

Nazwisko

Data

Nr na liście

Imię

Wydział

Dzień tyg.

Godzina

Ćwiczenie 119

Ruch harmoniczny prosty masy na sprężynie

Tabela I: Część X19. Wyznaczanie stałej sprężyny

Położenie równowagi m

Masa	[kg]						
Δx	[m]						

Wartość stałej sprężyny k odczytana z wykresu komputerowego: $k = \dots\dots\dots$ N/m.

Tabela II. Część P19. Wyznaczanie okresu drgań masy zawieszona na sprężynie

Masa zawieszona $m = \dots\dots\dots$ kg

Nr wierzchołka	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Czas	[s]								
Okres	[s]	X							

Średnia wartość okresu drgań wynikająca z tabeli II: $\bar{T} = \dots\dots\dots$ s.

Teoretyczna wartość okresu drgań powyższej masy, obliczona na podstawie wzoru $T_t = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

T_t , [s]	$B_p = \frac{ T_t - \bar{T} }{T_t} \cdot 100\%$

Ćwiczenie 119. Ruch harmoniczny prosty masy na sprężynie

CEL

Ćwiczenie 119 składa się z dwóch części skrótowo nazwanych **X19** i **P19**.

Celem tego ćwiczenia jest wyznaczenie stałej sprężystości sprężyny (**X19**), badanie ruchu drgającego prostego (**P19**) masy na sprężynie.

TEORIA

Zawieszamy sprężynę pionowo. Długość sprężyny nie obciążonej wynosi l . Po obciążeniu sprężyny masą m , jej długość zwiększy się o Δl . Położenie równowagi masy jest teraz w odległości $l + \Delta l$ od punktu zawieszenia sprężyny. Gdy masę odciągniemy na niewielką odległość x w dół od położenia równowagi, sprężyna będzie działać na masę siłą sprężystości,

$$F = -kx,$$

gdzie k jest *współczynnikiem sprężystości sprężyny* (zwanym także stałą sprężyny). Znak ujemny wskazuje, że siła skierowana jest przeciwnie do kierunku przemieszczenia masy. Siła sprężystości powoduje, że masa oscyluje w górę i w dół. Okres drgań zależy od wartości masy i stałej sprężyny:

$$T = 2\pi\sqrt{m/k}.$$

Podczas drgań masy jej energia ulega ciągłej wymianie pomiędzy energią kinetyczną i potencjalną. Jeżeli zaniedbamy tłumienie, to całkowita energia układu pozostaje stała. Gdy masa jest w najwyższym punkcie, jej energia potencjalna grawitacyjna i energia potencjalna sprężystości mają wartość maksymalną. Masa w najniższym położeniu ma minimalną energię potencjalną grawitacyjną i ponownie maksymalną energię potencjalną sprężystości. W położeniu równowagi energia kinetyczna jest maksymalna, a energia potencjalna sprężystości jest równa zero.

Jeżeli układ masa – sprężyna jest poruszany z częstotliwością, która jest bliska jego częstotliwości drgań własnych, amplituda drgań powinna wzrosnąć do wartości maksymalnej.

WYKONANIE ĆWICZENIA

W pierwszej części, (ćwiczenie **X19_MASS**), będziemy zwiększać obciążenie sprężyny i za pomocą sensora siły zmierzmy siłę powodującą rozciąganie. Zadaniem studenta będzie pomiar wydłużenia sprężyny i wprowadzenie uzyskanej wartości do komputera. Program „*Science Workshop*” wyświetli siłę i odpowiadające jej wydłużenie. Nachylenie linii, która najlepiej daje się dopasować do wykresu siły w zależności od wydłużenia, jest równe stałej sprężyny k .

