

# 化学

(化学基礎・化学)

(注意事項)

- 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。
- 問題冊子と解答用紙は別になっています。
- 解答用紙の各ページの所定欄に受験番号、氏名を記入ください。
- 計算の下書き等が必要な場合は問題冊子の余白を利用ください。
- 試験終了後は問題冊子を持ち帰りください。

# 化学

## 第1問

問1 次の文章を読んで、問いに答えなさい。

気体の体積と圧力の間には、「温度が一定のとき、一定物質量の気体の体積  $V$  は圧力  $P$  に反比例する。」という関係がある。これを（ア）の法則という。また、気体の体積と温度の間には「圧力が一定のとき、一定物質量の気体の体積  $V$  は、温度  $T$  が  $1\text{ K}$  上下するごとに、 $0\text{ °C}$  のときの体積  $V_0$  の  $\frac{1}{273}$  倍ずつ増減する。」という関係がある。これを（イ）の法則という。（イ）の法則において、理論上では気体の体積が  $-273\text{ °C}$  で  $0$  になる。この温度のことを（ウ）という。（ウ）を基準として、セルシウス温度と同じ目盛り幅で表した温度を（エ）という。

また、実際に存在する気体を実在気体というのに対し、気体の状態方程式が厳密にあてはまる気体を理想気体という。(A) 実在気体においては、厳密には気体の状態方程式は成り立たない。

(1) 空欄（ア）～（エ）に当てはまる語句を答えなさい。

(2) (A) の理由を 30 字以内で書きなさい。

問2 次の文章を読んで、問いに答えなさい。

異なる2原子間の共有結合において、それぞれの原子が（ア）を引き付ける強さの程度を表した値を電気陰性度という。一般に、電気陰性度の値は、貴ガスを除く周期表の右上にある元素ほど（イ）く、全元素中では（ウ）が最も大きい。

共有結合している2原子間に見られる電荷の偏りを、結合の極性という。2原子間の電気陰性度の差が大きいほど、結合の極性は（エ）い。また、分子全体として極性のある分子を極性分子といい、極性のない分子を無極性分子という。

## 化学

- (1) 空欄（ア）～（エ）に当てはまる語句を答えなさい。
- (2) 二酸化炭素  $\text{CO}_2$ 、アンモニア  $\text{NH}_3$ 、塩化水素  $\text{HCl}$ 、塩素  $\text{Cl}_2$ 、硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$ 、水  $\text{H}_2\text{O}$  の 6 種類の分子について、分子の形が直線形のを全て選び、物質名で答えなさい。
- (3) 二酸化炭素  $\text{CO}_2$ 、アンモニア  $\text{NH}_3$ 、塩化水素  $\text{HCl}$ 、塩素  $\text{Cl}_2$ 、硫化水素  $\text{H}_2\text{S}$ 、水  $\text{H}_2\text{O}$  の 6 種類の分子について、極性分子を全て選び、物質名で答えなさい。
- (4) メタン分子  $\text{CH}_4$  の  $\text{C} - \text{H}$  の結合には極性があるが、メタン分子は無極性分子である。その理由を 40 字以内で書きなさい。

問 3 次の問いに有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、原子量は  $\text{H} = 1.0$ 、 $\text{C} = 12$ 、 $\text{O} = 16$ 、 $\text{Cl} = 35.5$  とする。

- (1) グルコース  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$  5.4 g を、水に溶かして 50 mL にした水溶液のモル濃度 [mol/L] を求めなさい。
- (2) 12.0 mol/L の濃塩酸（密度  $1.20 \text{ g/cm}^3$ ）の質量パーセント濃度 [%] を求めなさい。
- (3)  $60^\circ\text{C}$  の硝酸カリウム飽和水溶液 350 g を  $40^\circ\text{C}$  まで冷却すると、何 g の硝酸カリウムが析出するか求めなさい。ただし、水に対する硝酸カリウムの溶解度は  $40^\circ\text{C}$  で  $65 \text{ g}/100 \text{ g}$  水、 $60^\circ\text{C}$  で  $110 \text{ g}/100 \text{ g}$  水とする。
- (4) 0.10 mol/L の硫酸水溶液 200 mL と、0.25 mol/L の硫酸水溶液 400 mL を混合した水溶液の体積が 600 mL であるとする。この硫酸水溶液のモル濃度 [mol/L] を求めなさい。

