

26 Pierwsza zasada dynamiki Newtona



Na zdjęciu pokazano pozycje trzech manekinów po wjechaniu samochodem w ścianę z prędkością $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Który z manekinów najbardziej oddalił się od swojego oparcia i dlaczego?

Cel lekcji 8

Dowiesz się, co to znaczy, że ciało jest bezwładne i jakie to ma znaczenie. Nauczysz się stosować pierwszą zasadę dynamiki do wyjaśniania zachowania ciał.



Co zatrzymuje trwający ruch?

Potrafisz już opisać ruch ciała, posługując się pojęciami: tor, droga, czas, prędkość i przyspieszenie. A co zatrzymuje trwający ruch? Jeśli pchniesz krążek hokejowy po podłodze, to on za chwilę się zatrzyma. Jednak jeśli pchniesz go po lodowisku, będzie poruszać się dłużej. Opory ruchu na lodowisku są mniejsze niż na podłodze. **Ruch zanika właśnie przez opory ruchu.** Gdyby nie te opory, krążek przebyłby całe lodowisko ze stałą prędkością. Przez ponad 2000 lat sądzono, że ruch zanika, gdy nie jest podtrzymywany. Ten pogląd okazał się jednak błędny.

Dowiedz się więcej o zasadach dynamiki

W XVII wieku Isaac Newton (czyt. ajzaak niuton) sformułował trzy zasady, które jego zdaniem rządzą wszelkim ruchem. Często nazywa się je zasadami dynamiki Newtona, choć na ich trop natrafiali też inni badacze. **Dynamika** (z greckiego *dynamis* — siła, władza) to dział fizyki zajmujący się ruchem ciał, na które działają siły. Podczas najbliższych lekcji lepiej poznasz te zasady.

Wyobraź sobie przestrzeń kosmiczną, a w niej kulę umieszczoną tak daleko od innych ciał, że nie działają na nią żadne siły. Co będzie się z nią działo? Jeśli kula spoczywa nieruchomo, to czemu miałaby ruszyć z miejsca bez żadnej przyczyny? Jaką miałaby uzyskać prędkość? Poprawna jest najprostsza odpowiedź: jeśli kula spoczywa, to nadal będzie spoczywać. A jeśli kula porusza się z prędkością $10 \frac{m}{s}$? Czy zatrzyma się lub przynajmniej zwolni, na przykład po godzinie? Nie, bo nie ma żadnej przyczyny, by zmieniła się prędkość kuli. Przyczyną mogłoby być oddziaływanie, na przykład przyciąganie grawitacyjne jakiejś planety lub opory ruchu w spotkaniu z kosmicznym pyłem. Brak zmiany dotyczy także kierunku i zwrotu prędkości: kula będzie się poruszać po prostej. Gdyby miała skrócić, musiałaby zadziałać jakaś siła.



Siła ciężkości doniczki jest równoważona przez siłę nacisku parapetu. Doniczka pozostaje w spoczynku.

Pierwsza zasada dynamiki

Gdy na ciało nie działa żadna siła lub działające siły równoważą się, wtedy spoczywające ciało nadal spoczywa, a poruszające się ciało nadal się porusza ruchem jednostajnym prostoliniowym.



Gdy siła ciężkości zostaje zrównoważona przez opory ruchu, spadochroniarz porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym.

Na rysunkach siły działające na każde z ciał równoważą się, czyli ich siła wypadkowa jest równa 0 N. Te ciała zachowują się tak, jakby nie działały na nie żadne siły (wpływ sił „kasuje się”). Ich ruch wynika z pierwszej zasady dynamiki.

Doświadczenie

Wskazania siłomierza a równowaga sił

- ① Przygotuj siłomierz o zakresie 10 N oraz odważnik o masie 0,5 kg (np. półlitrową butelkę wody).
- ② Zawieś odważnik na siłomierzu i trzymaj nieruchomo.
- ③ Powoli, ruchem jednostajnym podnoś w górę siłomierz z odważnikiem. Obserwuj wskazania siłomierza.
- ④ Następnie ruchem jednostajnym opuszczaj siłomierz z odważnikiem w dół i obserwuj wskazania siłomierza.
- ⑤ Teraz trzymaj siłomierz nieruchomo. Następnie gwałtownie podnieś go w górę lub opuść w dół. Obserwuj wskazania siłomierza.
- ⑥ W których przypadkach wskazanie siłomierza nie zmieniało się?
- ⑦ Czy potrafisz tak opuszczać siłomierz, by wskazał mniej niż 3 N?

