

[www.mientayvn.com](http://www.mientayvn.com)

Dịch tiếng anh chuyên ngành khoa học tự nhiên và kĩ thuật.

Dịch các bài giảng trong chương trình học liệu mở của học viện MIT, Yale.

Tìm và dịch tài liệu phục vụ cho sinh viên làm seminar, luận văn.

Tại sao mọi thứ đều miễn phí và chuyên nghiệp ???

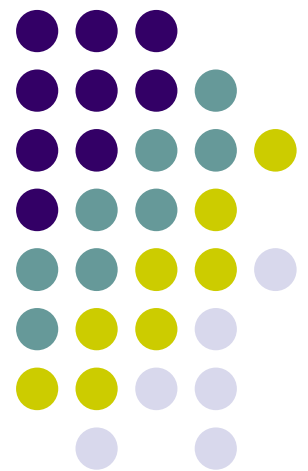
Trao i tr c tuy n t i:

[http://www.mientayvn.com/chat\\_box\\_li.html](http://www.mientayvn.com/chat_box_li.html)

# CÔNG NGHỆ và KHOA HỌC VẬT LI CÔNG NGHỆ

Nguyễn Minh Tuấn

Chương VIII  
Các tính chất quang





# Issues to Address

## Issues to address...

- **What happens when light shines on a material?**
- **Why do materials have characteristic colors?**
- **Why are some materials transparent and others not?**
- **Optical Applications**
  - luminescence
  - photodetection
  - optical communications fibers

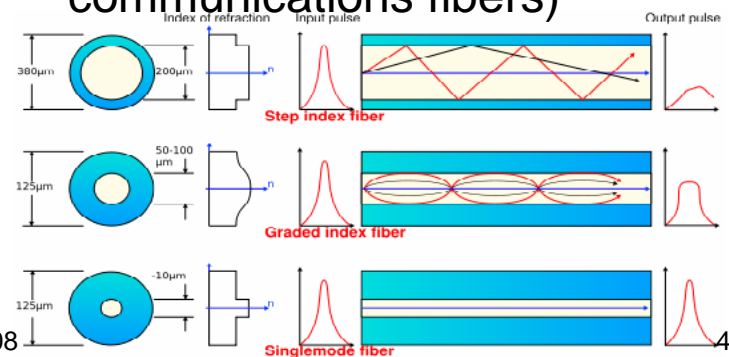


# Nội dung

- Nghiên cứu điều gì xảy ra khi chiếu ánh sáng vào vật liệu
- Điều gì làm cho vật liệu có những màu sắc khác nhau
- Nguyên nhân nào mà một số vật liệu lại trong suốt với ánh sáng truyền qua còn một số vật liệu khác thì không như vậy

- Ứng dụng của tính chất quang

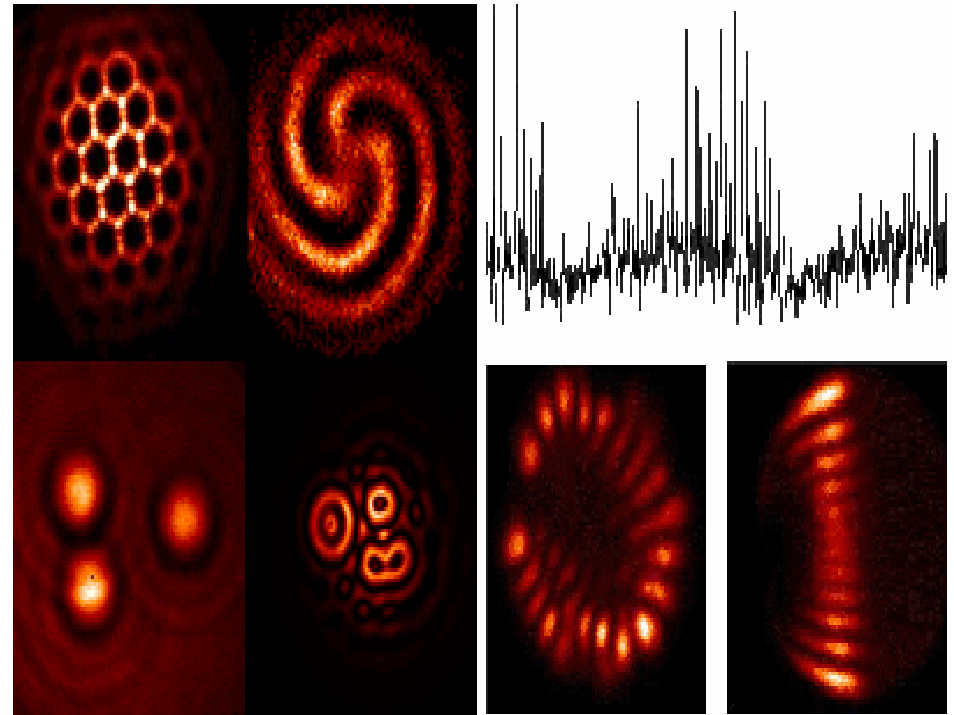
- Ứng dụng tính chất huỳnh quang (luminescence)
- Ứng dụng cho cảm biến quang học (photodetection)
- Ứng dụng cho cáp quang dùng làm ứng dụng truyền thông tin liên lạc (optical communications fibers)





# Nội dung

- Nghiên cứu *bản chất* *ab* *cx* *int* và *t* *ng* *tác* *c* *a* *nó* *v* *i* *các* *v* *t* *li* *u*
- Tác động của ánh sáng với các vật liệu kim loại và phi kim và các cấu trúc *h* *p* *th*, *ph* *n* *x* và *truy* *n* *qua*
- Về Quang học huỳnh quang Luminescence, độ dẫn quang photoconductivity, sự khuếch tán của ánh sáng do phát xạ kích thích trong bộ *cx* *laser*
- Ứng dụng của chúng, trong đó chú ý tới thông tin liên lạc dùng cáp quang

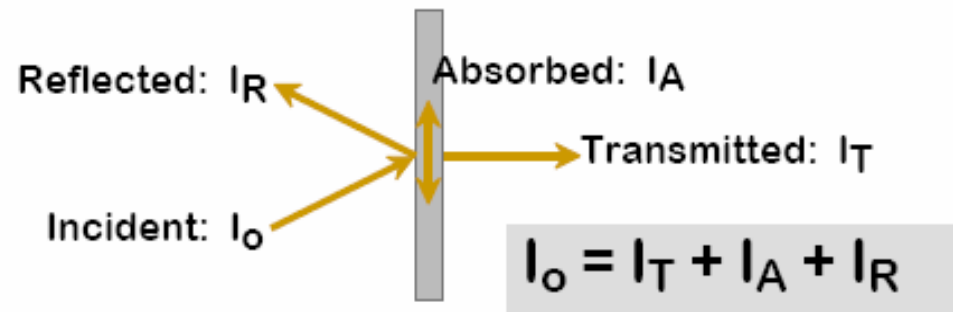


# Tìm hiểu về tính chất quang của vật liệu

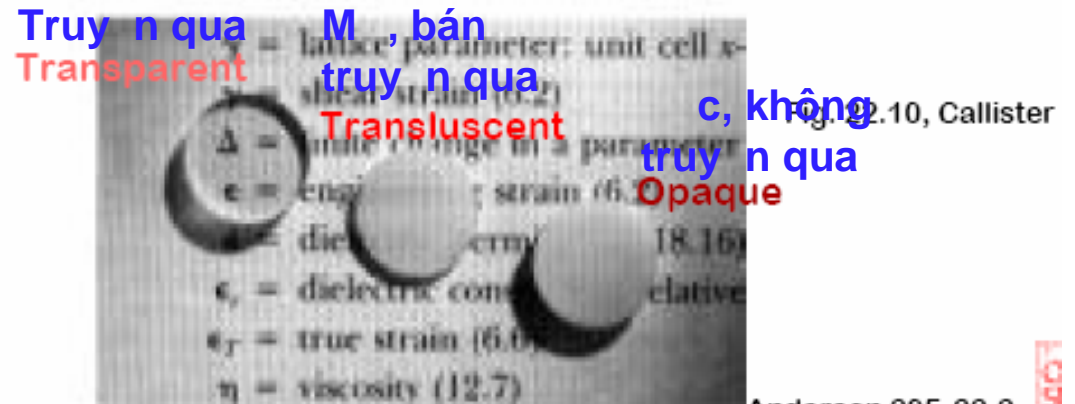


- Khi tia sáng chiếu tới bề mặt của vật liệu, một phần ánh sáng phản xạ lại (nhìn thấy màu sắc) - trong môi trường trong suốt thì ánh sáng có sự hấp thụ
- Vì vậy liên quan đến các tính chất quang của vật liệu và các cách hấp thụ và các bước sóng của nó

## Light Interaction with Solids



### Optical Classification

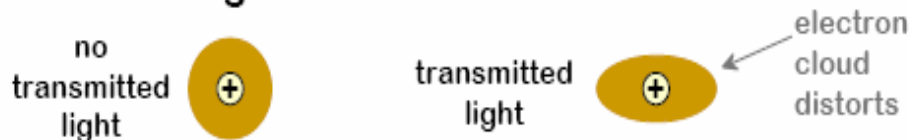




# Tốc độ ánh sáng truyền qua

## Speed of Transmitted Light-Refrraction

- Transmitted light distorts electron clouds



- Result 1: Light is slower in material vs vacuum

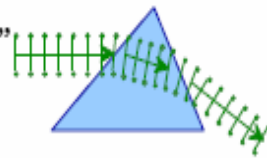
$$\text{index of refraction } (n) = \frac{\text{speed of light in vacuum}}{\text{speed of light in a material}}$$

Material	n
Lead glass	2.1
Silica glass	1.46
Soda-lime glass	1.51
Quartz	1.55
Plexiglas	1.49
Polypropylene	1.49

Based on Table 22.1, Callister

- Adding large, heavy ions (e.g., lead) can decrease speed of light

- Light can be "bent"



- Result 2: Intensity of transmitted light falls off with distance travelled

Thick pieces less transparent!

- Tốc độ của tia sáng truyền qua – sẽ khúc xạ
- Tia sáng khi truyền qua làm méo đám mây điện tử
- Tốc độ tia sáng ít trong môi trường vật chất đậm đặc hơn trong chân không
- Càng tia sáng truyền qua suy giảm theo chiều dài quang học
- Vật liệu càng dày ánh sáng truyền qua càng ít

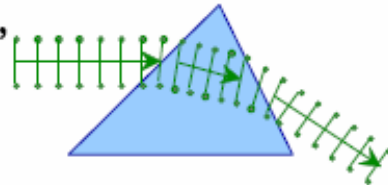




# Tốc độ ánh sáng truyền qua

Material	n
Lead glass	2.1
Silica glass	1.46
Soda-lime glass	1.51
Quartz	1.55
Plexiglas	1.49
Polypropylene	1.49

- Adding large, heavy ions (e.g., lead) can decrease speed of light
- Light can be “bent”



- Vật liệu có chiết suất khác nhau có tốc độ truyền ánh sáng khác nhau
- Khi pha tạp thêm một lượng chì vào thủy tinh → thủy tinh chì có tốc độ truyền ánh sáng chậm hơn (làm giảm tốc độ)
- Tia sáng bị “bẻ gãy” khi đi từ môi trường này sang môi trường khác

$$\text{index of refraction (n)} = \frac{\text{speed of light in vacuum}}{\text{speed of light in a material}}$$

Chiết suất (n)





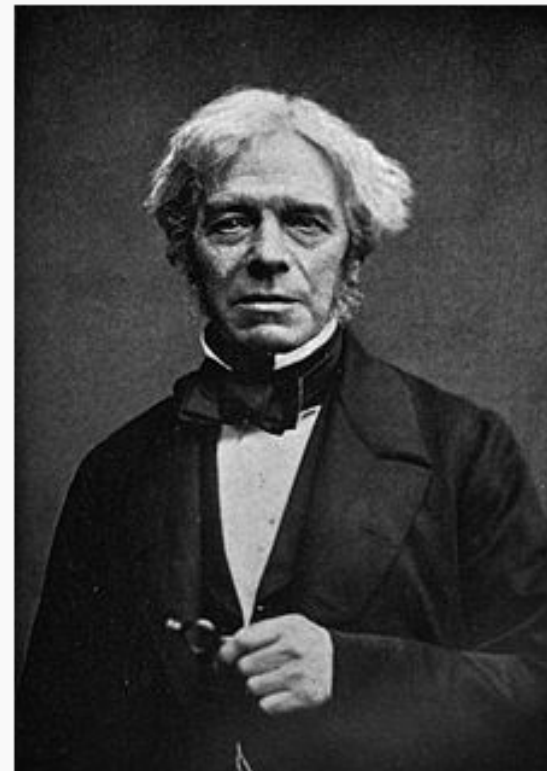
# Phong trình Maxwell

James Clerk Maxwell



James Clerk Maxwell (1831–1879)

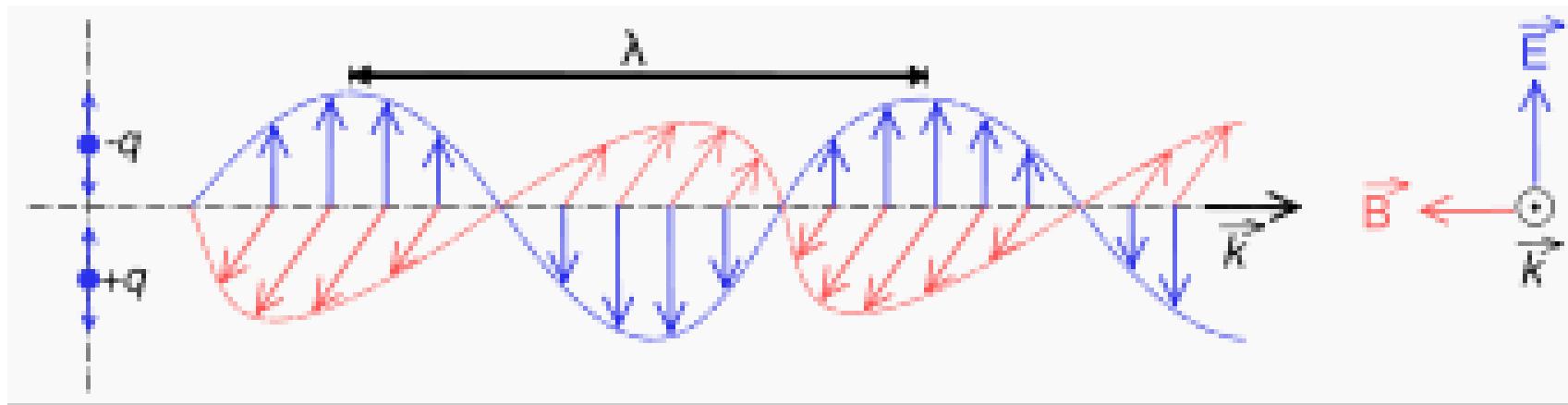
Michael Faraday



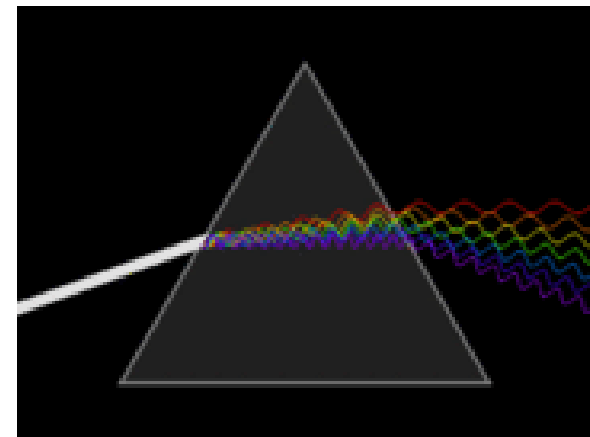
Faraday in later life



# Phân tích sóng trình Maxwell



**Sóng điện từ** - là sóng dao động ngang của điện trường và từ trường lan truyền trong không gian. Hình vẽ cho thấy sóng phân cực tuyến tính lan truyền thẳng sang phải. Trường điện trường theo trục tung, trường từ trường theo trục hoành.





