

令和4年度入学選抜
学力検査問題冊子
(前期日程)

理科 (化学基礎・化学)

(工学部 建築・都市環境工学科)
物質・生命化学科)

注意事項

1. 開始の合図があるまで、この冊子および解答用紙を開いてはいけない。
2. 化学の解答用紙は全部で4枚である。4枚とも志願学科および受験番号を記入すること。
3. 問題は全部で4問ある。4問すべてを解答すること。
4. 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。所定の欄以外に記入したものは無効である。
5. 解答用紙は持ち帰ってはいけない。
6. この問題冊子は持ち帰ること。

1 燃焼しても CO₂ を排出しないクリーンエネルギーである水素は、現在、主に化石燃料の改質や製鉄所、化学工場での副生ガスとして生産されている。一方、化石燃料を原料としない技術開発も行われている。以下の問 1～問 4 に答えよ。計算問題では計算過程も示せ。

問 1 アルカリ性溶液に電気を流して水素を発生させる方法はすでに確立されているが、再生可能エネルギーにより生産した電気をを用いた水素製造を行うため、効率化、大規模化等を目指した技術開発が行われている。陰極および陽極を Pt とする NaOH 水溶液の電気分解において、1.00 A の電流を 193 秒流した。陰極および陽極の反応式を記すとともに、陰極から発生する気体は標準状態で何 L になるか、有効数字 3 けたで計算せよ。ただし、ファラデー定数を $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

問 2 電極において、イオンの酸化されやすさは、 $\text{I}^- > \text{Br}^- > \text{Cl}^- > \text{OH}^- > (\text{H}_2\text{O}) > \text{SO}_4^{2-}$ 、 NO_3^- であり、原子のイオンになりやすさは、 $\text{K} > \text{Na} > (\text{H}_2) > \text{Cu} > \text{Ag}$ である。これを考慮して陰極、陽極ともに Pt とした場合の KI、H₂SO₄、CuSO₄、AgNO₃ 水溶液それぞれの電気分解における陰極、陽極での反応を記せ。

問 3 半導体である酸化チタン(TiO₂)に光をあてると、その触媒作用により水が分解して水素が発生する。TiO₂はいくつかの結晶構造を持ち、そのうち光触媒に向いているのはアナターゼ型 TiO₂ である。アナターゼ型 TiO₂ を加熱するとルチル型 TiO₂ に結晶構造が変わる。ルチル型 TiO₂ の単位格子は図 1 に示すように上面と底面が正方形である直方体であり、各辺の長さは図に示すとおりである。この図において、9つのチタン原子のうち8つは直方体の頂点に、1つは直方体の中心に位置する。また、6つの酸素原子のうち、4つは中心が上下の面上に位置し、2つは内部に位置する。チタンおよび酸素の原子量をそれぞれ 48 および 16 とし、ルチル型 TiO₂ の密度を有効数字 2 けたで求めよ。ただし、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。

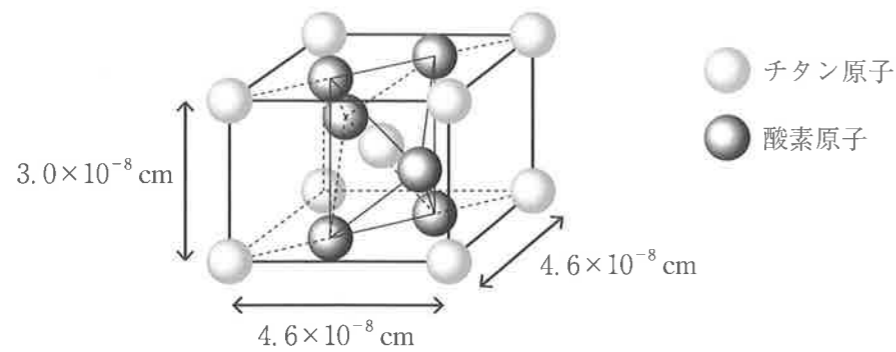


図 1 ルチル型 TiO₂ の単位格子

問 4 水を熱で直接分解しようとするに 4000℃ 以上の熱源が必要であるが、図 2 に示すようにヨウ素(I)と硫黄(S)を用い、複数の化学反応を組み合わせた方法(IS プロセスと呼ばれる)では、1000℃ 程度の温度でも水のみを原料として水素を生産することができる。図中(A)の反応は次のように表される。

