

# Propriedades Ópticas de Materiais

Introdução / Motivação

Prof. Humberto

1

# Interação Radiação ↔ Matéria

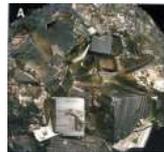
2

Perguntas / Propriedades Ópticas no dia-a-dia

- Por que os vidros geralmente são transparentes e os metais são opacos?
- Por que a prata, o alumínio, o ouro e o cobre têm cores diferentes?
- Por que os semicondutores “normais” (Si, Ge, GaAs etc) são opacos enquanto os óxidos e nitretos são transparentes?
- Qual a origem das cores das borboletas e das plantas?

3

Minério de pirita



Quartzo



4

## Cobre / Prata / Ouro

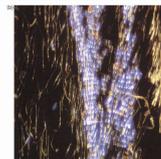
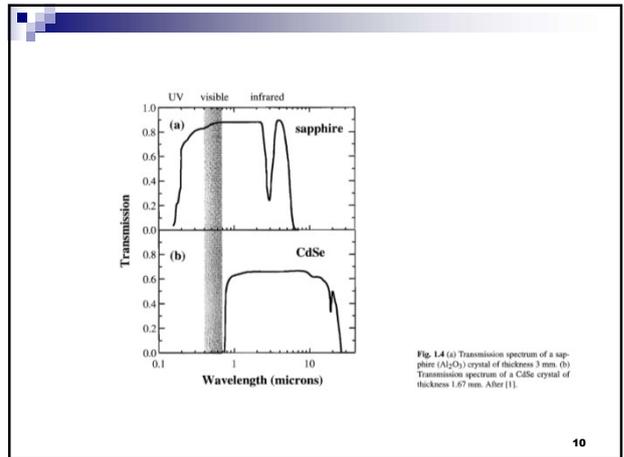
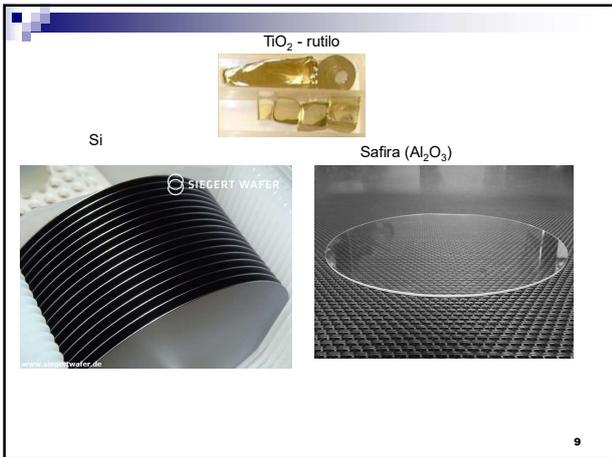
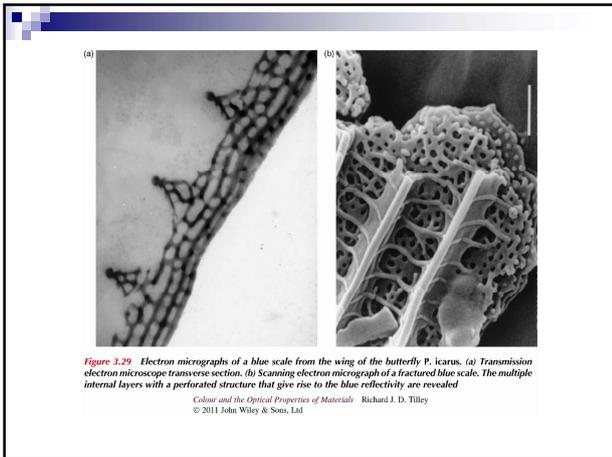


Figure 3.20 (a) The Common Blue butterfly *Glaucopsyche cyzicus*. (b) Scales from the wing of *G. cyzicus*. Only some scales have a blue reflecting nanostructure. The yellow areas are not covered by reflecting nanostructures. (Figure reproduced with kind permission of Dr J.S. Finkbeiner)

© 2010 John Wiley & Sons, Ltd. Richard J. D. Tilley



- Perguntas / Propriedades Ópticas & Tecnologia
- Como funcionam:
    - as células fotovoltaicas?
    - LEDs e apontadores laser ?
    - TVs e painéis de alta definição?
    - Câmeras CCD (dos celulares) e infravermelhas?
    - Painéis fotocatalíticos?

