



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

OPTIMA

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

KOMPONENT WSPÓLNY – FIZYKA

projekt: „Z peryferii do centrum”

rok szkolny 2011/2012

przygotował: dr Dariusz Man

DOMOWE LABORATORIUM TERMODYNAMICZNE

Cele: Wskazać na powszechność występowania procesów termodynamicznych w środowisku człowieka i ich wpływ na zjawiska przyrodnicze.

- a- Procesy termodynamiczne występujące w przyrodzie.
- b- Procesy termodynamiczne występujące w organizmach żywych.
- c- Procesy termodynamiczne w technice i technologii.

Plan pracy:

- Najważniejsze pojęcia w termodynamice.
- Zasady termodynamiki.
- Przemiany termodynamiczne zachodzące w przyrodzie, bilans energetyczny Ziemi.
- Termodynamika i ekologia.
- Procesy termodynamiczne zachodzące w organizmie człowieka.
- Eksperyment fizyczny.
- Laboratorium termodynamiczne w domu.



Termodynamika to nauka o przemianach energii, jakie zachodzą w przyrodzie pod wpływem różnych czynników fizycznych i chemicznych. Czynniki te wpływają na zmiany energii wewnętrznej ciał oddziaływujących ze sobą a skutki takich przemian opisują zasady termodynamiki.

Najważniejsze pojęcia

Energia wewnętrzna – suma wszystkich energii występujących w analizowanym układzie (np. energia ruchu, energia oddziaływań wewnątrz i między cząsteczkowych).

Temperatura – średnia energia kinetyczna cząsteczek. W temperaturze zera bezwzględnego cząsteczki przestają się poruszać.

Ciepło – jeden ze sposobów (obok pracy) przekazywania energii wewnętrznej pomiędzy ciałami oddziaływującymi ze sobą. Energia przekazywana jest po zderzenia z chaotycznie drgającymi cząsteczkami (atomy, jony, cząsteczki wieloatomowe).

Ciepło właściwe – energia potrzebna do podniesienia temperatury jednej jednostki masy ciała o jedną jednostkę temperatury (np. 1kg o 1 °C).



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Ciepło molowe – energia potrzebna do podniesienia temperatury jednego mola substancji o jedną jednostkę temperatury (np. 1Mola CO_2 o 1°C). Ciepło molowe związane jest z liczbą cząstek a nie z ich masą.

Temperatura bezwzględna – temperatura wyrażona w stopniach Kelvina (wyznaczona z równania Clapeyrona $pV = nRT$ gdzie p ciśnienie, V objętość, n liczba moli, R stała gazowa $= 8,314 \text{ J/mol}\times\text{K}$, T temperatura). Przeliczając skalę Celsjusa na Kelvina należy pamiętać, że $0 \text{ K} = -273,15^\circ\text{C}$.

Gaz doskonały – model gazu, którego cząsteczki nie posiadają rozmiarów i oddziałują ze sobą tylko po przez zderzenia sprężyste.

Stała gazowa R – stała ta informuje, jaką pracę może wykonać 1 Mol gazu doskonałego podczas przemiany izobarycznej (stałe ciśnienie), jeżeli zwiększymy jego temperaturę o 1 stopień.

Zasady termodynamiki

0 zasada termodynamiki - dwa ciała będące w równowadze termodynamicznej z pewnym układem są w równowadze termodynamicznej ze sobą.

I zasada termodynamiki - zasada zachowania energii dla układów termodynamicznych.

Zmiana energii wewnętrznej układu ΔU może odbyć się na drodze ciepła Q i pracy W .

$$\Delta U = Q + W$$

ΔU – zmiana energii wewnętrznej układu,

Q – energia przekazana do układu jako ciepło,

W – praca wykonana na układzie.

Jeżeli $W > 0$ to do układu dostarczana jest energia na sposób pracy,



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Jeżeli $W < 0$ to układ wykonuje pracę kosztem energii,

Jeżeli $Q > 0$ to układ pobiera ciepło zwiększając energię,

Jeżeli $Q < 0$ to układ oddaje ciepło tracąc energię.

W przypadku układu izolowanego nie zachodzi wymiana energii z otoczeniem, wówczas $W = 0$ i $Q = 0$ dlatego $\Delta U = 0$

II zasada termodynamiki – wskazuje kierunek przemian termodynamicznych.

W układzie zamkniętym w dowolnym procesie entropia S rośnie $\Delta S \geq 0$

Oznacza to, że układy podczas przemian termodynamicznych dążą do rozproszenia energii – dążą do chaosu.

