

# 平成30年度入学試験問題（前期日程）

## 化 学

### 出題意図

---

#### 問題1

コロイド溶液の性質（設問(1)~(3)）や浸透圧の理解度（設問(4)~(5)）、化学平衡に関する理解度（設問(6)）を問うた。理解度を評価するため、基礎的な用語を問うとともに、特に浸透圧と化学平衡については、反応式をたてて、論理的に正答を導くことができるかどうか試した。

---

#### 問題2

アルカリ金属を題材とした総合的な問題から、無機化合物に係る基礎的知識、電気分解における基礎的な理解度、および状態変化における熱化学の理解度を問うた。理解度を評価するために、イオン反応式や化学反応式を立てて論理的に正答を導くことができるかどうか試した。

---

#### 問題3

医薬品として用いられている芳香族化合物を題材に、有機化合物の構造と反応性に対する理解力を問う問題とした。特に、エステル合成と加水分解、アゾカップリング反応に関する知識の応用力とモル概念の理解力を見る問題としている。スルファニルアミドについては、高校の教科書には記載されていない場合があるが、問題文中の説明で正答を得るのに十分な情報は提供しており、ここで説明された概念を理解し、用いる力も求めた。

---

#### 問題4

主要な天然高分子化合物であるデンプンとセルロースについての出題である。これらはいずれもグルコースを構造単位とした化合物であるが、構造、化学的性質、酵素分解性や応用性に違いがある。これらに関する理解力と計算力を問うた。

---

平成30年度入学試験問題

化学

注意事項

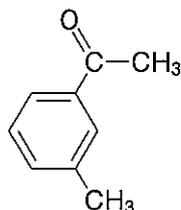
1. この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけません。
2. 解答用紙は問題冊子とは別になっています。解答は解答用紙の指定されたところに記入下さい。それ以外の場所に記入された解答は、採点の対象となりません。解答用紙は4枚あります。
3. 本学の受験番号をすべての解答用紙の指定されたところへ正しく記入下さい。氏名を書いてはいけません。
4. この問題冊子は、表紙を含めて12ページあります。問題は4ページから11ページにあります。ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、監督者に申し出下さい。
5. 問題冊子の余白等は適宜利用しても構いませんが、どのページも切り離してはいけません。
6. この問題冊子は持ち帰り下さい。

問題の解答に必要なならば、以下の数値を用い下さい。

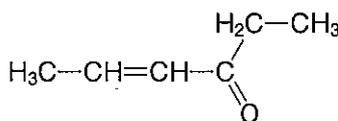
原子量 H : 1.00 C : 12.0 N : 14.0 O : 16.0 Na : 23.0 Cl : 35.5 Ca : 40.0 I : 127

化合物の構造式を答える場合には、記述例にならって書き下さい。

(記述例)



または



ファラデー定数 :  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

アボガドロ定数 :  $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$

1 次の文章を読み、設問(1)~(6)に答えよ。

塩化鉄(Ⅲ)の濃い水溶液を沸騰した純水に加えると、コロイド溶液となる。得られたコロイド溶液に強い光線を当てると、光の通路が輝いて見える。この現象を(ア)とよぶ。また、熱運動している水分子が、コロイド粒子に不規則に衝突するために起こる粒子の動きを(イ)という。

① イオンや小さな分子を含むコロイド溶液を、半透膜の袋に入れ、水中に浸しておくと、袋の中にコロイド粒子が残り、精製コロイド溶液が得られる。得られたコロイド溶液に直流電圧をかけると、コロイド粒子は陰極のほうへ移動した。この現象を(ウ)といい、コロイド粒子は、(エ)に帯電していることがわかる。他方、この溶液に少量の電解質を加えると沈殿した。この② ような現象を起こすコロイドは、(オ)とよばれており、河川水の浄化などに利用されている。半透膜には、水分子しか通さないものもあり、これを用いると海水から純水を取り出す「淡水化」が③ ④ 可能となる。

(1) 空欄(ア)~(オ)にあてはまる適語を答えよ。

(2) 下線部①で起こる化学変化を反応式で示せ。

(3) 下線部②および③の現象名をそれぞれ答えよ。

(4) 内径が等しく左右対称の U 字管の中央部を、下線部④に記した半透膜で仕切った装置がある。

U 字管の一方に純水を 100 mL 入れ、もう一方に下記の水溶液 A ~ C のうち一つを 100 mL 入れ、一定温度でしばらく放置した。以下の問(a)~(c)に答えよ。