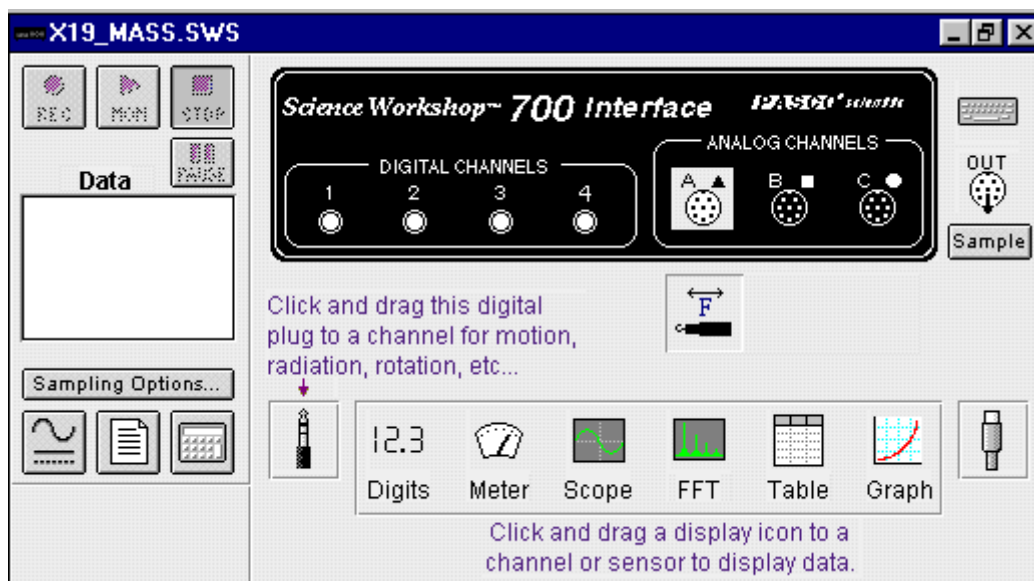
Dalsze postępowanie, (ćwiczenie **P19_MASS**), polega na pomiarze, za pomocą czujnika ruchu, drgań masy zawieszanej na końcu sprężyny. Program „*Science Workshop*” wyświetli położenie i prędkość masy w funkcji czasu.

POTRZEBNE WYPOSAŻENIE	
• Interfejs „ <i>Science Workshop 700</i> ”	• Uchwyt do statywu, kątownik
• Czujnik siły (± 50 Newtonów)	• Uchwyt do sprężyny
• Czujnik ruchu	• Masy i wieszak do mas
• Waga	• Linijka
• Wzmacniacz mocy	• Uchwyt do zawieszenia sprężyny
• Statyw	• Sprężyna (k pomiędzy $2 \div 4$ N/m)

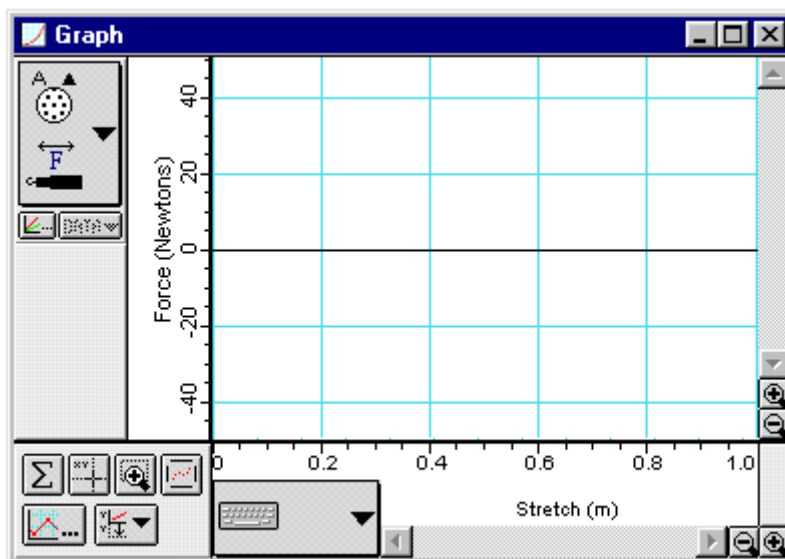
Część X19: Wyznaczanie stałej sprężyny.

Okna ćwiczenia „X19_MASS”

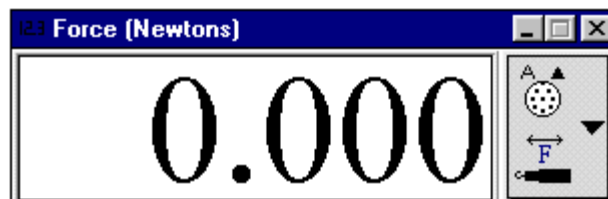
Okno podstawowe „X19_MASS”— zawiera przyciski sterowania



Okno „Graph” — przedstawia siłę (Force) jako funkcję wydłużenia (Stretch).



Okno „Force” — wyświetla wartość siły (N).

