

Nazwisko

Data

Nr na liście

Imię

Wydział

Dzień tyg.

Godzina

Ćwiczenie 114

Zderzenia — zmiana pędu ciała i popęd siły

Numer wózka:

Masa wózka: kg

Masa odważnika do kalibracji: kg

Ciężar odważnika do kalibracji: N

SPRĘŻYNA	Nr pomiaru	v_{\min}	v_{\max}	Δv	Δp	$\int F dt$
		[m/s]	[m/s]	[m/s]	[kg·m/s]	[N·s]
MIEKKA	1					
	2					
	3					
TWARDA	1					
	2					
	3					

Ćwiczenie 114: Zderzenia — zmiana pędu ciała i popęd siły

CEL

Badanie zderzeń sprężystych. W czasie doświadczenia zmierzona będzie zmiana pędu wózka i odpowiadający tej zmianie całkowity popęd siły.

TEORIA

Pęd jest to iloczyn masy i prędkości ($\vec{p} = m\vec{v}$). Pęd jest wielością wektorową, czyli oprócz wartości ma kierunek i zwrot. Wystarczy, że zmienia się jedna z tych cech, aby zmienił się pęd. Zmiana pędu to różnica dwóch wektorów: pędu końcowego i pędu początkowego,

$$\Delta\vec{p} = \vec{p}_k - \vec{p}_0$$

Na przykład, jeżeli ciało o masie $m = 2 \text{ kg}$ i prędkości $v = 2 \text{ m/s}$ odbija się sprężysto od ściany, to prędkość po odbiciu jest równa (-2 m/s). Prędkość i pęd tego ciała uległy zmianie, bo zmienił się zwrot wektorów. Zmiana pędu tego ciała jest równa 8 kg m s^{-1} :

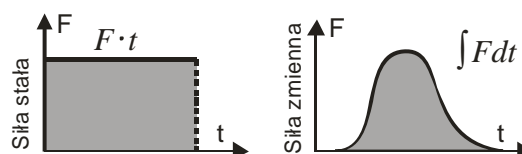
$$\Delta\vec{p} = \vec{p}_k - \vec{p}_0 \Rightarrow \Delta p = p_k - p_0 = mv - (-mv) = mv + mv = 2 \cdot 2 + 2 \cdot 2 = 8 \quad \text{SI: [kg·m/s]}$$

Ogólna postać II zasady dynamiki mówi, że zmiana pędu jest równa popędowi siły. Gdy siła jest stała, to popęd siły jest iloczynem siły i czasu jej działania.

$$\Delta p = F \cdot t.$$

Na wykresie $F = F(t)$ popęd siły jest równy polu pod wykresem. Jeżeli siła nie jest stała to, aby obliczyć pole, trzeba obliczyć całkę. Wtedy zmiana pędu, równa popędowi siły, jest równa tej całce,

$$\Delta p = \int F dt.$$

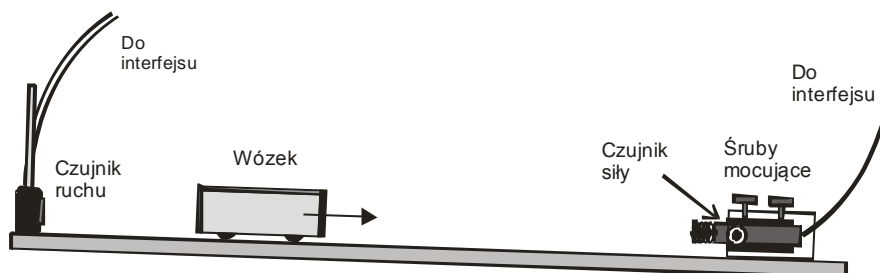


Gdy ciało uderza w przeszkodę, siła działająca na ciało zmienia się w czasie trwania zderzenia. Dlatego licząc całkowity popęd siły nie liczymy $F \cdot t$, tylko całkujemy.

Określoną zmianę pędu można osiągnąć na dwa sposoby:

1. Działając dużą siłą w krótkim czasie,
2. Działając małą siłą w długim czasie.

Poniższy rysunek przedstawia schemat układu pomiarowego.



