

2022 年 6 月 9 日

電子物質科学科 3年 前期
エネルギー電気化学 確認テスト

須田 聖一

(問題 1) ~ (問題 10)のすべてに回答せよ。

解答に至るまでの論理的な展開を評価するため、解答までの経緯を必ず記載すること。

また、問題中で指定がない場合、温度は室温(298 K)とし、気体定数 R は

$R = 8.314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ を用いること。

(問題 1) 物質の活量が 1 桁変わると、25°C のときのギブスエネルギーはどれだけ変化するかを計算せよ(有効数字 3 桁)。

(問題 2) 「暗くなると LED が点灯する」といった便利な照明システムが広く使われている。これを実現するための重要な素子が明るさによって抵抗が変化するフォトレジスタである。フォトレジスタ材料としては古くから CdS が使われている。CdS フォトレジスタの配線として Al を使うことができない理由を、以下の標準電極電位より説明せよ。

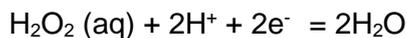
(標準電極電位, E^0 / V vs. SHE)



(問題 3) 以下の 2 つのデータ



から、

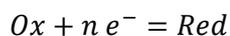


の標準電極電位 E^0 を求めよ。

(問題 4) 成分 i の化学ポテンシャル μ_i と活量 a_i との間には、以下の関係が成り立つ。

$$\mu_i = \mu_i^0 + RT \ln a_i$$

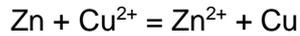
これを用いて、以下の電荷移動反応を考える。



これより Nernst の式を導け。

(問題 5) 水の電気分解の逆反応となる, Grove 電池(燃料電池)では, 起電力が水溶液中の pH に依存しないことを Nernst の式を用いて説明せよ。

(問題 6) 銅-亜鉛電池(ダニエル電池)は,



の反応からなる。 $[\text{Zn}^{2+}] = [\text{Cu}^{2+}] = 1.000\text{M}$ の初期濃度でつくったダニエル電池の起電力が, 放電によって 1.040V に下がった。このとき, $[\text{Zn}^{2+}]$ および $[\text{Cu}^{2+}]$ の値を求めよ。

(標準電極電位, E^0 / V vs. SHE)



(問題 7) 物質 1 mol のうち, 1 分子も活性化状態に達しないようならば, 反応はまずはおこらないと考えて良いだろう。温度が 25°C のとき, 活性化エネルギー E が何 kJ mol^{-1} を越えるとこのような状態になるか計算せよ(有効数字 3 桁)。

(問題 8) $|x| \ll 1$ のとき, $e^x = 1 + x$ と近似することができる。これを, 以下の Butler-Volmer の式に適用して, $\eta = 0$ の近傍では, i は η に比例することを示せ。

$$i = i_0 \left\{ \exp\left(\frac{\alpha n F \eta}{RT}\right) - \exp\left(-\frac{(1-\alpha)n F \eta}{RT}\right) \right\}$$

(問題 9) 25°C で活性化エネルギーが 50 kJ mol^{-1} から 40 kJ mol^{-1} に下がった時, 交換電流密度は 何倍になるかを計算せよ。

(問題 10) 電極反応において拡散が律速の場合には, 非定常状態の拡散方程式を解く必要がある。そのためには, (1) 式の Fick の第一法則から導かれる (2) 式の Fick の第二法則を用いる必要がある。

$$J = -D \frac{dC}{dx} \quad (1)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \quad (2)$$

この Fick の第一法則から, (2) 式の Fick の第二法則を導け。

以上