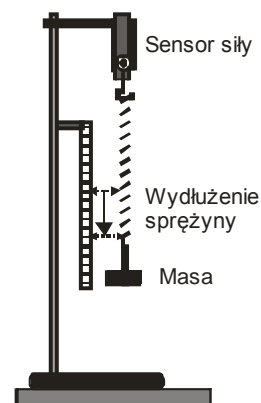


PRZYGOTOWANIE KOMPUTERA

1. Włącz zasilanie stołu (patrz deska rozdzielcza stołu – przy Twojej lewej nodze gdy siedzisz na wprost komputera) – przekręć czerwoną „gałkę” w kierunku strzałek (powinna wyskoczyć), przekręć kluczyk jak w samochodzie i puść. Automatycznie włączy się interfejs (sygnalizuje to zielona lampka) i komputer.
2. Automatycznie uruchomi się system operacyjny *Windows* i program „*Science Workshop*”. Otwórz (File, Open) w katalogu *Library\Physics*, dokument **X19_MASS.SWS**. Na ekranie zobaczymy okno podstawowe X19_MASS, okno Graph — przedstawiające zależność siły (Force) od wydłużenia (Stretch) oraz okienko Force — wyświetlające wartość siły.
3. Podłącz czujnik siły do wejścia analogowego A interfejsu.
 - ◆ Okno podstawowe jest w postaci zwiniętej. Pełną postać można przywrócić — jak w przypadku każdego okna w programie *Windows*. Po rozwinięciu tego okna widzimy interfejs z rozświetlonym wejściem analogowym A i ikonę czujnika siły pod tym wejściem.
 - ◆ Po wybraniu myszą skali „x” lub „y” w oknie Graph, pojawia się okienko umożliwiające wpisanie minimalnych i maksymalnych wartości wyświetlanych na tych osiach. Duże przyciski w kształcie ramki obok osi x” i „y” wskazują skąd pobierane są wartości wydłużenia (klawiatura) i siły (czujnik siły podłączony do wejścia A).

PRZYGOTOWANIE UKŁADU POMIAROWEGO




1. Zamontuj pionowo sensor siły na statywie.
2. Zawieś sprężynę na haku.
3. Na podziałce milimetrowej odczytaj położenie końca sprężyny (ostatniego zwoju) bez obciążenia. Zapisz w tabeli wynik pomiaru położenia równowagi sprężyny.



REJESTROWANIE DANYCH

1. Naciśnij w oknie X19_MASS przycisk **REC**. Otwarte zostanie okno Keyboard Sampling.
2. Naciśnij przycisk tarujący, znajdujący się z boku sensora siły, aby wyzerować wskazania.
3. Jako wydłużenie (Entry # 1) wpisz „0” (sprężyna nie jest rozciągnięta) i zatwierdź wprowadzoną wartość, **Enter**.
 - ◆ Wartość ta pojawi się w oknie Keyboard Sampling na liście danych.
4. Zawieś masę np. 30 g (doliczyć należy masę wieszaka) na końcu sprężyny.
5. Zmierz nowe położenie końca sprężyny. Oblicz wartość wydłużenia sprężyny Δx .
6. Wpisz wydłużenie (w metrach) jako Entry # 2 i naciśnij **Enter**. Jeśli wartość została źle wprowadzona można ją, po podświetleniu, usunąć przyciskiem **Delete**.
 - ◆ Wprowadzoną wartość zobaczymy na liście danych i jako Entry # 3 pojawi się wartość oczekiwana przez komputer, określona na podstawie pierwszych dwóch pomiarów.
7. Dodaj 10 g do obciążenia i powtórz pomiar położenia końca sprężyny.
8. Wpisz nową wartość Δx jako Entry # 3 i naciśnij **Enter**.
9. Kontynuuj dodawanie mas co 10 g jeszcze 4 razy. Wpisujemy kolejne wartości wydłużeń i zatwierdzamy jak poprzednio.
10. Naciśnij przycisk **Stop Sampling**, aby zakończyć rejestrowanie danych.

