

理科

大学入学共通テスト について

徹底分析！

化学基礎・化学

 第一学習社

① 大学入学共通テストの問題作成方針

＜物理基礎，化学基礎，生物基礎，地学基礎＞

日常生活や社会との関連を考慮し，科学的な事物・現象に関する基本的な概念や原理・法則などの理解と，それらを活用して科学的に探究を進める過程についての理解などを重視する。問題の作成に当たっては，身近な課題等について科学的に探究する問題や，得られたデータを整理する過程などにおいて数学的な手法を用いる問題などを含めて検討する。

＜物理，化学，生物，地学＞

科学の基本的な概念や原理・法則に関する深い理解を基に，基礎を付した科目との関連を考慮しながら，自然の事物・現象の中から本質的な情報を見いだしたり，課題の解決に向けて主体的に考察・推論したりするなど，科学的に探究する過程を重視する。問題の作成に当たっては，受験者にとって既知ではないものも含めた資料等に示された事物・現象を分析的・総合的に考察する力を問う問題や，観察・実験・調査の結果などを数学的な手法を活用して分析し解釈する力を問う問題などとともに，科学的な事物・現象に係る基本的な概念や原理・法則などの理解を問う問題を含めて検討する。

なお，大学入試センター試験で出題されてきた理科の選択問題については，設定しないこととする。

② 大学入学共通テストの実施概要

実施日：2021年1月16日・17日

化学基礎：試験時間 30分*，50点満点 *基礎を付した2科目で60分

化学：試験時間 60分，100点満点

<化学基礎>

■ **概要** 大問が2題あり，第1問は小問集合，第2問は問題文が長めの実験に関する問題であった。また，数値をマークさせる形式の問題が出題された。単純に知識を問う一問一答形式の問題はなく，解答を組み合わせさせて選択させる問題や，複数の計算過程を組み合わせさせて解答を導かせる問題，グラフを読み取って計算を行う問題が出題されていた。その分，従来のセンター試験に比べて問題の難度が高くなっている。酸化・還元分野では，金属による火災や燃料電池，酸・塩基・塩分野では，吸湿剤である塩化カルシウムとイオン交換樹脂といった実用的な題材が扱われていた。

■ 問題構成

	小問数	マーク数	問題のねらい
第1問	8	12	基礎的な内容の小問集合。化学基礎全般から出題されており，基礎的な知識と計算力，グラフの読解力を問う問題。
第2問	2	5	イオン交換樹脂を用いる実験に関する問題。酸・塩基・塩に関する基礎的な知識を問うとともに，実験に関する文章を読んで理解する読解力，与えられた設定で実験の内容を考えて解かせる思考力を問う問題も含まれていた。
合計	10	17	

■ 特徴的な問題

第2問 陽イオン交換樹脂を用いた実験に関する次の問い(問1・問2)に答えよ。

(配点 20)

問1 電解質の水溶液中の陽イオンを水素イオン H^+ に交換するはたらきをもつ合成樹脂を、水素イオン型陽イオン交換樹脂という。

塩化ナトリウム $NaCl$ の水溶液を例にとつて、この陽イオン交換樹脂の使い方を図1に示す。粒状の陽イオン交換樹脂を詰めたガラス管に $NaCl$ 水溶液を通すと、陰イオン Cl^- は交換されず、陽イオン Na^+ は水素イオン H^+ に交換され、 HCl 水溶液(塩酸)が出てくる。一般に、交換される陽イオンと水素イオンの物質量の関係は、次のように表される。

