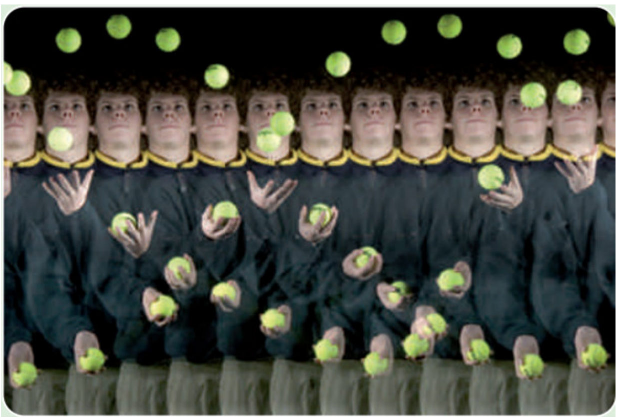
4. Ciało w ruchu

Joanna Zielińska-Szwajka

4.1 Wstęp

Nasze oczy bardzo sprawnie wykrywają ruch. Zauważamy, nawet niewielkie, ruchy występujące poza kącikami naszych oczu. Ważne jest, abyśmy potrafili ocenić ruch – pomyśl o przejściu drogi, jeździe na rowerze czy rzucaniu i łapaniu piłki. Rysunek 4.1 pokazuje sposób, w jaki ruch można zarejestrować na zdjęciu.



Rysunek 4.1: Chłopiec żonglujący trzema piłkami

Norway grants
Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli" współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).
Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.

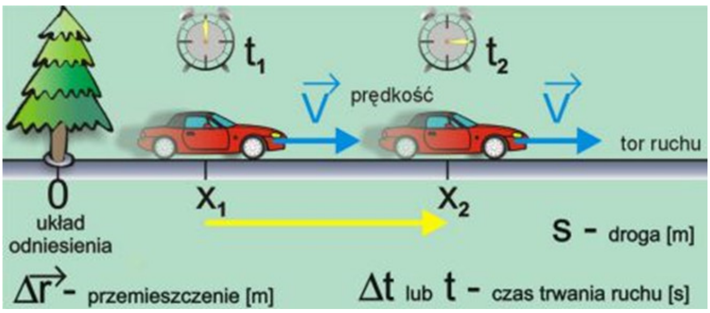
Jest to stroboskopowe zdjęcie chłopca, żonglującego trzema piłkami. Gdy żongluje, kilka razy na sekundę błyska jasna lampa, a kamera zapisuje pozycje kulek w równych odstępach czasu. Gdybyśmy znali czas między rozbłyskami, moglibyśmy zmierzyć zdjęcie i obliczyć prędkość piłki, gdy porusza się w powietrzu.

Definicja 4.1 — Ruch. Zachodząca w czasie (t_1, t_2) zmiana położenia (x_1, x_2) ciała względem innego ciała (układu odniesienia).

Definicja 4.2 — Układ odniesienia . Ciało (punkt), względem którego określa się spoczynek lub ruch obiektu poddanego obserwacji, np. drzewo, budynek, słup, winda, wagon itd.

Charakterystyczne wielkości opisujące ruch (rys. 4.2):

- tor ruchu - linia, po której odbywa się ruch ciała (samochodu);
- położenie ciała x_1, x_2;
- przemieszczenie x_1 - x_2;
- droga s;
- prędkość v.



Rysunek 4.2: Wielkości opisujące ruch

4.2 Prędkość

Możemy obliczyć średnią prędkość, poruszającego się „czegoś”, jeśli znamy odległość, którą pokonuje i czas potrzebny na wykonanie ruchu. W symbolach jest to zapisane jako:

$$v = \frac{x}{t}$$

gdzie:
v - to średnia prędkość,
x - to odległość podróży w czasie t.

Norway grants
Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli” współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).
Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.

Poniższe zdjęcie (rys. 4.3) przedstawia Kenenisa Bekele z Etiopii, pozującego obok tablicy wyników, po pobiciu rekordu świata w biegu na 10 000 metrów w 2005 roku. Czas przedstawiony na zegarze, pozwala nam obliczyć jego średnią prędkość w trakcie biegu. Jeśli jego prędkość się zmieniała w trakcie biegu, to równanie daje nam możliwość wyznaczenia tylko jego średniej prędkość. Średnia prędkość jest obliczana w okresie czasu.

Rysunek 4.3: Kenenis Bekele z Etiopii ustanawiający nowy rekord świata w biegu na 10 000 metrów

Jeśli spojrzymy na prędkościomierz w samochodzie, nie zaobserwujemy średniej prędkość samochodu. A raczej zobaczymy prędkość samochodu w danej chwili. Jest to tak zwana **chwilowa prędkość**.