水溶液 A :  $4.0 \times 10^{-3}$  mol/L スクロース(ショ糖)水溶液

水溶液 B :  $4.0 \times 10^{-3}$  mol/L NaCl 水溶液(電離度は 1.0 とする)

水溶液 C :  $4.0 \times 10^{-3}$  mol/L  $MgCl_2$  水溶液(電離度は 1.0 とする)

(a) 純水と水溶液 A を入れた U 字管のうちどちらの液面が高くなるか。また、その理由を 25 字以内で答えよ。

(b) 左右の液面の高さの差が大きい順に並べよ。(解答例 :  $E > F > D$ )

(c) 水溶液 C の水溶液が入っている側へさらに濃度不明の NaCl 水溶液を加えたところ、液面の差が 3.8 cm となった。浸透圧は何 Pa か。計算過程を示して、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、混合水溶液の密度を  $1.00 \text{ g/cm}^3$ 、水銀の密度を  $13.6 \text{ g/cm}^3$ 、 $1 \text{ atm} = 1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  における水銀柱の高さを 76.0 cm とする。

(5) 下線部④に関連して、(4)で使用した装置の一方に純水を、もう一方に海水を入れ、淡水化するにはどのような操作をしたらよいか。「海水」、「浸透圧」、「移動」という用語を全て用いて 40 字以内で答えよ。

(6) (4)で使用した装置の一方に  $0.030 \text{ mol/L}$  NaCl 水溶液(電離度 1.0)を 50 mL 入れ、もう一方に弱酸 HA(式量 20) 50 mg を純水に溶かして 50 mL としたものを入れ、 $27^\circ\text{C}$  でしばらく放置したところ水面の差は生じなかった。このときの弱酸 HA の電離度と電離定数をそれぞれ求めよ。計算過程を示して、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、弱酸 HA は揮発しないものとする。

2 次の文章を読み、設問(1)~(5)に答えよ。

アルカリ金属元素は、私たちの身のまわりに塩あるいはイオンとして多量に存在し、日常生活や生命活動に深いかわりがある。アルカリ金属は、周期表の第(ア)族に属する。水素を除き、原子番号の小さい順に、(イ)、ナトリウム、カリウム、ルビジウム、(ウ)が該当する。アルカリ金属の単体は、一般に塩を高温で融解し、電気分解して得られる。これらの単体は、常温常圧下で、規則正しい配列構造(立方格子)をとっている。

② 一般に、アルカリ金属は常温で激しく水と反応する。たとえば、単体のナトリウムは、水と反応し気体を発生させる。この反応で生じる化合物は空気中の二酸化炭素と反応して炭酸ナトリウムを生じる。

④ アルカリ金属塩の一つである塩化ナトリウムの固体は、同じ数の $\text{Na}^+$ と $\text{Cl}^-$ が三次元的に規則正しく配列しているイオン結晶である。

- (1) 空欄(ア)~(ウ)にあてはまる適切な語句、数字、記号を答えよ。
- (2) 下線部①について以下の問(a)~(c)に答えよ。炭素電極(黒鉛電極)を用いて、塩化ナトリウム融解液を10.0 Aの電流で32分10秒間電気分解した。
  - (a) 陰極と陽極で起こる反応をそれぞれ、電子 $e^-$ を含むイオン反応式で示せ。
  - (b) 陰極で生成する固体の質量を求めよ。計算過程を示して、有効数字2桁で答えよ。
  - (c) 熔融塩電解の代わりに、塩化ナトリウムの水溶液を電気分解した場合、陰極と陽極で生成する物質の化学式をそれぞれ答えよ。
- (3) 下線部②についてナトリウムの結晶格子について考える。単体格子の一辺は $4.3 \times 10^{-8}$  cmであり、ナトリウムの密度は $0.97 \text{ g/cm}^3$ である。単体格子中に含まれる原子の数はいくつか。計算過程を示して、整数で答えよ。
- (4) 下線部③の炭酸ナトリウムは工業的にはアンモニアソーダ法によってつくられる。塩化ナトリウムの飽和水溶液にアンモニアと二酸化炭素を吸収させると、水に比較的溶けにくい炭酸水素ナトリウムが析出する(反応A)。この沈殿物を $270^\circ\text{C}$ 以上で熱分解させると、炭酸ナトリウムが得られる(反応B)。
  - (a) 反応Aおよび反応Bそれぞれの化学変化を反応式で示せ。
  - (b) 848 gの無水炭酸ナトリウムを製造するには、塩化ナトリウムは何g必要か。計算過程を示して、整数で答えよ。

