

平成 31 年 度

## 問題冊子

| 教 科 | 科 目 | ページ数 |
|-----|-----|------|
| 理 科 | 化 学 | 10   |

試験開始の合図があるまで、問題冊子を開かないこと。

## 解答の書き方

1. 解答は、すべて別紙解答用紙の所定欄に、はっきりと記入すること。
2. 解答を訂正する場合は、きれいに消してから記入すること。
3. 解答用紙には、志望学部及び受験番号、解答のほかは、いっさい記入しないこと。

## 注 意 事 項

1. 試験開始の合図の後、解答用紙に志望学部及び受験番号を必ず書くこと。
2. 選択科目は、願書に記載したものと違ったものについて答えてはいけない。
3. 下書き用紙は、片面だけ使用すること。
4. 問題の内容についての質問には応じないが、その他の用事があるときは、だまって手をあげて、監督者の指示を受けること。
5. 試験終了時には、解答用紙を必ずページ順に重ね、机上に置くこと。
6. 試験終了後、問題冊子及び下書き用紙は持ち帰ること。

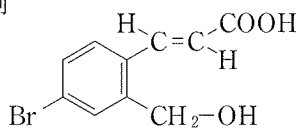
必要があれば，次の値を使うこと。

|    |      |   |      |    |      |    |      |    |       |
|----|------|---|------|----|------|----|------|----|-------|
| H  | 1.0  | C | 12.0 | N  | 14.0 | O  | 16.0 | Na | 23.0  |
| Cl | 35.5 | K | 39.1 | Cr | 52.0 | Mn | 54.9 | Ag | 107.9 |

気体定数  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})$

有機化合物の構造式は，以下の例にならって示すこと。

例



〔 I 〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

液体の温度が高いほどその液体を構成する粒子の(ア)が激しくなる。(ア)が比較的激しい分子は(イ)を断ち切って液面から飛び出し、気体になる。このような現象を(ウ)と言う。さらに温度が上がると液体内部からも気体が発生するようになる。この現象を沸騰といい、その時の温度を沸点という。

物質の性質を調べるためには、混合物から目的の物質を取り出す必要がある。この操作を分離という。物質の分離は、物理的な性質の違いを利用して行うことが多い。例えば、溶媒への溶けやすさは物質によって異なる。この性質を利用して、混合物から目的の物質を溶媒に溶かして分離する操作を(エ)という。また、① 固体が溶けた溶液や、液体どうしの混合物を加熱して沸騰させ、その蒸気を② 冷却して沸点の低い成分を分離する操作を(オ)という。

問 1 文中の(ア)~(オ)に、適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部①の操作を行い、図 1 の器具を用いて、ヨウ素とヨウ化カリウムの混合水溶液(ヨウ素溶液)から、ヘキサンを使って、ヨウ素を取り出したい。ヨウ素を取り出す手順を、分液ろうとの使い方に留意して解答欄内に文章で答えなさい。

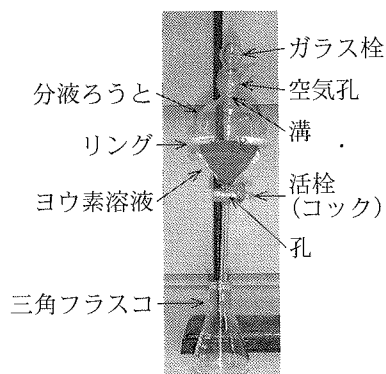


図 1

問 3 下線部②の操作を行い、図 2 のような装置を用いて、2 種類の有機化合物の混合物の分離を試みたい。図 3 に示した温度計の球部はどの位置に合わせるのが適切か。a~e のうち、正しいものを選びその記号を解答欄に示しなさい。また、図 2 の XXXXXXXXXX 部分にはリービッヒ冷却器を取り付けたい。図 4 の f~i のうち、正しいものを選びその記号を答えなさい。