WYKONANIE ĆWICZENIA

POTRZEBNE WYPOSAŻENIE	
• Interfejs „Science Workshop 500”	• Wózek
• Czujnik ruchu	• Dwie sprężyny: miękka i twarda
• Czujnik siły	• Haczyk
	• Ciężarek

W przeprowadzonym doświadczeniu czujnik ruchu będzie rejestrował ruch wózka przed i po zderzeniu ze sprężyną, przykręconą do czujnika siły (sprężyna odgrywa rolę zderzaka). Czujnik siły zmierzy siłę działającą w czasie zderzenia. Program *Science Workshop* pozwoli na określenie prędkości tuż przed i tuż po zderzeniu, oraz obliczy całkowity popęd siły.

INSTRUKCJA DLA PROWADZĄCEGO ĆWICZENIA

- 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**.
- Podłącz czujnik siły do analogowego kanału **A** interfejsu.

PRZYGOTOWANIE KOMPUTERA

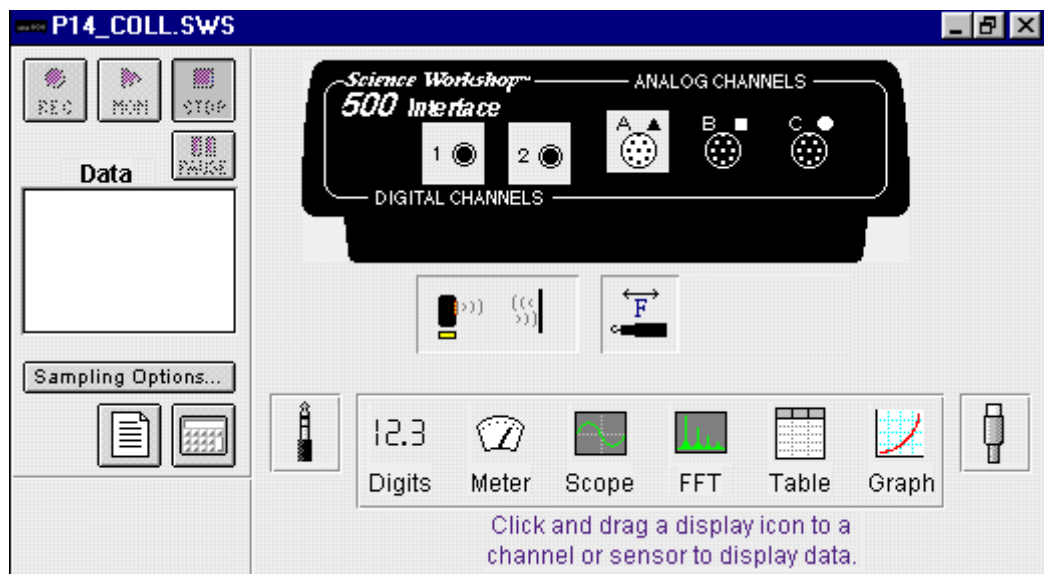
- Włącz zasilanie stołu (patrz deska rozdzielcza stołu – przy Twojej lewej nodze gdy siedzisz na wprost komputera) – przekręć czerwoną „gałkę” w kierunku strzałek (powinna wyskoczyć), przekręć kluczyk jak w samochodzie i puść. Automatycznie włączy się interfejs. W stacji dysków naciśnij „Power” zasilania komputera. Wybierz profil P14.
- Automatycznie uruchomi się system operacyjny *Windows* i program „*Science Workshop*”. Otwórz (File ⇒ Open) w katalogu *Library\Physics* dokument **P14_COLL.SWS**. Na ekranie zobaczymy (po zamknięciu okna Experiment Notes) okno podstawowe P14_COLL i okno wykresu Graph, przedstawiające zależność siły i prędkości od czasu.
 - Okno podstawowe P14_COLL jest w postaci zwiniętej. Pełną postać można przywrócić — jak w przypadku każdego okna w programie *Windows*. Po rozwinięciu tego okna widzimy interfejs z rozświetlonymi wejściami cyfrowymi **1** i **2** i wejściem analogowym **A**.

