Przykłady zastosowań zasad dynamiki

- Wprowadzenie
- Przeczytaj
- Grafika interaktywna
- Sprawdź się
- Dla nauczyciela

Czy to nie ciekawe ?

Rys. a. Podczas wyścigu motocyklowego zasady dynamiki Newtona również znajdują swoje zastosowanie.

Dynamika, jako dział fizyki, zajmuje się opisem ruchu ciał pod wpływem przyłożonych do nich sił. Obecna jest w każdej czynności, którą wykonujemy, nawet tej najbardziej podstawowej. Często jednak nie zauważamy jej, ponieważ czynności te są dla nas oczywiste i bardzo intuicyjne. W tym materiale postaramy się jednak dostrzec zasady dynamiki w prostych czynnościach codziennych.

> **Twoje cele**
>
> - zapoznasz się z przykładami zastosowań zasad dynamiki w życiu codziennym,
> - przeanalizujesz i zinterpretujesz układy sił działające na ciało,
> - wskażesz sytuacje, w których spełnione są poszczególne zasady dynamiki Newtona.

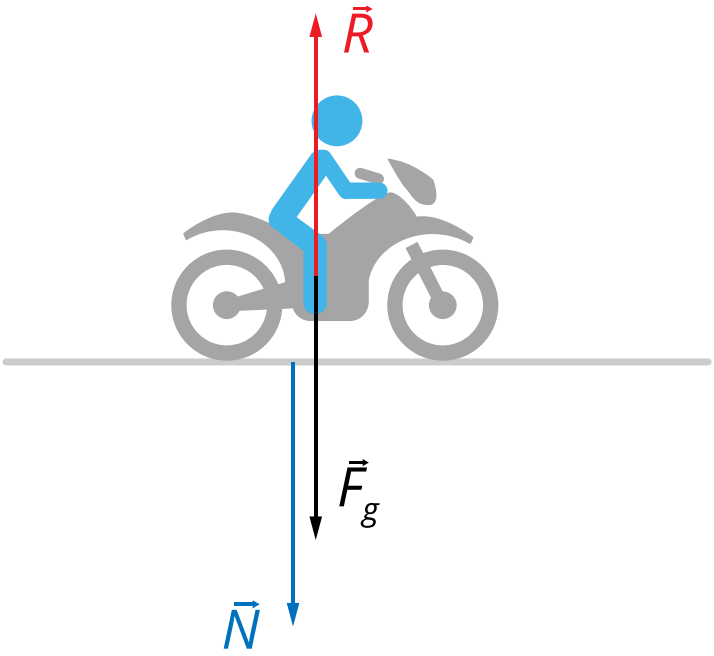
Przeczytaj

Warto przeczytać

Wykonanie większości czynności w życiu codziennym nierozerwalnie związane jest z wprawieniem w ruch jakiegoś ciała. Przykładami takich działań są zarówno podniesienie kubka z herbatą, spacer do szkoły, czy lot samolotem. Niektóre z nich wykonujemy częściej, inne nieco rzadziej. Wszystkie te czynności wymagają użycia siły, a zatem do ich opisu możemy wykorzystać zasady dynamiki Newtona. Spróbujmy znaleźć oraz zidentyfikować te zasady, analizując prosty przykład motocyklisty Szczepana, przygotowującego się do wyścigu.

Tor wyścigowy, na którym startować będzie Szczepan, ma długość $s = 50\ \mathrm{km}$. Kierowca przed wyścigiem stara się ocenić swoje szanse na zwycięstwo. W tym celu postanawia obliczyć czas, jaki zajmie mu pokonanie całego dystansu i porównać go z czasem zwycięzcy z poprzedniego roku. W obliczeniach Szczepan postanowił wykorzystać wiedzę na temat motocykla, którym dysponuje, oraz zasady dynamiki.

Motocyklista wie, że jego masa wraz z masą motocykla wynosi $M = 300\ \mathrm{kg}$. Rozpatruje zatem siły, jakie działać będą na niego tuż przed startem.



