

1 次の文章 I, II を読み, 下の問い(問 1 ~ 6)に答えなさい。

I 周期表 族元素はすべて金属元素で, そのうち , , Ba, Ra の 4 種類の元素は とよばれ, 互いによく似た性質を示す。これらの原子は価電子 個を持ち, 価の イオンになりやすい。 の炭酸塩は, どれも水に溶け やすい, にくい。

問 1 文章 I の ~ に入る数値または語句をかきなさい。
 は, 適切な方を選びなさい。

II 0.100 mol/l の硫酸 50.0 ml に, 0.200 mol/l の塩化バリウム水溶液を加えていくと, 沈殿反応を生じる。

問 2 この反応を化学反応式で表しなさい。

問 3 沈殿の化合物名とその色をかきなさい。

問 4 塩化バリウム水溶液を何 ml 加えたところで, 沈殿反応は生じなくなるか答えなさい。また, 計算過程も示しなさい。

問 5 加え始めから沈殿反応の終点を過ぎた後までの, 混合水溶液中の水素イオンの物質量と水素イオン濃度は, それぞれどのように変化していくかを述べ, その理由を説明しなさい。ただし, この化学反応に関与する酸は, 完全に電離しているものとする。

問 6 塩化バリウム水溶液 50.0 ml を加えた後の混合水溶液中の pH は, どのくらいになるか, 小数点以下 2 けたまで答えなさい。また, 計算過程も示しなさい。

2 次に述べる操作は、いずれも気体を発生させる方法である。以下の問い(問 1～5)に答えなさい。

(操作 1) 銅片に希硝酸を加える。

(操作 2) 亜鉛に希硫酸を加える。

(操作 3) 硫化鉄(Ⅱ)に希硫酸を加える。

(操作 4) 亜硫酸ナトリウムに希硫酸を加える。

(操作 5) 酸化マンガン(Ⅳ)に濃塩酸を加え加熱する。

問 1 各操作で気体が発生する化学反応式をそれぞれ示しなさい。

問 2 操作 1 で発生した気体は、空気中で変化しやすい性質がある。気体の変化を示す化学反応式を答えなさい。また、この反応を防ぐために最適な気体の捕集方法を答えなさい。

問 3 操作 3 で発生する気体の最適な捕集方法とその理由を答えなさい。また、この気体にヨウ素を反応させるとどのようなになるか、化学反応式で答えなさい。この反応での気体の作用を何と呼ぶか、名称で答えなさい。

問 4 操作 4 で発生した気体を、硫酸で酸性にした過マンガン酸カリウム水溶液と反応させると、溶液の色はどのように変化するか答えなさい。

問 5 操作 5 の反応で、Mn および Cl の酸化数は、それぞれどのようなになるか答えなさい。複数場合はすべてについて答えなさい。

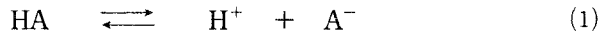
3

次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えなさい。

酢酸や硝酸は水に溶けると電離して、水素イオンとそれぞれの酸の陰イオンを生じる。酸1分子中の電離可能な水素原子の数を、その酸の価数という。酢酸や硝酸はいずれも一価の酸である。

二酸化硫黄 SO_2 や二酸化炭素 CO_2 は水にいくらか溶け、その一部は水と反応して H^+ を H_2O 分子に与えるので、酸である。これら酸の働きをする酸化物を、ア という。

塩酸や硝酸は イ であり、水に溶けるとほぼ全部が電離し、電離度 α はほぼ1である。これに対し、酢酸や安息香酸は弱酸であり、 α は1より小さく、一部だけが電離している。弱酸 HA が水に溶けると、次式のような電離平衡が成立する。



弱酸の電離平衡では水分子が関与するので、 α は酸の濃度に依存して変化する。
① 一方、この平衡の電離定数 K_a は濃度に依存せず一定で、次式で表される。

$$K_a = [\text{H}^+][\text{A}^-] / [\text{HA}] \quad (2)$$

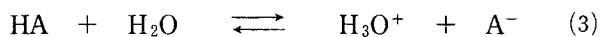
問1 ア、イ にあてはまる語句をそれぞれかきなさい。

問2 代表的な二価の酸および三価の酸の化学式を、それぞれ一つずつ答えなさい。

問3 弱酸 HA の $4.0 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ 水溶液があり、 25°C に保ってある。 25°C における HA の K_a は、 $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$ である。溶液のモル濃度を X とすると、次の関係式が成立する： $[\text{H}^+] = [\text{A}^-] = X\alpha$ 、 $[\text{HA}] = X(1 - \alpha)$

