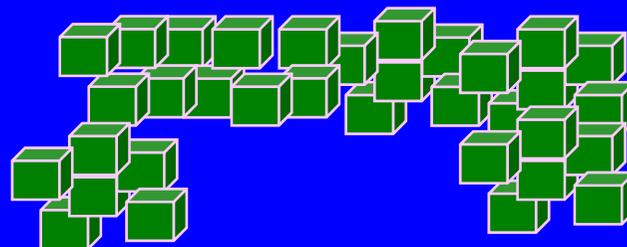
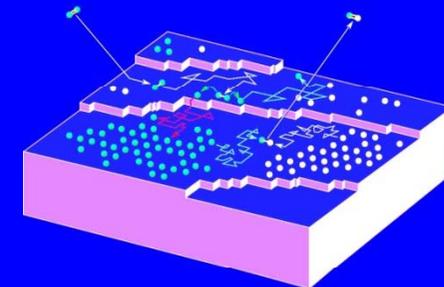
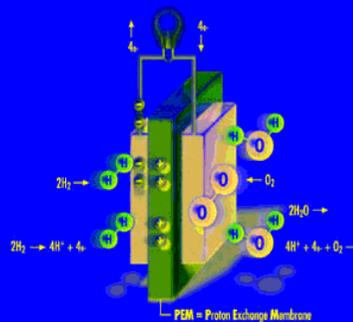


Hidrogênio: o combustível do século XXI

Regina Pinto de Carvalho

UFMG



Energia com hidrogênio

Anodo:



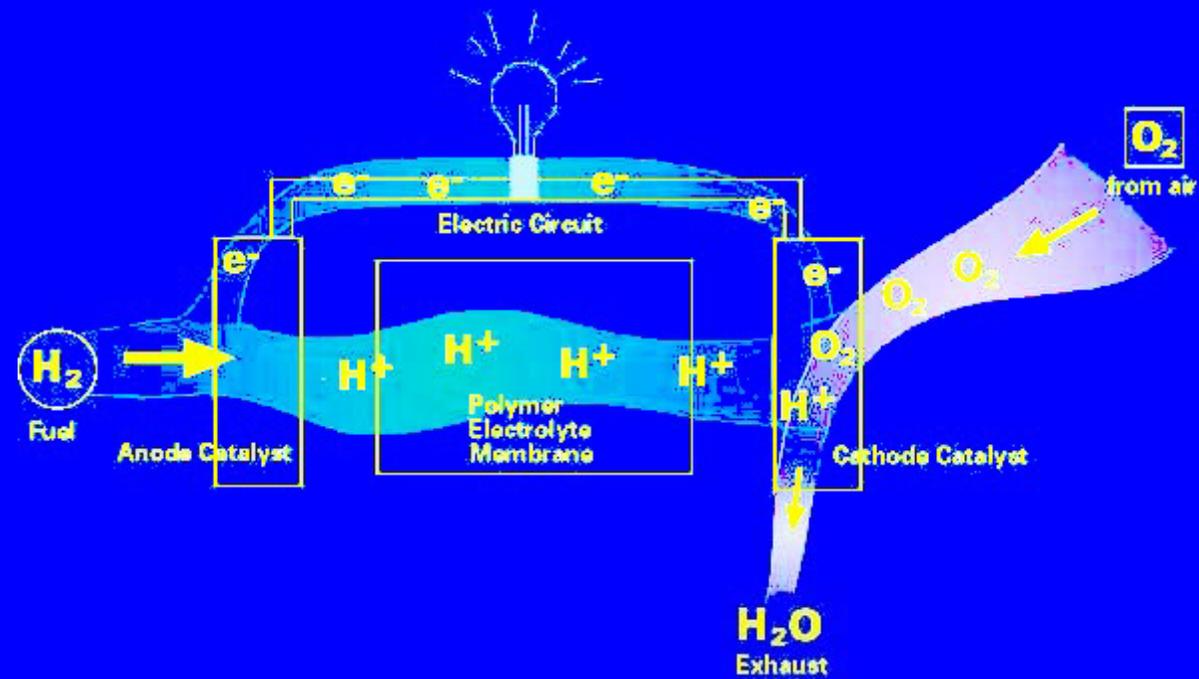
Catodo:



Reação completa :