Określenie entropii $S = \Delta Q/T$

Przykład działania II zasady termodynamiki.

Przesuwając książkę po blacie stołu wykonujemy pracę pokonując siły tarcia. Praca ta spowodowała przesunięcie książki i wydzielenie ciepła – wzrost energii wewnętrznej stołu i książki. Energia ta ulega nieodwracalnemu rozproszeniu, nie zdarzy się bowiem, by książka pobrała energię i zamieniła ją na pracę wracając na swoje poprzednie miejsce.

III zasada termodynamiki (twierdzenie Nernsta) - entropia układu, którego temperatura zmierza do zera bezwzględnego również dąży do zera.



Przemiany termodynamiczne zachodzące w przyrodzie, bilans energetyczny Ziemi

Ziemia posiada dwa źródła energii, swoje własne gorące wnętrze i zewnętrzne źródło – Słońce. Nasza gwiazda dostarcza Ziemi 342 watów mocy promieniowania na 1m^2 powierzchni. Część promieniowania jest absorbowana przez atmosferę ziemską (67 w/m^2) powodując jej nagrzewanie. Część się odbija od powierzchni Ziemi (30 w/m^2), od pyłów zawieszonych w powietrzu i chmur (77 w/m^2). W sumie 107 w/m^2 promieniowania jest trafia z powrotem w kosmos. Ziemia absorbuje 168 w/m^2 promieniowania, które wykorzystywane jest przede wszystkim:

- przez rośliny w procesie fotosyntezy,
- do ogrzewania oceanów co wywołuje powstanie prądów oceanicznych i ich parowanie,
- do ogrzewania powierzchni ziemi podnosząc jej temperaturę (szczególnie w dzień).

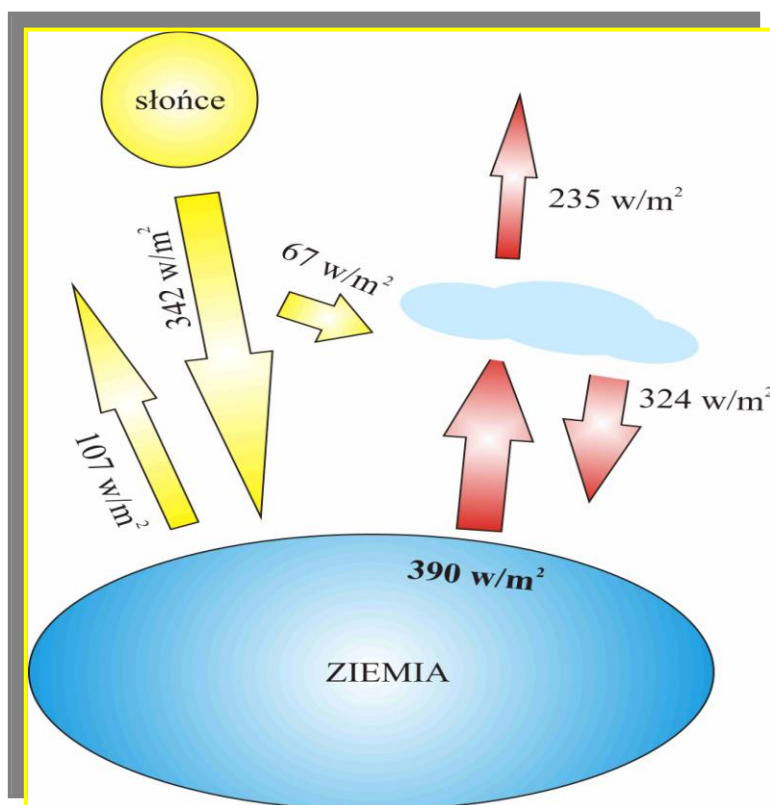
Energia słońca jest głównym paliwem zasilającym procesy zachodzące na Ziemi.

Nasza planeta to złożony układ fizyczny znajdujący się w równowadze termodynamicznej z otoczeniem (kosmosem). Równowaga ta jest niezbędna do istnienia życia. Przed



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

przegrzaniem Ziemi chroni nas proces wyrzucania energii, w postaci promieniowania podczerwonego, w kosmos. Dzięki temu bilans energetyczny utrzymywany jest na optymalnym poziomie zapewniającym odpowiednią temperaturę. Naruszenie tej równowagi doprowadzi do globalnej katastrofy, dlatego tak ważne jest świadome korzystanie z zasobów przyrody. Atmosfera ziemska stanowi naturalny filtr półprzepuszczalny, który reguluje strumienie energii napływającej i wypływającej z Ziemi. Zaburzenia w składzie atmosfery (na przykład przez emisję zanieczyszczeń) prowadzą do wadliwego funkcjonowania filtra, co z kolei może doprowadzić do globalnego oziębienia klimatu (epoka lodowcowa) lub efektu cieplarnianego (podwyższenie średniej temperatury Ziemi).



