

試験問題出題の意図

1 問 1 については、電気を通すという現象の本質が理解できているかを問う問題である。電気を通すためには電子あるいは電荷を有する物質の移動が必要であることを説明させる。問 2 については、電気分解の原理が理解できているかを問う問題である。また実験装置を図示すること、さらに文章で実験手順を説明させることにより論理的な思考力をも問う。問 3 については、電気分解についてイオン反応式を書くことで、電極での電子のやり取りを説明させる。電荷の収支を合わせることで化学反応を正確にとらえているかを問う。

2 熱化学方程式の概念および凝固点降下現象の理解度を問うことが本問題の意図である。反応熱の計算および溶液の冷却過程の理解を通して、化学の基礎を理解することと共に必要な計算力、理論的思考力、応用力などの習得も重要であることが確認できるように配慮した。また、知識とその応用のバランスの重要性の理解も期待した出題としてある。

3 主として化学 I の範囲において、有機化学に関する知識と理解とを問う。問 1 では有機工業化学を意識しながら、主要な芳香族化合物の名称・構造と反応に関する基礎知識の有無を確認している。構造異性についての理解も必要となる。問 2 は芳香族化合物の官能基の性質に関する理解を試す問題である。事象の説明においては論述の能力も求められる。問 3 は元素分析結果をもとに他の複数の知見とあわせて推論をおこない構造を得る問題である。解答には、様々な情報を利用して論理的解決に導く能力が求められる。いずれも多く高等学校教科書に記述されている内容であり、通常の学習により得られる知識と問題解決能力があれば解答できるはずである。

4 身近なところで使用されている高分子材料およびガラスについて、材料開発の基本となる合成・製造、構造、性質、応用、排出までを化学的に理解ができているかを問うことが本問題の意図である。また、そのなかで高分子の排出については、普段の生活のなかにある環境問題に関心があるのか、あるいはそれを考察できるのかを問うことも意図している。

5 生体に関連する物質の構造と化学的な性質についての知識と理解を問うことが本問題の意図である。問 1 は、タンパク質の構成成分であるアミノ酸の構造と性質についての理解を求める問題である。問 2 は糖質の構造と化学的な性質を酵素反応や化学反応と関連させて考察し、各成分の量的関係を導き数値計算できる能力を要求する。

平成22年度工学部前期日程入学試験問題
化学（5枚中1枚目）

1

以下の文章を読み、問1～問3に答えよ。答えは解答用紙の各問の該当する解答欄に記入せよ。

水酸化ナトリウムはイオン結晶であり、固体の状態では電気を通さない。しかし、水酸化ナトリウムを水に溶かして水溶液にすると電気を通す。この水酸化ナトリウム水溶液を室温で、陽極と陰極に白金電極を用いて電気分解したところ、陽極と陰極でそれぞれ気体が発生した。

問1 固体の水酸化ナトリウムが電気を通さないのはなぜか、説明せよ。

問2 水酸化ナトリウム水溶液の電気分解において、それぞれの電極で発生する気体の量を比較するための電気分解装置を考えて図示せよ。また、その電気分解装置の使い方を説明せよ。

問3 水酸化ナトリウム水溶液の電気分解において、陽極および陰極での気体の発生について以下の(1)～(3)に答えよ。

(1) それぞれの電極で発生した気体は何か。物質名で答えよ。

(2) それぞれの電極で進行する反応をイオン反応式で書け。

(3) 陽極で発生した気体の体積と陰極で発生した気体の体積の比はどのようになるか。(2)のイオン反応式を用いて説明せよ。

平成22年度工学部前期日程入学試験問題
化学 (5枚中2枚目)