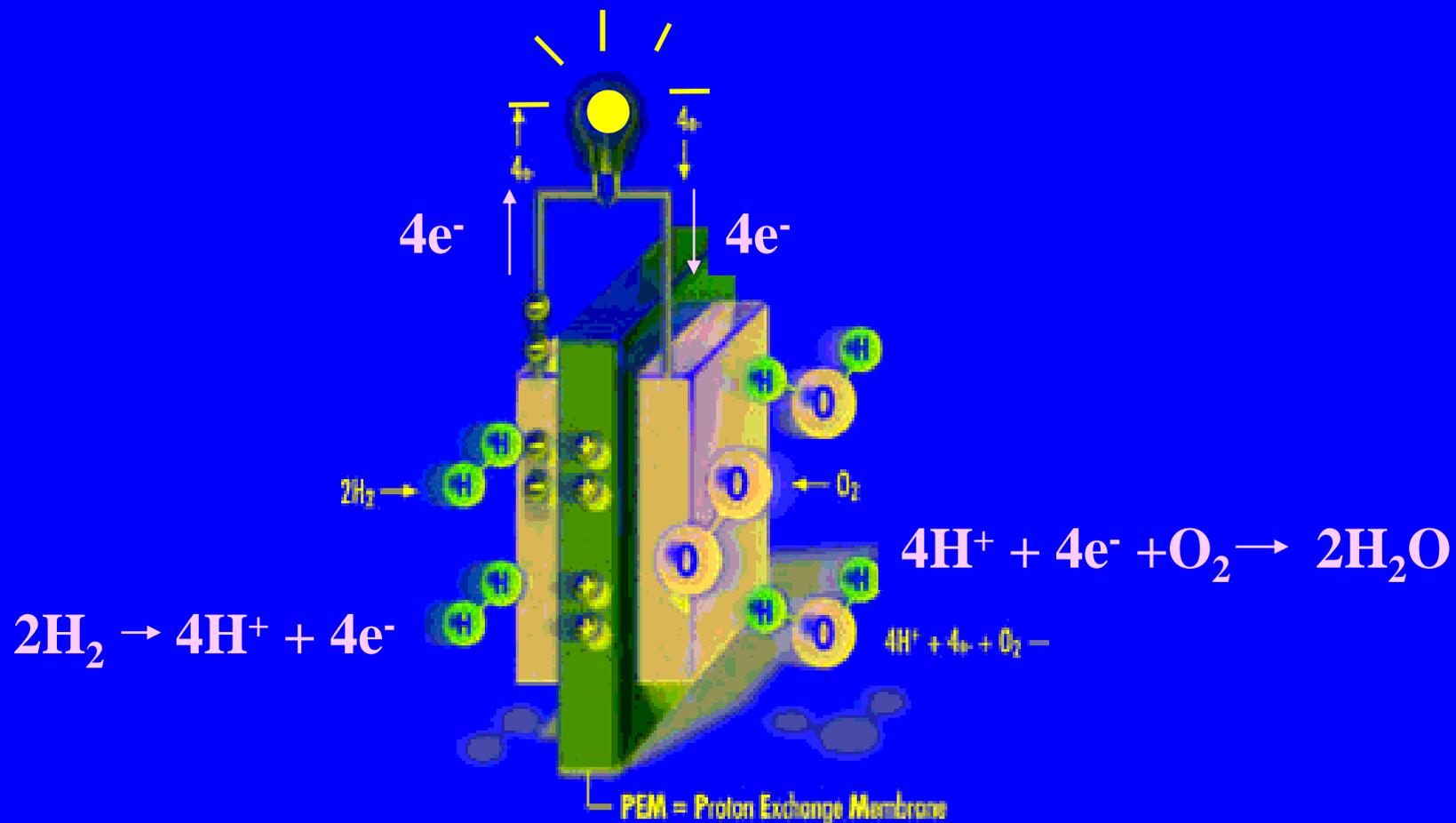


Energia com hidrogênio

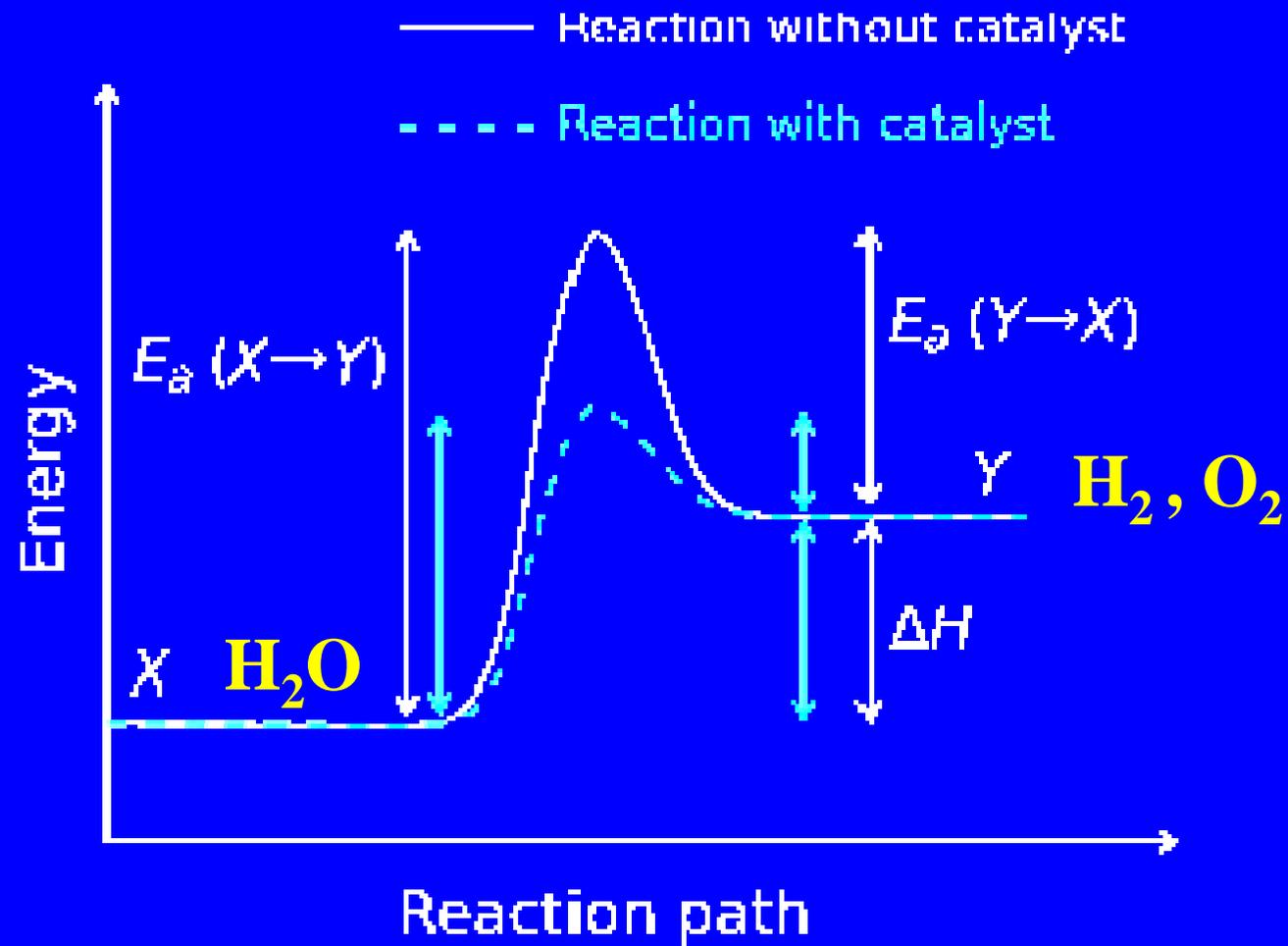


www.fuelcells.org

Célula a combustível hidrogênio



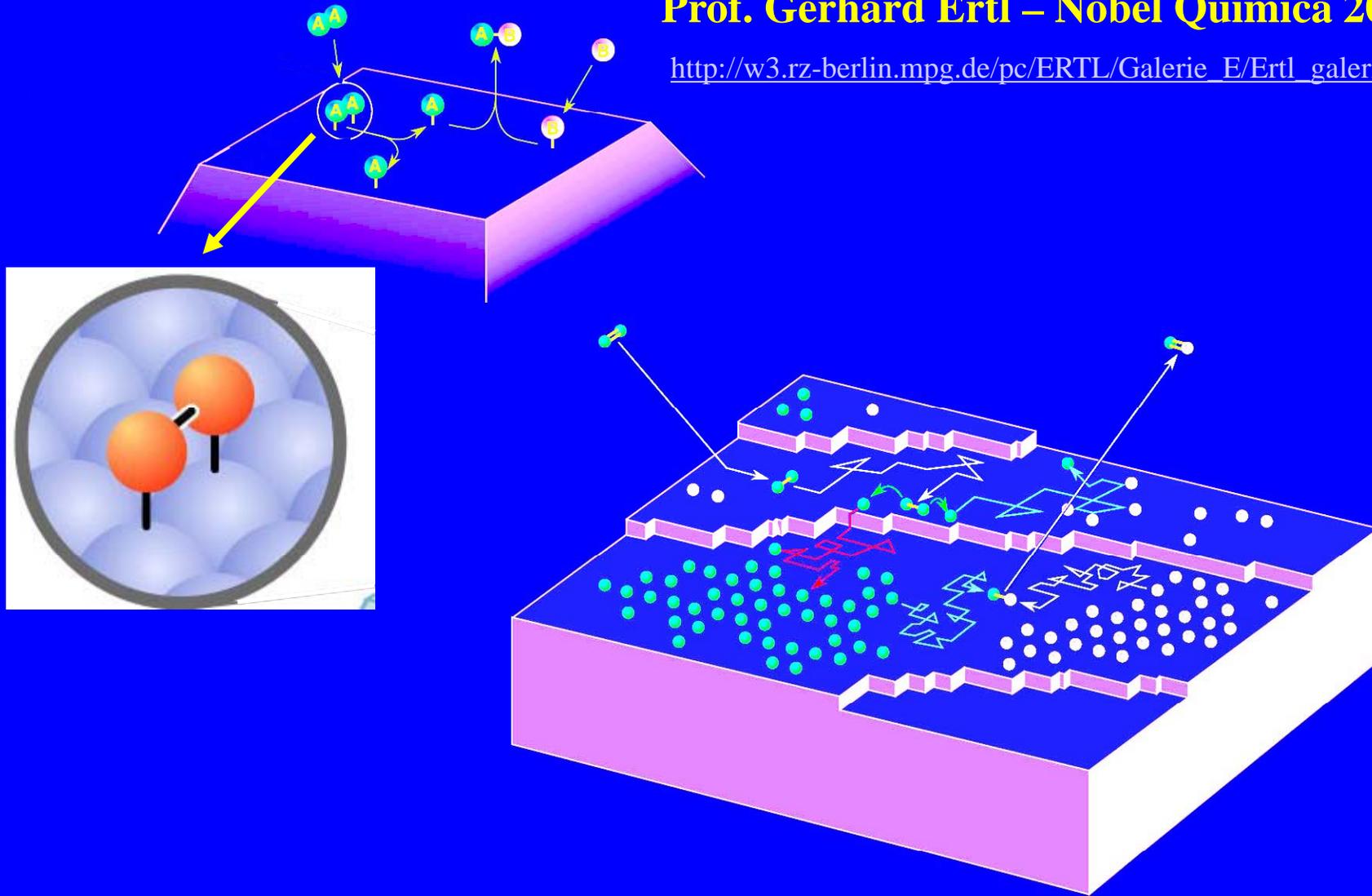
Barreiras de energia



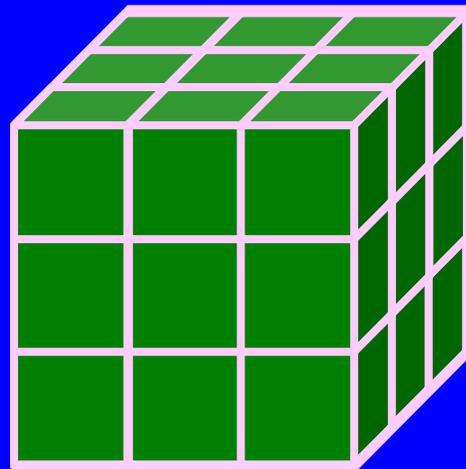
Superfície catalisadora