Uproszczony schemat bilansu energetycznego Ziemi. Kolorem żółtym zaznaczono promieniowanie elektromagnetyczne docierające ze Słońca, kolorem czerwonym, promieniowane podczerwone emitowane przez Ziemię.



Termodynamika i ekologia

Globalny ekosystem Ziemi znajduje się w równowadze termodynamiczna dzięki złożonym procesom, które regulują przepływ energii pomiędzy ziemią i otoczeniem na optymalnym poziomie dla podtrzymania życia. Procesy te dotyczą zarówno prostych zjawisk fizycznych takich jak przewodnictwo cieplne, parowanie, skraplanie czy konwekcja jak i bardziej złożonych procesów biologicznych i chemicznych związanych z przemianą materii w organizmach żywych. Wszystkie te działania przyrody w konsekwencji tworzą stabilny system wzajemnie połączonych elementów, które oddziałują na siebie. Wprowadzenie zaburzenia w tym delikatnym łańcuchu wzajemnych powiązań może prowadzić do załamania całego ekosystemu Ziemi. Jednym z takich niebezpieczeństw jest emisja zanieczyszczeń do atmosfery, np.:

1. Wzrost zapylenia może spowodować zablokowanie części promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi i obniżenie jej temperatury. Pociągnie to za sobą zwiększenie czap lodowych zmniejszenie obszarów zielonych (mniej żywności) i liczebności zwierząt.
2. Wzrost emisji gazów cieplarnianych w szczególności pary wodnej, metanu i CO₂ może doprowadzić do wzrostu temperatury. Pociągnie to za sobą zmniejszenie czap lodowych, podwyższenie poziomu mórz, zwiększenie parowania wody i co jest z tym związane, gwałtowne opady deszczu i huragany.

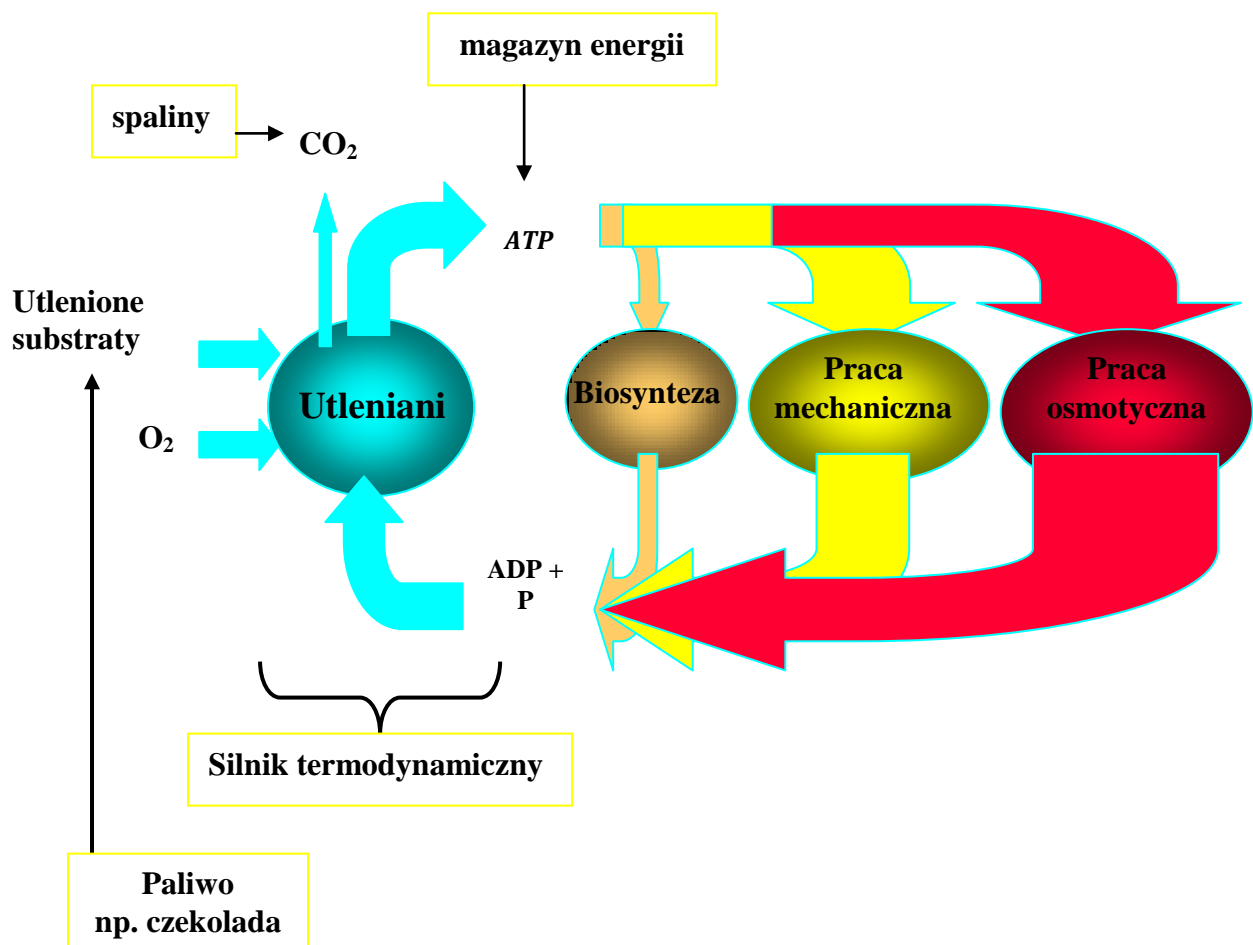
Zatem istotne jest prowadzenie takiej gospodarki, która jak najmniej ingeruje w zmiany środowiska. Dotyczy to w szczególności energetyki bazującej na nieodnawialnych źródłach energii takich jak węgiel, ropa czy gaz ziemny. Fizyka daje możliwość wykorzystania alternatywnych źródeł energii, a znajomość przemian termodynamicznych umożliwia stosowanie do jej pozyskiwania np. pomp cieplnych, kolektorów słonecznych, ogniw fotowoltanicznych itp.



