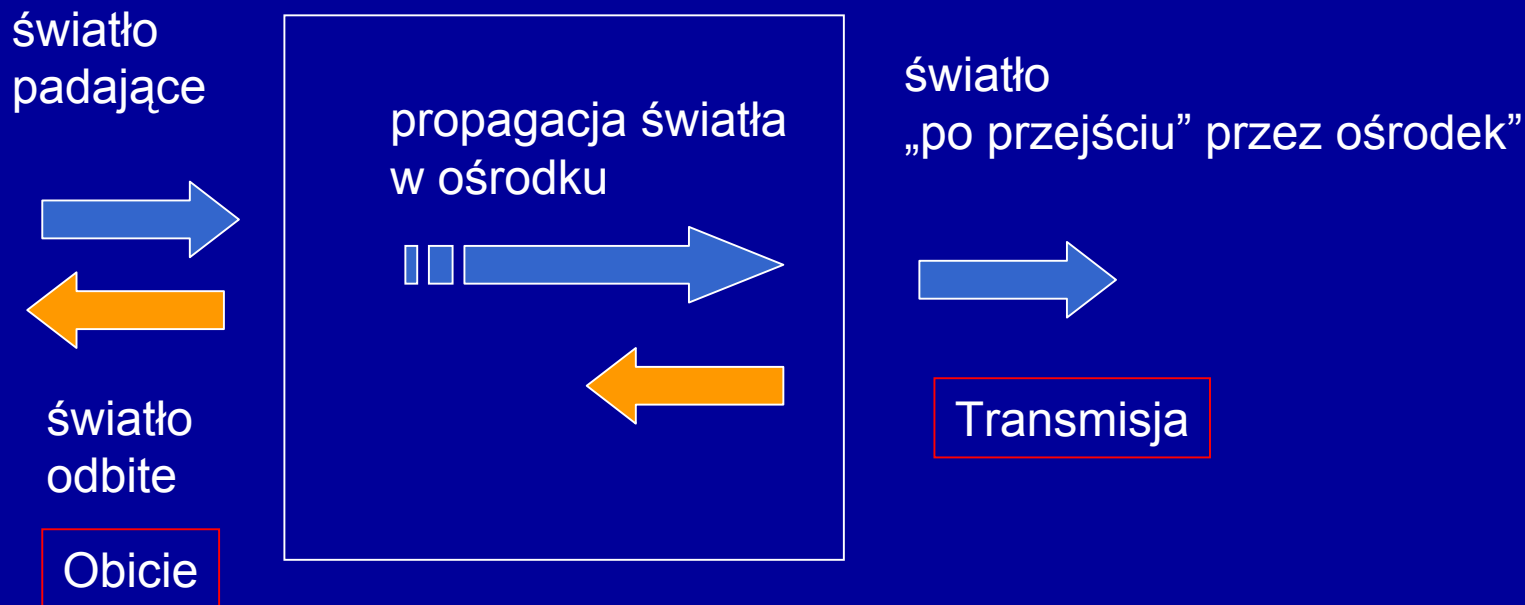


Własności optyczne półprzewodników

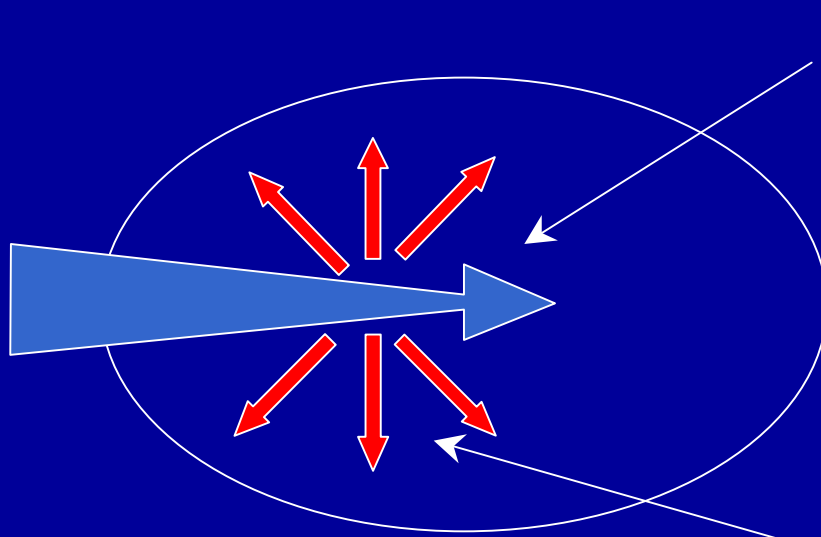
Andrzej Wyszomółka

Wykład przygotowany w oparciu o wykłady prowadzone
na Wydziale Fizyki UW przez
prof. Mariana Grynberga
oraz
prof. Romana Stępniewskiego

