

新高2 化学Y Zクラス分け試験

実施日 : 2020 年 3 月 15 日(日)

試験時間 : 11 : 20 ~ 12 : 40 (80 分)

【配布物】

問題冊子 3 問 / 全 15 頁 (表紙を含む)

解答用紙 (両面) 1 枚

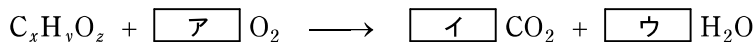
【注意事項】

- (1) 問題は 3 問あり、2 ページ目より始まり 13 ページ目まであります。
- (2) 解答は必要に応じて結果に至る過程も説明してください。
- (3) 落丁・乱丁・文意不明の箇所を見いだした場合はすみやかに申し出てください。
- (4) 試験中に私語を発した者、不正行為をした者は退場を命ずることがあります。
- (5) 試験終了の合図があったら、ただちに筆記用具を置き、試験監督の指示に従ってください。

会員番号						
氏名						

問 1～3 の各小問に答えよ。解答は解答用紙のそれぞれ指定された枠内に「答のみ」
記せ。

問 1 炭素，水素及び酸素原子からなる分子 $C_xH_yO_z$ を完全燃焼させると，



に従って酸素 O_2 を消費し，二酸化炭素 CO_2 と水 H_2O が生じる。原子量を $H=1$ ， $C=12$ ， $O=16$ として以下の設問に答えよ。

- (1) 空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{ウ}}$ に適切な係数を x ， y ， z を用いて表せ。
- (2) 分子式が $C_3H_6O_2$ である分子 3.7g を完全燃焼させたとき，生成する CO_2 の質量は何 g か，必要ならば小数第二位以下を四捨五入して，小数第一位までの数値で答えよ。
- (3) 炭素，水素及び酸素原子からなる分子 **X** 4.7g を完全燃焼させたとき， CO_2 が 13.2g， H_2O が 2.7g 生成した。

このとき，分子 **X** 4.7g に含まれる①**C** 原子，②**H** 原子，③**O** 原子の質量はそれぞれ何 g か，必要ならば小数第二位以下を四捨五入して，小数第一位までの数値で答えよ。また分子 **X** 4.7g に含まれる④**C** 原子，**H** 原子，**O** 原子の物質質量(mol)の比 (**C:H:O**) を最も簡単な既約な整数比で表せ。

計 算 用 紙

※第 1 問の問題は次のページにも続きます。

問2 以下の(1)～(3)の設問に答えよ。(1)・(2)の数値は何れも小数点以下を四捨五入した整数値で答えよ。

(1) 0°C (273K)，標準大気圧 ($1.013 \times 10^5 \text{Pa}$) において，ある気体の密度を測定したところ， 1.25g/L であった。この気体の分子量はいくらか。但し 0°C (273K)，標準大気圧 ($1.013 \times 10^5 \text{Pa}$) での気体 1mol の体積を 22.4L とする。

(2) ある 2 価の酸について，その 6.64g を水に溶かし 1L とした。この水溶液を 20.0mL 取り出し，フェノールフタレインを指示薬として 0.10mol/L の NaOH 水溶液で滴定したところ，終点までに 16.0mL を要した。この 2 価の酸の分子量はいくらか。

(3) ある水溶液の沸点上昇度は，独立に存在する溶質の質量モル濃度 (mol/kg) に比例する。このとき，水 100g に 1g の①～⑥の溶質を溶解した水溶液について

- ① グルコース ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ，分子量 180)
- ② スクロース ($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ ，分子量 342)
- ③ 塩化ナトリウム (NaCl ，式量 58.5)
- ④ 塩化カリウム (KCl ，式量 74.5)
- ⑤ 塩化マグネシウム (MgCl_2 ，式量 95.3)
- ⑥ 塩化バリウム (BaCl_2 ，式量 208)

の沸点が低いものから順に，例にならって不等号・等号を用いて記せ。

【解答例】 ①<②=③<④<⑤=⑥

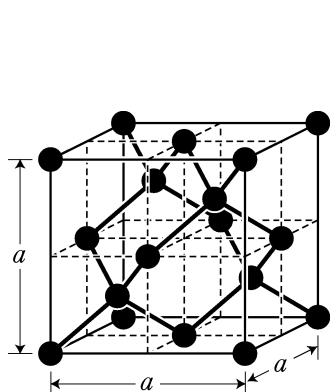
なお，水溶液中で①グルコース，②スクロースは電離せずに存在し，③塩化ナトリウム，④塩化カリウム，⑤塩化マグネシウム，⑥塩化バリウムはそれぞれ構成イオンに完全に電離しているとして良い。

