

FUNDAMENTOS EM ESTRUTURA E PROPRIEDADES DE POLÍMEROS

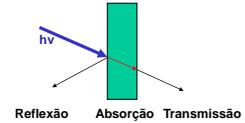
PROPRIEDADES ÓTICAS E ELÉTRICAS

PMT5862

Profª Drª Wang Shu Hui

Transições eletrônicas

Interações entre fotons e o material



Duas classes de interação:

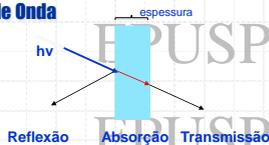
- Interação que não envolve troca de energia
 - Reflexão
 - Difração
 - Interferência
 - Polarização → efeitos ópticos não-lineares
- Interação que envolve troca de energia
 - Absorção → emissão

PMT 5862

Profª Drª Wang Shu Hui

INTERAÇÃO DA LUZ COM OS SÓLIDOS Depende do Comprimento de Onda

Interações entre fotons e o material



$$I_0 = I_T + I_A + I_R \quad (\text{unidades: } W/m^2)$$

- Transmitância ou Transmissividade (T): I_T / I_0
- Absorbância ou Absortividade (A): I_A / I_0
- Refletância ou Refletividade (R): I_R / I_0

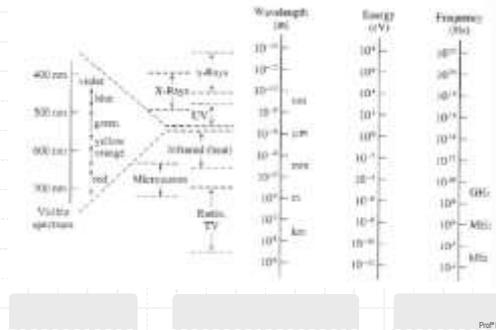
$$T + A + R = 1$$

- Materiais Transparentes: $T \gg A + R$ e $T \approx 1$.
- Materiais Opacos: $T \ll A + R$ e $T \approx 0$.
- Materiais Translúcidos: T é pequeno (pouca radiação transmitida)

Profª Drª Wang Shu Hui

Propriedades óticas

♦ Radiação eletromagnética



Profª Drª Wang Shu Hui

Propriedades óticas

INTERAÇÃO DA LUZ COM OS SÓLIDOS Depende do Comprimento de Onda

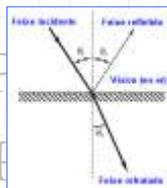
PENETRAÇÃO DA LUZ EM SÓLIDOS

• **Metais** – centenas de nanômetros

Na superfície a luz é absorvida pelos elétrons e 90-95 % é reemitida (5-10 % é transformada em calor)

• **Vidros e polímeros** – dezenas de centímetros

A luz é refratada e pode ser absorvida ou transmitida



• Índice de refração n

$$n = \frac{\text{sen } \theta_i}{\text{sen } \theta_r}$$

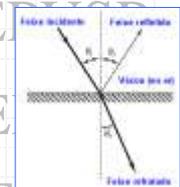
Profª Drª Wang Shu Hui

Propriedades óticas

♦ Propriedades que não envolvem troca de energia

ÍNDICE DE REFRAÇÃO n

A passagem da luz de um meio rarefeito para um meio opticamente mais denso ocorre com um ângulo de refração θ_r que é menor que o ângulo de incidência θ_i . O ângulo é medido entre o feixe de luz e a linha perpendicular a superfície do meio mais denso.



• Índice de refração n

$$n = \frac{\text{sen } \theta_i}{\text{sen } \theta_r}$$

Profª Drª Wang Shu Hui

Índice de refração

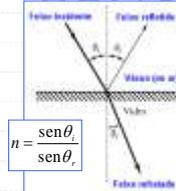
♦ O fenômeno da refração é usado para definir o índice de refração do material e é conhecido como a lei de Snell. O valor de n_{vac} é considerado arbitrariamente igual a um. A refração é causada pela diferença na velocidade da luz nos dois meios.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_{meio 2}}{n_{meio 1}} = n$$

