

2016年度 センター試験 本試験 化学基礎

第1問 物質の構成と分離

出題範囲	同位体 / 電子式 / 電子配置 / 化学結合 / 物質と存在比 / 気体の製法 / 物質の分離
難易度	★★★★☆
所要時間	10分
傾向と対策	第1問は物質の構成分野からの出題で、原子の構造や化学結合などについての知識が問われる。2016年度では、問5で存在比から合金に含まれる物質量を求める計算問題が出題されたが、複数の思考過程を要し難しいものであった。青銅Cの質量1.0 kgを4.0 kgにしてしまうことがないように気を付けたい。問6は実験に関する問題で、実験器具の使い方の詳細な知識が問われたので難しいと思われる。教科書の探究活動の章に記載されている実験内容も含め、教科書全体を抜け目なく学習しておくことが必要である。教科書の基本事項を押さえれば楽に解ける問題も多いので、取りこぼしのないようにしたい。

問1 正解は②

難易度 ★★☆☆☆

解説

- ① 正 原子番号は同じで質量数が異なる原子、いいかえれば陽子の数（原子番号）は同じで中性子の数（質量数－原子番号）が異なる原子を、互いに同位体であるという。
- ② 誤 同位体の原子同士は陽子の数が同じなので、電子の数や電子配置も同じである（同位体も電氣的に中性であり、陽子の数と電子の数は等しい）。
- ③ 正 同位体は同じ元素なので、同じ元素記号で表される。
- ④ 正 原子量は、元素の同位体の存在を考えて求めた相対質量のことである。同位体の相対質量を、存在比を用いて平均して求められる。
- ⑤ 正 同位体の中には原子核が不安定で、放射線を出して別の原子核（核種）に変わるものがある。これを放射性同位体といい、他の核種に変わることを崩壊という。質量数が14である炭素14や（炭素の大部分は質量数12）、質量数40のカリウム40（カリウムの大部分は質量数39）などは天然に存在する放射性同位体で、年代測定などに利用されている。

問2 正解は④ 正解は①

難易度 ★★★★★

解説

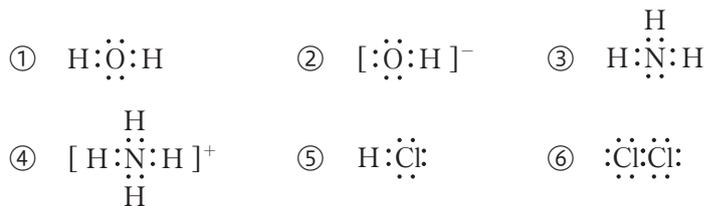
a

それぞれの分子やイオンの電子式を書いてみるのが良いだろう。電子式は、元素記号の周りに、最外殻電子を点「・」で書き加えた化学式である。

電子式の書き方には決まりがある。

- ・最外殻電子を上下左右に 1 個ずつ順に書いていく。
- ・上下左右には、2 個まで入れることができる。このとき、1 個だけで対になっていない電子を不対電子、2 個対になっている電子を電子対という。
- ・最外殻電子が 4 個目までは 1 個ずつ不対電子として表し、5 個目からは電子対をつくるように書く。
- ・結合の際には、一方の原子の不対電子と他方の原子の不対電子が共有されて電子対をつくる。複数の不対電子を共有したときには多重結合（二重結合や三重結合）となる。
- ・結果として、各原子の最外殻電子が 8 個（ただし水素原子のみ 2 個）になるように結合する。

①～⑥の分子やイオンを電子式で表すと、以下のようになる。



上図より、非共有電子対が存在しないものは、④のアンモニウムイオン NH_4^+ である。

b

a と同様に考える。a の解説の図より、共有電子対が 2 組だけ存在するものは、①の水 H_2O である。

問 3 4 正解は③

難易度 ★★★★★

解説

原子 a ～ f の元素記号と電子配置を以下に示す（元素記号の左下の添え字は原子番号を表す）。

a : ${}_3\text{Li}$	K2L1
b : ${}_6\text{C}$	K2L4
c : ${}_9\text{F}$	K2L7
d : ${}_{10}\text{Ne}$	K2L8
e : ${}_{12}\text{Mg}$	K2L8M2
f : ${}_{14}\text{Si}$	K2L8M4

① 正 a のリチウム Li は、アルカリ金属の原子である。ヘリウムを除く典型元素は、族番号の一の位が最外殻

電子の個数と一致する。周期表 1 族の元素（水素を除く）はアルカリ金属であり、最外殻電子が 1 個である。このことから、a がリチウムとわからなくとも、アルカリ金属の原子であることがわかる。以下の選択肢についても、元素名がわからなくとも電子配置から正誤を判断できる。

