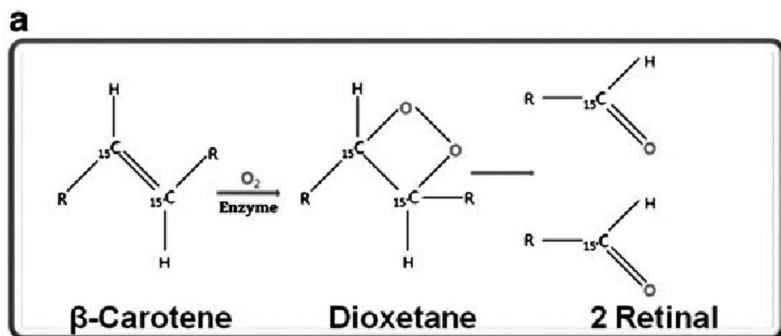


wanego w procesie fotosyntezy wiązany jest w β -karoten na podstawie poniższego równania określ ile moli retinalu jest w stanie wyprodukować sosna w ciągu doby. W obliczeniach przyjmij warunki normalne.



Podstawy chromatografii dla szkół podstawowych i średnich

CD 0093

Wiek

■ 10+



Zawartość zestawu

1. Zlewka 50 ml 5 szt.
2. Paski chromatograficzne bibułowe 100 szt.
3. Zestaw barwników spożywczych:
 - a. Czerwień koszelinowa 25 ml
 - b. Błękit brylantowy 25 ml
 - c. Azorubina 25 ml
 - d. Tartrazyna 25 ml
 - e. Żółcień chinolinowa 25 ml
 - f. Indygotyna 25 ml
 - g. Zieleń pistacjowa 25 ml
 - h. Brąz kakaowy 25 ml

ZESTAW
DOŚWIADCZALNY
PODSTAWY
CHROMATOGRFII
dla liceum i szkoły pod-
stawowej

Zestaw przeznaczony
jest do wielokrotnego
użytku, a praca odbywa
się w 5–6 osobowych
grupach.

Opracowanie:
Przemysław Gołasz



nowa szkoła
ul. POW 25, 90-248 Łódź,
www.nowaszkoła.com

tel. (42) 630 17 28,
(42) 630 04 88, fax: (42) 632 73 28

OSTRZEŻENIA!



1. Produkt nie jest przeznaczony dla dzieci poniżej 3 lat. Zawiera substancje chemiczne – ryzyko zatrucia.
2. Do użytku pod bezpośrednim nadzorem osoby dorosłej.
3. Należy zachować opakowanie lub/i instrukcję. Zawierają one ważne informacje mogące być przydatne w przyszłości.
4. Użytkowanie niezgodne z zaleceniami zwalnia producenta od odpowiedzialności za ewentualne szkody.

SI IN CD 0093 08/22

4. Pipety Pasteura 30 szt.
5. Elenty:
 - a. Benzyna ekstrakcyjna 200 ml
 - b. Aceton 200 ml
 - c. Etanol 200 ml
 - d. Toleen 200 ml
 - e. Kwas octowy 200 ml
6. Sączi jakościowe 100 szt.
7. Bągielki szklane 5 szt.

Chromatografia jest jedną z najczęściej wykorzystywanych technik analitycznych separujących, czyli rozdzielających związki chemiczne. Chromatografia oparta jest na systemie dwóch niemieszających się faz, stacjonarnej i ruchomej. Faza ruchoma porusza się względem fazy stacjonarnej, a w chromatografii cieczowej i gazowej nazywana jest eluentem, zaś proces wymywania substancji umieszczonych np. na pasku bibuły chromatograficznej nosi nazwę elucji.

Chromatografię można podzielić na gazową (w której fazą ruchomą jest gaz) i cieczową, w której fazą ruchomą jest ciecz.

Gazy wykorzystywane w chromatografii gazowej:

18 Ar ARGON 39,95	1 H Wodór 1,008	2 He Hel 4.003
--	--	---------------------------------------

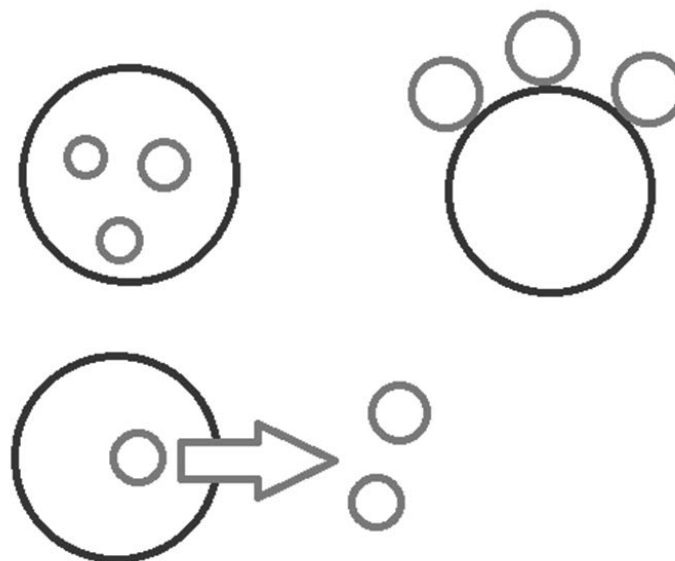
Gazy wykorzystywane w chromatografii gazowej są lekkie i nie mogą reagować ze składnikami mieszaniny, dlatego często wykorzystuje się niereaktywne lekkie gazy szlachetne lub wodór i wysokiej czystości azot.

