

ADSORÇÃO

Adsorção é a fixação de uma substância (**adsorbato**) em uma superfície (**substrato ou adsorvente**) em contato com o meio (gás ou líquido).



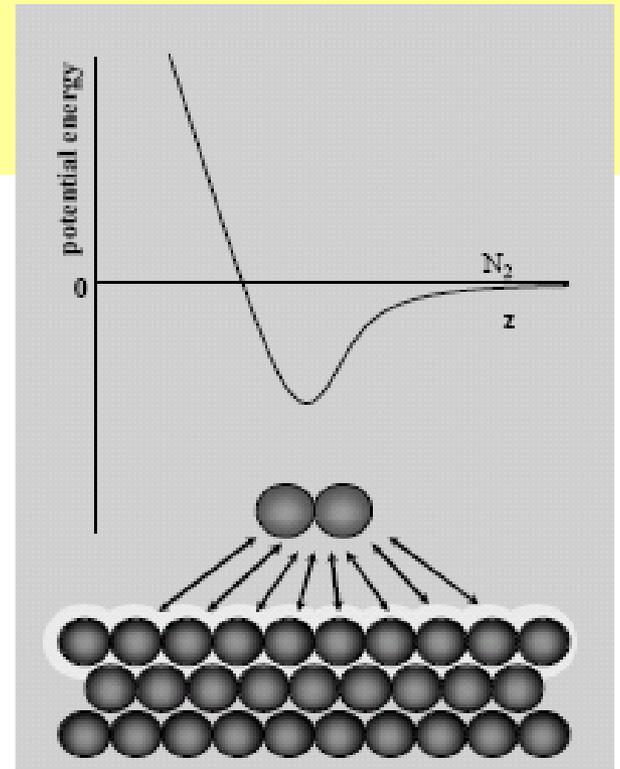
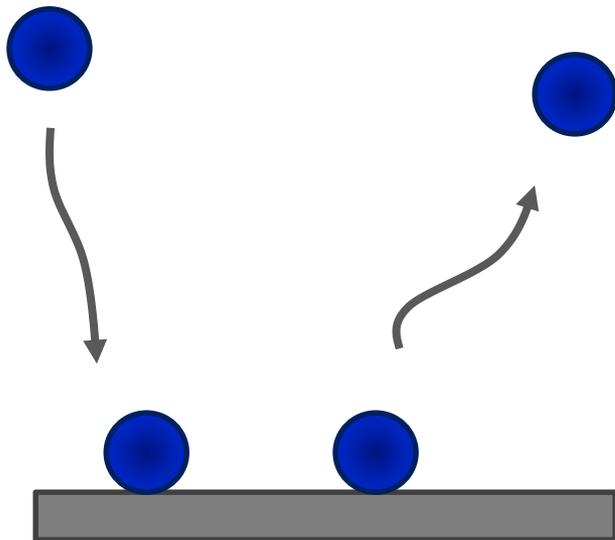
ABSORÇÃO



ADSORÇÃO

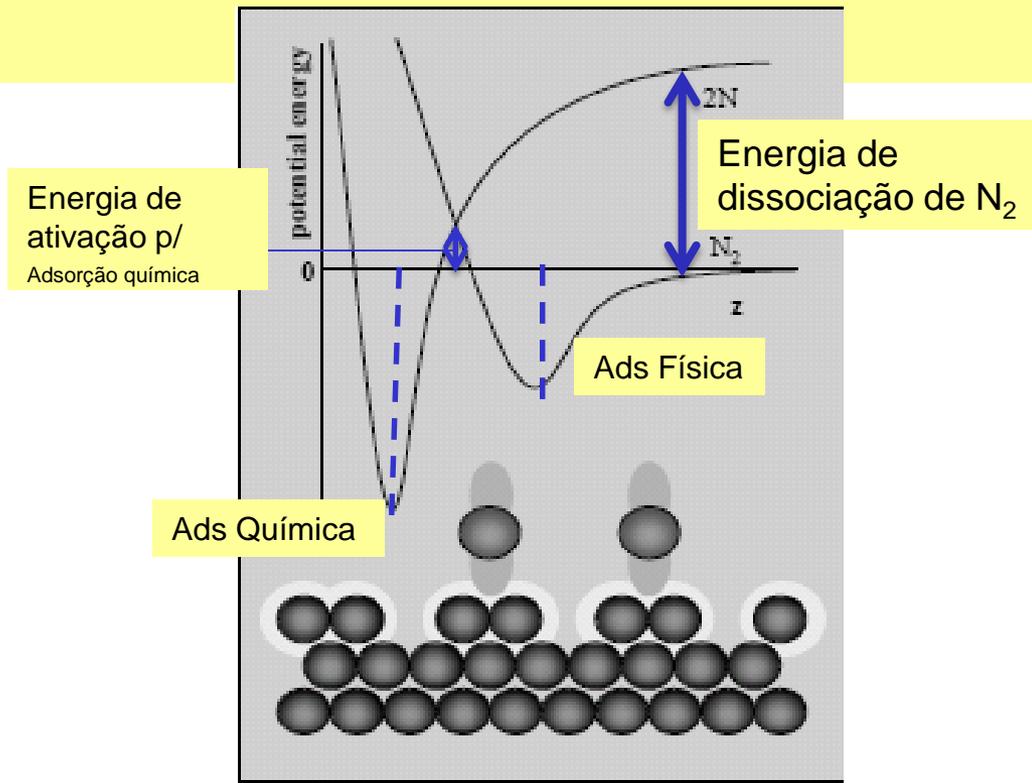
Adsorção física

- Não ocorre ligação química entre substrato e adsorbato.
- O adsorbato liga-se à superfície somente por forças de van der Waals.
- Não envolve mudanças significativas dos padrões de orbitais eletrônicos das espécies envolvidas.
- A natureza química das moléculas adsorvidas é a mesma das moléculas dessorvidas
- Energia típica < 20 kJ/mol
- Processo reversível



Adsorção química

- Envolve ligações covalentes
- Especificidade química
- Mudanças nos estados eletrônicos podem ser detectadas (UV, IR, condutividade, etc)
- Energia típica de ligações químicas (exo ou endo) (> 200 kJ/mol)
- Processo irreversível – a natureza química da espécie adsorvida não é a mesma da espécie dessorvida
- Requer energia de ativação



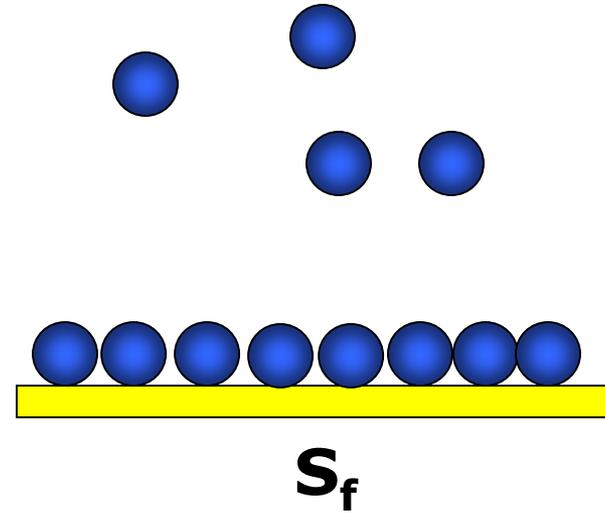
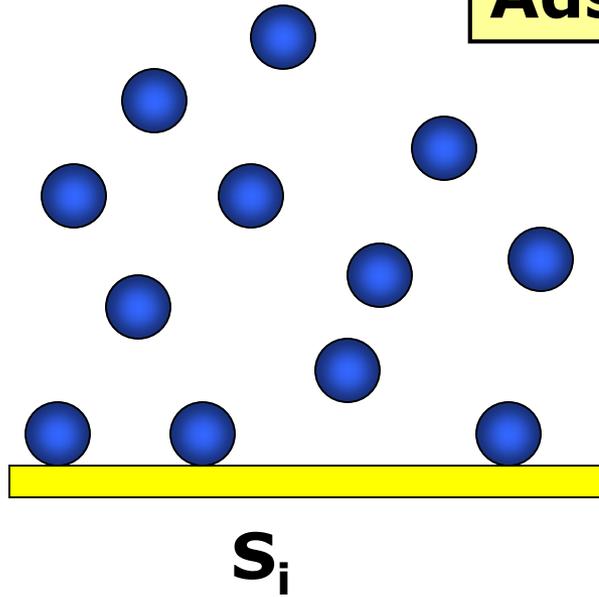
International Union of Pure and Appplied Chemistry

“The problem of distinguishing between chemisorption and physisorption is basically the same as that of distinguishing between chemical and physical interaction in general. No absolutely sharp distinction can be made and intermediate cases exist, for example, adsorption involving strong hydrogen bonds or weak charge transfer.”

http://old.iupac.org/reports/2001/colloid_2001/manual_of_s_and_t/node16.html

Interface sólido - gás

Adsorção de gases

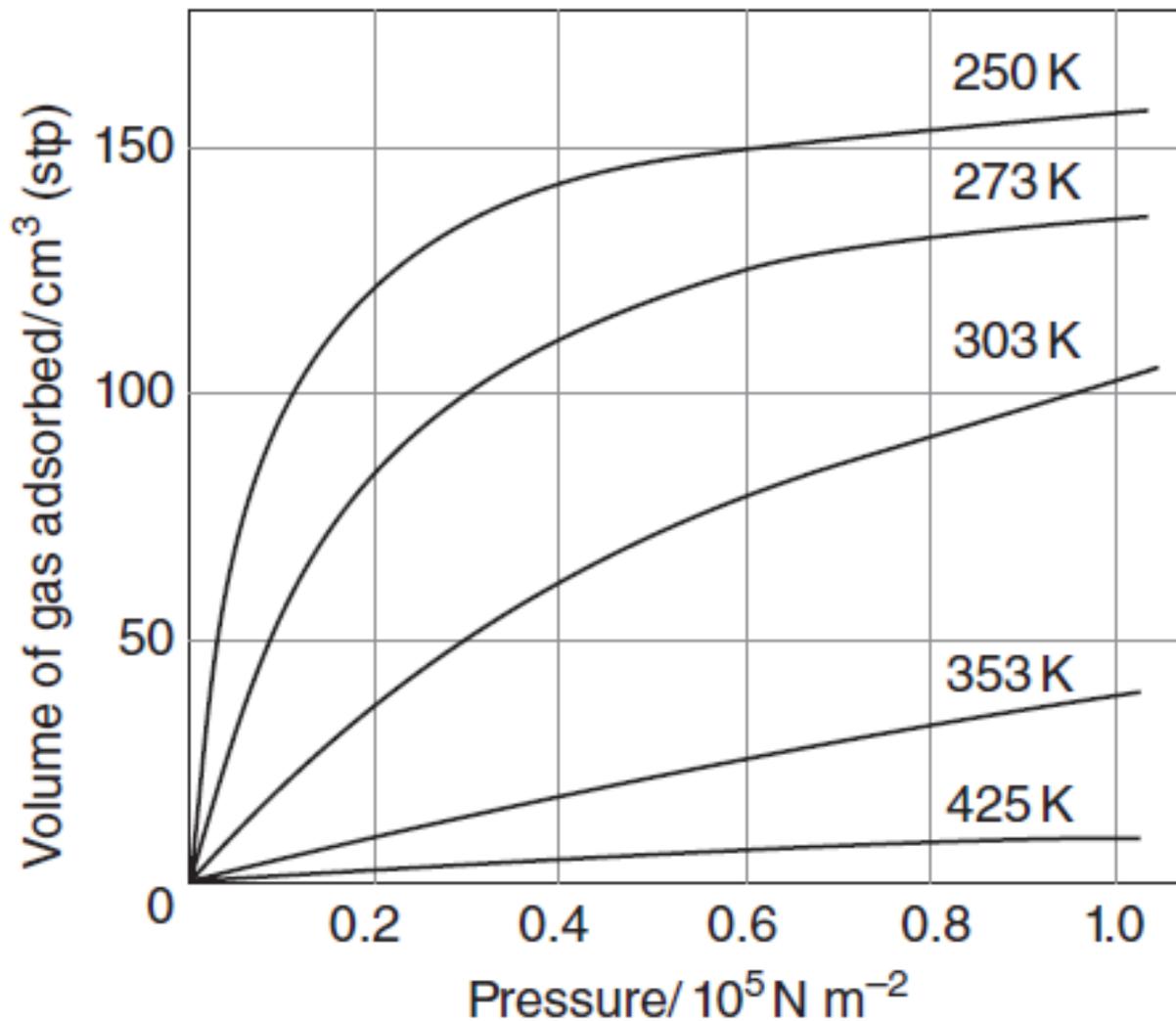


$$S_f < S_i$$

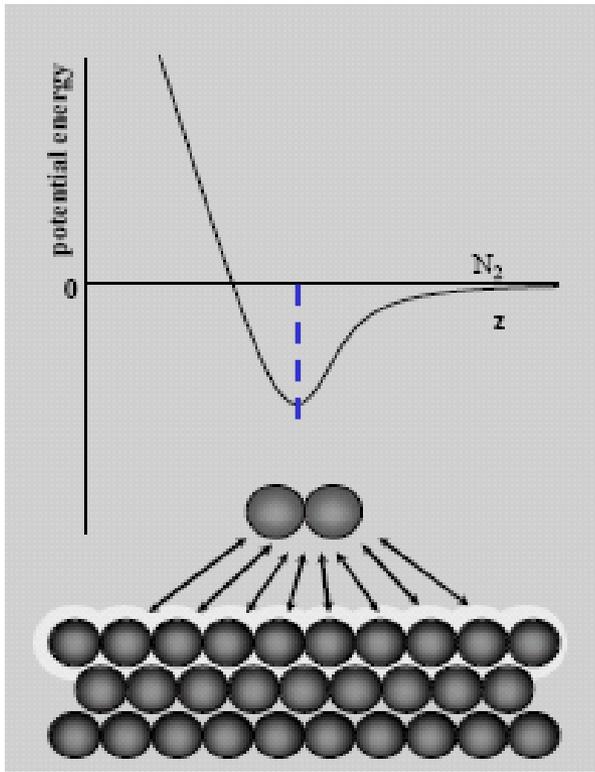
$$\Delta G_{\text{ads}} = \Delta H_{\text{ads}} - T \Delta S_{\text{ads}}$$

Adsorção de gases = Proc. exotérmico!!

Isotermas adsorção de amônia sobre carvão (Shaw, 1992)

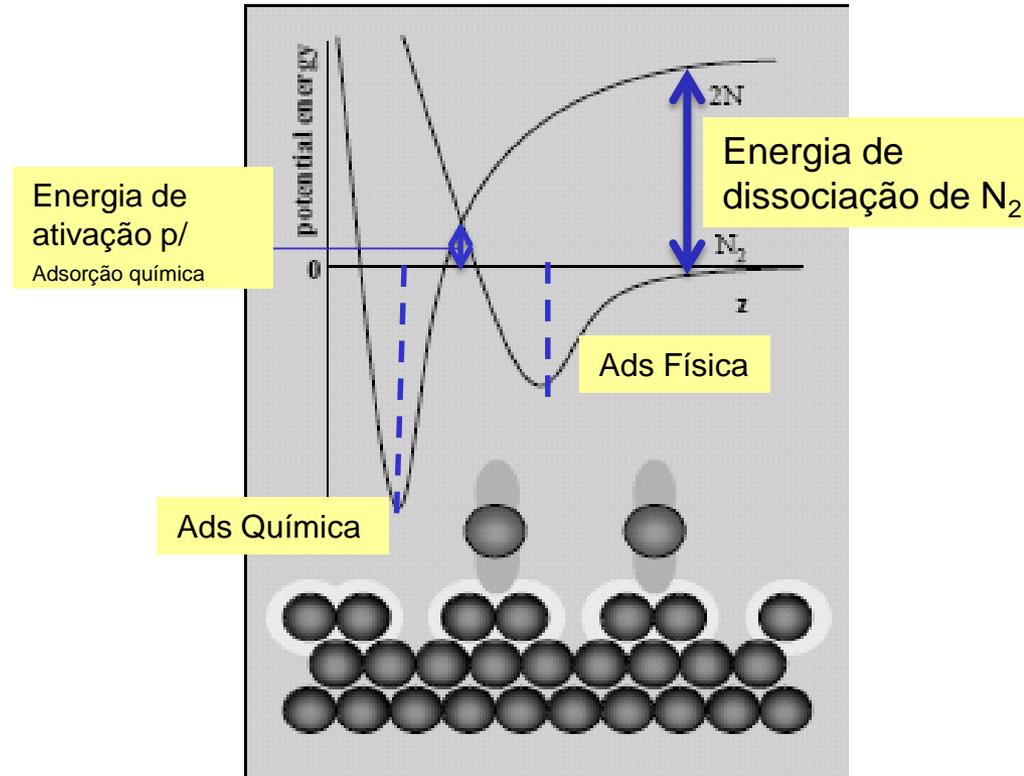


Adsorção física



Potencial Lennard-Jones
Rápido e reversível
Mono ou multicamadas

Adsorção química

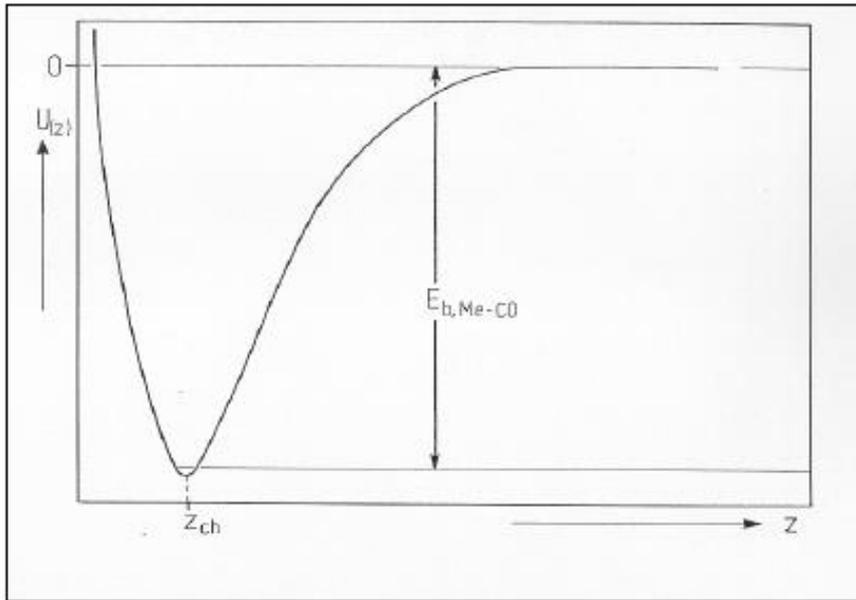


Potencial de Morse
Lento, pouco ou nada reversível
Específico: energia de ativação
Monocamada

