

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(1) 以下の間に答えなさい。

塩化ナトリウム (NaCl) を例にとって、イオン結晶の結合エネルギーを概算してみよう。

距離  $a$  にある一対の正負イオン (電荷は  $\pm e$ ) を、その間の引力に逆らって無限遠まで引き離すのに必要なエネルギーは、 と表される。このようなイオン対が 1 モルあるとき、それらを引き離すのに必要なエネルギーは、 にアボガドロ定数をかければ良い。しかし、結晶のエネルギーは、このような種類のイオン対についてのみではなく、あらゆるイオン間の対についてのエネルギーの総和として考えなければならない。例えば、結晶中の一つのイオンに着目すると、NaCl 型結晶の場合、ある一つのイオンから近い順に、距離  $a$  (最隣接) のところに 個の異符号のイオンがあり、 $a$  の 倍の距離 (第二隣接) のところに 個の同符号のイオンがあり、そして、 $a$  の 倍の距離 (第三隣接) のところに 個の異符号のイオンがあり、・・・と、正負の項が無限遠まで順次続き、これらを全て加えて計算に反映させなければならない。このような級数は 定数と呼ばれ、結晶構造ごとに数値が定まっている。ちなみに、NaCl 型構造の場合は、約 1.7476 である。

以上より、NaCl の 1 モルあたりの結合エネルギーは、 にアボガドロ定数をかけたものに、さらに 定数をかけることで概算できる。

- (a) (ア) に入る式を、 $a$ 、 $e$ 、 $\epsilon_0$  を用いて表しなさい。ただし、 $\epsilon_0$  は真空の誘電率とする。
- (b) (イ)、(ウ)、(エ)、(オ)、(カ) に入る数字を記しなさい。必要があれば、 $\sqrt{\quad}$  を用いて表すこと。
- (c) (キ) に入る言葉を、カタカナで記しなさい。
- (d) 上記のようにして求めた結果は、必ずしも実測値と一致しない。具体的には、計算結果のほうが 10% ほど実測値より大きくなるようである。なぜ、このような差が生じるのか。考えられる理由を 150 字程度で述べなさい。

以下に記入すること

(1)

(a)

(b) (イ)

(ウ)

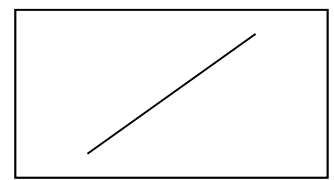
(エ)

(オ)

(カ)

(c) (キ)

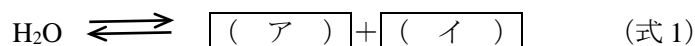
(d)



化学【問 3】	第 1 志望 コース	受験 番号
---------	---------------	----------

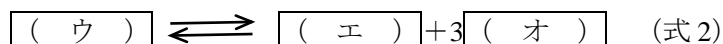
(2) 水溶液中における化学反応について、以下の文章に関する問に答えなさい。

水は極めてわずかであるがイオンに解離している。この化学反応式は以下の通りである。



上記反応式の右辺において、解離したイオン濃度の積を水の  $\boxed{\text{(カ)}}$  と呼ぶ。25°C においてはこの値は  $\boxed{\text{(キ)}}$  mol<sup>2</sup> dm<sup>-6</sup> である。酸や塩基が溶解した水溶液でも、温度が一定であればこの関係が成り立っている。したがって、水溶液の酸性と塩基性の度合いは  $\boxed{\text{(ア)}}$  の濃度の対数を用いて表され、これは  $\boxed{\text{(ク)}}$  と呼ばれる。

これに類似した考え方は難溶性塩の溶解・析出反応にも適用できる。例えば、3価の鉄イオンに塩基を加えたときに生成する水酸化鉄の溶解反応は下記のように表される。



上記反応式の右辺において、溶解により生成したイオン濃度の積を溶解度積  $K_{\text{sp}}$  と呼び、温度が一定であれば一定の値をとる。

(a) 空欄  $\boxed{\text{(ア)}}$  ~  $\boxed{\text{(オ)}}$  に入る化学種を、下記の例のように元素記号を用いて表しなさい。

