

九州大学
前期

医学部
歯学部

平成 29 年度 入学試験 問題

理 科

(注 意 事 項)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があったら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。

科 目	問 題 冊 子	解 答 紙	
	ペ ー ジ	解答紙番号	枚 数
物理基礎・物理	1 ～ 16	31 ～ 33	3
化学基礎・化学	17 ～ 34	34 ～ 38	5
生物基礎・生物	35 ～ 56	39 ～ 43	5
地学基礎・地学	57 ～ 69	44 ～ 48	5

4. 各解答紙の 2 箇所を受験番号を記入すること。
5. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
6. 計算その他を試みる場合は、解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
7. この教科は、2 科目 250 点満点(1 科目 125 点満点)です。なお、医学部保健学科(看護学専攻)については、2 科目 100 点満点に換算します。

九州大学

補 足 説 明

理 科 (化学基礎・化学)

30ページ 大問〔5〕

セルロースの分子量は十分に大きいものとする。

化 学 基 礎 ・ 化 学

必要な場合には、次の値を用いよ。

原子量：H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0

〔1〕 次の文章を読み、問1～問7に答えよ。(25点)

日本で発見された原子番号113番の新元素の名称案が〔①〕になることが、2016年6月9日に発表された。この元素は、原子番号30番の典型元素である亜鉛と原子番号83番の典型元素であるビスマスを高速で衝突させ、核融合により合成する。〔①〕は、周期表においてアルミニウムと同じ〔ア〕族に属する元素である。単体のアルミニウムは、軽くてやわらかい金属で、ボーキサイトを精製してアルミナとよばれる純粋な〔A〕をつくり、さらにこれを融解塩電解して製造される。

アルミニウムの価電子数は〔イ〕個である。単体のアルミニウムは酸の水溶液にも強塩基の水溶液にも反応して溶ける性質をもち、〔②〕元素と呼ばれる。〔②〕元素としては他に、亜鉛、スズ、鉛が知られている。常温におけるアルミニウムの結晶格子は〔③〕格子である。〔③〕格子では、配位数は〔ウ〕である。〔③〕格子は最密(充填)構造であり、充填率は〔エ〕%である。

問1. 文中の〔①〕～〔③〕にあてはまる適切な語句を答えよ。文中の〔ア〕～〔エ〕にあてはまる適切な数値を整数で答えよ。また、文中の〔A〕にあてはまる化学式を答えよ。

問2. 下線部(a)について、アルミニウムが水酸化ナトリウム水溶液に溶ける反応を化学反応式で示せ。

問3. 単体のアルミニウムを濃硝酸に入れると、不動態になる。下記の金属のうち、アルミニウムと同様に不動態になりうる金属を一つ選び元素記号で答えよ。

Na, Cr, Zn, Sn, Pb

問 4. ジュラルミンは、アルミニウムに銅、マグネシウム、マンガンの3種類の金属を混合してつくられる合金である。銅、マグネシウム、マンガンの水溶液中でのイオン化傾向を、大きなものから順に元素記号で記せ。

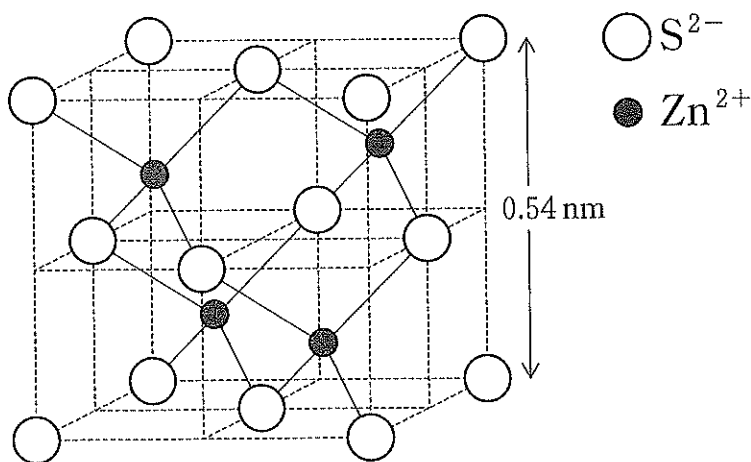
問 5. ある金属は〔 ③ 〕格子の結晶で、単位格子の一辺の長さが a [cm]、密度は d [g/cm³] である。アボガドロ定数を N_A [/mol] として、この金属の原子量 A を求める式を示せ。

