

受験職種	研究職（化学）
------	---------

得点	※
----	---

**地方独立行政法人大阪府立産業技術総合研究所**  
**研究職（化学）専門試験**

（注 意 事 項）

1. 試験時間中は、すべて試験係員の指示に従ってください。お互いに話をしたり、席を立ったり、そのほか、人の迷惑になるようなことをしてはいけません。指示に従わない、また、試験中にICレコーダーや携帯電話等を使用するなどの不正行為を行った場合は、失格として直ちに退室していただきます。
2. 受験番号及び氏名は必ず記入してください。（※欄は記入しないでください。）
3. 問題は「共通問題」と「選択問題」で構成されていて、試験時間は2時間20分です。
  - ・「共通問題」（5問）はすべて答えてください。
  - ・「選択問題」は、問題AからDの4問より2問を選択して解答すること。選択した問題については、各選択問題の「選択欄」に○印を記入すること。選択欄に○印が記入されていない場合は、解答欄に解答が記入されていても採点しません。なお、3問以上の選択問題の選択欄に○印を入れた場合は、失格となります。
4. 棄権するとき、気分が悪くなったときを除き、途中退室はできません。棄権するときには、試験用紙を必ず試験係員に提出し、確認を受けてください。こちらから渡したものは、一切持って出てはいけません。
5. 気分が悪くなった方は試験係員に申し出、指示に従ってください。

指示があるまで中をあけてはいけません

整理番号
※

選択問題
※

整理番号
※

選択問題
※

得点	※
----	---

受験職種
研究職（化学）

受験番号

氏名

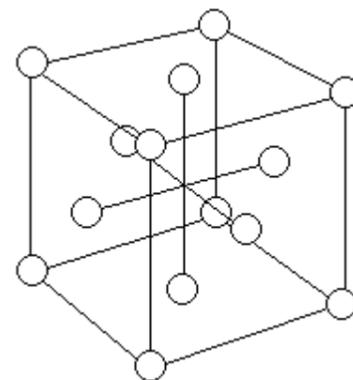
問題1 次の文章を読み、問い(1)から(4)に答えなさい。

ダイヤモンドとグラファイトは、お互いに(①)の関係にあり、炭素を構成元素とする結晶である。ダイヤモンドは、炭素原子が正四面体の頂点に位置する4つの炭素原子と(②)結合をとり、これを基本とした巨大な網目構造を形成しているため、極めて硬い。一方、グラファイトは、炭素原子が平面的に並ぶ層構造を形成しており、この層が重なった結晶となっている。層と層の間の結合が弱いため、軟らかい。グラファイトは、炭素原子の価電子4個のうち3個が結合に使われ、残り1個は結晶内を動くことができるので、電気をよく導く。

金属は、隣り合う原子の最外殻が重なり、原子が価電子を放出して結合している。価電子は金属の結晶中を移動できる(③)電子となっており、電導性を示す。金属結晶は、原子が規則正しく配列した格子を形成する。例えば、アルミニウムの結晶格子は、図のような面心立方格子から構成されている。この場合、単位格子中にはアルミニウム原子が(A)個含まれ、アルミニウム原子1個のまわりには(B)個のアルミニウム原子が接している。

ナフタレンは、結晶を構成する粒子は分子であり、(④)力によって結合している。この結合力は弱いため、結晶は柔らかくて融点は低い。電気的には、(⑤)である。

塩化ナトリウムや塩化カリウムは、正負のイオンが(⑥)作用によって結びついた結晶であり、融点や沸点は高い。これは固体状態では電気を通じないが、融解すると電気(⑦)となる。



アルミニウムの結晶格子

(1) 文中の(①)から(⑦)に入る最も適切な語句を、〔語群〕(ア)から(ソ)より選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

〔語群〕

- (ア) 異性体、 (イ) 同位体、 (ウ) 同素体、 (エ) 分子間、 (オ) 共有、  
 (カ) 金属、 (キ) イオン、 (ク) 自由、 (ケ) 非共有、 (コ) 静電、  
 (サ) 還元、 (シ) 酸化、 (ス) 良導性、 (セ) 非電導性、 (ソ) 磁性

(2) 文中の(A)と(B)に入る適切な数字を解答欄に記入しなさい。

(3) ダイヤモンドとグラファイトの炭素の結合状態を混成軌道でそれぞれ解答欄に表しなさい。

(4) 原子配列が面心立方格子である金属原子の半径を $r$ 、単位格子の一边の長さを $l$ とする。 $l$ を $r$ を用いて解答欄に表しなさい。

問題1 解答欄

(1)

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦

(2)

A	B

(3)

ダイヤモンド	グラファイト

(4)

問題2 下記の問い(1)から(6)に答えなさい。

(1) 次の文の(a)から(c)に入れる語句として、正しい組み合わせを[選択群]①から④の中より選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

原子は原子核と(a)から構成される。元素を同定することは、原子核を構成する(b)の数を決めることである。電子は、他の電子により遮蔽された原子核からの(c)による中心力場で運動していると近似できる。

[選択群]

- ① (a) 陽子、 (b) 中性子、 (c) クーロン力
- ② (a) 中性子、 (b) 中間子、 (c) 重力
- ③ (a) 電子、 (b) 陽子、 (c) クーロン力
- ④ (a) 電子、 (b) 陽子、 (c) 重力

