

平成23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。

蒸留装置に濃度不明の塩化ナトリウム水溶液 75.0 g を入れ、^(a) 蒸留実験を開始した。蒸留をしばらく続けると蒸留水が得られ、蒸留装置の水溶液中に塩化ナトリウムの結晶が析出した。そこで一度蒸留を中止し、^(b) 水溶液が室温 (20℃) になるまで放置した。このとき得られた蒸留水は 29.0 g であった。その後蒸留を再開し、結晶がじゅうぶん析出した段階で蒸留をやめ、濃縮された塩化ナトリウム水溶液と析出した結晶をすべて蒸発皿に移した。蒸留装置内を少量の蒸留水で洗浄し、その洗浄液も蒸発皿に移した。蒸発皿を加熱し、水分を完全に蒸発させた。最終的に得られた塩化ナトリウムの結晶の量は 16.0 g であった。

問1 下線部 (a) の操作を行うための蒸留装置の図をかき、操作手順をくわしく説明せよ。

問2 下線部 (b) の時点で蒸留装置内に析出している結晶の量は何 g であったと考えられるか。なお 20℃での塩化ナトリウムの水に対する溶解度は 35.8 であり、蒸留装置内に付着した蒸留水の量は無視できるものとする。答えは有効数字2桁で求め、計算過程も示せ。

問3 蒸留中に塩化ナトリウムの結晶が析出したのは水溶液中に存在していた塩化物イオンとナトリウムイオンが結合したためである。塩化物イオンとナトリウムイオンの電子配置の図をかけ。また塩化水素分子の電子配置の図をかけ。これらの電子配置の図を用いてイオン結合と共有結合の違いについて説明せよ。

平成23年度工学部前期日程入学試験問題
化学（5枚中2枚目）

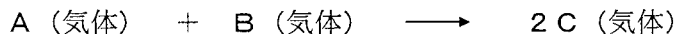
2

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。原子量が必要な場合には、 $H=1.0$, $C=12.0$, $O=16.0$, $Na=23.0$, $Cl=35.5$ とせよ。

問1 濃度不明の塩酸の濃度を知るために次の実験をした。高純度の炭酸ナトリウム 0.210 g をはかり取り、ビーカーに移した後に 20.0 mL の蒸留水を加えて完全に溶解させた。^(a)ここに指示薬としてメチルオレンジ溶液を数滴加えた。この溶液をかく拌しながら、ビュレットに入れた濃度不明の塩酸を滴下し、溶液の色が黄色からオレンジ色に変色した時点で一旦塩酸の滴下をやめた。^(b)得たオレンジ色の溶液を煮沸してから室温まで冷却したら黄色にもどった。ここにさらに塩酸を滴下していき、溶液の色がオレンジ色になったところで塩酸の滴下をやめ、ビュレットの目盛りを読んだ結果、塩酸の滴下量は合計 17.2 mL であった。以下の(1)～(4)に答えよ。

- (1) この滴定における中和反応を化学反応式で示せ。
- (2) 下線部 (a) に示すように、この滴定に用いる指示薬としてはメチルオレンジが適している。その理由を説明せよ。
- (3) 下線部 (b) の操作で溶液がオレンジ色から黄色にもどった理由を説明せよ。
- (4) 滴定結果を用いて塩酸のモル濃度を計算し、有効数字3桁で答えよ。計算過程も示せ。

問2 容積 $V\text{ L}$ の容器に気体Aと気体Bをそれぞれ $n\text{ mol}$ ずつ入れて密封し、温度を一定に保ったところ、次に示す化学反応が進行し、 t 秒後にAの物質量は $2/3$ に減少した。



さらに長時間反応させたところ、Cが $a\text{ mol}$ 生成し、平衡状態となった。気体A, B, Cを理想気体とみなして(1)～(4)に答えよ。

- (1) t 秒後における全圧は初期圧力と比較してどのように変化するか答えよ。その理由も述べよ。
- (2) 反応前と t 秒後におけるAの濃度の違いに注目し、 t 秒後までの平均の反応の速さを n , V および t を用いて表せ。
- (3) この反応の平衡定数 K を a および n の関数として表せ。導出過程も示せ。
- (4) この反応が発熱反応であるとき、温度を上げると平衡定数はどのように変化するか説明せよ。

平成23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、 $H=1.0$ 、 $C=12.0$ 、 $O=16.0$ とせよ。

問1 ある化合物の元素分析の結果は、質量パーセントで炭素 59.9%、水素 13.4%、酸素 26.7%であった。この化合物 1.00 mg を容積 1.00 L の真空容器に入れ、373 K に加熱し完全に蒸発させたときの気体の圧力は 51.6 Pa であった。この気体を理想気体とみなし、気体定数を $8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ として (1)～(3) に答えよ。