$$(\text{陽イオンの価数}) \times (\text{陽イオンの物質量}) = (\text{水素イオンの物質量})$$

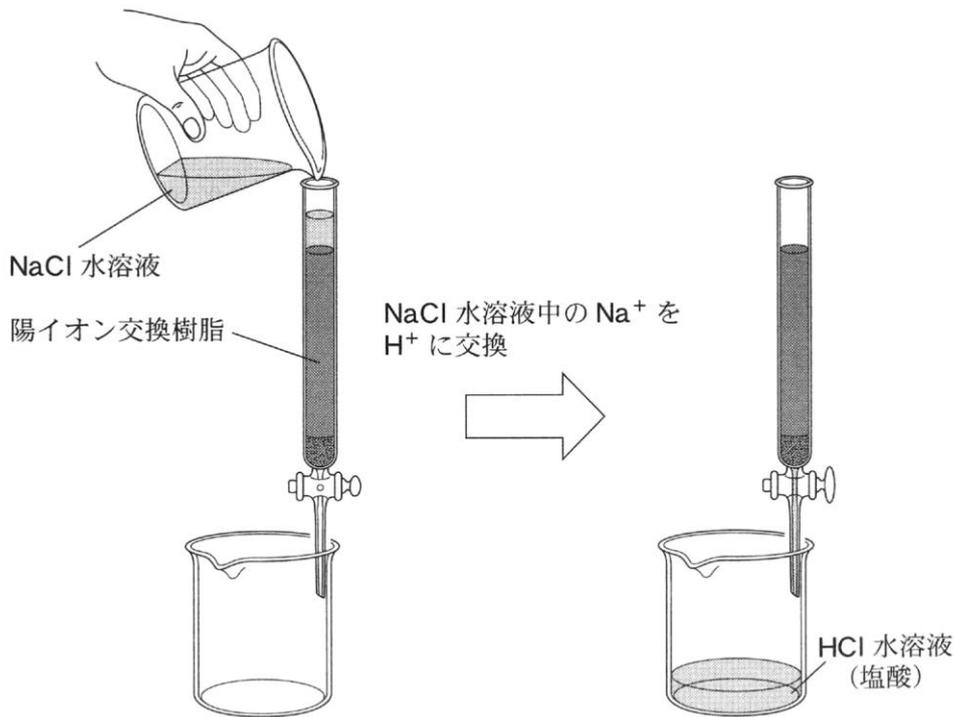


図1 陽イオン交換樹脂の使い方

問 2 塩化カルシウム CaCl_2 には吸湿性がある。実験室に放置された塩化カルシウムの試料 A 11.5 g に含まれる水 H_2O の質量を求めるため、陽イオン交換樹脂を用いて次の実験 I ~ III を行った。この実験に関する下の問い (a ~ c) に答えよ。

実験 I 試料 A 11.5 g を 50.0 mL の水に溶かし、(a) CaCl_2 水溶液 とした。この水溶液を陽イオン交換樹脂を詰めたガラス管に通し、さらに約 100 mL の純水で十分に洗い流して Ca^{2+} がすべて H^+ に交換された塩酸を得た。

実験 II (b) 実験 I で得られた塩酸を希釈して 500 mL にした。

実験 III 実験 II の希釈溶液をホールピペットで 10.0 mL とり、コニカルビーカーに移して、指示薬を加えたのち、0.100 mol/L の水酸化ナトリウム NaOH 水溶液で中和滴定した。中和点に達するまでに滴下した NaOH 水溶液の体積は 40.0 mL であった。

a 下線部(a)の CaCl_2 水溶液の pH と最も近い pH の値をもつ水溶液を、次の①~④のうちから一つ選べ。ただし、混合する酸および塩基の水溶液はすべて、濃度が 0.100 mol/L、体積は 10.0 mL とする。

15

- ① 希硫酸と水酸化カリウム水溶液を混合した水溶液
- ② 塩酸と水酸化カリウム水溶液を混合した水溶液
- ③ 塩酸とアンモニア水を混合した水溶液
- ④ 塩酸と水酸化バリウム水溶液を混合した水溶液

