

# Nauka o Materiałach

---

## Wykład XIV

### Właściwości optyczne

Jerzy Lis



# Nauka o Materiałach

## Treść wykładu:

1. **Wiadomości wstępne:**
  - a) **Załamanie światła**
  - b) **Absorpcja**
  - c) **Transmisja**
2. **Mechanizmy pochłaniania światła w materiale**
3. **Mechanizmy powstawania barwy**
4. **Elementy optoelektroniki**



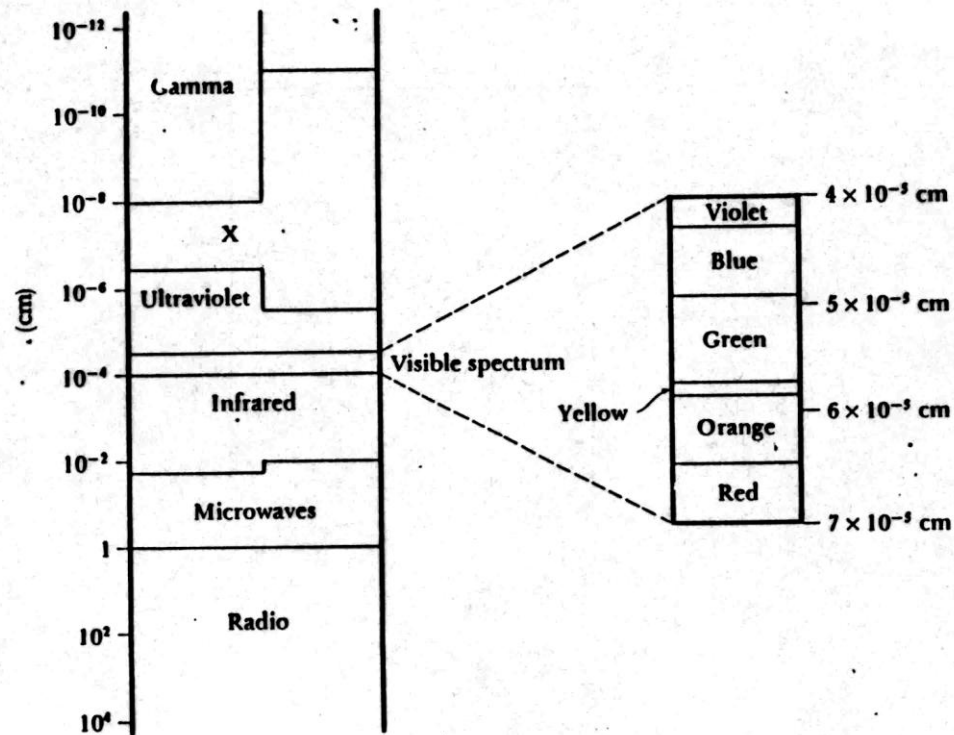
# Nauka o materiałach

## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Wiadomości wstępne

Tradycyjnie właściwości optyczne wiążą się z zachowaniem się materiałów pod wpływek działania fali elektromagnetycznej w zakresie zbliżonym do światła widzialnego

Zakresy długości fal elektromagnetycznych



# Nauka o materiałach

## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Wiadomości wstępne

Rozpatrując właściwości optyczne bierzemy pod uwagę korpuskularno-falowy charakter promieniowania elektromagnetycznego

Energia fotonu

$$E = h\nu = hc/\lambda$$

$h$  – stała Plancka =  $6,62 \cdot 10^{-32}$  Js

W obszarze właściwości optycznych

Zakres promieniowania	Długość fali promieniowania $\lambda$ [ $\mu\text{m}$ ]	Energia kwantów promieniowania $h\nu$ [eV]
podczerwone	0,7-100	0,001-1
światło widzialne	0,4-0,7	1-10
nadfioletowe	0,2-0,4	10-1000