- (1) この化合物の分子量を求め、有効数字2桁で答えよ。計算過程も示せ。
- (2) この化合物の分子式を求めよ。計算過程も示せ。
- (3) (2) で得られた分子式から考えられる構造式をすべて示せ。また、それぞれの構造式に含まれる官能基の部分を○で囲み、その官能基の名称を記せ。

問2 以下の(1)～(7)の記述のうち正しいものには○を記し、誤っているものは下線部を改めよ。

- (1) エチレンと臭素を反応させると置換反応がおこる。
- (2) 炭素の数が3個の炭化水素であるプロペンの3個の炭素原子は一直線上にある。
- (3) エタノールを酸化するとアセトンを経て酢酸が生成する。
- (4) アセトアルデヒドとギ酸はアルデヒド基をもつ。
- (5) カルボン酸とアルコールが反応し水分子がとれるとエステルが生成する。この反応の逆反応を加水分解という。
- (6) キシレンには2個のメチル基の位置の違いによって2種類の構造異性体が存在する。
- (7) フェノールは水酸化ナトリウムと反応し、ナトリウムフェノキシドと水素を生成する。

問3 以下の(1)～(5)の操作により生成する有機化合物の名称および構造を示せ。

- (1) ベンゼンを濃硫酸とともに加熱する。
- (2) 酢酸エチルに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱する。
- (3) ニトロベンゼンに塩酸とスズを加えて加熱した後に、水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にする。
- (4) フタル酸を加熱して水分子をとる。
- (5) アンモニア性硝酸銀水溶液にホルムアルデヒドを加えて加熱する。

平成23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 界面活性剤に関する以下の(1)～(5)に答えよ。

- (1) 界面活性剤である硫酸アルキルナトリウムとアルキルトリメチルアンモニウム塩化物について、解答欄に示したそれぞれの化学式中にある親水基の部分を○で囲め。
- (2) 油脂に水酸化ナトリウムを加え、けん化してセッケンとする反応を化学反応式で示せ。なお、油脂の炭化水素基部分はRとせよ。
- (3) 水よりもセッケン水の方が繊維の細部にまで浸透するのはなぜか述べよ。
- (4) セッケンの分子が水溶液中でミセルを形成した状態と油(汚れ)を乳化した状態について、それらの構造がわかるようにモデル図として示せ。
- (5) セッケンの水溶液Aと合成洗剤である硫酸アルキルナトリウムの水溶液Bがある。AとBに塩化マグネシウム(MgCl_2)水溶液を加えて振り混ぜた場合、およびフェノールフタレイン溶液を加えた場合のそれぞれについて、AとBの外見上の違いを述べ、そのようになる理由も説明せよ。

問2 アルミニウムの製錬に関する以下の文章を読み、(1)～(5)に答えよ。

アルミニウムの鉱石である (a) ボーキサイトを濃い水酸化ナトリウム水溶液に溶かし、不溶性の不純物をろ別する。(b) 得られたろ液を水で希釈して沈殿物を生成させる。(c) その沈殿物を焼成して酸化アルミニウム(アルミナ)とする。その後、この酸化アルミニウムを氷晶石(Na_3AlF_6)とともに融解して、炭素を電極とする (d) 熔融塩電解によってアルミニウム単体とする。

- (1) 下線部(a)、(b)および(c)で起こる反応を化学反応式で示せ。なお、ボーキサイトの主成分は Al_2O_3 とする。
- (2) 下線部(d)の熔融塩電解において陰極と陽極で起こる反応を化学反応式で示せ。
- (3) イオン化傾向の大きな金属ほどさびやすいが、アルミニウムはイオン化傾向が大きいにもかかわらず、さびが進行しにくいのはなぜか説明せよ。
- (4) 航空機用の材料として用いられるアルミニウムの合金の名称を示せ。また、この合金が航空機用の材料として用いられる理由を述べよ。
- (5) アルミニウムの酸化物であるアルミナは代表的なセラミックスである。アルミナとアルミニウムの電氣的な性質および硬さの違いについて述べよ。

注意

問題

4

と

5

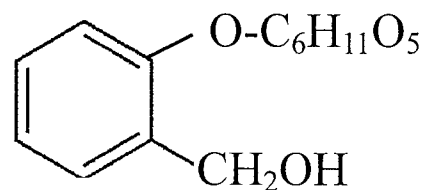
については、いずれか一方のみを選択して解答すること。

5

以下の文章を読み問1～問6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。

古くから柳の樹皮は民間療法の薬として広く用いられていた。ヒポクラテスは柳の樹皮を水で煮だした抽出液に解熱作用があることを、紀元前4世紀の文献に記している。18世紀になってから柳の樹皮の成分に関する系統的な研究がイギリスで行われ、柳の樹皮の抽出物から黄色い針状の結晶(化合物A)が分離された。(a) 下の図に示した化合物Aは体内に入ると加水分解され、サリチルアルコールに変化する。(b) サリチルアルコールは体内で酸化され、化合物Bに変化する。残念ながら、この化合物Bは極めて不快な味を持つだけでなく、服用すると激しい胃痛を伴うことが分かった。

