KONKURS
KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE NAUCZANIA EKSPERYMENTU PRZYRODNICZEGO

Skoki na linie czyli jak TI pomaga w badaniu ruchu

Jan Dunin – Borkowski, Elżbieta Kawecka,
Ośrodek Edukacji Informatycznej i Zastosowań Komputerów, Warszawa

Wstęp

Skoki na linie (bungee) są wielkim wyzwaniem dla wielu młodych ludzi lubiących sporty ekstremalne. Znajomość szkolnej fizyki może im pomóc w bezpiecznym lądowaniu i ułatwić zrozumienie efektów odczuwalnych w czasie skoku. Przeprowadzenie eksperymentu wspomaganego komputerowo umożliwia rejestrację wyników pomiaru i ich analizę. Można to zrobić z wykorzystaniem układu pomiarowego CoachLab II i ultradźwiękowego detektora ruchu[1]. Inną metodą doświadczalnego badania skoków na bungee jest zbudowanie prostej spadkownicy i wykorzystanie do badania ruchu wejścia analogowego interfejsu CoachLab II. Pokazano to w niniejszej pracy.

Cel ćwiczenia:

1. Obserwacja i analiza wykresów zależności położenia i prędkości od czasu spadającego obciążnika zawieszonego na gumkach (model skoczka na linie).
2. Badanie zasięgu skoku w zależności od różnych parametrów. Porównanie z wartościami obliczonymi na podstawie przemian energii.

Przyrządy:

- konsola pomiarowa CoachLab II,
- drut oporowy o długości ok. 2 m (np. kanthalowy o oporze 19 Ω/m),
- plastikowe pudełko w kształcie walca (np. po lekarstwach),
- 2 kawałki gumy modelarskiej o długości ok. 0,5 m,
- przewody,
- opornik zabezpieczający o oporze 20 Ω (przy zastosowaniu drutu o podanym wyżej oporze),
- statyw, linijka,
- obciążniki o znanej masie.

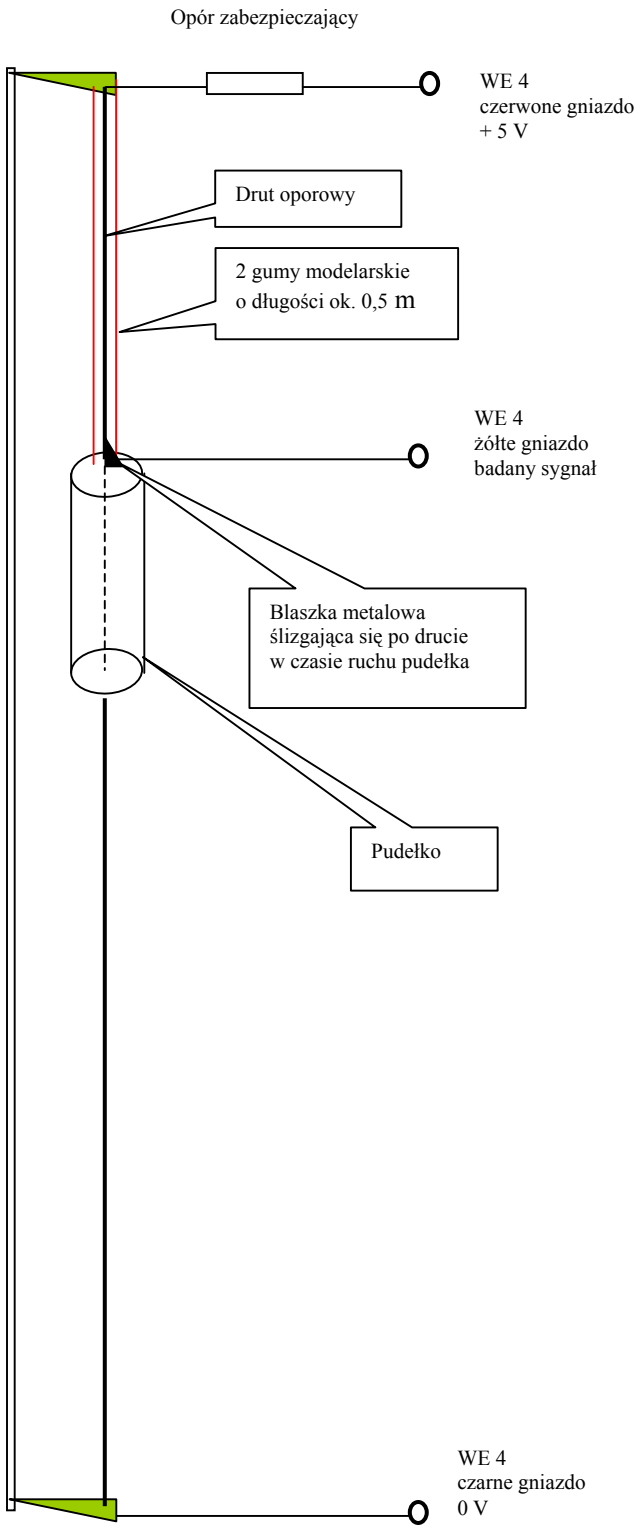
Oprogramowanie: Coach 5 PL.