# Ph $\nabla$ ng trình Maxwell

## 2 lu $n$ i m c a Maxwell

- **Lu  $n$  i m 1:** B  $\nabla$  t k  $\nabla$  m t t tr  $\nabla$  ng nào bi  $n$  i theo th i gian c  $\nabla$  ng sinh ra m t i n tr  $\nabla$  ng xoáy
- **Lu  $n$  i m 2:** B  $\nabla$  t k  $\nabla$  m t i n tr  $\nabla$  ng nào bi  $n$  i theo th i gian c  $\nabla$  ng sinh ra m t t tr  $\nabla$  ng



# Phương trình Maxwell

Maxwell's Equations

Tương tác của ánh sáng với Vật chất

## 2 luận điểm của Maxwell

nh lý O-G

Divergence equations	Curl equations
$\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho_f$	$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$
$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$	$\nabla \times \mathbf{H} = \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} + \mathbf{J}$

Pt Maxwell-Faraday

Pt Maxwell-Ampere

Thông lượng

$\mathbf{D}$  = Electric flux density

$\mathbf{B}$  = Magnetic flux density

$\mathbf{E}$  = Electric field vector

$\mathbf{H}$  = Magnetic field vector

$\rho$  = charge density

$\mathbf{J}$  = current density

# Phân tích quá trình Maxwell



## 2. Định lý Ostrogradski-Gauss

- Định lý O-G cho điện trường
  - Điện thông qua mặt kín bằng tích các điện tích chứa trong mặt kín
- Định lý O-G cho từ trường
  - Tổng thông toàn phần đi qua mặt kín bất kỳ bằng không ( $= 0$ )



# Phương trình Maxwell

Khi tính toán véc-tơ, **del** là toán tử vi phân véc-tơ ký hiệu bằng **nabla**  $\nabla$ :  
**Del** là công cụ toán học, tùy thuộc vào ứng dụng cụ thể, nó có thể mô tả một  
gradient (slope dốc), **divergence** (mức hội tụ hoặc phân kỳ) hoặc **curl**  
(chuyển động quay quanh tâm quay trong chuyển động)

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{A}) = \nabla (\nabla \cdot \mathbf{A}) - \nabla^2 \mathbf{A}$$

To see how we can use this take the curl of equation (2):

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = \nabla \times \left( -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right)$$

$$\nabla = \mathbf{i} \frac{\partial}{\partial x} + \mathbf{j} \frac{\partial}{\partial y} + \mathbf{k} \frac{\partial}{\partial z}$$

$\mathbf{i}, \mathbf{j}, \mathbf{k}$  là các vectơ cơ sở trong không gian 3 chiều

Evaluating the left hand side:

$$\nabla \times (\nabla \times \mathbf{E}) = \nabla (\nabla \cdot \mathbf{E}) - \nabla^2 \mathbf{E} = -\nabla^2 \mathbf{E}$$

where we simplified the above by using equation (1).

Evaluate the right hand side:

$$\nabla \times \left( -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \right) = -\frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times \mathbf{B}) = -\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 \mathbf{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2}$$

$$\nabla^2 \mathbf{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2}$$



# Phương trình Maxwell

Khi tính toán véc-tơ, **del** là toán tử vi phân véc-tơ ký hiệu bằng **nabla**  $\nabla$ :  
**Del** là công cụ toán học, tùy thuộc vào ứng dụng cụ thể, nó có thể mô tả một  
gradient (slope dốc), **divergence** (mức hội tụ hoặc phân kỳ) hoặc **curl**  
(chuyển động quay quanh tâm quay trong chiral)

$$\text{div } \vec{v} = \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = \nabla \cdot \vec{v}$$

$$\text{curl } \vec{v} = \left( \frac{\partial v_z}{\partial y} - \frac{\partial v_y}{\partial z} \right) \mathbf{i} + \left( \frac{\partial v_x}{\partial z} - \frac{\partial v_z}{\partial x} \right) \mathbf{j} + \left( \frac{\partial v_y}{\partial x} - \frac{\partial v_x}{\partial y} \right) \mathbf{k} = \nabla \times \vec{v}$$

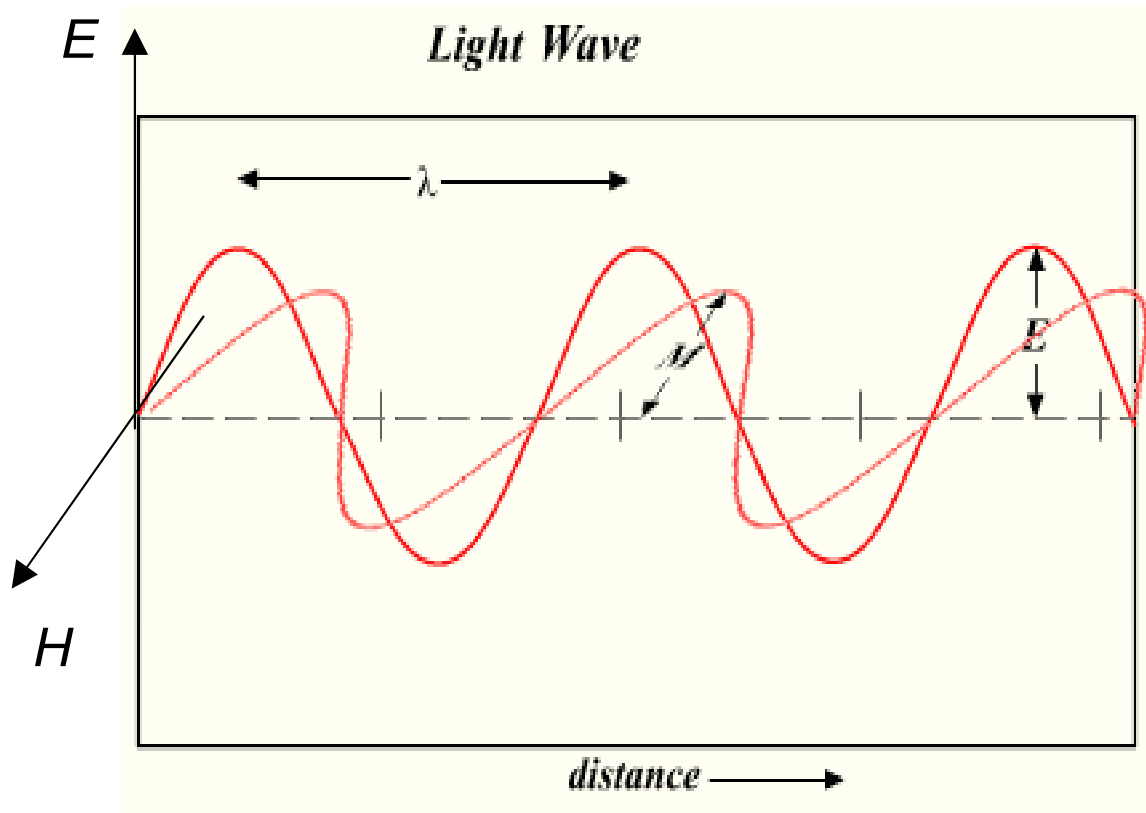
Toán tử Laplace  $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2} = \nabla \cdot \nabla = \nabla^2$

Gradient  $\text{grad } f = \frac{\partial f}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial f}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial f}{\partial z} \mathbf{k} = \nabla f$

$$\nabla \times \vec{v} = \begin{vmatrix} \mathbf{i} & \mathbf{j} & \mathbf{k} \\ \frac{\partial}{\partial x} & \frac{\partial}{\partial y} & \frac{\partial}{\partial z} \\ v_x & v_y & v_z \end{vmatrix}$$

# Bức xạ điện từ

## Sóng điện từ



- $\lambda$ : bước sóng
- $E$ : cường độ điện trường
- $H$ : cường độ từ trường
- Sóng điện từ có coi là sóng dao động ngang t lan truyền c a t tr ờng và i n tr ờng
- G m các thành phần i n tr ờng và t tr ờng vuông góc v i nhau và vuông góc v i h ớng lan truyền



# B c x i n t

## Sóng i n t



### Legend:

$\gamma$  = Gamma rays  
 HX = Hard X-rays  
 SX = Soft X-Rays  
 EUV = Extreme ultraviolet  
 NUV = Near ultraviolet  
 Visible light  
 NIR = Near infrared  
 MIR = Moderate infrared  
 FIR = Far infrared

M t s các  
 d n g c a b c  
 x i n t  
 th n g g p

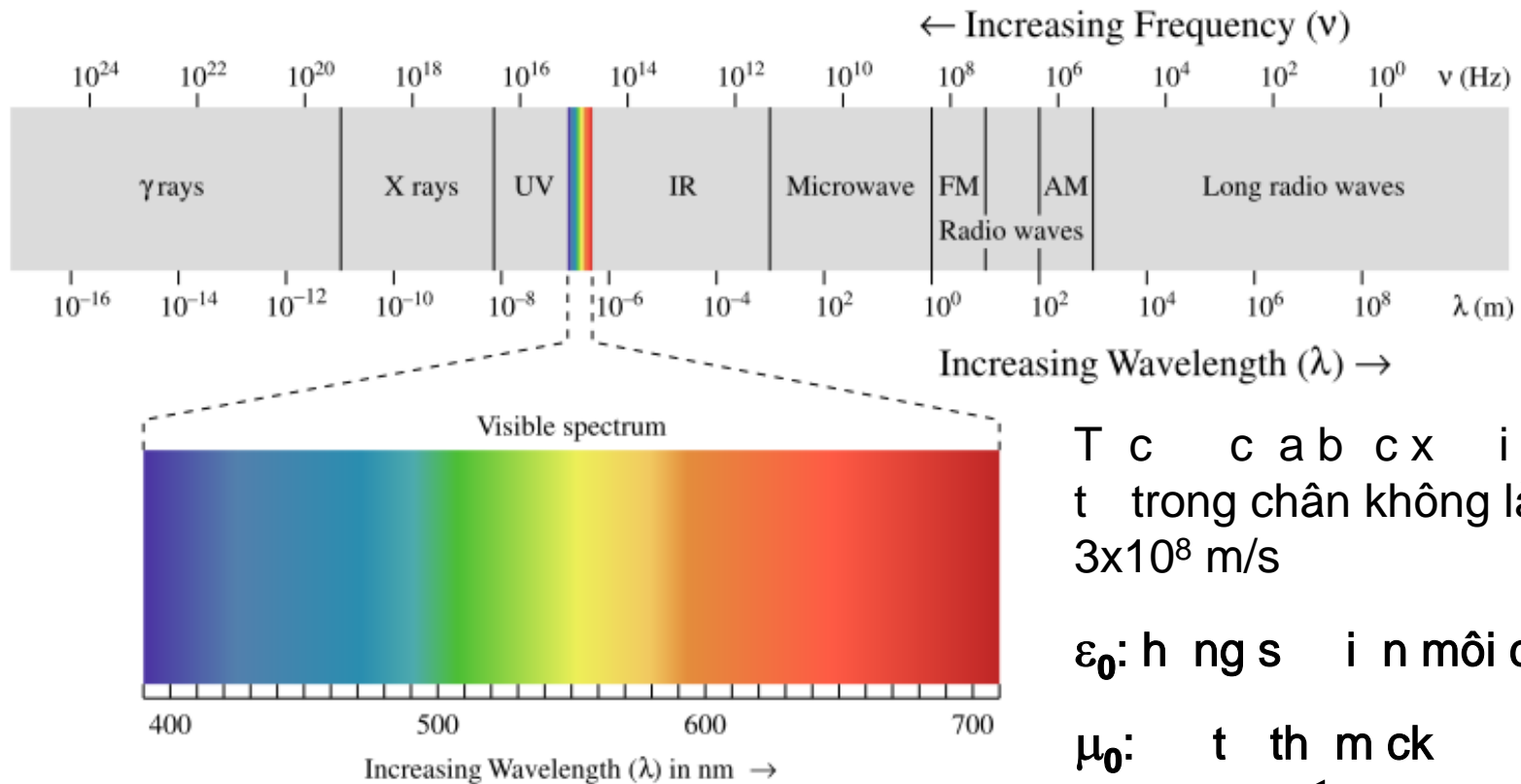
### Radio waves:

EHF = Extremely high frequency (Microwaves)  
 SHF = Super high frequency (Microwaves)  
 UHF = Ultrahigh frequency  
 VHF = Very high frequency  
 HF = High frequency  
 MF = Medium frequency  
 LF = Low frequency  
 VLF = Very low frequency  
 VF = Voice frequency  
 ELF = Extremely low frequency

CLASS	FREQUENCY	WAVELENGTH	ENERGY
$\gamma$	300 EHz	1 pm	1.24 MeV
HX	30 EHz	10 pm	124 keV
SX	3 EHz	100 pm	12.4 keV
SX	300 PHz	1 nm	1.24 keV
EUV	30 PHz	10 nm	124 eV
EUV	3 PHz	100 nm	12.4 eV
NUV	300 THz	1 $\mu$ m	1.24 eV
NIR	30 THz	10 $\mu$ m	124 meV
MIR	3 THz	100 $\mu$ m	12.4 meV
FIR	300 GHz	1 mm	1.24 meV
EHF	30 GHz	1 cm	124 $\mu$ eV
SHF	3 GHz	1 dm	12.4 $\mu$ eV
UHF	300 MHz	1 m	1.24 $\mu$ eV
VHF	30 MHz	1 dam	124 neV
HF	3 MHz	1 hm	12.4 neV
MF	300 kHz	1 km	1.24 neV
LF	30 kHz	10 km	124 peV
VLF	3 kHz	100 km	12.4 peV
VF	300 Hz	1 Mm	1.24 peV
ELF	30 Hz	10 Mm	124 feV

