

## TOR POWIETRZNY

Instrukcja dla uczniów szkół ponadpodstawowych

### WSTĘP

Celem doświadczenia jest sprawdzenie poprawności drugiej zasady dynamiki Newtona, poprzez wykonanie pomiarów z wykorzystaniem toru powietrznego.

Pod koniec XVII wieku Isaac Newton w dziele *Philosophiae naturalis principia mathematica* przedstawił prawo powszechnego ciężenia oraz prawa ruchu, które są podstawami mechaniki klasycznej. Nazywamy je Zasadami Dynamiki Newtona.

I. W inercjalnym układzie odniesienia, jeśli na ciało nie działa żadna siła lub siły działające równoważą się, to ciało pozostaje w spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym.

II. Jeśli siły działające na ciało nie równoważą się, to ciało porusza się z przyspieszeniem wprost proporcjonalnym do siły wypadkowej, a odwrotnie proporcjonalnym do masy ciała. Kierunek i zwrot przyspieszenia jest zgodny z kierunkiem i zwrotem siły wypadkowej. Współczynnikiem proporcjonalności między tymi dwoma wielkościami jest masa.

$$F = ma \quad (1)$$

III. Każdej akcji towarzyszy reakcja równa, co do wartości i kierunku, lecz przeciwnie zwrócona.

W doświadczeniu zajmiemy się sprawdzeniem poprawności drugiej zasady dynamiki. W pierwszej części sprawdzimy czy w ruchu jednostajnie przyspieszonym, przyspieszenie jest wprost proporcjonalne do działającej siły, natomiast w drugiej, czy jest odwrotnie proporcjonalne do masy.

W ruchu jednostajnie przyspieszonym przyspieszenie  $a$  jest wprost proporcjonalne do zmiany prędkości  $\Delta v$  i odwrotnie proporcjonalne do zmiany czasu  $\Delta t$ .

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad (2)$$

Nie jesteśmy w stanie bezpośrednio zmierzyć wartości przyspieszenia, dlatego w naszym doświadczeniu będziemy mierzyć drogę przebytą przez wózek oraz czas trwania ruchu. Zależność ta opisana jest wzorem:

$$s = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2. \quad (3)$$

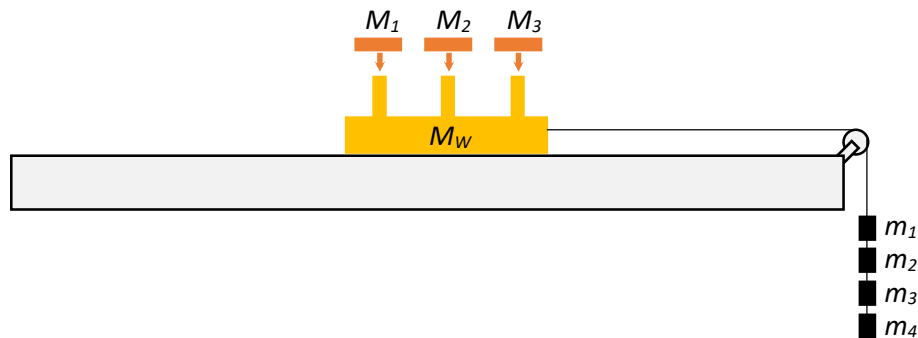
W naszym doświadczeniu będziemy starali się puszczać wózek jak najbliżej pierwszej fotokomórki, aby prędkość początkowa równała się zeru, wtedy powyższy wzór przyjmuje postać:

$$s = \frac{1}{2} a t^2. \quad (4)$$

## POMIARY

Układ pomiarowy składa się z:

- toru powietrznego z zamocowanym na końcu obrotowym bloczkiem,
- wózka z obciążnikami,
- nierozciągliwej nici,
- ciężarków do zawieszenia na nici,
- taśmy mierniczej,
- wagi elektronicznej.