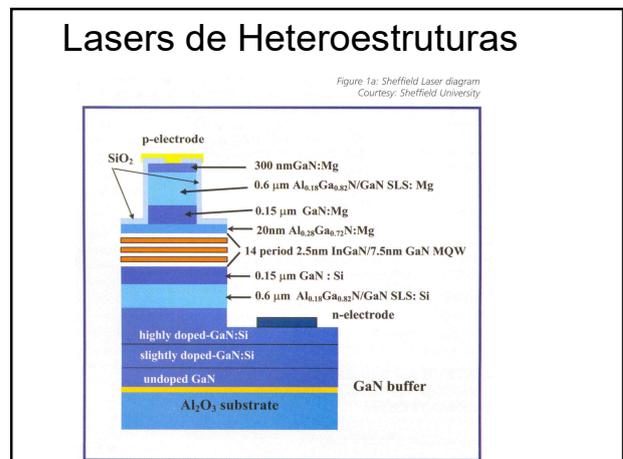
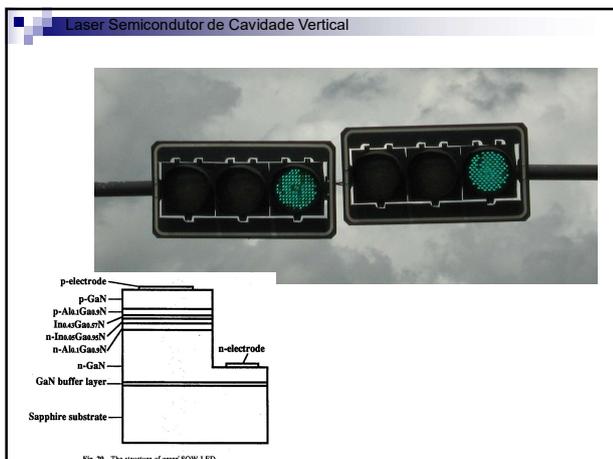
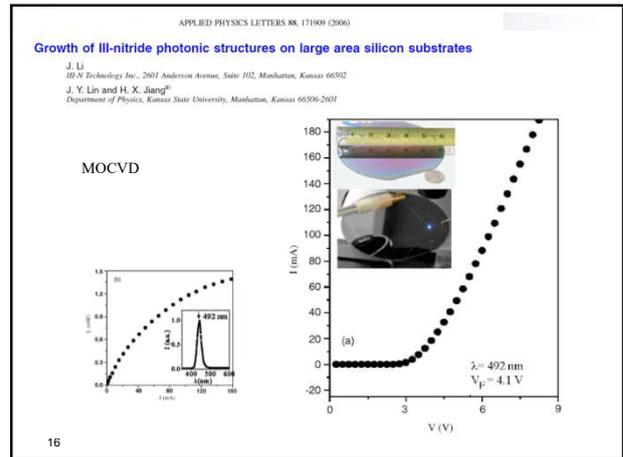
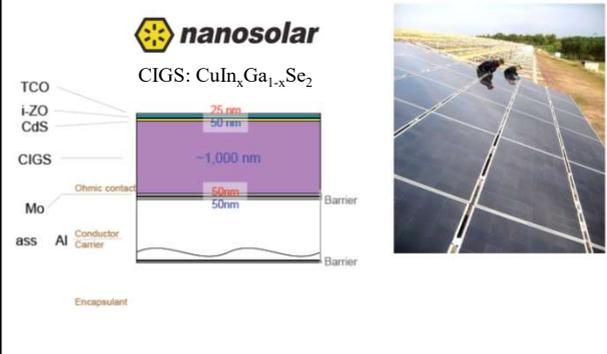
## Motivação / Aplicações

