

ゆっくり丁寧な **物理化学** #2-2
 単元毎の断片的な理解は後々困る

Today's TOPICs/ 本動画でわかること

- 電気化学の6つの物理量(時間・電位(電位差;電圧)・電流・電荷・抵抗・電気エネ)をイメージして理解する
- ファラデー定数(96500C/mol)

大電流と大電圧の違い?
 電気エネは位置エネと同じ!?

1

1. 電気化学の歴史・雑学
 2. 電池の原理 } 本授業動画 #2-1

3. 電気化学の基本4パラメーター
 4. 「抵抗」と電気エネルギー } 本授業動画 #2-2

前回の電池の講義(復習#2-1)から,
Liイオン二次電池の動作原理を知る。

物理化学_オンライン授業 2

2

#2-1で大事なことのダイジェスト【復習①】

水 = 電子

水の流れ = 電子の流れ

水は 高い位置から低い位置へ 自発的に流れる
 電子は 高いエネから低いエネへ 自発的に流れる

物理化学_オンライン授業 3

3

#2-1で大事なことのダイジェスト【復習②】

標準電極電位 E° (V vs SHE)

高	$\text{Li}^{+} + e^{-} = \text{Li}$	-3.04
	$\text{K}^{+} + e^{-} = \text{K}$	-2.925
	$\text{Rb}^{+} + e^{-} = \text{Rb}$	-2.924
	$\text{Ba}^{2+} + 2e^{-} = \text{Ba}$	-2.92
	$\text{Sr}^{2+} + 2e^{-} = \text{Sr}$	-2.89
	$\text{Ca}^{2+} + 2e^{-} = \text{Ca}$	-2.84
	$\text{Na}^{+} + e^{-} = \text{Na}$	-2.714
	$\text{Mg}^{2+} + 2e^{-} = \text{Mg}$	-2.356
	$\text{Al}^{3+} + 3e^{-} = \text{Al}$	-1.676
	$\text{U}^{3+} + 3e^{-} = \text{U}$	-1.66
	$\text{Tl}^{3+} + 3e^{-} = \text{Tl}$	-1.63
	$\text{Zr}^{4+} + 4e^{-} = \text{Zr}$	-1.55
	$\text{Mn}^{2+} + 2e^{-} = \text{Mn}$	-1.18
	$\text{Zn}^{2+} + 2e^{-} = \text{Zn}$	-0.763
	$\text{Cr}^{3+} + 3e^{-} = \text{Cr}$	-0.74
	$\text{Fe}^{2+} + 2e^{-} = \text{Fe}$	-0.44
	$\text{Cd}^{2+} + 2e^{-} = \text{Cd}$	-0.403
	$\text{Co}^{2+} + 2e^{-} = \text{Co}$	-0.277
	$\text{Ni}^{2+} + 2e^{-} = \text{Ni}$	-0.257
	$\text{Sn}^{2+} + 2e^{-} = \text{Sn}$	-0.138
	$\text{Pb}^{2+} + 2e^{-} = \text{Pb}$	-0.126
	$2\text{H}^{+} + 2e^{-} = \text{H}_2$	0.0000
	$\text{Cu}^{+} + e^{-} = \text{Cu}$	0.337
	$\text{Cu}^{2+} + 2e^{-} = \text{Cu}$	0.520
	$\text{Hg}_2^{2+} + 2e^{-} = 2\text{Hg}$	0.796
	$\text{Ag}^{+} + e^{-} = \text{Ag}$	0.799
	$\text{Hg}^{2+} + 2e^{-} = \text{Hg}$	0.85
	$\text{Pt}^{2+} + 2e^{-} = \text{Pt}$	1.188
	$\text{Au}^{3+} + 3e^{-} = \text{Au}$	1.52
低	$\text{Au}^{+} + e^{-} = \text{Au}$	1.83

