

# Fizyka elementarna - Warsztaty

## Propozycje eksperymentów

Przygotowanie: Piotr Nieżurawski (wersja z dnia 22.11.2008)

*Żadna liczba eksperymentów nie może dowieść, że mam rację:  
jeden eksperyment może pokazać, że jej nie mam.*

Albert Einstein

*Gdy tylko coś się nie udaje, to mówi się, że był to eksperyment.*

Robert Penn Warren

## Spis treści

<b>1</b>	<b>Rozkład liczby orłów</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Średnice monet (I)</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Średnice monet (II)</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>Pole powierzchni monety</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>Obwód monety</b>	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>Dodawanie wektorów w praktyce</b>	<b>3</b>
<b>7</b>	<b>Szerokość „rzeki”</b>	<b>3</b>
<b>8</b>	<b>Rozkład interwałów czasu</b>	<b>3</b>
<b>9</b>	<b>Prędkość marszowa</b>	<b>3</b>
<b>10</b>	<b>Efektywność kranu</b>	<b>4</b>
<b>11</b>	<b>Prawo zaniku monet</b>	<b>4</b>
<b>12</b>	<b>Sznurowadło na papierze milimetrym - tarcie statyczne</b>	<b>4</b>
<b>13</b>	<b>Spadek swobodny</b>	<b>5</b>
<b>14</b>	<b>Rzut ukośny</b>	<b>5</b>
<b>15</b>	<b>Cykloidy, epicykloidy - składanie ruchów</b>	<b>5</b>
15.1	Cykloidy . . . . .	5
15.2	Epicykloidy . . . . .	5

16 Środek masy figur płaskich	5
17 O przewodze kobiety nad mężczyzną	6
18 Doświadczenie Simona Stevina	6
19 Zagadka trzech żywiołów, czyli rurka $\Gamma$	6
20 Zależność wydłużenia gumki od rozciągającej siły	6
21 Promienie jojo	7
22 Rozpraszanie - akcelerator w groszki	7
23 Straty energii mechanicznej kulki	7
24 Opór aerodynamiczny	7
25 Wahadło w wirującym układzie	7
26 Pływanie alternatywne	8
26.1 W grochu . . . . .	8
26.2 W powietrzu . . . . .	8

## 1 Rozkład liczby orłów

Uzyskaj histogram prezentujący rozkład liczby orłów w około 100 rzutach monetami. Każdy rzut wykonywany jest ośmioma 1-groszówkami. Na osi poziomej histogramu zaznacz możliwe liczby orłów w jednym rzucie. Na osi pionowej zaznacz liczbę rzutów. Oblicz wartość oczekiwaną liczby orłów w jednym rzucie. Wyniki porównaj z przewidywaniami zakładającymi rozkład dwumianowy.

## 2 Średnice monet (I)

Zmierz średnice

a) 10-groszówki,

b) 2-groszówki

używając jako jednostki średnicy 1-groszówki, bez dokonywania pomiarów długości w innych jednostkach (tzn. nie wolno odczytywać wskazań na linijce itp.). Przydatny może być zestaw kilkunastu monet każdego rodzaju (i założenie o ich dużym podobieństwie).

## 3 Średnice monet (II)

Zmierz za pomocą linijki z milimetrową podziałką średnice 1, 2 i 10-groszówki (znowu może przydać się więcej monet). Porównaj wyniki tego i poprzedniego pomiaru (eksperyment 2).

## 4 Pole powierzchni monety

Zmierz pole powierzchni monet 1, 2 i 10-groszowej (zaniedbując fakt, że rewers i awers są płaskorzeźbami). Pomiar wykonaj poprzez zliczenie kwadratów na papierze milimetrowym, które mieszczą się w obrysie monety. Rezultat porównaj z wynikiem uzyskanym ze znanej zależności pola powierzchni koła od jego promienia.

## 5 Obwód monety

Zmierz obwód monety (tocząc ją po linijce, obwiązując ją nicią itd.). Rezultat porównaj z wynikiem uzyskanym ze znanej zależności długości obwodu koła od jego promienia.

## 6 Dodawanie wektorów w praktyce

Wyznacz 3 niewspółliniowe punkty w przestrzeni:  $A$ ,  $B$  oraz  $C$  (np.: kąt pomieszczenia, róg tablicy, róg okna). Ustal układ współrzędnych. Wyznacz w nim składowe wektorów  $\overrightarrow{AB}$ ,  $\overrightarrow{BC}$  i  $\overrightarrow{CA}$ , wykonując bezpośrednie pomiary dla każdego z nich. Dodaj otrzymane wektory do siebie. Jakiego wyniku należy oczekiwać?

