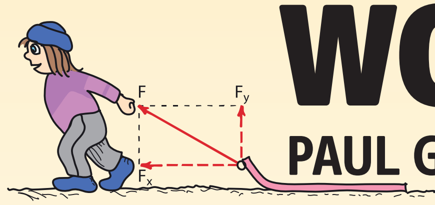
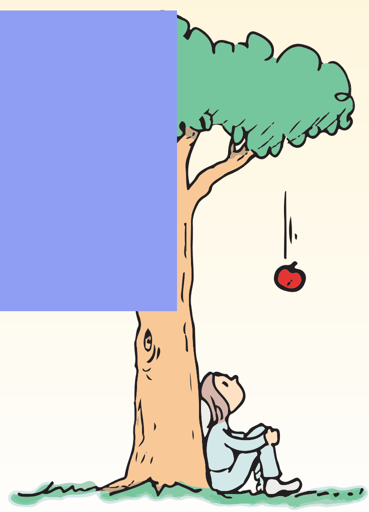
FIZYKA WOKÓŁ NAS



PAUL G. HEWITT

Zadania
Laboratorium



Darmowe fragmenty książek

PWN

Kup w Księgarni Internetowej PWN

Czy fizyka wydaje Ci się trudna i nudna?

Seria **Fizyka wokół nas** zmieni Twoje podejście i pomoże w zrozumieniu powiązań między pojęciami fizycznymi!

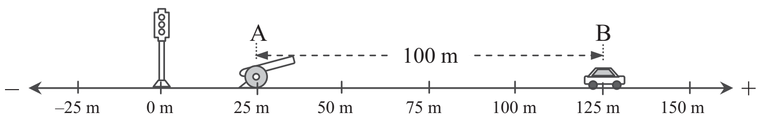
Naucz się rozwiązywać zadania z nową książką!

SPIS TREŚCI

3 Ruch prostoliniowy

Kinematyka zajmuje się *opisywaniem* ruchu. Definiujemy takie wielkości jak: odległość, przemieszczenie, szybkość, prędkość, przyspieszenie oraz zależności między nimi.

Fizycy opisują ruch prostoliniowy, wyobrażając sobie, że odbywa się on wzdłuż jednowymiarowego układu współrzędnych, czyli osi liczbowej. Definiujemy **początek układu** i wskazujemy dodatni kierunek, a przeciwny definiujemy jako ujemny. **Położenie** to pozycja na tej osi liczbowej. (Na poniższym rysunku słupek sygnalizacji świetlnej przyjęto jako początek układu, a kierunek „w prawo” jako dodatni.)



Położenie to pozycja na osi liczbowej. Tak więc na powyższym rysunku armata znajduje się w położeniu $x = +25$ m, a samochód w $x = +125$ m.

Droga w fizyce jest tym samym co droga w codziennym użyciu – opisuje, jak daleko coś się przesunie. Mierzymy ją w metrach (lub innych jednostkach długości). Droga nie zależy od kierunku. Na rysunku widać, że przebyłeś drogę 100 metrów niezależnie od tego, czy przeszedłeś z punktu A do B czy z punktu B do A.

Przemieszczenie to prostoliniowa zmiana położenia między początkowym i końcowym punktem ruchu. Przemieszczenie jest wielkością wektorową, ponieważ obejmuje zarówno odległość, jak i kierunek. Matematycznie definiujemy przemieszczenie jako

$$\Delta x = x_{\mathrm{kon}} - x_{\mathrm{pocz}} = x_{\mathrm{k}} - x_0.$$

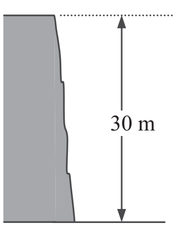
Jeśli więc przejdziesz z punktu A do B na powyższym rysunku, twoje przemieszczenie będzie wynosić

$$\Delta x = x_{\mathrm{k}} - x_0 = x_{\mathrm{B}} - x_{\mathrm{A}} = (+125\,\mathrm{m}) - (+25\,\mathrm{m}) = +100\ \mathrm{m} \quad \text{(100 m w kierunku +)},$$

ale jeśli przejdziesz z punktu B do A, to twoje przemieszczenie wyniesie

$$\Delta x = x_{\mathrm{k}} - x_0 = x_{\mathrm{A}} - x_{\mathrm{B}} = (+25\,\mathrm{m}) - (+125\,\mathrm{m}) = -100\ \mathrm{m} \quad \text{(100 m w kierunku –)}.$$

Jeśli przejdziesz z punktu A do punktu B, a następnie z powrotem, przebyta droga wyniesie 200 m, ale przemieszczenie wyniesie zero (ponieważ zmiana położenia wynosi zero).



W przypadku ruchu pionowego również definiujemy początek i kierunek dodatni. Rozważmy ruch między podstawą i wierzchołkiem klifu o wysokości 30 m.

- Możemy przyjąć, że powierzchnia ziemi jest naszym punktem początkowym ($y = 0$ m) oraz przyjąć kierunek w górę za kierunek dodatni (w takim przypadku szczyt klifu byłby na wysokości $y = +30$ m).
- Możemy przyjąć, że wierzchołek klifu jest naszym punktem początkowym ($y = 0$ m) oraz przyjąć kierunek w górę za kierunek dodatni (w takim przypadku powierzchnia ziemi znajdowałaby się na wysokości $y = -30$ m).
- Możemy przyjąć, że wierzchołek klifu jest naszym punktem początkowym ($y = 0$ m) oraz przyjąć kierunek w dół za kierunek dodatni (w takim przypadku powierzchnia ziemi znajdowałaby się na wysokości $y = +30$ m).

Każda z tych opcji działa. Fizyka nie zmienia się tylko ze względu na to, gdzie umieścimy nasz punkt początkowy! Niektóre wybory sprawiają, że problem jest łatwiejszy lub bardziej intuicyjny do rozwiązania. Ogólnie rzecz biorąc, jeśli obiekt będzie poruszał się w górę przez część swojego ruchu, najłatwiej jest wybrać kierunek w górę jako kierunek dodatni. Jeśli obiekt porusza się tylko w dół, zwykle najłatwiej jest wybrać kierunek w dół jako dodatni.

$$\textbf{Średnia prędkość} = \frac{\text{całkowita przebyta droga}}{\text{przedział czasu}}; \quad \bar{v} = \frac{d}{t}.$$

Symbolu v używamy dla prędkości. Kreska nad symbolem v oznacza prędkość „średnią”. Na przykład, jeśli przejdziesz 100 metrów w 40 sekund, to twoja średnia prędkość wynosi $\bar{v} = \frac{d}{t} = \frac{100\ \text{m}}{40\ \text{s}} = 2{,}5\frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Jeśli znasz zarówno średnią prędkość, jak i czas, to odległość można łatwo obliczyć. Jeśli samochód jedzie średnio 60 km na godzinę przez 2 godziny, to przebyta droga wynosi $d = \bar{v}t = 60\ \frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot 2\ \text{h} = 120\ \text{km}$.

W każdym z tych przypadków prawdopodobnie nie idziesz lub jedziesz z dokładnie taką samą prędkością przez cały czas – przyspieszasz i zwalniasz trochę podczas podróży. Prędkość w danej chwili może więc różnić się od prędkości średniej.

Prędkość lub prędkość chwilowa v to prędkość w danym momencie. To właśnie wskazuje prędkościomierz samochodowy. Gdy samochód rusza, wskazanie prędkościomierza przechodzi przez 10 km/h, następnie 20 km/h itd. W momencie, gdy prędkościomierz wskazuje 10 km/h, jest to prędkość chwilowa samochodu.

Średnia prędkość i **prędkość chwilowa** są oznaczane odpowiednio symbolami $\bar{v}$ i v i są wyrażane za pomocą tych samych równań, ale prędkość jest wielkością wektorową obejmującą zarówno *szybkość* (wartość), jak i *kierunek*. Winda wznosząca się może mieć prędkość 2 m/s w górę = +2 m/s, natomiast winda zjeżdżająca może mieć prędkość 2 m/s w dół = –2 m/s. W obu przypadkach *szybkość* wynosiłaby po prostu 2 m/s.

Gdy prędkość (lub szybkość) zmienia się w stałym tempie, średnia prędkość (lub średnia szybkość) jest sumą początkowej i końcowej szybkości lub prędkości podzieloną przez 2. To znaczy

$\bar{v} = \frac{v_0 + v_k}{2}$, gdzie v_0 to prędkość *początkowa*, a v_k to prędkość *końcowa*.

Przebyta droga jest obliczana poprzez pomnożenie średniej prędkości przez przedział czasu, co w tym przypadku wynosi

$$d = \bar{v}t = \frac{v_0 + v_k}{2}t.$$

Przyspieszenie to szybkość, z jaką zmienia się prędkość:

$$a = \frac{\textit{zmiana}\ \text{prędkości}}{\text{przedział czasu}} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_k - v_0}{\Delta t}$$

W tym rozdziale rozważamy tylko stałe przyspieszenie, tzn. że prędkość zmienia się w stałym tempie. Standardową jednostką przyspieszenia jest metr na sekundę na sekundę lub metr na sekundę podniesioną do kwadratu (m/s^2). Na przykład, jeśli obiekt przyspiesza od 3 m/s do 11 m/s w ciągu 4 sekund, jego przyspieszenie wynosi

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_k - v_0}{t} = \frac{11\frac{\text{m}}{\text{s}} - 3\frac{\text{m}}{\text{s}}}{4\ \text{s}} = \frac{8\frac{\text{m}}{\text{s}}}{4\ \text{s}} = \frac{2\frac{\text{m}}{\text{s}}}{1\ \text{s}} = 2\frac{\text{m}}{\text{s}^2}.$$

Ruch może przebiegać w następujący sposób:

czas	0 s	1 s	2 s	3 s	4 s
prędkość	3 m/s	5 m/s	7 m/s	9 m/s	11 m/s

$\Delta v = 2$ m/s $\quad \Delta v = 2$ m/s $\quad \Delta v = 2$ m/s $\quad \Delta v = 2$ m/s

W każdej sekundzie prędkość zmienia się o +2 m/s, więc przyspieszenie wynosi 2 m/s na sekundę = 2 m/s^2.

Proste przekształcenie wzoru $a = \dfrac{v_\mathrm{k} - v_0}{t}$ daje

$$v_\mathrm{k} - v_0 = at,$$

czyli zmiana prędkości = przyspieszenie · czas[1] lub

$$v_\mathrm{k} = v_0 + at,$$

co oznacza, że chwilowa prędkość obiektu w chwili t jest równa jego prędkości początkowej plus at, tj. dodatkowej prędkości uzyskanej w wyniku przyspieszenia w tym czasie.