高いエネルギー状態から
低いエネルギー状態へ自発的に動く

標準電極電位は
物質がもつ電子エネルギーの
高低一覧表
(みたいなもの)

覚える必要は一切ありません。
標準電極電位の「見方・考え方」を理解する。

4

#2-1で大事なことのダイジェスト【復習③】

標準電極電位 E° (V vs SHE)

	$\text{Li}^{+} + e^{-} = \text{Li}$	-3.04
	$\text{K}^{+} + e^{-} = \text{K}$	-2.925
	$\text{Rb}^{+} + e^{-} = \text{Rb}$	-2.924
	$\text{Ba}^{2+} + 2e^{-} = \text{Ba}$	-2.92
	$\text{Sr}^{2+} + 2e^{-} = \text{Sr}$	-2.89
	$\text{Ca}^{2+} + 2e^{-} = \text{Ca}$	-2.84
	$\text{Na}^{+} + e^{-} = \text{Na}$	-2.714
	$\text{Mg}^{2+} + 2e^{-} = \text{Mg}$	-2.356
	$\text{Al}^{3+} + 3e^{-} = \text{Al}$	-1.676
	$\text{U}^{3+} + 3e^{-} = \text{U}$	-1.66
	$\text{Tl}^{3+} + 3e^{-} = \text{Tl}$	-1.63
	$\text{Zr}^{4+} + 4e^{-} = \text{Zr}$	-1.55
	$\text{Mn}^{2+} + 2e^{-} = \text{Mn}$	-1.18
	$\text{Zn}^{2+} + 2e^{-} = \text{Zn}$	-0.763
	$\text{Cr}^{3+} + 3e^{-} = \text{Cr}$	-0.74
	$\text{Fe}^{2+} + 2e^{-} = \text{Fe}$	-0.44
	$\text{Cd}^{2+} + 2e^{-} = \text{Cd}$	-0.403
	$\text{Co}^{2+} + 2e^{-} = \text{Co}$	-0.277
	$\text{Ni}^{2+} + 2e^{-} = \text{Ni}$	-0.257
	$\text{Sn}^{2+} + 2e^{-} = \text{Sn}$	-0.138
	$\text{Pb}^{2+} + 2e^{-} = \text{Pb}$	-0.126
	$2\text{H}^{+} + 2e^{-} = \text{H}_2$	0.0000
	$\text{Cu}^{+} + e^{-} = \text{Cu}$	0.337
	$\text{Cu}^{2+} + 2e^{-} = \text{Cu}$	0.520
	$\text{Hg}_2^{2+} + 2e^{-} = 2\text{Hg}$	0.796
	$\text{Ag}^{+} + e^{-} = \text{Ag}$	0.799
	$\text{Hg}^{2+} + 2e^{-} = \text{Hg}$	0.85
	$\text{Pt}^{2+} + 2e^{-} = \text{Pt}$	1.188
	$\text{Au}^{3+} + 3e^{-} = \text{Au}$	1.52
	$\text{Au}^{+} + e^{-} = \text{Au}$	1.83

高エネルギー

e^{-} 高い方が電子を出しやすい
高い方がイオンになりやすい
 $\text{M}^{n+} \leftarrow \text{M}$

低い方が電子を受取りやすい
低い方が金属になりやすい

低エネルギー $\text{M}^{n+} \rightarrow \text{M}$

※金は安定なためにアクセサリとして

5

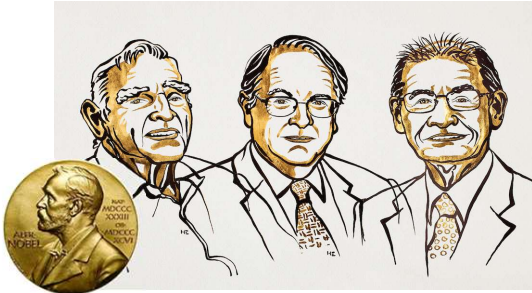
#2-1で学んだことの応用【発展①】

標準電極電位 E° (V vs SHE)

