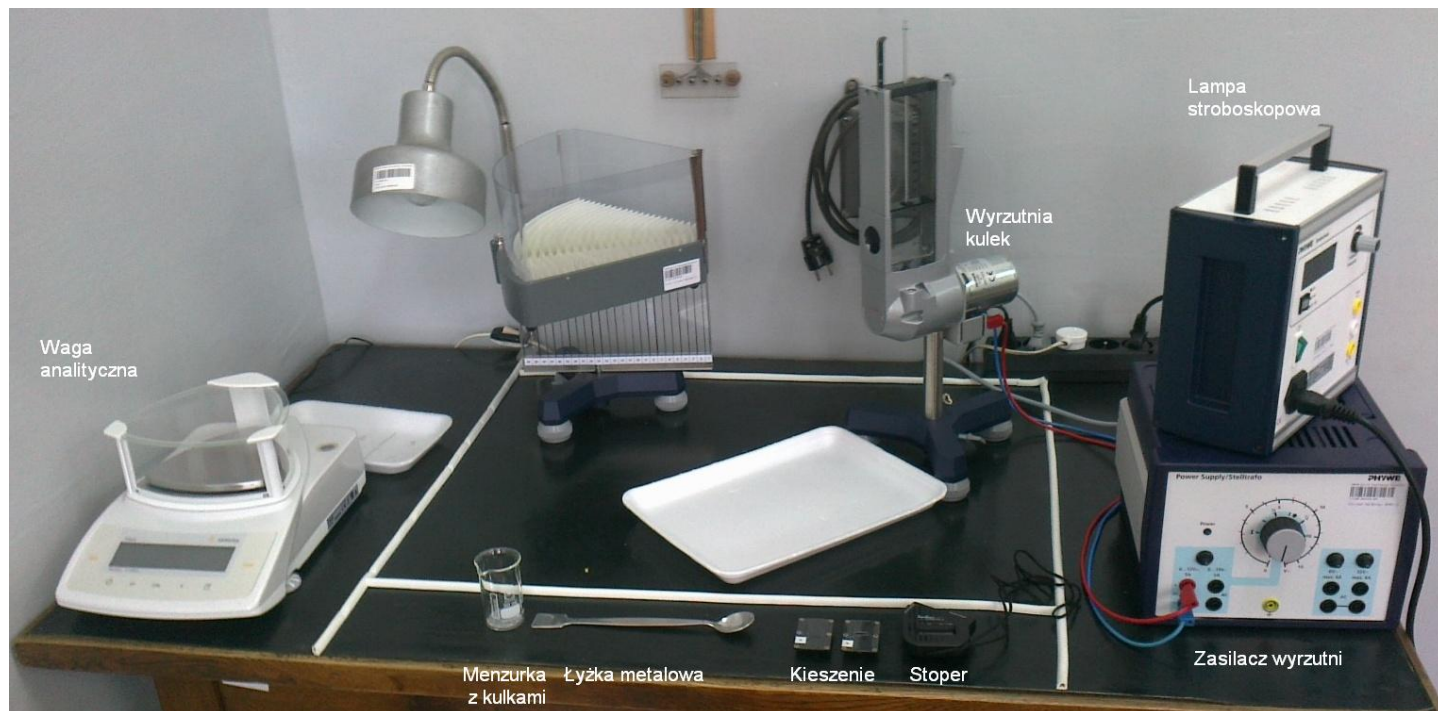


ZANIKANIE EKSPONENCJALNE (TŁUMIENIE, RADIOAKTYWNOŚĆ, ŁADOWANIE I ROZŁADOWANIE KONDENSATORA, WZÓR BAROMETRYCZNY)



Rys. 1. Widok stanowiska laboratoryjnego

Opis układu pomiarowego

W skład zestawu pomiarowego wchodzi:

1. elektroniczna waga analityczna,
2. 5 menzurek, ponad 400 kulek szklanych o średnicy około 2 mm, łyżka metalowa;
3. wyrzutnia kulek z komorą o regulowanej objętości i częstotliwości drgań podłogi, regulowany zasilacz napięcia;
4. pole wychwytyjące kulki z podstawą do segregacji zasięgu rzutu (do współpracy z kieszeniami typu B);
5. lampa stroboskopowa o regulowanej częstotliwości błysków;
6. kieszenie wychwytyjące kulki 3 typów (A – otwór w połowie wysokości, B – otwór w połowie wysokości oraz pozioma szczelina, C – otwór wysoko), stoper ręczny.

