

CZAS TRWANIA ZDERZENIA KUL



1. Opis teoretyczny do ćwiczenia

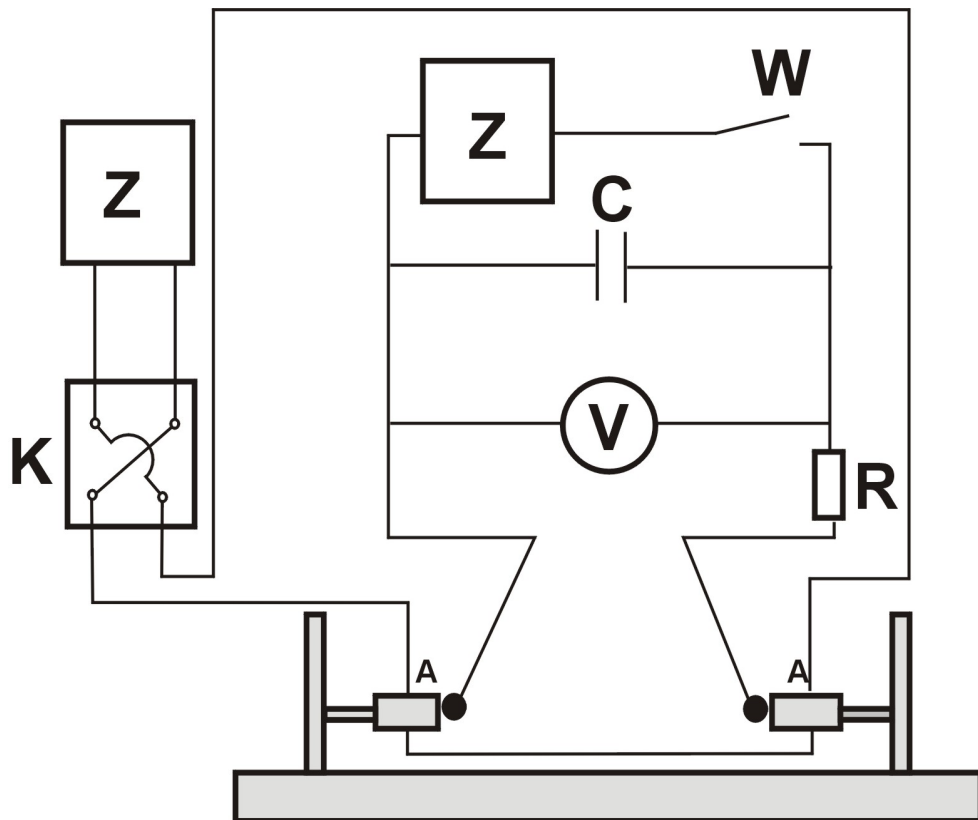
zamieszczony jest na stronie www.wtc.wat.edu.pl w dziale
DYDAKTYKA – FIZYKA – ĆWICZENIA LABORATORYJNE.

2. Opis układu pomiarowego

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie czasu trwania zderzenia dwóch metalowych kulek oraz wyznaczenia parametrów charakteryzujących deformację kulek podczas zderzenia. Rysunek 1 przedstawia schemat ideowy przyrządu pomiarowego do wyznaczania czasu trwania zderzenia.

W czasie zderzenia sprężystego metalowych kulek przekazywanie energii odbywa się w czasie T , który można wyznaczyć wykorzystując w tym celu zjawisko rozładowania kondensatora. Kondensator jest ładowany do napięcia U_0 po zwarceniu klucza W. Gdy klucz W zostanie rozwarty kondensator pozostanie naładowany, a różnicę potencjałów na jego okładkach wskazuje woltomierz. Przekręcenie pokrętki komutatora K zwalnia kulki, które po zderzeniu powinny ponownie zwierać się z elektromagnesami. W momencie zderzenia, kulki stykając się ze sobą powodują zwarcie okładek kondensatora i kondensator rozładowuje się poprzez opór R .

Napięcie między okładkami kondensatora maleje od wartości U_0 do wartości U w czasie trwania zderzenia T .



Rys. 1. Obwód do pomiaru czasu trwania zderzenia. Z – zasilacze, A – elektromagnesy.