解答欄

(1)	
-----	--

(2) 次の文の(a)から(e)に入れる語句として、正しい組み合わせを[選択群]⑤から⑧の中より選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

結晶表面を原子レベルで観察すると、理想的な平坦面でなく、(a)や(b)などが存在している。また、原子レベルで階段状になった(c)や(d)も存在している。(c)も完全な直線ではなく、(e)と呼ばれる原子の配位数がさらに低下した部分が存在しており、そのような部分では化学反応性、触媒活性などの反応性が高まることがある。

[選択群]

- ⑤ (a) 格子欠陥、 (b) 非平坦点、 (c) トップ、 (d) プラス、 (e) シンク
- ⑥ (a) 格子欠陥、 (b) 吸着原子、 (c) ステップ、 (d) テラス、 (e) キンク
- ⑦ (a) 凸点、 (b) 拡散原子、 (c) 段階線、 (d) テラス、 (e) 活性点
- ⑧ (a) 凹点、 (b) 余剰原子、 (c) ステップ、 (d) ラテス、 (e) 低配位点

解答欄

(2)	
-----	--

(3) 金属表面の酸化について、正しい記述の組み合わせを、[選択群]⑨から⑫の中より選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

- (a) 空気には酸素が含まれ、金属表面では酸化と呼ぶ化学反応が起こる。
- (b) 大気圧下のほとんどの金属表面には酸化膜の膜ができる。
- (c) 酸化膜の成長速度は、空気中の放置時間に対して一定ではない。
- (d) 酸化膜が厚くなると成長速度は遅くなる。大気中では、鉄は約20nmで酸化が止まる。
- (e) 自己保護膜と呼ばれる膜の厚みは、原子サイズの100倍以上となり、金属光沢は失われる。

[選択群]

- ⑨ (a)、(b)、(c)
- ⑩ (b)、(c)、(d)
- ⑪ (c)、(d)、(e)
- ⑫ (a)、(b)、(e)

解答欄

(3)	
-----	--

- (4) 次の文の ( a ) から ( e ) に入れる語句として、正しい組み合わせを [選択群] ⑬から⑯の中より選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

赤外分光法とラマン分光法とでは ( a ) が異なっている。( b ) は赤外分光法で、( c ) はラマン分光法で強く観測される。赤外吸収が生じるのは分子振動に伴う双極子モーメントの変化がある場合で、ラマン散乱は分子振動に伴って ( d ) が変化する場合に生じることによる。両分光装置では光学系も異なり、( e ) は主として可視レーザーを励起光源として用いている。

[選択群]

- ⑬ (a) 選択則、(b) 非全対称振動、(c) 全対称振動、(d) 分極率、(e) 赤外分光法  
 ⑭ (a) 選択則、(b) 非全対称振動、(c) 全対称振動、(d) 分極率、(e) ラマン分光法  
 ⑮ (a) 選択則、(b) 全対称振動、(c) 非全対称振動、(d) 分極率、(e) 赤外分光法  
 ⑯ (a) 対称則、(b) 全対称振動、(c) 非全対称振動、(d) 散乱角、(e) ラマン分光法

解答欄

(4)	
-----	--

- (5) 次の文の ( a ) から ( e ) に入れる語句として、正しい組み合わせを [選択群] ⑰から⑳の中より選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

表面分析では、固体表面から必要な情報を得るため、光やX線などの電磁波、電子、( a )、原子や分子などの中性粒子、熱などをプローブとして表面に当て、表面層との相互作用の結果として放出された各種の量子や粒子を検出することで行われている。表面に電子を入射させた場合には、その一部は ( b ) し、結晶格子による回折などが生じる。他としては、吸着分子や格子の振動励起、さらに価電子や内殻電子の励起などの ( c ) の結果として、光、二次電子、オージェ電子、( d ) などが発生する。電子線は ( e ) まで絞ることが可能であり、局所分析や二次元像を得ることに適している。

[選択群]

- ⑰ (a) 超音波、(b) 非弾性散乱、(c) 弾性散乱、(d) X線、(e) 数  $\mu\text{m}$   
 ⑱ (a) 超音波、(b) 非弾性散乱、(c) 弾性散乱、(d) 超音波、(e) 数 nm  
 ⑲ (a) イオン、(b) 弾性散乱、(c) 非弾性散乱、(d) 超音波、(e) 数  $\mu\text{m}$   
 ⑳ (a) イオン、(b) 弾性散乱、(c) 非弾性散乱、(d) X線、(e) 数 nm

解答欄

(5)	
-----	--

(6) X線分析法に関する次の文の ( a ) から ( e ) に当てはまる最も適切な語句を、[語群] (ア) から (コ) より選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

高速度の電子を重金属でできた対陰極に衝突させると電子の運動エネルギーの大部分は ( a ) になるが、同時にX線が発生する。発生したX線のスペクトルを図1に示す。このスペクトルは、Aの ( b ) X線と、Bの ( c ) X線から構成される。この波長一定のX線が結晶性物質に照射されると ( d ) 散乱を生じ回折現象を起こす。X線が回折を起こす条件は、図2に示すように、結晶面の格子間隔を  $d$ 、X線の入射角を  $\theta$  とすれば、 $n\lambda =$  ( e ) で表される。なお、この式は、ブラッグの式と称される。

