## Ćwiczenie 6

# Badanie spadku swobodnego

### 6.1. Zasada ćwiczenia

Metalowa kulka spada swobodnie z różnych wysokości. Mierzony jest czas spadku. Na podstawie otrzymanych wyników wyznacza się przyspieszenie ziemskie.

### 6.2. Wiadomości teoretyczne

Na początku XVII wieku Galileo Galilei (Galileusz) odkrył prawo, jakiemu podlegają ciała spadające swobodnie na powierzchnię Ziemi. Prawo to brzmi: stosunek dróg przebytych w kolejnych równych przedziałach czasu jest równy stosunkowi kolejnych liczb nieparzystych. Galileusz zauważył, że szybkość spadania ciał nie zależy od ich masy, a wszelkie odstępstwa od tego prawa wynikają z oporów powietrza. Chcąc badać spadek ciał musimy więc albo przeprowadzać doświadczenie w próżni albo wybrać do badań takie ciało, dla którego siła oporu aerodynamicznego będzie zaniedbywanie mała w stosunku do siły ciężkości.

Doświadczenie pokazuje, że ciało puszczone swobodnie porusza się pod wpływem siły ciężkości, którą można zapisać w postaci:

$$Q = m\,g \quad , \tag{6.1}$$

skierowanej pionowo w dół, gdzie $m$ - masa ciała, $g$ – przyspieszenie ziemskie. Zgodnie z II zasadą dynamiki Newtona można zapisać:

$$m\,a = m\,g \quad , \tag{6.2}$$

gdzie $a$ – przyspieszenie ciała. Widzimy więc, że spadające swobodnie (to znaczy bez prędkości początkowej) ciało będzie się poruszać ruchem prostoliniowym jednostajnie przyspieszonym. Droga $h$, jaką przebędzie ciało w ciągu czasu $t$ wynosi:

$$h = \frac{g\,t^2}{2} \quad , \tag{6.3}$$

a stąd czas spadku z wysokości $h$ jest równy:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}} \quad . \tag{6.4}$$

W ćwiczeniu mierzymy $t$ dla różnych wybranych wartości $h$. Wyniki możemy przedstawić na wykresie $h$ w funkcji $t$ lub $h$ w funkcji $t^2$. W pierwszym przypadku otrzymujemy zależność kwadratową, a w drugim przypadku zależność liniową.

Współczynnik kierunkowy prostej na wykresie $h$=f($t^2$) wyznaczonej przez punkty pomiarowe odpowiada wartości $\frac{1}{2}g$ .

Warto się jeszcze zastanowić od czego zależy przyspieszenie ziemskie $g$. Ciała są przyciągane przez Ziemię zgodnie z prawem grawitacji. Dla ciał znajdujących się na powierzchni Ziemi lub w jej pobliżu siła grawitacyjnego przyciągania ziemskiego wynosi:

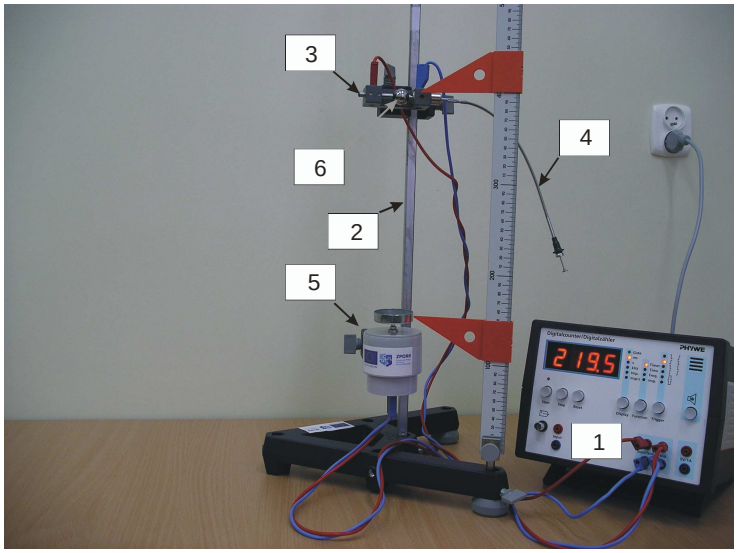
$$F_G = G\frac{m\,M_z}{R_z^2} \quad , \tag{6.5}$$

gdzie $G$ – stała grawitacji, $m$ – masa ciał, $R_z$ – promień Ziemi, $M_z$ – masa Ziemi.
Jeżeli zaniedbamy ruch dobowy Ziemi, to

$$g = G\frac{M_z}{R_z^2} \quad . \tag{6.6}$$

Przyspieszenie ziemskie zmienia się jednak nieznacznie wraz z szerokością geograficzną. Jest to związane z obrotem Ziemi wokół własnej osi oraz z jej spłaszczeniem.

## 6.3. Aparatura pomiarowa




**Rysunek 4b.1.** Zdjęcie stanowiska pomiarowego.

Układ pomiarowy składa się z:

- miernika czasu (1),
- statywu (2),
- uchwytu kulki (3) z mechanicznym wyzwalaczem (4),
- uchwytu z szalką (5),

- stalowej kulki (6).

## 6.4. Zadania

W ramach ćwiczenia student może:

- zmierzyć czas spadku kulki z różnych wysokości,
- wykonać wykres wysokości spadku kulki w funkcji kwadratu czasu spadku,
- na podstawie wykresu wyznaczyć wartość przyspieszenia ziemskiego.

## 6.5. Przebieg pomiarów i opracowanie wyników

Aby przeprowadzić pomiar czasu spadku kulki z określonej wysokości należy ustawić uchwyt kulki (2) i uchwyt z szalką (5) na odpowiednich wysokościach. Szalka musi być wyciągnięta z uchwytu maksymalnie do góry. Następnie włącz miernik (1) i wciskając przycisk **Function** wybierz **timer,** a następnie wciskając **Trigger** wybierz ⎍ ⎍. Teraz należy założyć kulkę (6) do uchwytu (3) i zablokować mechanizm wyzwalacza (4). Wciśnij kolejno **Reset, Start** i następnie uwolnij wyzwalacz. Na wyświetlaczu pojawi się czas spadku. Korzystając ze śruby znajdującej się pod szalką można ją ustawić tak, aby przesunięcie jej w dół o kilka dziesiątych milimetra kończyło pomiar czasu. Aby dokładnie określić wysokość spadku, należy uwzględnić w obliczeniach promień kuli. Jednakże, promienia tego nie trzeba uwzględniać, jeżeli przyspieszenie ziemskie będzie wyznaczone metodą najmniejszych kwadratów z wykresu $h=f(t^2)$ – wtedy prosta nie będzie przechodzić przez początek układu współrzędnych.

## 6.6. Wymagane wiadomości

1. Kinematyka ruchu prostoliniowego jednostajnie przyspieszonego.
2. Zasady dynamiki Newtona.
3. Prawo powszechnego ciążenia.
4. Przyspieszenie ziemskie.

## 6.7. Literatura

1. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker – Podstawy fizyki, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2005.
2. A. Januszajtis – Fizyka dla Politechnik, t. I, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1977.