

# 2017年度 センター試験 本試験 化学基礎

## 第1問 物質の構成, 化学と人間生活

出題範囲	同素体/原子の構造/化学結合/物質の状態変化/圧力/化学と人間生活
難易度	★★★★☆☆
所要時間	10分
傾向と対策	第1問は化学全体で出てくる基本用語の確認が中心であった。計算はないので、時間はかからないだろう。同素体は頻出なので押さえておきたい。また、問6は見慣れない設定だが、あきらめず自分のもつ知識を活用すれば正解できたのではないだろうか。それ以外の問題は去年とほぼ変わらない難易度であった。問7の化学と人間生活についての問題は、去年は出題されなかったが復活した。

問1 1 正解は⑤

難易度 ★★☆☆☆☆

### 解説

- ① 正 ダイヤモンドは炭素の同素体の一つである。また、炭素原子のすべての価電子を共有結合に用いているので電気伝導性は小さい。
- ② 正 炭素の同素体である黒鉛は、結晶中の共有結合に価電子を3個しか使っていないので、残り1個の価電子が結晶中を動き回り、電気伝導性をもつ。
- ③ 正 リンの同素体には黄リンと赤リンがあり、黄リンは淡黄色で自然発火する有毒な物質であり、赤リンは赤褐色で自然発火せず、マッチなどに使用されている無毒の物質である。
- ④ 正 硫黄の同素体には単斜硫黄、斜方硫黄、ゴム状硫黄などがあり、ゴム状硫黄はその名のとおりのゴムに似た弾性をもつ。
- ⑤ 誤 酸素は酸素分子  $O_2$  とオゾン  $O_3$  という同素体が存在する。化学基礎の学習範囲で同素体をもつ元素は炭素、酸素、リン、硫黄のみである。

問2 2 正解は②

難易度 ★☆☆☆☆

### 解説

原子に含まれる中性子の数は原子の質量数から原子番号（陽子数）を引くことで求めることができる。求める中性子の数を  $n$  とする。

- ① Arの原子番号は18なので、 $n = 38 - 18 = 20$ 個である。
- ② Arの原子番号は18なので、 $n = 40 - 18 = 22$ 個である。

- ③ Ca の原子番号は 20 なので、 $n = 40 - 20 = 20$  個である。  
 ④ Cl の原子番号は 17 なので、 $n = 37 - 17 = 20$  個である。  
 ⑤ K の原子番号は 19 なので、 $n = 39 - 19 = 20$  個である。  
 ⑥ K の原子番号は 19 なので、 $n = 40 - 19 = 21$  個である。

以上より、中性子の数が一番多い原子は②である。

ちなみに、①と②、⑤と⑥はそれぞれ、同一元素の原子で中性子の数だけ異なるので、同位体である。

問 3 3 正解は③

難易度 ★★★☆☆

**解説**

共有結合からなる分子では、水素原子は 1 本、酸素原子は 2 本、窒素原子は 3 本、炭素原子は 4 本結合することができると覚えておけばよい。

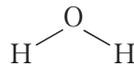
- ① 3 本ずつ結合できる窒素原子どうしなので、三重結合を形成する。



- ② 2 本ずつ結合できる酸素原子どうしなので、二重結合を形成する。



- ③ 2 本結合できる酸素原子が水素原子と 1 本ずつ結合する。ちなみに、水分子は折れ線形である。



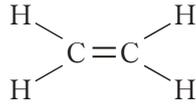
- ④ 4 本結合できる炭素原子が酸素原子と 2 本ずつ結合する。



- ⑤ 水素原子と炭素原子が単結合し、炭素原子どうしで三重結合を形成する。



- ⑥ 水素原子と炭素原子が単結合し、炭素原子どうしで二重結合を形成する。



したがって、答えは③。

#### 問 4

a  正解は①

難易度 ★★★★★☆

#### 解説

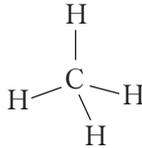
イオン結晶はイオン結合により形成される結晶のことをいう。金属元素と非金属元素で構成される物質はイオン結晶と判断してよいので、②、③、⑤、⑥は除外され、④は硫酸イオンとアンモニウムイオンから構成されるイオン結晶であるので、イオン結晶でないのは①の二酸化ケイ素である。二酸化ケイ素は共有結合のみで形成される共有結合の結晶である。

