



I zasada termodynamiki a szczególne przemiany gazu doskonałego

- [Wprowadzenie](#)
- [Przeczytaj](#)
- [Film samouczek](#)
- [Sprawdź się](#)
- [Dla nauczyciela](#)



I zasada termodynamiki a szczególne przemiany gazu doskonałego

Czy to nie ciekawe?

I zasada termodynamiki wynika z zasady zachowania energii - jednej z ogólnych zasad zachowania, znanych w przyrodzie. Musi być więc także spełniona we wszystkich możliwych przemianach gazu doskonałego. W tym materiale sprawdzisz, jak I zasadę termodynamiki można zastosować do analizy przemian gazowych: izotermicznej, izobarycznej, izochorycznej i adiabatycznej.

Twoje cele

- dowiesz się, o czym mówi I zasada termodynamiki,
- zrozumiesz, dlaczego I zasada termodynamiki jest formą prawa zachowania energii,
- zrozumiesz, że energia wewnętrzna w przemianie izotermicznej pozostaje stała,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz zależność między ciepłem i pracą w przemianie izotermicznej,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz zależność między zmianą energii wewnętrznej i pracą w przemianie adiabatycznej,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz zależność między zmianą energii wewnętrznej i ciepłem w przemianie izochorycznej,
- przeanalizujesz i zinterpretujesz zależność między ciepłem, pracą i zmianą energii wewnętrznej w przemianie izobarycznej.

Przeczytaj

Warto przeczytać

I zasada termodynamiki określa sposoby zmiany **energii wewnętrznej układu**.

Zmiana energii wewnętrznej układu ΔU równa jest sumie ciepła przekazanego do układu Q i pracy W wykonanej nad układem przez siłę zewnętrzną.

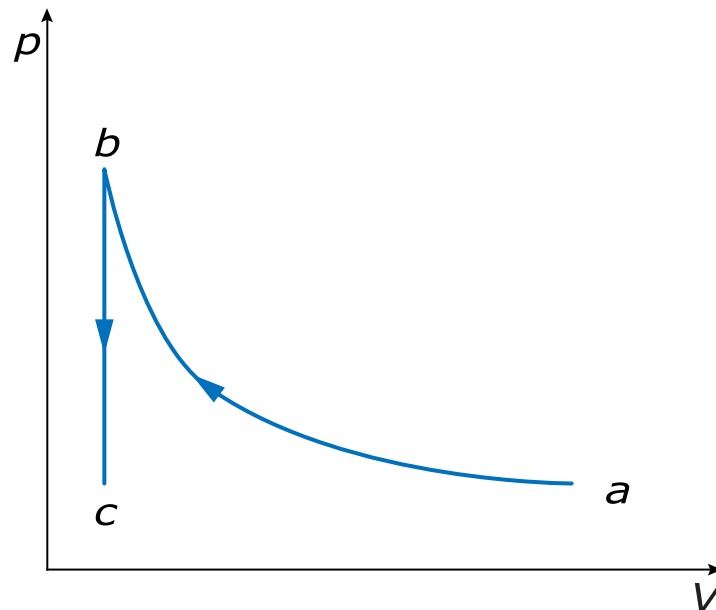
$$\Delta U = Q + W$$

Ciepło dostarczone do układu jest dodatnie i powoduje zwiększenie energii wewnętrznej. **Ciepł**o oddane przez układ jest ujemne i przyczynia się do zmniejszenia energii wewnętrznej.

W przypadku sprężania gazu praca wykonana przez siłę zewnętrzną jest dodatnia, bo siła ma zwrot zgodny ze zwrotem przesunięcia (np. tłoka). Dodatnia praca zwiększa energię wewnętrzną. Gdy gaz rozpręża się, siła zewnętrzna ma zwrot przeciwny niż przesunięcie, więc praca siły zewnętrznej jest ujemna i przyczynia się do zmniejszenia energii wewnętrznej.

Warunkiem kontrolowanego przebiegu sprężania lub rozprężania gazu jest równoważenie się siły zewnętrznej, która dąży do zmniejszenia objętości z siłą parcia gazu powodującą zwiększanie się objętości. Siła zewnętrzna jest równa co do wartości sile parcia gazu i przeciwnie skierowana. Przykładem niekontrolowanego przebiegu przemiany jest wystrzelenie korka od szampana.