# Bức xạ điện từ

## Sóng điện từ



Tốc độ ánh sáng trong chân không là  $3 \times 10^8$  m/s

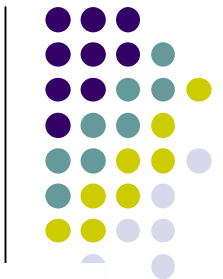
$\epsilon_0$ : hằng số điện môi của không khí

$\mu_0$ : hằng số từ thẩm của không khí

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$$

# B c x i n t

## Sóng i n t



wave speed ( $c$ ) = frequency x wavelength

or

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

and

$$E = h\nu$$

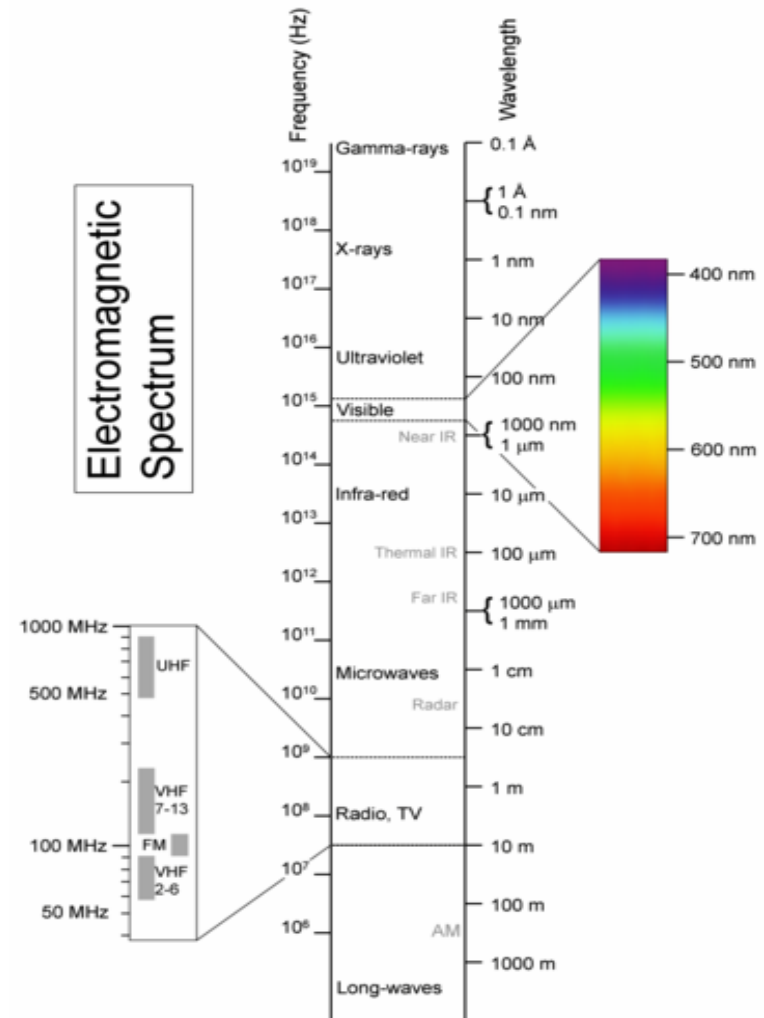
or

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$


where:

- $c$  is the speed of light, 299,792,458 m/s (exact)
- $h$  is Planck's constant,  $h = 6,63 \times 10^{-34}$  J/s

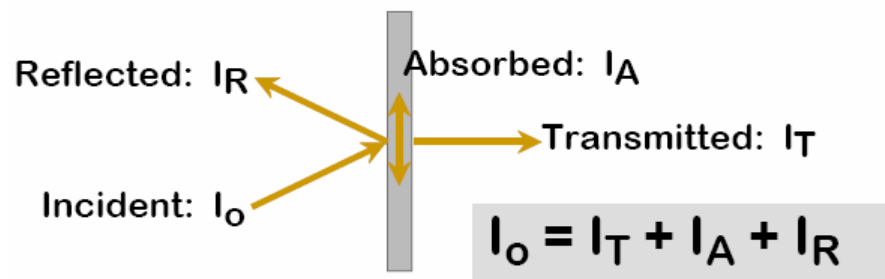
Th hi n rõ  
c tính ch t  
sóng và tính  
ch th t c a  
**b c x i n**  
**t** nói chung  
và c a **ánh**  
**sáng kh ki n**  
nói riêng



# Tính tác của Ánh sáng với Chất rắn



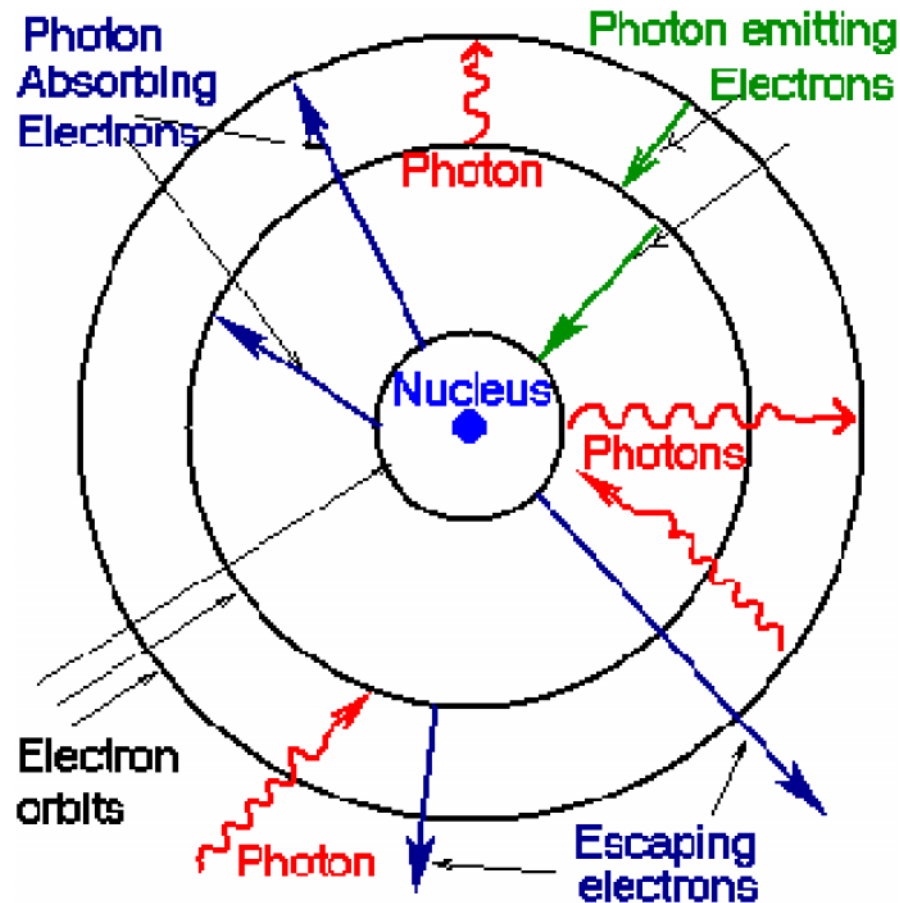
Tím	380–450 nm
Xanh dương	450–495 nm
Xanh lá cây	495–570 nm
Vàng	570–590 nm
Cam	590–620 nm
Đỏ	620–750 nm



- Ánh sáng đi từ môi trường này sang môi trường khác – một phần đi qua, một phần bị hấp thụ, một phần bị phản xạ thì một phần phân cách
  - $I_0 = I_T + I_A + I_R$        $T$  truyền qua
  - $T + A + R = 1$        $A$  hấp thụ
  - $R$  phản xạ
- Các kim loại không trong suốt nên các photon ánh sáng chỉ hoặc là hấp thụ, hoặc là phản xạ
- Các vật liệu điện môi có thể trong suốt
- Các chất bán dẫn có thể hoặc là trong suốt hoặc không trong suốt



# Tương tác vi mô và Nguyên tử



- Hiện tượng quang học xảy ra trong lòng chất rắn bao gồm các tương tác giữa các ion và nguyên tử
- Hai trong các tương tác quan trọng nhất là **s phân cực ion** (electronic polarization) và **s chuyển mức năng lượng ion** (electron energy transitions)



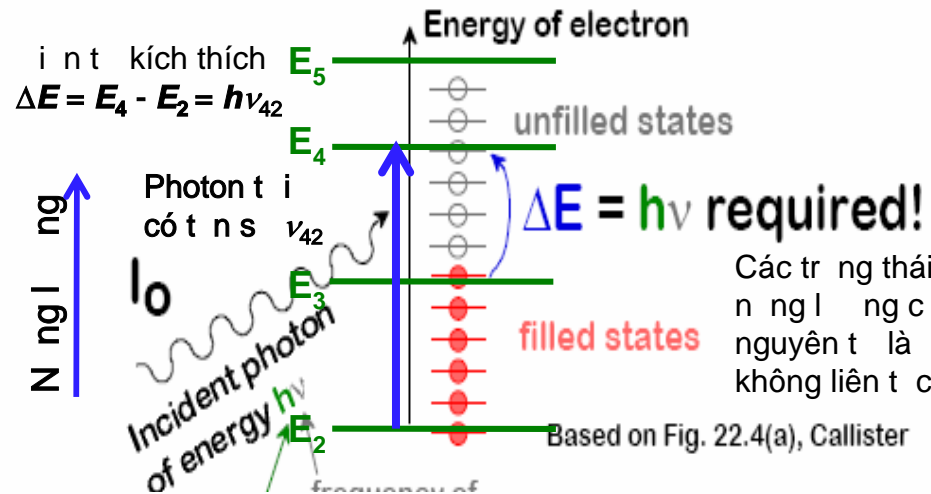
# Tính tác dụng của ánh sáng và Nguyên tử

## Sự phân bố của ánh sáng

- Ánh sáng là trường điện từ dao động nhanh
- Khi chiếu sáng lên kim loại, điện trường của ánh sáng bao quanh nguyên tử tạo nên sự phân bố của điện tích, làm dịch chuyển các điện tích trong kim loại → làm thay đổi hình dạng của thành phần điện trường

## Optical Properties of Metals-Absorption

- Absorption of photons by electron transition



Các trạng thái năng lượng của nguyên tử là không liên tục

## Transmitted light distorts electron clouds



## Tia sáng khi truyền qua làm méo đám mây điện tử



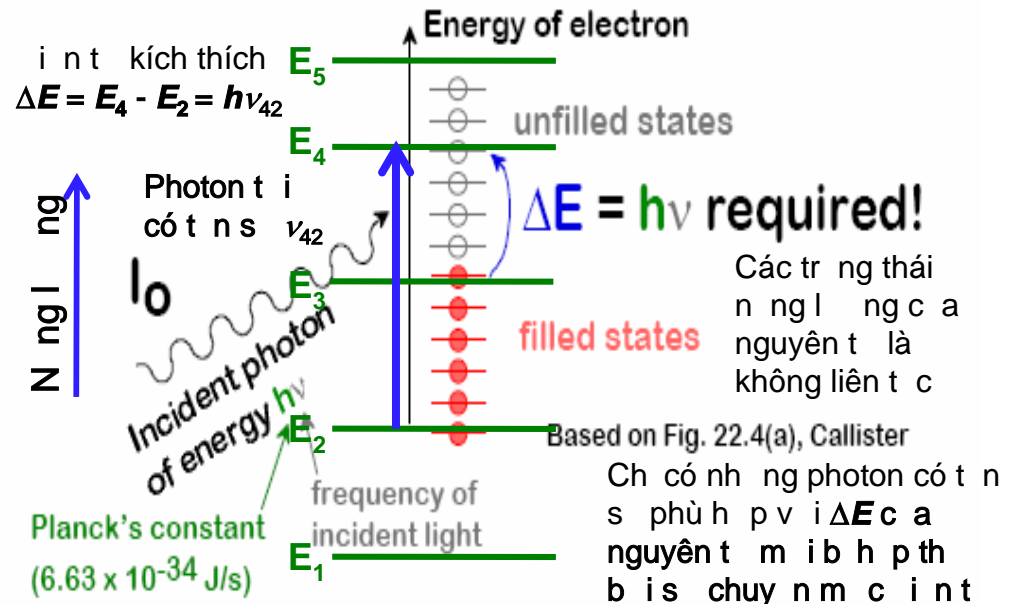
# Tính tác dụng của ánh sáng và Nguyên tử

## Sự phân bố năng lượng

- Có 2 hình thức của quá trình phân bố là
  - 1) Một phần năng lượng bức xạ có thể hấp thụ
  - 2) Vận tốc của sóng ánh sáng biến đổi khi đi qua vật chất – có biểu hiện là khúc xạ trong vật chất đó
- Sự hấp thụ và bức xạ của nguyên tử làm xảy ra hiện tượng **chuyển mức năng lượng (electron transitions)** từ trạng thái năng lượng này tới trạng thái năng lượng khác

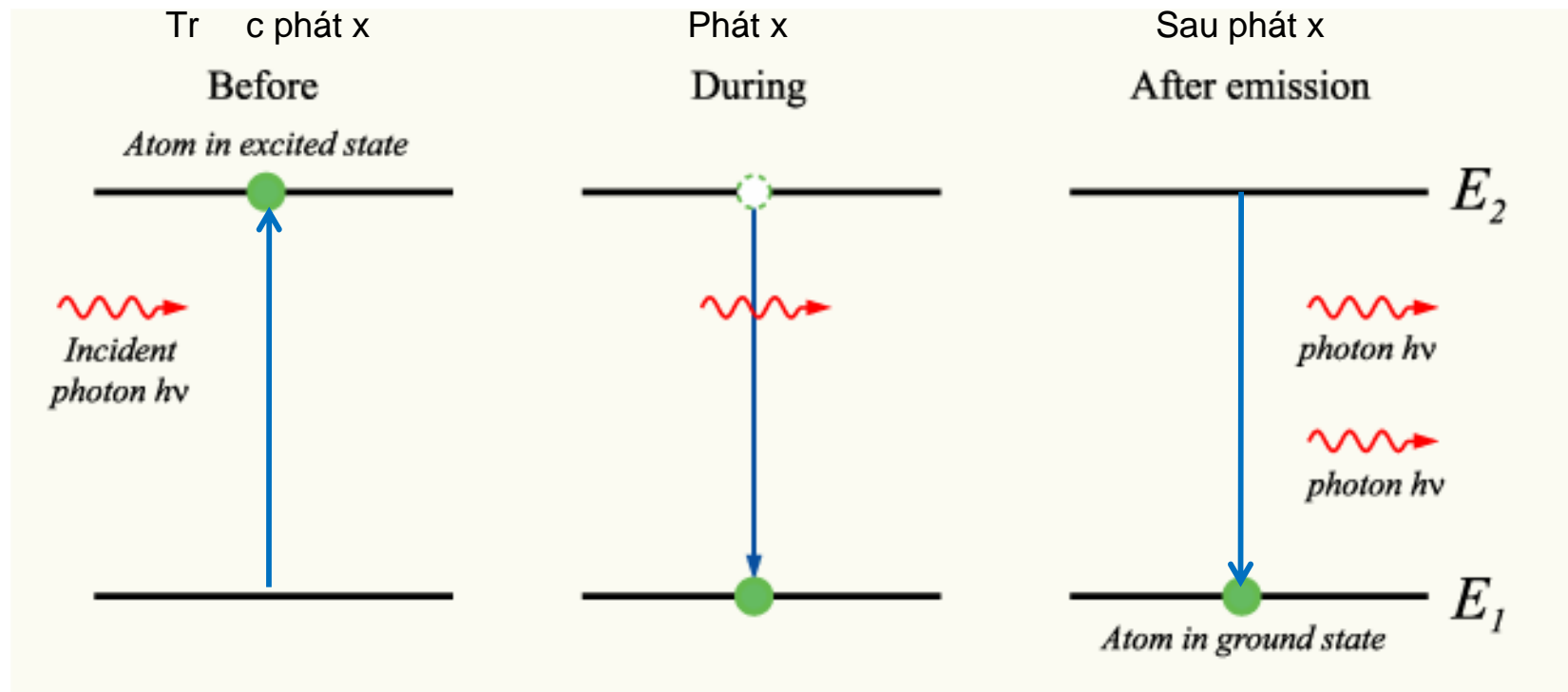
## Optical Properties of Metals-Absorption

- Absorption of photons by electron transition



- Metals have a fine succession of energy states
- Near-surface electrons absorb visible light

# Chuyển mức năng lượng



Photon chiếu tới

Nguyên tử trạng thái bị kích thích

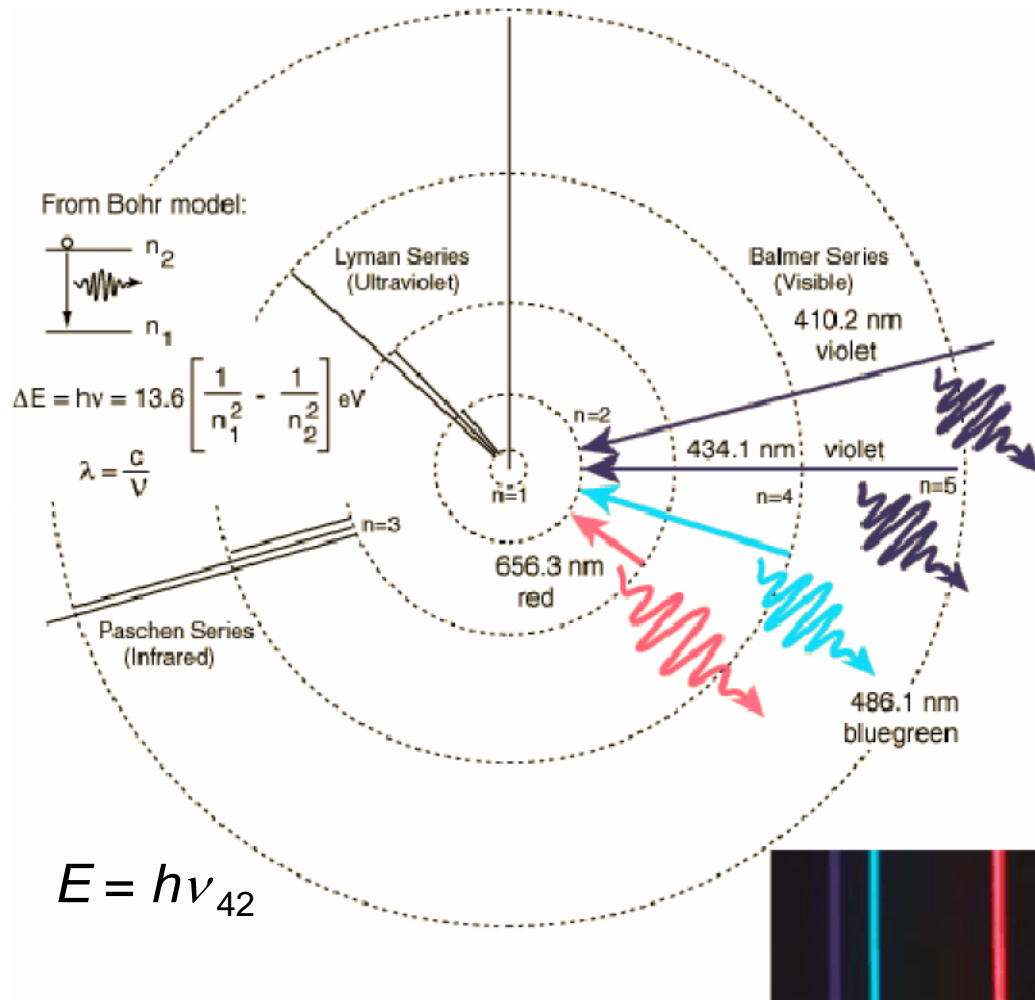
Photon bức xạ

Nguyên tử trạng thái nền





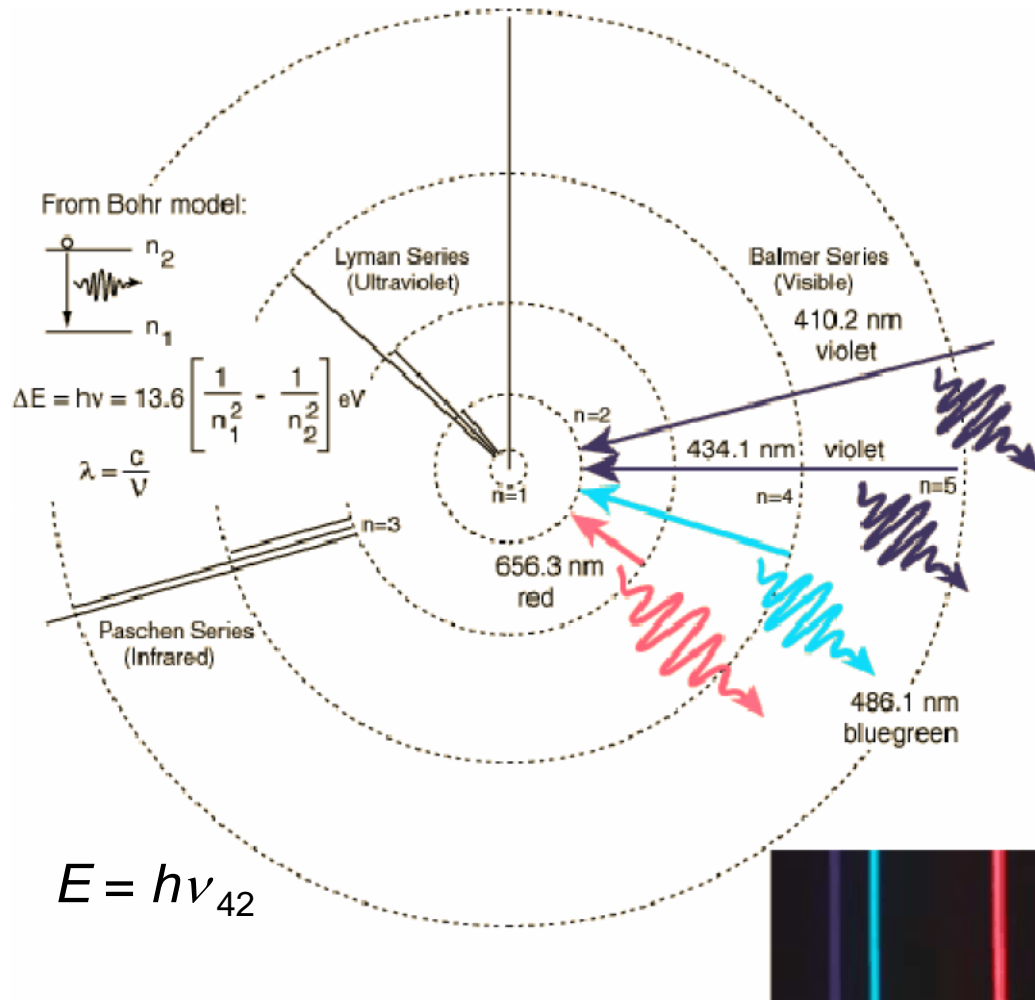
# Chuyển mức năng lượng



- S h p th và b c x sóng i n t có th t o nên **s chuyển mức năng lượng** các i n t t r ng thái n ng l ng này sang tr ng thái n ng l ng khác
- M t i n t có th c kích thích t m t tr ng thái b chi m có n ng l ng  $E_2$  chuyển sang tr ng thái ang còn tr ng m c n ng l ng cao h n  $E_4$  b ng cách h p th m t photon n ng l ng  $\Delta E = h\nu_{42}$



# Chuyển động

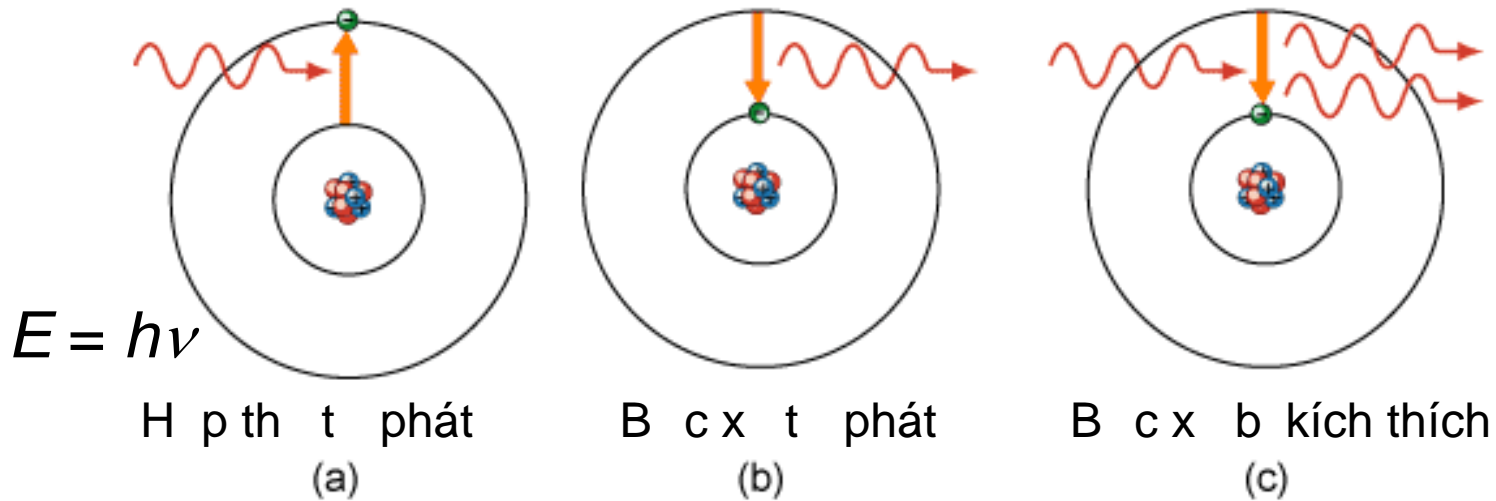


- **S** chuyển động trong mô hình Bohr của nguyên tử Hydro
- Khi electron nhảy từ quỹ đạo  $n=2$ , nó phát ra photon có tần số nhìn thấy trên quang phổ vạch



# Chuyển mức năng lượng

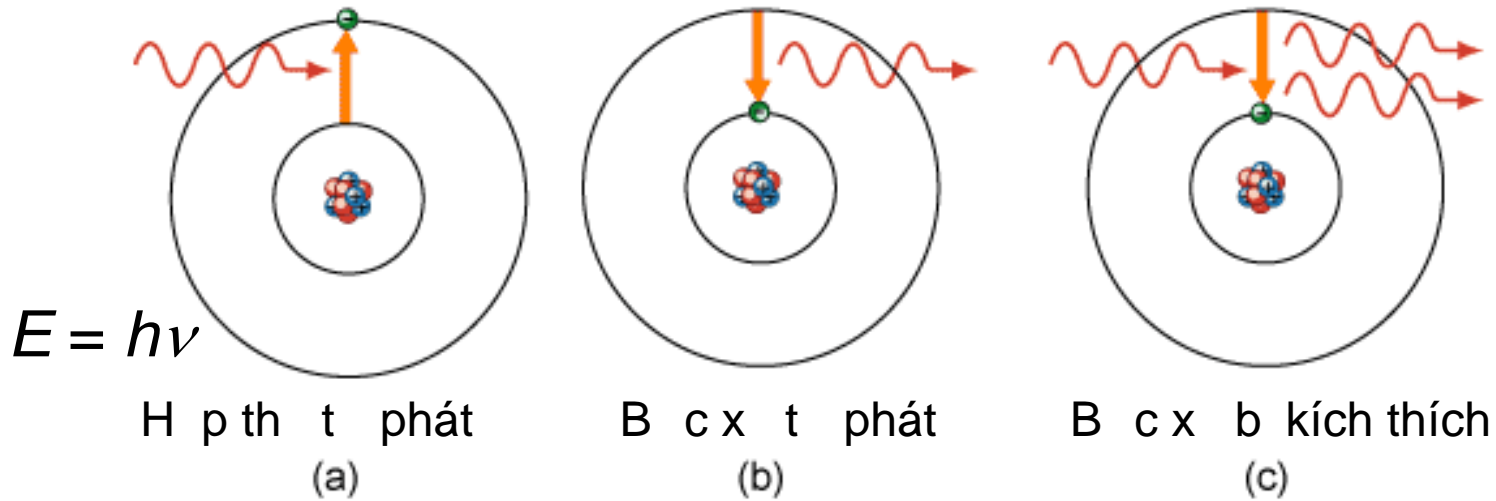
- Nguyên tử hấp thụ năng lượng photon và nhảy lên mức năng lượng cao hơn  $\rightarrow$  **hấp thụ phát**
- Nguyên tử bức xạ năng lượng photon và nhảy xuống mức năng lượng thấp hơn  $\rightarrow$  **bức xạ phát**





