

【医学科】

理科問題

2021(令和3)年度

【注意事項】

1. この問題冊子は「理科」である。
2. 理科は2科目を解答すること。試験時間は2科目合計で180分である。
3. 試験開始の合図まで、この問題冊子を開いてはいけない。ただし、表紙はあらかじめよく読んでおくこと。
4. 試験開始後すぐに、以下の5.に記載されていることを確認すること。
5. この問題冊子の印刷は1ページから16ページまであり、解答用紙は問題冊子中央に9枚はさみこんである。

科目	問題	解答用紙
物理	1ページから6ページ	3枚(53-1, 53-2, 53-3)
化学	7ページから10ページ	3枚(54-1, 54-2, 54-3)
生物	11ページから16ページ	3枚(55-1, 55-2, 55-3)

6. 問題冊子に落丁、乱丁、印刷不鮮明な箇所等があった場合および解答用紙が不足している場合は、手をあげて監督者に申し出ること。
7. 試験開始後、解答する科目の解答用紙の所定欄に、受験番号と氏名を記入すること(1枚につき受験番号は2箇所、氏名は1箇所)。
8. 解答は必ず解答用紙の指定された箇所に記入すること。解答用紙の裏面に記入してはいけない。
9. 解答する科目の問題番号に対応した解答用紙に解答していない場合は、採点されない場合もあるので注意すること。
10. 解答する字数に指定がある場合は、句読点も1字として数えること。英数字を記入する場合は、1字分のマス目に2文字まで記入してよい。
11. 問題冊子の中の白紙部分は下書き等に使用してよい。
12. 解答用紙を切り離したり、持ち帰ってはいけない。解答しない科目の解答用紙も提出すること。
13. 試験終了時刻まで退室を認めない。試験中の気分不快やトイレ等、やむを得ない場合には、手をあげて監督者を呼び、指示に従うこと。
14. 試験終了後は問題冊子を持ち帰ること。

54 化学

7 ページから 10 ページ

〔 I 〕 溶液の性質に関する次の文章を読み、下記の問いに答えなさい。ただし、計算を含む問題では、計算式も示し、有効数字2桁で答えなさい。

溶液の性質には、「溶質の種類に依存するもの」と「溶質の種類に依存しないもの」がある。前者の例として溶解度を、後者の例として凝固点降下をあげることができる。

物質の溶解度は、溶質と溶媒の種類(性質)によって異なる。室温で(A)水によく溶けるがベンゼンにはほとんど溶けない物質がある一方、(B)水にもベンゼンにもよく溶ける物質もある。(C)溶解度は温度にも依存する(図1)。この温度依存性を利用すると物質の精製を行うことができる。

溶解度と異なり、(D)凝固点降下は溶質の質量モル濃度に依存し、溶質の種類に依存しないことから、(E)凝固点降下の測定を行うことで、溶質の分子量を求めることができる。

(1) 以下の語群に示されている物質について設問に答えなさい。

【語群】 (a) 硫酸マグネシウム (b) 硫酸バリウム (c) 水酸化バリウム
 (d) ヨウ素 (e) エタノール (f) ナフタレン (g) グルコース
 (h) セルロース

(ア) 下線部(A)に当てはまる物質をすべて選び、記号で答えなさい。

(イ) 下線部(B)に当てはまる物質を1つ選び記号で答えなさい。また、なぜ水とベンゼンの両方によく溶けるのか、その理由も述べなさい。

(2) 下線部(C)に関する実験を行うために以下の水溶液を作成した。

【水溶液】 硝酸カリウム 60 g と硝酸ナトリウム 69 g に 80 ℃ の水 75 g を加えた。

この水溶液について、図1を参照し、設問に答えなさい。なお複数の溶質が共存していても、それぞれの溶解度に影響しないとする。

(ア) 水溶液の温度を 80 ℃ から徐々に冷やすと固体が析出する。硝酸カリウムと硝酸ナトリウムが析出する温度をそれぞれ下記から選び記号で答えなさい。なお、計算過程を必ず示すこと。

【選択肢】 (a) 10 ℃ 以下 (b) 10 ~ 20 ℃ の間 (c) 20 ~ 30 ℃ の間
 (d) 30 ~ 40 ℃ の間 (e) 40 ~ 50 ℃ の間 (f) 50 ~ 60 ℃ の間
 (g) 60 ~ 80 ℃ の間 (h) 80 ℃ 以上