Rys. 1. Siły działające na motocyklistę w pionie.
Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Szczepan zauważa, że w analizowanej sytuacji siły działające na niego i jego motocykl spełniają dwie z trzech zasad dynamiki Newtona. I zasadę dynamiki zauważył w równowadze pomiędzy siłami grawitacji $\vec{F}_g$ oraz reakcji podłoża $\vec{R}$. Przyłożone są one do tego samego ciała, ich wartości są równe, ale działają z przeciwnymi zwrotami. Tworzą one

parę sił równoważących się - wartość siły wypadkowej działającej na motocykl w kierunku pionowym jest równa zeru. Dzięki temu motocykl nie zapada się w powierzchnię toru wyścigowego, ale również nie wzbija się w powietrze.

Jeśli na ciało nie działa żadna siła lub siły działające równoważą się, to ciało pozostaje w spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym.

Motocyklista dostrzegł także, że siła reakcji $\vec{R}$ jest co do wartości równa sile nacisku $\vec{N}$ wywieranej na podłoże przez motocykl i kierowcę. Siły te nie równoważą się, ponieważ przyłożone są do różnych ciał. Tworzą one zatem parę sił akcji i reakcji, spełniających trzecią zasadę dynamiki Newtona.

Jeżeli na ciało B działa ciało A siłą akcji $\vec{F}_{\mathrm{AB}}$, to ciało B działa na ciało A siła reakcji $\vec{F}_{\mathrm{BA}}$.

Wartości tych sił są równe, podobnie jak kierunki, w których działają. Zwroty tych sił są jednak przeciwne.

Następnie, kierowca zastanawia się nad sytuacją, do jakiej dojdzie po rozpoczęciu wyścigu. Biorąc pod uwagę siłę generowaną przez silnik jego motocykla $F = 2000\ \mathrm{N}$ oraz sumę sił oporu dynamicznego i siły tarcia $F_{\mathrm{op}} = 200\ \mathrm{N}$, postanawia wyznaczyć przyspieszenie, jakiego dozna przy starcie.

Rys. 2. Siły działające na motocyklistę w poziomie tuż po rozpoczęciu wyścigu.
Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Wartość siły wypadkowej działającej na niego i jego motocykl, będącej różnicą wartości siły wywołującej ruch $\vec{F}$ oraz siły oporu $\vec{F}_{\mathrm{op}}$, wynosi

$$F_w = F - F_{\mathrm{op}} = 2000\ \mathrm{N} - 200\ \mathrm{N} = 1800\ \mathrm{N}.$$

Siły te spełniają II zasadę dynamiki Newtona.

Jeśli na ciało działa siła wypadkowa, której wartość jest różna od zera, to ciało to porusza się z przyspieszeniem, które jest proporcjonalne do siły wypadkowej oraz odwrotnie proporcjonalne

do masy ciała.

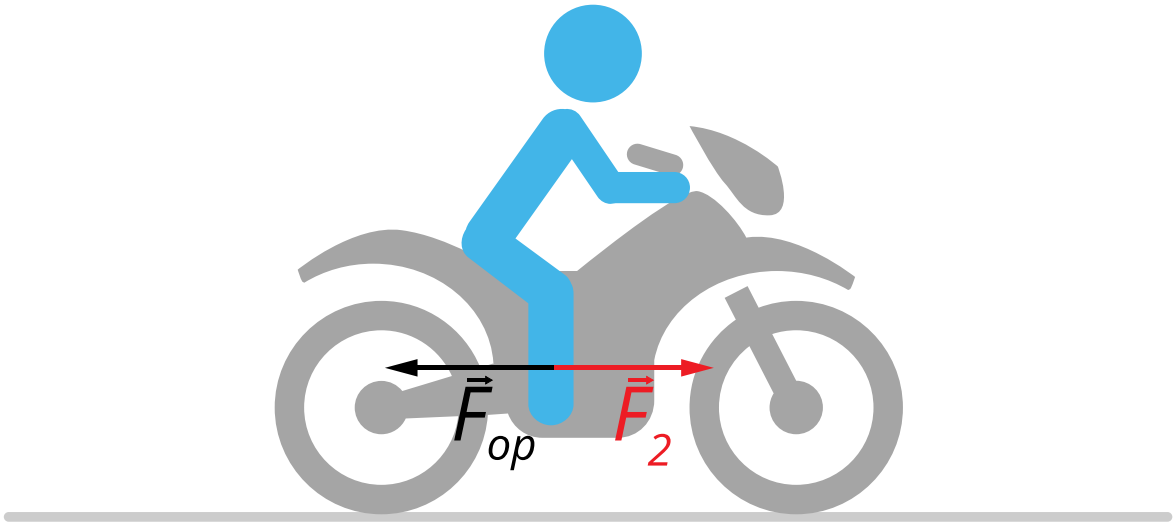
Wyznaczając wartość przyspieszenia Szczepan wykorzystał wzór