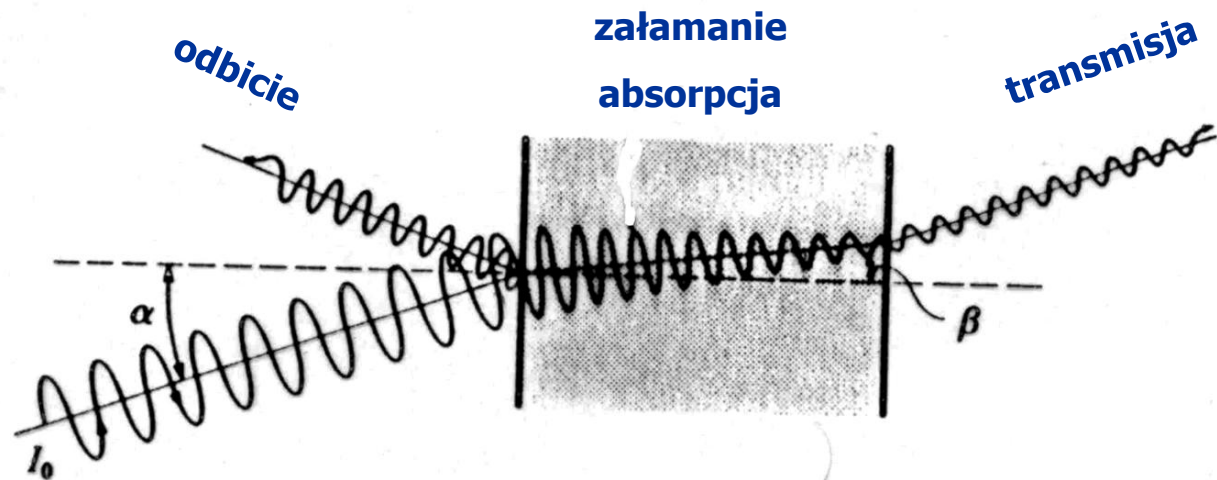
# Nauka o materiałach

## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Wiadomości wstępne

Zjawiska zachodzące w wyniku oddziaływania fali elektromagnetycznej na materiał:

- Odbicie (światła)
- Załamanie
- Absorpcja
- Transmisja
- Barwa



# Nauka o materiałach

## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Załamanie światła

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

$n$  – współczynnik załamania światła (fali elektr.)

Istnieje zależność  $n = (\epsilon\mu)^{1/2}$

Dla niemagnetyków  $n = (\epsilon)^{1/2}$

Współczynniki załamania światła niektórych materiałów

Material	$n_1$	Długość fali promieniowania, [nm]	Material	$n_1$	Długość fali promieniowania, [nm]
Diament	2,42	589,3	ZrO <sub>2</sub>	2,15	-
Si	4,18	589,0	GaAs	4,04	546,1
$\alpha$ Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,64	-	Szko kwarcowe	1,458	589,3
PbO	2,66	-	Szko CROWN	1,52	587,6
TiO <sub>2</sub> (rutyl)	2,61	-	Szko FLINT	1,62	587,6