これらを考慮して、 α をパーセント(%)で求めなさい。ただし、有効数字は2けたとし、計算過程も示しなさい。

問 4 下線部①は、次式のようにオキシニウムイオン H_3O^+ が生成する電離平衡で表すことができる。

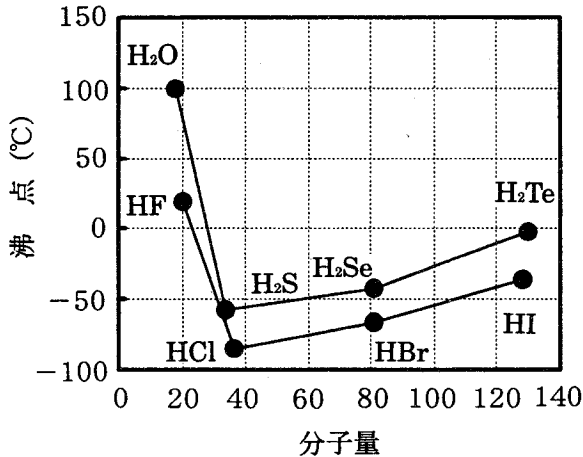


弱酸 HA の濃度が薄くなると、 α はどのように変化するか。(3)式の内容を用いて、簡潔に説明しなさい。

問 5 弱酸 HA のナトリウム塩 NaA は強電解質であり、水によく溶ける。この水溶液は弱い酸性を示すか、それとも弱い塩基性を示すか。その理由とともに答えなさい。

4

液体が沸騰する温度(沸点)と液体の分子量の関係を図に示した。下の問い(問1～5)に答えなさい。



問 1 沸騰はどのような現象か説明しなさい。

問 2 台風が接近してくるときに液体の沸点はどう変化するか。理由も示しなさい。

問 3 温度計の先端にエタノールなど揮発性の液体をたらし、風を送ると温度はどう変化するか。理由も示しなさい。

問 4 H₂O, HFは線で結んだ他の物質に比較して沸点が高い。これは

のためである。

にあてはまる語句をかきなさい。また、 はなぜできるのか説明しなさい。

問 5 体積を変化させることができる密閉容器に低温で液体を入れ、温度をあげることによってその液体を完全に気化させた。この気体はある温度において 1.0 atm, 0.50 l の圧力、体積をもつ。

この温度を一定に保ち、体積を変化させたときの気体の圧力と体積の関係を図に示しなさい。気体は理想気体としてふるまうものとする。

5 次の文章を読み、下の問い(問1～3)に答えなさい。

4種類のアアルコールA, B, C, Dは、それぞれメタノール, 1-プロパノール, 2-プロパノール, 2-メチル-2-プロパノールのいずれかである。各アルコールを、それぞれ二クロム酸カリウムの希硫酸溶液に入れて温めたところ、Aからはアルデヒド **E** が、Bからはケトン **F** が、Cからはアルデヒド **G** がえられたが、Dはほとんど **ア** されなかった。アルデヒドは **ア** されやすく、**E** と **G** は空気中の酸素によって、それぞれカルボン酸 **H** とカルボン酸 **I** になる。**I** は **H** よりも酸性が強く、また、**イ** 基を持つため還元性を示す。カルボン酸の酸性は一般に、**ウ** の水溶液よりも強い。したがって、炭酸水素ナトリウム水溶液にカルボン酸を加えると、気体の **ウ** が発生する。ケトン **F** は水酸化ナトリウム水溶液中でヨウ素と反応して **エ** の黄色沈殿を生じる。ケトン **F** は、酢酸カルシウムを空気を断って加熱(乾留)^①することによってもえられる。

問1 上の文章の **E** ～ **I** にあてはまる化合物を構造式でかきなさい。

問2 上の文章の **ア** ～ **エ** に該当する語句を解答欄に記入しなさい。

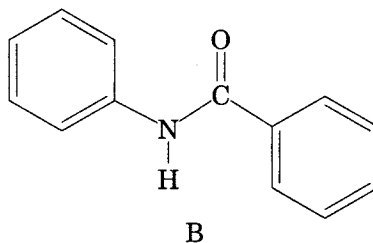
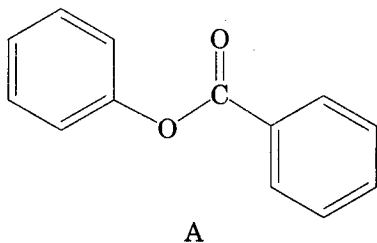
問3 下線部①の化学反応式をかきなさい。

