

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 13 ページである。
3. 学部名と受験番号は、必ず 5 枚の解答用紙のそれぞれに記入すること。
4. 問題 **5** および **6** は、いずれか一方だけを選択して解答しなさい^(脚注参照)。
5. 解答は、解答用紙の指定された所に、問題に指示してある方法で記入すること。
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。
7. 1 ページに原子量、定数が記載してあります。必要があれば使用しなさい。
8. 解答用紙は切り離さないこと。

脚注：もし、問題 **5** および **6** の両方を解答した場合は、点数の高い方のみを
得点に加えます。

必要ならば、次の原子量、定数を使用しなさい。

[原子量]

$$H = 1.0 \quad C = 12 \quad O = 16 \quad Na = 23 \quad S = 32$$

[気体定数]

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

$$(1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ L} ; 1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa})$$

[アボガドロ定数]

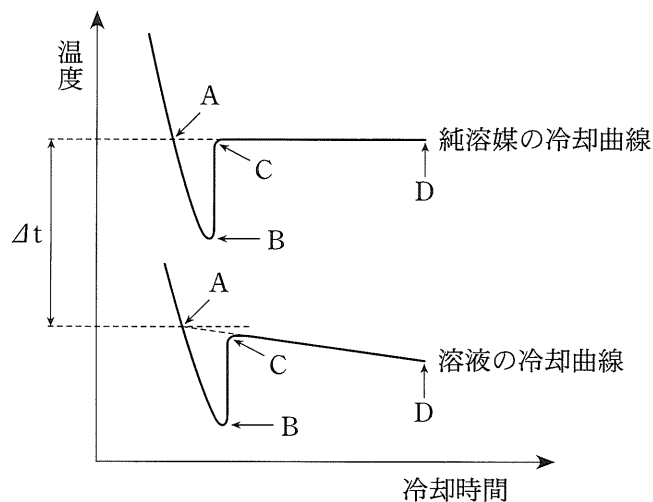
$$N_A = 6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$$

[ファラデー定数]

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

1 次の文を読み、下記の問1～4に答えなさい。

図は、液体が純溶媒とある物質の希薄溶液のときの冷却曲線を表している。記号A～Dは、純溶媒と溶液の冷却曲線の対応する点をそれぞれ示している。点Aは、直線CDの延長線と冷却曲線との交点であり、 Δt は凝固点降下度である。



液体を冷却していくと、時間と共に液体の温度は低下し、(ア)点で凍り始めた。冷却曲線に極小がみられる現象は(イ)によるものである。B点を過ぎると温度はC点まで上昇した。この現象は、状態変化にともない(ウ)熱が放出されたことによる。C点からD点への変化では、純溶媒の冷却曲線は水平であるが、溶液の冷却曲線では時間と共に低下する傾向がみられた。なお、溶液を冷却しても溶質は溶けたままであった。

問1 文中の(ア)に記号A～Dのいずれかを、(イ)、(ウ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部の理由として、最も適切な説明を以下の a)～ f) より 1 つ選びなさい。

- a) 液体が凝固し始めると溶液の濃度が増加し、凝固点降下度が小さくなるため。
- b) 液体が凝固し始めると溶液の濃度が減少し、凝固点降下度が小さくなるため。
- c) 溶液の場合、液体が凝固し始めるとモル凝固点降下が小さくなるため。
- d) 液体が凝固し始めると溶液の濃度が増加し、凝固点降下度が大きくなるため。
- e) 液体が凝固し始めると溶液の濃度が減少し、凝固点降下度が大きくなるため。
- f) 溶液の場合、液体が凝固し始めるとモル凝固点降下が大きくなるため。