Rozważmy następujący problem: początkowo gaz doskonały sprężono izotermicznie od stanu a do stanu b , a następnie oziębiono przy stałej objętości V od stanu b do stanu c (Rys. 1.).



Rys. 1. Gaz doskonały poddano kolejno przemianom: izotermicznej ab i izochorycznej bc

Przeanalizuj następujące problemy:

1. Jak zmieniła się energia wewnętrzna w przemianach ab i bc ?
2. Czy w przemianach ab i bc ciepło zostało pobrane czy oddane przez układ?
3. Jaki znak miała praca wykonana w przemianach ab i bc ?

Rozważ też, jak odpowiedzieć na powyższe pytania w przypadku, gdy przemiany przebiegają odwrotnie, od stanu c do stanu b i dalej do stanu a .

W przemianie izotermicznej ab temperatura pozostaje stała. Temperatura jest miarą średniej energii kinetycznej przypadającej na jedną cząsteczkę, a energia wewnętrzna jest sumą energii wszystkich cząsteczek gazu. Dla gazu doskonałego energia wewnętrzna zależy tylko od temperatury i liczby cząsteczek. Wynika z tego, że w przemianie izotermicznej ab energia wewnętrzna nie zmienia się, $\Delta U = 0$. I zasadę termodynamiki możemy zapisać:

$$0 = Q + W$$

Jeśli suma dwóch wielkości równa jest zeru, to muszą one mieć takie same wartości bezwzględne i przeciwne znaki. Aby gaz mógł być sprężony, siła zewnętrzna musi wykonać pracę nad układem. Praca W jest więc dodatnia: $W > 0$. Ciepło Q musi zatem być ujemne: $Q < 0$. Układ oddaje ciepło do otoczenia. Możemy to zapisać:

$$|Q| = W$$

Podczas izotermicznego sprężania gazu ciepło oddane przez układ równe jest co do wartości bezwzględnej pracy wykonanej nad układem.

Jeśli izotermiczna przemiana ab przebiegałaby w przeciwną stronę od stanu b do stanu a (rozprężanie gazu), praca W byłaby ujemna, a ciepło Q dodatnie. Związek pomiędzy tymi wielkościami zapisalibyśmy jako:

$$Q = |W|$$

Podczas izotermicznego rozprężania gazu ciepło pobrane przez układ równe jest co do wartości bezwzględnej pracy.

Następna przemiana, bc , jest przemianą izochoryczną, w której ciśnienie maleje. Objętość nie zmienia się, więc praca równa jest zeru, $W = 0$. I zasada termodynamiki sprowadza się do prostej postaci:

$$\Delta U = Q$$

Jak to interpretować? Jeśli ciśnienie zmalało, to temperatura również musiała się zmniejszyć, bo w przemianie izochorycznej ciśnienie jest wprost proporcjonalne do temperatury, $\frac{p}{T} = \text{const}$. Aby zrealizować taką przemianę, należy oziębic gaz, czyli odebrać od układu **ciepło**. Ciepło Q jest więc ujemne $Q < 0$, a tym samym zmiana energii wewnętrznej też jest ujemna $\Delta U < 0$, co oznacza, że energia wewnętrzna zmalała.

Podczas izochorycznego oziębienia gazu ciepło oddane przez układ równe jest zmniejszeniu się energii wewnętrznej.

Gdyby gaz był ogrzewany przy stałej objętości (przemiana przebiegałaby w kierunku od stanu c do stanu b), to energia wewnętrzna zwiększyłaby się o tyle, ile ciepła dostarczono by do układu.

Podczas izochorycznego ogrzewania gazu ciepło pobrane przez układ równe jest przyrostowi energii wewnętrznej.

Możemy teraz odpowiedzieć na postawione pytania.

