

OD CZEGO ZALEŻY OKRES WAHADŁA MATEMATYCZNEGO?

Instrukcja dla szkół podstawowych

1. PODSTAWOWE DEFINICJE

Wahadło matematyczne to punkt materialny, zawieszony na nieważkiej nici i poruszający się po okręgu w płaszczyźnie pionowej w jednorodnym polu grawitacyjnym.

Wahadło rzeczywiste, z którym będziecie pracować podczas dzisiejszych zajęć może być traktowane jako wahadło matematyczne, jeżeli:

- rozmiary ciała są niewielkie w stosunku do długości nici, na której jest zawieszona;
- nić jest nieważka i nierozciągliwa;
- wahadłu zostały nadane warunki początkowe (prędkość początkowa) takie, że wykonuje drgania po okręgu w płaszczyźnie pionowej (wahadło powinno poruszać się w jednej płaszczyźnie, a nie zataczać przestrzennych torów);
- na ciało działają jedynie siła ciężkości oraz siła reakcji nici (pomijalne są inne siły, np. siła oporów ruchu).

Położenie równowagi to położenie, w którym wahadło znajduje się gdy się nie porusza. W tym położeniu siły działające na wahadło równoważą się.

Amplituda drgań wahadła to odległość na jaką wahadło zostało wychylone z położenia równowagi. W tym doświadczeniu amplitudę będziemy określać jako poziome wychylenie kulki od położenia równowagi.

Okres drgań wahadła to czas, który potrzebuje wahadło, żeby wykonać pełen cykl swojego ruchu i powrócić do położenia pierwotnego – czyli np. przedział czasu, między dwoma przejściami kulki nad kreską narysowaną na kartce w tę samą stronę.

Długość wahadła to odległość od punktu zawieszenia do środka masy kulki.

2. STAWIANIE HIPOTEZY BADAWCZEJ

W układzie doświadczalnym, który macie do dyspozycji możecie zmieniać trzy parametry: masę kulki wahadła, jego długość oraz amplitudę drgań. Zdecydujcie, które z tych parametrów mają Waszym zdaniem wpływ na czas trwania okresu wahadła.

Parametr	Ma wpływ	Nie ma wpływu
Masa kulki		
Długość wahadła		
Amplituda drgań		



Poniżej zapiszcie swoją hipotezę badawczą:

3. UKŁAD POMIAROWY

W układzie pomiarowym macie do dyspozycji następujące elementy:

- Wahadło o znanej wysokości zawieszenia i regulowanej długości,
- Taśmę mierniczą,
- Suwmiarkę,
- Linijkę,
- Kartkę papieru z zaznaczoną linią,
- Stoper,
- Ciężarki.

Przed rozpoczęciem pomiarów przedyskutujcie z innymi uczestnikami zajęć:

Jak zmierzycie długość wahadła?

Jak będziecie zmieniać masę wahadła?

Jak sprawdzicie czy wprowadzicie wahadło w ruch z tą samą amplitudą?

4. POMIARY

Za pomocą pomiarów zweryfikujcie postawione przez siebie hipotezy. Przed rozpoczęciem pomiarów właściwych wykonajcie 10 testowych pomiarów okresu wahadła. Zadbajcie, żeby kula wahadła poruszała się po linii prostej, a nie elipsie. Zastanówcie się czy Wasze pomiary są powtarzalne.

Weryfikacja zależności okresu wahadła od jego masy.

- Rozciągnijcie wahadło do jego maksymalnej długości.
- Zmierzcie masę kuli obciążającej wahadło.
- Wykonajcie 5 pomiarów pięciokrotnego okresu wahadła.
- Powtórzcie pomiary dla kolejnych 4 różnych mas wahadła. Za każdym razem notujcie masę wahadła.

Wyniki pomiarów zanotujcie w tabeli nr 2.