問 3 濃度が 1.0×10^{-1} mol/kg のスクロース水溶液の凝固点は -0.185°C であった。

- 1) 5.0×10^{-2} mol のスクロースを 500 g の水に溶かした溶液と、ある非電解質 9.0 g を 500 g の水に溶かした溶液を調製した。これら 2 つの溶液を合わせた水溶液の凝固点も -0.185°C であった。非電解質の分子量を求めなさい。解答欄には計算式も記入しなさい。
- 2) 5.0×10^{-2} mol のスクロースを 500 g の水に溶かした溶液と、 5.0×10^{-2} mol の食塩を 500 g の水に溶かした溶液を調製した。これら 2 つの溶液を合わせた水溶液の凝固点降下度を有効数字 2 桁^{けた}で求めなさい。解答欄には計算式も記入しなさい。

問 4 濃度が 1.0×10^{-3} mol/kg の酢酸水溶液と、同じ濃度のスクロース水溶液の凝固点降下度を測定したところ、酢酸水溶液の凝固点降下度とスクロース水溶液の凝固点降下度の比は 1.15 であった。

- 1) 酢酸の電離平衡式を書きなさい。
- 2) 濃度が 1.0×10^{-3} mol/kg の酢酸水溶液中の酢酸の電離度を有効数字 2 桁^{けた}で求めなさい。解答欄には計算式も記入しなさい。

2

次の文を読み、下記の問1～5に答えなさい。

周期表は原子番号の順に元素を並べたものであり、左端の元素を1族、右端を18族と呼ぶ。1族、2族および(A)族から18族までの元素を典型元素という。

硫黄は(B)族の典型元素であり、6個の(ア)を持つ。化合物によっていろいろな酸化数をとることが知られており、水素との化合物である硫化水素に含まれる硫黄の酸化数は(C)であるが、酸素と反応して生じる二酸化硫黄と三酸化硫黄の場合、酸化数はそれぞれ+4と(D)である。硫化水素は強い(イ)剤であり、ヨウ素と反応してヨウ化水素を生じる。三酸化硫黄と水が反応すると、^①強酸性の硫酸が生じる。熱濃硫酸は(ウ)剤であり、^②銅を溶かすことができる。

18族元素は(エ)とよばれる化学的に安定な気体である。その電子配置は(オ)構造をとっており、(ア)は0個とみなされる。そのため、(エ)の原子は安定であり、単体の状態では単原子分子として存在する。なかでもヘリウムはもっとも小さな単原子分子であり、理想気体に近いふるまいを示す。たとえば、標準状態における理想気体1 molの体積は^③(E)Lであるが、同一の条件下ではヘリウムの体積もほとんどこれに近い値を示す。^④

問 1 文中の(A)～(E)には数字を, (ア)～(オ)には以下に示す語句のうちから適切なものを入れなさい。同一の数字, 語句を記入してもよい。数字は整数または小数点第一位までとし, 必要に応じて+や-の記号を付け加えてもよい。

<語句群>

共有電子対	価電子	自由電子	酸化	還元
閉殻	飽和	不飽和	金属	ハロゲン
遷移	立体	平面	不安定	希ガス

問 2 下線部①を化学反応式で示しなさい。また, この反応の前後の硫黄とヨウ素の酸化数を示しなさい。

問 3 下線部②を化学反応式で示しなさい。

問 4 下線部③について, 理想気体の説明として最も適切なものを以下の a)～d)より1つ選びなさい。

- a) 気体の状態方程式に厳密に従う気体
- b) 分子のサイズが極めて小さく, 強い分子間力をもった気体
- c) 分子間力がなく, 沸点が0℃の気体
- d) 色, においがなく, 実験に用いるのに理想的な気体

問 5 下線部④について, 標準状態におけるアンモニア 1 mol の体積はヘリウム 1 mol の体積よりも小さい。その理由として最も適切なものを以下の a)～d)より1つ選びなさい。

- a) アンモニア分子のサイズが大きいから
- b) アンモニア分子の分子間力が強いから
- c) アンモニア分子の化学的な反応性が高いから
- d) アンモニア分子は水に溶けやすいから

3 以下の1～3に示す操作は、酢酸水溶液中の酢酸濃度(約0.1 mol/Lと推測される)を中和滴定によって決定するための実験の一部です。誤った操作があれば指摘し、どのように改善すべきかを簡潔に述べなさい。正しい操作であれば、「問題なし」と書きなさい。必要に応じて〈器具・試薬〉欄に示す器具や試薬を使ってもよろしい。