Dla obu przemian ab i bc :

1. W przemianie izotermicznej ab zmiana energii wewnętrznej równa jest zeru $\Delta U_{ab} = 0$, w przemianie izochorycznej bc jest ujemna $\Delta U_{bc} < 0$. Całkowita zmiana energii $\Delta U_{abc} = \Delta U_{ab} + \Delta U_{bc}$ również jest ujemna: $\Delta U_{abc} < 0$. Energia wewnętrzna zmalała.
2. W przemianie izotermicznej ab gaz oddał ciepło: $Q_{ab} < 0$, w przemianie izochorycznej bc gaz również oddał ciepło: $Q_{bc} < 0$. Całkowite ciepło w przemianach ab i bc $Q_{abc} = Q_{ab} + Q_{bc}$ jest więc także ujemne: $Q_{abc} < 0$.
3. Podczas izotermicznego sprężania ab praca W_{ab} jest dodatnia: $W_{ab} > 0$. W przemianie izochorycznej bc praca jest równa zeru: $W_{bc} = 0$. Całkowita praca w przemianach ab i bc $W_{abc} = W_{ab} + W_{bc} = W_{ab}$ jest więc także dodatnia $W_{abc} > 0$.

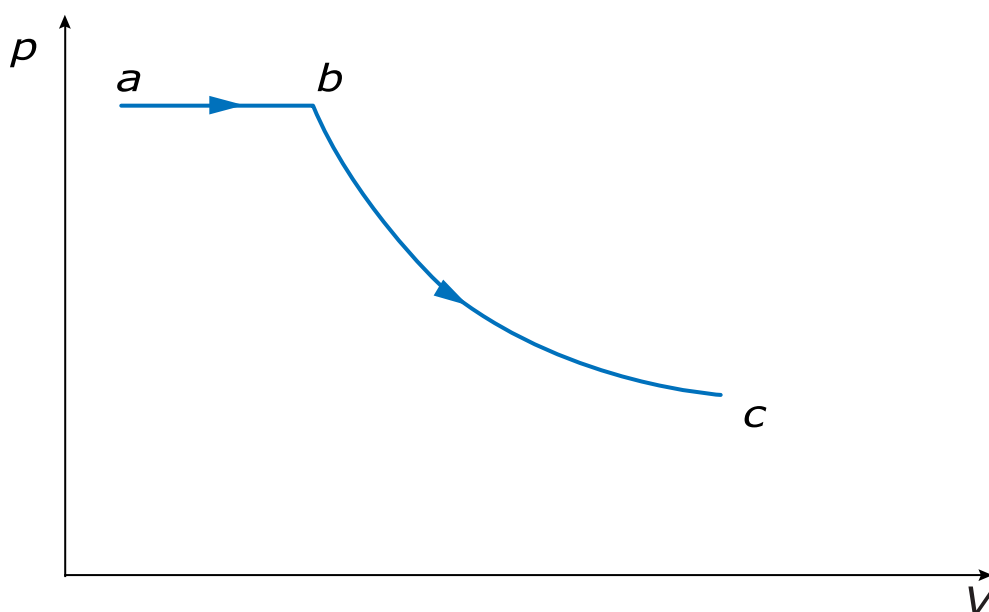
Podsumowując, w wyniku przemian ab i bc gaz stracił energię wewnętrzną, do czego przyczyniło się ciepło oddane przez gaz w przemianie bc , pomimo pracy wykonanej nad gazem przez otoczenie.

I zasadę termodynamiki dla obu kolejnych przemian abc można zapisać:

$$\Delta U_{abc} = W_{ab} + Q_{ab} + Q_{bc}$$

gdzie oba ciepła są ujemne zaś W_{ab} jest dodatnia.

Przeanalizujmy teraz następujące kolejne przemiany abc (Rys. 2): najpierw gaz rozprężono przy stałym ciśnieniu (przemiana ab), a następnie rozprężono adiabatycznie (przemiana bc).



Rys. 2. Gaz doskonały poddano kolejno przemianom: izobarycznej ab i adiabatycznej bc

Zastanów się, jak odpowiedzieć na pytania:

1. Jak zmieniła się energia wewnętrzna w przemianach ab i bc ?
2. Czy w przemianach ab i bc ciepło zostało pobrane czy oddane przez układ?
3. Jaki znak miała praca wykonana w przemianach ab i bc ?

Rozważ również przemiany przebiegającą odwrotnie, od stanu c do stanu b i dalej do stanu a .

