

# Mechanika – laboratorium dla FGKiR

(instrukcja do ćwiczeń na bazie dostępnych appletów)

Krystyna Perzyńska

wersja z 12.02.2019

## Spis treści

Wstęp.....	2
2 A - Sprawdzanie prawa Hooke'a dla sprężyny .....	4
3 A – Wahadło matematyczne .....	5
7 A – Sprawdzanie prawa Archimedesesa .....	6
12 A – Rzut ukośny punktu materialnego .....	7
27 A – Ruch jednostajnie zmienny .....	8

# Wstęp

## Przygotowanie

- Przed przystąpieniem do wykonania ćwiczenia należy się przygotować: przyswoić wiedzę nt. badanego zjawiska, podstawowych wzorów oraz podstaw używanego układu pomiarowego. Wiedza ta zostanie sprawdzona na zajęciach.
- W niniejszym skrypcie znajdują się informacje o celu doświadczenia, sposobie przeprowadzenia pomiarów oraz opracowaniu wyników. Więcej informacji o większości ćwiczeń i układów doświadczalnych można znaleźć na stronie internetowej Wydziału, w podręcznikach i w Internecie.

## Wykonanie doświadczenia

- Wykonujemy pomiary zgodnie z instrukcją, zapisując wyniki na kartce.
- Pamiętamy o oszacowaniu błędu pomiarowego każdej mierzonej wielkości fizycznej.
- Kartka z wynikami pomiarów na koniec zajęć musi zostać przedstawiona prowadzącemu do podpisu.

## Analiza wyników

- Analizujemy wyniki zgodnie z instrukcją. Najczęściej jest to sporządzenie odpowiedniego wykresu i korzystając z metody regresji liniowej dopasowania linii prostej.
- Pamiętamy o błędach wykreślanych parametrów i błędach współczynników dopasowanej prostej. Skutecznie można tego dokonać korzystając z przygotowanego podczas zajęć z Rachunku niepewności pomiarowych, arkusza Excel pakietu MS Office lub z programu MATHEMATICA.

## Sprawozdanie

- Przygotowujemy sprawozdanie z przeprowadzonego doświadczenia. Sprawozdanie powinno zawierać:
  - wstęp teoretyczny, z podstawowymi informacjami o badanym zjawisku fizycznym i użytych wzorach, oraz z opisanym celem doświadczenia;
  - opis układu pomiarowego, ze schematem i zasadą działania;
  - opis eksperymentu: co ustawiamy, co mierzymy, jakie są błędy pomiarowe;
  - analiza wyników: co przedstawiamy na wykresie i dlaczego, wykres z punktami pomiarowymi ze słupkami błędów i dopasowaną linią pamiętając również o ustawieniu podpisów osi, legendy itp., aby wykres wyglądał czytelnie), oraz wyznaczenie interesującej wielkości ze współczynników dopasowania. Pamiętamy o niepewnościach pomiarowych tzw. błędach!
  - podsumowanie, analiza sukcesu (lub braku sukcesu), możliwych błędów, i czynników wpływających na wynik.

- Orientacyjny rozmiar sprawozdania to około 3–4 strony A4 (bez strony tytułowej).
- Do sprawozdania dołączamy kartkę z notatkami z pomiaru (tzw. protokół) oraz zrzut ekranu z rachunkami.
- Wydrukowane sprawozdanie oddajemy na kolejnych zajęciach.

Autor: [PhET Interactive Simulations University of Colorado](#) 

Licencja: [Creative Commons Attribution 3.0 United States](#) 

## 2 A - Sprawdzanie prawa Hooke'a dla sprężyny

### Cel:

- Zbadanie zależności wydłużenia od naprężenia sprężyny dla różnych wartości współczynnika sprężystości  $k$
- Wyznaczenie okresu drgań masy zawieszonyj na sprężynie oraz zbadanie wpływu stałej sprężystości  $k$  na okres drgań  $T$ .

### Przeprowadzenie pomiarów:

- Wchodzimy na stronę [https://www.edukator.pl/tik\\_edukator/Oscillation%20Lab.html](https://www.edukator.pl/tik_edukator/Oscillation%20Lab.html)
- Ustawiamy najniższą stałą sprężystości 10 N/m.
- Zmieniamy wartość masy zawieszonyj ciężarka w możliwym zakresie (50÷300g) i dla każdej masy mierzymy wydłużenie sprężyny oraz okres drgań.
- Powyższe pomiary przeprowadzamy dla stałych sprężystości wskazanych przez prowadzącego.