Następnie wyliczcie czas trwania pojedynczego okresu wahadła w każdym pomiarze korzystając ze wzoru:

$$T = \frac{t}{5}$$

2





Na końcu każdej kolumny obliczcie średni okres wahadła:

$$T_{\text{sr}} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5}$$

Niepewność średniej obliczcie korzystając ze wzoru na niepewność maksymalną:

$$\Delta T = \frac{T_{\text{maks}} - T_{\text{min}}}{2\sqrt{5}}$$

Tabela nr 2: Wynik pomiarów czasu trwania pięciokrotnego okresu w zależności od masy wahadła.

$m_1 =$ g		$m_2 =$ g		$m_3 =$ g		$m_4 =$ g		$m_5 =$ g	
t [s]	T [s]	t [s]	T [s]	t [s]	T [s]	t [s]	T [s]	t [s]	T [s]
T_{sr}		T_{sr}		T_{sr}		T_{sr}		T_{sr}	
ΔT		ΔT		ΔT		ΔT		ΔT	

Weryfikacja zależności okresu wahadła od jego amplitudy.

- Rozciągnijcie wahadło do jego maksymalnej długości.
- Zastanówcie się jak dobrze wprawiać w ruch wahadło z tego samego punktu.
- Zmierzcie odległość tego punktu od położenia równowagi – to właśnie nasza amplituda.
- Wykonajcie 5 pomiarów pięciokrotnego okresu wahadła.
- Powtórzcie pomiary dla kolejnych 4 różnych amplitud wahadła. Za każdym razem notujcie amplitudę.

Wyniki pomiarów zanotujcie w tabeli nr 3.

Następnie wyliczcie czas trwania pojedynczego okresu wahadła w każdym pomiarze korzystając ze wzoru:

$$T = \frac{t}{5}$$

Na końcu każdej kolumny obliczcie średni okres wahadła:

$$T_{\text{sr}} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5}$$

Niepewność średniej obliczcie korzystając ze wzoru na niepewność maksymalną:

$$\Delta T = \frac{T_{\text{maks}} - T_{\text{min}}}{2\sqrt{5}}$$



Tabela nr 3: Wynik pomiarów czasu trwania pięciokrotnego okresu w zależności od amplitudy wahadła.

$A_1 =$ cm		$A_2 =$ cm		$A_3 =$ cm		$A_4 =$ cm		$A_5 =$ cm	
t [s]	T [s]	t [s]	T [s]	t [s]	T [s]	t [s]	T [s]	t [s]	T [s]
T_{sr}		T_{sr}		T_{sr}		T_{sr}		T_{sr}	
ΔT		ΔT		ΔT		ΔT		ΔT	

Weryfikacja zależności okresu wahadła od jego długości.

- Rozciągnijcie wahadło na jego maksymalną długość.
- Zmierzcie długość wahadła.
- Wykonajcie 5 pomiarów pięciokrotnego okresu wahadła.
- Powtórzcie pomiary dla kolejnych 4 długości wahadła. Za każdym razem notujcie długość wahadła.

Wyniki pomiarów zanotujcie w tabeli nr 1.

Następnie wyliczcie czas trwania pojedynczego okresu wahadła w każdym pomiarze korzystając ze wzoru:

$$T = \frac{t}{5}$$

Na końcu każdej kolumny obliczcie średni okres wahadła:

$$T_{\text{sr}} = \frac{T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5}{5}$$

Niepewność średniej obliczcie korzystając ze wzoru na niepewność maksymalną:

$$\Delta T = \frac{T_{\text{maks}} - T_{\text{min}}}{2\sqrt{5}}$$



Tabela nr 1: Wynik pomiarów czasu trwania pięciokrotnego okresu w zależności od długości wahadła.

