



Podstawy Fizyki Mechanika

Praca zbiorowa

Ćwiczenie F 3

WAHADŁO SPREŻYNOWE

opr. techn. Mirosław Maś

Uniwersytet Przyrodniczo - Humanistyczny
Siedlce 2019

1. Wstęp

Celem ćwiczenia jest wyznaczenie współczynnika sprężystości (współczynnika kierunkowego) sprężyny, wyznaczenie okresu drgań wahadła sprężynowego i sprawdzenie izochronizmu.

W skład zestawu pomiarowego wchodzi:

1. wahadło sprężynowe (patrz opis przyrządu),
2. zestaw 10 obciążników do wyznaczania współczynnika sprężystości,
3. waga analityczna,
4. stoper.

Przed rozpoczęciem ćwiczenia należy sprawdzić czy zestaw laboratoryjny jest kompletny.

Do ćwiczenia należy opanować następujące zagadnienia teoretyczne:

- współczynnik sprężystości (współczynnik kierunkowy);
- ruch drgający;
- ruch harmoniczny;
- prędkość i przyspieszenie;
- okres i częstotliwość;
- izochronizm;
- prawa dynamiki Newtona;
- prawo Hooke'a.

2. Wprowadzenie

Współczynnik sprężystości - jest to stała określająca wielkość odkształcenia (w naszym przypadku – sprężyny) w odpowiedzi na działające na nią siły.

Zgodnie z prawem Hooke'a, przy małych odkształceniach siła sprężystości jest proporcjonalna do odkształcenia.

Jeżeli sprężyna, jest wydłużana (rozciągana) przy użyciu siły F , to możemy uściślić nazewnictwo współczynnika sprężystości - nazywając go współczynnikiem sprężystości wzdłużnej k - i zdefiniować go jako iloraz siły do wydłużenia:

$$k = \frac{F}{\Delta x}$$

gdzie: F – siła rozciągająca, ($F = m g$)
 Δx – wydłużenie sprężyny.

Ruch drgający harmoniczny. Ruch, w którym ciało porusza się tam i z powrotem po tej samej drodze. Przykładem jest ruch wahadła w zegarze czy drgający na sprężynie ciężarek. Tak poruszające się ciało można nazwać *oscylatorem harmonicznym*.

Oscylator harmoniczny - to punkt materialny, na który, działa siła skierowana do pewnego centrum, proporcjonalna do odległości tego punktu od centrum. Oznaczając siłę przez F możemy zapisać:

$$F \sim x,$$

lub w postaci równości

$$F = -kx, \quad (1)$$

gdzie: k - jest współczynnikiem proporcjonalności.

Jeżeli na oscylator (punkt materialny) działa tylko siła (F), to mamy do czynienia z jednowymiarowym oscylatorem harmonicznym bez tłumienia.

W rzeczywistości działają jeszcze siły oporu ośrodka i siły tarcia. Każdy rzeczywisty oscylator harmoniczny jest oscylatorem tłumionym. Zatem równanie (1) przybierze postać:

$$F = -kx + F_0 + F_t,$$

gdzie: F_0 - siły oporu ośrodka, F_t - siły oporu tarcia.

Punkt materialny, który doznaje przyspieszenia proporcjonalnego do wychylenia jest oscylatorem harmonicznym prostym. Torem ruchu jest odcinek prostoliniowy zawarty między amplitudami $-A$ i $+A$ a ruch jest okresowy o okresie.

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}. \quad (2)$$

gdzie: m - jest masą obciążającą sprężynę,
 k - wielkością charakterystyczną dla danej sprężyny.

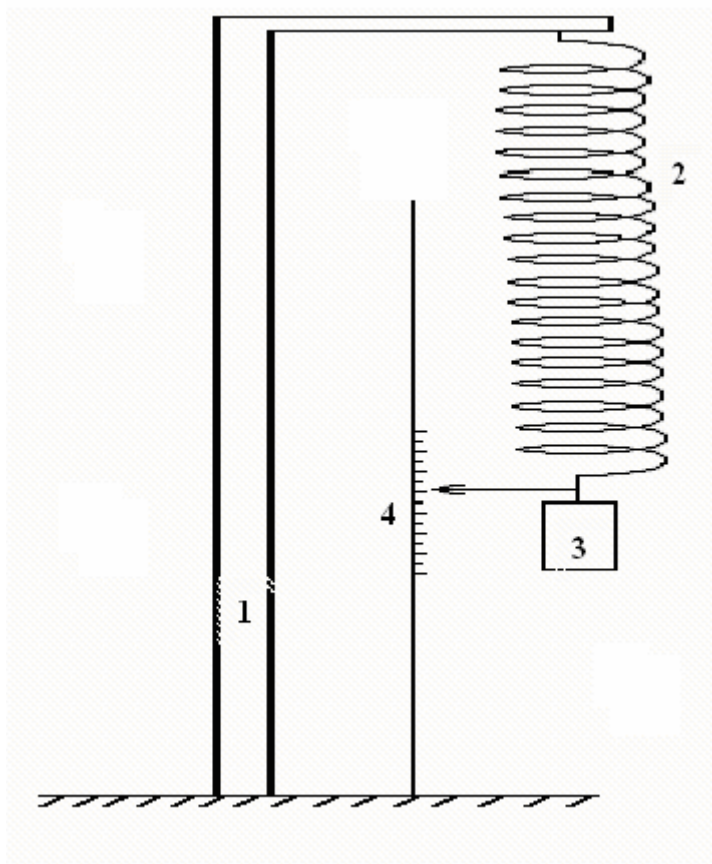
Jak widać okres zależy od masy punktu (m) oraz od siły centralnej (scharakteryzowanej współczynnikiem k), nie zależy natomiast od wychylenia i fazy. Drgania posiadające taką własność są izochroniczne. Zatem oscylator harmoniczny prosty jest oscylatorem izochronicznym.

