

## 令和5年度 入学者選抜学力検査問題

# 理 科

### 注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、問題冊子及び解答用紙の中を見てはいけません。
- 2 出題科目、ページ及び解答用紙の枚数は、下表のとおりです。

出題科目	ページ	解答用紙枚数
物 理	1 ～ 10	4
化 学	11 ～ 20	5
生 物	21 ～ 34	5
地 学	35 ～ 44	5

- 3 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の枚数の過不足や汚れ等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
- 4 試験開始後、すべての解答用紙に受験番号、志望学部及び氏名を記入してください。受験番号の記入欄はそれぞれ2箇所あります。
- 5 解答はすべて解答用紙の指定された解答欄に記入してください。
- 6 問題冊子の余白は適宜使用してください。
- 7 各問題の配点は100点満点としたときのものです。
- 8 試験終了後、問題冊子は持ち帰ってください。

# 化 学

- 必要であれば、次の値を用いなさい。

原子量：H = 1.0, C = 12.0, O = 16.0, Ca = 40.1

アボガドロ定数： $6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$  気体定数： $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ ,  $0^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$

## 1 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

第2族元素のうち、カルシウム、、、の4種類をアルカリ土類金属といい、互いによく似た性質を示す。なかでも原子番号20のカルシウムは、骨や歯などを作る生体内でも重要な元素である。セメント、大理石、貝殻、セッコウなど身近にもカルシウムを含む化合物は多い。大理石、貝殻などの主成分は、炭酸カルシウムである。カルシウムの単体は、銀白色の柔らかい軽金属であり、常温で水と反応し、を発生して水酸化カルシウムを生じる。水酸化カルシウムに塩化アンモニウムを加えて加熱すると、強い刺激臭のある気体が発生する。

フッ化カルシウムに硫酸を加えて加熱するとが得られる。、またはの水溶液は、ガラスの成分である二酸化ケイ素と反応するのでガラスを溶かす。

無水塩化カルシウムは吸湿性が強く、湿った空気中では水分を吸収して溶ける。

問1 文章中のととに適切な元素名を原子番号の小さい順に書きなさい。また、とに適切な物質名を書きなさい。

問2 炎色反応で、カルシウムは何色を呈するかを答えなさい。

問3 原子に含まれている電子は、電子殻に存在する。電子殻に電子が入っている並び方を電子配置という。下記の窒素原子の電子殻とそれぞれの電子数の書き方を参考にして、カルシウムの電子配置を書きなさい。

(例) 窒素の電子配置  $[\text{K}]^2 [\text{L}]^5$

問4 下線部①の化学式を書きなさい。

問5 下線部②の炭酸カルシウムは、強熱すると分解する。この化学反応式を書きなさい。

問 6 炭酸カルシウム 10.0 g を過剰の塩酸と反応させたときに発生するすべての気体を 2.00 L の容器に詰め、温度 50 °C に保ったときの圧力 [Pa] はいくらかを有効数字を考慮して答えなさい。なお、計算過程も書きなさい。発生した気体は、理想気体としてふるまうものとする。

問 7 下線部③の化学反応式を書きなさい。また、この反応で発生した強い刺激臭のある気体を捕集するために最適な方法を、下記の(a)~(c)の中からひとつ選び、記号で答えなさい。また最適であると判断した理由を書きなさい。

(a) 水上置換 (b) 下方置換 (c) 上方置換

問 8 下線部④の現象を何と呼ぶか答えなさい。

2 次の文章 A と B を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

A 過酸化水素は、殺菌や漂白の作用をもつ常温で無色の液体で、触媒を加えると酸素分子と水分子に分解される。0.10 mol/L の過酸化水素水 500 mL に触媒として酸化マンガン (IV) を加えたところ、反応開始後 1 分間で  $2.0 \times 10^{-3}$  mol の酸素分子が発生したとする。

問 1 下線部①のように過酸化水素が分解するときの化学反応式を書きなさい。

問 2 反応開始後 1 分間で分解した過酸化水素は何 mol か、有効数字 2 桁で答えなさい。

問 3 反応開始後 1 分間の過酸化水素の平均分解速度 [mol/(L·s)] を計算し、有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も書きなさい。ただし、この反応において溶液の体積は変化しないものとする。

B オゾン (O<sub>3</sub>) は酸素分子の同素体である。成層圏に存在するオゾンは生物にとって有害な太陽光の紫外線が地上に降り注ぐのを和らげていると言われている。オゾンは酸素分子中で無声放電すると発生する。ある実験で、標準状態で 1.0 L の酸素分子のみの気体を無声放電したところオゾンが生じて、無声放電後の全体の体積が 5.0 % 減少したとする。