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Procesy termodynamiczne zachodzące w organizmie człowieka

W ujęciu termodynamicznym człowiek zarówno na poziomie komórkowym jak i całego organizmu działa jak maszyna cieplna – silnik termodynamiczny.



Zasada działania silnika biologicznego. Substraty są spalane w kontrolowanym przez enzymy procesie a uzyskana w ten sposób energia jest wykorzystywana do zasilania procesów metabolicznych (życiowych) organizmu. Paliwem takiego silnika jest pokarm (np. czekolada lub kotlet schabowy) i tlen atmosferyczny. Odpadem procesu spalania jest wydzielany na zewnątrz CO₂, podobnie jak spaliny w silnikach benzynowych na gaz czy ropę.

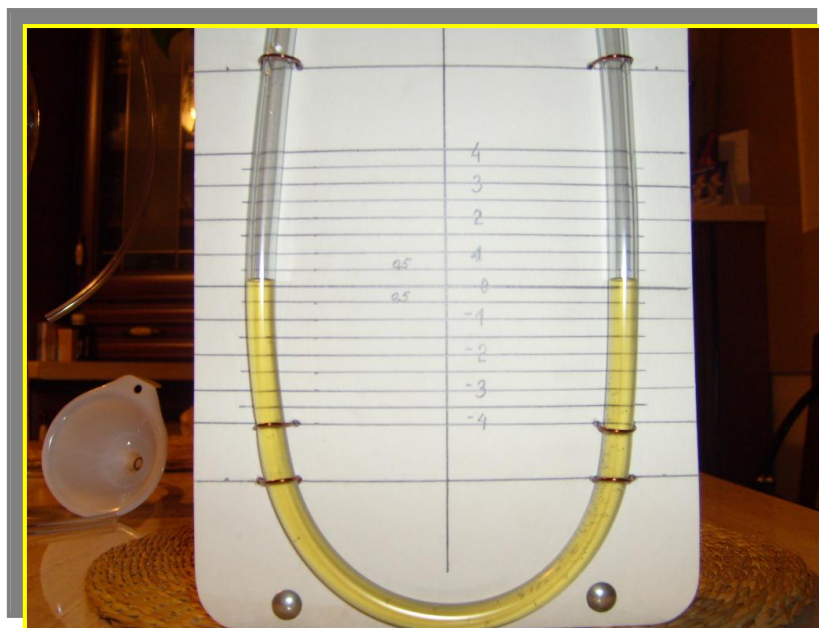


Domowe laboratorium termodynamiczne

Konstruujemy miernik ciśnienia (barometr rurkowy)

Materiały: około 0.5 m. przezroczystej, giętkiej rurki (plastikowy wężyk), karton, drut lub grubsza nić, stelaż mocujący (niewielki kawałek deseczki), pineski.