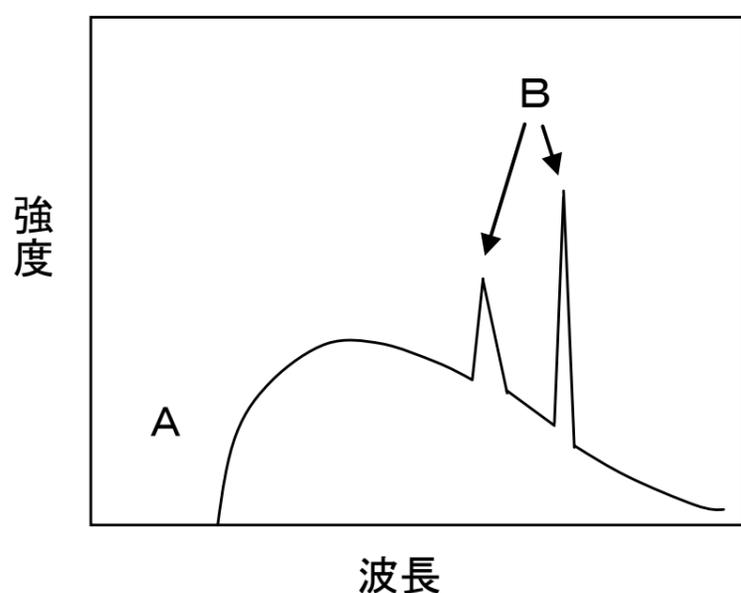


図1

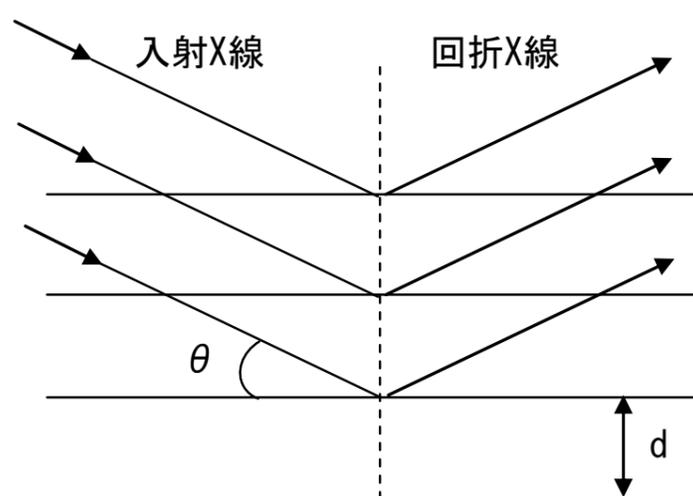


図2

[語群] (ア) 熱、 (イ) 光、 (ウ) 連続、 (エ) 一般、 (オ) 固有、 (カ) 蛍光、  
(キ) トムソン、(ク) コンプトン、(ケ)  $2d\sin\theta$ 、(コ)  $2d\cos\theta$

解答欄

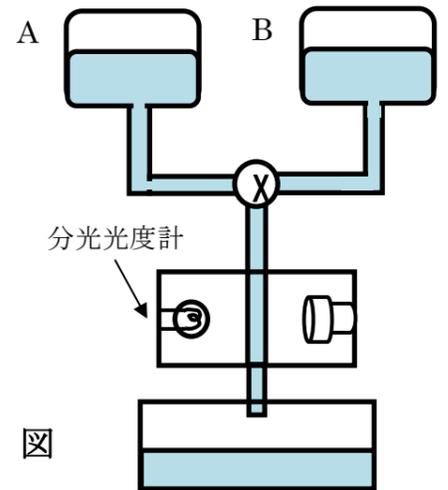
	a	b	c	d	e
(6)					

問題3 2種類の水溶液を混合した場合の光吸収に関する以下の問い(1)から(3)について、答えを解答欄に記入しなさい。

(1) 右図は、容器Aと容器Bの溶液を任意の割合で混合して、光路長1cmの分光光度計で吸光度を測定する装置を示したものである。容器Aには280nmにおけるモル吸光係数( $\epsilon_{a, 280}$ )が4000の物質の水溶液aが入っており、容器Bには280nmにおけるモル吸光係数( $\epsilon_{b, 280}$ )が150の物質の水溶液bが入っている。水溶液aだけを分光光度計に流したところ、280nmにおける吸光度の値は0.3であった。水溶液aのモル濃度(mol/L)を求めなさい(答えは指数表記、小数点以下一桁で記しなさい)。計算過程も記入しなさい。

(2) 次に水溶液aと水溶液bを1:1の割合で混合して流したところ、吸光度の値は0.75であった。aとbの間に反応や相互作用はないものとして、水溶液bのモル濃度(mol/L)を求めなさい(答えは指数表記、小数点以下一桁で記しなさい)。計算過程も記入しなさい。

(3) 図の装置を用いて、任意の割合で水溶液a、bを混合した場合の吸光度の値Yを水溶液aの体積分率Xの関数として表しなさい。



問題3 解答欄

(1)	<p>(計算過程)</p>          <p style="text-align: right;">(答) _____</p>
(2)	<p>(計算過程)</p>          <p style="text-align: right;">(答) _____</p>
(3)	          

