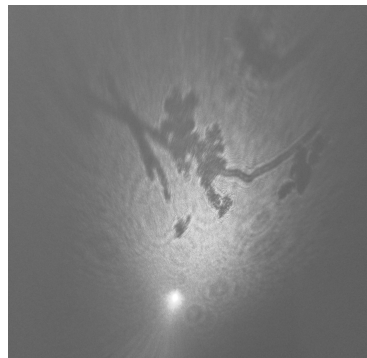
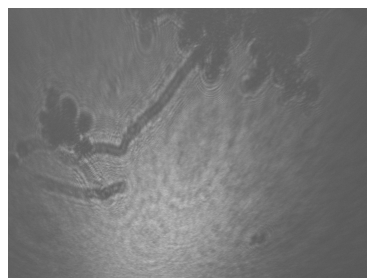


Rys. 1. Budowa mikroskopu:
1 – strzykawka, 2 – tłoczek strzykawki,
3 – obcięta igła strzykawki, 4 – górna
spirala z drutu, 5 – łącznik, 6 – wskaźnik
laserowy, 7 – włącznik wskaźnika,
8 – dolna spirala z drutu, 9 – wspornik,
10 – podstawa, 11 – kropla wody,
12 – wiązka światła laserowego.



Fot. 1. Wygląd najprostszej wersji
zbudowanego mikroskopu.



Fot. 2. Przykłady obrazów uzyskanych za
pomocą mikroskopu z kropli wody.

Mikroskop z kropli wody

Stanisław BEDNAREK

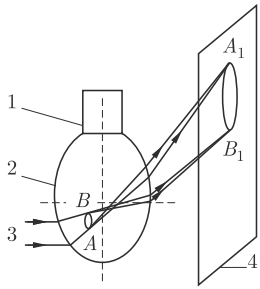
Pierwszy mikroskop optyczny zbudowali Holendrzy Hans i Zachariasz Janssenowie w 1590 r. Ich prototyp powiększał zaledwie dziesięciokrotnie, czyli tyle, ile powiększa obecnie dobrej jakości lupa. Istotnego postępu dokonał ich rodak Antoni van Leeuwenhoek, uzyskując dwustuczterdziestokrotne powiększenie. Gdy obserwował on pod tym mikroskopem kroplę wody, miał powiedzieć, że odkrył w niej życie. My wykorzystamy kroplę wody do zbudowania niezwykle prostego i interesującego mikroskopu.

W tym celu potrzebne będą: wskaźnik laserowy – najlepiej zielony, drut miedziany o średnicy około 1 mm i długości około 1 m, strzykawka jednorazowego użytku o pojemności 2 ml z grubą igłą, arkusz białego papieru, taśma klejąca, klamerka do przypinania ubrań podczas suszenia albo ściskacz do papieru, kleszcze uniwersalne (tzw. kombinerki), trójkątny pilnik do metalu, nożyczki, woda z różnych źródeł – instalacji wodociągowej, butelki z wodą mineralną, oczka wodnego itp.

