

令和 8 年度入学試験問題

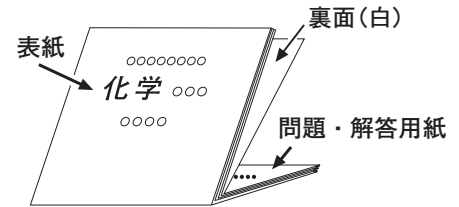
化 学 401

(前 期 日 程)

表紙も問題・解答用紙もすべて  
表面のみに印刷している。

(注意事項)

- 1 問題・解答用紙は、解答開始の指示があるまで開かないこと。
- 2 この表紙を除いて、問題用紙は 8 枚(その 1～その 8)、解答用紙は 4 枚(その 1～その 4)である。  
用紙の折り方は図のようになっているので注意すること。  
計算が必要な場合は、表紙、問題・解答用紙の裏面を利用すること。
- 3 解答は、解答用紙の指定された解答箇所を書くこと。指定された解答箇所以外に書かれたものは採点しない。また、裏面に書かれたものも採点しない。
- 4 解答開始後、各解答用紙の「受験番号」欄に受験番号をはっきりと記入すること。
- 5 配付した用紙はすべて回収する。

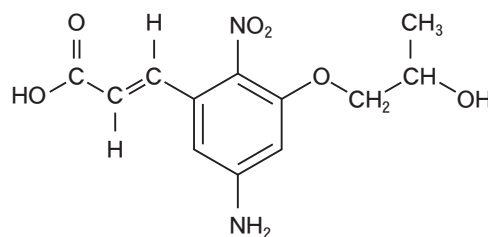


# 化 学 401 問題用紙 (その1)

(注意) 第1問から第4問の解答にあたっては、以下の注意事項にしたがうこと。

1. 有機化合物の構造式は、特に指示のない限り右図に示す例にならって表すこと。
2. 必要があれば、原子量は次の値を用いること。

H 1.0      C 12.0      N 14.0      O 16.0



構造式の例

**第1問** 次の文章<Ⅰ>、<Ⅱ>および<Ⅲ>を読み、問い(問1~9)に答えよ。

<Ⅰ> メタン CH<sub>4</sub>、アンモニア NH<sub>3</sub> および水 H<sub>2</sub>O はそれぞれ炭素原子 C、窒素原子 N または酸素原子 O と、水素原子 H が (a) **ア** 結合した分子である。それぞれの分子の形はメタンが正四面体形、アンモニアが **イ**、水が **ウ** である。これらの形は、分子中の電子対が結合に関与していてもいなくても互いに反発しあっているだけ遠くならうとするという説明を使うと、いずれもメタンと同じ四面体形を基本としていることが理解できる。

問1 下線部(a)のメタン CH<sub>4</sub>、アンモニア NH<sub>3</sub> および水 H<sub>2</sub>O について電子式を記せ。

問2 文章中の **ア** には結合の種類があてはまる。適切な語句を記せ。

問3 文章中の **イ** および **ウ** にあてはまる分子の形を以下の語句から選んで記せ。

直線形、折れ線形、正三角形、三角錐形、正方形、四角錐形、正八面体形

<Ⅱ> 金属結晶では原子どうしが **エ** 結合で結びついて規則正しく配列している。鉄 Fe と銅 Cu の金属結晶の代表的な結晶格子はそれぞれ体心立方格子と面心立方格子である。下にそれぞれの単位格子の構造と、体心立方格子では断面 **abcd**、面心立方格子では断面 **efgh** を示した(図1、図2)。なお結晶中の原子は球とみなし、図中の黒い点は球の中心を、断面は最も近い原子どうしが接触している様子を示している。 単位格子の頂点にある原子は  $\frac{1}{8}$  個分、面の中心にある原子は  $\frac{1}{2}$  個分の体積が単位格子中に含まれる。