b  正解は③

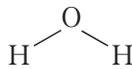
難易度 ★★★★★☆

#### 解説

① メタン  $\text{CH}_4$  は炭素原子を中心とした正四面体形の構造をもつ。



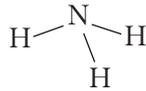
② 水  $\text{H}_2\text{O}$  の構造は折れ線形になっている。



③ 二酸化炭素  $\text{CO}_2$  は  $\text{O}=\text{C}=\text{O}$  という構造をしており、直線形である。



④ アンモニア  $\text{NH}_3$  は三角錐形の構造をもつ。正四面体形ではないので注意すること。



問 5 6 正解は③

難易度 ★★★☆☆

**解説**

- ① 正 液体の状態では気体の状態より体積が小さいことからわかるように、分子間の平均距離は液体の状態の方が短い。
- ② 正 液体では、固体とは違い、分子の位置が固定されず熱運動によって各粒子は常に互いの位置を変えている。
- ③ 誤 沸点とは、液体の蒸気圧が大気圧と等しくなる温度であるので、大気圧が変わると沸点も変化する。
- ④ 正 固体から直接気体に状態変化することを昇華という。気体から直接固体に変化することも昇華という。
- ⑤ 正 液体の表面では温度にかかわらず常に蒸発が起こっている。

問 6 7 正解は⑥

難易度 ★★★★★

**解説**

この問題の実験の概要は、スポイト内の水を丸底フラスコに入れたことで、丸底フラスコ内のアンモニアが溶け、丸底フラスコ内の気圧が急激に下がり、丸底フラスコ内にビーカーの水が噴き上がるというものである。

- ① 正 アンモニアは水に溶けやすく空気より軽いので、上方置換によって捕集する。
- ② 正 ゴム栓が緩んでいると丸底フラスコ内の気圧が下がっても、緩んだゴム栓と丸底フラスコの間隙から周りの空気が流入し、水が噴き上がらないことがある。
- ③ 正 丸底フラスコ内のアンモニアが少ないと、気圧の減少量が小さくなり、噴き上がる水も少なくなる。
- ④ 正 アンモニアがすでに丸底フラスコの内側の水に溶けていて、気体のアンモニアが残っていないと、スポイトで水を入れても気圧は下がらず、水が噴き上がらない。
- ⑤ 正 噴き出したビーカーの水に溶け残ったアンモニアが溶け、塩基性となる。BTB 溶液は酸性のとき黄色、中性のとき緑色、塩基性のとき青色になる。
- ⑥ 誤 メタンは水にほとんど溶けないので、丸底フラスコ内の気圧が下がらず、水は噴き上がらない。

問 7 8 正解は③

難易度 ★★★☆☆

**解説**

- ① 正 アルミニウムを原料から精錬する際には膨大な電気エネルギーを必要とするが、リサイクルすることに

よってこれを 3% 程度に抑えることができる。

- ② 正 袋内に酸素が含まれていると、油が酸化されてしまう。酸化した油は体に有毒であるので、油の酸化を防ぐために窒素を充填する。
- ③ 誤 塩素は消毒・殺菌のために加えられる。化学の無機の範囲であるが、塩素を水に溶かすと酸化力の強い次亜塩素酸が発生し、これが強い消毒作用を示す。
- ④ 正 生分解性プラスチック以外のプラスチックは自然界で分解されづらい。
- ⑤ 正 二酸化炭素は酸性の気体であり、空気中の二酸化炭素が雨に溶けるので、大気汚染の影響がなくても雨は酸性 (pH 約 5.6) である。
- ⑥ 正 洗剤に含まれる界面活性剤には、水になじみやすい部分 (親水基) と油になじみやすい部分 (疎水基) がある。このため、水などの極性物質と油などの非極性物質を均一に混合させ、服などについた汚れを洗い流すことができる。