計 算 用 紙

※第 1 問の問題は次のページにも続きます。

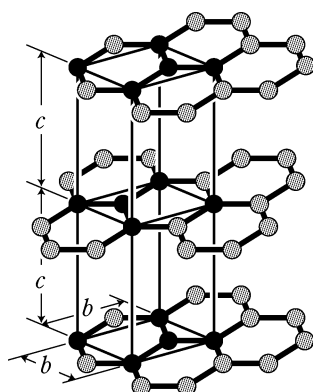
問3 以下の文章を読み、(1)～(5)の設問に答えよ。必要ならば数値として $\sqrt{2} = 1.41$ ， $\sqrt{3} = 1.73$ ， $\sqrt{5} = 2.23$ ， $\sqrt{7} = 2.64$ を用いよ。

ダイヤモンドと黒鉛（グラファイト）は何れも炭素の同素体である。ダイヤモンドは、各 C 原子が正四面体の重心に存在し、4 個の C 原子と正四面体の頂点方向に共有結合した立体的な網目構造を持つ。黒鉛は各 C 原子が正三角形の重心に存在し、3 個の C 原子と正三角形の頂点方向に共有結合し、平面上の正六角形の網目状に C 原子が配列した層構造を形成し、層同士が分子間力で集合した構造を持つ。図 1 にダイヤモンドの、図 2 に黒鉛の単位格子を示す（●で C 原子の重心の位置を示す）。



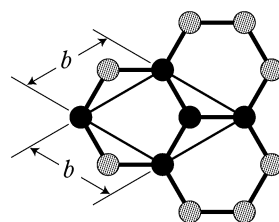
(一辺 a の立方体)

図 1



(一辺 b のひし形を底面、高さを $2c$ とする平行六面体)

図 2



底面の図

ダイヤモンドの単位格子中には炭素原子が実質 8 個、黒鉛の単位格子中には炭素原子が実質 4 個含まれる。また、炭素原子の共有結合距離（最近接の C 原子●の重心間距離）はダイヤモンドで 0.15nm 、黒鉛で 0.14nm であり、黒鉛の層間距離 (c) は 0.33nm である。

一方、ダイヤモンドの原子化熱（ 1mol の C 原子を含むダイヤモンドの結晶を原子状態の C 原子 1mol にするのに必要な熱量）は 710kJ/mol 、黒鉛の原子化熱（ 1mol の C 原子を含む黒鉛の結晶を、原子状態の C 原子 1mol にするのに必要な熱量）は 715kJ/mol である。

- (1) ダイヤモンドの単位格子の一辺の長さ a , 及び黒鉛の単位格子のひし形の底面の一辺の長さ b はそれぞれ次の①～⑤のどの値に一番近いかな、①～⑤の番号で答えよ。

① 0.20nm ② 0.25nm ③ 0.30nm ④ 0.35nm ⑤ 0.40nm

- (2) 黒鉛の密度 (1cm^3 あたりの質量) は 2.2g/cm^3 である。ダイヤモンドの密度は次の①～⑤のどの値に一番近いかな、①～⑤の番号で答えよ。

① 1.1g/cm^3 ② 2.2g/cm^3 ③ 3.3g/cm^3 ④ 6.6g/cm^3 ⑤ 8.8g/cm^3

- (3) 炭素原子間の「共有結合距離」がダイヤモンドと黒鉛とで異なる理由として最も適切なものを以下の①～④から 1 つ選び、①～④の番号で答えよ。

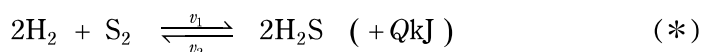
- ① ダイヤモンドは非常に硬いのに対し、黒鉛は層ごとにはがれやすいため。
- ② ダイヤモンドは電気伝導性を持たないが、黒鉛は電気伝導性を持つため。
- ③ ダイヤモンドは炭素原子同士が全て共有結合した共有結合の結晶であるのに対し、黒鉛は巨大分子の層が分子間力で集合した分子結晶であるため。
- ④ ダイヤモンドは炭素原子同士の結合が単結合であるのに対し、黒鉛は炭素原子同士の結合が二重結合性を持つため。

