



Jak definiuje się siłę wypadkową?

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Grafika interaktywna](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)

Jak definiuje się siłę wypadkową?

Czy to nie ciekawe?

Czy spotkaliście się kiedyś z sytuacją, w której próbowaliście coś podnieść lub przesunąć i okazało się, że przedmiot ten jest zbyt ciężki? W celu wykonania zamierzonej czynności musieliście poprosić o pomoc. W tym materiale dowiesz się, jak zdefiniować siłę wypadkową działającą na ciało, która pozwoli np. na wprawienie ciała w ruch.

Rys. a. Demonstracja siły

Twoje cele

- dowiesz się, jak definiuje się siłę wypadkową;
- wyznaczysz wartość siły wypadkowej;
- przeanalizujesz przykłady, w których siły składowe działają w tym samym lub różnych kierunkach.

Przeczytaj

Warto przeczytać

Siła jest wielością wektorową, charakteryzowaną przez kierunek, zwrot oraz wartość. W otaczającym nas świecie zwykle nie występują przykłady zdarzeń, w których na ciało działa wyłącznie jedna siła. Istnieje zatem konieczność zdefiniowania wielkości nazywanej siłą wypadkową \vec{F}_{wyp} , będącej sumą wektorową wszystkich sił \vec{F}_i , działających na ciało. Poszczególne siły działające na ciało nazywamy siłami składowymi.

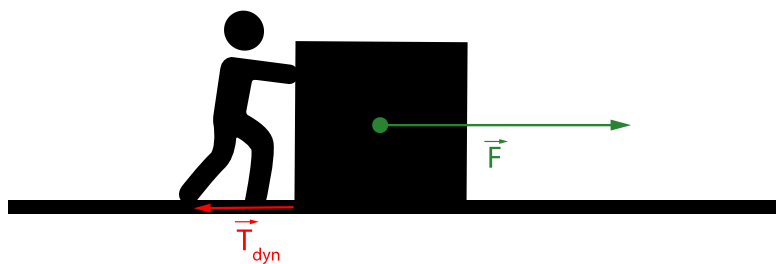
$$\vec{F}_{\text{wyp}} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_n .$$

Jeżeli wartość siły wypadkowej jest większa niż zero, to skutkiem jej działania jest zmiana prędkości ciała.

Przeanalizujemy kilka przykładów, w których zaprezentujemy siłę wypadkową działającą na ciało.

Przykład 1.

Wyobraźmy sobie drewnianą skrzynię, którą przesuwa chłopiec z siłą \vec{F} (Rys. 1.). Na poruszającą się skrzynię działa również siła tarcia dynamicznego \vec{T}_{dyn} . Wyznamy siłę wypadkową \vec{F}_{wyp} działającą na skrzynię.



Rys. 1. Chłopiec przesuwa skrzynię. Zielona strzałka to siła, z którą chłopiec działa na skrzynię, czerwona pokazuje siłę tarcia skrzyni o podłoże

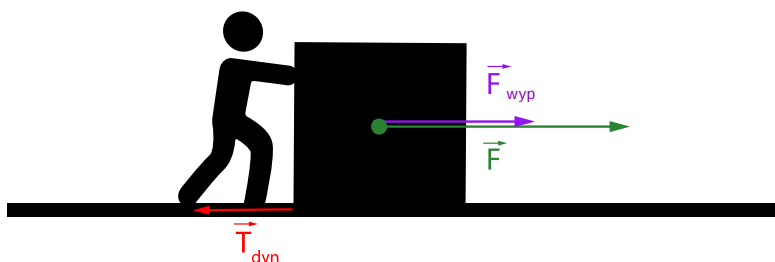
Siła wypadkowa jest sumą wektorów sił składowych, którą możemy zapisać w postaci:

$$\vec{F}_{\text{wyp}} = \vec{F} + \vec{T}_{\text{dyn}} .$$

Po uwzględnieniu zwrotów wektorów sił składowych możemy wyznaczyć również wartość siły wypadkowej.

$$|\vec{F}_{\text{wyp}}| = |\vec{F}| - |\vec{T}_{\text{dyn}}|.$$

Siła wypadkowa, tak samo jak każda siła, może zostać przedstawiona w postaci wektora.



