Badanie zachowania ciał pod wpływem przyłożonych sił

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

Badanie zachowania ciał pod wpływem przyłożonych sił

Źródło: dostępny w internecie: https://www.istockphoto.com/pl/zdj%C4%99cie/supercar-gm154077151-21769092 [dostęp 2.07.2019], iStockphoto, tylko do użytku edukacyjnego na zpe.gov.pl.

Czy to nie ciekawe ?

Czasami, zanim wykonamy jakąś czynność wymagającą użycia siły, zastanawiamy się, jaki będzie skutek naszego działania. Próbujemy oszacować następstwa naszego działania, by ocenić, czy zamierzony efekt jest realny, czy też nie. W tym materiale pokażemy, jak przewidzieć reakcję ciała na działające siły.

Rys. a. By osiągnąć cel, trzeba przyłożyć odpowiednią siłę, nie za dużą i nie za małą.

Źródło: dostępny w internecie: https://pxhere.com/pl/photo/1364344 [dostęp 6.08.2022], domena publiczna.

Twoje cele

- dostrzeżesz związek pomiędzy ruchem ciała a działającymi siłami,
- przeanalizujesz zachowanie się ciał oraz określisz przy pomocy zasad dynamiki prędkość i przyspieszenie ciała,
- wykorzystasz zdobytą wiedzę do rozwiązywania zadań rachunkowych.

Przeczytaj

Warto przeczytać

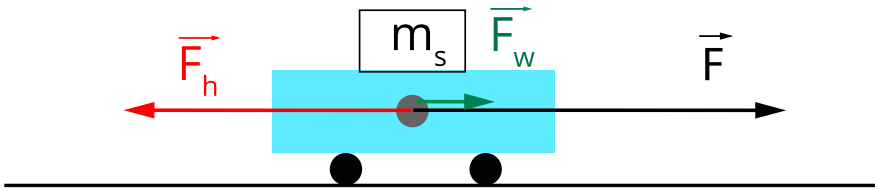
Określenie zachowania się ciał pod wpływem przyłożonych do nich sił najczęściej polega na wyznaczeniu parametrów ruchu. Siły mogą również doprowadzić do zniszczenia lub deformacji ciała, lecz o tym nie będziemy mówić. Parametrami ruchu są zazwyczaj: przyspieszenie lub prędkość, czas, w jakim będzie odbywał się ruch lub droga, jaką ciało przebędzie. Wszystkie te wielkości zależą od wartości siły wypadkowej działającej na ciało. Rozpatrzmy kilka przykładów prezentujących takie sytuacje.

Przykład 1.

Po poziomej drodze jedzie samochód napędzany silnikiem generującym siłę $\vec{F}$. Na samochód działają siły hamujące, których sumaryczna wartość wynosi $\vec{F}_h$. Wyznacz wartość przyspieszenia wypadkowego, z jakim porusza się samochód wiedząc, że jego masa jest równa m_s, a wartość siły generowanej przez silnik jest większa niż sumaryczna wartość sił hamujących.

Rozwiązanie:

Wykonajmy rysunek pomocniczy:



Rys. 1. Samochód poruszający się pod wpływem dwóch sił.
Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

W pierwszym kroku wyznaczmy siłę wypadkową, która odpowiedzialna jest za ruch samochodu. W zapisie wektorowym przyjmuje ona postać:

$$\vec{F}_w = \vec{F} + \vec{F}_h.$$

Wyznaczenie jej wartości wymaga uwzględnienia zwrotów sił $\vec{F}$ oraz $\vec{F}_h$. Wyrażana jest ona jako