b 下線部(b)に用いた器具と操作に関する記述として最も適当なものを、次の

①～④のうちから一つ選べ。

① 得られた塩酸をビーカーで50.0 mLはかりとり、そこに水を加えて500 mLにする。

② 得られた塩酸をすべてメスフラスコに移し、水を加えて500 mLにする。

③ 得られた塩酸をホールピペットで50.0 mLとり、メスシリンダーに移し、水を加えて500 mLにする。

④ 得られた塩酸をすべてメスシリンダーに移し、水を加えて500 mLにする。

c 実験Ⅰ～Ⅲの結果より、試料A 11.5 gに含まれる H_2O の質量は何gか。

最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、 CaCl_2 の式量は111とする。 g

① 0.4

② 1.5

③ 2.5

④ 2.6

吸湿剤として用いられる塩化カルシウムに空気中の水蒸気を吸収させた試料における水の含有率を、イオン交換樹脂を用いる中和滴定の実験によって求める問題。イオン交換樹脂は「化学基礎」の教科書では扱われない素材であるが、問題文を丁寧に読むことで前提となる知識を得ることができる。

問2aの問題では、中和の量的関係と塩の水溶液の性質を組み合わせた思考が要求されている。bの問題では、水溶液の希釈を行うための実験操作を計画する必要がある。通常、水溶液の希釈の操作は、中和滴定における一連の操作の前段階として行われるので、実際に行った経験がある受験生は少なかったかも知れない。しかし、メスフラスコはモル濃度が決まった溶液の調製法の部分で学習する器具であり、既習の内容から本問の解答を十分に類推することができる。cの問題では、中和滴定の結果から求められる塩化水素の量を、最初に与えられたイオン交換樹脂の反応に関する情報を用いてカルシウムイオンの物質量に変換し、塩化カルシウムに吸収された水の質量を求める。問題文中に塩化カルシウムの式量を与えることで計算のステップを1つ減らし、解答に至るための本質的な計算に専念できるように設定されている。

●対策

日頃から長めの文章を根気よく読みこなし、内容を把握するための読解力を養っておく必要がある。また、科学に関する文章を読みながら、要点をメモして数式化するなどの作業を通して、情報処理能力を養っておく。問2bの問題は、高等学校でさまざまな実験操作を経験して欲しいという出題者側のメッセージと受け取ることもできる。自分で実験を行う機会や演示実験を見る機会を疎かにせず、器具の使い方や操作の意味について理解を深めることが大切である。

<化学>

■ **概要** 大問が5題あり、各分野から満遍なく出題されている。単純な知識で解答できる一問一答式の問題はなく、解答を組み合わせさせて選択させる問題や、複数の計算過程を組み合わせさせて解答を導く問題、グラフを読み取ったり作成したりしながら計算を行う問題が出題されていた。また、「化学基礎」と同じく、数値をマークさせる形式の問題が見られた。なお、「化学」の教科書では比較的新しい題材である“光によって進む反応”に関する問題が複数出題されていた点が特徴的であった。問題のレベルはセンター試験より高く、難化している。

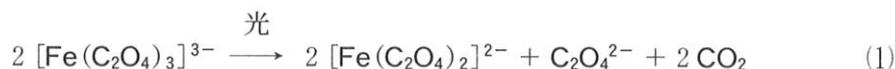
■ 問題構成

	小問数	マーク数	問題のねらい
第1問	4	6	小問集合形式の問題。基礎的な知識と計算力を問うとともに、蒸気圧を題材とするグラフを扱う問題(問4b)では、思考力を問う内容となっている。
第2問	3	5	いわゆる理論化学分野の問題。光によって進む反応に関する知識を問う問題、空気電池を題材とする計算問題、水の状態変化と水素結合を、熱化学の観点から問う問題が出題された。特に、水を題材とする問題では、冷静な判断力と思考力が求められている。
第3問	3	6	無機化学分野の問題。知識を組み合わせさせて解答を導く形式の問題が中心。特に、シュウ酸イオンを配位子とする鉄(III)錯イオンを題材とする問題では、読解力と思考力が求められている。
第4問	5	6	有機化学分野に関する問題。知識を組み合わせさせて解答させる問題が多い。ポリペプチドのらせん構造に関する問題では、冷静な判断力が求められている。
第5問	3	6	天然有機化合物であるグルコースを題材とする問題。化学平衡、水溶液中でのグルコースの構造変化、グルコースの酸化分解など、有機化学分野に限定されない総合的な内容の問題。
合計	18	29	