Istotą każdej chromatografii jest rozdział mieszaniny przy pomocy dwóch faz na poszczególne związki chemiczne. Dla chromatografii cieczowej zestaw chromatograficzny składa się z:

- fazy stacjonarnej, na przykład paska bibuły lub żelu krzemionkowego, inaczej nazywanych sorbentami,
- fazy ruchomej, na przykład aceton i benzyna ekstrakcyjna, inaczej nazywana eluentem
- mieszaniny, którą poddajemy rozdziałowi.

Zadanie 5.

Podpisz nazwami odpowiednich zjawisk poniższe rysunki:
 Adsorpcja, absorpcja, ekstrakcja



Zadanie 6.

Poniżej przedstawiono kilka substancji używanych w chromatografii jako elenty. Określ które z nich będą najlepsze do chromatografii substancji niepolarnych:

1. Toleen
2. Woda
3. Kwas octowy
4. Metanol
5. Aceton
6. Kwas ortofosforowy

Zadanie 7.

Człowiek potrzebuje do oddychania około 30 m³ powietrza na godzinę, z czego około 21% objętości zajmuje tlen. Sosna w ciągu 24 godzin jest w stanie wyprodukować zapas tlenu dla trzech osób. Oblicz ile tlenu dziennie emituje do atmosfery sosna. Przyjmując, że 0,05% całego tlenu wyprodukowanego

Zadanie 3.

Maksymalna absorpcja światła dla chlorofilu wynosi 453 nm i 642 nm. Pierwsza długość fali wywołuje pierwszy stan wzbudzenia chlorofilu, a druga drugi. Korzystając ze wzorów podanych poniżej określ jaką łączną energię musi przyjąć magnez w cząsteczce chlorofilu, aby wyemitował elektron. Napisz równanie reakcji tworzenia kationu magnezu pod wpływem energii.

$$v = \lambda \cdot f$$

Prędkość światła f : **299 792 458 m/s**

Energia fotonu: $E_f = h \cdot v$

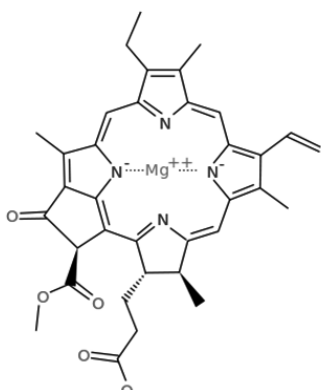
Stała Plancka: $6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

Zadanie 4.

Poniżej przedstawiono budowę chlorofilu a oraz β -karotenu. Określ:

- Do jakich grup związków należą podane substancje:
 - Nieorganiczne
 - Organiczne
- Jaka jest ich budowa:
 - Polarna
 - Niepolarna
- Zaznacz elementy budowy danych związków, które sprawiają, że są substancjami niepolarnymi/polarnymi.
- Określ liczbę wiązań π w cząsteczce β -karotenu.



CHLOROFIL



β -KAROTEN

Proces chromatografii polega na wielokrotnej sorpcji i desorpcji składników mieszaniny którą chcemy rozdzielić. Eluent, substancja wymywająca, rozpuszcza lub wymywa substancje z mieszaniny rozdzielanej i „ciągnie je ze sobą” w dół (np. w przypadku chromatografii kolumnowej zgodnie z siłami ciężenia) lub w (np. w chromatografii bibułowej zgodnie z siłami kapilarnymi, które ciągną eluent do góry np. po pasku bibuły). Substancje rozpuszczone w eluencie wielokrotnie zatrzymywane są w fazie stałej, np w żelu krzemionkowym, a następnie rozpuszczane znów w eluencie i ciągnięte dalej. Dzięki temu następuje rozdział substancji, które posiadają różne właściwości.