INSTRUKCJA DLA PROWADZĄCEGO ĆWICZENIA

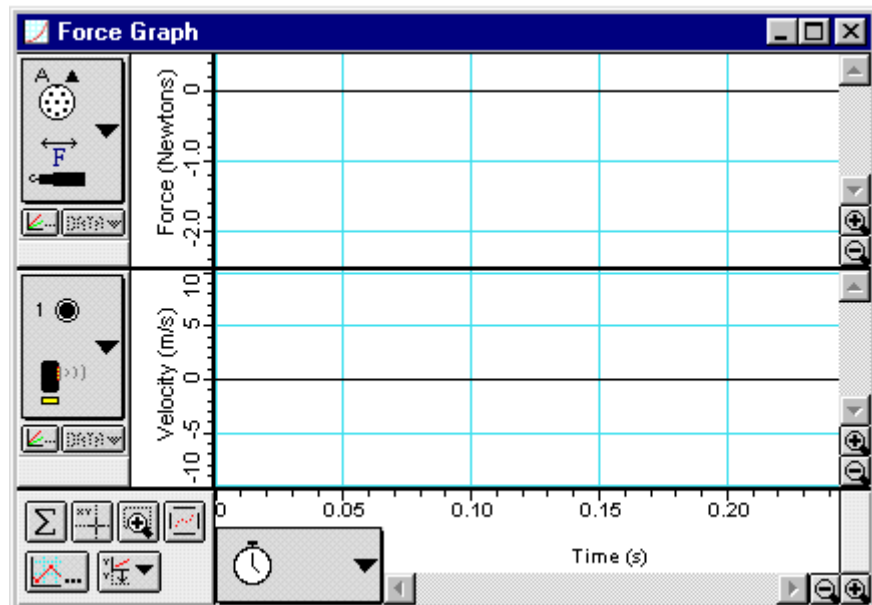
- Jeśli wejścia cyfrowe nie są rozświetlone, chwyć myszą ikonę wtyczki cyfrowej i przeciągnij ją na kanał **1**. Na ekranie wyświetli się lista możliwych czujników — znajdź i wybierz czujnik ruchu (Motion Sensor), potwierdź wybór naciskając . Podobnie, po nasunięciu ikony wtyczki analogowej na kanał **A**, z listy czujników wybierz czujnik siły (Force Sensor).
 - Jeśli okno wykresu nie pojawiło się, chwyć ikonę wykresu (Graph) znajdującą się na dole okna P14_COLL i przeciągnij ją na kanał **A** ikony interfejsu. W oknie wykresu znajduje się przycisk tworzenia dodatkowego wykresu (drugi w kolejności przycisk na samym dole okna). Można się mim posłużyć jeśli pojawiło się pojedyncze okno wykresu (jako dodatkowy wykres wybierz Digital 1, Velocity). Wybranie skali pionowej i poziomej umożliwia kolejno dobranie przewidywanej maksymalnej i minimalnej wartości siły bądź prędkości oraz czasu pomiaru.
- W oknie podstawowym naciśnij przycisk i ustaw suwakiem częstość pomiaru (Periodic Samples) na 500 Hz (Fast). W kolumnie Stop Conditions wybierz pozycję Time — wpisz czas, po którym pomiar ma się automatycznie zatrzymać (4 s). Naciśnij .

OKNA ĆWICZENIA „114”

Okno podstawowe „P14_COLL” — zawiera przyciski sterowania



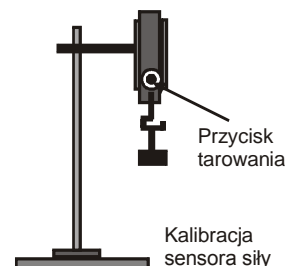
Okno wykresu „Force Graph” — przedstawia zależność siły i prędkości od czasu.



KALIBRACJA I PRZYGOTOWANIE CZUJNIKÓW

Czujnik ruchu nie wymaga kalibracji, należy jednak przeprowadzić kalibrację czujnika siły.

1. Naciśnij dwukrotnie ikonę czujnika siły pod kanałem **A**. Pojawi się okno kalibracyjne.
2. Sprawdź, czy nic nie naciska na sprężynę wkręconą do czujnika siły i wyzeruj go — wciśnij przycisk TARE znajdujący się z boku czujnika.
3. W oknie kalibracyjnym wpisz „0” jako High Value i naciśnij przycisk **Read**.
4. Odkręć sprężynę i przykręć haczyk do czujnika siły.
5. Odkręć śruby mocujące czujnik siły w uchwycie i zawieś czujnik pionowo na statywie.
6. Zważ ciężarek i zawieś go na haczyku czujnika siły.
7. Wprowadź ciężar zawieszonyj masy jako wartość ujemną w okienko Low Value i naciśnij **Read**. Zamiast przecinka użyj kropki.