Gdy zawieszony na siłomierzu odważnik spoczywa, to siła ciężkości odważnika jest równoważona przez siłę, którą hak siłomierza działa na odważnik. Okazuje się, że dokładnie tak samo będzie, gdy odważnik porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym. Siły w spoczynku i w ruchu jednostajnym prostoliniowym są takie same i nie zależy to od wartości prędkości. Wskazanie siłomierza zmienia się tylko wtedy, gdy odważnik porusza się z przyspieszeniem, czyli zmienia swoją prędkość.

PRZYKŁAD 1.

Wskaż stwierdzenia zgodne z pierwszą zasadą dynamiki.

- ① Aby ciało się poruszało, musi na nie działać siła.
- ② Ciało może poruszać się nawet wtedy, gdy nie działa na nie żadna siła.
- ③ Spoczywające ciało nadal spoczywa, dopóki na to ciało nie zadziała nie zrównoważona siła.

Odp. ② i ③.

ĆWICZENIE 1. Wskaż stwierdzenia zgodne z pierwszą zasadą dynamiki.

- ① Ciało, na które działa siła, zawsze spoczywa.
- ② Ciało może spoczywać, gdy działające na nie siły równoważą się.
- ③ Poruszające się ciało nadal się porusza ruchem jednostajnym prostoliniowym, dopóki na to ciało nie zadziała nie zrównoważona siła.

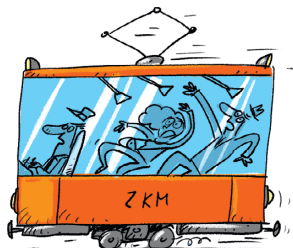
Bezwładność



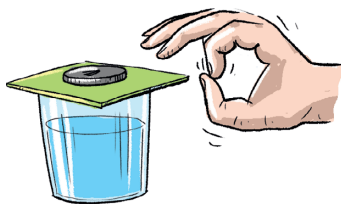
Rower gwałtownie zahamował, a ciało rowerzysty kontynuuje ruch do przodu.

Gdy pędzisz rowerem i nagle zahamujesz, czujesz jak twoje ciało dalej chce jechać do przodu. A może nawet udało ci się kiedyś doświadczyć lotu przez kierownicę. To dlatego, że ciało jest niechętnie hamowaniu, niechętnie zmianie prędkości, jest **bezwładne**. Dotyczy to zarówno kierunku, jak i wartości prędkości. Pierwsza zasada dynamiki nazywana jest **zasadą bezwładności**, bo ciało samo z siebie nie może zmienić swojej prędkości (ciało jest „bez władzy” nad swoim ruchem). Bez ingerencji z zewnątrz ciało porusza się „bezwładnie”.

Bezwładność to cecha ciał, która oznacza niechęć do zmiany ruchu. Spoczywające ciało „chce” nadal spoczywać, a ciało poruszające się ruchem jednostajnym prostoliniowym „chce” go kontynuować.



Tramwaj gwałtownie rusza, a pasażerom wydaje się, że są ciągnięci w przeciwną stronę. Ich ciała „chcą” pozostać w miejscu.



Gdy kartonik przesunie się z dużym przyspieszeniem, moneta wypadnie do szklanki. Moneta „chce” pozostać w spoczynku.

Dość łatwo można zatrzymać lecącego komara, a bardzo trudno zatrzymać poruszający się z taką samą prędkością wagon kolejowy. Wynika to z faktu, że im ciało ma większą masę, tym trudniej zmienić jego prędkość.

Masa jest miarą bezwładności ciała.

PRZYKŁAD 2.