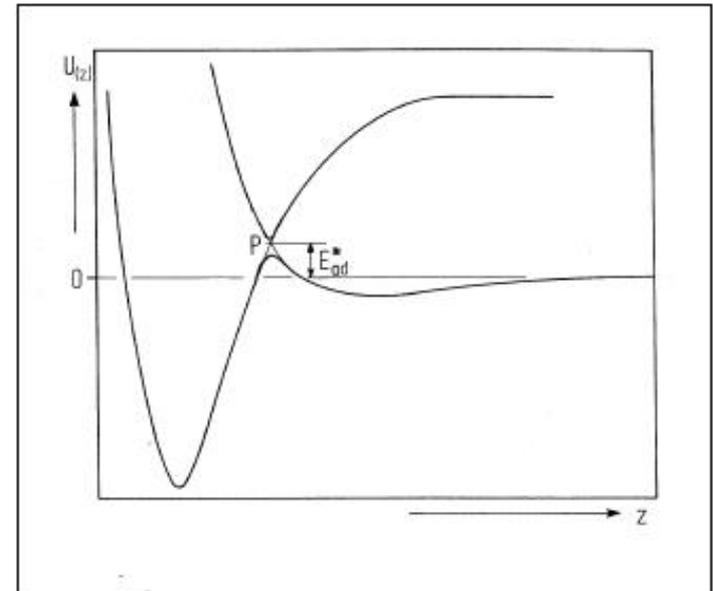
Real systems have many irregularities, making theoretical calculations more difficult:

- Solid surfaces are not necessarily at equilibrium.
- They may be perturbed and irregular, defects and such.
- Distribution of adsorption energies and odd adsorption sites.
- Bonds formed between the adsorbates

Adsorção não ativada: espontânea, não tem barreira de energia
Adsorção ativada: tem barreira de energia potencial entre o estado precursor e o estado da molécula quimissorvida



Non activated (spontaneous) adsorption: CO on Ni(111)



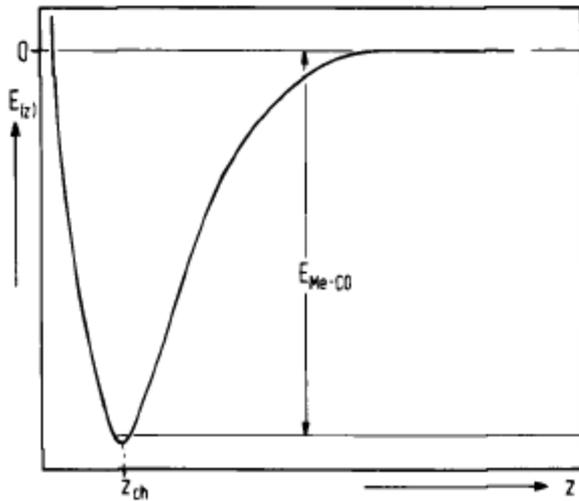
activated adsorption: hydrogen on a Cu(111) surface

Adsorção associativa: adsorção deixa molécula intacta,

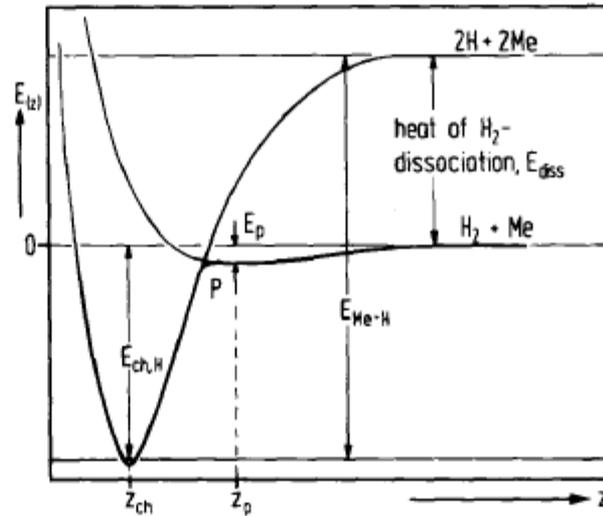
$$E_{ad} = E_{\text{lig quím}}$$

Adsorção dissociativa: tem gasto de energia para dissociar a molécula de gás.

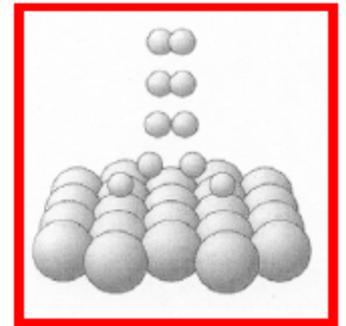
$$E_{ad} = E_{\text{lig quím}} - E_{\text{dissociação}}$$



CO-Pd interaction potential



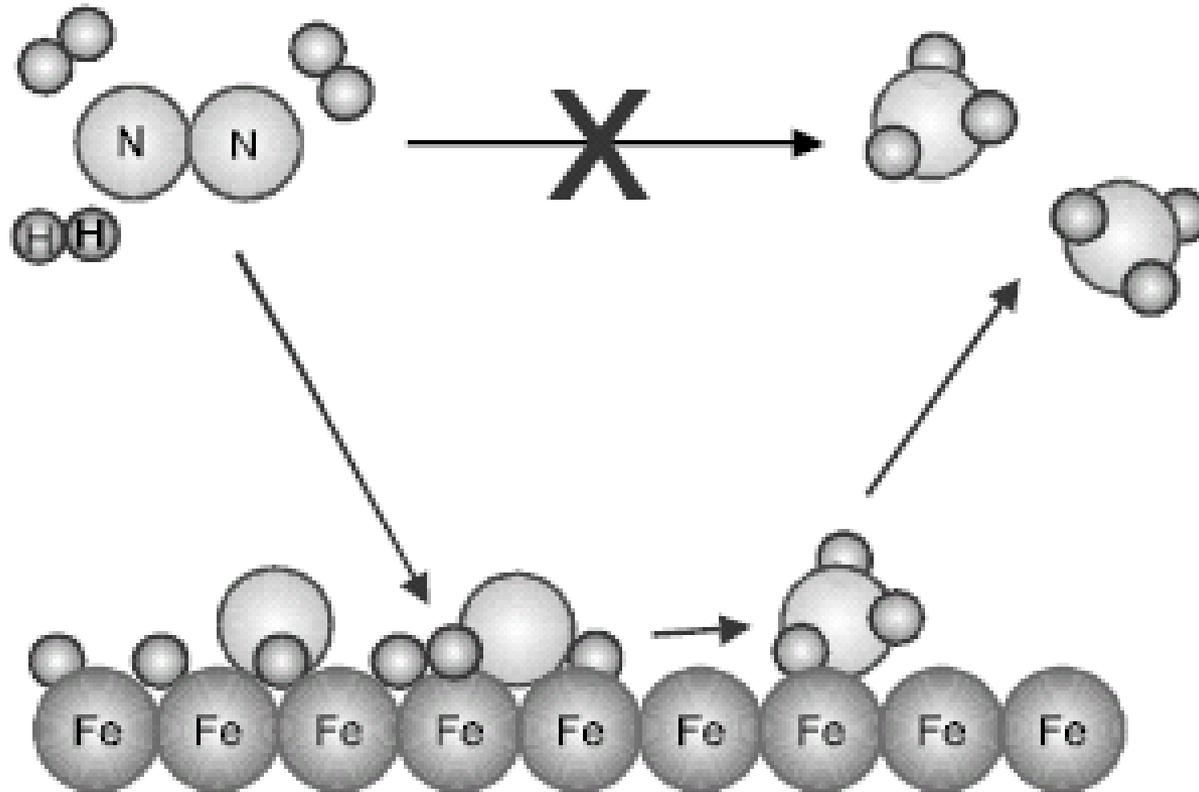
H_2 -Ni interaction potential



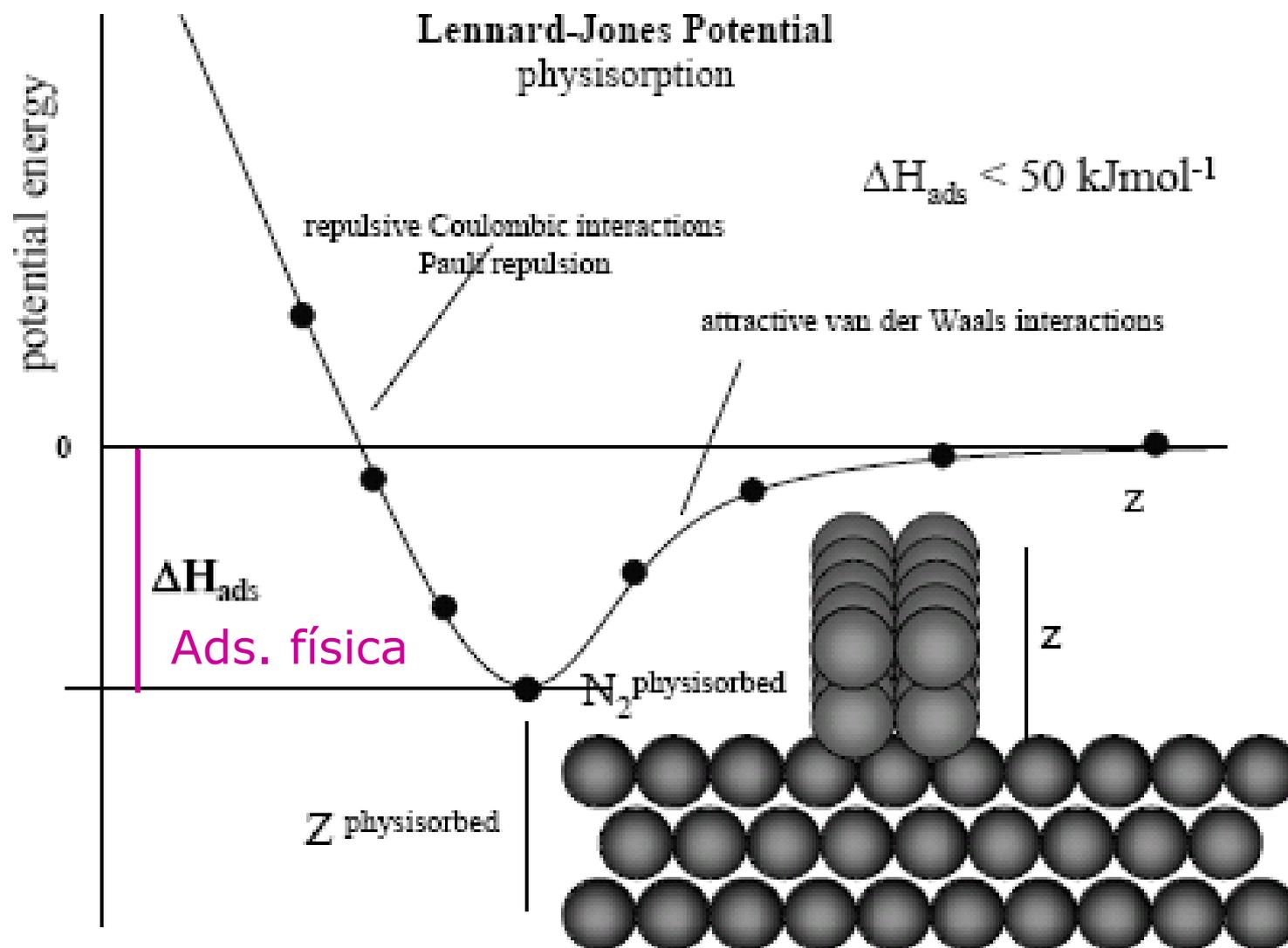
Processo Haber-Bosch

P = 200 atm, T = 450°C

Nobel de Química em 1918

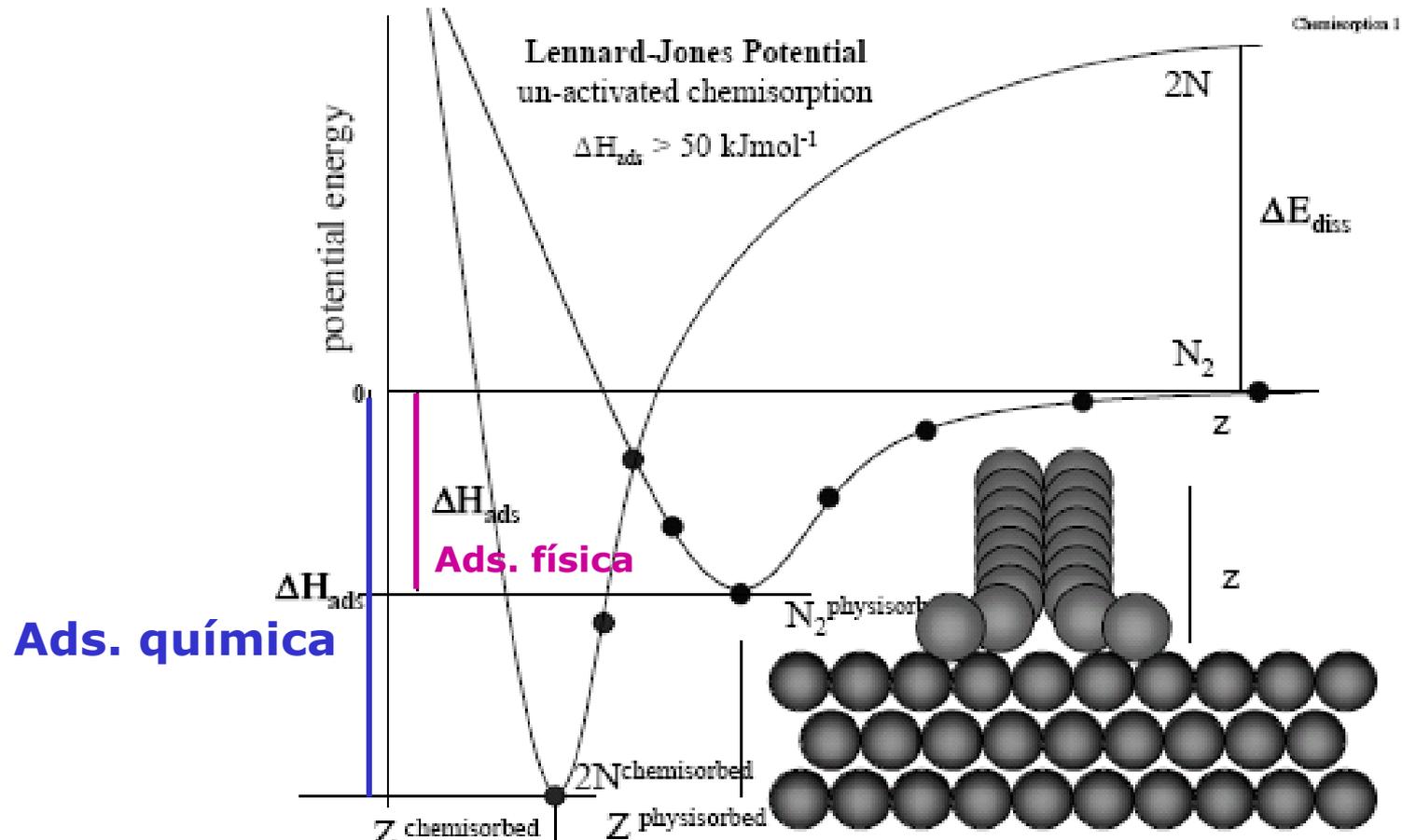


Adsorção física como estado precursor da adsorção química



Adsorção dissociativa não ativada:

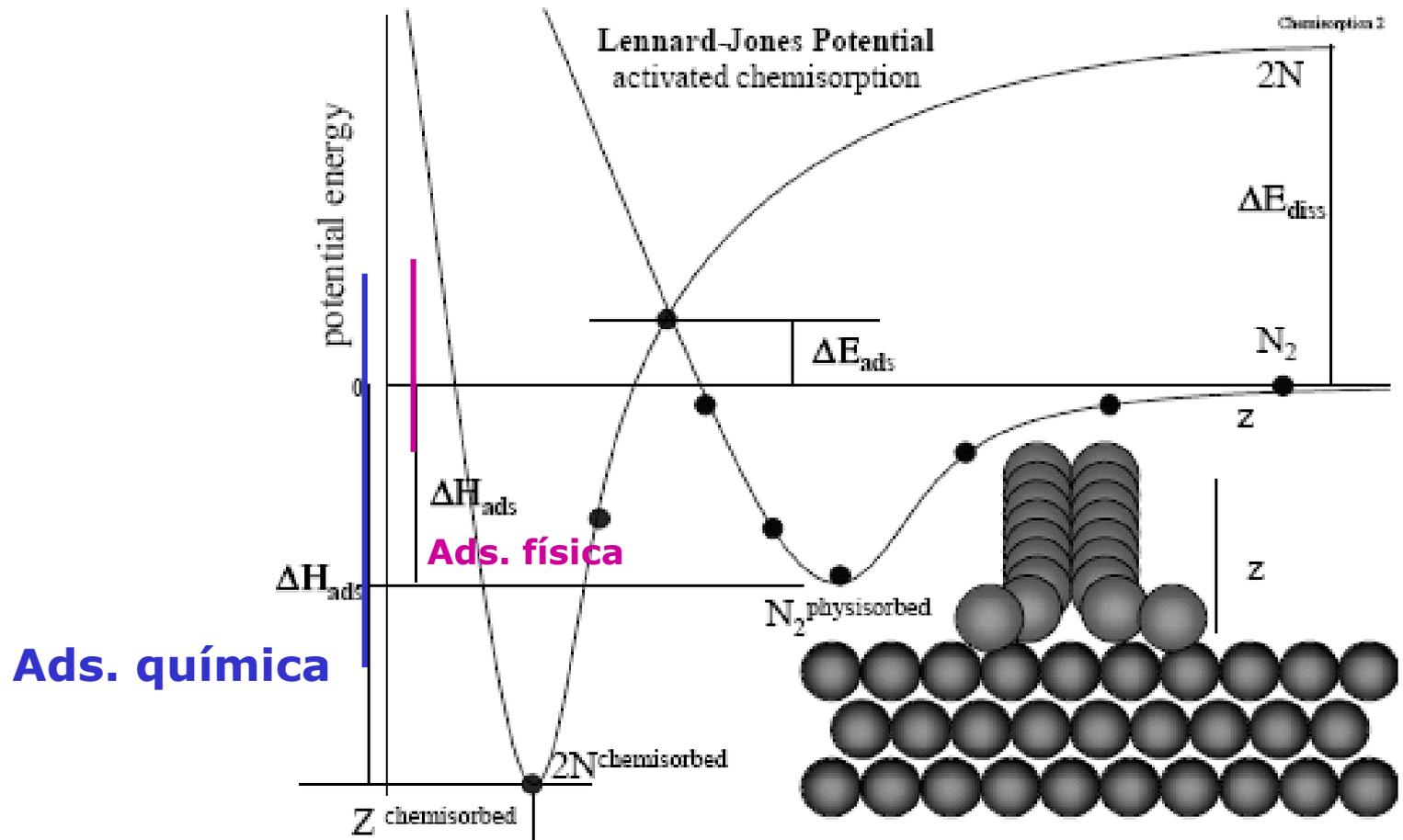
A barreira de energia potencial entre o estado precursor e o estado da molécula quimissorvida é baixa → rápido



Adsorção dissociativa ativada:

A barreira de energia potencial entre o estado precursor e o estado da molécula quimissorvida é alta → lento

O processo deve ser ativado para vencer energia de ativação (ΔE_{ads}), que vem da excitação vibracional e translacional das moléculas de gás.



Adsorção química:

As moléculas do adsorbato (gás) tendem a se acomodar de forma a obter o número de coordenação máximo com o substrato (superfície).

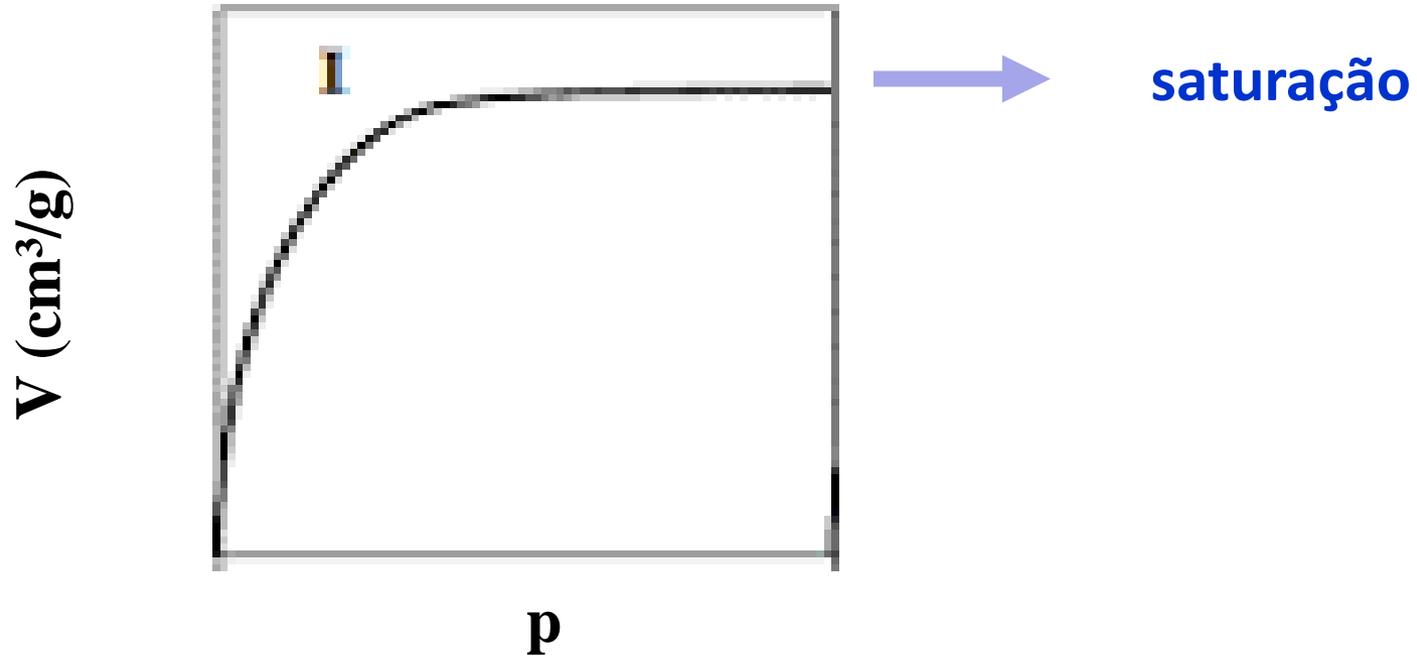
Uma molécula quimicamente adsorvida pode ser decomposta pelas forças de valência dos átomos da superfície. É a existência de fragmentos moleculares adsorvidos que responde pelo efeito catalítico de superfícies sólidas.

Como medir a adsorção física de gases?

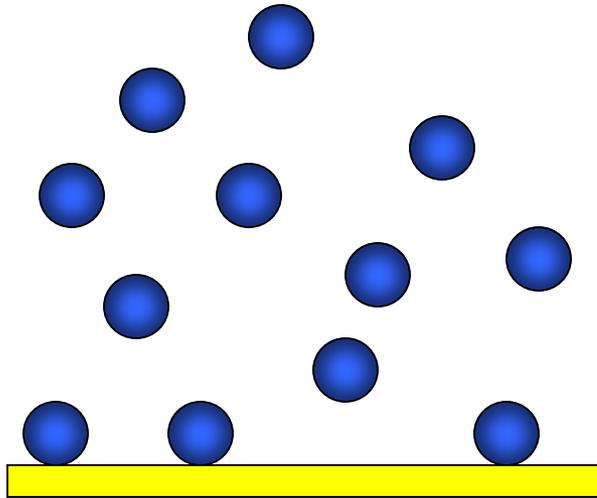
- 1) Adsorvente deve ficar sob vácuo por várias horas para retirar o máximo possível de gases ou vapores pré-adsorvidos
- 2) Mede-se o volume de gás adsorvido por massa de adsorvente (cm^3/g) em função da pressão, a T constante → isoterma de adsorção - usada para determinar área superficial de sólidos
- 3) Tipos adsorção física:
 - 3.1) Monocamada
 - 3.2) Multicamadas
 - 3.3) Condensação em poros ou capilares

<https://www.youtube.com/watch?v=sqGJsIVCvq8>

Adsorção física em monocamadas – Isotherma de adsorção tipo I

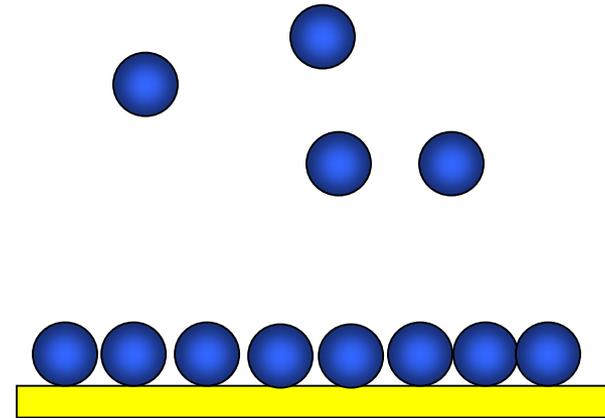


Grau de recobrimento da superfície (θ)



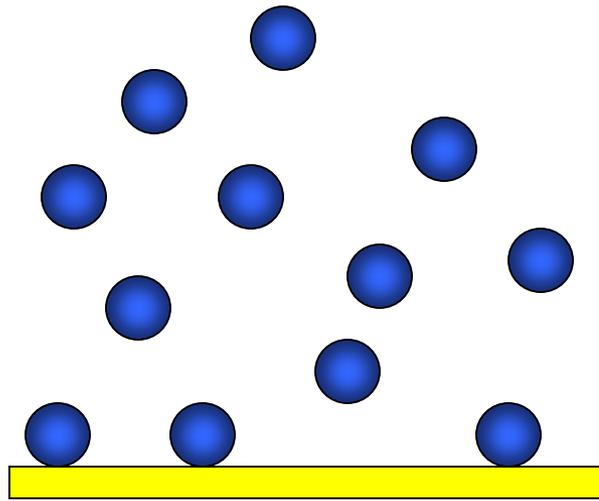
$$\theta < 1$$

Recobrimento incompleto

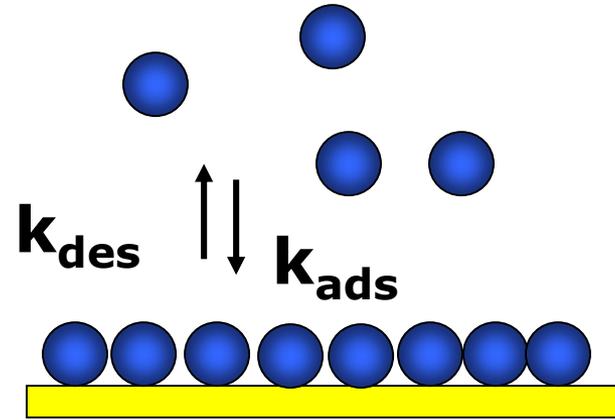


$$\theta = 1$$

**Recobrimento completo
saturação**



Início



Equilíbrio

$$K_{eq} = \frac{k_{ads}}{k_{des}}$$

Quanto maior K_{eq} , mais favorável é a adsorção!

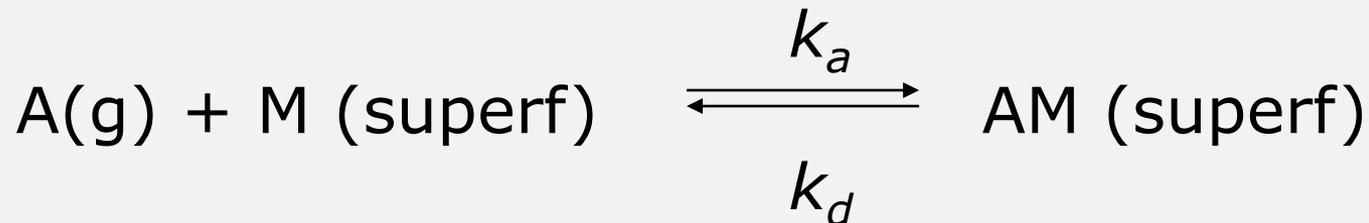
$$\Delta G_{ads} = \Delta H_{ads} - T \Delta S_{ads}$$

$$\Delta G_{ads} = RT \ln (p/p^0) = RT \ln K_{eq}$$

(p/p^0) = fração de gás livre

Modelo de adsorção de Langmuir

Equilíbrio dinâmico entre as moléculas adsorvidas (monocamada) e as moléculas livres.



$$\frac{d\theta}{dt} = k_a P N (1 - \theta) \quad (1)$$

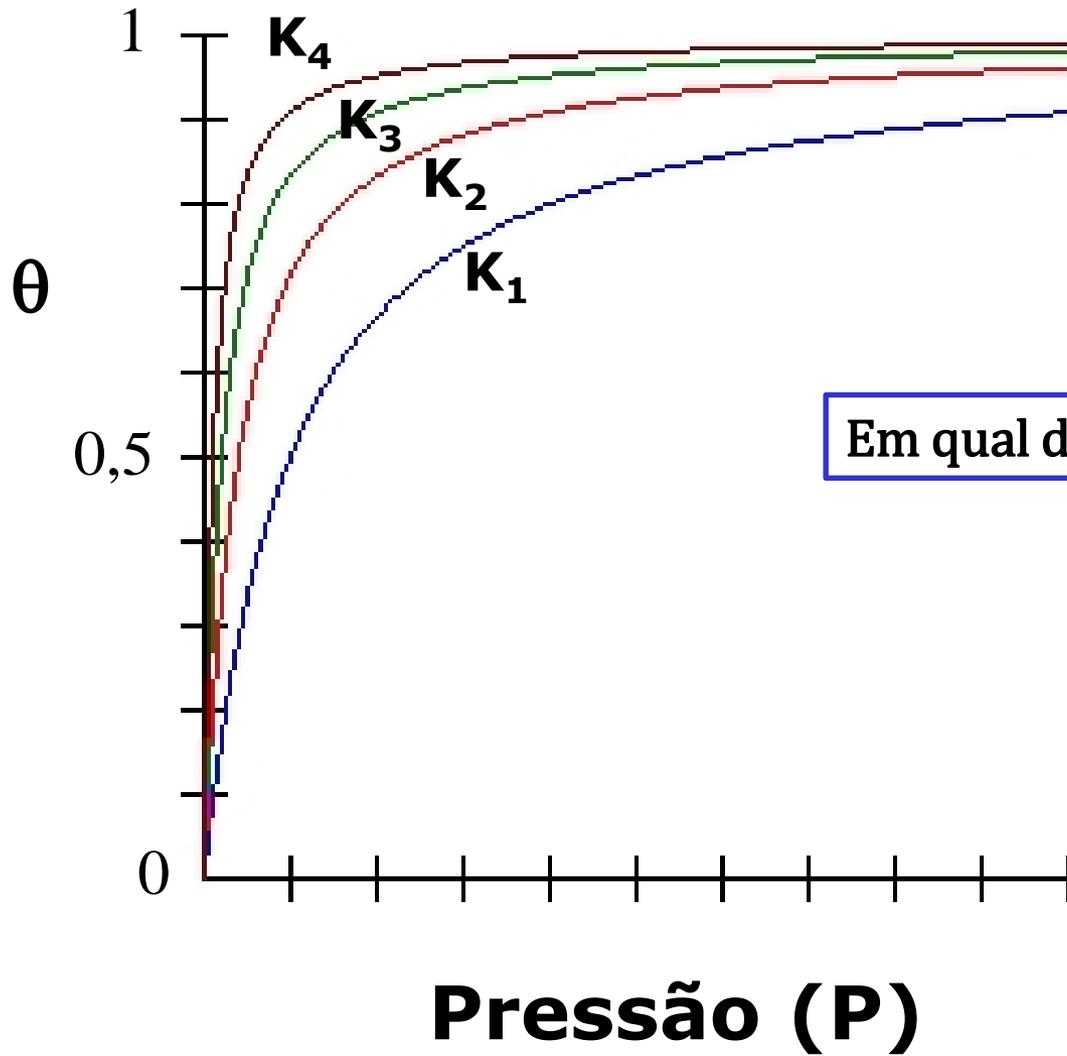
onde N = número total de sítios
N(1-θ) = núm. de sítios livres
P = pressão parcial de A

$$\frac{d\theta}{dt} = k_d N \theta \quad (2)$$

Dividindo (1) por (2) e com $K = k_a/k_d$

$$\theta = \frac{KP}{1+KP} \quad (3)$$

Adsorção física em monocamada



$$K_4 > K_3 > K_2 > K_1$$

Modelo de adsorção (física) de Langmuir

Um dos modelos teóricos mais simples de adsorção é o de Langmuir, que foi proposto para descrever a adsorção de gases sobre sólidos.

Premissas do modelo:

- a superfície do sólido (substrato) é coberta por um grande número de sítios de mesma energia;
- cada sítio pode ser ocupado por uma molécula de adsorbato;
- as moléculas adsorvidas não interagem entre si (ausência de ligações intermoleculares laterais);
- a adsorção é completa ($\theta = 1$) quando há a formação de uma monocamada;
- um processo de equilíbrio dinâmico entre as moléculas adsorvidas (frequência de colisões) e dessorvidas (E_a de Arrhenius).

Z é o número de moléculas que colidem com a superfície:

$$Z = \frac{P}{\sqrt{2\pi mkT}}$$

k = constante de Boltzmann, m = massa de uma molécula, P = pressão, T = temperatura.

tempo de residência (τ) de uma molécula na superfície:

$$\tau = \tau_0 e^{\left(\frac{E_{des}}{RT}\right)}$$

τ_0 = tempo de vibração molecular do adsorbato, $1/\tau$ = taxa de dessorção de moléculas por unidade de área, E_{des} = energia para dessorver

No equilíbrio:

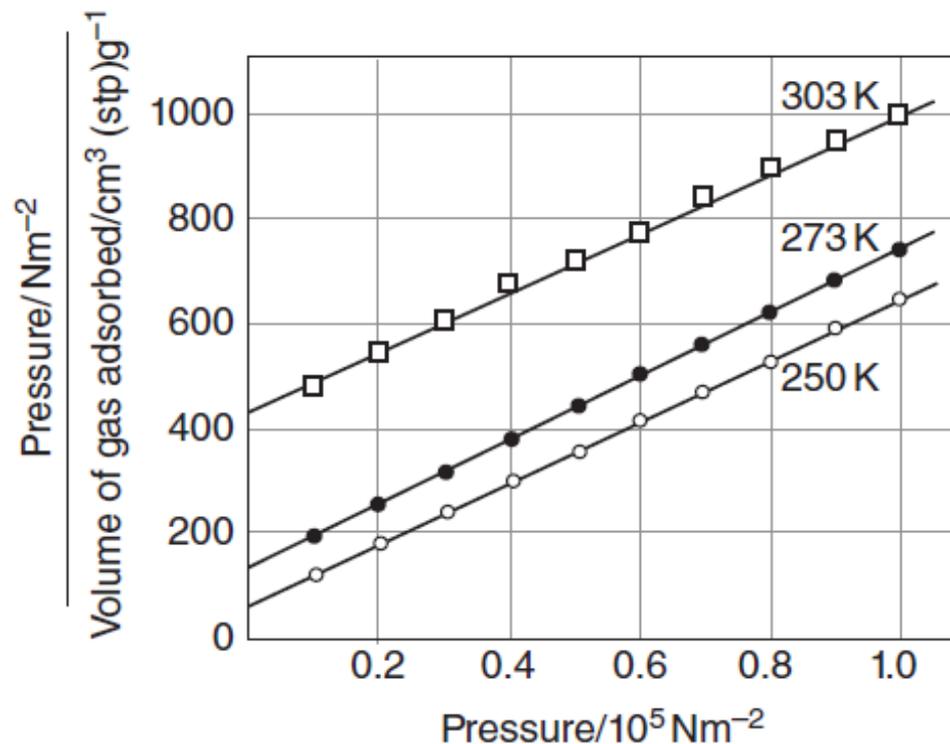
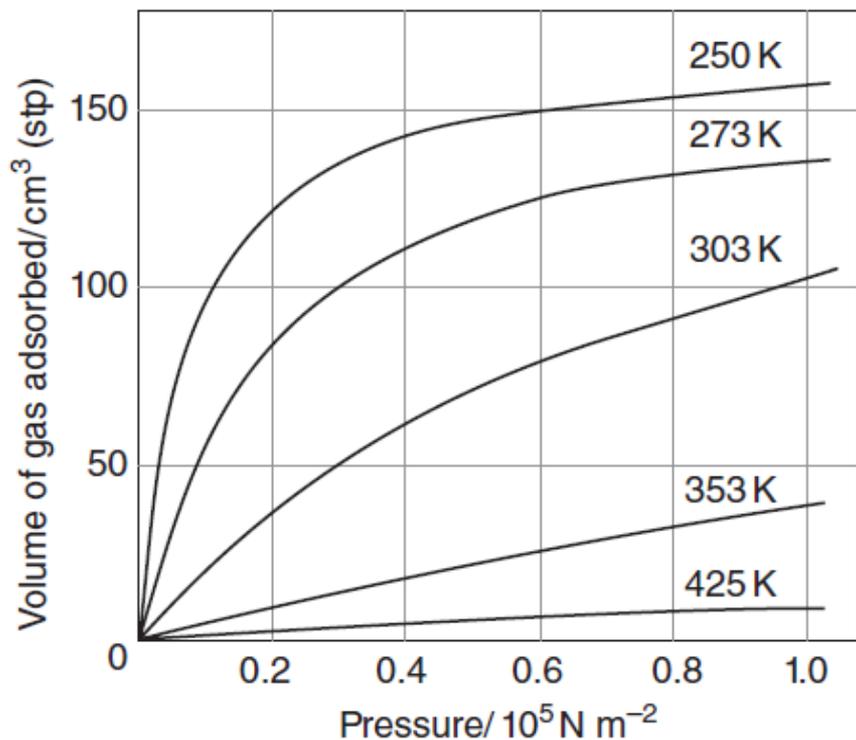
$$\frac{P}{\sqrt{2\pi mkT}} \alpha_0 (1-\theta) = 1/\left[\tau_0 e^{\left(\frac{E_{des}}{RT}\right)}\right]$$

α_0 é a razão entre o número de colisões elásticas e o total de colisões na superfície do substrato

Adsorção física em monocamadas – Isooterma de adsorção tipo I

Amônia sobre carvão (Shaw, 1992)

$$(P/V) = (P/V_{\max}) + (1/KV_{\max})$$



Exemplo 25.1. P. Atkins, 8a ed. Vol. 2

Determinação da constante de adsorção (K) e o volume de gás correspondente ao recobrimento completo (V_{\max}) para isoterma de adsorção de CO sobre carvão a 273 K.