### ■ Props. Ópticas

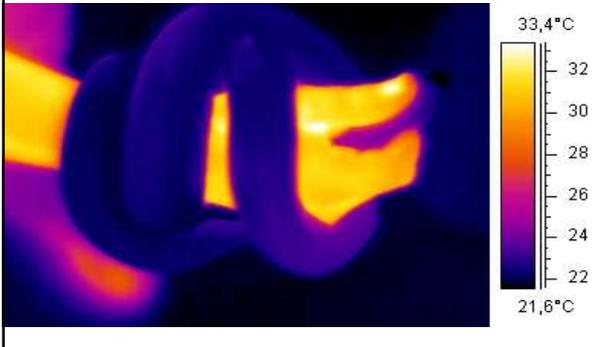
- ⇔ aplicações
- ⇔ estrutura eletrônica
- ⇔ molecular / vibracional

13

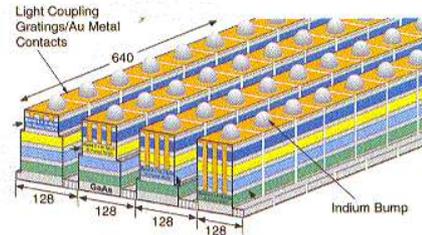
## Células fotovoltaicas



## Sensores Infravermelho



## Arranjo matricial de fotodetectores de poços quânticos (QWIP)

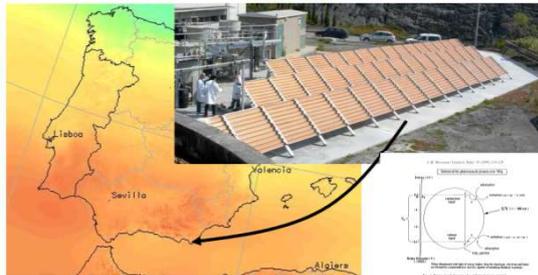


4 bandas (cada uma com várias camadas)  
cada banda representa uma área de 640x128 pixels

## Painéis fotocatalíticos: hidrólise / limpeza de poluentes orgânicos

SolarCadox® TECHNOLOGY. APPLICATIONS

LOCATION



AQUABase: Workshop on mitigation technologies-eliminating trace organics during water treatment. Aachen, November, 27-28, 2007

## Mecanismo da Fotocatálise

J. M. Herreros/Catalysis Today 53 (1999) 115-129

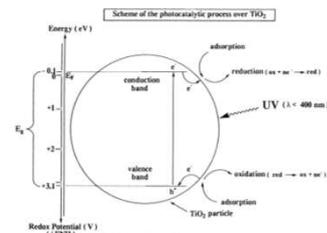


Fig. 1. Energy band diagram of a spherical titania particle.

22

## Questionário / perguntas / tempo para pensar

- Como podemos explicar a resposta dos materiais?
  - - por que a asa da borboleta tem aquela cor interessante?
  - - por que os metais têm aspectos/cores distintas?
- Como funcionam os dispositivos (células fotovoltaicas, fotodiodos, LEDs, fotocatalizadores)?