- (4) 酸素 O_2 の $\text{O}=\text{O}$ 結合の結合エネルギーは 490kJ/mol , 二酸化炭素 CO_2 の $\text{C}=\text{O}$ 結合の結合エネルギーは 800kJ/mol である。このとき、ダイヤモンドの燃焼熱 (1mol の C 原子を含むダイヤモンドを気体の O_2 により完全燃焼させ、気体の CO_2 が生じる時の反応熱) は何 kJ/mol か、整数値で答えよ。

- (5) 黒鉛の燃焼熱 (1mol の C 原子を含む黒鉛の結晶を気体の O_2 により完全燃焼させ気体の CO_2 が生じる時の反応熱) は、ダイヤモンドの燃焼熱 (1mol の C 原子を含むダイヤモンドの結晶気体の O_2 により完全燃焼させ気体の CO_2 が生じる時の反応熱) と何 kJ/mol 異なるか、「黒鉛の方が● kJ/mol 大きい or 小さい」のような文章で (●に具体的な整数値を記して) 答えよ。

次の文章を読み、以下の設問に答えよ。解答は解答用紙のそれぞれ指定された枠内に「答のみ」記せ。但し気体はすべて理想気体とし、また混合気体においてドルトンの分圧法則が成立するとして良い。

温度 $1.0 \times 10^3 \text{ K}$ 以上では、硫黄単体は S_2 (気体) として存在する。この温度において硫黄 S_2 (気体) は水素 H_2 (気体) と反応して硫化水素 H_2S (気体) が生じるが、この反応は (*) 式で表される可逆反応となる。なお(*)の右向きは発熱反応 ($Q > 0$) である。



気体中の H_2 , S_2 , H_2S のモル濃度 (単位: mol/L, 容積 1L 当たりの物質質量(mol)) を $[\text{H}_2]$, $[\text{S}_2]$, $[\text{H}_2\text{S}]$ と表し, (*) 式の右向きの反応 (正反応) と左向きの反応 (逆反応) の反応速度定数をそれぞれ k_1 及び k_2 とすると, 正反応速度は $v_1 = k_1[\text{H}_2]^2[\text{S}_2]$, 逆反応速度は $v_2 = k_2[\text{H}_2\text{S}]^2$ と表される。

このような可逆反応では反応を開始して暫くすると, 反応物質が残っていても見かけ上反応が進まない (反応物・生成物の物質質量が変化しない) 状態となり, このような状態を「平衡状態」という。これは, 例えば容器内に H_2 , S_2 を封入して反応を開始させたとき, 反応開始時では v_1 ア (<・=・>) 0, v_2 イ (<・=・>) 0 であるため, H_2 , S_2 が減少し, H_2S が増加してゆくが, 反応が進むに従い v_1 は ウ (増加・減少) し, v_2 は エ (増加・減少) してゆき, やがて v_1 オ (<・=・>) v_2 となるためである。このことから, (*) の反応が平衡状態となっているとき, 反応混合物中の $[\text{H}_2\text{S}]$, $[\text{H}_2]$, $[\text{S}_2]$ は次の式を満たす。

$$\frac{[\text{H}_2\text{S}]^2}{[\text{H}_2]^2[\text{S}_2]} = \text{カ} = K_C$$

この K_C を「平衡定数」という。また平衡状態での反応混合物中の H_2 , S_2 , H_2S の分圧をそれぞれ P_{H_2} , P_{S_2} , $P_{\text{H}_2\text{S}}$ とすると,

$$\frac{P_{\text{H}_2\text{S}}^2}{P_{\text{H}_2}^2 \cdot P_{\text{S}_2}} = K_P$$

で表される K_P は「圧平衡定数」と呼ばれ, 気体定数を R , 温度を $T(\text{K})$ とすると, K_C と K_P の間には

$$K_P = \text{キ} K_C$$

の関係が成立する。

問 1 文中の空欄 ア ～ キ について、ア ～ オ には各カッコ内から適切なものを選び、カ ・ キ は本文中の記号を用いた適切な式を記せ。

問 2 容積可変の容器に H_2 を 2mol, S_2 を 1mol を封入し、容器内の気体の全圧を $P(\text{Pa})$, 温度を $T(\text{K})$ に保ちながら反応を開始させた。