W tym ćwiczeniu będą używane komory typu A i C, nie będzie używana komora typu B oraz pole wychwytyjące kulki z podstawą do segregacji zasięgu rzutu.

Przeprowadzenie pomiarów


1. Należy ściśle uważać aby:

- a) nie uruchamiać wyrzutni kulek bez założenia kieszeni wychwytyjących typu A albo C;
 - b) nie kierować lampy stroboskopowej w stronę ludzi, nie przyglądać się źródłu impulsowemu światła, minimalizować czas pracy lampy;
 - c) wszelkie operacje z kulkami przeprowadzać tylko nad stołem laboratoryjnym i w miarę możliwości nad tackami by nie gubić kulek, nie ważyć kulek luzem tylko w menzurkach.
- Kulki (ciężar właściwy $2,5 \text{ g/cm}^3$) są bardzo sprężyste (współczynnik elastyczności 63 GPa), łatwo się elektryzują przez tarcie i przywierają do elementów plastikowych lub szklanych, są trudne do znalezienia (przezroczyste, średnica $2 \pm 0,2 \text{ mm}$). Rozsypane na podłodze grożą poślizgiem (współczynnik kulistości nie mniej niż 95%, odporność na ściskanie 550-700 N).

2. Zapoznać się z budową układu i sprawdzić czy:

- a) waga analityczna: jest ustawiona poziomo (dokonać ewentualnych korekt pokrętłami przy dwóch przednich nóżkach), ma zamkniętą komorę z szalką;
- b) wyrzutnia kulek jest ustawiona poziomo (dokonać ewentualnych korekt pokrętłami przy trzech nóżkach);
- c) otwór wyrzutni kulek jest przesłonięty kieszenią typu A, w kieszeni nie ma kulek, otwory z komory wyrzutni do kieszeni są zamknięte przez opuszczenie pionowego paska (zaślepkę);
- d) w komorze wyrzutni nie ma kulek, jeżeli są, to należy je usunąć zgodnie z punktem 16, a jeżeli jest ich niewiele to należy je przeliczyć a wartość $K_{\text{kom-pocz}}$ zapisać;
- e) do silnika wyrzutni podłączony jest regulowany zasilacz napięcia.

Ważenie

1. Włączyć wagę przyciskiem zasilania „”, odczekać na wykonanie procedury testu i kalibracji. W razie wskazywania przez wagę wartości różnej od zera wcisnąć przycisk tarowania „T”. Inne przyciski wagi w ćwiczeniu nie są wykorzystywane.
2. Otworzyć pokrywę komory szalki, zważyć jedną menzurkę wstawiając ją na środek szalki a wynik zanotować.
3. Masa jednej, idealnej kulki szklanej o gęstości $2,5 \text{ g/cm}^3$ i promieniu 1 mm to około 0,0105 g, masa 400 takich kulek to około 4,19 g. Około 200 rzeczywistych kulek układa się jedną warstwą na dnie menzurki. Odważyć masę odpowiadającą około 400 rzeczywistym kulkom (4,18 – 4,20 g) wsypując je do menzurki.
4. Po zakończeniu procesu ważenia nie wyłączać wagi. Zamknąć pokrywę komory szalki.

Pomiary

1. Włączyć lampę stroboskopową i ustawić jej potencjometr na częstotliwość np. **50,0 Hz**. Włączyć zasilacz regulowany wyrzutni. Ustawienie jego potencjometru na 10 V w przybliżeniu odpowiada drganiom podłogi komory wyrzutni o częstotliwości 50 Hz. Wyregulować nastawę zasilacza tak by podłoga komory wydawała się nieruchoma w świetle lampy stroboskopowej.
2. Ostrożnie wsypać do komory wyrzutni wszystkie kulki z menzurki, można pomóc sobie metalowym prętem.
3. *Przy pierwszym uruchomieniu stanowiska pomiarowego zaobserwować sposób poruszania się kulek w świetle lampy stroboskopowej oraz w świetle lampy biurowej. Zmienić pojemność komory zmieniając jej wysokość. Zaobserwować sposób poruszania się kulek w obu rodzajach oświetlenia przy różnej pojemności komory. Wyniki obserwacji zapisać. Po zakończeniu obserwacji wyłączyć lampę stroboskopową.*
4. Ustawić wysokość komory na np. **6 cm**.