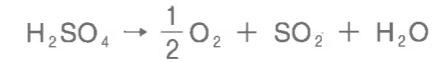


図 2 の(ア)および(イ)の反応式を記せ。

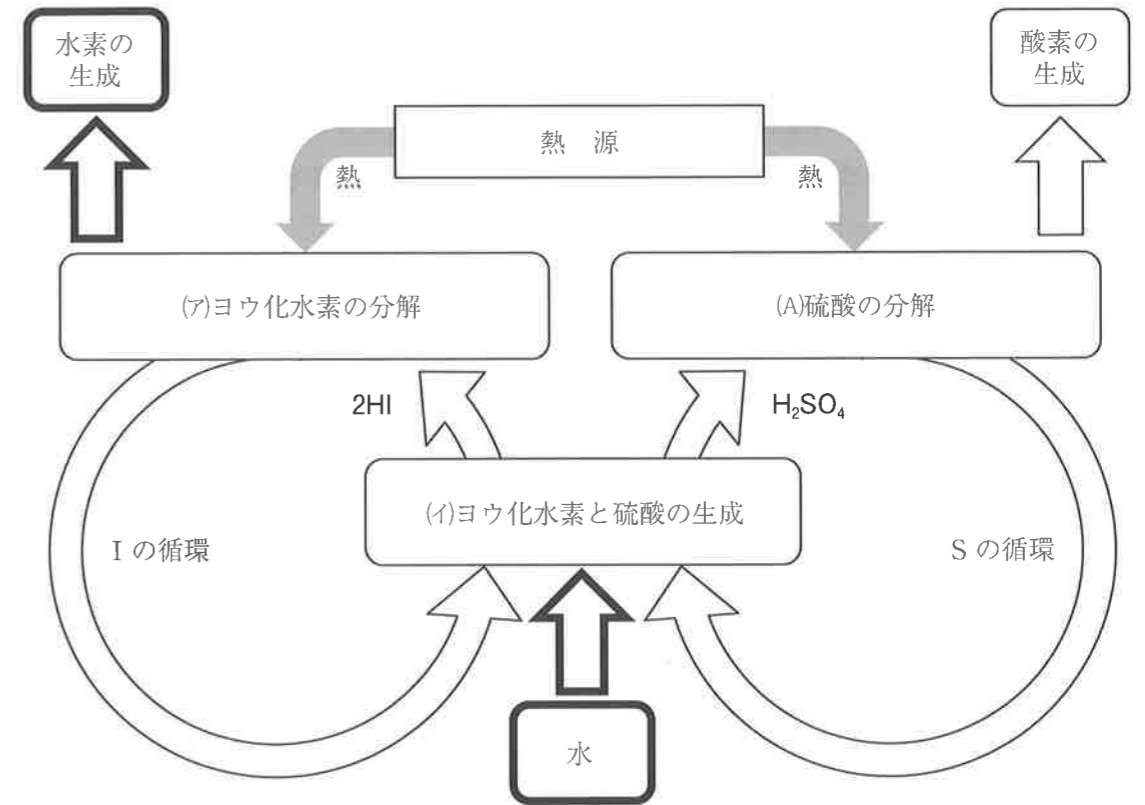


図 2 IS プロセスによる水素製造

2 溶液の性質に関する以下の実験 1, 2 を行った。これについて問 1 ~ 7 に答えよ。計算結果はすべて有効数字 3 けたで答え、解答を導く過程も示せ。希薄溶液における水のモル凝固点降下は $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ で、モル沸点上昇は $0.520 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ である。また、大気圧は、 $1.01 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg}$ である。

実験 1: 水を大気圧下でゆっくりと冷却したところ、図 3(a) に示す冷却曲線が得られた。次に、水 50.0 g に化合物 A を 0.184 g 溶解した。この溶液を大気圧下でゆっくりと冷却したところ、図 3(b) に示す冷却曲線が得られた。化合物 A は水中で $A \rightarrow 2B^+ + C^{2-}$ と完全に電離し、氷の中にはあられない。この溶液は希薄溶液としての性質を示した。

