

KROPKI KWANTOWE

AUTOR: PIOTR SOWA, OPIEKUN: JAKUB RYSZ
WYDZIAŁ FIZYKI, ASTRONOMII I INFORMATYKI STOSOWANEJ

Co to takiego, te kropki kwantowe?

Każdy słyszał o studni potencjału. Jeśli jednak stworzymy studnię potencjału, będącą barierą w trzech prostokątnych kierunkach, po czym umieścimy w tym więzieniu cząstkę (elektron), której długość fali jest zbliżona do jego rozmiarów, otrzymamy twór zwany kropką kwantową bądź nanokrystalą.

Czy mają jakieś ciekawe własności?

Większe kryształy powstałe z kropek kwantowych mają niejednokrotnie te same cechy – badając je, można próbować wnioskować o drugich.

Absorpcja światła przez kropki kwantowe występuje w szerokim zakresie ich widma. Jeśli emitują światło, ma ono widmo składające się z wąskich linii, a nie szerokich zakresów – zupełnie jak atom. Barwa emitowanego światła jest mocno skorelowana z rozmiarami kropek.

Nie rozpuszczają się. Pokryte odpowiednimi związkami przechodzą w roztwór.

Czy do czegoś służą?

Tak. Wykorzystuje się je m.in.:

~ w diagnostyce chorób, jako precyzyjne znaczniki (bowiem są nanomałe, jak również kolorowe – można rozpoznawać skład próbki tylko patrząc),

np. gwoli śledzenia drogi oznaczonego wirusa;

~ w diodach LED – jako luminofory (szeroko absorbują, a wąsko świecą);

~ w laserach – jako barwniki.

Kwantowe równanie dla kropek kwantowych

Opisuje barwę emitowanego światła:

$$E = E_g + \frac{h^2}{8m_e^*L^2} + \frac{h^2}{8m_h^*L^2}$$

E – energia emitowanego światła

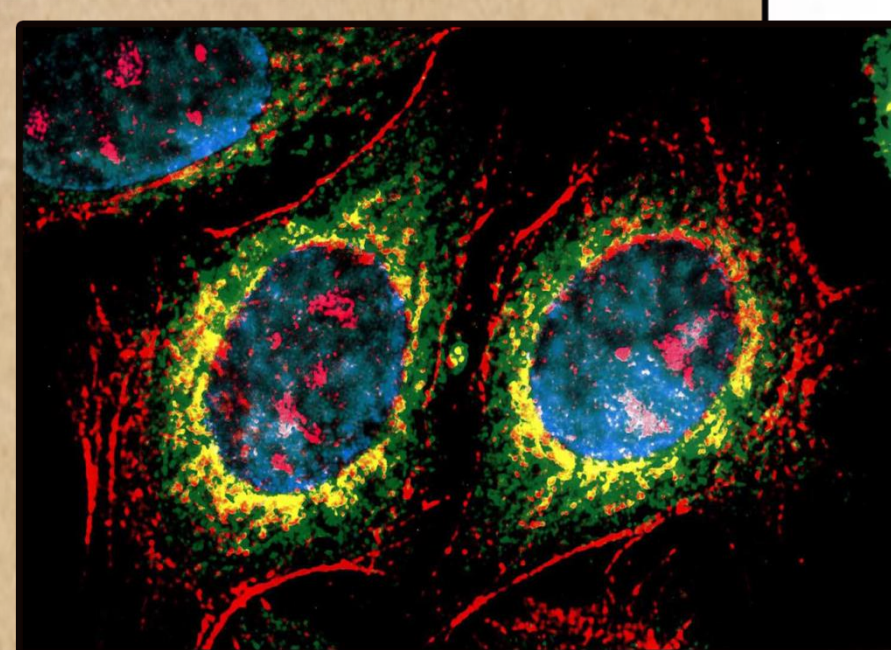
E_g – przerwa energetyczna

h – stała Plancka

m^* – masa efektywna

(e – elektronu, h – dziury)

L – rozmiar kropek



Ilustracja 1.

Kropki kwantowe jako znaczniki – możliwe jednocześnie obrazowanie pięciu kolorami.

Tutaj: ludzkie komórki nabłonkowe;

kod kolorów:

niebieski – kwas nukleinowy;

fioletowy – białka Ki-67;

pomarańczowy – mitochondria;

zielony – mikrotubule;

czerwony – włókna aktynowe [3].



Ekwipunek

Wykorzystałem sprzęt dostarczony przez firmę Ocean Optics: lampę białą oraz niebieską, a także program SpectraSuite.

Metoda pomiarowa

Mierzyłem absorbancję i fluorescencję roztworów wodnych zawierających kropki kwantowe CdTe.

