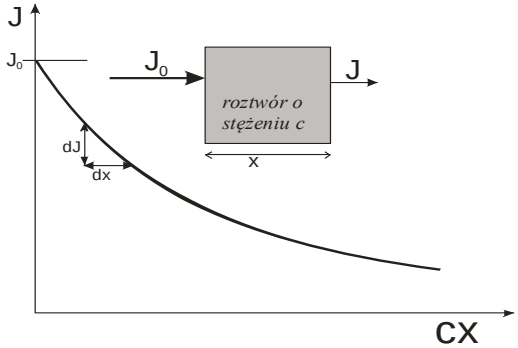
D13. Pomiar stężenia roztworu metodą kolorymetryczną

***Celem ćwiczenia** jest obserwacja i analiza zjawiska pochłaniania światła monochromatycznego przechodzącego przez przezroczyste i barwne ciecze.*

Istotę zjawiska pochłaniania światła ilustruje poniższy schemat.



Światło o natężeniu J_0 przechodząc przez warstwę roztworu o stężeniu c i grubości x ulega częściowej absorpcji, w wyniku czego jego natężenie spada do wartości J, zgodnie ze wzorem:

$$J = J_0 e^{-\mu cx},$$

znanym jako prawo Lamberta-Berra. Wielkość μ nazywamy ***molowym współczynnikiem absorpcji***, a iloczyn μcx – ***absorbancją A***.

Obie te wielkości zależą od częstotliwości *f* (oraz długości fali λ) rozważanego światła, ponieważ procesy pochłaniania w zakresie światła widzialnego są konsekwencją przejść kwantowych między elektronowymi poziomami energetycznymi barwnika. Zachodzą one wtedy, gdy różnica energii tych poziomów jest zgodna z energią kwantu światła $E = hf$.

Procesy te decydują o barwie światła przechodzącego przez roztwór barwnika. Gdy przykładowo barwnik absorbuje silnie w zakresie fal niebieskich (około 400-500nm), wtedy światło białe po przejściu przez niego, pozbawione zakresu niebieskiego, uzyska barwę dopełniającą, czyli czerwoną.

Przedstawioną graficznie zależność współczynnika absorpcji μ lub absorbancji ***A*** od długości fali λ, albo jej częstotliwości *f*, nazywamy ***widmem absorpcji*** badanej substancji.

Prostota wzoru Lamberta-Berra, a w szczególności liniowa zależność absorbancji ***A*** od stężenia *c*, umożliwiają oznaczenie nieznanego stężenia barwnika w roztworze poprzez porównanie wartości jego absorbancji z absorbancją wzorca o znanym stężeniu.

Metodyka doświadczenia jest następująca:

Dla konkretnego barwnika dobieramy rodzaj źródła światła, którego pochłanianie będziemy analizować.

Wykonujemy pomiary natężenia światła padającego na roztwór oraz po przejściu przez roztwór dla kilku znanych stężeń oraz obliczamy odpowiednie wartości absorbancji $A = \ln(J_0/J)$.

Następnie wykonujemy wykres zależności liniowej *A* od stężenia *c*. W analogiczny sposób mierzymy absorbancję A roztworu o nieznanym stężeniu i posługując się wykresem odczytujemy wartość nieznanego stężenia.

Literatura uzupełniająca:

1. Cz. Bobrowski, Fizyka- krótki kurs, Rozdz. 6.9, 6.10
2. S. Przestalski, Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki, Rozdz. 2.3.

Zobacz też: symulacje komputerowe na stronie internetowej *Katedry Fizyki i Biofizyki* (**https://sparrow.up.poznan.pl/kfb/**) (zakładka: *Symulacje zjawisk fizycznych*).

