PRZEMIANY TERMODYNAMICZNE

Magdalena Wilska

Projekt edukacyjny z fizyki przygotowany w ramach programu
ERASMUS+ nr: 2015-1-PLO1-KA201-016801

Publikacja objęta międzynarodową licencją otwartą CC-BY-SA 4.0 umożliwiającą kopiowanie, rozpowszechnianie, remiksowanie, zmienianie i ulepszanie, również w celach komercyjnych, pod warunkiem oznaczenia autorstwa i udostępniania utworów zależnych na tych samych warunkach.

Publikacja została zrealizowana przy wsparciu finansowym Komisji Europejskiej w ramach programu Erasmus+. Publikacja odzwierciedla jedynie stanowisko jej autorów i Komisja Europejska nie ponosi odpowiedzialności za zamieszczoną w niej zawartość merytoryczną

Przemiany termodynamiczne -

Projekt edukacyjny

Autor: Magdalena Wilska

1. Ogólny opis projektu:

Projekt „Izo - metamorfozy - Przemiany termodynamiczne : izobaryczna izotermiczna i izochoryczna w doświadczeniach" porusza zagadnienia z podstawy programowej z termodynamiki oraz analizy danych doświadczalnych które są wymienione w wymaganiach przekrojowych.

Projekt dotyczy badania przemian termodynamicznych gazu doskonałego oraz planowania, symulowania i przeprowadzania doświadczeń, a także ilościowej analizy danych oraz sporządzania wykresów. Projekt jest modułowy i można wykorzystać zarówno jedną część (jedną przemianę) jak i wszystkie trzy.

Głównym celem jest przedstawienie opisów ***przemian : izotermicznej, izobarycznej i izochorycznej*** *a także tworzenie I interpretacja* wykresów ilustrujących przemiany gazu doskonałego. [$5 Termodynamika (szczególnie 5.2 5.3 i inne podstawy programowej IV etap rozszerzony]. Celem dodatkowym jest rozwijanie umiejętności uczniów dotyczących projektowania doświadczeń, analizy danych, rysowania wykresów oraz wyciągania wniosków. – [$12 Wymagania przekrojowe (szeg: 12.2 – 12.7 podstawy programowej IV etap rozszerzony]

Główną częścią projektu są jednak samodzielnie wykonane przez uczniów bardzo proste doświadczenia, które następnie samodzielnie mogą analizować w domu. Mimo swojej prostoty i wykorzystywanych tanich przyrządów które można znaleźć w każdym domu albo pobliskiej aptece (strzykawka lekarska) doświadczenia pozwalają badać rozważane przemiany w sposób ilościowy a nie tylko jakościowy. Pozwala to sporządzać wykresy, analizować niepewności pomiarowe i potwierdzać prawa opisujące daną przemianę.
Analiza danych pomiarowych pozwala utrwalić metody rysowania wykresów, interpolacji danych, wykonywania obliczeń, co może wykonywać na papierze milimetrowym (np. gdy nie ma dostępu do komputera), albo wspomagając się oprogramowaniem komputerowym co jest bezpośrednim wykorzystaniem wiedzy z informatyki i technik komputerowych do swojej pracy.

Badane tutaj przemiany termodynamiczne, którym poddawane jest powietrze (całkiem dobre przybliżenie gazu doskonałego) zachowują jeden z parametrów makroskopowych gazu, taki jak **temperatura (T), ciśnienie (p), czy objętość (V)**. Wszystkie prawa opisujące takie przemiany, można wyprowadzić ze znanego uczniom już wg założeń tego projektu równania stanu gazu doskonałego. Historycznie rzecz biorąc najpierw zostały sformowane poszczególne prawa dotyczące izoprzemian, a następnie uogólniono to na równianie gazu doskonałego można więc również było by podążać tym tropem.

Przemiana izotermiczna to przemiana gdy temperatura gazu podawanego przemianie jest stała, a więc zmiana energii wewnętrznej która jest proporcjonalna do różnicy temperatur z definicji jest stała. Przemianę opisuje **prawo Boyle'a-Mariotte'a** mówiące że iloczyn ciśnienia i objętości w każdej chwili danej przemiany jest taki sam (stały). Analogicznie można stwierdzić że przemiana

izochoryczna to taka gdzie stała jest objętość, opisywana równaniem p/T = const (**prawo Charles'a**), czyli proces, w którym nie zmienia się objętość określonej masy gazu, zmienia się natomiast temperatura i ciśnienie pod wpływem dostarczania lub odprowadzania energii na drodze cieplnej, a przemiana izobaryczna to taka gdy V/T = const (**prawo Gay-Lussaca**)

Przedrostek izo- (tak samo jak słowo metamorfozy pochodzące z greckiego - równy) wskazuje na jednakowość jakiejś cechy, właściwości [porównaj słownik języka polskiego], stąd pozorna sprzeczność nazwy projektu – „równe zmiany".

