

WYZNACZANIE CZASU TRWANIA ZDERZENIA I PARAMETRÓW DEFORMACJI KUL

I. Zagadnienia

1. Zasada zachowania energii i pędu.
2. Zderzenia.
3. Własności sprężyste ciał.

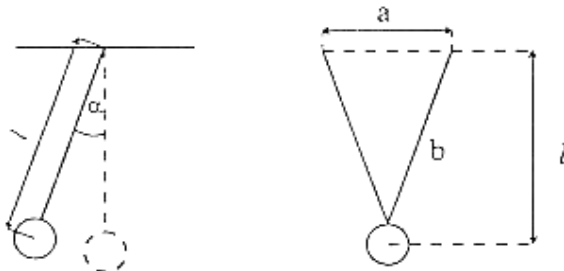
II. Literatura

1. Podręczniki kursowe.
2. H. Szydłowski, Pracownia fizyczna.

III. Podstawowe wzory niezbędne do opracowania ćwiczenia

W czasie zderzenia kule deformują się. Deformacja polega na wgnieceniu do wnętrza kuli części objętości mającej kształt czaszy o wysokości h i promieniu podstawy r . Promień r jest największym promieniem koła zetknięcia się kul. Wysokość czaszy kulistej możemy obliczyć zakładając, że od chwili pierwszego zetknięcia, ruch kul jest ruchem jednostajnie opóźnionym i po czasie $t = \tau/2$ (τ – czas zderzenia), prędkość kul maleje do zera.

$$h = v_0 t - \frac{at^2}{2}, \quad \text{gdzie } a = -\frac{v_0}{t} \quad (v_k = 0) \quad \text{stąd} \quad h = \frac{v_0 t}{2} = \frac{v_0 \tau}{4} \quad (1)$$



$$l = \sqrt{b^2 - \left(\frac{a}{2}\right)^2} + R$$

Prędkość v_0 można wyznaczyć z zależności:

$$v_0 = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} \quad (2)$$

W oparciu o twierdzenie Pitagorasa można napisać następujący związek łączący promień podstawy czaszy kulistej z jej wysokością:

$$r^2 = 2Rh - h^2 \quad \text{gdzie: } R - \text{promień kulki} \quad (3)$$

Ze względu na małą wartość h drugi wyraz w równaniu (3) możemy pominąć:

$$r = \sqrt{2Rh} \quad (4)$$

Zderzając się kule działają na siebie siłą $F(x)$ rosnącą liniowo wraz z deformacją do wartości F_n dla $x = h$.

Wykonują one wtedy pracę $L = E_s = \frac{F_n h}{2}$, która jest równa zgromadzonej w nich energii sprężystej E_s .

Zgodnie z zasadą zachowania energii, E_s jest równa energii kinetycznej kul:

$$E_k = \frac{mv_0^2}{2} \quad \text{stąd} \quad F_n = \frac{mv_0^2}{h} \quad (5)$$

Wzór (5) pozwala określić maksymalną siłę nacisku kul w chwili gdy ich prędkość jest równa zero. Znajac F_n można wyznaczyć moduł Younga, korzystając ze wzoru określającego zbliżenie środków

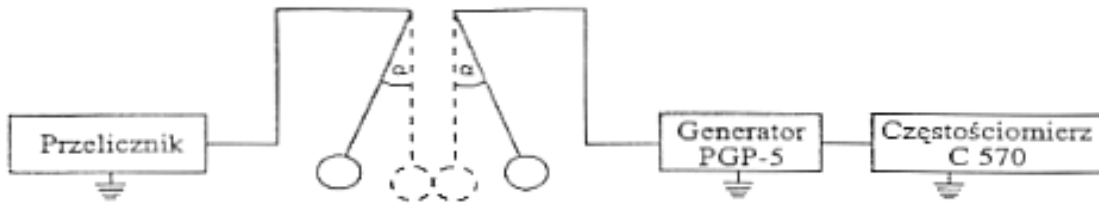
zderzających się kul $2h = \frac{3F_n(1 - \mu^2)}{2rE}$, gdzie E – moduł Younga, μ – współczynnik Poissona. Dla stali μ

= 0,29, stąd:

$$E = 0,687 \frac{F_n}{rh} \quad (6)$$

IV. Wykonanie ćwiczenia

1. Przed przystąpieniem do pomiarów czasu zderzeń kul należy zmierzyć średnicę kul – $2R$, długość wahadła l (a i b) oraz wyznaczyć masę kul m . Pomiar parametrów kul należy wykonać dla kuli leżącej obok zestawu, identycznej z zawieszonymi.
2. Sprawdzić obwód połączony według schematu:



3. Częstość generatora impulsowego PGP-5 należy ustawić na $\nu \approx 2$ MHz. Kształt impulsu prostokątny. Przyjąć, że błąd $\Delta\nu = \pm 1\%$.
4. Przelicznik – dyskryminator (*threshold*) – $U_d = 1$ V, polaryzacja dodatnia.
5. Włączyć przelicznik, generator i częstościomierz. Odczekać 5 min dla ustalenia warunków pracy przyrządów.
6. Odchylić kule o kąt α ($5^\circ < \alpha < 20^\circ$) i zablokować je za pomocą urządzenia znajdującego się po prawej stronie przyrządu.
7. Przygotować przelicznik do pomiarów. Klawisze *preset time*, *preset off*, *power* i $+$ powinny być wciśnięte, pozostałe klawisze wyciśnięte. Wyzerować układ za pomocą przycisku *reset*. Nacisnąć klawisz *start-stop* (zaświeci się neonówka *gate*). Zwolnić klawisz. Natychmiast po zderzeniu (dla zapobieżenia ponownemu policzeniu impulsów przy następnym zderzeniu) należy nacisnąć przycisk *start-stop*. Wyzerować układ i powtórzyć pomiary czasu zderzeń dla danego kąta 25 razy.
8. Pomiary powtórzyć dla dwu innych kątów α z przedziału $5^\circ - 20^\circ$. Przyjąć $\Delta\alpha \pm 1^\circ = \pm 0,017$ rad.

Uwaga: W porozumieniu z prowadzącym zajęcia można wykonać pomiary dla jednego kąta α zwiększając liczbę pomiarów czasu zderzeń do co najmniej 100. W tym przypadku przy opracowaniu wyników pomiarów należy sporządzić histogram uzyskanych wyników i porównać go z rozkładem normalnym (krzywa Gaussa) – można się wzorować na przykładzie zamieszczonym w podręczniku: H. Szydłowski, Pracownia fizyczna PWN Warszawa 1989 str. 43-49.

Tabela pomiarowa

Kąt odchylenia α [$^\circ$]	$\nu =$	$2R =$	$m =$	$a =$	$b =$
	Liczba impulsów N				

V. Opracowanie wyników pomiarów

1. Korzystając z zależności przedstawionych w części III i średniej wartości t dla danego kąta α obliczyć v_0 , h , r , F_n i E .
2. Przeprowadzić dyskusję uzyskanych wyników i popełnionych błędów.

Tabela obliczeń

Kat odchylenia α [$^\circ$]	Śr. liczba impulsów $\langle N \rangle$	Śr. czas zderzenia $\langle \tau \rangle$	v_0 [m/s]	h [m]	r [m]	F_n [N]	E [N/m ²]