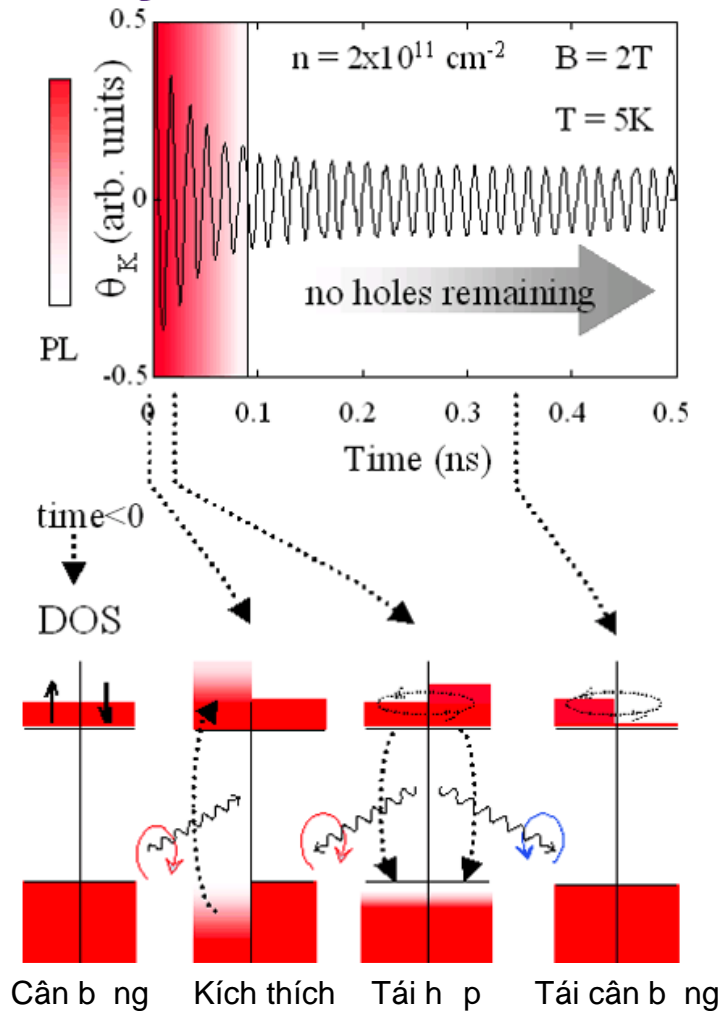
# Chuyển mức năng lượng

- Sự thay đổi mức năng lượng nguyên tử của chuyển mức photon thu vào tần số xác định  $E = h\nu$
- Do các trạng thái năng lượng của nguyên tử là rời rạc  $\rightarrow$  chỉ có một số  $E = h\nu$  xác định riêng biệt của nguyên tử là có thể bị kích thích chuyển mức năng lượng





# Chuyển mạch i n t



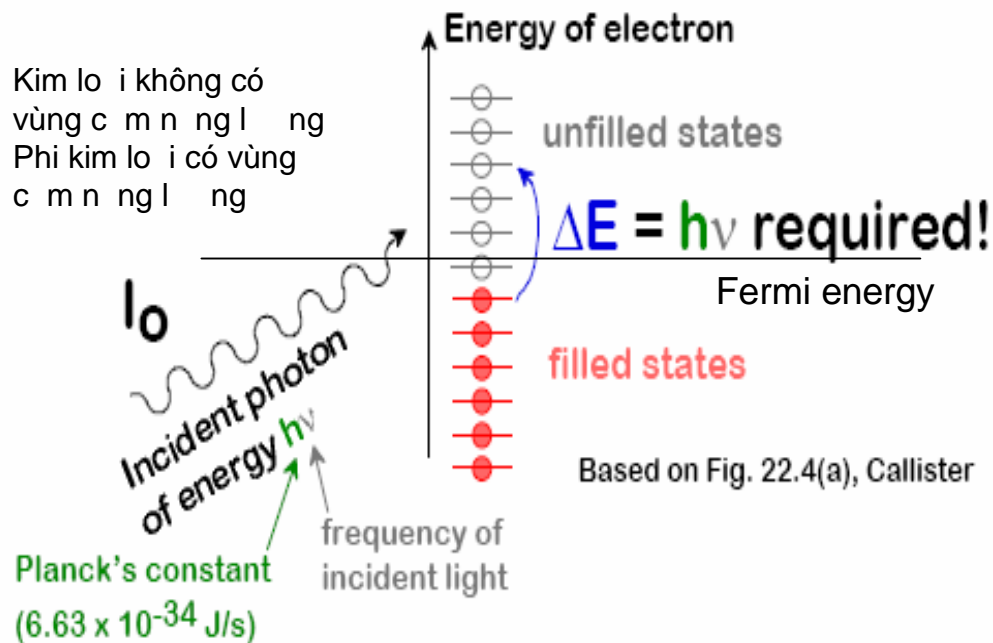
- i n t trạng thái b kích thích không th duy trì tr ng thái b kích thích lâu dài  $\rightarrow$  sau m t kho ng th i gian nó l i r i tr l i v *tr ng thái n n* (ground state – là m c không b kích thích)
- Các c tr ng quang h c c a ch tr n b i u h i n qua *s h p th và b c x các sóng i n t* - c gi i thích thông qua *c u trúc d i n n g l n g i n t* c a v t l i u và *nguyên lý chuy n m c c a i n t*



# Tính chất Quang của Kim loại

## Optical Properties of Metals-Absorption

- Absorption of photons by electron transition



- Metals have a fine succession of energy states
- Near-surface electrons absorb visible light

Tất cả các transitions khả năng  
của kim loại hấp thụ do  
sự liên tục của các trạng  
thai điện tử còn trống, cho  
phép các điện tử đó chuyển  
trạng thái

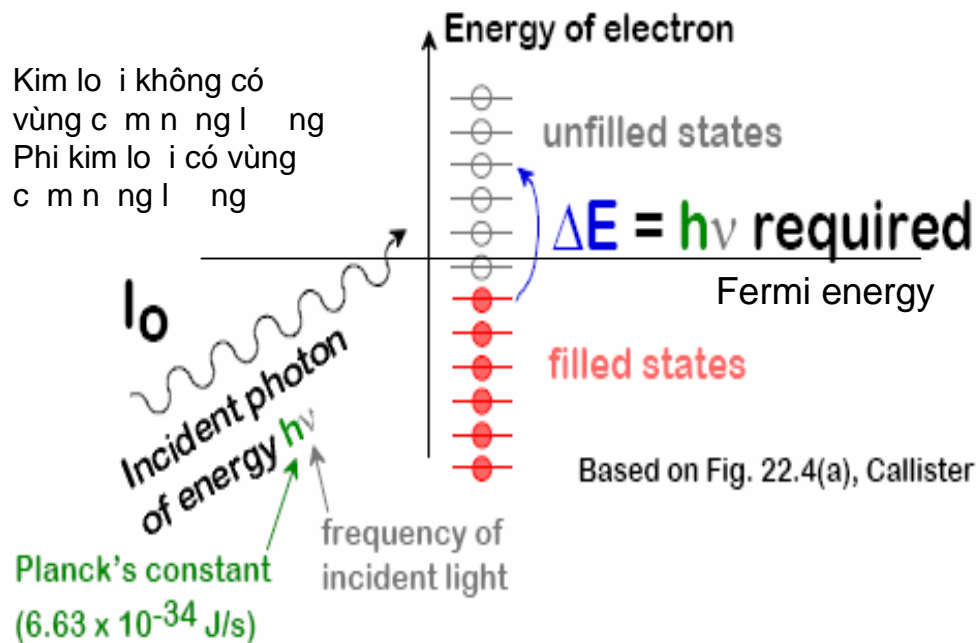
- Kim loại không trong suốt  
→ do các bức xạ tia có tần  
số trong khoảng nhìn thấy  
làm kích thích các điện tử  
lên các trạng thái năng  
lượng cao hơn phía  
trên mức Fermi, bức xạ tia  
hấp thụ
- Hấp thụ chủ yếu chỉ lớp  
màng bên ngoài khoảng  
0,1  $\mu\text{m}$  → chỉ lớp này là có  
thể cho ánh sáng đi qua



# Tính chất Quang của Kim loại

## Optical Properties of Metals-Absorption

- Absorption of photons by electron transition



- Metals have a fine succession of energy states
- Near-surface electrons absorb visible light

Hành tinh ánh sáng của hợp chất kim loại là do các trạng thái điện tử còn trống  $\rightarrow$  cho phép có sự chuyển mức điện tử

Các kim loại không cho hành tinh các bước sóng khả kiến (tia hồng ngoại, ánh sáng nhìn thấy cho đến các sóng trung và bước sóng ngắn) đi ngang qua

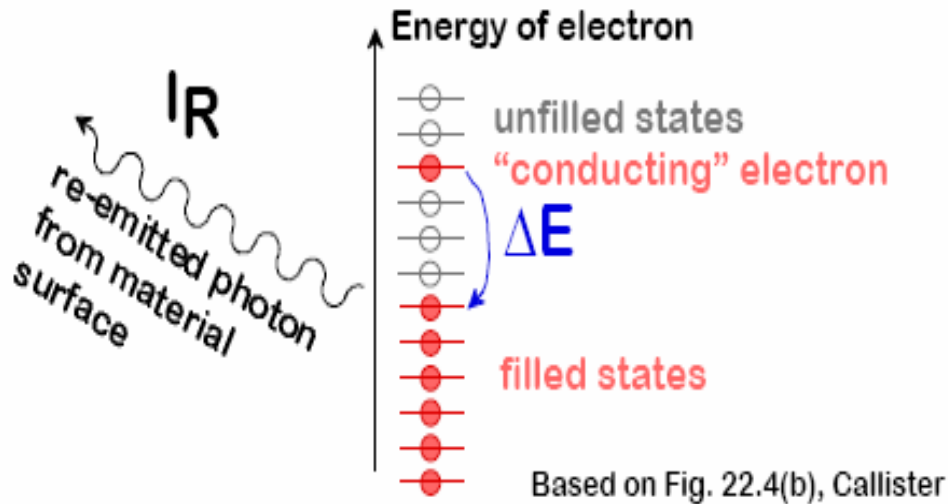
Kim loại là trong suốt với các bước sóng rất cao (tia X và tia  $\gamma$ )



# Tính chất Quang của Kim loại

## Optical Properties of Metals-Reflection

- Electron transition emits photon



- Reflectivity =  $I_R/I_0$  is between 0.90 and 0.95.
- Reflected light is the same frequency as incident
- Metals appear reflective (shiny)! Có b m t sáng ánh kim

- H u h t các b c x ã h p th s tái phát x (re-emitted) t b m t d i d ng ánh sáng nhìn th y cùng b c sóng - th hi n là các tia ph n x
- S chuy n m c i n t t o n ê n s tái b c x (re-radiation)
- H s ph n x c a h u h t kim lo i trong kho ng 0,90 và 0,95
- T n s ph n x b ng t n s t i. M t ph n nh c a n ng l ng i n t b m t mát d i d ng nhi t





# Tính chất Quang của Phi kim lo i

## Selected Absorption by Nonmetals

- absorption by electron transition occurs if

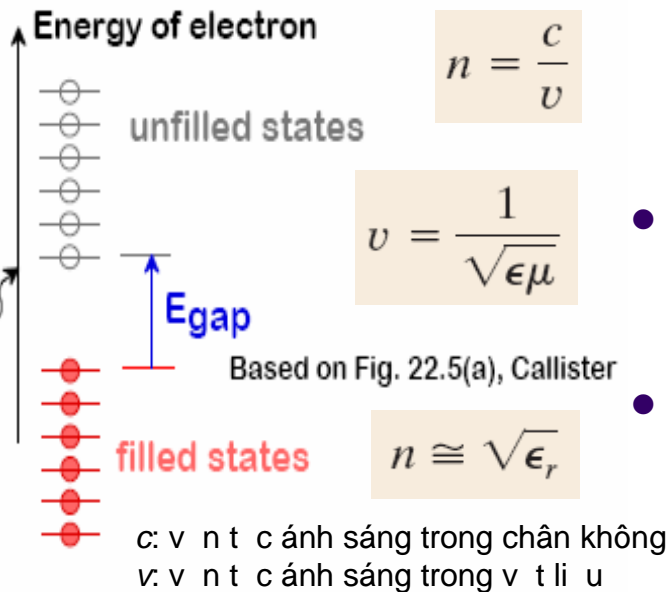
$$h\nu > E_{\text{gap}}$$

Kim lo i không có vùng c m n ng l ãng  
Phi kim lo i có vùng c m n ng l ãng

blue light:  $h\nu = 3.1\text{eV}$

red light:  $h\nu = 1.7\text{eV}$

$I_0$  Incident photon of energy  $h\nu$



- If  $E_{\text{gap}} < 1.8\text{eV}$ , full absorption  $\rightarrow$  color is black (Si, GaAs)
- If  $E_{\text{gap}} > 3.1\text{eV}$ , no absorption  $\rightarrow$  colorless (diamond)
- If  $E_{\text{gap}}$  in between, partial absorption  $\rightarrow$  material has a color

- c tr ãng c u tr úc vùng n ng l ãng c a i n t , các v t li u phi kim có th trong su t v i ánh sáng kh ãi n
- Chú tr ãng n các hi n t ãng ph n x , h p th , khúc x , truy n qua
- Khúc x** là khi ánh sáng i vào v t li u b gã ã b m t và thay i v n t c trong v t li u  $\rightarrow$  ch s khúc x (chi t su t n)

$$n = \frac{c}{v} = \frac{\sqrt{\epsilon\mu}}{\sqrt{\epsilon_0\mu_0}} = \sqrt{\epsilon_r\mu_r}$$



# Tính chất Quang của Phi kim lo i

## Selected Absorption by Nonmetals

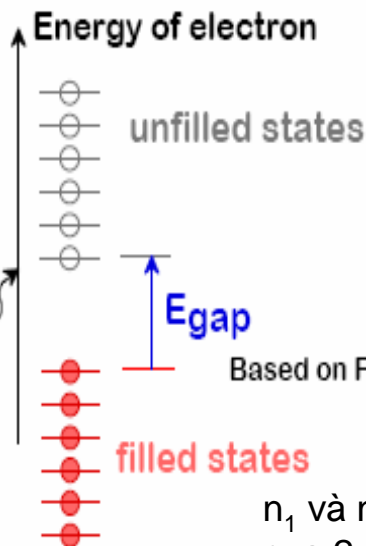
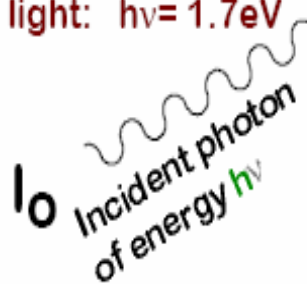
- absorption by electron transition occurs if

$$h\nu > E_{\text{gap}}$$

Kim lo i không có vùng c m n ng l ãng  
Phi kim lo i có vùng c m n ng l ãng

blue light:  $h\nu = 3.1\text{eV}$

red light:  $h\nu = 1.7\text{eV}$



Based on Fig. 22.5(a), Callister

$n_1$  và  $n_2$  là chỉ số t c a 2 môi tr ãng

- If  $E_{\text{gap}} < 1.8\text{eV}$ , full absorption  $\rightarrow$  color is black (Si, GaAs)
- If  $E_{\text{gap}} > 3.1\text{eV}$ , no absorption  $\rightarrow$  colorless (diamond)
- If  $E_{\text{gap}}$  in between, partial absorption  $\rightarrow$  material has a color

- Ph n x** là khi ánh sáng i vào v t li u có m t ph n b ph n x tr l i m t phân cách (th m chí khi c 2 v t li u là trong su t)  $\rightarrow$  ph n x  $R$  là t s cho b i (v i  $I_0$  và  $I_R$  là c ãng chùm tia t i và chùm tia ph n x )

$$R = \frac{I_R}{I_0}$$

- Khi chùm sáng chi u t i là bình th ãng (tr c giao)

