

化 学

注 意 事 項

1. 「解答始め」の合図があるまでこの冊子は開かないこと。
2. この冊子は表紙を除き 11 ページである。
3. 「解答始め」の合図があったら、まず、黒板等に掲示又は板書してある問題冊子ページ数・解答用紙枚数・下書き用紙枚数が、自分に配付された数と合っているか確認し、もし数が合わない場合は手を高く挙げて申し出ること。次に、学部名・受験番号・氏名を必ずすべての解答用紙の指定された箇所に記入してから、解答を始めること。
4. 解答は、必ず解答用紙の指定された箇所に、問題に指示してある方法で記入すること。
5. 気体は全て理想気体と考えなさい。1 ページに原子量、定数が記載してあるので、必要があれば使用しなさい。
6. 文字、記号、数字などは誤読されないように正確に書くこと。

必要に応じて、次の原子量、定数を使用しなさい。

[原子量]

$$H = 1.0 \quad C = 12.0 \quad O = 16.0 \quad K = 39.1 \quad I = 127$$

[気体定数]

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

[アボガドロ定数]

$$N_A = 6.02 \times 10^{23}/\text{mol}$$

[ファラデー定数]

$$F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$$

1 以下の問1～問3に答えなさい。

問1 次の(ア)～(ク)の結晶は、①分子結晶、②共有結合の結晶、③イオン結晶、④金属結晶のいずれにあてはまるか、①～④の記号で答えなさい。

- (ア) ダイヤモンド (イ) ドライアイス (ウ) 塩化カリウム
 (エ) 水晶 (オ) タングステン (カ) ナфтаレン
 (キ) ナトリウム (ク) フッ化カルシウム

問2 次の化合物①～⑧に含まれる官能基を選択肢(ア)～(ク)から、化合物の性質を選択肢(a)～(h)からそれぞれ選び、記号で答えなさい。

- ① アセトアルデヒド ② アセトン ③ アニリン
 ④ 酢酸 ⑤ 酢酸エチル ⑥ ニトロベンゼン
 ⑦ ベンゼンスルホン酸 ⑧ エタノール

官能基の選択肢

(ア) $\begin{array}{c} \text{---C---} \\ \\ \text{O} \end{array}$	(イ) $\begin{array}{c} \text{---C---O---} \\ \\ \text{O} \end{array}$	(ウ) $\begin{array}{c} \text{---C---H} \\ \\ \text{O} \end{array}$	(エ) $\begin{array}{c} \text{---C---OH} \\ \\ \text{O} \end{array}$
(オ) ---OH	(カ) ---NO ₂	(キ) ---NH ₂	(ク) ---SO ₃ H

性質の選択肢

- (a) エチレンを触媒下で酸化して得られる。還元性を示す。
- (b) 希塩酸や希硫酸を加えて加熱すると、カルボン酸とアルコールを生じる。
- (c) アセチレン(エチン)に付加させたものを重合させると、熱可塑性樹脂ができる。
- (d) ジメチルエーテルの構造異性体である。ヨードホルム反応を示す。
- (e) さらし粉溶液を加えると赤紫色を呈する。非常に酸化されやすく、空气中に放置すると、徐々に酸化され、無色から褐色に変わる。
- (f) ベンゼンを濃硫酸とともに加熱すると、強酸性で不揮発性の無色の結晶として得られる。水によく溶ける。
- (g) ベンゼンに濃硫酸と濃硝酸の混合物を加えて反応させることで得られる。無色～淡黄色の液体で、水に溶けにくく、水よりも重い。
- (h) クメン法により、フェノールとともに得られる。水と任意の割合で混じり合い、有機化合物もよく溶かす。

問 3 飽和脂肪酸と、二重結合を1つだけもつ不飽和脂肪酸の2種類の脂肪酸を構成成分とする油脂がある。この油脂の平均分子量は862、ヨウ素価は63.5である。以下の(1)~(3)に答えなさい。ただし、解答の有効数字は3桁とする。