- (1) 反応が平衡に至ったときまでに反応した H_2 の物質量の割合を α とする。この平衡状態において、①容積は反応開始前の何倍となるか。また② H_2 の分圧 P_{H_2} , ③ S_2 の分圧 P_{S_2} , ④ H_2S の分圧 $P_{\text{H}_2\text{S}}$ はそれぞれ何 Pa か。①～④何れも P , α を用いた式で表せ。
- (2) 全圧 $P = 6.0 \times 10^5 (\text{Pa})$, 温度 $T = 1.0 \times 10^3 (\text{K})$ に保ちながら反応を開始させ、反応が平衡に至ったとき、容積は反応開始時の 0.75 倍となっていた。①平衡状態で生じている H_2S の物質量は何 mol か。また②この条件での反応(*)の圧平衡定数 K_p はいくらか、単位を付けて表せ。数値は何れも有効数字 3 桁で答えよ。

※「有効数字 3 桁」とは、 $a.bcd \cdots \times 10^n$ と表される数値（但し $1 \leq a.bcd \cdots < 10$, n は整数）の d を四捨五入し「 $e.fg \times 10^n$ 」のように表した数値である。但し $n = 0$ の場合「 $\times 10^0$ 」は記さなくて良い。

問 3 問 2 において、全圧 $P = 1.0 \times 10^6 (\text{Pa})$, 温度 $T = 1.0 \times 10^3 (\text{K})$ に保ちながら反応を開始させた（問 2 の(2)の場合と温度は同じで全圧を上げた）。このとき次の(1)～(4)の値は、問 2 の(2)の反応条件の場合に比べそれぞれ「小さくなる」か「大きくなる」か「変化しない」か答えよ。

- (1) 反応開始直後での正反応の反応速度
- (2) 平衡状態での逆反応の反応速度
- (3) 平衡状態での H_2S の物質量
- (4) 反応①の圧平衡定数 K_p

次のⅠ～Ⅱの文章を読み、問1～5に答えよ。但し原子量を $\text{Zn} = 65.4$, $\text{Cd} = 112.4$ とし、ファラデー定数 $F = 9.65 \times 10^4 \text{ C/mol}$ とする。

Ⅰ 金属は一般に電子を失って陽イオンになりやすい性質を持っている。水中で金属が電子を放出して陽イオンになる性質を「イオン化傾向」という。イオン化傾向は、イオン化エネルギーや陽イオンの水中での安定性の違いから、元素により異なる。

2つの異なる金属のイオン化傾向の大小は、ある金属イオンを含む水溶液に別の金属単体を入れた時の反応で比べられる。例えば、銅(Ⅱ)イオン Cu^{2+} を含む水溶液に金属亜鉛 Zn を入れると、 Zn がイオン化して Zn^{2+} となり、金属銅 Cu が析出する。



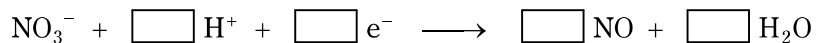
このことは、 Zn の方が Cu よりイオン化傾向が大きいことを示している。

金属バリウム Ba は、常温で水 H_2O と非常に激しく反応して水素 H_2 を発生する。これは水はごく僅かであるが電離し、 H^+ を放出するためである。しかし水の電離により生じる H^+ の濃度は非常に低いため、金属亜鉛 Zn は希塩酸 (HCl 水溶液) には水素 H_2 を発生して溶けるが、水とは反応しない。また金属カドミウム Cd も希塩酸には水素 H_2 を発生して溶けるが、水とは反応しない。またカドミウム(Ⅱ)イオン Cd^{2+} イオンを含む水溶液に金属亜鉛 Zn を入れると、 Zn がイオン化して Zn^{2+} となり、金属カドミウム Cd が析出する。一方、金属銅 Cu は希塩酸には溶解しないが、^(a) 希硝酸 (HNO_3 水溶液) には Cu がイオン化して Cu^{2+} となって溶解する。

