

Wydział Nauk Technicznych

UNIVERSITY OF WARMIA AND MAZURY IN OLSZTYN
The Faculty of Technical Sciences
POLAND, 10-957 Olsztyn, M. Oczapowskiego 11
tel.: (48)(89) 5-23-32-40, fax: (48)(89) 5-23-32-55
URL: <http://www.uwm.edu.pl/edu/sobieski/> (in Polish)



TERMODYNAMIKA

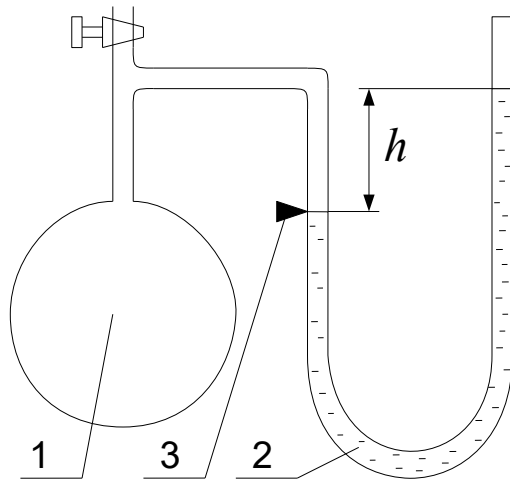
Podstawowe Metody Pomiarowe

wersja: 8 lipca 2022

Wojciech Sobieski

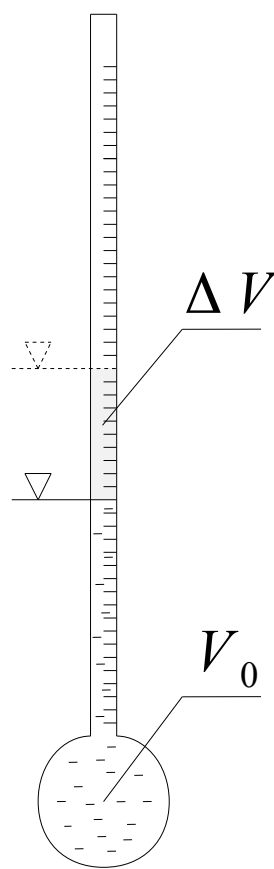
Olsztyn, 2013-2022

Pomiary temperatury

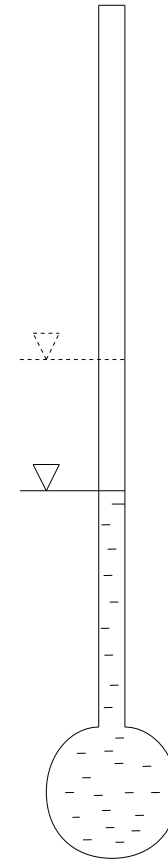


termometr gazowy:

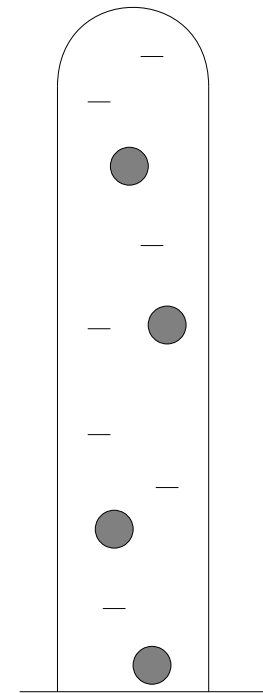
- 1 – naczynie z gazem
- 2 – U-rurka
- 3 – znacznik



termometr cieczowy

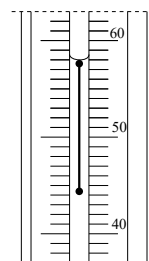
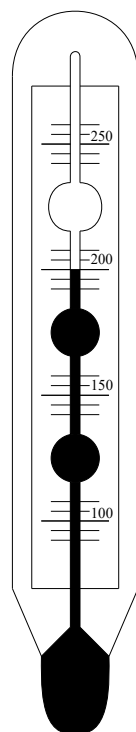
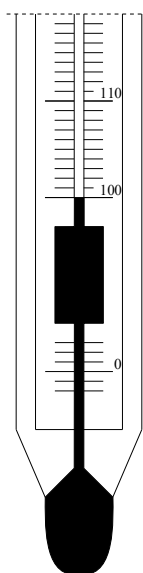
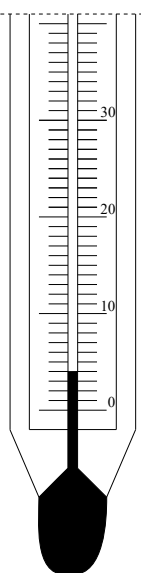
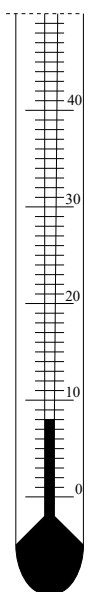
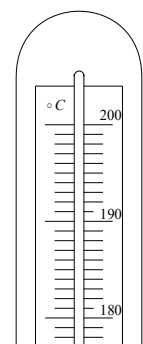
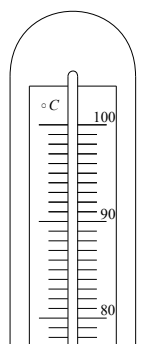
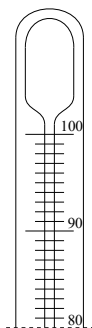


termoskop

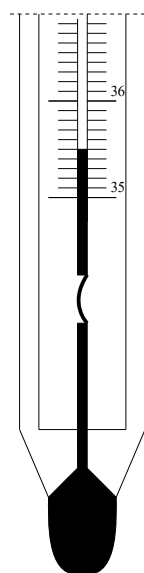
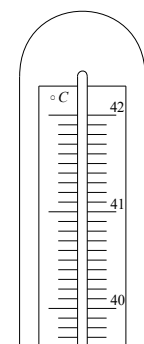


termometr Galileusza

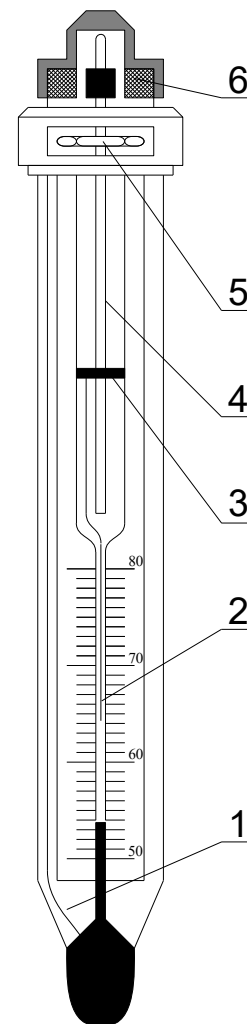
Pomiary temperatury



maksymalny



minimalny



pałeczkowy

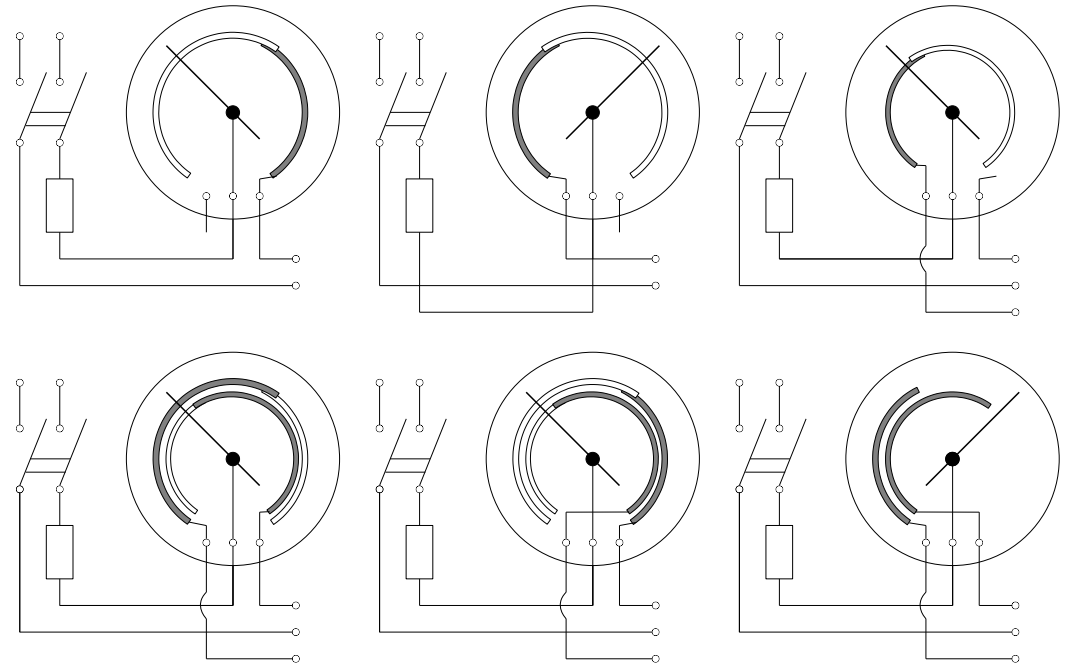
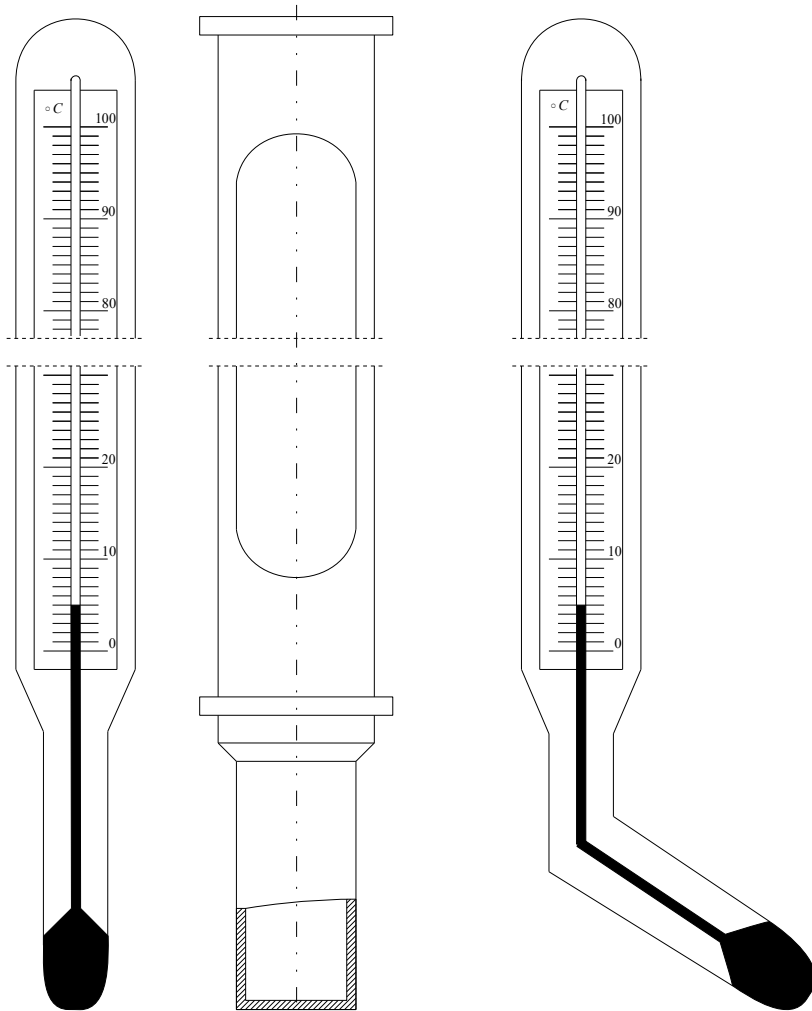
rurkowy

rurkowy z przesuniętym punktem zerowym

rurkowy ze skróconą kapilarą

kontaktowy:
1, 2 – druciki, 3 – nakrętka, 4 – śruba,
5 – gniazdo, 6 – sprzęgło magnetyczne