問 4 無声放電によって酸素分子からオゾンが生成するときの化学反応式を書きなさい。

問 5 発生したオゾンの体積は標準状態で何 L か、有効数字 2 桁で答えなさい。計算過程も書きなさい。気体は、理想気体としてふるまうものとする。

問 6 オゾンが水で湿らせたヨウ化カリウムデンプン紙と反応するときの化学反応式を書きなさい。



3 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。なお、計算して得られた数値は、有効数字3桁で答えなさい。(配点20)

環境に配慮したクリーンエネルギーとして水素 ( $H_2$ ) がある。 $H_2$  は、電気エネルギーを使い、水の電気分解によって作ることができる。図1の白金電極を用いた電気分解槽で、水酸化ナトリウム水溶液を用いて電気分解させた場合、A極では $H_2$ が発生し、B極では $O_2$ が発生する。この場合、A極では  反応が進んでおり、 極となる。逆に、B極では  反応が進んでおり、 極となる。

$H_2$  を利用して電気エネルギーを効率よく取り出す装置には、水素-酸素燃料電池がある。この装置では、図2に示すように触媒を含ませた多孔質電極であるC極とD極の間が電解液(リン酸水溶液)で仕切られている。この装置の中には、C極側で $H_2$ 、D極側で $O_2$ が供給され、それぞれの電極で酸化、または還元反応が起こる。図2のように電極間に抵抗をつないで1時間運転したところ、起電力が0.800Vであった。

問1 文中の空欄  ~  に適切な語句を漢字で答えなさい。

問2 下線部①において、水溶液を水酸化ナトリウム水溶液から硫酸銅(II)水溶液に変えた。この電気分解槽を使用して、2.00Aの一定電流で、5分14秒間電気分解を行ったとする。

- (1) このときに流れた電気量[C]を求めなさい。
- (2) このとき発生する気体の物質名を答えなさい。

問3 下線部②について下記の問いに答えなさい。

- (1) C極・D極で起こる反応のイオン反応式をそれぞれ書きなさい。
- (2) 流れる電流の向きは、C極からD極、D極からC極のどちらであるか選びなさい。

問4 下線部③の結果、生成物として9.00kgの液体の水が得られたとする。そのとき、得られた電気量[C]と得られた電気エネルギー[J]を答えなさい。また、計算過程も書きなさい。なお、電気エネルギー、電気量、電圧の間には次の関係がある。

$$\text{電気エネルギー [J]} = \text{電気量 [C]} \times \text{電圧 [V]}$$

問 5 下記の問いに答えなさい。

- (1) 次の情報を用いて計算される  $\text{H}_2\text{O}$  (液) の生成熱 [kJ/mol] を答えなさい。また、計算過程も書きなさい。

H-H 結合エネルギー：436 kJ/mol, O=O 結合エネルギー：498 kJ/mol, O-H 結合エネルギー：463 kJ/mol,  $\text{H}_2\text{O}$  (気) =  $\text{H}_2\text{O}$  (液) + 44.0 kJ