(5) 下線部④に関連して、塩化ナトリウムの溶解性と反応熱について以下の問(a)および(b)に答えよ。

(a) 塩化ナトリウムの溶解度曲線を下の図1の(a)~(d)から一つ選び、記号で答えよ。なお、残りの3つの化合物は、硝酸カリウム  $\text{KNO}_3$ 、硫酸銅(II)五水和物  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 、スクロース(シヨ糖,  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ )である。

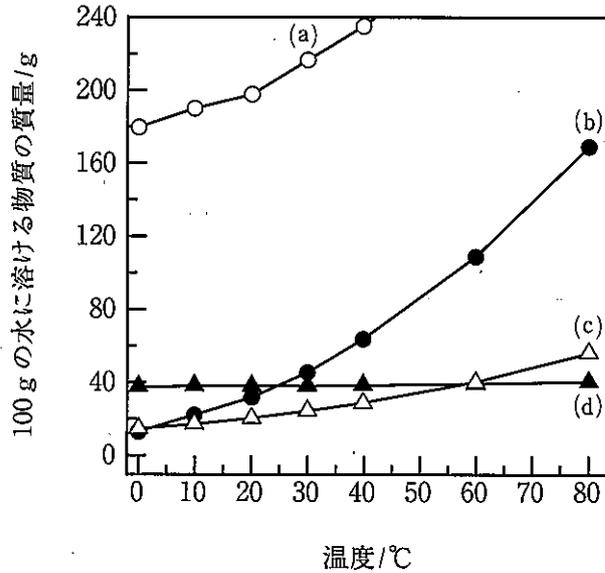
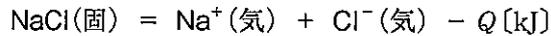


図1.

(b) 結晶をその構成粒子である気体状の原子(分子, イオン)に分けてばらばらにするのに必要なエネルギーを格子エネルギーという。塩化ナトリウム  $\text{NaCl}$  の結晶の格子エネルギー  $Q$  は次式で表される。



一般に、格子エネルギー  $Q$  は直接測定することができないが、ヘスの法則を用いて間接的に求めることができる。そこで、次のエネルギー図を用いて格子エネルギー  $Q$  の値[単位は  $\text{kJ}$ ]を求めよ。計算過程を示して、整数で答えよ。

また、図2の空欄(エ)および(オ)にあてはまる適語を答えよ。

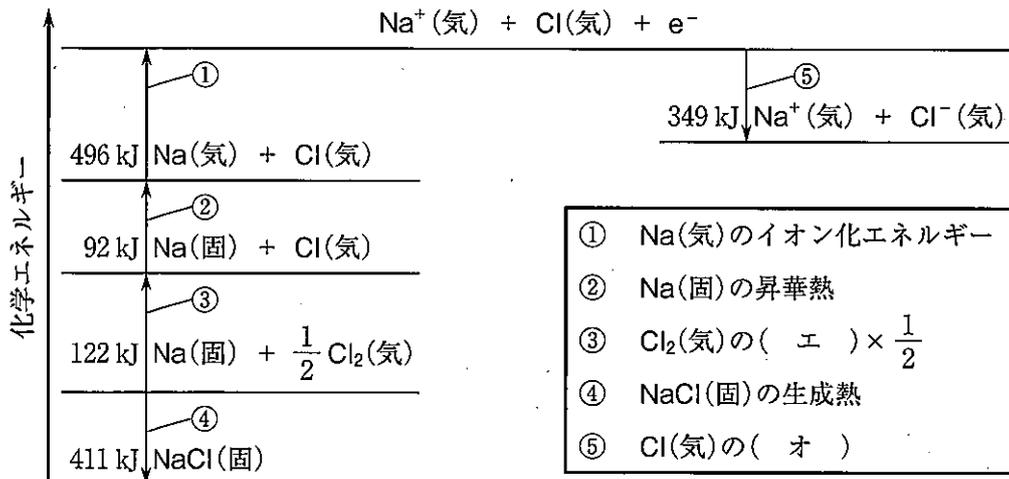
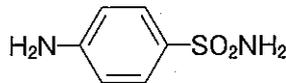


図2.