Czas projektu – zależnie od wybranej wersji (patrz uwagi dodatkowe) od 2 x 45 minut + podsumowanie które można dowolnie przedłużyć (wszystkie przemiany badane doświadczalnie przez uczniów, rozszerzenie o omawianie opisu energetycznego przemian i pierwszej zasady termodynamiki)

2. Założenia co do wiedzy uczniów i ich osiągnięcia:

Założenia co do do wiedzy wcześniej zdobytej przez uczniów:

Uczniowie znają podstawowe definicje ciśnienia, temperatury i objętości gazu,model gazu doskonałego, zasada równowagi dźwigni dwustronnej, hydrostatyki itp... które będą wykorzystywane w doświadczeniach.

Osiągnięcia uczniów:

- analiza danych doświadczalnych, projektowanie doświadczeń i modelowanie ich

- rysowanie wykresów dla danych ilościowych – zarówno za pomocą komputera i/lub na papierze milimetrowym – zagadnienie zamiany zmiennych / dopasowywania prostej

- rozwijanie pracy w grupach i współpracy oraz podział zadań

3. Metody i materiały potrzebne do przeprowadzenia zadań projektowych:

Metody pracy:

- pogadanka / prezentacja. (wstęp)
- ćwiczenia z komputerem - praca w parach (symulacje)
- ćwiczenia laboratoryjne i z komputerem - praca w grupach (doświadczenia, analiza danych)

Dostęp do komputera z programami do analizy danych: (arkusz kalkulacyjny, program do rysowania wykresów) oraz **dostępem do internetu** (albo preinstalowanymi aplikacjami) – do e-eksperymentów i analizy danych

Proste materiały do doświadczeń: które można znaleźć w każdej kuchni czy najbliższej aptece:

przemiana izotermiczna:

- strzykawka lekarska plastikowa np. 20 ml. i coś do jej zatkania (np. plastelina)
- listwa lub deska 1-1,5 m oraz mała podstawka (np. marker) aby zbudować dźwignię dwustronną

- ciężarki 1kg albo coś co je zastąpi (np. 1kg cukru/ soli zabezpieczone przed wysypaniem)

przemiana izobaryczna:

- strzykawka lekarska plastikowa np. 20 ml. (nie zatkana)
- kubeczki lub naczynia na wodę o różnej temperaturze
- bezpieczny termometr (np. kuchenny)
- lód (albo otrzymać mieszaniny wody z lodem o niskich temperaturach)
- grzałka lub czajnik = gorąca woda (aby otrzymać wodę o wysokich temperaturach)

przemiana izochoryczna

- kolbę ze szczelnym korkiem i wyprowadzoną rurką albo zaadaptowaną do tego strzykawkę z wyprowadzoną rurką umieszczoną w kąpieli wodnej o zmienianej temperaturze
- grzałka lub czajnik = gorąca woda (aby otrzymać wodę o wysokich temperaturach)
- bezpieczny termometr (np. kuchenny)
- długa giętka, przezroczysta rurka (około 2,5 m)wypełniona wodą

4. Przebieg realizacji projektu i wykorzystane metody:

A. **wstęp** – pogadanka / prezentacja - przypomnienie podstawowych wiadomości potrzebnych do udziału w projekcie – przedstawienie zadania - "problem na stacji kosmicznej" - zaczerpnięty z Jędrzejewski et all (1) - nawiązujące do tematyki kosmicznej

załącznik – prezentacja_przemiany.pdf

B. **symulacje** - praca w grupach z komputerem - e-eksperymenty przygotowane przez politechnikę Gdańską jako wprowadzenie izo-procesów - możliwy wstęp do analizy energetycznej tych procesów [45+ min w zależności od wybranej opcji]

http://e-doswiadczenia.mif.pg.gda.pl/e_doswiadczenia-pl

Instrukcja do symulacji jest do pobrania ze strony doświadczeń (albo tu w **załączniku pdf**), które można robić on line albo wcześniej zainstalować lokalnie na komputerach w szkole. Możliwe jest przeprowadzenie np. symulacji tylko przemiany izotermicznej (ćwiczenie 6) wraz z rysowaniem wykresów, albo przeprowadzenie większej liczby symulacji ale ograniczenie analizy danych...

C. **eksperymenty**: - główna część doświadczalna – praca wgrupach - jeden albo więcej eksperymentów uczniowskich aby potwierdzić prawa wyprowadzone z symulacji

załącznik: Instrukcja do ćwiczeń - prezentacja_przemiany.pdf

Przemiana izotermiczna:

- Zbuduj dźwignię dwustronną z deski bądź linijki szkolnej (o długości ponad 1m) podpartej np. flamasterm
- Ustaw ciężarek o znanym ciężarze na jednym końcu a na drugim zatkaną szczelnie (plasteliną albo palcem) strzykawkę lekarską tłokiem do dołu – jak na rysunku.

- Znajdź równowagę dźwigni – uwaga nie dla każdego punktu na dźwigni będzie to możliwe bo siła może być zbyt duża lub mała. Sprawdz różne przypadki dla których równowaga będzie osiągalna
- Uzupełnij tabelkę w karcie pracy wpisując odległości ciężarka i strzykawki od punktu podparcia dźwigni, oraz objętości gazu w strzykawce.
- Oblicz momenty sił działających na dźwignię w stanie równowagi z warunku równowagi.
- Znajdź siłę działającą na tłok strzykawki co pozwoli znaleźć ciśnienie gazu wewnątrz przy znanym przekroju.
- Oblicz powierzchnię tłoka (poprzez zmierzenie jego średnicy – uwaga chodzi o średnicę wewnątrz strzykawki a nie zewnętrzną
- Sprawdź na barometrze albo w internecie ciśnienie atmosferyczne, uzupełnij kolejną kolumnę tabli wartościami obliczonego ciśnienia w każdym przypadku
- Zamiana zmiennych - oblicz wartość odwrotności objętości 1/v i uzupełnij kolejną kolumnę
- Narysuj wykres p(1/v) – odpowiedni dobierz skalę na osiach wg tego co obliczyłeś, zaznacz punkty pomiarowe, ich niepewności wg instrukcji na karcie pracy, oraz dopasuj prostą.
- Możesz też narysować wykres p(v) i o ile pracujesz na komputerze dopasować odpowiednią krzywą

<u>Przemiana izobaryczna:</u>

- Poprzedniego dnia przygotuj kostki lodu (np. zamroź wodę w jednorazowym kubeczku)
- Przygotuj kilka (5-6) naczyń np. kubeczków do których będzie można wlać wodę o różnych temperaturach, przygotuj do pomiarów termometry.
- Zagotuj wodę, przygotuj kostki lody i umieść ją w kubeczkach tak aby stały od najgorętszej wody do mieszaniny wody z lodem (temperatury bliskie temperaturze zera stopni Celsjusza), w ostatniej chwili wlej wodę gorącą aby jak najmniej wystygła.
- Zanurz odkorkowaną strzykawkę w gorącej wodzie jednocześnie mierząc temperaturę wody. Za każdym razem pilnuj żeby cała część w której znajduje się gaz była pod wodą.
- Poczekaj aż przestaną wylatywać bąbelki (ustali się początkowa objętość gazu) i przekładaj szybko do naczyń o coraz chłodniejszej temperaturze (woda będzie wciągana do strzykawki) mierząc za każdym razem temperaturę wody w naczyniu i zapisując objętość zassanej wody.
- Zapisz w tabeli dane – przelicz jednostki temperatury i objętości gazu we wszystkich pomiarach, a następnie zaznacz je na wykresie V(T) wraz z niepewnościami pomiarowymi. Do danych możesz dopasować odpowiednią krzywą.

<u>Przemiana izochoryczna:</u>

- Zamocuj przezroczysty wąż do szklanej rurki znajdującej się w korku. Nalej wody do końcowej części rurki.
- Temperaturę gazu zamkniętego w naczyniu należy zmieniać zanurzając je w większym do którego dolewamy ciepłą wodę. Zmieniaj 6-7 razy temperaturę wody w zlewce co powoduje zmianę temperatury gazu w naczyniu. Należy odczekać około 3-5 minut do ustalenia się temperatury gazu.
- Każdej zmianie temperatury odpowiada zmiana ciśnienia i objętości co daje się zauważyć w zmianie poziomu wody w ramionach rurki. Aby objętość się nie zmieniała należy

odpowiednio podnoś lub opuszczaj wyprowadzoną rurkę aby w naczyniu z gazem pozostawał stały poziom. Za każdym razem zmierz wysokość słupa wody w rurce.

- Sprawdź na barometrze albo w internecie ciśnienie atmosferyczne.
- Zapisz dane w tabeli, przelicz jednostki temperatury i wykonaj obliczenia dla ciśnienie gazu we wszystkich pomiarach korzystając z zależności dla ciśnienia hydrostatycznego.
- Zaznacz je na wykresie p(T) wraz z niepewnościami pomiarowymi. Do danych możesz dopasować odpowiednią krzywą.

Pomysły na doświadczenia inspirowane lub według pomysłu Anny Kaczorowska [3] oraz [4]

załącznik: karty pracy dla uczniów (wersja A) -szablon / wzór analizy doświadczeń do uzupełnienia podczas pomiarów przez uczniów oraz podczas analizy danych.