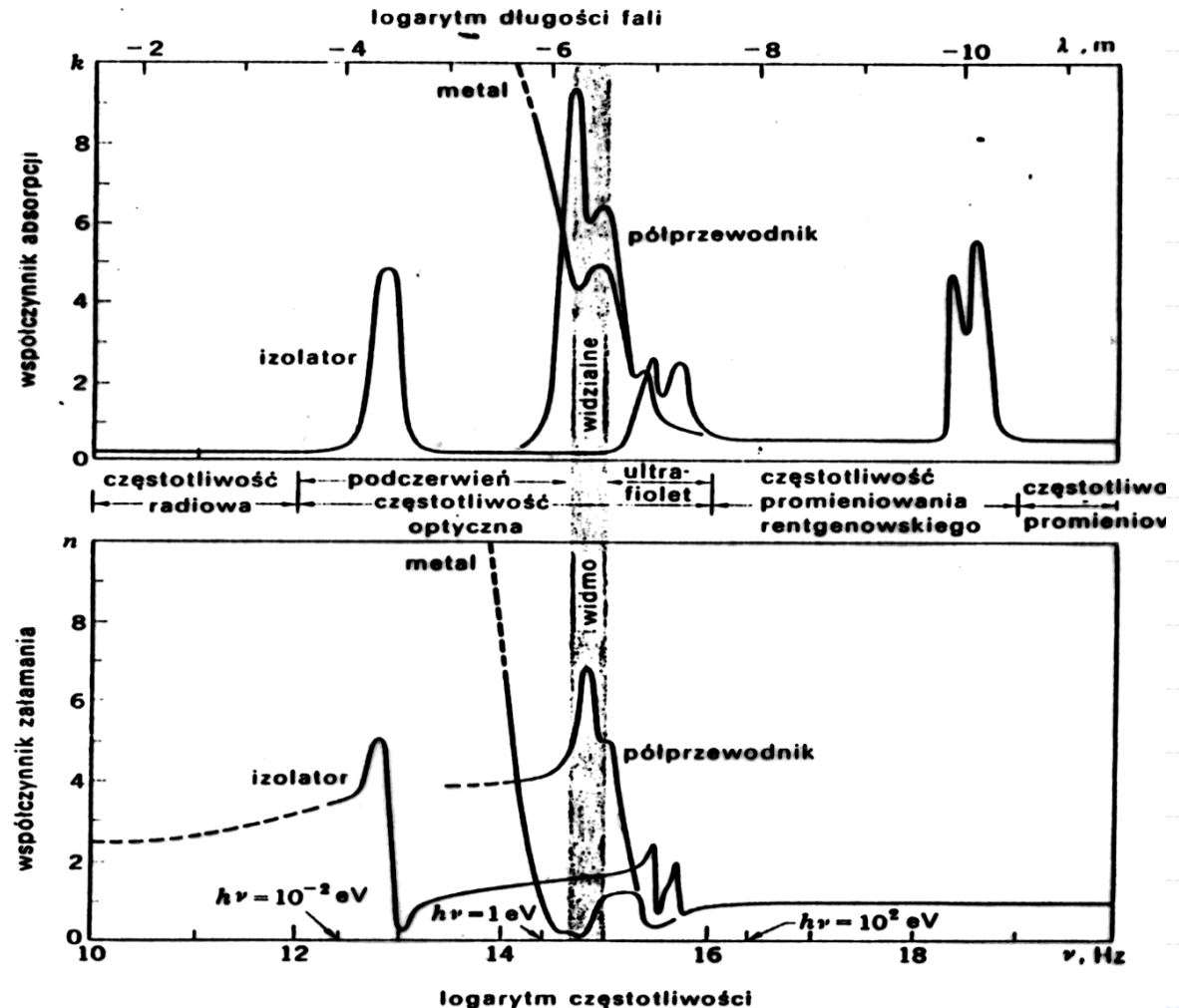
# Nauka o materiałach

## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Załamanie i absorpcja

Współczynniki załamania ( $n$ ) i absorpcji ( $a$ ) są związane w postaci zespolonego współczynnika załamania:

$$n^* = n - ia$$



# Nauka o materiałach

## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Odbicie i transmisja

#### Odbicie światła:

$$R = [(n - 1)^2 + a^2] / [(n + 1)^2 + a^2]$$

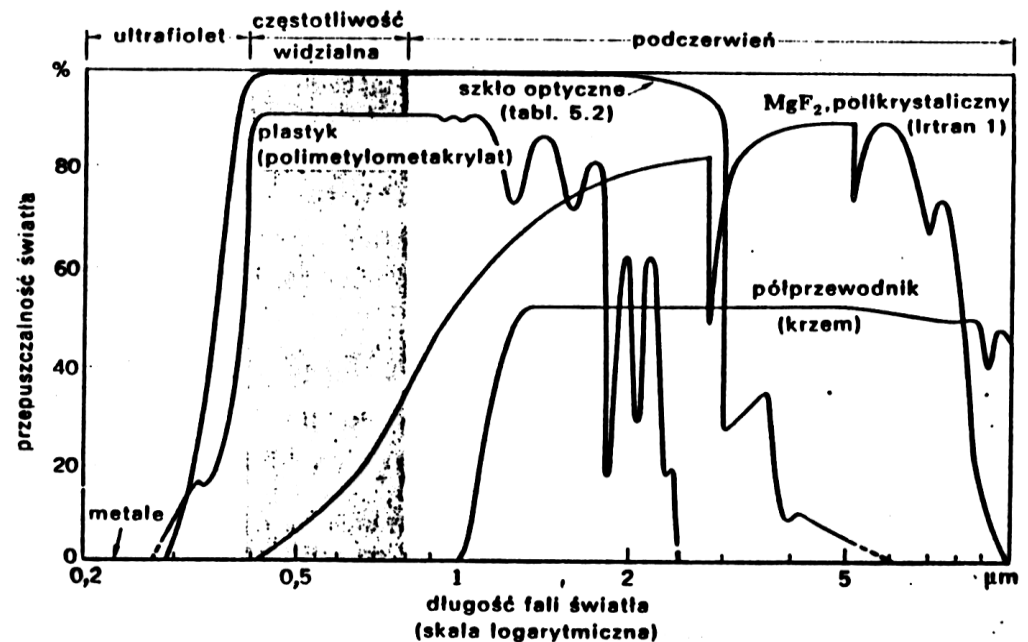
#### Transmisja (przepuszczalność)