### Opracowanie wyników:

- Przedstawiamy na wykresie zależność naprężenia sprężyny od wydłużenia dla „każdej” sprężyny.
- Ze współczynnika kierunkowyj dopasowanyj prostej wyznaczamy stałe sprężystości i porównujemy otrzymane wyniki ze stałymi sprężystości ustawionymi w animacji.
- Przedstawiamy na wykresie zależność okresu drgań sprężyny od masy zawieszonyj na niej.
- Przedstawiamy na wykresie zależność okresu drgań sprężyny od stałej sprężystości.
- Dyskutujemy otrzymane wyniki.

## 3 A – Wahadło matematyczne

### Cel:

- Zbadanie zależności okresu drgań wahadła matematycznego od długości  $l$ , zawieszonyj masy  $m$ , oraz kąta wychylenia wahadła od położenia równowagi  $\alpha$
- Wyznaczenie wartości przyspieszenia ziemskiego  $g$  i porównanie z wartością tablicową.

### Przeprowadzenie pomiarów:

- Wchodzimy na stronę <https://www.edukator.pl/site/?applet=1614>  
<https://www.edukator.pl/site/?applet=1614>
- Ustawiamy następujące parametry:
  - długość wahadła na 20cm;
  - masę =0,50kg
  - brak tarcia;
  - czas rzeczywisty;
  - oraz wybieramy Ziemię tzn.  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  ;
  - wybieramy fotokomórkę w celu obliczenia okresu drgań wahadła;
  - wychylamy wahadło o tzw. mały kąt  $\alpha$  (ile stopni i dlaczego?)
- Powtarzamy pomiary zwiększając tylko długość wahadła o kolejne 10cm (aż do 100cm)
- Zmieniamy masę obciążającą wahadło na  $m=1\text{kg}$ , powtarzają powyższy algorytm pomiarowy.
- Zmieniamy wartość kąta wychylenia wahadła  $\alpha$  do wartości  $50^\circ$  przy zachowaniu pozostałych wartości parametrów.

### Opracowanie wyników:

- Przedstawiamy na wykresie zależność kwadratu okresu drgań wahała od jego długości dla każdej masy oddzielnie.
- Ze współczynnika kierunkowego dopasowanej prostej wyznaczamy wartość przyspieszenia ziemskiego i porównujemy z wartością założoną w eksperymencie.
- Dyskutujemy wpływ zawieszonyj masy oraz kąta wychylenia wahadła okres drgań wahadła.

## 7 A – Sprawdzanie prawa Archimedesesa

### Cel:

- Zbadanie zależności pomiędzy objętością ciała a siłą wyporu.
- Wyznaczenie wartości gęstości cieczy i porównanie z wartością tablicową.

### Przeprowadzenie pomiarów:

- Wchodzimy na stronę [https://phet.colorado.edu/sims/density-and-buoyancy/buoyancy\\_pl.html](https://phet.colorado.edu/sims/density-and-buoyancy/buoyancy_pl.html)
- W pierwszej części ćwiczenia wybieramy: Intro
- Wybieramy równe masy klocków i mierzymy siłę wyporu, następnie: równe objętości i równe gęstości materiałów klocków. Obserwujemy zachowanie klocków.
- Wybieramy część: Zmiana ustawień
- Dla każdego z dostępnych materiałów, ustawiamy masę 1kg i mierzymy objętość oraz siłę wyporu brył zanurzonych(!) w wodzie.
- Powyższą procedurę powtarzamy dla drugiego przypadku, gdy cieczą jest olej.
- W drugiej części ćwiczenia, ustawiamy jednakowe objętości dostępnych materiałów i sprawdzamy wpływ gęstości materiału na siłę wyporu.

### Opracowanie wyników:

- Wyjaśniamy wpływ masy, objętości i gęstości materiału klocków na siłę wyporu.
- Przedstawiamy na wykresie zależność siły wyporu od objętości zanurzonych brył dla różnych cieczy oddzielnie.
- Ze współczynników kierunkowych dopasowanych prostych wyznaczamy gęstości cieczy i porównujemy z wartościami tablicowymi.

## 12 A – Rzut ukośny punktu materialnego

### Cel:

- Sprawdzenie, w jaki sposób każdy parametr (wysokość początkowa, kąt początkowy, prędkość początkowa, masa, średnica) wpływa na trajektorię punktu materialnego z uwzględnieniem oporu powietrza i bez niego.

