

LIV OLIMPIADA FIZYCZNA ETAP I

Zadanie doświadczalne

ZADANIE D3

Masz do dyspozycji:

- stół z gładkim, twardym blatem (np. stół kuchenny pokrytym laminatem),
- komputer z kartą dźwiękową i mikrofonem oraz oprogramowaniem umożliwiającym rejestrowanie sygnałów akustycznych,
- piłeczkę pingpongową,
- kulkę stalową o średnicy 4-5 mm (np. z łożyska rowerowego).

Wyznacz, jaki procent energii kinetycznej traci piłeczka pingpongowa, a jaka kulka stalowa podczas odbicia od stołu. Zbadaj zależność tych strat od prędkości piłeczki (kulki) przed zderzeniem.

Uwaga!

1. Do rejestracji dźwięku oraz analizy przebiegów czasowych zarejestrowanych sygnałów możesz wykorzystać np. „Rejestrator dźwięku” dostępny w systemie Windows lub program „Oscyloskop” dostępny na płycie CD dołączonej do podręcznika J. Blinowski, W. Zielicz, „Fizyka z astronomią. Kształcenie w zakresie rozszerzonym”, tom. I, WSiP, Warszawa 2002 (i 2003, II wydanie). 2. Przyjmij, że przyspieszenie ziemskie g wynosi $9,81\text{m/s}^2$.

ROZWIĄZANIE ZADANIA D3

Część teoretyczna

Zadanie można rozwiązać nagrywając dźwięk emitowany podczas kolejnych zderzeń kulki ze stołem. Pomiędzy zderzeniami kulka (piłeczka) porusza się na przemian ruchem jednostajnie opóźnionym i przyspieszonym, zatem czas między zderzeniami i oraz $i+1$ wynosi:

$$T_i = \frac{2V_{0i}}{g} \quad (1)$$

Oznacza to, że prędkość tuż przed $i+1$ zderzeniem jest równa:

$$V_{0i} = \frac{gT_i}{2} \quad (2)$$

Zatem maksymalna energia kinetyczna kulki (piłeczki) wyniesie:

$$E_{0i} = \frac{mg^2 T_i^2}{8} \quad (3)$$

Stąd względna strata energii kinetycznej przy kolejnych zderzeniach:

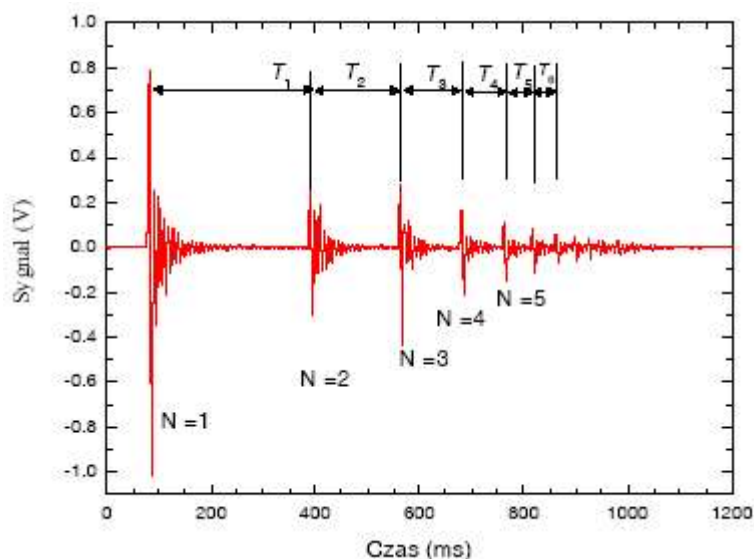
$$\eta_i = \frac{E_{0i+1} - E_{0i}}{E_{0i}} = \frac{T_{i+1}^2 - T_i^2}{T_i^2} \quad (4)$$

Część doświadczalna

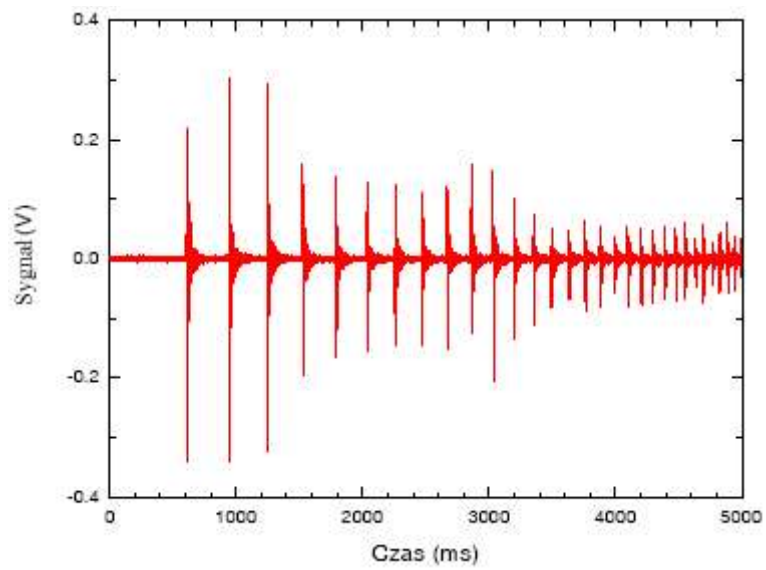
Ustawiamy mikrofon możliwie blisko miejsca, w którym będziemy badać odbicia kulki (piłeczki) od stołu. Uruchamiamy program rejestrujący i puszczamy kulkę na stół z możliwie dużej wysokości, dbając jednak o to, aby kulka nie uciekała ze stołu.

