

化 学

(化学基礎・化学)

(注意事項)

1. 解答開始の指示があるまで問題冊子を開いてはいけません。
2. 問題冊子と解答用紙は別になっています。
3. 解答用紙の各ページの所定欄に受験番号、氏名を記入しなさい。
4. 計算の下書き等が必要な場合は問題冊子の余白を利用しなさい。
5. 試験終了後は問題冊子を持ち帰りなさい。

化学

第1問

問1 次の（ア）～（エ）に入る適切な語句を書きなさい。

水 H_2O は2個の水素原子と1個の酸素原子が結びついた粒子でできており、この粒子は分子と呼ばれ、分子を表すには（ア）が使われる。

水を構成する水素と酸素の原子の間では、それぞれの原子に所属する価電子を出し合い、両方の原子で共有している結合は（イ）と呼ばれ、その共有を形成している電子対を（ウ）といい、対になっていない電子を（エ）という。

問2 以下の物質の結晶とその性質について答えなさい。

(1) 金属結晶からなる物質を以下からすべて答えなさい。

水 H_2O , 水酸化ナトリウム NaOH , ダイヤモンド C , 塩化ナトリウム NaCl ,
銅 Cu , 二酸化ケイ素 SiO_2 , ヨウ素 I_2 , 鉄 Fe

(2) 分子結晶からなる物質の特徴として正しいものを①～④から選びなさい。

- ① 融点が高いものが多い
- ② 硬くてもろいものが多い
- ③ 融点の低いものが多い
- ④ 非常に硬いものが多い

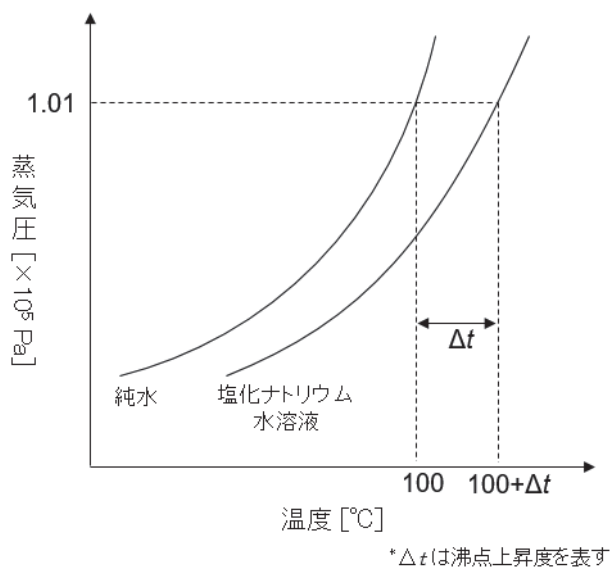
(3) イオン結晶からなる物質に電気伝導性をもたせる最も簡単な方法を10字以内で答えなさい。

問3 一定温度で、 $2.40 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 6.00 L の窒素と $1.50 \times 10^5 \text{ Pa}$ で 2.00 L の酸素を、5.00 L の容器に封入した。以下の問いに答えなさい。

- (1) 容器中の窒素の分圧を有効数字3桁で求めなさい。
- (2) 窒素と酸素の混合気体の全圧を有効数字3桁で求めなさい。
- (3) 空気は、窒素と酸素が物質量の比 4 : 1 で混合した気体と考えられる。空気

の平均分子量を有効数字3桁で求めなさい。ただし、原子量は $N = 14.0$, $O = 16.0$ とする。

問4 塩化ナトリウム水溶液をつくり、沸点を調べる実験を行った。以下の図は純水と塩化ナトリウム水溶液の蒸気圧曲線を表している。次の問に答えなさい。ただし、水の沸点は $100\text{ }^\circ\text{C}$ 、水のモル沸点上昇は $0.515\text{ K}\cdot\text{kg/mol}$ とし、塩化ナトリウムは水溶液中ですべて電離するものとする。



- (1) 純水よりも塩化ナトリウム水溶液の沸点が高い理由を60字以内で答えなさい。
- (2) 図中の沸点上昇を小さくする方法として適切なものを①～④から選びなさい。
 - ① 塩化ナトリウム水溶液にさらに塩化ナトリウムを溶かす
 - ② 塩化ナトリウム水溶液の体積を減らす
 - ③ 塩化ナトリウム水溶液に純水を加える
 - ④ 塩化ナトリウム水溶液にスクロースを溶かす
- (3) 0.300 mol/kg 塩化ナトリウム水溶液の沸点を有効数字3桁で求めなさい。
- (4) 塩化ナトリウム水溶液の質量モル濃度を 1.00 mol/kg にすると、 0.300 mol/kg のときに比べて沸点は何 $^\circ\text{C}$ 上昇するか、有効数字3桁で求めなさい。

