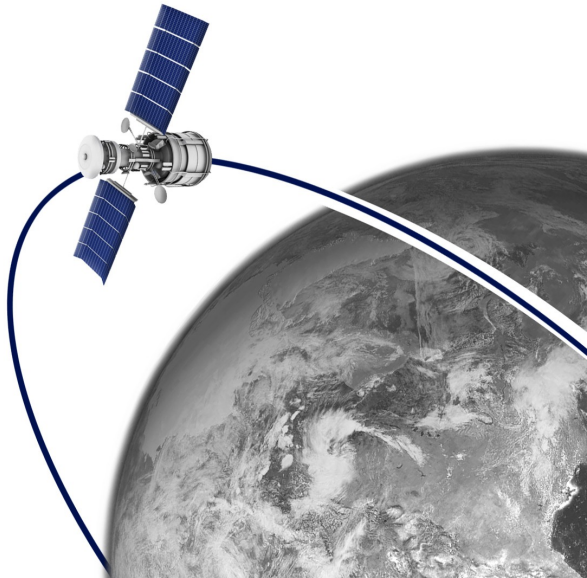
Przemiany termodynamiczne – przemiana izotermiczna

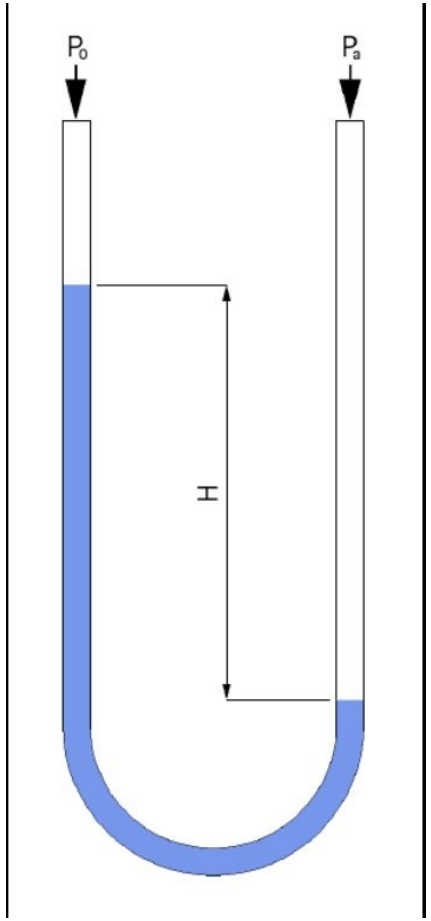
Projekt edukacyjny

Autor: Magdalena Wilska



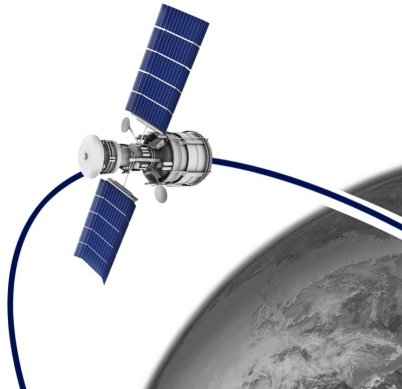
SAT PROJECT -Projekt finansowany w ramach programu
ERASMUS+ Edukacja Szkolna - Partnerstwa Strategiczne
Umowa nr 2015-1-PL01-KA201-016801

Wstęp - “problem na stacji kosmicznej”



Manometr został zabrany do kabiny **orbitalnej stacji kosmicznej**. Przed startem różnica wysokości cieczy w rurce była H= 4 cm, a wysokość kolumny gazu w zamkniętej części 10 cm. Jak zmieni się wskazanie manometru w kabinie na orbicie jeżeli warunki **temperatury i ciśnienia w kabinie pozostaną stałe?** Co się będzie działo z gazem w rurce i jaki proces to będzie?

Do rachunków załóż że ciśnienie jest ciśnieniem normalnym a ciecz w manometrze to rtęć (Hg) o znanej gęstości. Potrzebne stałe wyszukaj w tablicach.