ANALIZA DANYCH

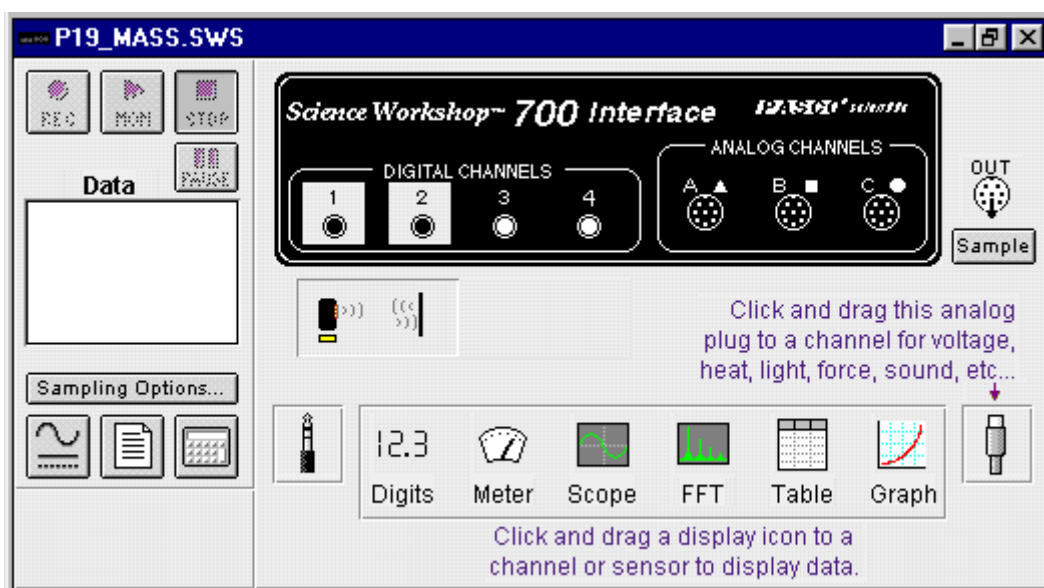
1. Uaktywnij okno Graph. Naciśnij przycisk  w celu otwarcia pola statystyka. Przyciskiem automatycznego skalowania  można przeskalować wykres. Wówczas skala osi x i y zostanie dopasowana do uzyskanych danych liczbowych.
2. Naciśnij przycisk  (menu statystyki) w polu statystyki. Wybierz z menu pozycję dopasowanie krzywej, dopasowanie liniowe – (Curve Fit, Linear Fit).
 - ♦ Wartość nachylenia (a_2) najlepiej dopasowanej linii przedstawiającej zależność siły od wydłużenia jest równa stałej sprężyny k (uwzględniamy tylko wartość bezwzględną współczynnika a_2 ponieważ sensor siły rejestruje siłę jako wartość ujemną.).
3. Zanotuj wartość k . Odłącz sensor siły od interfejsu i zdejmij go ze statywu.

P19: Badanie ruchu harmonicznego prostego

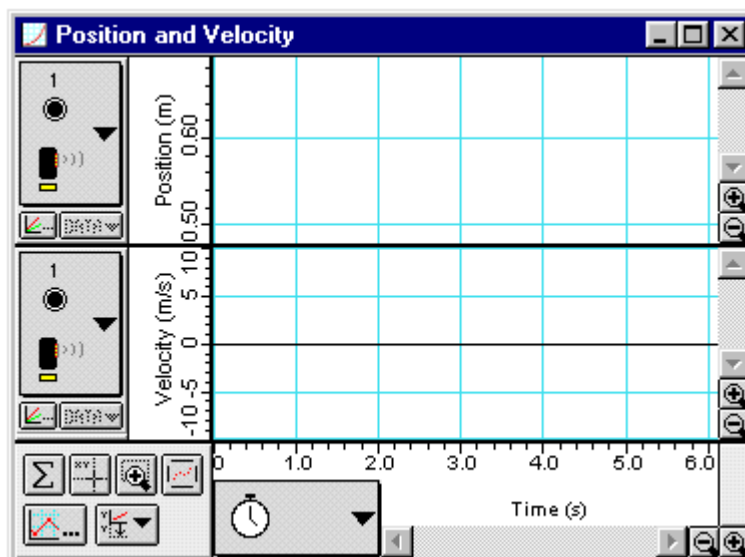
W tym ćwiczeniu czujnik ruchu będzie rejestrował zależność położenia od czasu masy zawieszonyj na końcu sprężyny. Program „Science Workshop” wyświetli położenie i prędkość drgającej masy. Zmierzymy okres drgań i porównamy go z wartością teoretyczną.

Okna ćwiczenia „P19_MASS”

Okno podstawowe „P19_MASS” — zawiera przyciski sterowania.



Okno „Position and Velocity” — przedstawia położenie i prędkość w funkcji czasu

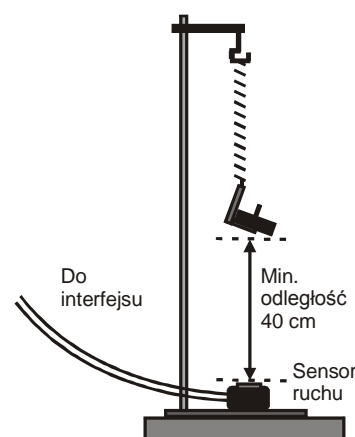


PRZYGOTOWANIE KOMPUTERA

1. Podłącz wtyki czujnika ruchu do cyfrowych wejść **1** i **2** (digital channels 1 & 2) interfejsu. Włącz żółty wtyk (impuls) do wejścia **1** i wtyk czarny (echo) do wejścia **2**.
2. Otwórz w katalogu *Library\Physics* dokument zatytułowany **P19_MASS.SWS**.
 - ◆ Po wybraniu opcji Open (otwórz) z menu File (plik) pojawi się okno alarmowe.
 - ◆ Wybierz **Don't Save** (nie zachowuj) lub **OK**.
 - ◆ Po zamknięciu okna Experiment Notes pojawi się okno Position and Velocity, umożliwiające przedstawienie położenia (m) i prędkości (m/s) w funkcji czasu (s).
 - ◆ Przycisk w kształcie ramki po lewej stronie skali z wartościami położenia w oknie Position and Velocity wskazuje, że do wejścia cyfrowego **1** podłączony jest czujnik ruchu. Podobna ramka pod skalą poziomą, z ikoną zegara, wskazuje, że jest to skala czasu.