Zastosowanie w nauczaniu fizyki w liceum i gimnazjum przy analizie ruchu ciał w układach nieinercjalnych (przeciążenie, nieważkość), a także jako ilustrację prawa zachowania energii.

Wskazówki doświadczalne

Budujemy spadkownicę wg załączonego rysunku (rys.1).
Końce drutu oporowego łączymy z odpowiednimi gniazdami wejścia 4 układu CoachLab II (dolny koniec z czarnym gniazdem – 0V, górny z czerwonym +5V) dołączając szeregowo opór zabezpieczający. Do ślizgającego się po drucie suwaka (przymocowanego do poruszającego się pudełka) dołączamy przewód połączony z żółtym gniazdem na tym samym wejściu.

[1] Praca uczniów z Białegostoku *Badanie przyśpieszeń w skokach na bungee* wyróżniona z konkursie w 2004 r.



Rys. 1. Schemat i zdjęcie zbudowanego urządzenia (spadkownicy), które należy podłączyć do wejścia analogowego interfejsu pomiarowego (np. WE 4 CoachLab II). Podobne urządzenie zostało opisane przez Huberta Biezevelda.[2]

[2] Hubert Biezeveld, *The Bungee Jumper: A Comparison of Predicted and Measured Values*, The Physics Teacher, vol. 41, April 2003

Rys. 2. Zdjęcia centralnej i górnej części spadkownicy.

Przebieg doświadczenia i otrzymane wyniki

Część I. **Wyznaczenie stałej sprężystości gumek i kalibracja spadkownicy.**

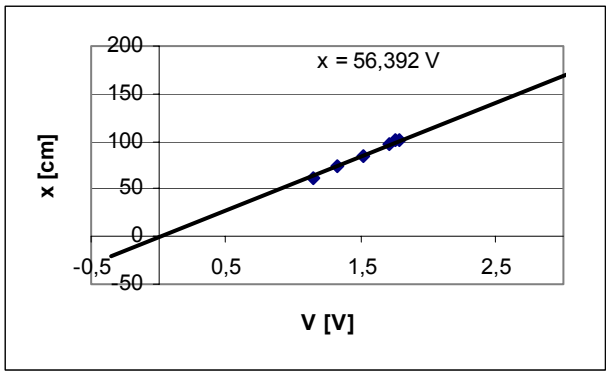
Za pomocą linijki zmierzono wydłużenie gumek z zawieszonym pudełkiem (skoczkiem), a następnie obciążonych dodatkowo obciążnikami o znanej masie. Dla każdego pomiaru rejestrowano (w programie Coach 5 PL) wartości potencjału V odpowiadające kolejnym pomiarom. Wyniki zamieszczono w tabeli poniżej.

U [V]	x [cm]	dx[m]	F [N]	Uwagi
1,777	101,5	0,000	0,00	guma nie napięta
1,759	100,5	0,010	1,10	skoczek
1,703	96,3	0,052	1,59	skoczek+50g
1,515	85,5	0,160	2,08	skoczek+100g
1,331	73,3	0,282	2,57	skoczek+150g
1,148	62,3	0,392	3,06	skoczek+200g

Wykres zależności położenia skoczka x [cm] od potencjału V[V] sporządzono w arkuszu kalkulacyjnym (rys. 3). Wyznaczono równanie prostej najlepszego dopasowania