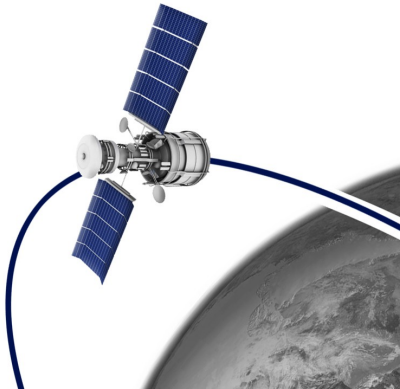
Erasmus+

Wstęp - powtórzenie podstawowych pojęć

Gaz doskonały – zwany też gazem idealnym, jest to abstrakcyjny, matematyczny model fizyczny gazu, spełniający następujące warunki:

[za https://pl.wikipedia.org/wiki/Gaz_doskonały]

- brak oddziaływań międzycząsteczkowych z wyjątkiem odpychania w momencie zderzeń cząsteczek
- objętość cząsteczek jest znikoma w stosunku do objętości gazu
- zderzenia cząsteczek są doskonale sprężyste
- cząsteczki znajdują się w ciągłym chaotycznym ruchu

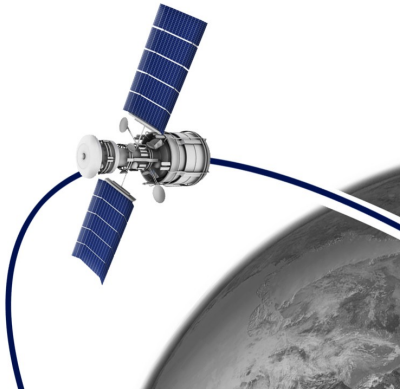


Erasmus+

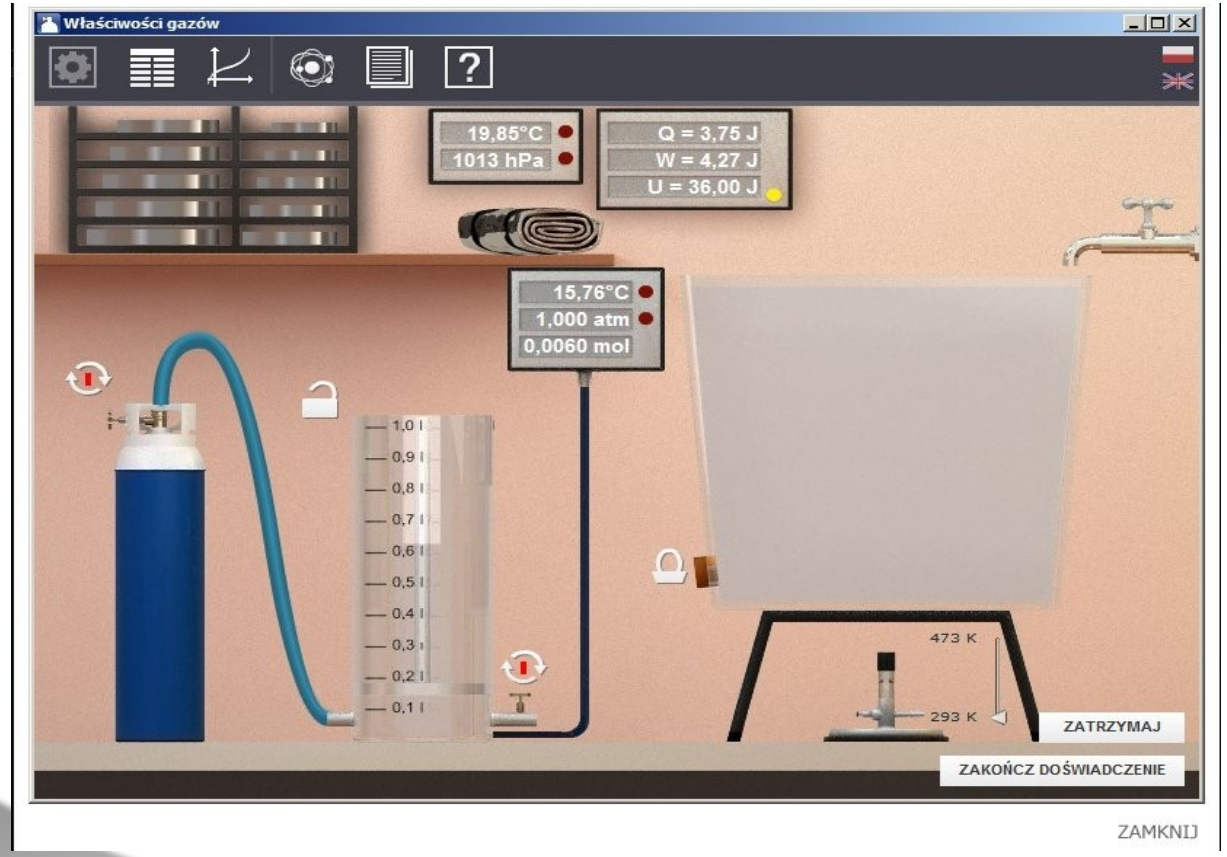
Wstęp - powtórzenie podstawowych pojęć

Podstawowe parametry stanu gazu doskonałego:

- Ciśnienie (p) czyli wartość siły działającej prostopadle do powierzchni podzielona przez powierzchnię na jaką ona działa