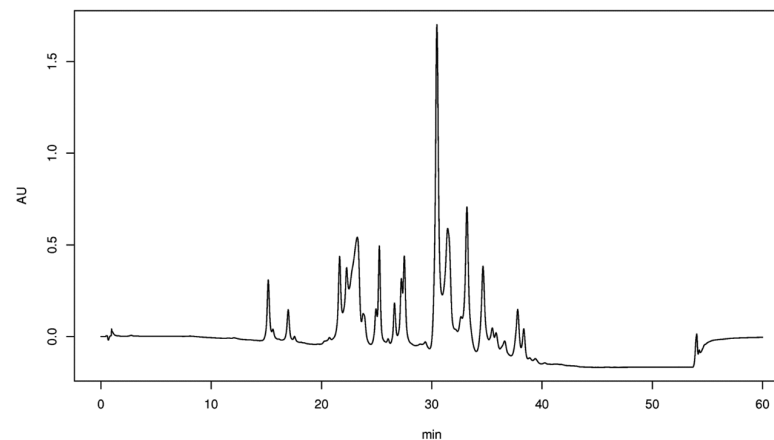
Chromatografia rozdziela substancje które różnią się od siebie:

- masą cząsteczkową – jeżeli na eluent działają siły kapilarne, np. podczas chromatografii bibułowej, cięższe substancje pozostają niżej na pasku.
- olarność substancji – substancja polarna to taka, w której można jasno wskazać bieguny – ujemny i dodatni. Przykładem takiej cząsteczki jest woda. W przypadku chromatografii planarnej jeśli substancja jest niepolarna i eluent również jest niepolarny, to eluent świetnie będzie ją rozpuszczał, „ciągnąc” ją do góry. Jeżeli natomiast będzie polarna – niepolarny eluent gorzej ją rozpuści, przez co nie zostanie „podciągnięta” wyżej.

Czas wędrówki substancji nazywany jest retencją.

Wynik analizy chromatograficznej przedstawiony jest na wykresie zwanym chromatogramem. Pionowa oś oznacza pik danej substancji (w uproszczeniu jej ilość), a pozioma czas. Za pomocą chromatogramu można odczytać wyniki chromatografii. Chromatogramy tworzone są komputerowo podczas bardziej skomplikowanych technik chromatograficznych.

Przykład chromatogramu rozdziału perfum:

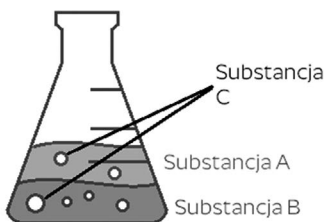


Chromatografia planarna jest podtypem chromatografii cieczowej. Jest to metoda w której faza stacjonarna tworzy płaszczyznę. Można ją wykonywać na dwa sposoby:

- na bibule (jest to wtedy chromatografia bibułowa) lub na cienkich warstwach sorbentów (np żelu) osadzonych na podłożu w postaci płytek lub folii (chromatografia cienkowarstwowa);
- innym podtypem chromatografii cieczowej jest chromatografia kolumnowa, która wykonywana jest w kolumnie chromatograficznej wypełnionej np żelem krzemionkowym, a mieszanina umieszczona jest w górnej części kolumny, a następnie pod wpływem siły ciężenia kierowana jest ku dołowi kolumny.

Przybliżmy teraz zasady działania chromatografii bibułowej. Jest ona najłatwiejsza do wykonania oraz przynosi szybko widoczne efekty. Wszystkie opisane poniżej właściwości chromatografii bibułowej są również prawdziwe dla chromatografii cienkowarstwowej.

Wykorzystuje się w niej bibułę chromatograficzną jako fazę nieruchomą, która posiada silne właściwości adsorbcyjne (ma bardzo silne działanie zatrzymujące cząsteczki na swojej powierzchni), dzięki czemu dobrze rozdziela substancje o różnych właściwościach. Faza ciekła w chromatografii bibułowej określana jest również jako układ rozwijający. W wielu technikach chromatograficznych wykorzystuje się dwa zjawiska: podziału substancji między dwie różne fazy ciekłe – obowiązuje tu prawo podziału Nernsta i adsorpcji substancji na nośniku, czyli fazy stacjonarnej. Taka sama sytuacja ma miejsce w przypadku chromatografii bibułowej.



Prawo podziału Nernsta albo krótko **prawo podziału** określa sposób, w jaki dowolna substancja chemiczna (substancja rozpuszczona) ulega podziałowi pomiędzy dwa nie mieszające się rozpuszczalniki tak, że w stanie równowagi stosunek stężeń substancji rozpuszczonej w tych dwóch rozpuszczalnikach jest stały w danej temperaturze i nie zależy od ogólnego stężenia substancji.

Technika chromatografii bibułowej łączy w sobie te dwa zjawiska, ponieważ polega na poruszaniu się substancji chromatografowanych z różną prędkością wraz z ciekłą fazą ruchomą przez ciekłą warstwę stałego adsorbenta, którym jest bibuła.

