

„Doświadczenia skutków rzeczy pod zmysły podpadających ...” – włoskowatość, aerodynamika i rozpraszanie światła

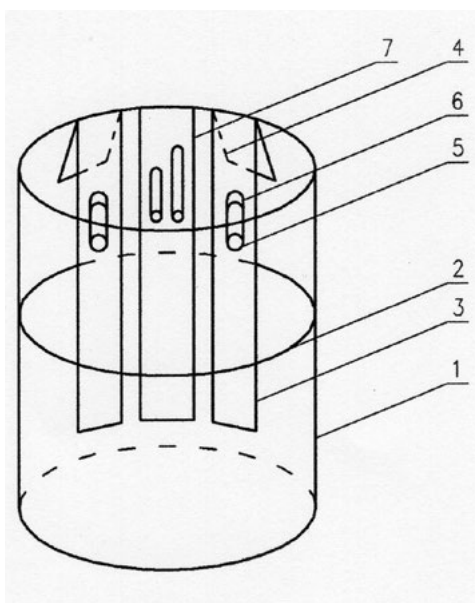
Stanisław Bednarek

W artykule jest opisanych kilka doświadczeń, dotyczących zjawisk zaliczanych do różnych działów fizyki. Doświadczenia te mają wspólną cechę, polegającą na tym, że mogą być łatwo przeprowadzone przy użyciu przedmiotów codziennego użytku. Ważną cechą zjawisk, których dotyczą opisane doświadczenia są również ich widowiskowe i interesujące wyniki. Dlatego te doświadczenia warto zaproponować do wykonania zarówno przez nauczyciela podczas lekcji, jak również samodzielnie przez uczniów.

Włoskowatość na kolorowo

Zjawisko włoskowatości kojarzy się zwykle z cienkimi rurkami szklanymi. Tym razem stanie się inaczej, a poza tym wartością dodaną doświadczeń będzie jeszcze jeden efekt, polegający na rozdzielaniu związków chemicznych o różnych barwach. Ten efekt ma ważne zastosowanie w chemii analitycznej i nazywa się chromatografią bibułową. Do doświadczenia zostanie wykorzystany niewielki słoik, kilka pasków bibuły filtracyjnej, kolorowe pisaki i ciecz (Rys. 1). Paski powinny mieć szerokość ok. 1,5 cm i długość ok. 10 cm. Zamiast bibuły filtracyjnej może być biały papier, np. do drukarek. Papier nie powinien być zbyt twardy i gładki.

Fragmenty pasków papieru należy zagiąć, tak żeby dało się je zawiesić na górnym brzegu słoika. Dolny koniec paska, znajdujący się wewnątrz słoika, powinien dotykać jego dna, a drugi koniec zwiisać na zewnątrz. Na kawałku paska, który będzie umieszczony wewnątrz słoika, należy



Rys. 1. Budowa układu do chromatografii bibułowej; 1 – słoik, 2 – ciecz, 3 – pasek bibuły filtracyjnej lub papieru, 4 – zagięta część paska, 5 – plamki barwnika, 6 – smugi barwnika, 7 – pasek kontrolny.



Fot. 1. Barwne smugi otrzymane w jednym z doświadczeń z chromatografii bibułowej.

wykonać w tym samym miejscu kilka kropek, używając do tego celu pisaków. Kropki powinny być wykonane w tym samym miejscu, tzn. jedna na drugiej, w wyniku przyłożenia i przytrzymania końców pisaków o różnych barwach przez kilkadziesiąt sekund.

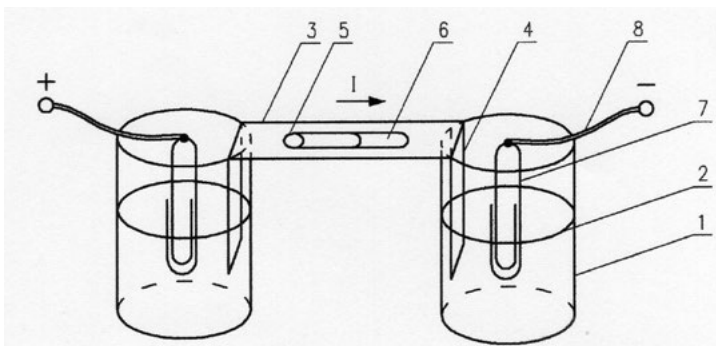
Można też przygotować pasek kontrolny, na którym kropki o różnych barwach będą obok siebie, ale w tej samej odległości od końca paska. Po tym paski należy zawiesić na górnym brzegu słoika i ostrożnie nalać do niego cieczy. W przypadku pisaków wodoodpornych będzie to alkohol etylowy, a przypadku zwykłych pisaków wystarczy woda. Górny poziom cieczy powinien być ok. 1 cm poniżej kropek.