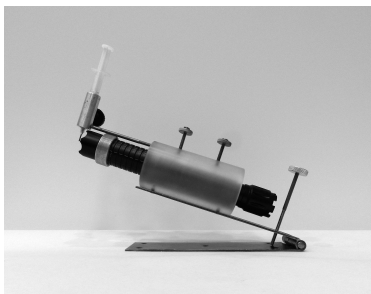
Sposób wykonania mikroskopu przedstawia rysunek 1. Drut miedziany owijamy ciasno kilka razy wokół strzykawki, rozpoczynając nawijanie od jednego z jego końców. Można wykorzystać zarówno drut w izolacji plastikowej lub emaliowej, jak i bez niej. Uzyskujemy w ten sposób górną spiralę, w którą można będzie wsunąć strzykawkę i ustalić jej położenie. Drut miedziany jest dość miękki i cienki, więc spiralę łatwo jest nawinać ręcznie. Następnie odginamy drut kombinerkami i pozostawiamy jego prostoliniowy odcinek (łącznik) o długości kilku centymetrów. Postępując podobnie jak poprzednio, nawijamy dolną spiralę wokół wskaźnika laserowego. Znowu odginamy drut i pozostawiamy kilkucentymetrowy, prostoliniowy odcinek (wspornik). Z pozostałego kawałka drutu wyginamy podstawkę, np. w kształcie trójkąta równobocznego o boku 10–15 cm. W ten sposób wykonaliśmy statyw mikroskopu. Z igły do strzykawki odpiłowujemy ukośnie ścięty koniec, tak żeby otrzymać wylot prostopadły do jej osi. Posługujemy się w tym celu małym, trójkątnym pilnikiem o drobnych nacięciach, zwracając uwagę, żeby do igły nie dostały się opiłki i brzegi jej końca były gładkie. Do strzykawki nabieramy wody, nakładamy na nią igłę i wsuwamy strzykawkę w górną spiralę statywu. W dolną spiralę statywu wsuwamy wskaźnik laserowy. Do ściany przyklejamy arkusz białego papieru, używając w tym celu kawałków taśmy klejącej. Będzie on stanowił ekran do prowadzenia obserwacji. W ten sposób zakończyliśmy montaż mikroskopu. Widok jednego z mikroskopów, wykonanych zgodnie z podanym opisem, przedstawia fotografia 1.

Teraz przystąpimy do uruchomienia i regulacji naszego przyrządu. Powoli naciskamy tłoczek strzykawki, żeby utworzyć kroplę wody zwisającą z dolnego końca igły. Włączamy wskaźnik laserowy na pewien czas – można w tym celu posłużyć się klamerką do przypinania ubrań lub ściskaczem do papieru, które nakładamy na włącznik wskaźnika. Używając wskaźnika laserowego, należy zachować ostrożność i nie kierować wiązki światła w stronę oczu oraz lustrzanych powierzchni. Wiązka światła powinna padać na zwisającą kroplę. Żeby to osiągnąć, zwykle potrzebne jest przesunięcie wskaźnika lub strzykawki w utrzymujących je spiralach albo wygięcie znajdującego się między nimi łącznika. Mikroskop ustawiamy w odległości kilkudziesięciu centymetrów od ekranu, na którym obserwujemy obszar w kształcie zbliżonym do koła, oświetlony w kolorze światła wysyłanego przez laser. Na tym obszarze pojawiają się małe obiekty o nieregularnym kształcie i prążkowanych brzegach. Są one ciemniejsze niż oświetlony obszar i większość z nich porusza się powoli ku górze. Dwa przykłady obrazów, zaobserwowanych przy użyciu zielonego wskaźnika laserowego, pokazane są na fotografiach 2.

Spróbujmy teraz w uproszczeniu wyjaśnić, skąd biorą się te tajemnicze obiekty? W tym celu posłużymy się rysunkiem 2. Wskaźnik laserowy wysyła równoległą



Rys. 2. Uproszczone wyjaśnienie wytwarzania obrazu przez mikroskop; 1 – obcięty koniec igły, 2 – kropla wody, 3 – wiązka światła laserowego, 4 – ekran, AB – przedmiot, A_1B_1 – obraz przedmiotu AB .



Fot. 3. Bardziej uniwersalna wersja mikroskopu zbudowana z zastosowaniem zawiasu i przystosowana do zamocowania wskaźników laserowych o różnych rozmiarach. Widoczny jest tutaj niebieski wskaźnik laserowy o mocy około 1 W.