P(kPa)	13,3	26,7	40	53,3	66,7	80	93,3
V(mm ³)	10,2	18,6	25,5	31,5	36,9	41,6	46,1

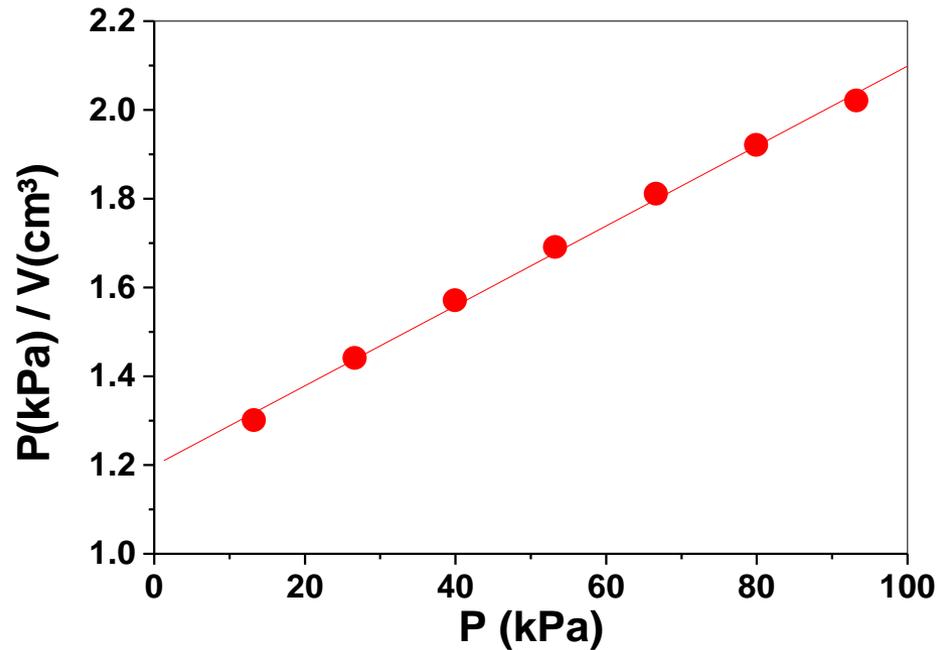
Modelo de Langmuir

$$KP\theta + \theta = KP, \quad \theta = V/V_{\max}$$

$$(P/V) = (P/V_{\max}) + (1/KV_{\max})$$

V_{\max} = volume de gás necessário para formar monocamada adsorvida ou para saturar a superfície sólida

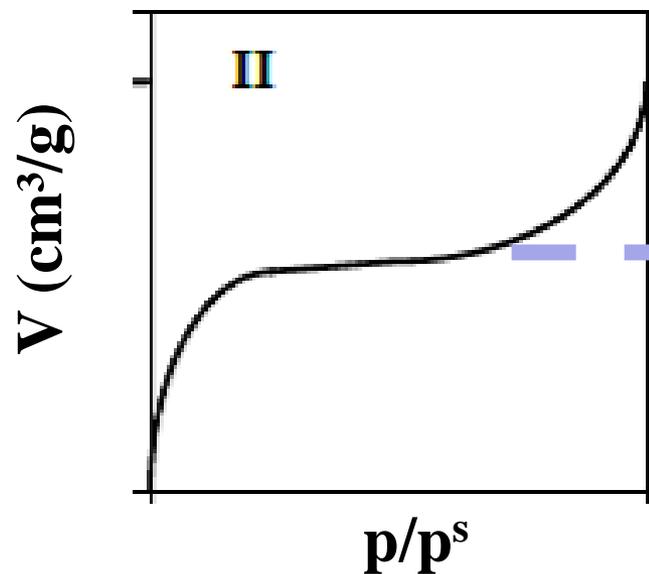
$$(P/V) = (P/V_{\max}) + (1/KV_{\max})$$



Coef. Angular = 0,0090 = $1/V_{\max}$ → $V_{\max} = 111 \text{ cm}^3$

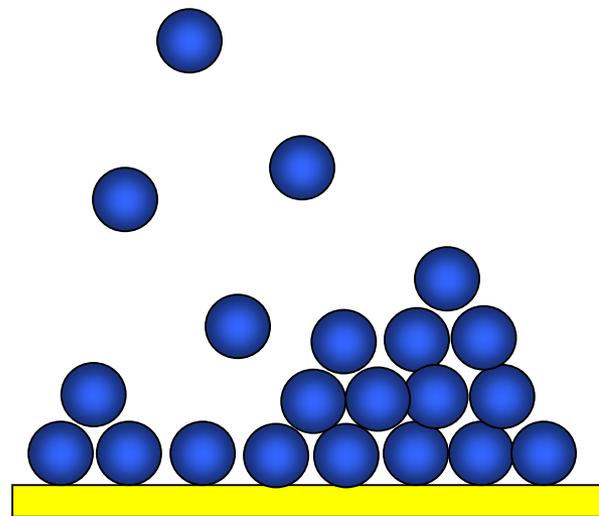
Coef. Linear = 1,20 = $(1/KV_{\max})$ → $K = 7.5 \times 10^{-3} \text{ kPa}^{-1}$

Adsorção física em multicamadas – Isotherma de adsorção tipo II

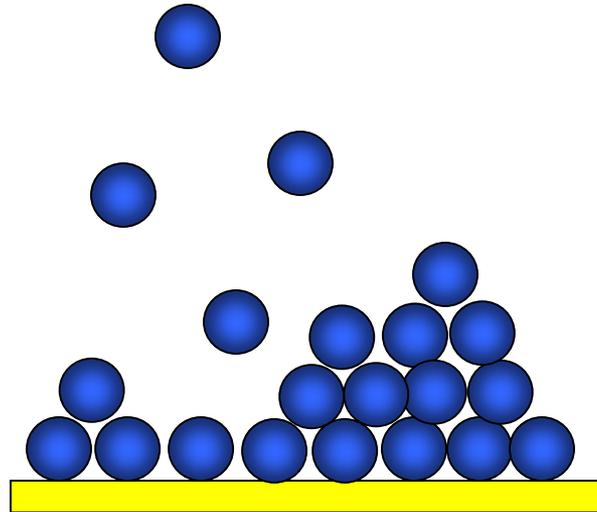


monocamada

p^s = pressão de saturação



Modelo de Brunauer, Emmett, Teller (BET)



multicamadas

- adsorção física das moléculas de gás sobre superfície sólida em **multicamadas**;
- ausência de interação entre as camadas adsorvidas;
- na p_{vapor} saturado do gás, ocorre liquefação;
- a teoria de Langmuir pode ser aplicada para a primeira camada (monocamada).

Modelo de BET: equilíbrio entre velocidades de evaporação e condensação para as várias camadas

$$\frac{V}{V_{\text{mon}}} = \frac{cz}{(1-z) \{1-(1-c)z\}}$$

$z = p/p^*$, p^* é a pressão de vapor de saturação sobre o adsorbato

$$c = e^{(\Delta H_L - \Delta H_1)/RT}$$

ΔH_L = calor de liquefação da 2ª, 3ª, 4ª ... nª camada

ΔH_1 = calor de adsorção da 1ª camada

- O modelo não se ajusta quando P é muito baixa ou muito alta.
- Industrialmente V_{mon} é usado para estimar área de superficial de sólidos porosos

$$\frac{V}{V_{\text{mon}}} = \frac{cz}{(1-z)\{1-(1-c)z\}}$$

Reescrevendo ...



$$\frac{z}{(1-z)V} = \frac{1}{cV_{\text{mon}}} + \frac{(c-1)z}{cV_{\text{mon}}}$$

y
 a
 bx

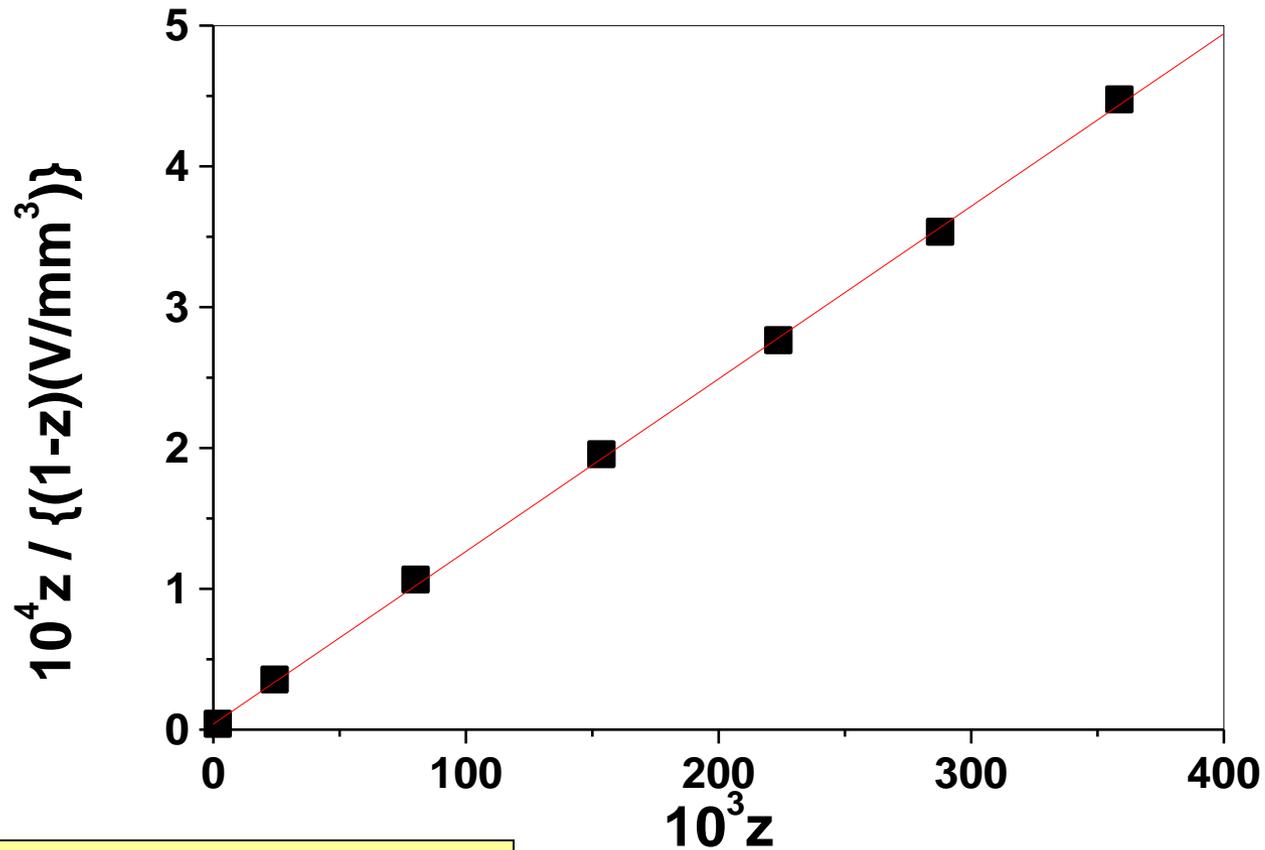
Exemplo 25.3- P. Atkins 8a ed. Determinação da área de TiO₂ (rutilo) através de isotermas de adsorção de N₂ a 75K.

P(kPa)	0,16	1,87	6,11	11,67	17,02	21,92	27,29
V(mm ³)	601	720	822	935	1046	1146	1254

Sabendo que quando $T = 75\text{K}$, $p^* = 76,0\text{ kPa}$ e que temos $1,0\text{ g}$ de substrato, devemos

1. Calcular os valores de "z"
2. Calcular os valores de " $z/\{(1-z)V\}$ "
3. Fazer o gráfico de " $z/\{(1-z)V\}$ " em função de "z"

$$\frac{z}{(1-z) \underset{y}{V}} = \frac{1}{c \underset{a}{V}_{\text{mon}}} + \frac{(c-1) z}{c \underset{bx}{V}_{\text{mon}}}$$



$$\frac{(c-1) z}{c \underset{a}{V}_{\text{mon}}} = 1,23 \times 10^{-3} \text{ mm}^{-3}$$

$$\frac{1}{c \underset{a}{V}_{\text{mon}}} = 3,98 \times 10^{-6} \text{ mm}^{-3}$$

Determinação da área de TiO₂ (rutilo) através de isotermas de adsorção de N₂ a 77K.

$$C = 310 \text{ e } V_{\text{mon}} = 811 \text{ mm}^3$$

$$PV = nRT$$

$$1 \text{ atm } (811 \text{ mm}^3) = n R 273 \text{ K}$$

$$n = 3,6 \times 10^{-5} \text{ moles ou } 2,167 \times 10^{19} \text{ moléculas de N}_2$$

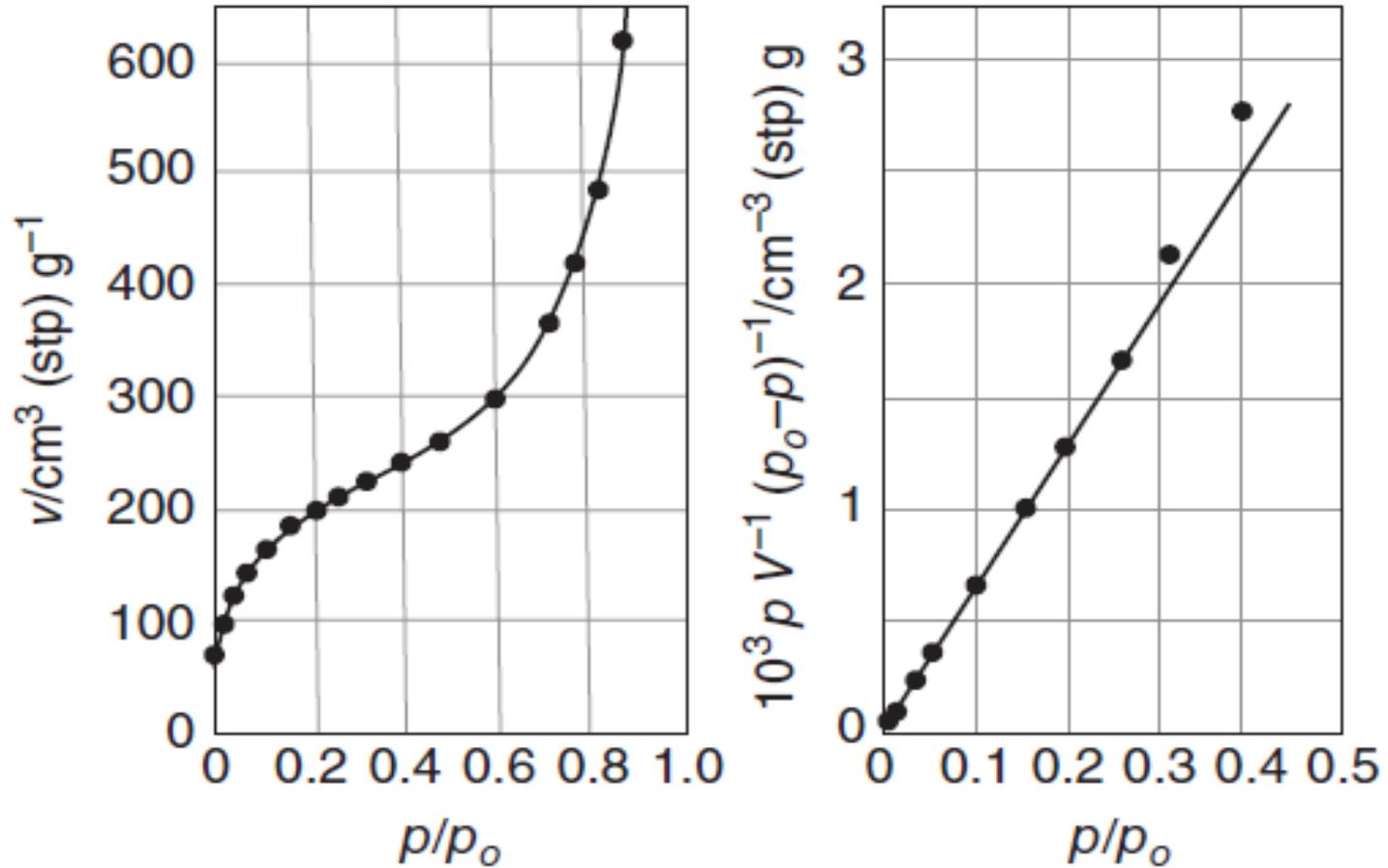
Como cada molécula de N₂ tem área de 0,16 nm² a área superficial da amostra (1 g) é 3,467 m².