2

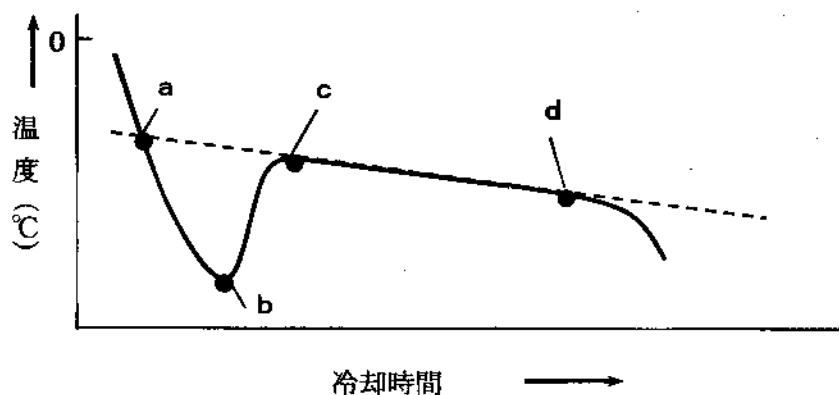
以下の問1および問2に答えよ。答えは解答用紙の各問の該当する解答欄に記入せよ。

問1 水素、ベンゼンおよびシクロヘキサンの燃焼熱は、 25°C 、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ (1 atm) でそれぞれ 286 kJ/mol 、 3268 kJ/mol および 3920 kJ/mol である。これらの値を用いて下記の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 水素、ベンゼンおよびシクロヘキサンの完全燃焼を、物質の状態を含む熱化学方程式で表せ。
- (2) (1) で求めた熱化学方程式にヘスの法則を適用し、ベンゼンに水素を付加してシクロヘキサンとする反応の反応熱を求め、この反応を物質の状態を含む熱化学方程式で表せ。計算過程も示せ。
- (3) 二酸化炭素の生成熱は 394 kJ/mol である。この値を用いてベンゼンの生成熱を求めよ。計算過程も示せ。

問2 尿素および塩化ナトリウムを、それぞれ水 100 g に溶かして質量モル濃度 0.50 mol/kg の尿素水溶液と塩化ナトリウム水溶液を得た。これらの水溶液をかく拌しながら冷却したところ、いずれの溶液についても下図に示すような形の曲線が得られた。すなわち、冷却の初期には溶液の温度は b まで下がり、その後 c まで急激に上昇した。さらに、溶液の温度は c から d まで徐々に直線的に下がり、 d 以降では温度の低下が速くなった。図中の a は冷却曲線と $c \sim d$ 間で成立する直線との交点であり、 a における温度を凝固点とする。下記の(1)～(5)に答えよ。

- (1) 尿素のモル質量を 60.0 g/mol とし、この実験に用いた尿素水溶液をつくるのに必要な尿素の質量を計算せよ。計算過程も示せ。
- (2) 領域 $b \sim c$ で温度が上昇する理由を説明せよ。
- (3) 領域 $c \sim d$ では、水の場合と異なり、温度は時間とともに下がる。この理由を説明せよ。
- (4) 図中における d の時点で温度の低下が速くなる理由を説明せよ。
- (5) a における温度(凝固点)について、下記の(A)～(C)の中から正しいものを選び、記号で答えよ。また、その理由を述べよ。
 - (A) 尿素水溶液と塩化ナトリウム水溶液の凝固点は等しい。
 - (B) 尿素水溶液の凝固点は塩化ナトリウム水溶液の凝固点よりも低い。
 - (C) 尿素水溶液の凝固点は塩化ナトリウム水溶液の凝固点よりも高い。



平成22年度工学部前期日程入学試験問題
化学 (5枚中3枚目)

3

以下の文章を読み、問1～問3に答えよ。答えは解答用紙の各問の該当する解答欄に記入せよ。
原子量が必要な場合には、 $H=1.0$, $C=12$, $O=16$ を用いよ。

原油の分留により得られるナフサ(粗製ガソリン)を原料として、含まれる炭素原子の数が6～8である芳香族炭化水素 A, B, C, D, E, F が得られる。A～F はそれぞれ異なる化合物である。これらはいずれも大量に生産され、医薬品、有機材料など、有用な有機物質を合成する際に使われる。

A は環に置換基をもたないので、有機合成の出発原料とするには、まず置換基を導入する。環に対しては様々な置換反応が可能であるが、例えば、A を濃硫酸と加熱すると G が得られる。G のナトリウム塩を水酸化ナトリウムとアルカリ融解後、酸性にすると芳香族化合物 H を生じる。また、A を濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)と加熱すると化合物 I が得られる。I をスズと塩酸を用いて還元すると芳香族化合物 J の塩 K が生成する。