## 7 Szerokość „rzeki”

Używając tylko jednego przyrządu do pomiaru długości (linijka, taśma miernicza itp.) oraz kilku znaczników pozycji (charakterystyczne punkty, czubek długopisu itp.), zmierz szerokość „rzeki” (umówcie się, że rzeka jest między parapetami oraz ustawionymi w pewnej odległości ławkami). Nie możesz wchodzić do „rzeki”, przemieszczać nad nią przedmiotów – przestrzeń nad „rzeką” jest „zakazana”. Opracuj metodę, która wymaga jak najmniejszej liczby znaczników pozycji. Na koniec zmierz bezpośrednio szerokość „rzeki” i porównaj wyniki.

## 8 Rozkład interwałów czasu

Wybierz zdarzenie (zdefiniuj je), które zachodzi nieregularnie. Może to być przejazd pojazdu, przejście osoby, uderzenie kropli deszczu itp. Mierz odstępy czasu między zdarzeniami. Wykonaj histogram przedstawiający rozkład interwałów czasu.

*Jeśli masz stoper z zapisem przynajmniej 20 wyników (dostępny w wielu telefonach komórkowych; szczególnie przydatny jest tryb pomiarów „pośrednich”), zachęcam Cię do zbierania różnych ciekawych danych i robienia z nich histogramów. Byłoby świetnie, gdybyś zamieścił je na WWW i przesłał mi do nich odnośnik - zamieszczę go w galerii przedmiotu. Ja mam zamiar „obmierzyć” kursowanie jednej linii autobusowej.*

## 9 Prędkość marszowa

Na odcinku o zmierzonej długości (np. na korzytarzu) dokonajcie pomiaru szybkości marszowej każdej osoby (i kilkakrotnie dla tej samej osoby). Wykonajcie histogram przedstawiający rozkład prędkości w grupie.

A w pogodny dzień, korzystając z wiedzy o swojej prędkości marszowej, możesz zmierzyć długość prostej alei w Parku Łazienkowskim, która zaczyna się bramą na ulicy Gagarina, blisko ulicy Parkowej, a kończy się na ulicy Agrykoli. Długość alei określ również na podstawie planu Warszawy o znanej skali. Miłego spaceru!

## 10 Efektywność kranu

Zmierz maksymalne szybkości wypływu wody z kranu:

- szybkość ruchu postępowego wody przy wylocie z kranu oraz
- szybkość przepływu jednostki objętości wody przez kran.

Wyniki podaj odpowiednio w jednostkach m/s oraz  $\text{dm}^3/\text{min}$ .

## 11 Prawo zaniku monet

Weź  $N_0 = 100$  monet (mogą być różne). Po rzucie nimi usuń monety, które upadły reszką do góry. Procedurę powtarzaj, zapisując po każdym rzucie liczbę monet, które „nie zanikły”. Wyniki przedstaw w tabeli o kolumnach:

- $k$  - indeks rzutu (w ramach jednego cyklu zaczynającego się od  $N_0$  monet i kończącego się na rzucie, po którym „zanikły” wszystkie monety),
- $N_k$  - liczba monet, które „nie zanikły” po rzucie o indeksie  $k$ .

Cykl powtórz 9 razy, oblicz średnie wartości liczby monet po  $k$ -tym rzucie,  $\langle N_k \rangle$ . Na osi poziomej wykresu zaznacz  $k$ . Na osi pionowej zaznacz  $\langle N_k \rangle$ . Wykonaj również wykres zależności  $\log_2(\langle N_k \rangle)$  od  $k$ . Wyniki porównaj z przewidywaniami (Zadanie 1 z części 1 i 2).

## 12 Sznurowadło na papierze milimetrowym - tarcie statyczne

Zmierz współczynnik tarcia statycznego  $\mu$  elastycznego sznurka (polecam sznurowadło z zestawu) o papier milimetrowy, posługując się każdym z opisanych poniżej układów:

- Fragment sznurka zwisa z poziomego blatu stołu. Określ, jaka część sznurka musi pozostać na stole, aby sznurek pozostawał w spoczynku i wyznacz współczynnik tarcia statycznego. Załóż, że tuż przy brzegu blatu tarcie nie występuje (tam, gdzie zagina się sznurek).
- Fragment sznurka zwisa ze stołu, którego blat jest nachylony pod pewnym ustalonym kątem  $\alpha_0$  względem poziomu. Określ, jaka część sznurka musi pozostać na stole, aby sznurek pozostawał w spoczynku i wyznacz współczynnik tarcia statycznego. Załóż, że tuż przy brzegu blatu tarcie nie występuje (tam, gdzie zagina się sznurek). (Zadanie 2 z części 5 i 6)
- Fragment sznurka zwisa ze stołu, którego blat można nachylać pod kątem  $\alpha$  względem poziomu. Długość zwisającego fragmentu jest równa  $\frac{1}{4}$  długości sznurka. Określ, maksymalny kąt blatu, przy którym sznurek pozostaje w spoczynku i wyznacz współczynnik tarcia statycznego. Załóż, że tuż przy brzegu blatu tarcie nie występuje (tam, gdzie zagina się sznurek). (Zadanie 2 z części 5 i 6).