wiązkę światła, która pada najpierw na powierzchnię kropli znajdującą się bliżej jego otworu wyjściowego. Powierzchnia ta ma bardzo mały promień krzywizny i działa jak soczewka o dużej zdolności skupiającej. Wewnątrz kropli mogą znajdować się kryształki nierozpuszczalnych w wodzie tlenków żelaza (pochodzących ze stalowych rur wodociągowych), glony, pyłki kurzu itp. – zależy to od źródła, z którego została pobrana kropla. Obiekty te są mniej przezroczyste niż woda, a ich rozmiary wynoszą 10^{-3} – 10^{-1} mm. Mniejsza przezroczystość powoduje, że dają one obraz cieniowy. Na ich brzegach i niejednorodnościach zachodzi również dyfrakcja, a dalej interferencja światła. Małe rozmiary tych obiektów i spójność wiązki światła laserowego ułatwiają obserwację powstających przy tym prążków interferencyjnych. Światło dochodzące do powierzchni kropli, znajdującej się dalej od wskaźnika, niesie informację o zawartych w niej obiektach. Powierzchnia ta ma również bardzo mały promień krzywizny i działa jak lupa o dużym powiększeniu. Skutkiem tego na ekranie tworzy się cieniowo-interferencyjny obraz obiektów zawartych w kropli. Obraz ten jest powiększony i odwrócony. Z tego powodu większość widocznych na ekranie obiektów porusza się ku górze, chociaż w kropli one opadają. Przedstawiony sposób tworzenia się obrazów charakteryzuje się dużą czułością. Skutkiem tego widoczne są też prążki odpowiadające zafalowaniu powierzchni kropli wskutek wstrząsów czy ruchom konwekcyjnym w jej wnętrzu. Jeżeli zmierzmy średnicę kropli i obrazu, to możemy obliczyć powiększenie naszego mikroskopu. Im dalej kropla będzie umieszczona od ekranu, tym to powiększenie będzie większe, ale wtedy jasność obrazu zmaleje i obserwacja szczegółów oraz ich sfotografowanie staną się trudniejsze.

Mikroskop, w którym elementy połączone są kawałkiem drutu miedzianego, jest bardzo łatwy do wykonania, ale podczas dłuższej pracy wymaga ponownej regulacji i pasuje tylko do rozmiarów jednego wskaźnika laserowego. Jeżeli chcielibyśmy poeksperymentować ze wskaźnikami o różnych rozmiarach i długościach fali światła, to możemy pokusić się o zbudowanie bardziej uniwersalnej wersji mikroskopu. Można wykorzystać w nim tulejki o większych otworach i duży zawias, który świetnie nadaje się jako gotowy element mocujący i regulacyjny. Wygląd takiej wersji mikroskopu przedstawia fotografia 3. Warto też zauważyć, że zjawisko dyfrakcji światła ogranicza możliwości rozróżniania szczegółów, czyli zdolność rozdzielczą tradycyjnych mikroskopów optycznych. To właśnie zjawisko jest również istotnym czynnikiem decydującym o tworzeniu się obrazu i jego interesujących właściwościach w opisanym tu mikroskopie.

Skąd się bierze długość Plancka?

Michał BEJGER

Niestety, do naszych czasów nie dotrwała żadna z prac Demokryta, a informacje o nich można jedynie czerpać z (najczęściej krytycznych i nie wprost) wzmianek w pismach m.in. Platona i Arystotelesa.

Już około 2500 lat temu Leukip i Demokryt z Abdery wiedzą, że świat składa się wyłącznie z niepodzielnych elementów materii („atomów”) oraz z próżni. Mechanika Newtona (XVII w.) operująca pojęciami absolutnego czasu i absolutnej przestrzeni umożliwia po raz pierwszy w historii jakościowy opis zachowania się cząstek materii (np. planet, a także fotonów uznawanych wówczas za korpuskuły). Faraday i Maxwell (XIX w.) dodają do listy składników świata pojęcie pola (np. pole elektromagnetyczne). Teoria względności Einsteina (XX w.) łączy czas i przestrzeń: dzięki temu na początku minionego stulecia świat składa się z czasoprzestrzeni, cząstek i pól, przy czym pole grawitacyjne zostało powiązane z nieeuklidesową geometrią czasoprzestrzeni. Przełomy związane z mechaniką kwantową (Planck, Bohr, Born, Jordan, Heisenberg, Dirac, Feynman. . .) doprowadzają do kolejnej unifikacji: cząstki są w istocie konsekwencją istnienia pól (kwantami pól). W połowie XX wieku do opisu świata potrzeba więc jedynie kwantowych pól oraz czasoprzestrzeni. Aktualnym wyzwaniem jest zrozumienie, w jaki sposób skwantować pole grawitacyjne: dotychczas było ono bowiem zawsze opisywane przy użyciu klasycznej, choć