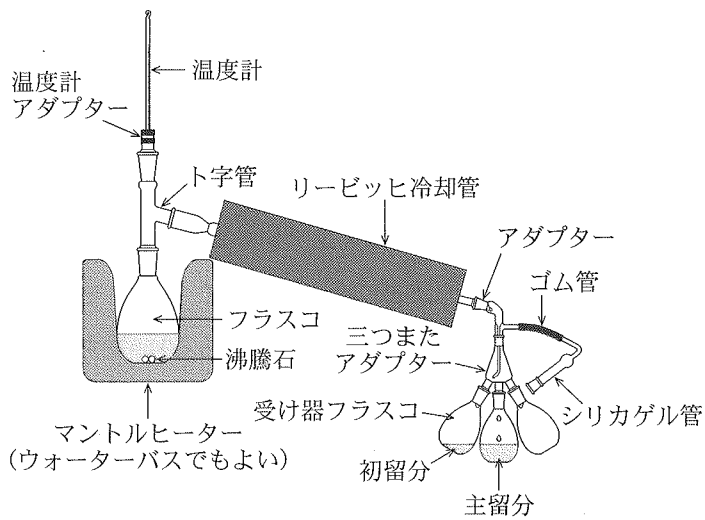


図 2

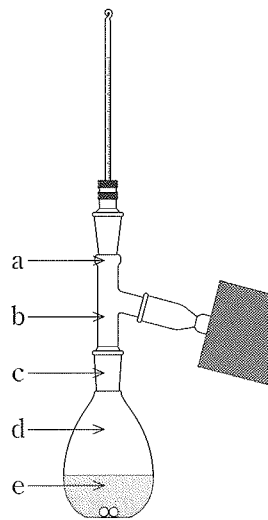


図 3

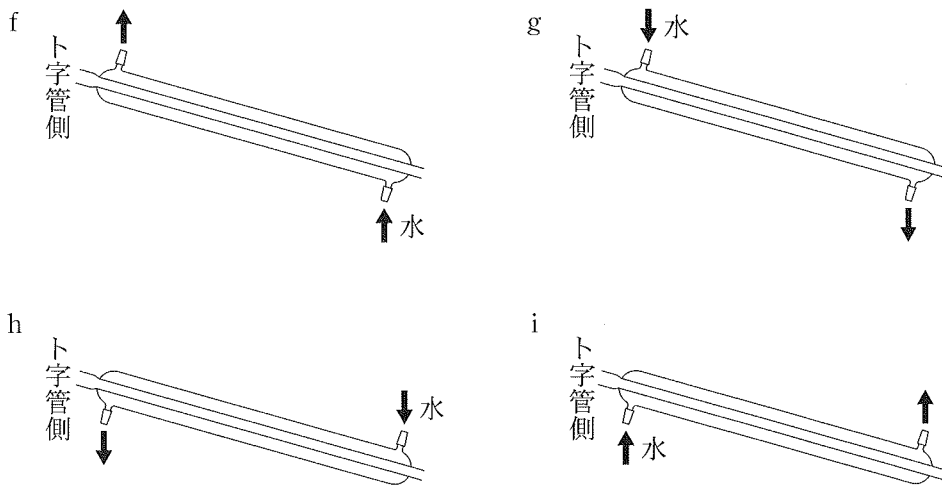


図 4

〔Ⅱ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

元素を原子番号の順に並べると、化学的性質のよく似た元素が周期的に現れる。この規則性を元素の周期律という。また、元素を原子番号の順に並べて配列した表を周期表という。周期表の原型はロシアのメンデレーエフによってつくられた。周期表の中で1族、2族および12～18族の元素を(ア)、3～11族の元素を(イ)と呼ぶ(12族元素を(イ)に含める場合もある)。また、周期表の同じ族に属している元素を(ウ)という。なお、周期表にまとめられている元素のうち約80%は金属である。

1族の水素は、水や有機化合物の構成元素として広く分布している。水素以外の1族元素は、アルカリ金属といい、1価の陽イオンになりやすい。2族は全て金属元素で、そのうち、Ca、Sr、BaおよびRaはアルカリ土類金属といい、2価の陽イオンになりやすい。1族と2族の元素は炎色反応を示すものが多い。15族の非金属元素にはN、P、Asなどがあり、これらの原子は価電子を(エ)個もつ。18族元素は(オ)といい、空気中にわずかに存在し、その単体は単原子分子からなり、反応性に乏しい。