Dzięki chromatografii jesteśmy w stanie rozdzielać substancje rozpuszczone w roztworze, a w efekcie poznać skład chemiczny roztworu, np. rozdzielać

Karta pracy

Zadanie 1.

Sprawdź czy foton o częstotliwości $\nu = 2,5 \cdot 10^{15}$ Hz wywoła zjawisko fotoelektryczne zewnętrzne w metalu, którego praca wyjścia $W = 2,3$ eV. Foton jest w stanie wybić elektron z metalu, jeśli praca wyjścia elektronu z metalu W jest mniejsza od E_f . Odpowiedź uzasadnij.

$$Wzór na energię fotonu: E_f = h\nu$$

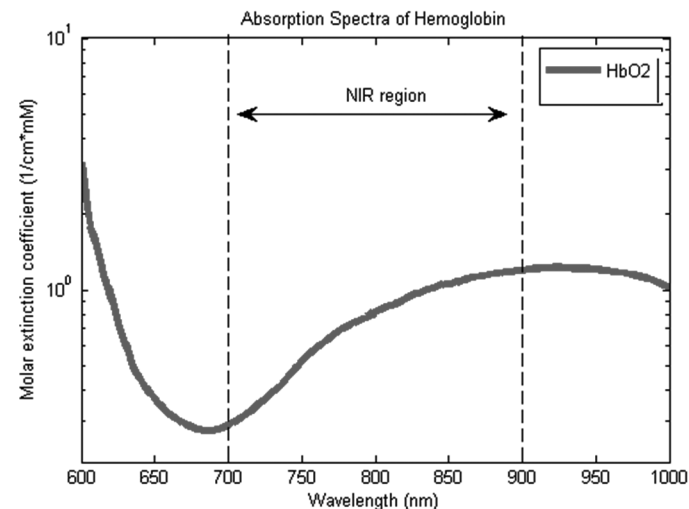
$$\text{Stała Plancka: } 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$$

$$1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

Zadanie 2.

Na wykresie przedstawiono absorpcję fal świetlnych hemoglobiny przy użyciu spektroskopu. Na podstawie wykresu określ:

1. Jakie długości fal przedstawione są na wykresie:
 - a. Światło widzialne
 - b. Bliska podczerwień i część światła widzialnego
 - c. Ultrafiolet
 - d. Bliski fiolet i część światła widzialnego
2. Jaka długość fali przedstawiona na wykresie jest absorbowana w najmniejszym stopniu. Określ jaki kolor będzie miał podany związek biorąc pod uwagę tylko wykres.

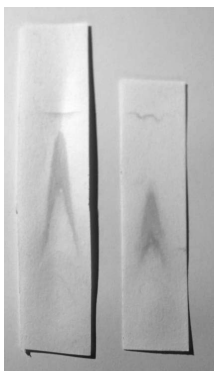


Instrukcja wykonania:

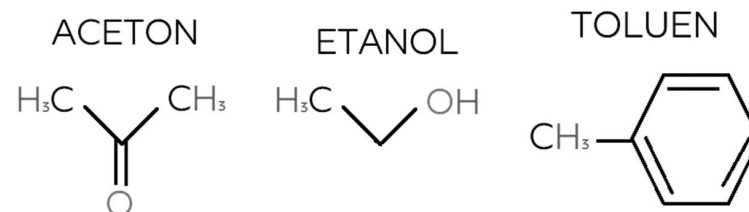
1. Ekstrakcja barwników syntetycznych z liścia.
 - a. Ręcznie, przy pomocy noża lub moździerza należy rozdrobnić liść i umieścić go w zlewce
 - b. Zalać liść etanolem
 - c. Umieścić zlewkę w łaźni wodnej. Zawartość zlewki należy mieszać i rozdrabniać podczas łaźni, co znacząco przyspieszy proces ekstrakcji. Gotowy ekstrakt powinien mieć intensywnie zieloną barwę (lub żółtą, żółtopomarańczową w przypadku liścia jesiennego). Proces trwa około pięciu minut.
 - d. Ekstrakt należy przesączyć do osobnego naczynia przez sączonek tak, aby w gotowym ekstrakcie nie znajdowały się pozostałości liścia.
2. Przy pomocy pipety pasteurera należy nanieść ekstrakt na pasek bibuły chromatograficznej, około 1 cm od jego dolnej krawędzi. Po nałożeniu kropli należy odczekać około pół minuty intensywnie machając paskiem, aby wysuszyć etanol.
3. Pasek należy lekko zagiąć w taki sposób, aby pasek mógł swobodnie opierać się o brzeg zlewki i nie przylegać do niego.
4. Należy przygotować eluent, którego ilość wyniesie około 5 ml. Proporcje to 10:1 benzyna ekstrakcyjna i aceton.
5. Pasek bibuły z naniesionym ekstraktem należy włożyć do zlewki. Proces chromatografii trwa około 10 minut.
6. Wyciągnąć pasek i porównać go z dołączoną do zestawu skalą barwną.