Istnieją jeszcze trzy inne równania, które są przydatne w rozwiązywaniu problemów kinematycznych:

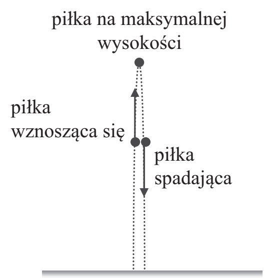
$d = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$; eliminujące prędkość końcową z równania[2],

$d = v_\mathrm{k} t - \frac{1}{2}at^2$; eliminujące prędkość początkową z równania[3],

$2ad = v_\mathrm{k}^2 - v_0^2$; eliminujące czas z równania[4],

Powyższe równania nie są prawami fizyki, ale po prostu definicjami i zależnościami wyrażonymi w zapisie matematycznym. Czasami przydatne jest zastąpienie drogi poziomej i pionowej odpowiednio symbolami x i y lub przemieszczenia poziomego i pionowego symbolami Δx i Δy.

Spadek swobodny opisuje przypadek, w którym obiekt spada lub unosi się, a opór powietrza jest pomijalny. Przyspieszenie spowodowane wyłącznie grawitacją oznaczamy symbolem g i na powierzchni Ziemi ma ono stałą wartość 9,8 m/s^2 (chociaż do obliczeń szacunkowych przydatne jest użycie 10 m/s^2). Uzyskana prędkość obiektu swobodnie spadającego, upuszczonego ze stanu spoczynku, jest dana równaniem



$$v_\mathrm{k} = gt,$$

a odległość, na jaką spadł, jest dana wzorem

$$d = \tfrac{1}{2}gt^2.$$ [5]

---

[1] Na przykład przyspieszenie 2 m/s^2 przez 3 sekundy daje zmianę prędkości o 6 m/s.

[2] $d = \bar{v}t = \dfrac{v_0 + v_\mathrm{k}}{2}t = \dfrac{v_0 + (v_0 + at)}{2}t = \dfrac{2v_0 + at}{2}t = v_0 t + \frac{1}{2}at^2.$

[3] $d = \bar{v}t = \dfrac{v_0 + v_\mathrm{k}}{2}t = \dfrac{(v_\mathrm{k} - at) + v_\mathrm{k}}{2}t = \dfrac{2v_\mathrm{k} - at}{2}t = v_\mathrm{k} t - \frac{1}{2}at^2.$

[4] Z $d = \bar{v}t$ oraz $t = \dfrac{v_\mathrm{k} - v_0}{a}$ wynika $d = \left(\dfrac{v_\mathrm{k} + v_0}{2}\right)\left(\dfrac{v_\mathrm{k} - v_0}{a}\right) = \dfrac{v_\mathrm{k}^2 - v_0^2}{2a} \Rightarrow 2ad = v_\mathrm{k}^2 - v_0^2.$

[5] Jeśli przyjmiemy, $g = 10$ m/s^2, to $d = 5t^2$. Dla $g = 9{,}8$ m/s^2 otrzymujemy $d = 4{,}9\ t^2$.

W tym przypadku zakłada się, że kierunek w dół jest kierunkiem dodatnim, a początek znajduje się w punkcie, z którego upuszczany jest obiekt.

W przypadku rzucania obiektu w górę wygodniej jest przyjąć kierunek w górę jako kierunek dodatni i umieścić początek na powierzchni ziemi. Przyspieszenie w dół spowodowane grawitacją wynosi g i $d = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$ przyjmuje postać $y = v_0 t + \frac{1}{2}gt^2$, gdzie y jest wysokością obiektu nad ziemią.

Nasz wykład obejmuje dużo materiału z fizyki, więc wykładowca może pospiesznie przejść przez ten rozdział, ale nie martw się, ponieważ pojęcia kinematyki są wykorzystywane w kolejnych rozdziałach, w których będziesz miał okazję lepiej je zrozumieć. Szkoda byłoby utknąć w tej części kursu, która jest pozbawiona praw fizycznych. Zapoznaj się z pojęciami prędkości, szybkości i przyspieszenia, a następnie przejdź dalej, gdzie są one przydatne!

Oto zestawienie przydatnych równań ruchu liniowego (które mają zastosowanie, gdy przyspieszenie a jest stałe):

równanie	występujące zmienne
$d = \bar{v}t = \frac{v_0 + v_k}{2}t$	$d,\ v_0,\ v_k,\ t$
$a = \frac{v_k - v_0}{t}$	$v_k,\ v_0,\ a,\ t$
$d = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$	$d,\ v_0,\ a,\ t$
$d = v_k t - \frac{1}{2}at^2$	$d,\ v_k,\ a,\ t$
$2ad = v_k^2 - v_0^2$	$a,\ d,\ v_k,\ v_0$

Którego z tych równań użyjemy, zależy od tego, jakie informacje zostały podane w zadaniu i co próbujesz znaleźć.

W podręczniku *Fizyka wokół nas* równania są postrzegane jako wskazówki do myślenia. Tutaj, w podręczniku rozwiązywania problemów, gdzie wyprowadzenia obejmują dwa lub więcej kolejnych kroków matematycznych, to równania kierują myśleniem przy wyborze tych kroków.

Większość zadań w tej książce zaczyna się od prośby o wyprowadzenie ogólnego rozwiązania wyrażonego za pomocą symboli. Po tym zwykle następuje etap, na którym wymagane jest rozwiązanie liczbowe wraz z odpowiednimi jednostkami miary. Rozważmy kilka przykładowych problemów i ich rozwiązań:

Przykładowe zadanie 1

Podczas jazdy autostradą ze stałą prędkością v kichasz i twoje oczy zamykają się na krótki czas t.

(a) Napisz równanie na drogę przebytą podczas kichnięcia.

Szukane: $d = ?$ (Skupiamy się na tym, o co pytamy, w tym przypadku na przebytej odległości).

Zaczynamy od $\bar{v} = \frac{d}{t}$ (zaczynając od podstawowej definicji, w tym przypadku równania, które definiuje średnią lub stałą szybkość i zawiera drogę, której szukamy). Po przekształceniu otrzymujemy $d = \bar{v}t$, więc odległość przebyta z zamkniętymi oczami to średnia szybkość pomnożona przez czas kichnięcia.

Rozwiązanie: Odpowiedź to $d = \boldsymbol{\bar{v}t}$.

(b) Oblicz drogę (w metrach) przebytą podczas kichania, biorąc pod uwagę, że szybkość na autostradzie wynosi 113 km/h, a podczas kichania oczy zamykają się na 0,70 s.

Szukane: Tutaj jesteśmy proszeni o znalezienie odległości d w metrach, podczas gdy prędkość jest podana w km/h. Naszym zadaniem jest przeliczenie 113 km/h na m/s. Używamy procesu zwanego *analizą jednostek*. Używamy takich współczynników konwersji, aby kilometry/godziny zamienić na m/s. Potrzebne współczynniki konwersji to: 1 godzina = 3600 s, a 1000 m = 1 km.

$$113\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \left(\frac{1\text{ h}}{3600\text{ s}}\right) \cdot \left(\frac{1000\text{ m}}{1\text{ km}}\right) = 31{,}4\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Rozwiązanie: $d = \bar{v}t = \left(31{,}4\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)(0{,}70\text{ s}) = \mathbf{22\ m}$.

Ponownie wyróżniamy odpowiedź **pogrubioną czcionką**.

Podsumowanie konwersji jednostek

- Zacznij od wielkości, która ma zostać przeliczona. W tym przypadku jest to 113 km/h.
- Pomnóż przez *współczynnik konwersji* (zob. wewnętrzna strona tylnej okładki podręcznika *Fizyka wokół nas*). Współczynnik przeliczeniowy to stosunek równoważnych wielkości równy 1; to ilość w liczniku jest równa ilości w mianowniku, ale wyrażona w innych jednostkach. W tym przypadku współczynniki konwersji to $\left(\frac{1000\text{ m}}{1\text{ km}}\right)$ i $\left(\frac{1\text{ h}}{3600\text{ s}}\right)$.

Zadanie wymaga podania odległości w metrach. Przypuśćmy jednak, że zamiast tego zadanie wymagałoby podania odległości w stopach. Wiemy, że na 1 godzinę przypada 3600 sekund, na 1 km – 1000 m, na 1 metr – 100 cm, na 1 in (cal) – 2,54 cm, a na 1 ft – 12 cali. Zatem

$$113\frac{\text{km}}{\text{h}} \cdot \left(\frac{1\text{h}}{3600\text{ s}}\right) \cdot \left(\frac{1000\text{ m}}{1\text{ km}}\right) \cdot \left(\frac{100\text{ cm}}{1\text{ m}}\right) \cdot \left(\frac{1\text{ in}}{2{,}54\text{ cm}}\right) \cdot \left(\frac{1\text{ ft}}{12\text{ in}}\right) = 103\frac{\text{ft}}{\text{s}}$$

$$\Rightarrow d = \bar{v}t = 103\frac{\text{ft}}{\text{s}}(0{,}70\text{ s}) = \mathbf{72\ ft}.$$

Widzimy, że same jednostki kierują działaniami matematycznymi. Istnieje wiele sposobów na dokonanie tej samej konwersji. Mogliśmy użyć 60 sekund = 1 minuta i 60 minut = 1 godzina, zamiast 3600 sekund = 1 godzina. Mogliśmy użyć 3,28 ft = 1 m, zamiast 2,54 cm = 1 cal.

Przykładowe zadanie 2

Mala lubi trenować i biega na dystansie x ze stałą prędkością v.

(a) Wyprowadź równanie na czas potrzebny Mali na pokonanie dystansu x.

Szukane: $t = ?$

Ze wzoru $\bar{v} = \frac{d}{t} \Rightarrow t = \frac{d}{\bar{v}}$.

Rozwiązanie: $t = \frac{d}{\bar{v}} = \boldsymbol{\frac{x}{v}}$.

(b) Oblicz w minutach czas, w którym Mala przebiegła 1,7 km ze stałą szybkością 2,7 m/s.

Najpierw przelicz kilometry na metry:

$$1{,}7\,\text{km} \cdot \left(\frac{1000\ \text{m}}{1\ \text{km}}\right) = 1700\ \text{m. Następnie } t = \frac{x}{v} = \frac{1700\ \text{m}}{\left(2{,}7\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)} = 630\ \text{s}.$$

Rozwiązanie: Zgodnie z analizą jednostek, $630\ \text{s} \cdot \left(\frac{1\ \text{min}}{60\ \text{s}}\right) = \mathbf{10{,}5\,min}$.

Przykładowe zadanie 3

Autobus rusza z postoju i jedzie ze stałym przyspieszeniem po równej drodze.

(a) Jaką odległość pokonuje autobus, przyspieszając od zera do prędkości v_k w przedziale czasu t?