Przykładem oscylatora harmonicznego jest swobodnie zawieszona sprężyna obciążona obciążnikiem o masie m i wprawiona w ruch drgający. Drgania odbywają się wokół punktu równowagi, którego położenie uzależnione jest od wielkości siły ciężkości działającej na sprężynę i zaczepioną masę m . Drgania sprężyny odbywają się pod wpływem siły sprężystej - proporcjonalnej do wychylenia. Okres drgań jest wyrażony wzorem (2). Wzór ten zakłada, że w drganiach uczestniczy jedynie masa m . W drganiach jednak bierze również udział masa sprężyny m_s . Wzór na okres drgań z uwzględnieniem masy sprężyny ma postać:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m + \frac{1}{3} m_s}{k}} . \quad (3)$$

3. Opis przyrządu

Przyrząd, który służy do przeprowadzania pomiarów składa się z :



1. statywu sztywno zespolonego ze stołem,
2. sprężyny z szalką (3) zawieszoną na statywie
4. skali milimetrowej.

Przebieg pomiarów

Wyznaczanie współczynnika sprężystości sprężyny

1. Zawieszamy sprężynę na statywie i na jej końcu przymocowujemy szalkę ze wskaźnikiem. ze skali, zamocowanej przy statywie, odczytujemy położenie x_0
2. Na szalkę wkładamy odważnik o masie 10g - odczytujemy położenie wskaźnika, następnie dokładamy odważniki i notujemy kolejne wskazania. Powtarzamy czynności zdejmując pojedynczo odważniki. Wyniki notujemy w tabeli

m [g]	odczyt położenia			Wydłużenie Δx
	obc. rosnące	obc. malejące	średnia	
0				XXX
10				
20				
30				
40				
50				
60				
70				
80				
90				
100				

3. Obliczamy (Δx) - wydłużenie sprężyny (na średnich wartości). Od średniej wartości x_0 odejmujemy średnie wydłużenia dla poszczególnych pomiarów: $\Delta x_n = x_0 - x_n$
4. Wykonujemy wykres $F = f(\Delta x)$. Siła $F = m g$ gdzie: g - przyspieszenie ziemskie.
5. Z wykresu wyznaczamy współczynnik sprężystości k

Sprawdzanie prawa izochronizmu wahadła

1. Obciążamy sprężynę odważnikiem, odcinamy ją w dół (ustalamy amplitudę np. 1 cm) i mierzymy czas (n) drgań wahadła. Dla tej samej amplitudy drgań pomiary powtarzamy trzykrotnie. Obliczamy średni czas n drgań, a następnie okres drgań drgającego wahadła.
2. Pomiary okresu powtarzamy jeszcze dla dwóch innych, odpowiednio powiększonych amplitud.

Wyznaczanie nieznaney masy ciężarka

1. Wyznaczamy masę sprężyny i szalki
2. Na szalkę kładziemy nieznaną masę m_x .
3. Wyznaczamy czas t_n drgnień sprężyny. Wyznaczamy okres (ze wzoru $T = t/n$) drgań dla jednej amplitudy początkowej.
4. Przekształcając wzór (3) wyznaczamy m_x

Rachunek błędów

1. Błąd pomiaru współczynnika k obliczymy jako błąd maksymalny średniej z pomiarów.
2. Błąd pomiaru masy m_x metodą różniczki zupełnej, przyjmując $\Delta m = 0,01g$ - dokładność ważenia i $\Delta t_n = 0,6s$ błąd pomiaru czasu n drgań.

5. Literatura

1. A. Daniluk Instrukcje do ćwiczeń z fizyki, Akademia Podlaska 1999
2. D. Halliday, R. Resnick, J. Walker - Podstawy fizyki – T. 2
3. S. Przystański – Fizyka z elementami biofizyki i agrofizyki – Część 3 rozdz. 3
4. P.G. Hewitt – Fizyka wokół nas
5. https://pl.wikipedia.org/wiki/Wspolczynnik_sprezystosci.
6. Instrukcja „Wahadło sprężynowe” z Katedry Fizyki SGGW
7. T. Dryński, Ćwiczenia laboratoryjne z fizyki, PWN 1975
8. H. Szydłowski, Pracownia fizyczna, PWN, Warszawa 1989
9. R. Resnick, D. Halliday, Fizyka, tom 1, PWN, Warszawa 2003