

## RÓWNIA POCHYŁA

Instrukcja dla uczniów szkół podstawowych

### WSTĘP

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie wartości przyspieszenia grawitacyjnego przy wykorzystaniu równi pochyłej o zadanych parametrach (długość toru ruchu, czas trwania przejazdu, wysokość równi) i porównanie obliczonej wielkości z danymi tablicowymi.

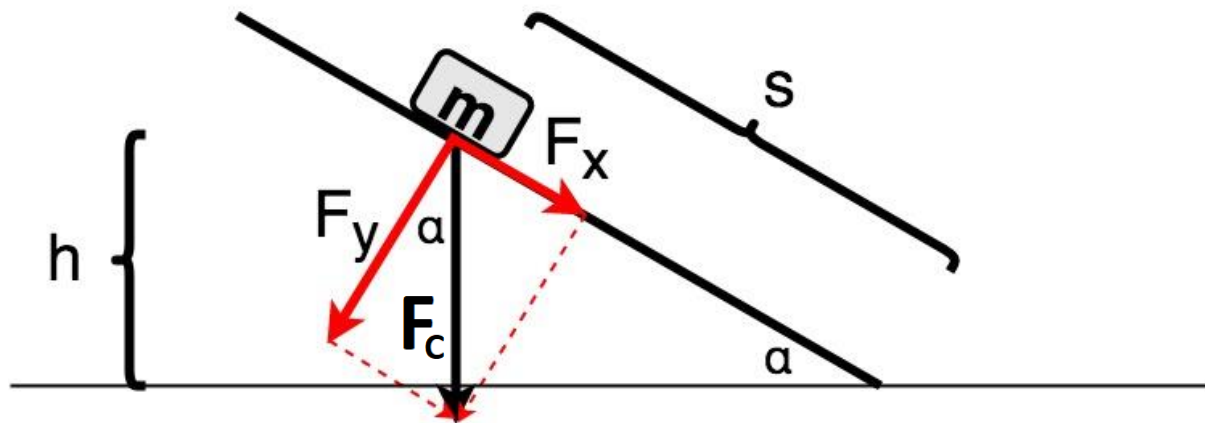
Zgodnie z I Zasadą Dynamiki Newtona, gdy na ciało nie działa żadna siła lub gdy siły równoważą się, ciało porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym lub pozostaje w spoczynku. Na Ziemi zawsze mamy do czynienia z przyciąganiem grawitacyjnym, dlatego nigdy nie będzie sytuacji, w której nie ma żadnej siły działającej na ciało. Siła grawitacji może być co najwyżej równoważona, przykładowo przez siłę tarcia (skoczek spadochronowy) lub sprężystości podłoża (szklanka na stole).

Należy pamiętać, że siła grawitacji jest zawsze skierowana pionowo w dół, w kierunku środka Ziemi. Ciało upuszczone swobodnie w polu grawitacyjnym będzie poruszało się z przyspieszeniem  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ . Gdy ciało stoi na płaskiej powierzchni, jego ciężar,

$$F_c = mg, \quad (1)$$

jest w całości równoważony przez siłę sprężystości podłoża.

W przypadku ciała ustawionego na równi pochyłej, jedynie część jego siły ciężkości jest kompensowana przez siłę sprężystości podłoża. Wielkość tej części zależna jest od kąta nachylenia równi względem poziomu. Pomińmy w tej sytuacji siłę oporu.



Rys. Rozkład sił działających na ciało na równi pochyłej

Ciało stojące na pochyłej powierzchni zacznie się zsuwać. Przyspieszenie, z jakim będzie ono nabierało prędkości, zależy od tej składowej siły ciężkości, która jest skierowana wzdłuż równi. Do opisu tego ruchu przyda nam się II Zasada Dynamiki Newtona wyrażona wzorem

$$a = \frac{F}{m}. \quad (2)$$



W powyższym wzorze  $a$  to przyspieszenie ciała,  $F$  to składowa równoległa do toru ruchu, na rysunku oznaczona jako  $F_x$ ,  $m$  natomiast to masa ciała. Przyspieszenie ciała staczającego się po równi pochyłej zależy od jej nachylenia względem poziomu. Należy zatem znaleźć zależność pomiędzy siłą działającą na ciało powodującą ruch wzdłuż równi a kątem jej nachylenia.