Klasyfikacja procesów optycznych

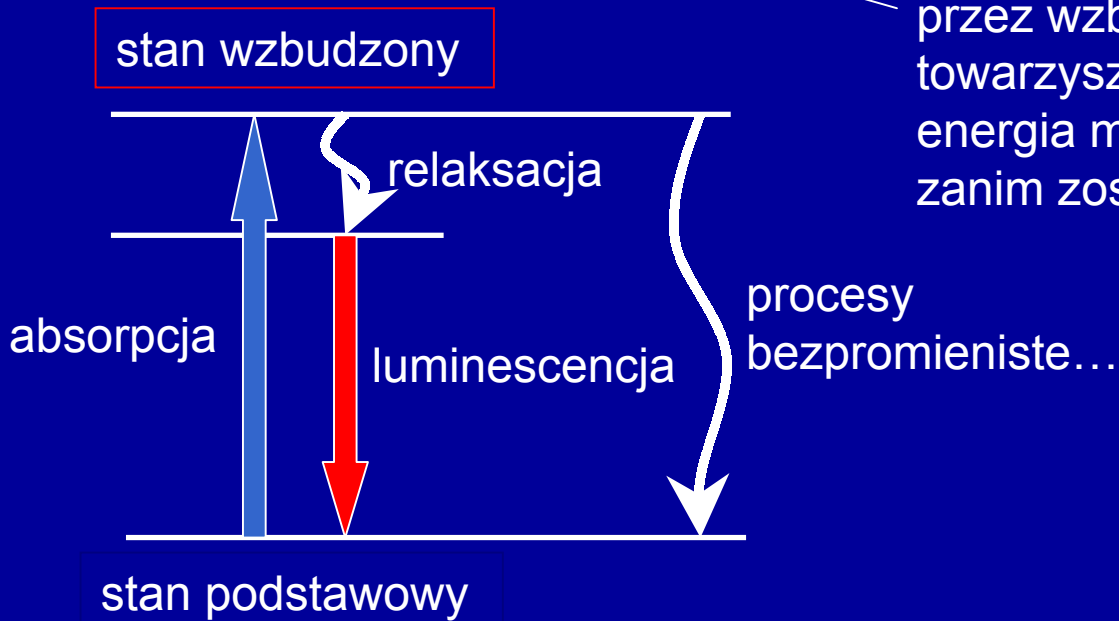


Propagacja w medium

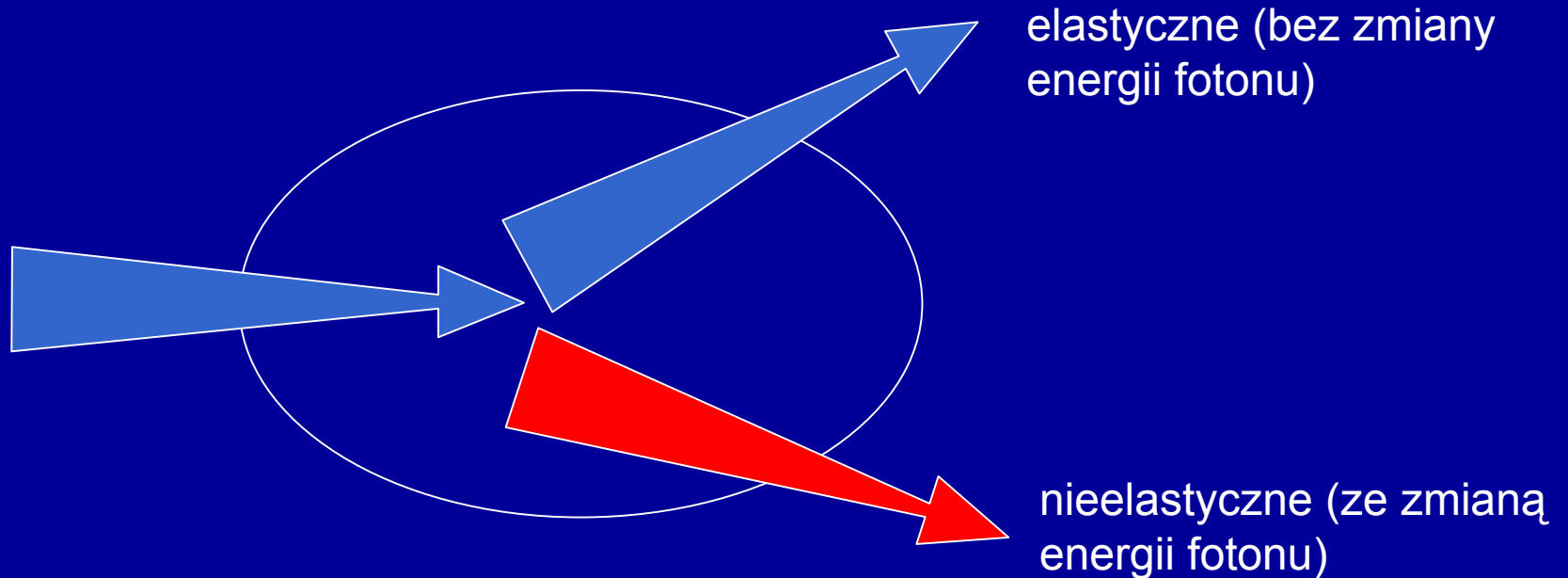


absorpcja światła (jeśli częstotliwość bliska częstotliwościom przejść optycznych w ośrodku...)