5. Odsłonić pionową zaślepkę wlotu do kieszeni typu A na 5 sekund. Czas otwarcia odmierzać stoperem ręcznym. W górnej części zaślepki znajduje się mały otwór, które odsłania się wraz z odsłonięciem wlotu.
6. Po zasłonięciu wlotu do kieszeni typu A wyłączyć zasilanie wyrzutni kulek a następnie ostrożnie wyjąć kieszeń z kulkami, a kulki przesypywać do menzurki.
7. Wyznaczyć i zapisać masę kulek w menzurce. Kulki wsypać do komory wyrzutni. Uruchomić wyrzutnię kulek z ustaloną częstotliwością.
8. Powrócić 5-10 razy do punktu 11 za każdym razem zwiększając czas odsłonięcia o 5 s. Ilość powrotów jest związana z pojemnością kieszeni typu A.

Zakończenie

1. Operacje pomiaru (czynności z punktów 7-14, bez 9) można wykonać w przykładowych wariantach:
A) przy częstotliwości wymuszenia **50 Hz** i wysokości komory **6 cm**;
B) przy częstotliwości wymuszenia **40 Hz** i wysokości komory **6 cm**;
C) przy częstotliwości wymuszenia **50 Hz** i wysokości komory **12 cm**;
D) przy częstotliwości wymuszenia **40 Hz** i wysokości komory **12 cm**,
Przystępując do każdego wariantu pomiarów zawsze należy kontrolować częstotliwość drgań wymuszających za pomocą lampy stroboskopowej, a lampę włączać tylko na czas regulacji.
2. Na koniec pomiarów należy:
 - a) założyć w wyrzutni kieszeń typu C w celu opróżnienia komory;
 - b) wyciągnąć pionową zaślepkę do położenia drugiego;
 - c) ustawić zasilacz na napięcie odpowiadające częstotliwości wymuszenia 50 Hz przez około minutę;
 - d) zamknąć zaślepkę,
 - e) wyłączyć wyrzutnię kulek sprowadzając potencjometr zasilacza do zera, a następnie wyłączyć zasilacz;
 - f) opróżnić kieszeń typu C z kulek do menzurki w której znajdują się pozostałe kulki biorące udział w doświadczeniu;
 - e) zapisać ewentualną ilość kulek pozostałą w komorze wyrzutni;
 - g) zważyć kulki w menzurce;
 - h) określić niepewności wielkości mierzonych;
 - i) upewnić się, że urządzenia stanowiska laboratoryjnego (waga, wyrzutnia, zasilacz, lampa stroboskopowa) są wyłączone, a kulki szklane są zabezpieczone przed rozsypaniem.

Do zapisania wyników doświadczenia może posłużyć przykładowa tabela przedstawiona poniżej dla jednego z czterech wariantów z punktu 15.

[illegible]

Opracowanie wyników pomiarów

1. Wyznaczyć początkową ilość kulek biorących udział w doświadczeniu $K_{pocz} = K_{kom-pocz} + K_{menz-pocz}$ przez zsumowanie ilości kulek będących w komorze wyrzutni $K_{kom-pocz}$ oraz wynikającą z masy kulek ważonych w menzurce $K_{menz-pocz}$. Ilości kulek wynikającą z ich ważenia wyznaczamy przez podzielenie masy kulek przez masę odniesienia, którą należy przyjąć.
2. Wyznaczyć niepewność standardową $u_c(K_{pocz}) = \sqrt{\frac{(\Delta K_{menz-pocz})^2}{3} + \frac{(\Delta K_{kom-pocz})^2}{3}}$ gdzie: $\Delta K_{kom-pocz}$ - niepewność maksymalna ilości kulek w komorze; $\Delta K_{menz-pocz}$ - niepewność maksymalna ilości kulek wynikająca z ich ważenia. W obu niepewnościach zakładamy ich jednorodny rozkład.
3. Analogicznie wyznaczyć ilość kulek na koniec doświadczenia $K_{koniec} = K_{kom-koniec} + K_{menz-koniec}$ i niepewność standardową tej wielkości.
4. Wyznaczyć niepewności rozszerzone ze współczynnikiem rozszerzenia równym 2 dla obu wartości: $U(K_{pocz}) = 2u_c(K_{pocz})$, $U(K_{koniec}) = 2u_c(K_{koniec})$. Sprawdzić czy przedziały wartości z niepewnością rozszerzoną nie są rozłączne, wyciągnąć wnioski.
5. Na podstawie relacji wartości K_{pocz} , K_{koniec} i ich niepewności rozszerzonych przyjąć stałą wartość kulek biorących udział w doświadczeniu K_0 a wybór uzasadnić.
6. Dla każdego z wariantów pomiarowych zsumować ilości kulek K_t , które wpadły do kieszeni po około 5, 10, itd. sekundach.
7. Wyznaczyć niepewność pomiaru przedziału czasu $u_c(t) = \frac{\Delta t}{\sqrt{3}}$, wspólną dla wszystkich prób w każdym z wariantów, gdzie Δt maksymalna niepewność pomiaru czasu stoperem ręcznym.