Ćwiczenie 4.1 Spójrz na rysunek 4.3. Biegacz przebiegł 10 000 m, a zegar pokazuje całkowity czas podczas tego dystansu. Oblicz jego średnią prędkość podczas biegu. ■

4.3 Jednostki

W Międzynarodowym Układzie Jednostek Miar (system SI) odległość mierzona jest w metrach (m), a czas w sekundach (s). Dlatego prędkość wyrażona jest w metrach na sekundę (m/s). Istnieje także wiele innych jednostek używanych do określania prędkości. Wybór jednostki zależy od sytuacji. Prawdopodobnie, podając prędkość ślimaka, użyjemy innych jednostek niż do określenia prędkości samochodu. Tablica 4.1 zawiera niektóre alternatywne jednostki prędkości. Zauważmy, że w wielu obliczeniach posługujemy się jednostkami SI (m/s).

Norway grants
Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli" współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).
Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.

cm/s	centymetr na sekundę
m/s	metr na sekundę
km/s	kilometr na sekundę
km/h	kilometr na godzinę

Tablica 4.1: Jednostki prędkości

Ćwiczenie 4.2 Oto kilka jednostek prędkości **m/s, mm/s, km/s, km/h**. Która z jednostek byłaby odpowiednia, przy określaniu prędkości każdego z poniższych?

- żółw
- samochód
- światło
- biegacz
- samolot

■

Ćwiczenie 4.3 Ślimak pełza 12 cm w ciągu minuty. Jaka jest średnia prędkość ślimaka w mm/s? ■

4.4 Określanie prędkości

Można znaleźć prędkość poruszającego się obiektu poprzez mierzenie czasu, potrzebnego na pokonanie odległości między dwoma stałymi punktami. Na przykład niektóre autostrady mają awaryjne telefony co 2 000 m. Używając stopera, można zmierzyć czas przejazdu samochodu na tej odległości. Zauważmy, że tak można określić tylko średnią prędkość samochodu między tymi dwoma punktami. Nie wiadomo, czy samochód zwiększał i zmniejszał swoją prędkość lub czy poruszał się ze stałą prędkością.

4.5 Pomiary prędkości

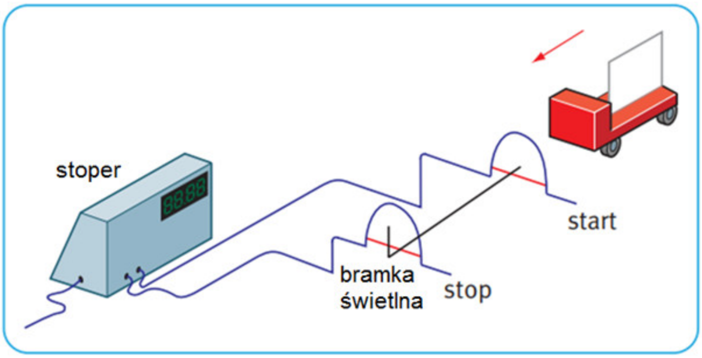
Poniżej kilka różnych sposobów pomiaru prędkości wózka, jadącego po prostej linii. Metody te mogą być przystosowane także do pomiaru prędkości innych, będących w ruchu obiektów.

Korzystanie z dwóch bramek świetlnych

Krawędź kartki na rysunku 4.4 przecina wiązkę światła, przechodzącą przez pierwszą bramkę świetlną. To automatycznie uruchamia minutnik.

Norway grants
Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli" współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).
Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.

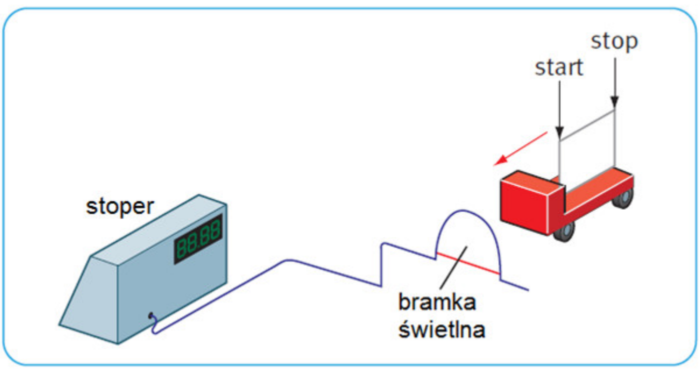
Stoper zatrzymuje się, gdy przód kartki łamie drugą wiązkę. Prędkość wózka oblicza się na podstawie przedziału czasu i odległości między bramkami świetlnymi.