W przemianie izobarycznej ab ciśnienie pozostaje stałe. Z wykresu widzimy, że wzrosła objętość gazu. Wiemy, że w przemianie izobarycznej objętość jest wprost proporcjonalna do temperatury, $\frac{V}{T} = const$. Temperatura w tej przemianie również wzrosła. Energia wewnętrzna jest zależna od temperatury i wzrost temperatury oznacza wzrost energii wewnętrznej: $\Delta U > 0$. Jednocześnie podczas rozprężania siła zewnętrzna wykonała pracę ujemną, $W < 0$. Aby przy ujemnej pracy zmiana energii wewnętrznej była dodatnia, ciepło

musi być dodatnie $Q > 0$, a więc ciepło zostało pobrane przez układ. Wartość tego ciepła musiała przewyższać bezwzględną wartość wykonanej pracy:

$$Q > |W|$$

Podczas izobarycznego ogrzewania zmiana energii wewnętrznej gazu równa jest sumie dodatniego ciepła i ujemnej pracy. Energia wewnątrz gazu rośnie.

Czy potrafisz rozstrzygnąć, czy ΔU , Q i W są dodatnie czy ujemne dla izobarycznego oziębiania gazu? W takim przypadku maleje temperatura i co za tym idzie energia wewnętrzna, $\Delta U < 0$. Objętość zmniejsza się, więc praca wykonana nad układem jest dodatnia, $W > 0$. Ciepło musi więc być ujemne $Q < 0$, czyli gaz oddaje ciepło. Wartość bezwzględna tego ciepła musi przewyższać wykonaną pracę:

$$|Q| > W$$

Podczas izobarycznego oziębiania gazu zmiana energii wewnętrznej gazu równa jest sumie ujemnego ciepła i dodatniej pracy. Energia wewnętrzna gazu maleje.

Następna przemiana, bc , jest przemianą adiabatyczną, w której nie ma wymiany ciepła z otoczeniem, czyli $Q = 0$. I zasada termodynamiki przybiera prostą postać:

$$\Delta U = W$$

W przemianie bc gaz rozpręża się, więc praca siły zewnętrznej jest ujemna, $W < 0$. Zmiana energii wewnętrznej jest więc również ujemna, $\Delta U < 0$, czyli energia wewnętrzna gazu maleje. Gaz wykonuje dodatnią pracę kosztem energii wewnętrznej. Możemy to wyrazić następująco:

Podczas adiabatycznego rozprężania gazu praca wykonana przez gaz równa jest zmniejszeniu się energii wewnętrznej.

Gdy adiabatycznie sprężamy gaz (przemiana przebiega od stanu c do stanu b , to dodatnią pracę nad układem wykonuje siła zewnętrzna, $W > 0$. Zmiana energii wewnętrznej jest wtedy dodatnia, $\Delta U > 0$, czyli energia wewnętrzna rośnie kosztem pracy wykonanej nad układem.

Podczas adiabatycznego sprężania gazu praca wykonana nad gazem równa jest przyrostowi jego energii wewnętrznej.

Możesz teraz odpowiedzieć na postawione pytania:

Dla kolejnych przemian abc :

1. W przemianie izobarycznej ab zmiana energii wewnętrznej jest dodatnia $\Delta U_{ab} > 0$, w przemianie adiabatycznej bc jest ujemna $\Delta U_{bc} < 0$. Energia wewnętrzna

początkowo się zwiększała w przemianie ab , a potem malała w przemianie bc . Łączna zmiana energii wewnętrznej w obu tych przemianach $\Delta U_{abc} = \Delta U_{ab} + \Delta U_{bc}$. Nie potrafimy jednak określić, czy ΔU_{abc} jest dodatnie czy ujemne, jeśli nie znamy parametrów gazu w stanach a , b i c .

2. W przemianie izobarycznej ab ciepło zostało pobrane przez układ: $Q_{ab} > 0$.

W przemianie adiabatycznej bc nie ma wymiany ciepła z otoczeniem: $Q_{bc} = 0$.

Całkowite ciepło w przemianach abc $Q_{abc} = Q_{ab} + Q_{bc}$ jest dodatnie: $Q_{abc} > 0$.

3. W obu przemianach ab i bc praca siły zewnętrznej jest ujemna: $W_{ab} < 0$ i $W_{bc} < 0$.

Całkowita praca w przemianach abc $W_{abc} = W_{ab} + W_{bc}$ jest więc także ujemna: $W_{abc} < 0$.