## 〔共通問題〕

問題4 クロマトグラフィーに関する次の文中の(①)から(⑩)に当てはまる語句を、下記の[語群]より選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

ガスクロマトグラフィーは、移動相に(①)を用いるカラムクロマトグラフィーであり、注入された試料は、加熱により気化してカラムに運ばれ、カラムの固定相への(②)の差により各成分に分離され、主に(③)により検出される。ガスクロマトグラフィーは、分離能が高く、高感度で迅速、簡便である特徴を有している。また、試料成分はガス化されて分析されるので、分析温度の範囲内で安定な気体となりうる物質でなければならないが、特に、(④)の分析に適している。

液体クロマトグラフィーは、移動相に液体(水や有機溶媒)を用いるカラムクロマトグラフィーであり、現在主流の高速液体クロマトグラフィー(HPLC)では、送液ポンプで送られている一定流量の液体中に試料を注入する。注入された試料は、カラムで各成分に分離され、主に(⑤)で検出される。カラム固定相が疎水性であり、移動相に固定相より極性の強い溶媒を用いる系を(⑥)という。

イオン交換クロマトグラフィーは、液体クロマトグラフィーの一種であり、電解質の水溶液に注入された試料イオンは、固定相であるイオン交換体への(⑦)の差により分離される。検出器には、(⑧)がよく使われている。

ゲルクロマトグラフィーは、(⑨)相に三次元網目構造を持つ多孔性粒子を用い、試料は、その細孔への浸透性の差により分離される。細孔の大きさより大きい成分は、細孔内部へ浸透できないため、粒子の間を素通りしてくる。一方、細孔内部へ浸透できる成分は細孔内に取り込まれるため、溶出が(⑩)なる。

## [語群]

- |              |           |         |                |           |
|--------------|-----------|---------|----------------|-----------|
| (ア) 紫外線吸収検出器 | (イ) 気体    | (ウ) 溶解性 | (エ) 水素炎イオン化検出器 | (オ) 遅く    |
| (カ) 反発力      | (キ) 有機化合物 | (ク) 親和力 | (ケ) 電気伝導度検出器   | (コ) 無機化合物 |
| (サ) 浸透性      | (シ) 透過性   | (ス) 速く  | (セ) 液体         | (ソ) 揮発性   |
| (タ) 順相       | (チ) 逆相    | (ツ) 固定  | (テ) 移動         |           |

## 問題4 解答欄

①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

〔共通問題〕

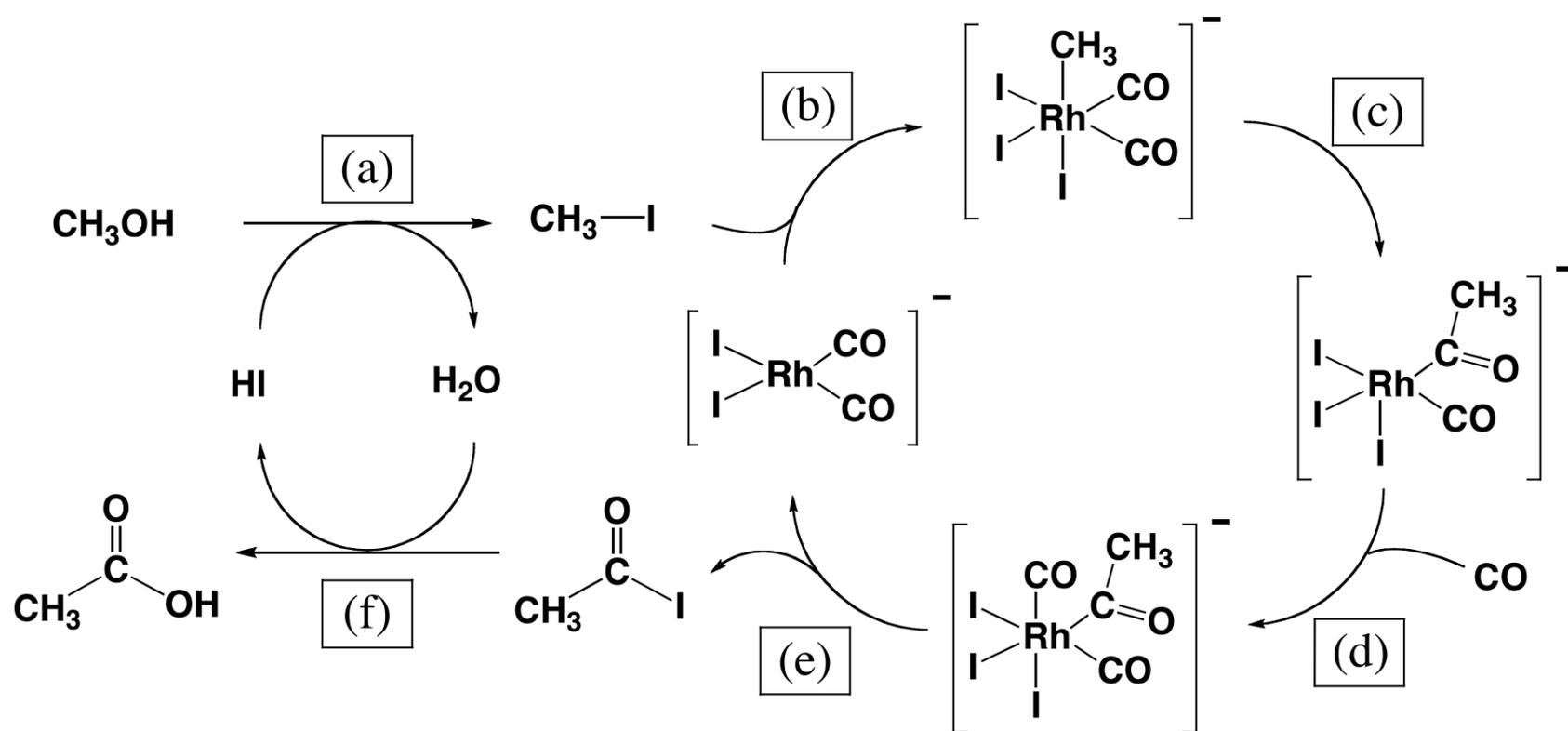
問題5 下の図はモンサント法の触媒サイクルである。次の問い(1)及び(2)に答えなさい。