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



# Tính chất Quang của Phi kim lo i

## Selected Absorption by Nonmetals

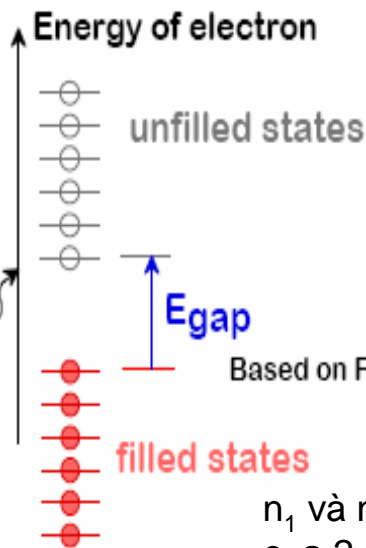
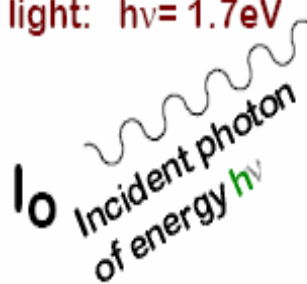
- absorption by electron transition occurs if

$$h\nu > E_{\text{gap}}$$

Kim lo i không có vùng c m n ng l ãng  
Phi kim lo i có vùng c m n ng l ãng

blue light:  $h\nu = 3.1\text{eV}$

red light:  $h\nu = 1.7\text{eV}$



Based on Fig. 22.5(a), Callister

$n_1$  và  $n_2$  là chỉ số t c a 2 môi tr ãng

- If  $E_{\text{gap}} < 1.8\text{eV}$ , full absorption  $\rightarrow$  color is black (Si, GaAs)
- If  $E_{\text{gap}} > 3.1\text{eV}$ , no absorption  $\rightarrow$  colorless (diamond)
- If  $E_{\text{gap}}$  in between, partial absorption  $\rightarrow$  material has a color

- Ph n x** là khi ánh sáng i vào v t li u có m t ph n b ph n x tr l i m t phân cách (th m chí khi c 2 v t li u là trong su t)  $\rightarrow$  ph n x  $R$  là t s cho b i (v i  $I_0$  và  $I_R$  là c ãng chùm tia t i và chùm tia ph n x )

$$R = \frac{I_R}{I_0}$$

- Khi chùm sáng chi u t i là không bình th ãng,  $R$  s ph thu c vào góc chi u t i. Khi ánh sáng chi u vào môi tr ãng s

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



# Tính chất Quang của Phi kim lo i

## Selected Absorption by Nonmetals

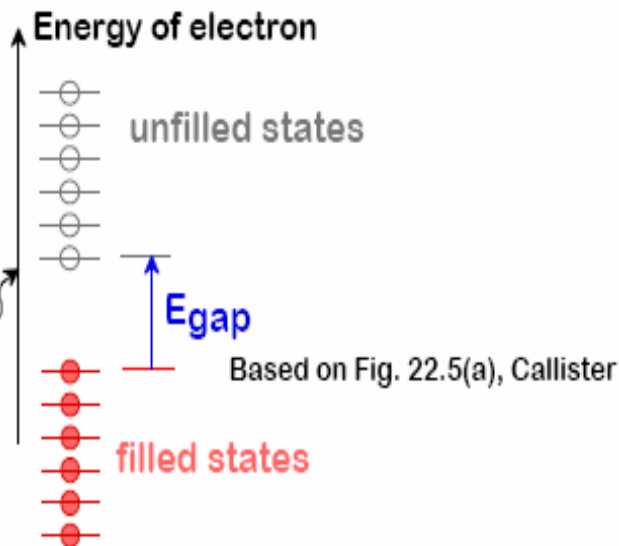
- absorption by electron transition occurs if  $h\nu > E_{\text{gap}}$

Kim lo i không có vùng c m n ng l ãng  
Phi kim lo i có vùng c m n ng l ãng

blue light:  $h\nu = 3.1\text{eV}$

red light:  $h\nu = 1.7\text{eV}$

$I_0$  Incident photon of energy  $h\nu$



- If  $E_{\text{gap}} < 1.8\text{eV}$ , full absorption  $\rightarrow$  color is black (Si, GaAs)
- If  $E_{\text{gap}} > 3.1\text{eV}$ , no absorption  $\rightarrow$  colorless (diamond)
- If  $E_{\text{gap}}$  in between, partial absorption  $\rightarrow$  material has a color

- H p th** - các v t li u phi kim có th ã d ãng c không cho ánh sáng ã qua. N u trong su t, chúng th ã ãng có màu s c
- B c x ánh sáng **c h p th theo 2 c ch**
  - H p th do phân c c ã ãn t ã óng vai trò quan tr ãng t ã n s ánh sáng lân c ãn t ã n s h ã ph c (relaxation) c ã nguyên t
  - H p th do s chuy ãn m c ã ãn t ã ã ã hóa tr ã và ã ã ã ãn - ph thu c vào c u trúc ã ã ã ã ã ã ã ã v t li u



# Tính chất Quang của Phi kim lo i

## Selected Absorption by Nonmetals

- absorption by electron transition occurs if

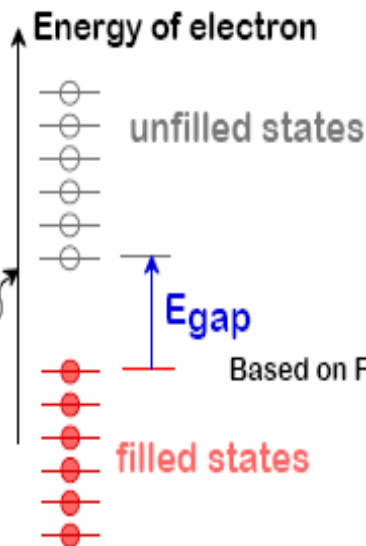
$$h\nu > E_{\text{gap}}$$

Kim lo i không có vùng c m n ng l ãng  
Phi kim lo i có vùng c m n ng l ãng

blue light:  $h\nu = 3.1\text{eV}$

red light:  $h\nu = 1.7\text{eV}$

$I_0$  Incident photon of energy  $h\nu$



Based on Fig. 22.5(a), Callister

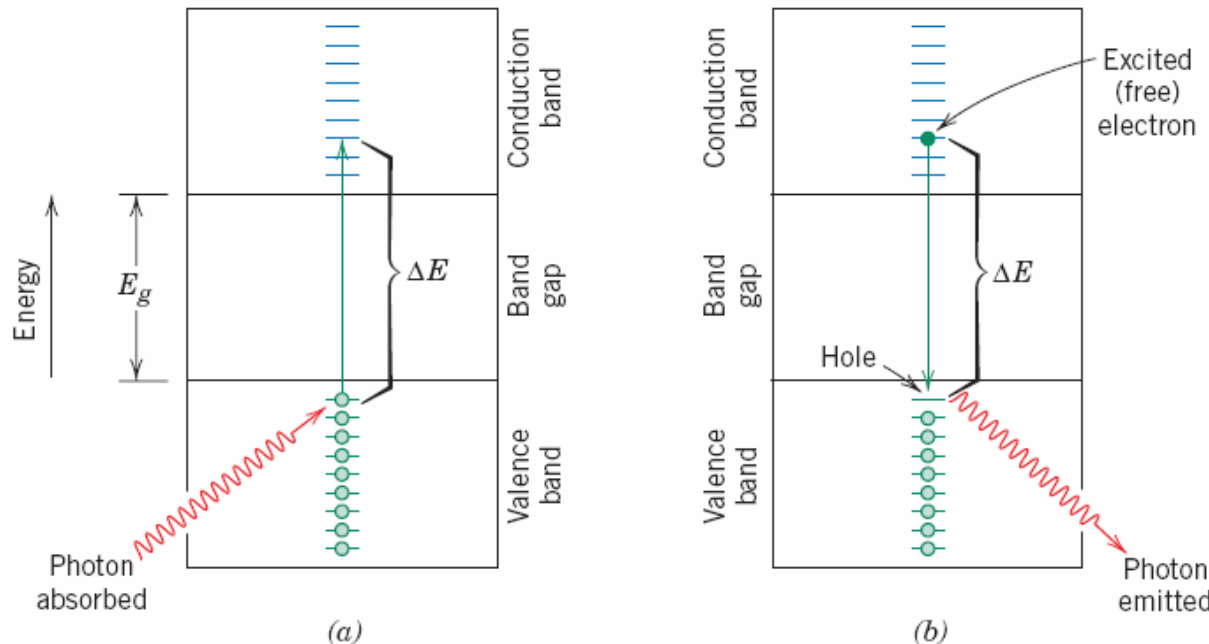
- If  $E_{\text{gap}} < 1.8\text{eV}$ , full absorption  $\rightarrow$  color is black (Si, GaAs)
- If  $E_{\text{gap}} > 3.1\text{eV}$ , no absorption  $\rightarrow$  colorless (diamond)
- If  $E_{\text{gap}}$  in between, partial absorption  $\rightarrow$  material has a color

- H p th** c a photon ánh sáng có th x y ra khi t o s kích thích i n t ãng n d i hóa tr c i n y i qua vùng c m lên t i tr ãng thái tr ãng d i d n  $\rightarrow$  t o thành i n t t do d i d n và l tr ãng d i hóa tr
- N ãng l ãng kích thích  $\Delta E$  liên quan t i t n s photon h p th  $\Delta E = h\nu$ . S kích thích h p th ch x y ra khi n ãng l ãng photon l n h n n ãng l ãng vùng c m  $E_g$

$$h\nu > E_g \Rightarrow \frac{hc}{\lambda} > E_g$$



# Tính chất Quang của Phi kim lo i



- V i b c sóng kh ki n c c ti u  $\lambda(\min)$  kho ng  $0.4\mu\text{m}$ , bi t c và  $h \rightarrow$  xác nh n ng l ì ng vùng c m c c i  $E_g(\max)$  có th h p th ánh sáng kh ki n là

$$E_g(\max) = \frac{hc}{\lambda(\min)}$$

$$= \frac{(4.13 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s})(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{4 \times 10^{-7} \text{ m}}$$

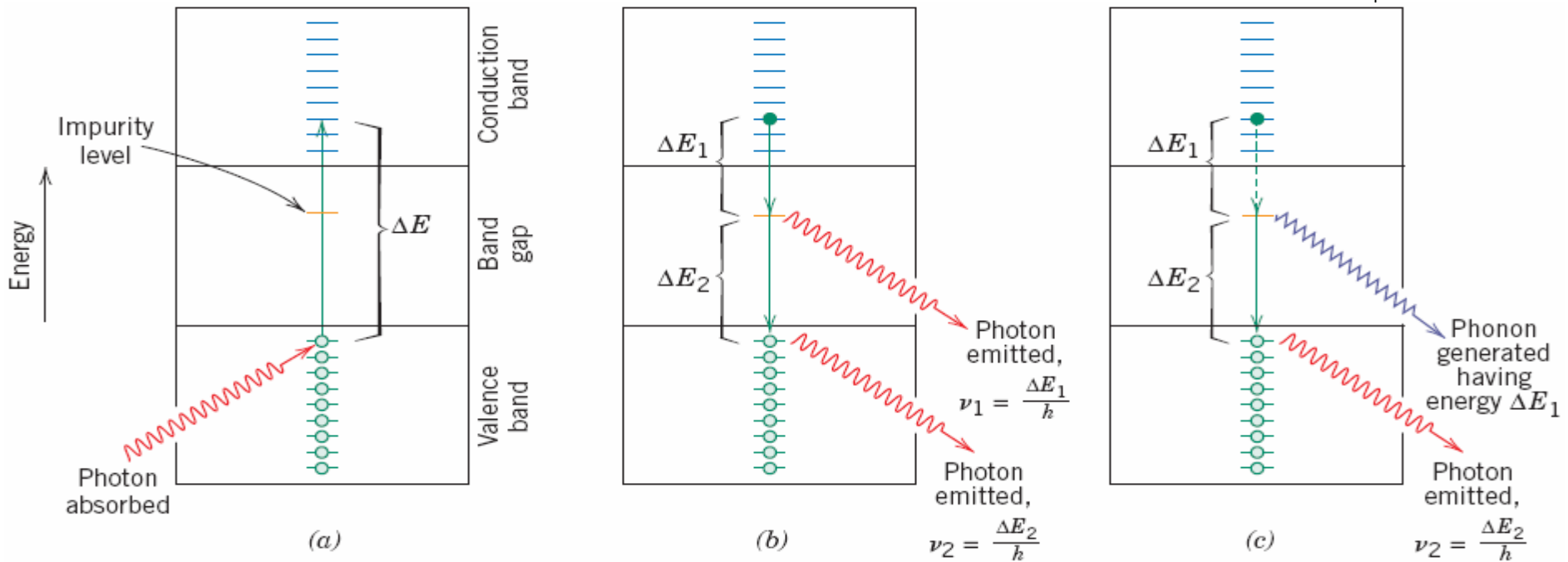
$$\downarrow = 3.1 \text{ eV}$$

- V i b c sóng kh ki n c c i  $\lambda(\max)$  kho ng  $0.7\mu\text{m}$ , bi t c và  $h \rightarrow$  xác nh n ng l ì ng vùng c m c c ti u  $E_g(\min)$  có th h p th ánh sáng

$$E_g(\min) = \frac{hc}{\lambda(\max)} = \frac{(4.13 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s})(3 \times 10^8 \text{ m/s})}{7 \times 10^{-7} \text{ m}} = 1.8 \text{ eV}$$