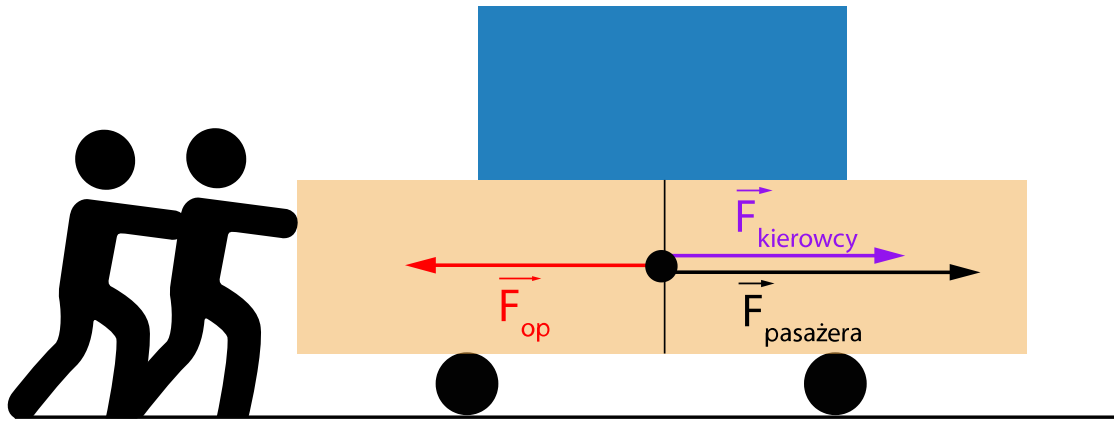
Rys. 2. Chłopiec przesuwający skrzynię. Na niebiesko zaznaczono siłę wypadkową

W analizowanym przykładzie rozpatrujemy zjawisko, w którym siły składowe działają w tym samym kierunku, ale ich zwroty są przeciwne. Długość wektora siły wypadkowej jest w tym przypadku równa odpowiedniej różnicy długości wektorów sił składowych. Zauważmy, że siła wypadkowa działająca na skrzynię jest niezerowa - skutkiem jej działania jest zatem wzrost prędkości, z jaką porusza się skrzynia.

W zaprezentowanym przykładzie mieliśmy do czynienia z dwiema siłami działającymi na ciało. Nietrudno jednak wyobrazić sobie przykład, w którym na ciało działają więcej niż dwie siły. Przeanalizujmy przykład, w którym przesuwane jest coś cięższego niż skrzynia.

Przykład 2.

Podczas jazdy samochodem po drodze kierowca wraz z pasażerem zauważają, że w ich aucie pojawiła się usterka. Kierowca niezwłocznie zatrzymał samochód, jednak nieopatrznie uczynił to na środku jezdni. Kierowca wraz z pasażerem postanowili zepchnąć samochód na pobocze, ale okazało się, że jest on zbyt ciężki, by którykolwiek z nich dokonał tego samodzielnie. Postanowili zatem razem zepchnąć auto, aby nie stanowiło zagrożenia dla innych uczestników ruchu. Sytuacja ta przedstawiona została na rysunku poniżej (Rys. 3.).



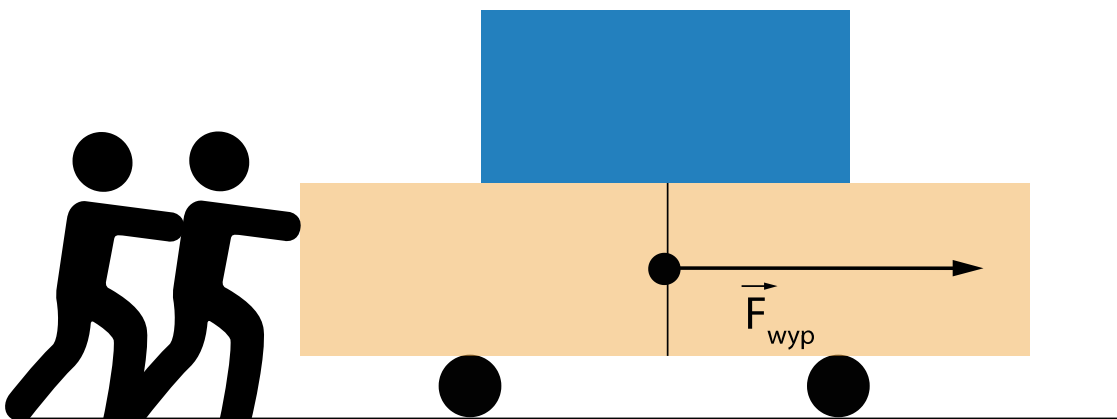
Rys. 3. Kierowca i pasażer wspólnymi siłami spychają samochód na pobocze

Gdzie: $\vec{F}_{\text{kierowcy}}$ oraz $\vec{F}_{\text{pasażera}}$ są siłami, które wprawiają samochód w ruch. Natomiast \vec{F}_{op} stanowi **siłę oporu**, jaką stawia auto. Siłę wypadkową \vec{F}_{wyp} działającą na samochód ponownie zapisujemy w postaci sumy wektorowej sił składowych.