luminescencja (emisja światła przez wzbudzony ośrodek, nie zawsze towarzyszy absorpcji, gdyż zmagazynowana energia może zostać zamieniona na ciepło, zanim zostanie wyemitowana...)



Rozpraszanie światła



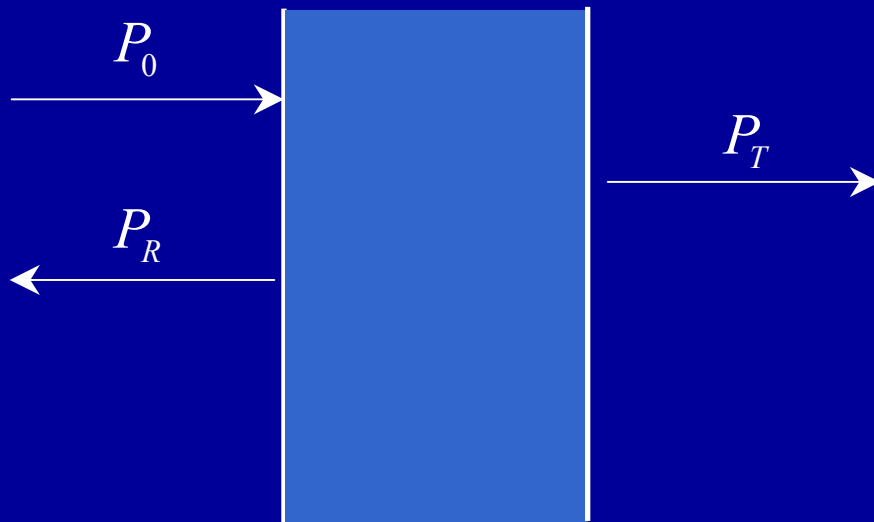
Procesy nieliniowe... (wymagana duża intensywność światła)

