

Wydział	Imię i nazwisko 1. 2.	Rok	Grupa	Zespół	
PRACOWNIA FIZYCZNA WFİIS AGH	Temat:			Nr ćwiczenia	
Data wykonania	Data oddania	Zwrot do popr.	Data oddania	Data zaliczenia	OCENA

Ćwiczenie nr 9: Swobodne spadanie

Cel ćwiczenia

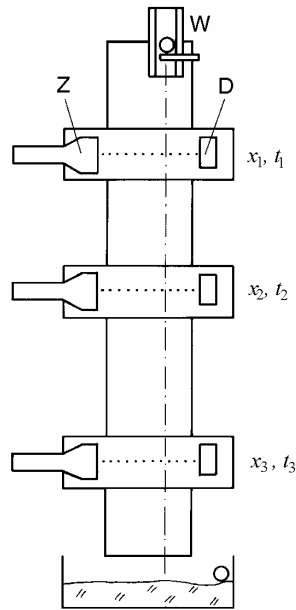
Obserwacja swobodnego spadania z wykorzystaniem elektronicznej rejestracji czasu przelotu kuli przez punkty pomiarowe. Wyznaczenie przyspieszenia ziemskiego.

Zagadnienia kontrolne

1. Prawo powszechnego ciężenia.
2. Swobodne spadanie – opis ruch w próżni.
3. Jakie siły działają na ciało spadające w powietrzu?
4. Dlaczego pozorna wartość przyspieszenia ziemskiego jest mniejsza od rzeczywistej?
5. Podaj wielkości, od których zależy siła oporu powietrza?
6. Co to jest siła wyporu powietrza i jaki jest jej możliwy wpływ na pozorną wartość przyspieszenia ziemskiego?
7. Wyjaśnij znaczenie słowa ekstrapolacja liniowa, zastosowana jako element opracowania wyników pomiaru.
8. Wartość przyspieszenia ziemskiego zmienia się od $9,832 \text{ m/s}^2$ na biegunach, poprzez $9,811 \text{ m/s}^2$ na szerokości geograficznej Krakowa, do $9,780 \text{ m/s}^2$ na równiku. Dlaczego?

*Ocena
i podpis*

1. Aparatura



Rys. w1. Schemat mechaniczny układu pomiarowego: Z – źródło światła (reflektorek), D – detektor światła (fotodioda), W – wyrzutnik kul

1. Przyrząd do badania swobodnego spadania (rys. w1) zawierający wyrzutnik kul, układ trzech reflektorków i współpracujących fotodiod, oraz przymiar milimetrowy
2. Zasilacz 9 V układu reflektorków
3. Układ elektryczny (na płytce) zawierający baterię zasilającą 1,5 V i opornik $R = 20 \text{ k}\Omega$.
4. Komputer z kartą oscyloskopową.

2. Wykonanie ćwiczenia

1. Włączyć zasilanie układu reflektorów.
2. Uruchomić komputer z kartą oscyloskopową. Program obsługujący kartę winien zgłosić się samoczynnie. Sprawdzić działanie programu (przez kolejne naciśnięcie ENTER, SPACJA, ENTER, HOME).
3. Zestawić (lub sprawdzić) układ elektryczny detekcji światła według schematu z rys. 1. Sprawdzić działanie układu pomiarowego wyzwalając kartę przy długim czasie pomiaru (8,192 s) i przerywając w tym czasie ręką światło padające na kolejne fotokomórki.
4. Aby uzyskać jak największą dokładność pomiaru i uwidocznic wpływ oporu powietrza, odległości między fotokomórkami winny być nie mniejsze niż 50 cm. Współrzędne położenia x_1 , x_2 i x_3 nastawiamy bardzo starannie z dokładnością nie mniejszą niż 1 mm.
5. Właściwy eksperyment polega na jednoczesnym wyzwoleniu karty (klawiszem ENTER) i przesunięciu zasuwki powodującej spadanie kulki. Stosować czas pomiaru 819,2^{*} ms. Jeżeli nie uda się zarejestrować trzech pików za pierwszym razem, należy powtarzać doświadczenie aż do skutku.
6. Dla zarejestrowanego sygnału wykonujemy odczyt czasów t_1 , t_2 i t_3 . W tym celu:

^{*} Taki czas pomiaru wynika z faktu, że pracująca w układzie dwójkowych pamięć karty ma $2^{13} = 8192$ komórek pamięci, na każdą przypada czas dokładnie 0,1 ms.

- a) „najeżdżamy” pionową linią czyli kursorem na dany pik wykorzystując przyciski $<$, $>$ (przesuw co cztery punkty ekranu) oraz \rightarrow , \leftarrow (przesuw co 1 punkt),
 - b) przy użyciu lupy czasowej (kilkakrotne naciśnięcie $+$) rozciągamy do maksimum skalę czasu,
 - c) ustawiamy kursor na środek pików
 - d) czas spisujemy z odpowiedniego okienka na monitorze (z dokładnością 0,1 ms),
 - e) wykonujemy odczyt czasu dla dwu pozostałych pików (pierwotną skalę czasu przywraca kilkakrotne naciśnięcie $-$),
 - f) powrót do przygotowania następnego pomiaru przy użyciu klawisza HOME.
7. Pomiar powtarzamy dla kolejnych kul przy tych samych położeniach x_1 , x_2 i x_3 , Gęstości kul są podane.
 8. Wyniki wpisujemy do tabeli 1 i na bieżąco obliczamy różnice $t_2 - t_1$, $t_3 - t_2$, i $t_3 - t_1$. Różnice te, w przeciwieństwie do indywidualnych czasów, nie zależą od przypadkowego momentu zwolnienia kulki oraz uruchomienia karty. Powinniśmy zauważyć, że różnice stają się nieco większe dla lżejszych kul.

3. Wyniki pomiarów

Tabela 1. Własności kul.

Nr	Materiał kuli	gęstość ρ [g/cm ³]	$1/\rho$ [cm ³ /g]
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Tabela 2. Zapis odległości.

x_1 [mm]	x_2 [mm]	x_3 [mm]	$x_2 - x_1$ [mm]	$x_3 - x_2$ [mm]

Tabela 2. Zapis czasów i wartość pozorna przyspieszenia ziemskiego

Nr	Materiał kuli	t_1 [ms]	t_2 [ms]	t_3 [ms]	$t_2 - t_1$ [ms]	$t_3 - t_2$ [ms]	$t_3 - t_1$ [ms]	a [m/s ²]
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								

4. Opracowanie wyników

1. Obliczyć wartości $a = \frac{2}{t_3 - t_1} \left(\frac{x_3 - x_2}{t_3 - t_2} - \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} \right)$ i zapisać w tabeli 3..

2. Wykonać wykres a w funkcji $1/\rho$. (Skali osi pionowej nie zaczynać od zera!) Dopasować prostą ekstrapolacji metodą wyznaczoną przez prowadzącego.

3. Podać wartość przyspieszenia ziemskiego jako składnik stały równania prostej :

$$g = \dots\dots\dots$$

4. W przypadku użycia metody najmniejszych kwadratów podać niepewność g jako odchylenie standardowe składnika stałego równania prostej.

$$u(g) = \dots\dots\dots$$

5. Obliczyć niepewność rozszerzoną dla wartości współczynnika rozszerzenia $k = 2$,

$$U(g) = k u(g) = \dots\dots\dots$$

6. Czy uzyskana wartość g jest zgodna, w granicach niepewności rozszerzonej, z wartością tabelaryczną?

Wnioski: