



Estratégia

Militares



Estratégia

Militares



Eletroquímica

Prof. Thiago Cardoso



@thiagofernando.pe



Prof. Thiago Cardoso



Potencial

Prof. Thiago Cardoso

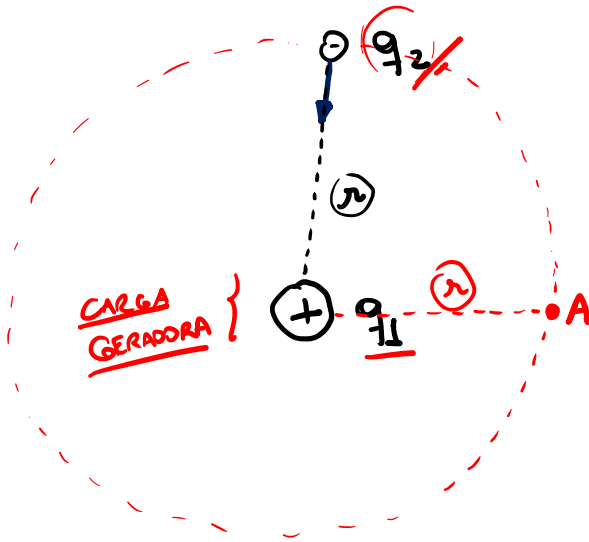


@thiagofernando.pe



Prof. Thiago Cardoso

Definição



$$F_{\text{ELÉTRICA}} = \frac{k q_1 q_2}{r^2} \quad (\text{LEI DE COULOMB})$$

$$E_{\text{ELÉTRICA}} = - \frac{k q_1 q_2}{r} = \underbrace{\left(- \frac{k q_1}{r} \right)}_{\text{POTENCIAL: } V} \cdot q_2 = q_2 \cdot \underline{V}$$

* POTENCIAL: É UMA GRANDEZA INTENSIVA

$$V = - \frac{k q_1}{r}$$

⇒ O POTENCIAL ELÉTRICO É CALCULADO EM
UMA DETERMINADA POSIÇÃO DO ESPAÇO
⇒ INDEPENDE DA CARGA ALI LOCALIZADA

O potencial é uma grandeza intensiva

CONCLUSÃO: QUANDO MULTIPLICAMOS UMA REAÇÃO QUÍMICA POR UMA CONSTANTE POSITIVA, O POTENCIAL NÃO SE ALTERA



$$E_{\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}}^{\circ} = +0,34\text{V}$$

$$E^{\circ} = +0,34\text{V} \leftarrow$$

$$E^{\circ} = +0,34\text{V}$$

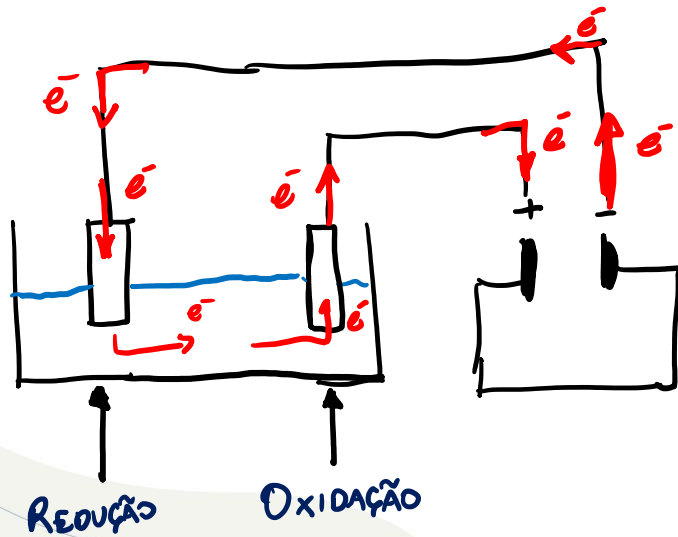
POTENCIAL NÃO SE ALTERA

$$E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^{\circ} = +0,80\text{V}$$

$$E_{\text{Ag}^+/\text{Ag}}^{\circ} = +0,80\text{V}$$

Gerador de Tensão

BATERIA: OS ELÉTRONS SAEM DO POLO NEGATIVO
E VÃO PARA O POLO POSITIVO





Potencial Padrão

Prof. Thiago Cardoso



@thiagofernando.pe



Prof. Thiago Cardoso

Definições Básicas

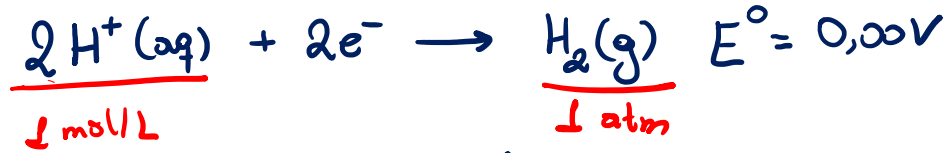
\Rightarrow PADRÃO (E°): QUANDO AS CONCENTRAÇÕES DE TODAS AS ESPÉCIES QUÍMICAS DISSOLVIDAS ENVOLVIDAS NA REAÇÃO DA PILHA SEJA IGUAL A 1 mol/L E QUE AS PRESSÕES PARCIAIS DOS GASES SEJAM IGUAIS A 1 atm