Stałe optyczne

Odbicie na granicy ośrodków.
Współczynnik odbicia:

$$R = \frac{P_R}{P_0}$$

P_R – moc odbita
 P_0 – moc padająca



Współczynnik transmisji

$$T = \frac{P_T}{P_0}$$



Gdyby nie było absorpcji,
rozpraszania...

$$T + R = 1$$

Propagacja światła
poprzez przezroczyste
medium, rządzona jest
przez współczynnik
załamania...

$$n = \frac{c}{v}$$

Współczynnik załamania
zależy od częstości
(dyspersja)

Absorpcja

Współczynnik absorpcji α :

Moc na jednostkę powierzchni - natężenie światła $I = \frac{P}{S}$

Zmiana natężenia światła w warstwie o grubości dz $dI = -\alpha I(z) dz$

Po scałkowaniu: $I(z) = I_0 e^{-\alpha z}$ Prawo Beer'a

Współczynnik absorpcji zależy od części światła propagującego się w ośrodku, stąd dany materiał optyczny może absorbować jakieś barwy a inne nie...

Gęstość optyczna
absorbancja:

$$\text{O.D.} = -\log\left(\frac{I(d)}{I_0}\right) = \frac{\alpha d}{\ln(10)} = 0.434\alpha d$$

Przydatne w laboratorium przy wyborze filtrów optycznych...

Transmisja warstwy krzemu

Zbadajmy transmisję i gęstość optyczną warstwy krzemu o grubości $10\mu\text{m}$, dla długości fali 632.8nm (laser He-Ne). Współczynnik absorpcji dla tej długości fali wynosi $\alpha=3.8\cdot 10^3\text{ cm}^{-1}$, natomiast współczynnik odbicia krzemu $R=0.35$.

$$\alpha d = 3.8 \times 10^3 \times 10^2 \times 10 \times 10^{-6} = 3.8$$

Iloczyn αd jest duży, możemy więc zaniedbać wielokrotne odbicia, zatem:

$$T = (1 - R)^2 e^{-\alpha d} = (1 - 0.35)^2 e^{-3.8} = 0.0095$$

$$\text{O.D.} = 0.434\alpha d = 0.434 \times 3.8 = 1.65$$

Absorpcja i rozpraszanie

Rozpraszanie światła spowodowane jest obecnością zmian współczynnika załamania na obszarach mniejszych niż długość fali – może być spowodowane obecnością domieszek, defektów czy też innych niejednorodności w kryształach...

Intensywność wiązki propagującej się (w danym kierunku) przez rozpraszające medium zanika wykładniczo:

$$I(z) = I_0 \exp(-N\sigma_s z)$$

Gdzie N – liczba centrów rozpraszających w jednostce objętości, σ_s – przekrój czynny na rozpraszanie (wymiar powierzchni).

Wzór identyczny jak dla absorpcji jeśli $\alpha \equiv N\sigma_s$

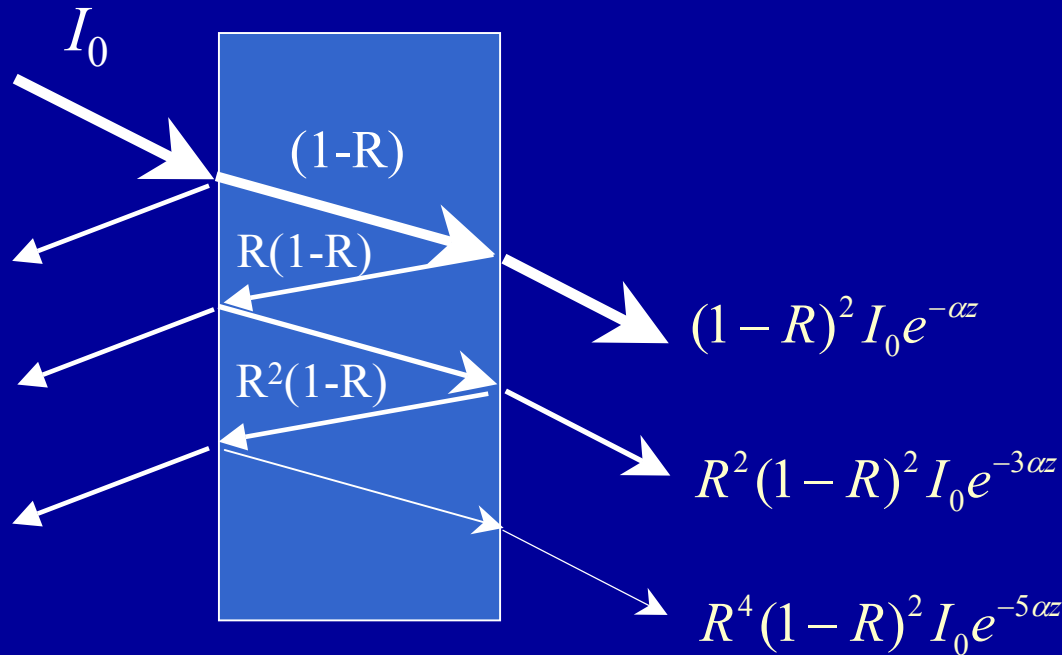
Jakie są różnice pomiędzy rozpraszaniem a absorpcją?

