

## 2. Ruch przyspieszony

**Kinematyka (2):** Wprowadzenie do komputerowych systemów pomiarowych, system Pasco, ruch jednostajnie przyspieszony, ruch jednostajnie opóźniony.

Potrzebny sprzęt	Nr części	Ilość sztuk
Pasco Sparklink Air (konsola pomiarowa)	PS-2011	1
Motion sensor PASPort (ultradźwiękowy czujnik ruchu)	PS-2103A	1
PASCar (wózek aluminiowy)	ME-6950	1
Szyna aluminiowa o długości 2,2 m (tor)		1
Piłka do koszykówki, piłka nożna, metalowa puszka po cukierkach lub kakao, metalowa kulka		

### Cel

Celem tego ćwiczenia jest badanie ruchu ciał, sporządzanie wykresów (zależności położenia od czasu, prędkości od czasu i przyspieszenia od czasu), analiza wykresów. Do pomiaru położenia ciał służy ultradźwiękowy czujnik ruchu PASPort firmy Pasco.

### Cele szczegółowe:

1. Dydaktyka fizyki: pojęcie prędkości chwilowej, pojęcie ruchu prostoliniowego, pojęcie punktu materialnego i systemu odniesienia, pojęcie ruchu jednostajnie przyspieszonego, pojęcie ruchu jednostajnie opóźnionego, graficzne przedstawienie zależności położenia od czasu, wykres prędkości w zależności od czasu; wykres przyspieszenia od czasu, droga przebyta w ruchu jednostajnie przyspieszonym.
2. Informatyka stosowana: działanie czujnika położenia, dokładność pomiaru, próbkowanie w czasie.

### Wstęp

Ruch, w którym prędkość nie jest stała nazywamy ruchem *przyspieszonym* lub *opóźnionym* – ogólnie *ruchem zmiennym*. Wśród możliwych ruchów zmiennych wyróżniamy jeden przypadek szczególny - ruch, w którym *prędkość* rośnie równomiernie. Dokładniej: ruch, w którym *przyrosty* prędkości w kolejnych odcinkach czasu są *stałe*, nazywamy ruchem *jednostajnie przyspieszonym* [1]. W tym ruchu stałe jest przyspieszenie. Przyspieszenie „a” definiujemy jako stosunek zmiany prędkości  $\Delta v$  do czasu  $\Delta t$ , w jakim ta zmiana nastąpiła.

$$a = \frac{v_k - v_p}{\Delta t}$$

W powyższym wzorze prędkość końcowa oznaczona jest  $v_k$ , prędkość początkowa  $v_p$ ,  $\Delta t$  oznacza zaś przedział czasu.

## Opis ruchu i pomiar

Gdy opisujemy ruch ciała podajemy:

- układ odniesienia, względem którego się ono porusza, w szczególności dla ruchu wzdłuż jednej osi punkt początkowy (położenie zerowe, lub położenie w chwili zerowej),
- prędkość ciała (wartość prędkości) i kierunek ruchu,
- dla ruchów zmiennych – również przyspieszenie ciała.

Czujnik ruchu wysyła impulsy fal ultradźwiękowych, które odbijają się od ciała (przeszkody) i mierzony jest dokładnie czas ruchu fali. Znana jest prędkość fali w powietrzu w temperaturze pokojowej (340 m/s). Prędkość ta niewiele zależy od temperatury powietrza i jego wilgotności, nieco bardziej od częstotliwości fali. Sprawdź te wartości w Internecie.

Program komputerowy podobnie jak w echolokacji, mnoży prędkość fali przez połowę zmierzonego czasu i w ten sposób określa położenie ciała w danej chwili. Sprawdź, czy Twój telefon komórkowy ma program do analizy częstotliwości dźwięku (ew. poszukaj w Internecie). Sprawdź, jeśli zdołasz, jakiej częstotliwości fali używa czujnik firmy Pasco.

Kiedy ciało porusza się, zmiana jego położenia jest mierzona wiele razy na sekundę (np. 10, 20, a nawet 40 razy na sekundę). W pierwszej sytuacji częstotliwość próbkowania danych wynosi 10 Hz. Większa częstotliwość próbkowania oznacza większą dokładność w ocenie *chwilowej* prędkości ciała; ale większa częstość próbkowania oznacza krótszy impuls, co może prowadzić do większego błędu popełnianego przez system analizujący (nie jest to system używany w profesjonalnych urządzeniach echolokacyjnych).

Zmiana położenia w pewnym przedziale czasu jest obliczana jako prędkość ciała (mierzona w metrach na sekundę m/s). Obliczenia tego dokonuje system analizujący ruch. Zmiana prędkości w pewnym przedziale czasu nazywana jest przyspieszeniem (mierzone jest ono w  $m/s^2$ ). Również przyspieszenie jest obliczane przez system komputerowy, jako iloraz prędkości i przedziału czasu (tj. interwałów między impulsami próbkującymi).