$$[] = 1 \text{ mol/L} \quad P_{\text{GASES}} = 1 \text{ atm}$$

1 bar

Eletrodo Padrão de Hidrogênio

=> É UM NÍVEL DE REFERÊNCIA PARA A MEDIDA DOS POTENCIAIS



$$E_{\text{H}^+/\text{H}_2} = 0,00\text{V}$$

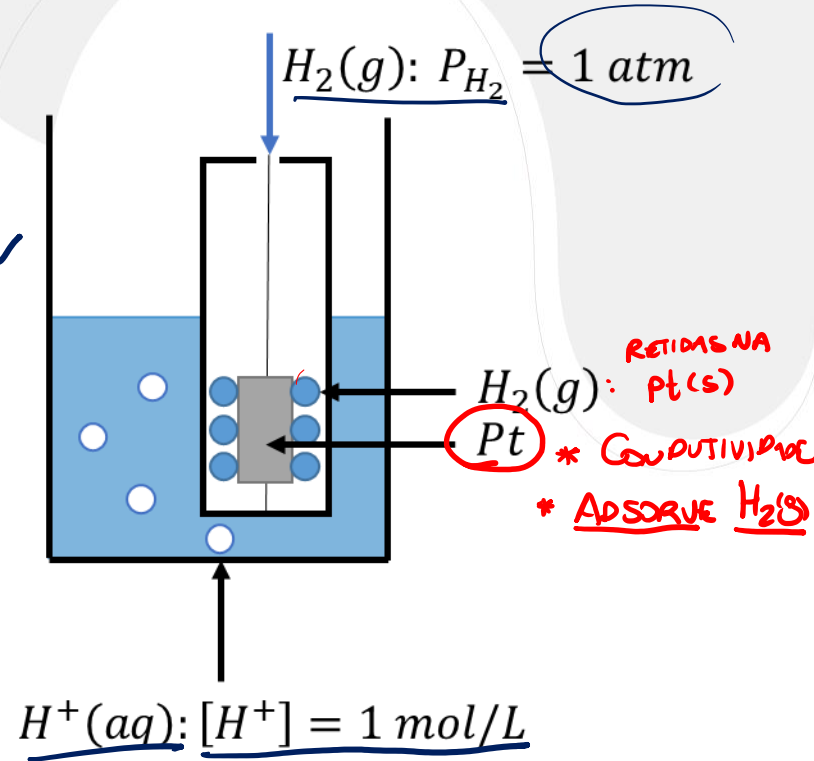


Tabela de Potenciais Padrão

⇒ DE MANEIRA GERAL, SÃO TABE-
LADOS OS POTENCIAIS PADRÃO DE
REDUÇÃO



⇒ O POTENCIAL DE OXIDAÇÃO CORRESPONDE
AO SIMÉTRICO DO POTENCIAL DE REDU-
ÇÃO



Reação de Redução	Potencial Padrão E° (V)
$2e^{-} + \text{F}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{F}^{-}_{(\text{aq})}$	+2,87
$5e^{-} + 8\text{H}^{+}_{(\text{aq})} + \text{MnO}_{4}^{-}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Mn}^{2+}_{(\text{aq})} + 4\text{H}_{2}\text{O}$	+1,51
$2e^{-} + \text{Cl}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$	+1,36
$6e^{-} + 14\text{H}^{+}_{(\text{aq})} + \text{Cr}_{2}\text{O}_{7}^{2-}_{(\text{aq})} \rightarrow 2\text{Cr}^{3+}_{(\text{aq})} + 7\text{H}_{2}\text{O}$	+1,33
$4e^{-} + 4\text{H}^{+}_{(\text{aq})} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 2\text{H}_{2}\text{O}$	+1,23
$2e^{-} + \text{Br}_{2(\text{l})} \rightarrow 2\text{Br}^{-}_{(\text{aq})}$	+1,07
$3e^{-} + 4\text{H}^{+}_{(\text{aq})} + \text{NO}_{3}^{-}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{NO}_{(\text{g})} + 2\text{H}_{2}\text{O}$	+0,96
$e^{-} + \text{Ag}^{+}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Ag}(\text{s})$	+0,80
* $e^{-} + \text{Fe}^{3+}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Fe}^{2+}_{(\text{aq})}$	+0,77
$2e^{-} + \text{I}_{2(\text{s})} \rightarrow 2\text{I}^{-}_{(\text{aq})}$	+0,54
$4e^{-} + 2\text{H}_{2}\text{O} + \text{O}_{2(\text{g})} \rightarrow 4\text{OH}^{-}_{(\text{aq})}$	+0,41
$2e^{-} + \text{Cu}^{2+} \rightarrow \text{Cu}(\text{s})$	+0,34
$e^{-} + \text{AgCl}(\text{s}) \rightarrow \text{Ag}(\text{s}) + \text{Cl}^{-}_{(\text{aq})}$	+0,22
$2e^{-} + \text{Sn}^{4+}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{Sn}^{2+}_{(\text{aq})}$	+0,15
$2e^{-} + 2\text{H}^{+}_{(\text{aq})} \rightarrow \text{H}_{2(\text{g})}$	0,00