(安河内巧, 小林秀成)

# 2017年度 センター試験 本試験 化学基礎

## 第2問 物質と物質の変化

出題範囲	物質質量／濃度／アボガドロ定数／化学反応／中和滴定／酸化還元
難易度	★★★★☆
所要時間	15分
傾向と対策	第2問は、例年どおり理論分野から幅広く出題され、多少計算を要する問題が多かった。基本的な知識があれば短時間で容易に解ける問題がある一方、問2ではアボガドロ定数を用いて分子1つあたりの断面積を求める目新しい応用問題も出題された。また、問4は中和滴定の実験手順についての基礎知識が問われた。ホールピペットの図やメスフラスコの標線など、教科書には書いてあるが近年のセンター試験ではあまり出題されていない内容も含まれていた。難易度は昨年度並みであるが、基礎知識が完璧でないが高得点は取りづらかっただろう。

問1 9 正解は①

難易度 ★★★★★

### 解説

物質質量や濃度についての計算問題。質量パーセント濃度やモル濃度の定義を正確に理解できているかがカギとなった。

- ① 誤 標準状態（ $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ， $1.013 \times 10^5\text{ Pa}$ ）において、気体  $1\text{ mol}$  の占める体積は、その種類によらず  $22.4\text{ L}$  である。よって、 $4\text{ L}$  の水素  $\text{H}_2$  の質量は、 $\frac{4\text{ L}}{22.4\text{ L/mol}} \times 2\text{ g/mol} = \frac{8}{22.4}\text{ g}$  であり、 $1\text{ L}$  のヘリウム  $\text{He}$  の質量は  $\frac{1\text{ L}}{22.4\text{ L/mol}} \times 4\text{ g/mol} = \frac{4}{22.4}\text{ g}$  である。したがって  $4\text{ L}$  の水素は  $1\text{ L}$  のヘリウムより重い。
- ② 正 メタン  $\text{CH}_4$  の分子量は  $16$  なので、 $16\text{ g}$  のメタンは  $1.0\text{ mol}$  である。また、分子式からわかるように、 $1\text{ mol}$  のメタンに含まれている水素原子は  $4\text{ mol}$  である。よって、 $16\text{ g}$  のメタンに含まれる水素原子は  $1.0\text{ mol} \times 4 = 4.0\text{ mol}$  である。
- ③ 正 質量パーセント濃度の定義は  $\frac{\text{溶質の質量 (g)}}{\text{溶液の質量 (g)}} \times 100\%$ ，つまり  $\frac{\text{溶質の質量 (g)}}{\text{溶媒の質量 (g)} + \text{溶質の質量 (g)}} \times 100\%$  である。したがって、この水溶液の質量パーセント濃度は、 $\frac{25\text{ g}}{100\text{ g} + 25\text{ g}} \times 100\% = 20\%$  である。
- ④ 正 モル濃度の定義は、 $\frac{\text{溶質の物質質量 (mol)}}{\text{溶液の体積 (L)}}$  である。水酸化ナトリウムの式量は  $23 + 1 + 16 = 40$  なので、この水溶液のモル濃度は、 $\frac{0.1\text{ mol}}{0.1\text{ L}} = 1.0\text{ mol/L}$  である。

問 2 10 正解は②

難易度 ★★★★★☆

## 解説

アボガドロ定数に関する計算問題。アボガドロ定数とは、1 mol あたりの粒子数のことである。 $w$  (g) の A の物質量は、 $\frac{w}{M}$  (mol) であり、 $w$  (g) の A に含まれる分子の個数は  $\frac{w}{M}$  (mol)  $\times N_A$  (/mol) =  $\frac{wN_A}{M}$  (個) である。よって、求める分子 1 個あたりの断面積は、

$$s \text{ (cm}^2\text{)} = X \text{ (cm}^2\text{)} \div \frac{wN_A}{M} = \frac{XM}{wN_A} \text{ (cm}^2\text{)} \text{ である。}$$