Natężenie fali elektromagnetycznej ( w %) przechodzącej przez materiał wynosi:

$$I = I_0 + I_a + I_t$$

gdzie:

I – natężenie fali padającej, o odbitej, a zaabsorbowanej; t przechodzącej.



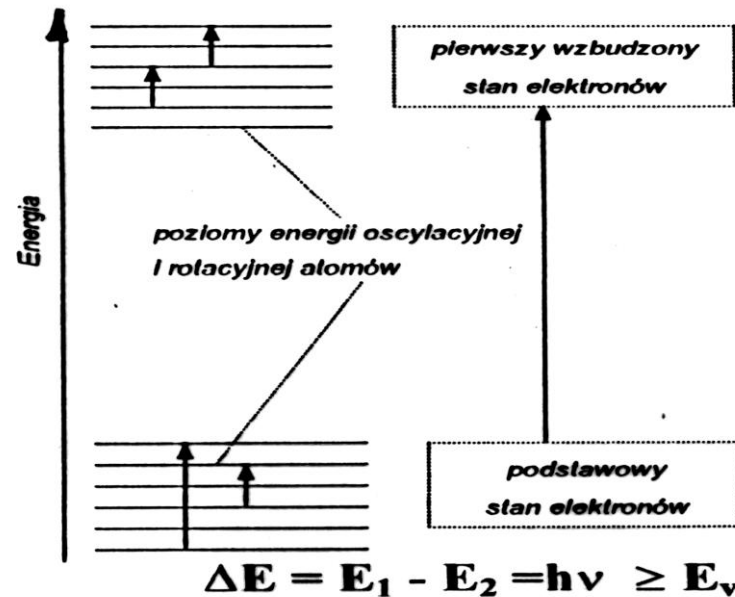


# Nauka o materiałach

## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Absorpcja

Absorpcja fotonów zachodzi przez wzbudzenie (przejście) układów energetycznych w materiale do wyższych stanów energetycznych (atomów, jonów, elektronów)



Wzbudzone elementy mogą powracać do stanów niższych emitując promieniowanie o odpowiedniej długości

Materiał może absorbować jedynie kwanty energii większe od wartości energii przerwy energetycznej

# Nauka o materiałach

## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Mechanizmy absorpcji światła

#### I. METALE

- ✓ Dla metali przy braku przerwy energetycznej możliwe jest pochłanianie kwantów energii promieniowania praktycznie w całym zakresie promieniowania widzialnego
- ✓ Metale są więc nieprzezroczyste dla światła widzialnego
- ✓ Niektóre metale mogą mieć barwę wskutek selektywnego odbicia światła (złoto, miedź)

# Nauka o materiałach

## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Mechanizmy absorpcji światła

#### II. PÓŁPRZEWODNIKI

- ❖ W typowych półprzewodnikach szerokość przerwy energetycznej wynosi 1-4 eV co odpowiada długości światła widzialnego.
- ❖ Półprzewodniki są więc nieprzeźroczyste dla światła widzialnego natomiast przeźroczyste dla podczerwieni.

#### II. IZOLATORY

- Czyste (stechiometryczne) kryształy jonowe i kowalencyjne posiadają wielkość przerwy energetycznej  $> 10$  eV co czyni je przeźroczystymi dla światła widzialnego.
- W polikryształach następuje absorpcja światła na tych elementach mikrostruktury (ziarna, pory), które posiadają wymiary większe od długości światła (0,4 - 0,7  $\mu\text{m}$ )
- W praktyce polikryształy ceramiczne są nieprzeźroczyste barwy białej.