Tabela de Potenciais Padrão

Reação de Redução	Potencial Padrão E ⁰ (V)
$2e^- + Sn_{(aq)}^{4+} \rightarrow Sn_{(aq)}^{2+}$	+0,15
$2e^- + 2H_{(aq)}^+ \rightarrow H_{2(g)}$	0,00
$2e^- + Sn_{(aq)}^{2+} \rightarrow Sn_{(s)}$	-0,14
$e^- + Cr_{(aq)}^{3+} \rightarrow Cr_{(aq)}^{2+}$	-0,41
+ $2e^- + Fe_{(aq)}^{2+} \rightarrow Fe_{(s)}$	-0,45
$3e^- + Cr_{(aq)}^{3+} \rightarrow Cr_{(s)}$	-0,74
$2e^- + Zn_{(aq)}^{2+} \rightarrow Zn_{(s)}$	-0,76
$3e^- + Al_{(aq)}^{3+} \rightarrow Al_{(s)}$	-1,67
$2e^- + Mg_{(aq)}^{2+} \rightarrow Mg_{(s)}$	-2,37
$e^- + Na_{(aq)}^+ \rightarrow Na_{(s)}$	-2,71
$2e^- + Ca_{(aq)}^{2+} \rightarrow Ca_{(s)}$	-2,87
$e^- + Li_{(aq)}^+ \rightarrow Li_{(s)}$	-3,04



Diferença de Potencial

Prof. Thiago Cardoso



@thiagofernando.pe



Prof. Thiago Cardoso

Reações Espontâneas x Não Espontâneas

$E > 0$: REAÇÃO ESPONTÂNEA
 $E < 0$: REAÇÃO NÃO ESPONTÂNEA

* MÁXIMO TRABALHO ÚTIL:

$$\Delta G = -qE = -nFE$$

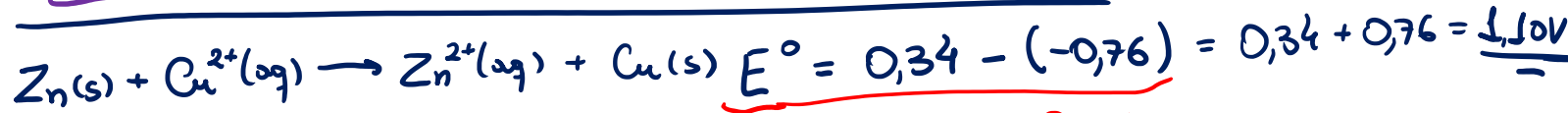
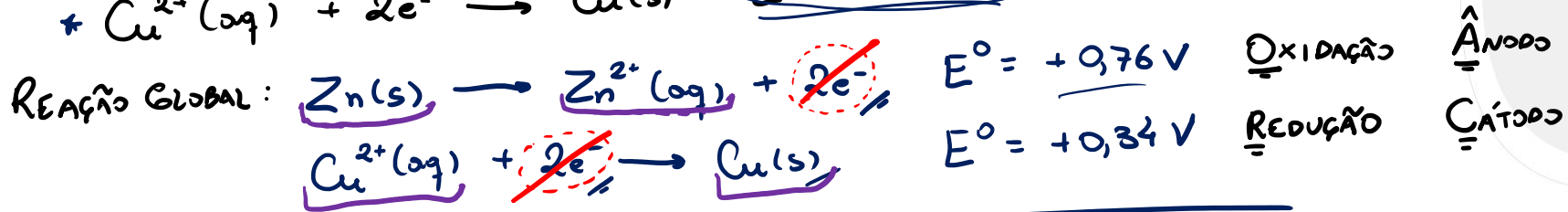
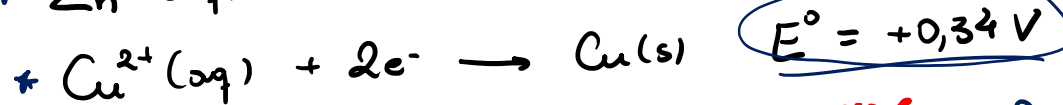
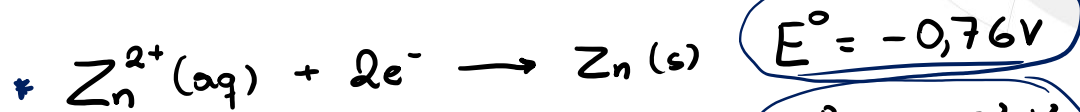
\uparrow CARGA NA PILHA
 \uparrow DIFERENÇA DE POTENCIAL
 \uparrow CONSTANTE DE FARADAY
 \uparrow CARGA DE 1 mol de ELÉTRONS

$$\Delta G = -nFE$$



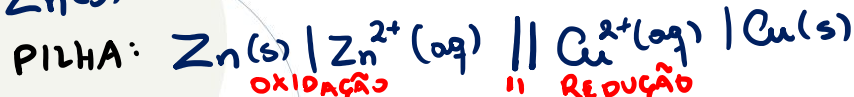
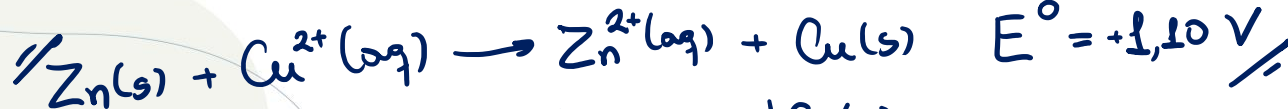
Reações Espontâneas x Não Espontâneas

