテル

問 5 物質 C の組成式を記せ。

問 6 物質 C の分子量を求めよ。解答欄には計算の過程も記せ。

問 7 物質 C が不斉炭素原子を持つ第一級アルコールであることを考慮して、物質 C の構造式を例にならって記せ。また、構造式中の不斉炭素原子の位置を、例にならって矢印で記せ。



問 8 物質 A, B, D の構造式を記せ。ここでは不斉炭素原子に矢印を記さなくてよい。

(6 と 7 のどちらか一方を選択して解答せよ。 6 を選択した場合は、
答案用紙の 6 の下のマーク欄に○を記入せよ。)

6 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。

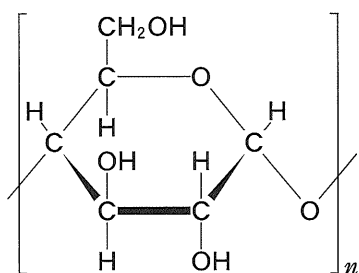
高分子化合物は、1種類または数種類の最小単位である **ア** が、数百から数千以上も共有結合でつながった巨大分子である。このように多数の **ア** が次々と結びつき、巨大分子を形成する反応を **イ** といひ、**ア** の繰り返しの数を **ウ** という。

高分子化合物ができる主な反応に **エ**、**オ**、**カ** がある。1分子中に2個以上の官能基を持つ **ア** が反応し、水やエタノールなどの簡単な低分子がとれることによって次々とつながってできる反応を **エ** という。二重結合や三重結合のような不飽和結合を持つ **ア** が、その結合を開いて、次々とつながってできる反応を **オ** という。また、環式の化合物の環が開いて次々とつながってできる反応を **カ** という。

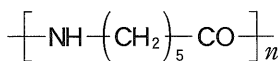
繊維として広く用いられている 6,6-ナイロン(ナイロン66)は、アジピン酸と **キ** が特定の反応条件の下で、^①**エ** することによって得られる。6,6-ナイロン分子中の結合-CO-NH-を **ク** 結合という。

問1 文章中の **ア** ～ **ク** に適切な語句、または化合物名を記せ。

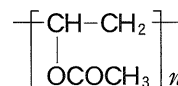
問 2 以下の(A)~(C)に示す高分子化合物は、一般的に , ,
 のいずれかの反応によって生じる。(A)~(C)に対応する反応を
 ~ の記号で答えよ。



(A)

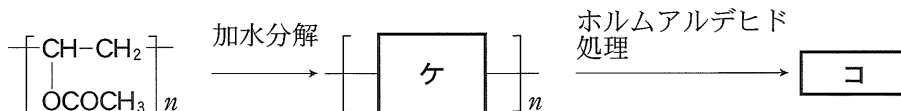


(B)



(C)

問 3 問 2 の(C)に示す高分子化合物は、以下に示す反応によって異なる高分子化合物となる。反応式中の には、適切な繰り返し単位の構造式を、
 には生成する高分子の名称を記せ。



(C)

問 4 下線部①の 6,6-ナイロンが生成する反応式を記せ。高分子化合物の構造式を示す場合は、繰り返し単位がわかるように、問 2 の(B)にならって記せ。

問 5 ここに平均分子量が 3.00×10^4 である 6,6-ナイロンがある。この 6,6-ナイロン 1 分子あたりに含まれるアジピン酸に相当する構造単位は平均して何個か。有効数字 3 桁で記せ。

(6 と 7 のどちらか一方を選択して解答せよ。 7 を選択した場合は、
答案用紙の 7 の下のマーク欄に○を記入せよ。)