1. 水酸化ナトリウム4.00 gをはかりとり、蒸留水に溶かして全量を1.00 Lとした溶液を、中和滴定用の0.100 mol/L水酸化ナトリウム標準溶液として使用した。
2. 上で調製した水酸化ナトリウム溶液をビュレットに静かにそそぎ入れた。ビュレットは、電熱式の高湿乾燥器(100℃)に入れて完全に乾燥させたものを使用した。
3. ホールピペットを用いて酢酸水溶液10.0 mLをコニカルビーカーに入れ、メチルオレンジ指示薬1滴を加えた後、ビュレットに入れた水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定を行った。

〈器具・試薬〉

蒸留水	0.100 mol/L シュウ酸標準溶液	
濃塩酸	三角フラスコ	丸底フラスコ
メスフラスコ	メスシリンダー	ビーカー
メチルレッド指示薬	フェノールフタレイン指示薬	

試験問題は次に続く。

4 次の文を読み、下記の問1～8に答えなさい。

炭素、水素、酸素からなる2種の有機化合物(化合物Aと化合物B)をそれぞれ完全燃焼させ、炭素と水素の元素分析を行ったところ、いずれの化合物も同一の質量比48.6%(炭素)と8.1%(水素)を与えた。

化合物Aをアルカリ(NaOH)加水分解すると、アルコールCとカルボン酸Dの塩を与えた。アルコールCは、銅を触媒として酸化すると化合物Eに変換された。化合物Eは強い刺激臭の気体であり、この約40%の水溶液を **I** という。また、この化合物Eは、フェーリング液を加えて熱すると赤色の沈殿を生じ、さらに、化合物Eにアンモニア性硝酸銀溶液を加えて温めると、銀を析出した。^②

化合物Eをさらに酸化すると、カルボン酸Fを与えた。このカルボン酸Fは、刺激臭のある無色の液体で、水によく溶ける。カルボン酸Fも化合物Eと同様にフェーリング液を加えて熱すると赤色の沈殿を生じ、アンモニア性硝酸銀溶液を加えて温めると銀を析出した。カルボン酸Fに濃硫酸を作用させると、気体 **II** を発生した。

化合物Bをアルカリ(NaOH)加水分解すると、アルコールGとカルボン酸Fの塩を与えた。アルコールGをニクロム酸カリウムの硫酸酸性水溶液でおだやかに酸化すると **III** を生成した。この **III** も化合物Eおよびカルボン酸Fと同様、フェーリング液を加えて熱すると赤色の沈殿を生じ、アンモニア性硝酸銀溶液を加えて温めると銀を析出した。 **III** を触媒(マンガン塩)の存在下で空気酸化するとカルボン酸Dを生成した。カルボン酸Dは食酢に3～4%含まれる成分で、融点16.7℃、沸点118℃の物質であり、純度の高いカルボン酸Dは冬季に結晶する。^③

問 1 化合物 A と B の組成式は同一であり、また、分子量がともに 74 であることが分かった。元素分析の結果を基に化合物 A と B の組成式を求めなさい。さらに、この組成式から分子式を求めなさい。解答欄には計算式も記入しなさい。

問 2 生成したアルコール C およびアルコール G の示性式を書きなさい。

問 3 カルボン酸 D の示性式を書きなさい。

問 4

I

 ~

III

 の化合物の名称を書きなさい。

問 5 化合物 A, B, E ならびにカルボン酸 F の示性式と名称を書きなさい。

問 6 下線部①~③について、以下の問に答えなさい。

- ① 赤色の沈殿は何か、化学式を書きなさい。
- ② この反応を何と呼ぶか書きなさい。
- ③ 純度の高いカルボン酸 D を、特に何と呼ぶか書きなさい。

問 7 化合物 A, B などは、アルカリ (NaOH) と反応すると、対応するアルコールとカルボン酸の塩を与える。このアルカリによる加水分解を、特に何と呼ぶか書きなさい。