$\text{Li}^{+} + e^{-} = \text{Li}$	-3.04	$[\text{I}_3]^{-} + 2e^{-} = \text{I}_2 + 3\text{I}^{-}$	0.911
$\text{K}^{+} + e^{-} = \text{K}$	-2.925	$[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-} + e^{-} = [\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$	1.31
$\text{Rb}^{+} + e^{-} = \text{Rb}$	-2.924	$\text{Ag}^{+} + e^{-} = \text{Ag}$	1.71
$\text{Ba}^{2+} + 2e^{-} = \text{Ba}$	-2.92		1.99
$\text{Sr}^{2+} + 2e^{-} = \text{Sr}$	-2.89		
$\text{Ca}^{2+} + 2e^{-} = \text{Ca}$	-2.84		
$\text{Na}^{+} + e^{-} = \text{Na}$	-2.714		
$\text{Mg}^{2+} + 2e^{-} = \text{Mg}$	-2.356		
$\text{Al}^{3+} + 3e^{-} = \text{Al}$	-1.676		
$\text{U}^{3+} + 3e^{-} = \text{U}$	-1.66		
$\text{Tl}^{3+} + 3e^{-} = \text{Tl}$	-1.63		
$\text{Zr}^{4+} + 4e^{-} = \text{Zr}$	-1.55		
$\text{Mn}^{2+} + 2e^{-} = \text{Mn}$	-1.18		
$\text{Zn}^{2+} + 2e^{-} = \text{Zn}$	-0.763		
$\text{Cr}^{3+} + 3e^{-} = \text{Cr}$	-0.74		
$\text{Fe}^{2+} + 2e^{-} = \text{Fe}$	-0.44		
$\text{Cd}^{2+} + 2e^{-} = \text{Cd}$	-0.403		
$\text{Co}^{2+} + 2e^{-} = \text{Co}$	-0.277		
$\text{Ni}^{2+} + 2e^{-} = \text{Ni}$	-0.257		
$\text{Sn}^{2+} + 2e^{-} = \text{Sn}$	-0.138		
$\text{Pb}^{2+} + 2e^{-} = \text{Pb}$	-0.126		
$2\text{H}^{+} + 2e^{-} = \text{H}_2$	0.0000		
$\text{Cu}^{+} + e^{-} = \text{Cu}$	0.337		
$\text{Cu}^{2+} + 2e^{-} = \text{Cu}$	0.520		
$\text{Hg}_2^{2+} + 2e^{-} = 2\text{Hg}$	0.796		
$\text{Ag}^{+} + e^{-} = \text{Ag}$	0.799		
$\text{Hg}^{2+} + 2e^{-} = \text{Hg}$	0.85		
$\text{Pt}^{2+} + 2e^{-} = \text{Pt}$	1.188		
$\text{Au}^{3+} + 3e^{-} = \text{Au}$	1.52		
$\text{Au}^{+} + e^{-} = \text{Au}$	1.83		

6

#2-1で学んだことの応用【発展②】



Michael Stanley Whittingham@ニューヨーク州立大学: 理論
 John Bannister Goodenough@テキサス大学: 正極の開発
 吉野彰@旭化成: 負極の開発

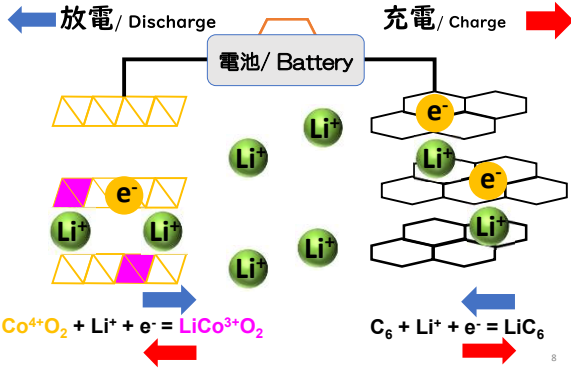
物理化学_オンライン授業

7

7

#2-1で学んだことの応用【発展②; Liイオン二次電池】

リチウムイオン(Li⁺)が行ったり来たり(挿入脱離反応)