化学

第2問

問1 次の（ア）～（オ）にあてはまる語句を答えなさい。

物質が化学変化するとき、出入りする熱量を反応熱といい、通常、着目した物質 1 mol あたりの熱量で示す。熱が発生する反応を（ア）反応、熱を吸収する反応を（イ）反応という。

「反応熱の大きさは、反応の初めの状態と終わりの状態だけで決まり、反応経路には無関係である」という法則を（ウ）の法則という。この法則を応用すると、実験で測定することが困難な反応熱を、ほかの反応熱から計算で求めることができる。

また、化学反応の際に、熱を伴わない光を発する現象を（エ）という。ルミノールは塩基性条件下で過酸化水素やオゾンなどによって酸化されると、青色の発光を示す。この反応は（オ）と呼ばれ、科学捜査における血痕の検出に利用されている。

問2 次の(1)～(5)の記述の内容を、熱化学方程式で表しなさい。

- (1) メタンの燃焼熱は 891 kJ/mol である。
- (2) 炭素 C（黒鉛）1 mol と水蒸気を反応させると、一酸化炭素と水素が生じ、131 kJ の熱量を吸収する。
- (3) 塩化ナトリウムの溶解熱は -3.9 kJ/mol である。
- (4) Cl-Cl の結合エネルギーは 239 kJ/mol である。
- (5) 25°C で塩酸に水酸化ナトリウム水溶液を加えたときの中和熱は 56.5 kJ/mol である。

問3 炭素（黒鉛）C、水素 H₂、メタン CH₄ の燃焼熱は、それぞれ 394 kJ/mol、286 kJ/mol、891 kJ/mol である。これらの値を用いてメタンの生成熱を求めなさい。

化学

問4 次の文章を読んで、(1)～(4)に答えなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$, 気体定数 $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。

セロハン膜は、水分子などの小さい分子は自由に通すが、タンパク質やデンプンなどの大きな分子は通さない。このように、溶液を構成する一部の成分は通すが、他の成分は通さない膜を（ア）という。

（ア）を隔てて溶液と溶媒を入れると、溶媒分子が（ア）を通過して溶液側に移動する。この現象を浸透という。また、溶媒が（ア）を通過して浸透しようとする圧力を浸透圧という。希薄溶液の浸透圧は、溶液のモル濃度と絶対温度に比例し、溶媒や溶質の種類には無関係である。

また、（ア）で純溶媒と溶液を仕切り、溶液側に浸透圧以上の圧力を加えると溶媒分子を溶液側から純溶媒側に移動させることができる。これを（イ）といい、海水の淡水化などに利用されている。

- (1) （ア）、（イ）に当てはまる語句を書きなさい。
- (2) 下線部の法則の名称を答えなさい。
- (3) 27°C において、 0.10 mol/L の塩化ナトリウム水溶液の浸透圧は何Paか、有効数字2桁で答えなさい。ただし、塩化ナトリウムは全て電離するものとする。
- (4) 27°C である非電解質 0.75 g を水に溶かして 100 mL とした溶液の浸透圧は、 $2.5 \times 10^2 \text{ Pa}$ であった。この非電解質の分子量はいくらか、有効数字2桁で答えなさい。

化学

第3問

問1 次の問に答えなさい。ただし、気体定数は $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L}/(\text{mol} \cdot \text{K})$ とする。
アンモニアは、実験室では塩化アンモニウムに水酸化カルシウムを加えて加熱することで得られる。



- (1) アンモニアの捕集方法として、上方置換、下方置換、水上置換のうち、一番適している捕集方法を書き、また、その理由を30字以内で書きなさい。
- (2) 塩化アンモニウム 1.0 mol と過不足なく反応する水酸化カルシウムは何 mol か。また、このとき生成するアンモニアは何 g か答えなさい。ただし、原子量は $\text{N} = 14$, $\text{H} = 1.0$ とする。
- (3) 上記の反応において、10.7 g の塩化アンモニウムと11.1 g の水酸化カルシウムをどちらかがなくなるまで反応させた。27℃、 $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$ のもとでアンモニアの体積は何 L か。また、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムのうち、どちらが何 mol 残ったか答えなさい。ただし、原子量は $\text{Cl} = 35.5$, $\text{Ca} = 40.0$, $\text{O} = 16.0$ とする。有効数字3桁で答えなさい。