23

## Quais as explicações físicas?

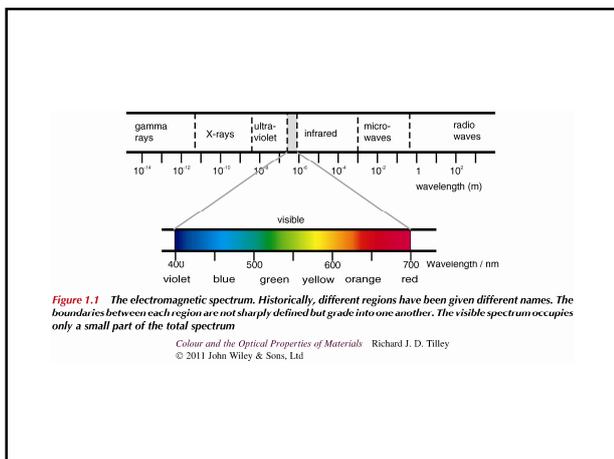
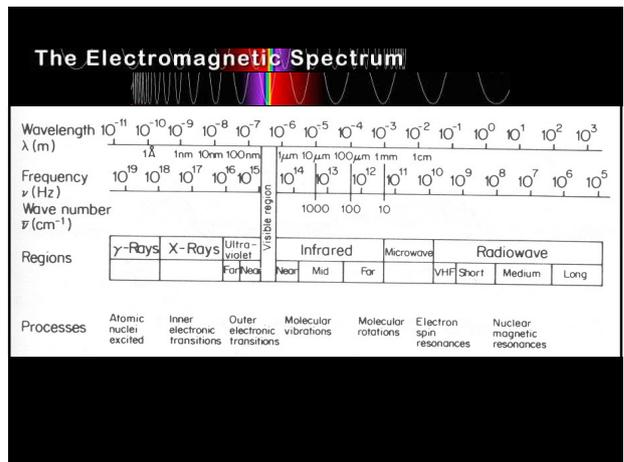
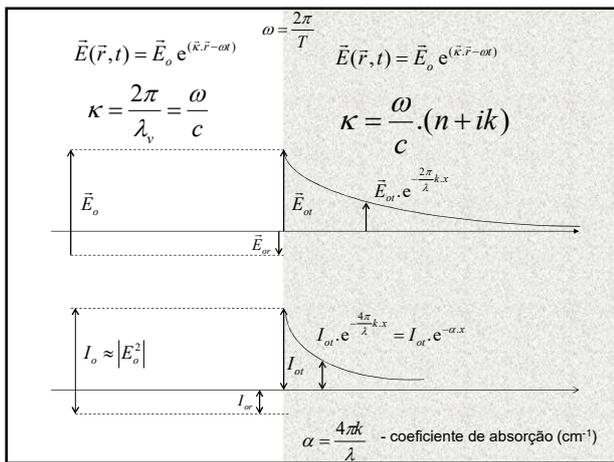
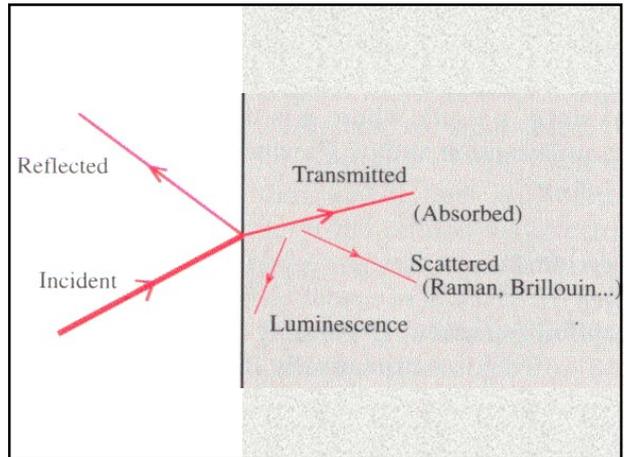
- Quais as teorias existentes?
- Que experimentos se pode fazer para testar as teorias?

24

# Interação Radiação ↔ Matéria

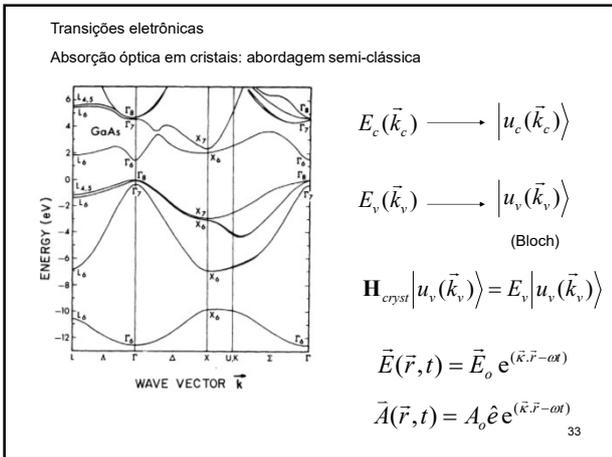
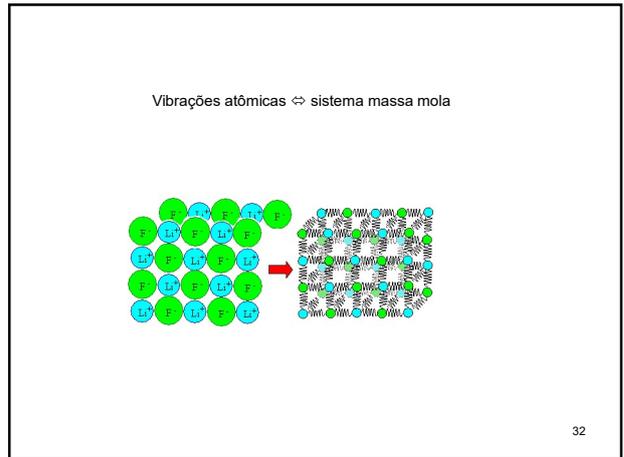
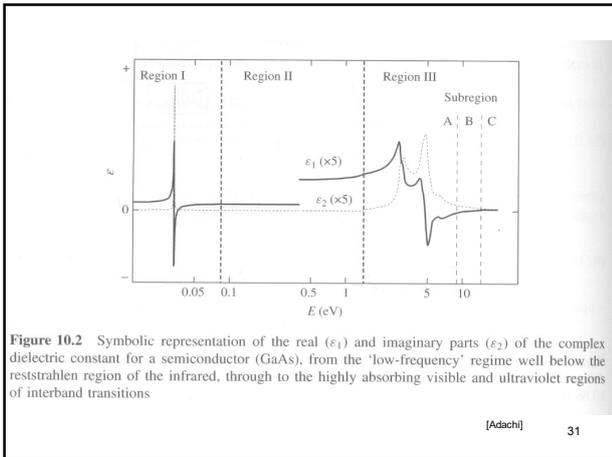
## Aspectos Básicos