ちなみに遷移元素は最外殻原子が 1～2 個であり、典型元素のように族番号の一の位が最外殻電子の個数と一致するわけではない。

- ② 正 b の炭素 C と f のケイ素 Si はどちらも周期表 14 族の元素である。元素名がわからなくとも、最外殻電子に注目すれば、ともに 4 個なので、同族元素の原子と判断できる。
- ③ 誤 a～f の中で最もイオン化エネルギーが大きいのは、d のネオン Ne である。イオン化エネルギーは、原子から電子 1 個を取り去るのに必要な最小のエネルギーのことであり、イオン化エネルギーが小さい原子ほど陽イオンになりやすい。よって、最外殻電子が 8 個で最も安定な電子配置をもつ d（ネオン）が、最もイオン化エネルギーが大きい。
- ④ 正 e のマグネシウム Mg と f のケイ素 Si は、ともに第 3 周期の元素である。すべての元素は、最外電子殻が内側から何番目の電子殻であるかで、周期を判断することができる。e（マグネシウム）と f（ケイ素）は、最外電子殻が内側から 3 番目の M 殻であるため、第 3 周期の原子である。
- ⑤ 正 e のマグネシウムは、最外殻電子が 2 個であるため、この 2 個の電子を失ってネオン Ne と同じ安定な電子配置をとりやすい、すなわち 2 価の陽イオンになりやすい。

問 4 5 正解は⑤

難易度 ★★★★★☆

解説

- ① 正 結合に極性がある分子でも、分子の形によっては、結合の極性が分子全体で打ち消され、無極性分子となる場合がある。直線形の二酸化炭素 CO_2 と、正四面体形のメタン CH_4 が代表例である。
- ② 正 塩化ナトリウムのようなイオン結晶は、多数の陽イオンと陰イオンが連続的に結合してできたものであり、その結合は静電的な力（クーロン力）によるものである。
- ③ 正 金属が展性・延性を示すのは、原子同士を結び付けている動きやすい電子（自由電子）が存在するからである。金属が高い電気伝導性・熱伝導性を示すのも、自由電子の存在に起因する。
- ④ 正 共有結合は、原子同士が互いに相手の価電子を共有してできる結合である。
- ⑤ 誤 H_3O^+ の 3 つの結合のうち 2 つは共有結合で 1 つは配位結合である。配位結合は片方の原子が非共有電子対をもう片方の原子に提供し、それを共有することで成り立つ結合である。しかし、結合が形成された後では配位結合と共有結合を区別することはできず、同様の性質をもつ。

問 5 6 正解は③

難易度 ★★★★★☆

解説

あまり見かけないタイプの問題ではあるが、よく読んでみると比を使って計算すれば解ける問題であることがわかる。

2.8 kg の青銅 A (Cu 96 % : Sn 4.0 %) に含まれるスズの質量は、

$$2.8 \text{ kg} \times \frac{4.0}{100} = 0.112 \text{ kg}$$

である。一方、1.2 kg の青銅 B (Cu 70 % : Sn 30 %) に含まれるスズの質量は、

$$1.2 \text{ kg} \times \frac{30}{100} = 0.36 \text{ kg}$$

であるから、1.0 kg の青銅 C に含まれるスズの質量は、

$$(0.112 \text{ kg} + 0.36 \text{ kg}) \times \frac{1.0 \text{ kg}}{2.8 \text{ kg} + 1.2 \text{ kg}} = 0.118 \text{ kg}$$

であり、0.118 kg のスズ (原子量 119) の物質量は、

$$\frac{0.118 \text{ kg} \times 1000}{119 \text{ g/mol}} = 0.991 \dots \div 0.99 \text{ mol}$$

である。

問 6 7 正解は⑦

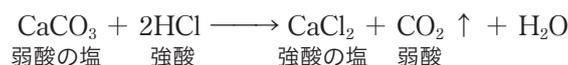
難易度 ★★★★★☆

解説

気体発生の実験装置に関する問題である。ふたまた試験管の使い方を知らないと解きにくいかもしれない。実験についての知識を定着させるには、自分で実験をするのが最も望ましいが、できない場合には教科書の図や説明をよく理解しておこう。どうして (何のために) そのような操作をするのかについても理解しておくとうい。

ふたまた試験管は固体試薬と液体試薬を混ぜ合わせて反応させるときに使われるガラス器具で、試薬が少量の場合に適している。2本の足のうちくびれのあるほうに固体試薬を入れ、くびれないほうに液体試薬を入れる。試験管を傾けることで試薬を混合したり分離させたりすることができ、反応を停止させるときに、液体をもう一方に移動させ突起で固体を止めるために、くびれのあるほうに固体試薬を入れる。よってふたまた試験管の使い方については、図2のイのほうが正しい。

炭酸カルシウム CaCO_3 と希塩酸 HCl を反応させると、弱酸の遊離 (弱酸の塩と強酸を混合すると、強酸が塩をつくり弱酸が遊離するという反応) により二酸化炭素 CO_2 が発生する。



二酸化炭素は分子量が 44 で空気 (平均分子量 28.8) より重く、また、水上置換には適さないの、下方置換で捕集する。よって、気体捕集法については図3のエのほうが正しい。なお、高校化学で発生方法を知っておくべき気体で、上方置換で捕集する気体はアンモニア (分子量 17) しかない。

この実験で発生した二酸化炭素を、石灰水 (水酸化カルシウム Ca(OH)_2 の水溶液) に通じると水に不溶な炭酸カ

ルシウムが発生し、白濁する。



よって、石灰水の変化については**白濁する**のほうが正しい。なお、無機化学の範囲ではあるが二酸化炭素を過剰に加えると、以下の反応式のように炭酸水素カルシウム $\text{Ca(HCO}_3)_2$ が発生して白濁が消える。



問7 8 正解は①

難易度 ★★★☆☆

解説

- ① 正 溶媒に対する溶けやすさの差を利用して、混合物から特定の物質を溶媒に溶かし込んで分離する操作を抽出という。例えば、ヨウ素は水よりもヘキサン C_6H_{14} に溶けやすいので、ヨウ素水とヘキサンを振り混ぜることでヨウ素をヘキサンに溶かし込み、ヨウ素水を水とヨウ素（のヘキサン溶液）に分離できる。
- ② 誤 沸点の差を利用して、液体の混合物を熱して成分を分離する操作は蒸留という。水とエタノールの混合物を分離するときなどに使われる。
- ③ 誤 ろ紙などを用いて液体に溶けない固体と液体を分離する操作はろ過という。砂の混じった水を、水と砂に分離するときなどに使われる。なお、気体から固体を分離する操作もろ過という。
- ④ 誤 温度によって溶解度が異なることを利用して、より純粋な物質を析出させ分離する操作は再結晶という。例えば、硝酸カリウムは温度による溶解度の変化が大きいので、高温において不純物の混じった硝酸カリウム水溶液の飽和溶液をつくり、この溶液を冷却すると純粋に近い硝酸カリウムの結晶を析出させることができる。
- ⑤ 誤 固体の混合物を加熱して、固体から直接気体になる成分を冷却して分離する操作は昇華法（昇華）という。不純物を含むヨウ素を、より純粋なヨウ素と不純物に分離するときなどに使われる。

（制作：安河内巧，保科宗一郎）

2016年度 センター試験 本試験 化学基礎

第2問 物質の変化

出題範囲	質量と物質質量 / 元素分析 / 溶液の濃度 / 中和滴定, 指示薬 / 塩の性質 / 酸化還元 / 電池
難易度	★★★★☆
所要時間	15分
傾向と対策	第2問は物質の反応分野からの出題で, 物質質量や濃度の計算, 中和滴定, 酸化還元などの問題が出題された。典型問題もあるものの, 癖のある問題が多く解きづらかったと思われる。問2は「化学基礎」の教科書では扱わず, 「化学」の有機分野でよく出題される問題であるため難しかったと思われる。分子に含まれる各元素の物質質量(原子数)に注目することがポイントとなる。問4は実験データから中和点のpHを読み取る見慣れない問題で, 実験結果を考察する能力が問われた。問6, 問7は「化学」で学習する知識を使うが, 酸化還元に対する理解が十分にできていれば正解可能な問題である。

問1 正解は③

難易度 ★☆☆☆☆

解説

ダイヤモンドは炭素C(原子量12)の共有結合の結晶である。1.0カラットは0.20gとあるので, 求める物質質量は

$$\frac{0.20 \text{ g}}{12 \text{ g/mol}} = 0.0166 \div 0.017 \text{ mol}$$

である。

問2 正解は②

難易度 ★★★★★

解説

燃焼によって酸素の総質量は変化するが, それ以外の元素の総質量は変化しないので, この有機化合物0.80gに含まれる炭素, 水素の質量は

$$\text{炭素 C} : 1.1 \text{ g} \times \frac{(\text{C} =) 12}{(\text{CO}_2 =) 44} = 0.30 \text{ g}$$

$$\text{水素 H} : 0.90 \text{ g} \times \frac{(\text{H} \times 2 =) 2}{(\text{H}_2\text{O} =) 18} = 0.10 \text{ g}$$