- Objętość (V) jaką zajmuje gaz
- Temperatura (T) związana ze średnią energią kinetyczną cząsteczek którą można jednoznacznie określić tylko dla stanu równowagi termodynamicznej itp ...



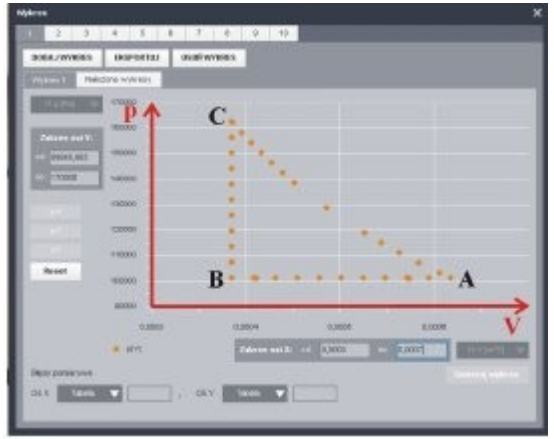
Symulacja – e- eksperyment modelowy jako wprowadzenie do opisu przemian gazowych – doświadczenie 15: Właściwości gazów.

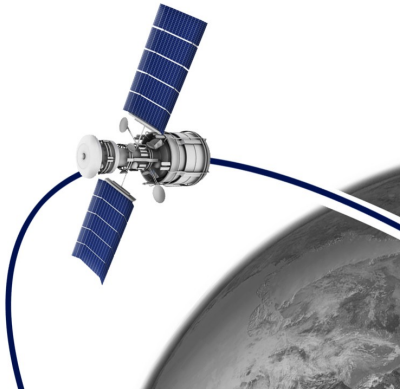


- http://e-doswiadczenia.mif.pg.gda.pl/e_doswiadczenia-pl

  Instrukcja do symulacji jest do pobrania ze strony doświadczeń, które można robić on line albo wcześniej zainstalować lokalnie na komputerach w szkole

- Uwaga : możliwe jest przeprowadzenie symulacji tylko przemiany izotermicznej (ćwiczenie 6) wraz z rysowaniem wykresów, albo przeprowadzenie większej liczby symulacji ale ograniczenie analizy danych...