Konstrukcja barometru: na kartonie rysujemy podziałkę np. z dokładnością do 0.5 cm. Rurkę formujemy w kształt litery U i przyczepiamy do kartonu z podziałką. Następnie rurkę napelniamy zabarwioną wodą (barwnikiem może być atrament lub nadmanganian potasu). Całość przyczepiamy do deseczki, która ustawi karton w pionie. Jedną z końcówek plastikowej rurki zakrzywiamy pod kątem 90° , ostrożnie ogrzewając ją nad płomieniem palnika (np. nad płomieniem kuchenki gazowej). Końcówka ta ułatwi podłączanie dodatkowych urządzeń.



Zdjęcie przedstawia barometr wykonany według instrukcji z przezroczystej plastikowej rurki zamontowanej na kartonie z podziałką. Środkowa kreska oznacza zerowy punkt odniesienia względem, którego będziemy liczyć różnicę poziomów. Działka została naniesiona, co 5 mm. Należy pamiętać, że różnicę ciśnień pomiędzy jedną i drugą końcówką u-rurki wskaże słupek cieczy pomnożony razy dwa – różnica w poziomach.



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Sprawdzamy przemianę izochoryczną

Do jednej końcówki manometru podłączamy szczelnie zamknięty zbiornik z powietrzem. Z przemiany izochorycznej wynika, że podczas ogrzewania ciśnienie w zbiorniku powinno wzrosnąć proporcjonalnie do temperatury.



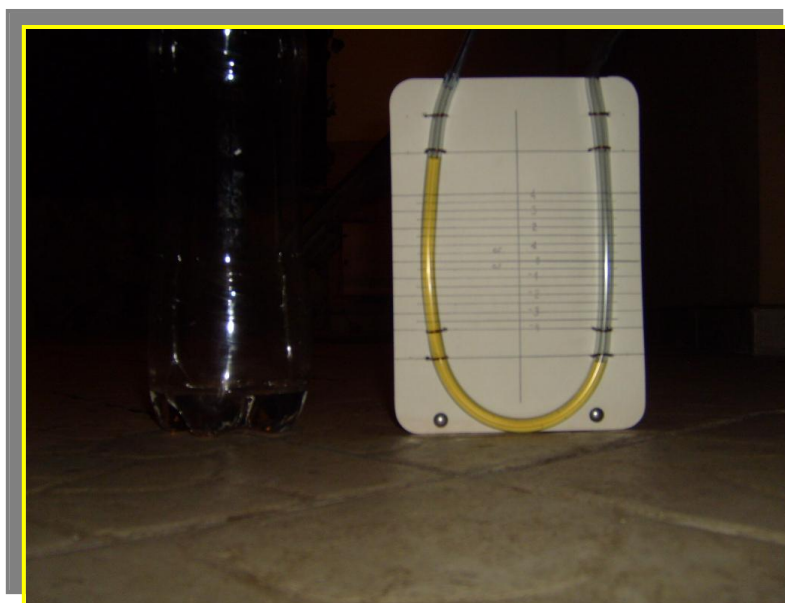
Do jednej z końcówek manometru podłączamy zbiornik z powietrzem, którego temperatura jest taka sama jak otoczenia (około 20 °C)





Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Do zbiornika zbliżamy ręce i delikatnie przytrzymujemy (nie naciskamy na ścianki) aż do ustabilizowania słupka cieczy w manometrze. Pod wpływem ciepła rąk wzrasta temperatura w zbiorniku powodując wzrost ciśnienia. Manometr wskazał różnicę poziomów 2 cm.



Zbiornik z manometrem wystawiamy na dwór. Temperatura w zbiorniku obniża się do temperatury otoczenia – około 0 °C. Obniżenie temperatury w zbiorniku powoduje obniżenie ciśnienia, co wskazał manometr (różnica poziomów wyniosła aż 12 cm słupa wody). Zastosowanie tego przyrządu do pomiarów ciśnienia atmosferycznego wymaga zastosowania sztywnego zbiornika (np. butelki szklanej). Podczas podłączania zbiornika-butelki do manometru możemy zanotować wartość ciśnienia atmosferycznego (np. z telewizji lub barometru wzorcowego). Po takim zabiegu będziemy mogli precyzyjnie odczytywać zmiany zachodzące w ciśnieniu atmosferycznym. Do przeliczeń jednostek możemy posłużyć się porównaniem – 10 m słupa wody wytwarza ciśnienia 1 atmosfery.