$$a = \frac{F_w}{M} = \frac{1800\ \mathrm{N}}{300\ \mathrm{kg}} = 6\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$$

Następnie Szczepan wyznaczył czas, po którym motocykl osiągnie maksymalną, dopuszczalną w wyścigu prędkość $v_k = 216\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}} = 60\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}$. W obliczeniach wykorzystał wzór $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$, który przekształcił do postaci:

$$\Delta t = \frac{\Delta v}{a} = \frac{60\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = 10\ \mathrm{s}.$$

Po osiągnięciu tej prędkości motocyklista musi przestać przyspieszać. Szczepan wiedział, że jazda ze stałą prędkością $v_k = 216\frac{\mathrm{km}}{\mathrm{h}}$ będzie możliwa, gdy siły działające na niego ponownie spełniają I zasadę dynamiki.

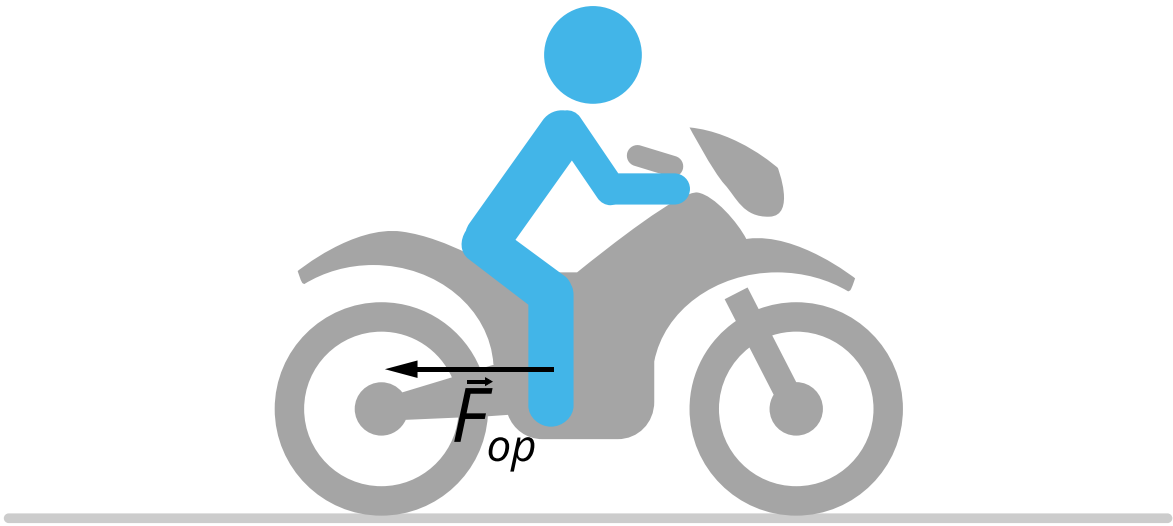


Rys. 3. Siły działające na motocyklistę w poziomie podczas ruchu ze stałą prędkością.
Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Siła generowana przez silnik motocykla musi zmaleć do wartości $\vec{F}_2$, która jest równa co do wartości sile oporu $\vec{F}_{\mathrm{op}}$. W takiej sytuacji siły $\vec{F}_2$ i $\vec{F}_{\mathrm{op}}$ równoważą się, a zatem wartość siły wypadkowej jest równa 0.

