



AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

## NAUKA O MATERIAŁACH

**Wykład XIV: Właściwości optyczne**

JERZY LIS  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki  
Katedra Technologii Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych

---

---

---

---

---

---

---

---



### Treść wykładu:

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 XV: Właściwości optyczne

---

---

---


---

---

---

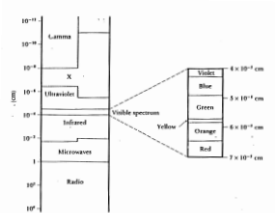
---

---



### Wiadomości wstępne

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



Zakresy długości fal elektromagnetycznych

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne

---

---

---

---

---

---

---

---

**AGH 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 $\lambda$ [µm]	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 XV: Właściwości optyczne

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**AGH Wiadomości wstępne**

Zjawiska zachodzące w wyniku oddziaływania fali elektromagnetycznej na materiał:

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

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**AGH Załamanie światła**

$n = \sin\alpha / \sin\beta = v_1 / v_2 = \lambda_2 / \lambda_1$

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

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

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

**Współczynniki załamania światła niektórych materiałów**

Materiał	$n_1$	Długość fali promieniowania, [nm]	Materiał	$n_1$	Długość fali promieniowania, [nm]
Diamant	2,42	589,3	ZnO <sub>2</sub>	2,15	-
Si	4,18	589,0	GaAs	4,04	546,1
nAl <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,64	-	Szkło kwarcowe	1,498	589,3
Fluor	2,66	-	Szkło CROWN	1,52	587,6
TiO <sub>2</sub> (onyx)	2,61	-	Szkło FLINT	1,62	587,6

NAUKA O MATERIAŁACH XV: 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 XV: Właściwości optyczne

---

---

---

---

---


---

---

---

---

---



## Mechanizmy absorpcji światła

**II. PÓLPRZEWODNIKI**

- ✦ W typowych półprzewodnikach szerokość przerwy energetycznej wynosi 1-4 eV co odpowiada długości światła widzialnego.
- ✦ Półprzewodniki są więc nieprzezroczyste dla światła widzialnego natomiast przezroczyste dla podczerwieni.

**II. IZOLATORY**

- Czyste (stechiometryczne) kryształy jonowe i kowalencyjne posiadają wielkość przerwy energetycznej > 10 eV co czyni je przezroczystymi 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 μm)
- W praktyce polikryształy ceramiczne są nieprzezroczyste barwy białej.

NAUKA O MATERIAŁACH XV: 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 XV: Właściwości optyczne

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**AGH 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 XV: Właściwości optyczne

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**AGH 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.

Pole ligandów: a) oktaedryczne, b) tetraedryczne

jon swobodny, pole oktaedryczne, pole tetraedryczne

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**AGH Barwa**

**Ad. II**

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

powłoka przewodnicząca, powłoka walencyjna

tworzenie centrów uwiecznionego elektronu oraz uwiecznionego otworu dzięki absorpcji promieniowania ultrafioletowego

zniszczenie centrów barwnych przez absorpcję światła widzialnego

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



**AGH Optoelektronika**

Luminescencja- emisja światła po wzbudzeniu czynnikami zewnętrznymi

The left diagram shows energy levels for a semiconductor with a conduction band (pasmo przewodniczące) and a valence band (pasmo walencyjne). It illustrates the excitation of an electron from the valence band to the conduction band and its subsequent recombination, emitting light. The right diagram shows a p-n junction with energy bands. It labels the conduction band (pasmo przewodniczące), valence band (pasmo walencyjne), and the depletion region (przestrzeń wyczerpane w płaszczyźnie N/A: n-p). It also indicates the recombination of electrons and holes (rekombinacja elektronów i dziur) and the resulting electroluminescence (Elektroluminescencja - fotodioda).

Schemat mechanizmu luminescencji      Elektroluminescencja - fotodioda

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**AGH Optoelektronika**

W odborniku 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.

The left diagram shows a semiconductor with a conduction band (pasmo przewodniczące) and a valence band (pasmo walencyjne). It illustrates the excitation of an electron from the valence band to the conduction band by light, leading to photoconductivity. The right diagram shows a p-n junction with energy bands. It labels the conduction band (pasmo przewodniczące), valence band (pasmo walencyjne), and the depletion region (przestrzeń wyczerpane w płaszczyźnie N/A: n-p). It also indicates the recombination of electrons and holes (rekombinacja elektronów i dziur) and the resulting electroluminescence (Elektroluminescencja - fotodioda).

NAUKA O MATERIAŁACH XV: Właściwości optyczne

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

**AGH**      AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA  
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

**NAUKA O MATERIAŁACH**

**Dziękuję.**

JERZY LIS  
Wydział Inżynierii Materiałowej i Ceramiki  
Katedra Ceramiki i Materiałów Ogniotrwałych

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---