Ex.: PILHA DE DANIELL



ddp DA PILHA

⇒ CONCLUSÃO: A REAÇÃO É ESPONTÂNEA, PORQUE TEM UMA DIFERENÇA DE POTENCIAL POSITIVA



Relação com o ΔG

\Rightarrow A PILHA É UM DISPOSITIVO ESPONTÂNEO

$$\Delta G = -nFE$$

NEGATIVO \uparrow POSITIVO \uparrow

* PARA A PILHA DE DANIELL:



$$E^{\circ} = 1,10\text{V}$$

$$\Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ} = -2 \cdot 96500 \cdot 1,10$$

$$= -212300 \text{ J/mol} = -212,3 \text{ kJ/mol}$$

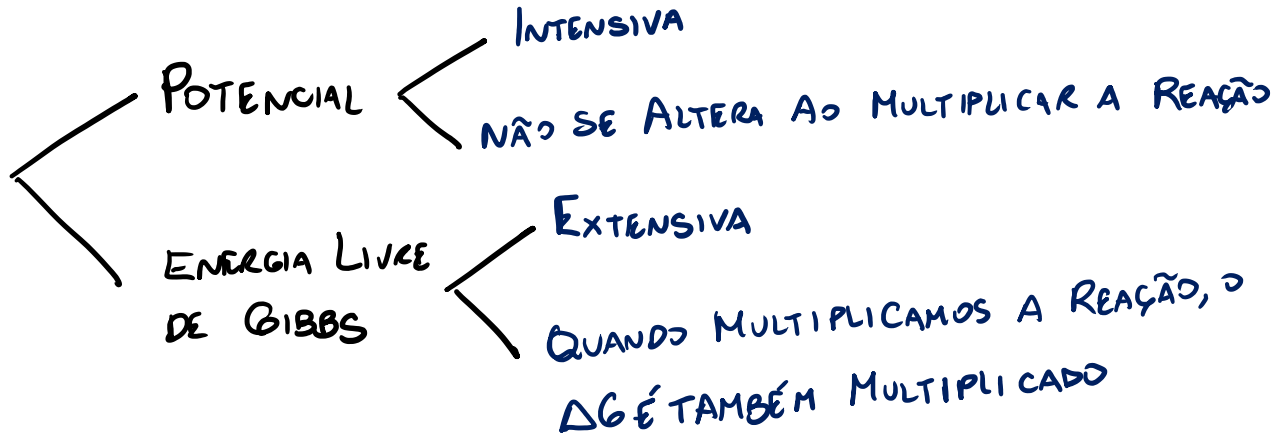


$$E^{\circ} = 1,10\text{V}$$

$$\Delta G^{\circ} = -nFE^{\circ} = -4 \cdot 96500 \cdot 1,10 =$$

$$-424,6 \text{ kJ/mol}$$

Relação com o ΔG





Montagem de uma Pilha

Prof. Thiago Cardoso



@thiagofernando.pe

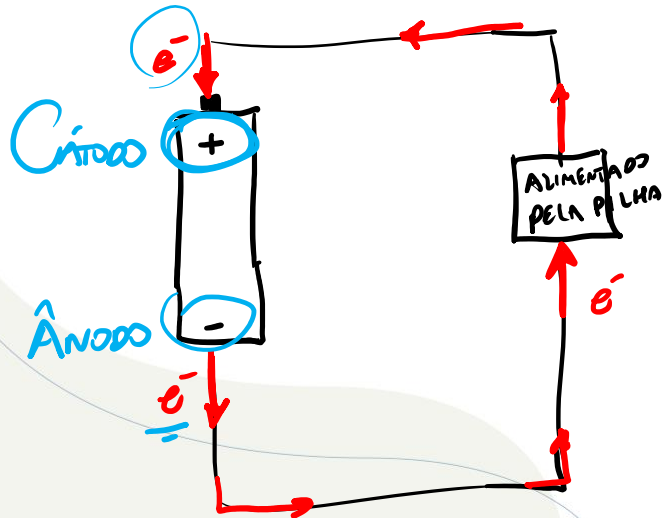


Prof. Thiago Cardoso

Ânodo e Cátodo

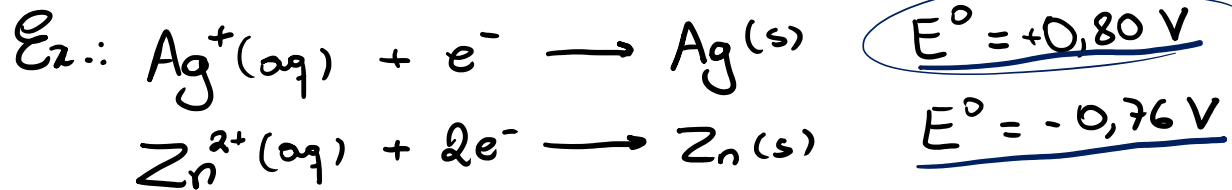
=> ÂNODO: É O ELETRODO EM QUE ACONTECE A OXIDAÇÃO
* DE ONDE PARTEM OS ELÉTRONS

=> CÁTODOS: É O ELETRODO EM QUE ACONTECE A REDUÇÃO