Kierowca zdał sobie jednak sprawę z tego, że taka jazda spowoduje, iż w odległości $L = 600\ \mathrm{m}$ przed metą wyścigu zabraknie mu paliwa. Zastanawia się, czy jest możliwym, aby ukończyć wyścig siłą rozpędu, bez konieczności tankowania w trakcie. Szczepan zdaje

sobie sprawę z tego, że w chwili zgaśnięcia silnika będzie poruszał się ruchem jednostajnie opóźnionym. Siły oporu spowodują znaczący spadek prędkości, a w ekstremalnej sytuacji mogą nawet zatrzymać motocykl przed dojechaniem do mety.



Rys. 4. Siła oporu działająca na motocyklistę, któremu skończyło się paliwo.
Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Chcąc zorientować się, jakie szanse ma na dojechanie do mety, motocyklista oblicza wartość przyspieszenia/opóźnienia, jakiego dozna po zgaśnięciu silnika. Wykorzystuje w tym celu ponownie II zasadę dynamiki

$$a_{\mathrm{op}} = \frac{F_{\mathrm{op}}}{M} = \frac{200\ \mathrm{N}}{300\ \mathrm{kg}} = \frac{2}{3}\frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}.$$

Zastanawia się, czy prędkość, do jakiej rozpędzony został motocykl, wystarczy na dojechanie do mety. Oblicza zatem czas t', po którym dojdzie do zatrzymania motocykla

$$t' = \frac{\Delta v}{a_{\mathrm{op}}} = \frac{60\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}}{\frac{2}{3}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2}} = 90\ \mathrm{s},$$

a następnie maksymalny dystans, jaki może pokonać w ruchu jednostajnie opóźnionym

$$s_3 = v_k t' - \frac{a_{\mathrm{op}} t'^2}{2} = 60\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}} \cdot 90\ \mathrm{s} - \frac{\frac{2}{3}\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot (90\ \mathrm{s})^2}{2} = 2700\ \mathrm{m}.$$

Dystans ten jest większy niż odległość do mety. Ostatnim pytaniem, jakie zadał sobie Szczepan, jest to, w jakim czasie pokona dystans $L = 600\ \mathrm{m}$ ruchem jednostajnie opóźnionym. Obliczenia wymagały przekształcenia wzoru

$$L = v_k t_3 - \frac{a_{\mathrm{op}} t_3^2}{2}$$

do postaci równania kwadratowego

$$\frac{a_{\mathrm{op}} t_3^2}{2} - v_k t_3 + L = 0$$

i rozwiązania tego równania względem czasu. Szczepan uczynił to i uzyskał dwa wyniki: $t_3 = 169,37\ \mathrm{s}$ i $t_3 = 10,63\ \mathrm{s}$. Pierwszy z wyników nie jest możliwy do uzyskania, ponieważ jest większy od $90\ \mathrm{s}$, które stanowią maksymalny czas ruchu do momentu zatrzymania motocykla. Kierowca uznał zatem, że czas, jaki upłynie od chwili zgaśnięcia silnika do przekroczenia mety, jest równy $t_3 = 10,63\ \mathrm{s}$.

Motocyklista postanowił zatem obliczyć całkowity czas t_c, jaki zajmie mu wyścig. W tym celu musiał dodać do siebie czasy cząstkowe:

- $\mathbf{t_1 = \Delta t = 10\ s}$ spędzony w ruchu jednostajnie przyspieszonym zaraz po rozpoczęciu wyścigu

- $\mathbf{t_2}$ spędzony w ruchu jednostajnym ze stałą prędkością $\mathbf{v_k}$

Chcąc obliczyć czas t_2, Szczepan musiał wyznaczyć dystans s_2, na jakim poruszał się będzie ze stałą prędkością. Oszacował więc najpierw drogę s_1, jaką pokona ruchem jednostajnie przyspieszonym

$$s_1 = \frac{at^2}{2} = \frac{6\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}^2} \cdot (10\ \mathrm{s})^2}{2} = 300\ \mathrm{m},$$

a następnie odjął drogę s_1 oraz L od dystansu całego wyścigu

$$s_2 = s - s_1 - L = 50000\ \mathrm{m} - 300\ \mathrm{m} - 600\ \mathrm{m} = 49100\ \mathrm{m}.$$