問 8 カルボン酸 D, F などのカルボン酸とアルコールが縮合して生じる化合物を総称して何と呼ぶか、書きなさい。

5 (5 または 6 を選択して解答しなさい。)

次の文を読み、下記の問 1～7 に答えなさい。

アセチレンに酢酸亜鉛を触媒として酢酸を付加させると化合物 X が生成する。これを付加重合させて **I** を合成した。**I** を NaOH 溶液で加水分解すると **II** が生成した。**II** の水溶液を細孔から飽和硫酸ナトリウム水溶液(凝固液)中に押し出し、繊維状に凝固させた後、乾燥させた。さらに、適当量のホルムアルデヒドを含む水溶液と反応させ、水に不溶性の繊維^① **III** を合成した。この繊維は、綿によく似て適度な吸湿性を有している。^②

酸(塩酸)を触媒としてフェノールとホルムアルデヒドを加熱すると、縮合重合^③ が起こり樹脂状のものできる。これに増量剤(木粉)や着色剤を加えて加熱処理^④し、圧力を加えて成形すると、立体的な網目構造をもつ樹脂が形成される。この縮合重合と加熱・加圧処理によって、フェノールはオルト位とパラ位の 3 か所で^⑤ ホルムアルデヒドと反応する。この樹脂は電気の絶縁性に優れており、電気のプラグ、ソケット、プリント配線基板などに用いられている。

問 1 化合物 X の示性式と名称を書きなさい。

問 2 **I** と **II** の名称を書きなさい。また、**III** の一般名称を次の a)～e) より 1 つ選びなさい。

- a) ビニロン b) アクリル繊維 c) 6-ナイロン
d) ポリプロピレン e) アラミド繊維

問 3 下線部①の反応名を書きなさい。

問 4 下線部②のような性質を示す最も適切な説明を次の a)～d) より 1つ選びなさい。

- a) 分子中にメチル基が残っているため
- b) 分子中に炭素—炭素二重結合が残っているため
- c) 分子中に水酸基が残っているため
- d) 分子中にカルボニル基が残っているため

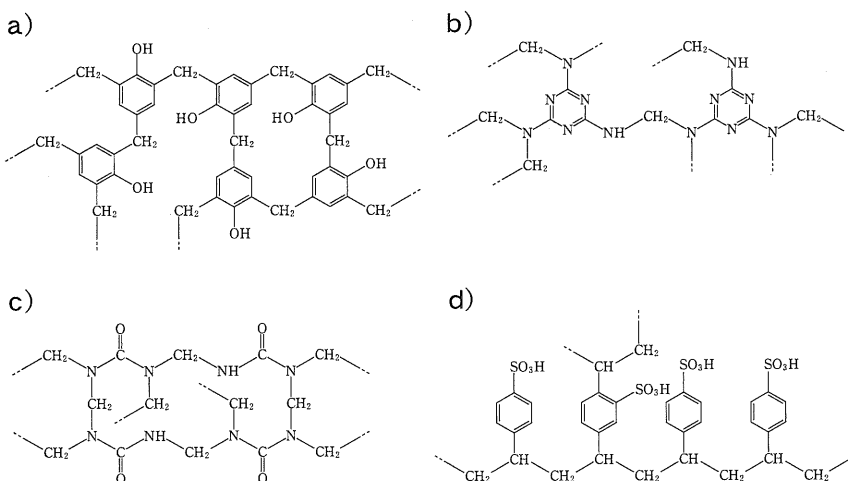
問 5 下線部③の縮合重合物を何と呼ぶか、次の a)～e) より 1つ選びなさい。

- a) ナイロン
- b) シリコーン
- c) ノボラック
- d) テトロン
- e) ラテックス

問 6 下線部④で示される方法で作られる樹脂を熱硬化性樹脂と呼ぶ。この樹脂は、20 世紀初頭に初めて合成に成功したアメリカの化学者の名前にちなんで命名されている。その名称を次の a)～e) より 1つ選びなさい。