Szukane: $d = ?$

Ze wzoru $\bar{v} = \frac{d}{t}$, $d = \bar{v}t = \left(\frac{v_0 + v_k}{2}\right)t$ i ponieważ v_0 jest zerem, to $\boldsymbol{d} = \boldsymbol{\frac{v_k t}{2}}$.

(Tę samą odpowiedź otrzymamy, jeśli użyjemy $d = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$, gdzie $v_0 = 0$ i $a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_k}{t}$.

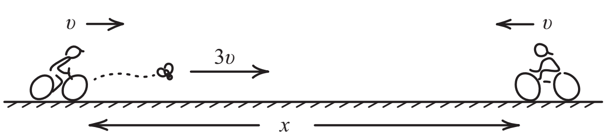
Wtedy $d = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = 0 + \frac{1}{2}\left(\frac{v_k}{t}\right)t^2 = \boldsymbol{\frac{v_k t}{2}}$.

(b) Oblicz drogę przebytą przez autobus, który rusza z postoju i przyspiesza ze stałą prędkością do 12 m/s w czasie 5 s.

Rozwiązanie: $d = \frac{v_k t}{2} = \frac{\left(12\,\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)(5\,\text{s})}{2} = \mathbf{30\ m}$.

Przykładowe zadanie 4

Dwóch rowerzystów jedzie do siebie po długiej prostej drodze bez przeszkód, każdy ze stałą prędkością v. Gdy rowery znajdują się w odległości x od siebie, pszczoła zaczyna lecieć od przedniego koła jednego roweru do przedniego koła drugiego roweru ze stałą średnią prędkością $3v$. Dotarłszy do każdego z kół, pszczoła gwałtownie zawraca i leci z powrotem, aby dotknąć drugiego koła, powtarza podróż tam i z powrotem, aż rowery się spotkają, po czym pszczoła zostaje zgnieciona.



(a) Jaką łączną drogę pokonała pszczoła podczas wszystkich lotów tam i z powrotem?

Szukane: $d = ?$

Ze wzoru $\bar{v} = \frac{d}{t}$, $d = \bar{v}t = 3vt$, $d = \bar{v}t = 3vt$ dla pszczoły.

Podano, że średnia prędkość pszczoły wynosi $3v$, ale nie podano czasu. Kluczem do rozwiązania tego problemu jest uświadomienie sobie, że czas lotu pszczoły jest *taki sam* jak czas potrzebny na spotkanie rowerów. Każdy rower pokonuje całkowitą odległość $\frac{x}{2}$ w czasie t. Ze wzoru $\frac{x}{2} = vt$, czas $t = \frac{x}{2v}$.

Zatem pszczoła pokonuje całkowitą drogę $d = 3v\left(\frac{x}{2v}\right) = \mathbf{1{,}5}\boldsymbol{x}$.

(b) Oblicz łączną odległość lotu pszczoły do chwili, gdy ulega zgnieceniu, biorąc pod uwagę, że każdy z rowerów porusza się z prędkością 10 km/h, a pszczoła rozpoczyna swoją podróż tam i z powrotem z prędkością 30 km/h, gdy rowery są oddalone od siebie o 20 km.

Rozwiązanie: Jak wyżej, $d = 1{,}5x = 1{,}5(20\ \text{km}) = \mathbf{30\ km}$.

Sprawdzenie:

$$d = 3v\left(\frac{x}{2v}\right) = 3\left(10\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)\left(\frac{20\ \text{km}}{2\left(10\,\frac{\text{km}}{\text{h}}\right)}\right) = \mathbf{30\ km}.$$

(Zauważ, że możemy korzystać bezpośrednio z jednostek kilometr i godzina bez zamiany na metry i sekundy). Czas podróży nie jest podany w zadaniu, ale równanie na przebytą drogę (średnia prędkość pomnożona przez czas) wskazuje nam, że czas jest ważnym czynnikiem. Próba rozwiązania tego zadania bez uwzględnienia czasu jest bardzo trudna. Niech wyrażenia w równaniach poprowadzą nas do rozwiązania.

Przykładowe zadanie 5

Katie chce poznać wysokość mostu, więc Martin upuszcza kamień z krawędzi mostu. Kamień uderza w strumień poniżej po czasie *t*.

(a) Wyprowadź równanie na wysokość mostu.

Szukane: $d = ?$

Kamień spada swobodnie. Cały ruch w tym zadaniu odbywa się w dół, wygodnie jest więc nazwać kierunek w dół kierunkiem dodatnim i umieścić początek układu współrzędnych na krawędzi mostu. Oznacza to, że $a = +g$. Prędkość początkowa kamienia jest zero, ponieważ Martin upuszcza kamień, a nie rzuca nim. Znamy v_0, a i t i chcemy znaleźć d. Odpowiednim równaniem jest

$$d = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 = \boldsymbol{\frac{1}{2}gt^2}.$$

(b) Wyprowadź równanie na prędkość kamienia uderzającego w strumień poniżej.

Szukane: $v_\text{k} = ?$

Znamy v_0, a i t i chcemy znaleźć v_k. Odpowiednie równanie to

$$a = \frac{v_\text{k} - v_0}{t} \Rightarrow v_\text{k} = v_0 + gt = \boldsymbol{gt}\text{, ponieważ } v_0 = 0.$$

(c) Kamień zrzucony z mostu potrzebuje 2,5 s, aby uderzyć w strumień poniżej. Oblicz wysokość mostu i prędkość uderzenia kamienia.

Rozwiązanie: $d = \frac{1}{2}gt^2 = \frac{1}{2}\left(9{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)(2{,}5\ \text{s})^2 = \mathbf{31\ m}$; $v_\text{k} = gt = 9{,}8\,\frac{\text{m}}{\text{s}^2}(2{,}5\ \text{s}) = \mathbf{25\,\frac{m}{s}}$.

Przykładowe zadanie 6

Z poziomu ziemi rzucasz ziemniakiem prosto w górę z prędkością v_0.

(a) Jaką maksymalną wysokość osiągnie ziemniak? Przyjmij, że opór powietrza jest na tyle mały, że można go pominąć.

Szukane: $y = ?$

Chcemy znaleźć maksymalną wysokość. Podrzucamy ziemniak w górę, więc przyjmijmy kierunek w górę za kierunek dodatni i umieśćmy punkt początkowy na ziemi. Choć nie podano tego w zadaniu, to wiemy, że:

(1) Przyspieszenie $a = -g$, ponieważ po wypuszczeniu ziemniaka z ręki jedynym przyspieszeniem, jakie na niego działa, jest przyspieszenie grawitacyjne. Ujemny znak wynika z tego, że przyspieszenie jest skierowane w dół, czyli w kierunku przeciwnym do tego, który określiliśmy jako dodatni.

(2) Chwilowa prędkość końcowa $\upsilon_\mathrm{k} = 0$[6]. Na maksymalnej wysokości ziemniak znajduje się między wznoszeniem a opadaniem. W tym momencie jego prędkość chwilowa wynosi zero.

Mamy a, υ_0, υ_k i chcemy wyznaczyć odległość. Odpowiednie równanie to

$$2ad = \upsilon_\mathrm{k}^2 - \upsilon_0^2 \;\Rightarrow\; y = \frac{\upsilon_\mathrm{k}^2 - \upsilon_0^2}{2a} = \frac{-\upsilon_0^2}{2(-g)} = \boldsymbol{\frac{\upsilon_0^2}{2g}}.$$

(b) Wyprowadź równanie na czas potrzebny ziemniakowi do osiągnięcia maksymalnej wysokości.

Szukane: $t = ?$

Mamy a, υ_0, υ_k i chcemy znaleźć t. Odpowiednie równanie to

$$a = \frac{\upsilon_\mathrm{k} - \upsilon_0}{t} \;\Rightarrow\; t = \frac{\upsilon_\mathrm{k} - \upsilon_0}{a} = \frac{0 - \upsilon_0}{-g} = \boldsymbol{\frac{\upsilon_0}{g}}.$$

(c) Oblicz maksymalną osiągniętą wysokość i czas jej osiągnięcia dla ziemniaka wyrzuconego w górę z prędkością początkową 12,7 m/s.

Rozwiązanie: $y = \dfrac{\upsilon_0^2}{2g} = \dfrac{\left(12{,}7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2}{2\left(9{,}8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)} = \mathbf{8{,}2\ m}$; $t = \dfrac{\upsilon_0}{g} = \dfrac{12{,}7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{9{,}8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = \mathbf{1{,}3\ s}$.

(d) Jaka jest wysokość i prędkość ziemniaka 2,0 sekundy po podrzuceniu?

Szukane: $y = ?$ $\upsilon_\mathrm{k} = ?$

Teraz mamy a, υ_0 i t i chcemy znaleźć y i υ_k. Odpowiednie równania to: $d = \upsilon_0 t + \frac{1}{2}at^2 \;\Rightarrow\; y =$ $= \upsilon_0 t - \frac{1}{2}gt^2 = 12{,}7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}(2\ \mathrm{s}) - \frac{1}{2}\left(9{,}8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)(2\ \mathrm{s})^2 = \mathbf{5{,}8\ m}$ nad ziemią oraz $a = \frac{\upsilon_\mathrm{k} - \upsilon_0}{t} \;\Rightarrow\; \upsilon_\mathrm{k} =$ $= \upsilon_0 + at = 12{,}7\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} + \left(-9{,}8\,\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)(2\ \mathrm{s}) = \mathbf{-6{,}9\,\frac{m}{s}}$. Ujemny znak mówi nam, że prędkość ziemniaka jest skierowana w dół, co ma sens fizyczny, ponieważ ziemniak minął już swoją maksymalną wysokość.

(e) Kiedy ziemniak uderzy w ziemię? Z jaką prędkością będzie się poruszał?

Szukane: $t = ?$ $\upsilon_\mathrm{k} = ?$

---

[6] To nie oznacza, że ziemniak się zatrzymał! Zatrzymanie oznaczałoby, że ziemniak spędza pewną skończoną ilość czasu w tym samym miejscu, tzn. że mógłbyś spojrzeć na niego na jego maksymalnej wysokości, odwrócić się, a następnie spojrzeć ponownie, a ziemniak nadal znajdowałby się dokładnie w tym samym miejscu, ale to zdarza się tylko w kreskówkach! Na maksymalnej wysokości ziemniaka jego „stan” ruchu jest między wznoszeniem się a opadaniem, bez żadnego zatrzymywania, lecz z chwilową prędkością równą zero. Ziemniak nie spędza żadnego czasu, mając prędkości 0 m/s, tak jak nie spędza żadnego czasu, mając inne wartości prędkości chwilowej. Ciągle się porusza!