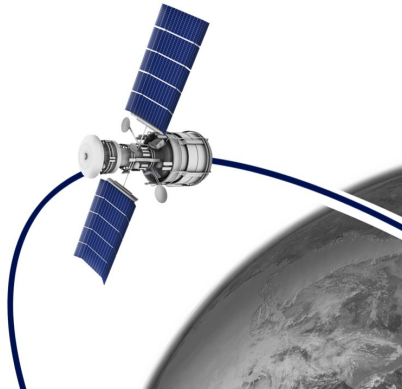


Erasmus+

Eksperyment uczniowski – przemiana izotermiczna

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

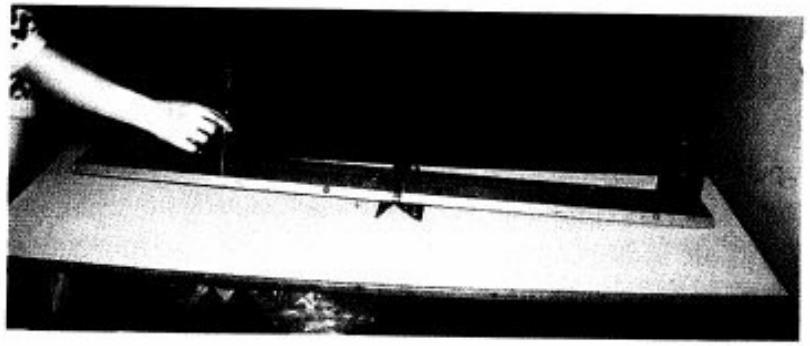
- strzykawka lekarska plastikowa np. 20 ml. i coś do jej zatkania (np. plastelina)
- listwa lub deska 1-1,5 m oraz mała podstawka (np. marker) aby zbudować dźwignię dwustronną
- ciężarki 1kg albo coś co je zastąpi (np. 1kg cukru/ soli zabezpieczone przed wysypaniem)



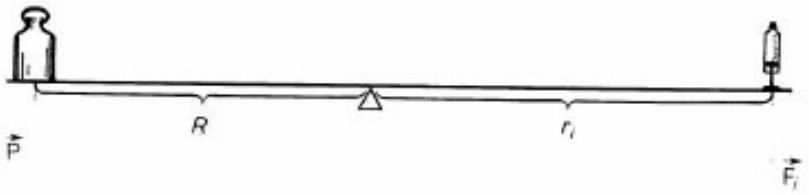
Erasmus+

Eksperyment uczniowski - instrukcja do wykonania doświadczenia ilustrującego przemianę izotermiczną.

- 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.
  Sprawdź różne przypadki dla których równowaga będzie osiągalna



Fot. 7. Układ do badania przemiany izotermicznej gazu

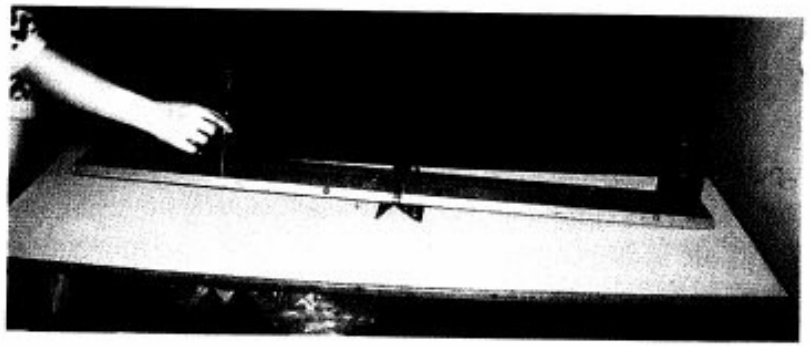


Rys. 8. Równowaga sił na dźwigni dwustronnej

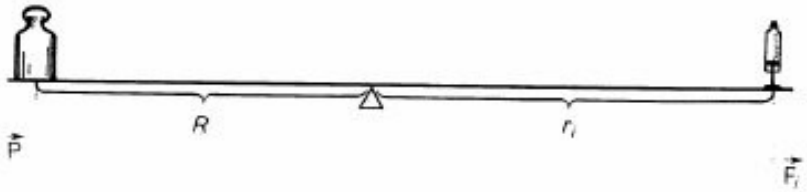
Erasmus+

Analiza danych doświadczalnych -instrukcja do wykonania doświadczenia ilustrującego przemiane izotermiczna