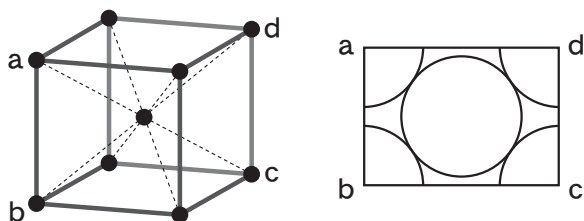


図1 体心立方格子の構造と断面  
(左) 立方体の中心と各頂点に原子が配列  
(右) 断面 **abcd**

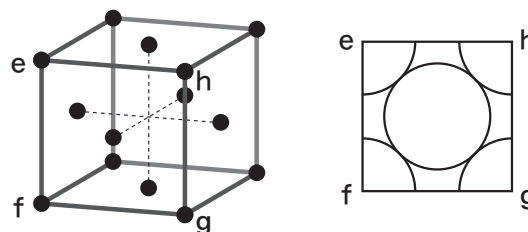


図2 面心立方格子の構造と断面  
(左) 立方体の各面の中心と各頂点に原子が配列  
(右) 断面 **efgh**

## 化 学 401 問題用紙 (その2)

(その1から続く)

問4 文章中の エ には結合の種類があてはまる。適切な語句を記せ。

問5 下線部(b)について、面心立方格子の単位格子の1辺の長さを  $x$ 、原子の球の半径を  $r$  とし、 $r$  を  $x$  で表せ。

問6 下線部(c)とした場合に、面心立方格子の単位格子中に何個分の原子の球が含まれるか記せ。

問7 原子が結晶中に占める体積の割合を充填率という。充填率は次の式から求められる。

$$\text{充填率} = \frac{\text{単位格子中の原子の体積}}{\text{単位格子の体積}}$$

問5 および問6 の解答を用い、面心立方格子の充填率を求め、例にならって円周率  $\pi$  および根号 ( $\sqrt{\quad}$ ) を含む式で記せ。  
解答に至るみちすじも記せ。(例)  $2\sqrt{7}\pi$

<Ⅲ> 銅(Ⅱ)イオン  $\text{Cu}^{2+}$  を含む水溶液に塩基の水溶液を加えると青白色沈殿の水酸化銅(Ⅱ)  $\text{Cu}(\text{OH})_2$  が生じる。ここに過剰のアンモニア水を加えると溶解して深青色の溶液になる。ここに含まれるのは銅(Ⅱ)イオンにアンモニアが オ 結合したテトラアンミン銅(Ⅱ)イオンである。

また鉄(Ⅲ)イオン  $\text{Fe}^{3+}$  の水溶液に オ ヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸イオン オ が含まれる水溶液を加えると濃青色沈殿が生じる。

問8 文章中の オ には結合の種類があてはまる。適切な語句を記せ。

問9 下線部(d)のテトラアンミン銅(Ⅱ)イオンおよび下線部(e)のヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸イオンについて、配位子と配位数が分かる化学式で、それぞれの錯イオンを記せ。

## 化 学 401 問題用紙 (その3)

第2問 次の文章を読み、問い(問1～8)に答えよ。

ある化学実験において、酢酸  $\text{CH}_3\text{COOH}$  水溶液の濃度を中和滴定によって正確に求めたい。実験では、まず滴定に用いる水酸化ナトリウム  $\text{NaOH}$  水溶液の濃度をシュウ酸  $(\text{COOH})_2$  水溶液を用いて決定したのち、その水酸化ナトリウム水溶液を用いて酢酸水溶液の滴定を行った。手順は下の操作1～6のとおりである。

なお、シュウ酸二水和物  $(\text{COOH})_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  のモル質量は  $126 \text{ g/mol}$ 、酢酸のモル質量は  $60.1 \text{ g/mol}$  とする。また、すべての操作は  $25^\circ\text{C}$  で行ったものとする。

【操作1】  $5.04 \text{ g}$  のシュウ酸二水和物を正確にはかり取って適量の純水に溶かし、さらに純水を加えて  $1000 \text{ mL}$  に調整することでシュウ酸水溶液を調製した。<sup>(a)</sup>

【操作2】 調製したシュウ酸水溶液  $10.0 \text{ mL}$  をはかり取って容器に移し、フェノールフタレイン溶液を数滴加えた。<sup>(b)</sup>

