

## Zmiana pędu

Mechanika: pęd, zmiana pędu;

GLX plik: **impulse**

| Potrzebny sprzęt                             | Nr części | Ilość sztuk |
|--|-----------|-------------|
| PASPORT Xplorer GLX                          | PS-2002   | 1           |
| PASPORT Morion Sensor (czujnik ruchu)        | PS-2103   | 1           |
| PASPORT Force Sensor (czujnik siły)          | PS-2104   | 1           |
| Tor PASCO długości 1,2 m                     |           | 1           |
| GOcar (wózek)                                | ME-6951   | 1           |
| Podpórka ze zderzakami                       | CI-6545   | 1           |
| Zestaw odważników z haczykami do zawieszenia | SE-8759   | 1           |
| Waga   | SE-8723   | 1           |
| Ciężka książka                               |           | 2           |

### CEL

Celem tego ćwiczenia jest badanie zmiany pędu i popędu siły (rozumianej jako iloczyn siły i zmiany czasu) podczas zderzenia.



### WSTĘP

Popęd zależy od siły działającej podczas zderzenia oraz od czasu jej działania. Popęd jest wielkością wektorową i ma taki sam kierunek jak siła. Jednostką popędu jest N·s.

$$\text{POPEĘD} = F \cdot \Delta t$$

Jeśli na ciało działa siła, jego pęd się zmienia. Na przykład podczas zderzenia ciała z przeszkodą, jego pęd ulega zmianie. Wartość zmiany pędu jest taka sama niezależnie od tego, czy zderzenie jest nagłe, czy też trwa przez dłuższy czas. Różnica między szybszym i wolniejszym zderzeniem zależy od wartości działającej siły. Podczas krótkiego zderzenia wartość działającej siły jest większa niż podczas wolnego zderzenia.

Jeśli siła działa na ciało, to zmiana pędu jest równa popędowi siły:

$$\text{Popęd} = F\Delta t = \Delta mv = mv_k - mv_p$$

### BEZPIECZEŃSTWO

- Postępuj zgodnie z instrukcjami załączonymi do sprzętu.

### NA POCZĄTKU


Czujnik ruchu służy do pomiaru ruchu wózka podczas zderzenia, a czujnik siły mierzy siłę działającą podczas zderzenia. Porównaj zmianę pędu wózka i popęd.

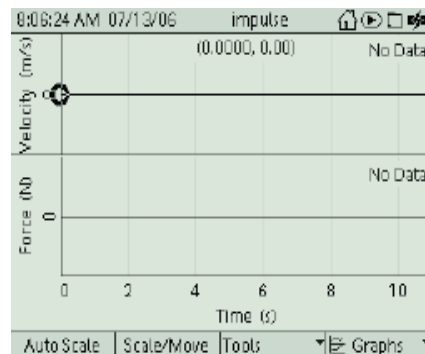
### PRZEWIDYWANIA

Odszukaj podobieństwa między zmianą pędu i popędem podczas zderzenia.

## SPOSÓB POSTĘPOWANIA

### Uruchomienie GLX

1. Włącz GLX naciskając przycisk .
2. Otwórz GLX i uruchom plik **impulse** (sprawdź w Dodatku na końcu tej instrukcji).
  - Plik jest ustawiony w taki sposób, że ruch jest mierzony 50 razy na sekundę (50 Hz), a siła 500 razy na sekundę (500 Hz). Okno wykresu otwiera się z wykresem zależności prędkości od czasu oraz wykresem zależności siły od czasu. Wykres przedstawia pomiary pochodzące z obu czujników.
3. Podłącz czujnik ruchu do pierwszego portu, a czujnik siły do drugiego portu GLX. Wybierz zakres pomiaru przełącznikiem umieszczonym na czujniku ruchu.



Rys.1 Okno wykresu



### Ustawienie sprzętu



1. Zamontuj czujnik siły na podpórce, a do niej z przodu przymocuj zderzak.
2. Zamontuj podpórkę na torze.
3. Przymocuj czujnik ruchu na przeciwnym końcu toru. Unieś koniec toru o około 5 cm. Ustaw czujniki naprzeciw siebie. Zaznacz na torze odległość około 20 cm od czujnika ruchu.



Rys.2 Ustawienie toru i czujników

4. Usztywnij niższy koniec toru np. ustawiając coś ciężkiego za nim - książkę, żeby tor nie ruszał się podczas zderzenia.
5. Zmierz i zapisz masę wózka.
  - UWAGA Łatwiej przeprowadzić ćwiczenie, gdy jedna osoba trzyma wózek, a druga trzyma Explorer GLX.

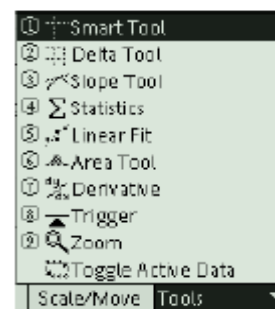
### Zapisywanie danych

1. Połóż wózek w odległości około 20 cm od czujnika ruchu (czyli w punkcie, który wcześniej zaznaczyłeś).
2. Wyzeruj czujnik siły, naciskając zero na czujniku.
3. Żeby zacząć zapisywanie danych naciśnij start . Puść wózek tak, żeby zjeżdżał w dół toru.
4. Żeby zakończyć zapisywanie danych po zderzeniu wózka ze zderzakiem, naciśnij .

## Analiza

Skorzystaj z okna wykresu, żeby zbadać zależność prędkości wózka od czasu. Określ prędkość, jaką miał wózek przed, a jaką po zderzeniu. Wykorzystaj dane do obliczenia zmiany pędu.

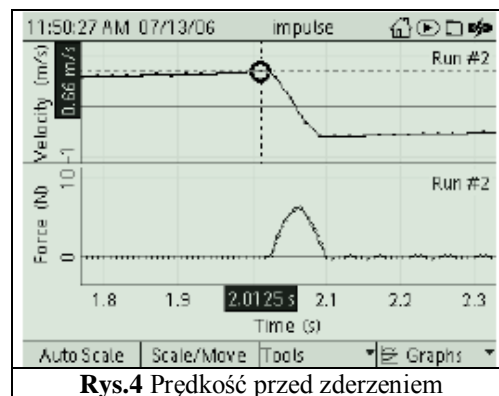
Skorzystaj z okna wykresu, aby zbadać zależność siły od czasu. Określ pole powierzchni pod krzywą. To pole powierzchni jest równe popędowi.



Rys.4 Wybierz „Smart Tool”

Porównaj zmianę pędu wózka z popędem.

1. Naciśnij F2, żeby uaktywnić „Scale/Move”. Przełączaj między „Scale” i „Move”. W celu poszerzenia poziomej osi w oknie wykresu posłuż się strzałkami z klawiatury.
2. Skorzystaj ze „Smart Tool”, żeby znaleźć prędkość wózka. Naciśnięcie F3 spowoduje, że otworzy się menu narzędzi. Wybierz „Smart Tool” i kliknij , żeby zaakceptować wybór. Korzystając ze strzałek poruszaj się po menu „Smart Tool”, aby znaleźć prędkość wózka przed zderzeniem. Zapisz prędkość w tabeli danych.

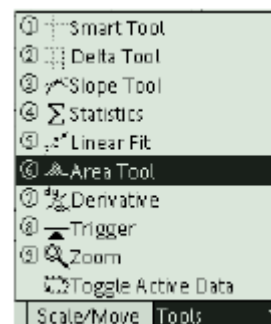


Rys.4 Prędkość przed zderzeniem

3. Następnie również korzystając ze strzałek i „Smart Tool” odszukaj prędkość wózka po zderzeniu. Zapisz jej wartość.
4. Naciśnij F3, żeby otworzyć wyniki pomiarów czujnika siły i menu narzędzi. Za pomocą strzałek wybierz „Toggle Active Data” i naciśnij , żeby potwierdzić wybór.
  - Aktywny kursor zostanie przełączony na wykres danych dotyczących siły.
5. Korzystając ze strzałek ustaw kursor w punkcie, w którym siła zaczynała działać – na początku. Otwórz menu „Tool” i wybierz „Area Tool”. Naciśnij , żeby potwierdzić wybór. Za pomocą strzałek ustaw kursor w punkcie końcowym – na końcu zderzenia.
  - Wykres będzie przedstawiał pole pod krzywą siły od czasu.
6. Zapisz pole pod wykresem jako popęd.



Rys.5 „Toggle Active Data”






Rys.6 „Area Tool”

## Zapisywanie danych: Inne typy zderzeń




1. Powtórz zapisywanie i analizę danych dotyczących zderzeń.
  - Zmień masę wózka przez dołożenie obciążnika.
  - Zmień typ zderzaka.
2. Zapisz wartości odważników i prędkości wózka oraz wartość popędu w tabeli danych.

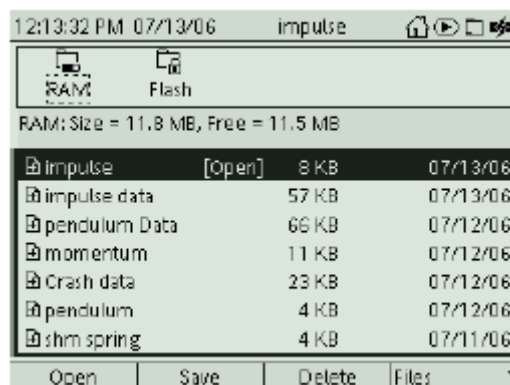
## Analiza

1. Naciśnij , żeby zmienić wykres tzn. aby pokazywał wybrany zakres danych osi pionowej. Żeby przejść do „Run #\_” w lewym górnym rogu, trzeba nacisnąć strzałkę . W celu otarcia menu i wybrania kroku pomiarowego naciśnij .
2. Powtórz analizę dla wszystkich ćwiczeń, które wykonywałeś.

**Zapisz swoje wyniki i odpowiedzi w raporcie.**

## DODATEK: Otwarcie pliku GLX

Aby otworzyć plik GLX, idź do Okna Domowego – Home Screen (naciśnij ). Następnie wybierz pliki z danymi – Data Files i uaktywnij naciskając Activate . Z plików z danymi wybierz ten, który chcesz używając strzałek. Naciśnij F1, aby go otworzyć. Jeśli chcesz wrócić do domowego okna wciśnij . Aby otworzyć okno wykresu naciśnij F1.



**Raport: Popęd i zmiana pędu**

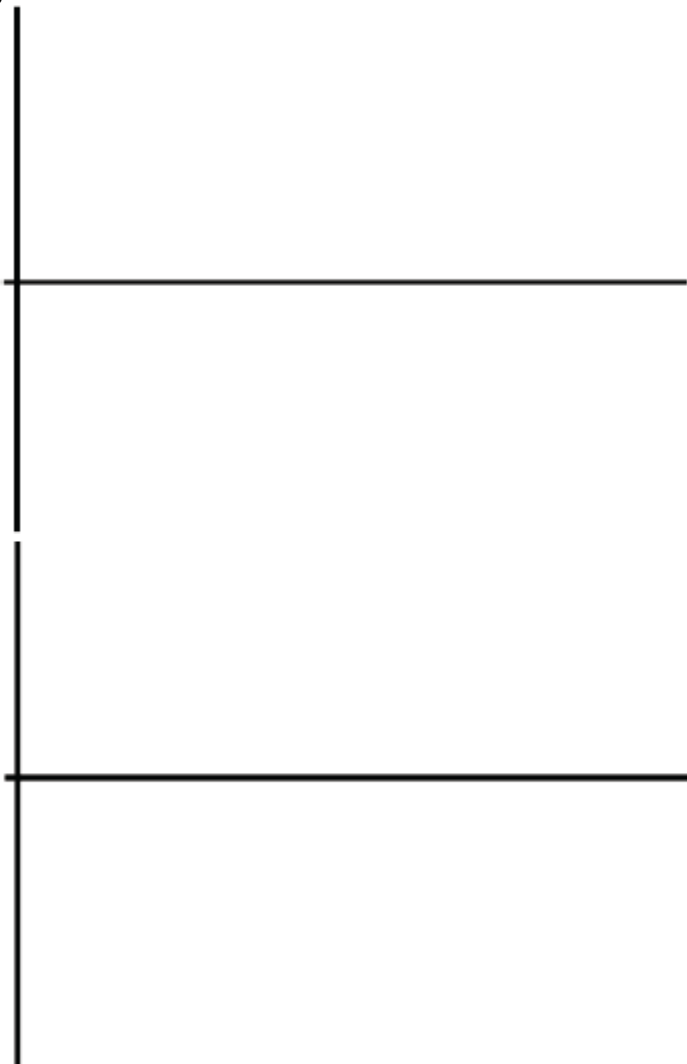
Imię i nazwisko \_\_\_\_\_ Data \_\_\_\_\_

**PRZEWIDYWANIA**

Jak się zmienia pęd wózka podczas zderzenia? Co się wówczas dzieje z popędem? Porównaj zmianę pędu i popęd.

**DANE**

Naszkić wykres zależności prędkości od czasu oraz wykres zależności siły od czasu dla jednego z pomiarów. Pamiętaj o podpisaniu osi wielkościami fizycznymi i o zapisaniu ich jednostek.



### Tabela Danych

| Numer pomiaru | Masa (kg) | Prędkość przed (m/s) | Prędkość po (m/s) | Pęd przed (kg·m/s) | Pęd po (kg·m/s) |
|---------------|-----------|----------------------|-------------------|--------------------|-----------------|
| 1             |           |                      |                   |                    |                 |
| 2             |           |                      |                   |                    |                 |
| 3             |           |                      |                   |                    |                 |
| 4             |           |                      |                   |                    |                 |
| 5             |           |                      |                   |                    |                 |

### Obliczenia

Oblicz pęd początkowy – przed zderzeniem i pęd końcowy – po zderzeniu, a następnie zmianę pędu.

$$\Delta mv = mv_k - mv_p$$

Porównaj ze sobą zmianę pędu ( $\Delta p$ ) i popęd (pole pod wykresem).

Oblicz procentową różnicę zmiany pędu ( $\Delta mv$ ) i popędu.

$$\% \text{ różnica} = \left| \frac{\Delta mv - \text{poped}}{\left( \frac{\Delta mv + \text{poped}}{2} \right)} \right| \cdot 100\%$$

| Numer pomiaru | $\Delta p$ (kg·m/s) | Popęd (N·s) | Procentowa różnica |
|---------------|---------------------|-------------|--------------------|
| 1             |                     |             |                    |
| 2             |                     |             |                    |
| 3             |                     |             |                    |
| 4             |                     |             |                    |
| 5             |                     |             |                    |

### Pytania

1. Dlaczego wartość prędkości wózka zmieniła się z dodatniej przed zderzeniem na ujemną po zderzeniu?
2. Dlaczego pole powierzchni pod wykresem siły od czasu można odczytać jako wartość popędu?