Profª Drª Wang Shu-Hui

INTERAÇÃO DA LUZ COM OS SÓLIDOS REFLETÂNCIA

• Índice de refração n



$$n = \frac{\sin \theta_i}{\sin \theta_r}$$

ÍNDICE DE REFRAÇÃO DE ALGUNS MATERIAIS

VIDROS SILICATOS	~1,5
POLÍMEROS	~1,4-1,6
CHUMBO	2,6
COBRE	0,14
PRATA	0,05
OURO	0,21
ALUMÍNIO	0,97
SÍLCIO	3,94
DIAMANTE	2,42

Refletância ou Refletividade (R): I_R / I_0

Para isolantes

Equação de Fresnel para $\theta_i = 0$

Incidência perpendicular

do meio 1 (n_1) para o meio 2 (n_2)

$$R = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2$$

do vácuo (ou ar) para o meio sólido (n)

$$R = \left(\frac{n - 1}{n + 1} \right)^2$$

Quanto maior n_2 em relação a n_1 , maior a refletância R

Profª Drª Wang Shu-Hui

Propriedades óticas

O índice de refração depende do comprimento de onda da luz incidente. Nos metais o índice de refração varia também com o ângulo de incidência, principalmente quando n é pequeno.

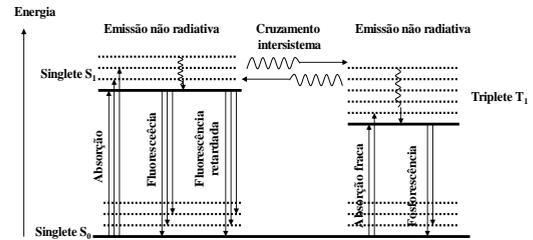
Quando a luz passa do vácuo para um meio mais denso, a sua velocidade assim como o seu comprimento de onda se reduz, de modo que a sua frequência permanece constante, e consequentemente a sua energia.

	Índice de refração n ($\lambda = 600$ nm)	Penetração superficial δ (nm) ($\omega = 500$ THz)	Refletividade %
água		32	
gordão		6×10^{-2}	
ouro	0,21	$1,5 \times 10^{-2}$	92,9
prata	0,14		95,6
prata	0,05		98,9
vidro	1,51		4,11
quartzo	1,55		4,65
Alumina Al_2O_3	1,79		7,54
grafite	2,94		75,42
grafite	3,91		75,26
polímero	1,51		4,11
polímero	1,60		5,12
polímero	1,35		2,22

Profª Drª Wang Shu-Hui

INTERAÇÕES ELETRÔNICAS

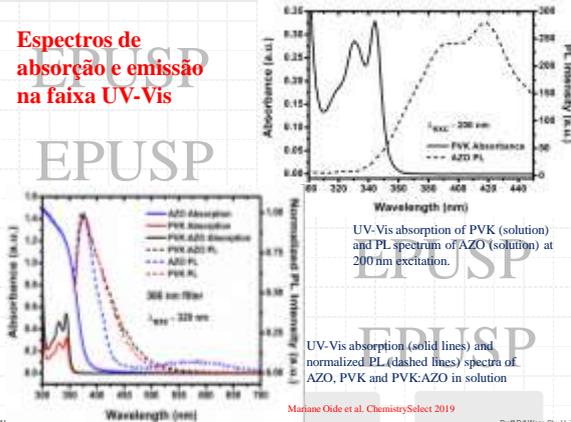
Processos radiativos e não-radiativos em polímeros



PMT 5862

Profª Drª Wang Shu-Hui

Espectros de absorção e emissão na faixa UV-Vis



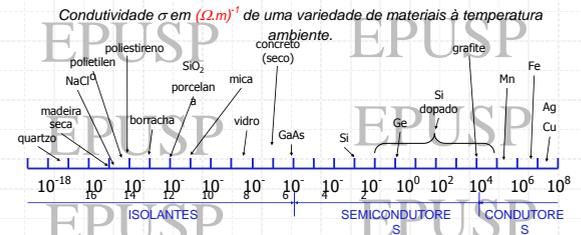
Mariane Ode et al. ChemistrySelect 2019

Profª Drª Wang Shu-Hui

CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

12

• Os materiais sólidos podem ser classificados, de acordo com a magnitude de sua condutividade elétrica, em três grupos principais: CONDUTORES, SEMICONDUTORES e ISOLANTES.