D. **analiza danych doświadczalnych** - analizowanie danych doświadczalnych – wyliczanie potrzebnych wielkości i rysowanie wykresów na papierze albo za pomocą komputera, zamiana zmiennych, dopasowywanie prostej, analiza niepewności pomiarowych itp.

załącznik: Instrukcja do ćwiczeń - prezentacja_przemiany.pdf

Uwaga – jeżeli nie jest możliwe przeprowadzenie doświadczeń w klasie a nauczyciel chce przeprowadzić analizę danych dostępne karty pracy z częściowo uzupełnionymi danymi pomiarowymi pozwalającym przeprowadzić dalszą analizę [zmierzone przez uczniów ZS nr 67 w czasie lekcji fizyki]

załącznik: karty pracy dla uczniów (wersja B) -szablon z danymi do analizy doświadczeń

E. **podsumowanie** – relacje z pracy w grupach – przedstawienie wniosków i rozwiązanie zadania wstępnego [razem z modułem 4 -45 min]

5. Dodatkowe uwagi i informacje

Projekt ma budowę modułową – możliwe są różne jego modyfikacje.

W zależności od poziomu uczniów, czasu którym dysponuje nauczyciel można projekt przeprowadzić w różnych wariantach. Jeżeli uczniowie są wprawieni w wykonywanie doświadczeń i dobrze zorganizowani można zrealizować na jednej lekcji wszystkie trzy doświadczenia badające przemiany, inaczej może zabraknąć czasu, możliwe są również warianty pośrednie, gdy poszczególne grupy uczniów analizują wybrane przemiany, a w czasie podsumowania referują swoją pracę kolegom.

Przykładowe modyfikacje:

a) **wersja uproszczona dla mniej samodzielnych i wprawnych w doświadczeniach uczniów** (albo mniej czasu na projekt) : skupienie się tylko na przemianie izotermicznej (jako najciekawszej) – w części symulacyjnej tylko doświadczenie 6, w części eksperymentalnej tylko przemiana izotermiczna, za to poprowadzenie uczniów przez dokładną analizę danych i rysowanie wykresów.

b) **wersja rozszerzone symulacje** - skupiona na e-doświadczeniach - poszerzenie części e-eksperymentów, np. wprowadzenie pojęć ciepła i zmian energii i przeprowadzenie np. analizy energetycznej procesów, analizie danych za pomocą komputera

c) **wersja rozszerzona cześć eksperymentalna** : w części doświadczalnej wszyscy uczniowie wykonują w grupach wszystkie trzy doświadczenia przemiany izotermicznej, izochorycznej i izobarycznej zamieniając się stanowiskami pomiarowymi i przeprowadzają rozbudowaną analizę danych do tych przypadków (np. 3-6 osobowe grupy – razem wykonują doświadczenia, a potem każdy uczeń (albo para) analizuje jeden przypadek i rysuje odpowiednie wykresy przedstawiając wnioski kolegom.

d) **wersja uproszczona dla młodszych dzieci** – pominięcie symulacji i analizy ilościowej (pkt4), rysowania wykresów i analizy danych za to pokazanie tylko proporcjonalności między odpowiednimi wielkościami. Wykorzystane do doświadczeń pianek mashmallow dla uatrakcyjnienia pokazów [pomysł A.- Anglia]

6. Załączniki:

1. Fiszka projektowa: **fiszka_przemiany.pdf**
2. Prezentacja dla uczniów – instrukcja do doświadczeń: **prezentacja_przemiany.pdf**
3. Instrukcje do symulacji ze strony Politechniki Gdańskiej: **Właściwości_gazów_-_podręcznik_dla_uczniów.pdf**
4. Karty Pracy dla uczniów do analizy doświadczeń w dwóch wariantach (wersja B - z danymi dla tych którzy nie wykonali ćwiczenia) i wersja A- puste do uzupełnienia pomiarami. **[do sformatowania w wersji dokumentu tekstowego i/lub arkusza kalkulacyjnego ewentualnie?????)**

7. Bibliografia

(1) Zadanie wprowadzające według zadania 15.21 (wraz z rozwiązaniem) z J.Jędrzejewski, W.Kruczek A.Kujawski, zbiór zadań z fizyki t1. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1995
(2) Symulacje – politechnika gdańska : Właściwości_gazów_-_podręcznik_dla_uczniów.pdf
(3) Inspiracja do doświadczeń – Anna Kaczorowska NKF FUW UW
opisane w np. w podręczniku „Termodynamika” Wydawnictwa Żak, Warszawa 1995
(4) Fizyka i astronomia, Zbiór zadań dla liceum ogólnokształcącego, liceum profilowanego i technikum, W.Kwiatek i I.Wroński, WSiP 2002