そこで化学者たちは化合物Bを関連化合物に変えて、薬理作用を保持したまま不快な味と胃痛のない化合物を作るための研究を行った。ドイツの大きな製薬会社の社員であったホフマンは、細胞内に入ったときに元の活性な化合物Bになる(c) 化合物Cを合成することに成功した。これにより、化合物Bの持つ欠点を大幅に改善した新薬が発明された(1898年)。



化合物A

化合物Cを服用すると、(d) 痛みを伝える物質を合成する酵素の働きを抑制することによって、鎮痛作用も示すことが知られている。化合物Cは、化合物Bの好ましくない性質が少し残っているため胃の粘膜を刺激する。この症状を緩和するため、化合物Cは胃液の中和剤として使われる炭酸水素ナトリウムと一緒に服用されることがある。また、化合物Bに濃硫酸を加えメタノールと反応させてエステル化した(e) 化合物Dは、消炎鎮痛剤(外用塗布剤)として用いられている。

問1 下線部(a)の反応を化学反応式で示せ。

問2 下線部(b)の反応で生成する化合物Bの名称および構造を示せ。

問3 下線部(c)について、化合物Bから化合物Cを合成する方法について説明せよ。また、化合物Cの名称および構造を示せ。

問4 下線部(d)は酵素反応の一例である。一般的な酵素の特異性について説明せよ。

問5 下線部(e)の化合物Dの名称を答えよ。

問6 化合物CとDを水に溶解し、それぞれに塩化鉄(Ⅲ)溶液を加えたときの変化について説明せよ。

化学の問題訂正

問題訂正

問題 4

問 2

(2)・・・で起こる反応を化学反応式で示せ。(誤)

(2)・・・で起こる反応を電子 e^- を含むイオン反応式で示せ。(正)

試験問題出題の意図

1 問 1 では蒸留実験の装置の図示させることで、化学における実験の重要性を認識させる。また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 2 では最終的に得られた塩化ナトリウムの量と蒸留前の塩化ナトリウム水溶液の量から蒸留途中での結晶析出量を計算させる問題であるが、溶解度の意味をよく理解していないと解けない問題であり、単純な計算問題ではない。問 3 については、電子配置の図をかきイオン結合と共有結合の違いを説明させる。希ガス様の閉殻構造が分子を安定させることを説明させる基本的な問題である。

2 中和滴定および気体反応を例として化学反応に関する基礎的事項の理解度を問うことが本問題の意図である。まず、中和滴定に関わる化学反応と量論計算について出題し、理解度と計算能力を評価する。さらに、気体反応における体積変化、反応速度、化学平衡を取り上げ、基本的な化学反応に関する基礎知識の有無を評価する。本問題は化学の基礎をしっかりと理解することと共にそれを実際に取り扱うための計算力、理論的思考力、応用力などの習得状況を評価するものであり、知識と応用力のバランスも配慮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 は未知有機化合物の気体の性質をもとに分子量を求め、元素分析の結果とあわせて元素組成と分子式の推論をおこない、構造および官能基の名称を得る問題である。構造異性についての理解も必要となる。問 2 は代表的な有機化合物の性質や反応に関する理解を試す問題である。重要語句の誤りを的確に正す注意力も求められる。問 3 は主要な有機反応に関する基礎知識の有無を確認することを意図している。生成物の名称と構造に関する知識も求めている。いずれも、多くの高等学校教科書に記述されている内容を注意深く学習していれば解答できる問題である。

4 普段、使用している石鹼・界面活性剤および身近な材料であるアルミニウムについての基本事項の理解を問うことを意図した問題を 2 問、出題した。問 1 は、石鹼の合成反応、石鹼・界面活性剤が汚れを落とす基本メカニズムおよび石鹼と合成洗剤の性質の違いについて、理解できているか、また、化学的に考察できるのかを問う問題である。問 2 はアルミニウムに関する問題で、原料のボーキサイトからアルミニウムが精錬されるまでの工程やアルミニウムの基本的な性質について、化学的に理解できているか問う問題である。

5 生体に関連する物質の構造と化学的な性質とその機能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。特に、今日発展している薬についての化学的な構造とその機能の関連について、有機化学的な観点と、生命に関する知識とを連結させて考える力を問うている。有機化学的な観点からは、フェノール性の化合物の酸化・還元反応における変化を理解しているかを確認することを意図した。また、生体内の作用として、生体内で起こる反応（酵素触媒反応）を化学的に考えることができるかどうかを問うている。