## Uruchomienie sprzętu i programu

1. Podłącz konsolę pomiarową Pasco Sparklink Air do portu USB komputera. Wtyczkę konsoli włóż do gniazdka z prądem.
2. Do konsoli podłącz czujnik ruchu PASPort.
3. Uruchom z pulpitu komputera program SPARKvue.
4. Wybierz ścieżkę *Dane czujnika*.
5. Wybierz pomiary dla szablonów i dla czujnika ruchu zaznacz *Pozycja*.
6. W prawym górnym rogu na ekranie znajdują się *Szablony*. Kliknij na ikonie Wykres. Na ekranie wyświetlony zostanie wykres  $x(t)$ , czyli pomiar położenia od czasu.
7. Pomiar położenia można uruchomić naciskając zielony przycisk *Start*. W celu zatrzymania pomiaru naciśnij czerwony przycisk *Zatrzymaj*.
8. Aby usunąć niepotrzebne dane na wykresie odznacz kwadrat przy napisie np. *Seria 1*.
9. Dane, które Twoim zdaniem mogą być przydatne do sprawozdania, zapisz na dysku twardym (lepiej zapisać większą ilość przebiegów pomiarowych, ale oczywiście nie wszystkie). W lewym górnym rogu kliknij na ikonę *Menu główne*, a następnie wybierz opcję *Zapisz jako*.

## Zadania do wykonania:

1. Zapisz kilka przebiegów pomiaru położenia w czasie dla toczącej się metalowej puszki po pochylonym stole. Naucz się obsługiwać program pomiarowy, w szczególności odpowiednio wybierać jednostki pomiaru i ich zakres.

We wszystkich przypadkach zarejestruj (i zapisz do celów sprawozdania) wykres położenia w czasie i wykres prędkości w czasie. Czy jest to ruch jednostajnie przyspieszony? Aby uzyskać wykres prędkości od czasu  $v(t)$  należy kliknąć na napisie *Pozycja* przy pionowej osi i wybrać *Prędkość*.

2. Ustaw na stole aluminiową szynę nachyloną pod pewnym kątem. Czujnik ruchu i wózek umieść na górze szyny. Puść lekko wózek. Zarejestruj na ekranie zmiany położenia wózka w czasie i zmiany prędkości w czasie.

Powtórz doświadczenie trzy razy i jedną parę przebiegów  $s(t)$  i  $v(t)$  zapisz na twardym dysku. Czy prędkość wózka rośnie równomiernie? O ile się zmienia? Czy jest to ruch jednostajnie przyspieszony?

Utwórz w programie SPARKvue wykres przyspieszenia w czasie  $a(t)$ . Aby uzyskać wykres  $a(t)$  należy kliknąć na napisie *Pozycja* przy pionowej osi i wybrać *Przyspieszenie*. Powtórz doświadczenie jeszcze raz i sprawdź czy przyspieszenie wózka jest stałe w czasie. Jeśli przyspieszenie wózka nie jest stałe w czasie, to zmień kąt nachylenia szyny i powtórz jeszcze raz doświadczenie uzyskując na ekranie wykres  $a(t)$ .

Zastanów się dlaczego w niektórych doświadczeniach przyspieszenie wózka nie jest stałe w czasie?

3. Czujnik ruchu i wózek umieść na dole szyny. Pchnij wózek pod górkę. Na podstawie wykresu  $v(t)$  oblicz, z jakim przyspieszeniem wózek porusza się teraz. Oblicz wartość siły działającej na wózek.

Utwórz w programie SPARKvue wykres przyspieszenia od czasu  $a(t)$ . Zarejestruj wykres przyspieszenia dla ruchu wózka i sprawdź czy przyspieszenie jest stałe. Jeśli przyspieszenie wózka nie jest stałe, to zmień kąt nachylenia szyny i powtórz doświadczenie.

4. Pozwól metalowej kulce toczyć się po pochylonym stole. Pochyl stół tak, aby ruch kulki był przyspieszony również „na słuch”. Zamknij oczy i spróbuj ocenić ten ruch nie patrząc tylko słuchając. Czy ruch jest jednostajnie przyspieszony?

5. Pozwól osobno piłce do koszykówki i piłce nożnej toczyć się po pochylonym stole. Ustaw odpowiednio czujnik ruchu PASPort i uzyskaj wykresy  $s(t)$ ,  $v(t)$  i  $a(t)$ . Doświadczenie powtórz trzy razy dla różnych prędkości początkowych piłki. Czy badany ruch był jednostajnie przyspieszony? Porównaj wynik dla obu piłek.

Sprawdź, czy czujnik mierzy cały czas we właściwy sposób położenie piłki.