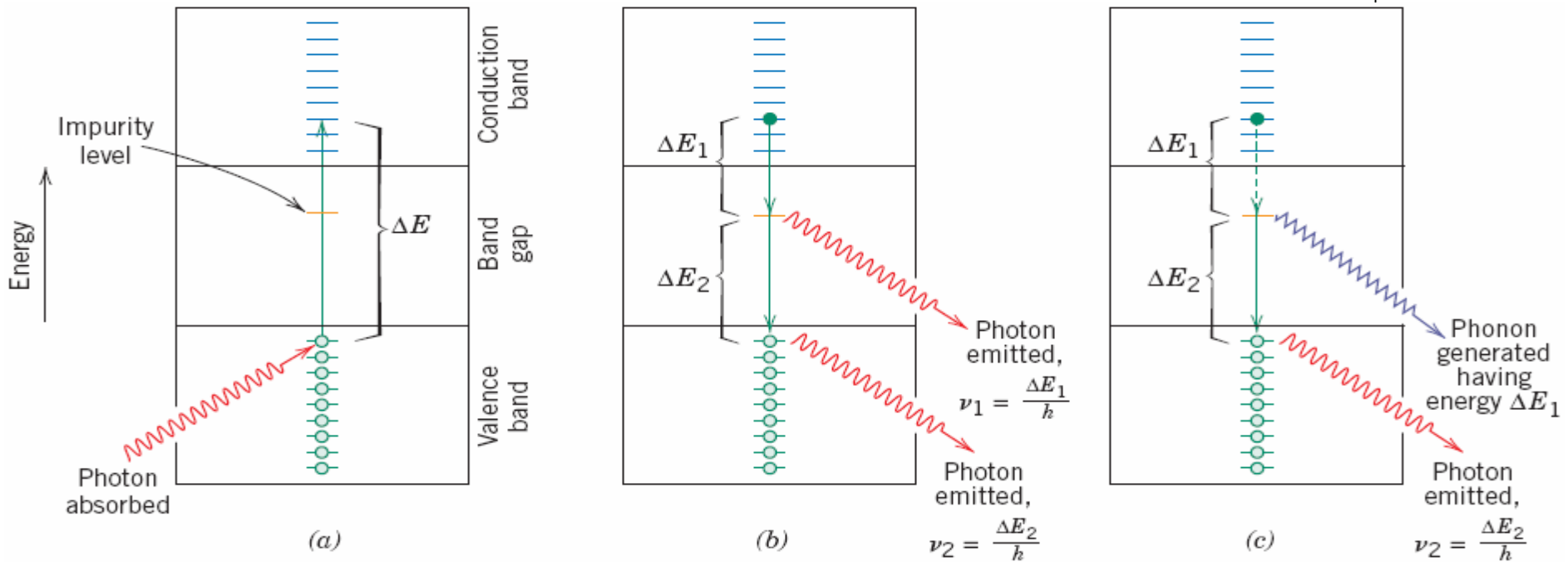
# Tính chất Quang của Phi kim lo i



- H p th** photon do kích thích i n t t d i hóa tr lên d i d n v i m c t p ch t n m trong vùng c m (a), S phát x c a 2 photon v i i n t u tiên nh y xu ng m c t p ch t và sau ó m i nh y xu ng m c tr ng thái n n (b) và s sinh c p photon khi i n t nh y xu ng m c n ng l ng t p ch t và sau ó nh y xu ng m c tr ng thái n n (c)



# Tính chất Quang của Phi kim lo i



- Năng lượng ánh sáng kích thích do 2 cách
  - Tái hợp trực tiếp  $\longrightarrow$  electron + hole  $\longrightarrow$  energy ( $\Delta E$ )
  - Sản phẩm phát sinh 2 photon

- Cường độ bức xạ hấp thụ phụ thuộc vào môi trường và quang học  $I_T' = I_0' e^{-\beta x}$





# Tính chất Quang của Phi kim lo i

## Selected Absorption by Nonmetals

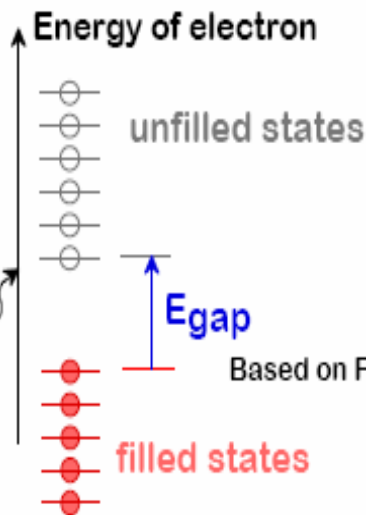
- absorption by electron transition occurs if

$$h\nu > E_{\text{gap}}$$

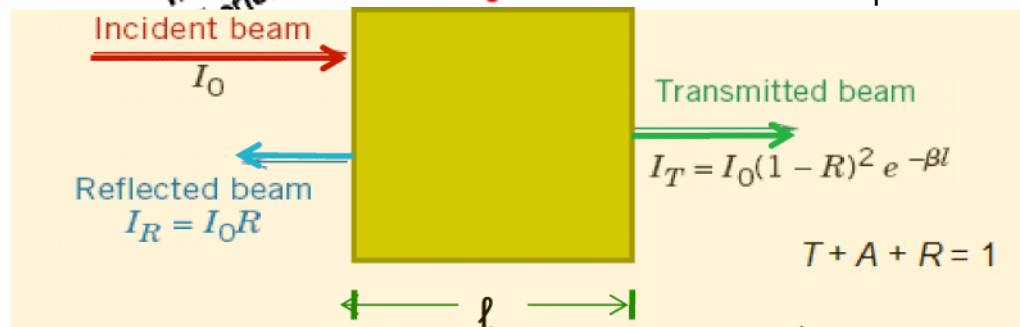
Kim lo i không có vùng c m n ng l ãng  
Phi kim lo i có vùng c m n ng l ãng

blue light:  $h\nu = 3.1\text{eV}$

red light:  $h\nu = 1.7\text{eV}$



$T$  truy n qua  
 $A$  h p th  
 $R$  ph n x



- Truy n qua**, khi chùm sáng t i có c ãng  $I_0$  chi u t i b m t m u có chi u dày và h s h p th  $\beta$ , c ãng c a tia truy n qua m t sau  $I_T$  là

$$I_T = I_0(1 - R)^2 e^{-\beta l}$$

v i  $R$  - ph n x

- Các môi tr ãng phía tr c và sau là nh ãnh nhau
- Ánh sáng chi u t i truy n qua v t li u trong su t - ph thu c vào s m t mát do h p th và ph n x



# Tính chất Quang của Phi kim lo i

## Selected Absorption by Nonmetals

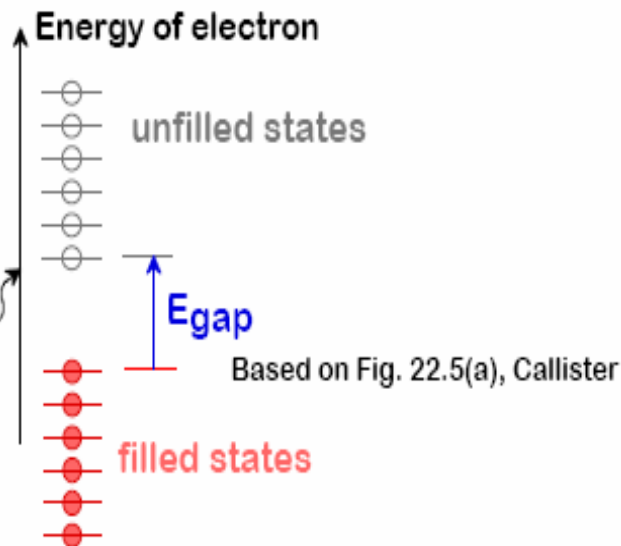
- absorption by electron transition occurs if  $h\nu > E_{\text{gap}}$

Kim lo i không có vùng c m n ng l ãng  
Phi kim lo i có vùng c m n ng l ãng

blue light:  $h\nu = 3.1\text{eV}$

red light:  $h\nu = 1.7\text{eV}$

$I_0$  Incident photon of energy  $h\nu$



- If  $E_{\text{gap}} < 1.8\text{eV}$ , full absorption  $\rightarrow$  color is black (Si, GaAs)
- If  $E_{\text{gap}} > 3.1\text{eV}$ , no absorption  $\rightarrow$  colorless (diamond)
- If  $E_{\text{gap}}$  in between, partial absorption  $\rightarrow$  material has a color

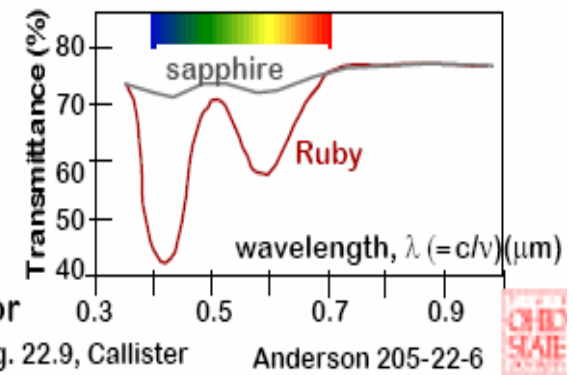
- Nếu  $E_{\text{gap}} < 1,8\text{ eV}$   
 $\rightarrow$  hấp thụ toàn phần  $\rightarrow$  có màu đen
- Nếu  $E_{\text{gap}} > 3,1\text{ eV}$   
 $\rightarrow$  không hấp thụ  $\rightarrow$  không có màu (kim cương)
- Nếu  $E_{\text{gap}}$  khoảng giữa  $\rightarrow$  hấp thụ một phần  $\rightarrow$  có màu sắc



# Tính chất Quang của Phi kim lo i

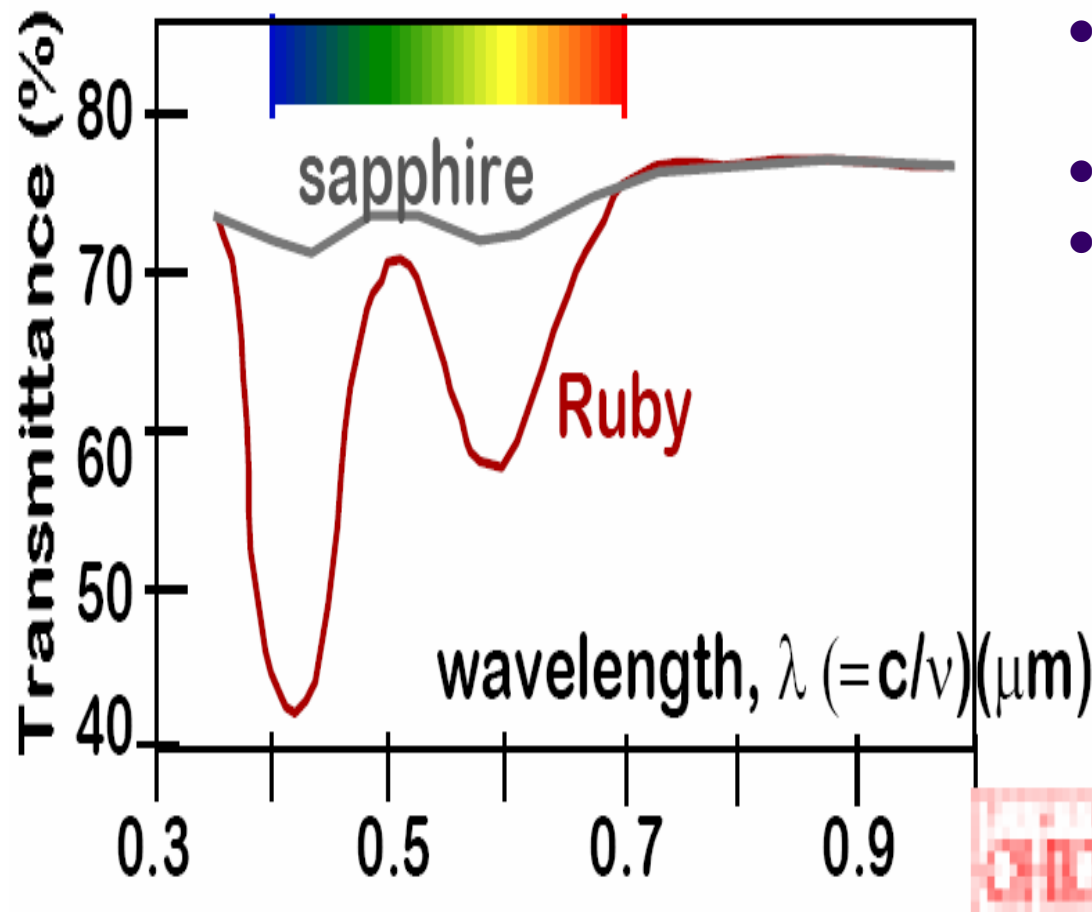
## Color of Nonmetals

- Các v t li u trong su t có màu s c là k t qu c a d ãy các b c sóng ánh sáng mà nó h p th
- Màu s c là k t qu c a s k t h p các b c sóng
  - Ánh sáng truy n qua
  - Ánh sáng tái phát x do s chuy n m c i n t
- N u h p th ng u t t c các b c sóng kh ki n → v t li u không có màu s c (th y tinh h u c , kim c ng, ng c sapphire)
- Color determined by sum of frequencies of:
  - transmitted light
  - re-emitted light from electron transitions
- Ex: Cadmium Sulfide (CdS)
  - $E_{\text{gap}} = 2.4\text{eV}$
  - absorbs higher energy visible light (blue/violet)
  - Red/yellow/orange is transmitted and gives it color
- Ex: **Ruby** = Sapphire ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) + 0.5 to 2%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ 
  - Sapphire is colorless
  - Adding  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ :
    - alters band gap
    - blue absorbed
    - yellow/green absorbed
    - red is transmitted
    - ruby is deep red in color





# Tính chất Quang của Phi kim lo i



- Ví dụ :  
**Ruby** = Sapphire ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) + 0.5 to 2%  $\text{Cr}_2\text{O}_3$
- Sapphire không màu
- Khi thêm  $\text{Cr}_2\text{O}_3 \rightarrow$  làm cho vùng cấm thay đổi, hấp thụ màu xanh, vàng, xanh lá, cho màu đi qua  $\rightarrow$  Ruby có màu đỏ

-blue absorbed  
-yellow/green absorbed  
-red is transmitted  
 $\rightarrow$  -ruby is deep red in color

# Khả năng truyền qua và hấp thụ của môi trường trong môi trường



- Khả năng truyền qua và khả năng hấp thụ của môi trường trong suốt phụ thuộc vào cấu trúc phân tử và truyền qua của nó ở các bước sóng khác nhau
- Tia sáng truyền qua bề mặt làm lệch hướng và lan truyền nhiễu xạ trong môi trường
- Khả năng hấp thụ là khi tia sáng tới bề mặt và bị tán xạ trên bề mặt môi trường, tia sáng không truyền qua được, không bị lệch hướng
- Hình bên minh họa các tính truyền qua cho tinh thể, mẫu cho tinh thể và khả năng hấp thụ

