

令和3年度入学試験問題（後期日程）

化学

出題意図及び正答例

問題 1

出題意図

化学結合と物質の性質との関係に関する基礎的知識を問うた。また、銀を例にとり、結晶格子の概念及び結晶の構造に関する理解度を計算問題により試すとともに、その特徴的な性質についても問うた。

正答例

(1)	ア：直線形	イ：電気陰性度	ウ：自由電子	エ：アモルファス (非晶質も可)
(2)	略			
(3)	②, ⑤			
(4)	略			
(5)	(a)	計算過程：略		<u>原子半径：$1.44 \times 10^{-8} \text{ cm}$</u>
		計算過程：略		<u>密度：10.5 g/cm^3</u>
	(b)	①, ④		
	(c)	$\text{AgCl} + 2\text{NH}_3 \longrightarrow [\text{Ag}(\text{NH}_3)_2]^+ + \text{Cl}^-$		

※記述問題の正答例は開示していません。

令和3年度入学試験問題（後期日程）

化学

出題意図及び正答例

問題 2

出題意図

「物質の変化と平衡」の分野から、ハロゲン化水素化合物を例として取り上げ、物質と熱の関係に関する理解度を問うた。具体的には、沸点や反応速度、化学平衡等について定性的・定量的に理解しているかを問うた。

正答例

(1)	略		
(2)	計算過程：略	答：-9 kJ	
(3)	(a)	活性化状態（遷移状態）	
	(b)	計算過程：略	答： 1.9×10^2 kJ/mol（ 1.8×10^2 kJ/mol も可）
	(c)	略	
(4)	(a)	$\sqrt{K}x/(2\sqrt{K} + 1)$ mol または $(2K - \sqrt{K})x/(4K - 1)$ mol	
	(b)	変化しない	

※記述問題の正答例は開示していません。

令和3年度入学試験問題（後期日程）

化学

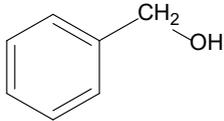
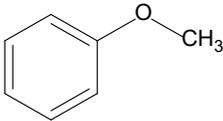
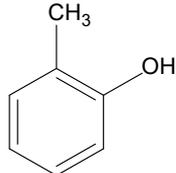
出題意図及び正答例

問題 3

出題意図

異性体を題材として、大学における有機化学の学習に必要となる種々の基本的事項に関する知識と理解（主要な有機化合物の名称と性質、異性体の分類、官能基による反応・物性の違い、アルケンの生成と反応、異性体と組成、など）を試す問題である。

正答例

問 1	(1)	名称： ブタン	分子式： C_4H_{10}	
	(2)	アルカン		
	(3)	気体		
	(4)	シス-トランス異性体	沸点の違い：ある	
	(5)	化合物 B の構造式： $\begin{array}{c} CH_3-CH_2-CH-CH_3 \\ \\ OH \end{array}$	化合物 E の構造式： $CH_3-CH_2-CH=CH_2$	
問 2	(1)	化合物 F の構造式： 	化合物 G の構造式： 	化合物 H の構造式： 
	(2)	化合物 F の名称： ベンジルアルコール	化合物 H の名称： <i>o</i> -クレゾール	
	(3)	$2C_6H_5CH_2OH + 2Na \rightarrow 2C_6H_5CH_2ONa + H_2\uparrow$ （構造式を用いて示してもよい）		
	(4)	②		
問 3	計算過程：略 答：77.1 mg（計算過程が妥当であり、正しく計算されていれば、計算で生じる誤差に配慮する。）			

※記述問題の正答例は開示していません。

令和3年度入学試験問題（後期日程）

化学

出題意図及び正答例

問題 4

出題意図

酵素についての基本的な知識を問うとともに、マイクロプラスチックによる環境汚染が社会的な問題となっている中、プラスチックに関する基本的な事項について問うた。

正答例：

(1)	マルトース（麦芽糖）
(2)	略
(3)	$n \text{ HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH} + n \text{ HO-C(=O)-C}_6\text{H}_4\text{-C(=O)-OH}$ $\longrightarrow \left[\text{O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-C(=O)-C}_6\text{H}_4\text{-C(=O)} \right]_n + 2n \text{ H}_2\text{O}$
(4)	計算過程：略 答： 99 個
(5)	$\left[\text{C(=O)-CH}_2\text{-O} \right]_n$