## 化学

問4 次の問いに答えなさい。ただし、原子量は  $O = 16$  とする。

- (1) 天然の銅には2種類の同位体  $^{63}\text{Cu}$  (相対質量 62.93) と  $^{65}\text{Cu}$  (相対質量 64.93) が存在し、銅の原子量は 63.55 である。 $^{63}\text{Cu}$  と  $^{65}\text{Cu}$  の存在比 [%] をそれぞれ小数第 1 位まで求めなさい。
  
- (2) ある元素の単体  $X$  5.1 g を十分に酸化したところ、組成式  $X_2O_5$  で表される酸化物 9.1 g が得られた。この元素  $X$  の原子量を小数第 1 位まで求めなさい。

## 第2問

問1 次の文章を読んで、(1)～(5)に答えなさい。

化学反応が起こるためには、ある程度以上のエネルギーを持った反応物質の粒子どうしが衝突する必要がある。条件を満たした衝突が起こると、(ア)とよばれるエネルギーの高い中間の状態となる。反応物を(ア)にするために必要となる最小のエネルギーを(イ)といい、1 mol あたりの量として表され、図1中の 1 にあたる。化学反応の際に出入りする熱量を(ウ)といい、図1中の 2 にあたる。反応の速さを増大させるために(エ)を用いて(イ)を小さくする方法がある。なお、(ウ)の大きさは(エ)の有無に関係なく、変わらない。

エチレンに、白金やニッケルを(エ)として水素を反応させると、エタンが生成する。この反応は、ほとんど不可逆反応であるが、条件によっては逆反応が起こる。図2は、気体のエチレンと水素を等しい物質質量比で反応させた場合、平衡状態になったときの、エチレン、水素のエタンへの変換の比率を表したものである。

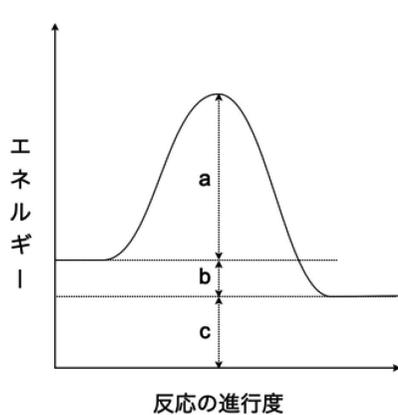


図1

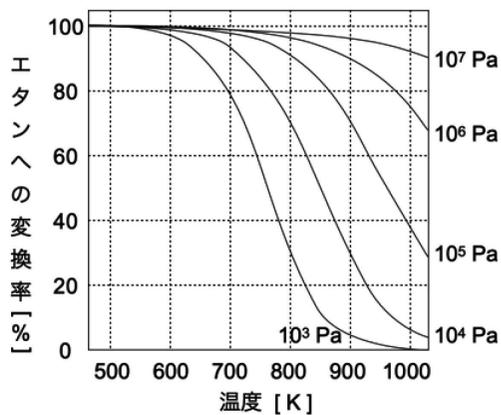


図2

(1) 空欄の(ア)～(エ)に当てはまる最も適切な語句を以下の①～⑧から選び、番号で答えなさい。

- ① 活性化エネルギー    ② 溶媒    ③ 活性化状態    ④ 比熱
- ⑤ 反応熱    ⑥ 触媒    ⑦ 標準状態    ⑧ イオン化エネルギー

## 化学

- (2) 空欄  と  に当てはまるものを、図 1 の a ~ c からそれぞれ選びなさい。
- (3) 文中の例以外で、反応の速さを増大させる方法を 15 字以内で答えなさい。
- (4) エチレンと水素からエタンが生成する反応は、吸熱反応であるか、発熱反応であるか答えなさい。
- (5) ある温度、ある圧力でエタンへの変換が 40 % 進んだ状態で平衡に達したとする。反応前のエチレンと水素の全圧が  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  であった時、平衡時の全圧を求めなさい。混合気体は理想気体であるとし、この反応以外の反応や状態変化は起こらないものとする。