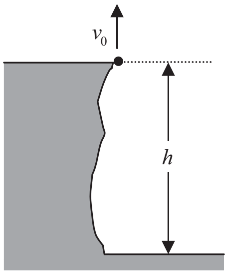
Kiedy ziemniak uderza w ziemię, $y = 0$. Teraz mamy a, v_0 i y i chcemy znaleźć t i v_k. Odpowiednie równania do wykorzystania to $d = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow y = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow 0 = t\left(v_0 - \frac{1}{2}gt\right)$. To ostatnie ma rozwiązania, gdy $t = 0$ (kiedy na początku upuszczamy ziemniak) i $t = \frac{\mathbf{2v_0}}{\boldsymbol{g}}$, dokładnie dwukrotność czasu potrzebnego ziemniakowi na osiągnięcie maksymalnej wysokości. Aby znaleźć prędkość, z jaką ziemniak uderza w ziemię, możemy użyć wzoru $v_k = v_0 + at = v_0 + (-g)\left(\frac{2v_0}{g}\right) = -\boldsymbol{v_0}$.

Z tych rozwiązań wynika, że przy braku oporu powietrza trajektoria ziemniaka jest symetryczna – spadanie zajmuje tyle samo czasu, co wznoszenie się, a ziemniak uderza w ziemię z dokładnie taką samą prędkością, z jaką został wyrzucony w górę.

Rozwiązanie: $t = \frac{2v_0}{g} = \frac{2\left(12{,}7\frac{\text{m}}{\text{s}}\right)}{9{,}8\frac{\text{m}}{\text{s}^2}} = \mathbf{2{,}6\ s}$; $v_k = -v_0 = \mathbf{-12{,}7\frac{m}{s}}$.

Przykładowe zadanie 7

Z krawędzi klifu o wysokości h wyrzucono w górę kamień z prędkością v_0.



(a) Wyprowadź wyrażenie na czas, jaki upłynie do uderzenia kamienia o podłoże.

Szukane: $t = ?$

Przyjmijmy kierunek w górę za kierunek dodatni, ponieważ prędkość v_0 jest skierowana w górę.

Oprócz tego, co podano w zadaniu, wiemy, że $a = -g$ i że

d = zmiana położenia kamienia = wysokość końcowa – wysokość początkowa = $-h$.

Stąd $d = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \Rightarrow -h = v_0 t - \frac{1}{2}gt^2 \Rightarrow \frac{1}{2}gt^2 - v_0 t - h = 0$.

Jest to funkcja kwadratowa w zmiennej t. Na podstawie wzoru na rozwiązania ogólnej postaci równania kwadratowego $x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$, gdzie w naszym przypadku $a = \frac{g}{2}$, $b = -v_0$ i $c = -h$, otrzymujemy $t = \frac{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 - 4\left(\frac{g}{2}\right)(-h)}}{g} = \frac{\boldsymbol{v_0 \pm \sqrt{v_0^2 + 2gh}}}{\boldsymbol{g}}$. Alternatywnie możemy najpierw znaleźć prędkość, z jaką kamień uderza w ziemię, a następnie znaleźć czas:

Ze wzoru $2a\Delta y = v_k^2 - v_0^2 \Rightarrow v_k = \pm\sqrt{v_0^2 + 2a\Delta y} = \pm\sqrt{v_0^2 + 2(-g)(-h)} = \pm\sqrt{v_0^2 + 2gh}$.

Wybieramy ujemny pierwiastek, ponieważ wiemy, że kamień porusza się w kierunku ujemnym (w dół), gdy uderza w ziemię.

Następnie ze wzoru $a = \frac{\Delta v}{t} \Rightarrow t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{-\sqrt{v_0^2 + 2gh} - v_0}{-g} = \frac{\sqrt{v_0^2 + 2gh} + v_0}{g}$.

Zauważ, że obie metody dają tę samą odpowiedź!

(b) Oblicz czas uderzenia w ziemię kamienia wyrzuconego w górę z prędkością 8 m/s z krawędzi klifu o wysokości 30 metrów.

Rozwiązanie:

Podstawiając liczby, $t = \dfrac{8\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \pm \sqrt{\left(8\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}\right)^2 + 2\left(9{,}8\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}\right)(30\ \mathrm{m})}}{9{,}8\dfrac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = 3{,}42$ s lub $t = -1{,}79$ s.

Kamień nie mógł uderzyć w ziemię, zanim został rzucony, zatem właściwa odpowiedź to 3,42 s.

(Ujemny czas wynika z wyobrażenia, że ktoś rzucił piłkę w górę na tyle szybko, iż poruszała się z prędkością 8 m/s, gdy mijała górną krawędź klifu – dla tego zadania zdefiniowaliśmy $t = 0$. Piłka wyrzucona z odpowiednią prędkością potrzebowałaby 1,79 s, aby dotrzeć do krawędzi klifu).

Zadania dotyczące ruchu prostoliniowego

W niektórych z tych zadań przydatna może być wiedza, że 1 mila = 1,61 km i 1 ft (stopa) = 0,3048 m.

3-1. Paweł idzie b km na wschód, aby zobaczyć wodospad, a następnie idzie c km na zachód, po czym zatrzymuje się na przekąskę.

(a) Jaką drogę przeszedł Paweł?

(b) Jakie było przemieszczenie Pawła?

(c) Oblicz przebytą drogę i przemieszczenie Pawła, jeśli przeszedł 5 km na wschód, a następnie 2 km na zachód.

3-2. Najszybszym pociągiem na świecie jest obecnie lewitujący pociąg magnetyczny Transrapid Shanghai Maglev w Chinach.

(a) Napisz równanie na średnią prędkość pociągu, jeśli pokonuje on odległość x w czasie t.

(b) Oblicz średnią prędkość pociągu w m/s, jeśli przejedzie on 30,0 km w ciągu 8,0 min, a następnie przelicz na km/h.

3-3. Zaserwowana piłka tenisowa pokonuje długość kortu L w czasie t.

(a) Napisz równanie na średnią prędkość poziomą piłki.

(b) Oblicz średnią prędkość piłki, która przebyła 24,0 m w poprzek kortu w czasie 0,60 s.

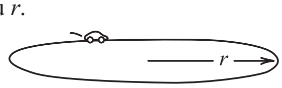
3-4. Miotacz baseballowy rzuca szybką piłkę w kierunku bramki. Piłka przekracza bazę, której długość od początku do końca wynosi x, w czasie t.

(a) Napisz równanie na prędkość, z jaką piłka mija bazę.

(b) Oblicz prędkość piłki baseballowej, która potrzebuje 0,01 s, aby przekroczyć od początku do końca bazę domową o długości 0,30 m.

3-5. Samochód wyścigowy porusza się po okrągłym torze o promieniu r.

(a) Napisz równanie na średnią prędkość samochodu, jeśli pokonuje on pełne okrążenie w czasie t.



(b) Oblicz średnią prędkość wyścigu, biorąc pod uwagę, że promień toru wynosi 400 m, a czas okrążenia 40 s.

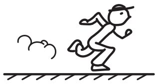
3-6. Wieżowiec w Tajpej na Tajwanie o wysokości h ma najszybsze windy na świecie.

(a) Napisz równanie na czas wznoszenia się windy z parteru na szczyt, gdy średnia prędkość windy wynosi $\bar{v}$.

(b) Oblicz czas jazdy w górę na wysokość 508 m przy średniej prędkości 15 m/s.

(c) Czy to ma sens, że prędkość maksymalna windy może wynosić 16 m/s, podczas gdy średnia prędkość wynosi tylko 15 m/s? Uzasadnij swoją odpowiedź.

3-7. Filip przebiega boisko do futbolu amerykańskiego, którego długość wynosi 91 metrów (100 jardów).



(a) Ile czasu potrzebuje na przebiegnięcie całej długości boiska z prędkością v (w m/s)?

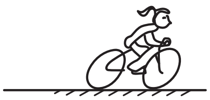
(b) Oblicz czas potrzebny Filipowi, biegnącemu z prędkością 6,0 m/s, na przebiegnięcie długości boiska do futbolu amerykańskiego.

3-8. Światło jest niewiarygodnie szybkie – porusza się z prędkością c. Rozważmy światło poruszające się wzdłuż linijki o długości L.

(a) W jakim czasie światło pokonuje długość linijki?

(b) Oblicz czas potrzebny światłu na pokonanie długości metrowego pręta (prędkość światła wynosi $3{,}00 \cdot 10^8$ m/s). Odpowiedź podaj w nanosekundach (1 nanosekunda = 10^{-9} s).

3-9. Liliana jedzie rowerem po prostej drodze ze średnią prędkością v.



(a) Napisz równanie na drogę przebytą przez Lilianę w czasie t.

(b) Oblicz drogę przebytą przez Lilianę w czasie 5,0 min, jeśli jej średnia prędkość wynosi 7,5 m/s.

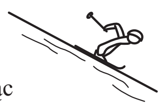
3-10. Gekon będący początkowo w stanie spoczynku rozpędza się do prędkości v w czasie t.

(a) Napisz równanie na średnią prędkośći gekona, zakładając stałe przyspieszenie.

(b) Napisz równanie na drogę pokonaną przez gekona podczas przyspieszania.

(c) Oblicz odległość, jaką pokonuje gekon podczas przyspieszania od stanu spoczynku do prędkości 2,0 m/s w czasie 1,5 s.

3-11. Narciarz rozpoczyna zjazd ze stoku od stanu spoczynku i osiąga prędkość v w czasie t.



(a) Wyprowadź równanie na drogę, którą narciarz, pokonuje w 20 s, zakładając stały wzrost prędkości.

(b) Oblicz, jaką odległość pokona narciarz zjeżdżając w dół stoku od stanu spoczynku i osiągając prędkość 12 m/s w czasie 8,0 s.

3-12. Gepard jest najszybszym biegaczem spośród wszystkich zwierząt lądowych. Załóżmy, że startuje ze stanu spoczynku i przyspiesza jednostajnie do prędkości v w czasie t.

(a) Wyprowadź proste równanie na drogę pokonywaną przez geparda.

(b) Oblicz drogę pokonaną przez geparda, jeśli startuje on ze stanu spoczynku i przyspiesza równomiernie do prędkości 100,0 km/h w czasie 8,0 s.

3-13. Poruszający się samochód dostawczy zwiększa swoją prędkość z v_1 do v_2 w przedziale czasu t.

(a) Napisz równanie na średnie przyspieszenie samochodu dostawczego.

(b) Oblicz średnie przyspieszenie w m/s^2, z jakim samochód dostawczy przyspiesza równomiernie od 15 km/h do 40 km/h w ciągu 20 s.

3-14. Samochód hybrydowy poruszający się z prędkością v_1 stopniowo zwiększa prędkość do prędkości v_2 w przedziale czasu t.