8

8

- 1. 電気化学の歴史・雑学
- 2. 電池の原理

本授業動画
#2-1

- 3. 電気化学の基本4パラメーター
- 4. 「抵抗」と電気エネルギー

本授業動画
#2-2

物理化学_オンライン授業

9

9

電気化学における基本4パラメーター

1. 時間 (t): 秒 (s)
2. 電位 (E): ボルト (V) と 電位差 (電圧)
位置エネルギーの【位置】に相当する概念
3. 電流 (I): アンペア (A)
電子の移動に関する物理量
(ある面を単位時間に通過する電荷の量)
4. 電荷 (電気量) (Q): クーロン (C)
物体がもつ静電気量, 荷電ともいう。正電荷と負電荷がある。荷物の荷のイメージ

物理化学_オンライン授業

10

10

電気化学における基本4パラメーター

力学的イメージ

質量:
左が3kg, 右が1kg



高さ:
100m vs 地面

移動量:
単位時間(秒)あたり
通過する球の質量

左: 3kg/1sec
右: 1kg/1sec

時間(秒)

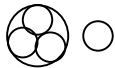
物理化学_オンライン授業

11

11

電圧(=電位差)と電流について

電圧とは電位差のこと。



時間(秒)

- 家電の電圧は大体100V
- 静電気の電圧は3,000~10,000V
- 高压電線は7,000V

静電気は触っても大丈夫だけど、高压電線は触れない。

なぜ?

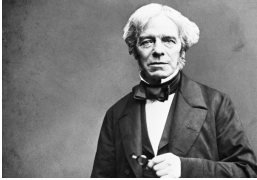
電圧にもよるが、
1mA: チクチクする
5mA: かなり痛い。筋肉は動かせる
10mA: 我慢できないほどの痛み
20mA: 筋肉が収縮して痙攣する
50mA: 呼吸困難
100mA: おなくなり

気を付けましょうね。

12

12

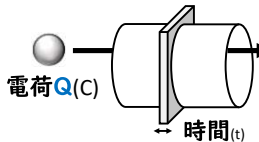
電荷とファラデー定数について



物理化学_オンライン授業 13

13

電荷の実用的な単位について



電荷 $Q(C)$ 時間 (t)

電流 $I(A)$
 $IA: 1$ 秒間に I Cの電荷(電気量)が通過

$I = Q/t$

電荷(電気量)は
 $Q(C) = It(As)$

実用的な電荷(電気量)単位
 時間を, Sec > hour

$3600C = Ah$

物理化学_オンライン授業 14

14

電気化学当量(電流とファラデー定数)について

電気化学当量: 1クーロンの電気量によって折出する原子または原子団のグラム数

例えば $Ag^+ + e^- \rightleftharpoons Ag$

最小単位反応	1個	1個	1個
モル単位の反応	6×10^{23} 個	6×10^{23} 個	6×10^{23} 個
質量または電荷(電気量)	1モル (107.9g)	1F	1モル (107.9g)

物理化学_オンライン授業 15

15

演習①: 電荷と電流とファラデー定数

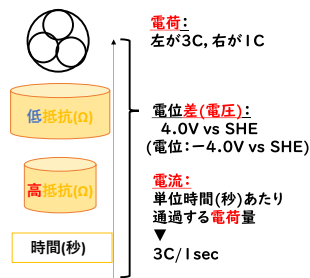
Q. ある金属に銅めっきをおこなう。銅の原子量は63.55である。
10mAの電流を2時間流した時の銅($\text{Cu}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Cu}$)の析出量(g)を答えなさい。