問 6. 亜鉛の各電子殻 (K 殻, L 殻, M 殻, N 殻) 中の電子数を答えよ。

問 7. 亜鉛と硫黄を反応させたところ、組成式 ZnS で表される硫化亜鉛結晶が生成した。この ZnS 結晶の構造は図に示すとおり、陽イオン数と陰イオン数の比が 1 : 1 であり、また、 Zn^{2+} と S^{2-} の間の結合距離はすべて同じである。次の(1), (2)の問に答えよ。

(1) 単位格子中の Zn^{2+} および S^{2-} の数を求めよ。

(2) ZnS 結晶の単位格子は一辺の長さが 0.54 nm の立方体であるとして、 Zn^{2+} と S^{2-} の結合距離を有効数字 2 桁で答えよ。なお、 $\sqrt{3} = 1.7$ とする。



図

〔2〕 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。(25点)

難溶性で不揮発性の塩Aを溶媒Bに溶かすと、1価の陽イオンと1価の陰イオンに完全に電離する。この溶液の沸点上昇と凝固点降下に関する以下の実験を行う。溶媒Bは一種類の分子からなる液体で、その分子量は M_B である。また、圧力 1.0×10^5 Paでの溶媒Bの沸点は T_B [K]である。なお、解答にべき指数を用いて良い。

[実験1]

図1の密閉容器に溶媒Bが入っている。この容器は内容物の温度調節が可能であり、容器内の温度を T_B 付近でゆっくり変化させて蒸気圧 P_B [Pa]の変化を測定した。その結果を図2に示す。温度 T_B 付近で温度を変えたときの P_B の変化は直線とみなすことができ、温度を1 K上げると蒸気圧は ΔP [Pa]だけ上昇することがわかった。

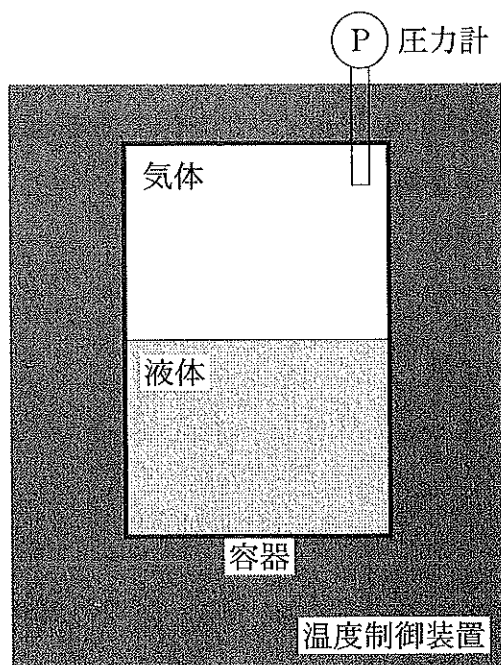


図1

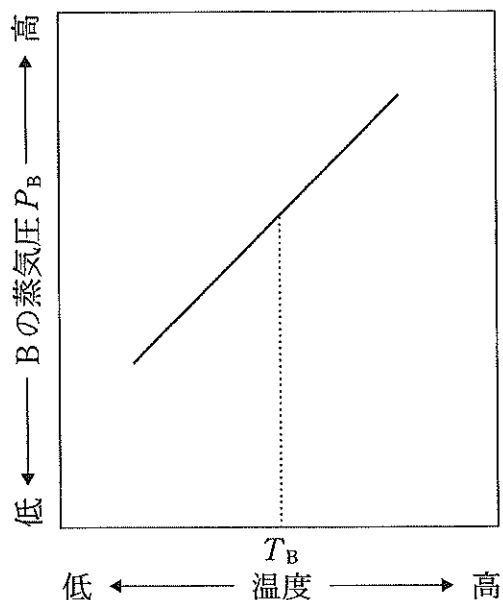


図2

[実験 2]