3 次の文章を読み、設問(1)~(6)に答えよ。

分子式  $C_9H_8O_4$  を持つ化合物 A とアセトアミノフェンとよばれる化合物 B は解熱鎮痛剤として広く用いられている。化合物 A をアルカリ性条件で加熱すると化合物 C が生成した。化合物 C は、ベンゼン環にカルボキシ基とヒドロキシ基が(ア)位に配置しており、メタノールに濃硫酸を加えて加熱すると消炎鎮痛剤として用いられる化合物 D が生成する。化合物 B は、アニリンに無水酢酸を作用させて生成する化合物 E のパラ位に、ヒドロキシ基が結合した化学構造を持つ。

一方、アニリンのパラ位に  $SO_2NH_2$  基が結合した化合物は下記に示すスルファニルアミドとよばれ、抗菌作用を持つ。スルファニルアミドの希塩酸溶液を冷却し、これに亜硝酸ナトリウム水溶液を加えた。続いて、ナトリウムフェノキシドの水溶液を添加すると橙色の化合物 F が生成した。化合物 F のように分子中に  $-N=N-$  基を持つ化合物を(イ)といい、染料や色素などとして広く用いられている。



スルファニルアミドの構造式

- (1) 化合物 A, C, D, E の化合物名と構造式を答えよ。
- (2) 空欄(ア)および(イ)にあてはまる適語を答えよ。
- (3) 下線部①について、2.0 g の化合物 C と無水酢酸 2.0 g を硫酸酸性条件で反応させたところ、再び化合物 A が生成した。得られる化合物 A の質量は最大で何 g になるか。計算過程を示して、小数第 1 位まで答えよ。
- (4) 化合物 B を 151 mg 使用して元素分析を行った。化合物 B が完全燃焼した際に生じた二酸化炭素の質量は何 mg か。計算過程を示して、整数で答えよ。
- (5) 下線部②および③で起こるそれぞれの化学変化を反応式で示せ。
- (6) 化合物 A ~ F のうち、塩化鉄(Ⅲ)水溶液と反応して紫色を示さないものはどれか。全て挙げ、記号で答えよ。

4 次の文章を読み、設問(1)~(6)に答えよ。

デンプンとセルロースは、植物に含まれる多糖である。これらは、いずれも同じ組成式で表されるが、その構造や性質は大きく異なる。デンプンは、単糖である(ア)型の(イ)が多数結合した重合体であり、鎖状の(ウ)と枝分れ構造を含む(エ)の2種類の成分からなる。デンプンをアミラーゼによって加水分解すると、デンプンよりも分子量が比較的小さい(オ)という化合物を経て、最終的に二糖の(カ)になる。

一方、セルロースは、単糖である(キ)型の(イ)が鎖状に結合した多糖である。セルロースは、セルラーゼによって分解され、二糖の(ク)となる。また、セルロースは、その構造単位中にある(ケ)個のヒドロキシ基をさまざまに変化させて誘導体とすることで、有用な物質を作り出すことができる。例として、セルロースに濃硝酸と濃硫酸の混合溶液を作用させると、セルロース分子中に存在する全てのヒドロキシ基がエステル化された(コ)が生じ、火薬として利用されている。

- (1) 空欄(ア)~(コ)にあてはまる適語を答えよ。
- (2) 下線部①について、重合度を  $n$  とし、組成式で示せ。
- (3) 下線部②について、環状構造の構造式を示せ。また、その中の不斉炭素原子に丸印(○)をつけよ。
- (4) 空欄(イ)~(カ)の水溶液について、次の問(a)~(d)に答えよ。
  - (a) ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液(ヨウ素溶液)を加えると、呈色するものがいくつかある。そのうちの一つを選び、記号で答えよ。また、呈色する理由を糖類の構造と関連づけて40字以内で説明せよ。
  - (b) フェーリング液を加えて穏やかに加熱すると、赤色沈殿を生じるものを全て選び記号で答えよ。また、その理由を20字以内で答えよ。
  - (c) 酵母によるアルコール発酵の原料になるものを全て選び記号で答えよ。
  - (d) 甘味をもつものを全て選び記号で答えよ。
- (5) 10.0 g の(ク)を希硫酸と長時間加熱したところ、全てが単糖に分解した。この化学変化を反応式で示せ。また、生成した単糖の質量は何 g か。計算過程を示して、有効数字3桁で答えよ。
- (6) 下線部③について、セルロースと硝酸が反応すると(コ)が生成する。この化学変化を、セルロースの重合度を  $n$  とし、反応式で示せ。

【10 ページ 問題4 設問(2)について】

設問「下線部①について、重合度を  $n$  とし、組成式で示せ。」に次の誤りがありましたので、ご注意ください。

重合度  $n$  を使用する場合は分子式となることから、分子式を求める設問とするか、又は「重合度を  $n$  とし、」の部分を除いた設問とすべきでありました。