Prof. Gerhard Ertl – Nobel Química 2008

http://w3.rz-berlin.mpg.de/pc/ERTL/Galerie_E/Ertl_galerie.html



Superfície x Volume

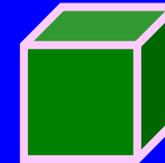


$3 u$

$$a \text{ (lado)} = 9 u^2$$

$$A = 54 u^2$$

$$V = 27 u^3$$



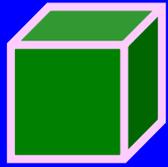
$1 u$

$$a \text{ (lado)} = 1 u^2$$

$$A \text{ (total)} = 6 u^2$$

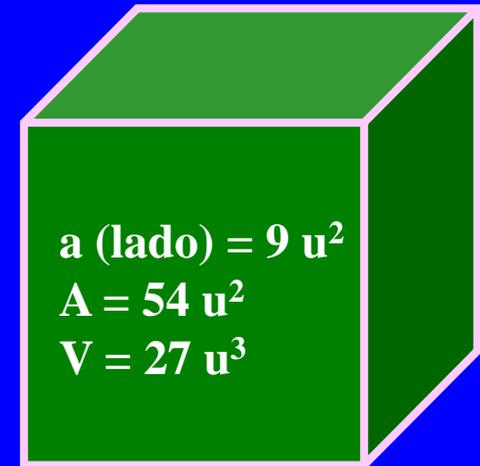
$$V = 1 u^3$$

Superfície x Volume



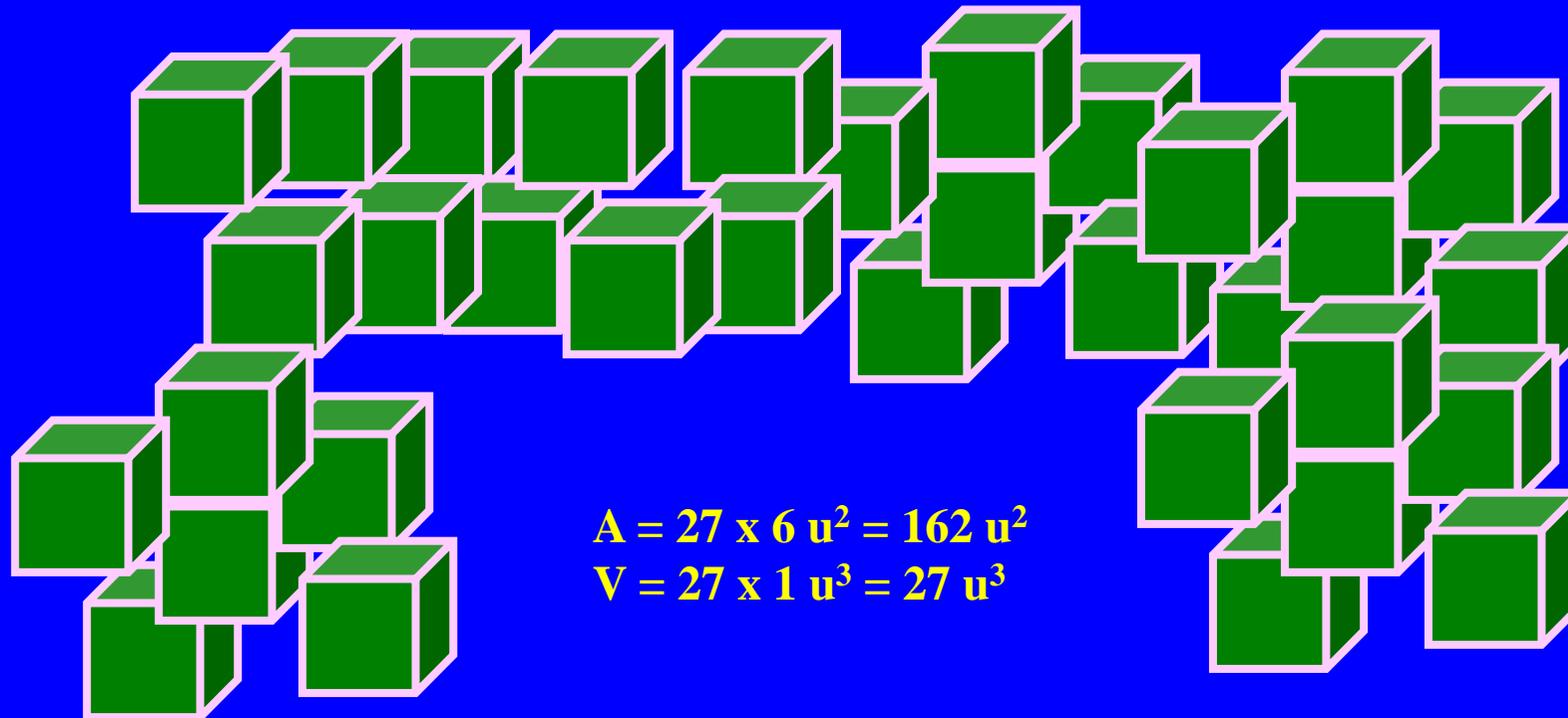
1 u

$a\text{ (lado)} = 1\text{ u}^2$
 $A\text{ (total)} = 6\text{ u}^2$
 $V = 1\text{ u}^3$