※記述問題の正答例は開示していません。

令和3年度 入学試験問題（後期日程）
問題訂正
「化学」

【問題冊子】

4 ページ 1 (5) (a) 1 行目

(誤) 「 単位格子の一片 」

(正) 「 単位格子の一辺 」

令和 3 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しなさい。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しなさい。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、監督者に申し出なさい。
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なさい。

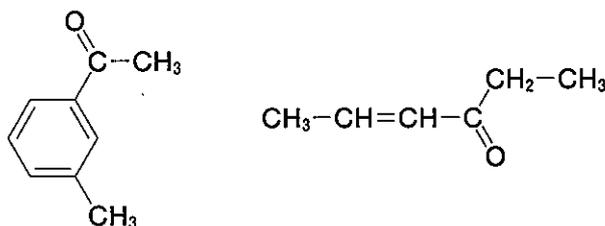
問題の解答に必要なならば、以下の数値を用いなさい。

原子量 H : 1.0 C : 12 N : 14 O : 16 Na : 23 Ag : 108

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

化合物の構造式を答える場合には、記入例にならって示しなさい。

(記入例)



1 次の文章を読み、設問(1)~(5)に答えよ。

化学結合には、イオン結合、共有結合、金属結合などがある。イオン結合でできている結晶をイオン結晶といい、例として塩化セシウムがある。イオン結晶は、強い力を加えると特定の面に沿って割れやすい。この性質をへき開という。共有結合でできている分子の例としてエチレン(エテン)がある。配位結合は、共有結合の一種であり、アンモニアのような非共有電子対をもつ分子は金属イオンに配位結合し、錯イオンを生じる。テトラアンミン亜鉛(II)イオンやジアンミン銀(I)イオンは錯イオンであり、それぞれの形は、前者は正四面体形、後者は(ア)となる。共有結合している2原子間の共有電子対は、どちらか一方の原子にかたよって存在する場合がある。それぞれの原子が共有電子対を引きつけようとする強さには差があり、この強さを相対的な数値で表したものを(イ)という。金属結合は、(ウ)の共有による金属原子同士の結合である。通常、金属は結晶構造をもつが、原子が不規則に配列した金属もあり(エ)金属とよばれる。

(1) 空欄(ア)~(エ)にあてはまる適切な語句を答えよ。

(2) イオン結晶が下線部の性質をもつ理由を50字以内で説明せよ。

(3) 以下の分子の中から無極性分子を2つ選び、番号で答えよ。

① H₂O ② CO₂ ③ NH₃ ④ HCl ⑤ CCl₄

(4) 金属結晶が展性や延性を示す理由を50字以内で説明せよ。

(5) 銀について以下の(a)~(c)に答えよ。

(a) 銀の金属結晶は、単位格子の一片の長さが 4.09×10^{-8} cm の面心立方格子である。 $\sqrt{2} = 1.41$, $(4.09)^3 = 68.4$ として、銀原子の原子半径[cm]と銀の密度[g/cm³]を計算せよ。答は有効数字3桁で答えよ。計算過程も示すこと。

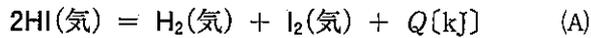
(b) 単体の金属の中で銀が最も高い値をもつ物性値を、以下の中からすべて選び、番号で答えよ。ただし、圧力は1 atm、温度は25℃における値とする。

① 電気伝導率 ② 密度 ③ 比熱 ④ 熱伝導率

(c) 硝酸銀水溶液に塩化ナトリウム水溶液を加えると白い沈殿が生じた。そこに、さらにアンモニア水を加えると、白い沈殿は溶解無色透明な溶液となった。白い沈殿がアンモニア水に溶ける反応の化学反応式を書け。

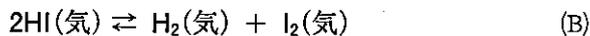
2 次の文章を読み、設問(1)~(4)に答えよ。

① ヨウ化水素 HI から水素 H_2 とヨウ素 I_2 を生じる変化は、吸熱反応であり、反応熱を Q [kJ] (Q は負の値とする) とすると次の熱化学方程式(A)で表される。



この反応は、2 mol の HI に $-Q$ [kJ] の熱を加えただけでは、ほとんど進行せず、さらなる加熱によりエネルギーの高い不安定な状態を経由することで進むようになる。