問 2 次の文章を読んで、(1) ~ (5) に答えなさい。

物質の間で電子のやりとりをともなう化学反応を、酸化還元反応という。外から電気エネルギーを加えて酸化還元反応を起こすことを電気分解（電解）という。図 3 はイオン交換膜法による、塩化ナトリウム水溶液の電解を示している。

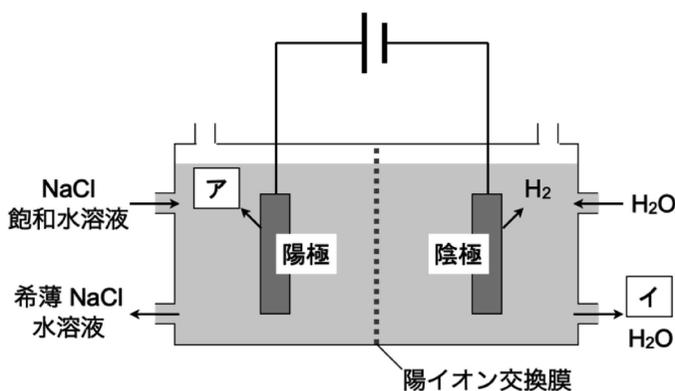
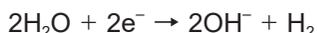


図 3

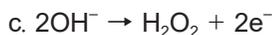
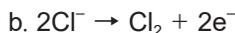
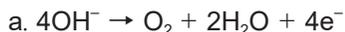
- (1) 酸化還元反応で物質が電子を失ったとき、その物質は酸化されたというか、還元されたというか答えなさい。

- (2) 物質中の原子の間で電子のやりとりのようすを示す値に酸化数がある。図 3 の陰極では



という反応が起こる。この反応の前後での水素原子の酸化数の変化を答えなさい。

- (3) 図 3 の陽極で ア が生成する反応を次の a ~ c から選び、記号で答えなさい。



- (4) 図 3 の空欄 イ に入る最も適切な物質の化学式を答えなさい。

- (5) 2.00 A の電流で電解したところ イ が 0.0100 mol 生成した。電流を流した時間 [秒] を答えなさい。また、このとき陰極で生成した水素の体積は、標準状態で何 mL になるか答えなさい。なお、発生した水素の水への溶解は無視できるものとする。有効数字は 3 桁、ファラデー定数は  $9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$  とすること。また、標準状態で気体 1 mol が占める体積は、22.4 L とする。

問 3 硫黄化合物について、(1), (2) に答えなさい。

- (1) 気体の二酸化硫黄は、水に溶けると一部が水と反応して亜硫酸となる。



平衡状態にあるとき、亜硫酸の濃度  $[\text{H}_2\text{SO}_3]$  と  $\text{SO}_2$  の圧力  $P(\text{SO}_2)$  の比の値  $\frac{[\text{H}_2\text{SO}_3]}{P(\text{SO}_2)}$  は  $1.0 \times 10^{-5} \text{ mol/L}\cdot\text{Pa}$  であるとする。  $5.0 \times 10^{-3} \text{ Pa}$  の  $\text{SO}_2$  と平衡状態にあるときの亜硫酸の濃度を有効数字 2 桁で求めなさい。

## 化学

- (2) 水中の  $\text{H}_2\text{SO}_3$  は一部が電離して、次のような平衡状態となる。



電離の平衡定数  $K = \frac{[\text{HSO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_2\text{SO}_3]}$  を  $0.020 \text{ mol/L}$  とすると  $5.0 \times 10^{-3} \text{ Pa}$  の  $\text{SO}_2$  と平衡にある水溶液の pH はいくらになるか、有効数字 2 桁で答えなさい。なお、 $\text{HSO}_3^-$  の電離は無視できるものとする。