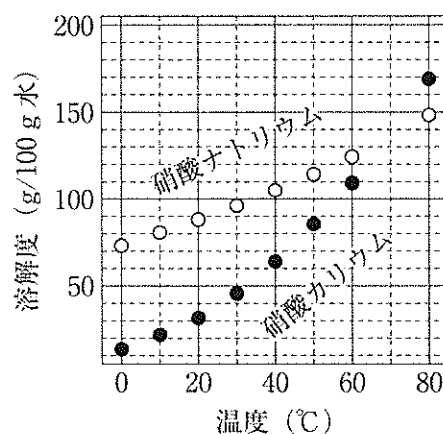


図1 溶解度の温度変化

- (イ) 80℃の状態の水溶液から水を蒸発させた。水が何g蒸発したら固体が析出しはじめると考えられるか、その質量を答えなさい。また、そのときに析出する物質を化学式で答えなさい。なお、80℃における各塩の溶解度は、以下の値とする。

硝酸カリウム 170 g/100 g 水 硝酸ナトリウム 150 g/100 g 水

- (3) 下線部(D)に関する下記の実験について設問に答えなさい。

【実験】 水とある濃度のシヨ糖水溶液を室温で別々の試験管にそれぞれ同量入れた。次に冷材を用い、2つの試験管を冷やした。各試験管内の温度を時間とともに記録したところ、図2の冷却曲線が得られた。

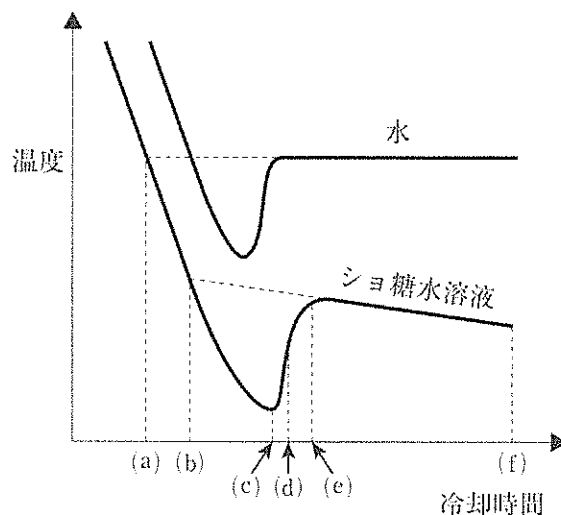


図2 水とシヨ糖水溶液の冷却曲線

- (ア) シヨ糖水溶液を冷やした際、初めて固体が析出する時間を図2中の(a)～(f)から選び、記号で答えなさい。
- (イ) 冷却曲線が一度下がってから上がる(図2中の(c)～(e)の部分)理由を答えなさい。
- (ウ) 希薄溶液の場合、溶質の種類に関係なく質量モル濃度に依存して凝固点下がる。「凝固点下がる原理」として考えられることを述べなさい。図を用いてもよいが、必ず文章で説明すること。

- (4) 下線部(E)のように、凝固点降下から分子量が得られるが、安息香酸(C_6H_5COOH , 分子量122)のようにベンゼン溶液中で2分子が会合して二量体を形成する場合は、注意が必要である。ベンゼン10gに0.061gの安息香酸を溶かした溶液の凝固点は純粋なベンゼンの凝固点よりも0.154K下がった。安息香酸の何%がベンゼン溶液中で二量体を形成しているか答えなさい。なお、ベンゼンのモル凝固点降下は $5.12 K \cdot kg/mol$ で、安息香酸はベンゼン溶液中で以下の平衡を形成する。



〔Ⅱ〕 下記の問いに答えなさい。ただし、原子量は、 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Cl = 35.5$ とする。なお、構造を解答する際、立体異性体は区別しなくてよい。立体異性体とは、「原子や基の立体配置が異なるために生じる異性体」のことで、鏡像異性体を含むが、ここではシクロヘキサンのいす形や舟形のような配座異性体は考慮しないものとする。

