

Instrukcja wykonania ćwiczenia - Ruchy Browna

1. Aparatura

Do obserwacji ruchów brownowskich cząstek zawiesiny w cieczy stosujemy mikroskop optyczny Genetic pro wyposażony w kamerę cyfrową połączoną z komputerem.

Podstawowymi zespołami stosowanego mikroskopu są: nasada okularowa (dwuoczną), posiadająca łącznik do kamery cyfrowej, rewolwerowy obiektyw (czterogniazdowy), krzyżowy stolik przedmiotowy, którego łapki służą do mocowania preparatu, przesuwany we wszystkich trzech kierunkach przy pomocy pokręteł, kondensator z przesłoną irysową mocowany do dolnej części stolika, oświetlacz ledowy zasilany z zasilacza mikroskopowego. Dodatkowe wyposażenie to mieszadło MLW-ER10 oraz metronom z zasilaczem.

2. Przebieg pomiarów

I Metoda: Rysowanie śladu cząstki na ekranie monitora.

a) Wyznaczanie powiększenia mikroskopu z kamerą i monitorem

Na stoliku mikroskopu umieszczamy płytkę szklaną posiadającą skalę 1mm podzieloną na 100 części. Zaczynamy od najmniejszego powiększenia obiektywu x 4 i ustawiamy mikrometr na środku. Przechodzimy na powiększenie obiektywu x 10, a następnie na x 40 ustawiając odpowiednią ostrość. Po wyjustowaniu mikroskopu na ekranie monitora widać obraz podziałki mikrometrycznej.

Dla obiektywu x 100 mierzymy odległość między najmniejszymi kreskami obrazu podziałki na ekranie monitora. Wykonujemy 5 pomiarów i wynik uśredniamy.

Wzajemny stosunek liniowej wielkości obrazu do wielkości obserwowanej skali wyznacza liniowe powiększenie całego układu mikroskop – kamera – monitor.

Uwaga! Ostrożnie regulować odległość obiektywu od kruchej i cennej płytki ze skalą mikrometryczną.

Przed zmianą obiektywu o większej krotności obniżamy stolik mikroskopowy.

b) Sprawdzanie prawa Einsteina-Smoluchowskiego

- Sporządzamy roztwór, w tym celu dodajemy 2-3 krople olejku rycynowego na 100 ml wody. Za pomocą mieszadła MLW-ER10 mieszamy około 20-30 min.
- Pod obiektywem ustawiamy szkiełko z podziałką i na podstawie obrazu podziałki na ekranie monitora obliczamy powiększenie układu optycznego (okular x obiektyw).
- Na zagłębienie szkiełka podstawowego nakładamy 2-3 krople roztworu i przykrywamy szkiełkiem nakrywkowym.
- Używamy obiektywu olejowego x 100, wymagającego zakropienia olejkiem immersyjnym.
- Ustawiamy ostrość mikroskopu tak, aby otrzymać wyraźny obraz cząstek zawiesiny na ekranie monitora.

- Mierzmy rozmiary obrazu cząstki zawiesiny na ekranie monitora i na podstawie obliczonego powiększenia obliczamy jej rzeczywiste rozmiary.
- Do ekranu monitora przyklejamy przezroczystą folię. Wybieramy możliwie wyraźną, poruszającą się cząstkę zawiesiny. Rejestrujemy 40-60 położen cząstki co ustalony odstęp czasu Δt , np. 4,5 lub 6 sekund. Pomiary wykonujemy dla przynajmniej 6-ciu cząstek zawiesiny.
- Dla każdej z cząstek obliczamy średni kwadrat przemieszczenia dla różnych przedziałów czasu, równych całkowitej wielokrotności kroku podstawowego $n \Delta t$, np. 4, 8, 12, 16, 20 s.
- Sporządzamy wykres średniego kwadratu przesunięcia od czasu dla każdej z cząstek zawiesiny.
- Na podstawie wykresu obliczamy rozmiary cząstki zawiesiny i porównujemy je z wartościami zmierzonymi na ekranie monitora.
- Sporządzamy wykres iloczynów średnich kwadratów przesunięcia i promienia cząstki w funkcji czasu dla wszystkich cząstek. Oceniamy przebieg wykresu wskazując przyczyny ewentualnych odstępstw od przebiegu wynikającego z prawa Einsteina-Smoluchowskiego.