(a) Napisz równanie na średnie przyspieszenie samochodu.

(b) Oblicz średnie przyspieszenie w m/s^2, gdy samochód zwiększy swoją prędkość z 5,0 km/h do 20,0 km/h w ciągu 10,0 s.

(c) Oblicz drogę przebytą przez samochód podczas tego przyspieszania.

3-15. Lonnie naciska hamulec w swoim samochodzie poruszającym się z prędkością v. Samochód zwalnia ze stałą szybkością i zatrzymuje się po czasie t.

(a) Ile wynosi przyspieszenie?

(b) Oblicz przyspieszenie, jeśli prędkość początkowa samochodu wynosiła 26 m/s, a czas do zatrzymania 20 s.

(c) Oblicz odległość przebytą podczas zwalniania samochodu.

(d) *Czas reakcji* Lonniego to czas, który upływa od momentu, kiedy widzi on powód do hamowania, do momentu, w którym faktycznie uruchamia hamulce. Oblicz drogę przebytą przez samochód, zanim Lonnie naciśnie hamulce, zakładając prędkość 26 m/s i czas reakcji 1,5 s.

3-16. Samolot odrzutowy ląduje na pasie startowym z prędkością v i zatrzymuje się po czasie t.

(a) Zakładając, że jego prędkość maleje w stałym tempie, napisz równanie na przyspieszenie samolotu.

(b) Oblicz przyspieszenie, jeśli prędkość lądowania wynosi 72 m/s, a czas zatrzymania – 12 s.

(c) Oblicz drogę przebytą przez odrzutowiec między punktem lądowania a punktem zatrzymania.

3-17. Rzutka opuszcza lufę pistoletu pneumatycznego z prędkością v. Długość lufy pistoletu wynosi L. Przyjmijmy, że przyspieszenie rzutki w lufie jest stałe.

(a) Wyprowadź równanie na czas przemieszczania się rzutki wewnątrz lufy.

(b) Oblicz czas przebywania rzutki w lufie, jeśli jej prędkość wylotowa wynosi 15,0 m/s, a długość lufy pistoletu 1,4 m.

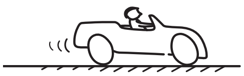
3-18. Pocisk opuszcza lufę pistoletu z prędkością v. Długość lufy pistoletu wynosi L. Przyjmij, że przyspieszenie pocisku w lufie jest równomierne.

(a) Napisz równanie na średnią prędkość pocisku wewnątrz lufy.

(b) Oblicz średnią prędkość, jeśli pocisk opuszcza lufę z prędkością 350 m/s. Długość lufy pistoletu wynosi 0,40 m.

(c) Oblicz czas przebywania pocisku w lufie.

3-19. Aby uniknąć uderzenia w stojący autobus, Stan hamuje swoim samochodem i zwalnia ze stałą prędkością od v_0 do v w czasie t.



(a) Wyprowadź równanie drogi przebytej przez samochód podczas zwalniania do mniejszej prędkości.

(b) Oblicz odległość, jaką pokonuje samochód podczas hamowania od prędkości 25 m/s do 11 m/s w czasie 8,0 s.

3-20. Na klatkach filmu widać, że tocząca się kulka pokonuje drogę x między klatkami. Częstotliwość robienia zdjęć wynosi 24 na sekundę.

(a) Z jaką prędkością poruszała się kulka?

(b) Oblicz prędkość kulki, która przemieszcza się o 0,40 m w każdej klatce.

3-21. Elektron umieszczony w polu elektrycznym przyspiesza jednostajnie od spoczynku do prędkości v, przebywając drogę x.

(a) Wyprowadź równanie na przyspieszenie elektronu.

(b) Oblicz przyspieszenie w m/s^2 dla elektronu, który startuje ze stanu spoczynku i osiąga prędkość $1{,}8 \cdot 10^7$ m/s na drodze 0,10 m.

(c) Oblicz czas potrzebny elektronowi do osiągnięcia tej prędkości.

3-22. Kierowca dragstera [samochodu używanego w wyścigach na krótkich dystansach – przyp. red.] może pokonać odległość d w czasie t, startując ze stanu spoczynku.

(a) Wyprowadź równanie na prędkość końcową dragstera przy założeniu stałego przyspieszenia.

(b) Wyprowadź równanie na przyspieszenie dragstera.

(c) Kierowca dragstera pokonuje ćwierć mili (402 m) w czasie 4,45 s. Oblicz prędkość końcową i średnie przyspieszenie dragstera.

3-23. Prędkość rakiety-zabawki wystrzeliwanej prosto w górę rośnie od prędkości v do prędkości V w jednostajnym tempie w czasie t.

(a) Wyprowadź równanie na drogę przebytą przez rakietę w tym czasie.

(b) Oblicz przebytą drogę (w metrach), jeśli początkowa prędkość rakiety wynosi 110 m/s i rośnie jednostajnie do 250 m/s w czasie 3,5 s.

3-24. Roger podrzuca piłkę prosto w górę z prędkością v. Pomiń opór powietrza.

(a) Wyprowadź równanie na czas potrzebny piłce do osiągnięcia najwyższego punktu.

(b) Oblicz czas w sekundach, jaki potrzebuje piłka, aby osiągnąć maksymalną wysokość, gdy jest rzucona prosto w górę z prędkością 32 m/s.

(c) Oblicz maksymalną wysokość osiągniętą przez piłkę.

3-25. Pistolet-zabawka wystrzeliwuje ziemniak prosto w górę. Ziemniak uderza w ziemię po czasie t.

(a) Wyprowadź równanie na prędkość początkową ziemniaka, pomijając opór powietrza.

(b) Oblicz prędkość początkową ziemniaka wystrzelonego prosto w górę i uderzającego w ziemię po 12 s. Ile wynosi ta prędkość w m/h?

3-26. Jerzy upuszcza kamień ze szczytu klifu o wysokości h z widokiem na ocean.

(a) Wyprowadź równanie na czas, po jakim kamień uderzy w wodę.

(b) Oblicz, po ilu sekundach kamień uderzy w wodę, jeśli został upuszczony z klifu o wysokości 25 m.

(c) Oblicz prędkość kamienia w chwili uderzenia w wodę.

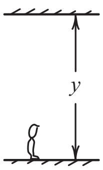
3-27. Janet podrzuca piłkę prosto w górę. Piłka szybko wraca do jej ręki.

(a) Wyprowadź równanie na prędkość, z jaką Janet powinna rzucić piłkę, aby wróciła ona do jej ręki po czasie t.

(b) Oblicz, z jaką prędkością należy rzucić piłkę prosto w górę, by lot trwał 4,0 sekundy.

(c) Oblicz maksymalną wysokość osiągniętą przez piłkę.

3-28. Sufit szkolnej sali gimnastycznej znajduje się w odległości y od podłogi.



(a) Wyprowadź równanie na maksymalną prędkość, z jaką można podrzucić piłkę z wysokości 2 metrów nad podłogą, tak aby piłka niemal uderzyła w sufit.

(b) Oblicz maksymalną prędkość podrzuconej piłki, jeśli odległość od podłogi do sufitu wynosi 20,0 m.

3-29. Jeff rzuca puszkę napoju gazowanego do Karen, która stoi na balkonie na 3. piętrze, w odległości h nad ręką Jeffa. Jeff nadaje puszce prędkość początkową v_0 w górę, na tyle dużą, że puszka mija Karen, która łapie ją, gdy ta spada w dół.

(a) Wyprowadź równanie na prędkość puszki, gdy mija ona Karen w drodze w górę.

(b) Jaka jest prędkość puszki w momencie, gdy Karen łapie ją w drodze w dół?

(c) Wyprowadź równanie na czas między rzuceniem puszki przez Jeffa a jej złapaniem przez Karen.

(d) Oblicz prędkość puszki i czas jej przebywania w powietrzu w chwili poprzedzającej złapanie puszki przez Karen, jeśli Jeff rzuca puszkę z prędkością 16 m/s, a Karen znajduje się 8,5 m nad Jeffem, gdy puszka opuszcza jego rękę.

3-30.* Seth stoi na platformie do nurkowania, gdy podrzuca w górę balon z wodą z prędkością v_0. Powierzchnia wody znajduje się w odległości h poniżej dłoni Setha, gdy ten wypuszcza balon. Przyjmijmy, że opór powietrza można pominąć.

(a) Wyprowadź równanie na prędkość balonu z wodą, gdy uderzy on w wodę poniżej.

(b) Wyprowadź równanie na czas potrzebny balonowi na uderzenie w powierzchnię wody.

(c) Jaka będzie prędkość balonu po uderzeniu w wodę, jeśli Seth rzuci balon w dół z prędkością początkową v_0?

(d) Oblicz odpowiedzi na powyższe pytania dla balonu wyrzuconego z prędkością 5,0 m/s na wysokości 11,8 m nad powierzchnią wody.

3-31.* Emery stoi na balkonie i rzuca balon z wodą w dół z prędkością v_0 w stronę Zeframa stojącego w odległości h poniżej.

(a) Wyprowadź wyrażenie na czas, po jakim balon uderzy w głowę Zeframa.

(b) Wyprowadź wyrażenie na prędkość balonu w momencie uderzenia.

(c) Oblicz odpowiedzi na powyższe pytania dla balonu rzuconego w dół z prędkością 3,2 m/s z wysokości 3,5 m.

3-32.* Kierowca samochodu jadącego z prędkością v_0 stwierdza, że odległość do przeciwległej strony skrzyżowania wynosi d oraz że światło drogowe zmieni się na czerwone po czasie t.

(a) Wyprowadź wyrażenie na przyspieszenie niezbędne do tego, aby samochód zdążył przejechać przez skrzyżowanie, zanim światło zmieni się na czerwone!

(b) Oblicz niezbędne przyspieszenie dla samochodu jadącego z prędkością 13 m/s, który próbuje przejechać 120 m w czasie 5,0 s.

(c) Jaka będzie prędkość samochodu po przejechaniu przez skrzyżowanie?

(d) Przelicz odpowiedź (c) na km/h i przedyskutuj, czy próba przejechania przez to skrzyżowanie jest dobrym pomysłem, czy nie.

3-33.* Kontynuując poprzednie zadanie: kierowca wie, że początek skrzyżowania znajduje się w odległości x i że światło ponownie zmieni się na zielone po czasie t_z. Decyduje się więc wcisnąć hamulec i zwolnić tak, aby dojechać do skrzyżowania w momencie, gdy światło zmieni się na zielone.

(a) Wyprowadź wyrażenie na prędkość, z jaką samochód dojedzie do skrzyżowania.

(b) Wyprowadź wyrażenie na stałe przyspieszenie niezbędne do wykonania tego zadania przez samochód.