沸点 T_B よりわずかに低い温度で、 w [g] の塩 A を質量 $1000 w$ [g]、体積 V_B [L] の溶媒 B に溶かした。その温度で、溶媒 B に溶かすことができる塩 A の最大の質量は w [g] である。その時の溶液の体積は V_{BA} [L]、B の蒸気圧は P_{BA} [Pa] であった。なお、この溶媒 B のモル沸点上昇は K_b [K·kg/mol] である。

問 1. 実験 2 の圧力 1.0×10^5 Pa における溶液の沸点 T_{BA} [K] を答えよ。

問 2. 塩 A の式量を答えよ。

問 3. 沸点 T_B よりわずかに低い温度において、塩 A から生じる陽イオンと陰イオンの溶解度積を単位も含めて答えよ。

[実験 3]

実験 2 の溶液にさらに塩 A を w_A [g] 加えてかき混ぜた。しかし、 w_A [g] の塩 A は固体のまま溶けずに残った。

問 4. この固体の塩を含む溶液の沸点に関して、以下の(A)~(D)から最も適切なものを一つ選び記号で答えよ。なお、モル沸点上昇 K_b は十分小さく溶質が溶けた場合の沸点の変化は小さい。そのため塩 A の溶解度は、純溶媒 B の沸点でも溶液の沸点でも同じであるとする。また、固体の塩の融点は T_B より十分高い。

- (A) 溶媒 B の沸点 T_B より低くなる。
- (B) 溶媒 B の沸点 T_B より高く、実験 2 の溶液の沸点 T_{BA} より低くなる。
- (C) 実験 2 の溶液の沸点 T_{BA} とほとんど変わらない。
- (D) 実験 2 の溶液の沸点 T_{BA} と溶媒 B の沸点 T_B の差の約 2 倍分高くなる。

[実験 4]

実験 3 で用いた溶液から液体部分だけを一部取り出した。その溶液を T_B よりわずかに低い温度からゆっくり冷やした。その結果、塩 A が析出し始めた。溶液が凝固を始める直前に析出した塩を分離して質量をはかったところ $0.25 w$ [g] であった。また、純粋な溶媒 B の凝固点に比べてこの溶液の凝固点は ΔT_{BA} [K] だけ低かった。なお、溶媒 B のモル凝固点降下は K_f [K·kg/mol] である。

問 5. 実験 4 の冒頭において取り出した溶液の体積は、固体を含まない溶液全体の体積の何%か答えよ。なお K_f は十分小さく、溶質が溶けた場合の凝固点の変化は小さい。そのため塩 A の溶解度は、純溶媒 B の凝固点でも溶液の凝固点でも同じであるとする。

〔3〕 次の文章を読み、問1～問6に答えよ。(25点)

アンモニアは常温・常圧で空気より軽い気体であり、分子中の窒素原子と水素原子は〔ア〕を形成している。一方、アンモニア分子どうしは、窒素原子が大きな〔イ〕を有するため、他の分子中の水素原子と〔ウ〕で引き合い、〔エ〕を形成する。

アンモニアは工業的にはハーバー・ボッシュ法により合成される。アンモニアは濃塩酸と反応し、塩化アンモニウム^(A)を生成する。この際、水素イオンとアンモニアの窒素原子は〔オ〕を形成する。固体の塩化アンモニウムは塩化セシウム型の結晶構造を有し、アンモニウムイオンと塩化物イオンの間で〔カ〕が形成される。塩化アンモニウムと水酸化カルシウムの混合物を加熱すると再びアンモニア^(B)が生成する。アンモニアと塩化アンモニウムが等モル量溶解した水溶液は緩衝液^(C)となる。アンモニア水に金属イオンを加えると、金属の水酸化物やアンミン錯体^(D)などを生成する。

問1. 〔ア〕～〔カ〕に当てはまる最も適切な語を以下の語群から選び、答えよ。

語 群

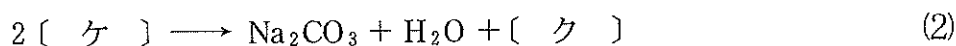
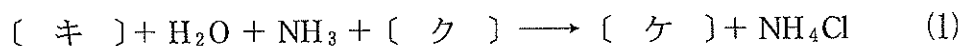
イオン結合、共有結合、金属結合、水素結合、配位結合、アミド結合、
ペプチド結合、ファンデルワールス力、原子半径、電離定数、
エンタルピー、エントロピー、イオン化エネルギー、電気陰性度、
静電気力、酸化力、還元力