B～F はいずれも環に炭化水素基(アルキル基)を置換基としてもつ。また、G～F は互いに構造異性体の関係にある。B を過マンガン酸カリウムを用いて酸化すると L が生じる。濃硫酸を触媒として、サリチル酸をメタノールと反応させるとサリチル酸メチルが得られるが、サリチル酸に代えて L を用いると、同様の反応により化合物 M ができる。M は香料などとして用いられる。

C を酸化すると化合物 N が得られる。N を加熱すると分子内で水分子がとれる反応(脱水反応)が起き、化合物 O が生じる。O を加水分解すると N となる。D を酸化すると化合物 P が得られる。P は加熱により昇華する物質で、エチレングリコール(1,2-エタンジオール)との縮合重合により、ポリエステル繊維や飲料容器(ペットボトル)等の主材料として大量に使われている合成樹脂を与える。E は、C および D と同一の置換基を環にもつが置換基の位置が異なる。

触媒の存在下、F 1 分子から水素 1 分子がとれると(脱水素)、スチレン 1 分子が生じる。

問1 化合物 A～P の構造を示せ。また A～E, G～L および N～P の化合物名を記せ。

問2 文中の化合物 G, H, K, L を試料としてそれぞれ性質を調べ、以下の結果イ～ハを得た。

結果イ：試料 1 と試料 4 は 25℃ の水に良く溶けた。試料 2 は少し溶け、試料 3 はごくわずか溶けた。

結果ロ：試料 1～4 を水酸化ナトリウム水溶液に加えたところ、試料 1～3 はいずれも溶解した。試料 4 では油状の液体が遊離した。

結果ハ：試料 1～3 の水酸化ナトリウム水溶液にそれぞれ二酸化炭素を通じたところ、試料 2 の溶液では白色固体が析出した。試料 1 および試料 3 については変化がなかった。

(1) 試料 1～4 はいずれの化合物か。G, H, K, L からそれぞれ 1 つずつ選べ。

(2) 結果ロにおいて、試料 4 の場合に液体が遊離した現象について説明せよ。

(3) 結果ハのようになる理由について説明せよ。

問3 炭素、水素、酸素のみからなるエステル Z がある。Z は酸性を示さない。Z を加水分解すると N を生じる。また Z 10.4 mg を完全燃焼させると、二酸化炭素 24.2 mg と水 5.4 mg が生じる。他の測定により Z の分子量は 208 であることがわかっている。Z の構造を推論の過程とともに示せ。

平成22年度工学部前期日程入学試験問題
化学 (5枚中4枚目)

注意 問題 4 と 5 については、いずれか一方のみを選択して解答すること。

4

以下の問1および問2に答えよ。答えは解答用紙の各問の該当する解答欄に記入せよ。

問1 高分子に関する以下の(1)～(5)に答えよ。

- (1) 合成樹脂には熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂とがある。熱可塑性樹脂と熱硬化性樹脂の分子の構造の違い、および熱による性質の違いを述べよ。
- (2) 下記の高分子群から、生ゴムの主成分である高分子を選び、生ゴム中でのその高分子の構造をシス型かトランス型かの違いがわかる構造式で示せ。

ナイロン66, ナイロン6, ポリエチレン, ポリイソプレン, フェノール樹脂,
ポリ塩化ビニル, ポリブタジエン, ポリ酢酸ビニル, ポリビニルアルコール

(3) 上記の高分子群の中で、あるものは次のようにして合成できる。

水に水酸化ナトリウムとヘキサメチレンジアミン ($\text{H}_2\text{N}(\text{CH}_2)_6\text{NH}_2$) を溶かす (溶液A)。シクロヘキサンにアジピン酸ジクロリド ($\text{ClCO}(\text{CH}_2)_4\text{COCl}$) を溶かす (溶液B)。溶液Aに溶液Bを静かに注ぐと、溶液Aと溶液Bの境界面で縮合重合により高分子が生成する。

生成する高分子を上記の高分子群から選ぶとともに、境界面での縮合重合の反応を構造式を用いた化学反応式で示せ。

- (4) 焼却により強い毒性のあるダイオキシンが発生するおそれのある高分子を上記の高分子群から1つ選び、その理由を述べよ。
- (5) プラスチックのリサイクルには、製品をそのまま再利用する「製品リサイクル」のほかに、「マテリアルリサイクル」、「サーマルリサイクル」、「ケミカルリサイクル」といった方法がとられている。それぞれのリサイクル方法について説明せよ。