Następnie odczytujemy czas, przy którym zarejestrowane zostały dźwięki odpowiadające kolejnym zderzeniom kulki ze stołem. W przypadku użycia najprostszego oprogramowania, np. programu rejestrator dźwięku oferowanego przez system operacyjny Windows, robimy to „przewijając” zarejestrowany sygnał. Dokładniejsze pomiary można wykonać wykorzystując program „Oscyloskop”, który pozwala na rejestrację zależności czasowej amplitudy sygnału od czasu w formie ciągu par liczb: czas (ms), wartość sygnału (V). Taki sygnał można potem analizować używając np. arkusza kalkulacyjnego. Przykładowe zależności czasowe sygnałów zarejestrowanych w ten sposób dla kulki stalowej oraz piłeczki pingpongowej, puszcanych z tej samej wysokości, są przedstawione na rys. 1 oraz rys. 2. Na pierwszy rzut oka widać, że czas trwania ruchu dla kulki stalowej jest kilka razy krótszy niż dla piłeczki pingpongowej. Oznacza to, że straty energii w przypadku kulki stalowej są znacznie większe niż w przypadku piłeczki pingpongowej. Przykładowe dane eksperymentalne uzyskane dla kuleczki stalowej zostały zebrane w Tabeli 1. Rys. 3 przedstawia zależności strat energii od prędkości dla kulki stalowej i piłeczki pingpongowej wyznaczone ze wzoru (4).

Na podstawie uzyskanych danych doświadczalnych można stwierdzić, że straty procentowe energii kinetycznej przy odbiciu w małym stopniu zależą od prędkości zderzenia. Dla kulki stalowej są one na poziomie 50% natomiast dla piłeczki pingpongowej ok. 15%. Znacznie większe straty energii dla kulki stalowej można wyjaśnić tym, że kulka stalowa jest znacznie sztywniejsza niż powierzchnia stołu. Dlatego podczas zderzenia to powierzchnia stołu odkształca się w znacznie większym stopniu niż kulka. W przypadku zderzenia piłeczki pingpongowej z powierzchnią stołu, sytuacja jest inna – to piłeczka jest mniej sztywna i odkształca się w znacznie większym stopniu niż powierzchnia stołu, co sprawia, że procentowy przekaz energii od piłeczki do stołu (straty) jest mniejszy. Podobnie, różna wydaje się przyczyna rozrzutu strat energii obserwowanego dla kolejnych zderzeń (Rys. 3) dla kulki stalowej i piłeczki pingpongowej. W przypadku kulki stalowej jest on głównie spowodowany niejednorodnością powierzchni stołu (kulka padała na sztywniejsze i mniej sztywne obszary stołu). Natomiast w przypadku piłeczki pingpongowej obserwowany rozrzut strat wynika raczej z niejednorodności grubości (czy też sztywności) jej powłoki.



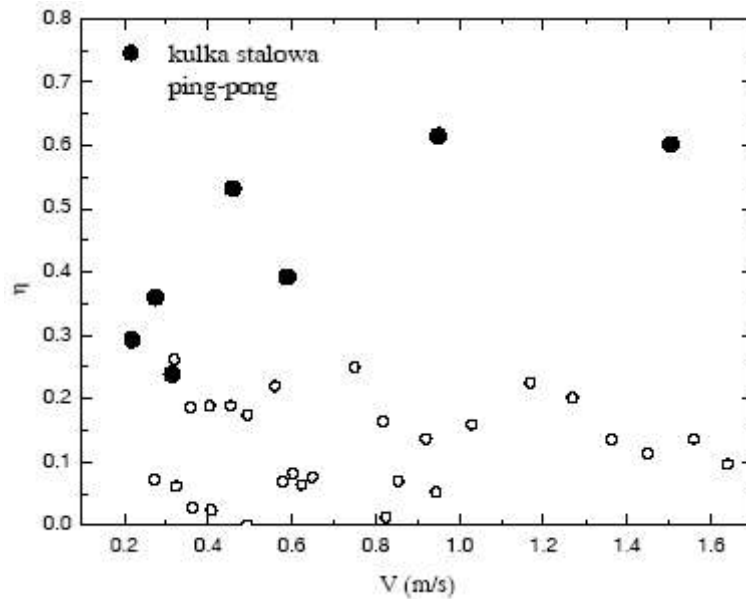
Rys. 1



Rys. 2

Tabela 1

N	Czas (ms)	T_i (ms)	$V_i=1/2gT$ (m/s)	$E/m=1/2V_i^2$ (m/s) ²	$\Delta E/m$ (m/s) ²	η
1	3621	301	1,505	1,133	0,681	0,60
2	3922	190	0,95	0,451	0,277	0,61
3	4112	118	0,59	0,174	0,068	0,39
4	4230	92	0,46	0,106	0,056	0,53
5	4322	63	0,315	0,050	0,012	0,24
6	4385	55	0,275	0,038	0,014	0,36
7	4440	44	0,22	0,024	0,007	0,29
8	4484	37	0,185	0,017		
9	4521					



Rys. 3

Punktacja

Część teoretyczna

1) Pomysł wyznaczenia strat energii w oparciu o pomiar czasu pomiędzy kolejnymi zderzeniami do 5 pkt.

2) Wyprowadzenie wzorów (1)-(4) do 5 pkt.

Część doświadczalna

3) Wykonanie pomiarów czasu pomiędzy kolejnymi zderzeniami dla kulki stalowej i piłeczki pingpongowej do 6 pkt.

4) Sporządzenie wykresu do 2 pkt.

5) Dyskusja uzyskanego wyniku (przyczyna różnicy strat, przyczyna rozrzutu strat dla kolejnych zderzeń) do 2 pkt.

Źródło:

Komitet Okręgowy Olimpiady Fizycznej w Szczecinie
www.of.szc.pl