Rysunek 4.4: Użycie dwóch bramek świetlnych do znalezienia średniej prędkości wózka

Korzystanie z jednej świetlnej bramki

Stoper na rysunku 4.5 uruchamia się, gdy przednia krawędź kartki przerywa wiązkę światła. Zatrzymuje się, gdy tylna krawędź kartki przechodzi przez wiązkę światła. W tym przypadku czas pokazany jest czasem przejazdu wózka, a odległość równa jest długości kartki. Stąd można obliczyć bezpośrednio prędkość, dzieląc odległość przez czasu.



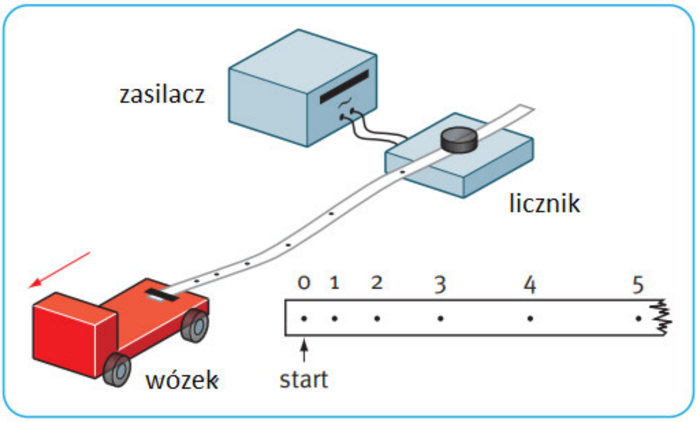
Rysunek 4.5: Użycie pojedynczej bramki świetlnej do znalezienia średniej prędkości wózka

Norway grants
Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli" współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).
Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.

Korzystanie z licznika czasu

Licznik zegarowy (rys. 4.6) zaznacza kropki na taśmie, w regularnych odstępach czasu, zwykle $\frac{1}{50}$ s (tj. 0,02 s). Wzór kropek odwzorowuje ruch wózka:

- równe odstępy – stała prędkość,
- zwiększenie odstępu – zwiększenie prędkości.



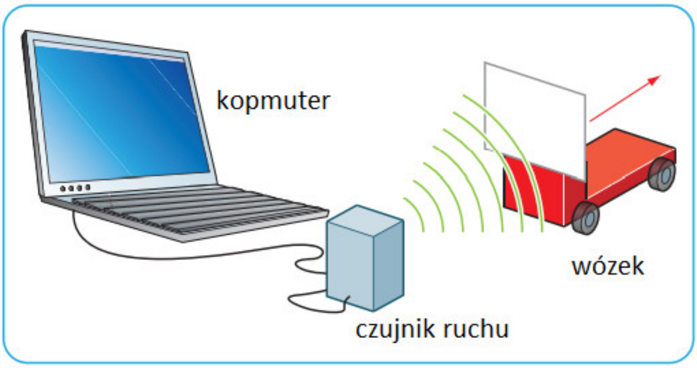
Rysunek 4.6: Korzystanie z licznika czasu do określania ruchu wózka

Teraz można wykonać kilka pomiarów. Jeśli zmierzymy odległość co piąty punkt od początku taśmy, otrzymamy odległość wózka w odstępach 0,1 sekundy.

Korzystanie z czujnika ruchu

Czujnik ruchu (rys. 4.7) przesyła regularne impulsy na wózku. Aktywny czujnik ruchu swoje działanie opiera na emitowaniu fali elektromagnetycznej (w zakresie mikrofal lub światła widzialnego) albo mechanicznej (ultradźwięki). Analiza, powracającej do urządzenia, odbitej fali, pozwala wykryć ruch, co powoduje uruchomienie instalacji sterowanej takim czujnikiem. Odbicie fali pozwala na określenie czasu, jaki był potrzebny na przebycie drogi do wózka i z powrotem. Z tej informacji możemy wnioskować o odległości wózka od czujnika ruchu. Możesz wygenerować wykres odległość-czas, a następnie, z tego wykresu, określić prędkość wózka.

Norway grants
Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli" współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).
Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.



Rysunek 4.7: Używanie czujnika ruchu do określania ruchu wózka

4.6 Wybór najlepszej metody

Każda z przedstawionych metod znajdowania prędkości wózka ma swoje wady i zalety. Wybierając metodę, trzeba mieć na uwadze kilka kwestii.

- Czy metoda pomiaru daje średnią wartość prędkości lub czy może służyć do określenia prędkości wózka, w różnych punktach na swojej drodze?
- Jak dokładnie metoda mierzy czas?
- Jak prosta i wygodna jest konfiguracja układu pomiarowego?

Ćwiczenie 4.4 Wózek z kartką o długości 5 cm przejechał przez pojedynczą bramkę świetlną. Zarejestrowany, przez zegar cyfrowy, czas wynosił 0,4 s. Czy to była średnia prędkość wózka w m/s? ■

Ćwiczenie 4.5 Rysunek 4.8 przedstawia dwie taśmy informacyjne. Opisz ruch wózków, dla których licznik zegarowy zaznaczył na nich kropki.

