

とやま科学オリンピック **2021**

高 校

化学分野

筆 記 問 題

2021 年 8 月 4 日(水)

時間: 前半 9 時 40 分～10 時 30 分(50 分)

後半 11 時 20 分～12 時 10 分(50 分)

注意事項

1. 指示があるまで、問題冊子を開かないで、以下の注意事項をよく読むこと。
2. 問題は 6 ページあります。
3. 筆記問題は個人で行います。
4. 机の上に置けるものは、筆記用具のみとします。
5. 解答はすべて解答用紙に記入し提出すること。
6. 参加番号を解答用紙の決められた欄に記入すること。
7. 途中で気分が悪くなった場合や、トイレに行きたくなった場合には、すぐに申し出ること。

みなさんの健闘を期待しています。

富山県 富山県教育委員会

1 次の実験操作に関する問いに答えなさい。

- (1) 液体とその液体に溶けない固体の混合物を、ろ紙などを用いて分離する操作をろ過という。

この混合物から、固体をすみやかに取り出したいとき、どのような操作上の工夫が必要であるかを答えなさい。

ただし、使用する器具は図1に示されるビーカー、ガラス棒、ろうと、ろうと台、ろ紙のみとする。

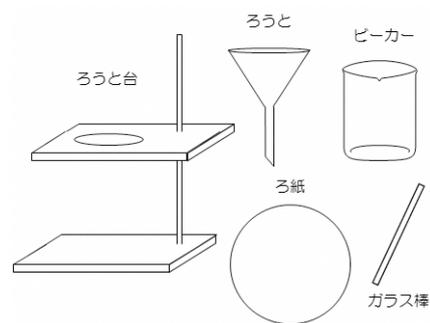


図1

- (2) ある昇華する固体が気体になった時の体積は、図2のような装置ではかることができる。この装置の原理について適切に述べている説明文を、次の(a)～(e)の中から**すべて**選んでその記号を答えなさい。

ただしメスシリンダーに集めた気体の体積は他の2つの各びんの容量を超えないものとし、固体が昇華した気体は空気や水と反応しないものとする。また、固体の昇華は短時間で起こるものとする。

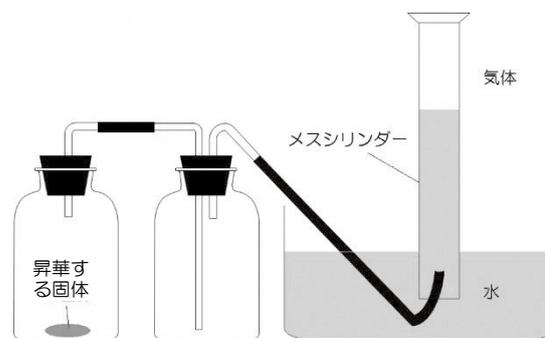


図2

- (a) 空のびんが真ん中につながれているのは、昇華する固体の入っているびんに、水槽の水が逆流するのを防ぐためである。
- (b) メスシリンダーには、空のびんから押し出された空気が捕集される。この空気の体積は昇華してできた気体の体積と等しい。
- (c) ヨウ素など、完全に昇華させるために加熱が必要な固体の場合は、固体が入っているびんを加熱しても良い。
- (d) 昇華してできた気体が、水に溶けたり水と反応したりする気体であっても、この装置で体積をはかることができる。
- (e) 昇華する固体が入っているびんと、空のびんは同種のものを使用しなければいけない。

(3) 濃度がわからない塩酸を 0.100 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液を用いて中和滴定し、塩酸のモル濃度を求めることにした。塩酸は、塩化水素が水に溶けた溶液である。また、水酸化ナトリウム水溶液は、空気中の二酸化炭素と反応する性質をもつ。中和滴定は (i) ~ (iii) の操作で行った。