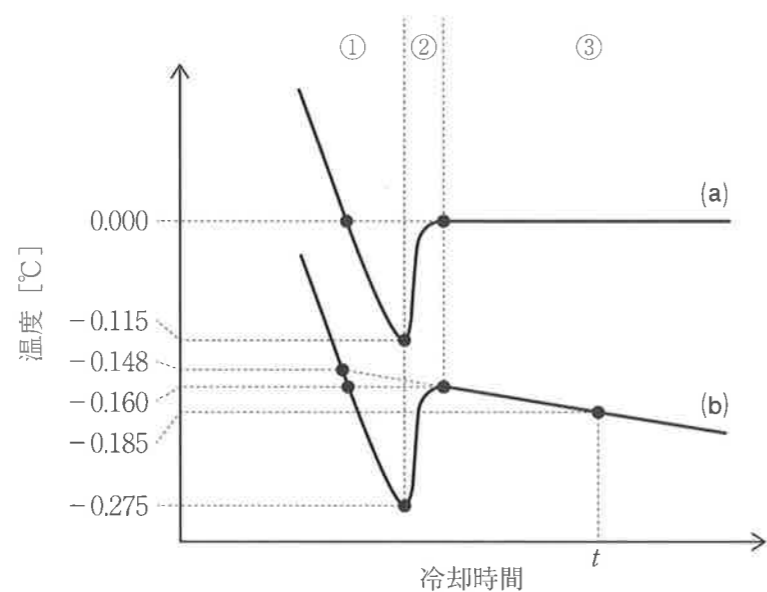


図 3 水および、溶液の冷却曲線

問 1 図 3 の領域①~③において、溶媒分子はどのような状態をとるか、下記のア~オから正しいものを選び。

- ア. ① 液体 ② 液体 ③ 液体と固体
 イ. ① 液体 ② 液体 ③ 固体
 ウ. ① 液体 ② 液体と固体 ③ 固体
 エ. ① 液体 ② 液体と固体 ③ 液体と固体
 オ. ① 液体 ② 固体 ③ 固体

問 2 図 3(a), (b) から、水および、溶液の凝固点(°C)を読み取り、溶液の凝固点降下度(K)を求めよ。

問 3 化合物 A の分子量を求めよ。

問 4 図 3 の領域③で、水は温度が一定であるが、溶液は温度が低下する理由を簡単に述べよ。

問 5 図 3(b) の冷却時間 t において、測定開始時から全部で何 g の氷が生じているか求めよ。

実験 2: 真空にしたフラスコ a, b を準備した。フラスコ a に水を 100 g 入れて、二つのフラスコを水銀が入った M 字型ガラス管でつないだ。フラスコ a を加熱し、ある一定の温度(T_1)に保った。十分な時間が経過すると図 4 の状態になり、変化しなくなった。実験の間、M 字型ガラス管の温度は一定であり、内部の水銀の密度は 13.6 g/cm^3 であった。また、M 字型ガラス管内の空間は小さく無視できるものとする。

問 6 フラスコ a の温度(T_1)における水の蒸気圧(Pa)を求めよ。

続いて、水 100 g に化合物 D を $5.00 \times 10^{-2} \text{ mol}$ 溶解し、その溶液をフラスコ b に入れた。フラスコ a および、b を独立に加熱して、それぞれを別の温度に保った。十分に時間が経過すると、図 5 の状態になり、変化しなくなった。このとき、フラスコ a の温度は 100 °C であった。化合物 D は不揮発性の非電解質であり、この溶液は希薄溶液としての性質を示した。なお、フラスコ b の空間体積は小さく無視できるものとする。

問 7 フラスコ b は、フラスコ a より、温度が何°C 高いか求めよ。

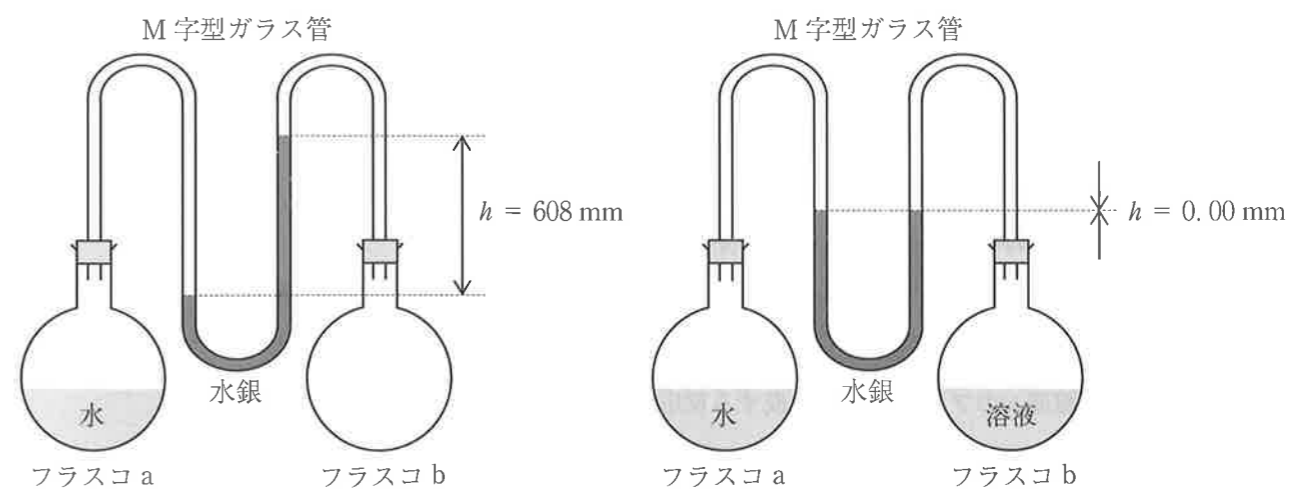
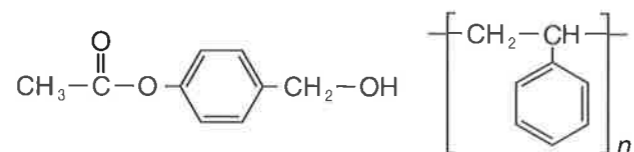