Zaleca się by w zespole realizującym ćwiczenie podzielić warianty opracowania a) i b) pomiędzy ćwiczących studentów.

wariant opracowania a) Wyznaczanie rozkładu ilości kulek wyrzucanych z komory

1. Przyjąć niepewność zliczania ilości kulek wyrzuconych z komory $u(K_t)$, na podstawie obserwacji poczynionych w trakcie pomiarów, wspólną dla wszystkich prób w każdym z wariantów.
2. Dla każdego z wariantów pomiarowych narysować zależności ilości wyrzuconych z komory kulek K_t od czasu. Na wykres nanieść niepewności pomiarowe.
3. Dla każdego z wariantów pomiarowych wyznaczyć wartości $y(t) = \ln\left(1 - \frac{K_t}{K_0}\right)$ i nanieść na wykresy.

Punkty przybliżyć prostymi wyznaczonymi metodą najmniejszych kwadratów Gaussa, gdzie parametry

$$\bar{a} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i - n \sum_{i=1}^n (x_i y_i)}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2}, \quad \bar{b} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n y_i \sum_{i=1}^n x_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2 - n \sum_{i=1}^n x_i^2},$$

wyznaczanej prostej $y = \bar{a}x + \bar{b}$ to

$$\sigma_{\bar{a}} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \frac{n}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}}, \quad \sigma_{\bar{b}} = \sqrt{\frac{1}{n-2} \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 \frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^n x_i\right)^2}},$$

$$\text{gdzie } \sum_{i=1}^n \varepsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n y_i^2 - \bar{a} \sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{b} \sum_{i=1}^n y_i$$

$$\text{oraz wyznaczyć współczynnik korelacji } R^2 = \left\{ \frac{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) \right]}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \cdot \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})} \right\}^2.$$

4. Szukany parametr zaniku wykładniczego jest równy współczynnikowi kierunkowemu prostej, a jego niepewność jest równa niepewności tego współczynnika.

wariant opracowania b) Wyznaczanie rozkładu ilości kulek pozostałych w komorze

1. Dla każdego z wariantów pomiarowych z punktu wyznaczyć: ilości kulek $K_Z = K_0 - K_t$, które zostały w komorze po 5, 10, itd. sekundach.
2. Przyjąć niepewność wyznaczanej ilości kulek pozostałych w komorze $u(K_Z)$, na podstawie obserwacji poczynionych w trakcie pomiarów, wspólną dla wszystkich prób w każdym z wariantów.
3. Na jednym wykresie dla wszystkich wariantów pomiarowych narysować zależności ilości pozostałych w komorze kulek K_Z od czasu. Na wykresie nanieść niepewności pomiarowe.
4. Dla każdego z wariantów pomiarowych wyznaczyć wartości $y(t) = \ln\left(\frac{K_Z}{K_0}\right)$ i nanieść na wykresy.
5. Powstałe na wykresach punkty $y(x)$ przybliżyć prostymi analogicznie jak w punkcie 11.
6. Szukany parametr zaniku wykładniczego jest równy współczynnikowi kierunkowemu prostej, a jego niepewność jest równa niepewności tego współczynnika.

Zestawić wyniki, przeanalizować uzyskane rezultaty (także wykresy), wyciągnąć wnioski.

Stwierdzić czy cele ćwiczenia:

- ♣ sprawdzenie, czy mierzone wartości polegają zanikaniu wykładniczemu;
- ♣ wyznaczenie parametru k rozkładu typu $n(t) = n_0 \exp(-kt)$
albo rozkładu typu $n(t) = n_0[1 - \exp(-kt)]$;

z
o
s
t
a
ł
y

o
s
i
ą
g
n
i
ę
t