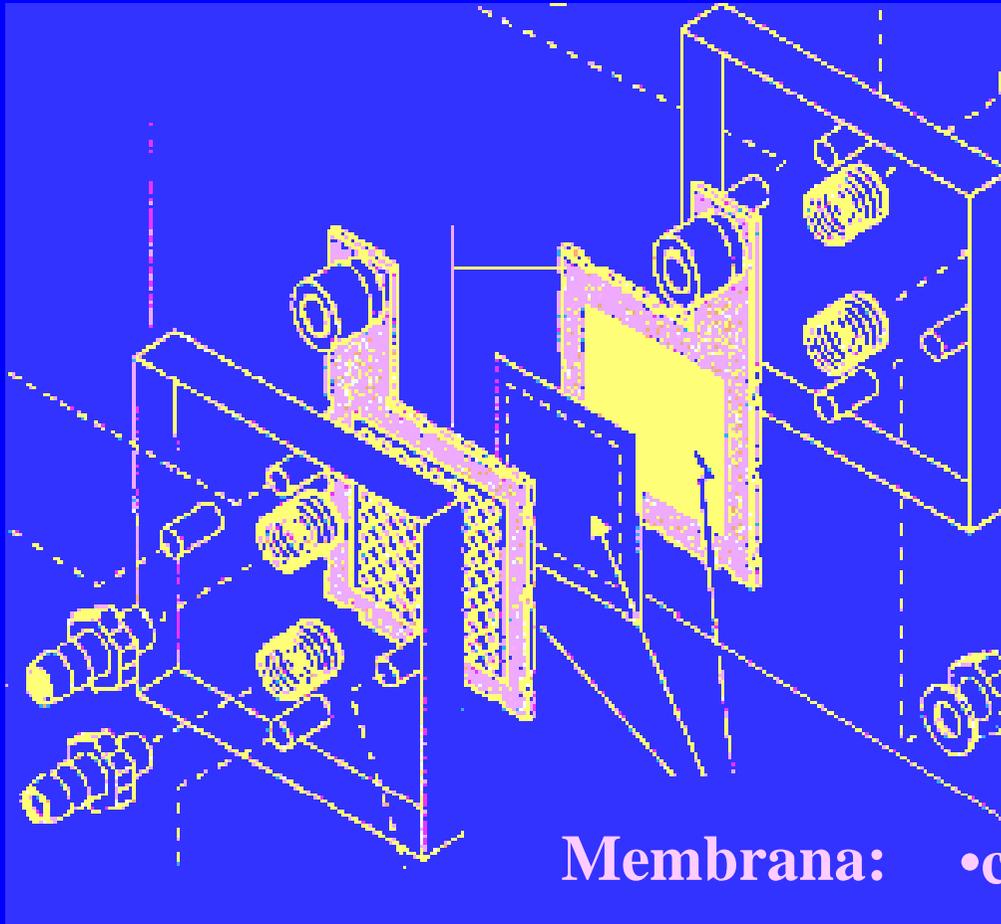


3 u

$a\text{ (lado)} = 9\text{ u}^2$
 $A = 54\text{ u}^2$
 $V = 27\text{ u}^3$



$A = 27 \times 6\text{ u}^2 = 162\text{ u}^2$
 $V = 27 \times 1\text{ u}^3 = 27\text{ u}^3$



- Membrana:**
- catalisador (sup. metálica)
 - difusor (Nafion)
 - condutor (C ativado)

Eletrodos

Papel de fibra de carbono, pintado com:

- pó de carbono ativado (condutor)
- Nafion (difusão de H^+)
- nanopartículas de platina ou paládio (catalisador)