Rysunek 4.8: Taśmy informacyjne

■

Norway grants
Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli" współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).
Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.

Ćwiczenie 4.6 Wcześniej opisano cztery metody wyznaczania prędkości poruszającego się wózka. Każda metoda może być przystosowana do badania ruchu spadającego ciała. Wybierz dwie metody, które twoim zdaniem byłyby odpowiednie i napisz dla każdej z nich, jak powinna być dostosowana do tego celu. ■

4.7 Odległość a przemieszczenie

W fizyce uwielbiamy dokładnie opisywać ruch obiektów. Poważnie, pierwsze kilka rozdziałów, praktycznie każdego podręcznika do fizyki jest poświęconych wyjaśnieniu, jak precyzyjnie opisywać ruch, gdyż jest to bardzo ważne we wszystkich dziedzinach fizyki. Lecz, aby opisać ruch obiektu, musimy najpierw umieć określić jego położenie - czyli wskazać, gdzie się on znajduje w dowolnej chwili. Mówiąc bardziej precyzyjnie, musimy podać jego położenie względem przyjętego układu odniesienia. Ziemia jest często używanym układem odniesienia i często określamy położenie obiektów względem obiektów spoczywających w tym układzie odniesienia. Na przykład, położenie nauczycielki może być określone względem pobliskiej tablicy. Jeśli obiekt porusza się względem układu odniesienia - nauczycielka porusza się w prawo względem tablicy lub pasażer idzie w stronę końca samolotu - położenie obiektu zmienia się. Zmianę położenia nazywamy przemieszczeniem. Słowo przemieszczenie oznacza, że obiekt się poruszył lub innymi słowy przemieścił się.

Definicja 4.3 — Przemieszczenie. Definiujemy je jako zmianę położenia obiektu w czasie. Przemieszczenie jest **wektorem**. Oznacza to, że ma ono zarówno kierunek jak i wartość i jest przedstawiane graficznie jako strzałka, o początku w położeniu początkowym i o końcu w położeniu końcowym.

Definicja 4.4 — Odległość. To wartość lub długość wektora przemieszczenia między dwoma punktami. Zauważ, że odległość między punktami, to nie to samo, co odległość przebyta między nimi.

Musimy być uważni stosując pojęcie odległości, gdyż ma ono dwa zastosowania w fizyce. Możemy mówić o odległości między punktami lub o odległości przebytej przez obiekt.

Przebyta odległość to całkowita długość drogi, pokonanej między dwoma punktami. Odległość nie jest wektorem. Nie ma kierunku, wobec tego nie może występować ze znakiem minus. Często zapominamy o znaku minus, w przypadkach, gdy jest on konieczny, czyli w odpowiedzi na pytanie o przemieszczenie. Ma to czasem miejsce, gdy

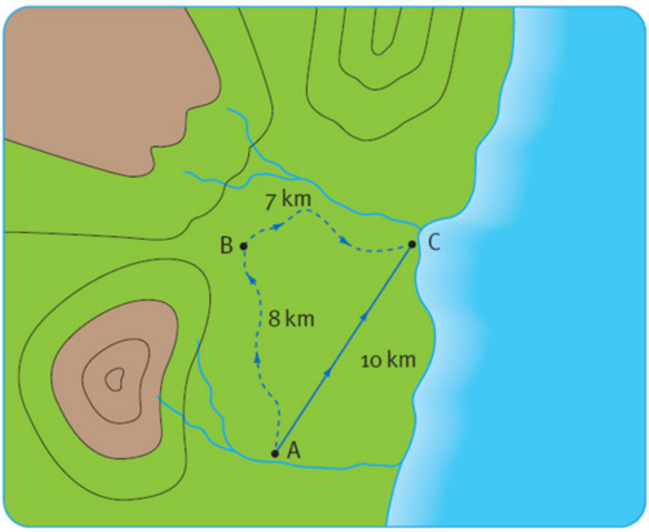
Norway grants
Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli" współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).
Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.

przez pomyłkę odjęte zostanie położenie końcowe od początkowego, a nie początkowe od końcowego.