■ 特徴的な問題

第3問 次の問い(問1～3)に答えよ。(配点 20)

問3 次の化学反応式(1)に示すように、シュウ酸イオン $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ を配位子として3個もつ鉄(Ⅲ)の錯イオン $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ の水溶液では、光をあてている間、反応が進行し、配位子を2個もつ鉄(Ⅱ)の錯イオン $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{2-}$ が生成する。



この反応で光を一定時間あてたとき、何%の $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ が $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{2-}$ に変化するかを調べたいと考えた。そこで、式(1)にしたがって CO_2 に変化した $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ の量から、変化した $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ の量を求める実験Ⅰ～Ⅲを行った。この実験に関する次ページの問い(a～c)に答えよ。ただし、反応溶液のpHは実験Ⅰ～Ⅲにおいて適切に調整されているものとする。

実験Ⅰ 0.0109 mol の $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ を含む水溶液を透明なガラス容器に入れ、光を一定時間あてた。

実験Ⅱ 実験Ⅰで光をあてた溶液に、鉄の錯イオン $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3]^{3-}$ と $[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_2]^{2-}$ から $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ を遊離(解離)させる試薬を加え、錯イオン中の $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ を完全に遊離させた。さらに、 Ca^{2+} を含む水溶液を加えて、溶液中に含まれるすべての $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ をシュウ酸カルシウム CaC_2O_4 の水和物として完全に沈殿させた。この後、ろ過によりろ液と沈殿に分離し、さらに、沈殿を乾燥して4.38 g の $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (式量 146)を得た。

実験Ⅲ 実験Ⅱで得られたろ液に、(a) Fe^{2+} が含まれていることを確かめる操作を行った。

a 実験Ⅲの下線部(a)の操作として最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① H₂S 水溶液を加える。
- ② サリチル酸水溶液を加える。
- ③ K₃[Fe(CN)₆]水溶液を加える。
- ④ KSCN 水溶液を加える。

b 1.0 mol の [Fe(C₂O₄)₃]³⁻ が、式(1)にしたがって完全に反応するとき、酸化されて CO₂ になる C₂O₄²⁻ の物質は何 mol か。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。 mol

- ① 0.5 ② 1.0 ③ 1.5 ④ 2.0

c 実験Ⅰにおいて、光をあてることにより、溶液中の [Fe(C₂O₄)₃]³⁻ の何%が [Fe(C₂O₄)₂]²⁻ に変化したか。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。 %