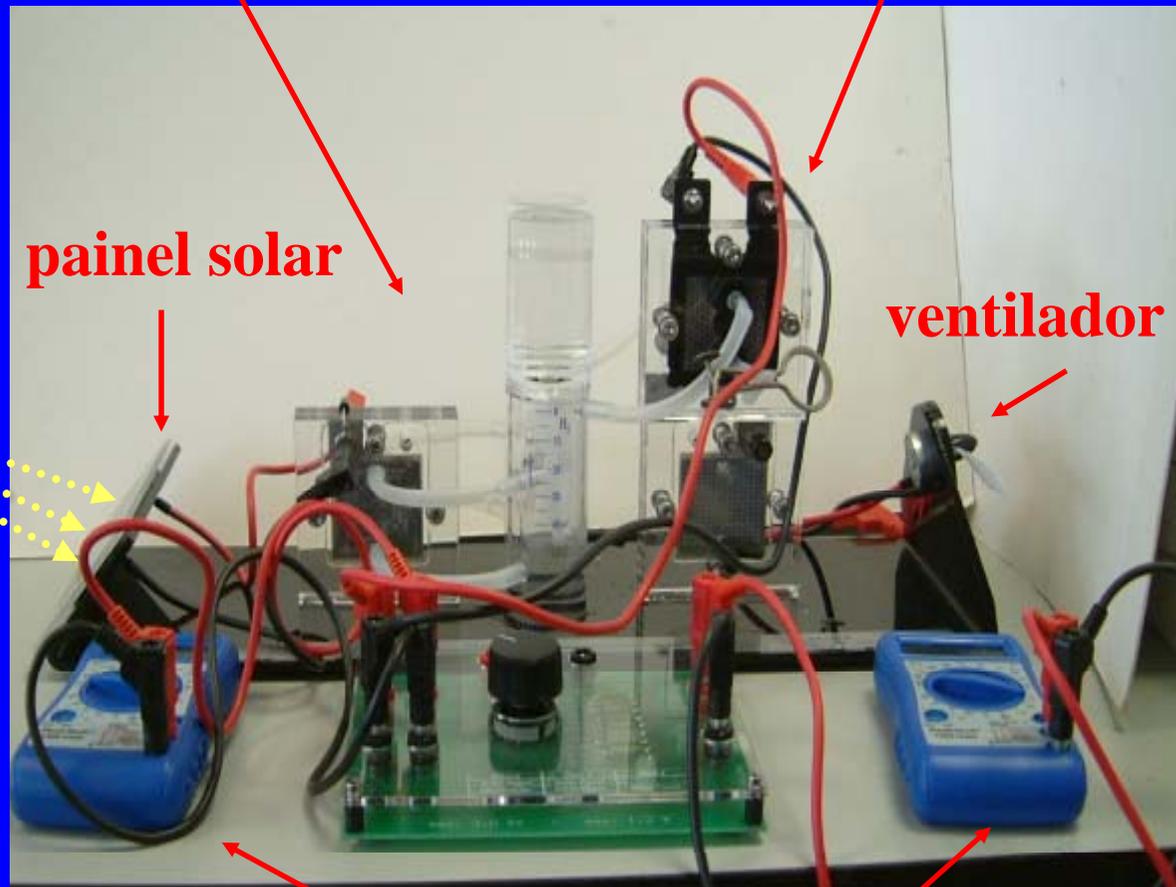
Célula de teste

produção de H_2

célula com bioeletrodos



fonte de luz

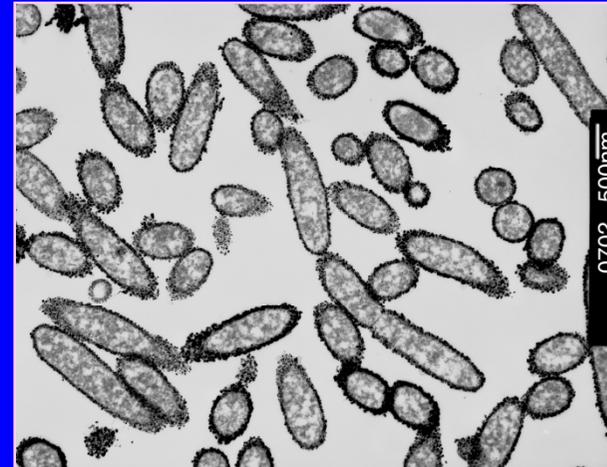
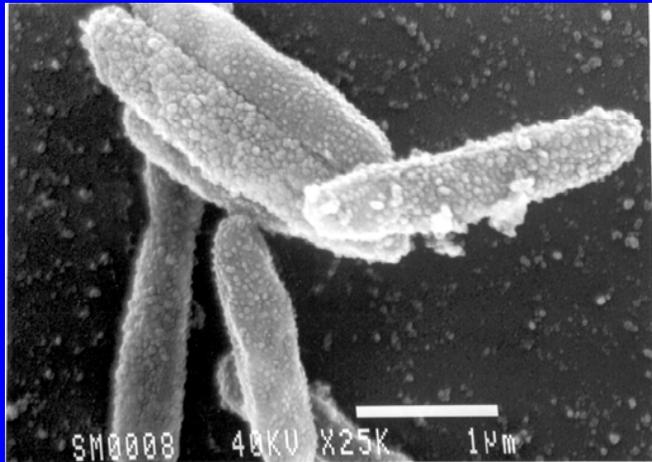


painel solar

ventilador

multímetros

Bio-nano-Pd



Obtenção de H₂



Produção de bio-hidrogênio

E.coli + resíduos contendo glucose



Grupo de bio-partículas magnéticas

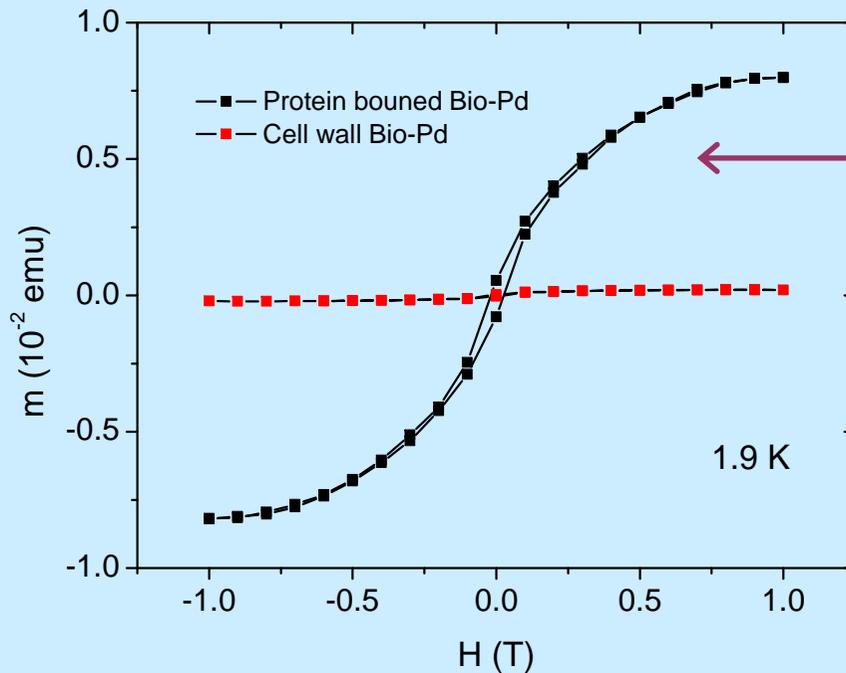
- nanopartículas de Pd (catalisador) - *D.dessulfuricans*
- nanopartículas de Pd (redução de Cr⁺⁶) - *Serratia, Citrobacter, Pseudomonas, E.aurantiacum, B.pumilus*
- síntese de hidroxiapatita - *Serratia*
- recuperação de Au, Ag, Pd de resíduos da indústria eletrônica - *Klebsiella pneumoniae, D.dessulfuricans*
- nanopartículas de alumina - *D.dessulfuricans*
- remoção de Co, Sr e Cs de efluentes de usinas nucleares usando uranil fosfato - *Serratia*

Caracterização por EPR de bio-nano-paládio

Regina Pinto de Carvalho

UFMG

Bio-nano-Pd



Maior concentração de partículas com tamanhos entre 5nm e 10nm

Caracterização: Ressonância Paramagnética Eletrônica

Electron Paramagnetic Resonance (EPR)