Rysunek 4.9 ilustruje różnicę pomiędzy odległością a przemieszczeniem. Ukazuje drogę przemierzaną przez spacerowiczów, gdy wyszli z miasta A do miasta C. Ich kręta trasa przebiegała przez miasto B. W związku z tym, przebyli łączną odległość 15 km. Jednak ich przemieszczenie było znacznie mniejsze, ponieważ pozycja końcowa znajdowała się zaledwie 10 km od miejsca, gdzie rozpoczęli trasę. Aby opisać przemieszczenie spacerowiczów, musimy podać jednocześnie odległości i kierunek:

$$\text{przemieszczenie} = 10 \text{ km } 30°\text{E od N}.$$

Przemieszczenie jest przykładem **wielkości wektorowej**. Wielkość wektora ma zarówno wartość (rozmiar), jak i kierunek. Z drugiej strony, odległość jest **wielkością skalarną**. Wielkości skalarne posiadają tylko wartość.



Rysunek 4.9: Określenie przemieszczenia i odległości

4.8 Szybkość a prędkość

Choć w mowie potocznej szybkość i prędkość uważane są często za swoje zamienniki, w rzeczywistości opisują zupełnie różne pojęcia. **Prędkość** (v) jest wielkością wektorową, która mierzy przemieszczenie

Norway grants
Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli" współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).
Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.

(czyli zmianę położenia, Δs) w danym odcinku czasu (Δt). Wyrażamy to równaniem:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t},$$

gdzie v i Δs są wielkościami wektorowymi . **Szybkość** (albo tempo, u) jest wielkością skalarną, która jest miarą przebytej drogi (s) w danym czasie (Δt). Matematycznie zapisujemy to w postaci równania:

$$u = \frac{s}{\Delta t}.$$

Reasumując, możemy powiedzieć, że wartość prędkości (szybkość) ciała informuje nas o tym, jaką drogę przebywa ciało w jednostce czasu. Natomiast prędkość jako wielkość wektorowa mówi nam o kierunku ruchu ciała, a także, w którą stronę ciało się porusza.

Wielkość	**Oznaczenie**	**Jednostka**
odległość	d	m
przemieszczenie	s, x	m
czas	t	s
szybkość, prędkość	v	ms^{-1}

Tablica 4.2: Standardowe symbole i jednostki

Ćwiczenie 4.7 Które ze zdań określają prędkość, szybkość, odległość i przemieszczenie?

- Statek przepłynął 200 kilometrów na południowy zachód.
- Podczas maratonu biegłem, średnio, 7 kilometrów na godzinę.
- Ślimak czołgał się z prędkością 2 mm/s wzdłuż prostej krawędź ławki.
- Przejazd przedstawiciela handlowego, w obie strony, wyniósł 420 km.

■

4.9 Obliczanie prędkości i szybkości

Możemy zapisać równanie prędkości w symbolach:

$$v = \frac{s}{t},$$

Norway grants

Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli" współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).

Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}.$$

Słownie równanie prędkości to:

$$\textbf{prędkość} = \frac{\textbf{zmiana przemieszczenia}}{\textbf{czas}}.$$

Zauważ, że używamy Δs w znaczeniu „zmiana przemieszczenia s”. Symbol Δ, grecka litera delta, oznacza zmianę wartości s. Inny sposób na napisanie Δs to: $s_2 - s_1$, ale jest to bardziej czasochłonne i mniej jasne. Równanie prędkości: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, można przestawiać w poniższy sposób, w zależności od tego, jaką wielkość chcemy określać:

zmiana przemieszczenia: $\Delta = v \cdot \Delta t$,

zmiana w czasie: $\Delta t = \frac{\Delta s}{v}$.

Zauważ, że każde z tych równań jest zrównoważone co do jednostek. Rozważmy, na przykład równanie przemieszczenia. Jednostki po prawej stronie to m/s · s, co upraszcza się do m, prawidłowej jednostki dla przemieszczenia. Pamiętajmy też, że możemy oczywiście użyć tego samego równania do znajdowania prędkości i odległości, czyli:

prędkość: $v = \frac{s}{t}$,

odległość: $s = v \cdot t$,

czas: $t = \frac{s}{v}$.

■ **Przykład 4.1** Samochód jedzie z prędkością 15 m/s. Jaką przebędzie odległość w ciągu 1 godziny?
Krok 1. Warto zacząć od zapisania, co wiesz i co chcesz wiedzieć:
v= 15 m/s
t = 1 godz. = 3600 s
s = ?
Krok 2. Wybierz odpowiednią wersję równania i podstaw wartości. Pamiętając, aby uwzględnić jednostki:
$s = v \cdot t = 15 \cdot 3\,600 = 5{,}4 \cdot 104$ m = 54 km
Samochód przejedzie odległość 54 km w godzinę. ■

■ **Przykład 4.2** Ziemia krąży wokół Słońca w odległości 150 000 000 km. Ile czasu potrzebuje światło na przebycie tej drogi? (Prędkość światła w przestrzeni = $3{,}0 \cdot 10^8$ m/s.)
Krok 1. Zacznijmy od napisania tego, co wiemy. Musimy ujednolicić

Norway grants
Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli”
współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).
Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.

jednostki - najlepiej pracować na jednostkach: m i s. Następnie musimy nauczyć się wyrażać liczby w notacji naukowej (przy użyciu potęgi 10).