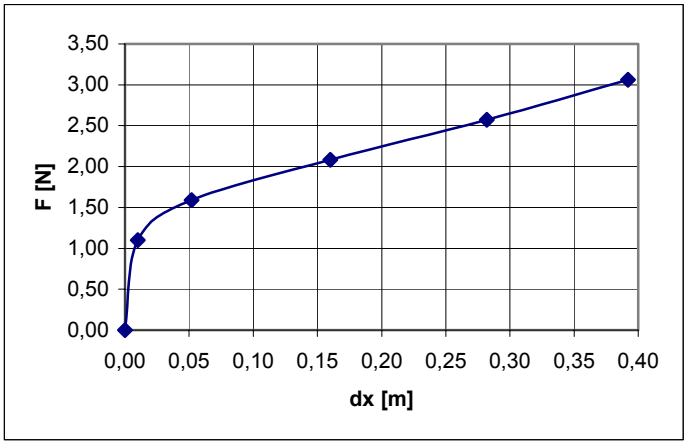
$$x = 56{,}392 * V,$$

z którego można określić położenie skoczka na podstawie zmierzonej wartości potencjału.



Rys. 3. Wykres zależności położenia suwaka od potencjału badanej spadkownicy

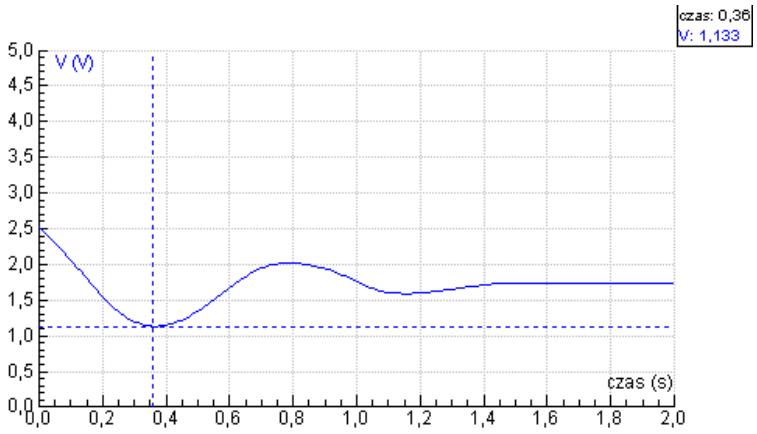
Wyniki pomiarów pozwalają sporządzić wykres zależności siły sprężystości od wydłużenia gumek i jeśli zależność jest liniowa wyznaczyć stałą sprężystości. Otrzymany wykres przedstawia rys. 4.



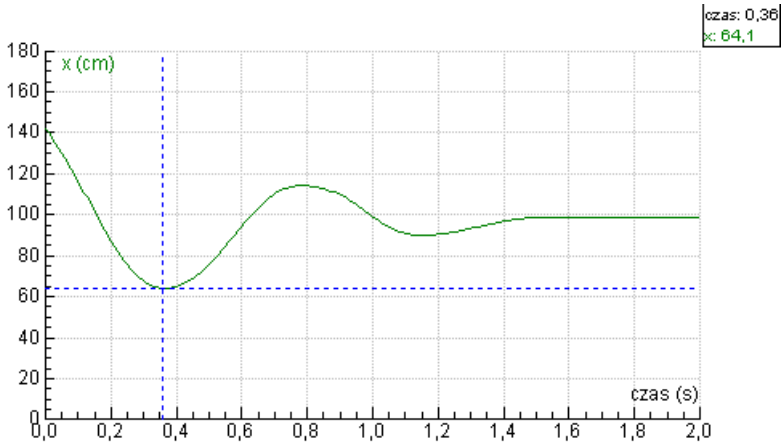
Rys. 4. Wykres zależności siły sprężystości gumek od wydłużenia.
Nie jest to zależność liniowa!

Część II. **Badanie ruchu.**

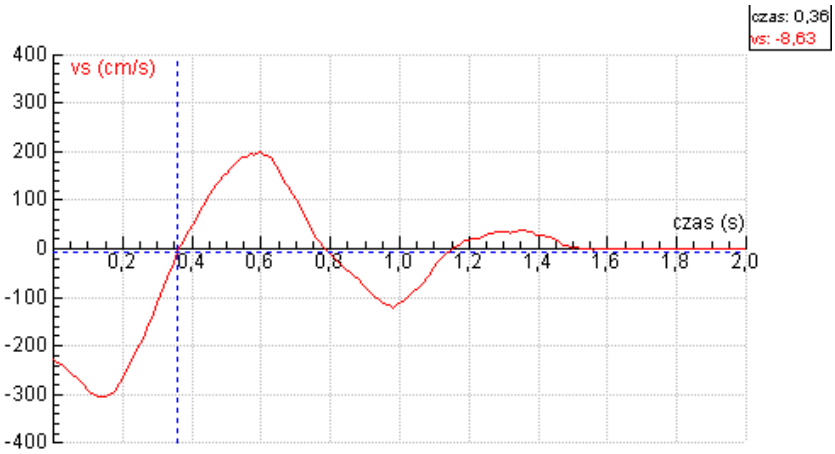
Podnosimy pudełko (skoczka) do górnego położenia i puszczamy. Jednocześnie uruchomiamy pomiar. Na wykresie rejestrujemy przebieg zmian potencjału elektrody odpowiadające zmianom położenia poruszającego się ciężarka.