(1) 炭化水素 **A** ~ **C** は互いに構造異性体の関係にあり、分子量は 190.0 以下である。化合物 **A** は不斉炭素原子を含まず、鏡像異性体を有さない。化合物 **A** はメチル基を 3 つ、**B** および **C** は 4 つ有する。化合物 **A** ~ **C** は、いずれも触媒の存在下で水素と反応するが、必要な温度は異なり、高い方から順に **A**, **C**, **B** である。化合物 **A** は、光照射すると塩素と反応し、複数の化合物を生成した。そのうちメチル基が塩素化されたものとしては、(A)**D** および **E** の 2 種が構造異性体として得られた。化合物 **A**, **C** は過マンガン酸カリウム水溶液と反応しないのに対し、化合物 **B** は、酸性の過マンガン酸カリウム水溶液の色を消失させた。

(ア) 化合物 **D** 26.5 mg を元素分析装置で完全燃焼させると、二酸化炭素 61.6 mg と水 23.4 mg を生じた。この試料に含まれるすべての成分元素の質量をそれぞれ答えなさい。ただし、数値は小数第 1 位まで示すものとし、計算の過程も示すこと。

(イ) 化合物 **A** および **D** の分子式と分子量をそれぞれ答えなさい。ただし、数値は小数第 1 位まで示すものとし、計算の過程も示すこと。

(ウ) 化合物 **B** の候補として考えられる構造をすべて書きなさい。

(エ) 化合物 **C** の候補として考えられる構造をすべて書きなさい。また、不斉炭素原子には*を付けなさい。

(オ) 化合物 **A** の構造を書きなさい。導出の過程も示すこと。

(カ) 下線部(A)に関し、候補として考えられる構造を書きなさい。化合物 **D** および **E** は区別しなくてよい。

(2) C_6H_{10} の分子式を有する化合物 **F** に室温で水素を付加反応させたところ、化合物 **G** を経て 2,3-ジメチルブタンが生成した。化合物 **F** および **G** の構造を答えるとともに、この反応式を書きなさい。

化学の試験問題〔Ⅲ〕は次に続く。



〔Ⅲ〕 次の文章を読み、下記の問いに答えなさい。

単体の銅は赤色の光沢のある金属で、(A)塩酸や希硫酸とは反応しないが、熱濃硫酸や硝酸と反応する。単体の銅は、鉱石から得られた(B)粗銅の電解精錬によって製造され、(C)様々な合金の材料として使われる。単体の銅を空気中で加熱すると、(D)黒色の酸化物になるが、これは希硫酸と反応して硫酸銅(Ⅱ)を生成する。この水溶液から結晶を析出させると、青色結晶が得られる。この結晶を水に溶かした水溶液に水酸化ナトリウム水溶液、または少量のアンモニア水を加えると、(E)青白色の沈殿が生じる。(F)過剰のアンモニア水を加えると、この沈殿は溶けて深青色の水溶液になる。

- (1) 下線部(A)の理由を述べなさい。また、熱濃硫酸、濃硝酸、希硝酸との化学反応式を記しなさい。
- (2) 下線部(B)の電解精錬で用いられる粗銅にはいろいろな不純物が含まれている。不純物としてFe、Ni、Zn、Au、Agが含まれている粗銅を例に、粗銅から不純物が取り除かれて純銅を製造できる理由を説明しなさい。
- (3) 下線部(C)の合金について以下の問いに答えなさい。
- (ア) 黄銅と青銅の成分と特徴および利用例を記しなさい。
- (イ) あなたは合金について興味をもったとする。「合金」を辞典で引くと、「2種以上の金属を混合したもの。合金の組織には固溶体、共晶(共融混合物)、化合物(金属間化合物)あるいはそれらが共存するものなどがある。たとえば、CuとNi、AuとPtなどは固溶体となるが、AlとCu、CuとZn、FeとCなどは成分の濃度により、固溶体、金属間化合物あるいはそれらの共存する組織となる。合金の諸性質は組織によって変わるものが多い。」(岩波、理化学辞典第5版より抜粋)とあった。しかし、「組織」の見出し語はこの辞典には見当たらなかった。このような場合、上記の「合金」の解説を理解するための「組織」の意味を考える必要がある。あなたの考える合金の「組織」について述べなさい。
- (4) 下線部(D)の黒色の酸化物の化学式を記し、希硫酸に溶解する理由を説明しなさい。
- (5) 下線部(E)の沈殿の名称と、沈殿が生ずる化学反応式を記しなさい。
- (6) 下線部(F)について以下の問いに答えなさい。
- (ア) 溶液が生ずる理由と、化学反応式を記しなさい。
- (イ) この溶液は再生繊維の製造にどのように用いられるか、説明しなさい。