PRZYGOTOWANIE UKŁADU POMIAROWEGO

1. Zawieś sprężynę na statywie (odpowiednio wysoko, patrz rysunek po lewej).
2. Zawieś na sprężynie masę powodującą wyraźny wzrost długości sprężyny ok. 40 gramów.
3. Zdejmij chwilowo obciążenie i wieszak. Zważ i zapisz całkowitą masę obciążenia (w kg). Ponownie zawieś masę na sprężynie.
4. Połóż sensor ruchu na podstawie statywu, dokładnie pod zawieszonymi masami.
5. Dopasuj wysokość umocowania sprężyny tak, aby odległość masy od sensora podczas drgań nie była mniejsza niż 40 cm.





REJESTROWANIE DANYCH

1. Odciągnij masę od położenia równowagi na odległość kilku centymetrów. Pozwalamy wykonać jej kilka drgań, aby drgania sprężyny ustabilizowały się.
2. Naciśnij **REC** w celu rozpoczęcia rejestracji danych.
3. W oknie grafiku pojawią się wykresy położenia i prędkości oscylującej masy. Kontynuuj pomiar przez około 10 sekund.
4. Naciśnij **STOP**, aby zakończyć pomiary i zdejmij masę ze sprężyny.
 - ◆ Na liście danych pojawi się wynik pomiaru (Run #1).

Uwaga: Jeżeli punkty pomiarowe nie pojawią się na wykresach, naciśnij autoskalowanie . Kształt krzywej powinien przypominać funkcję sinus. Jeżeli tak nie jest, sprawdź wzajemne położenie pionowe czujnika ruchu i wieszaka mas. W celu usunięcia złych wyników, wybierz numer pomiaru na liście danych i naciśnij **Delete**.

ANALIZA DANYCH

1. Naciśnij przycisk autoskalowania  w celu przeskalowania grafiku.
2. Naciśnij przycisk kursora precyzyjnego . Cursor zmienia się w krzyż z nitek pajęczych, gdy przesuniemy go w obręb pola grafiku. Współrzędne x i y położenia kursora wyświetlane są obok osi poziomej i pionowej.
3. Wykorzystujemy precyzyjny kursor do wyznaczenia średniego okresu drgań masy. Przesuń kursor do pierwszego wierzchołka na wykresie i odczytaj wartość czasu (pokazaną poniżej osi poziomej). Zapisz wartość czasu w tabeli.

4. Przesuń kursor do każdego kolejnego wierzchołka i odczytaj wartość czasu.
5. Znajdź okres każdego drgania (oblicz różnicę czasów odczytanych dla kolejnych wierzchołków). Oblicz średni okres drgań. Zapisz uzyskany wynik.
- ◆ Do obliczeń można wykorzystać kalkulator, którego ikona znajduje się w oknie głównym.
6. Oblicz teoretyczną wartość okresu drgań, wykorzystując zmierzoną wartość stałej sprężyny i wartość masy (w kg) zawieszanej na sprężynie.

PYTANIA

1. Porównaj obliczoną wartość okresu drgań z wartością zmierzoną. Znajdź procentową różnicę pomiędzy obliczoną i zmierzoną wartością okresu: $B_p = \frac{|T_t - \bar{T}|}{T_t} \cdot 100\%$
2. Jaka jest prędkość masy w miejscu największego odchylenia od położenia równowagi?
Wskazówka: Po ustawieniu precyzyjnego kursora na wierzchołku wykresu położenia, naciśnij na klawiaturze **Shift** (ustalamy w ten sposób współrzędną czasu) i przesuń kursor wzdłuż linii pionowej do punktu przecięcia z wykresem prędkości. Prędkość zostanie wyświetlona obok osi pionowej. W celu dokładnego odczytu można wykres wydłużyć naciskając **+** w prawym dolnym rogu wykresu, pod osią czasu.
3. Gdzie znajduje się masa względem położenia równowagi, gdy bezwzględna wartość prędkości jest największa?