Dla absorbancji:

~ układ: lampka biała świeci na detektor umieszczony za próbką;

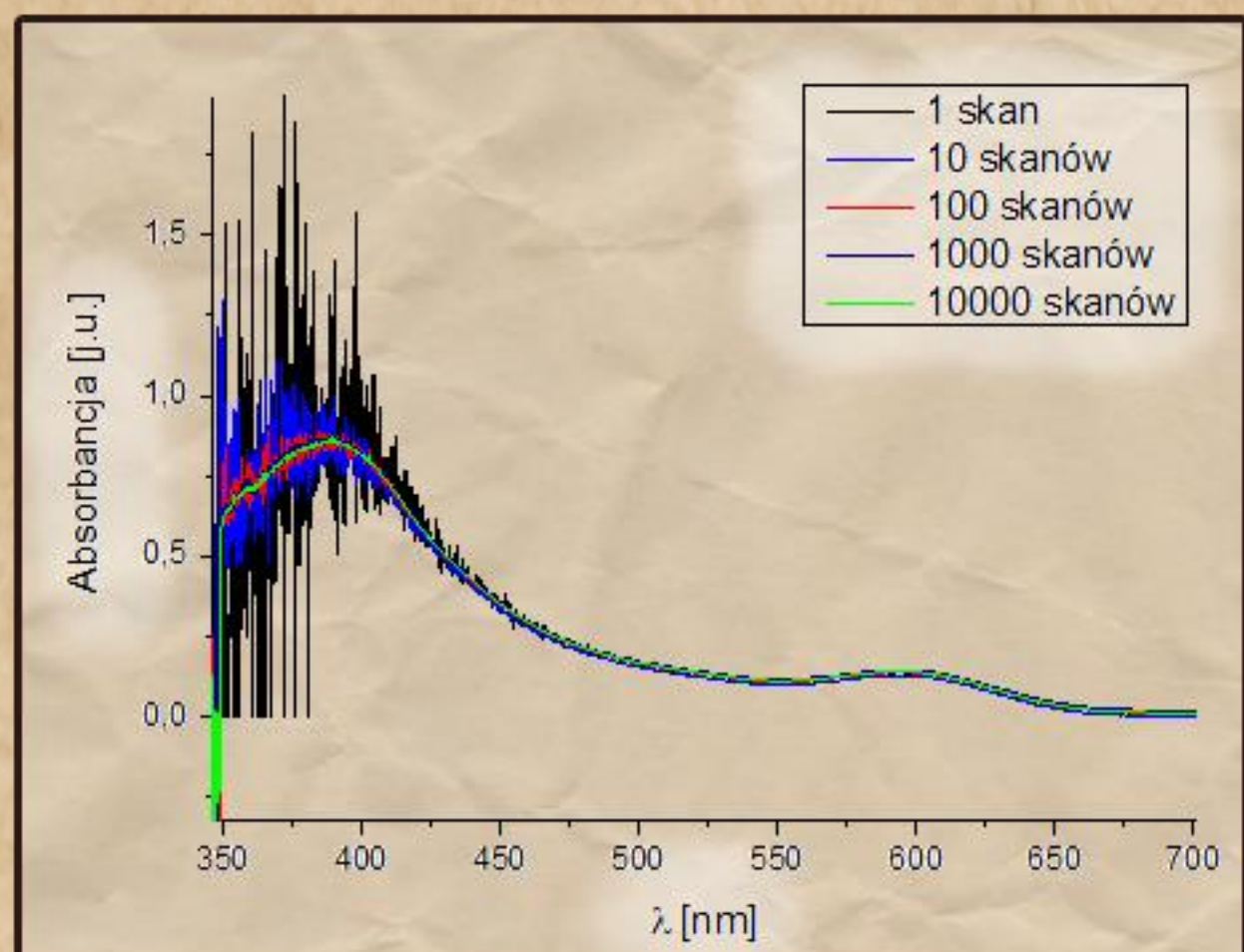
~ przygotowanie: zmierzyłem ciemne tło (sygnał docierający do komputera pod nieobecność lampy) oraz jasne tło (sygnał, gdy lampka świeci przez czystą wodę – rozpuszczalnik)

~ pomiar właściwy: wodę zastąpiłem roztworem z CdTe; program mierzył absorbancję próbki.

Dla fluorescencji:

~ układ: lampka niebieska oświetla próbkę przez światłowód, który jednocześnie zbiera informacje o fluorescencji;

~ pomiar właściwy: informacje o fluorescencji przesyłane są do programu mierzącego spektrum emitowanego światła.