問 2. 以下の文章(1)~(4)は下線部(A)のアンモニア製造プロセスについて説明したものである。誤っているものをすべて選び、番号で答えよ。

- (1) 窒素と水素をアンモニアの原料とし、酸化鉄を主な成分とした触媒が用いられる。
- (2) 触媒の量を変えることにより反応の平衡定数が変化する。
- (3) 温度を上げるほど反応の平衡定数が大きくなるため、反応は高温で行われる。
- (4) 反応は高圧で行い、特殊な反応容器が用いられる。

問 3. 下線部(B)はアンモニアの実験室的製造方法を示している。この反応を化学反応式で示せ。

問 4. 次の式(1), (2)はアンモニアを原料とした炭酸ナトリウムの合成法(ソルバー法)を示す。〔キ〕~〔ケ〕に入る化学式をそれぞれ答えよ。

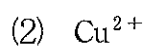
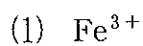


問 5. 下線部(C)について、濃度 0.2 mol/L のアンモニア水溶液 100 mL と 0.2 mol/L の塩化アンモニウム水溶液 100 mL を混合した溶液(a)の pH を答えよ。さらに、溶液(a)に 0.02 mol/L の塩酸 200 mL を混合した溶液(b)の pH を求めよ。ただし、溶液の温度はすべて 25℃ とする。また、計算には以下の数値の中から必要なものを用い、小数第 2 位まで答えよ。

$$\text{アンモニアの電離定数 } K_b = 2.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$\log_{10} 2.0 = 0.30 \quad \log_{10} 3.0 = 0.48 \quad \log_{10} 5.0 = 0.70$$

問 6. 下線部(D)について、次に示す金属イオンが含まれる水溶液に過剰のアンモニア水を加えたときの主な生成物の化学式を示せ。また、その様子を下の語群から選び、答えよ。

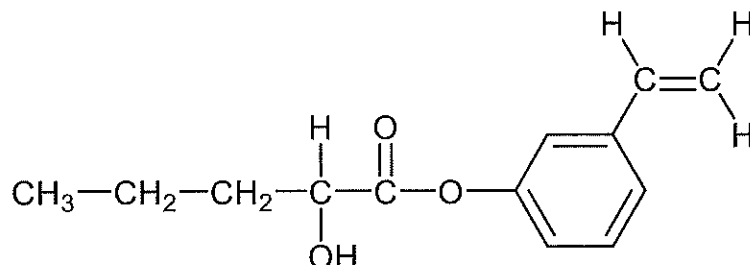


語 群

白色沈殿, 黒色沈殿, 深青色沈殿, 黄緑色沈殿, 赤褐色沈殿,
無色溶液, 深青色溶液, 黄褐色溶液, 黄緑色溶液, 赤褐色溶液

- 〔4〕 次の文章を読み、問1～問5に答えよ。構造式を記入するときは、記入例にならって答えよ。(25点)

構造式の記入例



分子式 C_3H_6 で表されるアルケン **A** と C_5H_{10} で表される分岐型アルケン **B** がある。化合物 **A** および **B** を、触媒を用いて水素と反応させると、それぞれ飽和炭化水素化合物 **C** および **D** が生成する。また、酸を触媒にして化合物 **A** および **B** に水を付加させると、**A** からはアルコール **E** および **F** が、**B** からはアルコール **G** および **H** が生成する。ただし、**G** および **H** は第一級アルコールではない。**A** および **B** を臭素と反応させると臭素の色が消え、それぞれ化合物 **I** および **J** が生成する。また、化合物 **B** をオゾンで酸化したのち、亜鉛で処理すると、カルボニル化合物 **K** および **L** が得られ、**K** は銀鏡反応を示す。なお、化合物 **A**～**L** において、光学異性体(鏡像異性体)が存在しても区別していない。

問 1. 化合物 **C** および **D** の構造式を答えよ。

問 2. 化合物 **E**, **F**, **G**, **H** の構造式を答えよ。ただし、水の付加反応ではアルケン は異性化せず、**E** および **G** は少量しか生成しない。