② 上の反応が進行する条件で、温度および体積が一定の容器に HI を密閉しておくと、やがて次の式(B)に示す平衡状態に達する。



(1) 下線部①の物質の沸点 (-35°C) は、同族の水素化合物である塩化水素や臭化水素の沸点より高い。この理由を 40 字以内で説明せよ。

(2) 熱化学方程式(A)における反応熱 Q [kJ] を計算せよ。なお、 $H-I$ 、 $H-H$ 、 $I-I$ の結合エネルギーは、それぞれ 299 kJ/mol、436 kJ/mol、153 kJ/mol とする。計算過程も記すこと。

(3) 下線部②について、以下の(a)~(c)に答えよ。

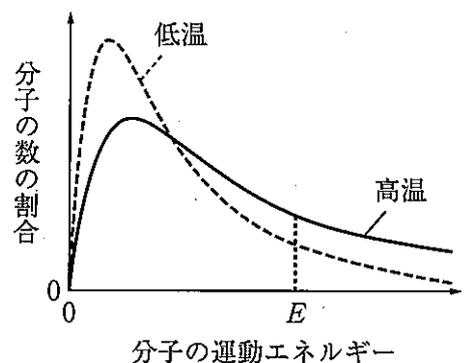
(a) この不安定な状態を何というか。

(b) 設問(a)の状態にするのに必要な最小のエネルギーを E とする。 E と、反応の速度定数 k および反応温度 T の間には、以下の関係式が成り立つことが知られている。

$$k = Ae^{-E/(RT)} \quad (A \text{ は定数})$$

HI から H_2 と I_2 が生成する反応において、反応温度を $T_1 = 700\text{ K}$ から $T_2 = 725\text{ K}$ に上げると、速度定数 k は 3.0 倍になった。この結果より、上の関係式を用いて、 E [kJ/mol] を求めよ。気体定数 $R = 8.3\text{ J}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ 、 $\log_e 3.0 = 1.1$ とし、計算過程を記し、有効数字 2 桁で答えよ。 $T_1 \sim T_2$ の範囲で E は変化しないものとする。

(c) 分子の運動エネルギーは、温度によって決まる一定の分布をとる。温度が高くなると、その分布は、右図のように全体的にエネルギーの高いほうへ移動する。図中、 E は、点線の位置にあるとし、高温で反応速度が大きくなる理由を 60 字以内で説明せよ。必要に応じて、解答欄の図を用いて説明してもよい。



(4) 下線部③について、以下の(a)と(b)に答えよ。

- (a) 空の密閉容器に x mol の HI を入れ、700 K に保つと平衡状態に達した。式(B)における平衡定数を K 、平衡後に存在する H_2 が y mol とすると、 I_2 は何 mol 存在するか。 x と K を用いて答えよ。ただし、 $x > 2y$ が成立するとして導け。
- (b) 温度一定で、容器を密閉状態で圧縮して圧力を上げた場合、新たな平衡後の平衡定数は、設問(a)の K の値と比べて、どのようなになるか。「大きくなる」、「小さくなる」、「変化しない」のいずれかで答えよ。

3 以下の問1～3に答えよ。

問1 次の文章を読み、設問(1)～(5)に答えよ。

鎖式炭化水素 A がある。化合物 A に含まれる炭素の数は4であり、全て単結合からなる直鎖状構造をもつ。化合物 A の水素をヒドロキシ基で置換した1価アルコールのうち、立体異性体が存在する構造をもつものを化合物 B とする。化合物 B を濃硫酸と加熱すると、互いに異性体の関係にある3つの有機化合物 C, D, E が得られる。化合物 C は、化合物 D とは立体異性体の関係に、また化合物 E とは構造異性体の関係にある。化合物 E を白金あるいはニッケルを触媒として水素と反応させると化合物 A となる。

- (1) 化合物 A の名称と分子式を示せ。
- (2) 化合物 A のように、全て単結合からなる鎖式の炭化水素(鎖式飽和炭化水素)を総称して何とよぶか。
- (3) 常温・常圧で化合物 A は物質の三態のうち、どの状態で存在するか。
- (4) 化合物 C と化合物 D は立体異性体である。このような立体異性体は特に何とよばれるか、その名称を答えよ。また化合物 C と化合物 D で沸点に違いはあるか、答えよ。
- (5) 化合物 B と化合物 E の構造式を示せ。ただし、化合物 B の立体異性体を区別して書く必要はない。