- 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



Fot. 7. Układ do badania przemiany izotermicznej gazu

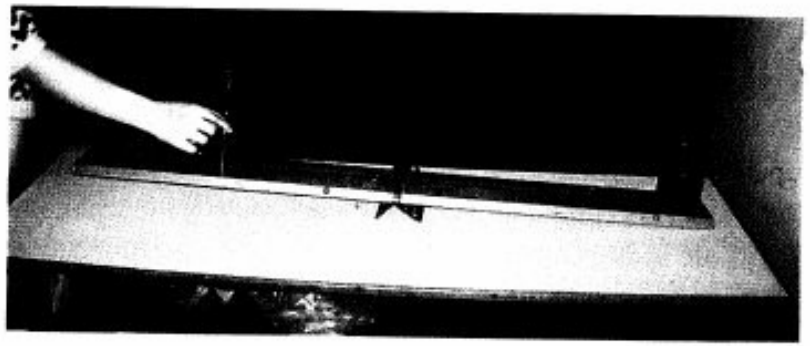


Rys. 8. Równowaga sił na dźwigni dwustronnej

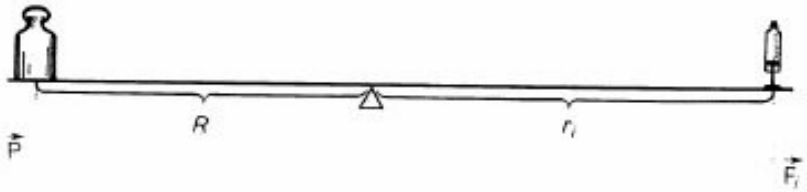
Erasmus+

Analiza danych doświadczalnych - instrukcja do wykonania doświadczenia ilustrującego przemiane izotermiczna

- 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



Fot. 7. Układ do badania przemiany izotermicznej gazu



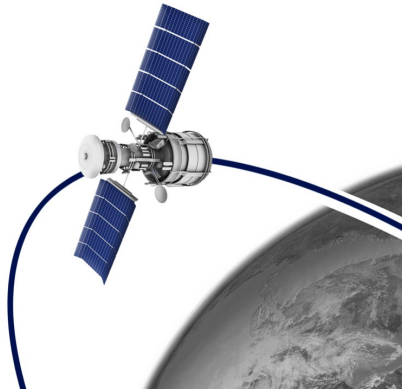
Rys. 8. Równowaga sił na dźwigni dwustronnej

Erasmus+

Podsumowanie:

Prawo Boyle'a-Mariotte'a *- iloczyn ciśnienia i objętości jest taki sam (stały) w każdej chwili przemiany izotermicznej (czyli takiej gdzie jest stała temperatura T=const)*

$$p\,V = const$$

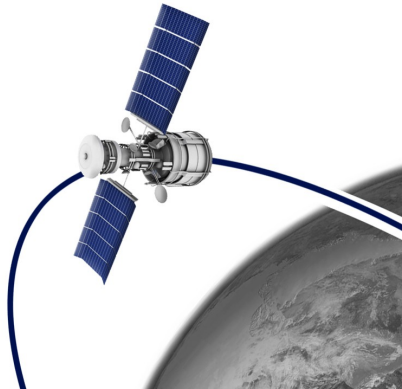


Erasmus+

Eksperyment uczniowski – przemiana izobaryczna

Potrzebne materiały do doświadczenia które można znaleźć w każdej kuchni czy najbliższej aptece:

- 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)



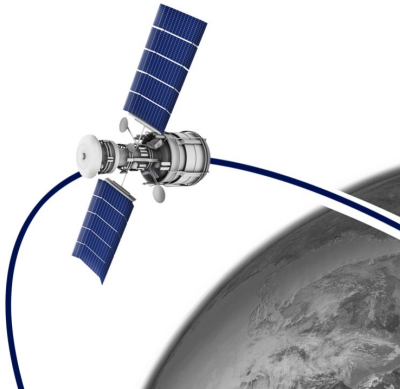
Eksperyment uczniowski - instrukcja do wykonania doświadczenia ilustrującego przemianę izobaryczną oraz analiza danych.

- 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.