* PARA ONDE VÃO OS ELÉTRONS

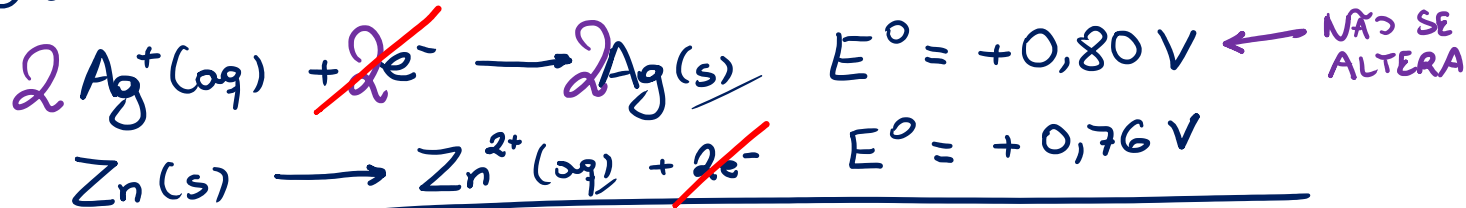


Montagem de uma Pilha

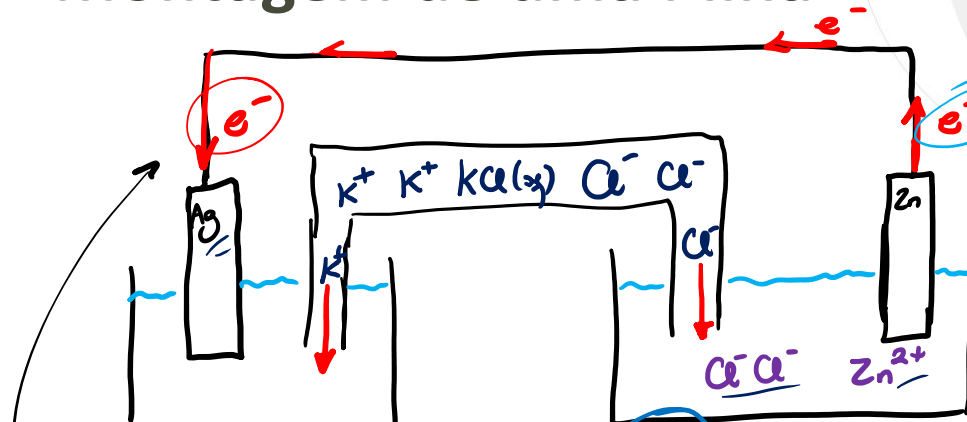
⇒ REGRA: NÚMERO DE ELÉTRONS = NÚMERO DE ELÉTRONS PERDIDOS
GANHOS



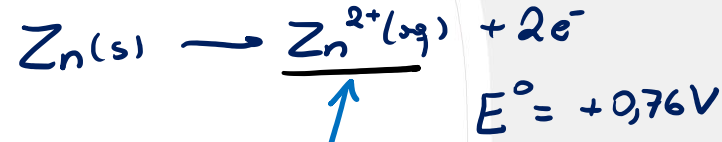
* O ELETRODO COM MAIOR POTENCIAL DE REDUÇÃO É O QUE SE REDUZ



Montagem de uma Pilha



Oxidação:

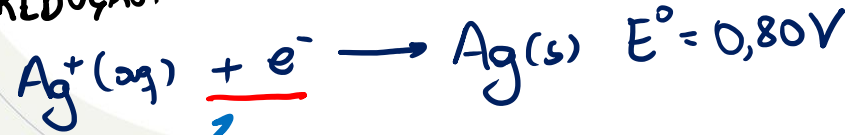


FORMAÇÃO DE 2 CARGAS POSITIVAS, COMPENSADAS PELO INGRESSO DE ÍONS Cl^- .

K^+ COMPENSA O GANHO DE CARGAS NEGATIVAS

Cl^- COMPENSA A PERDA DE CARGAS NEGATIVAS

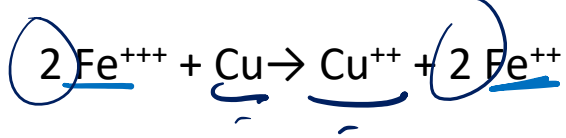
REDUÇÃO:



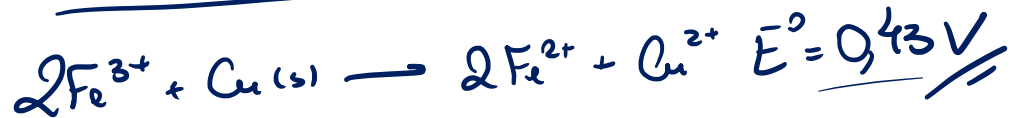
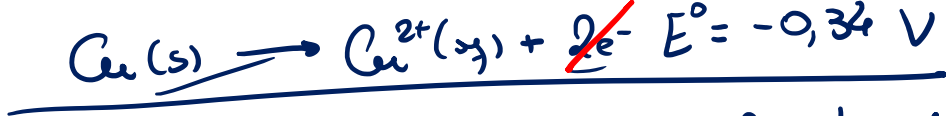
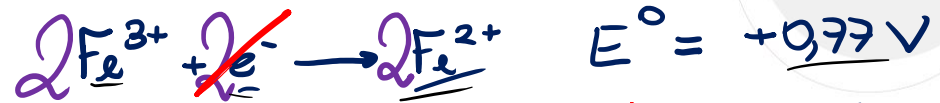
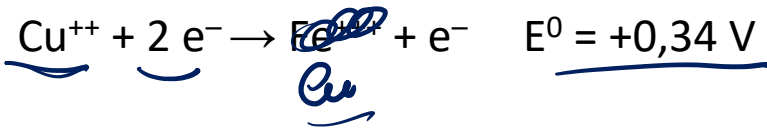
GANHO DE CARGAS NEGATIVAS, COMPENSADAS PELO INGRESSO DE ÍONS K^+

=> Sem a ponte salina, a pilha é desligada, porque nenhuma reação pode acontecer violando a neutralidade elétrica das soluções.