# Nauka o materiałach

## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Barwa

Selektywna absorpcja lub odbicie światła powodująca wyeliminowanie części promieniowania prowadzi do odczucia barwy (oko ludzkie)

**Zakres absorpcji światła w zakresie widzialnym i barwa substancji**

Zakres absorbowanego promieniowania, nm	Barwa substancji
400-450	żółta
400-565	pomarańczowa
400-610	czerwona
450-650	purpurowa
500-700	niebieska
400-450, 565-700	zielona

# Nauka o materiałach

## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Barwa

Mechanizmy powstawania barwy wiążą się z występowaniem w izolatorze centrów barwnych.

Są to występujące w materiale lokalne dodatkowe poziomy energetyczne, które mogą absorbować światło w zakresie widzialnym.

Zagadnienia te są bardzo ważne praktycznie dla pigmentów, szkła, szkliv ceramicznych, kryształów do laserów itp..

### Typy centrów barwnych:

- I. **Domieszki metali grup przejściowych**
- II. **Defekty punktowe w kryształach**

# Nauka o materiałach

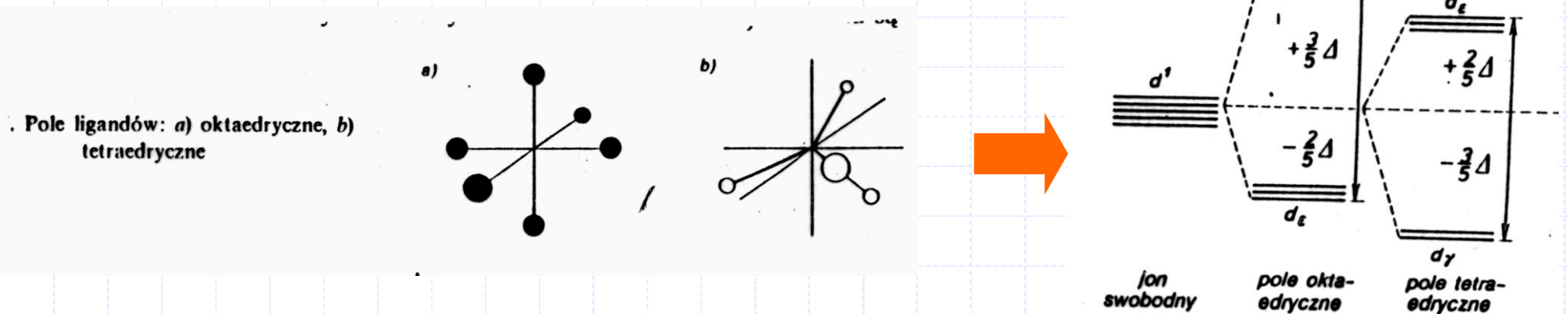
## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Barwa

Ad. I.

Jony metali grup przejściowych (ziem rzadkich) ze względu na nieobsadzone wewnętrzne orbity mogą absorbować promieniowanie w zakresie widzialnym stając się podstawowym sposobem barwienia szkła i kryształów.

Długość absorbowanego promieniowania może być modyfikowana w zależności od otoczenia (koordynacji) w jakiej jony znajdują się w strukturze.





