



Elektrochemie

Übung 1: Faraday'sches Gesetz

Simon Schneider (simon.schneider@psi.ch), exercises and figures are partially adapted from Eibar Flores

Besprechung der Übung: 07.10.2019

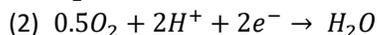
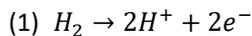
Das Faraday'sche Gesetz beschreibt den Zusammenhang zwischen der an einer Elektrode umgesetzten Masse m eines Stoffes und der Ladungsmenge Q :

$$m = \frac{QM}{zF}$$

m bezeichnet die umgesetzte Masse [kg], Q ist die in der elektrochemischen Reaktion umgesetzte Ladung [C], M ist die molare Masse des umgesetzten Stoffes [kg/mol] und z [-] bezeichnet die Anzahl Elektronen, die pro Mol umgesetzten Stoffes transferiert werden. $F = 96'485$ C/mol ist die Faraday-Konstante (= Ladung von 1 mol Elektronen).

1. Brennstoffzelle

Toyota Mirai ist ein Auto, das mit einer Brennstoffzelle betrieben wird. Unter hohem Druck werden 5 kg Wasserstoff-Gas gespeichert und mittels eines Brennstoffzellenstapels gemäss den folgenden Halbzellen-Reaktionen umgesetzt, wobei der Sauerstoff in (2) aus der Umgebungsluft stammt.



Die Elektronen werden in einem externen Stromkreislauf transportiert und treiben so einen elektrischen Motor an. Bitte berechne:

- a.) Die Ladungsmenge Q (für $m = 5$ kg Wasserstoff-Gas)
- b.) Die Distanz [km], welche das Auto mit einem vollen Tank zurücklegen kann. Für die Berechnung wird angenommen, dass im Brennstoffzellenstapel, welcher aus 200 einzelnen Zellen besteht, eine Stromstärke von 65 A erforderlich ist, um das Fahrzeug auf einer konstanten Geschwindigkeit von 50 km/h zu halten. (Tipp: Beachte, dass die Reaktion in allen 200 Zellen des Brennstoffzellenstapels gleichzeitig stattfindet.)

2. Lithium-Ionen-Batterie

Die Batterie eines iPhone 8 Plus verfügt über eine Kapazität von 2'675 mAh. Beim Entladen der Batterie werden Lithium-Ionen von der Anode (typischerweise Graphit) zur Kathode (typischerweise ein Übergangsmetall-Oxid) transportiert. Gemäss Ladungserhaltung fliesst pro Mol Li^+ (extrahiert aus Anode und transportiert zu Kathode) ein Mol Elektronen in einem externen Stromkreislauf von der Anode zur Kathode. Bitte beantworte die folgenden Fragen:

- Wie viele Lithium-Ionen werden beim Entladevorgang des iPhone 8 Plus von der Anode zur Kathode transportiert? (Für die Berechnung soll angenommen werden, dass das iPhone komplett entladen wird, was der angegebenen Kapazität von 2'675 mAh entspricht.)
- Es wird nun angenommen, dass die Batterie-Laufzeit des iPhone 8 Plus bei intensivem Gebrauch (z.B. Google Maps) 2 Stunden beträgt. Wie viele Lithium-Ionen werden pro Sekunde von der Anode zur Kathode transportiert und welcher Stromstärke entspricht dies? (Für die Berechnung soll erneut eine verfügbare Kapazität von 2'675 mAh angenommen werden.)

3. Galvanisierung

Bei der Galvanisierung wird ein Metall mittels einer elektrochemischen Reaktion mit einer dünnen Schicht eines anderen Metalls beschichtet. Abbildung 1 zeigt schematisch die Beschichtung eines Schlüssels mit Silber. Der Schlüssel wird dazu in eine silberhaltige Lösung eingetaucht und elektrisch mit einem Silber-Draht verbunden. Durch Anlegen eines Stromes wird am Silber-Draht Ag oxidiert und an der Schlüssel-Oberfläche Ag^+ reduziert, wo sich auf diese Weise eine dünne Schicht Silber abscheidet.

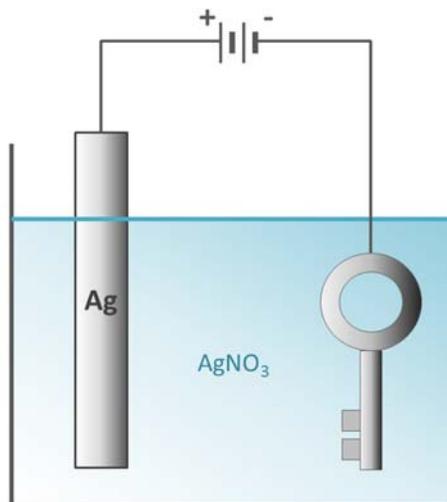


Abbildung 1: Galvanisierung eines Schlüssels mit einer dünnen Schicht Silber.

Es wird angenommen, dass der Schlüssel eine Oberfläche von 70 cm^2 aufweist und mit einer Stromstärke von 180 mA beschichtet wird (Halbzellen-Reaktion: $\text{Ag}^+ + e^- \rightarrow \text{Ag}$).

- a) Berechne die erforderliche Zeit, um eine gleichmässige $10\ \mu\text{m}$ dicke Schicht abzuscheiden (gravimetrische Dichte und molare Masse von Silber: $\rho = 10.5\ \text{g/cm}^3$, $M = 107.9\ \text{g/mol}$).

Führe die analoge Berechnung durch für die Beschichtung mit Gold und Kupfer:

- b) Halbzellenreaktion: $\text{Au}^{3+} + 3e^- \rightarrow \text{Au}$, $\rho = 19.3\ \text{g/cm}^3$, $M = 197.0\ \text{g/mol}$.
c) Halbzellenreaktion: $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}$, $\rho = 8.96\ \text{g/cm}^3$, $M = 63.5\ \text{g/mol}$.