- (1) この油脂のけん化価を求めなさい。
- (2) この油脂の1分子当たりの二重結合の数の平均値を求めなさい。
- (3) この油脂を構成している飽和脂肪酸が分子量256のパルミチン酸であるとして、不飽和脂肪酸の分子量を求めなさい。なお、解答には計算の過程も記すこと。

2 次の文章を読み、問1～問4に答えなさい。

遷移元素は、周期表の中央部に位置する金属元素であり、その単体は密度が(ア)く、沸点や融点が(イ)い。遷移元素では、同周期で隣り合う元素はよく似た性質を示す。①また、イオンや化合物は有色のものが多い。

金属Aおよび金属Bは、第4周期に属しており、金属Aは赤みを帯びた金属光沢を示し、展性、延性に富み、電気や熱の伝導性が高い。金属Aと亜鉛の合金は(ウ)とよばれ、金管楽器や5円硬貨などに用いられている。金属Aは、空气中で加熱すると黒色の(a)を生じ、1000℃以上の高温では赤色の(b)を生じる。金属Aと希硝酸を反応させると無色の気体の一酸化窒素を生じ、②濃硝酸と反応させると褐色の気体(c)を生じる。

金属Bは、地殻中の金属としてはアルミニウムに次いで多く存在し、+2または+3の酸化数をとる。金属Bの酸化数+2のイオンを含む水溶液に水酸化ナトリウムを加えると緑白色の(d)が沈殿し、酸化数+3のイオンを含む水溶液に黄色の(e)水溶液を加えると、濃青色の沈殿を生じる。

金属Cは、酸化数が+2、+4、+7の化合物をつくり、酸化数+4の酸化物である黒色の(f)に過酸化水素水を滴下すると酸素を生じる。金属Cの酸化数+2のイオンを含む水溶液に塩基性条件で硫化水素を通じると、淡桃色～淡赤色の(g)の沈殿を生じる。

金属Dは、第5周期に属しており、熱や電気の伝導性が金属の中で最も大きく、展性や延性も大きい。酸化されにくく、装飾品や食器として利用される。塩酸や希硫酸とは反応しないが、酸化力の強い酸と反応して溶ける。また、金属Dは、湿った空气中で硫化水素と反応し、黒色の(h)を生じる。金属Dのイオンを含む水溶液に塩化物イオンを含む水溶液を加えると、白色の沈殿を生じる。この沈殿に過剰のアンモニア水を加えると、無色の水溶液になる。③

問1 (ア)～(ウ)に入る適切な語句と、(a)～(h)に入る適切な化学式を答えなさい。

問 2 遷移元素が下線部①の性質を示す理由を答えなさい。

問 3 下線部②, ③に当てはまる化学反応式を答えなさい。

問 4 遷移金属である銅の製造は、不純物を含む粗銅板を陽極に、純銅板を陰極に用いて硫酸酸性の硫酸銅(II)水溶液を電解液として電気分解し、精錬する。以下の(1), (2)に答えなさい。原子量はニッケルが 59, 銅が 64 とする。

(1) ニッケルのみを不純物として含む粗銅板を陽極に用いたとき、陽極と陰極それぞれで起こるすべての反応を反応式で答えなさい。

(2) ニッケルのみを不純物として含む粗銅板 5.00 g を陽極として、1.93 A の電流を 5000 秒間流した後、陽極の質量が 1.85 g となった。陽極の組成は変化しないものとして、陽極に含まれる銅の質量パーセントを計算し、有効数字 2 桁で答えなさい。なお、解答には計算の過程も記すこと。

3 以下の問1, 問2に答えなさい。

問1 次の文章を読み, (1), (2)に答えなさい。

化学反応における反応速度は反応物の濃度, (ア), (イ)などによって影響を受ける。下記の式①はアレニウスの式といい, 反応速度定数の(ア)依存性を表している。

式①の両辺の自然対数をと, 縦軸を反応速度定数の自然対数, 横軸を(ウ)の逆数としてグラフを書くと, 両者が直線関係になった。この式は, (エ)エネルギーの値が大きいほど, (ア)の変動に対する反応速度定数の変動が(オ)ことを表している。