$v = 3{,}0 \cdot 10^8$ m/s

$s = 150\ 000\ 000$ km $= 150\ 000\ 000\ 000$ m $= 1{,}5 \cdot 10^{11}$ m

Krok 2. Wstawmy wartości w równaniu czasu:

$t = s/v = (1.5 \cdot 10^{11})/(3.0 \cdot 10^8) = 500$ s

Światło na podróż potrzebuje 500 s (około 8,3 minuty). ■

4.10 Optymalne wykorzystanie jednostek

W powyższych przykładach jednostki zostały pominięte, w krokach pośrednich, w obliczeniach. Czasami jednak pomocne może być uwzględnienie jednostek, ponieważ może to być sposób na sprawdzenie, czy użyliśmy poprawnego równania. Na przykład, że podzieliliśmy jedną wielkości przez drugą, kiedy powinniśmy je pomnożyć. Ponadto, powinniśmy być w stanie wykonywać obliczenia w jednostkach innych niż SI, takich jak kilometry na godzinę, bez konieczności przeliczania na metry i sekundy.

Na przykład, jaką odległość pokona statek kosmiczny, lecący z prędkością 40 000 km/h, w ciągu jednego dnia? Ponieważ doba liczy 24 godziny, mamy:

$$\text{przebyta odległość} = 40\ 000\ \text{km/h} \cdot 24\ \text{h} = 960\ 000\ \text{km}$$

Ćwiczenie 4.8 Okręt podwodny używa sonaru do pomiaru głębokości pod nim. Wykrywane są odbite fale dźwiękowe 0,4 s po ich przesłaniu. Jak głęboka jest woda? (Prędkość dźwięku w wodzie = 1500 m/s) ■

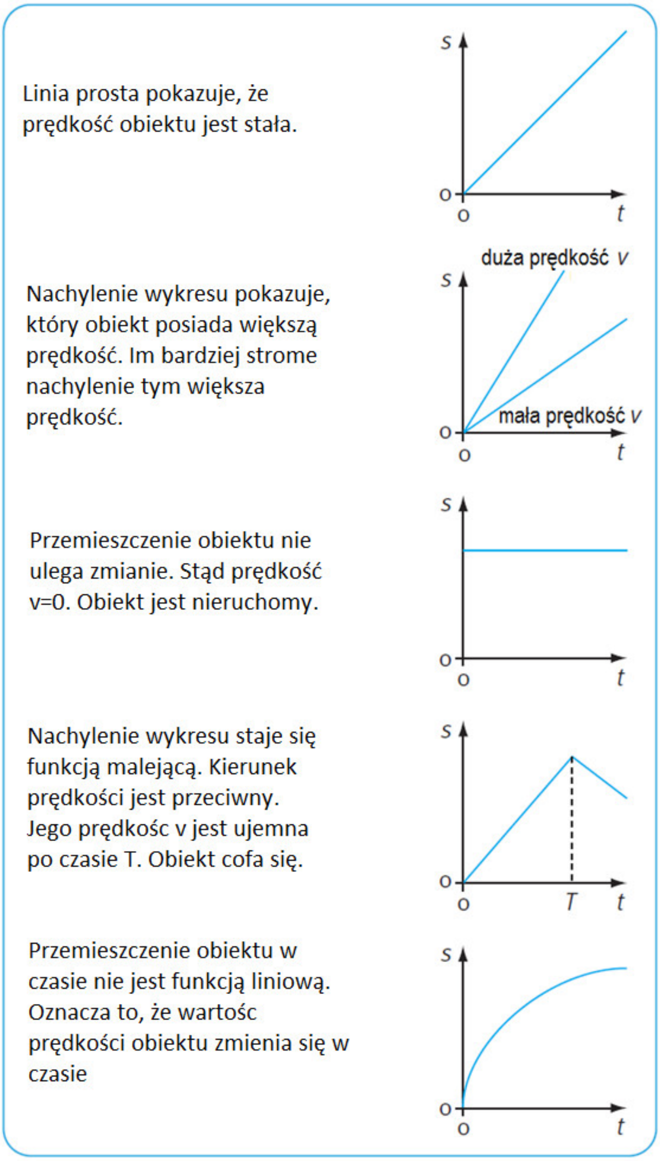
Ćwiczenie 4.9 Ziemia potrzebuje jednego roku na okrążenie Słońca. Przebyta droga przez Ziemię wynosi 1,5 · 1 011 m. Oblicz jego prędkość. Wyjaśnij dlaczego jest to średnia prędkość. ■

4.11 Wykresy przemieszczenia w czasie

Możemy przedstawiać graficznie, zmieniającą się, pozycję poruszającego się obiektu, rysując wykres przemieszczenia w czasie. **Gradient** (nachylenie) wykresu jest równy jego prędkości (rys. 4.10). Im bardziej strome zbocze, tym większa prędkość. Wykres, taki jak ten, może nam również powiedzieć, czy obiekt porusza się do przodu czy do tyłu. Jeśli

Norway grants
Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli" współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).
Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.