図 4

図 5

3 次の文を読み、下記の問1～問7に答えよ。構造式を記入するときは、以下の例にならって記せ。

(記入例)



分子中に三重結合を1個もつ鎖式不飽和炭化水素をアルキンといい、代表的な化合物にアセチレン^(a)がある。アセチレンは炭化カルシウムに水を作用させると得られる。三重結合があるアセチレン^(b)は種々の物質と付加反応を起こす。アセチレンに適切な触媒の存在下で過剰の水素を付加させると不飽和結合をもたない化合物Aが生成する。一方、アセチレンに塩化水素が付加すると化合物Bが生成する。化合物Bは特定の条件により付加反応を繰り返し、高分子化合物Cを与える。また、硫酸水銀(II)を触媒としてアセチレンに水を付加させると、不安定な中間化合物Dが生じ、続いて直ぐに安定な化合物Eになる。アセチレンを赤熱した鉄に接触させると3分子^(d)が重合し、ベンゼンになる。ベンゼンは不飽和結合をもつ化合物であるが、付加反応を起こしにくい。例えば、ベンゼンに濃硫酸を加えて熱すると置換反応が起こり、化合物Fが生じる。ベンゼン環にメチル基が結合したトルエン^(e)やp-キシレン^(f)はベンゼンよりも置換反応が起こりやすい。

問1 化合物A～Fの名称と構造式を記せ。

問2 下線部(a)のアセチレンの説明について間違っているものを1つ選び、番号で答えよ。

- ① 常温では無色の気体である。
- ② 工業的にはアルカンの熱分解で製造される。
- ③ すべての原子は直線上に存在している。
- ④ 燃焼時にアルカンよりもすすが発生しにくい。
- ⑤ 重合体のポリアセチレンはヨウ素などを少量加えると電気伝導性を示す。

問3 下線部(b)のアセチレンが生成する反応式を記せ。

問4 下線部(c)の化合物Bはエチレンを出発原料とした2段階の反応でも合成できる。エチレンから化合物Bを合成する反応式を示せ。

問5 アセチレンではなくプロピンに対して下線部(d)の反応を行った。生成する化合物の構造式をすべて記せ。

問6 下線部(e)のトルエンに濃硝酸と濃硫酸の混合物(混酸)を繰り返し反応させると3つの水素原子がニトロ基で置換されて爆発性のある化合物が生じる。この化合物の名称と構造式を記せ。

問7 下線部(f)のp-キシレンを酸化して得られる化合物はペットボトルなどに用いられているポリエステル^(g)の原料である。この化合物とエチレングリコールの重合でポリエステルが生成する反応式を記せ。

4 次の文を読み、以下の問1～問3に答えよ。

アミノ酸は、分子内にカルボキシ基とアミノ基の両方を持ち、分子間で縮合してペプチド結合を生じる。生体内でタンパク質が合成される際には、デオキシリボ核酸(DNA)の2本鎖の片方を鋳型としてリボ核酸(RNA)が合成される。RNAの塩基配列を元にアミノ酸が運ばれ、ポリペプチドの配列が決定される。さらにポリペプチド内の相互作用によりそれぞれのタンパク質に特有の立体構造が形成される。タンパク質の一部は酵素としての機能を持つ。例えば、マルターゼはマルトースを分解するがスクロースは分解しない。このような基質特異性においても立体構造は重要な役割を担う。