- a) メラミン
- b) アインスタイニウム
- c) フェノール
- d) ファラデー
- e) ベークライト

問 7 下線⑤の反応によって生成した樹脂の構造を、次の a)～d) より 1つ選びなさい。



6 (5 または 6 を選択して解答しなさい。)

次の文を読み、下記の問1～3に答えなさい。

核酸は、C、H、O、N、(元素記号 a)の5種類の元素から構成されており、(語句 1)と糖が結合したヌクレオシドがリン酸を介して鎖状に(語句 2)重合した高分子である。核酸は大別すると(語句 3)と(語句 4)の2種類がある。(語句 3)の糖は(数字ア)位に水酸基を持たず、(語句 1)は(語句 5)、アデニン、(語句 6)、グアニンの4種類である。一方、(語句 4)の糖は(数字ア)位に水酸基を持ち、(語句 1)は(語句 7)、アデニン、(語句 6)、グアニンの4種類である。

一般には(語句 3)から(語句 4)へ情報が転写され、さらにタンパク質が合成されるが、この過程では(語句 1)間の水素結合が重要である。アデニンと(語句 5)または(語句 7)の間には2つの水素結合、グアニンと(語句 6)の間には(数字イ)つの水素結合が形成される。

生命を維持する多くの化学反応のエネルギー源となる化合物(語句 8)の構成成分は、(語句 4)の構成成分の一部と共通している。(語句 8)は(語句 9)のリン酸無水物結合を持ち、この結合が分解するときエネルギーを生じる。

(語句 10)と称されるタンパク質は、生体内の化学反応の触媒として働いている。(語句 10)は活性化エネルギーを(語句 11)ため、体温程度の低い温度でも複雑な反応を引き起こすことができる。(語句 10)が作用するとき、(語句 12)が最大となる温度を最適温度という。高温で生育できる細菌からは、高い温度でも(語句 13)しない(語句 10)が発見されている。この種の(語句 10)はPCR(ポリメラーゼ連鎖反応)という遺伝子増幅法に利用されており、最近ではインフルエンザウイルスの検査等でも役立っている。

問 1 (語句 1～13), (元素記号 a), (数字ア, イ) にそれぞれ適切な語句, 元素記号, 数字を入れて文章を完成させなさい。

なお, (語句 1～13) に関しては, 以下の語句群から選びなさい。

<語句群>

高エネルギー	低エネルギー	上げる	下げる	酵 素
脂 質	反応速度	基質特異性	安定性	失 活
増 幅	RNA	DNA	縮 合	付 加
ATP	グリコーゲン	ウラシル	シトシン	チミン
セルロース	核酸塩基	炭水化物		

問 2 (語句 4) を構成する糖の構造式を書きなさい。

問 3 下線部の 2 つの水素結合の様子を, アデニンと(語句 5) については図 1 に, また, アデニンと(語句 7) については図 2 にそれぞれ示した。

図 1 の X および図 2 の Y に入る原子または原子団を書きなさい。

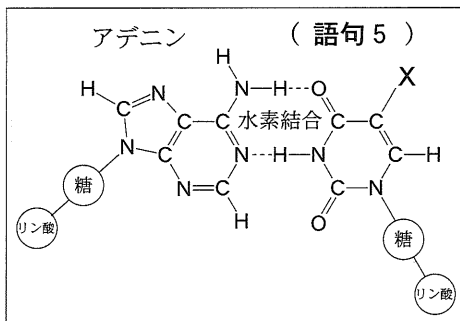


図 1

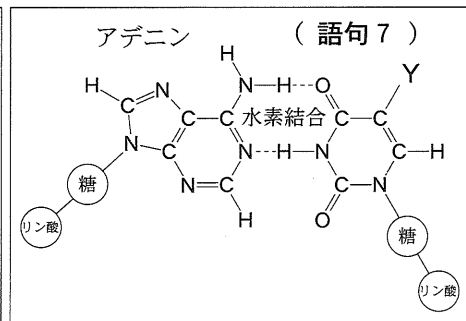


図 2