Oczekiwany wynik:

Ekstrakt rozdzielił się na cztery pasma – jasno i ciemno zielony, żółty i pomarańczowy. Ze względu na gatunek rośliny, jej wiek oraz porę roku proporcje między barwnikami mogą znacznie się różnić.



barwniki zawarte w liściach roślin. Oprócz bibuły i badanej mieszaniny potrzebny jest również odpowiedni eluent. Jego dobór zazwyczaj zależy od rozdzielanych substancji i często aby wybrać odpowiednią fazę ciekłą należy wykonać wiele prób. Do najczęściej używanych eluentów należą:



Część pokazowa

W naszym zestawie zawarliśmy kilka najpopularniejszych barwników spożywczych używanych na co dzień w przemyśle spożywczym. Różnią się od siebie kolorami, ale również masą cząsteczkową, budową i prędkością poruszania się po fazie stałej, czyli bibule. Przygotowanie stanowiska badawczego dla uczniów omówimy na podstawie modelowego przykładu mieszaniny błękitu brylantowego i czerwieni koszełkowej (takie same właściwości posiada również zieleń pistacjowa i czerwień brzoza kakaowy).

Należy zadbać o własne bezpieczeństwo i higienę pracy zakładając rękawiczki jednorazowe (barwniki są ciężkozmywalne, a używane eluenty potencjalnie toksyczne). Przed przystąpieniem do doświadczenia należy zadbać o porządek miejsca pracy. Do eksperymentu będą potrzebne następujące elementy:

- Zlewka
- Pasek bibuły chromatograficznej 1,5cm x 15 cm
- Pipeta pasteurera
- Wybrane barwniki (w tym przypadku czerwień koszełkowa i indygotyna, zieleń pistacjowa lub brzoza kakaowy)
- Eluent (benzyna ekstrakcyjna i aceton w proporcji objętościowej 4:1)

Do zlewki wlewamy ok. 5 ml eluentu. Używając pipety pasteurera ostrożnie umieszczamy kroplę barwnika (lub po jednej kropli w przypadku czerwieni i indygotyny).

Dla lepszego efektu wizualnego można wcześniej umieścić po kropli używanych barwników w próbówce i wstrząsnąć, aby otrzymać mieszaninę jednorodną, a tak przygotowany roztwór wkroplić na pasek bibuły. Intensywnie machać do wysuszenia kropli barwnikowej. Umieścić bibułę w eluencie. Kropla z roztworem powinna znajdować się ponad linią eluentu. Następnie należy odczekać ok. 10 minut do rozdzielenia się faz.

Karta pracy – chromatografia

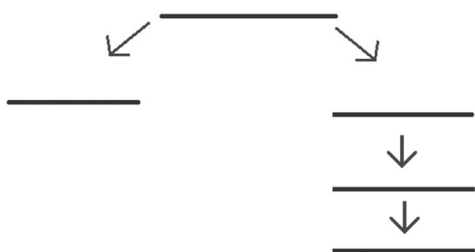
Imię i nazwisko: _____ Klasa: _____

Nr w dzienniku: _____

Zadanie 1.

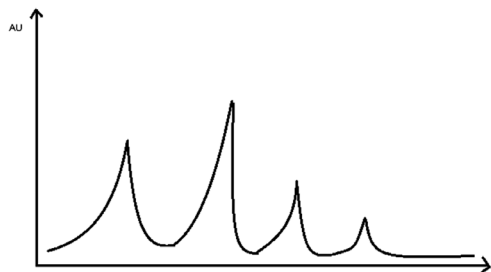
Uzupełnij schemat używając podanych określeń:

- chromatografia gazowa
- chromatografia planarna
- chromatografia bibułowa
- chromatografia cieczowa
- chromatografia



Zadanie 2.

Jednym z czynników wpływających na prędkość rozsuwania się składników mieszaniny jest wielkość cząsteczek. Większe cząsteczki wolniej przeciskają się przez fazę stacjonarną, przez co ich prędkość maleje. Podczas chromatografii kolumnowej białek dokonano pomiaru wyników i przedstawiono je przy pomocy chromatogramu. Określ które z białek posiada największe cząsteczki zakładając, że masa rośnie wprost proporcjonalnie do masy cząsteczki.