- (2) 問 4 で得られた電気エネルギーは、理論的に得られるエネルギーの何 % であるか答えなさい。また、計算過程も書きなさい。

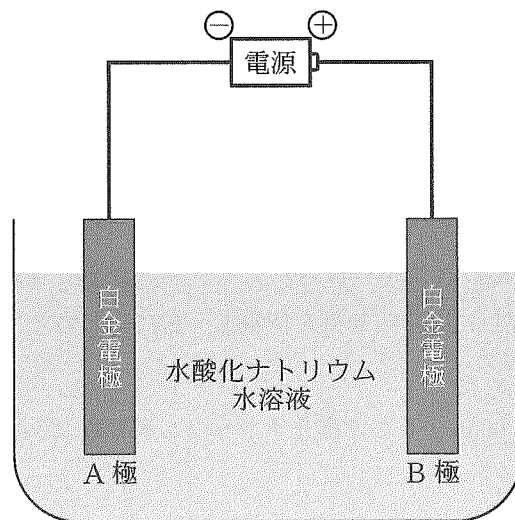


図 1 白金電極を用いた電気分解槽

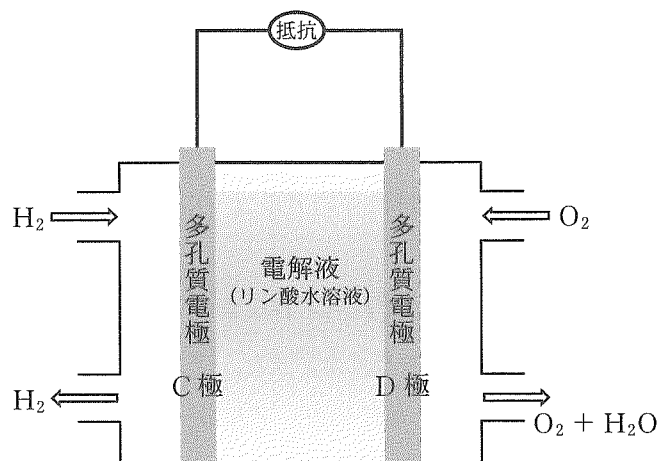
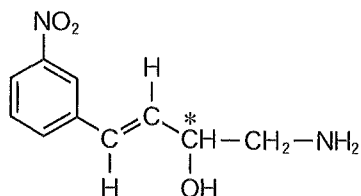


図 2 水素-酸素燃料電池の模式図

- 4 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。なお、化合物の構造式は、以下の例にならって書きなさい。また、不斉炭素原子により生じる立体異性体は区別しなくてよいが、不斉炭素原子に\*印を付けなさい。(配点 20)

構造式の書き方の例



安息香酸と一価アルコールから合成した複数のエステルがある。これらすべてのエステルは同じ分子式で表され、炭素原子、水素原子、酸素原子で構成されている。これらのエステルをひとつずつ個別の反応容器に入れ、そこへ水酸化ナトリウム水溶液をそれぞれ加え、けん化を行ったとする。けん化や抽出などの実験、ならびにけん化後に得られたアルコール A ~ F、アルコールから合成される化合物 G ~ K、および化合物 L に関する知見を情報①~⑥にまとめた。

情報① エステル 44.0 g と 2.00 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 125 mL を反応させると完全にけん化された。

情報② あるエステルを完全にけん化した後に得られた反応容器中の混合物とジエチルエーテルを分液ろうとうに入れた。つづく一連の抽出により、最終的に安息香酸とアルコール A を分離した。得られた 108.0 mg のアルコール A を完全燃焼させると、水 108.0 mg と二酸化炭素 264.0 mg が生成した。さらにアルコール A を分析したところ、不斉炭素原子を 1 つもつことがわかった。

情報③ 得られたアルコール B は酸化を受けにくいアルコールであった。

情報④ 得られたアルコール C, D, E はいずれも不斉炭素原子をもたず、適切な触媒を用いて水素を付加させるとすべて同じ化合物 G を与えた。また、アルコール C に臭素を付加させると不斉炭素原子を 1 つもつ化合物 H を与えた。一方、アルコール D, E に臭素を付加させると不斉炭素原子を 2 つもつ化合物 I を与えた。

情報⑤ 得られたアルコール F に適切な触媒を用いて水素を付加させると化合物 J を与えた。さらに、化合物 J を二クロム酸カリウムの硫酸酸性溶液と穏やかに反応させると化合物 K を与えた。化合物 K とアルコール F は同じ分子式で表される。また、化合物 K にフェーリング液を加え加熱すると溶液の色が変化し沈殿を与えた。



情報⑥ 得られたアルコールと同じ分子式で表されるが、アルコールではない化合物 L がある。化合物 L にヨウ素と水酸化ナトリウム水溶液を加え加熱すると沈殿を与えた。

問 1 安息香酸と R-OH の構造式で示される一価アルコールから合成したエステルに水酸化ナトリウム水溶液を加え、けん化したときの化学反応式を書きなさい。なお、化学反応式中の化合物は構造式の書き方の例にならって書きなさい。

問 2 けん化に用いたエステルの分子量を有効数字 3 桁で答えなさい。

問 3 エステルをけん化した後に得られたアルコールの分子式を答えなさい。

問 4 情報②について下記の問いに答えなさい。

(1) 反応容器中の混合物とジエチルエーテルを分液ろうとに入れた後に行う操作として最も適切なものを(ア)~(ウ)の中から 1 つ選び記号で答えなさい。

(ア) 分液ろうとに塩酸を加えてよく振る

(イ) 分液ろうとに炭酸水素ナトリウム水溶液を加えてよく振る

(ウ) 分液ろうとに水を加えてよく振る

(2) 上記(1)の操作後、おもに、ジエチルエーテル層、水層のどちらにアルコール A が含まれているかを(ア)もしくは(イ)の中から 1 つ選び記号で答えなさい。