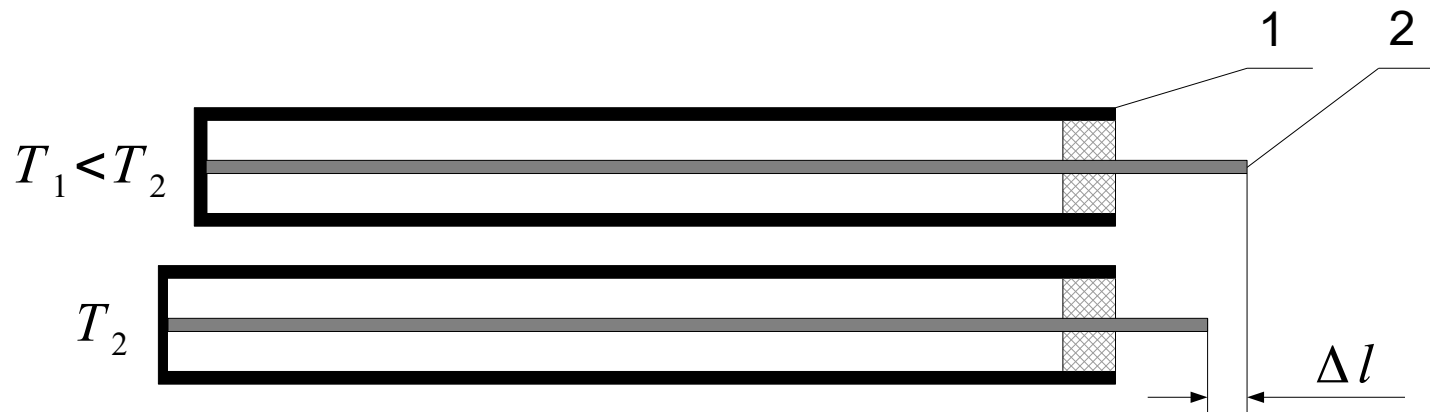
Pomiary temperatury



termometry
manometryczne
kontaktowe

termometr w obudowie

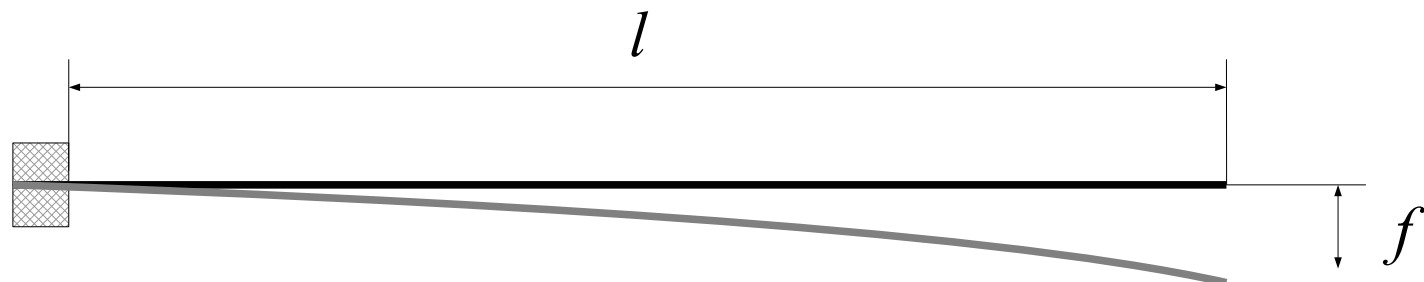
Pomiary temperatury



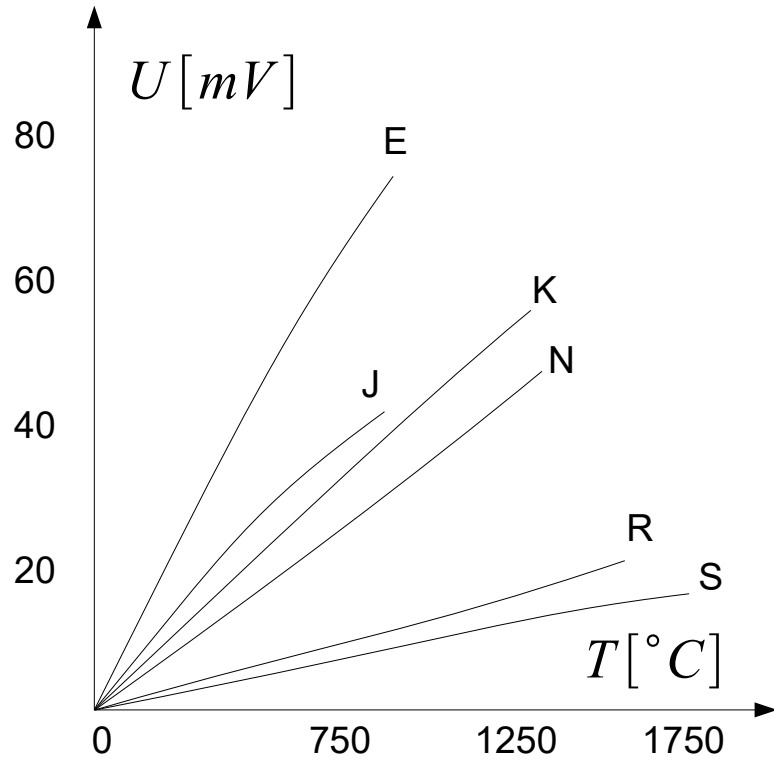
termometr dylatacyjny:

- 1 – element czynny (rurka)
- 2 – element bierny (pręt)