問1 文章中の(ア)から(オ)に、適切な語句を記入しなさい。

問2 文章中の(イ)について、下に書かれたもののうち間違っているものを全て選び、記号で答えなさい。

- (a) すべて金属元素である。
- (b) 最外殻の電子数は常に2個に保たれ、内側の電子殻の電子数が変化する。
- (c) イオンや化合物は、ほとんどが無色である。
- (d) 単体は比較的密度が大きく、融点の高いものが多い。
- (e) ほかのイオンや分子と結合して錯イオンをつくるものは少ない。
- (f) 単体や化合物には、触媒としてはたらくものが多い。

問 3 15 族元素の N の化合物であるアンモニアは、工業的に触媒を用いて高温  
高圧で窒素と水素から直接合成される。この製法名を書きなさい。また、そ  
の化学反応式と、用いられる触媒の主成分の元素を元素記号で答えなさい。

問 4 アンモニア水、硝酸銀水溶液、および塩化ナトリウム水溶液を準備した。

- (1) 硝酸銀水溶液に塩化ナトリウム水溶液を加えたときに、この溶液におき  
る化学変化を解答欄内に文章で答えなさい。
- (2) 次に、この混合液にアンモニア水を加えたときに、この溶液におきる化  
学変化を解答欄内に文章で答えなさい。また、その化学反応式を示しな  
さい。

〔Ⅲ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。なお、問4および問5において数値を解答する場合は、有効数字2桁で答えなさい。

ある物質を構成する特定の原子が電子を失ったとき、(ア)されたといい、逆に電子を受け取った時には(イ)されたという。こうした原子や物質の電子の授受を明確にするため、酸化数という数値が用いられる。例えば、ナトリウム(単体)の原子の酸化数は(ウ)であるが、塩素(気体)と反応すると酸化数は(エ)となり、一方、塩素原子の酸化数は $-1$ となる。よって、ナトリウム(単体)は、その作用から(オ)剤とよばれる。また、次亜塩素酸イオン中の塩素原子の酸化数は(カ)である。

過マンガン酸カリウムや、二クロム酸カリウムは代表的な酸化剤である。例えば、①過マンガン酸カリウムは水によく溶け、過マンガン酸イオンを生じる。このイオンは硫酸で酸性にした水溶液中で強い酸化作用を示し、電子の授受によって $Mn^{2+}$ となる。②一方、塩基性および中性条件下では、酸化マンガン(IV)を生じる。

そこで、③シュウ酸( $H_2C_2O_4$ )を含む硫酸酸性の水溶液を温め、 $0.10\text{ mol/L}$ の過マンガン酸カリウム水溶液を少しづつ滴下したところ、④気体が発生した。2.0 mL加えたところで完全に反応が終了した。

さらに、④シュウ酸とギ酸( $H_2CO_2$ )をともに含む  $100\text{ mL}$  の水溶液(水溶液A)について、同様に  $0.10\text{ mol/L}$  の過マンガン酸カリウム水溶液と反応させたところ、 $2.8\text{ mL}$  加えたところで完全に反応が終了した。なお、水溶液Aを中和適定したところ、 $0.20\text{ mol/L}$  の水酸化ナトリウム水溶液が  $4.5\text{ mL}$  必要であった。

問1 文章中の(ア)から(カ)に、適切な語句あるいは数値を記入しなさい。

問2 下線部①に示した二クロム酸イオンに塩基を加えると、黄色のイオンに変化する。このイオンのイオン式を示しなさい。

問 3 下線部②について、この変化をイオン反応式で示しなさい。

問 4 下線部③について、以下の問いに答えなさい。

- (1) 水溶液中に含まれていたシュウ酸の物質質量(mol)を答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。
- (2) 発生した気体の分子式と、反応が終了するまでに発生した、300 K、 $1.0 \times 10^5$  Pa における気体の体積(L)を答えなさい。ただし、発生する気体は理想気体としてふるまい、水には溶解しないものとする。なお、計算過程も示しなさい。

問 5 下線部④について、水溶液 A 中のシュウ酸およびギ酸の濃度(mol/L)を、それぞれ答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。



〔Ⅳ〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

炭素、酸素、水素からなる化合物 A 11.1 mg を採取し、完全燃焼させたところ、26.4 mg の二酸化炭素と 13.5 mg の水が生成した。

問 1 この化合物 A の組成式を書きなさい。

化合物 A を 0.500 g 正確に秤量し、10.0 g の水に加え、試験管の中で完全に溶かした。この溶液を静かに冷却し、凝固点を測定したところ、純粋な水に比べて凝固点が 1.25 °C 降下した。なお、この化合物 A は水に溶解しても電離せず、この実験条件では化合物 A の揮発性は無視できるものとする。