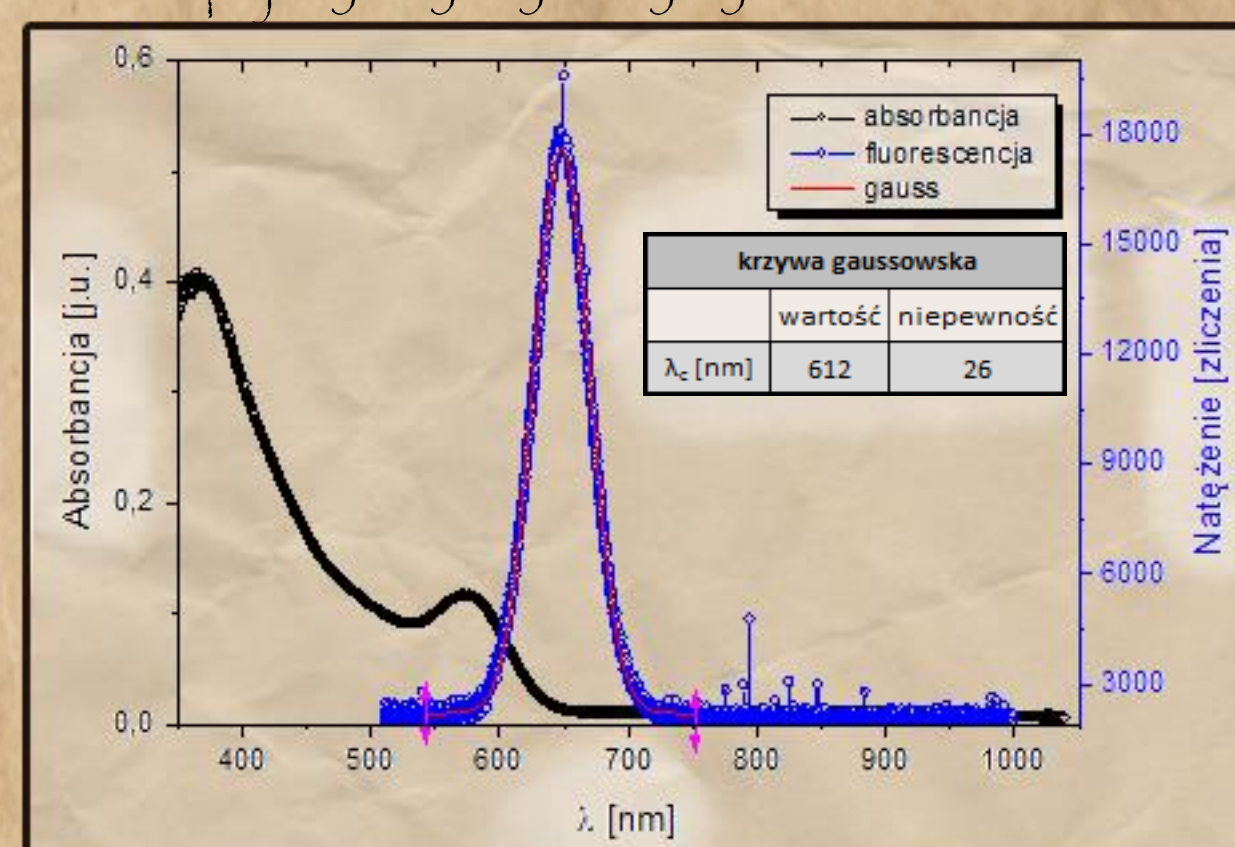


Wykres 1. Zależność absorbancji (jednostki umowne) od długości fali. Wykres dla różnych ilości skanów gwoli uśrednienia. 10 000 skanów dało najlepszy rezultat, więc tak dokonywałem pomiaru.

W przypadku fluorescencji różnice jakościowe nie były tak duże – przyjąłem 1 000 skanów.