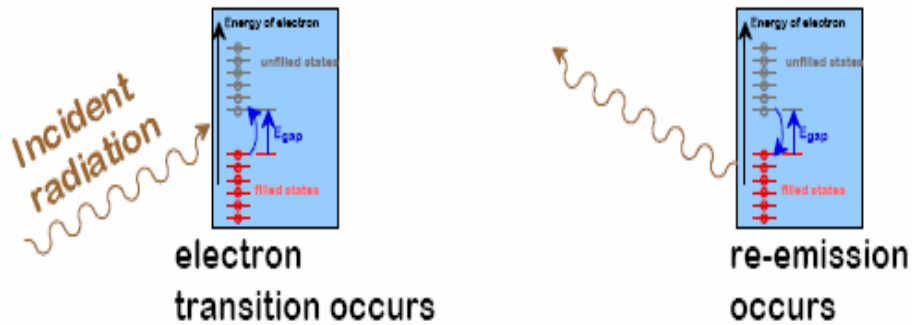




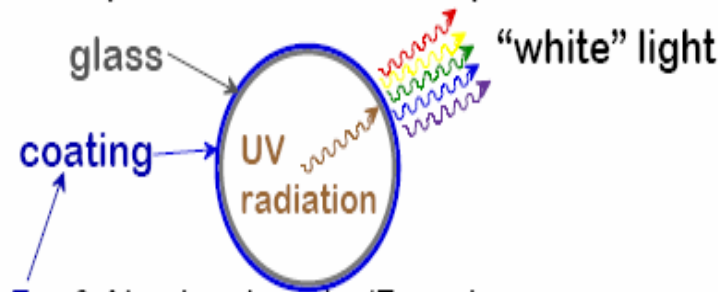
# M t s ng d ng

## Applications - Luminescence

### • Process



### • Example: fluorescent lamps



Ex:  $\beta$ -Alumina doped w/Europium

$e^-$  transitions occur around Europium

Anderson 205-22-8

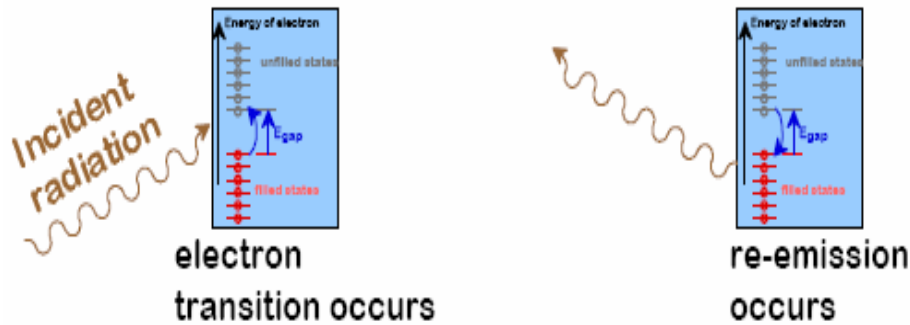
- Hiện tượng **Hu nh quang Luminescence**: m t s v t li u có kh n ng h p th n ng l ng và sau ó **tái phát x** đ i d ng ánh sáng nhìn th y
- Các photon c a tia sáng phát x phát sinh do **chuy n m c i n t** trong ch t r n
- N ng l ng s b h p th khi i n t c a lên tr ng thái n ng l ng b kích thích
- Khi i n t r i xu ng tr ng thái n ng l ng th p h n  $\rightarrow$  phát ra ánh sáng nhìn th y



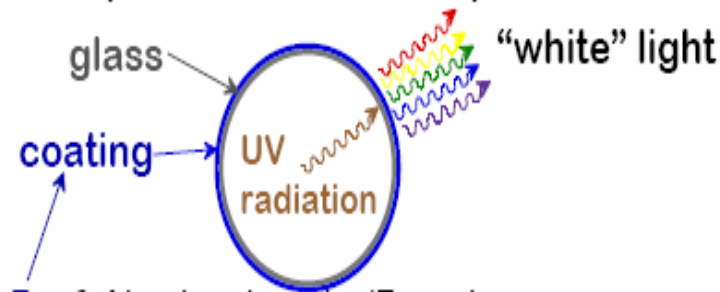
# M t s ng d ng

## Applications - Luminescence

### • Process



### • Example: fluorescent lamps



Ex:  $\beta$ -Alumina doped w/Europium

$e^-$  transitions occur around Europium

Anderson 205-22-8

- Năng lượng hấp thụ có thể cung cấp một bước khởi đầu năng lượng cao như là tia tử ngoại, các ion năng lượng cao, nhiệt năng, chuyển hóa hóa năng ...

- Huỳnh quang có phân loại dựa trên *thời gian trễ giữa khi hấp thụ và tái phát xạ*

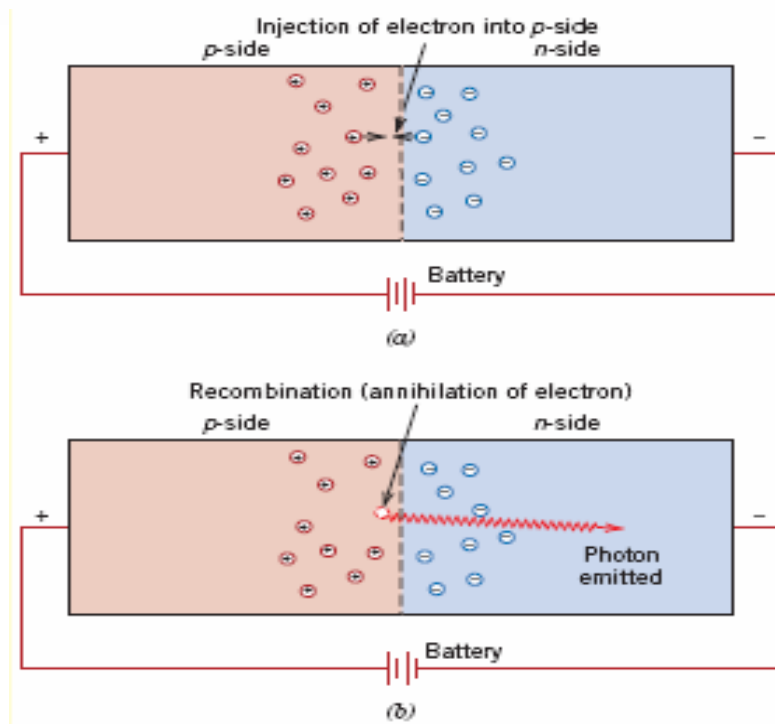
➔ Nếu thời gian tái phát xạ nhỏ hơn 1 giây thì gọi là - **fluorescence**

➔ Nếu thời gian tái phát xạ lớn hơn - **phosphorescence**



# M t s ng d ng

## Applications - Luminescence



Khi phân cực thuận có sự tiêm điện tử  $n$  vào  $p$  (a) và phát xạ các photon ánh sáng khi có sự tái hợp v i l tr ng (h y các i n t ) (b)

- M t s chuy n ti p ch nh l u  $p-n$  c ng c dùng t o ngu n phát sinh ánh sáng nhìn th y – c g i là i n t hu nh quang **electroluminescence** – i n th qua linh ki n t o nên các i n t l tr ng h y l n nhau trong vùng tái h p  $\rightarrow$  t o ra ánh sáng nhìn th y – g i là **Light-Emitting Diodes (LED)**
- Màu ánh sáng c a LED phát ra ph thu c vào v t li u bán d n c s d ng

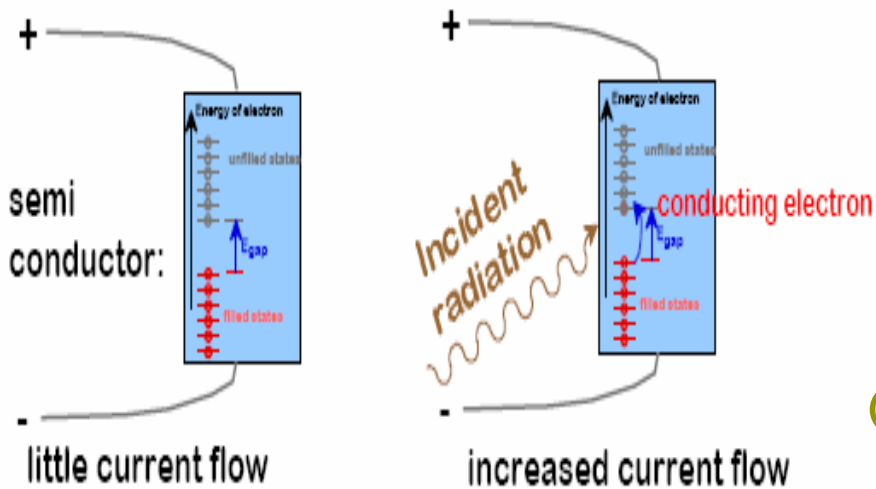




# M t s ng d ng

## Applications - Photoconductivity

### • Description



### • Example: photodetector (Cadmium Sulfide)

ì h c Khoa h c T ình ìn  
Khoa Khoa h c V t li u

- quang d n (Photoconductivity):  
d n ìnc av t li u bán d n  
ph thu c vào s l ñng c a các  
ìnt t do d ìd n và c a các l  
tr ñg ì hóa tr khi chi u sáng

- Thêm vào ó, ñ ñg l ñng ñhi t và  
dao ñg m ñg tinh th c ñg làm  
kích thích các ìnt t o ñên các  
ìnt và l tr ñg t do



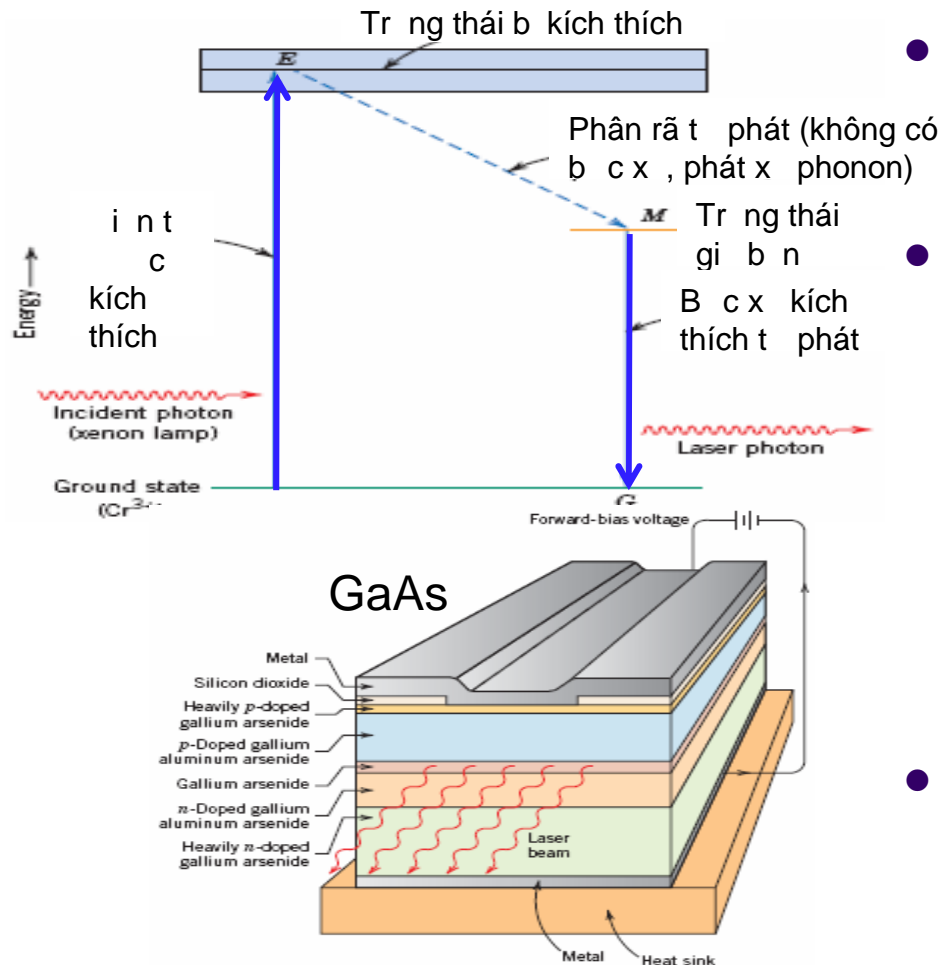
S ìphát sinh các h t mang ìn khi  
có s chuy ñm c ìnt do các  
photon t o ra khi h p th ánh sáng  
→ làm t ñg d n ìnc av t li u:  
quang d n



Khi chi u sáng v t li u quang d n →  
s làm t ñg d n ìn v t li u



# M t s ng d ng



- **Lasers** – s chuy n m c i n t t o n n b c x là sóng ánh sáng không ng pha
- Ánh sáng LASER c phát sinh do s chuy n m c i n t do tác nhân kích thích t bên ngoài – là vi t t t c a c m t *Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation* – s khu ch i ánh sáng do phát x c a b c x c kích thích
- V i v t li u bán d n, b c sóng c a laser

$E_g$  r ng vùng c m n ng l ng

$$\lambda = \frac{hc}{E_g}$$

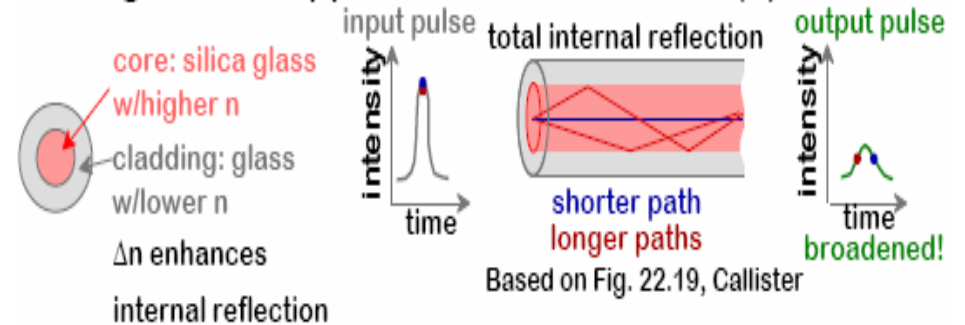


# M t s ng d ng - Fiber Optics

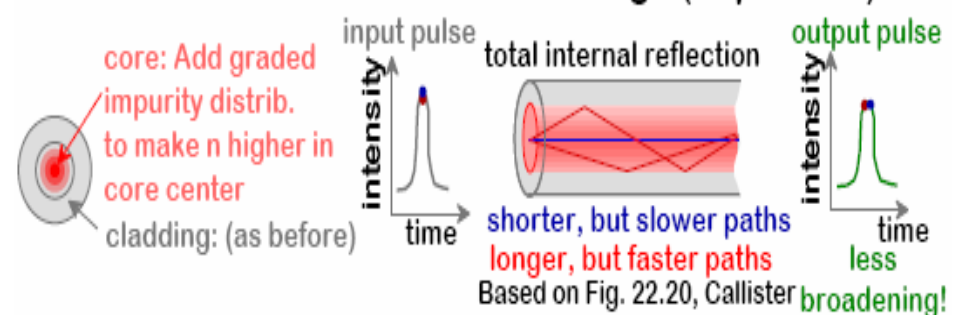
- L ãnh v c vi n thông ngày nay ch y u dùng cáp quang thay vì dùng dây ãng d n truy n tín hi u
- Tín hi u truy n i s là *photonic* thay vì *electronic*
- Làm gia t ng t c truy n d li u, m t thông tin và kho ãng cách ãng truy n và gi m sai l c thông tin
  - L ãng thông tin truy n qua cáp quang trong 1 giây t ãng ãng v i 3 ch ãng trình show trên TV
  - C ãn kho ãng 30000 kg ãng nguyên ch t truy n l ãng thông tin t ãng ãng khi dùng ch c ó 0,1 kg v t li u cáp quang

## Applications - Fiber Optics

### • Design with Stepped Index of Refraction (n)



### • Parabolic Index of Refraction Design (Improved!)





C m n ã theo dõi  
**K T THÚC**