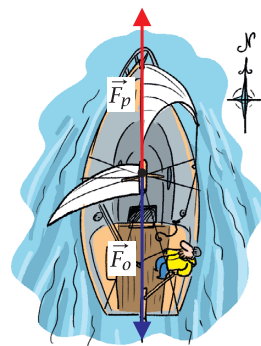
Żaglówka płynie po jeziorze prosto ze stałą prędkością $6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, ponieważ wiatr pcha ją siłą o wartości 400 N zwróconą na północ. Wyznacz wartość oraz zwrot siły oporu działającej na żaglówkę. Przyjmij, że poza siłą wiatru i siłą oporu na żaglówkę nie działają żadne inne siły.

Dane:

$F_p = 400 \text{ N}$ — wartość siły, z jaką wiatr pcha żaglówkę

Szukane:

$F_o = ?$ — wartość siły oporu działającej na żaglówkę



Rozwiązanie: Żaglówka porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym, więc zgodnie z pierwszą zasadą dynamiki działające na nią siły **równoważą się**. Siłę, którą wiatr działa na żaglówkę, równoważy przeciwnie do niej zwrócona siła oporu.

Wartość prędkości nie jest potrzebna w rozwiązaniu — istotne jest tylko to, że prędkość się nie zmienia.

Odp. Siła oporu jest zwrócona na południe i ma wartość 400 N.

ĆWICZENIE 2. Lokomotywa ciągnie wagon siłą o wartości 10 kN zwróconą na zachód. Wagon porusza się po prostych, poziomych szynach ze stałą prędkością $40 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Wyznacz wartość oraz zwrot siły oporu działającej na wagon. Przyjmij, że poza wymienionymi siłami na wagon nie działają żadne inne siły.

Czas na zadania!

Zadanie 1. Sonda

W przestrzeni kosmicznej wystrzelono sondę z prędkością $10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Sonda nie ma własnego napędu, a jej oddziaływanie z innymi ciałami możemy pominąć. Sonda ta będzie poruszać się ruchem:

- A. jednostajnie opóźnionym,
- B. jednostajnym prostoliniowym,
- C. jednostajnie przyspieszonym.

Zadanie 2. Ładunek

Na zdjęciu przedstawiono ciężarówkę, której szoferkę zniszczył przewożony ładunek. Do wypadku doszło na poziomej szosie i tylko na skutek niewłaściwego ruchu pojazdu.



- a) Wyjaśnij, jak poruszał się pojazd.
- b) Jak można uniknąć takich wypadków?

Zadanie 3. Pasy bezpieczeństwa

Przy gwałtownym hamowaniu samochodu pasażerowie pochylają się do przodu, a pasy bezpieczeństwa napinają się. A co by się stało, gdyby pasy nie były zapięte?



Zadanie 4. Spadająca maskotka

Maskotka spadająca pionowo w powietrzu po pewnym czasie przestaje przyspieszać. Co równoważy wtedy siłę ciężkości?

Zadanie 5. Asteroidy

Trzy asteroidy zmierzają w stronę Ziemi, każda z prędkością $300 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Asteroidy mają masy:

- ① 100 kg ② 80 000 kg ③ 1000 ton
- i nie działają na nie na razie żadne siły. Na którą z nich trzeba zadziałać siłą o największej wartości, aby ją zatrzymać?

Zadanie 6. Młotek

Gdy z trzonka młota zsuwa się obuch, to można go osadzić głębiej na trzonku, uderzając młotkiem w podłogę (zob. rysunek). Uzupełnij tekst słowami wybranymi z ramki.



grawitacją • bezwładnością
zerową • pierwszą • trzecią

Obuch osadza się głębiej na trzonku, ponieważ wykazuje cechę zwaną ?... Zgodnie z ?... zasadą dynamiki obuch porusza się z nadaną prędkością w dół, dopóki nie zatrzymają go siły, którymi działa na niego trzonek.

Zadanie 7. Samochód

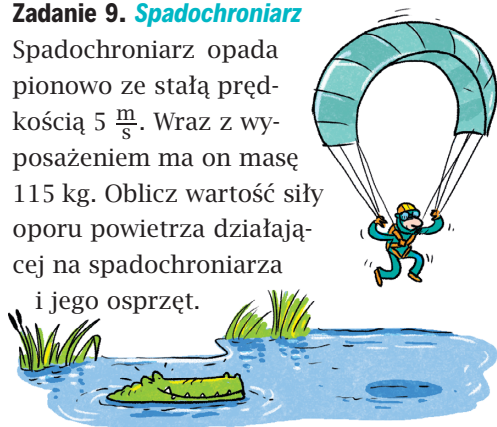
Samochód jedzie prosto z przyspieszeniem $0 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$. Ile wynosi wartość działającej na niego siły wypadkowej?