Przemiana adiabatyczna

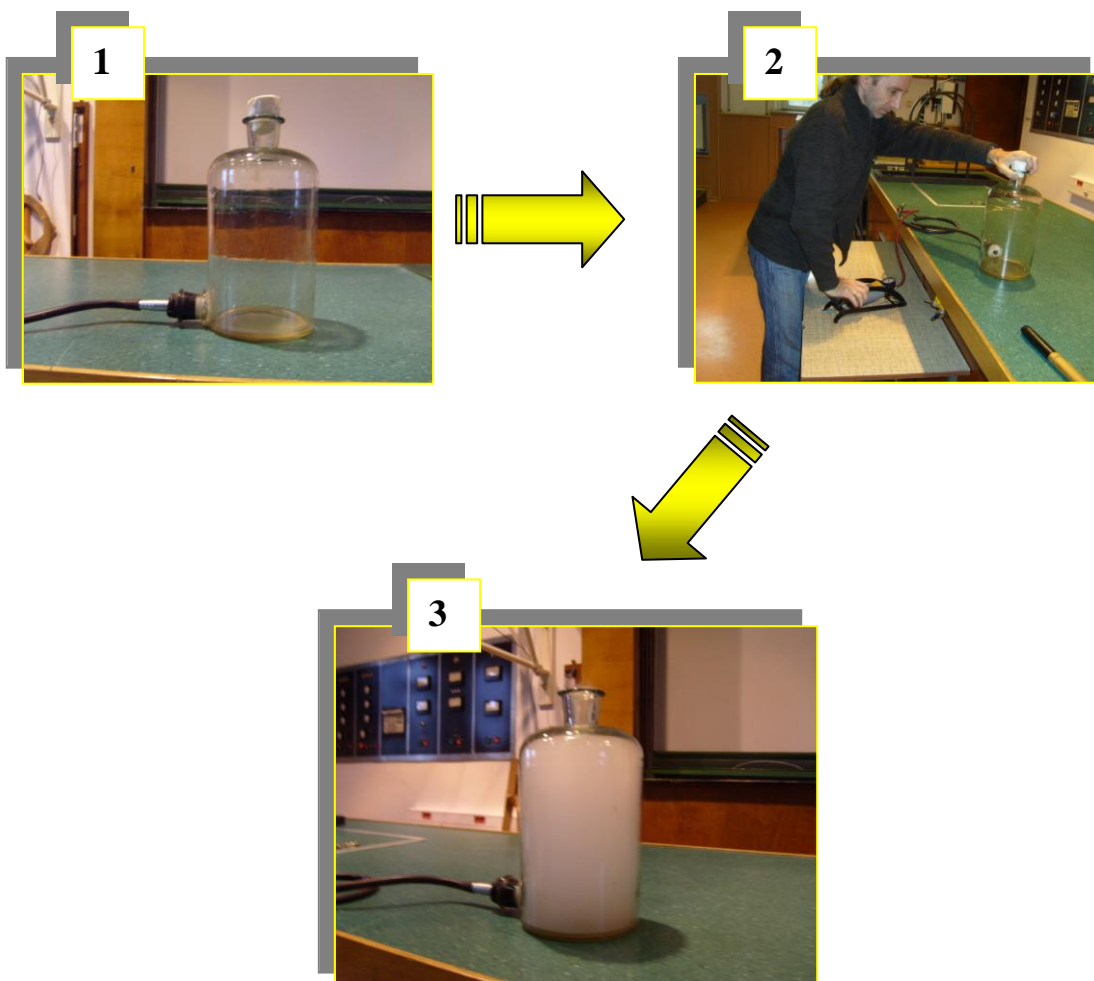
Celem eksperymentu jest sprawdzenie w warunkach domowych efektów przemiany adiabatycznej – bez wymiany ciepła z otoczeniem.

Materiały:

Szklany słoć, korek, wężyk gumowy, pompka samochodowa, ciecz łatwo parująca (np. denaturat, rozpuszczalnik, aceton)

Przebieg eksperymentu:

Na dno szklanego słoja wlewamy niewielką ilość denaturatu. Następnie szczelnie zamykamy słoć i za pomocą pompki sprężamy powietrze. Po wykonaniu kilkunastu ruchów pompką szybko wyciągamy korek. Następuje gwałtowne rozprężenie gazu, co powoduje jego ochłodzenie i skroplenie par rozpuszczalnika. W słoju powstaje gęsta mgła.