問2 次の文章の(ア)～(コ)に入る最適な語句を下記の語群の中から選び解答欄に記入せよ。

ソーダ石灰ガラスは主原料として(ア)(主成分は(イ)である)、(ウ)、石灰石を混ぜ、加熱して(エ)した後、冷却して製造される。これは大量生産され(オ)などとして用いられている。このガラスは(カ)原子と酸素原子が結合してつくる網目構造の中に(キ)や Ca^{2+} などのイオンが入り込み、液体のときの(ク)な構造を保った固体である。このように原子・分子の配列が(ク)な固体を(ケ)という。(イ)だけからなるガラスは石英ガラスと呼ばれ、高純度のものは(コ)として使用されている。

粘土, ケイ砂, 酸化鉄, ホウ砂, 炭酸ナトリウム, 二酸化ケイ素, 酸化アルミニウム, ホウ素,
アルミニウム, ケイ素, 鉛, 鉄, 窒素, 酸化, 還元, 融解, 製錬, 焼結, 規則, 不規則, 結晶,
非晶質, 液晶, 合金, 窓ガラス, 陶磁器, クリスタルガラス, 人工関節, 光ファイバー, 磁石,
半導体, Na^+ , B^{3+} , Cl^- , S^{2-} , CO_3^{2-}

平成22年度工学部前期日程入学試験問題
化学 (5枚中5枚目)

注意 問題 4 と 5 については、いずれか一方のみを選択して解答すること。

5

以下の問1および問2に答えよ。答えは解答用紙の各問の該当する解答欄に記入せよ。

問1 次の文を読み、以下の(1)～(4)に答えよ。

生命体を構成する高分子化合物の1つであるタンパク質は、 α -アミノ酸が(ア)結合したものである。天然に存在する α -アミノ酸の中で最も単純な構造をしたものは(イ)である。(イ)以外の α -アミノ酸は(ウ)炭素原子をもつので、(エ)異性体が存在する。アミノ酸は酸性水溶液中で(オ)イオンになり、塩基性水溶液中では(カ)イオンになる。また、アミノ酸はあるpHで正と負の電荷がつり合う。このpHを(キ)とよび、アミノ酸は(ク)イオンとして存在している。

- (1) (ア)～(ク)に適切な語句を入れよ。
- (2) α -アミノ酸の構造の特徴を説明せよ。また、 α -アミノ酸の検出方法を述べよ。
- (3) (イ)のアミノ酸について、下線で示した3つのイオンの構造式を記せ。
- (4) 2分子の(イ)が1つの(ア)結合で結合した化合物の構造式を記せ。

問2 次の文を読み、以下の(1)～(3)に答えよ。

グルコース、フルクトース、ラクトース、スクロースの4種類の糖類を0.40 molずつ含む混合水溶液Aが2.00 Lある。a)混合水溶液A 1.00 Lに希硫酸を加えて全ての二糖類を加水分解し、単糖類とした。この水溶液を中和し、蒸留水を加えて体積を2.00 Lとした。また、b)混合水溶液A 1.00 Lに、ある酵素1種類を加えて、特定の二糖類を単糖類に加水分解した。その後、蒸留水を加えて体積を2.00 Lとし、フルクトース濃度を測定したところ0.20 mol/Lであった。

- (1) 下線部 a)によって得られた水溶液中に含まれるグルコースのモル濃度を求め、有効数字2桁で示せ。また、その求め方も説明せよ。
- (2) 下線部 b)で加えた酵素の名称を答えよ。また、その酵素によって加水分解された二糖類とそれによって生じた単糖類の物質名をすべて答えよ。
- (3) 下線部 a)とb)によって得られた水溶液を各10.0 mLとり、それぞれに過剰量のフェーリング液を加えて加熱したところ、赤色の沈殿が生じた。各水溶液で生じた赤色沈殿の物質量を求めよ。なお、還元性を示す糖1.0 molあたり1.0 molの赤色沈殿が生じるものとし、答えは有効数字2桁で示せ。