Z podobieństwa trójkątów można zauważyć, że prawdziwe jest równanie

$$\frac{F_c}{F_x} = \frac{s}{h}. \quad (3)$$

Korzystając ze wzoru na siłę ciężkości oraz II Zasady Dynamiki Newtona otrzymujemy postać

$$\frac{mg}{ma} = \frac{s}{h}.$$

Po skróceniu otrzymujemy zatem zależność przyspieszenia ciała na równi od jej wysokości i długości:

$$a = g \frac{h}{s}. \quad (4)$$

Podczas eksperymentu przydatne będzie skorzystanie z równania ruchu danego wzorem

$$s(t) = s_0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (5)$$

Przy założeniu, że położenie początkowe  $s_0$  oraz prędkość początkowa  $v_0$  są zerowe, równanie sprowadza się do postaci  $s = \frac{1}{2} a t^2$ , które po przekształceniu możemy zapisać jako

$$a = \frac{2s}{t^2}. \quad (6)$$

Tym sposobem możemy wyznaczyć przyspieszenie ciała w zależności od przebytej drogi  $s$  w czasie  $t$ , przy zachowaniu wspomnianych wcześniej założeń dotyczących położenia początkowego oraz prędkości początkowej.

Porównując równania (4) i (6) dostajemy wyrażenie pozwalające wyznaczyć przyspieszenie ziemskie z parametrów ruchu ciała na równi:

$$g = \frac{2s^2}{ht^2}. \quad (7)$$

## POMIARY

Eksperyment polegał będzie na pomiarze czasu trwania ruchu samochodzika pomiędzy fotokomórkami dla zadanej odległości pomiędzy nimi. Samochodzik, po minięciu fotokomórki umieszczonej wyżej, uruchamia pomiar czasu, który zatrzymywany jest, gdy minie on fotokomórkę umiejscowioną niżej. Odległość między fotokomórkami można zmieniać. Dla każdej odległości należy zebrać kilka pomiarów po czym zmienić ich rozstaw i ponowić eksperyment. Wykonaj po 6 pomiarów czasu trwania ruchu dla 5 różnych odległości między fotokomórkami.

W pierwszej kolejności należy ustawić odpowiednią odległość  $s$  między fotokomórkami startującą a zatrzymującą pomiar czasu. Następnie zbadać wysokość względem poziomu stołu



komórki startującej  $h_1$  i zatrzymującej  $h_2$ . Różnica  $h$  pomiędzy tymi wysokościami będzie tą, którą wykorzystamy w obliczeniach.

Przeprowadzonych zostanie 6 pomiarów czasu dla każdej odległości między fotokomórkami. Pozwoli to na zminimalizowanie błędu wynikającego z niedokładnego umieszczenia samochodzika względem fotokomórki startującej. Zgodnie z wcześniejszymi założeniami, aby uzyskać zerową prędkość i położenie początkowe, samochodzik należy ustawić tak, by przed puszczeniem go był jak najbliżej fotokomórki startującej.

Po przeprowadzeniu rachunków dla każdej odległości  $s$  otrzymana zostanie wartość przyspieszenia ziemskiego  $g$ . Uśrednij otrzymane wyniki i porównaj z wartością tablicową.

Tabela 1. Wyniki pomiarów.

$s$ [m]	$h_1$ [m]	$h_2$ [m]	$h$ [m]	$t$ [s]			$t_{\text{śr}}$ [s]	$g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$g_{\text{śr}}$ [m/s <sup>2</sup> ]

Przeprowadź analogiczny eksperyment dla innego kąta nachylenia równi i dla samochodzika o innej masie. Wyniki pomiarów możesz wpisać w tabele na następnej stronie. Czy otrzymany wynik będzie znacząco różny czy zbliżony?

Opracowanie:  
A. Spyra, A. Drabińska



Tabela 2. Wyniki pomiarów dla drugiej masy samochodzika.

$s$ [m]	$h_1$ [m]	$h_2$ [m]	$h$ [m]	$t$ [s]			$t_{\text{śr}}$ [s]	$g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$g_{\text{śr}}$ [m/s <sup>2</sup> ]

Tabela 3. Wyniki pomiarów dla drugiego kąta nachylenia równi.

$s$ [m]	$h_1$ [m]	$h_2$ [m]	$h$ [m]	$t$ [s]			$t_{\text{śr}}$ [s]	$g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$g_{\text{śr}}$ [m/s <sup>2</sup> ]