

令和 2 年度 個別学力試験 問題

理 科

(医 学 科)

解答時間 120 分

配 点 各 100 点

科 目	ページ
物 理	1 ページ～7 ページ
化 学	8 ページ～13 ページ
生 物	14 ページ～18 ページ

問題冊子には上記の 3 科目の問題が載っていますが、2 科目を選択して解答しなさい。

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子及び解答冊子の中を見てはいけません。
2. 監督者の指示に従い、すべての解答冊子の所定の欄に氏名をはっきり記入しなさい。
ただし、表紙には受験番号も必ず記入しなさい。
3. 監督者の指示に従い、選択する科目の解答冊子の選択科目確認欄に○印を記入しなさい。正しく○印が記入されていない解答は無効とすることがあります。
4. 試験開始の合図のあとで問題冊子のページを上記の表に基づいて確認しなさい。
5. 解答はすべて選択した科目の解答冊子の指定された解答欄に記入しなさい。
6. 解答冊子のどのページも切り離してはいけません。
7. 下書きは問題冊子の余白部分を使用しなさい。
8. 試験時間中に問題冊子及び解答冊子の印刷不鮮明、ページの落丁及び汚損等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
9. 解答冊子はすべて持ち帰ってはいけません。
10. 問題冊子は持ち帰ってもかまいません。

化 学

1. 化学は全部で3問題あり，合計5ページあります。
2. すべての問題に解答しなさい。
3. 解答冊子は各問題に1ページずつ，合計3ページあります。
4. 解答は解答冊子の所定の欄に記入しなさい。



- 1 次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$, $Cl = 35.5$, 温度は 25°C , $\log_{10}3.0 = 0.48$ とする。

中和滴定に用いる指示薬は、弱酸または弱塩基であり、水溶液中で異なった色を示す分子とイオンが電離平衡の状態になっている。例えば、弱酸の指示薬 HX は、式(1)のように電離するものとする。



この指示薬は、水溶液の pH が小さいときには大部分が HX として存在するため赤色になり、 pH が大きいときには大部分が X^- として存在するため黄色になるものとする。また、この指示薬では、 HX と X^- のうちの一方の濃度が、もう一方の濃度の 10 倍を超えると、片方の色だけが見えるものとし、この範囲をこの指示薬の変色域とする。このとき $[HX]$ と $[X^-]$ の関係は、式(2)で表される。

$$\boxed{\text{ア}} \leq \frac{[HX]}{[X^-]} \leq \boxed{\text{イ}} \quad (2)$$

いま、濃度不明の酢酸水溶液のモル濃度を正確に求めるために、次のような実験を行った。

段階① 乾いた 100 mL ビーカーに、0.986 g の水酸化ナトリウムを量りとり、純水を加えて水酸化ナトリウムを完全に溶かした。この水酸化ナトリウム水溶液のすべてを 200 mL メスフラスコに移した後、標線まで純水を加え、よく振り混ぜて溶液を均一にした。

段階② この水酸化ナトリウム水溶液をビュレットに入れた。また、100 mL コニカルビーカーに、0.1025 mol/L の塩酸を正確に 10.00 mL 入れ、指示薬としてフェノールフタレイン溶液を 1～2 滴加えた。コニカルビーカー内の溶液をビュレットの水酸化ナトリウム水溶液で滴定した。^(a)

段階③ コニカルビーカー内の溶液を別の容器に回収した後、コニカルビーカーを水道水で洗浄し、さらに純水で洗浄した。コニカルビーカーの内部は純水でぬれていたが、このコニカルビーカーに、濃度不明の酢酸水溶液を正確に 10.00 mL 入れ、指示薬としてメチルオレンジ溶液を 1～2 滴加えた。コニカルビーカー内の溶液を、上と同じ水酸化ナトリウム水溶液で滴定した。^(b)

問 1 式(2)の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ と $\boxed{\text{イ}}$ に、適切な数値を入れなさい。また、その解答に至った根拠を簡潔に答えなさい。

問 2 指示薬 HX の電離定数 $K_a = 3.0 \times 10^{-4}$ mol/L として、 HX の変色域の pH の範囲を求めなさい。なお、計算過程も示しなさい。

問 3 段階①の実験内容では、水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度が決定できない。その理由を 90 字以内(句読点を含む)で答えなさい。

問 4 段階②と③の実験内容の中には不適切な箇所があるため、酢酸水溶液の正確な濃度を求めることができない。その箇所を指摘するとともに、元の実験では酢酸水溶液の正確な濃度を求めることができない理由を簡潔に答えなさい。また、その箇所を適切な実験内容に修正しなさい。

問 5 上の問 4 の実験内容の不適切であった箇所を適切にして、実験を行った。下線部(a)の滴定で、中和点までに要した水酸化ナトリウム水溶液の体積は 9.33 mL であった。水酸化ナトリウム水溶液の正確な濃度を答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

問 6 上の問 4 の実験内容の不適切であった箇所を適切にして、実験を行った。下線部(b)の滴定で、中和点までに要した水酸化ナトリウム水溶液の体積は 8.89 mL であった。酢酸水溶液の正確な濃度を答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