- ① 12 ② 16 ③ 25 ④ 50

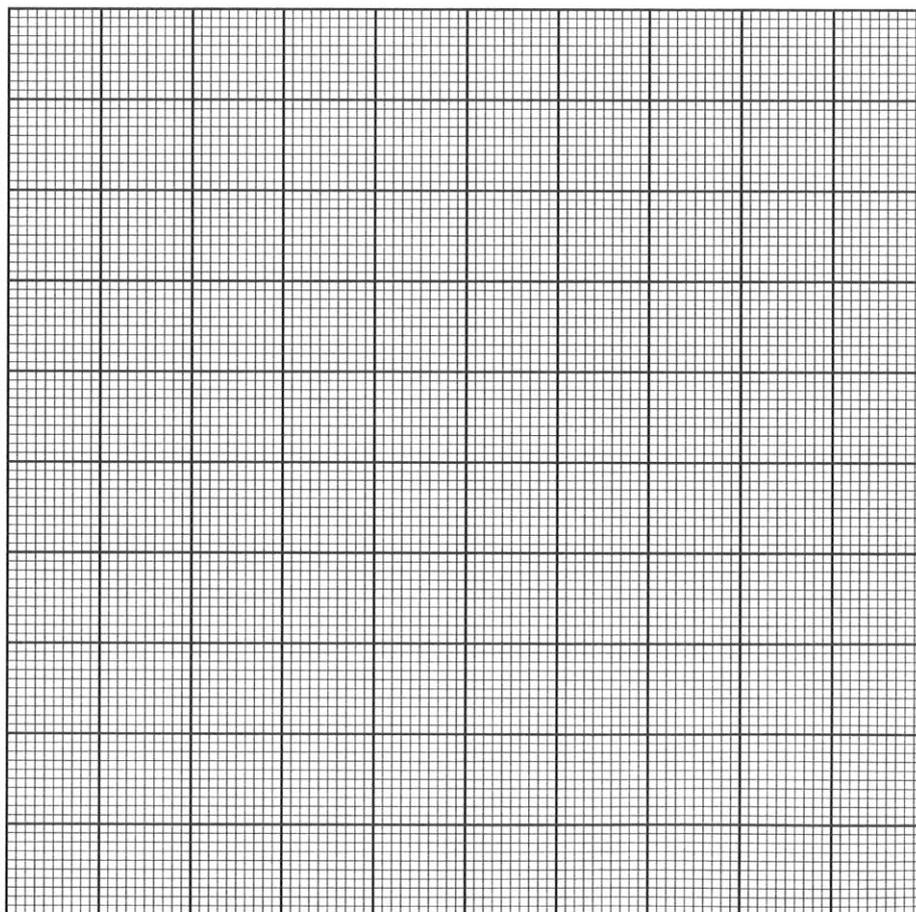
シュウ酸イオンを配位子とするトリスオキサレート鉄(Ⅲ)酸イオン [Fe(C₂O₄)₃]³⁻ の光反応を題材とする問題。この反応は、高等学校「化学基礎」でも「化学」でも学習しないが、問題文中に反応式が与えられているので前提となる知識は不要である。この問題の背景には、かつて頻繁に利用されていた“青写真”の原理があり、化学の実用性が意識された出題である。a では鉄(Ⅱ)イオンの化学的な性質が問われている。正解は③であるが、①、②、④も誤って選択しやすい“魅力的な誤答”となっており、曖昧な知識では正答に至らない。b と c の計算問題は、与えられた反応式から考えることができる。特に、c の問題では、化学反応が完全に進行していないので、物質の変化と量的な関係を図示しながら考えるとよい。長めの問題文を読みこなし、与えられた情報を丁寧に処理する思考力が求められる。

●対策

本質は無機化学の基礎的な知識と化学反応の量的な関係を問う問題なので、基礎的な知識をきちんと身につけておくことが大切である。また、新しい題材に戸惑うことなく思考ができるように、長い文章を丁寧に読解して情報を整理する習慣を身につけておく必要がある。

第5問 グルコース $C_6H_{12}O_6$ に関する次の問い(問1～3)に答えよ。(配点 20)

問1 グルコースは、水溶液中で主に環状構造の α -グルコースと β -グルコースとして存在し、これらは鎖状構造の分子を経由して相互に変換している。グルコースの水溶液について、平衡に達するまでの α -グルコースと β -グルコースの物質量の時間変化を調べた次ページの**実験I**に関する問い(a・b)と**実験II**に関する問い(c)に答えよ。ただし、鎖状構造の分子の割合は少なく無視できるものとする。また、必要があれば次の方眼紙を使うこと。



実験 I α -グルコース 0.100 mol を 20 °C の水 1.0 L に加えて溶かし、20 °C に保ったまま α -グルコースの物質量の時間変化を調べた。表 1 に示すように α -グルコースの物質量は減少し、10 時間後には平衡に達していた。こうして得られた溶液を溶液 A とする。

表 1 水溶液中での α -グルコースの物質量の時間変化

時間 (h)	0	0.5	1.5	3.0	5.0	7.0	10.0
α -グルコースの物質量 (mol)	0.100	0.079	0.055	0.040	0.034	0.032	0.032

a 平衡に達したときの β -グルコースの物質量は何 mol か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 mol