- desenvolvimento paralelo ao dos radares (anos 1940)
- partículas paramagnéticas:
 - elétron(s) desemparelhado(s) na última camada eletrônica
- campo magnético externo desdobra os níveis eletrônicos
- transições: $B = 1\text{T} \Rightarrow$ energias = microondas (2-35 GHz)



$$S = 1/2$$

$$B = 0$$

———— $m_s = +1/2$

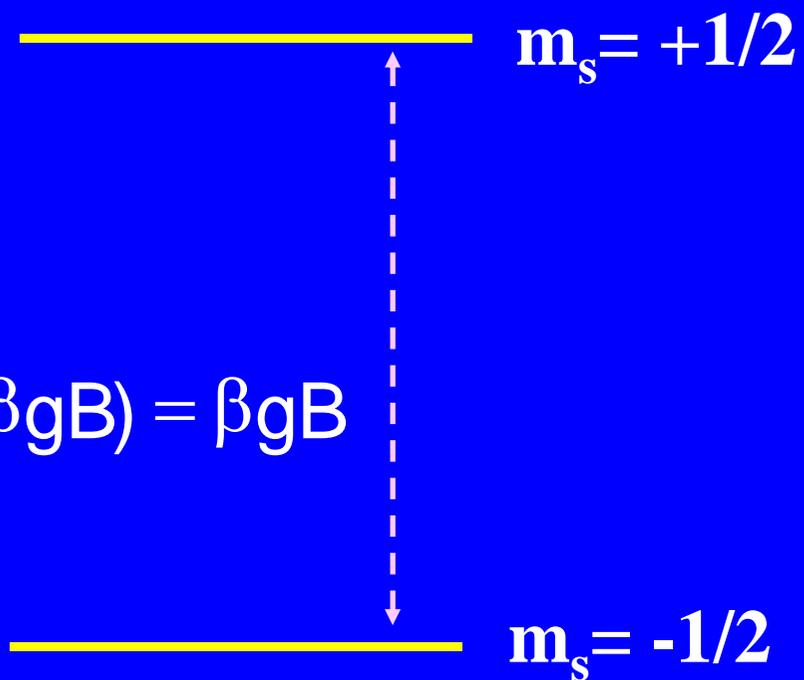
———— $m_s = -1/2$

$B \neq 0$

$$H = \beta g \vec{S} \cdot \vec{B}$$

$$\Delta E = \frac{1}{2} \beta g B - (-\frac{1}{2} \beta g B) = \beta g B$$