Podsumowanie:

Prawo Gay-Lussaca *- podczas przemiany izobarycznej (czyli takiej gdzie stałe jest ciśnienie p = const) stosunek objętości gazu do jego temperatury jest stały, czyli temperatura w tej przemianie jest proporcjonalna do objętości:*

$$V/T = const \quad lub\ T \sim V$$



Erasmus+

Eksperyment uczniowski – przemiana izochoryczna

Potrzebne materiały do doświadczenia:

- 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

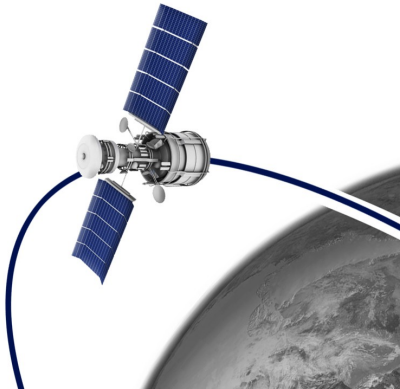
Eksperyment uczniowski - instrukcja do wykonania doświadczenia ilustrującego przemianę izochoryczną oraz analiza danych.

- 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.

Podsumowanie:

Prawo Charles'a *- podczas przemiany izochorycznej (czyli takiej gdzie stała jest objętość V = const) stosunek ciśnienia gazu do jego temperatury jest stały, czyli temperatura w tej przemianie jest proporcjonalna do ciśnienia:*

$$p/T = const \quad lub\ T \sim p$$

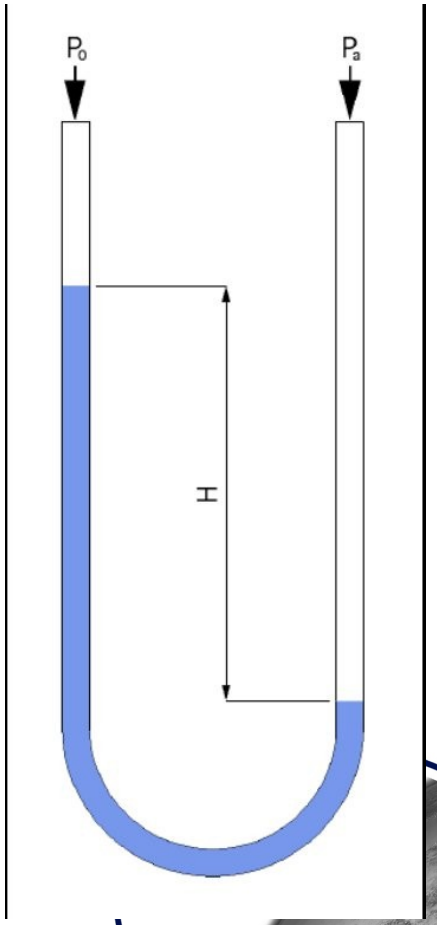


Erasmus+

Podsumowanie -teraz już potrafisz rozwiązać “problem na stacji kosmicznej”:

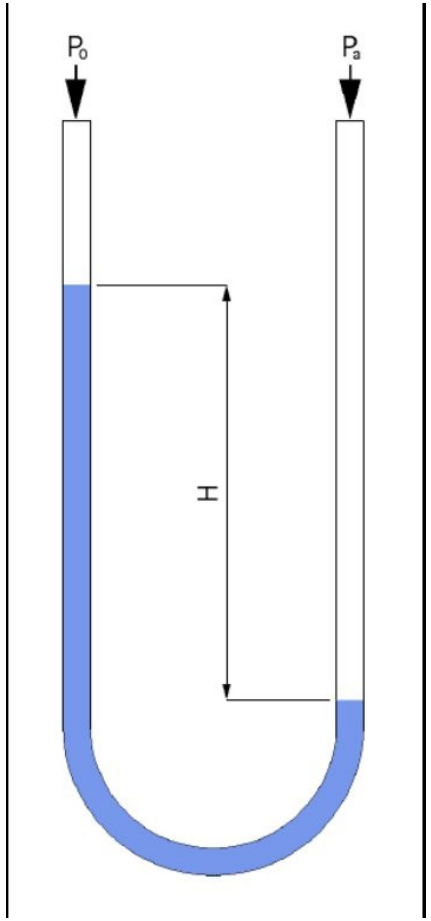
Manometr został zabrany do kabiny **orbitalnej stacji kosmicznej**. Przed startem różnica wysokości cieczy w rurce była H= 4 cm, a wysokość kolumny gazu w zamkniętej części 10 cm. Jak zmieni się wskazanie manometru w kabinie na orbicie jeżeli warunki **temperatury i ciśnienia w kabinie pozostaną stałe?** Co się będzie działo z gazem w rurce i jaki proces to będzie?