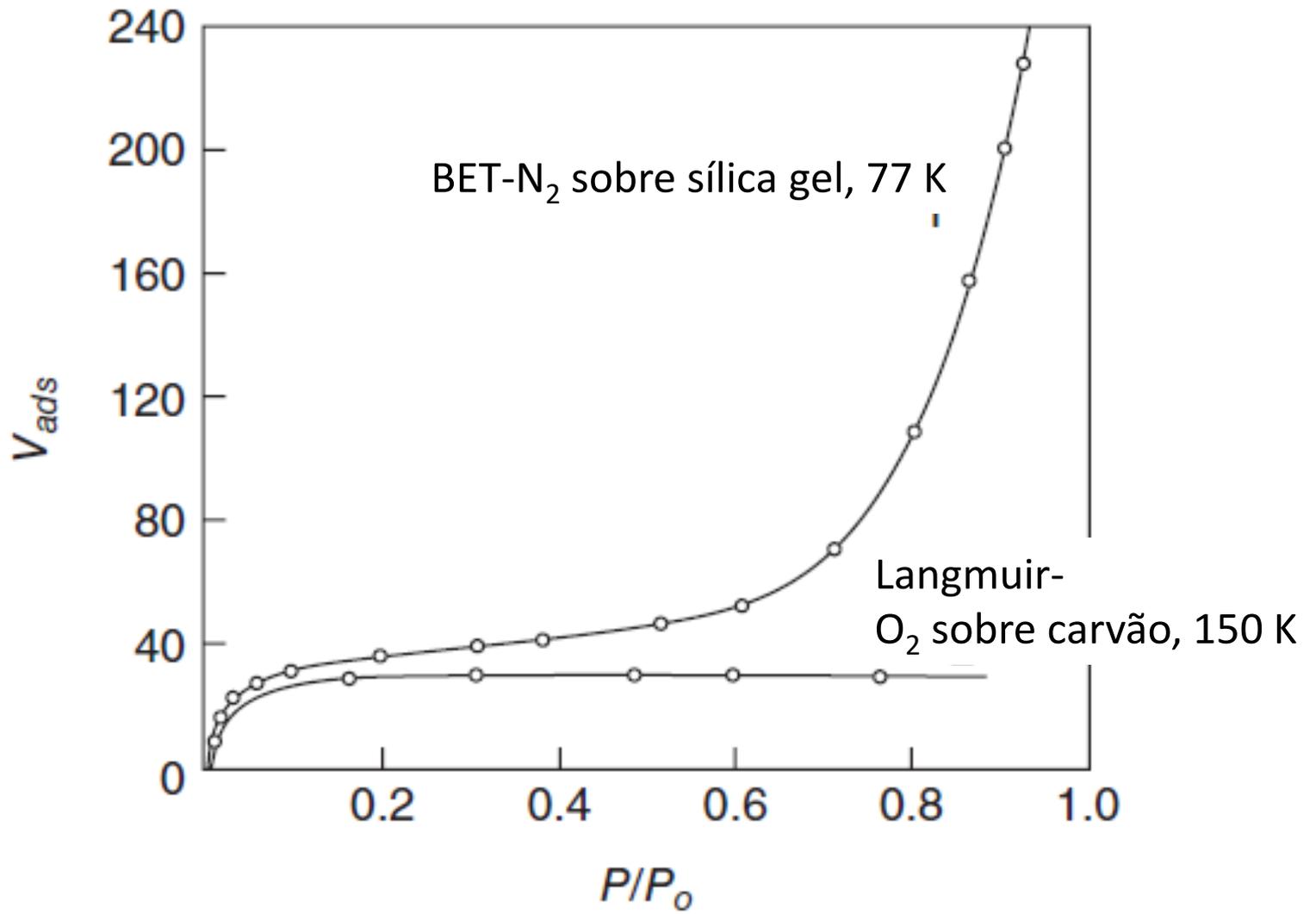
$$\text{Ar} \rightarrow 0,138 \text{ nm}^2$$

$$\text{Kr} \rightarrow 0,195 \text{ nm}^2$$

Adsorção física em multicamadas – Isotherma de adsorção tipo II

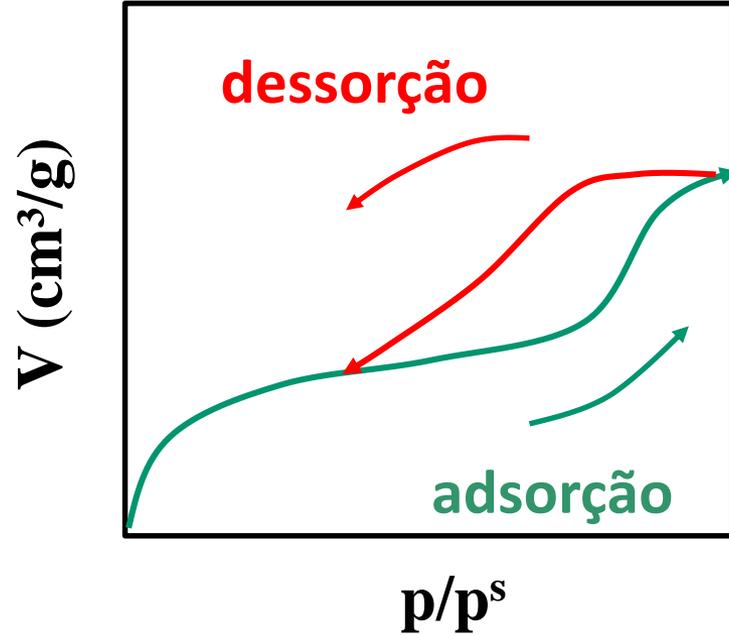
Nitrogênio sobre sílica gel (Shaw, 1992)





Shaw, 1992

Condensação em poros e capilares – Isotherma de adsorção tipo IV



Geralmente poros tem diâmetro entre 2 e 20 nm (mesoporos)

IUPAC

< 2 nm = microporos

> 50 nm = macroporos

Laplace mostrou que a pressão do lado côncavo de uma interface é sempre maior que a do lado convexo.

Eq. de Laplace:

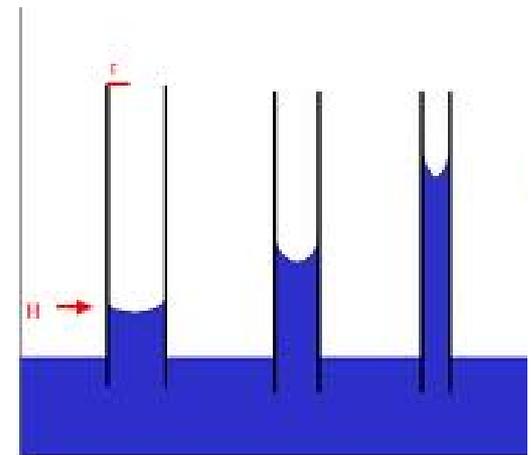
$$p_{\text{côncavo}} = p_{\text{convexo}} + (2\gamma/r) \quad (3)$$

onde r = raio da superfície

Quando $r \rightarrow \infty$ (superfície plana) $\Delta p = 0$

Quanto menor o raio, maior será Δp

Quanto menor o raio, maior a curvatura e maior a pressão do lado côncavo (Laplace)



Equação de Kelvin: descreve como varia pressão de vapor de um líquido confinado em um gotícula, poro ou bolha (p_r^s) de raio r com relação à pressão de vapor do líquido “tabelada” (p_∞^s).

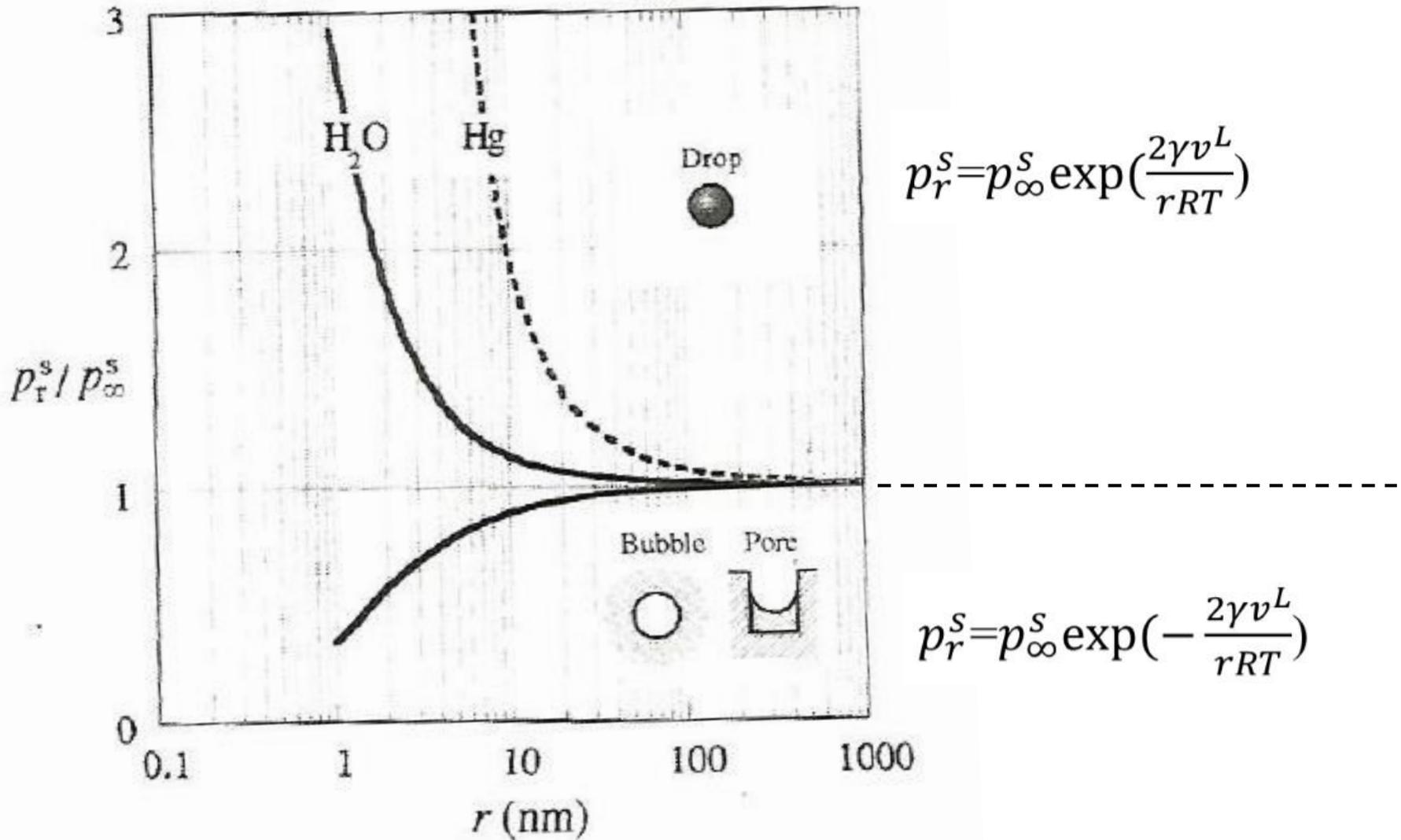
$$p_r^s = p_\infty^s \exp\left(-\frac{2\gamma v^L}{rRT}\right)$$

Poro ou bolha, líquido no lado côncavo

$$p_r^s = p_\infty^s \exp\left(\frac{2\gamma v^L}{rRT}\right)$$

Gotícula, vapor no lado côncavo

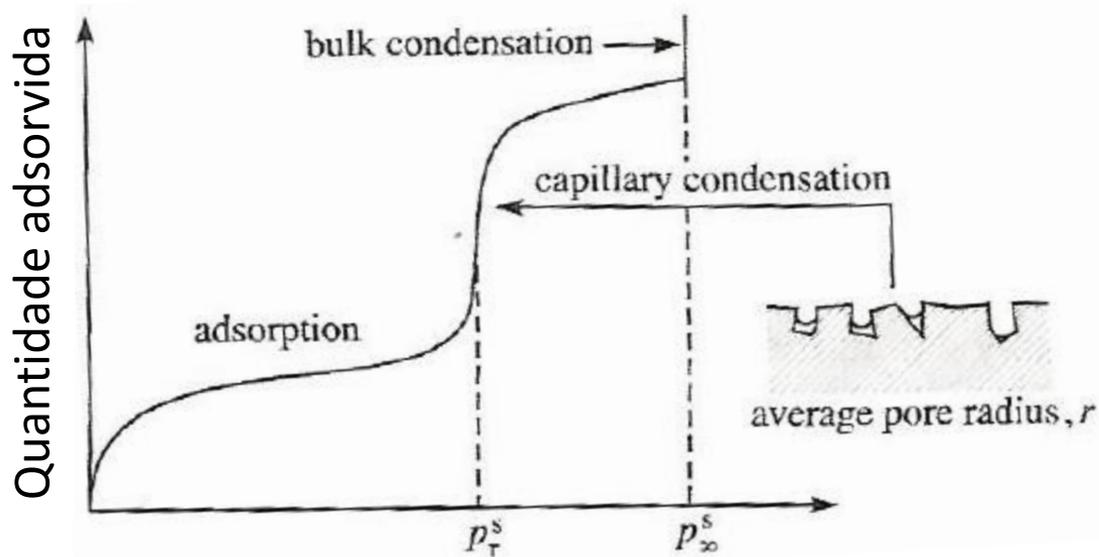
v^L = volume molar do líquido



Dependência da pressão de vapor de gotas ou bolhas/poros de água ou Hg em função do tamanho

O vapor condensa quando

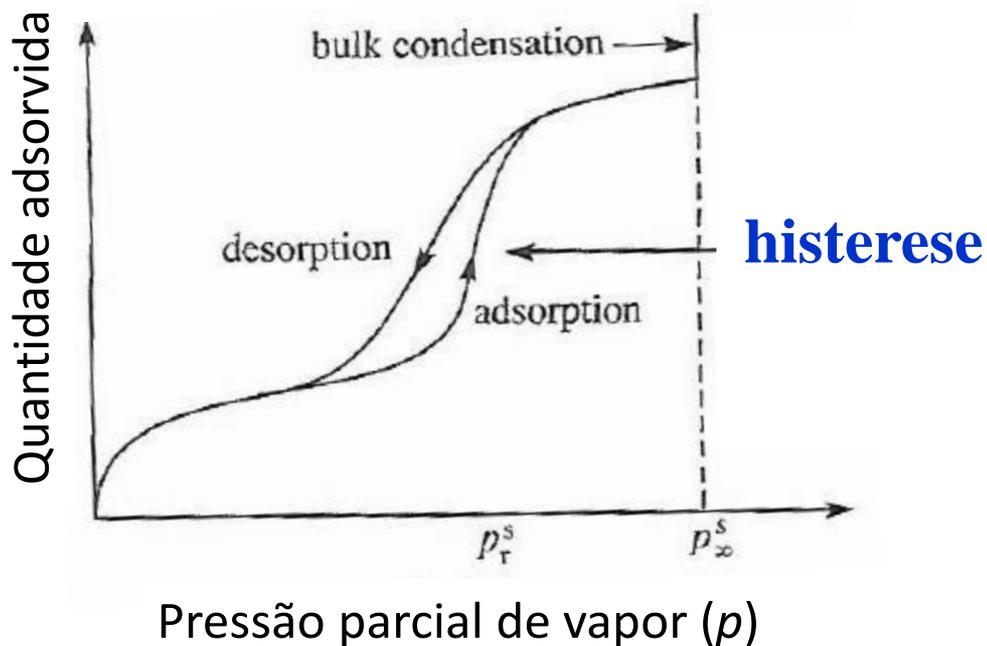
$$p_r^s = p_\infty^s \exp\left(-\frac{2\gamma v^L}{rRT}\right)$$



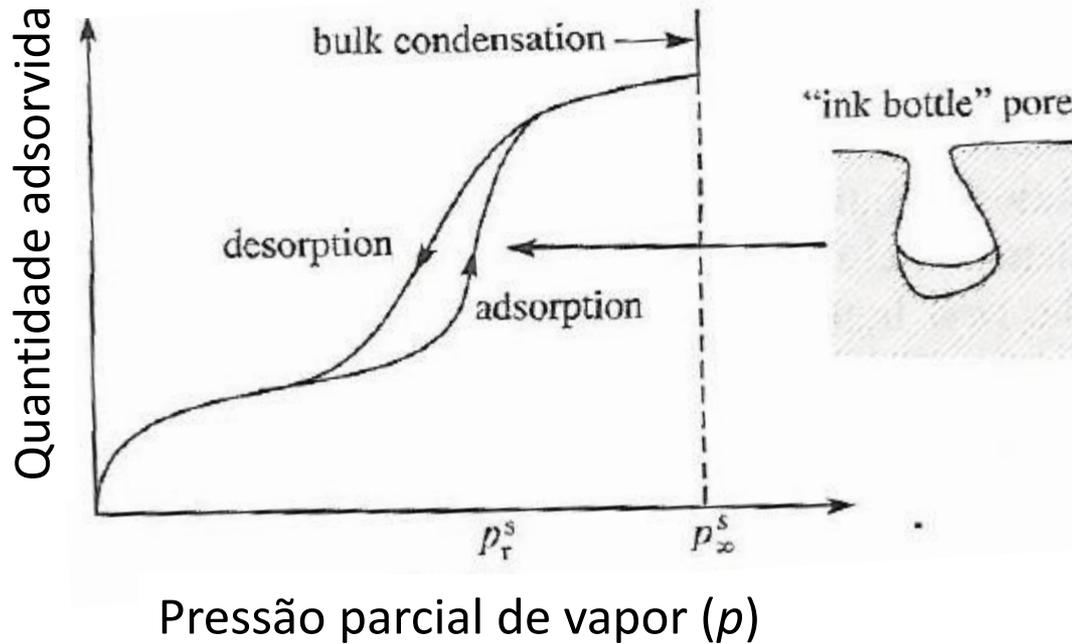
Pressão parcial de vapor

De onde vem a histerese?