問1 下線部(a)について次の問いに答えよ。

- アラニン(等電点6.0)の溶液をろ紙の中央に少量おき、pH2.0で電気泳動を行なったのち、ニンヒドリン反応によりアラニンを検出した。ろ紙のどの位置にアラニンが検出されると考えられるか。次の(ア)～(ウ)から最も適したものを答えよ。
 - 中央より陽極側に検出される。
 - 中央より陰極側に検出される。
 - 中央に検出される。
- 上記の電気泳動中のアラニンのイオンの形はどのようなになるか。構造式を示せ。ただし、側鎖はRとして良い。

問2 下線部(b)について、図6はDNAとRNAが結合した様子を模式的に示したものである。以下の問いに答えよ。

- 図中のA, B, Cは核酸を構成する成分を模式的に示したものである。それぞれ当てはまる名称を答えよ。なお、A, B, Cをつなぐ実線は共有結合を示す。
- Bについて、DNAとRNAではどのような違いがあるか説明せよ。
- Dに示す破線はCの間にはたらく結合を示す。結合の名称を答えよ。
- Cについて解析した結果、C1はアデニン、C2はシトシンであることが分かった。C3～C5は何であると考えられるか答えよ。

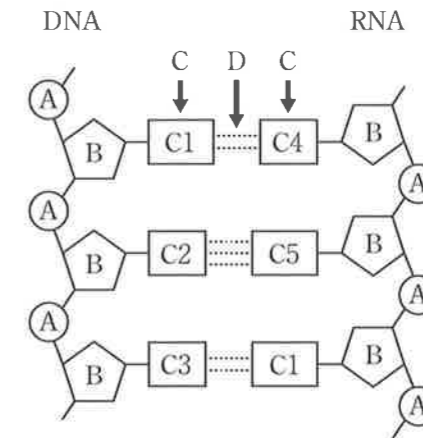


図6 DNAとRNAが結合した様子を模式的に示す模式図

問3 下線部(c)について次の問いに答えよ。

- マルトースの構造を示せ。
- この反応によりマルターゼが切断する結合の名称を答えよ。
- 反応中の温度を25℃～65℃まで5℃ずつ変化させて反応を行なった結果、マルトースが分解される速度は25℃～45℃までは反応温度が上がるにつれて上昇したが、45℃を超えると逆に減少した。温度上昇により反応速度が低下した理由を「立体構造」および「酵素基質複合体」という語を用いて説明せよ。

見本

志願学科	受験番号
------	------

令和4年度入学者選抜学力検査問題紙
解答
[前期日程]

理科 (化学基礎・化学)

(4枚中の第1枚)

1

陰極	陽極
(計算過程)	
問 1	
	(答)
陰極	陽極
KI	
陰極	陽極
H_2SO_4	
陰極	陽極
$CuSO_4$	
陰極	陽極
$AgNO_3$	
陰極	陽極
(計算過程)	
問 2	
問 3	
(答)	
問 4	
(ア)	(イ)
(答)	

採点	1	2	3	4	合計
----	---	---	---	---	----

志願学科	受験番号
------	------

令和4年度入学者選抜学力検査問題
 解答用紙
 [前期日程]

理科 (化学基礎・化学)

(4枚中の第2枚)

2

問 1			
問 2	(水の凝固点) ℃	(溶液の凝固点) ℃	(凝固点降下度) K
問 3	(計算過程)		(答)
問 4			
問 5	(計算過程)		(答) g
問 6	(計算過程)		(答) Pa
問 7	(計算過程)		(答) ℃

採点	2
----	----------

志願学科	受験番号
------	------

令和4年度入学者選抜学力検査問題
 解答用紙
 [前期日程]

理科 (化学基礎・化学)

(4枚中の第3枚)

3

	化合物A	化合物B	化合物C
問 1	(名称)	(名称)	(名称)
	(構造式)	(構造式)	(構造式)
	化合物D	化合物E	化合物F
問 2	(名称)	(名称)	(名称)
	(構造式)	(構造式)	(構造式)
問 3	(1段階目)		
問 4	(2段階目)		
問 5			
問 6	(名称)	(構造式)	
問 7			

採点	3
----	----------

志願学科	受験番号
------	------

令和4年度入学者選抜学力検査問題
解答用紙

[前期日程]

理科 (化学基礎・化学)

(4枚中の第4枚)

4

問 1	(1)	(2)		
	/			
問 2	(1)	A	B	C
	(2)			
	(3)			
	(4)	C3	C4	C5
問 3	(1)			
	(2)			
	(3)			

採点

4