Układ doświadczalny, przygotowany zgodnie z podanym opisem należy pozostawić w spokojnym miejscu na kilkadziesiąt minut. Po tym czasie na paskach będą dobrze widoczne barwne smugi skierowane od kropek pionowo w górę (fot. 1). Smugi o różnych barwach mają różne długości. Na pasku kontrolnym smugi znajdują się obok siebie. Na paskach, na których kropki były wykonane w tym samym miejscu, smugi o jednych barwach wyglądają tak, jakby wychodziły ze smug o innych barwach. Różna długość barwnych smug wynika z różnej szybkości rozchodzenia się substancji, tworzących poszczególne barwy w wykonanych kropkach.

Decydujące znacznie ma tutaj efekt włoskowatości, zachodzący w mikroszczelinach między włóknami zawartymi w papierze [1]. Dzięki temu możliwe jest rozdzielanie związków chemicznych, wchodzących w skład mieszanin i ewentualne poddanie ich dalszym, dokładniejszym badaniom, np. analizie spektralnej [2]. Jak wspomniano wcześniej, ta metoda nazywa się chromatografią bibułową. Do opracowania tej metody w istotny sposób przyczynił się rosyjski chemik i biolog Michaił Cwiet, który również podał prawidłową interpretację jej wyników i nadał nazwę. Cwiet prowadził badania w Warszawie na Politechnice i w Uniwersytecie w pierwszych latach XX w. Nomen omen, warto dodać, że słowo Cwiet w języku rosyjskim oznacza kolor.

Do rozdzielania mieszanin różnych substancji chemicznych można też wykorzystać przepływ prądu elektrycznego przez układ zbudowany podobnie, jak do chromatografii. Zjawisko, które będzie wówczas zachodziło nazywa się elektroforezą. Układ przeznaczony do przeprowadzenia elektroforezy jest pokazany na Rys. 2. W dwóch małych naczyniach szklanych – mogą to być zlewki lub kieliszki, są umieszczone zagięte końce paska bibuły lub papieru z kropką zaznaczonym na nim przy użyciu kilku pisaków o różnych barwach. Pasek jest podobny, jak poprzednio, kropka zaznaczona na środku jego poziomej części. Po wykonaniu kropki pasek należy zwilżyć wodnym roztworem soli kuchennej.

Ten sam roztwór wlewa się też do obu naczyń do takiej wysokości, żeby oba zagięte końce paska były w nim zanurzone. Na ścianki naczyń trzeba jeszcze nałożyć duże spinacze biurowe, których dolne końce też powinny być za-



Rys. 2. Budowa układu do elektroforezy; 1 – zlewka lub kieliszek, 2 – elektrolit, 3 – pasek bibuły filtracyjnej lub papieru, 4 – zagięta część paska, 5 – plamki barwnika, 6 – smugi barwnika, 7 – duży spinacz biurowy, 8 – przewód, 1 – natężenie prądu.

nurzone w roztworze. Do górnych części tych spinaczy są przymocowane końce przewodów w izolacji, przyłączone do źródła prądu stałego o napięciu kilku V. Tym źródłem mogą być 2-3 okrągłe baterijki, tzw. „paluszki”, umieszczone w odpowiednim pojemniku, który kosztuje kilka zł. i jest dostępny w sklepach z artykułami elektronicznymi.

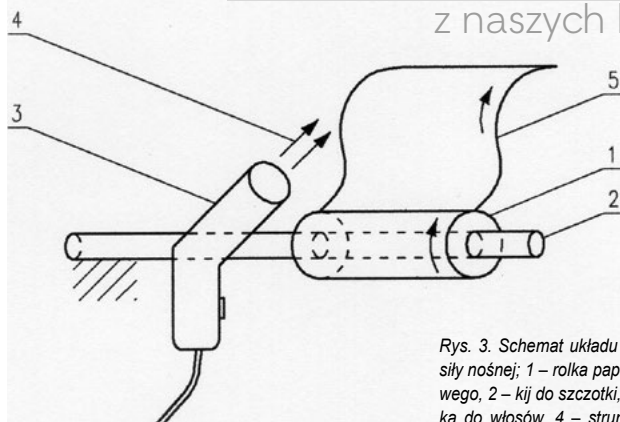
Wodny roztwór soli kuchennej jest elektrolitem i umożliwia prąd elektryczny przez zwilżony nim pasek. Podczas tego przepływu są również przenoszone cząsteczki substancji, które zostały użyte do zaznaczenia kropki. Szybkość tego transportu jest różna dla różnych cząsteczek i zależy m.in. od ich właściwości fizykochemicznych. Podczas przepływu prądu elektrycznego w pasku istnieje pole elektryczne, które oddziałuje na cząsteczki i powoduje ich ruch. Skutkiem tego po pewnym czasie można zaobserwować smugi o różnych barwach, co wskazuje na rozdzielanie różnych substancji, podobnie jak w przypadku chromatografii bibulowej.