化学反応が起こるためには, 分子が(エ)エネルギー以上のエネルギーをもって衝突する必要がある。(ア)が上昇すると, (カ)エネルギーが大きい分子の割合が増大することで, (エ)エネルギー以上のエネルギーをもつ分子が急激に増加し, 反応する可能性のある分子は増加するので, 反応速度は(キ)。また, 化学反応に適切な(イ)を用いると, (エ)エネルギーの値が(ク)ことで反応が速くなる。

$$k = Ae^{-\frac{E_a}{RT}} \dots\dots\dots ①$$

ここで, k : 反応速度定数

E_a : (エ)エネルギー

R : 気体定数

T : (ウ)

A : 比例定数(頻度因子)

- (1) 文中の(ア)～(ク)に当てはまる最も適切な語句を選択肢(a)～(j)の中から選び、記号で答えなさい。選択肢は重複して用いてもよい。

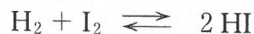
選択肢

- (a) 温度 (b) 絶対温度 (c) 圧力 (d) 触媒
(e) 結合 (f) 運動 (g) 活性化 (h) 大きくなる
(i) 小さくなる (j) 変化しない

- (2) 文中の下線部の関係式を書き、傾きおよび縦軸の切片がそれぞれ何であるかを示しなさい。

問 2 次の文章を読み、(1)、(2)に答えなさい。

水素とヨウ素の混合気体を加熱するとヨウ化水素が生成し、逆にヨウ化水素を加熱すると水素とヨウ素に分解する。このように、どちらの方向にも進む反応を可逆反応といい、反応式は記号 \rightleftharpoons を用いて表す。



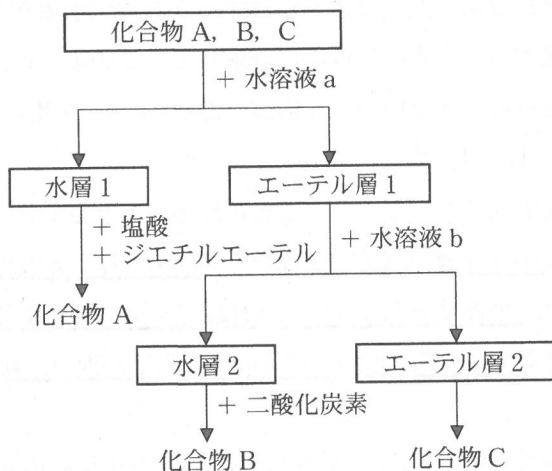
この反応式において、右向きを正反応、左向きを逆反応という。

可逆反応が平衡状態にあるとき、見かけ上、反応が止まったように見え
①る。また、平衡状態において、濃度、圧力、温度などの条件を変化させると、
②条件変化の影響をやわらげる向きに反応が進み、新たな平衡状態になる。

- (1) 下線部①の理由は、平衡状態における正反応の速度と逆反応の速度が等しいことで説明される。ヨウ化水素を加熱して反応を開始させ、一定の温度において平衡状態に達したときのヨウ化水素、水素、ヨウ素の濃度はそれぞれ $8.41 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 、 $1.14 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 、 $1.14 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ であった。正反応の速度と逆反応の速度はともに $82.0 \times 10^{-9} \text{ mol/(L}\cdot\text{s)}$ のとき、平衡状態における正反応および逆反応の反応速度定数をそれぞれ計算し、有効数字 3 桁で答えなさい。なお、解答には計算の過程も記すこと。
- (2) 下線部②の原理の名称を答えなさい。