Słowniczek

Temperatura w skali Kelwina (skali bezwzględnej)

miara średniej energii kinetycznej przypadająca na jedną cząsteczkę.

Energia wewnętrzna układu

suma energii kinetycznych i potencjalnych oddziaływań między cząsteczkami oraz wewnątrzcząsteczkowych.

Ciepło

forma przekazywania energii od ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze.

Film samouczek

I zasada termodynamiki w izoprzemianach gazu doskonałego

Obejrzyj film samouczek, w którym przedstawiono zastosowanie I zasady termodynamiki do analizy trzech przemian gazu doskonałego. Na koniec wykonaj zaproponowane ćwiczenie.

Trwa wczytywanie danych..

Film dostępny pod adresem <https://zpe.gov.pl/a/DTaPTRUlf>

Zapoznaj się z audiodeskrypcją samouczka.

Ćwiczenie 1

Sprawdź się

Pokaż ćwiczenia:   

Ćwiczenie 1



Ćwiczenie 2



Ćwiczenie 3



Ćwiczenie 4



Ćwiczenie 5



Ćwiczenie 6



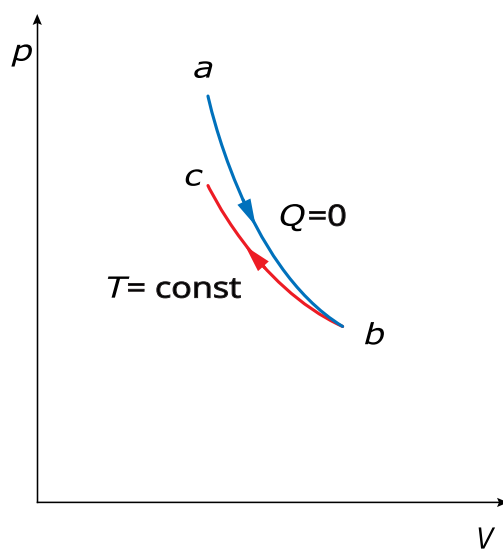
Ćwiczenie 7



W dwóch jednakowych zbiornikach zamknięto powietrze o takiej samej temperaturze i ciśnieniu. Powietrze w obu zbiornikach oziębiano, przy czym w pierwszym zachowana była stała objętość, a w drugim stałe ciśnienie. Ciepło Q pobrane od obu zbiorników było takie samo. Porównaj zmianę energii wewnętrznej ΔU w każdej z tych przemian i oceń, w którym zbiorniku temperatura końcowa była niższa.

Wpisz swoją wypowiedź w poniższe pole a następnie porównaj ją z wzorcowym rozwiązaniem.

Ćwiczenie 8



Dla nauczyciela

Imię i nazwisko autora:	Krystyna Wosińska
Przedmiot:	Fizyka
Temat zajęć:	I zasada termodynamiki a szczególne przemiany gazu doskonałego
Grupa docelowa:	III etap edukacyjny, liceum, technikum, zakres rozszerzony
Podstawa programowa:	<p>Cele kształcenia - wymagania ogólne</p> <p>I. Wykorzystanie pojęć i wielkości fizycznych do opisu zjawisk oraz wskazywanie ich przykładów w otaczającej rzeczywistości.</p> <p>II. Rozwiązywanie problemów z wykorzystaniem praw i zależności fizycznych.</p> <p>Zakres rozszerzony</p> <p>Treści nauczania - wymagania szczegółowe</p> <p>I. Wymagania przekrojowe. Uczeń:</p> <p>19) wyodrębnia zjawisko z kontekstu, nazywa je oraz wskazuje czynniki istotne i nieistotne dla jego przebiegu;</p> <p>VI. Termodynamika. Uczeń:</p> <p>2) rozróżnia przekaz energii w postaci ciepła między układami o różnych temperaturach i przekaz energii w formie pracy;</p> <p>9) stosuje pierwszą zasadę termodynamiki do analizy przemian gazowych; rozróżnia przemiany: izotermiczną, izobaryczną, izochoryczną i adiabatyczną gazów;</p>
Kształtowane kompetencje kluczowe:	<p>Zalecenie 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 osobiste, społeczne i w zakresie umiejętności uczenia się.