例 : NaCl, Na<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>

(b)  $\boxed{\text{(カ)}}$ 、 $\boxed{\text{(ク)}}$  に入る用語と、 $\boxed{\text{(キ)}}$  に入る数値を記しなさい。

(c) (式2) における溶解度積  $K_{\text{sp}}$  を、 $\boxed{\text{(エ)}}$ 、 $\boxed{\text{(オ)}}$  の濃度を用いて表しなさい。なお、各化学種の濃度は下記の例のように角括弧を用いて表すものとする。

例 : [Na<sup>+</sup>], [Cl<sup>-</sup>]

(d) 2×10<sup>-3</sup> mol dm<sup>-3</sup> の 3 価の鉄イオンを含む 25°C の酸性溶液に水酸化ナトリウム溶液を少量ずつ滴下していく場合、水酸化鉄の沈殿生成が起こり始める  $\boxed{\text{(ク)}}$  を求めなさい。ただし、25°C における (式2) の反応の溶解度積を 2×10<sup>-39</sup> mol<sup>4</sup> dm<sup>-12</sup> とする。

(e) 水溶液の  $\boxed{\text{(ク)}}$  を電気化学的に測定するガラス電極の原理について、以下の用語を全て用いて 100 字程度で説明しなさい。

(用語 : ガラス隔膜、内部液、試料溶液)

以下に記入すること

(2)

(a)

ア	イ
ウ	エ
オ	

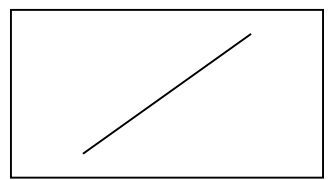
(b)

カ	キ
ク	

(c)

(d)

【裏面につづく】



---

以下に記入すること

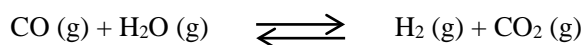
---

(e)

化学【問 3】	第 1 志望 コース		受験 番号	
---------	---------------	--	----------	--

(3) 以下の間に答えなさい。

一酸化炭素と水から水素ガスを得る反応について考える。



反応に関与する物質は全て理想気体として扱ってよいものとし、また 298 K での標準生成自由エネルギーは以下の値とする。



- (a) この反応の 298 K での標準自由エネルギー変化 $\Delta G^\circ$  を求めなさい。
- (b) ある温度  $T$  における平衡状態でのそれぞれの物質の分圧を、 $P_{\text{H}_2}$ 、 $P_{\text{H}_2\text{O}}$ 、 $P_{\text{CO}}$ 、 $P_{\text{CO}_2}$  とする。これらの分圧を用いて圧平衡定数 $K_p$ を求める式を書きなさい。
- (c) 圧平衡定数 $K_p$ は、反応の標準自由エネルギー変化 $\Delta G^\circ$  から計算することができる。両者の関係を示す式として適切なものを、以下の(i)~(iv)から選びなさい。また、その導出過程も示しなさい。ただし、 $R$  は気体定数、 $T$  は絶対温度とする。

(i) $\Delta G^\circ = -RT \ln K_p$	(ii) $\Delta G^\circ = RT \ln K_p$
(iii) $K_p = -RT \ln \Delta G^\circ$	(iv) $K_p = RT \ln \Delta G^\circ$

- (d) 共に 2.00 mol の一酸化炭素と水を密封容器に入れ、700 K で反応させ平衡に到達させたところ、全圧力は  $1.00 \times 10^5 \text{ Pa}$  であった。この平衡状態における各成分の分圧とモル数を求めなさい。なお、この反応の 700 K での圧平衡定数は、 $K_p = 9.00$  であるとする。

---

以下に記入すること

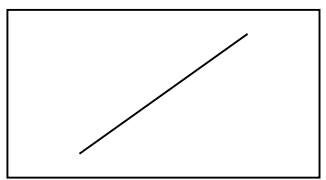
---

(3)

(a)

(b)

【裏面につづく】



---

以下に記入すること

(c)



---

以下に記入すること

(d)