Zadanie 8. Latająca wiewiórka

Na spadającą pionowo latającą wiewiórkę działa siła ciężkości o wartości 3 N. Wiewiórka porusza się ze stałą prędkością. Wyznacz wartość oraz zwrot siły oporu powietrza działającej na wiewiórkę.

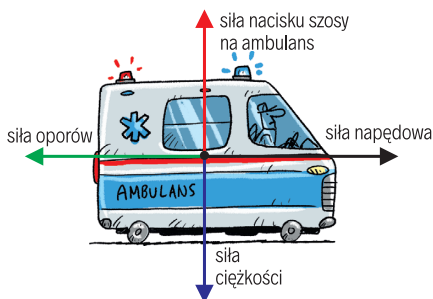
Zadanie 9. *Spadochroniarz*

Spadochroniarz opada pionowo ze stałą prędkością $5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Wraz z wyposażeniem ma on masę 115 kg. Oblicz wartość siły oporu powietrza działającej na spadochroniarza i jego osprzęt.



Zadanie 10. *Ambulans*

Ambulans o masie 3500 kg jedzie prostą poziomą szosą ze stałą prędkością $95 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ (zob. rysunek). Zwrócona na wschód siła napędowa ma wartość 1000 N.



- Podaj wartość zwróconej na zachód siły oporu powietrza działającej na ambulans.
- Oblicz wartość zwróconej w górę siły nacisku, którą szosa działa na ambulans, równoważąc siłę ciężkości.

Zadanie 11. *Zupa mleczna*

Wyobraź sobie, że talerz z zupą mleczną stoi na poziomym blacie stołu kuchennego. Wyjaśnij, co stanie się z zupą w opisanych poniżej sytuacjach.

- Gwałtownie przesuwasz talerz w lewo.
- Najpierw powoli przesuwasz talerz w lewo, równomiernie przyspieszając, a następnie gwałtownie go zatrzymujesz.

Zadanie 12. *Kaskader z przypadku*

— Miałem kaskaderską przygodę. Jechałem dosyć szybko na rowerze i jadłem jabłko... — opowiada Hasto.

— No, rzeczywiście, niesamowita przygoda... — kpiarsko wtrąca Weritka.

— Nie przerywaj. Nagle kierownica obróciła się o 90 stopni, bo przednie koło wjechało w piasek. A ja poleciałem do przodu. Na szczęście w locie przeokożółkowałem, spadłem w ten piasek na plecy i nic mi się nie stało.

— Gdybyś dwiema rękami trzymał kierownicę, to pewnie nie doszłoby do wywrotki.

— Może... Ciekawi mnie jednak, dlaczego poleciałem dalej, skoro przednie koło się zatrzymało. Jaka siła pchała mnie do przodu?

- Wyjaśnij, dlaczego Hasto poruszał się do przodu, mimo że przednie koło roweru się zatrzymało.
- Czy rzeczywiście chłopca popchnęła do przodu jakaś siła?



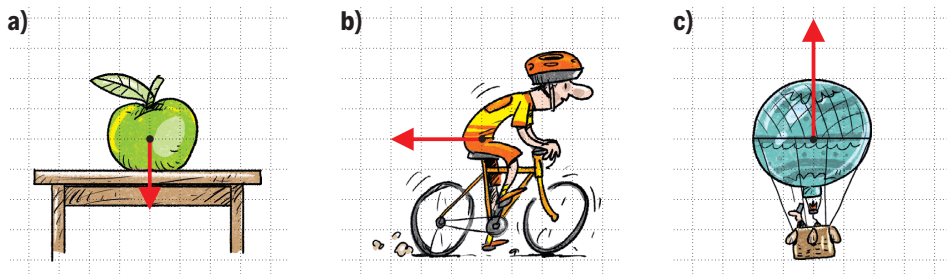
Jak myślisz?