問2 次の文章を読み、設問(1)～(4)に答えよ。

分子式がいずれも C_7H_8O である3つの異なる芳香族化合物 F, G, H がある。

- ア. 化合物 F は金属ナトリウムと反応して気体を発生するが、化合物 G は反応しない。
- イ. 化合物 F と化合物 G のそれぞれのジエチルエーテル溶液を分液ろうとに入れ、水酸化ナトリウム水溶液を加えてよく振ると2層に分かれる。化合物 F と化合物 G は主に上層に存在する。
- ウ. 化合物 H のジエチルエーテル溶液を分液ろうとに入れ、水酸化ナトリウム水溶液を加えてよく振ると2層に分かれる。化合物 H は上層にはほとんど存在しない。このとき、下層を取り出し、塩酸で酸性にした後、新たにジエチルエーテルを加えてよく振り、静置すると2層に分かれる。
- エ. 化合物 H のアルキル基をカルボキシ基で置き換えるとサリチル酸の構造となる。

- (1) 化合物 F, G, H の構造式を示せ。
- (2) 化合物 F と化合物 H の名称を答えよ。
- (3) 上のアの化合物 F と金属ナトリウムとの反応を化学反応式で表せ。
- (4) 上のウの下線部で得られる2層のうち、化合物 H は主に上層、下層のどちらに含まれると考えられるか。また、それは水層、ジエチルエーテル層のどちらか。次の組み合わせの中から1つ選び、番号で答えよ。
 - ① 上層で水層 ② 上層でジエチルエーテル層 ③ 下層で水層
 - ④ 下層でジエチルエーテル層

問3 次の設問に答えよ。

有機化合物Iとその構造異性体Jがある。化合物Iを12.0 mgとり、完全燃焼させたところ、二酸化炭素 25.7 mgを生じた。これとは別に化合物Jを36.0 mgとり真空中で加熱したところ、化合物Jの構造中に存在する窒素の一部を気体(N_2)として脱離して化合物Jは分解した。

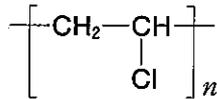
この分解反応後に残った物質の全量を完全燃焼させると、どれだけの二酸化炭素が生じると考えられるか。計算過程も示し、単位にはmgを用いて有効数字3桁で答えよ。なお、化合物Jの分解反応の際に他の反応は起きず、気体の窒素以外の物質の脱離はないものとする。

4 次の文章を読み、設問(1)～(5)に答えよ。

酵素はタンパク質を主体とした高分子化合物であり、生体内で起こる多くの化学反応において特定の基質にだけ作用する触媒の役割を果たしている。① 一般に、化学反応は高温になると反応速度が大きくなる。しかし、酵素が触媒として作用する際には、反応速度が最大になる最適温度があり、さらに高温になると反応速度は低下する。②

環境中に放出されたプラスチックが破碎、光分解され細かくなって生じたマイクロプラスチックによる環境汚染が社会的に問題視されている。プラスチックは一般的に生物により分解されにくく、環境中に残存しやすい。このため環境中におけるマイクロプラスチックの量が増加して、生態系に悪影響を及ぼすことが危惧されている。こうした状況を改善するためにさまざまな研究が進められている。近年、ポリエチレンテレフタレートを分解する酵素が発見され、その利用が期待されている。また、環境中に残存しにくい、生分解性を有する高分子の開発も進められている。③ ④

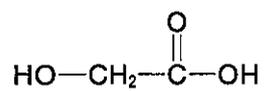
- (1) 下線部①について、だ液などに含まれる酵素のアミラーゼがデンプンに作用したとき、生成する二糖類の物質名を書け。
- (2) 下線部②について、高温になると反応速度が低下する理由を、分子の構造の観点から 50 字以内で説明せよ。
- (3) 下線部③の高分子はエチレングリコールとテレフタル酸を縮合重合させることにより合成される。重合度を n として、この縮合重合反応の反応式を記せ。高分子の書き表し方は(例)を参考にせよ。



(例) 高分子の書き表し方(ポリ塩化ビニル)

- (4) 分子量が 9618 のポリエチレンテレフタレートの 1 分子中には何個のエステル結合が含まれているか計算せよ。計算過程も示すこと。ただし、ポリエチレンテレフタレートの構造は鎖状で、末端は H と OH であるとする。

- (5) 下線部④の例としてポリ乳酸やポリグリコール酸が挙げられる。ポリグリコール酸はポリ乳酸と同様の脱水縮合反応などを経て合成される。グリコール酸の化学構造式を参考にして、ポリグリコール酸の構造式を記せ。高分子の書き表し方は、設問(3)の(例)を参考にせよ。



グリコール酸