4. W końcu wyznacz  $\mu$ , kładąc cały sznurek na stole i mierząc kąt nachylenia stołu, przy którym lina zaczyna się zsuwać.

Który sposób pomiaru  $\mu$  jest wg Ciebie najlepszy? Porównując wyniki oceń, czy można zaniedbać tarcie występujące przy brzegu blatu, tam gdzie lina się wygina?

## 13 Spadek swobodny

Zmierz czas spadania kilku różnych ciał z różnych wysokości. Wyznacz przyśpieszenia, z jakimi ciała się poruszają. Jakie ciała spadają z przyśpieszeniem bliskim przyśpieszeniu grawitacyjnemu?

**Uwaga: Proszę o takie zaplanowanie eksperymentu, aby jego wykonanie nie zagrażało ani ekperymentatorom, ani osobom postronnym! Przed wykonaniem doświadczenia proszę skonsultować się z osobą prowadzącą warsztaty.**

## 14 Rzut ukośny

Skonstruuj urządzenie (kuszę, katapultę, procę itp.), którym w sposób powtarzalny możesz wyrzucać lekki pocisk. Do zbudowania „działa” można użyć np. gumek recepturek, żyłki, patyków do szaszłyków, a ziarenko grochu, spinacz lub kawałek plasteliny mogą służyć jako pociski (jaki pocisk będzie najwygodniejszy w użyciu?). Sprawdź eksperymentalnie zależność zasięgu pocisku od kąta nachylenia „działa”. Czy rzeczywiście przy kącie nachylenia  $45^\circ$  zasięg jest największy?

## 15 Cykloidy, epicykloidy - składanie ruchów

### 15.1 Cykloidy

Punkt znajduje się w ustalonej odległości od osi walca i nie porusza się w układzie związanym z walcem. Walec toczy się bez poślizgu po płaskiej powierzchni. Wykreśl tory punktu w przypadkach, gdy jego odległość od osi walca jest równa  $R/2$ ,  $R$ ,  $2R$ , gdzie  $R$  jest promieniem walca.

### 15.2 Epicykloidy

Punkt znajduje się na obwodzie walca o promieniu  $r$  i nie porusza się w układzie związanym z walcem. Walec toczy się bez poślizgu po drugim walcu, którego promień wynosi  $R$ . Osie symetrii obu walców są cały czas równoległe. Wykreśl tory punktu w przypadkach, gdy  $R = r$  oraz  $R = 3r$ .

## 16 Środek masy figur płaskich

Wytnij z tektury:

1. trójkąt prostokątny;
2. trójkąt o bokach: 20 cm, 15 cm, 17 cm;
3. trapez;

4. koło z kołowym, niewspółśrodkowym wycięciem.

Na podstawie obliczeń i konstrukcji geometrycznych wskaż punkt, gdzie teoretycznie znajduje się środek masy każdej figury. Następnie znajdź eksperymentalnie (przynajmniej dwiema metodami) środek ciężkości każdego z przedmiotów. Porównaj wyniki pomiarów z przewidywaniami teoretycznymi.

*Dla zainteresowanych: wyznacz teoretycznie i doświadczalnie środek masy połowy koła.*

## 17 O przewadze kobiety nad mężczyzną

Proszę określić, jaka część kobiet i jaka część mężczyzn w grupie potrafi wykonać następującą „akrobację”.

Osoba klęczy ze złączonymi kolanami, których dotykają łokcie. Złączone przedramiona leżą całą długością na podłodze. Tuż przy końcu wyprostowanych środkowych palców rąk kładziemy pudełko zapalek. Bez podpierania się rękami oraz bez przesuwania kolan osoba powinna teraz dotknąć nosem pudełka, nie upadając na pudełko; można natomiast wyciągać ręce do tyłu.

## 18 Doświadczenie Simona Stevina

Skonstruuj dwuspadową równię pochyłą. Kąty nachylenia stoków powinny się różnić. Stoki powinny być dosyć śliskie albo strome.

Na każdym ze stoków umieść po jednym lekkim pojemniku; połącz pojemniki lekką linką. Jeden z pojemników napełnij pewną liczbą monet, a drugi napełnij tak, aby układ pozostawał w spoczynku.

Oblicz stosunek mas oraz porównaj go ze stosunkiem długości stoków. Pod jakim warunkiem stosunki te byłyby równe (dla dowolnych kątów)? Jak możesz zmodyfikować układ, aby zbliżyć się do takiej równości?