(i) 濃度のわからない塩酸を (あ) を用いて 10.0 mL はかりとった。

(ii) はかりとった塩酸を (い) の器具に移し、そこに蒸留水を加えて 10 倍の濃度に薄めた。

(iii) 薄めた塩酸を新しい (あ) を用いて、10.0 mL はかりとり、図 3 のような装置で中和滴定を行った。

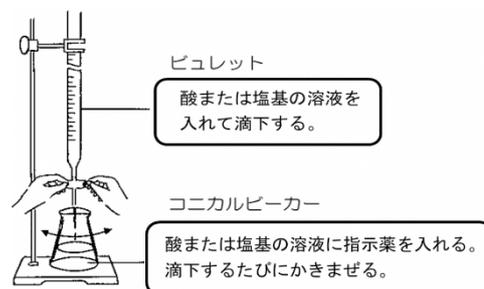
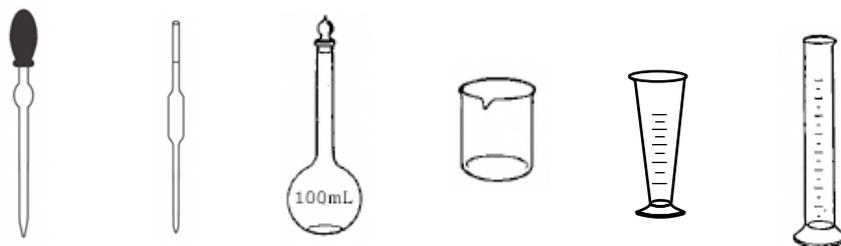


図 3

中和滴定の結果、以下のようなデータが得られた。

		始めの目盛り (mL)	中和点における目盛り (mL)	その差 (mL)
(a)	1 回目	0.10	7.43	
(b)	2 回目	7.43	15.58	
(c)	3 回目	15.58	22.93	
(d)	4 回目	0.20	7.54	

① 文章中の (あ), (い) に入る適切な器具を下から選び、器具名を答えなさい。



② 操作 (iii) において、水酸化ナトリウム水溶液は、コニカルビーカーよりもビュレットに入れる方が望ましい。その理由をそれぞれの器具の特徴から考えて書きなさい。

③ 中和滴定により得られた結果から平均値をとって塩酸の濃度を求める際、どのようにデータを選択すればよいか。採用するデータを表中の (a) ~ (d) から選択し、そのデータを選択した理由を答えなさい。

④ ③をもとに、薄める前の塩酸の濃度を求め、小数点第 3 位まで答えなさい。解答欄には計算の過程を示すこと。

2

物質は純物質（窒素や酸素など，ほかの物質が混じっていない単一の物質）と混合物（空気や海水など何種類かの物質が混じり合った物質）に分類することができる。純物質の融点，沸点，密度といった性質は，物質ごとに一般に固有の値をとる。一方で，混合物では，混合している物質の割合（組成）によってその性質が少しずつ変化する。

卓上ガスコンロなどに使うカセットガスボンベには，プロパン C_3H_8 やブタン C_4H_{10} などを主成分とする液化石油ガス（LPG）が詰められており，独自の仕組みによって気体として取り出せるようになっている。ガスボンベに含まれる気体の組成について調べるため，次のような実験を行った。なお，ガスボンベから取り出すガス成分組成は常に一定で，時間により変化しないものとする。

【実験】

- (i) LPG が入ったカセットガスボンベの質量をはかったところ，250.00 g だった。
- (ii) 図4のように水をいれた水槽の中で，メスシリンダーに気体を取り出し，メスシリンダー内の水面と水槽の水面を合わせた後，目盛りを読んだところ，捕集した気体の体積は 58.00 mL だった。
- (iii) 気体を取り出した後のカセットガスボンベの質量をはかったところ，249.88 g だった。



図4

- (1) カセットガスボンベから取り出した気体の密度 [g/L] を計算し，小数点第2位まで答えなさい。なお，解答欄には計算の過程を示すこと。
- (2) このカセットガスボンベに含まれる気体がプロパンとブタンの2種類のみであるとき，プロパンとブタンの混合比(体積比)に最も近い値を下の(a)～(d)から選びなさい。なお，原子量は $C=12.0$ ， $H=1.0$ ，実験は 1.01×10^5 Pa， $20^\circ C$ で行い，そのときの気体の体積は種類によらず 1 mol あたり 24 L となる。また，気体は混合により互いに影響を与えないものとする。解答には途中計算および，考え方の過程を明示すること。
 - (a) プロパン：ブタン = 2：1
 - (b) プロパン：ブタン = 2：3
 - (c) プロパン：ブタン = 3：2
 - (d) プロパン：ブタン = 1：2
- (3) 実験で用いた気体の捕集方法は水上置換法といい，他の方法より純度の高い気体が得られる。二酸化炭素 CO_2 のボンベを用いて，上記の【実験】と同じ方法で気体を捕集して密度を求めた場合，その値は理論値と比べてどうなると考えられるか。理由もあわせて説明しなさい。