Należy wspomnieć, że czasem pole elektryczne, wpływające na ruch cząsteczek w celu ich rozdzielania mieszanin, zastępuje się polem magnetycznym. Zachodzi wtedy zjawisko nazywane magnetoforezą, ale jest trudniejsze do zaobserwowania, ponieważ wymaga dość silnych pól magnetycznych, utrzymywanych przez czas kilkudziesięciu minut.

Aerodynamika papieru toaletowego

Siła nośna ma podstawowe znaczenie w aerodynamice, ponieważ zabezpiecza przed spadaniem heterodyny, czyli obiekty latające mające średnią gęstość większą od gęstości powietrza. Wytworzenie siły nośnej można w uproszczeniu wyjaśnić stosując prawo Bernoulliego. Gdy odpowiednio wyprofilowany płat, np. skrzydło, jest opływane przez strumień powietrza, to ciśnienie powietrza nad płatem jest mniejsze, niż pod nim. Różnica tych ciśnień scałkowana po powierzchni płata daje siłę nośną. Żeby taka różnica się pojawiła, prędkość powietrza na płacie musi być większa, niż pod nim. W tym celu płatom nadaje się odpowiedni profil i są one bardziej wypukłe po stronie górnej, niż od dołu. Strumień powietrza nad płatem ma wtedy do pokonania dłuższą drogę, niż pod nim i musi poruszać się wolniej. Dzięki temu pojawia się siła nośna.

Do wytworzenia siły nośnej będą potrzebne suszarka do włosów i rolka papieru toaletowego. Rolka może być umieszczona na wieszaku bez obudowy, ale lepiej nałożyć ją luźno na poziomo zamocowany pręt, np. kij do szczotki przywiązany do oparcia krzesła. Suszarkę można zastąpić inną, niewielką dmuchawą, np. opalarką, oczywiście z wy-



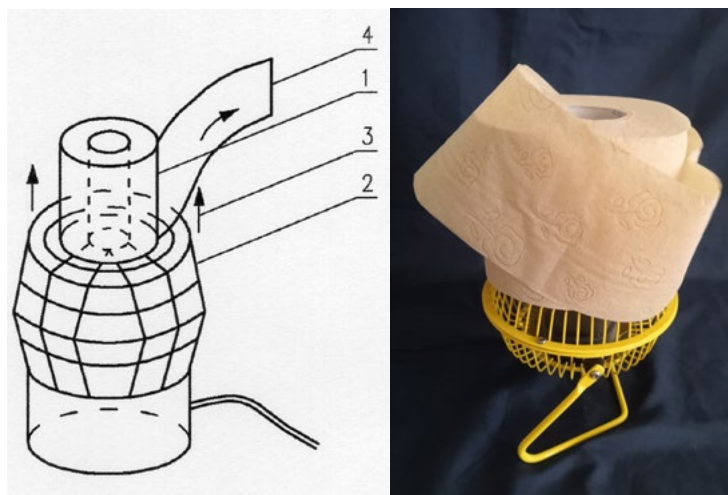
Rys. 3. Schemat układu do badania siły nośnej; 1 – rolka papieru toaletowego, 2 – kij do szczotki, 3 – suszarka do włosów, 4 – strumień powietrza, 5 – unoszony fragment papieru toaletowego.



Fot. 2. Rozwijający i unoszący się papier toaletowy.