なお、水のモル凝固点降下 ( $K_f$ ) を  $K_f = 1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$  とする。

問 2 化合物 A の分子量を有効数字 3 桁で求めなさい。また、計算の過程も示しなさい。

問 3 この化合物 A は中性の化合物で、金属ナトリウムを加えると水素を発生した。化合物 A として考えられる物質の構造異性体は何種類あるか書きなさい。なお、光学異性体はあわせて 1 種類とみなす。

問 4 この化合物 A に酸化剤を加えたところ、ケトンを生成した。この化合物 A の構造式を書きなさい。

問 5 化合物 A に加熱した濃硫酸を加え、160 °C から 170 °C で反応させたところ、アルケンが生成した。このとき生じる可能性のあるアルケンの名称をすべて書きなさい。なお、異性体のある場合はそれぞれ別々に示しなさい。

問 6 このとき生じたアルケンを臭素水に通じたところ、臭素水の赤褐色は消え、透明になった。このような反応を一般に何というか。

〔V〕 次の文章を読み、各問いに答えなさい。

A から J の各試験管には四角枠の中の 1 種類の分子を含む水溶液が入っている。各試験管の中に含まれる分子を下記の 1 から 7 の操作により調べた。

アミロース、アラニン、オレイン酸、アミラーゼ、アルブミン、スクラーゼ、  
① ショ糖、セルロース、マルトース、ペプシン、グリコーゲン、ブドウ糖、  
マルターゼ

- 操作 1 試験管 A から J にヨウ素ヨウ化カリウム水溶液を加えたところ、A は濃青色を、C は褐色あるいは赤褐色を呈した。
- 操作 2 試験管 A から J に水酸化ナトリウム水溶液を加えてよく振り混ぜたのち、硫酸銅(Ⅱ)水溶液を少量加えたところ、B、F、G、H、J の各試験管は赤紫色を呈した。
- 操作 3 試験管 D と E にフェーリング液を加えて加熱したところ赤色沈殿が生じたが、試験管 A と I に同様の操作を行っても赤色沈殿が生じなかった。
- 操作 4 試験管 A に試験管 G の溶液を少量加え、温和な条件で反応させた。その後、試験管 A にフェーリング液を加えて加熱したところ赤色沈殿が生じた。
- 操作 5 試験管 I に試験管 F の溶液を少量加え、温和な条件で反応させた。その後、試験管 I にフェーリング液を加えて加熱したところ赤色沈殿が生じた。
- 操作 6 試験管 B に塩酸を加え pH 2 に調整した溶液を、試験管 H の溶液に少量加えて、37℃ で数時間反応させた。その後、試験管 H にニンヒドリン水溶液を加えて温めたところ、紫色に呈色した。
- 操作 7 試験管 D と E に試験管 J の溶液を少量加え、温和な条件で反応させた。その後、それぞれの試験管にフェーリング液を加えて加熱したところ、試験管 E では赤色沈殿の量が約 2 倍に増えたが、試験管 D では沈殿が増えなかった。

- 問 1 試験管 A から J の中に入っている分子を答えなさい。
- 問 2 下線部①は側鎖 R にメチル基を持つ  $\alpha$ -アミノ酸で、等電点は 6.0 である。下線部①の pH 6.0 の水溶液中での構造式を書きなさい。
- 問 3 下線部①の水溶液を pH 5.0 に調整し、2 つに分けた。一方の水溶液にニンヒドリン水溶液を加えて温めたところ紫色に呈色した。もう一方の水溶液を、表面にスルホ基 ( $-\text{SO}_3\text{H}$ ) が導入された陽イオン交換樹脂を詰めたカラム(コックのついた円筒管)に流して、カラムの下端から出てきた液体を回収した。この液体にニンヒドリン水溶液を加えて温めたところ紫色に呈色しなかった。陽イオン交換樹脂を通すことによって、呈色反応に違いが現れた理由を 150 字以内で説明しなさい。

訂 正

問題冊子 3ページ (I) 問3 図2

誤) リービッヒ冷却管

正) リービッヒ冷却器

問題冊子 6ページ (III) 問題文の下から2行目

誤) 水溶液Aを中和適定

正) 水溶液Aを中和滴定