3

かおるさんは酵素について疑問をもち、文献を用いて調べ、実験を行った。

以下はその内容をまとめたものである。かおるさんが調べた内容や実験の説明をよく読んで、下の問いに答えなさい。

秋のある日、紅葉したサクラの落ち葉を掃除していたかおるさんは、落ち葉からかすかな「さくらもちの匂い」がするのに気がつき、不思議に感じた。春になって、桜の花が散った後の若葉をすりつぶしてみると「さくらもちの匂い」がした。しかし、蒸した桜の葉はすりつぶしても「さくらもちの匂い」がしなかったので、サクラの葉からどのようにして「さくらもちの匂い」の成分が生じるのか調べてみることにした。

調べると、「さくらもちの匂い」の正体はクマリンという物質の匂いであることが分かった。サクラの葉の液胞（細胞膜に包まれ、細胞液で満たされている）内には匂いのしないクマリン酸配糖体とよばれる、クマリンと糖が結合した物質が多く含まれている。しかし、サクラの葉は塩漬けにしたり、虫にかじられて傷ついたりすると、液胞外の酵素と作用してクマリン酸配糖体から糖が切り離され、クマリンが生成する反応が起きて「さくらもちの匂い」が漂^{ただよ}う。サクラの葉を食べる虫はこの匂いを嫌うため、サクラは虫に葉を食べられないようにこの仕組みで防御しているということだった。では、なぜ蒸した桜の葉では、クマリンは生成しなかったのだろうか。疑問に思ったかおるさんは、酵素と温度との関係をさらに調べてみた。

酵素は主にタンパク質からなる物質で、生体内で起こる複雑な化学反応の触媒としてはたらく。触媒とは化学反応の前後でそれ自身は変化せず、反応速度を変化させる働きをする物質である。酵素が作用する物質を基質といい、酵素はそれぞれ決まった基質にしか作用しない。

例えば、カタラーゼは動物の血液や肝臓、植物では身近な野菜にも多く含まれる酵素で、基質である生体内の(あ)過酸化水素 H_2O_2 を速やかに酸素と水に分解する。オキシドール（過酸化水素水）にレバーやジャガイモを入れると酸素が発生するが、ゆでたレバーやジャガイモではこの反応は起きない。これは、酵素を構成するタンパク質が変性する（立体構造が高温の水中で変化すること）ため、カタラーゼの活性部位（過酸化水素分子を分解する部位）の形が変化して過酸化水素分子と結合できなくなり、酵素としての作用が失われる（これを失活という）ためである。酵素が最もよくはたらく温度を最適温度と言い、その温度は、通常は $35\sim 40^{\circ}C$ であることが分かった。

ヒトのだ液に含まれるアミラーゼ（だ液アミラーゼ）はデンプンをマルトース（麦芽糖）に分解する酵素で、高温で熱変性が起きて失活する。かおるさんはそのことを確かめるために次の実験を行った。

【アミラーゼによるデンプンの分解実験】

(使用する試薬)

- ・ だ液アミラーゼ溶液
- ・ 1%デンプン水溶液
- ・ ヨウ素溶液 (ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液) : ヨウ化カリウム水溶液にヨウ素を溶かした溶液。ヨウ素は水に溶けにくいですが、ヨウ化カリウム水溶液にはよく溶けて褐色溶液となる。

(関連する反応)

- ヨウ素デンプン反応 : デンプンの分子はらせん構造をとっており、デンプンの水溶液にヨウ素溶液を加えると、ヨウ素分子がらせん構造の中に入り込んで、青紫色を示す。この反応は微量のデンプンを確認できるが、加熱するとヨウ素分子がデンプンのらせん構造から抜け出して溶液の青紫色は消えて無色となる。