$$\vec{F}_{\text{wyp}} = \vec{F}_{\text{kierowcy}} + \vec{F}_{\text{pasażera}} + \vec{F}_{\text{op}} .$$

Wartość tej siły wyznaczamy, uwzględniając zwroty poszczególnych sił (Rys. 4).

$$|\vec{F}_{\text{wyp}}| = |\vec{F}_{\text{kierowcy}}| + |\vec{F}_{\text{pasażera}}| - |\vec{F}_{\text{op}}| .$$

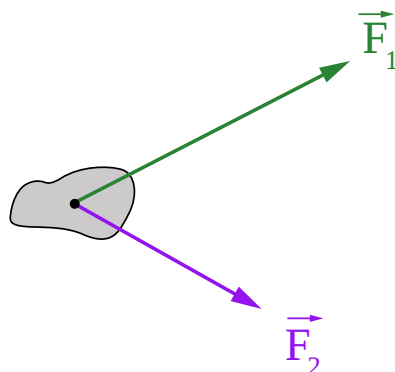


Rys. 4. Siła wypadkowa, z jaką udało się zepchnąć samochód

W obu zaprezentowanych przykładach mieliśmy do czynienia z siłami składowymi działającymi w tym samym kierunku. Przeanalizujmy jeszcze jeden - trudniejszy - przypadek, w którym kierunki sił składowych będą różne.

Przykład 3.

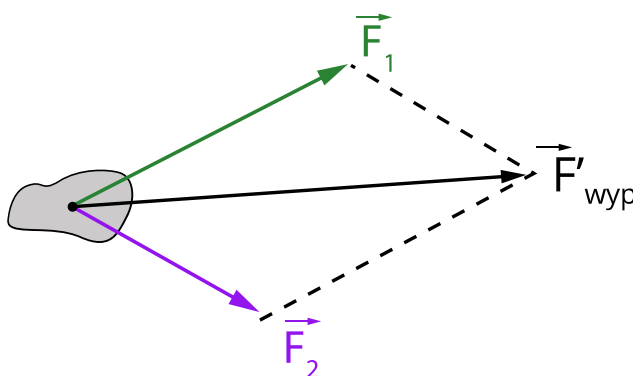
Na betonowej podłodze znajduje się worek z piaskiem, który ciągnięty jest przez dwóch chłopców idących w różnych kierunkach. Chłopcy działają na worek siłami \vec{F}_1 oraz \vec{F}_2 , wprawiając go w ruch jednostajny po linii prostej.



Rys. 5. Siły, z jakimi chłopcy ciągną worek po betonie

Z treści zadania wynika, że wartość siły wypadkowej jest równa zero, ponieważ worek przesuwany jest ze stałą prędkością (zgodnie z [pierwszą zasadą dynamiki Newtona](#)). Przeanalizujemy tę sytuację.

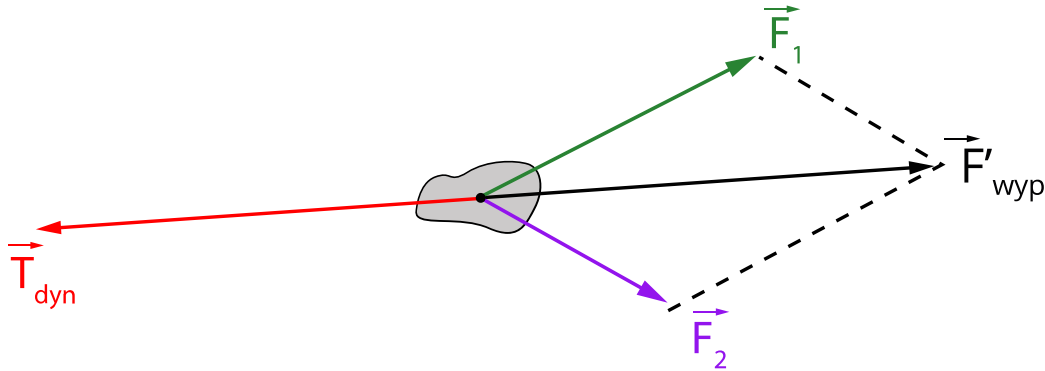
Wyznamy najpierw siłę wypadkową \vec{F}'_{wyp} wynikającą z oddziaływania na worek sił \vec{F}_1 i \vec{F}_2 , tj. początkowo nie uwzględniamy siły tarcia dynamicznego, ponieważ nie znamy jej kierunku (Rys. 5.). Ale skoro ruch jest jednostajny, wywnioskujemy, że kierunek ten będzie zgodny z kierunkiem siły \vec{F}'_{wyp} .



