D7. Wyznaczanie skręcalności właściwej i stężenia glukozy za pomocą polarymetru

***Celem ćwiczenia** jest poznanie zjawiska polaryzacji światła i oddziaływania światła spolaryzowanego z roztworami czynnymi optycznie oraz doświadczalne wyznaczenie aktywności optycznej i stężenia badanego roztworu.*

Światło jest ***falą elektromagnetyczną***. W świetle naturalnym drgania ***wektora świetlnego*** (tzn. wektora pola elektrycznego) zachodzą we wszystkich możliwych kierunkach, prostopadłych do kierunku rozchodzenia się światła. Światło, w którym kierunki drgań są uporządkowane, nazywamy ***światłem spolaryzowanym.*** Jeżeli drgania wektora świetlnego zachodzą tylko w jednej płaszczyźnie, wówczas mamy do czynienia ze światłem ***spolaryzowanym liniowo.***
Płaszczyznę, w której drga wektor świetlny, nazywamy ***płaszczyzną drgań***, a płaszczyznę do niej prostopadłą – ***płaszczyzną polaryzacji.***

Światło spolaryzowane liniowo można otrzymać m.in. przez:

a/ ***odbicie od powierzchni dielektryka,*** przy czym całkowita polaryzacja promienia odbitego następuje tylko wówczas, gdy promień odbity i załamany tworzą kąt prosty (***prawo Brewstera***)

oraz przez

b/ ***podwójne załamanie*** w tzw. kryształach dwójłomnych. Zjawisko to polega na tym, że przy przechodzeniu światła przez pewne ośrodki, promień padający rozszczepia się na dwa promienie: zwyczajny i nadzwyczajny, obydwa spolaryzowane liniowo, w płaszczyznach wzajemnie prostopadłych. Aby uzyskać pojedynczą wiązkę spolaryzowaną liniowo, drugi z promieni eliminuje się, jak ma to miejsce np. w ***pryzmacie Nicola.***

Światło spolaryzowane, po przejściu przez roztwory niektórych związków organicznych doznaje *skręcenia płaszczyzny polaryzacji*. Zjawisko to zwane jest ***aktywnością optyczną***, a substancje – ***optycznie czynnymi.*** Należą do nich m.in. białka, cukry, kwasy nukleinowe, czyli związki, które nie mają w swej strukturze płaszczyzny symetrii, a posiadają tzw. asymetryczny atom, np. atom węgla, który jest związany z czterema różnymi podstawnikami.

Kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji α zależy od rodzaju substancji optycznie czynnej i długości fali użytego światła (poprzez współczynnik S_w, który zależy od długości światła λ) jak i od stężenia (c) oraz grubości warstwy roztworu (l):

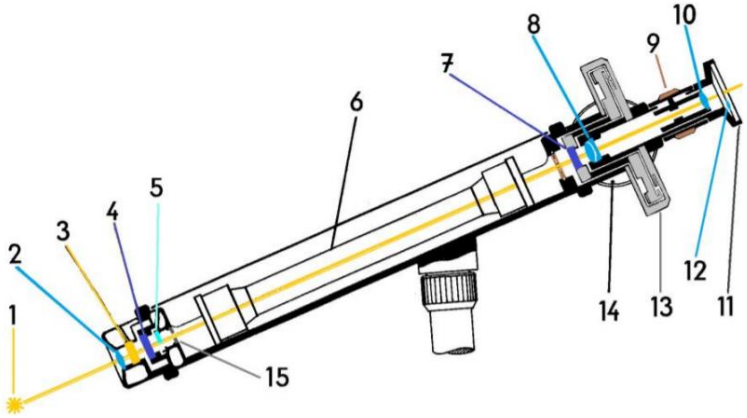
$$\alpha = S_w \cdot l \cdot c\,. \qquad (1)$$

Współczynnik S_w, zwany ***skręcalnością właściwą,*** wyraża stałą - dla danej długości fali λ - wartość kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji dla jednostkowego stężenia i jednostkowej grubości warstwy roztworu. Wyraża się go w $\dfrac{stop}{dm \cdot g / cm^3}$.