2 次の一連の実験について、以下の問いに答えなさい。

操作① スクロース、フルクトース、ラクトース、リボース^(a)を0.3 gずつ別の試験管にとり(それぞれの試験管をA, B, C, Dとする)、水を3 mLずつ加えて溶かした。

操作② 0.1 mol/Lの硝酸銀水溶液10 mLに、2 mol/Lアンモニア水を少しずつ加え、よく混ぜた。一度褐色沈殿が生じたが、さらにアンモニア水を加え、沈殿を消失させた。

操作③ 試験管A, B, C, Dに、操作②でつくった溶液を均等に加え、60°Cの温水に浸した。

操作④ スクロースとラクトースを0.5 gずつ別の試験管にとり(それぞれの試験管をE, Fとする)、水を3 mLずつ加えて溶かした。それぞれに、0.1 mol/L硫酸を2 mLずつ加え、沸騰石を入れて数分間煮沸した。

操作⑤ 試験管EとFを冷却した後、炭酸ナトリウムを少しずつ加えて中和した。

操作⑥ 硫酸銅(II)五水和物、酒石酸^(c)ナトリウムカリウム四水和物、水酸化ナトリウム、水を使ってフェーリング液をつくった。

操作⑦ 試験管EとFに、フェーリング液^(d)を2 mLずつ加え、沸騰石を入れておだやかに加熱した。

問 1 下線部(a)は、核酸中では五員環構造となっている。核酸中におけるリボースの構造式を書き、塩基とリン酸が結合している位置をそれぞれ示しなさい。なお、構造式は簡略化してもよい。

問 2 下線部(b)の沈殿は何か、化学式で答えなさい。

問 3 操作③において、変化が生じた試験管があった。その試験管はどれか、A～Dの記号ですべて答えなさい。また、その変化を説明しなさい。

問 4 操作④で起こったと考えられる変化について、分子式を使った化学反応式で示しなさい。

問 5 下線部(c)の酒石酸 $\text{HOOC}-\text{CH}(\text{OH})-\text{CH}(\text{OH})-\text{COOH}$ における、不斉炭素原子の数と立体異性体の数を答えなさい。

問 6 下線部(d)のフェーリング液のつくり方を簡単に示しなさい。

問 7 操作⑦において、いずれの試験管も赤色沈殿を生じた。その赤色沈殿を生ずる原因となった部分の構造をそれぞれ示しなさい。

3

次の文章を読んで、以下の問いに答えなさい。

カルシウムイオンやマグネシウムイオンを多く含む水を硬水といい、それらを少量しか含まない水を軟水という。一般に、日本の河川を流れる水は軟水が多い。

セッケンを硬水で使用すると、難溶性の塩を生じて、セッケンの洗浄作用が低下する。したがって、硬水からカルシウムイオンやマグネシウムイオンを除去しないと、セッケンの機能はじゅうぶん発揮できない。これらのイオンを除去することを水の軟化(軟水化)という。家庭用洗剤には、かつて、水の軟化剤としてリン酸ナトリウムの入った有リン洗剤が用いられていたが、河川や湖沼の水質汚染を引き起こしたため、1980年代以降は、ゼオライトなどを用いた無リン洗剤に切り替えられた。また、セッケンが使えない硬水でも使用可能な合成洗剤が開発された。

硬水は、炭酸水素イオンを含むことがある。カルシウムイオンと炭酸水素イオンを含む硬水を加熱すると、以下の2段階の反応で炭酸カルシウムの沈殿を生成する。



第1段階目の反応は不均化と呼ばれ、加熱は(ア)の溶解度を減少させるため、反応は右に移動する。炭酸カルシウムの沈殿は、高温の水を扱うボイラーやパイプで、しばしば問題となる。生成・付着した沈殿は、ボイラーの熱伝導率を低下させたり、パイプを詰まらせるからである。時には、ボイラーのパイプの破裂に至ることもある。したがって、硬水はボイラーに入れる前にあらかじめ軟水化させておく必要がある。加熱もひとつの方法ではあるが、これはエネルギーコストが高いので、水酸化物イオンやアンモニアなどの塩基を加えて炭酸水素イオンを炭酸イオンに変換する方法がとられる。

問1 下線部(a)について、セッケンをステアリン酸ナトリウムとして化学反応式で示しなさい。

なお、その際、カルシウムイオンかマグネシウムイオンのどちらか一方を使いなさい。

問2 下線部(b)について、ステアリン酸イオンを——○(——は疎水性、○は親水性の各部分を表わす)、油汚れを●とし、セッケンによる油汚れの除去を模式図で示すとともに、その様子を60字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問3 下線部(c)が水の軟化剤として働くしくみについて、化学反応式を示すとともに60字以内(句読点を含む)で説明しなさい。なお、その際、カルシウムイオンかマグネシウムイオンのどちらか一方を使いなさい。

問 4 下線部(d)は、なぜ硬水でも使えるのか、その理由を 80 字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

問 5 空欄(ア)にあてはまる物質名を答えなさい。

問 6 下線部(e)の変化を化学反応式で示しなさい。