7 次の文章Ⅰと文章Ⅱを読み、問1～問5に答えよ。

Ⅰ 植物が正常に成長するためには、少なくとも16種類の元素が必要といわれている。これらの元素は、必須元素とよばれる。必須元素16種類のうち9種類は、比較的高い含有量で植物体を構成しており、これらは多量元素とよばれる。多量元素を原子番号の小さいものから順に並べると、ア、イ、窒素、ウ、マグネシウム、エ、オ、カ、カルシウムとなる。残りの7種類の元素(B, Cl, Mn, Fe, Cu, Zn, Mo)は、植物体にごく少量含まれており、微量元素とよばれる。植物の生育において、特に不足しやすい必須元素は、窒素、エ、カであり、これらは肥料の三要素とよばれる。一般に植物は、大気中の窒素を利用することができず、窒素原子を含むイオンを土壌から吸収することにより、^①元素としての窒素を取り込んでいる。大気中の窒素を工業的に固定して得られるアンモニアを原料として大量生産される主な窒素肥料として、硫酸アンモニウム(硫安)やキがある。無機化合物である硫安は、安価で即効性の高い窒素肥料であるが、土壌を酸性化する欠点がある。一方、有機化合物であるキは、土壌を酸性にしない点で優れた窒素肥料で、土壌中の微生物の作用によって分解され、窒素原子を含むイオンを植物に供給する。

Ⅱ インスリンは、2本のポリペプチドのA鎖とB鎖から構成される水溶性ホルモンの一種である。インスリン分子中には、3つのジスルフィド結合(S-S結合)^②があり、そのうち2つがA鎖とB鎖の結合にかかわっている。インスリンを還元すると、21個のアミノ酸から構成される還元型のA鎖(分子量2384)と30個のアミノ酸から構成される還元型のB鎖(分子量3430)に分かれる(図1)。インスリンは、医薬品として用いられており、飲み薬として服用すると胃液に含まれている酵素によって分解されてしまう。そこで、一般的には注射薬^③として用いられる。また、インスリンは、生体分子の分子量を測定するときの標準物質としても用いられる。

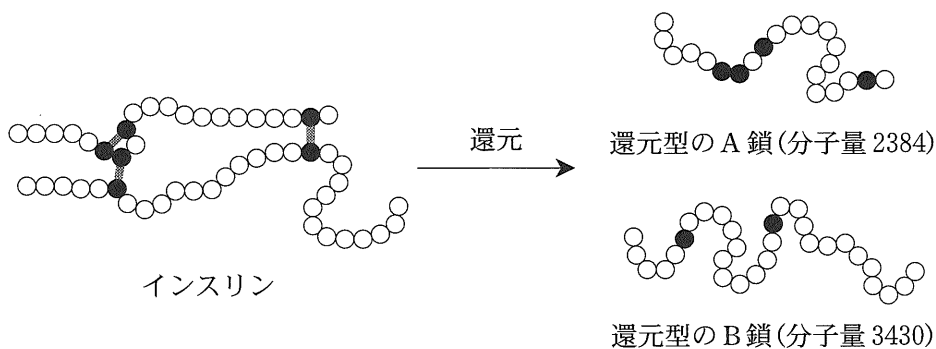


図1 インスリン分子の還元

○および●はアミノ酸を示し、●同士をつないでいる太線は、ジスルフィド結合を示す。

問1 文章Ⅰの ア ~ カ に入る適切な元素を元素記号で記せ。また、キ に入る適切な物質名およびその化学式を記せ。

問2 文章Ⅰの下線部①に該当する陰イオンをイオン式で1つ記せ。

問3 文章Ⅱに関して、インスリンの水溶液が示す反応を(a)~(e)の中から2つ選び、記号で答えよ。

- (a) 水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、酸で中和した後に酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えると、黒色沈殿を生じる。
- (b) ヨウ素溶液を加えると、青紫色を示す。
- (c) 水酸化ナトリウム水溶液と硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えると、赤紫色を示す。
- (d) フェーリング液を加えると、赤色沈殿を生じる。
- (e) 濃硝酸を加えて加熱すると、紫色沈殿を生じる。

(問題は、次頁に続く。)

問 4 文章Ⅱの下線部②の結合に関わるアミノ酸(図1の●に相当)の名称を記せ。また、文章Ⅱの記述をもとに、インスリンの分子量を求めよ。

問 5 文章Ⅱの下線部③の酵素として適切なものを(f)~(i)の中から1つ選び、記号で答えよ。

(f) ペプシン (g) リパーゼ (h) アミラーゼ (i) カタラーゼ