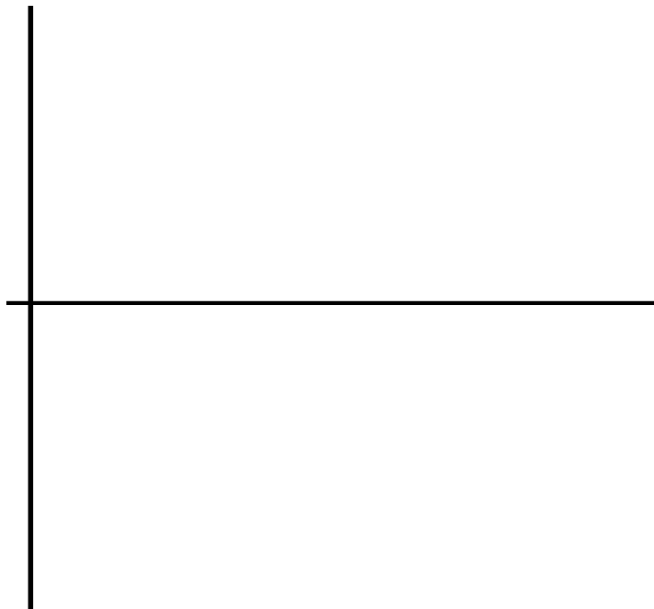
6. Do metalowego statywu u góry przymocuj czujnik ruchu. Podnieś książkę do góry tak, aby załazła się ona pod czujnikiem. Włącz pomiar położenia i upuść książkę na stół. Uzyskaj wykresy  $s(t)$  i  $v(t)$  dla spadającej książki. Czy jest to ruch jednostajnie przyspieszony? Na podstawie wykresu  $v(t)$  oblicz przyspieszenie z jakim spadała książka. Powtórz doświadczenie i przedstaw na ekranie wykres  $a(t)$ . Z jakim przyspieszeniem spadała książka?

### Raport: Przyspieszenie na równi pochylej

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

#### Dane

Korzystając z danych pomiarowych zmierzonych wcześniej przez czujnik ruchu naszkicuj wykres zależności położenia od czasu i prędkości od czasu dla wózka wjeżdżającego pod górę nachylonej szyny i zjeżdżającego w dół szyny. Podpisz osie, pamiętaj o jednostkach.



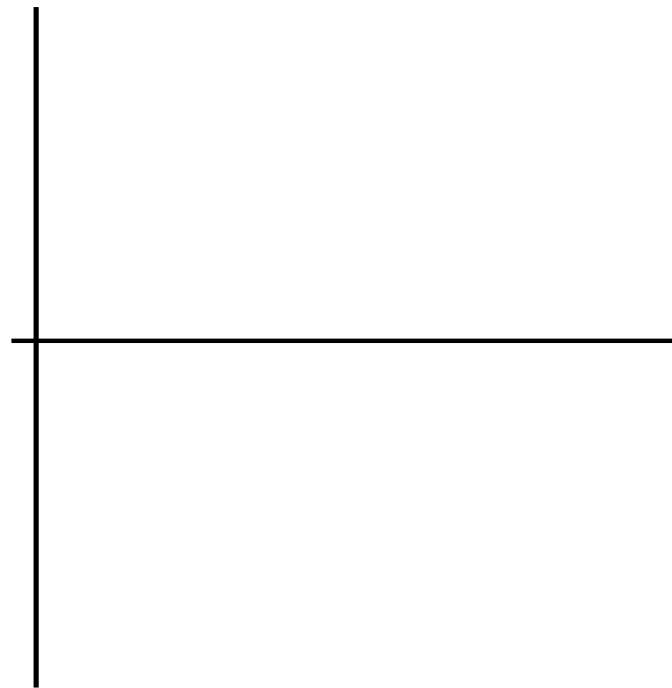


Fundusze Europejskie  
Wiedza Edukacja Rozwój



Rzeczpospolita  
Polska

Unia Europejska  
Europejski Fundusz Społeczny



**Tabela danych**

<b>Wielkość</b>	<b>Wartość</b>
Przyspieszenie (nachylenie)	$m/s^2$
Przyspieszenie (średnie)	$m/s^2$

## Pytania

1. Opisz zależność położenia od czasu korzystając z danych przedstawionych na wykresie.  
Dlaczego odległość zaczyna się w minimum i rośnie, gdy wózek podejżdża w górę równi?
2. Opisz wykres zależności prędkości od czasu.
3. Opisz wykres zależności przyspieszenia od czasu, który został utworzony przez program.
4. Porównaj przyspieszenie wyznaczone z kąta nachylenia wykresu prędkości do osi czasu oraz wartość średnią przyspieszenia otrzymaną z wykresu przyspieszenia.

## Literatura:

- [1] G. Karwasz, *Słowa zarezerwowane: jednostajnie przyspieszony*, w: Zeszyt gimnazjalisty, [http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa\\_strona/?q=node/490](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/490)
- [2] Czujnik ruchu firmy Pasco, PASPORT Morion Sensor, [https://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2103\\_pasport-motion-sensor/index.cfm](https://www.pasco.com/prodCatalog/PS/PS-2103_pasport-motion-sensor/index.cfm)
- [3] Toruński poręcznik do fizyki. Mechanika. G. Karwasz, M. Sadowska, K. Rochowicz, Toruń 2016. [http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa\\_strona/?q=node/163](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/nowa_strona/?q=node/163)
- [4] G. Karwasz, Skąd się bierze  $1/2$  we wzorze  $at^2$ ?, *Fizyka w szkole*, 3/2016, str. 10. [http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wyklady\\_Filmy/at\\_2.pdf](http://dydaktyka.fizyka.umk.pl/Wyklady_Filmy/at_2.pdf)

Opracowanie – dr Andrzej Karbowski