【操作3】 操作2で用意したシュウ酸水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を滴下したところ、 $10.2 \text{ mL}$  を滴下した時点で溶液の色が無色から薄い赤色へと変化したため、中和点とみなした。<sup>(c)</sup>

【操作4】 操作3の滴定結果から、水酸化ナトリウム水溶液の正確なモル濃度を計算した。

【操作5】 次に酢酸水溶液の濃度を求めるため、酢酸水溶液  $10.0 \text{ mL}$  をはかり取り、純水を加えて  $100 \text{ mL}$  に調整することで希釈溶液を調製した。

【操作6】 この希釈した酢酸水溶液  $10.0 \text{ mL}$  をはかり取り、フェノールフタレイン溶液を数滴加えた後、操作3と同様に水酸化ナトリウム水溶液による滴定を行ったところ、 $7.80 \text{ mL}$  を滴下した時点で溶液が無色から薄い赤色へと変化したため、中和点とみなした。

問1 水酸化ナトリウムの固体は、空気中の水分を吸収して溶ける。このような現象を何というか、適切な用語を記せ。

問2 下線部(a)、(b)および(c)の実験操作で使用する器具について、それぞれ最も適切なものを次の(あ)～(お)から1つ選び、記号で記せ。ただし、これらの実験操作で使用する器具はそれぞれ異なるものである。

- (あ) メスフラスコ
- (い) ビュレット
- (う) コニカルピーカー
- (え) ホールピペット
- (お) 分液ろうと

問3 下線部(b)および(c)の実験操作で使用する実験器具の内部に純水が残っている場合は、使用前に共洗いをする必要がある。その理由を、簡潔に説明せよ。

## 化 学 401 問題用紙 (その4)

(その3から続く)

問4 操作2および操作6で使用したフェノールフタレインは、あるpHの範囲で色に変化する。フェノールフタレインの変色域として正しいものを、次の(あ)～(お)から1つ選び、記号で記せ。

- (あ) pH = 1.2 ~ 2.8
- (い) pH = 3.1 ~ 4.4
- (う) pH = 5.0 ~ 6.2
- (え) pH = 8.0 ~ 9.8
- (お) pH = 10.5 ~ 11.6

問5 操作3に関して、シュウ酸と水酸化ナトリウムが反応するときの化学反応式を記せ。

問6 操作4に関して、使用した水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度〔mol/L〕を求め、有効数字2桁で記せ。解答に至るみちすじも記せ。

問7 操作6の結果から、希釈する前の酢酸水溶液のモル濃度〔mol/L〕を求め、有効数字2桁で記せ。解答に至るみちすじも記せ。

問8 中和滴定に用いる水酸化ナトリウム水溶液は、直前に正確な濃度のシュウ酸水溶液との中和滴定により濃度を決定することが望ましい。その理由について、水酸化ナトリウムと二酸化炭素との反応を例に挙げて説明せよ。

# 化 学 401 問題用紙 (その5)

第3問 次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えよ。

図1に示すような、開閉可能なシャッターのついた1枚の隔壁により、2室(図中の容器の左側をA室、右側をB室と区別する)に分割された容器を用いて理想気体の挙動および気体反応の平衡について考察しよう。この隔壁は、初めは、A室、B室とも同じ容積 $V_0$  [L]になるよう、固定具で動かないように固定されているが、固定具を外すことで左右に自由に動くことができるようになる。また、A室、B室とも最初は真空の状態、気体が封入された後、容器内の温度は常に $T_0$  [K]一定に保たれるものとする。

最初に左右のコックを開き、A室の圧力が $0.8p_0$  [kPa]になるまで**気体A**を、B室の圧力が $1.2p_0$  [kPa]になるまで**気体B**を注入し、その後、再び両方のコックを閉める(図2)。ここで、 $p_0$ はある基準の圧力とし、基準の物質質量 $n_0$  [mol]とともに $p_0V_0 = n_0RT_0$ を満たすものとする。 $R$ は気体定数(8.31 kPa・L/(K・mol))である。**気体A**、**気体B**ともに理想気体とみなせるものとする。注入した**気体A**と**気体B**の物質質量をそれぞれ $n_A$  [mol]、 $n_B$  [mol]とすると、 $n_A =$    $n_0$ 、 $n_B =$    $n_0$ と表すことができる。