Dla rozpraszania elastycznego (rozpraszanie Rayleigh'a) mamy zależność:

$$\sigma_s(\lambda) \propto \frac{1}{\lambda^4}$$

Uwaga praktyczna: Wykonując pomiary optyczne w UV należy dokładać większych starań by eliminować efekty rozpraszania światła laserowego...(filtry, przesłony, itp...)

Wielokrotne odbicia...



Suma ciągu
geometrycznego:



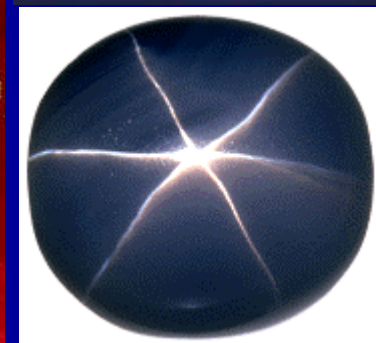
$$T = \frac{I_T}{I_0} = \frac{(1-R)^2}{1-R^2 e^{-2\alpha d}} e^{-\alpha d}$$

Gdy α duze
tylko dwa odbicia:



$$T = (1-R)^2 e^{-\alpha d}$$

Sławne rubiny i szafiry



Coś dla zwykłych ludzi...



Al_2O_3 (korund)



- $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ → rubin



- $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Ti}$ → szafir

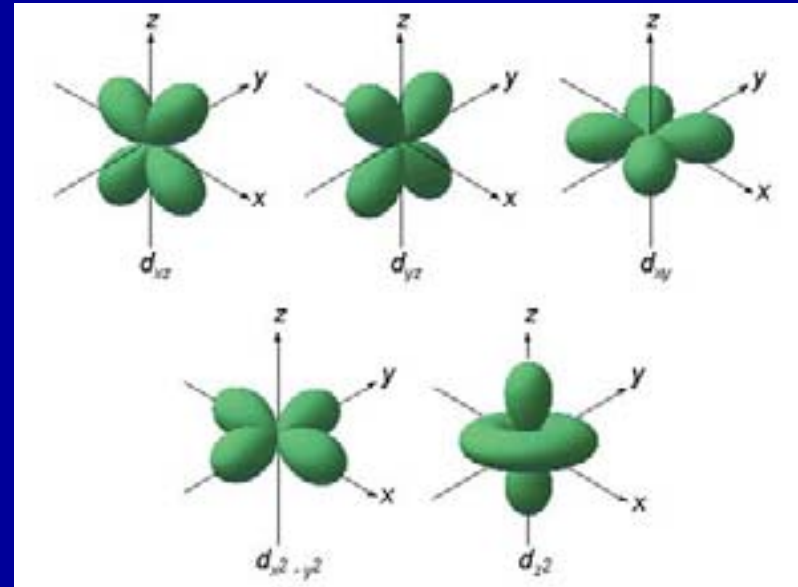


Skąd te kolory?