**第3問** 次の問に答えなさい。

問1 下のアンモニアの工業的な製造方法，および活用に関する問いに答えなさい。

- (1) メタンと水を反応させると，水素と二酸化炭素を得ることができる。この反応における化学反応式を記しなさい。
- (2) 空気中の窒素分子と水素からアンモニアを製造するときの化学反応式を記しなさい。
- (3) アンモニアの工業的製造方法を何というか答えなさい。
- (4) (3)の反応は高圧，高温の下で行われる。
  - ① 高圧で行われる理由，② 高温で行われる理由を，それぞれ50字以内で説明しなさい。
- (5) 以下はアンモニアを原料に硝酸を製造する方法である。それぞれの化学反応式を記しなさい。
  - ① アンモニアを白金触媒の下，空気と800～900℃で反応させ一酸化窒素を製造する。
  - ② 一酸化窒素をさらに酸化して二酸化窒素にする。
  - ③ 二酸化窒素を水と反応させ硝酸を製造する。このとき，副生成物として一酸化窒素が生じ，②の反応に再利用する。
- (6) (5)の硝酸の工業的製造方法を何というか答えなさい。
- (7) (3)のアンモニアの製造方法が開発されたことで，農業の近代化に多大な貢献をもたらした。その理由を植物に必要な養分，アンモニアの化合物などに触れながら80字以内で書きなさい。

## 化学

問2 各種気体の生成，性質に関し以下の問いに答えなさい。

(1) 次の各反応の化学反応式を記しなさい。

- ① 亜鉛に希硫酸を注ぐ。
- ② 酸化マンガン (IV) に過酸化水素水を注ぐ。
- ③ 酸化マンガン (IV) に濃塩酸を加えて熱する。
- ④ 硫化鉄 (II) に希硫酸を注ぐ。
- ⑤ 銅に希硝酸を注ぐ。
- ⑥ 石灰石に塩酸を注ぐ。

(2) 上記反応で発生した気体のうち，毒性のあるものを，化学式で全て答えなさい。

(3) 上記反応で発生した気体のうち，空気より軽いものを，化学式で全て答えなさい。

(4) 上記反応で発生した気体のうち，強いにおいのあるものを，化学式で全て答えなさい。

問3  $\text{Ag}^+$ ， $\text{Cu}^{2+}$ ， $\text{Fe}^{3+}$ ， $\text{K}^+$  の4種のイオンが入っている溶液に関し，操作①～④を行った。以下の問いに答えなさい。

操作① 試料溶液に希塩酸を加えたところ沈殿が生成したのでろ過し，白色の沈殿Ⅰとろ液Ⅰを得た。

操作② ろ液Ⅰに硫化水素 ( $\text{H}_2\text{S}$ ) を通すと沈殿が生じたのでろ過し，沈殿Ⅱとろ液Ⅱを得た。

操作③ ろ液Ⅱを煮沸してから，室温になるまで放置した後，濃硝酸を数滴滴下し，アンモニア水を過剰に加えたところ沈殿が生じたのでろ過し，沈殿Ⅲとろ液Ⅲを得た。

操作④ ろ液Ⅲの一部を白金線につけ炎に入れると，赤紫色の炎が観察された。

- (1) 沈殿Ⅰを化学式で答えなさい。
- (2) 沈殿Ⅱを化学式で答えなさい。
- (3) 操作③でなぜ濃硝酸を滴下したか、その理由を 60 字以内で書きなさい。
- (4) 沈殿Ⅲを化学式で答えなさい。
- (5) 操作④の炎色反応で観察されたイオンは何か、イオン式で答えなさい。

# 化学

## 第4問

問1 次の空欄(ア)～(オ)に当てはまる語句を答えなさい。

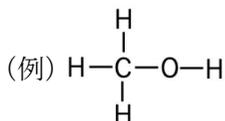
有機化合物は、炭素原子のつながり方や炭素原子間に不飽和結合があるかどうかなどによって分類される。炭素原子どうしが鎖状に結合したものを鎖式化合物、または(ア)といい、環状に結合した構造をもつものを(イ)という。(イ)のうち、ベンゼンのような環構造をもつものを芳香族化合物といい、それ以外を(ウ)という。

