Wstęp teoretyczny.

PRZYSPIESZENIE ZIEMSKIE

Przyspieszenie ziemskie to przyspieszenie grawitacyjne ciał swobodnie spadających na Ziemię, bez oporów ruchu.

Pomijając przyspieszenie wywołane ruchem obrotowym ciała niebieskiego, przyjmuje się, że jest równe natężeniu pola grawitacyjnego Ziemi. Jednostkami przyspieszenia ziemskiego są jednostki przyspieszenia:

Wartość przyspieszenia ziemskiego zależy od szerokości geograficznej oraz wysokości nad poziomem morza. Wraz z wysokością przyspieszenie maleje odwrotnie proporcjonalnie do kwadratu odległości do środka Ziemi i jest wynikiem zmniejszania się siły grawitacji zgodnie z prawem powszechnego ciążenia. Zmniejszanie się przyspieszenia ziemskiego wraz z zmniejszaniem szerokości geograficznej jest spowodowane działaniem pozornej siły odśrodkowej, która powstaje na skutek ruchu obrotowego Ziemi. Ponieważ siła ta jest proporcjonalna do odległości od osi obrotu, stąd największą wartość osiąga na równiku. Ponieważ siła odśrodkowa ma tu zwrot przeciwny do siły grawitacji, przyspieszenie ziemskie na równiku osiąga najmniejszą wartość. Dodatkowe zmniejszenie przyspieszenia ziemskiego w okolicach równika spowodowane jest spłaszczeniem Ziemi (większą odległością od środka Ziemi).

WAHADŁO MATEMATYCZNE

Wahadłem matematycznym nazywamy punkt materialny o masie m zawieszony na nierozciągliwej i nieważkiej nici o długości l. Okres drgań takiego wahadła jest określony zależnością:

Punkt materialny zawieszony na nierozciągliwej i nieważkiej nici. Jest to idealizacja wahadła fizycznego.

Ważną cechą wahadła fizycznego i matematycznego jest niezależność okresu drgań od maksymalnego wychylenia dla niewielkich wychyleń wahadła.

W wahadle matematycznym poruszające się ciało jest punktem materialnym, zawieszonym na nieważkiej, nierozciągliwej nici o długości l. Na ciało to działa stała siła grawitacji. Gdy wahadło odchylone jest z położenia równowagi, składowa siły grawitacji wzdłuż nici jest równoważona przez nić, a składowa prostopadła do nici działająca w kierunku punktu równowagi nadaje ciału przyspieszenie. Ruch ciała ograniczony nicią jest ruchem po okręgu.

ZALEŻNOŚĆ OKRESU DRGAŃ OD DŁUGOŚCI WAHADŁA MATEMATYCZNEGO

SIŁA GRAWITACJI

Zjawisko grawitacji jest spoiwem Wszechświata - jest podstawową siłą działającą pomiędzy dużymi ciałami - w szczególności ciałami niebieskimi. Polega na tym, że wszystkie obiekty posiadające masę oddziałują na siebie wzajemnie przyciągając się. Jest siłą powszechną, obecną w dowolnym zakątku kosmosu.

Opis doświadczenia.

Układ pomiarowy jest przedstawiony na rysunku  
1. W podstawie urządzenia osadzona jest kolumna  
z poprzeczka, na której zawieszono wahadło matematyczne.  
Długość wahadła można zmieniać za pomocą  
pokrętła. Odczytuje się ja ze skali milimetrowej  
naniesionej na kolumnę, względem białego paska  
narysowanego na obciążniku. Czasomierz wykorzystuje  
złącze optoelektroniczne - fotokomórkę,  
umieszczona na wsporniku o regulowanym położeniu.  
Pomiarowi podlega czas N wahnięć wahadła w  
funkcji długości wahadła. Ilość wahnięć oraz zakres  
zmian długości wahadła ustala prowadzący.

Pomiary.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t[s]\l [cm] | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| 1 | 19,01 | 17,97 | 16,82 | 15,56 | 14,23 | 12,72 | 10,99 | 9,00 | 6,47 |
| 2 | 19,03 | 17,97 | 16,81 | 15,56 | 14,23 | 12,72 | 11,00 | 9,01 | 6,53 |
| 3 | 19,01 | 17,98 | 16,81 | 15,56 | 14,23 | 12,73 | 11,01 | 9,02 | 6,49 |
| 4 | 19,04 | 17,98 | 16,81 | 15,55 | 14,22 | 12,71 | 11,01 | 8,98 | 6,51 |
| 5 | 19,01 | 17,97 | 16,79 | 15,56 | 14,23 | 12,72 | 11,01 | 8,99 | 6,49 |

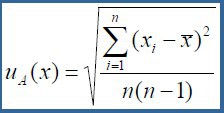
Obliczenia.  
Każdą długość została spierwiastkowana.