Na zdjęciach przedstawiono przebieg eksperymentu:

- 1- słoć z niewielką ilością alkoholu zatykamy szczelnie korkiem,
- 2- za pomocą pompki sprężamy gaz w słoju.
- 3- Szybkim ruchem usuwamy korek, następuje gwałtowne rozprężenie gazu, czego skutkiem jest ochłodzenie i skroplenie pary alkoholu. W słoju pojawia się gęsta mgła.

Przemiana izobaryczna

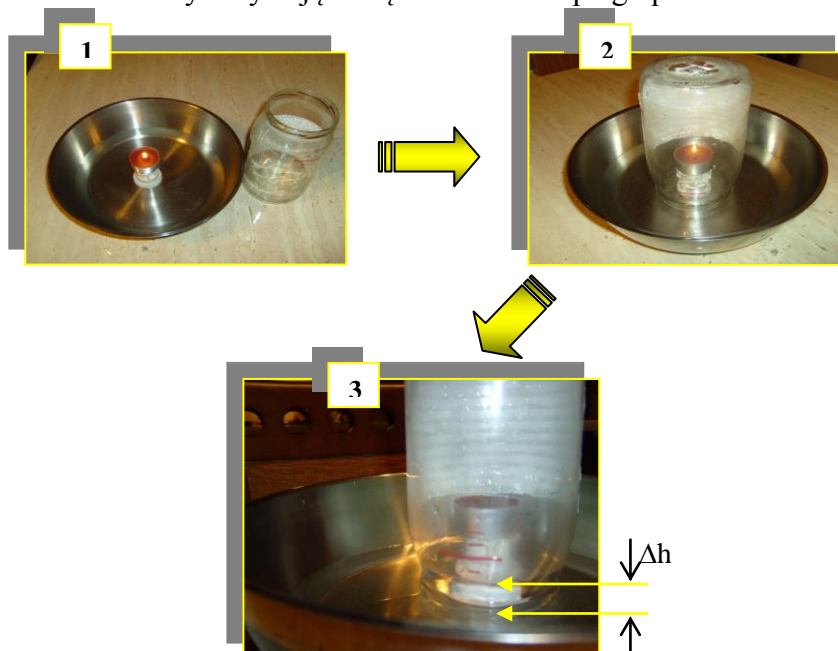
Celem eksperymentu jest sprawdzenie w domowym laboratorium skutków działania przemiany izobarycznej – stałe ciśnienie.

Materialy:

Misa, szklany słoik, woda, świeca, strzykawka jednorazowa o dużej pojemności, cienka rurka plastikowa lub wężyk od wentyla, klips do prania.

Przebieg eksperymentu:

Do miski wlewamy wody tak, aby jej powierzchnia zakryła dno na wysokości około 1 cm. Na podwyższeniu np. pokrywce ustawiamy zapaloną świecę, którą nakrywamy szklanym słojem. Brzegi słoja zanurzają się w wodzie uszczelniając w ten sposób wnętrze słoja od otoczenia. Na początku eksperymentu temperatura wewnątrz słoja jest taka sama jak na zewnątrz, jednak z upływem czasu zaczyna rosnąć (ogrzewana płomieniem świecy). Zamknięcie hydrostatyczne utrzymuje ciśnienie w słoju na stałym poziomie, dlatego podczas ogrzewania możemy zaobserwować wydobywające się bąbelczki ciepłego powietrza.