## 19 Zagadka trzech żywiołów, czyli rurka $\Gamma$

Jedną słomkę trzymaj pionowo, zanurzając jej dolny koniec w wodzie. Drugą słomkę trzymaj poziomo, a jej wylot przysuń do górnego końca pierwszej słomki.

Mocno dmuchając w drugą słomkę, obserwuj, co się dzieje z wodą. Strumień powietrza powinien znajdować się tuż nad górnym końcem pionowej słomki. Sprawdź, jak zmienia się wynik eksperymentu przy odchyleniu drugiej słomki od poziomu (końce słomek powinny być cały czas blisko siebie).

Wyjaśnij obserwowane zjawisko, posługując się modelem gazu jako zbioru kulek. Jaką rolę przy powstaniu efektu odgrywa grawitacja?

Na podstawie obserwacji zaproponuj konstrukcję rozpylacza.

## 20 Zależność wydłużenia gumki od rozciągającej siły

Wykonaj wykres zależności długości gumki recepturki od rozciągającej ją siły. Na tym samym wykresie nanieś tę zależność dla dwóch gumek połączonych równolegle, jedna obok drugiej.

## 21 Promienie jojo

Jeśli sznurek jest naciągnięty poziomo, to jojo toczy się po poziomym blacie zawsze w stronę, w którą ciągniemy sznurek. Zmierz kąt nachylenia sznurka względem pionu, przy którym jojo spoczywa.

Dlaczego ten kąt nie jest równy  $0^\circ$ , skoro wydaje się, że właśnie dla tej wartości na jojo nie działa wypadkowa pozioma siła?

Zmierz średnicę zewnętrznego koła jojo. Korzystając z zebranych informacji, oblicz średnicę wewnętrznego koła zabawki. Wynik porównaj z rezultatem bezpośredniego pomiaru.

Pomiary powtórz dla szpulki z żyłką.

## 22 Rozpraszanie - akcelerator w groszki

Zmierz rozkład kątowny ziarna grochu, odbijającego się od nieruchomego ciężkiego walca (wykonaj histogram). Jako walca użyj świeczki. Ziarno grochu powinno uderzać w nią zawsze z podobną prędkością. Punkty startowe ziarna zmieniaj w taki sposób, aby były równomiernie rozłożone na linii startowej.

## 23 Straty energii mechanicznej kulki

Zmierz część energii mechanicznej, którą kauczukowa kulka traci podczas zderzenia z podłogą.

Czy wynik zależy od energii mechanicznej kulki? Czy wynik zależy od materiału, z którego wykonano podłogę?

## 24 Opór aerodynamiczny

Załącz, że siła oporu aerodynamicznego działająca na ciało poruszające się z szybkością  $v$  względem powietrza ma wartość

$$F_{op} = kv^a,$$

gdzie  $k$  i  $a$  są pewnymi stałymi, które nie zależą od masy ciała. Wykonaj z papieru zestaw kilkunastu jednakowych stożków (dobierz tak parametry stożka, aby spadał w powietrzu bez koziółkowania, wahań). Wykonaj pomiary szybkości spadania jednego stożka, dwóch złożonych razem, trzech złożonych razem itd. Z każdej pary wyników oblicz wartość  $a$ .

Wskazówka:

$$a = \ln\left(\frac{m_2}{m_1}\right) / \ln\left(\frac{v_2}{v_1}\right)$$

## 25 Wahadło w wirującym układzie

Zbadaj zachowanie wahadła w wirującym układzie odniesienia. Skonstruuj rusztowanie dla wahadła. Rusztowanie przymocuj do arkusza papieru, który posłuży jako wirujący układ odniesienia. Utrzymując w miarę stałą prędkość kątową arkusza (np. dzięki współpracy kilku osób), obserwuj zachowanie wahadła po wytrąceniu go z położenia równowagi. Obserwacje przeprowadź dla kilku osi obrotu (m.in. dla osi przechodzącej przez punkt zaczepienia wahadła).

Czym różni się ten model od eksperymentu, w którym obserwowalibyśmy zachowanie wahadła w układzie związanym z Ziemią np. w Warszawie?

## **26 Pływanie alternatywne**

### **26.1 W grochu**

W naczyniu z suszonym grochem zakop piłkę pingpongową i tekturowy krążek o średnicy równej średnicy monety 5-złotowej, a na powierzchni grochu połów piłkę kauczukową, kulkę z plasteliny i monetę 5-złotową. Przez dłuższy czas uderzaj lekko naczynie z różnych poziomych kierunków. Dlaczego bez uderzania (trzęsienia) przedmioty ani nie toną, ani nie wypływają?

### **26.2 W powietrzu**

Z kilku lekkich torebek, woreczków foliowych skonstruuj długi na około 70 cm worek (torebki należy przynieść na warsztaty - w skrzynce jest ich za mało). Napełnij go ciepłym powietrzem nad świeczkami i puść. Zmierz prędkość wznoszenia się balonu.