- ① 0.016 ② 0.032 ③ 0.048 ④ 0.068 ⑤ 0.084

b 水溶液中の β -グルコースの物質量が、平衡に達したときの物質量の 50 % であったのは、 α -グルコースを加えた何時間後か。最も適当な数値を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 時間後

- ① 0.5 ② 1.0 ③ 1.5
④ 2.0 ⑤ 2.5 ⑥ 3.0

実験 II 溶液 A に、さらに β -グルコースを 0.100 mol 加えて溶かし、20 °C で 10 時間放置したところ新たな平衡に達した。

c 新たな平衡に達したときの β -グルコースの物質量は何 mol か。最も適当な数値を、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 mol

- ① 0.032 ② 0.068 ③ 0.100 ④ 0.136 ⑤ 0.168

問 2 グルコースにメタノールと塩酸を作用させると、グルコースとメタノールが 1 分子ずつ反応して 1 分子の水がとれた化合物 X が、図 1 に示す α 型 (α 形) と β 型 (β 形) の異性体の混合物として得られた。X の水溶液は、還元性を示さなかった。この混合物から分離した α 型の X 0.1 mol を、水に溶かして 20 °C に保ち、 α 型の X の物質量の時間変化を調べた。 α 型の X の物質量の時間変化を示した図として最も適当なものを、下の①～④のうちから一つ選べ。

27

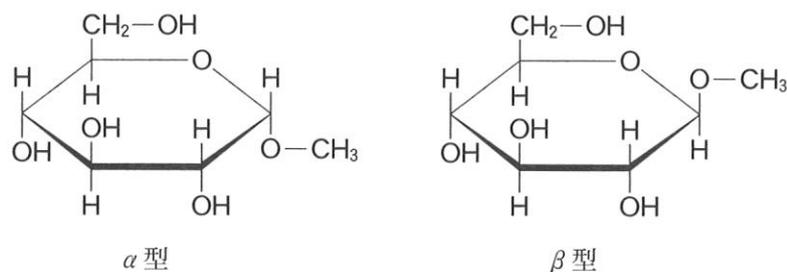
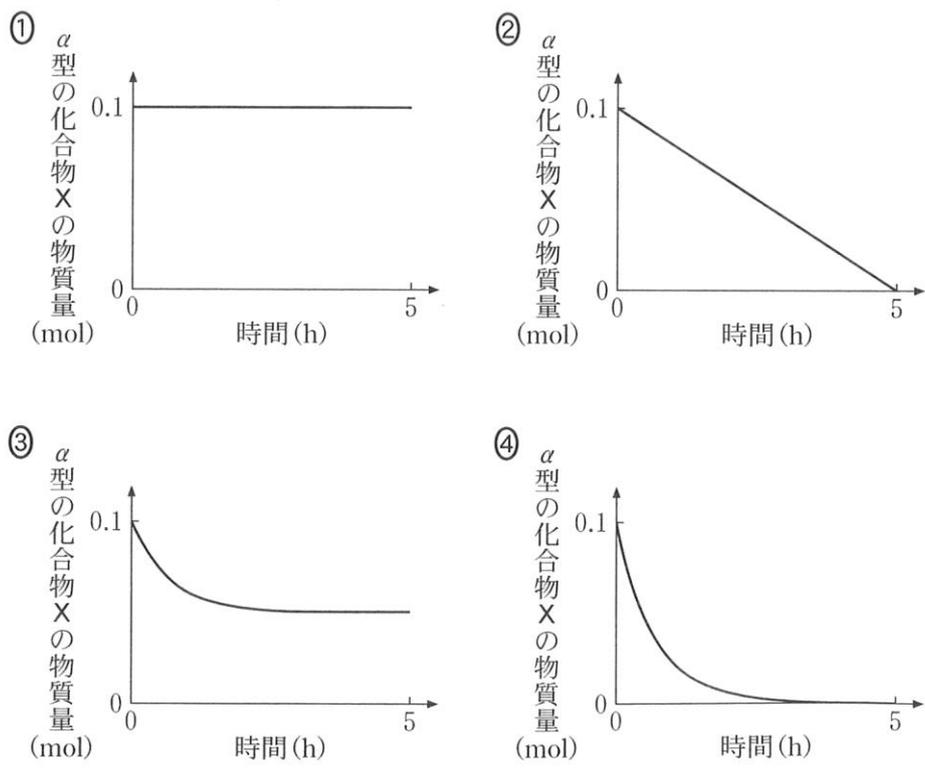