Rys. 5. Wyniki pomiarów - zmiany potencjału elektrody w czasie skoku

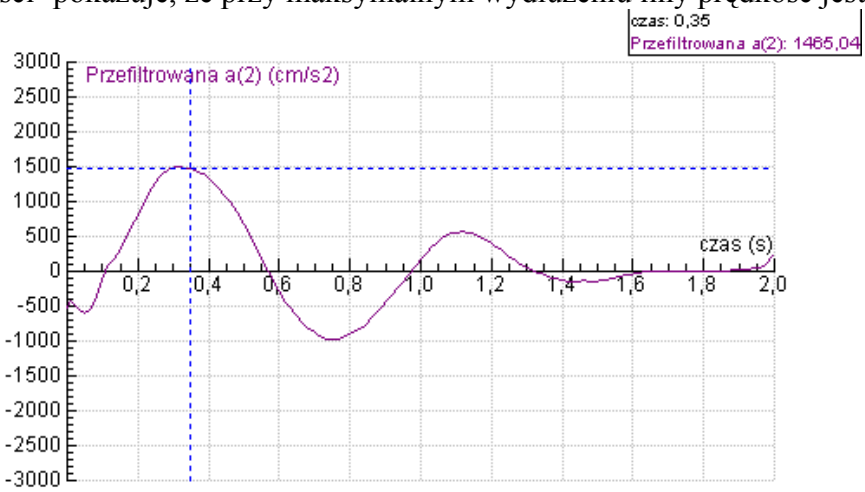


Rys. 6. Wyniki pomiarów z rys. 5 po przeskalowaniu według przeprowadzonej kalibracji spadkownicy - zmiany położenia skoczka.



Rys. 7. Wyniki pomiarów z rys. 6 po zróżniczkowaniu – zmiany prędkości skoczka.

‘Odczyt wartości’ pokazuje, że przy maksymalnym wydłużeniu liny prędkość jest równa zeru.



Rys. 8. Wyniki pomiarów z rys. 7 po ponownym zróżniczkowaniu i przefiltrowaniu przedstawiają zmiany przyśpieszenia skoczka. Z ‘odczytu wartości’ widać, że największe przyśpieszenie (około 1,5 g) występuje przy maksymalnym wydłużeniu liny.

Uwagi i wnioski

Zbudowany przyrząd pozwala w prosty i tani sposób eksperymentować z różnymi parametrami mającymi wpływ na przebieg skoku.

Dla oceny efektów występujących w czasie skoku najważniejszy jest wykres przyśpieszenia, z którego można obliczyć wartości sił działających na skoczka. (Tylko bowiem opór powietrza może powodować, że „odczuwamy” ruch.) Natomiast trzeba pamiętać, że przyśpieszenie jest wynikiem działania **wypadkowej** sił ciężkości i naciągu liny. Osobliwością siły ciężkości jest, że wywołuje ona **takie samo** przyśpieszenie, niezależnie od masy ciała – przyśpieszenie *g*. Dlatego przy swobodnym spadaniu występuje stan nieważkości. W naszym doświadczeniu jest to pierwsze 0,05 sekundy. Jednak tarcie ślizgacza o drut oporowy zmniejszyło wartość przyspieszenia do około 0,5 g i zawieszenie działało na „ciało skoczka” z siłą równą połowie ciężaru. Ciężar wraca do normalnej wartości, gdy przyśpieszenie wynosi zero (0,1 s). Następnie ciężar zaczyna rosnąć. Występuje **przeciążenie**. Największe przeciążenie występuje, gdy opóźnienie (ujemne przyśpieszenie) jest największe. Z wykresu można odczytać, że wówczas siła wypadkowa jest 1,5 razy większa, a naciąg liny 2,5 razy większy od ciężaru. Przeciążenie więc wynosi 2,5 g.