łączonym nagrzewaniem. Z rolki trzeba usunąć zewnętrzną warstwę papieru, zabezpieczającą przed rozwijaniem i oderwać przyklejony koniec papieru. Strumień powietrza z dmuchawy należy skierować na rolkę ukośnie ku górze. Prędkość powietrza powinna być zgodna z kierunkiem nawinięcia papieru. Obserwuje się wówczas obrót rolki i odwijanie papieru, który jest unoszony ku górze wraz ze strumieniem powietrza (Fot. 2). Rolka zachowuje się podobnie, jak wirnik turbiny i chociaż nie ma łopatek to jest wprawiana w ruch obrotowy przez oddziaływanie strumienia powietrza z powierzchnią papieru za pośrednictwem sił lepkości.

Inny wariant tego doświadczenia przedstawia Rys. 4. W tym wariantcie rolka papieru toaletowego została ustawiona pionowo na środku osłony śmigła wentylatora



Rys. 4. Inny wariant układu do badania siły nośnej; 1 – rolka papieru toaletowego, 2 – osłona śmigła wentylatora, 3 – strumień powietrza, 4 – unoszony fragment papieru toaletowego.

Fot. 3. Inna wersja doświadczenia pokazującego odwijanie i unoszenie papieru toaletowego na małym wentylatorze.

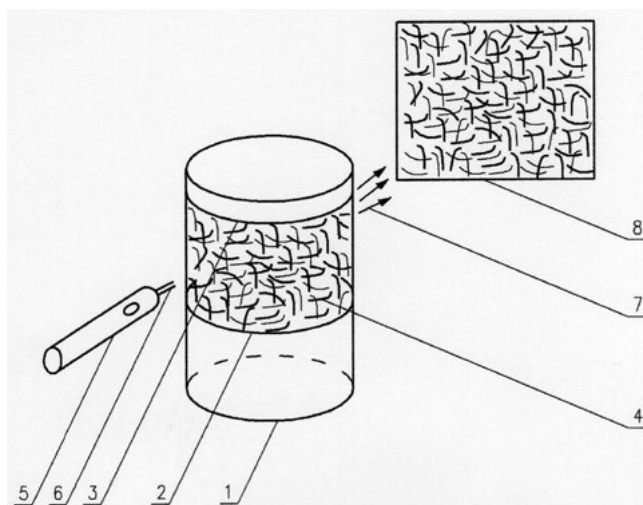
wykonanej z drutów. Średnica osłony powinna wynosić ok. 30-40 cm, a osłona ustawiona poziomo, tak żeby strumień powietrza opływał rolkę z boków. Można też wykorzystać wentylator o mniejszej średnicy z podobną osłoną śmigła, ale wtedy średnica rolki papieru też powinna być mniejsza. Najprostszym sposobem jest wykorzystanie w tym celu już używanej rolki, na której pozostało niewiele papieru. Rolka nie może być jednak zbyt mała, żeby w całości nie została uniesiona ku górze. W tym wariancie doświadczenia rolka nie obraca się, natomiast obserwuje się odwijanie papieru w kierunku radialnym i unoszenie odwinętej części ku górze (Fot. 3).

Rozpraszanie światła na pianie

Do doświadczenia zostanie wykorzystany niewielki słoik, który należy częściowo napełnić płynem do mycia naczyń lub szamponem, szczelnie zamknąć zakrętką i kilka razy mocno nim potrząsnąć. (Rys. 5). W ten sposób nad powierzchnią płynu w słoiku zostanie wytworzona piana. Słoik z pianą trzeba ustawić w odległości 1-2 m przed zawieszonym pionowo ekranem lub białą ścianą w zaciemnionym pomieszczeniu i skierować na pianę wiązkę światła ze wskaźnika laserowego o dowolnej barwie. Na ekranie pojawi się wówczas interesujący obraz.

Ten obraz jest wynikiem oddziaływania światła z pianą, która ma strukturę komórkową. Ścianki komórek piany mają kształt wielokątów, najczęściej pięcio- lub sześciokątów i są utworzone z cienkich warstewek cieczy, ograniczonych błonami powierzchniowymi. Światło padając na te ścianki ulega załamaniu, odbiciu, a następnie dyfrakcji i interferencji oraz jest też w niewielkim stopniu pochłaniane.

Skutkiem tych złożonych oddziaływań na ekranie pojawia się obraz o interesujących walorach poznawczych i estetycznych (Fot. 4). W wyniku działania siły ciężkości cieczy wewnątrz ścianek, rozdzielających komórki spływa w dół i ścianki pękają. W ten sposób komórki łączą się ze sobą i piana powoli zanika. Dlatego obraz na ekranie też ulega zmianom (Fot. 5). Jeszcze ciekawsze efekty można uzyskać



Rys. 5. Schemat układu do badania rozpraszania światła na pianie; 1 – słoik, 2 – płyn do mycia naczyń lub szampon, 3 – zakrętka, 4 – piana, 5 – wskaźnik laserowy, 6 – wiązka światła padającego, 7 – światło rozproszone, 8 – ekran lub ściana do obserwacji efektów rozpraszania.