25



Como os materiais respondem nas diversas frequências ?

30



$$\mathbf{H}(t) = \mathbf{H}_{cryst} + \mathbf{H}_{rad}(t)$$

$$\mathbf{H}_{rad}(t) = \frac{e}{m} \vec{A}(t) \cdot \vec{p} \quad (\text{perturbação dep. de } t)$$

$$|\psi(t)\rangle = \sum_{n=1}^N c_n(t) |u_n(\vec{k}_n)\rangle$$

$$|\psi(0)\rangle = |u_v(\vec{k}_v)\rangle \xrightarrow{t + \text{perturb}} \langle u_c(\vec{k}_c) | \longrightarrow |c_n(t)|^2$$

34

## Resposta do material vs frequência

Infravermelho  
 $\rightarrow$  vibrações atômicas massas grandes frequências baixas  
 Modelo clássico funciona bem

Visível e UV  
 $\rightarrow$  vibrações eletrônicas: massas pequenas frequências altas  
 Modelo quântico (clássico só nas frequências menores)

35

## Props Ópticas $\leftrightarrow$ Estrutura Eletrônica de Sólidos Espectro Vibracional (atômico)

36

## Conclusões

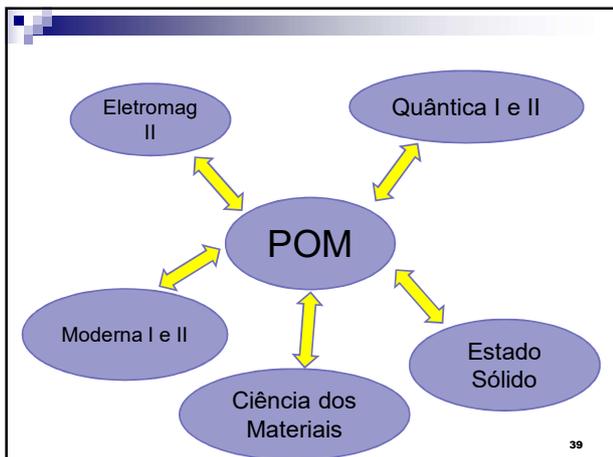
- Estudando processos ópticos
  - ⇔ estrutura eletrônica
  - ⇔ atômica/vibracional
  - ⇔ aplicações

37

## Programa da P.O.M.

- Iniciaremos com a parte mais simples, explicada pela eletrodinâmica clássica
- Veremos como a estrutura dos sólidos pode afetar as propriedades eletrônicas
- Avaliaremos as propriedades eletrônicas usando a mecânica quântica.
- ⇒ No final poderemos responder melhor as perguntas iniciais.

38



39

## Programa da Disciplina Provas, Trabalhos, Critério de Notas, etc..

- <https://silvajhd.wixsite.com/meusite/props-opts>

40