図 1 α 型と β 型の化合物 X の構造



問 3 グルコースに、ある酸化剤を作用させるとグルコースが分解され、水素原子と酸素原子を含み、炭素原子数が 1 の有機化合物 Y・Z が生成する。この反応でグルコースからは、Y・Z 以外の化合物は生成しない。この反応と Y・Z に関する次の問い(a・b)に答えよ。

a Y はアンモニア性硝酸銀水溶液を還元し、銀を析出させる。Y は還元剤としてはたらくと、Z となる。Y・Z の組合せとして最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。 28

	有機化合物 Y	有機化合物 Z
①	CH ₃ OH	HCHO
②	CH ₃ OH	HCOOH
③	HCHO	CH ₃ OH
④	HCHO	HCOOH
⑤	HCOOH	CH ₃ OH
⑥	HCOOH	HCHO

b ある量のグルコースがすべて反応して、2.0 mol の Y と 10.0 mol の Z が生成したとすると、反応したグルコースの物質質量は何 mol か。最も適当な数値を、次の①～④のうちから一つ選べ。 29 mol

- ① 2.0 ② 6.0 ③ 10.0 ④ 12.0

グルコースの結晶は一般に α -グルコースを構成粒子としているが、これを水溶液にすると鎖状構造(アルデヒド型)を経由して可逆的に β -グルコースに変化し、平衡状態になる。ここまでは教科書で学習する事項である。本問の問1におけるaとbは、データをもとにこの反応の過程を追跡する問題である。特にbでは、与えられた方眼紙にグラフを描きながら考える必要がある。また、cでは、化学平衡の法則を使って β -グルコースの物質量を求める。問2では、環状構造のグルコース分子における1位のヒドロキシ基をメトキシ基(メチルエーテル構造)に変えた化合物の性質が出題されている。この物質に関する記述は教科書にはなく、またアルデヒド型グルコースから環状構造のグルコースへの変化では、5位の炭素原子に結合したO-H基がアルデヒド基(ホルミル基)のC=O結合に可逆的に付加するという事項も学習していないので、たとえば、非還元性の二糖であるスクロースの分子構造および性質(スクロースの分子では環状構造のグルコース分子における1位のヒドロキシ基に環状構造のフルクトース分子が結合しているのがアルデヒド型にならないこと)と関連づけて考えるなど、深い思考が求められている。問3で扱われているグルコースの酸化も教科書では学習していないが、与えられた問題文から考えることができる。特にbの計算問題では、よく問題文を読んで、炭素原子の変化に着目した思考を行う必要がある。

●対策

本問は天然有機化合物であるグルコースを題材としながら、グラフの描画と読解、化学反応における量的な関係、化学平衡の定量的な扱いなど、総合的な内容を含む問題である。化学のある単元で学習した事項は、その単元だけで終わるものではない。常に他の単元との関連を意識し、さらに物理、生物、地学など理科の他科目や、化学の内容を日常生活と結びつけて、他教科との関連を意識した科目・教科横断型の学習を行いたい。また、問題集などを活用して、総合的な内容の問題に取り組んでおきたい。

本分析資料のほか、他教科・他科目の分析資料(PDF)もダウンロードできます。



第一学習社

広島本社

733-8521 広島市西区横川新町 7-14

TEL 082-234-6800

第一学習社