次に隔壁の固定具を慎重に取り除くことにする。固定具がなくなると、A室とB室の圧力差のため、隔壁は左側に移動する(図3)。最終的にA室の体積 $V_A$  [L]が   $V_0$ 、B室の体積 $V_B$  [L]が   $V_0$ となり、A室とB室の圧力がともに   $p_0$ になり釣り合ったところで隔壁は止まる。

最後にシャッターを開けよう。シャッター開放後、十分な時間が経過すると**気体A**と**気体B**は互いに混ざり合い、混合気体(**気体A** + **気体B**)が生成する(図4)。混合気体中における**気体A**と**気体B**のモル分率をそれぞれ $x_A$ 、 $x_B$ とすると、 $x_A =$  、 $x_B =$  である。また混合気体中での**気体A**の分圧と**気体B**の分圧をそれぞれ $p_A$ 、 $p_B$ とすると、 $p_A =$    $p_0$ 、 $p_B =$    $p_0$ と表せる。

ここで、混合気体中で1分子の**気体A**と1分子の**気体B**から新たな**気体C**(理想気体とみなせるものとする)が1分子生成する反応が起こるとしよう。この反応は可逆反応であり、次の反応式①で表すことができる。



反応開始時の**気体A**と**気体B**の分圧は、上述のとおり $p_A =$    $p_0$ 、 $p_B =$    $p_0$ が成立するものとし、十分に混ざり合い、反応が平衡状態に達した後の**気体A**、**気体B**および**気体C**の分圧は、それぞれ添え字にeqを付けて $p_{A,eq}$ 、 $p_{B,eq}$ および $p_{C,eq}$ と表すことにする。この反応に対する圧平衡定数 $K_p$ は、 $p_{A,eq}$ 、 $p_{B,eq}$ および $p_{C,eq}$ を用いて  と表すことができる。 $K_p$ の値は温度を変化させない限り変化しない。平衡状態のときに何らかの方法で容器内の圧力だけを上昇させた場合、 。ここで、平衡状態に達したときの**気体A**の反応率を $\alpha$ とする。平衡状態に達した後の**気体A**、**気体B**および**気体C**のそれぞれの物質質量 $n_{A,eq}$ 、 $n_{B,eq}$ および $n_{C,eq}$ は、 $\alpha$ および反応前の**気体A**の物質質量 $n_A$ を用いて、 $n_{A,eq} =$  、 $n_{B,eq} =$  および $n_{C,eq} =$  と表すことができるので、容器内の圧力変化(反応前の全圧 $p$ が平衡状態での全圧 $p_{eq}$ に変化)がわかれば反応率 $\alpha$ を計算でき、最終的に $K_p$ の値を求めることができる。