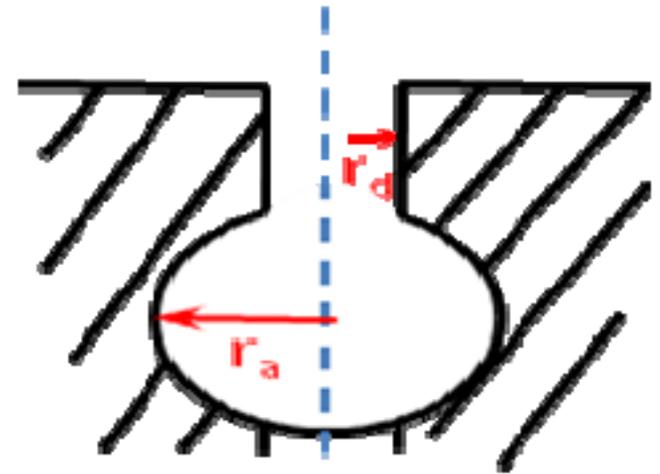
- Zsigmondy: histerese no ângulo de contato devido à impurezas
- Formato do poro e menisco



Formato do poro e menisco



$$p_r^s = p_\infty^s \exp\left(-\frac{2\gamma v^L}{rRT}\right)$$



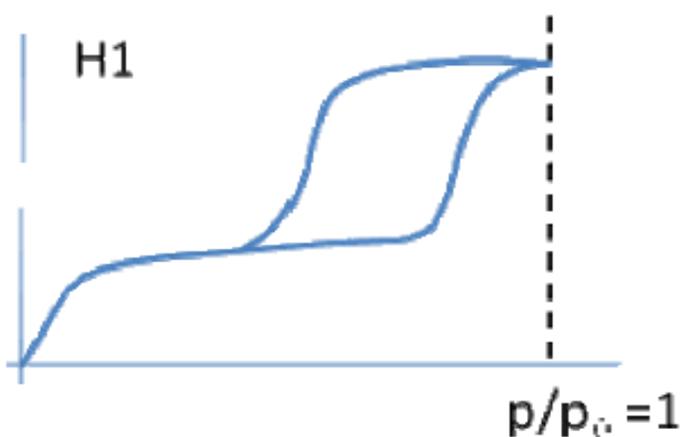
Este tipo de poro ("garrafa") tem a entrada mais estreita que o fundo. Para saturar, requer p mais alta.

Para dessorver tem que reduzir p_r^s a valor menor que o correspondente ao da boca da garrafa, senão o líquido não evapora

$$p_d < p_a.$$

◆ Different hysteresis shapes

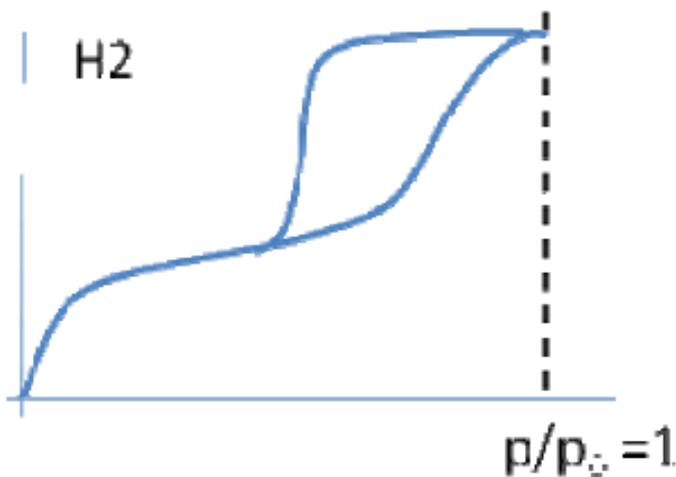
1.



Hysteresis loop is vertical, adsorption and desorption branches are parallel.

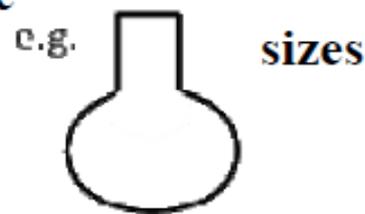
- (1) uniform size cylindrical pores (mesoporous materials)
- (2) agglomerates or compacts of spheroidal particles of uniform size

2.

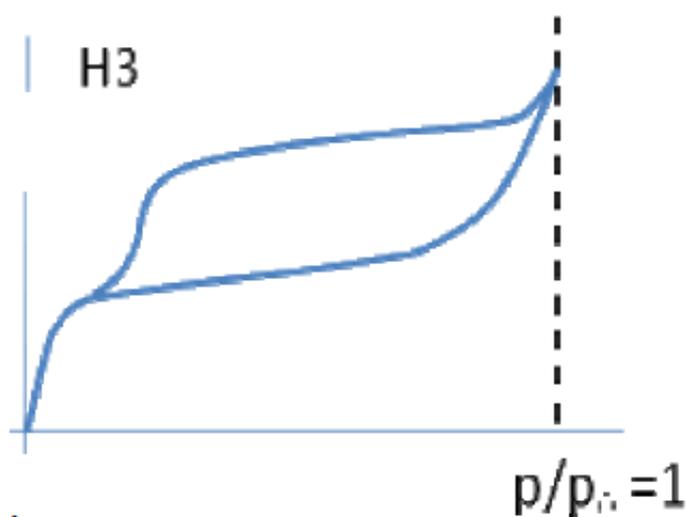


Corpuscular system (e.g. silica gels)

- ◆ same opening size
- ◆ different void size



3.



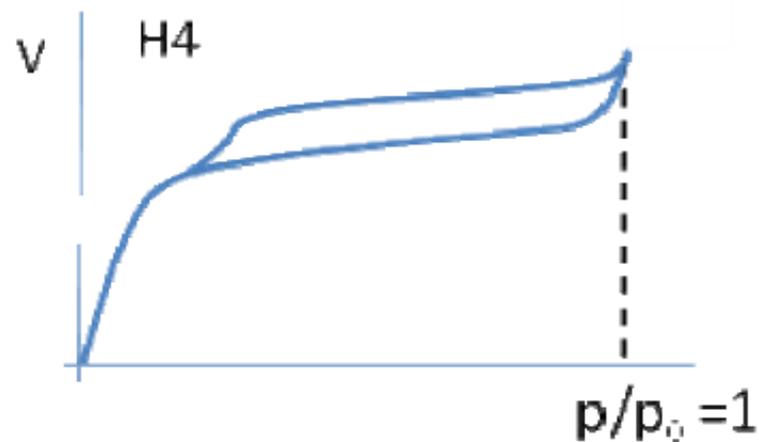
flat and parallel hysteresis

◆ **uniform size slit pores**



Slits with planar walls, adsorption branch similar to that for nonporous materials; desorption from cylindrical pores.

4.



slit-like micropores + mesopores

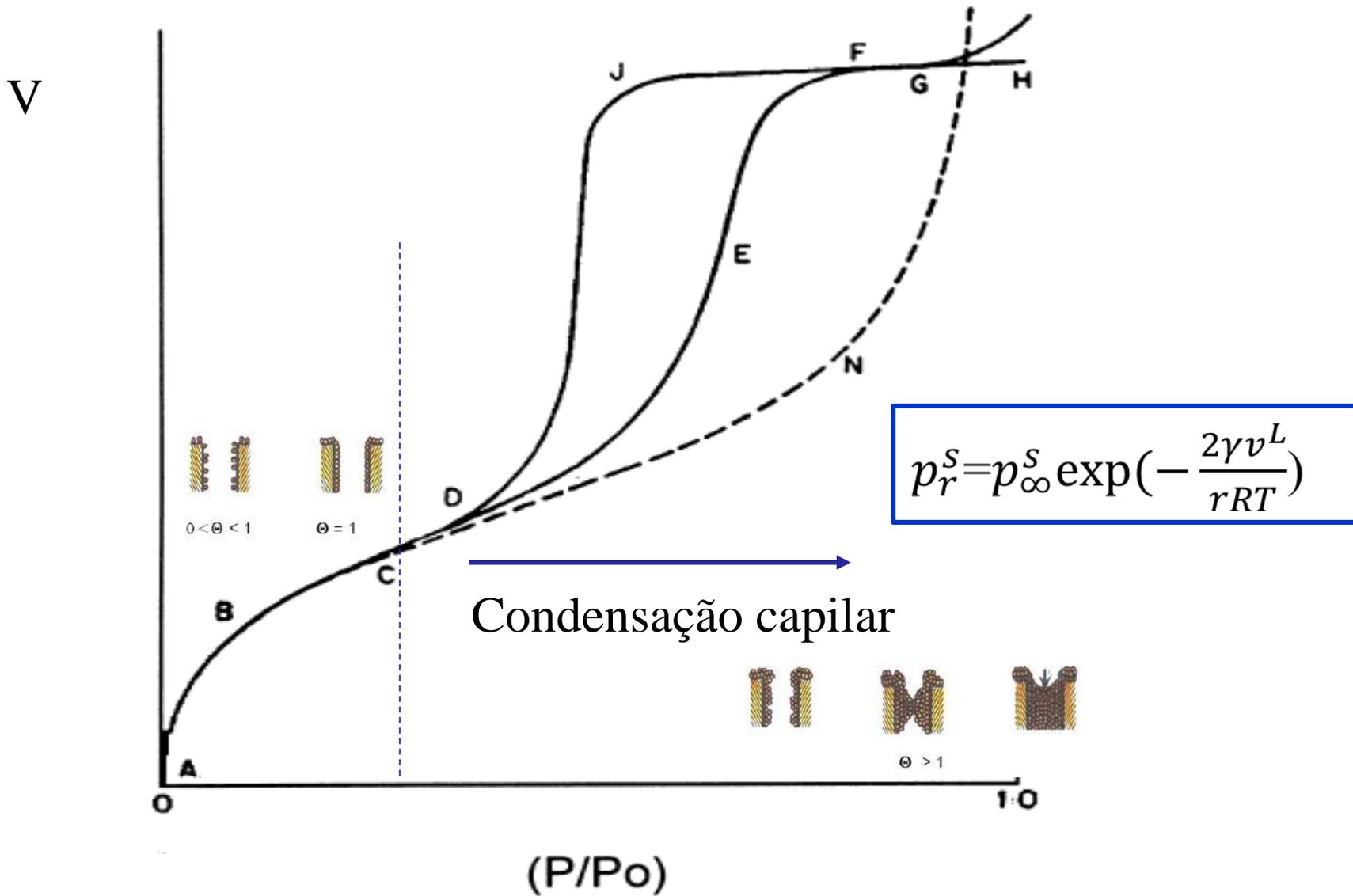
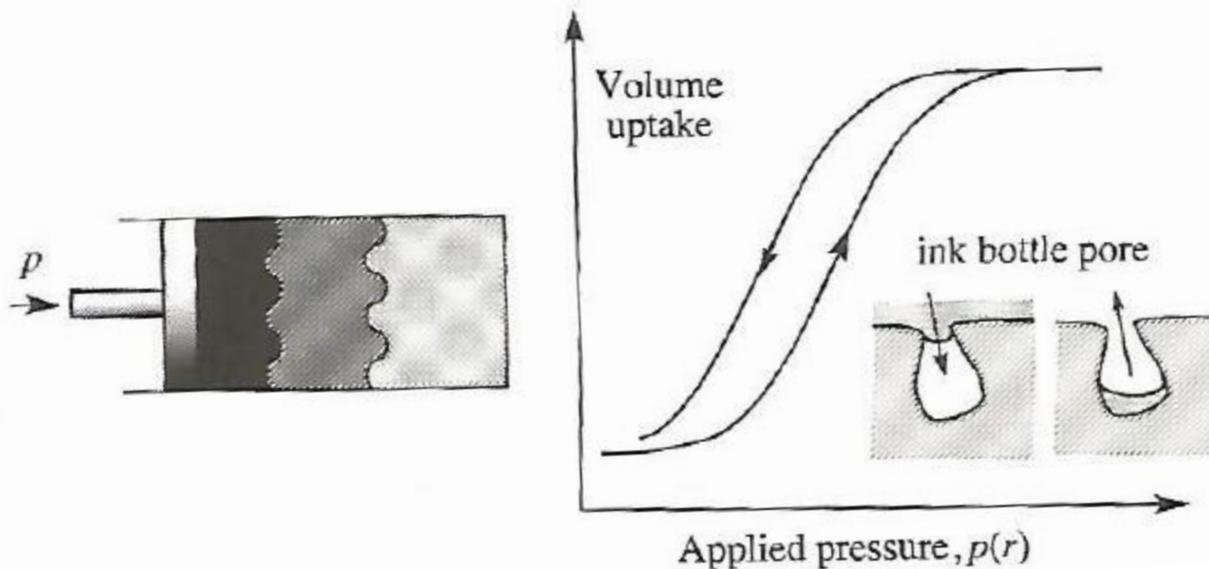


Figura 4. Isothermas do tipo IV (linha contínua) e do tipo II (linha tracejada)¹¹.

Intrusão de Hg: Hg não “molha” bem quase que nenhum material (ângulo de contato $\theta \sim 140^\circ$).

Aplica-se pressão sobre Hg para forçar o contato do Hg com o sólido. O Hg vai preenchendo todos os poros do sólido sob pressão contínua até a completa saturação. Avalia-se o volume de Hg em função da pressão aplicada.



Washburn

$$D = -4\gamma\cos\theta/P$$

D= diâmetro do poro

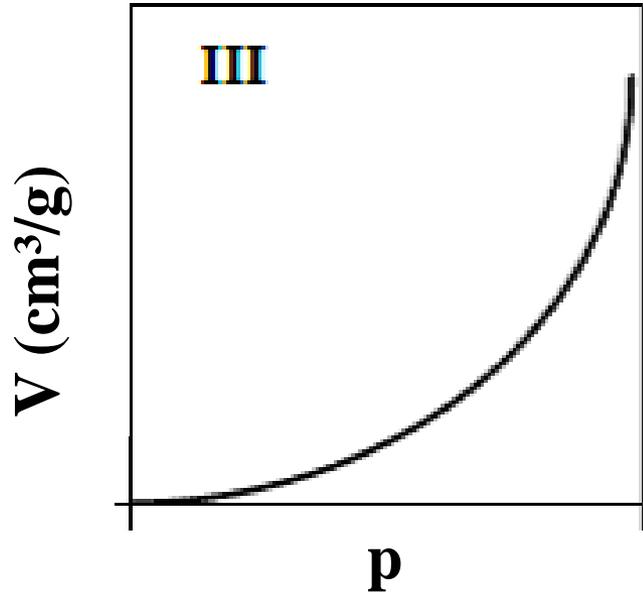
Advantages

- fast
- wide material applicability
- very accurate

Limitations

- requires high expertise due to Hg toxicity and high pressures

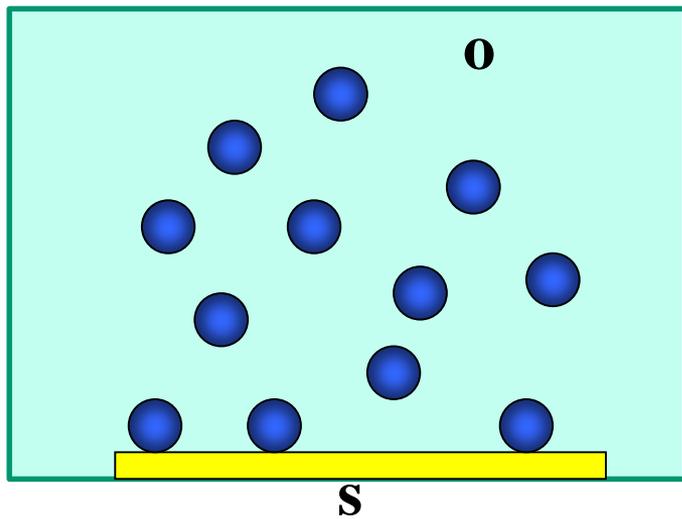
Isoterma de adsorção tipo III



Interações entre substrato e adsorbato são muito fracas

Ex.: vapor de água sobre carvão, 373 K

Interface sólido - líquido



● = p

$$\chi_s^{po} = [f_{ps} - f_{os} + \frac{1}{2} (f_{pp} - f_{oo})] / kT$$

Parâmetro de interação entre p e s no meio o

f_{ps} = energia de interação soluto/superfície

f_{os} = energia de interação soluto/solvente

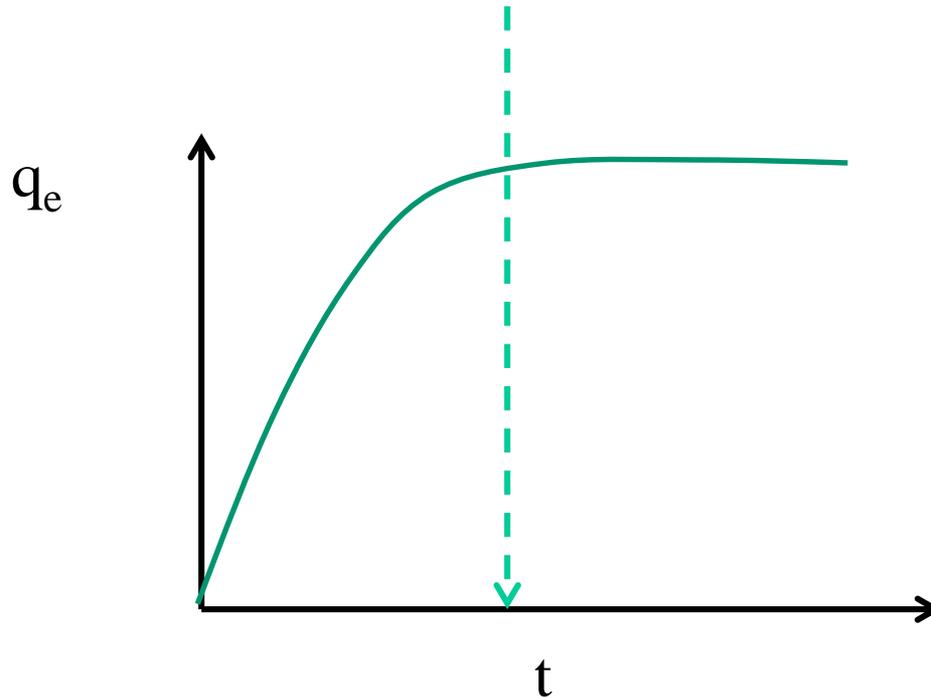
f_{pp} = energia de interação soluto/soluto

f_{oo} = energia de interação solvente/solvente

Se $f_{ps} > f_{os} \rightarrow \chi_s^{po}$ é positivo e a adsorção é favorecida