(c) Oblicz odpowiedzi na powyższe pytania, jeśli skrzyżowanie znajduje się w odległości 95 m, a światło zmieni się na zielone za 11,9 s.

3-34.* Rita jedzie na deskorolce z prędkością v_0, pokonując wzniesienie. U podnóża wzniesienia, w odległości L, znajduje się droga. Rita uczęszczała na wykłady z fizyki i zna lokalną geografię, więc ustaliła na podstawie nachylenia wzgórza, że będzie miała przyspieszenie a w dół wzgórza. U podnóża wzgórza znajduje się droga o szerokości d, którą Rita przetnie ze stałą prędkością.

(a) Wyprowadź wyrażenie określające, ile czasu zajmie Ricie przejazd na drugą stronę drogi.

(b) Oblicz czas przejazdu przez drogę dla prędkości początkowej 3,0 m/s, wzgórza o długości 85 m, przyspieszenia 1,2 m/s^2 na wzgórzu i drogi o szerokości 25 m.

3-35.* Megan prowadzi obserwacje za pomocą teleskopu na dachu budynku. Zawiesiła dzwonek tuż nad krawędzią budynku. Poprosiła Antoniego, by tak rzucił piłką prosto w dzwonek, żeby ten zadzwonił dokładnie o północy.

(a) Jeśli Antoni może rzucić piłkę w górę z prędkością v_0, to wyprowadź wyrażenie określające, jak długo przed północą piłka musi znajdować się w odległości h poniżej dzwonka.

(b) Wyprowadź wyrażenie na prędkość, z jaką będzie poruszała się piłka, gdy uderzy w dzwonek.

(c) Oblicz obie powyższe wartości dla dzwonka znajdującego się 14,7 metra nad Antonim, który może rzucić piłką z prędkością 22 m/s. (Zauważ, że istnieją dwie takie wartości czasu. Jakiej sytuacji odpowiada fizycznie każda z nich?)

3-36.* Model rakiety wystrzelony pionowo z ziemi porusza się z przyspieszeniem a przez czas t_1, po którym kończy się paliwo, ale rakieta nadal wznosi się na maksymalną wysokość i swobodnie spada na ziemię. Przyjmijmy, że opór powietrza jest pomijalny.

(a) Znaleźć prędkość v_1 rakiety, gdy skończy się paliwo.

(b) Znajdź jej wysokość h_1 w tym momencie.

(c) Jaką dodatkową wysokość h_2 osiągnie rakieta po wyczerpaniu paliwa?

(d) Ile czasu zajmie jej pokonanie tej dodatkowej wysokości?

(e) Jaką maksymalną wysokość osiągnie rakieta?

(f) Ile czasu zajmie rakiecie uderzenie w ziemię z maksymalnej wysokości?

(g) Jaki jest całkowity czas przebywania rakiety w powietrzu?

(h) Oblicz odpowiedzi na powyższe pytania dla rakiety, której początkowe przyspieszenie wynosi 120 m/s przez 1,70 s.

3-37. Kierowca przejeżdża odległość x z jednego miasta do drugiego w czasie t, a drogę powrotną pokonuje w czasie 0,75t.

(a) Jaka jest średnia prędkość dla całej podróży? (Przypomnijmy, że definicja średniej prędkości to

$$\bar{v} = \frac{\text{całkowita droga}}{\text{całkowity czas}}.)$$

(b) Oblicz średnią prędkość podróży w obie strony między miastami oddalonymi od siebie o 140 km, jeśli podróż w jedną stronę trwa 2,0 h.

3-38. Aby dotrzeć do swojej chaty, Tsing idzie ze średnią prędkością v przez 30 minut, a następnie biegnie z prędkością 2v przez kolejne 30 minut.

(a) Napisz równanie na średnią prędkość Tsing podczas jej drogi do chaty.

(b) Oblicz średnią prędkość dla całej drogi przy prędkości chodu 1,0 m/s.

(c) Oblicz odległość między punktem początkowym a chatą.

3-39. Dennis jechał przez 1 h ze średnią prędkością v, a następnie przez kolejną godzinę ze średnią prędkością $4v$.

(a) Znajdź całkowitą średnią prędkość. (Przypomnijmy, że definicja średniej prędkości to

$$\overline{v} = \frac{\text{całkowita droga}}{\text{całkowity czas}}.)$$

(b) Oblicz jego ogólną średnią prędkość, jeśli jego średnia prędkość w pierwszej godzinie wynosi 25 km/h, a w drugiej godzinie jego średnia prędkość wynosi 100 km/h.

3-40. Załóżmy, że przejechałeś dystans x ze średnią prędkością v, a następnie przejechałeś taki sam dodatkowy dystans x z prędkością $1{,}5v$.

(a) Znajdź swoją średnią prędkość.

(b) Oblicz swoją średnią prędkość, jeśli przejedziesz 1,0 km z prędkością 28 km/h, a następnie przejedziesz 1,0 km z powrotem do punktu początkowego z prędkością 42 km/h.

3-41. Judy i jej pies Atti idą na poranny spacer do hotelu Vinoy, który znajduje się w odległości x. Judy idzie szybkim krokiem z prędkością v w linii prostej, podczas gdy Atti biega tam i z powrotem między Judy a hotelem z prędkością V, aż oboje docierają do hotelu.

(a) Znajdź całkowitą drogę, jaką przebiegnie Atti.

(b) Oblicz całkowitą drogę tam i z powrotem przebytą przez Attiego, jeśli prędkość Attiego wynosi 4,5 m/s, prędkość Judy wynosi 1,5 m/s, a odległość przebyta przez Judy wynosi 150 m.

Wykaż, że – zadania dotyczące ruchu prostoliniowego

W poniższych zadaniach podano wartości liczbowe i należy podać odpowiedź do każdego z nich. Ważne jest, abyś pokazał, w jaki sposób doszedłeś do podanej odpowiedzi. Czasami podawanych jest więcej informacji, niż jest to wymagane. (Czy w życiu codziennym problemom nie towarzyszą dodatkowe informacje?) Zanim podstawisz wartości liczbowe, znajdź rozwiązanie z użyciem symboli.

3-42. Piłka stacza się po równi pochyłej o długości 3 m w czasie 1,5 s. Wykaż, że jej średnia prędkość wynosi 2 m/s.

3-43. Piłka o temperaturze 22°C została rzucona pionowo w górę z prędkością 14,7 m/s. Wykaż, że jej maksymalna wysokość wyniesie 11 m.

3-44. Samochód jadący po równej drodze jednostajnie zwiększa swoją prędkość od 0 m/s do 27,5 m/s w czasie 8,0 s. Wykaż, że w tym czasie pokonuje odległość 110 m.

3-45. Jajko o masie 40 g spada z gniazda znajdującego się na szczycie drzewa o wysokości 16 m. Wykaż, że uderzenie jajka o ziemię nastąpi po 1,8 s,

3-46. Kula staczająca się po równi pochyłej rozpoczyna ruch od stanu spoczynku i osiąga prędkość 12 m/s w czasie 3 s. Wykaż, że jej przyspieszenie wynosi 4 m/s^2.

3-47. Myśliwiec F-14 Tomcat rozpędza się od spoczynku do prędkości 75 m/s w czasie 2,5 s. Wykaż, że jego przyspieszenie wynosi 30 m/s^2.

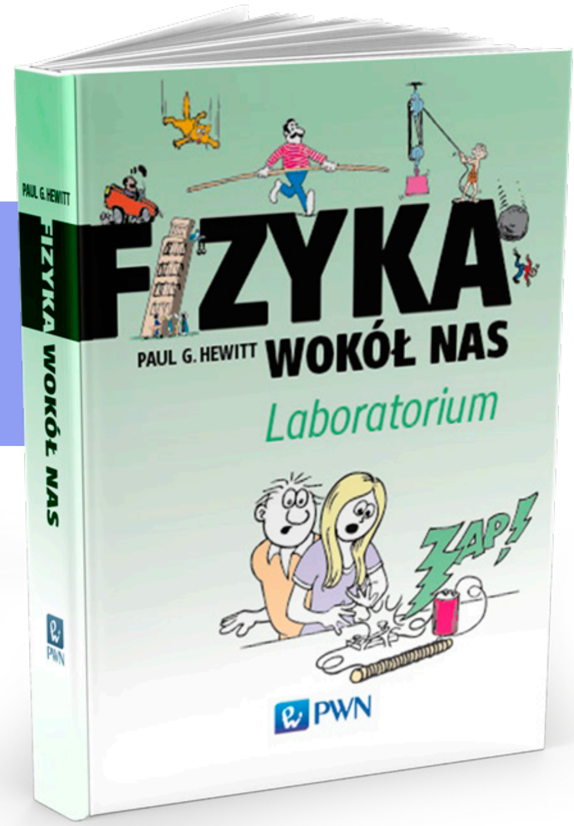
3-48. Motorówka przyspiesza w linii prostej, od stanu spoczynku w stałym tempie 2,0 m/s^2 przez czas 8,0 s. Wykaż, że w tym czasie pokonuje 64 m.

Prezentowany rozdział pochodzi z:

Paul G. Hewitt, Phillip R. Wolf (2024)

Fizyka wokół nas. Zadania.

Wydawnictwo Naukowe PWN, s. 1-19



Jak zafascynować się fizyką?

Przede wszystkim poprzez praktykę: rozwiązywanie ciekawych problemów i zadań oraz przeprowadzanie eksperymentów, dotyczących otaczającej nas rzeczywistości, które pomogą zrozumieć istotę zachodzących zjawisk.

Ta książka umożliwia bezpośrednią interakcję ze światem przyrody w sposób, który pogłębi zarówno ciekawość, jak i wiedzę. Stwierdzono, że zapamiętujemy około 5% tego, co czytamy, i około 75% tego, co robimy. Doświadczenia, pokazy i symulacje opisane w tej książce odgrywają więc ważną rolę w uczeniu fizyki.

Imię i nazwisko ________________________ Grupa ____________ Data ___________

FIZYKA WOKÓŁ NAS | **Pokaz**

Drugie prawo dynamiki Newtona **Zagadka siły i ruchu**

Niutonowski strzał

Cel

Zbadanie roli praw dynamiki Newtona i grawitacji w określaniu wyniku wyścigu dwóch rzutek wystrzelonych z dwóch pistoletów.

Co będzie potrzebne

- 2 sprężynowe pistolety na rzutki z przyssawkami
- 2 rzutki (do pistoletów na rzutki)
- metalowa kulka (stalowa lub ołowiana, o średnicy ok. 2,5 cm)
- kulka drewniana lub z korka (tego samego rozmiaru co metalowa kulka)

Omówienie

Dwie rzutki zostaną wystrzelone w tym samym czasie z dwóch identycznych pistoletów na rzutki. Obie zostaną wystrzelone z tej samej wysokości i skierowane prosto w dół w kierunku ziemi. Obie rzutki zostały zmodyfikowane. Do jednej przymocowano ciężką metalową kulkę, a do drugiej – lekką kulkę, drewnianą lub z korka.