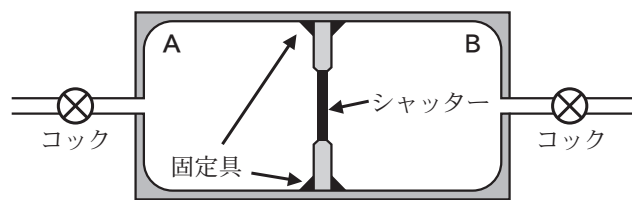


図1 シャッター付き隔壁を内蔵した容器の模式図

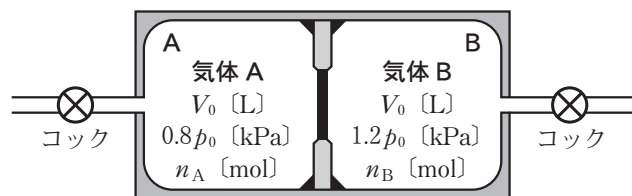


図2 気体Aと気体Bの封入後の状態

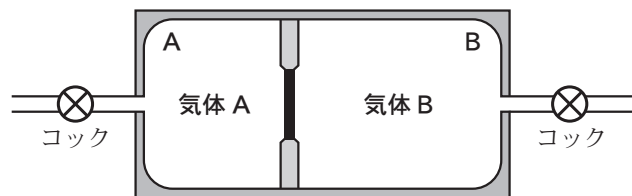


図3 固定具を取り除いた後の状態

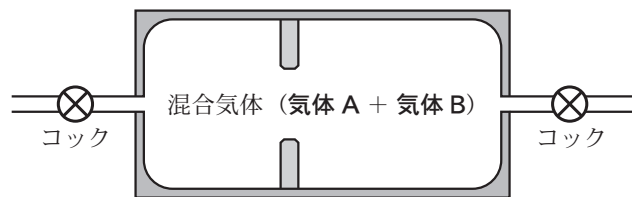


図4 シャッターを開いた後の状態

## 化学 401 問題用紙 (その6)

(その5から続く)

問1 文章中の  ~  にあてはまる数値, また  ~  にあてはまる式を記せ。ただし, 数値に関しては小数点以下第1位まで求めよ。また, 物質 X の反応率とは次の式で定義される比率のことである。

$$\text{反応率} = \frac{\text{反応で消費された X の物質量 [mol]}}{\text{反応前に存在した X の物質量 [mol]}}$$

問2 文章中の  にあてはまる文として適切なものを次の (あ) ~ (う) から1つ選び, 記号で記せ。

- (あ)  $K_p$  の値は変化しないので, 気体 A, 気体 B および気体 C の物質量は変化しない
- (い)  $K_p$  の値は変化しないが, ルシャトリエの原理にしたがい反応式①の平衡は左向きに移動する
- (う)  $K_p$  の値は変化しないが, ルシャトリエの原理にしたがい反応式①の平衡は右向きに移動する

問3 下線部(a)について, 平衡状態に達した後の全圧  $p_{\text{eq}}$  が反応前の全圧  $p$  の 75.0% になったとする ( $p_{\text{eq}} = 0.75p$ )。このときの反応率  $\alpha$  と圧平衡定数  $K_p$  を求め, 有効数字3桁で記せ。 $K_p$  の解答欄には単位も記せ。ただし, 基準の圧力  $p_0$  は 100 kPa とする。

# 化学 401 問題用紙 (その7)

第4問 次の文章を読み、下の問い(問1～11)に答えよ。

$\alpha$ -アミノ酸は、タンパク質をつくる基本的な成分であり、**ア**を除いて、すべてに不斉炭素原子があり、鏡像異性体が存在する。天然のタンパク質を酵素で加水分解して得られる $\alpha$ -アミノ酸は、ほぼ**イ**である。ヒトが体内で合成できないか、合成できても十分な量ではなく、食物から摂取する必要のある**イ**の $\alpha$ -アミノ酸を**ウ**といい、9種類が存在する。

トリペプチド**A**は、異なる3種類の天然の $\alpha$ -アミノ酸である**ア**、**エ**および**オ**がペプチド結合して形成された鎖状ペプチドである。また、**エ**および**オ**は、**ウ**に含まれる**イ**の $\alpha$ -アミノ酸である。なお、 $\alpha$ -アミノ酸の側鎖の官能基は、このペプチド結合には関与していないものとする。トリペプチド**A**にメタノールと少量の濃硫酸を作用させたところ化合物**B**が得られた。さらに化合物**B**を無水酢酸と反応させたところ化合物**C**が得られた。化合物**C**をある加水分解酵素で処理し、構造中のトリペプチド**A**由来のペプチド結合のみを完全に加水分解したところ、**ア**のメチルエステル、中性アミノ酸である**エ**、および塩基性アミノ酸である**オ**に2つのアセチル基が導入された化合物が得られた。**エ**の水溶液に濃硝酸を加えて加熱すると、黄色に呈色した。さらに冷却後、アンモニア水を加えて塩基性<sup>(b)</sup>にすると橙黄色となった。