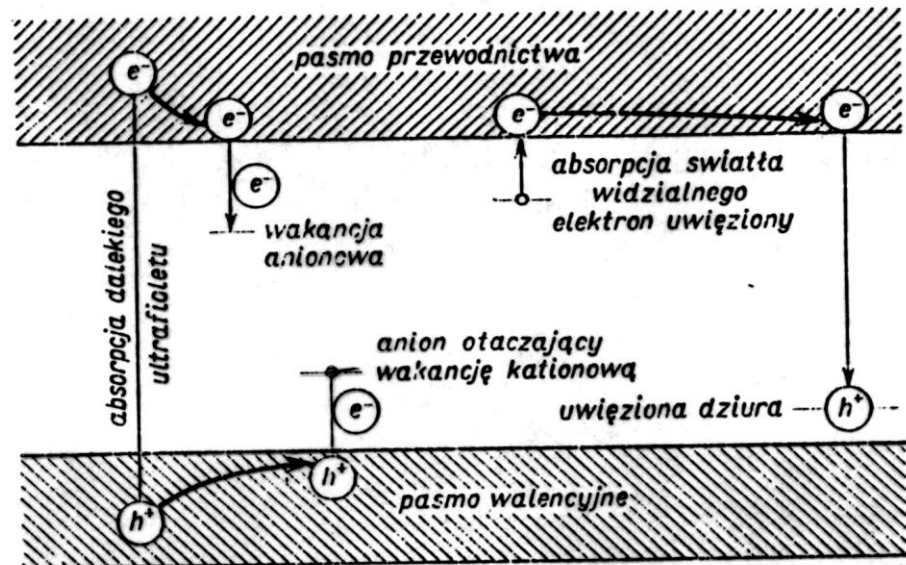
# Nauka o materiałach

## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Barwa

#### Ad. II

Defekty punktowe w kombinacji z defektami elektronowymi mogą stanowić dodatkowe poziomy energetyczne, które pochłaniając selektywnie promieniowanie widzialne barwią kryształy.



tworzenie centrów: uwięzionego elektronu oraz uwięzionej dziury drogą absorpcji promieniowania ultrafioletowego

zniszczenie centrów barwnych przez absorpcję światła widzialnego

# Nauka o materiałach

## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Optoelektronika

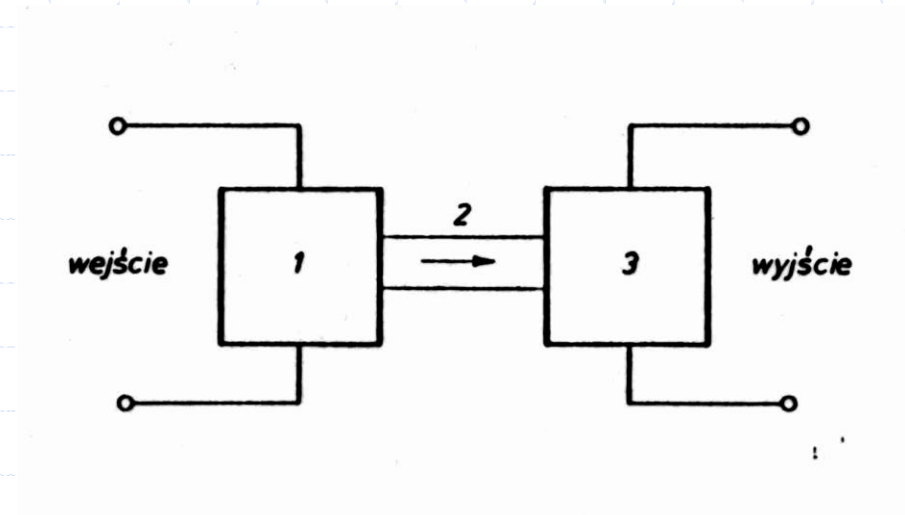
Optoelektronika to wykorzystanie światła do transmisji sygnałów w elektronice i telekomunikacji.

Zastosowanie światła pozwala zwiększyć szybkość transmisji, pojemność łączy i zmniejszyć straty energii.

Optoelektronika to także zapis danych na dyskach optycznych.