Wyniki

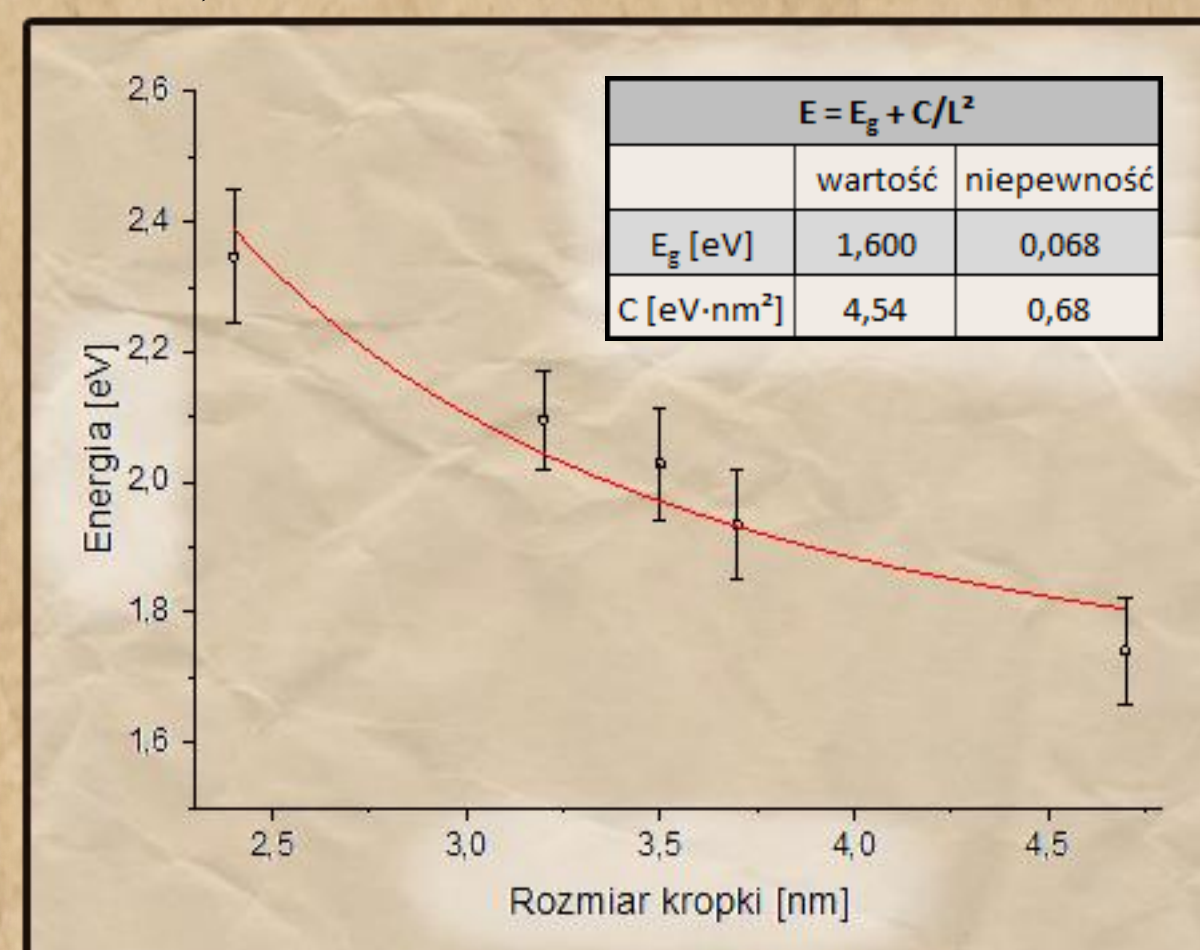
Ponieważ pomiarów dokonywałem dla pięciu różnych roztworów kropek CdTe (rozmiary: 2.4 nm, 3.0 nm, 3.5 nm, 3.7 nm i 4.7 nm), a dla każdego analiza wyglądała analogicznie, przedstawiam pojedynczy uzyskany wykres:



Wykres 2. Dla kropki 3.5 nm pomiar absorbancji i fluorescencji. Do fluorescencji dopasowana krzywa gaussowska (podaję jedynie istotny dla doświadczenia jej parametr).

Można zaobserwować, że maxima absorbancji i fluorescencji nie pokrywają się – co jest zgodne z intuicją na temat tych pojęć.

Z tak zdobytych danych powstał wykres będący celem doświadczenia:



Wykres 3. Zależność energii emitowanego przez kropkę światła od jej rozmiaru.

Z wykresu 3 wynika, że dla CdTe:

$$E_g = 1,600(68) \text{ eV}$$

$$C = 4,54(68) \text{ eV} \cdot \text{nm}^2$$

Podczas gdy z tablic[4, 5, 6] można obliczyć:

$$E_g = 1,5 \text{ eV}$$

$$C = 4,58 \text{ eV} \cdot \text{nm}^2$$

Zatem otrzymany wynik mieści się w zakresie dwóch odchyień w przypadku przerwy energetycznej oraz jednego w przypadku stałej C .

Źródła wiedzy

Wprowadzenie teoretyczne:

[1] skrypt z II Pracowni Fizycznej

[2] https://pl.wikipedia.org/wiki/Kropka_kwantowa

[3] <http://cen.watchglass.org/page/2>

Tablice:

[4] https://pl.wikipedia.org/wiki/Sta%C5%82a_Plancka

[5] https://pl.wikipedia.org/wiki/Masa_spo%C5%82ynkowa_elektronu

[6] http://www.fis.cinvestav.mx/~smcsyv/supgyac/16_2/SVI622603.PDF [str. 1]