問1 **ア**にあてはまる $\alpha$ -アミノ酸の名称と構造式をそれぞれ記せ。ただし、双性(両性)イオンの形で示すこと。

問2 **イ**には、「D体」または「L体」のいずれかがあてはまる。どちらか適切な語句を記せ。

問3 **ウ**にあてはまる語句を記せ。

問4 下線部(a)のトリペプチド**A**に構造異性体が何種類あるか記せ。

問5 下線部(a)のトリペプチド**A**の水溶液にある操作を行ったとき赤紫色への呈色が観察されたが、トリペプチド**A**を完全に加水分解した後に同じ操作をしても呈色しなかった。このときの操作として最も適切なものを次の(あ)～(か)から1つ選び、記号で記せ。

- (あ) ニンヒドリン水溶液を加えて加熱した。
- (い) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えた。
- (う) 水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にした後に少量の硫酸銅(Ⅱ)水溶液を加えた。
- (え) 固体の水酸化ナトリウムを加えて加熱し、酢酸鉛(Ⅱ)水溶液を加えた。
- (お) アンモニア性硝酸銀水溶液を加えて加熱した。
- (か) ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えた。

問6 下線部(a)のトリペプチド**A**について、0.10 molのトリペプチド**A**に含まれる窒素原子をすべてアンモニアに変え、発生したアンモニアを1.0 mol/Lの硫酸水溶液250 mLに吸収させた。残った硫酸を完全に中和するために、1.0 mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を100 mL要した。この実験結果から、1分子のトリペプチド**A**に含まれる窒素原子の数を求めて記せ。

## 化学 401 問題用紙 (その8)

(その7から続く)

問7 下線部(b)の反応を説明する以下の文章中の (i) ~ (iii) にあてはまる語句を記せ。

濃硝酸によってアミノ酸の側鎖に含まれる (i) が, (ii) 化されることにより呈色する反応で (iii) 反応という。

問8 **エ** にあてはまる  $\alpha$ -アミノ酸は元素分析等の結果により分子量が165と判明した。**エ** の名称と構造式をそれぞれ記せ。立体異性体と電離の状態は考慮しなくてよい。なお、不斉炭素原子の右上に\*印をつけよ。

問9 **オ** にあてはまる  $\alpha$ -アミノ酸は炭素、水素、酸素および窒素のみからなり、元素分析の結果から、成分元素の質量百分率は、炭素49.3%、水素9.6%、酸素21.9%および窒素19.2%であった。**オ** の分子式、名称および構造式をそれぞれ記せ。立体異性体と電離の状態は考慮しなくてよい。なお、不斉炭素原子の右上に\*印をつけよ。

問10 pH 6.0の水溶液中で **オ** の電気泳動を行うとどのように移動するか、次の(あ)~(う)から1つ選び、記号で記せ。

- (あ) 陰極側に移動した。
- (い) 陽極側に移動した。
- (う) ほとんど移動しなかった。

問11 トリペプチドAと化合物Cの構造式を記せ。立体異性体と電離の状態は考慮しなくてよい。

## 化 学 401 解答用紙 (その1)

### 第1問

問1	メタン CH <sub>4</sub>	アンモニア NH <sub>3</sub>	水 H <sub>2</sub> O		
問2	ア				
問3	イ		ウ		
問4	エ				
問5	$r =$				
問6		個分			
問7	解答に至るみちすじ		<table border="1" style="float: right; margin-top: 20px;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">充填率</td> <td style="width: 50%;"></td> </tr> </table>	充填率	
充填率					
問8	オ				
問9	テトラアンミン銅(II)イオン ヘキサシアニド鉄(II)酸イオン				

化 学 401 解答用紙 (その2)

第2問

問1			
問2	(a)	(b)	(c)
問3			
問4			
問5			
問6	解答に至るみちすじ		
		モル濃度	mol/L
問7	解答に至るみちすじ		
		モル濃度	mol/L
問8			

化 学 401 解答用紙 (その3)

第3問

問1	ア		イ		ウ	
	エ		オ		カ	
	キ		ク		ケ	
	コ				サ	
	シ				ス	
問2	I					
問3	$\alpha$		$K_p$			

## 化 学 401 解答用紙 (その4)

### 第4問

問1	名称		構造式	
問2		問3		問4
				問5
				問6
問7	(i)		(ii)	
				(iii)
問8	名称		構造式	
問9	分子式		構造式	
	名称			
問10				
問11	トリペプチド A の構造式		化合物 C の構造式	