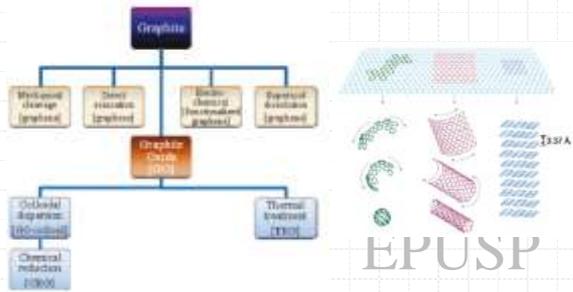
ISOLANTES

SEMICONDUTORES

CONDUTORES

Profª Drª Wang Shu-Hui

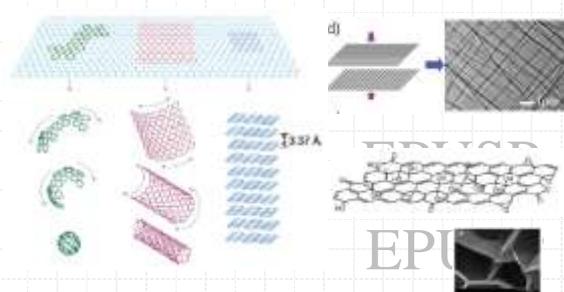
Carbono nanométrico



H. Kim, A. Abdala, C. W. Macosko, *Macromol* 42 6517 (2010)

Profª Drª Wang Shu Hui

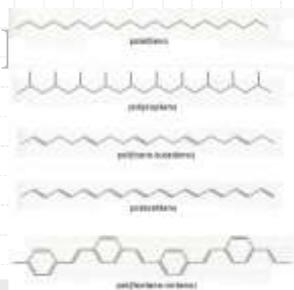
Carbono nanométrico



H. Kim, A. Abdala, C. W. Macosko, *Macromol* 42 6517 (2010)

Profª Drª Wang Shu Hui

ESTRUTURAS DE POLÍMEROS

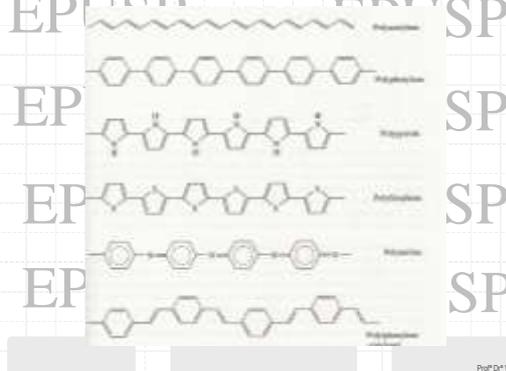


POLÍMEROS
ISOLANTES
POLÍMEROS
SEMICONDUCTORES

PMT 5882

Profª Drª Wang Shu Hui

Estrutura de polímeros semicondutores



Profª Drª Wang Shu Hui

Aplicações de polímeros semicondutores

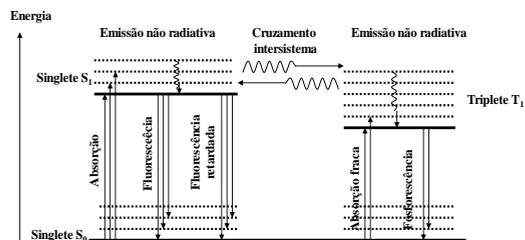
EXEMPLOS:

- ✓ Trilhas condutoras
- ✓ Componente de circuitos
- ✓ Proteção contra corrosão de metais
- ✓ Proteção eletromagnética
- ✓ Componente eletroluminescente de diodos emissores de luz
- ✓ Camadas portadoras de carga *p* e *n*
- ✓ Camadas bloqueadoras de carga *p* e *n*
- ✓ Camadas injetoras de carga *p* e *n*
- ✓ Eletrodo transparente para mostradores (*displays*)
- ✓ Componente ativo de células solares orgânicas
- ✓ Dispositivos optoeletrônicos

Profª Drª Wang Shu Hui

INTERAÇÕES ELETRÔNICAS

Processos radiativos e não-radiativos em polímeros



PMT 5882

Profª Drª Wang Shu Hui

Dipositivos optoeletrônicos

- **Fotônicos: fotons**

Guias de onda e fibras opticas

- **Eletrônicos: eletrons**



Transistores

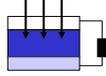
- **Eletro-opticos**

Mostradores de cristais líquidos: campo elétrico modula o índice de refração

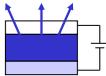
- **Opto-electronicos**

Eletrons e fotons inter-atuam

fotovoltaico



Emissão de luz



Laser