炭素と水素だけからできた有機化合物を炭化水素といい、炭化水素の分子から、水素原子を何個か取り除いてできる原子団を炭化水素基という。そのうち、特に、アルカンの分子から水素原子1個を取り除いてできる炭化水素基を(エ)という。

炭化水素基に特定の原子団が結びつくと、その原子団に特有の性質をもつ化合物となる。このような原子団を(オ)といい、同じ(オ)をもった化合物どうしは、性質が互いによく似ている。

問2 炭素・水素・酸素だけからなる化合物 A 46 mg を元素分析装置で完全燃焼させたところ、二酸化炭素 88 mg, 水 54 mg を得た。また、化合物 A の分子量は 60 以下であった。以下の問いに答えなさい。原子量は、H = 1.0, C = 12, O = 16 とする。

- (1) 化合物 A の組成式を答えなさい。途中の計算式も書くこと。
- (2) 化合物 A には 2 つの構造異性体が存在する。2 つの構造式を例にならって答えなさい。



(3) 化合物 A は常温で液体の物質である。化合物 A の名称を答えなさい。

(4) 化合物 A は単体のナトリウムと反応し、水素を発生させる。この時の化学反応式を答えなさい。

問3 アニリンは、ベンゼン環の炭素原子にアミノ基が直接結合した構造をもつ。アニリンについて、以下の問いに答えなさい。

(1) アニリンの特徴について誤っているものを以下のア～エから一つ選びなさい。

ア：無色・油状の物質で、空气中で酸化されると赤褐色になる。

イ：水に溶けやすく、容易にアニリン塩をつくる。

ウ：アニリンの検出には、さらし粉水溶液を用いる。

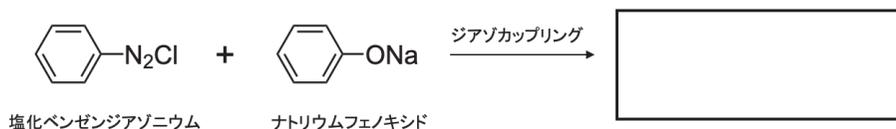
エ：弱塩基である。

(2) アニリンは硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で酸化すると、染料として利用される黒色の物質ができる。この物質の名称を答えなさい。

(3) アニリンを工業的に製造する場合、ニッケル触媒を用いて高温でニトロベンゼンを  で還元することでアニリンが生成し、同時に  が生成する。

空欄  と  にあてはまる語句を書きなさい。

(4) アニリンから生成する塩化ベンゼンジアゾニウムの水溶液にナトリウムフェノキシドの水溶液を加えると、ジアゾカップリングが起き、*p*-フェニルアゾフェノールと塩化ナトリウムが生成する。次の  を埋めなさい。



## 化学

問4 私たちの身のまわりに存在する高分子化合物には、石油を原料につくられる合成高分子化合物と、自然界に存在する天然高分子化合物がある。以下の(1)～(4)に答えなさい。

- (1) 合成繊維を製造する方法として、縮合重合、開環重合、付加重合があるが、ペットボトルの原料であるポリエチレンテレフタラートの製造にはどの方法が使われるか、答えなさい。
- (2) プラスチックの多くは加熱するとやわらかくなり、冷却すると再び硬くなる。このような合成樹脂を何というか、答えなさい。
- (3) 植物がつくる多糖であるデンプンは、アミロースとアミロペクチンからなる。どちらも $\alpha$ -グルコースが鎖状に結合した構造であるが、アミロペクチンはアミロースにはない化学構造をもつ。その構造名を答えなさい。
- (4) タンパク質は、動物のさまざまな生命活動を支える重要な物質である。タンパク質には形状の異なる球状タンパク質と繊維状タンパク質の2種類が存在する。これらのタンパク質のうち、水に溶けやすいのはどちらのタンパク質か、答えなさい。