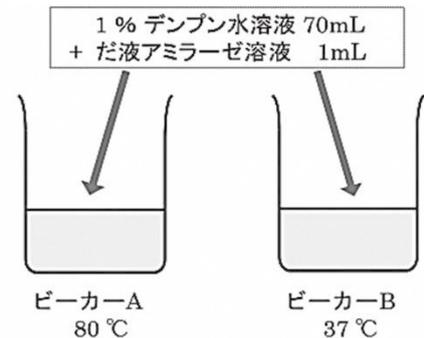
[実験]

(i) 1%デンプン水溶液 70mL をビーカーA, ビーカーB にそれぞれ入れ, ビーカーA は 80℃ に, ビーカーB は 37℃ に保つ。

(ii) ビーカーA にだ液アミラーゼ溶液 1mL を加え, よくかき混ぜる。

(iii) (i)のAの混合溶液を2分おきにピペットで5mLずつ試験管にとり, 直ちに(i)室温付近まで冷却し, ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を1滴加えてかき混ぜ, 試験管中の溶液の色を観察する。これを20分後まで計10回行う。

(iv) ビーカーBについても, (i)~(iii)と同様の操作を行う。



(1) 下線部 (あ) について各問いに答えなさい。

- ① 過酸化水素の分解の化学反応式を書きなさい。
- ② 例えば線香を用いた簡単な実験で, 過酸化水素の分解反応により酸素が発生したことを確かめることができる。その実験方法の手順を簡潔に記しなさい。また, なぜこの実験を行うことで, 発生した気体が酸素だと推察できるのか述べなさい。

- (2) 下線部 (い) で室温まで冷却するのはなぜか、実験を参考に答えなさい。
- (3) デンプンの分解実験の結果、ビーカーA, B から取り出した混合溶液は、ヨウ素溶液との反応によって、時間の経過とともに、どのように変化するか。ビーカーA, B それぞれについて、最も適するものを次の(a)~(d)より1つずつ選びなさい。同じ選択肢を選んでも構わない。
- (a) 最初の試験管から最後の試験管まで、取り出した混合液は薄い褐色になった。
- (b) 最初の試験管から最後の試験管まで、取り出した混合液は濃い青紫色になった。
- (c) 最初に取り出した混合液は薄い褐色になったが、後から取り出した混合液ほど青紫色が濃くなった。
- (d) 最初に取り出した混合液は濃い青紫色になったが、後から取り出した混合液ほど色が薄くなった。
- (4) かおるさんは、酵素について調べたことをもとにして、「なぜ蒸した桜の葉をすりつぶしても、さくらもちの匂いがしなかったのか」という疑問について、以下のようにまとめて考察を行った。文章内の(ア)~(オ)に適切な語句を入れなさい。

【まとめと考察】

「さくらもちの匂い」の正体は(ア)という物質であるが、もともと桜の葉にはそのままの形では含まれてはいない。(イ)内に含まれているクマリン酸配糖体に、(イ)外に含まれているクマリン酸配糖体を基質とする(ウ)が混ざることにより、糖の部分がはずれ、その後の(ア)生成反応が速やかに進行するのである。常温で、桜の葉をすりつぶすと細胞がつぶされて両物質が混ざるため、「さくらもちの匂い」が漂^{ただよ}ったのである。同じように、桜の落ち葉は生きている状態ではないので、雨でぬれるなど水を含むと両物質が混ざるのである。

しかし、(ウ)は主にタンパク質でできているので、煮した桜の葉では、(ウ)は(エ)して、クマリン酸配糖体と(オ)部位で結合できなくなり、糖がはずれる反応が起きないので、葉をつぶしても(ア)が生成しなかったと考えられる。ただし、葉を蒸したことで、基質のクマリン酸配糖体に変化した可能性もある。蒸した桜の葉をすりつぶしたものに、この(ウ)のみを加えることで「さくらもちの匂い」が漂^{ただよ}えば、蒸したことにより変化したのはクマリン酸配糖体ではなく、この(ウ)であったことを確かめることができる。