(IME – 2018 – 1ª Fase) Considere que a reação abaixo ocorra em uma pilha.



Assinale a alternativa que indica o valor correto do potencial padrão dessa pilha.



a) +1,20 V

b) -0,43 V

c) +1,88 V

d) -1,20 V

~~e) +0,43 V~~



Potencial da Soma de Eletrodos

Prof. Thiago Cardoso



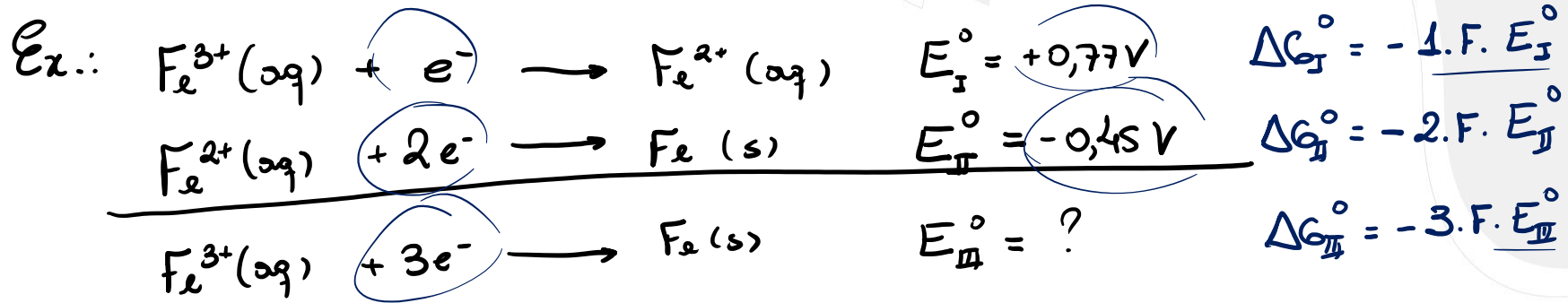
@thiagofernando.pe



Prof. Thiago Cardoso

A Lei de Hess vale para o Potencial?

Não, porque o potencial é uma grandeza intensiva.



$$\Delta G_{\text{III}}^{\circ} = \Delta G_{\text{I}}^{\circ} + \Delta G_{\text{II}}^{\circ} \quad (\text{LEI DE HESS})$$

$$+3 \cdot \cancel{F} \cdot E_{\text{III}}^{\circ} = +1 \cdot \cancel{F} \cdot E_{\text{I}}^{\circ} + 2 \cdot \cancel{F} \cdot E_{\text{II}}^{\circ} \quad \therefore 3E_{\text{III}}^{\circ} = 1 \cdot E_{\text{I}}^{\circ} + 2 \cdot E_{\text{II}}^{\circ} \quad \therefore$$

$$E_{\text{III}}^{\circ} = \frac{1 \cdot E_{\text{I}}^{\circ} + 2 \cdot E_{\text{II}}^{\circ}}{3} = \frac{1 \cdot (+0,77) + 2 \cdot (-0,45)}{3} = \frac{0,77 - 0,90}{3} = \frac{-0,13}{3} = -0,043\text{V} //$$

O que fazer?

=> Utilize a relação $\Delta G = -nFE$

=> Ao somar duas reações, deve-se também somar os ΔG



Eletrólise

Prof. Thiago Cardoso



@thiagofernando.pe



Prof. Thiago Cardoso

Leis de Faraday

$\Rightarrow 1 F = 96500 C$ É A CARGA DE 1 mol de elétrons

$$Q = n_{\text{elétrons}} \cdot F = \underbrace{I \cdot t}_{\text{FÍSICA}}$$



$$n_{\text{elétrons}} = 2 \cdot n_{Cu}$$

$$n_e = 3 \cdot n_{Al}$$

$$n_{\text{elétrons}} = 2 \cdot n_{Ni}$$

$$n_{\text{elétrons}} = 2 \cdot n_{Zn}$$

$$n_{\text{elétrons}} = 1 \cdot n_{Ag}$$



Leis de Faraday

Ex.: Eletrolise de uma solução 0,1 mol/L $\text{Cu}^{(2+)}(\text{NO}_3)_2$ usando $I = 1,93 \text{ A}$ e

$$t = 3000 \text{ s} \quad m_{\text{Cu}} = ?$$

Dado: $M_{\text{Cu}} = 64 \text{ g/mol}$



$$Q = n_{\text{elétrons}} \cdot F = I \cdot t$$

$$2 \cdot n_{\text{Cu}} \cdot 96500 = 1,93 \cdot 3000$$

$$\therefore n_{\text{Cu}} = \frac{1,93 \cdot 3000}{2 \cdot 96500} = \frac{1930 \cdot 30 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 965} = 30 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\begin{aligned} m_{\text{Cu}} &= n_{\text{Cu}} \cdot M_{\text{Cu}} = \\ &= 30 \cdot 10^{-3} \cdot 64 = \\ &= 1920 \cdot 10^{-3} = \underline{\underline{1,92 \text{ g}}} \end{aligned}$$