Cr – [Ar]



Ti - [Ar]



Po wbudowaniu do Al_2O_3

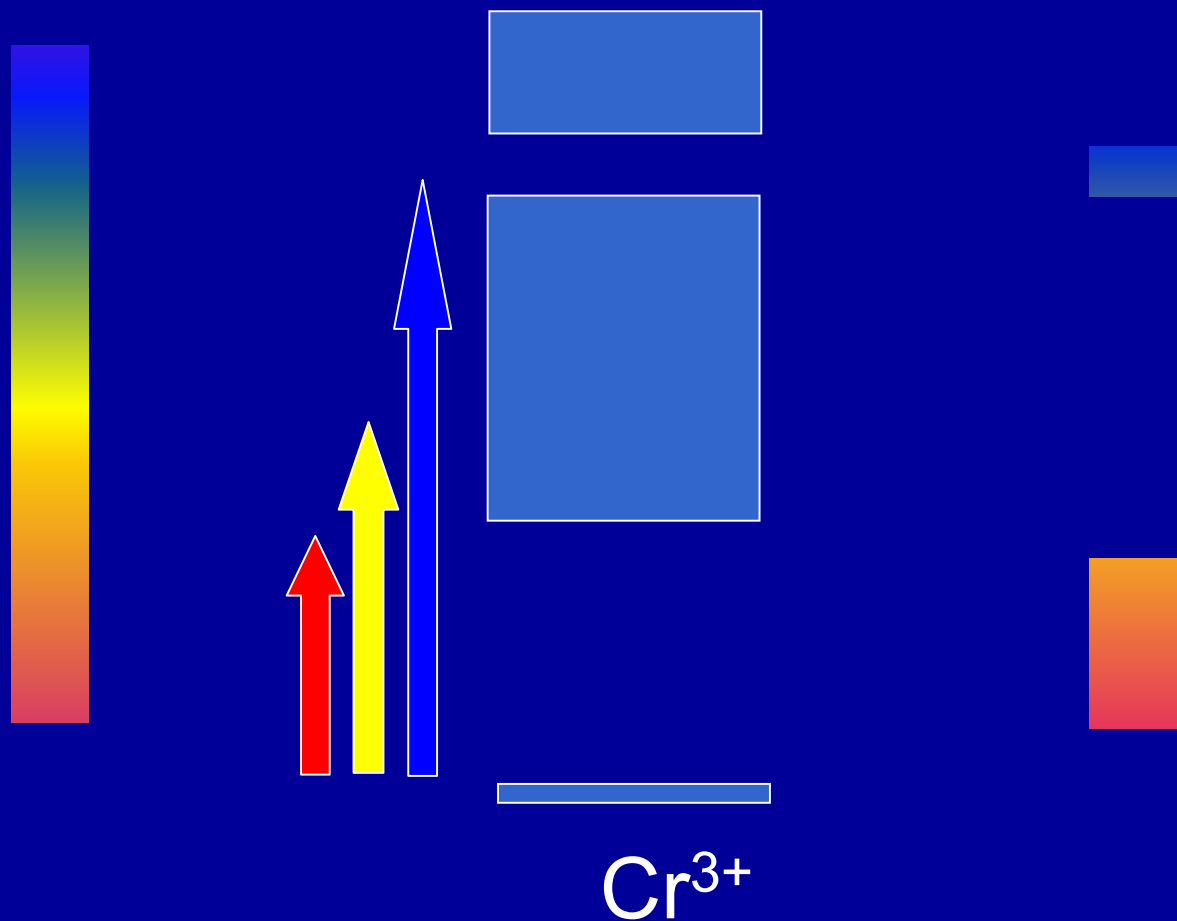


Metale przejściowe:

Chrom, tytan, żelazo, mangan, kobalt, nikiel....

Orbitale d zachowują swój atomowy charakter!

Charakterystyczne widmo absorpcji



Domieszki – centra barwne

Niewielka liczba atomów chromu zmienia bezbarwny korund na rubin...

Badanie absorpcji, luminescencji jest więc dobrą metodą wykrywania domieszek!

W trakcie wykładu okaże się, że metody te są bardzo przydatne do badania różnego rodzaju wzbudzeń w półprzewodnikach i strukturach półprzewodnikowych.