#### Element układu optoelektronicznego – optron:

1. Elektroluminescencyjne źródło światła (+ laser)
2. Światłowód
3. Fotedioda

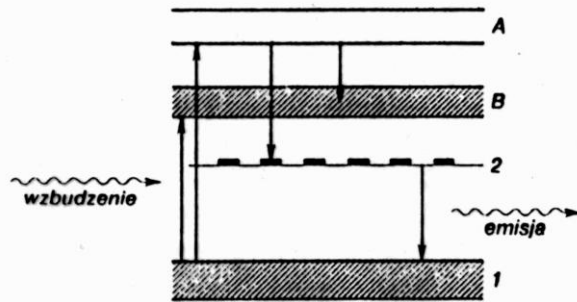


# Nauka o materiałach

## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

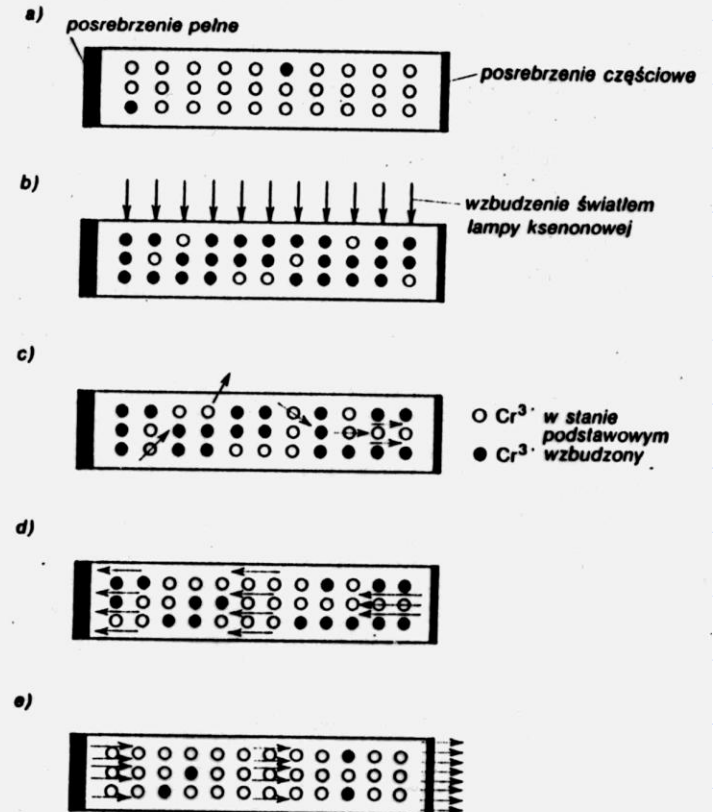
### Optoelektronika

Lasery – źródła spójnego promieniowania jednej długości



Typowe parametry niektórych rodzajów laserów

Typ lasera	Rodzaj działania	Długość fali, nm	Moc promienista, W	Energia promieniowania, J	Czas impulsu, s
He-Ne (gazowy)	ciągłe	633	$10^{-1}$		
CO <sub>2</sub> (gazowy)	ciągłe	10 600	$10^5$		
	impulsowe	10 600	$10^{10}$	$10^4$	$10^{-6}$
Szkło neodymowe	impulsowe	1 060	$10^{10}$	$10^{-1}$	$10^{-11}$



# Nauka o materiałach

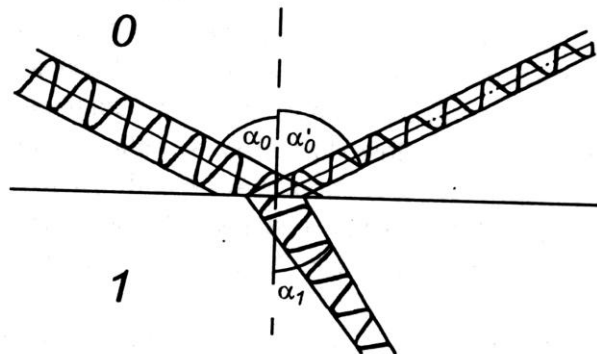
## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Optoelektronika

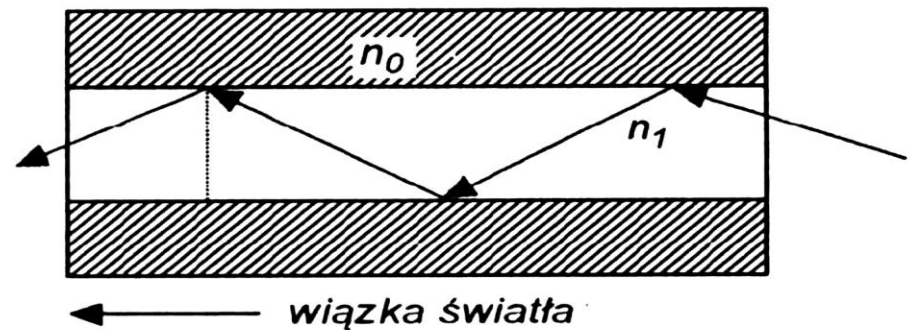


Transmisja światła jest możliwa dzięki zastosowaniu światłowodów wykorzystujących zjawisko całkowitego wewnętrznego odbicia światła.

Światłowody zbudowane są to włókna szklane z dwu lub więcej warstw szkła o różnej gęstości optycznej (współczynników załamania).