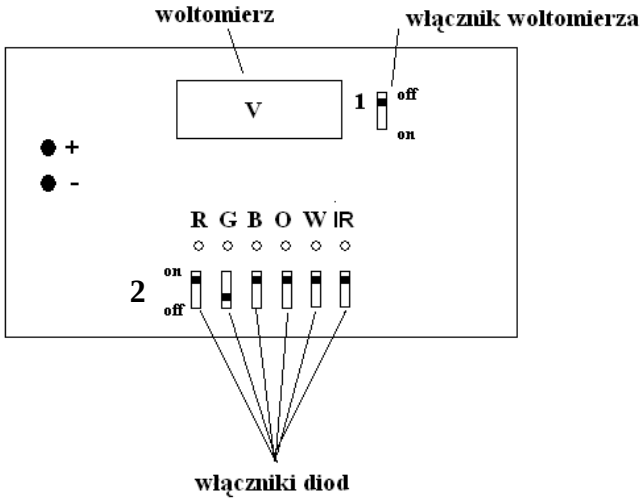
D13. Protokół pomiarów i obliczeń

Nr pary	Imię i nazwisko studenta	Wydział grupa
data	Imię i nazwisko prowadzącego	Zaliczenie

Wykonanie ćwiczenia:

Przyrządy: diody LED emitujące światło o różnych barwach, kuweta o długości 10 cm, detektor fotoelektryczny, roztwory barwników

Schemat układu sterującego



1. Do kuwety pomiarowej wlewamy 35ml wody destylowanej.
2. Umieszczamy kuwetę w uchwycie detektora, tak aby kuweta całkowicie dotykała powierzchni detektora. Zasłaniamy cały układ pokrywą.
3. Przełącznikiem **1** włączamy detektor (patrz schemat układu sterującego). Sprawdzamy czy wbudowany miernik cyfrowy (woltomierz) wskazuje zero.
4. Odpowiednim suwakiem **2**, znajdującym się pod diodą **B**, włączamy diodę niebieską i obserwujemy wartość sygnału na mierniku cyfrowym. Gdy wskazania woltomierza się ustabilizują, odczytujemy wartość z miernika i zapisujemy ją, jako wielkość J_0 w odpowiedniej rubryce Tabeli 1.
5. Analogicznie, dokonujemy kolejnych odczytów J_0 dla diody zielonej (**G**), czerwonej (**R**) i dla światła białego (**W**), wpisując odczytane wartości do odpowiedniej kolumny w Tabeli 1.
6. Korzystając z zakraplacza, dodajemy do kuwety jedną kroplę przygotowanego barwnika i mieszamy szklaną pałeczką.
7. Przeprowadzamy pomiary opisane w punktach 4 i 5, a uzyskane wyniki dla poszczególnych diod, oznaczone jako ***J***, wpisujemy do tabeli 1.
8. Dla wykonanych pomiarów obliczamy stosunek J/J_0 , a następnie wybieramy tę barwę światła, dla której jest on **najmniejszy**. Dalsze pomiary będziemy prowadzić tylko dla tej barwy.
9. Zwiększamy stopniowo stężenie barwnika w roztworze dodając po kropli i dla każdego z nich dokonujemy dla wybranej barwy światła odczytu wartości ***J*** (→ Tabela 2).
10. Przygotowujemy roztwór o nieznanym stężeniu barwnika i w podobny sposób odczytujemy wartość ***J*** dla tego roztworu.

Tabela 1

Dioda	J_0	J	J/J_0
Niebieska λ=470nm			
Zielona λ=565nm			
Czerwona λ=700nm			
Biała λ=400 - 700nm			

Tabela 2 *wybrana barwa światła* …….... J_0 = ……...

liczba kropel	c	J	J_0/J	A = $log(J_0/J)$
Roztwór o nieznanym stężeniu	Z wykresu $\boldsymbol{c_x}$ =			
	Z wykresu $\boldsymbol{\Delta c_x}$ =			

Opracowanie wyników

1. Na podstawie liczby kropel barwnika dodanych do roztworu obliczamy jego stężenie procentowe *c* (objętościowo) i wpisujemy do Tabeli 2 (*Uwaga: objętość jednej kropli wynosi 0,05 ml*).
2. Obliczamy wartości J_0/J, a następnie absorbancję $A = log(J_0/J)$ dla roztworów o znanym i nieznanym stężeniu.
3. Dla roztworów o znanym stężeniu wykonujemy wykresy zależności $J=f(c)$ oraz $A=f(c)$.
4. Z wykresu zależności absorbancji od stężenia ($A=f(c)$) odczytujemy stężenie nieznanego roztworu $\boldsymbol{c_x}$.
5. Na podstawie graficznej analizy wykresu szacujemy niepewność pomiarową Δc_x dokonanego odczytu (*patrz „Graficzna analiza wyników” (https://sparrow.up.poznan.pl/kfb/*).