Ćwiczenie M3

Ruch prostoliniowy jednostajnie przyspieszony

M3.1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zbadanie ruchu prostoliniowego jednostajnie zmiennego poprzez określenie zależności drogi od czasu i prędkości od czasu dla ciała poruszającego się w dół równi pochyłej oraz wyznaczenie prędkości początkowej i przyspieszenia w ruchu tego ciała. Poprzez pomiar zależności przyspieszenia ciała od kąta nachylenia równi (dla ruchu bez tarcia) możliwe jest również wyznaczanie przyspieszenia ziemskiego.

M3.2. Zagadnienia związane z tematyką ćwiczenia

— Definicja prędkości chwilowej i średniej, przyspieszenia chwilowego i średniego,
— kinematyczne równania ruchu,
— charakterystyka ruchu prostoliniowego jednostajnego, jednostajnie zmiennego i niejednostajnie zmiennego,
— zasady dynamiki Newtona,
— ruch na równi pochyłej,
— prawo powszechnego ciążenia, przyspieszenie ziemskie,
— metoda najmniejszych kwadratów.

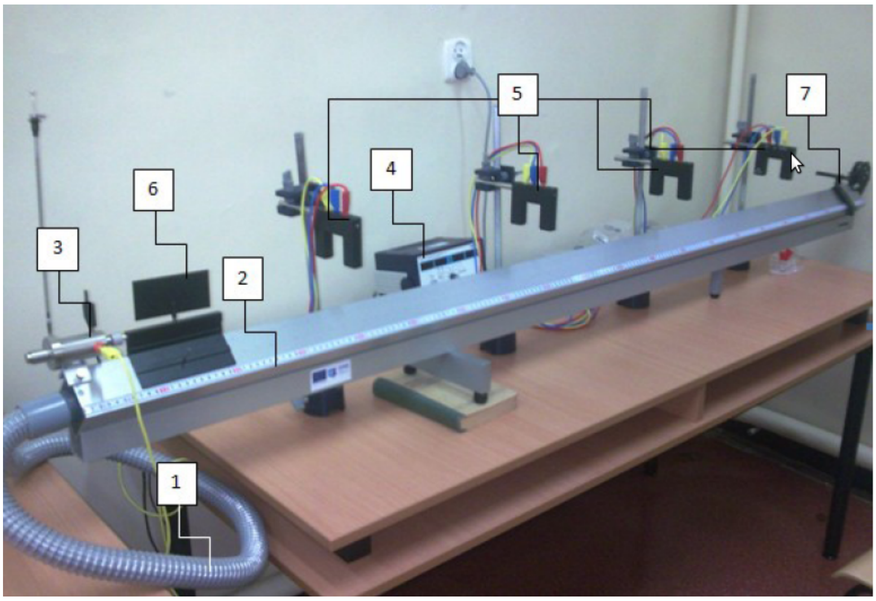
M3.3. Literatura

[1] Halliday D., Resnick R., Walker J.: *Podstawy fizyki, cz. 1*, PWN, Warszawa.
[2] Bobrowski Cz.: *Fizyka – krótki kurs*, WNT, Warszawa.
[3] Szczeniowski S.: *Fizyka doświadczalna, cz. 1*, PWN, Warszawa.
[4] Massalski J., Massalska M.: *Fizyka dla inżynierów cz. 1*, WNT, Warszawa.
[5] *Metody wykonywania pomiarów i szacowania niepewności pomiarowych*, http://www.mif.pg.gda.pl/index.php?node=mat_dla_stud_v2

M3.4. Przebieg ćwiczenia i zadania do wykonania

Układ doświadczalny

Rysunek M3.1 przedstawia zdjęcie układu z zaznaczonymi podstawowymi elementami zestawu: **1** – dmuchawa z wężem, **2** – tor powietrzny ze skalą centymetrowa, **3** – urządzenie startowe, **4** – miernik czasu, **5** – cztery bramki zaopatrzone w fotokomórkę, **6** – ciało - wózek ślizgający się po torze, **7** – zderzak ograniczający ruch wózka, **8** – podnośnik mechaniczny umożliwiający zmianę nachylenia równi. Równia utworzona z toru powietrznego jest dobrym przykładem równi, w przypadku której można pominąć tarcie.