Zachowanie się fali świetlnej na granicy rozdziału: 0 – ośrodek optycznie rzadszy; 1 – ośrodek optycznie gęstszy



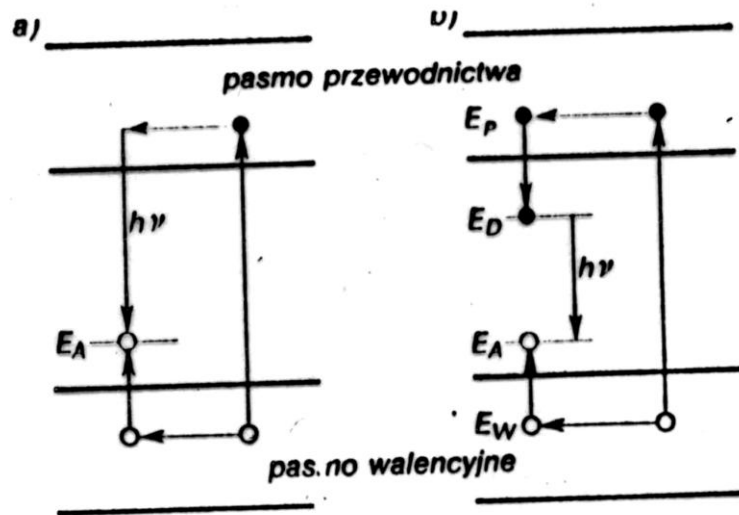


# Nauka o materiałach

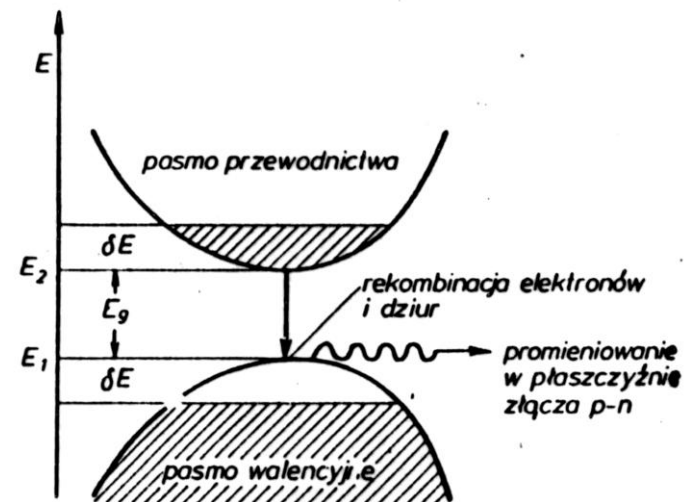
## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Optoelektronika

Luminescencja- emisja światła po wzbudzeniu czynnikami zewnętrznymi



Schemat mechanizmu luminescencji



Elektroluminescencja - fotodiody

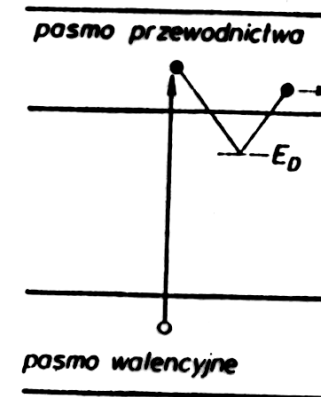
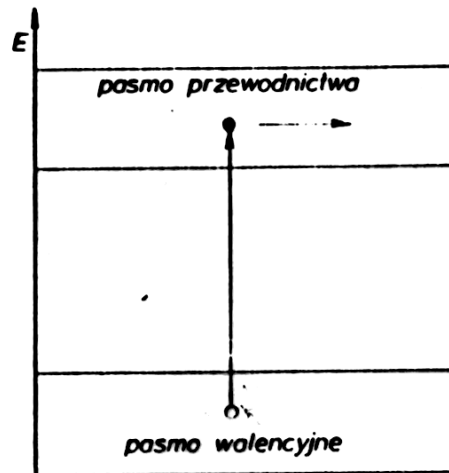
# Nauka o materiałach

## WŁAŚCIWOŚCI OPTYCZNE

### Optoelektronika

W odbiorniku wykorzystujemy zjawisko fotoprzewodnictwa tj. zmiany oporności pod wpływem promieniowania świetlnego (fotoopornik).

W ten sposób sygnał elektryczny zostaje przetworzony na sygnał świetlny w fotodiodzie, przekazany przez światłowód i z powrotem zmieniony na elektryczny w fotooporniku.





Dziękuję

do zobaczenia na  
egzaminie