II Metoda: Zapis śladu cząstki z wykorzystaniem kamery cyfrowej

a) Sprawdzanie prawa Einsteina-Smoluchowskiego

- Sporządzamy roztwór, w tym celu dodajemy 2-3 krople olejku rycynowego na 100 ml wody destylowanej.
- Za pomocą mieszadła MLW-ER10 mieszamy roztwór około 20-30 min.
- Na zagłębienie szkiełka podstawowego nakładamy 2-3 krople roztworu i przykrywamy szkiełkiem nakrywkowym
- Ustawiamy ostrość mikroskopu tak, aby otrzymać wyraźny obraz cząstek zawiesiny przy maksymalnym powiększeniu (z użyciem olejowego obiektywu 100x)
- Otwieramy program ScopeImage.
- Zakładamy nowy katalog na pulpicie, a w nim odpowiednią ilość folderów dla każdej cząstki.
- Otwieramy zakładkę *Przechwytywanie* w panelu kamery:
 - wskazujemy folder, w którym mają być zapisane pliki;
 - w *Prefiksie* nadajemy nazwę np. 1 cząstka, ... , 6 cząstka;
 - podajemy odpowiedni odstęp czasu Δt , np. 4, 5, lub 6 sekund;
 - wykonujemy od 40-60 zdjęć dla każdej cząstki;
- Wybieramy poruszającą się cząstkę i umieszczamy ją na środku pola widzenia.
- Ustawiamy odpowiednią ostrość, którą regulujemy za pomocą śruby mikrometrycznej.
- Wciskamy przycisk *Autoekspozycja* i rozpoczynamy serię zdjęć, podczas której korygujemy na bieżąco ostrość.
- Po zakończeniu serii zdjęć wciskamy przycisk *Zakończ*.
- Pomiar powtarzamy dla przynajmniej 6-ciu cząstek.

b) Pomiar faktycznej wielkości cząstki

- Za pomocą fotografii wzorcowej 1mm wykonanej przy obiektywie x100 sprawdzamy prawidłowość pliku kalibracyjnego (otwieramy zakładkę *Kalibracja*, a w niej Ustawienie linijki ekranowej → Otwórz → Folder RTR i otwieramy plik 100 x).
- Dla każdej z cząstek wybieramy 3 fotografie i dokonujemy pomiaru rozmiaru cząstki. Wyniki uśredniamy.
- Wszystkie fotografie edytujemy przy pomocy programu graficznego Gimp i odczytujemy współrzędne położenia cząstki na kolejnych zdjęciach.
- Z okna *Ustawienia linijki ekranowej* odczytujemy również skalę odwzorowania.
- Na podstawie współrzędnych położenia rysujemy wykresy ruchu cząstek.
- Dla każdej z cząstek obliczamy średni kwadrat przemieszczenia dla różnych przedziałów czasu, równych całkowitej wielokrotności kroku podstawowego $n \Delta t$, np. 4, 8, 12, 16, 20 s.
- Sporządzamy wykres średniego kwadratu przesunięcia od czasu dla każdej z cząstek zawiesiny.
- Na podstawie wykresu obliczamy rozmiary cząstki zawiesiny i porównujemy je z wartościami zmierzonymi na ekranie monitora.
- Sporządzamy wykres iloczynów średnich kwadratów przesunięcia i promienia cząstki w funkcji czasu dla wszystkich cząstek. Oceniamy przebieg wykresu wskazując przyczyny ewentualnych odstępstw od przebiegu wynikającego z prawa Einsteina-Smoluchowskiego.

3. Opracowanie wyników pomiaru

- Obliczyć średnie kwadratowe przesunięcie dla każdej z obserwowanych cząstek zawiesiny ze wzoru:

$$\langle x^2 \rangle = \frac{1}{n} (x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2)$$

gdzie x_1, x_2, \dots, x_n - kolejne przesunięcia cząsteczki dla czasów t_1, t_2, \dots, t_n .
Wyniki zestawiamy w tabeli łącznie z obliczonymi niepewnościami.

- Obliczyć promienie r obserwowanych cząsteczek z równania:

$$r = \frac{kTt}{3\pi\eta \langle x^2 \rangle}$$

gdzie:

$$T = 298 \text{ K}$$

$$k = 1,38 * 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$$

$$\eta = 0,001002 \frac{\text{kg}}{\text{m*s}}$$

Wyniki zestawiamy w tabeli wraz z obliczonymi niepewnościami.

- Obliczyć stosunek średnich kwadratów przesunięć dla czasów t_1 i t_2 , t_1 i t_3 , t_2 i t_3 korzystając z zależności:

$$\frac{\langle x^2 \rangle_1}{\langle x^2 \rangle_2} = \frac{t_1}{t_2}, \text{ itd.}$$

- Porównać wyniki uzyskane I i II metodą.
- Zamieścić uwagi i wnioski końcowe oraz ocenę powtarzalności i dokładności otrzymanych wyników.