3. Przeprowadzenie pomiarów

1. Sprawdzić zgodność połączenia wszystkich elementów układu pomiarowego ze schematem przedstawionym na rysunku 1.
2. Zmierzyć odległość H_1 jako odległość od ławy do najniżej położonego punktu kuli (ze względu na warunki eksperymentu trudno jest ustalić położenie środka kul).
3. Włączyć prąd w obwodzie elektromagnesów i na mierniku zasilacza ustawić wartość natężenia płynącego prądu w obwodzie elektromagnesów na 1 A.
4. Odchylić kule tak, aby w położeniu odchylonym utrzymywał je elektromagnes.
5. Zmierzyć odległość H_2 jako odległość od ławy do najniższego punktu kuli dla kul odchylonych i przytrzymywanych przez elektromagnes. Samodzielnie oszacować niepewność maksymalną wyznaczenia ΔH .
6. Włączyć drugi zasilacz w obwodzie kondensatora i przyciskając klucz telegraficzny W naładować kondensator do napięcia około $U_0 = 100 - 120$ V. Odczytać napięcie ze wskazań woltomierza.
7. Naciskając przycisk przerwać na chwilę obwód elektromagnesów i zwolnić kule. Po ich zderzeniu za pomocą przycisku ponownie zewrzeć obwód elektromagnesów, kule powinny pozostać w położeniu odchylonym.

8. Odczytać na woltomierzu napięcie między okładkami kondensatora U' po jego częściowym rozładowaniu.
9. Powtórzyć pomiar z punktu 7 jako pomiar napięcia powtórnego rozładowania kondensatora U'' .
10. Pomiary wartości napięć na kondensatorze należy powtórzyć minimum piętnastokrotnie.

Uwaga: Odczyt napięć oraz otwieranie i zamykanie obwodu elektromagnesów należy wykonywać na tyle szybko, aby nie następowało zauważalne rozładowanie kondensatora przez powietrze.

4. Opracowanie wyników pomiarów

Wyznaczanie średniej zmiany wysokości kul przy zderzeniu i jej niepewności

1. Z pojedynczego pomiaru obliczyć odległość $\bar{H} = H_2 - H_1$.
2. Przeliczyć niepewność maksymalną pomiaru wysokości na niepewność standardową $u(\bar{H}) = \frac{2\Delta H}{\sqrt{3}}$.
3. Wyznaczyć niepewność standardową względną $u_r(\bar{H}) = \frac{u(\bar{H})}{\bar{H}}$.

4. Wyznaczanie niepewności standardowej pomiaru napięcia

Analogiczne obliczenia przeprowadzić dla napięć U' , U_o , U'' .

5. Przeliczyć niepewność maksymalną pomiaru napięcia na niepewność standardową $u(U') = \frac{\Delta U'}{\sqrt{3}}$.

Wyznaczanie średniego czasu pierwszego zderzenia sprężystego kul oraz jego niepewności

Analogiczne obliczenia przeprowadzić dla zderzenia wtórnego podstawiając \bar{U}' za \bar{U}_o oraz \bar{U}'' za \bar{U}' .

6. Obliczyć czas jednego zderzenia sprężystego kul $T'_i = R \cdot C \cdot \ln \frac{U_o}{U'}$ biorąc $i=1$ czyli wartości \bar{U}' i \bar{U}_o dla pierwszego przeprowadzonego pomiaru.
7. Obliczyć czasy kolejnych zderzeń sprężystych kul $T'_i = R \cdot C \cdot \ln \frac{U_o}{U'}$.
8. Obliczyć wartość czasu zderzenia sprężystego kul $\bar{T}' = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T'_i$.
9. Obliczyć niepewność standardową serii pomiarów $u(\bar{T}') = \sigma_{T'} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T'_i - \bar{T}')^2}{(n-1)n}}$.
10. Obliczyć niepewność standardową złożoną

$$u_c(\bar{T}') = \sqrt{u(\bar{T}')^2 + \left(C \cdot \ln \frac{\bar{U}_o}{\bar{U}'} \cdot u(R) \right)^2 + \left(R \cdot \ln \frac{\bar{U}_o}{\bar{U}'} \cdot u(C) \right)^2 + \left(RC \frac{1}{\bar{U}_o} u(\bar{U}_o) \right)^2 + \left(RC \frac{1}{\bar{U}'} u(\bar{U}') \right)^2}$$

11. Obliczyć niepewność standardową złożoną względną $u_{c,r}(\bar{T}') = \frac{u_c(\bar{T}')}{\bar{T}'}$.

Wyznaczanie modułu Younga stali i jego niepewności*Analogiczne obliczenia przeprowadzić dla zderzenia wtórnego.*

12. Wyznaczyć moduł Younga stali $E = 1,389 \frac{mg}{r \cdot \bar{h}^2}$, jeżeli uwzględnimy, że $h = \frac{\sqrt{2 \cdot g \cdot \bar{H}}}{2} \cdot \frac{T}{2}$, $r = \sqrt{2 \cdot R_k \cdot h}$, $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ wtedy mamy $E = 7,467 \cdot (m \cdot R_k^{-0,5} \cdot \bar{H}^{-0,25} \cdot \bar{T}^{-2,5}) \text{ Pa}$,
gdy wszystkie wielkości wyrażone są w jednostkach podstawowych SI.