### Przeprowadzenie pomiarów:

- Wchodzimy na stronę [https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion\\_pl.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/projectile-motion/latest/projectile-motion_pl.html)
- Wybieramy „Laboratorium”
  - Wybieramy kolejne przedmioty dostępne w aplikacji (9 szt.) i wystrzelujemy je z armaty ustawionej na Ziemi. Przedmioty mają masę i średnicę założoną opcjonalnie w aplikacji (zapisujemy je). Pomiary prowadzimy z uwzględnieniem oporu powietrza, przy prędkości początkowej 15m/s i kącie wystrzału równym 60°. Korzystając z niebieskiego panelu (umieszczonego w prawym górnym rogu), ustawiając krzyżyki w odpowiednich punktach mierzymy zasięg i czas pokonywanej drogi. Zapisujemy wyniki.
  - Wybieramy piłkę futbolowa o masie 1,2kg i średnicy 60cm, przy zerowym oporze powietrza i przy prędkości początkowej 15m/s wystrzelujemy ją z armaty ustawionej na Ziemi na wysokości 3m. Ustawiamy kąt wystrzału na 30° i ustawiając krzyżyk niebieskiego panelu (w prawym górnym rogu) na odpowiednim punkcie lotu piłki mierzymy czas, zasięg i wysokość dla wszystkich punktów zaznaczonych na torze lotu piłki. Zapisujemy wyniki.
  - Powtarzamy pomiary zmieniając jedynie kąt wystrzału na 60° i zapisujemy wyniki.
  - Ustawiamy tarczę w odległości (wskazanej przez prowadzącego!) od armaty i dobieramy parametry początkowe (masę, prędkość początkową, wysokość ustawienia armaty, kąt wyrzutu oraz opor powietrza) dla wystrzelivanego z armaty człowieka tak, aby wylądował dokładnie w centrum tarczy. Zapisujemy parametry.

### Opracowanie wyników:

- Przedstawiamy na wykresie zależność zasięgu (składowej poziomej drogi) w funkcji czasu dla różnych obiektów wystrzeliwanych z tej samej wysokości (0m), pod tym samym kątem (60°) i z tą samą prędkością początkową  $v_0 = 15\text{m/s}$ , z uwzględnieniem oporu powietrza; analizujemy wyniki.
- Przedstawiamy na wykresie zależność składowej poziomej drogi w funkcji czasu dla dwóch wartości kąta wyrzutu (30° i 60°) piłki futbolowej (o zadanych wyżej parametrach) bez oporu powietrza
- Analizujemy w jaki sposób zmienne warunki początkowe wpłyną na trajektorię obiektu.
- Obliczamy, gdzie obiekt wyląduje, biorąc pod uwagę warunki początkowe.
- Określamy, w jaki sposób każdy parametr (wysokość początkowa, kąt wyrzutu, prędkość początkowa, masa, średnica i wysokość) wpływa na trajektorię obiektu, z oporem powietrza i bez niego.

## 27 A – Ruch jednostajnie zmienny

### Cel:

- Zbadanie zależności drogi od czasu w ruchu jednostajnie zmiennym.
- Pomiar prędkości średniej na coraz krótszych odcinkach drogi wyznaczenie ekstrapolowanej prędkości średniej, która jest prędkością chwilową.
- Porównanie otrzymanej wartości prędkości chwilowej z wartością teoretyczną (ze wzorem  $v = \sqrt{2ad}$ ; gdzie  $a$ - wartość przyspieszenia,  $d$  – stała odległość

### Przeprowadzenie pomiarów:

- Wchodzimy na stronę <https://www.edukator.pl/site/?applet=1024>

### Część I

- Ustawiamy zegar zielony w położeniu początkowym – 0 m, zegar czerwony w pozycji 5m, przyspieszenie ustawiamy o wartości wskazanej przez prowadzącego(!).
- Zmieniamy długość drogi co 5m (aż do 50m) i mierzymy czas pokonania zadanej drogi.

### Część II a

- Ustawiamy zegar zielony w położeniu początkowym – 25 m, zegar czerwony w pozycji 30m, przyspieszenie ustawiamy na j.w.  $m/s^2$  i mierzymy czas pokonania zadanej drogi
- Zmieniamy drogę: przesuwamy zegar czerwony o kolejne 5 m (aż do 50m) i mierzymy kolejne czasy.

### Część II b

- Ustawiamy zegar czerwony w położeniu początkowym – 25 m, zegar zielony w pozycji 20m, przyspieszenie ustawiamy na j.w.  $m/s^2$  i mierzymy czas pokonania zadanej drogi
- Zmieniamy drogę: przesuwamy zegar zielony o kolejne 5 m w kierunku początku drogi (aż do 5m) i mierzymy kolejne czasy.

### Opracowanie wyników:

- Przedstawiamy na wykresie zależność drogi od kwadratu czasu.
- Wyznaczamy wartość przyspieszenia i porównujemy zadaną (w aplecie).
- Przedstawiamy na wykresie zależność prędkości średniej w funkcji czasu dla części II a i II b na jednym wykresie.
- Ze współczynników kierunkowych obu zależności wyznaczamy wartości prędkości chwilowych i porównujemy z wartością prędkości w ruchu jednostajnie zmiennym

$$v = \sqrt{2ad},$$

gdzie  $a$  - przyspieszenie,  $d$  - stała odległość 25m.