4 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

化合物 A, B, C は炭素, 水素, 酸素からなり, 1つのベンゼン環上に1つの置換基, または隣り合う2つの置換基が結合している分子量 150 以下の化合物である。これら3種類の化合物を含むジエチルエーテル混合溶液から, 下図の手順に従って A, B, C を分離した。まず, ジエチルエーテル混合溶液に水溶液 a を加え, 水層 1 とエーテル層 1 に分離した。水層 1 に塩酸を加えると白濁したので, ジエチルエーテルを加えて化合物 A を抽出した。エーテル層 1 に水溶液 b を加えてよく振り混ぜてから, 水層 2 とエーテル層 2 に分離した。水層 2 に気体の二酸化炭素を通じると, 化合物 B が遊離した。エーテル層 2 からエーテルを蒸発させ, 液体の化合物 C を得た。



塩化鉄(Ⅲ)水溶液を化合物 A および B に加えると赤紫色～青紫色に変化したが, 化合物 C に加えても色の変化は見られなかった。また, 化合物 B と C それぞれ 9.60 g を完全燃焼させたところ, どちらからも 27.38 g の二酸化炭素と 6.40 g の水を生成したことから, B と C は同じ組成式をもつことがわかった。さらに, 化合物 B と C にナトリウム単体をそれぞれ加えると, どちらからも水素が発生した。

問 1 水溶液 a と b の組み合わせとして適切なものを、以下の選択肢①～④の中から選びなさい。

選択肢	水溶液 a	水溶液 b
①	塩化ナトリウム	水酸化ナトリウム
②	炭酸水素ナトリウム	水酸化ナトリウム
③	水酸化ナトリウム	炭酸水素ナトリウム
④	炭酸水素ナトリウム	塩化ナトリウム

問 2 化合物 B, C の組成式を答えなさい。

問 3 化合物 A ~ C の化合物名と構造式を書きなさい。

問 4 下線部について、化合物 A および B では色の変化が見られ、C では見られなかった理由を答えなさい。

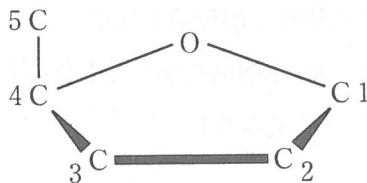
問 5 化合物 A に無水酢酸と濃硫酸を反応させて得られたベンゼン環を有する化合物は、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えても色の変化を示さなかった。この化合物の名称と構造式を書きなさい。

5 次の文章を読み、問1～問8に答えなさい。

生体内には、高分子化合物である核酸やタンパク質が存在する。核酸であるDNAとRNAは、リン酸、糖、塩基から構成されるという共通点^①と、異なる構造の糖と塩基を含むという相違点^②がある。DNAのもつ遺伝情報は、まず伝令RNA(mRNA)に転写され、引き続き翻訳されて、タンパク質が合成される。DNAもタンパク質もらせん構造^③をとることが知られている。細胞内のDNAは二重らせん構造^④を有しており、タンパク質分子中では部分的にらせん構造^⑤をとることがある。

問1 下線部①について、DNAとRNAに共通するリン酸、糖、塩基からなる核酸の構成単位の名称を答えなさい。

問2 下線部①について、DNAもRNAも糖部分はペントース(五炭糖)からなり、リン酸が結合している炭素は共通である。下の構造式で、リン酸が結合している炭素の番号をすべて答えなさい。



問3 下線部②について、DNAとRNAに使われている糖の名称と、構造の相違部分を解答欄の構造式に書き加えなさい。なお、構造式はそれぞれ単糖の構造とし、共通部分については記入する必要はない。

問4 下線部②について、DNAとRNAを構成する塩基のうち、それぞれに固有の塩基の名称(物質名)を答えなさい。

- 問 5 下線部③について、DNA もタンパク質もらせん構造の保持に関わる結合は同じである。その結合の名称を答えなさい。
- 問 6 下線部③について、タンパク質や DNA は、熱や酸・塩基、有機溶媒等の影響で、らせん構造のような立体構造が失われることがある。このような現象を何というか、答えなさい。
- 問 7 下線部④の DNA の二重らせん構造において、塩基対の特徴と、塩基対間の結合の強さについて説明しなさい。
- 問 8 下線部⑤について、タンパク質中に見られるらせん構造の名称を答えなさい。また、この構造はタンパク質の何次構造に分類されるか、数字で答えなさい。