termometr bimetalowy

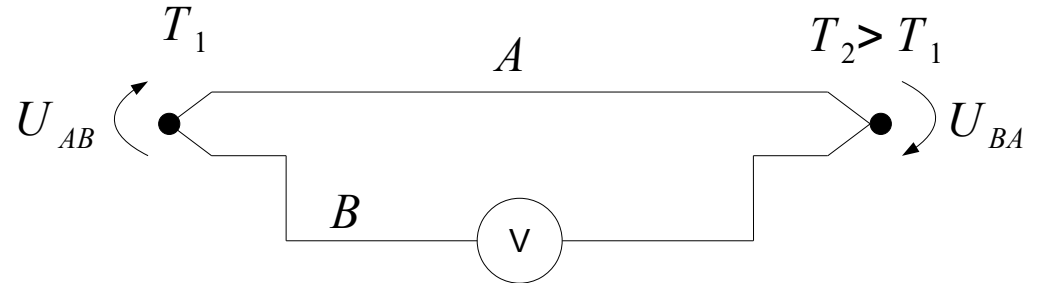


Pomiary temperatury

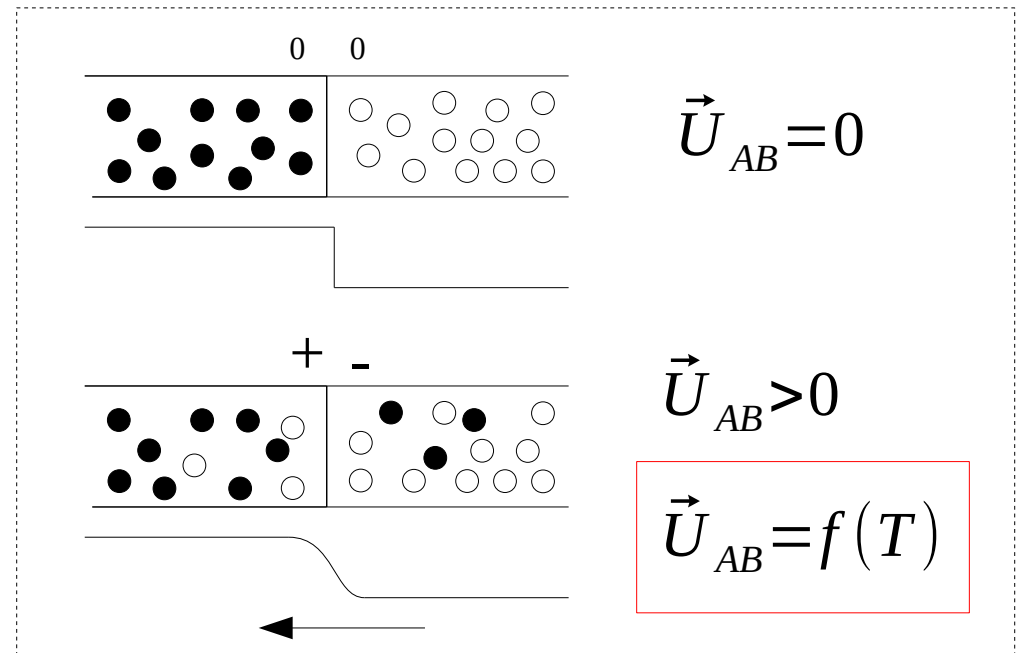


wybrane charakterystyki termoelektryczne

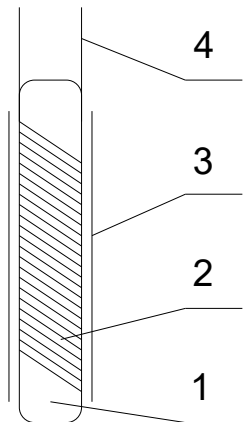
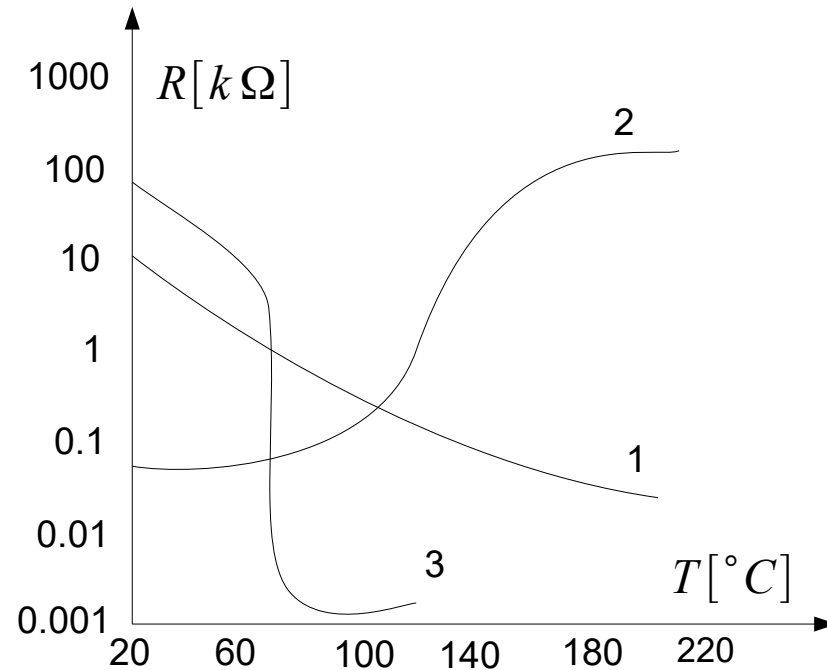
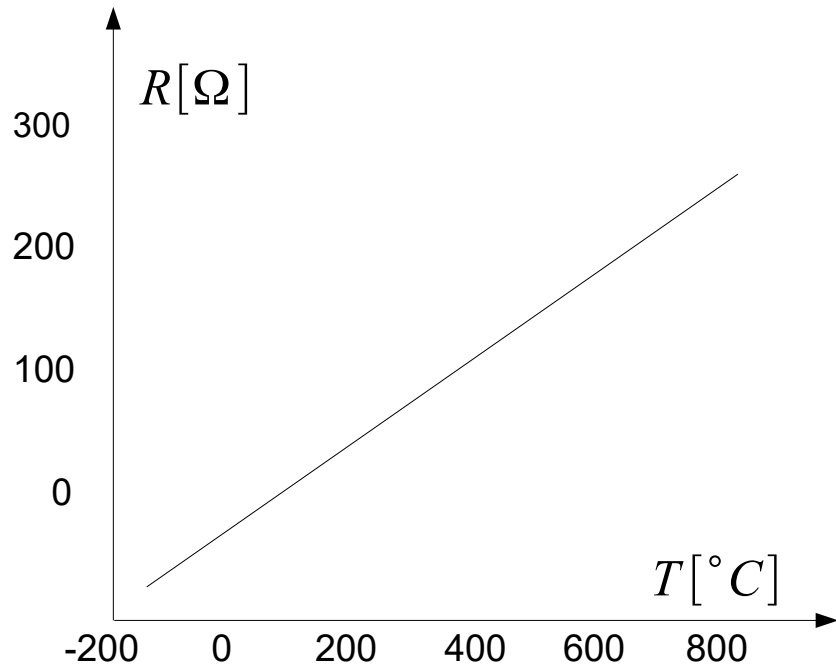
- typ E: NiCr-CuNi (-200/+900°C)
- typ J: Fe-CuNi (-40/+750°C)
- typ K: NiCr-Ni (-200/+1200°C)
- typ N: NiCrSi-NiSi (do +1200°C)
- typ R: PtRh13-Pt (do +1600°C)
- typ S: PtRh10-Pt (do +1600°C)



Schemat termoelementu (termopary)



Pomiary temperatury



charakterystyka
termometru rezystancyjnego

- 1 – szklany rdzeń
- 2 – uzwojenie pomiarowe
- 3 – osłona szklana
- 4 – przewody przyłączeniowe

charakterystyka termistorów:

- 1 – typ NTC
- 2 – typ PTC
- 3 – typ CTR

Pomiary temperatury

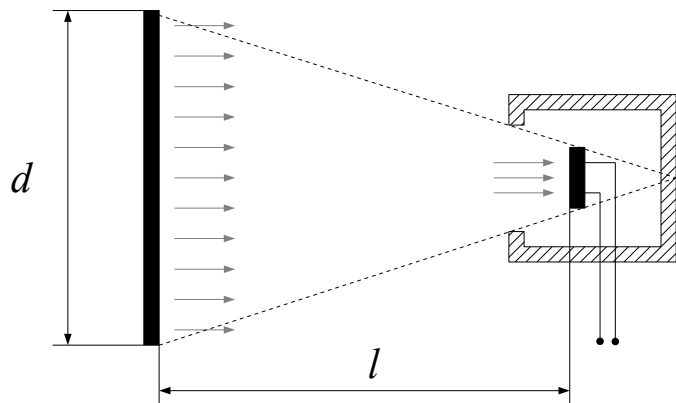


Stanowisko do wyznaczania charakterystyki dynamicznej termometru.

Stanowisko do pomiarów temperatury wybranymi metodami kontaktowymi.