ここまでの考え方を 1 つの式にまとめると以下のようになる。

$$s \text{ (cm}^2\text{)} \times \frac{w \text{ (g)}}{M \left(\frac{\text{g}}{\text{mol}}\right)} \times N_A \text{ (/mol)} = X \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\therefore s = \frac{XM}{wN_A} \text{ (cm}^2\text{)}$$

問 3 11 正解は②

難易度 ★★★★★☆☆

## 解説

エタノールを完全燃焼させたときの反応式は、 $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} + 3\text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$  である。よって、1 mol のエタノールを完全燃焼させると、2 mol の二酸化炭素が発生する。

エタノールの分子量は  $12 \times 2 + 1 \times 6 + 16 = 46$  であり、二酸化炭素の分子量は  $12 + 16 \times 2 = 44$  なので、44 g

の二酸化炭素が発生したとき、燃焼したエタノールの質量は、 $\frac{44 \text{ g}}{44 \text{ g/mol}} \times \frac{1}{2} \times 46 \text{ g} = 23 \text{ g}$  である。

また、わざわざ反応式を書かなくても、1 mol のエタノールに含まれる炭素原子は 2 mol なので、二酸化炭素が 2 mol 発生するとき燃焼したエタノールは 1 mol だとわかる。

## 問 4

a 12 正解は④

難易度 ★★☆☆☆☆

## 解説

中和滴定に用いられる器具についての問題。それぞれ、①は駒込ピペット、②はビュレット、③はメスシリンダー、④はホールピペット、⑤はメスフラスコである。

b 13 正解は④

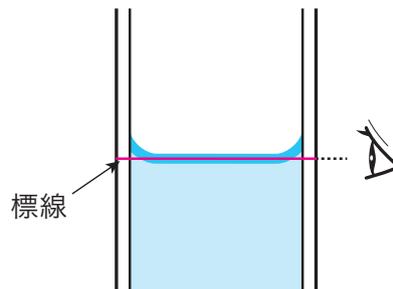
難易度 ★★★★★☆☆

**解説**

ホールピペットとメスフラスコの使用方法についての問題。

操作Ⅰ：ホールピペットを純水で洗うと、はかりとる物質の物質質量が変化し、メスフラスコで調製した標準溶液の濃度が薄まってしまう。したがって、ホールピペットは、はかりとる水溶液ですすぐ（共洗いする）。

操作Ⅱ：メスフラスコは、純水を加えて溶液の濃度を正確に薄めたり、標準溶液を作ったりするのに用いられるが、液面は表面張力のために下図のように端が中央に比べて高くなり平らではない。このとき、メスシリンダーの目盛りを正確に読み取る際と同じように、液面の底面がフラスコの標線に一致するまで純水を加える。



ちなみに、メスフラスコを共洗いするとメスフラスコ内の物質の物質質量が変化してしまうので、メスフラスコは純水ですすぐ。

問 5 14 正解は⑤

難易度 ★★★★★

**解説**

中和滴定の問題のポイントは酸塩基の価数と強さである。価数は中和に要する液量に影響し、強さは中和点の pH に影響する。例えば、2 価の酸は同濃度の 1 価の酸の 2 倍だけ水素イオンを生じるので、中和するためには、塩基の量も 2 倍必要となる。また、強酸と強塩基の中和滴定の場合は中和点の pH は 7 付近であるが、弱酸と強塩基の場合は塩基性側に偏る。弱塩基と強酸の場合は反対に、中和点の pH は酸性側に偏る。

本問の化合物群をみてみると、

$\text{NH}_3$ ：1 価の弱塩基， $\text{KOH}$ ：1 価の強塩基， $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ：2 価の強塩基， $\text{CH}_3\text{COOH}$ ：1 価の弱酸， $\text{HNO}_3$ ：1 価の強酸である。