(1) 下の図の(a)～(f)ではどのような反応が起こっているか、下記の〔語群〕(ア)から(ク)より選び、その記号を解答欄(a)から(f)に記入しなさい。該当する物がない場合は、「該当なし」と書きなさい。

〔語群〕

- (ア)CO 配位      (イ)加水分解      (ウ)移転挿入反応      (エ)アルケン配位      (オ)酸化付加  
 (カ)脱プロトン      (キ)ヨードメタン生成      (ク)還元的脱離

(2) この触媒反応では、何を原料(2種類)として何を生産(1種類)することができるか、化学式ではなく物質名で、解答欄に記入しなさい。



問題5 解答欄

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
(1)						
(2)						

以下、選択問題
---------

選択問題は、問題AからDの4問より2問を選択して解答すること。選択した問題については、各選択問題の「選択欄」に○印を記入すること。選択欄に○印が記入されていない場合は、解答欄に解答が記入されていても採点しません。なお、3問以上の選択問題の選択欄に○印を入れた場合は、失格となります。

問題A Langmuirの吸着等温式について、次の問い(1)から(4)に答えなさい。

選択欄
-----

固体に対する気体分子の吸着について、Langmuirの吸着等温式は、次のような仮定をおいている。

- <仮定1> 固体表面には一定数の吸着点がある。
- <仮定2> 一定の温度並びに気体の圧力  $P$  において平衡状態にあるとき、吸着点の内、吸着分子によって占められる割合を  $\theta$  とし、占められない割合を  $1 - \theta$  とする。
- <仮定3> 各吸着点には1個の分子だけが吸着する。
- <仮定4> 吸着熱は、どの吸着点とも同じで、吸着されている割合  $\theta$  には無関係とする。
- <仮定5> 異なった点に吸着した分子の間では相互作用がない。

(1) 次の文章の(①)から(⑤)にあてはまるものを、[語群](ア)から(シ)の中より選び、その記号を解答欄に記入しなさい。

Langmuirの仮定から、一定温度において、気体分子の固体表面への吸着速度は、(①)と(②)に比例するので、比例係数を  $k_a$  とすると、吸着速度は、(③)と書ける。一方、吸着した分子が固体表面から離れる脱着速度は、(④)に比例するので、比例係数を  $k_d$  とすると、脱着速度は、(⑤)と書ける。

[語群]

- |                    |                         |                      |                           |
|--------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------|
| (ア) $P$            | (イ) $1/P$               | (ウ) $\theta$         | (エ) $1 - \theta$          |
| (オ) $k_a P \theta$ | (カ) $k_a P(1 - \theta)$ | (キ) $k_a \theta / P$ | (ク) $k_a(1 - \theta) / P$ |
| (ケ) $k_d P$        | (コ) $k_d / P$           | (サ) $k_d \theta$     | (シ) $k_d(1 - \theta)$     |

(2) 吸着平衡の状態では、吸着速度と脱着速度が等しい。 $b = k_a / k_d$  とおいて、 $\theta$  を  $P$  と  $b$  とを用いて書きなさい。答えは解答欄に記入しなさい。

(3)  $X \ll 1$  のとき  $1 + X \doteq 1$  である。気体の圧力  $P$  が非常に小さいとき、 $\theta$  と  $P$  との間にどのような関係があるかを、 $\theta$  についての関係式として  $P$  と  $b$  とを用いた近似式で示しなさい。答えは解答欄に記入しなさい。

(4)  $1 \ll X$  のとき  $1 + X \doteq X$  である。気体の圧力  $P$  が非常に大きいとき、 $1 - \theta$  と  $P$  との間にどのような関係があるかを、 $1 - \theta$  についての関係式として  $P$  と  $b$  とを用いた近似式で示しなさい。答えは解答欄に記入しなさい。