- Jak tłumaczono ruch przed sformułowaniem pierwszej zasady dynamiki?
- Jeśli rakieta w kosmosie, z dala od innych ciał, wyrzuca za siebie spaliny, to przyspiesza. Do czego w tym wypadku stosuje się pierwsza zasada dynamiki?
- Po jakim torze poruszałaby się planeta, gdyby przestała na nią działać siła grawitacji?

26 Pierwsza zasada dynamiki Newtona

Zadanie 1. Siły równoważące się

Przedstawione na ilustracji ciało pozostaje w spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym. Dorysuj siłę równoważącą.



Zadanie 2. Ruch i siły

Skreśl niepoprawne uzupełnienie zdania.

- a) Obraz wisi nieruchomo na ścianie. Siły działające na obraz *równoważą się* / *nie równoważą się*.
- b) Autobus rusza z przystanku, równomiernie zwiększając swoją prędkość. Siły działające na autobus *równoważą się* / *nie równoważą się*.
- c) Winda równomiernie zwalnia przed zatrzymaniem się na odpowiednim piętrze. Siły działające na windę *równoważą się* / *nie równoważą się*.
- d) Przez pewien czas siły działające na jadący pociąg równoważyły się. W tym czasie pociąg *zmniejszał swoją prędkość* / *nie zmieniał swojej prędkości*.
- e) Rowerzysta jedzie krętą ścieżką. Na rowerzystę działa siła wypadkowa o wartości *równej 0 N* / *różnej od 0 N*.

Zadanie 3. Pierwsza zasada dynamiki

Z podanych fragmentów ułóż treść pierwszej zasady dynamiki.

a poruszające się ciało

równoważą się,

nadal spoczywa,

wtedy spoczywające ciało

Gdy na ciało nie działa żadna siła

ruchem jednostajnym prostoliniowym.

nadal się porusza

lub działające siły

.....

.....

.....

Zadanie 4. *Bezwładność*

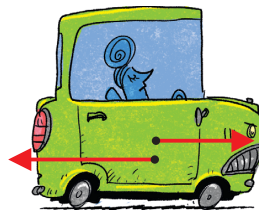
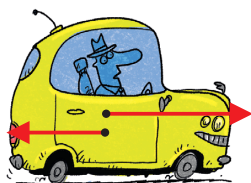
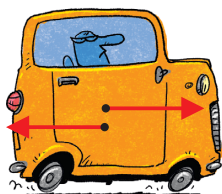
Skreśl niepoprawne uzupełnienia poniższych zdań.

*Samochód osobowy i ciężarowy jadą autostradą z taką samą prędkością. Łatwiej zatrzymać samochód *osobowy* / *ciężarowy*, ponieważ ma on *większą* / *mniej* masę. Ciało o większej masie ma *większą* / *mniej* bezwładność.*

Zadanie 5. *Samochód*

Na rysunkach pokazano siły działające na trzy jadące samochody. Ustal i zapisz, jak zachowują się te samochody. Wykorzystaj określenia podane w ramce.

- zwiększa prędkość
- zmniejsza prędkość
- porusza się ze stałą prędkością



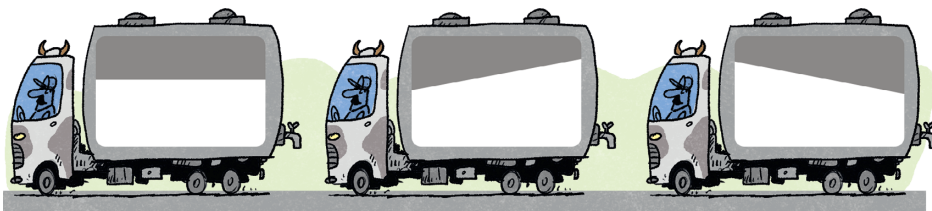
.....

.....

Zadanie 6. *Cysterny z mlekiem*

Na rysunkach przedstawiono samochody cysterny przewożące mleko. Ustal i zapisz, jak zachowują się te samochody. Wykorzystaj określenia podane w ramce.

- hamuje
- przyspiesza
- porusza się ze stałą prędkością



.....

.....