A は、フェノールフタレインを用いたときの色の変化が「赤から無色に、徐々に変化した」という点に着目する。フェノールフタレインの変色域は塩基性側にあり、中和点が酸性側に偏っていて塩基性領域での pH 変化が小さいために色が徐々に変化したと考えられる。中和点が酸性側に偏っているのは、前述のように弱塩基と強酸の中和滴定の場合である。よって、A に入っていた化合物は化合物群のうち弱塩基である  $\text{NH}_3$  となる。

B は、表 1 で、中和に要した液量が B のみ 20 mL であり、2 倍量必要となっているので B は 2 価の酸塩基であると考えられる。よって、B に入っていた化合物は化合物群のうち 2 価である  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  となる。

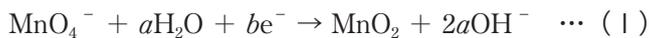
C は、メチルオレンジを用いたときの色の変化が「赤から黄に、徐々に変化した」のがポイントである。A の場合の反対で、中和点が塩基性側に偏っていると考えられる。中和点が塩基性側に偏っているのは、弱酸と強塩基の中和滴定の場合である。よって、C に入っていた化合物は化合物群のうち弱酸である  $\text{CH}_3\text{COOH}$  となる。

問 6 15 正解は⑥

難易度 ★★★☆☆

**解説**

酸化還元反応の係数決定の問題であるが、酸化還元に関する知識は必要なく、反応式の両辺の原子数と電荷をそろえればよい。1 つ目の反応式



について、両辺で酸素原子の数は等しいので、

$$4 + a = 2 + 2a$$

$$\therefore a = 2$$

と  $a$  が求まる。さらに、両辺で電荷も等しいので、

$$(-1) + b \times (-1) = 2a \times (-1)$$

$$\therefore b = 2a - 1 = 3$$

と  $b$  が求まる。また、3 つ目の反応式



についても、両辺で電荷が等しいので、

$$(-1) + c \times (+2) = c \times (+3) + 2a \times (-1)$$

$$\therefore c = 2a - 1 = 3$$

と  $c$  が求まる。したがって、 $b = 3$ 、 $c = 3$  である。

**別解**

酸化数の変化に注目しても解ける。1 つ目の式のマンガン Mn の酸化数変化に注目する。 $\text{MnO}_4^-$  における酸化数は +7 であり、 $\text{MnO}_2$  における酸化数は +4 であるので、酸化数は 3 だけ減少しており、このことから電子  $\text{e}^-$  の係数  $b$  は 3 だとわかる。問題文の 2 つ目の反応式を (II) とすると、このことから (I)  $\times$  1 + (II)  $\times$  3 より、電子が消去され全体式 (III) が得られる。よってこのことから、 $c = 3$  だとわかる。

問 7 16 正解は④

難易度 ★★★☆☆

**解説**

塩酸の体積はわかっているので、反応した塩酸の物質量を求めればよい。化学反応中の物質比が、その反応式の係数比と等しいことを用いる。



の係数比より、反応した塩酸の物質量は、発生した二酸化炭素の物質量の 2 倍であり、反応した炭酸カルシウムの 2 倍でもある。図 2 より、すべての塩酸が反応したときに発生した二酸化炭素の物質量は、0.025 mol である。よって、反応した塩酸は、

$$0.025 \times 2 = 0.050 \text{ mol}$$

である。よって、反応に用いた塩酸の濃度は、

$$\frac{0.050}{\frac{25}{1000}} = 2.0 \text{ mol/L}$$

となる。

### 別解

反応した塩酸の物質量は、反応した炭酸カルシウムの質量から求めることもできる。すべての塩酸が反応したときに反応した炭酸カルシウムの質量は、図 2 より 2.5 g である。炭酸カルシウムの式量は 100 なので、2.5 g の炭酸カルシウムの物質量は、

$$\frac{2.5}{100} = 0.025 \text{ mol}$$

である。よって、反応した塩酸の物質量は、

$$0.025 \times 2 = 0.050 \text{ mol}$$

と求められる。

(保科宗一郎, 小林秀成)