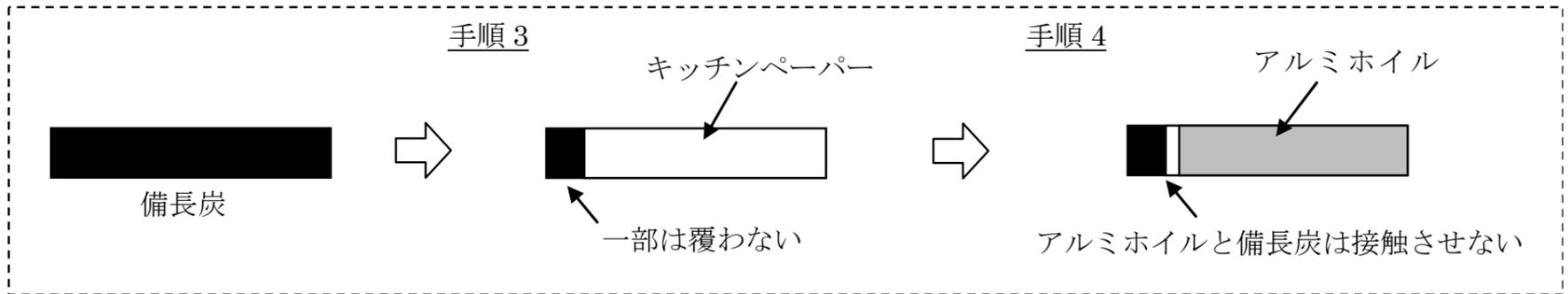
問題A 解答欄

(1)	①		②		③	
	④		⑤			
(2)	$\theta =$					
(3)	近似式	$\theta =$				
(4)	近似式	$1 - \theta =$				

問題B 次の文を読んで、問い(1)から(3)に答えなさい。

備長炭、キッチンペーパー、アルミホイル、食塩(100g)、水(200g)、コップ、スプーン、はかりを使用して電池を作製することができる。作製方法(手順)は以下の通りである。

- 手順1 コップに水 200g と食塩 20g をいれて、スプーンでまぜて食塩水を作る。
- 手順2 食塩水にキッチンペーパーを入れ、キッチンペーパー全体に食塩水をしみこませる。
- 手順3 手順2で準備したキッチンペーパーを備長炭に巻きつける。  
※備長炭全体を覆うのではなく、一部は覆わず残しておく。
- 手順4 手順3で準備したキッチンペーパーを巻きつけた備長炭にアルミホイルを巻きつける。  
※アルミホイルと備長炭が接触しない様に巻きつける。



(1) 作製した電池について、プラス極およびマイナス極は何かを書きなさい。また、アノード、カソード反応はどのような反応になるかを、それぞれ反応式で示しなさい。答えは解答欄に記入しなさい。

問題B 解答欄

(1)	プラス極	
	マイナス極	
	アノード反応	
	カソード反応	

(2) 作製した電池で電子メロディーを鳴らす場合に、音を大きくするにはどのような工夫をすればよいかについて、理由をつけて2つ答えなさい。答えは解答欄に記入しなさい。ただし、使用できるものは上記の材料のみで、電池は1個だけしか作製できないものとする。

問題B 解答欄

(2)	(工夫)	
	(理由)	
	(工夫)	
	(理由)	

- (3) この電池は、電池の分類では「金属-空気電池」に相当する。金属-空気電池に関する下記の文の ( ① ) から ( ⑥ ) に適切にあてはまるものを[語群]ア～セの中から選び、その記号を解答欄に記入しなさい。また、( A ) には、化学反応式を書きなさい。

金属-空気電池の代表例として亜鉛-空気電池が挙げられる。この電池は ( ① ) として、すでに実用化されており、主に補聴器の電源として用いられている。この電池では、空気中の酸素を用いるので、( ② ) を電池内部に保有する必要がないため、( ③ ) を大きくすることができる。電解液には KOH が用いられ、電池全体としての化学反応式は ( A ) となる。

この亜鉛-空気電池の ( ④ ) 化に関する研究は古くからあるが、近年再び注目されるようになってきた。しかし、( ④ ) として実用化するには、多くの課題がある。特に亜鉛極において、充放電を繰り返すと ( ⑤ ) の析出が起こり、最終的にはショートする可能性がある。そのため、放電した後に新たな亜鉛極を供給する ( ⑥ ) の検討も行われている。

[語群]

- |           |          |          |              |            |
|-----------|----------|----------|--------------|------------|
| ア. ハイブリッド | イ. 太陽電池  | ウ. 電流密度  | エ. 二次電池      | オ. 電解膜     |
| カ. 負極活物質  | キ. セパレータ | ク. 正極活物質 | ケ. 一次電池      | コ. エネルギー密度 |
| サ. デンドライト | シ. 燃料電池  | ス. パルス充電 | セ. メカニカルチャージ |            |