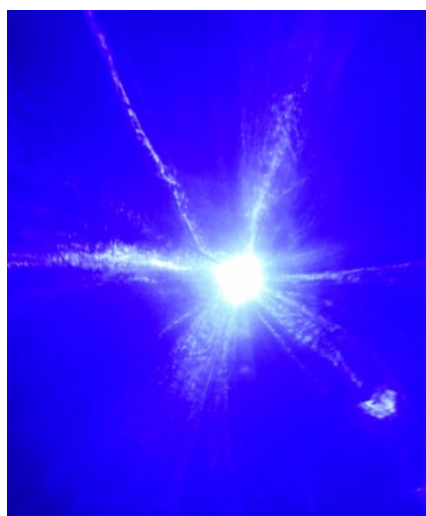
po skierowaniu na komórki piany wiązki światła laserowego o innej barwie, np. zielonej lub czerwonej (Fot. 6).

Można też skierować w ten sam obszar piany światło laserowe jednocześnie z trzech wskaźników o barwie czerwonej, zielonej i niebieskiej. To doświadczenie dobrze nadaje się na temat konkursu dla uczniów, polegającego na otrzymaniu najładniejszego obrazu piany przy użyciu wiązek światła laserowego.

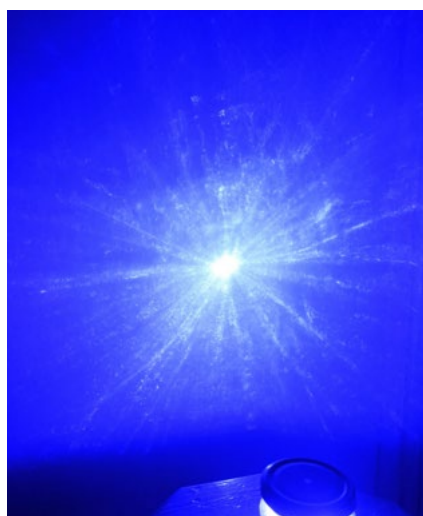
Stanisław Bednarek
Wydział Fizyki i Informatyki Stosowanej
Uniwersytetu Łódzkiego

LITERATURA

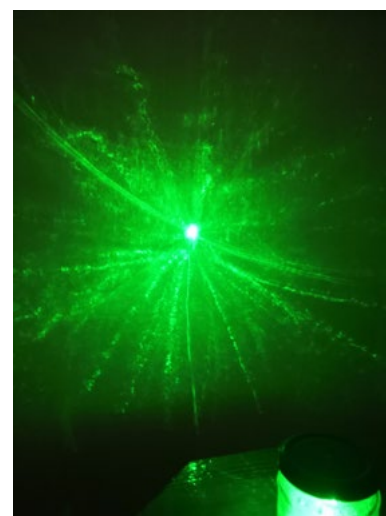
- [1] S. Szczeniowski, Fizyka Doświadczalna, cz. II, Ciepło i fizyka drobinowa, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1971, s. 288.
- [2] G. W. Ewing, Metody instrumentalne w analizie chemicznej, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1967, s. 385.
- [3] S. Szczeniowski, Fizyka Doświadczalna, cz. III, Elektryczność i magnetyzm, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1972, s. 184.
- [4] S. Szczeniowski, Fizyka Doświadczalna, cz. I, Mechanika i akustyka, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1972, s. 509.
- [5] S. Szczeniowski, Fizyka Doświadczalna, cz. IV, Optyka, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1971, s. 216.
- [6] Sojecki, Optyka, Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1985, s. 173.



Fot. 4. Przykład obrazu otrzymanego w wyniku oświetlenia piany wiązką niebieskiego światła laserowego.



Fot. 5. Inny przykład obrazu otrzymanego w wyniku oświetlenia wiązką niebieskiego światła laserowego piany użytej do wykonania fot. 4 po upływie 20 min.



Fot. 6. Przykład obrazu otrzymanego w wyniku oświetlenia piany wiązką zielonego światła laserowego.

W dolnej części fot. 5 i 6 jest widoczna górna część słoika z pianą wytworzoną z płynu do mycia naczyń, fotografie autora.