問 1 問題文の記述から，Zn，Cu，H，Ba，Cd について，イオン化傾向が大きい順にならべ，例にならって答えよ。

【解答例】 $\text{Zn} > \text{Cu} > \text{H} > \text{Ba} > \text{Cd}$

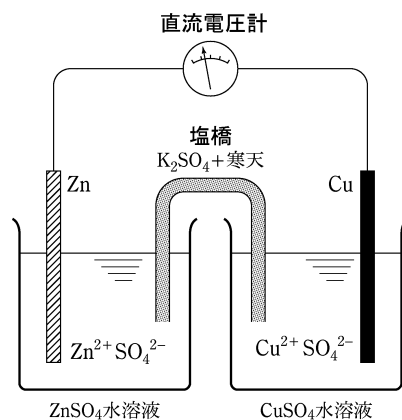
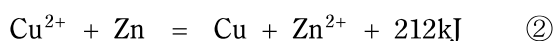
問 2 下線部(a)において，希硝酸は次の半反応式に従って反応する。



- (1) 半反応式の空欄 $\boxed{}$ に適切な係数を定め，完成させた半反応式を記せ。
(2) 下線部(a)で，金属銅 Cu が希硝酸に溶解するときの化学反応式を記せ。

※第 3 問の問題は次のページにも続きます。

Ⅱ 右図のように、イオン化傾向が異なる 2 種の金属を、それぞれの金属イオンを含む水溶液に浸し、溶液間を塩橋（ K_2SO_4 水溶液を寒天でゼリー状に固めたもの）で接続すると、電池が形成される。この時の電流の向きと起電力を測定することでも、イオン化傾向の大小を比べることができる。右図の電池では、反応式①に伴う熱エネルギーを電気エネルギーとして取り出すことができる。



電池が電流を流すエネルギーを起電力といい、その大きさは電圧の単位 V （ボルト、電流中の電子 1C 当りのエネルギー、 $\text{V} \equiv \text{J/C}$ ）を用いて表される。式②で、 2mol の電子の移動に伴い 212kJ の反応熱が生じることから、熱エネルギーが 100% 電気エネルギーに変換された場合、起電力は $\frac{212 \times 10^3}{2 \times 9.65 \times 10^4} = 1.10(\text{V})$ となる。同様にして

③ Cd^{2+} を含む水溶液に Cd 板を浸した電極と、 Cu^{2+} を含む水溶液に Cu 板を浸した電極を組み合わせて電池を作った場合、 Cd が負極となり、起電力は $0.66(\text{V})$ となる。

問3 図の Zn^{2+} を含む水溶液に Zn 板を浸した電極と、 Cu^{2+} を含む水溶液に Cu 板を浸した電極を組み合わせて作った電池について、以下の設問に答えよ。

- (1) 「負極」「正極」となっている元素はそれぞれどちらか、次の記入例にならってそれぞれ元素記号で記せ。

【記入例】 負極：Mn 正極：Cd

- (2) 最初、水溶液中の Zn^{2+} 、 Cu^{2+} はそれぞれ 1 mol/L、水溶液の体積は 100 mL となっていた。この電池から 1A (アンペア) の電流を 3860 秒 (1 時間 4 分 20 秒) 流したとき、水溶液中の Zn^{2+} 、 Cu^{2+} の濃度はそれぞれ何 mol/L となるか。必要ならば小数第三位以下を四捨五入して、小数第二位までの数値で答えよ。

但し放電の前後で水溶液の体積は変化しないとして良い。また A (アンペア) とは 1 秒間 (1s) あたりに流した電子の電気量の大きさを表し、 $A \equiv C/s$ である。

問4 下線部(c)の電池で生じる反応を、②にならって「熱化学方程式」で表せ。但し反応熱は小数点以下を四捨五入して整数値で表せ。

問5 Zn^{2+} を含む水溶液に Zn 板を浸した電極と、 Cd^{2+} を含む水溶液に Cd 板を浸した電極を組み合わせて電池を作った場合、①どちらが負極となるか、その元素記号を記せ。また②この電池の起電力は何 V となるか、必要ならば小数第三位以下を四捨五入して、小数第二位までの数値で答えよ。

計 算 用 紙

計 算 用 紙