である。この有機化合物0.80gにはほかの元素が $0.80 - (0.30 + 0.10) = 0.40 \text{ g}$ だけ含まれているわけだが, 選択肢を見るとその元素は酸素Oであるとわかる。

原子数の比は、

$$C:H:O = \frac{0.30}{(C=)12} : \frac{0.10}{(H=)1} : \frac{0.40}{(O=)16} = 0.25:1:0.25 = 1:4:1$$

であるから、この有機化合物の組成式は、 CH_4O となる。①～⑥の化学式のうちこの組成式に当てはまるものは、②のメタノール CH_3OH である。

問3 11 正解は③

難易度 ★★☆☆☆

解説

水溶液の濃度は、量が多くても少なくても変わらないので、モル濃度（＝溶液 1 L あたりの溶質の物質質量）を考えるのに都合がよいように水溶液の体積を 1 L とする。水溶液の密度が 1.0 g/cm^3 、 $1 \text{ L} = 1000 \text{ cm}^3$ なので、このとき水溶液の質量は

$$1.0 \text{ g/cm}^3 \times 1000 \text{ cm}^3 = 1000 \text{ g}$$

であり、質量パーセント濃度が 5.0% なので、水溶液中のブドウ糖の質量は

$$1000 \text{ g} \times \frac{5.0}{100} = 50 \text{ g}$$

となる。ブドウ糖（グルコース）の分子量は 180 なので、水溶液中のブドウ糖の物質質量は

$$\frac{50 \text{ g}}{180 \text{ g/mol}} \doteq 0.278 \text{ mol}$$

である。よって、モル濃度は

$$\frac{0.278 \text{ mol}}{1 \text{ L}} \doteq 0.28 \text{ mol/L}$$

となる。

別解

以上の計算を 1 つの式にまとめて解くこともできる。モル濃度を P 、質量パーセント濃度を x 、溶液の密度を d 、溶質のモル質量を M とすると、1 L あたりで考えて

$$P = \frac{d \times 1000 \times \frac{x}{100}}{M} = \frac{10dx}{M}$$

となる。上式を使えば、質量パーセント濃度をモル濃度に変換することができる。この問題の場合は、

$$P = \frac{10 \times 1.0 \times 5.0}{180} = 0.277\cdots \doteq 0.28 \text{ mol/L}$$

となる。

問 4 12 正解は②

難易度 ★★★☆☆

解説

中和点の pH は、pH が急激に変化する部分（pH ジャンプ）の中央付近にある。よって表 1 よりこの中和反応の中和点は、0.2 mL しか滴下していないにも関わらず pH が 2 以上も変化している、滴下量 10.0 mL、pH 5.2 のあたりであるとわかる。指示薬は、pH ジャンプ内に変色域が入っているものを使う。この場合、pH 3.0 ~ 7.6 の範囲に変色域が入っている②（変色域の pH が 4.2 ~ 6.2）が適する。

問 5 13 正解は⑦ 14 正解は①

難易度 ★★★☆☆

解説

a

正塩の水溶液の性質が、その塩をつくった酸と塩基の強弱によって決まることを覚えておこう。すなわち、強酸と強塩基の組み合わせからできた塩の水溶液は中性を示し、強酸と弱塩基の組み合わせからできた塩の水溶液は酸性を示し、弱酸と強塩基の組み合わせからできた塩の水溶液は塩基性を示す（弱酸と弱塩基の組み合わせからできた塩は、「化学基礎」の範囲では判定できない）。

ア 酢酸ナトリウム CH_3COONa は、酢酸（弱酸）と水酸化ナトリウム（強塩基）からできた塩なので、水溶液は塩基性である。

イ 塩化カリウム KCl は、塩化水素（強酸）と水酸化カリウム（強塩基）からできた塩なので、水溶液は中性である。

ウ 炭酸ナトリウム Na_2CO_3 は、二酸化炭素（弱酸）と水酸化ナトリウム（強塩基）からできた塩なので、水溶液は塩基性である。

エ 塩化アンモニウム NH_4Cl は、塩化水素（強酸）とアンモニア（弱塩基）からできた塩なので、水溶液は酸性である。

オ 塩化カルシウム CaCl_2 は、塩化水素（強酸）と水酸化カルシウム（強塩基）からできた塩なので、水溶液は中性である。

カ 硫酸アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ は、硫酸（強酸）とアンモニア（弱塩基）からできた塩なので、水溶液は酸性である。

よって、水に溶かしたとき水溶液が酸性を示すものは、**エ**と**カ**である。

b

前問の解説より、水に溶かしたとき水溶液が塩基性を示すものは、**ア**と**ウ**である。