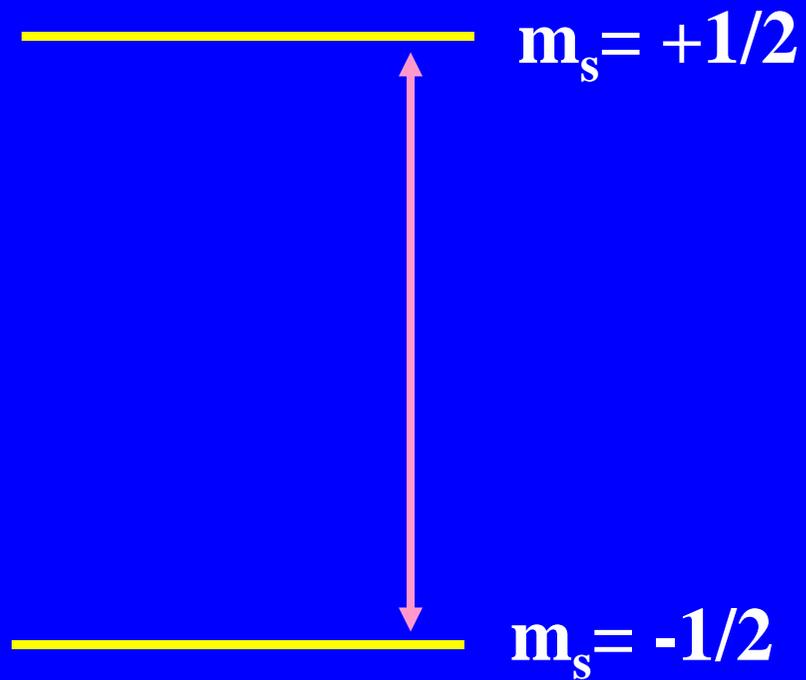
$$\Delta m_s = \pm 1$$



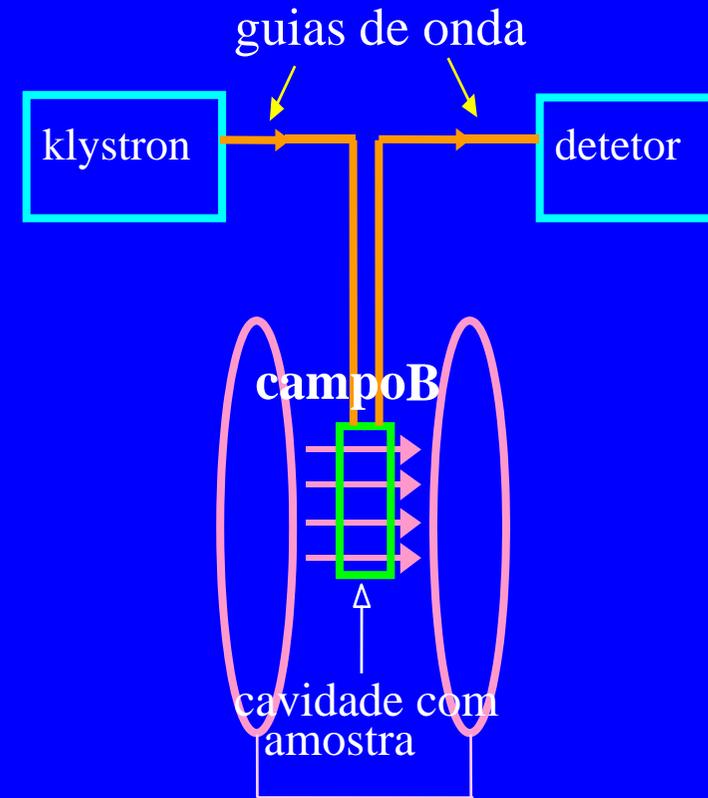
$$\mathbf{B} \neq \mathbf{0}$$

$$h\nu = \beta g B$$

$$g = 2.0023$$

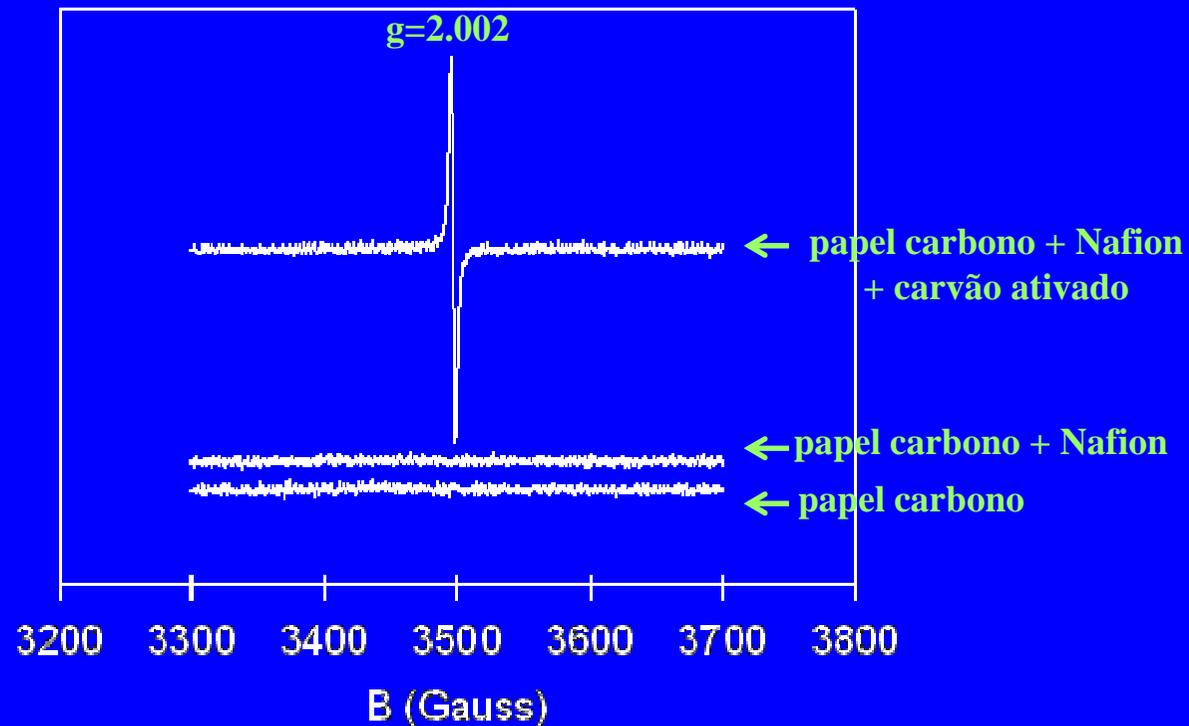


$$B \neq 0$$



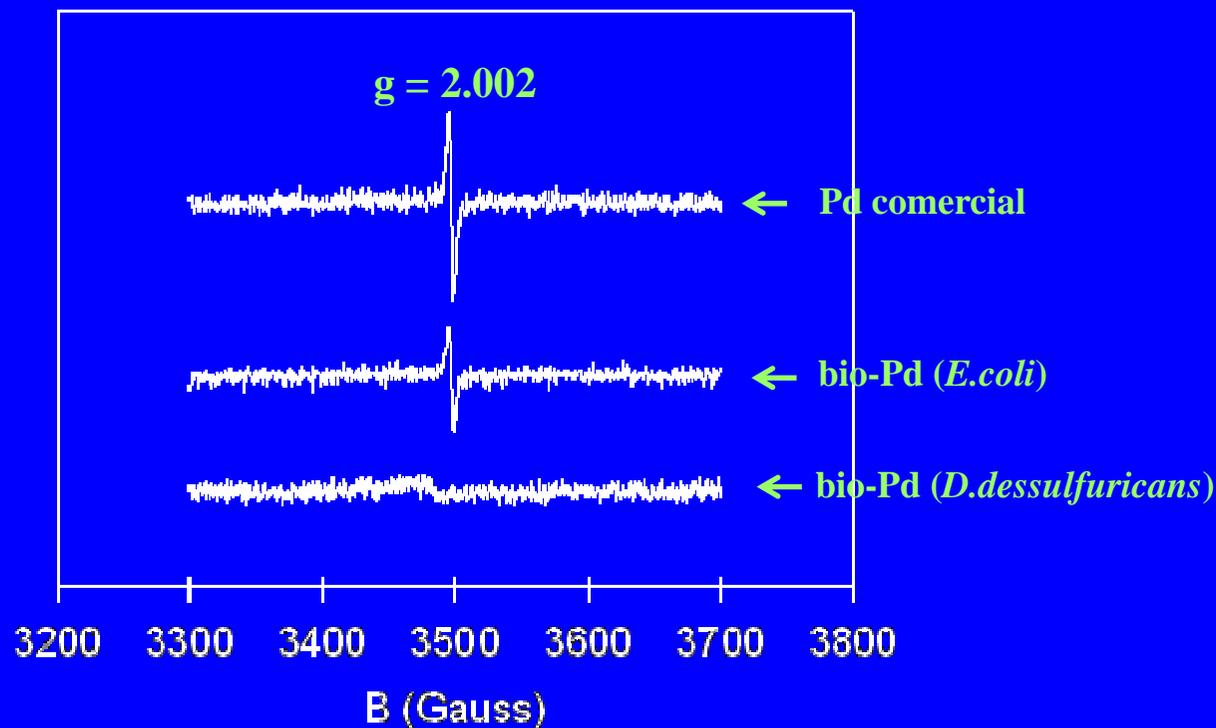
frequência fixa
campo variável

Eletrodos da célula a combustível hidrogênio



carvão ativado mostra um sinal de radical livre

Eletrodos da célula a combustível hidrogênio



partículas magnéticas de Pd fazem desaparecer o sinal do radical livre