$L_1 =$ cm		$L_2 =$ cm		$L_3 =$ cm		$L_4 =$ cm		$L_5 =$ cm	
t [s]	T [s]	t [s]	T [s]	t [s]	T [s]	t [s]	T [s]	t [s]	T [s]
T_{sr}		T_{sr}		T_{sr}		T_{sr}		T_{sr}	
ΔT		ΔT		ΔT		ΔT		ΔT	

5. ANALIZA DANYCH

Elementem analizy danych pomiarowych jest umieszczenie zmierzonych wielkości na wykresach. Korzystając z papieru milimetrowego wykonajcie wykresy odpowiadające kolejnym seriom pomiarów, które wykonywaliście.

Wykres zależności okresu wahadła od jego długości $T(L)$.

- Na osi poziomej umieśćcie długość wahadła.
- Na osi pionowej okres wahadła.
- Pamiętajcie, że osie muszą mieć stałą skalę – czyli zawsze jedna kratka musi odpowiadać tej samej wartości – np. na osi pionowej 1 kratka = 0,2 s, a na osi poziomej 1 kratka = 10 cm.
- Zaznaczcie punkty, które opowiadają średniemu okresowi wahadła dla danej jego długości.
- Spróbujcie oznaczyć na wykresie niepewności okresu.
- Połączcie punkty linią. Linia łącząca punkty może przechodzić przez punkty lub ich niepewności.
- Zastanówcie się:

Czy okresy wahadła dla poszczególnych długości różnią się od siebie?

Czy punkty układają się na prostej?

Jeżeli nie tworzą prostej, jaki kształt ma zależność?

Wykres zależności okresu wahadła od jego masy $T(m)$.

- Na osi poziomej umieśćcie masę wahadła.
- Na osi pionowej okres wahadła.
- Pamiętajcie, że osie muszą mieć stałą skalę – czyli zawsze jedna kratka musi odpowiadać tej samej wartości – np. na osi pionowej 1 kratka = 0,2 s, a na osi poziomej 1 kratka = 10 g.
- Zaznaczcie punkty, które opowiadają średniemu okresowi wahadła dla danej jego masy.
- Spróbujcie oznaczyć na wykresie niepewności okresu.



- Połączcie punkty linią. Linia łącząca punkty może przechodzić przez punkty lub ich niepewności.
- Zastanówcie się:
Czy okresy wahadła dla poszczególnych mas różnią się od siebie?
Czy punkty układają się na prostej?

Wykres zależności okresu wahadła od jego amplitudy $T(A)$.

- Na osi poziomej umieśćcie amplitudę wahadła.
- Na osi pionowej okres wahadła.
- Pamiętajcie, że osie muszą mieć stałą skalę – czyli zawsze jedna kratka musi odpowiadać tej samej wartości – np. na osi pionowej 1 kratka = 0,2 s, a na osi poziomej 1 kratka = 5 cm.
- Zaznaczcie punkty, które opowiadają średniemu okresowi wahadła dla danej jego amplitudy.
- Spróbujcie oznaczyć na wykresie niepewności okresu.
- Połączcie punkty linią. Linia łącząca punkty może przechodzić przez punkty lub ich niepewności.
- Zastanówcie się:
Czy okresy wahadła dla poszczególnych amplitud różnią się od siebie?
Czy punkty układają się na prostej?

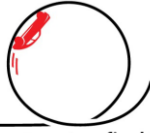
6. WNIOSKI

Każde doświadczenie wymaga podsumowania i skonfrontowania z postawioną początkowo hipotezą.

Na podstawie wykonanych pomiarów i analizie danych uzupełnijcie poniższą tabelę.

Parametr	Ma wpływ	Nie ma wpływu
Masa kulki		
Długość wahadła		
Amplituda drgań		





zajęcia otwarte z fizyki

Zanotujcie wnioski z przeprowadzonego doświadczenia: od czego zależy okres wahadła? Zapiszcie wszystkie dodatkowe spostrzeżenia. Zanotujcie trudności, z którymi zmierzyliście się w toku wykonywania eksperymentu.

Opracowała: M. Deresz