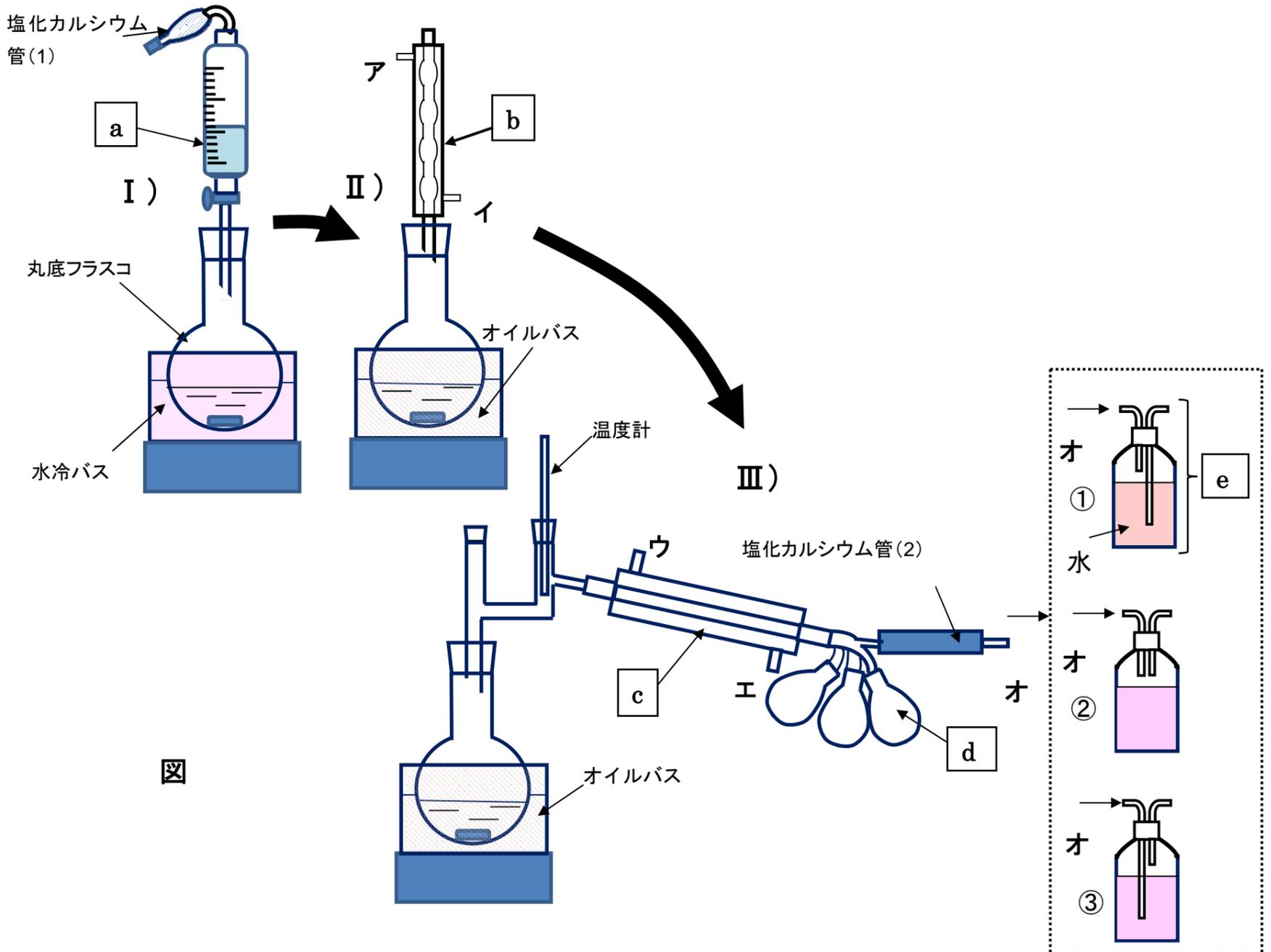
問題B 解答欄

(3)	①		②	
	③		④	
	⑤		⑥	
	A			

問題C

塩化アセチル ( $\text{CH}_3\text{COCl}$ 、沸点  $51^\circ\text{C}$ ) の生成法について、下の図を参考にして、以下の問い (1) から (4) に答えなさい。  
 丸底フラスコに氷酢酸を入れ、I) はじめ水で冷やしなが器具 a を用いて三塩化リンを滴下した。II) 滴下後、a を外して b に取り替えて、 $40\sim 50^\circ\text{C}$  にて 1 時間かく拌した。III) その後 b を外し、オイルバス中で加熱蒸留を行った。なお三塩化リンおよび塩化アセチルは水と極めて激しく反応する物質である。本実験は、ドラフト中での実験が望ましい。

(1) 以下の実験装置の内、a から e の名称を解答欄に記入しなさい。



(2) b および c に水を流す場合、流す方向として正しいものを以下から選択し、選択した記号を解答欄に記入しなさい。

- ① ア、ウから流入してイ、エから排出する
- ② イ、エから流入してア、ウから排出する
- ③ イ、ウから流入してア、エから排出する
- ④ ア、エから流入してイ、ウから排出する

(3) 塩化カルシウム管(2)の出口オに e をつなぐ場合、正しい使い方を示したものを図中の記号①から③より選び、解答欄に記号を記入しなさい。

(4) e を用いる理由を 25 字程度で解答欄に記入しなさい。

問題C 解答欄

	a	b	c	d	e
(1)					
(2)		(3)			
(4)					