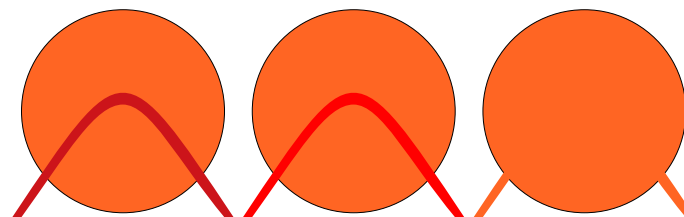


Pomiary temperatury

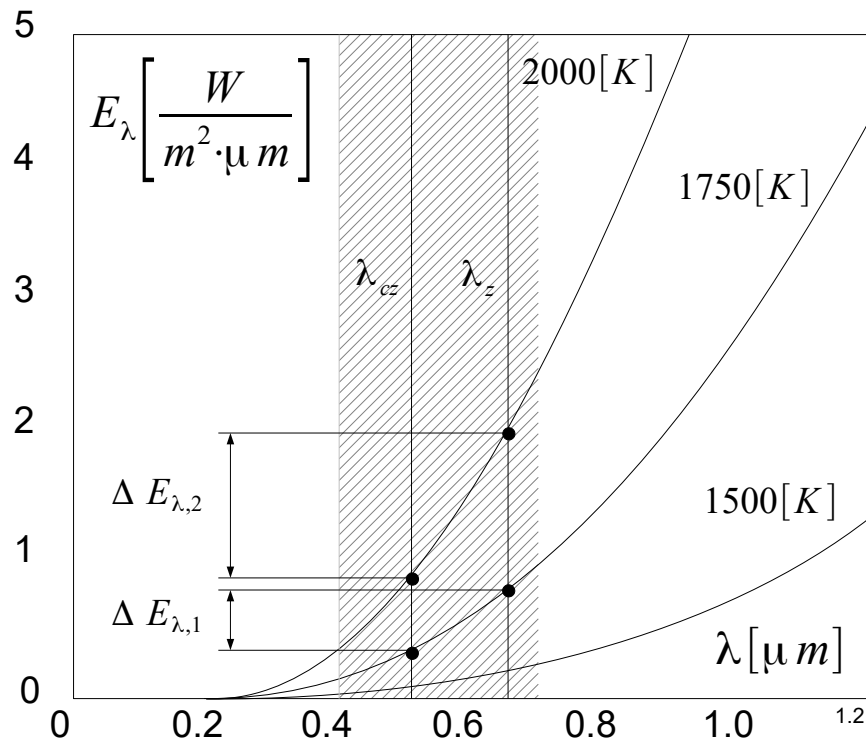


istota działania pirometru radiacyjnego

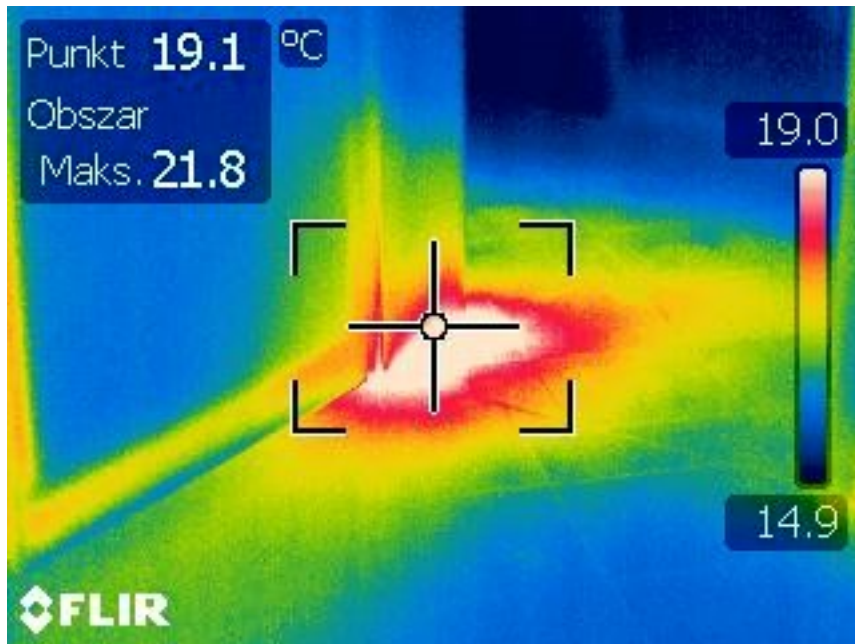
istota działania pirometru dwubarwnego



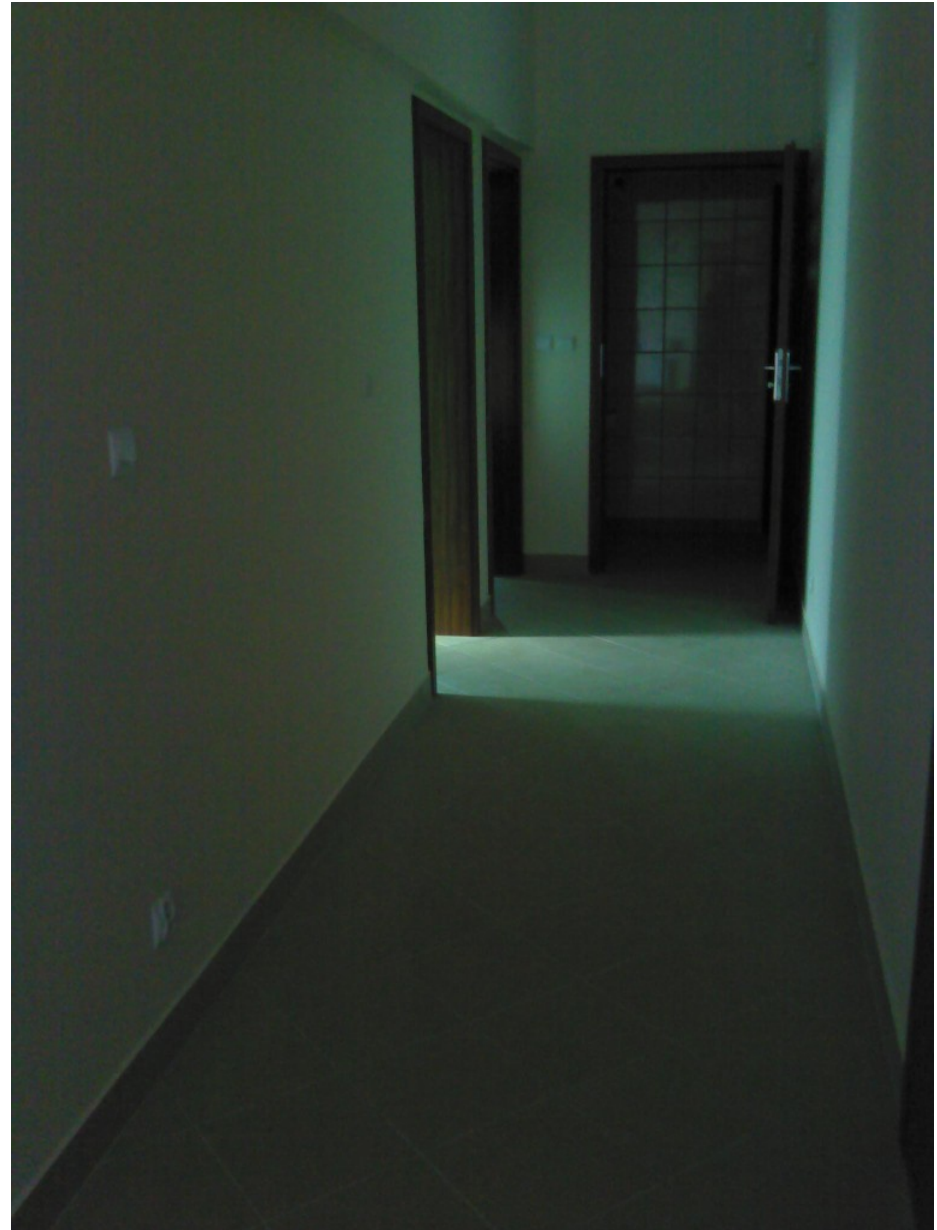
istota działania pirometru z zanikającym włóknem



Pomiary temperatury



Obraz termowizyjny

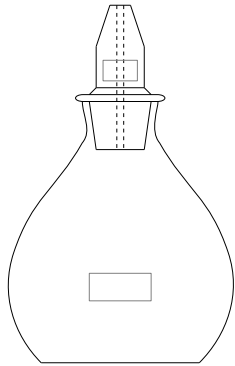


Pomiary temperatury

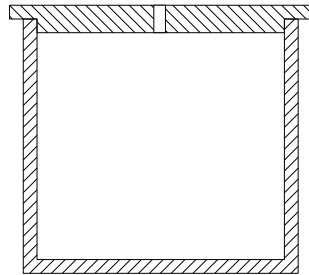


Stanowisko do pomiarów temperatury metodami bezkontaktowymi.

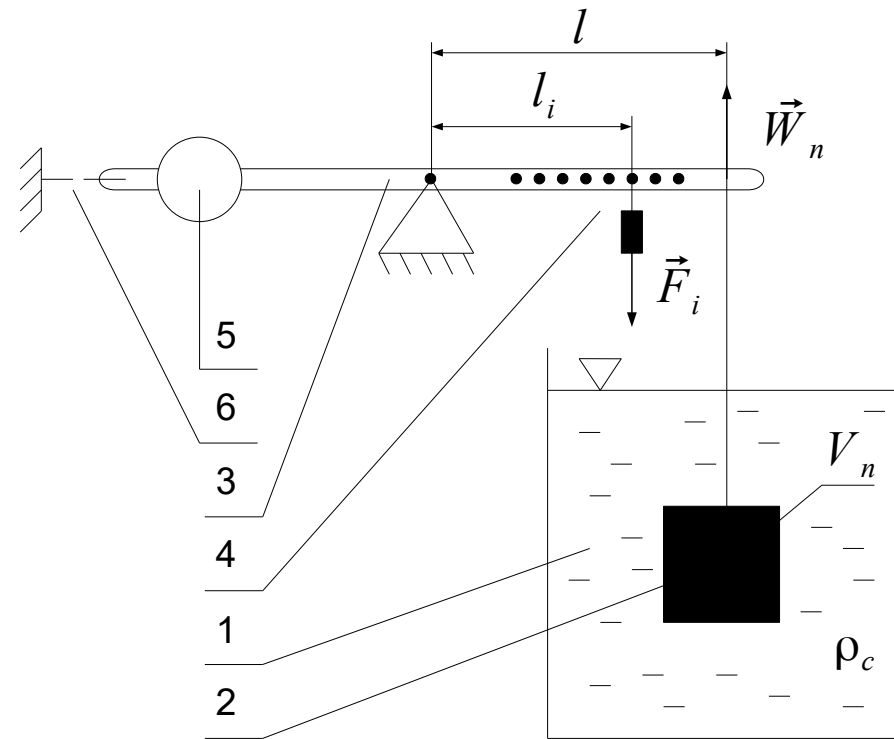
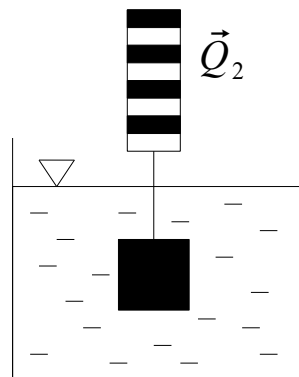
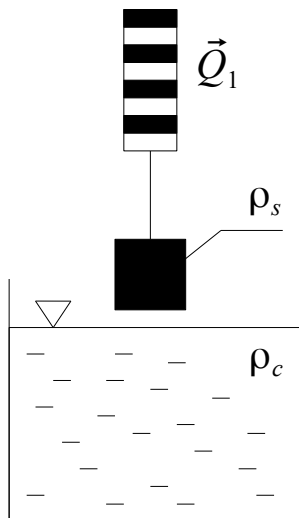
Pomiary gęstości



piknometr szklany



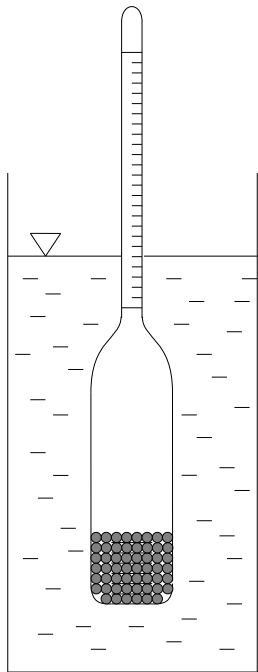
piknometr metalowy



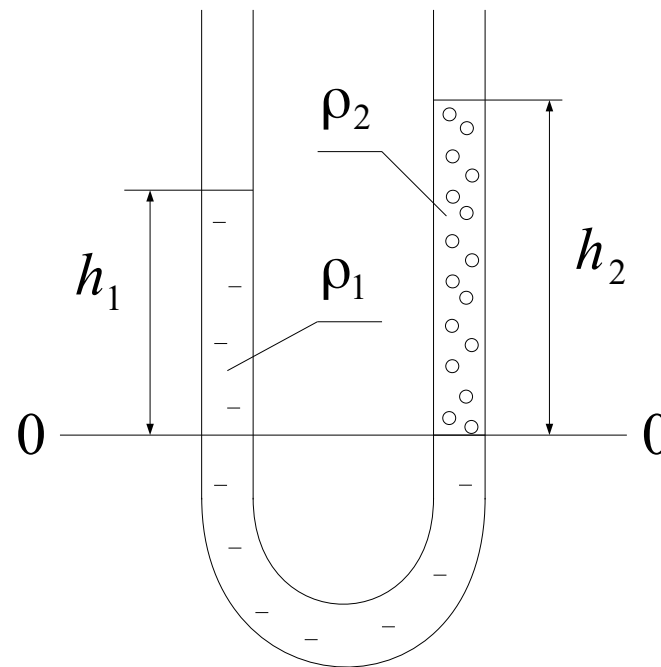
waga Mohra

pomiar za pomocą siłomierzy

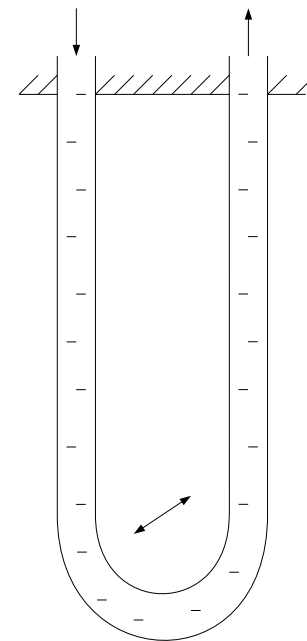
Pomiary gęstości



metoda
areometryczna

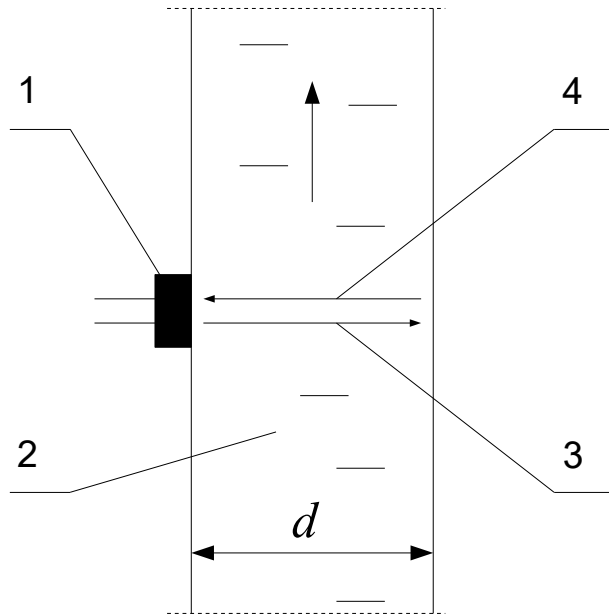


metoda
równowagi
ciśnienie
statycznych



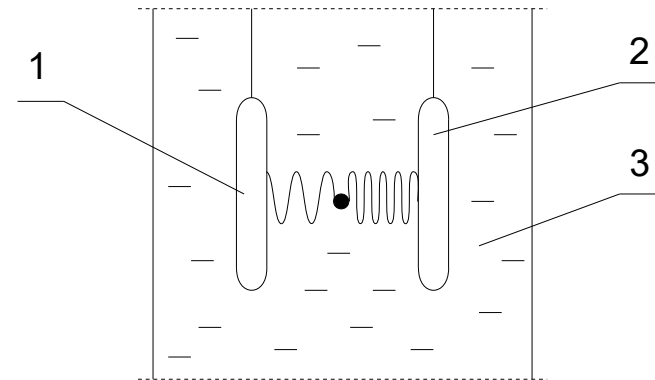
metoda
oscylacyjna

Pomiary gęstości



metoda akustyczna:

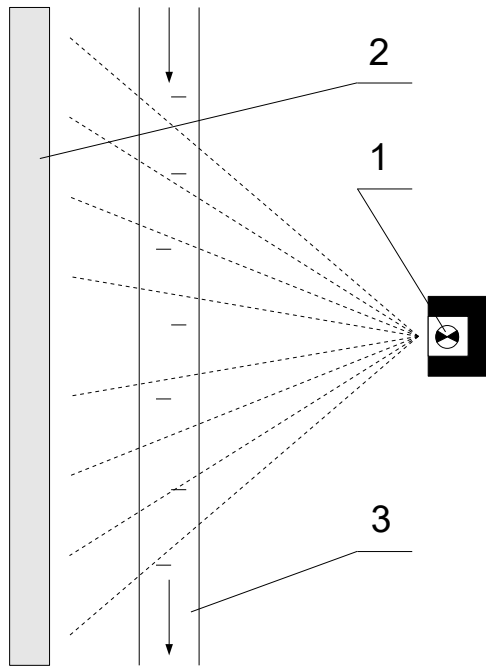
- 1 – generator i rejestrator fali
- 2 – płyn
- 3 – fala pierwotna
- 4 – fala odbita



metoda mikrofalowa:

- 1 – nadajnik
- 2 – odbiornik
- 3 – płyn

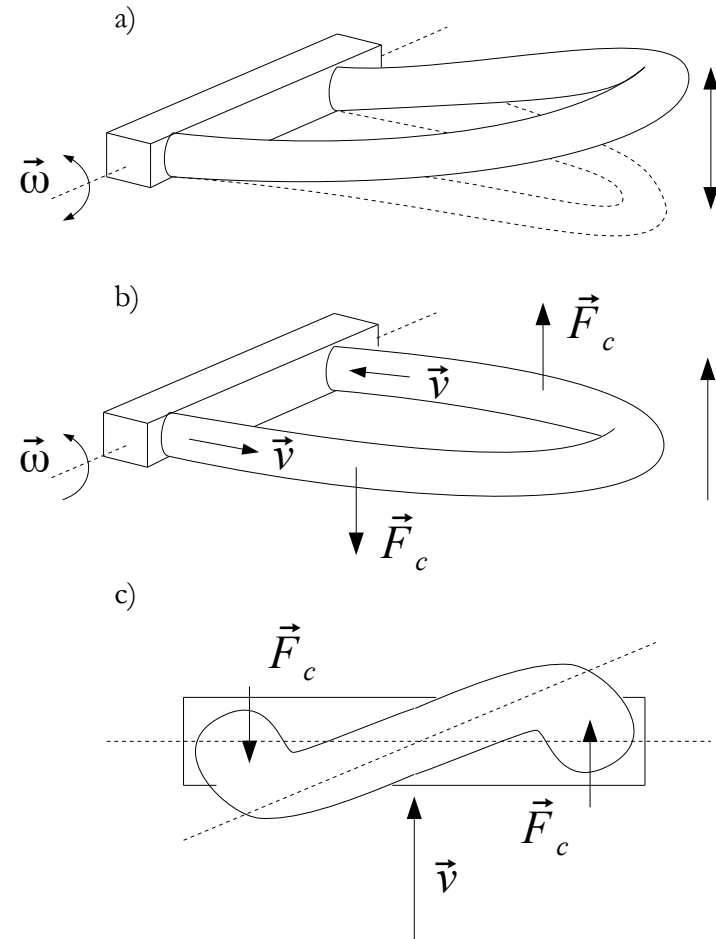
Pomiary gęstości



metoda radiometryczna:

1 – materiał radioaktywny

2 – czujnik natężenia promieniowania



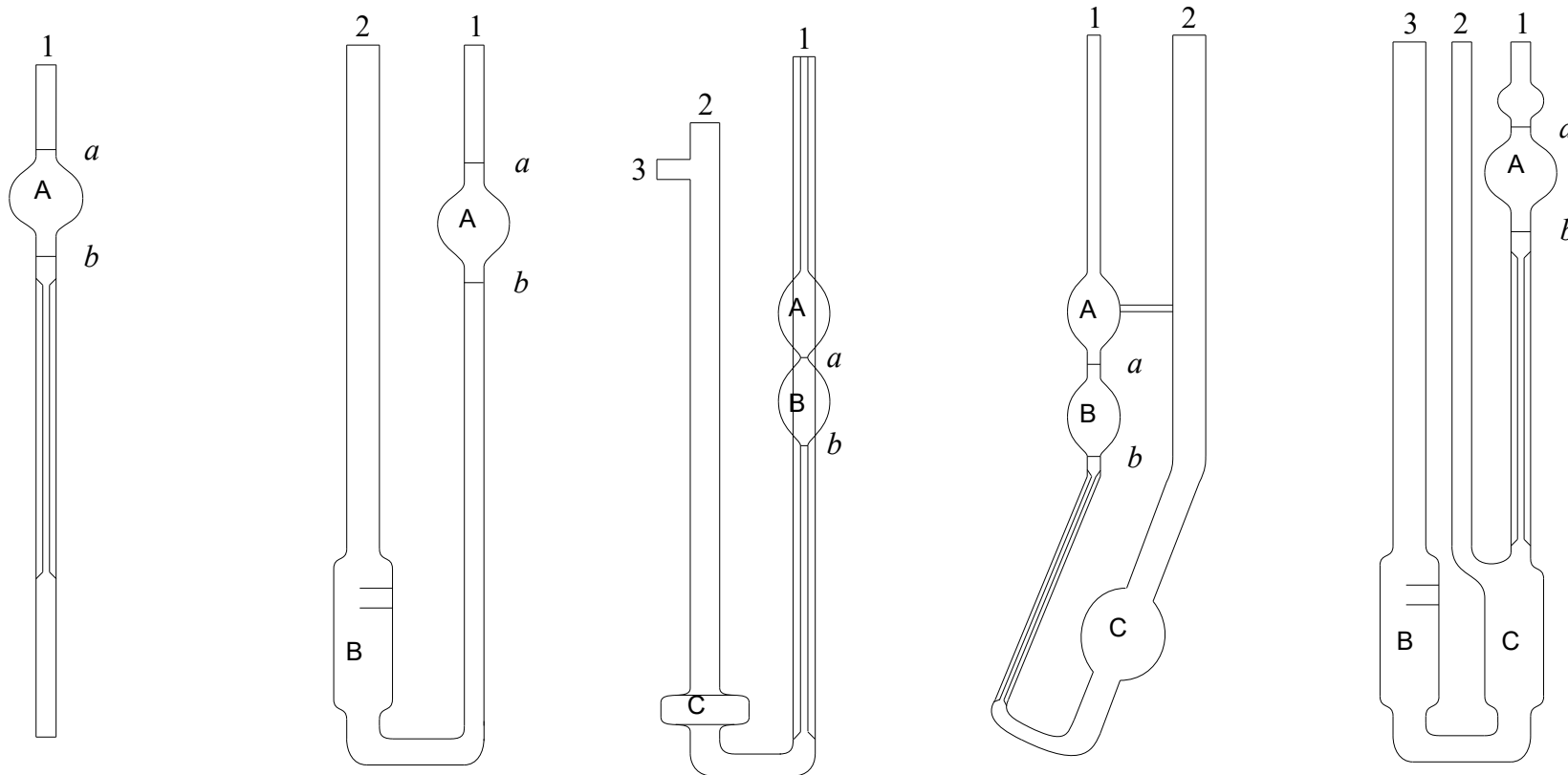
metoda Coriolisa

Pomiary gęstości



Stanowisko do wyznaczania gęstości płynów.

Pomiary lepkości



wiskozymetry kapilarne:

Archeniusa

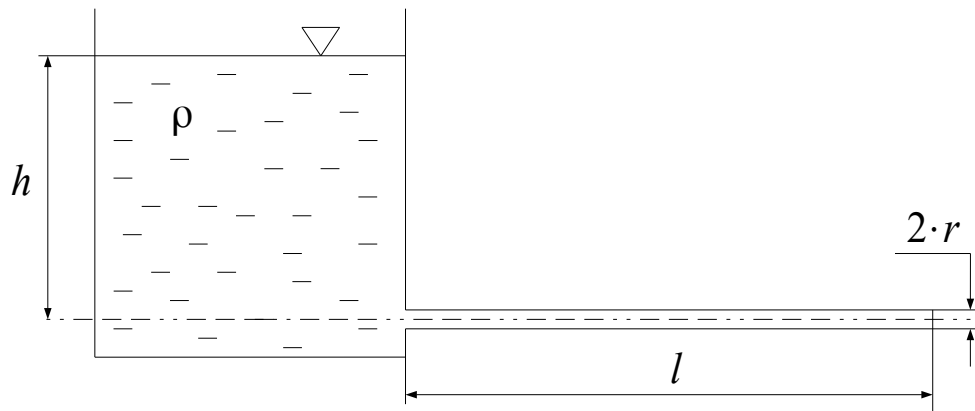
Ostwalda

Pinkiewiczza

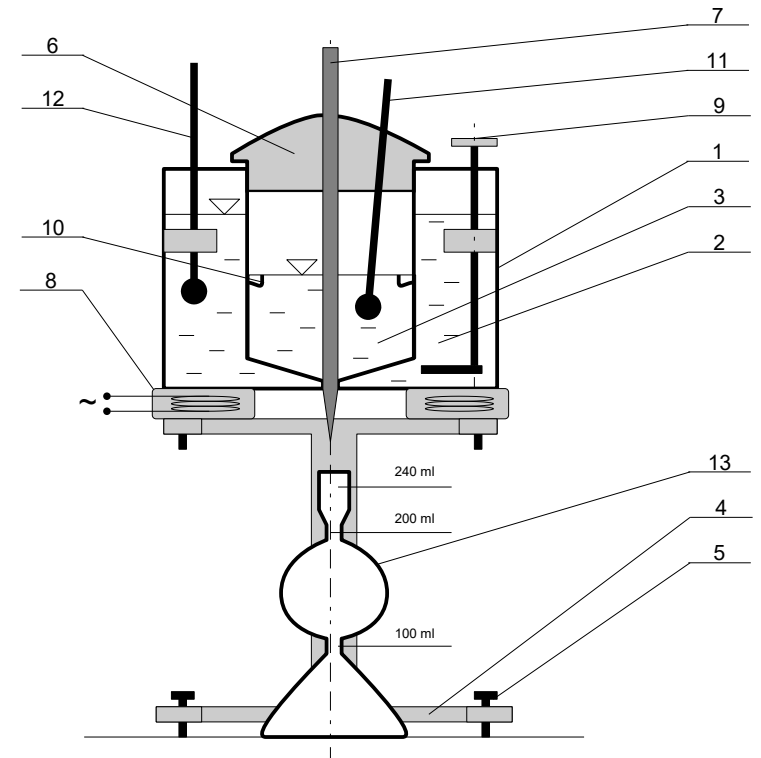
Cannon-Fenske

Ubbelohde'a

Pomiary lepkości

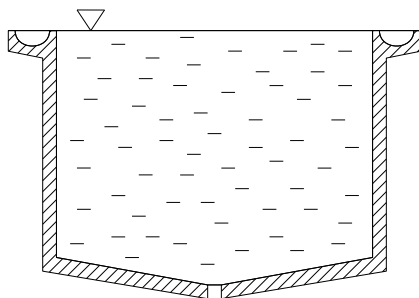


metoda bezpośrednio
wykorzystująca prawo Hagen-Poiseuille'a



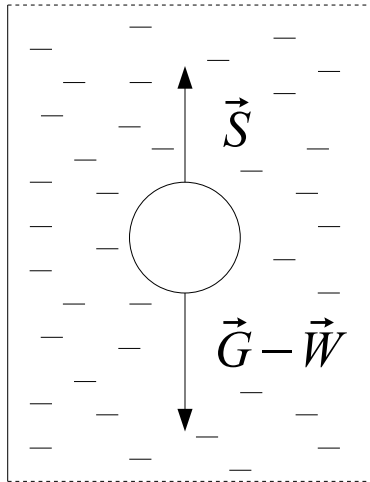
metoda Englera:

- | | |
|------------------------|----------------------|
| 1 – łaźnia wodna | 8 – grzałka |
| 2 – woda | 9 – mieszadło |
| 3 – ciecz badana | 10 – haczyki |
| 4 – podstawa | 11 – termometr |
| 5 – regulatory poziomu | 12 – termometr |
| 6 – pokrywa | 13 – kolba pomiarowa |
| 7 – zatyczka | |



metoda kubkowa
(kubek Forda)

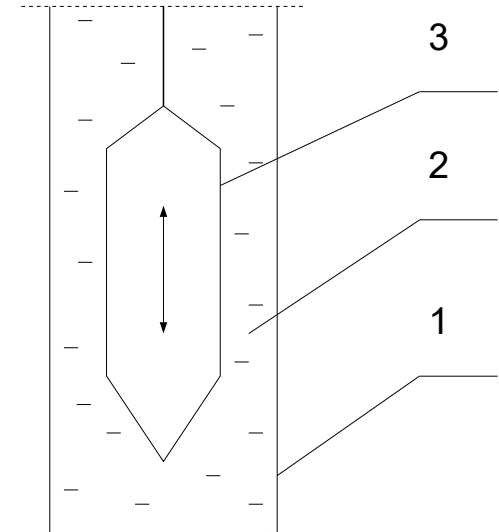
Pomiary lepkości



metoda wykorzystująca
prawo Stokesa

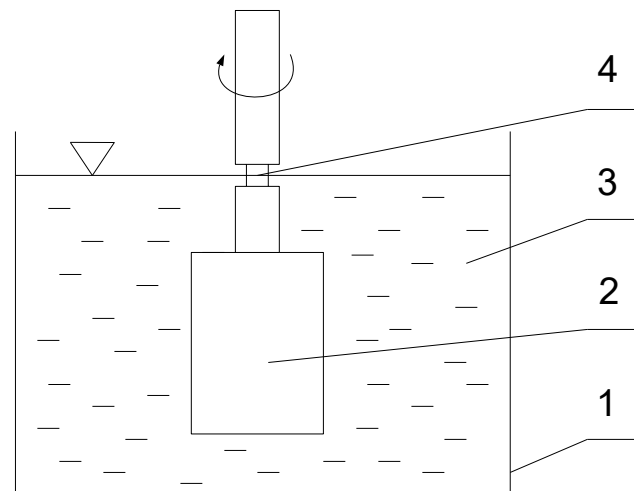
metoda tłokowa:

- 1 – cylinder zewnętrzny
- 2 – badana ciecz
- 3 – tłok

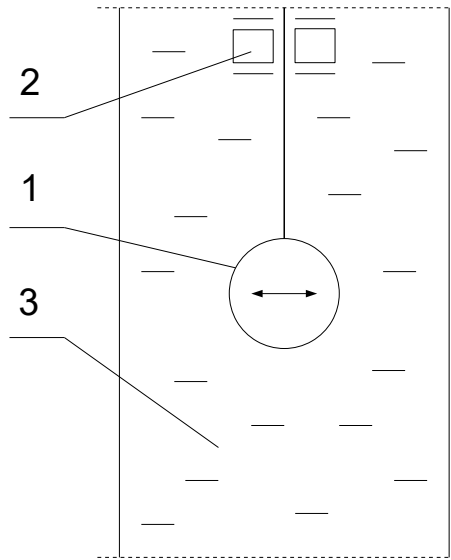


metoda rotacyjna:

- 1 – cylinder zewnętrzny
- 2 – cylinder wewnętrzny
- 3 – badana ciecz
- 4 – znacznik zanurzenia wrzeciona



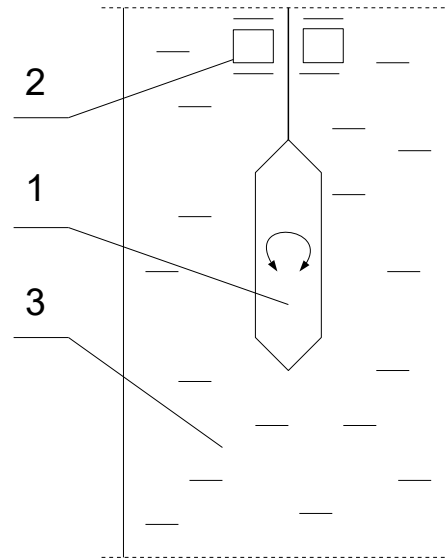
Pomiary lepkości



metody wibracyjne

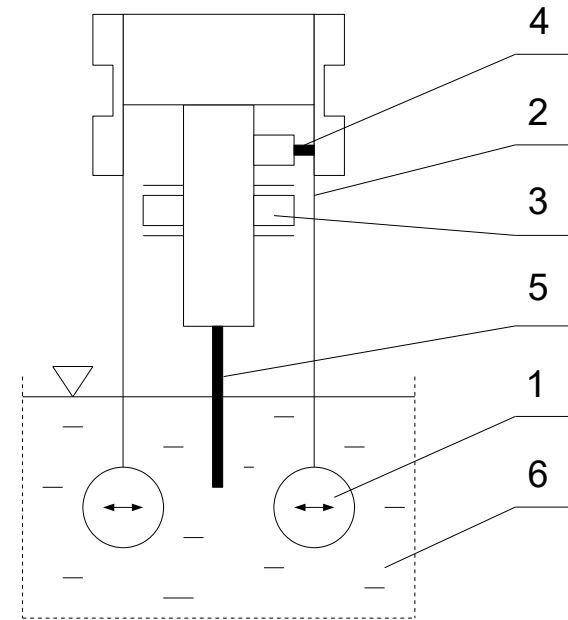
czujnik z końcówką
sferyczną:

- 1 – wibrująca końcówka
- 2 – elektromagnes
- 3 – płyn



czujnik z końcówką w postaci
pręta:

- 1 – wibrująca końcówka
- 2 – elektromagnes
- 3 – płyn



czujnik z końcówką widelkową:

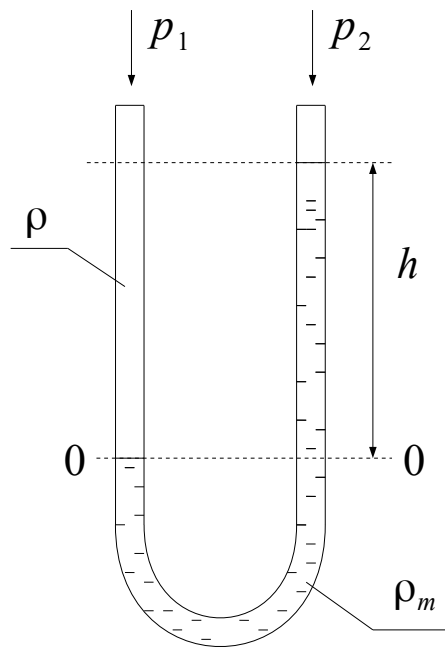
- 1 – końcówka widelkowa
- 2 – blaszka sprężysta
- 3 – elektromagnes
- 4 – czujnik położenia
- 5 – termometr
- 6 – płyn

Pomiary lepkości

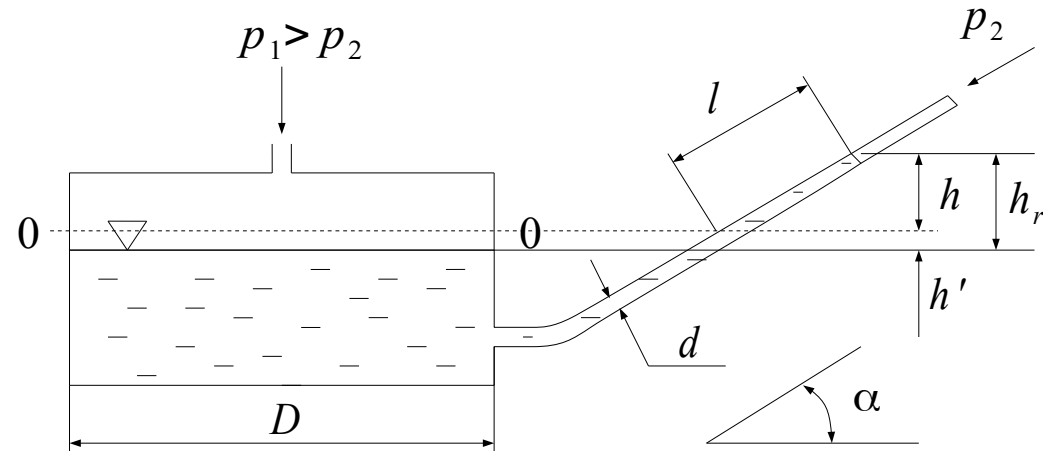
Stanowisko do wyznaczania lepkości płynów.