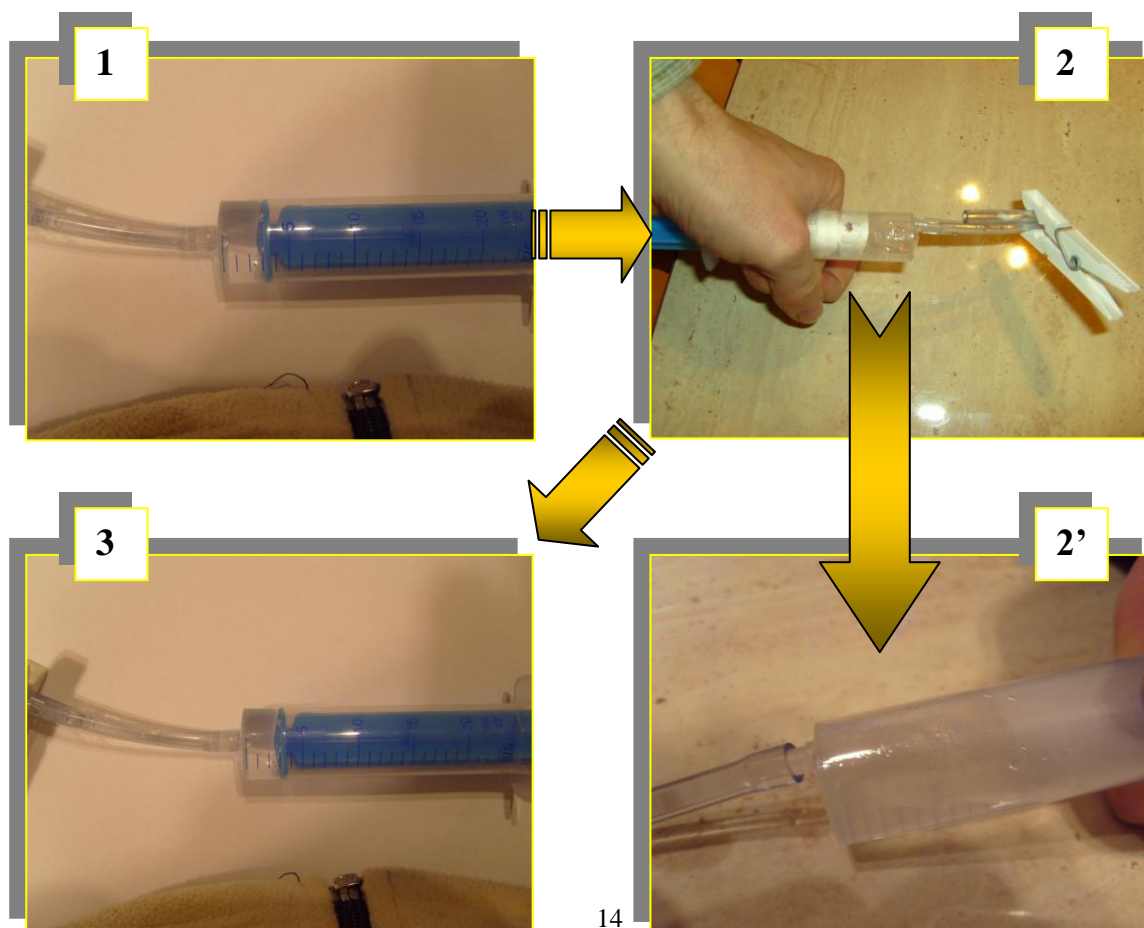




Po zgaśnięciu świecy temperatura w słoju zaczyna się obniżać powracając do temperatury wyjściowej – temperatury otoczenia. Obserwując ten proces możemy zauważyć, że woda zostaje zassana do słoja. Dokonując pomiaru różnicy w poziomie wody, słoja – misa (Δh), możemy obliczyć, jaka była maksymalna temperatura w słoju.

Przemiana izotermiczna – wrzenie wody pod obniżonym ciśnieniem

Strzykawkę napełniamy niewielką ilością gorącej wody (około 80 °C). Jednak, aby cały układ nagrzał się do wysokiej temperatury, do strzykawki wprowadzamy poprzez rurkę gorącą wodę w nadmiarze, pozostawiamy ją chwilę (20 s) w strzykawce następnie usuwamy naciskając tłok. Czynność powtarzamy przynajmniej trzykrotnie, zapewni to równomierne nagrzanie całego zestawu. Następnie nadmiar wody usuwamy, pozostawiając jej około 3 cm³ (foto.1.), zatykamy rurkę klipsem i odciągamy tłok do skrajnego położenia.





KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

OPTIMA

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

Zwiększając objętość, obniżamy ciśnienie, co wywołuje wrzenie wody w temperaturze znacznie niższej 100 °C (foto.2 i 2'). Po zwolnieniu, tłok wraca na swoje miejsce, wrzenie wody ustaje (foto3). Zdjęcia ilustrują przebieg eksperymentu – przemianę izotermiczną w wyniku, której podczas obniżania ciśnienia, doprowadzamy wodę do stanu wrzenia. Podobne eksperymenty można przeprowadzać z cieczami, które mają niższą temperaturę wrzenia od wody np. denaturat. Wtedy wystarczy podgrzać całość do 40 – 50 °C.