13. Wyznaczyć niepewność standardową złożoną względną

$$u_{e,r}(E) = \sqrt{\left(\frac{u(m)}{m}\right)^2 + \left(0,5 \frac{u(R_k)}{R_k}\right)^2 + \left(0,25 \frac{u(\bar{H})}{\bar{H}}\right)^2 + \left(2,5 \frac{u(\bar{T})}{\bar{T}}\right)^2}$$

14. Wyznaczyć niepewność standardową złożoną $u_e(E) = u_{e,r}(E) \cdot E$

15. Wyznaczyć niepewność rozszerzoną $U(E) = 2 \cdot u_e(E)$.

5. Podsumowanie

1. Zgodnie z regułami prezentacji wyników zestawień wyznaczone parametry

$(E, u_E(E), u_{E,r}(E), U(E))$ oraz wartość odniesienia E_{teoria} ,

$(T, u_T(T), u_{T,r}(T), U(T))$ oraz wartość $\Delta T = T_{max} - T_{min}$,

dla zderzenia pierwotnego i wtórnego.

2. Przeanalizować uzyskane rezultaty:

a) która z niepewności wnosi największy wkład do niepewności złożonej $u_E(E)$,

b) czy spełniona jest relacja $u_{E,r}(E) < 0,1$,

c) czy spełniona jest relacja $|E_{teoria} - E| < U(E)$,

d) która z niepewności wnosi największy wkład do niepewności złożonej $u_T(T)$,

e) czy spełniona jest relacja $u_{T,r}(T) < 0,1$,

f) czy spełniona jest relacja $|T_{max} - T_{min}| < U(T)$,

pod kątem występowania i przyczyn błędów grubych, systematycznych i przypadkowych.

3. Wnioski z analizy rezultatów.

a) Wyciągnąć wnioski pod kątem występowania błędów grubych, systematycznych i przypadkowych i ich przyczyn.

b) Czy wyznaczanie poszukiwanych wielkości ze zderzenia pierwotnego i wtórnego jest równie dokładne? Zaproponować działania zmierzające do podniesienia dokładności wykonywanych pomiarów.

c) Wyjaśnić czy cele ćwiczenia zostały osiągnięte.

6. Przykładowe pytania

Zamieszczone są na stronie www.wtc.wat.edu.pl w dziale

DYDAKTYKA – FIZYKA – ĆWICZENIA LABORATORYJNE.

Zadania dodatkowe do wyznaczenia i analizy:

- Przeprowadzić i opracować pomiary dla różnych wartości napięcia ładowania np. około 100 V, 110 V, 120 V tylko dla zderzenia pierwotnego.
- Przeprowadzić i opracować pomiary dla różnych wartości napięcia ładowania np. około 100 V, 110 V, 120 V tylko dla zderzenia wtórnego.

Zespół w składzie.....

cele ćwiczenia:

- wyznaczyć czas zderzenia sprężystego kul stalowych,
- wyznaczyć wartość modułu Younga stali,
- sprawdzić jak zależą wyznaczane wielkości dla zderzenia pierwotnego i wtórnego.

3.1 Wartości teoretyczne wielkości wyznaczanych lub określanych.

modułu Younga stali

3.2 Parametry stanowiska (wartości i niepewności), które należy potwierdzić na stanowisku:

pojemność kondensatora $C = 3,0 \mu F$, $u(C) = 0,1 \mu F$

wartość rezystancji $R = 100 \Omega$, $u(R) = 1 \Omega$,

promień kul $R_k = 20,64 mm$, $u(R_k) = 0,01 mm$

masa każdej z kul $m = 299,0 g$, $u(m) = 0,1 g$

3.3 Pomiary i uwagi do ich wykonania.

Odległość od poziomu do kuli wiszącej swobodnie H_1 , niepewność maks.....

Odległość od poziomu do kuli przy elektromagnesie H_2 , niepewność maks.

Niepewność maksymalna pomiaru napięcia.....

Pomiar	Napięcie ładowania kondensatora U_0 [.....]	Napięcie U' rozładowania kondensatora [.....]	Napięcie U'' powtórnego rozładowania kondensatora [.....]
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			