$$|\vec{F}_w| = |\vec{F}| - |\vec{F}_h| \ .$$

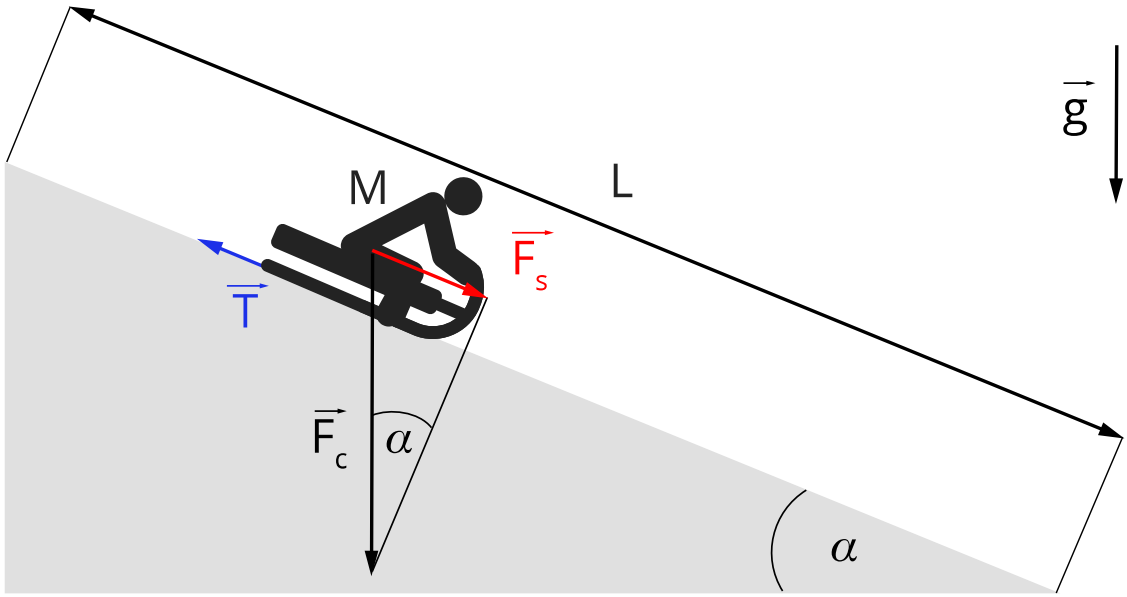
Znając wartość siły odpowiedzialnej za ruch pojazdu możemy wyznaczyć wartość przyspieszenia, z jakim się on porusza, wykorzystując II zasadę dynamiki Newtona.

$$\vec{a}_w = \frac{\vec{F}_w}{m_s}.$$

Przykład 2.

Po zboczu górki pokrytym śniegiem zjeżdża na sankach dziecko. Masa sanek wraz z siedzącym na nich dzieckiem jest równa M. Zbocze górki nachylone jest względem poziomu pod kątem α i ma długość L. Wyznacz czas, po którym sanki wraz z dzieckiem znajdą się u podstawy zbocza, jeśli wiesz, że w trakcie ruchu działa na nie stała w czasie (i w szczególności niezależna od prędkości) siła tarcia $\vec{T}$.

Rozwiązanie:



Rys. 2. Dziecko zjeżdżające na sankach z górki.
Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Wyznaczmy wartość siły wypadkowej działającej na sanki i dziecko. Ruch saneczkarza odbywa się pod wpływem składowej siły ciężkości, siły $\vec{F}_s$ stycznej do powierzchni zbocza. Wyznaczamy ją korzystając z funkcji trygonometrycznej

$$F_s = F_c \sin\alpha = Mg\sin\alpha\,.$$

Jest to siła wywołująca ruch sanek i siedzącego na nich dziecka. Sile tej przeciwdziała siła tarcia $\vec{T}$. Wypadkowa siła powodująca ruch to suma tych sił:

$$\vec{F}_w = \vec{F}_s + \vec{T}.$$

Wartość siły wypadkowej, po uwzględnieniu zwrotów składających się na nią sił, zapisujemy jako

$$|\vec{F}_w| = |\vec{F}_s| - |\vec{T}| = Mg\sin\alpha - T\ .$$

Znając wartość siły wypadkowej wprawiającej nasz obiekt w ruch, jesteśmy w stanie wyznaczyć wartość przyspieszenia, z jakim sanki wraz z dzieckiem poruszają się po zboczu górki. Wykorzystamy w tym celu II zasadę dynamiki:

$$a = \frac{F_w}{M} = \frac{Mg\sin\alpha - T}{M}\ .$$

Wyznaczenie czasu, po którym nasz saneczkarz znajdzie się u podstawy górki, wymaga zastosowania wzoru opisującego drogę przebytą w ruchu jednostajnie przyspieszonym:

$$L = \frac{a_w t^2}{2}.$$

Możemy stąd wyznaczyć czas ruchu:

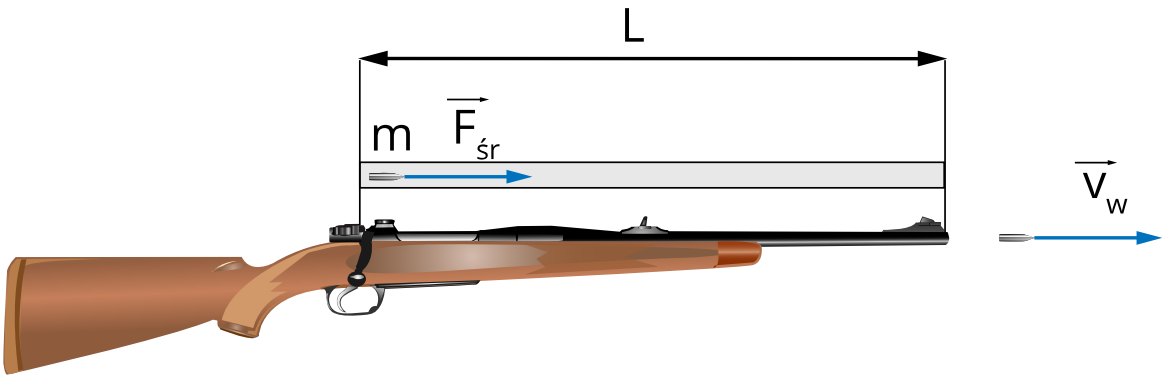
$$t = \sqrt{\frac{2L}{a_w}}$$

i - wykorzystując wielkości podane w treści zadania - otrzymujemy wzór końcowy określający poszukiwany czas:

$$t = \sqrt{\frac{2LM}{Mg\sin\alpha - T}}\ .$$

Przykład 3.

Wyznacz prędkość wylotową pocisku $\vec{v}_w$ o masie m z lufy karabinu o długości L. Na pocisk w lufie działa średnia siła wprawiająca go w ruch $\vec{F}_{śr}$.



Rys. 3. Pocisk poruszający się w lufie karabinu.

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Rozwiązanie:

Wyznaczenie prędkości wylotowej pocisku wymaga znajomości wartości przyspieszenia, jakiego doznaje on podczas wystrzału. Wiemy, że średnia siła działająca na pocisk to $\vec{F}_{śr}$. Wykorzystując II zasadę dynamiki możemy wyznaczyć wartość przyspieszenia pocisku $\vec{a}$:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}_{śr}}{m}.$$

Wiedząc, że prędkość początkowa pocisku w lufie przed wystrzałem była równa zero, wyznaczmy czas, w którym znajdoweł się on wewnątrz lufy. Jest to czas, w którym poruszał się ruchem jednostajnie przyspieszonym, nabierając prędkości od wartości 0 do v_w. W tym celu posłużymy się wzorem opisującym drogę przebytą przez ciało w ruchu jednostajnie przyspieszonym (z zerową prędkością początkową):

$$L = \frac{at^2}{2},$$

skąd

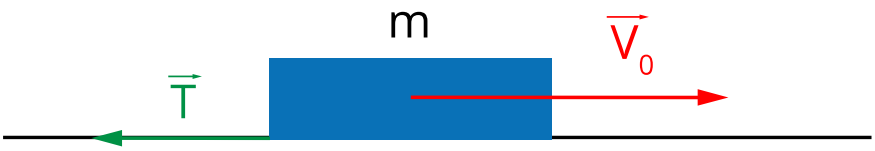
$$t = \sqrt{\frac{2L}{a}} = \sqrt{\frac{2mL}{F_{śr}}}.$$

A mając czas, w którym pocisk poruszał się ruchem jednostajnie przyspieszonym, możemy wyznaczyć szukaną wartość prędkości wylotowej:

$$v_w = at = \sqrt{\frac{2F_{śr}L}{m}}.$$

Przykład 4.

Zastanówmy się nad jeszcze jednym zagadnieniem. Jaką drogę przebędzie klocek o masie m poruszający się ruchem jednostajnie opóźnionym po płaskiej powierzchni do momentu, aż się zatrzyma. Klocek początkowo porusza się z prędkością v_0. W chwili $t_0 = 0$ zaczyna działać na niego siła hamująca (tarcie) $\vec{T}$.



Rys. 4. Klocek przesuwający się po poziomej powierzchni w obecności niezrównoważonej siły tarcia.
Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Rozwiązanie:

Podobnie jak w każdym zadaniu, którego celem jest opis parametrów ruchu pod wpływem działania sił, należy znaleźć siłę wypadkową. W tym przypadku siła wypadkowa jest równa po prostu sile tarcia. Skutkiem jej obecności zgodnie z II zasadą dynamiki jest nadanie ciału pewnego przyspieszenia. Zwrot wektora siły tarcia jest jednak przeciwny względem zwrotu wektora prędkości, wobec czego przyspieszenie wyznaczone ze wzoru

$$\vec{a} = \frac{\vec{T}}{m}.$$

intepretujemy jako opóźnienie. Korzystając z definicji przyspieszenia $\vec{a} = \frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = \frac{\vec{v}_k - \vec{v}_0}{t_k - t_0}$ możemy wyznaczyć czas, w którym odbywać się będzie ruch klocka:

$$t = \frac{v_0}{a}.$$

Pamiętając o tym, że jest to ruch jednostajnie opóźniony, wyznaczamy drogę, jaką przebędzie klocek do zatrzymania. Wykorzystamy w tym celu wzór opisujący drogę przebytą w ruchu jednostajnie opóźnionym z prędkością początkową:

$$s(t) = v_0 t - \frac{at^2}{2}.$$

Co, po wykorzystaniu wielkości podanych w treści zadania, daje wynik w postaci

$$s(t) = \frac{v_0^2 m}{2T}.$$

W powyższych przykładach przeanalizowaliśmy kilka podstawowych zagadnień, w których wyznaczaliśmy parametry ruchu ciała pod wpływem przyłożonych do niego sił. W każdym z nich zwiększaliśmy poziom trudności poprzez dołożenie kolejnego parametru. Na początku wyznaczyliśmy przyspieszenie jako skutek działania sił. Następnie przeanalizowaliśmy, jak długo odbywać się będzie ruch, by pokazać efekt końcowy w postaci zmiany prędkości lub przebytej drogi.

Słowniczek

siła wypadkowa

(ang. *resultant force*) suma (wektorowa) wszystkich sił działających w rozpatrywanym układzie.

II zasada dynamiki Newtona

(ang. *Newton's second law*) – przyspieszenie $\vec{a}$, jakie nadaje niezrównoważona siła $\vec{F}$ ciału o masie m, jest wprost proporcjonalne do tej siły, a odwrotnie proporcjonalne do masy ciała: $\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$.

Symulacja interaktywna

Sprawdź i zaobserwuj

Dobierz parametry i sprawdź, jak będzie poruszał się klocek. Zwróć również uwagę, na jaką odległość przesunie się klocek.

Zasób interaktywny dostępny pod adresem https://zpe.gov.pl/a/D127MzupY

Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

> **Polecenie 1**
> Wyobraź sobie, że klocek z symulacji porusza się ze stałą prędkością. Która siła jest większa? Ta, która wprawia klocek w ruch, czy może siła tarcia? Odpowiedź uzasadnij.

> **Polecenie 2**
> A teraz załóż, że klocek porusza się ruchem przyspieszonym. Która siła jest większa? Ta, która wprawia klocek w ruch, czy może siła tarcia? Odpowiedź uzasadnij.

Wspólna treść do poleceń 3, 4 i 5

W symulacji nastawiasz wartości następujących zmiennych: F - siły wywołującej ruch klocka, T - siły tarcia klocka o podłoże, v_0 - początkowej prędkości klocka, m - masy

klocka.

W rezultacie uzyskujesz jedną z czterech możliwych sytuacji, różniących się charakterem ruchu klocka:

1. Klocek nie zostaje wprawiony w ruch
2. Klocek przemieszcza się i zatrzymuje się po czasie t, przebywszy drogę s.
3. Klocek przemieszcza się ze stałą prędkością, równą v_0.
4. Klocek przemieszcza się ze zmienną prędkością, o rosnącej wartości.

Polecenie 3

Polecenie 4

Polecenie 5

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:

Ćwiczenie 1

Ćwiczenie 2

Ćwiczenie 3

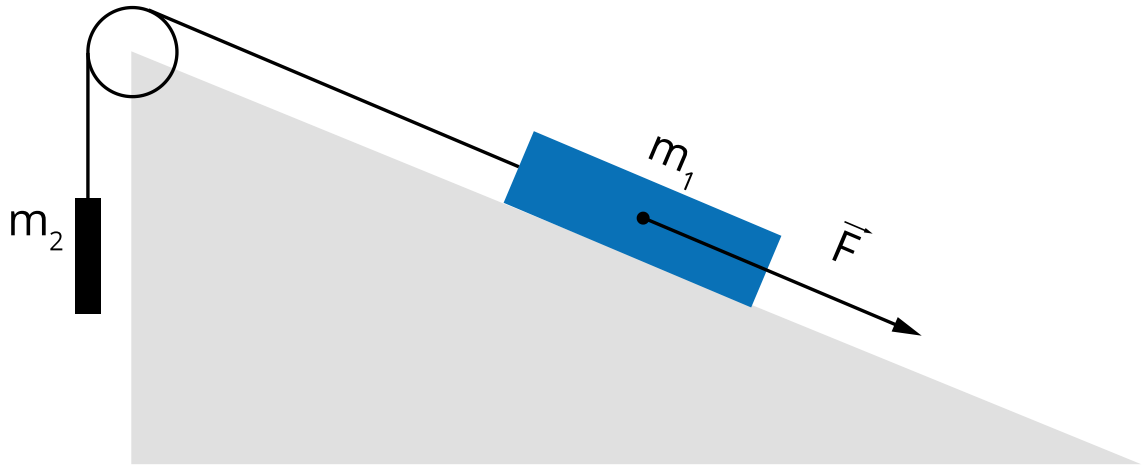
Ćwiczenie 4

Ćwiczenie 5

Ćwiczenie 6

Ćwiczenie 7

Na równi pochyłej początkowo spoczywa klocek o masie $m_1 = 4\,\mathrm{kg}$, na który działa siła styczna do równi o wartości $F = 20\,\mathrm{N}$ oraz siła tarcia o wartości $T = 2\,\mathrm{N}$. Do klocka przyczepiony jest nierozciągliwy sznurek o pomijalnej masie, przewieszony przez wierzchołek równi. Do sznurka podwieszony jest ciężarek o masie $m_2 = 1\,\mathrm{kg}$, jak na rysunku poniżej:



Źródło: Politechnika Warszawska, Wydział Fizyki, licencja: CC BY 4.0.

Ćwiczenie 8

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Bartłomiej Klus
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	**Badanie zachowania ciał pod wpływem przyłożonych sił**
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: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi; 15) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. II. Mechanika. Uczeń: 6) stosuje zasady dynamiki do opisu zachowania się ciał. **Zakres rozszerzony** **Treści nauczania – wymagania szczegółowe** I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 4) przeprowadza obliczenia liczbowe posługując się kalkulatorem; 6) tworzy teksty, tabele, diagramy lub wykresy, rysunki schematyczne lub blokowe dla zilustrowania zjawisk bądź problemu; właściwie skaluje, oznacza i dobiera zakresy osi; 19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu. 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. wymieni parametry ruchu ciała, jakie mogą ulec zmianie pod wpływem przyłożonych do niego sił, 2. określi warunki, które muszą być spełnione, aby ciało zostało wprawione w ruch lub aby zostało zatrzymane, 3. rozróżni siły wywołujące ruch i siły hamujące, 4. zastosuje zdobytą wiedzę do rozwiązania problemów pojęciowych i rachunkowych.
Strategie nauczania:	IBSE (Inquiry-Based Science Education - nauczanie/uczenie się przez odkrywanie/dociekanie naukowe)
Metody nauczania:	- burza mózgów, - pokaz multimedialny, - analiza pomysłów, - poszukująca.
Formy zajęć:	- praca w grupach, - praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	Komputery dla każdej grupy uczniów, symulacja obrazująca zmianę parametrów ruchu ciała pod wpływem przyłożonych do niego sił - Zestaw zadań.
Materiały pomocnicze:	
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
- Zaciekawienie uczniów (wg e-materiału). - Uzgodnienie z uczniami celów do osiągnięcia na lekcji. - Rozpoznanie wiedzy wyjściowej uczniów i nawiązanie do tej wiedzy z zakresu wpływu przyłożonych do ciała sił na jego parametry ruchu (przyspieszenie, jakiego doznaje ciało, prędkość, z jaką się porusza, droga, jaką przebędzie oraz czas ruchu).	
Faza realizacyjna:	

- Uczniowie w grupie zapoznają się z symulacją opisującą zachowanie się ciała pod wpływem przyłożonych do niego sił. - Uczniowie w grupie analizują - w formie burzy mózgów - zagadnienie wpływu przyłożonych do ciała sił na jego parametry ruchu. - Uczniowie indywidualnie otrzymują zestaw zadań, które rozwiązują samodzielnie (zadania 1, 2, 3, 4, 5 z zestawu ćwiczeń). Nauczyciel pełni rolę doradcy, obserwuje pracę uczniów i w razie potrzeby udziela wskazówek i podpowiedzi. Nauczyciel podsumowuje pracę grup, prosząc o krótkie relacje, w celu sprawdzenia wiedzy i umiejętności zdobytych w trakcie zajęć.	
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 rozwiązując w domu zadania nr: 6, 7 oraz 8 z zestawu ćwiczeń.	
Wskazówki metodyczne opisujące różne zastosowania danego multimedium:	Symulacja powinna zostać wykorzystana w trakcie lekcji, wraz z dyskusją na temat wpływu przyłożonych do ciała sił na jego parametry ruchu. Nauczyciel może również zlecić uczniom zapoznanie się z symulacją przed lekcją, a na lekcji przeprowadzić dyskusję. Zadania z zestawu ćwiczeń od 1 do 5 powinny zostać rozwiązane i omówione na lekcji. Zadania 6-8 mogą stanowić pracę domową.