6

次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えなさい。

化合物AとBの混合物について、以下の操作1および2をおこなった。

〔操作1〕 十分な量の水酸化ナトリウム水溶液中で加熱したところ、A、B共に完全に加水分解された。室温まで冷却すると、水溶液の表面に透明な液体の有機物Cが浮遊していた。ジエチルエーテルで、有機物Cを水溶液からすべて抽出した。



〔操作2〕 操作1をおこなったあとの水溶液に、塩酸を少しずつ加えていくと、pH 5付近で透明な液体の有機物Dが水溶液の表面に現われ、pH 3付近から化合物Eの結晶が析出しはじめた。pH 1において、水溶液中の化合物Dと化合物Eを、ジエチルエーテルですべて抽出した。

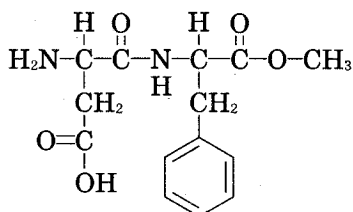
- 問1 AとBは分子量がほとんど変わらないが、融点が大きく異なる。融点が高い方の化合物を記号で答えなさい。
- 問2 操作1で抽出された有機物Cの構造式と化合物名をかきなさい。
- 問3 操作2でえられた化合物DとEの構造式と化合物名を、それぞれかきなさい。また、塩酸を加えていく過程で、なぜDとEが順番に析出したのか。その理由をかきなさい。
- 問4 操作2でえられた抽出液には、Dが4.7g、Eが18.3g含まれていることが、その後の分析により判明した。最初の混合物中におけるAとBの物質量は、それぞれ、何molか。また、えられた有機物Cの質量は何gか。計算過程も示し、答は有効数字2けたで示しなさい。

7

次の文章を読み、下の問い(問1～5)に答えなさい。

アミノ酸はタンパク質を構成する物質であり、うまみ成分として調味料に用いられているものもある。アミノ酸の誘導体もまた味覚に効果のある場合がある。例えば、アスパルテームと呼ばれる化合物は、砂糖の約200倍の甘みを持ち、低カロリーの甘味料として用いられており、ダイエット清涼飲料にも使用されている。

この化合物は、特定の2つのアミノ酸分子がペプチド結合したジペプチドの誘導体である。次に示すような、ジペプチドのひとつのカルボキシル基がエステル化された構造になっている。



アスパルテームは、体内でアミノ酸などに分解される。また、熱や酸に不安定であり、酸性溶液中ではエステル部分が加水分解され、生成するジペプチドは甘みを示さなくなると考えられている。

問1 下線部①について、アスパルテームの基本骨格となっているジペプチドを構成するアミノ酸の構造をかきなさい。

問2 下線部②の化学反応式をかきなさい。

問3 中性付近の水溶液中でのアスパルテームのイオン化状態を構造式で示しなさい。

問4 アスパルテーム分子中の不斉炭素はどれか。該当する炭素をすべて○で囲みなさい。

問5 アスパルテームを構成する2つのアミノ酸の混合物をpH7の緩衝液中で電気泳動をおこなうと、それぞれのアミノ酸はどのような現象を示すと考えられるか答えなさい。

次の文章を読み、下の問い(問1～4)に答えなさい。

糖類は加水分解によってそれ以上簡単な糖を生じない単糖類と、1分子の糖から単糖2個を生じる二糖類や、多数の単糖を生じる多糖類などに分類される。

グルコースは $\text{CHO}-(\text{CHOH})_4-\text{CH}_2\text{OH}$ で示される化合物の1つである。グルコースには5個のヒドロキシル基と1個のアルデヒド基があり、グルコースの異性体であるフルクトースには5個のヒドロキシル基と1個のケトン基がある。

グルコースとフルクトースは水溶液中では大部分が環状構造をとり、
① フェーリング液を還元する。

スクロースはフェーリング液を還元しないが、
② うすい酸で加水分解されてグルコースとフルクトースになる。

デンプンを希硫酸で完全に加水分解すると、グルコースになる。

問1 下線部①でグルコースが環状構造をとった場合の不斉炭素原子の数をかきなさい。

問2 下線部②の理由を構造に基づいて簡潔に説明しなさい。

問3 スクロースの加水分解物に過剰のフェーリング液を加えて加熱すると、11gの酸化銅(I) (Cu_2O) がえられた。加水分解されたスクロースは何molか。単糖1molはフェーリング液と定量的に反応し、1molの酸化銅(I)が生成するものとして、有効数字2けたで答えなさい。また、計算過程も示しなさい。

問4 デンプン100gを完全に加水分解した後、適当な量の酵母を加えてアルコール発酵させると、エタノールは何g生成するか。アルコール発酵の収率を100%として、有効数字2けたで答えなさい。また、計算過程も示しなさい。