Do rachunków załóż że ciśnienie jest ciśnieniem normalnym a ciecz w manometrze to rtęć (Hg) o znanej gęstości. Potrzebne stałe wyszukaj w tablicach.



Erasmus+

Rozwiązanie zadania „problem stacji kosmicznej”



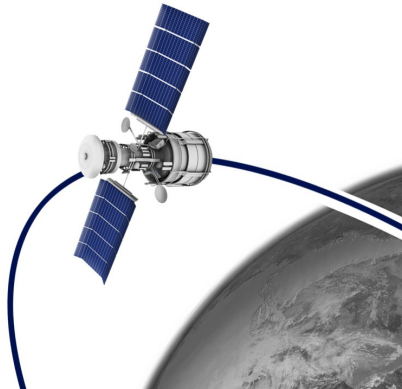
Pytania:

- Jak zmieni się wskazanie manometru w kabinie na orbicie jeżeli warunki **temperatury i ciśnienia w kabinie pozostaną stałe?**
- Co się będzie działo z gazem w rurce i jaki proces to będzie? - proces będzie izotermiczny

- Dane:

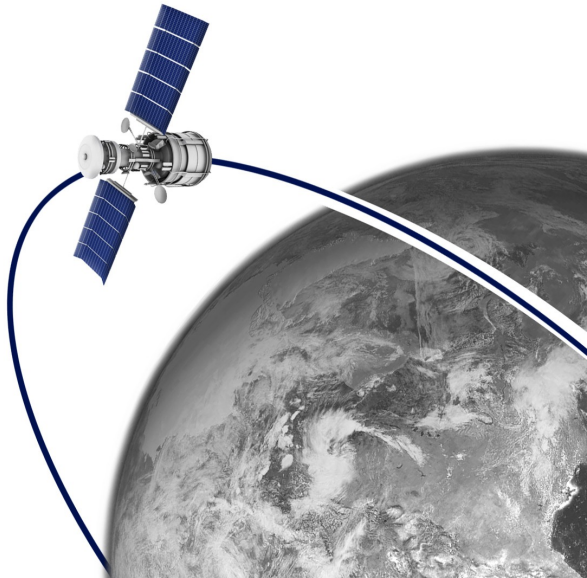
ciśnienie normalne: 100 000 Pa

gęstość rtęć (Hg): 13,6 g/cm^3



Erasmus+

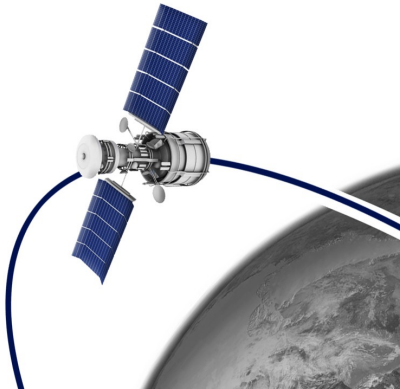
Dziękuje bardzo
za udział w projekcie



SAT PROJECT -Projekt finansowany w ramach programu
ERASMUS+ Edukacja Szkolna - Partnerstwa Strategiczne
Umowa nr 2015-1-PL01-KA201-016801

Bibliografia:

- Zadanie wprowadzające według zadania 15.21 z J.Jędrzejewski, W.Kruczek A.Kujawski, zbiór zadań z fizyki t1. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 1995
- Symulacje – politechnika gdańska
- Inspiracja do doświadczeń – Anna Kaczorowska NKF FUW UW



Erasmus+