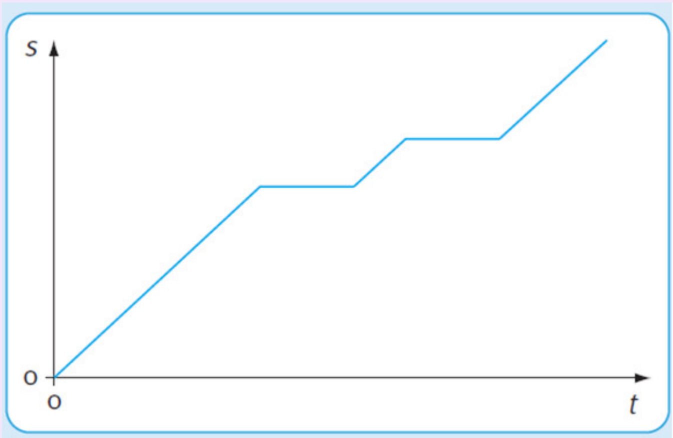
gradient jest ujemny, prędkość obiektu jest ujemna – porusza się do tyłu.



Rysunek 4.10: Nachylenie wykresu przemieszczenia w czasie $(s - t)$

Norway grants
Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli" współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).
Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.

Ćwiczenie 4.10 Wykres przemieszczenia w czasie (rys. 4.11) przedstawia podróż autobusem. Co wykres mówi nam o podróży?



Rysunek 4.11: Przemieszczenie w czasie

■

Ćwiczenie 4.11 Naszkicuj wykres przemieszczenia w czasie, aby pokazać kolejne wydarzenie. Wchodząc na posesję, maszerujesz od bramy ze stałą prędkością. Nagle zauważasz byka i zatrzymujesz się. Twój przyjaciel mówi, że nie ma niebezpieczeństwa, więc idziesz ze zmniejszoną stałą prędkością. Byk ryczy, a ty biegniesz z powrotem do bramy. ■

4.12 Wyprowadzanie prędkości z wykresu przemieszczenia w czasie

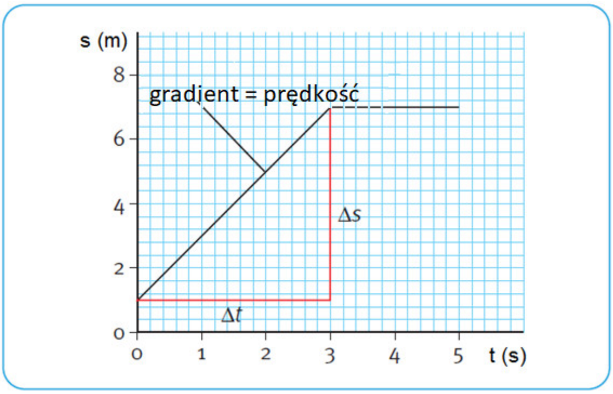
Samochodzik porusza się po prostym torze. Jego przemieszczenie, w różnych momentach, przedstawiono w tabeli 4.3. Dane te mogą być użyte do narysowania wykresu przemieszczenia w czasie, z którego możemy wywnioskować o prędkość samochodu.

Przemieszczenie (m)	1.0	3.0	5.0	7.0	7.0	7.0
Czas (s)	0.0	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0

Tablica 4.3: Dane dotyczące przemieszczenia (s) i czasu (t) dla samochodu-zabawki

Norway grants
Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli"
współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).
Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.

Warto najpierw spojrzeć na dane, aby zobaczyć wzorzec ruchu samochodu. W tym przypadku, przemieszczenie na początku stale rośnie, ale po 3 s pozostaje na stałym poziomie wartości. Innymi słowy, początkowo samochód jedzie ze stałą prędkością, ale potem się zatrzymuje. Teraz możemy wykreślić wykres przemieszczenia w czasie (rys. 4.12).



Rysunek 4.12: Wykres przemieszczenia w czasie dla samochodu-zabawki; dane pokazano w tabeli 4.3

Chcąc obliczyć prędkość samochodu przez pierwsze 3 sekundy, możemy to zrobić, opracowując gradient wykresu, ponieważ prędkość jest równa gradientowi wykresu przemieszczenia-czas. Rysujemy trójkąt prostokątny, jak pokazano na rysunku. Aby znaleźć prędkość samochodu, zmianę przemieszczenia dzielimy przez zmianę czasu. Te wielkości są określone przez dwa boki trójkąta oznaczone jako Δs i Δt.