Leis de Faraday



Eletrólise Ígnea

Prof. Thiago Cardoso



@thiagofernando.pe



Prof. Thiago Cardoso

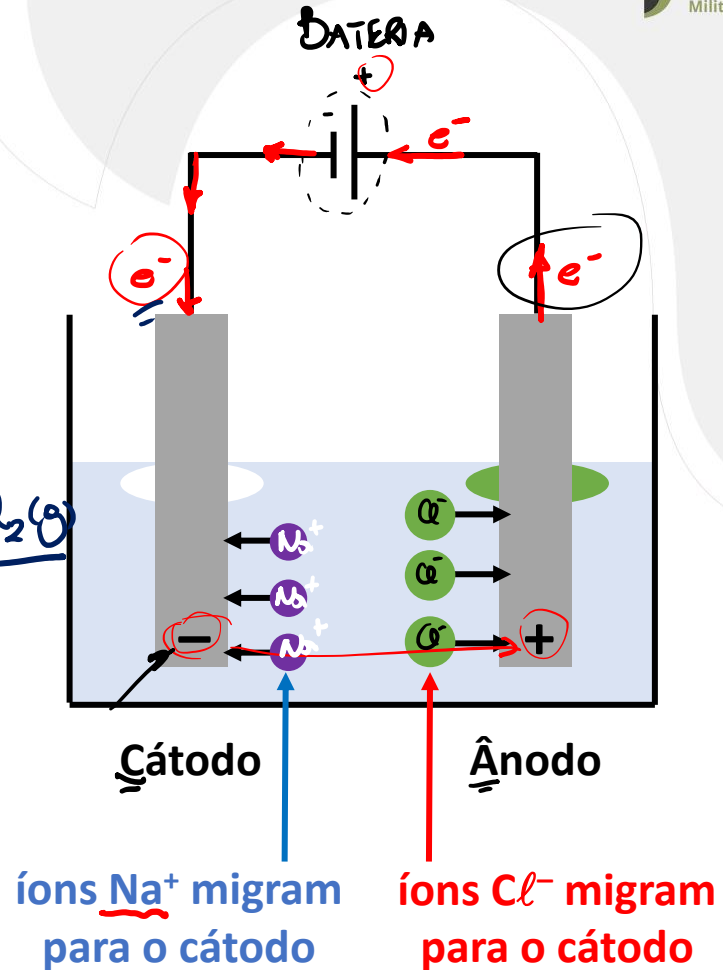
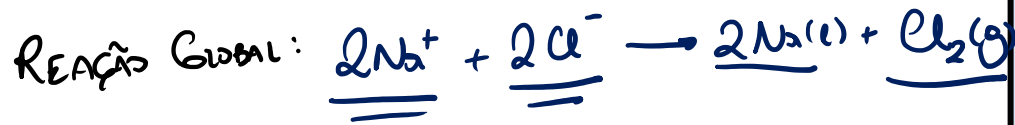
Eletrólise Ígnea

=> NO ESTADO LÍQUIDO

Obs.: Os compostos iônicos são condutores no estado líquido.

Eletrólise Ígnea

$\text{NaCl}(l)$ FUNDIDO



Eletrólise Ígnea

Quais os produtos da eletrólise ígnea de $\text{HCl}(\ell)$?



Não há reação, porque $\text{HCl}(\ell)$ não é condutor. Portanto, não conduz corrente elétrica, portanto, não sofre eletrólise.



