



問題8. 燃料電池

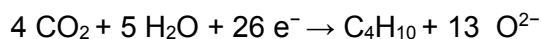
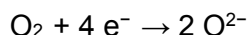
多孔質の電極を用いた古典的な水素電池を考える。多孔質の電極は気体を通し、正極は液体の水も通す。正極は酸素で飽和しており、負極は水素で飽和している。生成された水は正極を通して排出される。電極の間は水素イオンのみを通す膜（従ってこの膜は伝導性をもつ）で仕切られている。このような燃料電池は水素と酸素が反応するのに電極を介した電子の移動と膜を通した水素イオンの移動以外の方法がないためとても効率が良い。すべての気体は理想気体として振る舞うとする。この問題では標準温度を**298 K**とし、標準圧力を**1 bar**とする。

- 8.1 上の燃料電池の標準起電力(standard electromotive force: standard EMF)を求めよ。温度は**298 K**で酸素と水素の圧力は**1 bar**とする。ただし、水は液体の状態で作成するものとする。
- 8.2 上の燃料電池の標準起電力を求めよ。温度は**298 K**で酸素と水素の圧力は**1 bar**とする。ただし、水は気体で作成するものとする。
- 8.3 温度が(a) **298 K** (b) **373 K**の時の前問 (8.1と8.2) の燃料電池の理想熱力学効率 (熱力学効率または最高効率または理想効率とは得られる最大の仕事 (訳注: 燃料電池の効率においては“最大の非膨張仕事”とするのが適当ではないかと思われる。)) と得られる最大の熱の比である) をそれぞれ求めよ。エンタルピーとエントロピーの温度依存性は無視して良い。

上で考えた燃料電池と非常に似通っているが、水素をブタンに置き換えて動作する燃料電池を作ることができる。

- 8.4 正極と負極でのつりあいのとれた半反応式をそれぞれ答えよ。
- 8.5 ブタンと酸素で動作する燃料電池の起電力を求めよ。ただし、ブタンは標準温度、**1 bar**で電極を飽和しており、**1 bar**で酸素と反応する。また、水は液体の状態で作成するものとする。
- 8.6 このブタン燃料電池について理想熱力学効率を求めよ。

改良されたブタン燃料電池は導電性酸化物の電解質を使用する。この燃料電池では以下の電極半反応が起こる。



- 8.7 この導電性酸化物の電解質を用いた改良ブタン燃料電池について標準起電力を求めよ。ただし、ブタンは標準温度、**1 bar**で電極を飽和しており、**1 bar**で酸素と反応する。また、水は液体の状態で作成するものとする。

形式的なメタノールの燃焼を伴って動作する燃料電池もある。この燃料電池の起電力は標準温度の**298 K**では**1.21 V**であるが、**373 K**では**10 mV**だけ低下する。

- 8.8 正極と負極のそれぞれで起こる半反応のつりあいのとれた化学反応式を答えよ。また、このメタノール燃料電池で起こる反応全体を表す化学反応式も答えよ。
- 8.9 この燃料電池の起電力に関するネルンストの式を答えよ。生成物と反応物について適当



な標準状態を選んで答えよ。

8.10 この燃料電池で起こる反応のうち最低の整数係数で表される反応を考え、その標準反応エントロピーと標準反応エンタルピーを求めよ。

ヒント：ファンツホッフの式を用いる。

有用なデータ：

$$\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) = -286 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) = -242 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{CO}_2(\text{g})) = -393 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$\Delta_f H^\circ(\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})) = -126 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$S^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{l})) = 70 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$S^\circ(\text{H}_2\text{O}(\text{g})) = 189 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$S^\circ(\text{H}_2(\text{g})) = 131 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$S^\circ(\text{O}_2(\text{g})) = 205 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$S^\circ(\text{C}(\text{s})) = 6 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$S^\circ(\text{CO}_2(\text{g})) = 214 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$$

$$\Delta_f G^\circ(\text{C}_4\text{H}_{10}(\text{g})) = -17 \text{ kJ mol}^{-1}$$