Condições de equilíbrio

Quantidade de soluto adsorvido no equilíbrio (q_e) (g/g ou mol/g) →
cinética de adsorção



Fatores que devem ser controlados: T, pH, força iônica

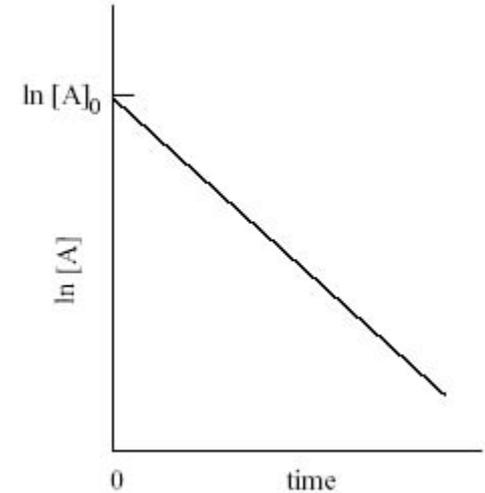
Reações de 1ª ordem:



Velocidade do consumo de A :

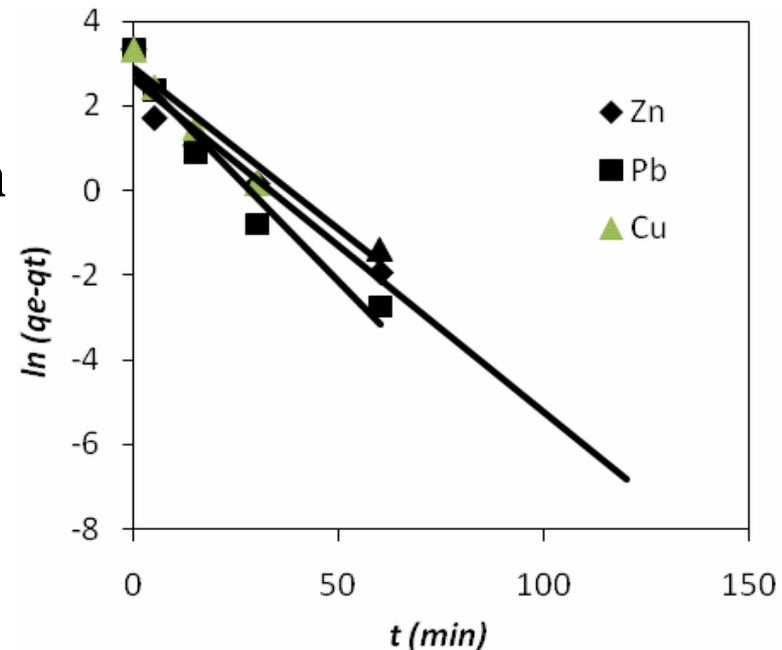
$$\frac{d[A]}{dt} = -k[A]$$

$$[A] = [A_0]e^{-kt} \text{ ou } \ln\left(\frac{[A]}{[A_0]}\right) = -kt$$



Modelo de adsorção de pseudo-1ª ordem

$$\ln\left(\frac{q_e - q_t}{q_e}\right) = -kt$$



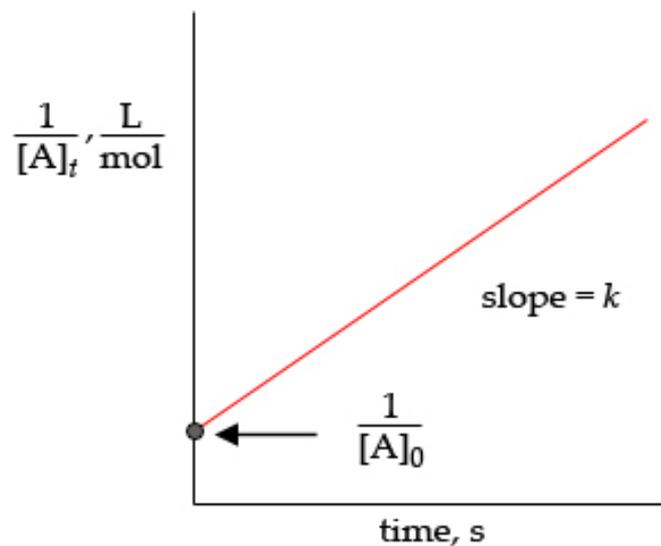
Sorption of Lead, Zinc and Copper from Simulated Wastewater by Amberlite Ir-120 Resin

Reações de 2ª ordem:



Velocidade do consumo de A : $\frac{d[A]}{dt} = -k[A]^2$

$$[A] = \frac{[A_0]}{1 + kt[A_0]} \quad \text{ou} \quad \frac{1}{[A]} - \frac{1}{[A]_0} = kt$$

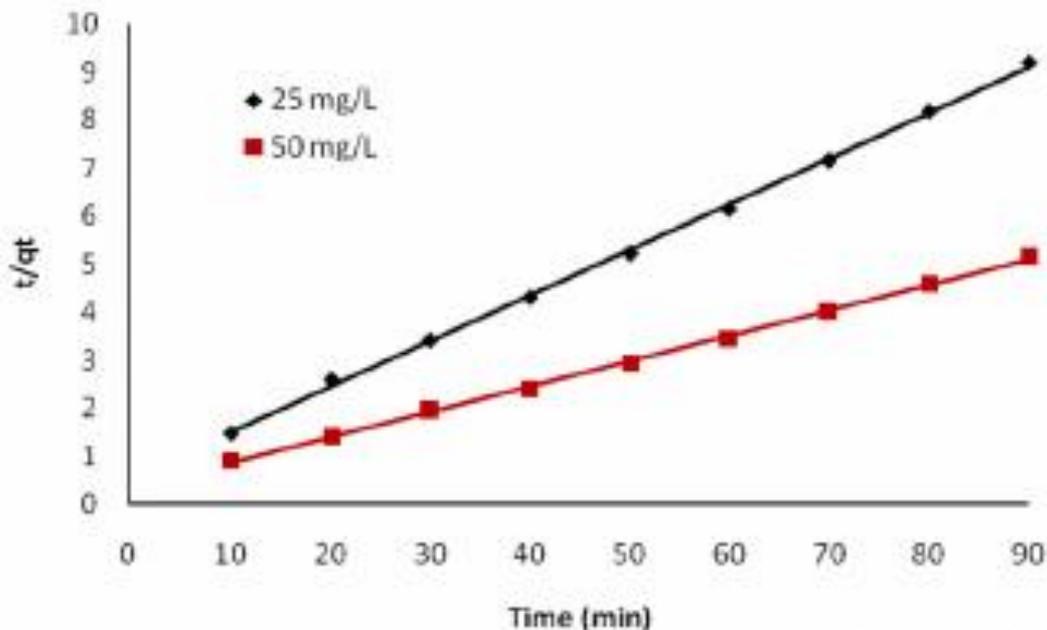


Modelo de adsorção de pseudo-2ª ordem

Table 1

Different linearized forms of pseudo second order expression

Type	Linear form	Plot	Parameters
Type 1	$\frac{t}{q} = \frac{1}{kq_e^2} + \frac{1}{q_e}t$	$\frac{t}{q}$ vs. t	$q_e = \frac{1}{\text{slope}}; K_2 = \frac{\text{slope}^2}{\text{intercept}}; h = \frac{1}{\text{intercept}}$
Type 2	$\frac{1}{q} = \left(\frac{1}{kq_e^2}\right) \frac{1}{t} + \frac{1}{q_e}$	$\frac{1}{q}$ vs. $\frac{1}{t}$	$q_e = \frac{1}{\text{intercept}}; K_2 = \frac{\text{intercept}^2}{\text{slope}}; R = \frac{1}{\text{slope}}$
Type 3	$\frac{1}{t} = \frac{K_2 \cdot q_e^2}{q} - \frac{K_2 q_e^2}{q_e}$	$\frac{1}{t}$ vs. $\frac{1}{q}$	$q_e = \frac{-\text{slope}}{\text{intercept}}; K_2 = \frac{\text{intercept}^2}{\text{slope}}; R = \text{slope}$
Type 4	$\frac{q}{t} = K_2 q_e^2 - \frac{K_2 q_e^2 \cdot q}{q_e}$	$\frac{q}{t}$ vs. q	$q_e = \frac{-\text{intercept}}{\text{slope}}; K_2 = \frac{\text{slope}^2}{\text{intercept}}; R = \text{intercept}$



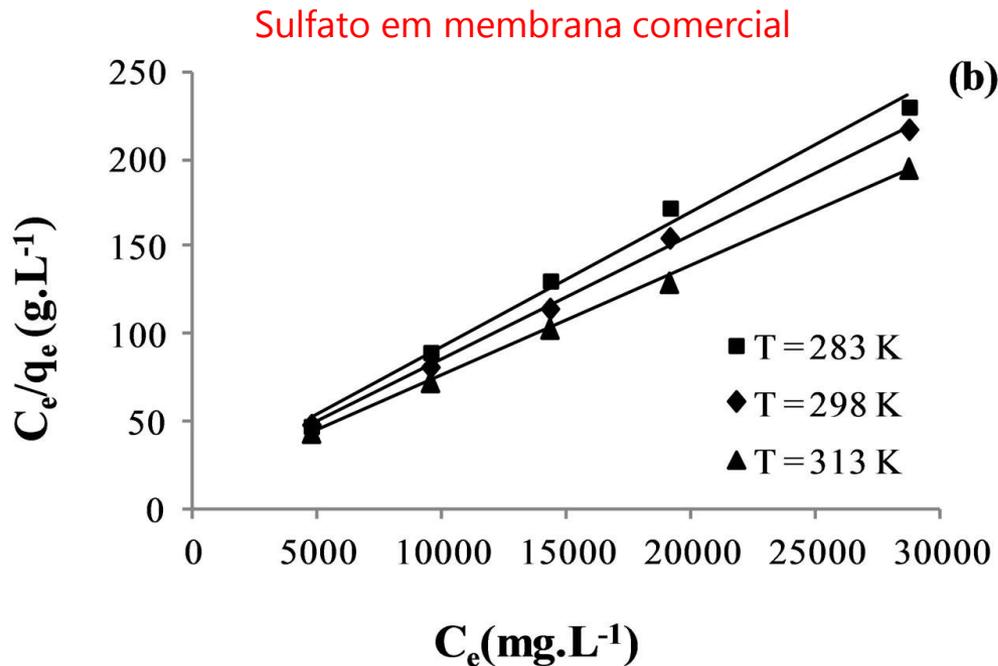
Isotermas de adsorção a partir de solução (pH, força iônica, etc)

Modelo de Langmuir – mesmas premissas da adsorção de gás sobre sólido

$$S/G: \quad (P/V) = (P/V_{\max}) + (1/KV_{\max})$$

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L q_m} + \frac{C_e}{q_m}$$

Coef. linear $1/q_m = \text{Coef. angular}$



Isotermas de adsorção a partir de solução (pH, força iônica, etc)

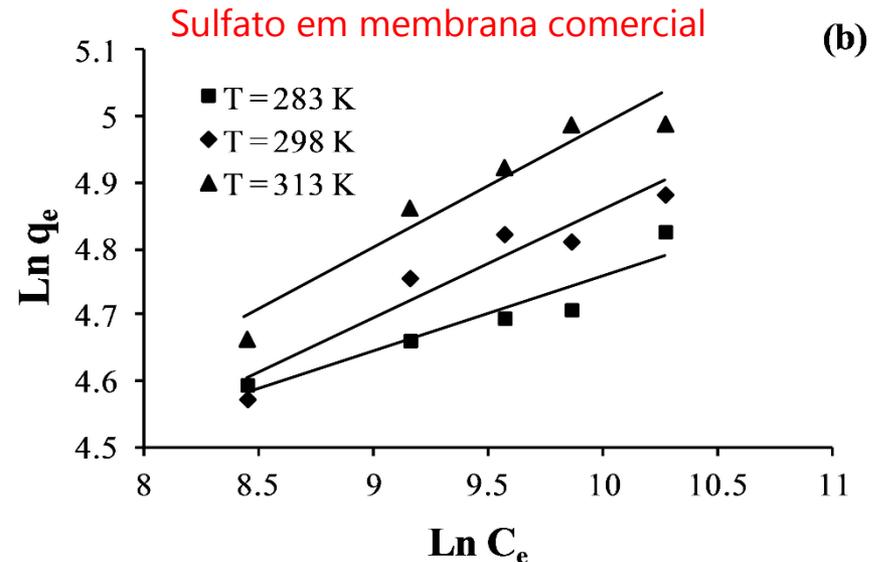
Modelo de Freundlich – modelo empírico, não restrito à monocamada.

$$\ln(q_e) = \ln(K_F) + \frac{1}{n} \ln(C_e)$$

Coef. linear Coef. angular

K_F = constante de Freundlich, quanto maior K_F , maior é a capacidade adsorptiva do sólido
 n está relacionado com a heterogeneidade da superfície, quanto menor n , maior é a heterogeneidade

C_e = concentração de equilíbrio

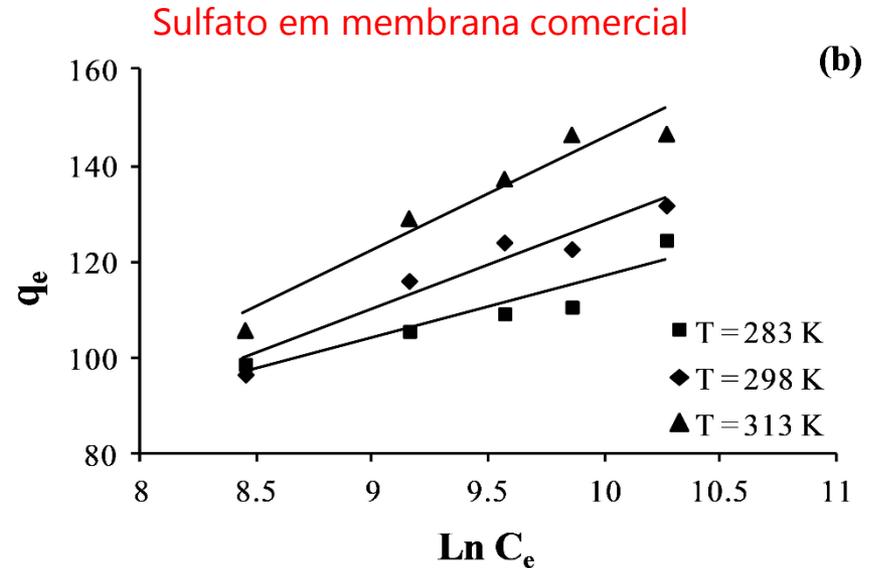


Isotermas de adsorção a partir de solução (pH, força iônica, etc)

Modelo de Temkin: o calor de adsorção diminui linearmente com o aumento do grau de recobrimento da superfície.

$$q_e = \frac{RT}{b} \ln K_T + \frac{RT}{b} \ln C_e$$

Coef. linear Coef. angular



q_e = quantidade adsorvida no equilíbrio
 K_T = a constante de adsorção de equilíbrio
 b está relacionado com o calor de adsorção
 C_e = a concentração de equilíbrio

Isotermas de adsorção a partir de solução (pH, força iônica, etc)

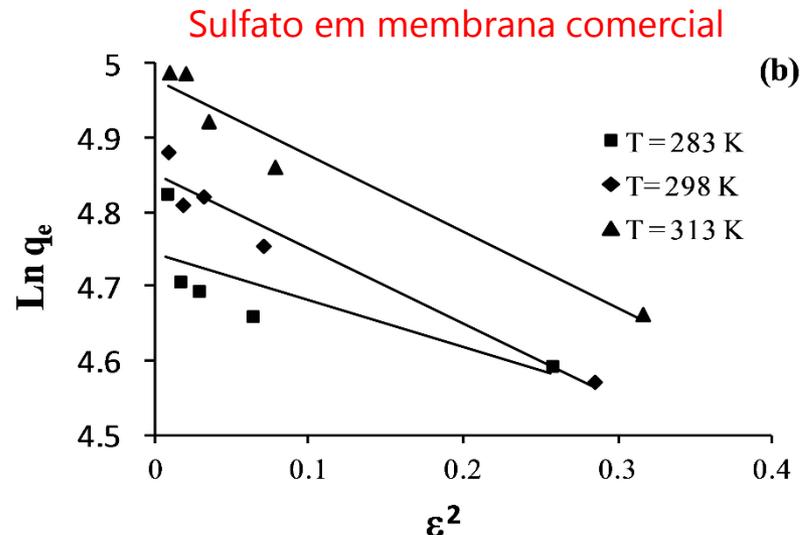
Modelo de Dubinin-Radushkevich (D-R) considera o tamanho do adsorvente em microescala e o equilíbrio da adsorção pode ser independente da temperatura, se usar o potencial de adsorção (ϵ)

$$\epsilon = RT \ln \left(1 + \frac{1}{C_e} \right)$$

A isoterma é descrita por: $\ln q_e = \ln q_s - B \epsilon^2$

Coef. linear Coef. angular

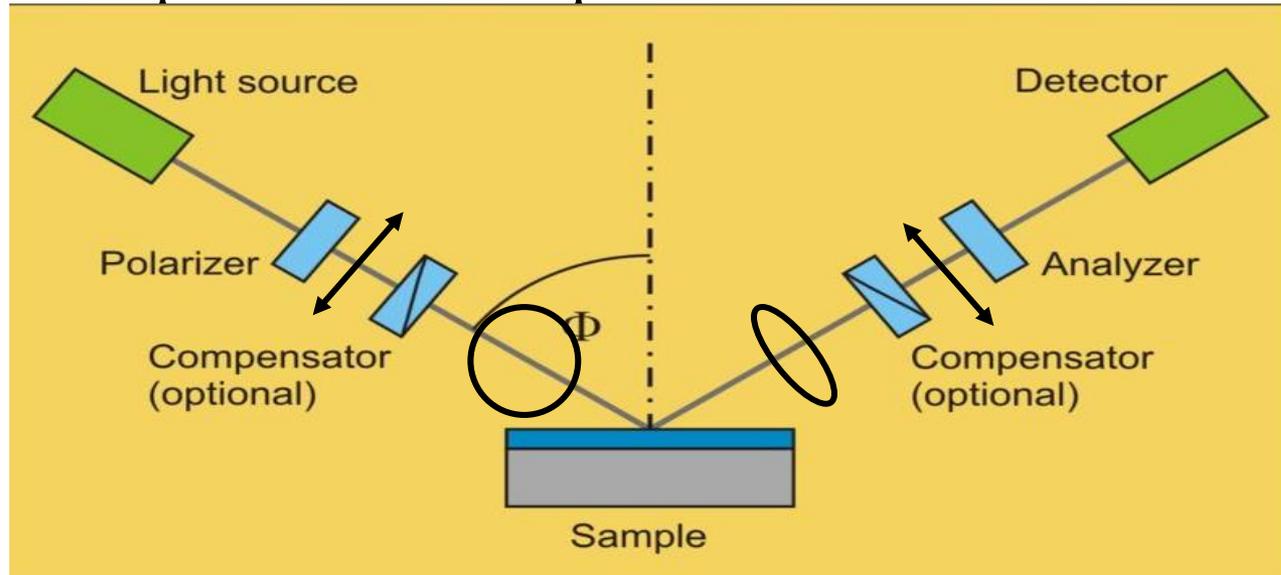
q_e = quantidade adsorvida no equilíbrio
 q_s = a constante D-R (mol/g)
 B = energia livre de adsorção (kJ/mol)



Quantificação de material depositado sobre uma superfície
em função do tempo

Elipsometria

Mede-se a mudança de estado de polarização da luz após a reflexão a partir de uma superfície refletora.