問2 次の問に答えなさい。

炭酸ナトリウムは工業的には次のような工程で塩化ナトリウム、アンモニアおよび炭酸カルシウムを原料として製造される。この方法は（ア）といわれる。

- ① 塩化ナトリウム、アンモニア、二酸化炭素、および水が反応して（イ）と塩化アンモニウムが生成する。
- ② 生成した（イ）を加熱して炭酸ナトリウムを得る。

(1) （ア）に当てはまる語句を書きなさい。

(2) (イ) に当てはまる化合物名を書きなさい。

(3) ① の化学反応式を示しなさい。

(4) ② の化学反応式を示しなさい。

問3 次の間に答えなさい。

アルミニウムのように酸の水溶液にも強塩基の水溶液にも反応してそれぞれ塩を作るような金属を両性金属という。ただし、アルミニウムは濃硝酸や熱濃硫酸には表面に緻密な酸化被膜をつくり溶けない。このような状態を (ア) という。

(1) (ア) に入る適切な語句を書きなさい。

(2) アルミニウムの他に濃硝酸で (ア) の状態になる金属を ① ~ ④ から選びなさい。

① Cu, ② Fe, ③ Zn, ④ Pb

(3) アルミニウムのほかに両性金属を二つ答えなさい。

問4 次の間に答えなさい。

銅 (II) イオンを含む水溶液を2本の試験管に準備する。片方の試験管に水酸化ナトリウム水溶液を加えると (ア) 色の①沈殿が生成した。その後、試験管を穏やかに加熱すると、(イ) 色の②物質が生成した。またもう一方の試験管には少量のアンモニア水を加えると (ウ) 色の沈殿が生じるが、過剰のアンモニア水を加えると、沈殿が溶けて、(エ) 色の③錯イオンが生成する。

(1) 下線部①の沈殿の化学式を書きなさい。

(2) (ア) から (エ) の色を以下の四角の中からそれぞれ1つ選びなさい。

深青, 青白, 黒

(3) 下線部②の物質の化学式を書きなさい。

(4) 下線部③の錯イオンの化学式または名称を書きなさい。

化学

第4問

問1 次の文章を読み、(1)～(6)に答えなさい。

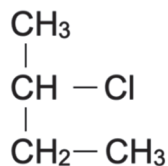
アルケンおよび芳香族炭化水素は、いずれも不飽和炭化水素であるが、その性質は異なる。例えばプロペン ($\text{CH}_2=\text{CHCH}_3$) は、常温で塩素と速やかに付加反応をおこして、分子式 (ア) で示される生成物を生じる。一方、芳香族炭化水素であるベンゼンと塩素は、鉄粉を触媒とすると置換反応をおこし、塩化水素とともに (イ) を生じる。芳香族炭化水素の特徴は、置換反応を容易におこすことであり、ベンゼンは濃硫酸を加えて加熱すると (ウ) を、また、濃硝酸と濃硫酸の混酸との反応では (エ) を生じる。ベンゼンと塩素は、光 (紫外線) の照射下で付加反応をおこし、分子式 (オ) で示される生成物を生じる。

物質が酸素を失う、あるいは水素と化合する反応は還元といい、アルケンが白金などを触媒として水素で還元されると、相当するアルカンを生じる一方、芳香族化合物である (カ) をスズと濃塩酸で還元し、水酸化ナトリウム水溶液を加えるとベンゼン環をそのままに (キ) を生じる。

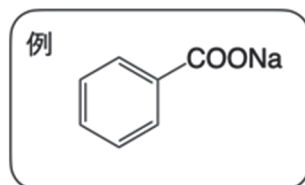
エチレンの水素を1つヒドロキシ基で置き換えたビニルアルコールは不安定であり、すぐに異性体である (ク) に変化する。一方、ベンゼンの水素を1つヒドロキシ基で置き換えた (ク) は安定な化合物である。

- (1) 文中の (ア), (オ) に入る分子式を答えなさい。
- (2) 文中の (イ), (ウ), (エ), (カ), (キ), (ク) に入る化合物名を答えなさい。
- (3) 分子式は同じでも構造式が異なる化合物を構造異性体という。化合物 (ア) には構造異性体が何種類存在するか答えなさい。
- (4) (3)の構造異性体のうち、鏡像異性体が存在するものの構造式を例にならい書きなさい。