Przebieg doświadczenia

Krok 1: Możliwości. Która kulka uderzy w ziemię jako pierwsza? Zanim podejmiesz decyzję, wymień trzy możliwe wyniki i uzasadnij każdy z nich. Oznacza to, że trzeba będzie uzasadnić dwa wyniki, w które nie wierzysz.

a) Wynik: 1: ____

Uzasadnienie: ____

____

b) Wynik 2: ____

Uzasadnienie: ____

____

c) Wynik 3: ____

Uzasadnienie: ____

____

Krok 2: Przewidywanie. Która rzutka uderzy w ziemię jako pierwsza?

____

Krok 3: Obserwacja. Niech instruktor/nauczyciel dokończy demonstrację, wystrzelając te dwie rzutki. Uzupełnij poniższy rysunek. Niech przedstawia on sytuację w chwili, w której „zwycięska" rzutka uderza w ziemię, pokazując położenie obu rzutek w tym momencie.

Podsumowanie

1) Która rzutka uderzyła jako pierwsza?

____

2) Dlaczego taki był wynik? Podaj jasną i pełną odpowiedź!

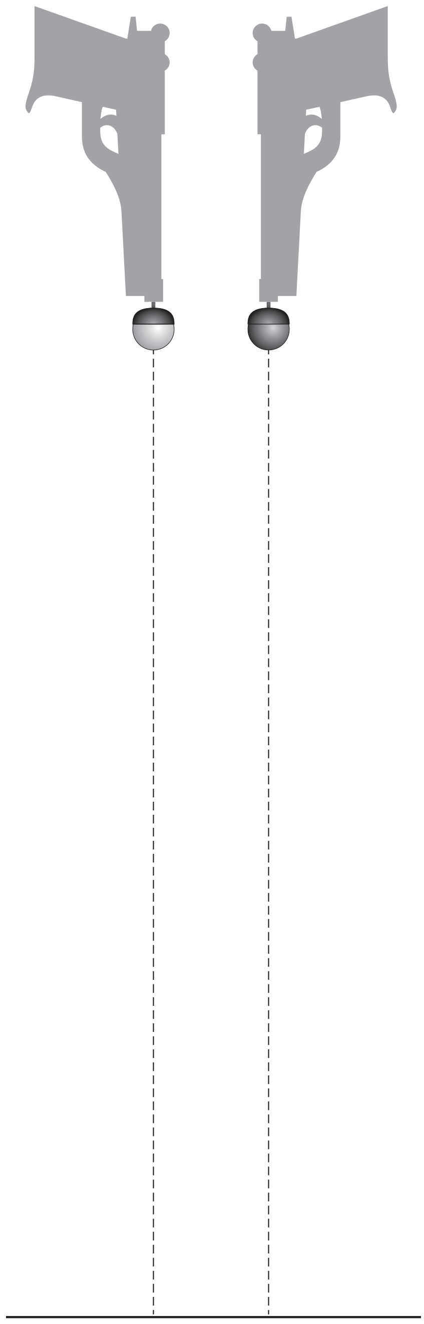
____

____

____

____

____



Imię i nazwisko ______________________________ Grupa ____________ Data ___________

FIZYKA WOKÓŁ NAS	Obserwacja zjawiska

Trzecie prawo dynamiki Newtona **Ilościowa obserwacja pary sił**

Lustro siły

Cel

Porównanie wielkości sił „akcji" i „reakcji" podczas oddziaływania dwóch obiektów.

Co będzie potrzebne

- 2 dynamometry (najlepiej o nieco różnych zakresach)
- 2 gumy o szerokości 7 mm
- komputer z oprogramowaniem do tworzenia wykresów danych z czujników siły
- 2 czujniki siły
- interfejs do podłączenia czujników do komputera
- zacisk stołowy
- pręt podtrzymujący

Omówienie

Siły to oddziaływania między dwoma obiektami, które mogą powstawać na wiele sposobów: poprzez tarcie, naprężenie, opór i wiele innych. Jednak bez względu na charakter oddziaływania wymagane są dwa obiekty. Zawsze są dwa obiekty i zawsze są dwie siły. Dwie siły biorące udział w danym odziaływaniu tworzą parę sił. Do zbadania kilku par sił wykorzystasz dynamometry i czujniki siły.

Przebieg doświadczenia

CZĘŚĆ A: Dynamometry

Krok 1: Przy użyciu zacisku stołowego przymocuj do stołu pręt podtrzymujący.

Krok 2: Sprawdź, czy dynamometry są skalibrowane – powinny wskazywać 0, gdy nie jest do nich przyłożona żadna siła. Jeśli potrzebujesz pomocy, poproś instruktora/nauczyciela.

Krok 3: Weź jeden dynamometr, a drugi niech weźmie koleżanka lub kolega, z którą/którym wykonujesz doświadczenie. Przymocuj końce gumki do haczyków dynamometrów, aby je połączyć.

Krok 4: Trzymając dynamometr w miejscu, poproś pomagającą Ci osobę o naprężenie gumy i pociągnięcie dynamometru, który trzyma, aż do uzyskania niewielkiej, ale łatwej do odczytania siły.

Porównaj swój odczyt z odczytem koleżanki / kolegi (zwróćcie uwagę, by na żadnej skali nie był wskazywany pełen zakres). Które stwierdzenie najlepiej opisuje wyniki?

- ☐ **Wartość wskazywana na moim dynamometrze jest znacznie większa niż wartość na dynamometrze koleżanki/ kolegi.**
- ☐ **Wartość wskazywana na moim dynamometrze jest znacznie mniejsza niż wartość na dynamometrze koleżanki/ kolegi.**
- ☐ **Wartość wskazywana na moim dynamometrze jest mniej więcej taka sama jak wartość na dynamometrze koleżanki/ kolegi.**

Krok 5: Przeprowadźcie kolejne doświadczenie. Tym razem pozwól koleżance/koledze przytrzymać dynamometr w miejscu, a ty pociągnij swój dynamometr. Jak – jeśli w ogóle – zmieniają się wartości sił?

____

____

Krok 6: Spróbujcie naciągnąć gumę inną siłą (mocniej lub słabiej), aby sprawdzić, czy sytuacja się powtarza. Upewnijcie się, że nie osiągnęliście maksimum na żadnym dynamometrze.

Czy nadal, w całym zakresie wartości siły, wszystko wygląda podobnie?

____

Krok 7: Spróbujcie zaczepić jeden dynamometr do pręta podtrzymującego i pociągnijcie drugi (gdy oba są nadal połączone gumką). Czy w tych warunkach nadal wszystko wygląda podobnie?

____

CZĘŚĆ B: Czujniki siły

Krok 1: Włącz komputer i pozwól mu zakończyć cykl uruchamiania.

Krok 2: Podłącz czujniki siły do komputera za pomocą interfejsów. Jeśli potrzebujesz pomocy w tym lub którymkolwiek z poniższych kroków, poproś o nią instruktora/nauczyciela.

Krok 3: Uruchom oprogramowanie, które narysuje wykres danych z czujnika siły.

Krok 4: Użyj oprogramowania, aby skonfigurować czujniki siły w następujący sposób:
a) jeden czujnik siły powinien być skonfigurowany jako „nacisk dodatni".
b) drugi czujnik siły powinien być skonfigurowany jako „ciągnięcie dodatnie".

Krok 5: Skonfiguruj tak oprogramowanie, aby wyświetlało wykres zależności siły od czasu dla danych z **obu** czujników. Oznacza to, że otrzymasz dwa wykresy w jednym układzie współrzędnych.

Krok 6: Dwoma gumkami połącz haki czujników siły.

Krok 7: Ustaw czujniki siły w taki sposób, aby na ich zaczepy nie działała żadna siła. Aby je skalibrować, należy na każdym czujniku nacisnąć przycisk „zero".

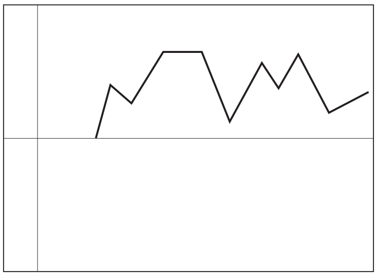
Krok 8: Uruchom tryb próbkowania oprogramowania (np. przycisk *Start* na ekranie).

Krok 9: Możesz teraz podnieść czujniki siły i ciągnąć z różną siłą. Kontynuuj doświadczenie przez około 20 sekund, a następnie zatrzymaj próbkowanie.

Krok 10: Zapytaj instruktora/nauczyciela, czy wykres wyświetlany na ekranie monitora świadczy o tym, że czujniki są podłączone i skalibrowane prawidłowo. Jeśli nie, wprowadź odpowiednie poprawki i spróbuj ponownie. Jeśli wszystko było ustawione poprawnie, kontynuuj doświadczenie.

Krok 11: Przyjmując, że wykres na rysunku 1 przedstawia zależność siły od czasu dla **jednego** czujnika, na podstawie doświadczenia zdobytego na tych zajęciach narysuj wykres dla **drugiego** czujnika.

Krok 12: Wykasuj poprzedni wykres zależności siły od czasu. Przymocuj jeden czujnik siły do pręta podtrzymującego. Wyzeruj oba czujniki i połącz je gumami. Rozpocznij próbkowanie i zmienianie siły na wolnym czujniku przez około 20 sekund.



Rysunek 1. Zależność siły od czasu

Podsumowanie

Uzupełnij stwierdzenie. Odpowiadając, posłuż się terminami: wielkość, wartość i kierunek/skierowana.

Gdy jeden obiekt wywiera siłę na drugi obiekt, drugi obiekt wywiera na pierwszy obiekt siłę, która jest

____

Imię i nazwisko ______________________ Grupa __________ Data __________

FIZYKA WOKÓŁ NAS	Obserwacja zjawiska

Prawa dynamiki Newtona **Podsumowanie trzech praw dynamiki Newtona**

Wydmuchnij!