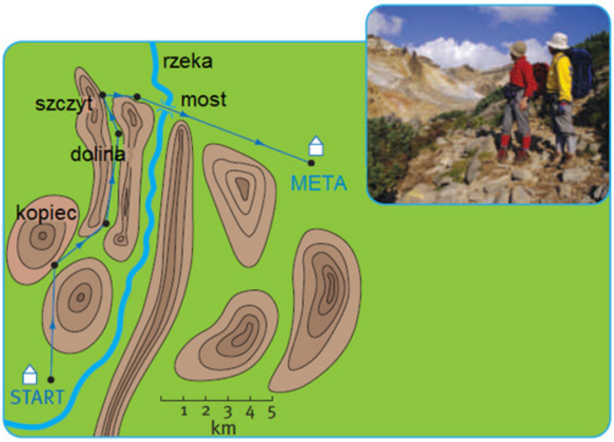
$$\text{Prędkość} = \frac{\text{zmiana przemieszczenia}}{\text{zmiana w czasie}} = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{(7-1)}{(3-0)} = \frac{6}{3} = 2\frac{m}{s}$$

4.13 Łączenie przemieszczeń

Piechurzy pokazani na rysunku 4.13 przechodzą przez trudny szlak. Przemieszczają się z jednego punktu do następnego, poruszając się po serii prostych linii. Z informacji, zawartych na mapie, można obliczyć odległość i przemieszczenia z punktu początkowego:

- przebyta odległość = 25 km;
- przemieszczenie = 15 km na północny-wschód.

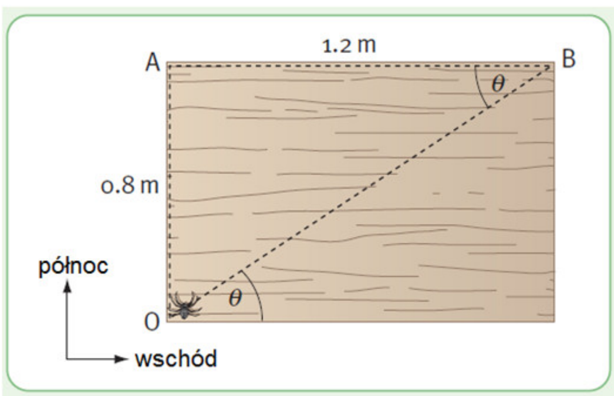
Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli" współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).
Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.



Rysunek 4.13: Trasa piechurów

Mapa to rysunek w skali. Możesz znaleźć odległość, mierząc odcinki na mapie. Ale jak obliczyć przemieszczenie? Musimy zmierzyć najkrótszą odległość między startem a metą.

■ **Przykład 4.3** Pająk biegnie po dwóch krawędziach stołu OA i AB (rys. 4.14). Oblicz jego przemieszczenie.



Rysunek 4.14: Ruch pająka

Krok 1. Ponieważ szukamy przemieszczenia pająka, to interesuje nas wartość długości odcinka OB, który biegnie pod kątem do OA i AB. Odcinki OA i AB tworzą kąt prosty. Możemy dodać więc dwa przemieszczenia za pomocą twierdzenia Pitagorasa:

Norway grants
Projekt pt.: „MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli" współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).
Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.

$$\mathrm{OB}^2 = \mathrm{OA}^2 + \mathrm{AB}^2 = 0.8^2 + 1.2^2 = 2.08$$

$$\mathrm{OB} = 2.08^{\frac{1}{2}} = 1.44 \text{ m} \approx 1.4 \text{ m}$$

Krok 2. Przemieszczenie jest wektorem. Mamy wartość tego wektora, ale teraz musimy znaleźć jego kierunek. Kąt Θ można wyznaczyć przez:

$$tg\Theta = \frac{OA}{AB} = \frac{0.8}{1.2} = 0.667$$

$$\Theta = tg^{-1}(0.667) = 33.7^\circ \approx 34^\circ$$

Zatem przemieszczenie pająka wynosi 1.4 m pod kątem 34° na północny wschód.

■

Norway grants
Projekt pt.: **„MODELOWE ROZWIĄZANIA NA TRUDNE WYZWANIA – Plan Rozwoju Lokalnego i Instytucjonalnego Stalowej Woli"** współfinansowany jest ze środków Norweskiego Mechanizmu Finansowego 2014-2021 (85%) oraz Budżetu Państwa (15%).

Wspólnie działamy na rzecz Europy zielonej, konkurencyjnej i sprzyjającej integracji społecznej.