例



- (5) 化合物 (エ), (カ), (ク) のすべてが溶けたエーテル溶液を分液ろうとに入れ、希塩酸を加えてよく振りまぜ、水層 ① を分ける。さらに、エーテル層に水酸化ナトリウム水溶液を加えてよく振りまぜ、水層 ② を分ける。水層 ① に溶けている化合物はどのような形で溶けているか。例にならい構造式で書きなさい。

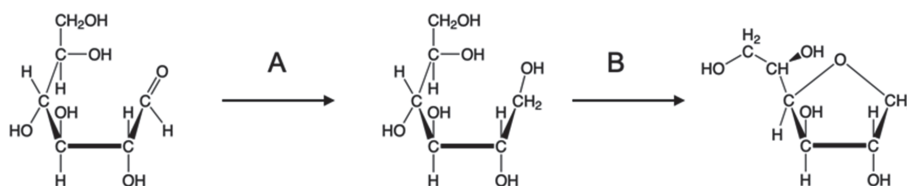


- (6) 水層 ② に二酸化炭素を十分に通じて生じる変化とその理由を40字以内で説明しなさい。

問2 次の文章を読み、(1)～(3)に答えなさい。

セルロースは植物の細胞壁の主成分で、自然界に最も多量に存在する有機化合物である。セルロースをエネルギー資源や、化学工業の資源として、エタノールやグルコースに転換することが注目されている。

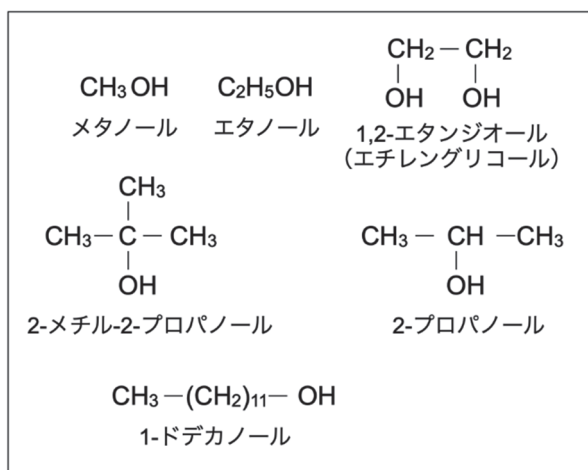
- (1) セルロースの分子式は $(C_6H_{10}O_5)_n$ で表される。9.0 g のセルロースを完全に加水分解してグルコース $C_6H_{12}O_6$ にすると何 g になるか答えなさい。原子量は $H = 1.0$, $C = 12$, $O = 16$ とする。
- (2) グルコースに下図のような反応をさせた生成物は食品添加物や、医薬品・化粧品の原料に用いられる。反応 A, B を示す適切な語を ①～⑤ から選びなさい。



- ① 重合, ② 転化, ③ 脱水, ④ 酸化, ⑤ 還元

化学

- (3) 以下のアルコールについて，その価数，級数を解答用紙の表に分類し，化合物名を記入しなさい。



- 問3 次の文章を読み，(1)～(4)に答えなさい。

水素結合は動物や植物中に存在する天然高分子化合物の構造や機能を決める上でも極めて重要な役割を果たしている。20種類程度の α -アミノ酸がペプチド結合で鎖状に約40個以上繋がったものをタンパク質という。鎖が十分長くなり鎖の中で、ある α -アミノ酸から4つ先の α -アミノ酸と水素結合を形成すると①右巻きのらせん状構造ができ，分子構造で柱の役割を果たす。また，折れ曲がって平行に並んだ鎖間でも水素結合が形成される。このような部分構造が安定なタンパク質の立体構造を形作っている。核酸はリン酸，五炭糖，窒素を含む環状構造の塩基が結合したヌクレオチドという基本単位が鎖状に繋がってできる。デオキシリボ核酸 (DNA) はその生物の遺伝情報の担い手である。DNAの塩基には②アデニン，グアニン，シトシン，チミンの4種類がある。これらの塩基の間にも水素結合がはたらき，2本のDNA鎖が塩基の並びを内側に向け二重のらせん構造を作る。

- (1) 水素原子と水素結合を形成し得る元素を3つ元素記号で答えなさい。
- (2) 2分子の α -アミノ酸の縮合でジペプチドが生じる。20種類の α -アミノ酸からなるジペプチドは何種類存在するか答えなさい。
- (3) 下線部①の構造を何というか答えなさい。

化学

- (4) 下線部 ② の 4 種類の塩基が作る塩基対について， 2 本の水素結合がはたらく組み合わせは何と何との対か答えなさい。