16

- 1. 電気化学の歴史・雑学
 - 2. 電池の原理
 - 3. 電気化学の基本4パラメーター
 - 4. 「抵抗」と電気エネルギー
- 本授業動画 #2-1
- 本授業動画 #2-2

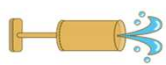
17

基本4パラメーターと抵抗について



18

水鉄砲で考える；電圧と電流と抵抗



$$\text{電流} = \frac{\text{電圧}}{\text{抵抗}}$$

電圧；押す力
電流；出る水量

抵抗；穴の大きさ
穴が小さい > 高抵抗
穴が大きい > 低抵抗

Q1. 同じ抵抗で、電圧を変更する

電圧が大きい = 電流が大きい
(押す力が強い = 出る水量が多い)

電圧が小さい = 電流が小さい
(押す力が弱い = 出る水量が少ない)

Q2. 同じ電圧で、抵抗を変更する

抵抗が高い = 電流が小さい
(穴が小さい = 出る水量が少ない)

抵抗が低い = 電流が大きい
(穴が大きい = 出る水量が多い)

物理化学_オンライン授業

19

19

演習②：プラス抵抗

Q. 4Vの電池に2 Ωの抵抗がある白熱球をつないだ場合、50Cの電荷が流れるのに何秒かかるか答えなさい。

物理化学_オンライン授業

20

20

2種類の電圧(開路電圧 と 閉路電圧)



$$\text{電流} = \frac{\text{電圧}}{\text{抵抗}}$$

電圧；押す力
電流；出る水量
抵抗；穴の大きさ
穴が小さい > 高抵抗
穴が大きい > 低抵抗

□ 開路電圧；

□ 閉路電圧；


物理化学_オンライン授業

21

21


振り返り物理学:運動エネルギーと位置エネルギー

質量 m [kg]の物体が速さ v [m/s]で動いているとき、この物体がもっている**運動エネルギー K (Kinetic Energy)**は



60kg

同じ速度(7km/h)
だとしても、



1070kg

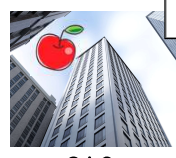
受け止められるのは、どちらか?
(質量もエネルギーに関与)

物理化学_オンライン授業 22

22


振り返り物理学:運動エネルギーと位置エネルギー

質量 m [kg]の物体が基準面から高さ h [m]にある場合、その物体がもつ**位置エネルギー (U)** は、重力加速度を $-g$ として



240m

同じりんご(0.3kg)
だとしても、



0.5m

頭にぶつかっても大丈夫は、どちらか?
(高さもエネルギーに関与)

物理化学_オンライン授業 23

23

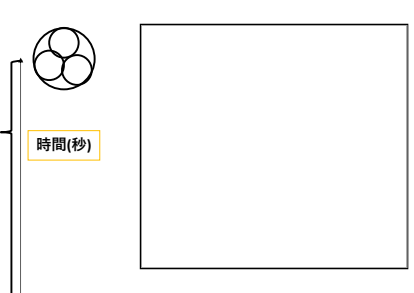
電気エネルギー (電位による位置エネルギー)

ある電位(差)にある電荷がもつエネルギー
(位置エネルギーと同じ式 $U = mgh$)

電荷:
左が3C

電位差(電圧):
4.0V vs SHE
(電位:-4.0V vs SHE)

電流:
単位時間(秒)あたり
通過する電荷量
▼
左:3C/1sec



物理化学_オンライン授業 24

24

演習③:電気エネルギー

Q. 電圧2Vで、水から酸素1molを得るのに必要なエネルギー(kJ)は?
ファラデー定数 96500C/mol とする。

物理化学_オンライン授業

25

25

おわり

**次週より,
熱力学のお話**

**エンタルピーとは?
エントロピーとは?
自由エネルギー?**

物理化学_オンライン授業

26

26