Czas t_2 obliczył korzystając ze wzoru

$$t_2 = \frac{s_2}{v_k} = \frac{49100\ \mathrm{m}}{60\ \frac{\mathrm{m}}{\mathrm{s}}} = 818,33\ \mathrm{s}.$$

- $\mathbf{t_3 = 10,63}$ s pokonany ruchem jednostajnie opóźnionym po zgaśnięciu silnika

Całkowity czas wyścigu, jaki wyznaczył Szczepan, wynosi

$$t_c = t_1 + t_2 + t_3 = 10\ \mathrm{s} + 818,33\ \mathrm{s} + 10,63\ \mathrm{s} = 838,96\ \mathrm{s} = 13\ \mathrm{min}\, 58,96\ \mathrm{s}.$$

Kierowca porównał wyniki swoich obliczeń z rezultatem zwycięzcy sprzed roku $t'' = 14\ \mathrm{min}\, 3,11\ \mathrm{s}$ i uznał, iż ma realne szanse na tegoroczne zwycięstwo.

Jak widzimy na przykładzie motocyklisty Szczepana, przykłady zastosowania zasad dynamiki Newtona nieustannie nas otaczają. A teraz spróbuj wyobrazić sobie inną dowolną czynność i znaleźć w niej zasady dynamiki. Zdecyduj, które z nich są spełnione.

Słowniczek

Siła reakcji podłoża

(*ang.: ground reaction force*) siła, z jaką podłoże działa na spoczywające na nim ciało.

Siła wypadkowa

(*ang.: net force*) siła będąca sumą wszystkich sił działających na ciało.

Grafika interaktywna

Przykłady zastosowań zasad dynamiki

Obejrzyj grafikę interaktywną prezentującą metalową kulkę swobodnie opadającą w cylindrze wypełnionym gliceryną.

Na swobodnie opadającą w glicerynie metalową kulkę działają: powodująca spadek kulki siła grawitacji, oraz siły wyporu i lepkości, które hamują ruch. Grafika przedstawia położenia kulki w funkcji czasu, gdzie różnica czasowa pomiędzy poszczególnymi położeniami jest równa $\Delta t = 1s$. Po lewej stronie widoczna jest linijka, która może zostać wykorzystania do określenia położenia.

> **Polecenie 1**
> Zastanów się, czy będzie różnica w ruchu kulki, jeśli kulka będzie poruszać się w spirytusie?

> **Polecenie 2**
> Uporządkuj opisy sił działających na kulkę swobodnie opadającą w gęstej, oleistej cieczy.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2

Ćwiczenie 3

Ćwiczenie 4

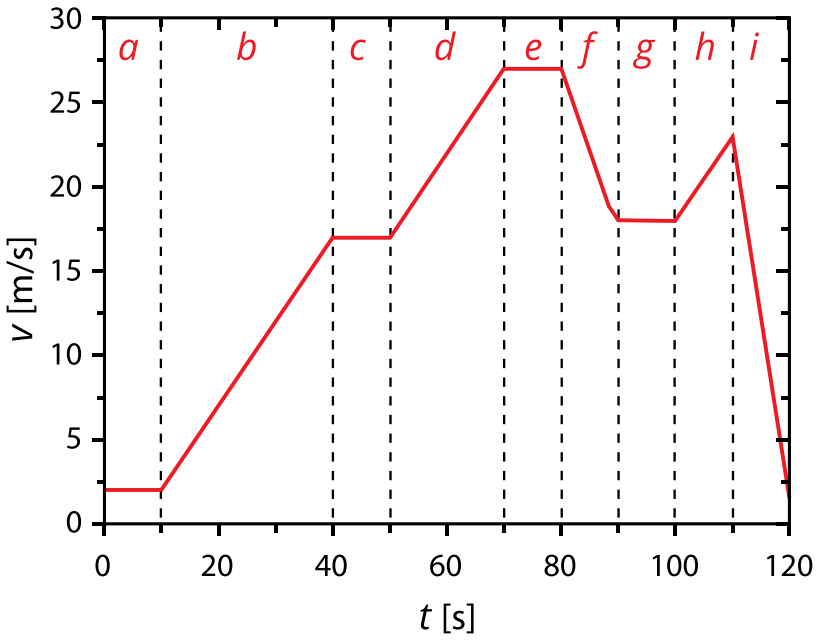
Ćwiczenie 5

Ćwiczenie 6

Ćwiczenie 7

Po torze saneczkarskim zjeżdża drużyna bobslejowa. Na podstawie poniższego wykresu przedstawiającego zależność prędkości bobsleja wraz z drużyną w funkcji czasu, określ rodzaj nachylenia toru względem kierunku poziomego.