- a) Substancja A – 947 g/mol b) Substancja B – 737 g/mol
c) Substancja C – 1325 g/mol d) Substancja D – 1124 g/mol

mieszanie tych substancji. Pełen opis wykonania doświadczenia znajduje się w części laboratoryjnej. Technika chromatografii jest bardzo istotnym narzędziem do analizy chemicznej, ponieważ pozwala rozdzielić substancje, na przykład barwniki fotosyntetyczne, które następnie można poddać dalszej analizie w celu dokładniejszej identyfikacji substancji.

Chlorofile i karotenoidy (ksantofile i karoteny) są substancjami niepolarnymi, słabo rozpuszczają się w wodzie, natomiast doskonale rozpuszczają się w acetonie i alkoholu etylowym, których użyjemy do wyekstrahowania ich z liścia. Ekstrakcja jest techniką chemiczną polegającą na przedyfundowaniu związków do cieczy lepiej je rozpuszczających. W chloroplastach roślin rozpuszczalnikiem jest woda, która wykazuje mniejsze zdolności rozpuszczania barwników fotosyntetycznych niż alkohol, do którego za sprawą dyfuzji przedostaną się barwniki. Wyizolowane barwniki można następnie rozdzielić przy pomocy chromatografii, na przykład bibułowej. Eluentem, który zostanie użyty jest mieszanina benzyny ekstrakcyjnej i acetonu w proporcji 10:1. Dzięki siłom kapilarnym eluent „ciągnięty” jest do góry po pasku bibuły wymywając znajdujące się na nim chlorofile i karotenoidy o budowie niepolarnej. Bibuła chromatograficzna posiada silne właściwości adsorbcyjne (zatrzymuje na swojej powierzchni związki). Na barwniki działają wtedy dwie siły – adsorbcyjna i kapilarna. Adsorbcyjna stara się zatrzymać je na powierzchni bibuły, zaś kapilarna ciągnie je do góry rozpuszczone w eluencie. Im bardziej niepolarna substancja rozpuszczona, tym dalej w górę wędrują związki, ponieważ są lepiej rozpuszczalne w niepolarnych eluentach. Przed wykonaniem doświadczenia należy zebrać liście. Najlepszym rozwiązaniem jest przydzielenie każdemu zespołowi jednego, konkretnego liścia (rośliny światłolubnej, cienia lubnej, młodego liścia i starego, jeżeli jest możliwość, to również liścia jesiennego). Dzięki temu można porównać wyniki i wysnuć ciekawe wnioski.

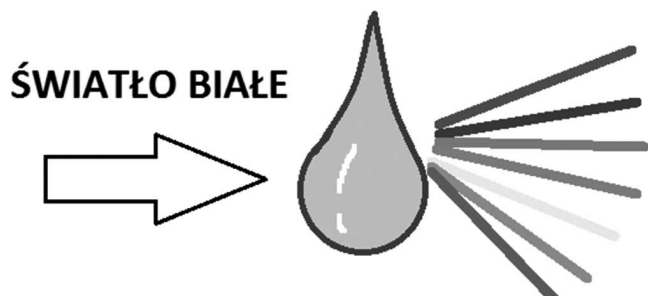
CZĘŚĆ DOŚWIADCZALNA

Chromatografia barwników fotosyntetycznych

Potrzebne odczynniki i szkło laboratoryjne na jeden zespół (do trzech osób):

- Alkohol etylowy ok. 5 ml
- Aceton ok. 0,5 ml
- Benzyna ekstrakcyjna ok. 4,5 ml
- Sączek
- Zlewka 3 szt.
- Miska z gorącą wodą
- Pasek bibuły chromatograficznej
- Pipeta pasteurowska 3 szt.
- Liść dowolnej rośliny

wierzchni chlorofilu, stąd jego zielonkawe zabarwienie. Światło widziane składa się z siedmiu podstawowych kolorów, które można zauważyć na przykład podczas rozpraszania światła w kroplach deszczu, zjawisko które wtedy obserwujemy nazywane jest tęczą. Krople wody nie pochłaniają jednak światła, tylko załamują je, podobnie jak pryzmat, dlatego po rozszczepieniu światła widać wszystkie sześć podstawowych elementów składowych, za które odpowiadają różne długości fal. Gdyby krople deszczu pochłaniały na przykład fotony o długości fal odpowiadających za światło zielone i żółte tęcza byłaby fioletowo-czerwona.



Cząsteczkowa budowa światła jest bardzo istotna jeśli chodzi o biologiczne znaczenie chlorofilu. Padające na chlorofil światło czerwone sprawia, że cząsteczka chlorofilu przechodzi do pierwszego stanu wzbudzonego. Foton o „niebieskiej” długości fali sprawia, że cząsteczka przechodzi w drugi stan wzbudzenia. Następnie stany wzbudzenia przekazywane są aż do centrum reakcji, w którym znajduje się magnez. Z niego wybijany jest elektron (zjawisk fotoelektryczne, które stanowi dowód cząsteczkowej budowy światła), który zostaje następnie zużyty do wyprodukowania w wielu procesach następczych adenozynotrójfosforanu, wysokoenergetycznej cząsteczki, dzięki której możliwy jest dalszy proces fotosyntezy. Opisany mechanizm to tak zwana faza jasna fotosyntezy, w wyniku której oprócz ATP powstaje NADPH (dinukleotyt nikotynoamidoadeninowy, substancja, która przenosi elektrony między cząsteczkami) i cząsteczkowy tlen.