Δ and Ψ are the experimental data

$$\tan \Psi e^{i\Delta} = R_p/R_s = f(N_j, d_j, \lambda, \varphi)$$

$$N_j = n_j - ik_j$$

Espessura e índice de refração de filme fino

Quantidade de material adsorvido

Immobilized Horseradish Peroxidase as a Reusable Catalyst for Emulsion Polymerization

1984 Langmuir, Vol. 23, No. 4, 2007

Naves et al.

Quantidade de material adsorvido

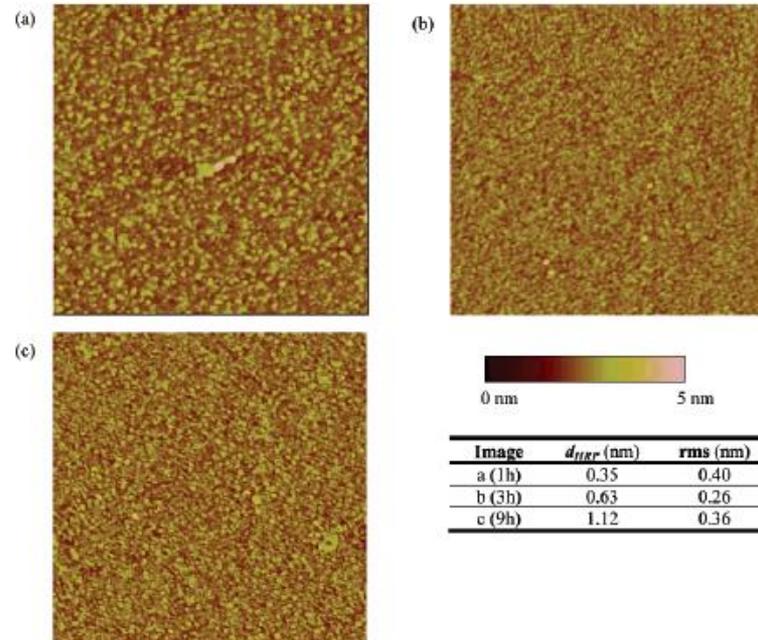


Figure 3. AFM images of adsorbed HRP ($c = 0.001 \text{ mg mL}^{-1}$) on Si wafers after (a) 1, (b) 3, and (c) 9 h of adsorption, with the corresponding HRP roughness (rms) and layer thickness (d_{HRP}) values. d_{HRP} was determined by means of ellipsometry. Scan area size is $1 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$.

$$\Gamma = \rho \textcircled{d}$$

↓

ellipsometria

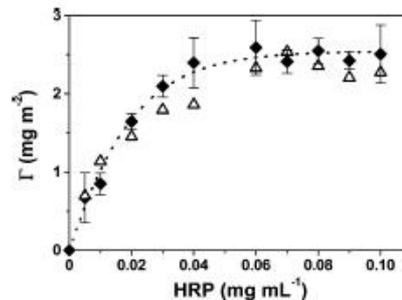


Figure 4. Adsorption isotherm obtained for HRP on Si wafers after a period of 9 h of adsorption at $(24 \pm 1)^\circ\text{C}$ (\blacklozenge). Desorption isotherm obtained for HRP adsorbed on Si wafers after a period of 9 h of immersion in pure water at $(24 \pm 1)^\circ\text{C}$ (\triangle).

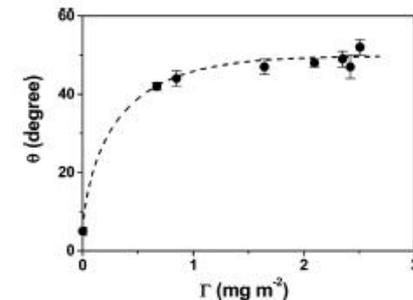
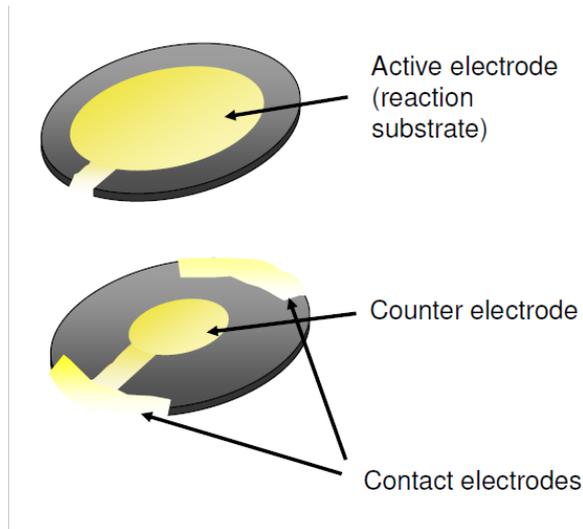


Figure 5. Contact angle as a function of the adsorbed amount of HRP on a Si wafer.

Microbalança de quartzo

Quando um material é adsorvido sobre um cristal de quartzo, a frequência de ressonância de oscilação varia proporcionalmente à massa do material adsorvido



Linear relationship between frequency and mass:

$$\Delta m = -C \frac{1}{n} \Delta f$$

$C = 17,7 \text{ ng cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
 $n = \text{overtone}$

Sauerbrey, G *Z. Phys.* **155** (1959) 206

Quantidade de material adsorvido

Novo chip para detectar vírus da dengue é desenvolvido

08 de maio de 2017



Peter Moon | Agência FAPESP – Estatísticas epidemiológicas de doenças transmitidas por mosquitos impressionam. Segundo a Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde, em 2016 foram notificados cerca de 1,5 milhão de casos de dengue, 272 mil de febre chikungunya e 215 mil de febre Zika. Em 2015, foram 143 mil casos de malária.

Estratégias de combate a essas epidemias incluem prevenção – por meio do combate às diversas espécies de mosquitos transmissores –, desenvolvimento de vacinas, vigilância epidemiológica com rápido diagnóstico dos doentes e tratamento clínico e ambulatorial.

No quesito da vigilância epidemiológica, grupos em universidades brasileiras pesquisam o desenvolvimento de biossensores de baixo custo para acelerar o diagnóstico. Um exemplo é o imunochip para detecção de doença da dengue que está em desenvolvimento no grupo BioPol dos Departamentos de Química e de Bioquímica e Biologia Molecular da Universidade Federal do



Sensor identifica presença de moléculas de antígeno em soro sanguíneo, fornecendo rapidamente resultado positivo ou negativo (foto: Cleverton Pirich)

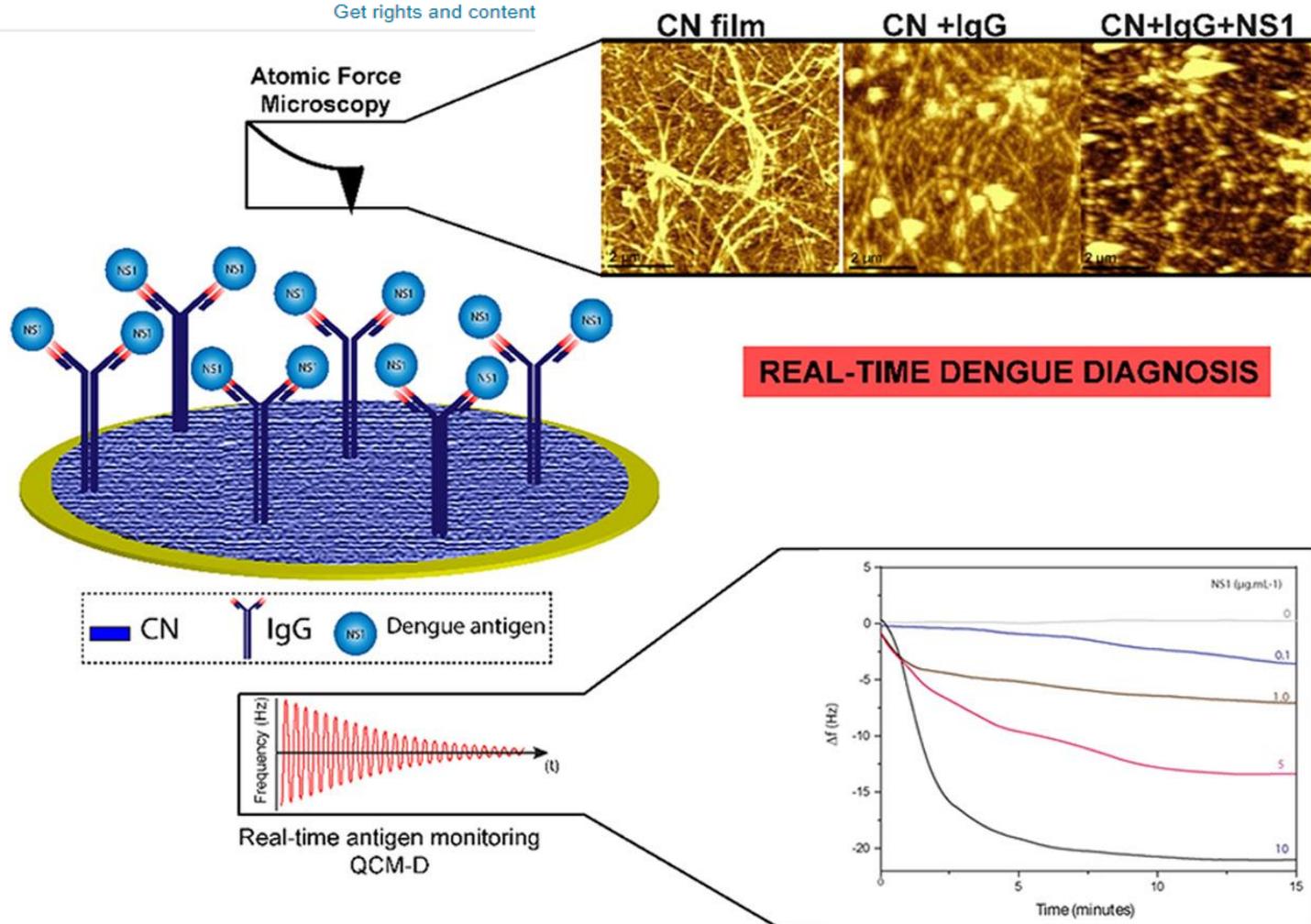
Piezoelectric immunochip coated with thin films of bacterial cellulose nanocrystals for dengue detection

Cleverton Luiz Pirich ^{a, b}, Rilton Alves de Freitas ^b, Roberto Manuel Torresi ^c, Guilherme Fadel Picheth ^b, Maria Rita Sierakowski ^{a, b} ✉

Show more

<https://doi.org/10.1016/j.bios.2017.01.068>

Get rights and content

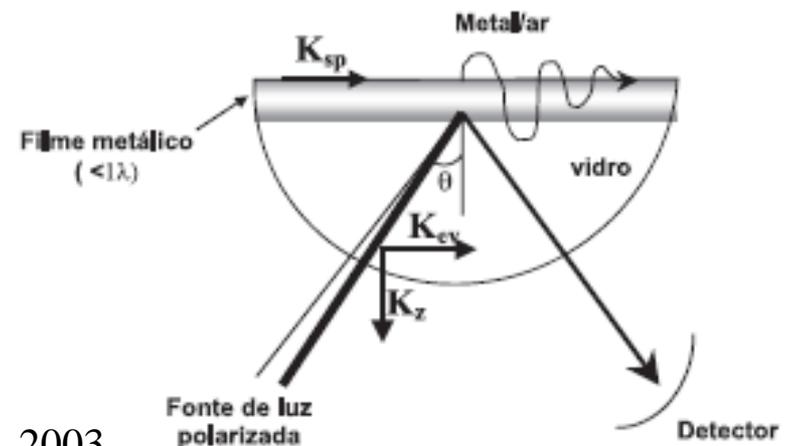


Surface plasmon resonance ou ressonância plasmônica de superfície (SPR)

O efeito de ressonância de plasma de superfície é uma oscilação da densidade de carga longitudinal, ao longo da interface de dois meios com constantes dielétricas de sinais opostos, onde um é metal e outro, um dielétrico.

Luz polarizada incide sobre filme metálico em um ângulo que promove a total reflexão. Parte da luz, entretanto, penetra no meio menos denso (vidro), gerando uma onda evanescente.

Para um dado θ , o vetor de onda do plasma (K_{sp}) = vetor da onda evanescente (K_{ev}), nessa situação ocorre o fenômeno de SPR e a intensidade de luz refletida é menor que a incidente.

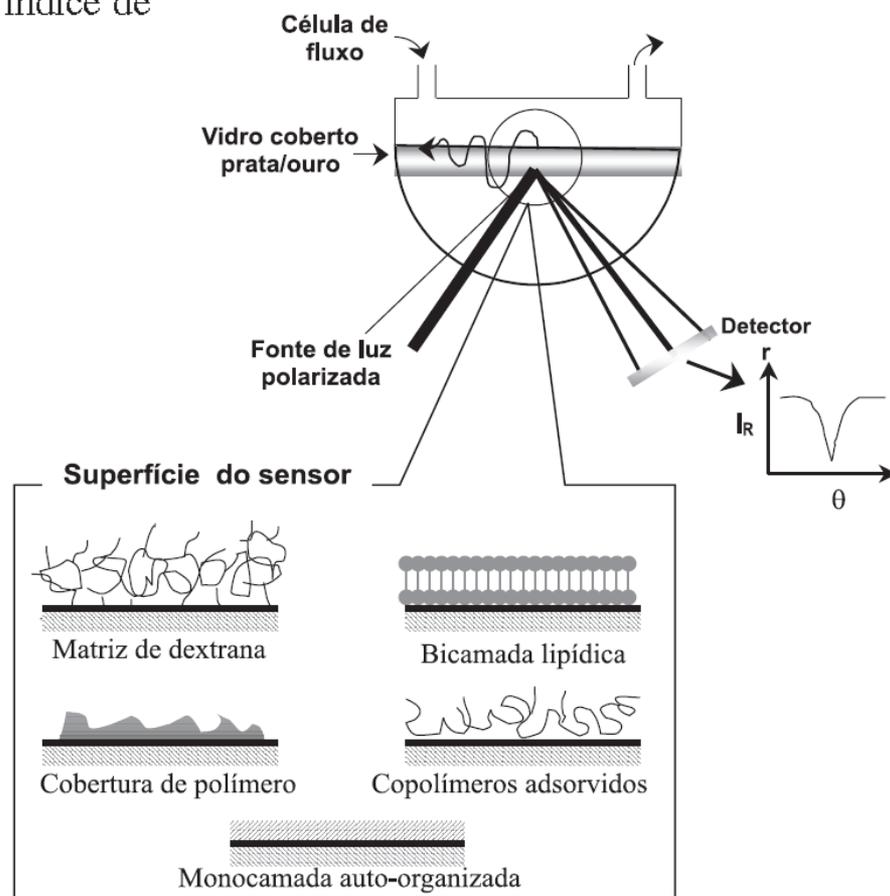


$$K_{ev} = (W_0/c)\eta_g \text{sen}\theta \quad (1)$$

onde, W_0 é a frequência da luz incidente, η_g o índice de refração do meio denso (vidro), θ o ângulo de incidência da luz e c a velocidade da luz no vácuo. O vetor de onda do plasma de superfície (K_{sp}) pode ser aproximado para:

$$K_{sp} = (W_0/c) [(\epsilon_m \eta_s^2) / (\epsilon_m + \eta_s^2)]^{1/2} \quad (2)$$

onde, ϵ_m é a constante dielétrica do filme metálico e η_s o índice de refração do meio dielétrico.



Técnicas analíticas para medir a variação de concentração de soluto na solução:

UV-vis, fluorescência, condutividade iônica, HPLC, TOC

Como medir a dessorção?

Aplicações técnicas de adsorção:

- ❖ Processos de separação
- ❖ Catálise heterogênea
- ❖ Flotação
- ❖ Filtros
- ❖ Lubrificantes
- ❖ Revestimentos

Bibliografia

J. C. Berg, “An Introduction to Interfaces & Colloids: The bridge to nanoscience”, 2010, World Scientific.

P. Atkins, Físico-Química, 8a ed. Vol. 2, Pg. 322 a 342

D. J. Shaw, Introdução à Química de Coloides e Superfícies

Quim. Nova, Vol. 24, No. 6, 808-818, 2001.

Revisão

PRINCIPAIS MÉTODOS DE CARACTERIZAÇÃO DA POROSIDADE DE RESINAS À BASE DE DIVINILBENZENO

Viviane Gomes Teixeira

Departamento de Química – Instituto de Ciências Exatas – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ

Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ

Fernanda M. B. Coutinho*

Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ

Departamento de Processos Industriais – Instituto de Química – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ

Ailton S. Gomes

Instituto de Macromoléculas Professora Eloisa Mano – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ

Chemical Engineering Journal 156 (2010) 2–10



ELSEVIER

Contents lists available at ScienceDirect

Chemical Engineering Journal

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cej



Review

Insights into the modeling of adsorption isotherm systems

K.Y. Foo, B.H. Hameed*

School of Chemical Engineering, Engineering Campus, Universiti Sains Malaysia, 14300 Nibong Tebal, Penang, Malaysia