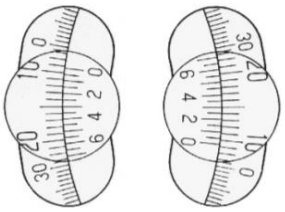
Skręcalność właściwą danej substancji można wyznaczyć na podstawie pomiarów kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji przez roztwory o znanych stężeniach. Takie badania przeprowadzimy w niniejszym ćwiczeniu. Wyznaczenie skręcalności właściwej badanej substancji pozwala z kolei, obliczyć nieznane stężenie roztworu.

Do wyznaczania kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji stosuje się ***polarymetr,*** *zwany też* ***sacharymetrem*** *(rys.1). Jest to układ złożony z dwóch pryzmatów Nicola, czyli polaryzatora i analizatora, o osiach optycznych, wzajemnie prostopadłych. Pomiędzy nimi umieszcza się tzw. rurkę polarymetryczną. Gdy jest ona pusta, spolaryzowany promień świetlny, wychodzący z polaryzatora, ulegnie całkowitemu wygaszeniu. Jeżeli zaś rurkę napełnimy roztworem badanej substancji optycznie czynnej, następuje skręcenie płaszczyzny polaryzacji i rozjaśnienie pola widzenia. Aby wiązkę światła ponownie wygasić, należy obrócić analizator o pewien kąt α, który jest kątem skręcenia płaszczyzny polaryzacji, proporcjonalnym do stężenia roztworu (wzór 1).*

Rys.1. Polarymetr półcieniowy.



Rys.2. Schemat budowy polarymetru półcieniowego. 1-źródło światła, 2-kolimator (soczewka skupiająca), 3-filt optyczny, 4-polaryzator, 5-płytka półcieniowa, 6-rurka polarymetryczna, 7-analizator, 8-obiektyw, 9-nakrętka, 10-okular, 12-lupy umieszczone w muszli okularu (11), 13-koło podziałkowe z dwiema skalami kątowymi, 14-gałka pokrętna, 15-przysłona.



Ry3.Obraz skal polarymetru.

Literatura uzupełniająca

1. Cz. Bobrowski, Fizyka- krótki kurs, Rozdz.5.7,
2. S. Przestalski, Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki, Rozdz. 1.4,

Zobacz też:

symulacje komputerowe na stronie internetowej *Katedry Fizyki i Biofizyki*

(https://sparrow.up.poznan.pl/kfb/) (zakładka: *Symulacje zjawisk fizycznych*),

D7. Protokół pomiarów i obliczeń

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

Wykonanie ćwiczenia

Przyrządy i materiały: polarymetr, rurki polarymetryczne, roztwory glukozy o znanym stężeniu oraz roztwory badane o nieznanym stężeniu.

1. Włączamy do sieci zasilacz lampy sodowej, oświetlającej polaryzator polarymetru.
2. Nastawiamy ostrość widzenia w lunetce polarymetru.
3. Napełniamy rurkę z opisem „H_2O" wodą destylowaną i sprawdzamy czy wewnątrz rurki nie znajdują się pęcherze powietrza. Następnie wstawiamy ją do przyrządu.
4. Patrząc przez lunetkę w kierunku źródła światła wyznaczamy położenie zerowe, tzn. znajdujemy kąt α_0, przy którym obie połówki pola widzenia są jednakowo ciemne (patrz rysunek obok – obraz środkowy).

5. Odczytujemy na skali kątowej, za pomocą soczewki powiększającej, kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji z dokładnością do 0.05 stopnia. Pomiary kąta α_0 powtarzamy trzykrotnie i obliczamy wartość średnią $\overline{\alpha}_0$.
6. Wstawiamy do polarymetru rurkę wypełnioną roztworem o najmniejszym stężeniu c_1.
7. Podobnie jak dla wody, wyznaczamy trzykrotnie kąt skręcenia płaszczyzny polaryzacji α_1 i obliczamy wartość średnią $\overline{\alpha}_1$.
8. Analogicznie, przeprowadzamy pomiary kąta skręcenia płaszczyzny polaryzacji dla trzech innych roztworów glukozy o znanym stężeniu i dla jednego roztworu o nieznanym stężeniu c_x.