Barwy substancji są bardzo ważne dla naukowców, dzięki nim mogą łatwo identyfikować związki i ich skład. Postępując się dalej przykładem fotosyntezujących organizmów zotanie omówiony rozdział poszczególnych barwników odpowiedzialnych za fotosyntezę w komórce roślinnej. Oprócz chlorofilu, którego wyróżniamy dwa rodzaje (a i b, odpowiedzialne za pochłanianie różnych długości fal świetlnych) w chloroplastach znajduje się również barwnik żółty – ksantofil oraz karoteny – barwne substancje z grupy karotenoidów i zabarwieniu od żółtego do czerwonego, które wiążą reaktywne rodniki tlenu podczas fotosyntezy, które mogłyby uszkodzić komórki roślinne. Aby dokonać analizy barwników komórki roślinnej należy wyekstrahować barwniki z komórki roślinnej, a następnie przy pomocy chromatografii rozdzielić

Zadanie 3.

Dokonując ekstrakcji barwników fotosyntetycznych przy pomocy etanolu zauważono, że chlorofil wykazuje dużo większe powinowactwo do etanolu niż wody. W otrzymanym ekstrakcie o objętości 5 ml znalazło się 0,0007g chlorofilu a, zaś w w pozostałościach liścia rośliny stężenie chlorofilu a spadło do 0,0000051g/ml. Przy założeniu, że masa 1 mola chlorofilu a = 1,093g/cm³ przy pomocy prawa podziału Nernsta:

$$K_x(12) = [x_1] / [x_2], \text{ gdzie:}$$

$K_x(12)$ – stała podziału substancji x między dwa roztwory

x_1 – stężenie molowe substancji x w roztworze pierwszym

x_2 – stężenie molowe substancji x w roztworze drugim

oblicz stałą podziału chlorofilu a dla roztworu wodnego i alkoholu etylowego.

Wiedząc, że chlorofil jest substancją niepolarną wytłumacz dlaczego gorzej rozpuszcza się w wodzie.

Zadanie 4.

Wykorzystując dowolne barwniki i eluenty załączone w zestawie wykonaj doświadczenie laboratoryjne polegające na chromatografii wybranych odczynników. Stwórz schemat doświadczenia poniżej. Zapisz obserwacje oraz wnioski. Przed wykonaniem doświadczenia zapoznaj się z poniższymi zadaniami oraz rozwiąż je po wykonaniu doświadczenia. Instrukcja wykonania:

1. Do zlewki wlać ok. 10 ml dowolnego eluentu/ich mieszaniny.
2. Na pasek bibuły chromatograficznej wkroplić dowolne barwniki zawarte w zestawie w taki sposób, aby krawędź kropli znajdowała się przynajmniej centymetr od dolnej krawędzi paska.
3. Intensywnie machać paskiem w celu osuszenia kropli z roztworami barwników. Po przesuszeniu zgiąć go wzdłuż osi pionowej.
4. Ostrożnie włożyć pasek do eluentu, włączyć stoper i odczekać do momentu, aż eluent dotrze do górnej krawędzi paska. Bacznie obserwować przebieg doświadczenia.

1. Na podstawie uzyskanych wyników wyznacz wartość R_f – iloraz odległości przebytej przez substancję rozdzielaną przez odległość przebytą przez czoło eluentu (układu rozwijającego).

$$R_f = t_s / t_g$$

t_s – czas zatrzymania się górnej krawędzi barwnika

t_g – czas przejścia eluentu przez papierek

2. Oblicz współczynnik retencji k – stosunek czasu, w którym substancja przebywa w fazie stacjonarnej do czasu, w którym przebywa w fazie ruchomej – dla każdego użytego barwnika w doświadczeniu.

$$k = (1 - R_f) / R_f$$

3. Oblicz współczynnik rozdzielania α wyrażający stosunek wartości współczynników retencji (k) substancji dających sąsiadujące ze sobą barwy na pasku.