Pomiary ciśnienia

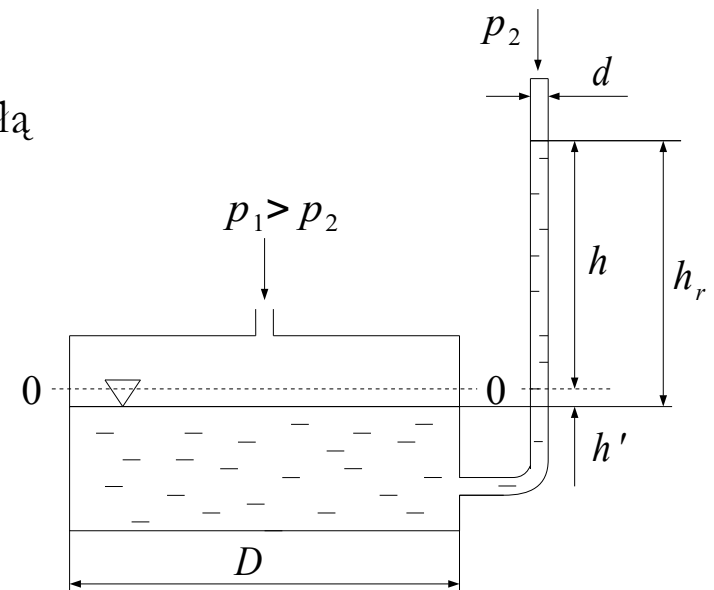


U-rurka

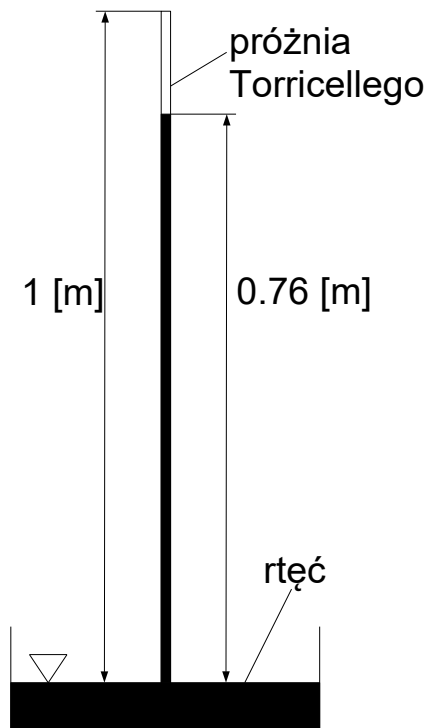


U-rurka z rurką pochyłą

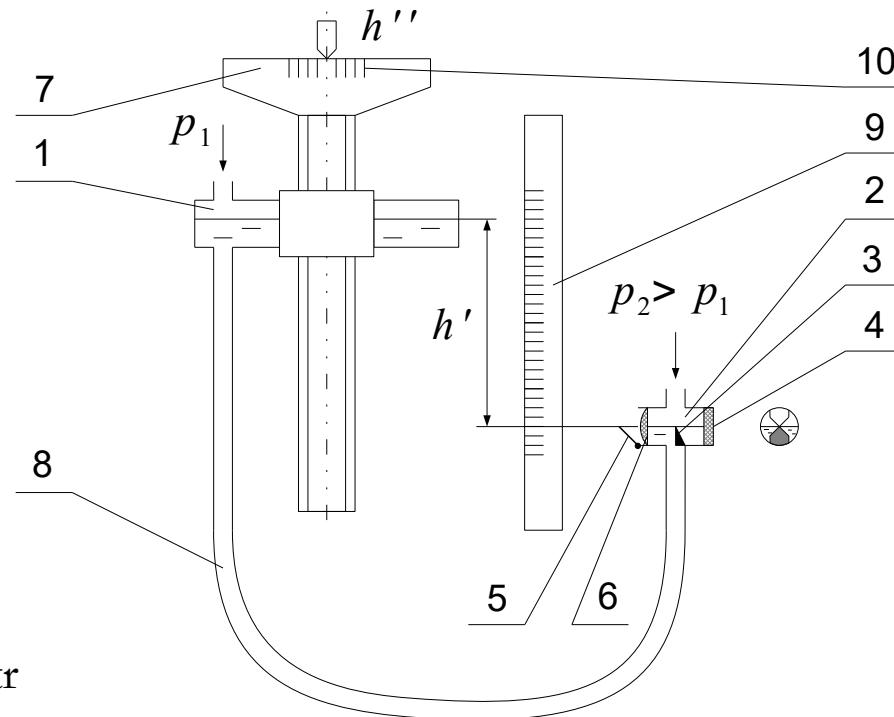
manometr
jednoramienny



Pomiary ciśnienia



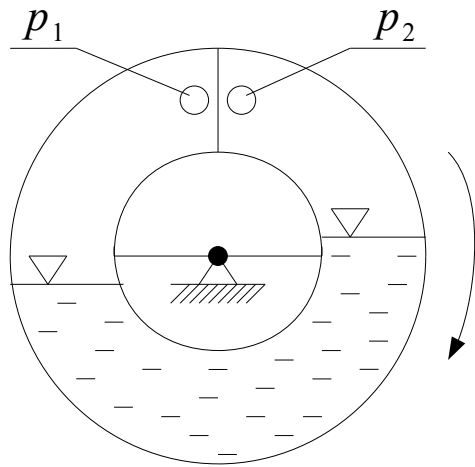
barometr
Torricellego



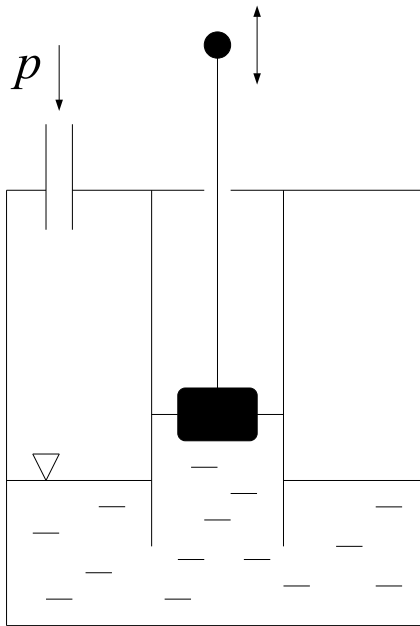
mikromanometr
kompensacyjny:

- 1 – ruchome naczynie górne, 2 – nieruchome naczynie dolne,
- 3 – ostrze, 4 – wziernik, 5 – lustro nastawne, 6 – soczewka,
- 7 – śruba do regulacji położenia zbiornika górnego,
- 8 – wąż elastyczny do połączenia zbiorników,
- 9 – skala do odczytywania milimetrów,
- 10 – skala do odczytywania setnych części milimetra