(ア) ジエチルエーテル層

(イ) 水層

(3) アルコール A の構造式を書きなさい。

問 5 アルコール B の構造式を書きなさい。

問 6 アルコール C の構造式を書きなさい。

問 7 化合物 I の構造式を書きなさい。

問 8 化合物 J の構造式を書きなさい。

問 9 化合物 L の構造式を書きなさい。

5 次の文章を読んで、後の問いに答えなさい。(配点 20)

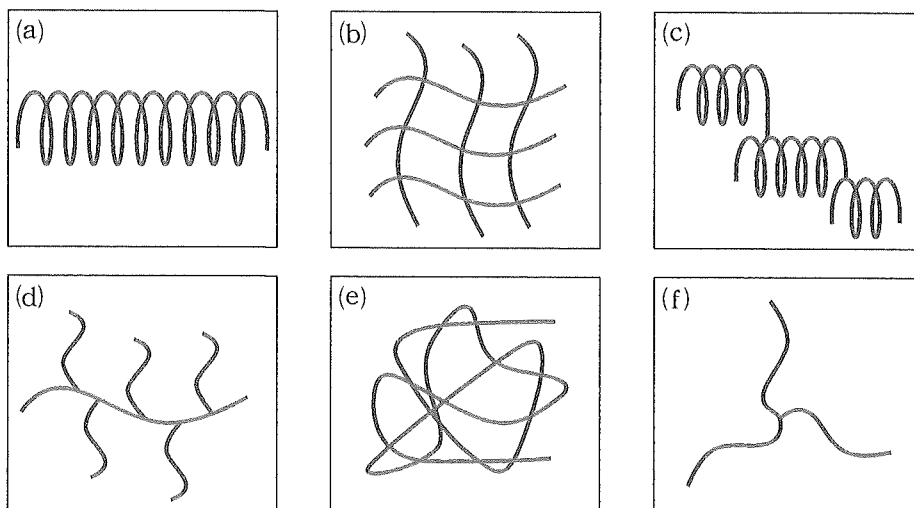
高分子化合物は一般的に分子量がおよそ  以上の物質とされている。高分子化合物はデンプンのような  高分子化合物とポリエチレンテレフタレート (PET) のような合成高分子化合物に分類され、その分類の中にも炭素を主な骨格とした有機高分子化合物とケイ素、酸素、リンなどを主な骨格とした無機高分子化合物に分類される。また合成高分子化合物については、高い重合度の化合物を熱や圧力を加えて柔らかくした状態で成形加工する  樹脂や、低い重合度の化合物を型に入れてから熱を加えて成形加工する  樹脂がある。また、 樹脂は三次元網状構造を有するため加熱による再成形がしにくくなる。

問 1 空欄  ~  に入る適切な語句を記入しなさい。

問 2  高分子化合物に該当する化合物を以下の中から選び、すべて答えなさい。

セルロース, ナイロン, シリコン, 石英, タンパク質, 尿素樹脂

問 3  高分子化合物であるデンプンは  $\alpha$ -グルコース分子が繰り返し縮合したもので、アミロースとアミロペクチンの混合物である。アミロースとアミロペクチンのそれぞれの構造の特徴を最も反映している概念図を以下の(a)~(f)から1つずつ選択し、記号で答えなさい。



問 4 デンプンはヨウ素デンプン反応 (青~赤紫色の呈色反応) を示すことが知られている。一方で、同じ多糖類として知られるセルロースはヨウ素デンプン反応を示さない。セルロースがヨウ素デンプン反応を示さない理由をアミロースの構造と対比して 60 文字以内で説明しなさい。

問 5 合成高分子化合物の中で、多数のエステル結合を有するポリエステルの1つとしてポリエチレンテレフタレート (PET) が知られているが、その合成方法は二価アルコールと二価カルボン酸の縮合重合である。PET 合成における化学反応式を書きなさい。

問 6 PET の重合において、高い重合度を得るためには二価アルコールと二価カルボン酸の数を正確に 1 : 1 とする必要性があり、どちらかが過剰に存在するとその重合度は低下する。例えば、二価アルコール 100 個と二価カルボン酸 100 個を反応させた場合は二価アルコールと二価カルボン酸が 100 個ずつ交互に連結し、理論上は合計 200 個の単量体が繋がった 1 本の PET が得られる。

それを踏まえて、二価アルコールと二価カルボン酸がそれぞれ(A)100 個と 99 個, (B)100 個と 98 個で重合した場合、「①合計で何個の単量体が繋がったポリマー」が「②何本得られるか」をそれぞれ答えなさい。なお、二価アルコールと二価カルボン酸が重合ですべて消費されるものとし、複数のポリマーが得られる場合はその重合度はすべて同じとする。