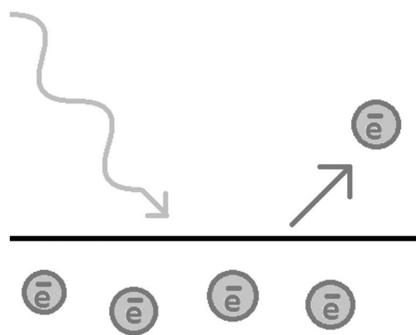
$$\alpha = k_{n+1}/k_n$$

k_{n+1} – współczynnik retencji k barwnika „wyżej”

k_n – współczynnik retencji k barwnika „niżej”

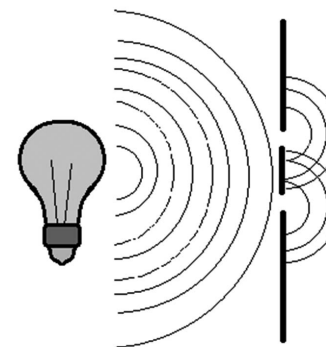
Chromatografia barwników fotosyntetycznych

Wszystkie nauki przyrodnicze są ze sobą ściśle powiązane. Czy tego chcemy czy nie, bycie dobrym chemikiem opiera się również na wiedzy z zakresu fizyki i biologii, a szczególnym przypadkiem przecinania się tych trzech nauk jest proces fotosyntezy zachodzący w chloroplastach komórek roślinnych. Żeby poznać dogłębnie chemiczne właściwości substancji odpowiedzialnych za fotosyntezę należy zacząć od samego początku, czyli od fizyki, a konkretnie od teoretycznej strony powstawania kolorów. Co sprawia, że krew jest czerwona, a trawa zielona? Odpowiedź znajduje się w jednej z najbardziej tajemniczych cząsteczek jakie do tej pory udało się zaobserwować ludzkości – w świetle. Cząsteczka jest bardzo dużym uproszczeniem tego, co do tej pory wiemy o fotonach, czyli tworcach odpowiedzialnych za powstawanie jakiegokolwiek światła – słonecznego, elektrycznego, chemicznego i tak dalej. Obecnie przyjmuje się, że fotony posiadają budowę dualistyczną – korpuskularno-falową, co w praktyce oznacza, że w zależności od wykonywanych obserwacji można wysnuć dwojakie wnioski dotyczące ich budowy. Badając wpływ światła na metal Heinrich Hertz zauważył, że fotony wybijają elektrony z cząsteczek metali, a ilość wybijanych elektronów rośnie wraz ze wzrostem natężenia światła, ale energia wybitego elektronu zależy od długości fali światła, która na niego padła. Takiego efektu nie mogła wywołać fala, tylko cząsteczka, która uderzając w elektron jest w stanie go wybić.



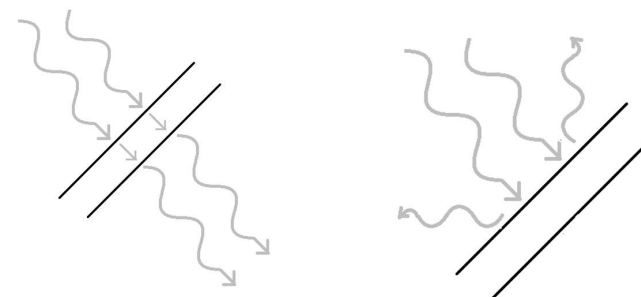
Z drugiej strony wiemy, że fotony ulegają zjawisku interferencji, to znaczy w wyniku nałożenia na siebie takich samych fal dochodzi do wzmocnienia

lub wygaszenia pewnych obszarów fali wynikowej, możemy ją obserwować na przykład podczas opadu deszczu na tafli wody, kiedy fale wytworzone przez krople deszczu nakładają się na siebie i wzmacniają lub zanikają. Zjawisko interferencji fal świetlnych przedstawiono na rysunku poniżej.



Cząsteczki nie są w stanie oddziaływać tak z materią, czego wynikiem jest wniosek, że fotony są falą. Dochodzimy do konkluzji – foton to zarówno cząsteczka jak i fala. Jest to niesamowicie ważna informacja, ponieważ pozwala wyjaśnić zjawisko powstawania kolorów. Jak się to dzieje?

Fotony natrafiając na materię mogą przez nią swobodnie przechodzić (ciała przezroczyste) lub rozprzasa się na jej powierzchni (ciała nieprzezroczyste).



W przypadku jednych i drugich można zaobserwować proces powstawania barw widzialnych, na przykład zielony kolor liści roślin. Foton natrafia na cząsteczkę chlorofilu a zawartego w chloroplastach liścia i zostaje pochłonięty. Jednak mowa tu o fotonach, które posiadają konkretną długość fali, w tym przypadku najczęściej absorbowane są fotony o długości fali 430 nm i 662 nm. Patrząc na skalę barwną długości fal można łatwo zauważyć, że pochłanianie jest światło głównie czerwone i niebieskie, a w najmniejszym stopniu światło zielone. Fotony o długości fal światła zielonego zostają rozproszone na po-