**選択問題**

**選択欄**

問題D 次の問い(1)及び(2)に答えなさい。

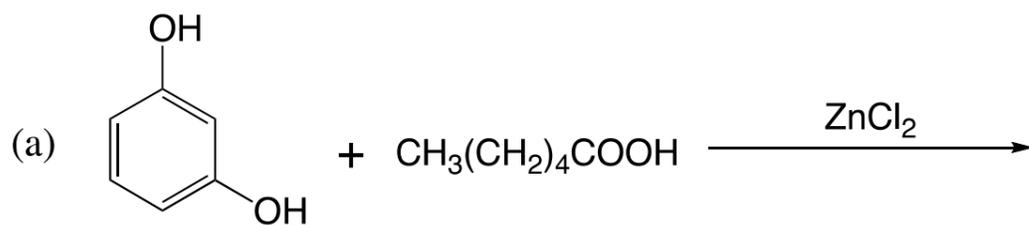
(1) 次の(ア)から(オ)の高分子化合物の構造式を、解答欄にそれぞれ書きなさい。

- (ア) polypropylene
- (イ) acrylonitrile-butadiene-styrene copolymer
- (ウ) poly(ethylene terephthalate)
- (エ) Nylon6
- (オ) Nylon6,6

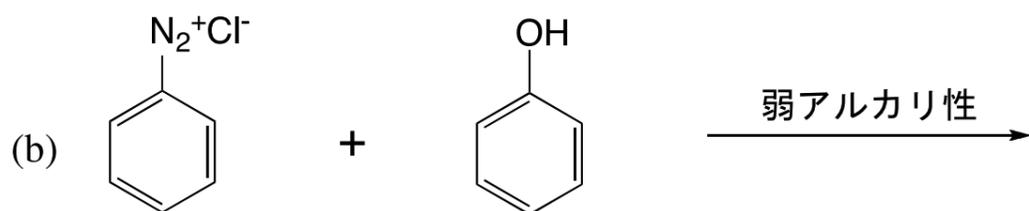
問題D 解答欄(1)

(ア)	(イ)	(ウ)
(エ)		(オ)

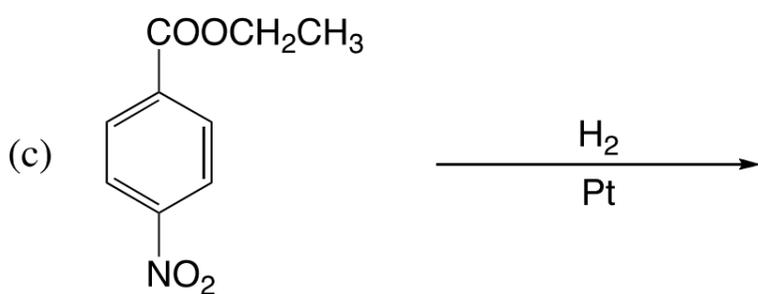
(2) 次の化学反応(a)から(j)について、得られる物質の構造式を解答欄にそれぞれ記入しなさい。



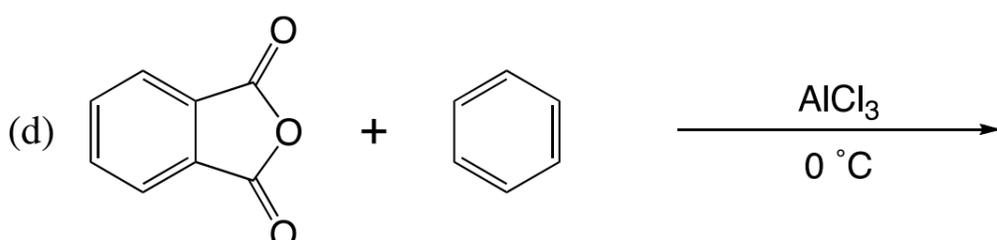
解答欄 (a)



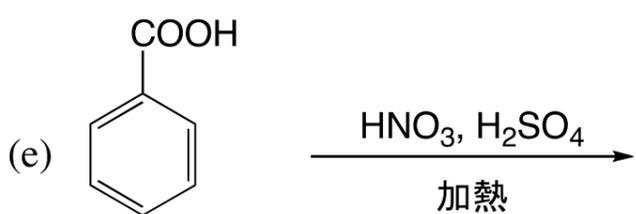
解答欄 (b)



解答欄 (c)



解答欄 (d)



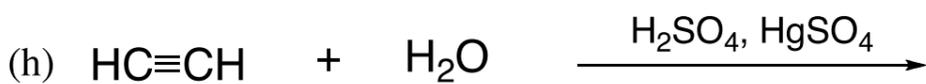
解答欄 (e)



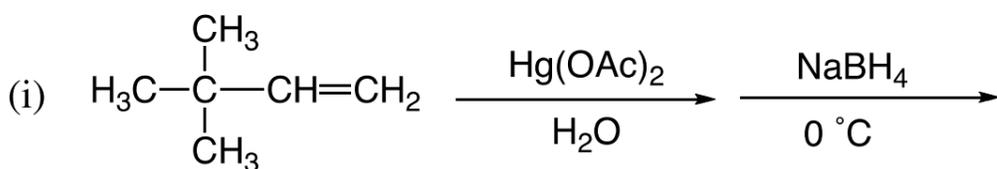
解答欄 (f)



解答欄 (g)



解答欄 (h)



解答欄 (i)



解答欄 (j)