Rys. 6. Wypadkowa sił, z którymi chłopcy ciągną worek

Wektor siły \vec{F}'_{wyp} wyznaczamy w sposób graficzny, dodając wektory \vec{F}_1 oraz \vec{F}_2 metodą równoległoboku (więcej na temat tej metody w e-materiale „W jaki sposób wyznaczyć graficznie siłę wypadkową dla sił działających w dowolnych kierunkach?”).

Po wyznaczeniu siły \vec{F}'_{wyp} możemy narysować siłę tarcia dynamicznego \vec{T}_{dyn} , wiedząc, że będzie ona przeciwdziałać ruchowi worka z piaskiem, a jej wartość będzie równa $|\vec{F}'_{\text{wyp}}|$ (Rys. 6.).



Rys. 7. Uwzględnienie siły tarcia dynamicznego, tak aby jej suma z poprzednio wyznaczoną dała zero

Siłę wypadkową \vec{F}'_{wyp} działającą na przesuwany worek z piaskiem zapisujemy jako

$$\vec{F}'_{\text{wyp}} = \vec{F}'_{\text{wyp}} + \vec{T}_{\text{dyn}} .$$

Ponieważ ruch worka z piaskiem jest jednostajny, z I zasady dynamiki wnioskujemy, że siła tarcia równoważy sumę sił, które przykładają chłopcy. Zatem

$$|\vec{F}'_{\text{wyp}}| = |\vec{F}'_{\text{wyp}}| - |\vec{T}_{\text{dyn}}| = 0 .$$

Słowniczek

I zasada dynamiki Newtona

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

Siła oporu powietrza

siła, której wartość rośnie wraz z prędkością, z jaką - względem powietrza - porusza się ciało. Jest to siła przeciwdziałająca ruchowi ciała, niezależnie od kierunku ruchu.

Grafika interaktywna

Jak definiuje się siłę wypadkową?




Obejrzyj grafikę interaktywną przedstawiającą poszczególne fazy skoku spadochronowego. Poznaj wszystkie trzy etapy, czyli fazę skoku, spadek swobodny oraz opadanie z otwartą czaszą spadochronu.

Polecenie 1

Rozważ ruch spadochroniarza spadającego pod wpływem siły ciężkości. Działają na niego dwie siły: grawitacji i oporu (pomijając znikomą siłę wyporu). Skierowana pionowo w dół siła ciężkości pozostaje stała, niezależnie od prędkości ruchu skoczka. Jednakże wraz ze wzrostem prędkości spadochroniarza rośnie siła oporu tak długo, dopóki nie zrówna się ona co do wartości z jego ciężarem. Wówczas siła wypadkowa będzie równa 0. Zgodnie z pierwszą zasadą dynamiki Newtona zerowa siła wypadkowa oznacza, że ruch spadochroniarza będzie jednostajny (nie występuje przyspieszenie). To z kolei oznacza, że skoczek osiągnął prędkość graniczną.

Spadochroniarz pikujący głową w dół (minimalizujący powierzchnię, na którą działa siła oporu), osiąga prędkość graniczną równą ok. 350 km/h. W pozycji poziomej z rozpostartymi kończynami („na orła”) prędkość ta maleje do ok. 200 km/h. Wyjaśnij to.

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



TU BŁĘDY W || - nie wyświetla się.