Cele operacyjne:	<p>Uczeń:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. dowie się o czym mówi I zasada termodynamiki. 2. Uczeń dlaczego I zasada termodynamiki jest formą prawa zachowania energii. 3. zrozumie, że energia wewnętrzna w przemianie izotermicznej pozostaje stała. 4. przeanalizuje i zinterpretuje zależność między ciepłem i pracą w przemianie izotermicznej. 5. przeanalizuje i zinterpretuje zależność między zmianą energii wewnętrznej i pracą w przemianie adiabatycznej, 6. przeanalizuje i zinterpretuje zależność między zmianą energii wewnętrznej i ciepłem w przemianie izochorycznej. 7. przeanalizuje i zinterpretuje zależność między ciepłem, pracą i zmianą energii wewnętrznej w przemianie izobarycznej. 8. zastosuje zdobytą wiedzę, aby rozstrzygnąć, jaki znak ma ciepło i praca w konkretnych przemianach gazowych.
Strategie nauczania:	<p>strategia eksperymentalno-obszernacyjna (dostrzeganie i definiowanie problemów)</p>
Metody nauczania:	<ul style="list-style-type: none"> - krótki wykład wprowadzający, - analiza pomysłów uczniów, - jak analizować poszczególne przemiany, - pokaz filmu-samouczka.
Formy zajęć:	<ul style="list-style-type: none"> - praca w parach, - praca indywidualna.
Środki dydaktyczne:	<p>komputer z rzutnikiem lub tablety do dyspozycji każdego ucznia.</p>
Materiały pomocnicze:	<p>e-materiały: „Definicja energii wewnętrznej” , „Energia wewnętrzna jako funkcja stanu”, „O czym mówi I zasada termodynamiki?”, „I zasada termodynamiki jako zasada zachowania energii”, „Czym jest przemiana izotermiczna gazów?”, „Czym jest przemiana izobaryczna gazów?”, „Czym jest przemiana izochoryczna gazów?”, „Czym jest przemiana adiabatyczna gazów?”</p>
PRZEBIEG LEKCJI	
Faza wprowadzająca:	
<ul style="list-style-type: none"> - Wprowadzenie zgodnie z treścią w części pierwszej „Czy to nie ciekawe?”. - Odwołanie do wiedzy uczniów o I zasadzie termodynamiki. - Przedstawienie celów lekcji. 	

Faza realizacyjna:

Po krótkim wykładzie wprowadzającym nauczyciel aktywizuje uczniów, zadając im pytania prowadzące do konstruowania wiedzy o zastosowaniu I zasady termodynamiki w przemianach gazowych, wykorzystując posiadane wcześniej informacje. W dyskusji uczniowie analizują kolejne przemiany opisane w części II. Przykładowe pytania do uczniów:

1. Czy energia wewnętrzna w przemianie izotermicznej zmienia się?
2. Jak zapisać I zasadę dynamiki dla przemiany izotermicznej?
3. Jaki warunek musi spełniać przemiana, aby była adiabatyczną?
4. Jak zapisać I zasadę dynamiki dla przemiany adiabatycznej?
5. Ile wynosi praca w przemianie izochorycznej?
6. Jak zapisać I zasadę dynamiki dla przemiany izochorycznej?
7. Jak zapisać I zasadę dynamiki dla przemiany izobarycznej?

Uczniowie oglądają film-samouczek, gdzie pokazano zastosowanie skonstruowanej wiedzy do rozwiązywania problemów.

Faza podsumowująca:

Uczniowie rozwiązują niektóre zadania od 4 do 8 w parach lub grupach.

Praca domowa:

zadania 1, 2 i 3 obowiązkowo, zadania od 4 do 8 nierozwiązane na lekcji dla ochotników

**Wskazówki
metodyczne
opisujące
różne
zastosowania
danego
multimedium:**

Film-samouczek (multimedium I) można wykorzystać na lekcji jako podsumowanie i utrwalenie wiedzy. Można też go wykorzystać jako materiał, służący powtórzeniu materiału po zajęciach. Multimedium II można potraktować jako zadania domowe lub niektóre z nich rozwiązać na lekcji.