(Ciężar to $Q = m \cdot g$, czyli masa w kilogramach razy przyspieszenie ziemskie $9,81 \text{ m/s}^2$.)

8. Aby zakończyć kalibrację, wciśnij **OK**.
9. Przymocuj czujnik siły do uchwytu na szynie.
10. Zmień haczyk na „miękką” sprężynę.
11. Zważ wózek. Zapisz w tabeli masę i numer wózka.

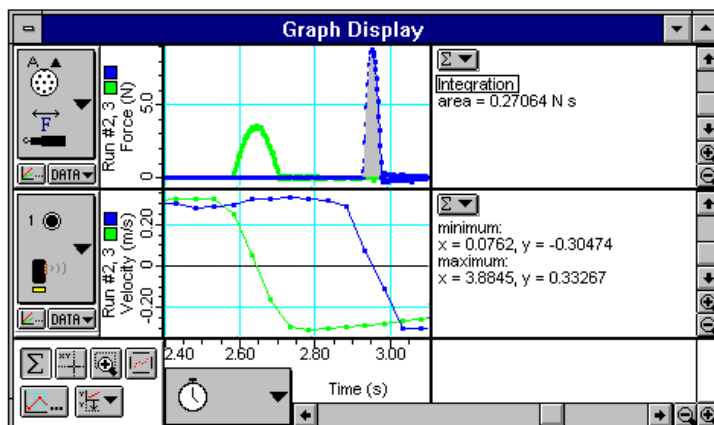
PRZEBIEG I REJESTRACJA POMIARÓW

1. Przed rozpoczęciem rejestracji naciśnij przycisk TARE z boku czujnika siły.
2. Trzymaj wózek w odległości około 40 cm od **czujnika ruchu**. W kolejnych pomiarach puszczaj wózek z tego samego miejsca.
3. Wciśnij przycisk **REC** i puść wózek.
4. Rejestracja zostanie zakończona automatycznie po upływie 4 sekund.
5. W okienku Data w oknie głównym zostanie wyświetlony zapis danych z pierwszego pomiaru jako Run # 1.
6. Jeżeli z jakiegoś powodu rejestracja jest niezadowolająca, usuń zarejestrowane dane zaznaczając Run # 1 i wciskając klawisz **Delete** i następnie **OK**.

ANALIZA DANYCH

1. Naciśnij przycisk statystyki **Σ** w lewym dolnym rogu okna Graph. Obok wykresów pojawi się okienko statystyki.
2. Wciśnij autoskalowanie **□** w lewym dolnym rogu wykresu, aby dopasować skalę do wartości zmierzonych.
3. Wciśnij przycisk powiększenia **⊕**. Cursor zmienia się w szkło powiększające. Trzymając wciśnięty klawisz myszy, zaznacz na wykresie prostokątny obszar odpowiadający zderzeniu.
4. Aby obliczyć całkowity popęd siły Naciśnij przycisk **Σ** (menu statystyki) obok wykresu siły. Z wyświetlonego menu wybierz całkowanie (Integration).
5. Aby znaleźć wartość prędkości tuż przed i po zderzeniu, z menu statystyki obok wykresu prędkości wybierz wartość minimum i maximum współrzędnej „y”. Wartość „y” maksymalna jest prędkością przed zderzeniem, a minimalna — po zderzeniu. Wpisz dane do tabeli.
6. Pomiary wykonaj trzykrotnie.

- Zamień sprężynę i znowu wykonaj trzykrotnie pomiary.
- Oblicz zmianę pędu dla każdego pomiaru. Wyniki wpisz do tabeli.
- W oknach wykresu wyświetl (pozostaw) po jednym wyniku pomiaru dla obu sprężyn (jak na rysunku obok), następnie poproś prowadzącego o zapis i wydruk pliku.



PYTANIA

- Czy wartość popędu siły jest równa odpowiadającej zmianie pędu?
- Jakie są różnice w przebiegu zderzenia z badanymi sprężynami?
- Jakim ruchem porusza się ciało przed i po zderzeniu?