Eletrólise em Meio Aquoso

Prof. Thiago Cardoso



@thiagofernando.pe



Prof. Thiago Cardoso

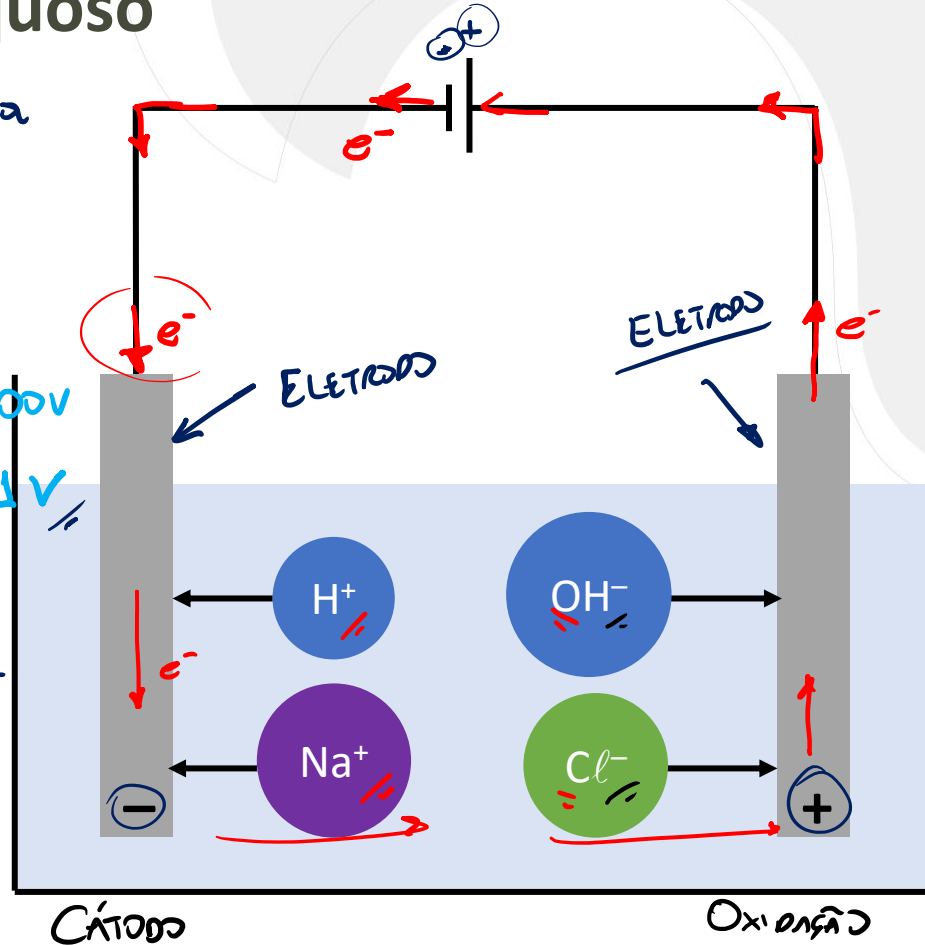
Eletrólise em Meio Aquoso

=> nesse caso, os íons da água também podem sofrer descarga.

Cátodos: competição pela redução



=> A semi-reação com maior potencial de redução ganha a competição



Eletrólise em Meio Aquoso

Ânodo:



10^{-7} mol/L

REGRAS DE DESCARGA:



CONCLUSÃO: OS PRODUTOS DA ELETRÓLISE DE $\text{NaCl}(\text{aq})$ SÃO $\text{H}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g})$.

Eletrólise em Meio Aquoso

REGRAS DE PRIORIDADE DE DESCARGA:

REDUÇÃO:

- * Somente os metais nobres descarregam



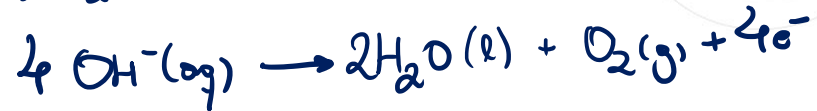
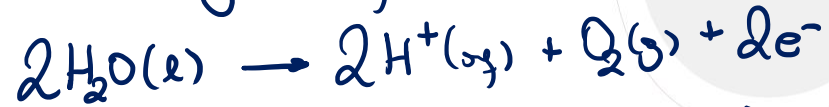
- * Em todos os outros casos, o metal não descarrega. A água se reduz



OXIDAÇÃO:

- * Não descarregam os ânions oxigenados.

Nesse caso, a água sofre oxidação



- * Demais ânions descarregam



Eletrólise em Meio Aquoso

Prof. Thiago Cardoso



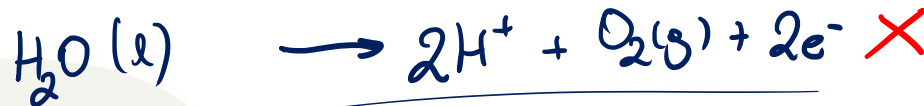
@thiagofernando.pe



Prof. Thiago Cardoso

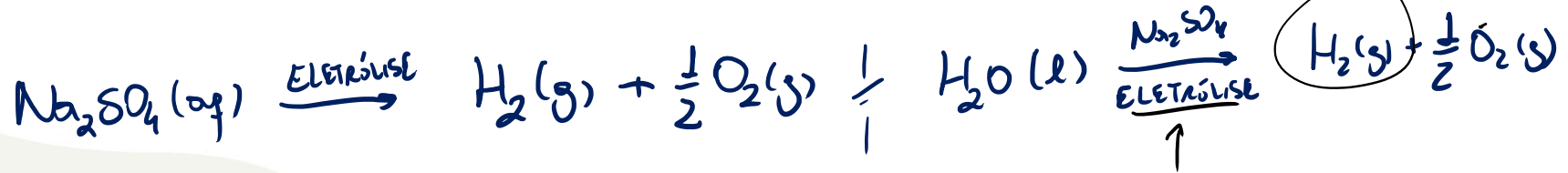
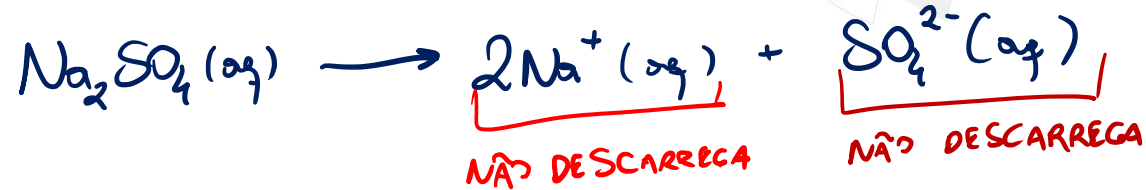
Eletrólise em Meio Aquoso

Ex.: ELETRÓLISE DE $\text{CuCl}_2(\text{aq})$



Eletrólise em Meio Aquoso

Ex.: ELETRÓLISE DO $\text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq})$



Eletrólise em Meio Aquoso

REDUÇÃO: somente os metais nobres descarregam

OXIDAÇÃO: os ânions oxigenados não descarregam



Estratégia

Militares