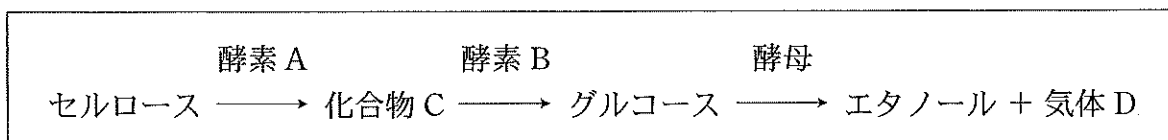
問 3. 化合物 **E**, **F**, **G**, **H**, **I**, **J** のうち、光学異性体を持つものをすべて記号で答えよ。

問 4. 化合物 L を還元するとアルコールが得られるが、このとき E, F, G, H のどれと同じ分子が得られるか記号で答えよ。

問 5. 臭素原子には相対質量 79.0 と 81.0 の同位体が 51 : 49 で存在し、そのため化合物 I には、1 モルあたりの質量が異なる分子が存在する。そのうちでもっとも小さい質量と、その存在比を百分率(%)で示せ。質量、百分率ともに、小数点以下は四捨五入せよ。ただし、炭素と水素の同位体は無視できるものとする。

〔5〕 次の文章を読み、問1～問8に答えよ。計算問題の答えは、すべて有効数字3桁で答えよ。(25点)

地球上に豊富に存在する有機化合物の一つであるセルロースから、下図の過程によりエタノールを作り出すことができる。



図

上図の具体的な操作を次の通り行った。まずセルロース粉末 72.0 g の懸濁液に、酵素 A を作用させ化合物 C を得た後、酵素 B を作用させグルコースを得た。⁽¹⁾次に、このグルコース溶液に酵母を加え、一定の条件下で反応させると、気体 D の発生が見られ、アルコール発酵が確認された。⁽²⁾

問 1. セルロースの性質を説明する次の文章には、二箇所の下線部に誤りがある。その箇所を示し、正せ。

セルロース分子は、複数のグルコースが縮合重合したものであり、1位と3位間が β -グリコシド結合でつながった直線状の構造をもつ。この分子は、分子内で水素結合を形成し、繊維状の物質となる。

問 2. 下線(1)の、酵素 A、酵素 B、化合物 C、それぞれの名称を答えよ。

問 3. 下線(1)の酵素反応が進行したことを確認するための操作として、適当なものを、以下の(a)~(e)からすべて選び、記号で答えよ。

- (a) ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えても、青から青紫色の色を示さないことを観察する。
- (b) フェーリング液を加えて加熱して、赤色沈殿が生じることを観察する。
- (c) ニンヒドリン水溶液を加えて加熱して、赤紫色を示すことを観察する。
- (d) 赤色リトマス試験紙が青変することを観察する。
- (e) 白いにごり(懸濁状態)が薄くなったことを観察する。

問 4. 下線(1)の酵素反応により、セルロースがグルコースにまで完全に分解された場合に、得られるグルコースの質量を答えよ。

問 5. 下線(2)で述べるアルコール発酵の過程を化学反応式で示せ。

問 6. 下線(2)にて発生した気体 D を定量したところ 0.500 mol であった。この時、エタノールと気体 D の生成に使われたセルロースの質量を答えよ。

問 7. 下線(2)で述べるアルコール発酵の化学反応における反応熱は 84.0 kJ/mol である。また、グルコースの燃焼熱は 2820 kJ/mol である。エタノールの燃焼熱を答えよ。

問 8. 図の過程でセルロースからエタノールを作り出すことの利点に関する説明として、正しいものを、以下の選択肢の中から選び、記号で答えよ。

- (a) 最終的に得られるエタノールの質量は、原料のセルロースの質量に比べて増える。
- (b) 最終的に得られるエタノールの物質量は、原料のセルロースの物質量に比べて減る。
- (c) 途中で得られるグルコースの質量あたりの燃焼熱は、原料のセルロースの質量あたりの燃焼熱に比べて大きくなる。
- (d) 最終的に得られるエタノールの質量あたりの燃焼熱は、原料のセルロースの質量あたりの燃焼熱に比べて大きくなる。
- (e) 最終的に得られるエタノールの物質量あたりの燃焼熱は、原料のセルロースの物質量あたりの燃焼熱に比べて大きくなる。