9,486833

Oraz średni czas N wahnięć.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| śr, t[s] | 19,020 | 17,974 | 16,808 | 15,558 | 14,228 | 12,720 | 11,004 | 9,000 | 6,498 |

Obliczyliśmy niepewność statystyczną Ua (t śr.) , jako odchylenie standardowe wartości średniej, pomnożone przez odpowiedni współczynnik Studenta Fishera. Ze wzoru:



I pomnożyliśmy przez współczynnik Fishera równy 1,141 dla serii n = 5.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L[cm] | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| Ua(t śr.) | 0,0108 | 0,0042 | 0,0083 | 0,0034 | 0,0034 | 0,0054 | 0,0068 | 0,0120 | 0,0173 |

Następnie obliczyliśmy niepewność typu Ub( t ).   
0,00577

Po to żeby uzyskać niepewność U(t śr.)

E:\Dropbox\Ogolny\Screenshoots\21_05_2015__14_18_33.png

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L[cm] | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| U(t śr.) | 0,01221 | 0,00712 | 0,01014 | 0,00670 | 0,00670 | 0,00789 | 0,00892 | 0,01334 | 0,01828 |

Następnie dla każdej długości wahadło obliczyliśmy jego okres jego T = tsr/N.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L[cm] | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| T = tsr/N | 1,902 | 1,7974 | 1,6808 | 1,5558 | 1,4228 | 1,272 | 1,1004 | 0,9 | 0,6498 |

Z prawa propagacji nie pewności obliczyliśmy niepewności wyznaczonych okresów drgań.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| L[cm] | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 | 30 | 20 | 10 |
| U | 0,00122 | 0,00071 | 0,00101 | 0,00067 | 0,00067 | 0,00079 | 0,00089 | 0,00133 | 0,00183 |

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Lp. | L ,m |  | tśr ,s | u(tśr), s | T, s | u(T), s |
| 1 | 0,10 | 0,3162278 | 6,498 | 0,01828 | 0,6498 | 0,098785 |
| 2 | 0,20 | 0,4472136 | 9,000 | 0,01334 | 0,9 | 0,094868 |
| 3 | 0,30 | 0,5477226 | 11,004 | 0,00892 | 1,1004 | 0,065615 |
| 4 | 0,40 | 0,6324555 | 12,720 | 0,00789 | 1,272 | 0,059963 |
| 5 | 0,50 | 0,7071068 | 14,228 | 0,00670 | 1,4228 | 0,04242 |
| 6 | 0,60 | 0,7745967 | 15,558 | 0,00670 | 1,5558 | 0,046385 |
| 7 | 0,70 | 0,83666 | 16,808 | 0,01014 | 1,6808 | 0,122748 |
| 8 | 0,80 | 0,8944272 | 17,974 | 0,00712 | 1,7974 | 0,065632 |
| 9 | 0,90 | 0,9486833 | 19,020 | 0,01221 | 1,902 | 0,1793223 |

Poniższy wykres przedstawia zależność T(L)

[cm]

[s]

Poniższy wykres przedstawia zależność

[cm]

[s]

[cm]

Metodą regresji liniowej (funkcja REGLINP) wyznaczyliśmy współczynnik kierunkowy (a) oraz wyraz wolny (b) dla charakterystyki wraz z ich niepewnościami. Wynik przedstawiliśmy w tabeli poniżej.

|  |  |
| --- | --- |
| a | 0,19906(59) |
| b [s] | 0,0143(42) |

Warto zwrócić uwagę, że tak wyznaczona prosta nie wychodzi poza słupki niepewności po naniesieniu jej na wykres.

Przyspieszenie ziemskie można wyznaczyć ze wzoru

Można zauważyć, że ze współczynnika kierunkowego uzyskanej poprzednio prostej można otrzymać zależność , którą następnie podstawiamy do wzoru na przyspieszenie ziemskie. Otrzymujemy zatem

Podstawiając nasze dane do wzoru otrzymujemy

Po sprowadzeniu do odpowiedniej jednostki:

Korzystając z prawa przenoszenia niepewności obliczyliśmy niepewność przyspieszenia ziemskiego.

A po sprowadzeniu do odpowiedniej jednostki

A zatem z naszych obliczeń wynika, że

Dla tak otrzymanego wyniku obliczyliśmy niepewność rozszerzoną podstawiając do wzoru https://screenshootereu.blob.core.windows.net/engine4files/wtmiqhctuqpxfxvkvsxpkjpktjvdauuzbfsrvxgkjqyyrizefjgmqlfnecpgmzszwpvaeepymmfukqtlkqxroiiqzfntizykyycb

Otrzymaliśmy, U(g)= 0,118

Sprawdzając nasz wynik z przyspieszeniem ziemskim dla Gliwic, gdzie gG = 9,810

Co oznacza, że nasza obliczona wartość nie jest zgodna z wartością tablicową.

Wnioski.

Ćwiczenie zostało przeprowadzone zgodnie z instrukcją. Wyliczona wartość przyspieszenia ziemskiego jest większa od wartości tablicowej, co wskazuje na niedokładność przeprowadzonych pomiarów. Wpływ na końcowy wynik miały przede wszystkim pomiary długości (dokładność do ok. 1mm) nici oraz odczyty kąta wychylenia wahadła dokonywane na kątomierzu. Bardzo duże znaczenie miał błąd odczytu przez człowieka. Podczas przeprowadzania doświadczenia doszliśmy do wniosku iż wraz z wzrostem długości wahadła zwiększa się również okres jego drgań.