Tabela

L.p.	Woda	Roztwór o stężeniu [g/cm^3] :				
		$c_1 = 0.05$	$c_2 = 0.10$	$c_3 = 0.15$	$c_4 = 0.20$	c_x
	…… $\overline{\alpha}_o =$	…….. $\overline{\alpha}_1 =$	…….. $\overline{\alpha}_2 =$	…….. $\overline{\alpha}_3 =$	…….. $\overline{\alpha}_4 =$	…….. $\overline{\alpha}_x =$

Opracowanie wyników

1. Przedstawiamy graficznie zależność α = f(c) dla wodnych roztworów glukozy. Wykres jest prostą o równaniu $\alpha = S_w \cdot l \cdot c$, w którym $y = \alpha$, $x = c$, zatem współczynnik kierunkowy prostej $k = S_w \cdot l$.
2. Z wykresu wyliczamy wartość liczbową współczynnika kierunkowego prostej k i znajdujemy skręcalność właściwą dla roztworów glukozy ze wzoru: $S_w = k/l$, przyjmując długość rurki polarymetrycznej l = 2dm.

   Uwaga 1*: W celu wyznaczenia współczynnika kierunkowego prostej k oraz jego błędu pomiarowego Δk możemy posłużyć się odpowiednim programem komputerowym.*

   Uwaga 2: *Jeśli współczynnik kierunkowy k otrzymanej prostej wyznaczamy z wykresu sporządzonego na papierze milimetrowym, wówczas błąd współczynnika kierunkowego Δk wyznaczamy z dokładności odczytu poszczególnych wartości naniesionych na wykresie – patrz „Graficzna analiza wyników" (https://sparrow.up.poznan.pl/kfb/).*

   Po odpowiednim zaokrągleniu znalezionych z wykresu wartości zapisujemy:

   k = (……..…±……) [……..]

3. Wyznaczamy wartość nieznanego stężenia glukozy c_x :
   a) graficznie, na podstawie wykresu, przyporządkowując obliczonej wartości kąta $\overline{\alpha}_x$ odpowiadającą jej wartość stężenia,
   b) numerycznie, ze wzoru: $c_x = \dfrac{\overline{\alpha}_x}{S_w \cdot l}$, wynikającego z przekształcenia wzoru z p.1.

   Uwaga 3*: Jeśli wykres został sporządzony ręcznie na papierze milimetrowym wykonujemy polecenie 3a) oraz b). Natomiast jeśli do wyznaczenia współczynnika kierunkowego prostej k został wykorzystany program komputerowy, wykonujemy tylko polecenie 3b).*

4. Wielkość błędu pomiarowego dla nieznanego stężenia obliczamy metodą logarytmiczną ze wzoru:
$$\frac{\Delta c_x}{c_x} = \left|\frac{\Delta\overline{\alpha}_x}{\overline{\alpha}_x}\right| + \left|\frac{\Delta S_w}{S_w}\right|,$$
   przy czym $\Delta\overline{\alpha}_x$ obliczamy jako trzykrotną wartość odchylenia standardowego: $\Delta\overline{\alpha}_x = 3SD = 3\sqrt{\dfrac{\sum_{i=1}^{n}(\overline{\alpha}_x - \alpha_i)^2}{n(n-1)}}$, a drugi składnik powyższego wzoru obliczamy tak, jak dla współczynnika kierunkowego prostej, zauważając, że: $\dfrac{\Delta S_w}{S_w} = \dfrac{\Delta k}{k}$.
5. Z otrzymanej wartości wyliczamy następnie wielkość błędu bezwzględnego Δc_x i zestawiamy ją z otrzymanym wynikiem w postaci $(c_x \pm \Delta c_x)$*jedn.*