Schemat układu pomiarowego

## POMIARY WSTĘPNE

Zmierz i zanotuj odległości trzech fotokomórek od fotokomórki startującej pomiar.

$$S_1 = \dots\dots\dots S_2 = \dots\dots\dots S_3 = \dots\dots\dots$$

Zmierz i zanotuj masy:

wózka  $M_W = \dots\dots\dots$

trzech obciążników do obciążenia wózka

$$M_1 = \dots\dots\dots M_2 = \dots\dots\dots M_3 = \dots\dots\dots$$

czterech ciężarków (drucików)

$$m_1 = \dots\dots\dots m_2 = \dots\dots\dots m_3 = \dots\dots\dots m_4 = \dots\dots\dots$$

## ZALEŻNOŚĆ PRZYSPIESZENIA OD DZIAŁAJĄCEJ SIŁY

Można przyjąć, że działająca na wózek siła jest równa sile ciężkości zawieszonoego na sznurku ciężarka. Aby zmienić siłę działającą na układ wystarczy zmienić masę ciężarków napędzających nasz układ poprzez dokładanie kolejnych ciężarków:

$$F_i = m_i g.$$

Napisz jaką wartość przyspieszenia ziemskiego przyjmujesz:  $g = \dots\dots\dots$



Zmieniając kolejno działającą siłę zmierz trzykrotnie czas przelotu wózka na trzech drogach, określonych przez czujniki, a następnie dla każdej z tych dróg wyznacz średni czas przelotu oraz oblicz przyspieszenie wózka korzystając odpowiednio przekształconego wzoru.

Pomiary zapisz do Tabeli 1 na końcu instrukcji.

Otrzymane wyniki przedstaw na wykresie na papierze milimetrowym w postaci zależności przyspieszenia od siły  $a(F)$  i do zgromadzonych danych dopasuj prostą.

Wyznacz równanie tej prostej  $y = Ax + B$ . Otrzymany współczynnik kierunkowy ( $A$ ) to odwrotność masy wózka.

$$M_W = \dots\dots\dots \quad 1/A = \dots\dots\dots$$

### ZALEŻNOŚĆ PRZYSPIESZENIA OD MASY

Masa wózka jest sumą masy samego wózka, podstawki do obciążenia wózka oraz założonych odważników do obciążenia wózka. Aby zmienić masę wózka wystarczy umieszczać kolejne ciężarki na wózku. Dla wybranej siły działającej na wózek zmieniając kolejno masę wózka zmierz trzykrotnie czas przelotu wózka na trzech drogach, określonych przez czujniki, a następnie oblicz pozostałe wartości jak w poprzedniej części ćwiczenia.

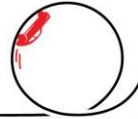
Pomiary zapisz do Tabeli 2 na końcu instrukcji.

Otrzymane wyniki przedstaw na wykresie na papierze milimetrowym w postaci zależności przyspieszenia od odwrotności masy wózka  $a\left(\frac{1}{M}\right)$  i do zgromadzonych danych dopasuj prostą.

Wyznacz równanie tej prostej  $y = Ax + B$ . Otrzymany współczynnik kierunkowy ( $A$ ) to siła działająca na wózek.

$$F = \dots\dots\dots \quad A = \dots\dots\dots$$

Opracowanie:  
M. Filipek, A. Drabińska



zajęcia otwarte z fizyki

Tabela 1. Pomiary zależności przyspieszenia od działającej siły

$m_i$ [kg]	$F_i$ [N]	$S_1$			$S_2$			$S_3$			$a_{\text{śr}}$ [m/s <sup>2</sup> ]
		$t_1$ [s]	$t_{1\text{śr}}$ [s]	$a_1$ [m/s <sup>2</sup> ]	$t_2$ [s]	$t_{2\text{śr}}$ [s]	$a_2$ [m/s <sup>2</sup> ]	$t_3$ [s]	$t_{3\text{śr}}$ [s]	$a_3$ [m/s <sup>2</sup> ]	



zajęcia otwarte z fizyki

Tabela 2. Pomiary zależności przyspieszenia od masy

$M_i$ [kg]	$1/M_i$ [1/kg]	$S_1$			$S_2$			$S_3$			$a_{\text{śr}}$ [m/s <sup>2</sup> ]
		$t_1$ [s]	$t_{1\text{śr}}$ [s]	$a_1$ [m/s <sup>2</sup> ]	$t_2$ [s]	$t_{2\text{śr}}$ [s]	$a_2$ [m/s <sup>2</sup> ]	$t_3$ [s]	$t_{3\text{śr}}$ [s]	$a_3$ [m/s <sup>2</sup> ]	