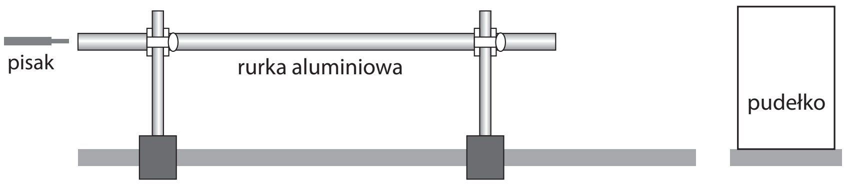
Cel
Obserwacja prostej dmuchawy i opisanie jej działania w kontekście trzech praw dynamiki Newtona

Co będzie potrzebne
- rurka o średnicy 2,5 cm (o długości 1,5–3 m)
- taśma maskująca
- tekturowe pudełko
- pisak/marker
- pręty podtrzymujące i zaciski (do zabezpieczenia rury)

Opcjonalnie
- system pomiaru czasu z fotokomórkami
- waga

Omówienie
Działanie dmuchawy opiera się na podstawowych zasadach fizyki. Siła jest przykładana w celu przyspieszenia masy do stosunkowo dużej prędkości. Masa pokonuje pewną drogę, a następnie zostaje zatrzymana. Do przyspieszania i zwalniania masy potrzebna jest para sił.

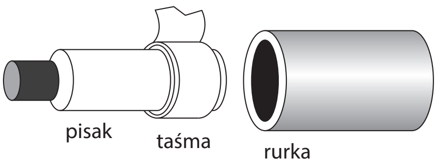
Przebieg doświadczenia
Krok 1: Zamocuj rurkę poziomo, używając do tego celu prętów podtrzymujących i zacisków (patrz rysunek 1). Jeśli rura jest długa lub jest zrobiona z PVC, może być potrzebny środkowy wspornik, aby zapobiec jej ugięciu.



Rysunek 1

Krok 2: Ustaw pudełko w pewnej odległości od rurki – w takiej odległości, aby wystrzelony z rurki pisak zatrzymał się na pudełku (uderzył w nie).

Krok 3: Pisak musi swobodnie poruszać się przez rurkę, ale też powinien dobrze pasować do jej średnicy wewnętrznej. Będzie potrzebne dobre uszczelnienie, aby zapobiec przedostawaniu się powietrza przez pisak, gdy będzie on w rurce. Jeśli to konieczne, owiń pisak taką ilością taśmy maskującej, aby po owinięciu ledwo mieścił się on w rurce (patrz rysunek 2).



Rysunek 2

Krok 4: Umieść pisak w rurce i wyczyść końcówkę rurki, aby zachować higienę.

Krok 5: Dmuchnij w rurkę, aby wydmuchnąć z niej pisak. Upewnij się, że usta dobrze przylegają do rurki i dmuchaj z jak największą siłą.

Podsumowanie

1) Które z praw Newtona najlepiej opisuje zachowanie pisaka, który początkowo będąc w spoczynku, wymaga użycia siły, aby przyspieszyć? Dlaczego to prawo ma zastosowanie w tej sytuacji?

____

____

2) Zidentyfikuj parę sił działającą na pisak, gdy porusza się on przez rurkę.

______________ **pcha** _________________ **do przodu;**

______________ **pcha** _________________ **do tyłu.**

3) a) Które z praw Newtona określa wielkość przyspieszenia, jakiego doznaje pisak podczas przedmuchiwania go przez rurkę?

____

b) Zastosuj to prawo do opisania wielkości przyspieszenia, którego dozna pisak.

____

____

____

4) Gdy pisak przemieszcza się przez rurkę w kierunku pudełka, jego ruch najlepiej opisać za pomocą pierwszego prawa dynamiki Newtona. Oznacza to, że pisak głównie

☐ **przyspiesza** ☐ **zwalnia** ☐ **porusza się ze stałą prędkością.**

5) **Pisak**, kiedy uderza w pudełko, popycha **pudełko** do przodu.

a) Jaka **inna** siła musi działać, gdy tak się dzieje?

____

____

____

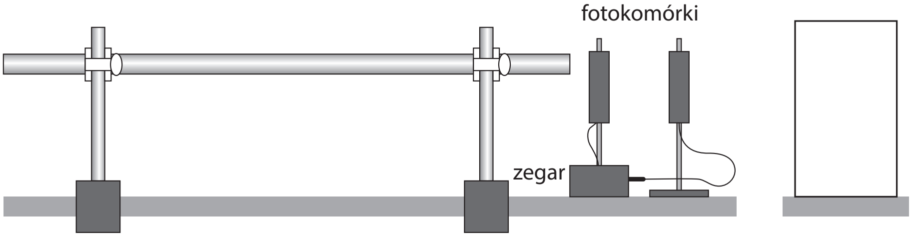
b) Które prawo dynamiki opisuje to działanie?

____

____

Co dalej

Krok 1: Ustaw fotokomórki, tak aby można było ich użyć do określenia prędkości pisaka po wyjściu z rurki. Patrz rysunek 3.



Rysunek 3

Opisz szczegółowo, jak będzie określana prędkość pisaka.

____

____

____

Krok 2: Powtórz doświadczenie i oblicz prędkość pisaka.

____

____

Krok 3: Zmierz długość rurki. Przyspieszenie pisaka można określić za pomocą równania $a = v^2/2x$, gdzie v to prędkość pisaka, a x to długość rurki. Znając prędkość pisaka i długości rurki, oblicz przyspieszenie pisaka.

____

____

Krok 4: Podziel otrzymaną wartość przyspieszenia przez 9,8 m/s^2, aby określić przyspieszenie pisaka w rurce jako wielokrotność g.

____

____

Krok 5: Zmierz masę pisaka. Skorzystaj z drugiego prawa Newtona, aby obliczyć siłę wywieraną przez wydychane powietrze na pisak w momencie jego wystrzelenia.

____

____

Imię i nazwisko ______________________ Grupa __________ Data __________

FIZYKA WOKÓŁ NAS	Obserwacja zjawiska

Płyny **Co sprawia, że obiekt tonie lub pływa?**

Utoń lub płyń

Cel

Obserwacja wpływu gęstości różnych obiektów na ich zachowanie po umieszczeniu w wodzie.

Co będzie potrzebne

- klocki ołowiu, drewna i styropianu o takich samych masach
- co najmniej dwie aluminiowe puszki napoju gazowanego – zarówno dietetycznego, jak i zwykłego
- akwarium lub zlew wypełniony w dwóch trzecich wodą
- jajko (surowe)
- zlewka
- miska
- sól kuchenna
- łyżka
- waga szalkowa

Omówienie

Dlaczego niektórzy ludzie mogą unosić się na wodzie, a inni nie? Odpowiedź ma związek z gęstością. To doświadczenie powinno pozwolić lepiej zrozumieć znaczenie gęstości w unoszeniu się na wodzie.

Przebieg doświadczenia

Krok 1: Porównaj masy klocków z ołowiu i drewna, używając wagi szalkowej. Powtórz, używając klocka ze styropianu o tej samej masie.

Jak mają się do siebie **objętości** tych klocków? A co można powiedzieć o ich **gęstościach**?

____

____

Krok 2: Sprawdź, czy puszki napoju gazowanego pływają w akwarium/zlewie.

a) Które z nich pływają? Które toną?

____

____

b) Jaka jest gęstość różnych rodzajów napojów gazowanych w porównaniu z gęstością wody z kranu?

____

____

c) Postaw hipotezę, w jaki sposób odpowiednie gęstości odnoszą się do zawartości cukru.

____

____

Krok 3: Użyj wagi, aby zmierzyć masę jajka. Używając zlewki, ostrożnie określ objętość jajka, mierząc objętość wody, którą ono wypiera, gdy jest powoli (delikatnie!) opuszczane do zlewki. Oblicz jego gęstość: $d = m/V$.

gęstość = ______________________

Krok 4: Teraz włóż jajko do miski z wodą. Czy jajko pływa? Jeśli nie, rozpuść w wodzie wystarczającą ilość soli, aby jajko unosiło się na powierzchni.

a) Jak gęstość jajka ma się do gęstości wody z kranu?

____

____

b) A jak się ma do gęstości słonej wody?

____

____

Podsumowanie

1) Czy dodanie soli do wody sprawia, że woda ma mniejszą czy większą gęstość? W jaki sposób?

____

____

____

2) Dlaczego niektórym ludziom trudno jest unosić się na wodzie, a innym nie? Jakie argumenty można przytoczyć na poparcie tezy, że łatwiej jest unosić się w wodzie słonej?

____

____

____

____

Prezentowany rozdział pochodzi z:

Paul G. Hewitt, Phillip R. Wolf (2024)

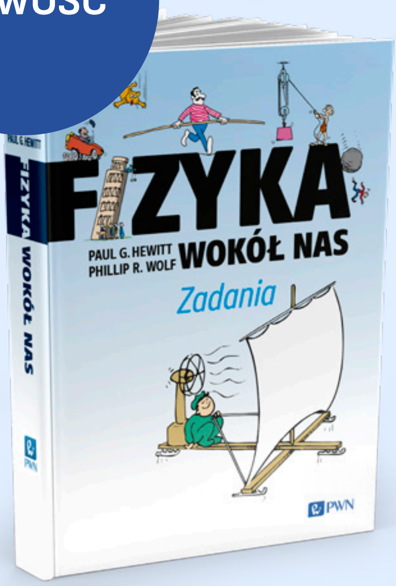
Fizyka wokół nas. Laboratorium.

Wydawnictwo Naukowe PWN, s. 27-33, 99-100

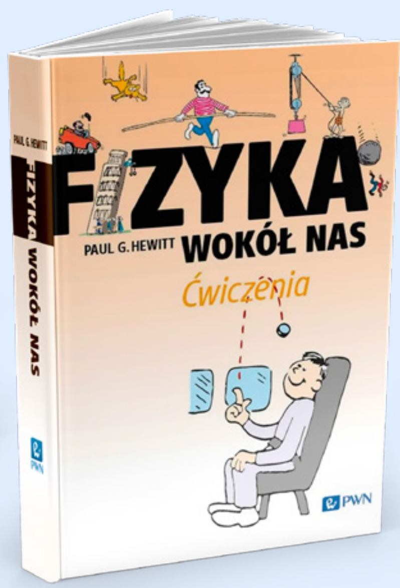
Poznaj podręcznik oraz pozostałe części serii:

SPRAWDŹ

NOWOŚĆ

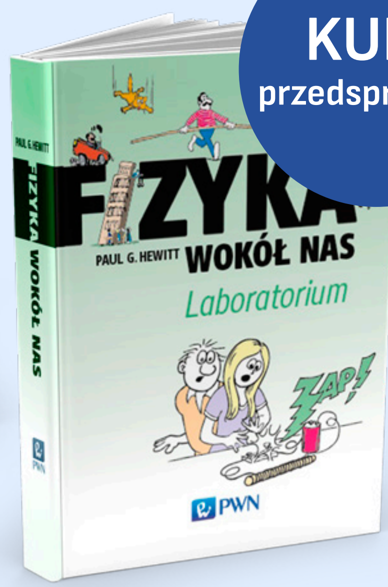


SPRAWDŹ



SPRAWDŹ

KUP w przedsprzedaży



SPRAWDŹ