Ćwiczenie 5



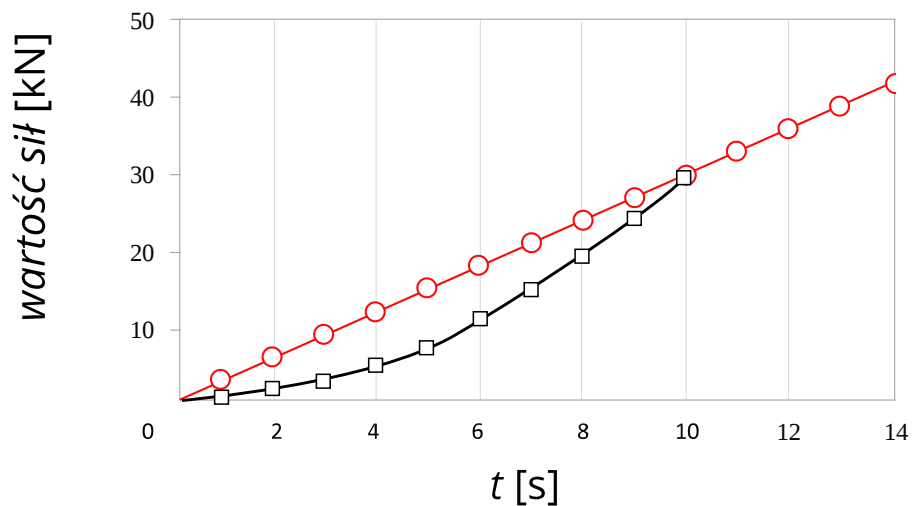
Ćwiczenie 6



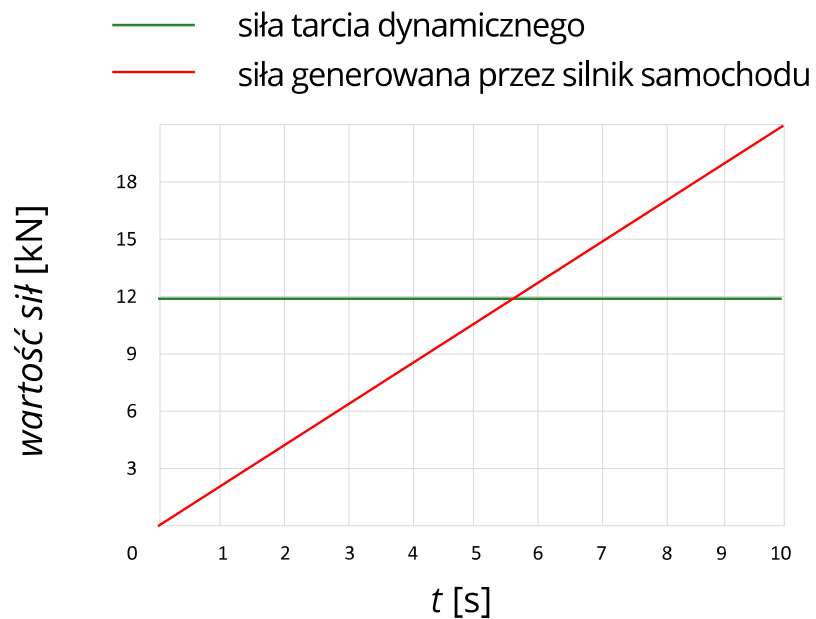
Ćwiczenie 7



—□— siła tarcia dynamicznego
—○— siła generowana przez silnik samochodu



Ćwiczenie 8



Na wykresie przedstawiono wartości sił tarcia dynamicznego oraz siły generowanej przez silnik samochodu w funkcji czasu. W której sekundzie wartość siły wypadkowej działającej na samochód wynosić będzie 6 kN, w sytuacji gdy samochód porusza się?

Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Bartłomiej Klus
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	Jak definiuje się siłę wypadkową?
Grupa docelowa:	II etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres podstawowy i rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia – wymagania ogólne II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres podstawowy Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 5) rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne; 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: 5) wyznacza graficznie siłę wypadkową dla sił działających w dowolnych kierunkach na płaszczyźnie.</p> <p>Zakres rozszerzony Treści nauczania – wymagania szczegółowe I. Wymagania przekrojowe. Uczeń: 5) rozróżnia wielkości wektorowe i skalarne, wykonuje graficznie działania na wektorach (dodawanie, odejmowanie, rozkładanie na składowe); 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: 12) wyznacza graficznie siłę wypadkową dla sił działających w dowolnych kierunkach na płaszczyźnie.</p>

Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenia Parlamentu Europejskiego i Rady UE z 2018 r.:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. definiuje siłę wypadkową; 2. rozumie, w jaki sposób wyznaczyć wartość siły wypadkowej; 3. stosuje 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:	grafika interaktywna na temat siły wypadkowej, na przykładzie skoku spadochronowego; zestaw zadań
Materiały pomocnicze:	e-materiał: „Jak definiuje się siłę wypadkową?”
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<p>Uczniowie zapoznają się z treścią e-materiału i dyskutują na temat sił składowych oraz siły wypadkowej.</p> <p>Uczniowie zapoznają się z grafiką interaktywną dołączoną do e-materiału.</p>	
Faza realizacyjna:	
<p>Uczniowie, w grupach, rozwiązują zadania 1, 2, 3, 5, 8 z zestawu ćwiczeń. Nauczyciel pełni rolę doradcy, obserwuje pracę uczniów i w razie potrzeby udziela wskazówek i odpowiedzi.</p> <p>Nauczyciel podsumowuje pracę grup, prosząc o krótkie relacje.</p>	
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: 4, 6, 7.

**Wskazówki
metodyczne
opisujące różne
zastosowania danego
multimedium**

Multimedium bazowe może być wykorzystane przed lub po lekcji.