Rysunek M3.1. Zdjęcie układu pomiarowego

Przebieg doświadczenia

W celu przygotowania układu do pomiarów, niezależnie od wyznaczonego zadania, należy:
— zmierzyć długość wózka d (**6**);
— wykorzystując podnośnik mechaniczny (**8**) utworzyć z toru powietrznego (**2**) równię pochyłą o określonym kącie nachylenia, α_i;

— pokrętło dmuchawy (**1**) ustawić w położeniu „3”;
— wcisnąć wyrzutnik w urządzeniu startowym (**3**) i dołączyć wózek (**6**) (połączenie magnetyczne) - należy zwrócić uwagę, aby wyrzutnik w całym cyklu pomiarów ustawiony był w tym samym położeniu;
— ustawić cztery bramki (**5**) w wybranych punktach równi, tak aby wózek mijał je swobodnie;
— zmierzyć odległości bramek s_i od położenia początkowego wózka;
— w celu pomiaru czasu t_i czyli czasu dotarcia czoła wózka do kolejnych bramek przełącznik na mierniku czasu (**4**) ustawić w pozycji „1”;
— w celu pomiaru czasu Δt_i czyli czasu przejazdu wózka o długości d przez kolejne bramki przełącznik na mierniku czasu (**4**) ustawić w pozycji „2”;
— wyzerować wskazania miernika czasu.

Zadania do wykonania

M3.1. Dla zadanej masy ciała (wózka) i ustalonego kąta nachylenia równi zmierzyć i wykreślić zależności: drogi od czasu $s = f(t)$ i prędkości od czasu $V = f(t)$. Skomentować uzyskany wynik.

M3.2. Wykorzystując pomiary z zadania M3.1 wyznaczyć przyspieszenie ciała i jego prędkość początkową (metodą graficzną i/lub metodą najmniejszych kwadratów). Porównać otrzymaną wartość przyspieszenia z wartością wyliczoną teoretycznie (przyjąć, że ruch ciała odbywał się bez tarcia).

M3.3. Dla ustalonego kąta nachylenia równi wyznaczyć zależność przyspieszenia ciała od jego masy. Skomentować i uzasadnić uzyskany wynik.

M3.4. Dla wybranej masy ciała wyznaczyć zależność przyspieszenia ciała od kąta nachylenia równi. Wykorzystując tę zależność wyznaczyć przyspieszenie ziemskie (metodą graficzną i/lub metodą najmniejszych kwadratów), przyjmując, że ruch ciała odbywał się bez tarcia.

Uzupełnienie do zadania M3.1

Chcąc uzyskać zależność $s = f(t)$ należy wykonać pomiary czasów t_i (przełącznik na mierniku czasu w pozycji „1”) dotarcia ciała (wózka) do bramek, które ustawiamy w i różnych punktach równi (w różnych odległościach s_i od położenia początkowego wózka) i należy sporządzić wykres $s_i = f(t_i)$. Chcąc uzyskać zależność $V = f(t)$ należy obliczyć z jaką prędkością ciało (wózek) mija poszczególne bramki. W tym celu przy danym ustawieniu bramek należy wykonać dodatkowo pomiar czasów Δt_i przejazdu wózka przez kolejne bramki (przełącznik na mierniku czasu w pozycji „2"). Wtedy, przy zmierzonej długości wózka d, chwilowa prędkość V_i wynosi:

$$V_i\left(t_i'\right) = \frac{d}{\Delta t_i}, \tag{M3.1}$$

gdzie

$$t_i' = t_i + \frac{\Delta t_i}{2}. \tag{M3.2}$$

Następnie należy sporządzić wykres zależności $V_i\left(t_i'\right)$, którą wykorzystujemy do dalszej analizy, m.in. do wyznaczenia prędkości początkowej i przyspieszenia w danym ruchu (zadanie M3.2).

Uzupełnienie do zadań M3.2 **i** M3.3

Chcąc wyznaczyć zmianę przyspieszenia w funkcji masy ciała m_j lub kąta nachylenia równi α_j wykonujemy j pomiarów zależności $V_i\left(t_i'\right)$, tak jak zostało to opisane przy zadaniu M3.1, a następnie metodą graficzną lub metodą najmniejszych kwadratów wyznaczamy wartość przyspieszenia a_j w danym ruchu.

M3.5. Rachunek niepewności

Niepewność pomiaru d, s_i, t_i, Δt_i, a_i oraz m_i oceniamy w czasie wykonywania pomiarów na podstawie podziałki użytych przymiarów liniowych/kątowych, zakresu i klasy użytych urządzeń pomiarowych (niepewność systematyczna). Wyznaczone wartości nanosimy odpowiednio na wykresy.

Niepewność pomiaru V_i i t_i' wyznaczamy jako niepewność systematyczną wielkości złożonej (mierzonej pośrednio) i tak wyznaczone wartości nanosimy odpowiednio na wykresy.

Niepewność pomiaru prędkości początkowej, przyspieszenia ciała i przyspieszenia ziemskiego wyznaczamy metodą graficzną i/lub obliczamy jako niepewność standardową stosując odpowiednie wzory metody najmniejszych kwadratów.