Możliwe odpowiedzi: **pochylony w dół, poziomy, pochylony w górę**.



Ćwiczenie 8

Dla nauczyciela

Scenariusz lekcji:

Imię i nazwisko autora:	Bartłomiej Klus
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	**Przykłady zastosowań zasad dynamiki**
Grupa docelowa:	II etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	**Cele kształcenia – wymagania ogólne** II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych. **Zakres podstawowy** **Treści nauczania – wymagania szczegółowe** I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. II. Mechanika. Uczeń: 6) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał. **Zakres rozszerzony** **Treści nauczania – wymagania szczegółowe** I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 7) wyodrębnia z tekstów, tabel, diagramów lub wykresów, rysunków schematycznych lub blokowych informacje kluczowe dla opisywanego zjawiska bądź problemu; przedstawia te informacje w różnych postaciach. II. Mechanika. Uczeń: 13) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał.

Kształtowane kompetencje kluczowe:	**Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:** • kompetencje w zakresie rozumienia i tworzenia informacji, • kompetencje matematyczne oraz kompetencje w zakresie nauk przyrodniczych, technologii i inżynierii, • kompetencje cyfrowe, • kompetencje osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.
Cele operacyjne:	Uczeń: 1. wymienia przykłady zastosowań zasad dynamiki Newtona w życiu codziennym. 2. analizuje i interpretuje układy sił działających na ciało. 3. identyfikuje sytuacje, w których spełnione są poszczególne zasady dynamiki Newtona.
Strategie nauczania:	IBSE (Inquiry-Based Science Education - nauczanie/uczenie się przez odkrywanie/dociekanie naukowe)
Metody nauczania:	- burza mózgów, - pokaz multimedialny, - analiza pomysłów.
Formy zajęć:	- praca w grupach, - praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	- grafika interaktywna prezentująca zasady dynamiki na przykładzie swobodnie opadającej kulki w glicerynie, - zestaw zadań.
Materiały pomocnicze:	e-materiał: **Przykłady zastosowań zasad dynamiki**
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
- Uczniowie przypominają sobie sens wszystkich trzech zasad dynamiki Newtona. - Uczniowie w formie burzy mózgów dyskutują na temat przykładów zjawisk lub czynności codziennych, oraz zasad dynamiki, które są w nich spełnione. - Uczniowie w grupie zapoznają się z grafiką interaktywną i analizują zaprezentowaną sytuację.	
Faza realizacyjna:	

- Uczniowie samodzielnie zapoznają się z tekstem **„Warto przeczytać”** e-materiału. Analizują poszczególne przypadki zaprezentowanego przykładu. - Uczniowie ponownie proponują przykłady innych czynności i analizują je pod względem zasad dynamiki, jakie spełnione są przez siły w przytoczonych przykładach. - Uczniowie ćwiczą na podstawie otrzymanego zestawu zadań. Uczniowie w trakcie lekcji rozwiązują zadania 1-6 z zestawu ćwiczeń.	
Faza podsumowująca:	
Uczniowie odnoszą się do postawionych sobie celów lekcji, ustalają, które osiągnęli, a które wymagają jeszcze pracy, jakiej i kiedy. W razie potrzeby nauczyciel dostarcza im informację zwrotną kształtującą.	
Praca domowa:	
Uczniowie utrwalają wiedzę i poszerzają rozumienie czytając tekst e-materiału oraz ponownie analizują grafikę interaktywną.	
Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:	Multimedium bazowe może zostać wykorzystane przez uczniów przed lekcją. Zadania z zestawu ćwiczeń mogą zostać rozwiązane w trakcie lekcji oraz stanowić pracę domową.