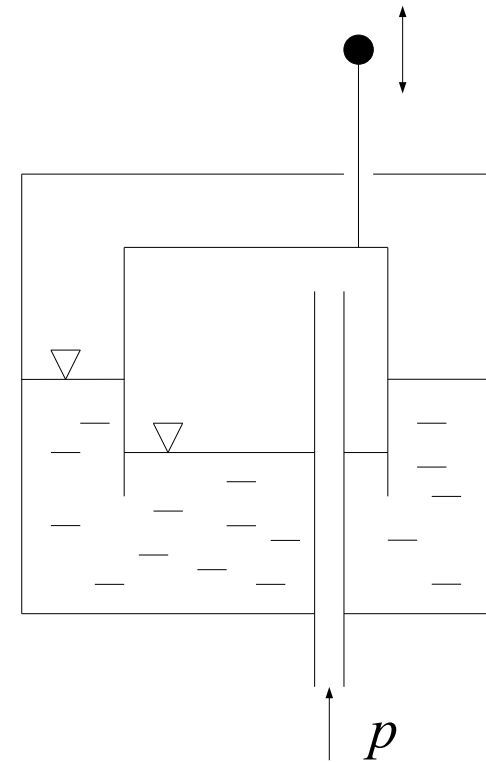
Pomiary ciśnienia



manometr pierścieniowy

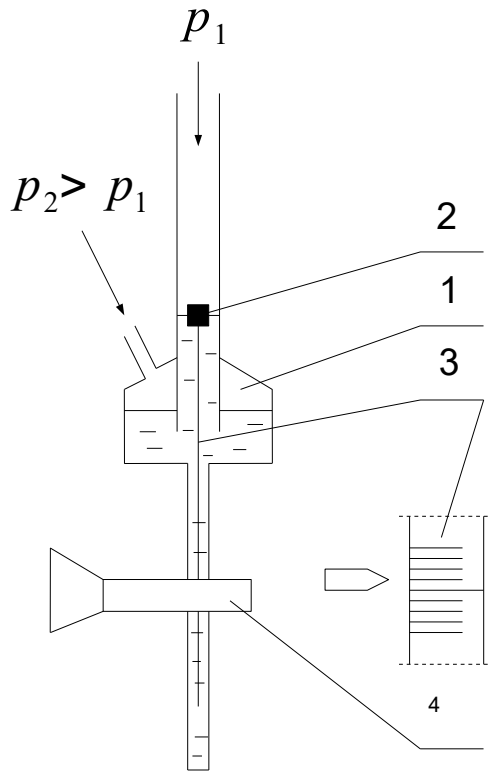


manometr pływakowy

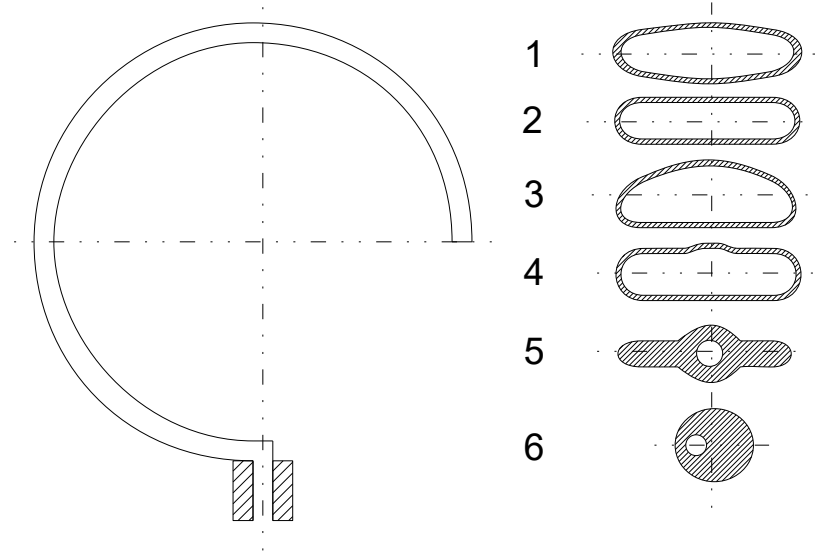


manometr dzwonowy

Pomiary ciśnienia

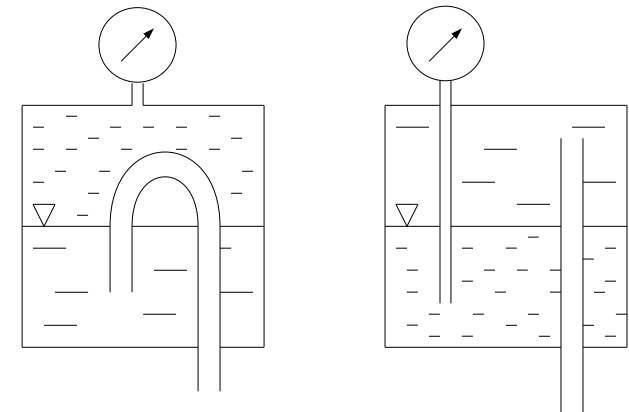


manometr Betza

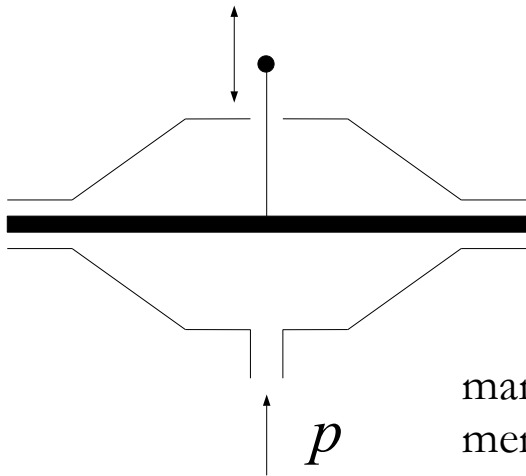


rurka manometru sprężystego

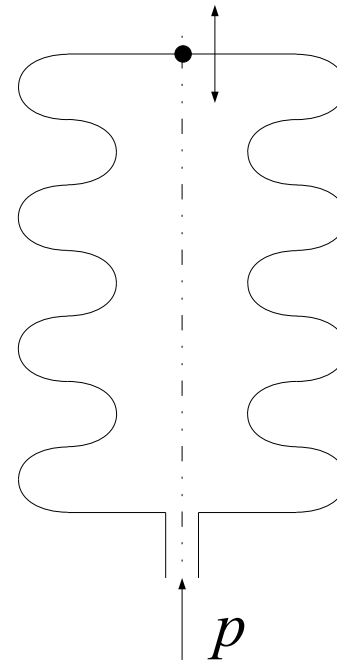
komory rozdzielcze



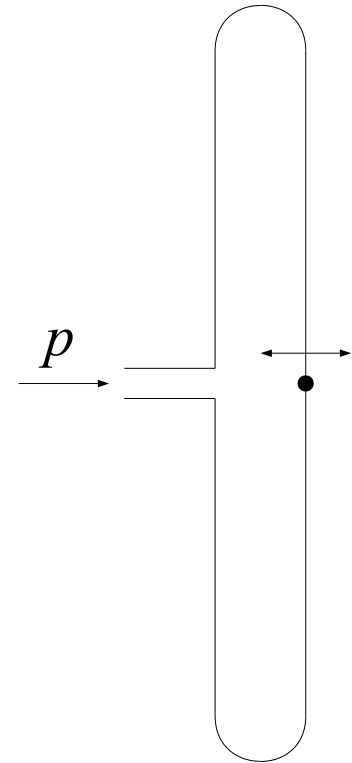
Pomiary ciśnienia



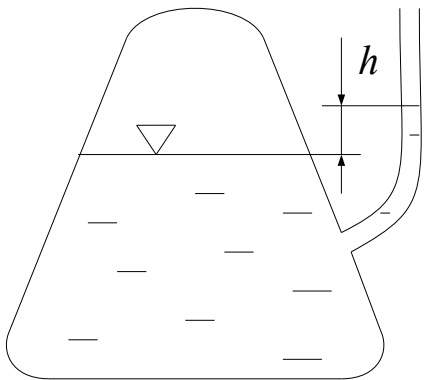
manometr
membranowy



manometr mieszkowy

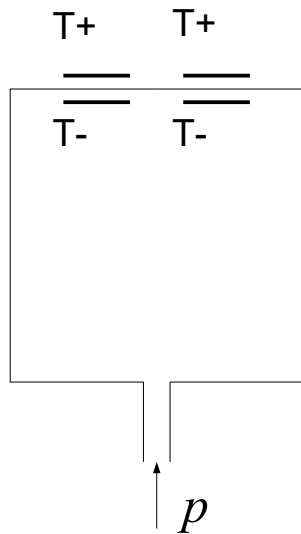


manometr puszkowy

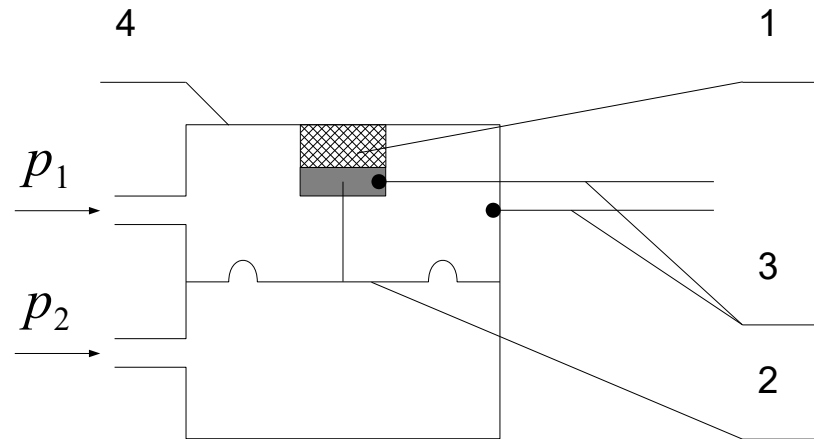


barometr Goethego

Pomiary ciśnienia



manometr (puszkowy)
tensometryczny

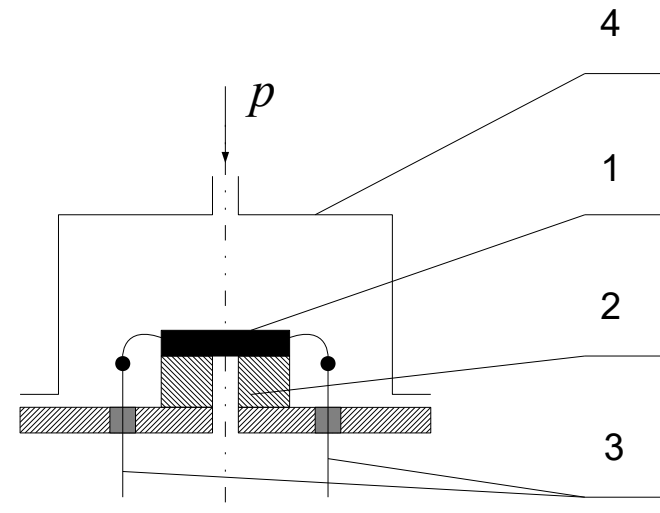


manometr
piezoelektryczny
różnicowy:

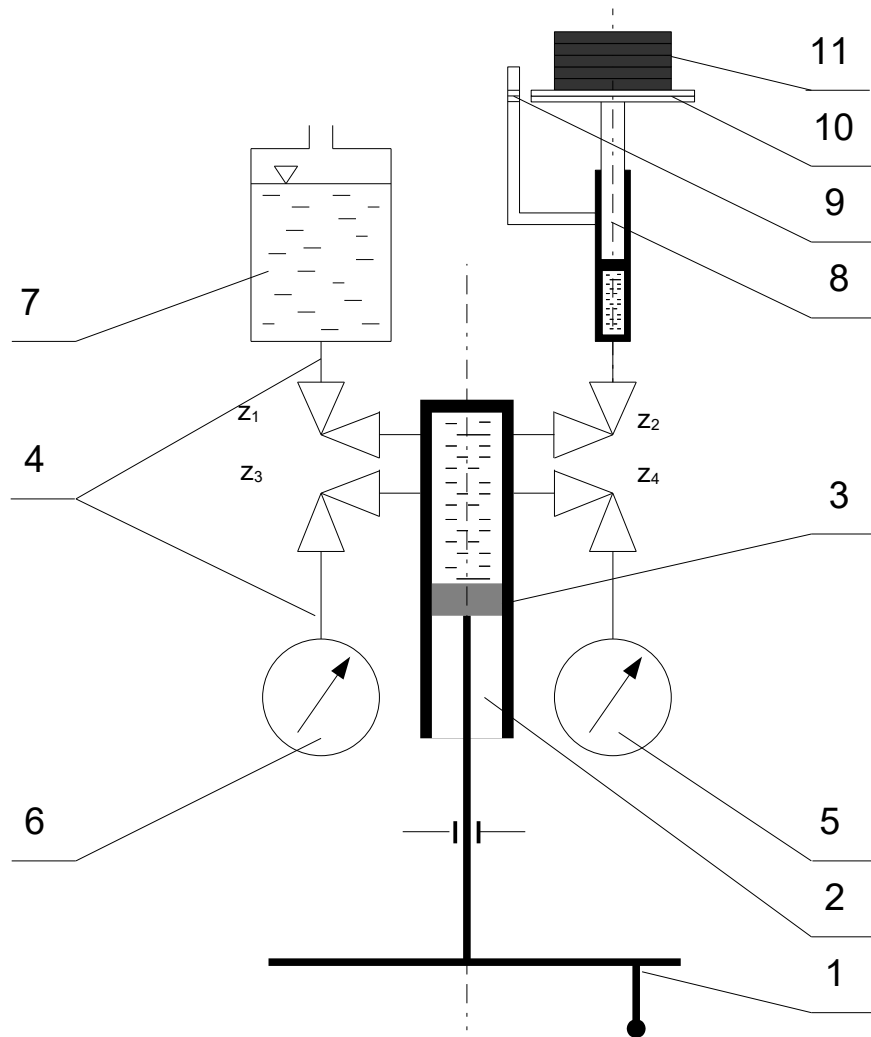
- 1 – piezoelektryk
- 2 – membrana
- 3 – przyłącza
- 4 – obudowa

manometr
piezorezystancyjny:

- 1 – piezorezystor
- 2 – podłoże
- 3 – przyłącza
- 4 – obudowa



Pomiary ciśnienia



manometr
obciążnikowo-tłokowy:

1 – pokrętło

2 – cylinder

3 – tłok

4 – przewody

5 – manometr wzorcowy

6 – manometr badany

7 – zbiornik oleju

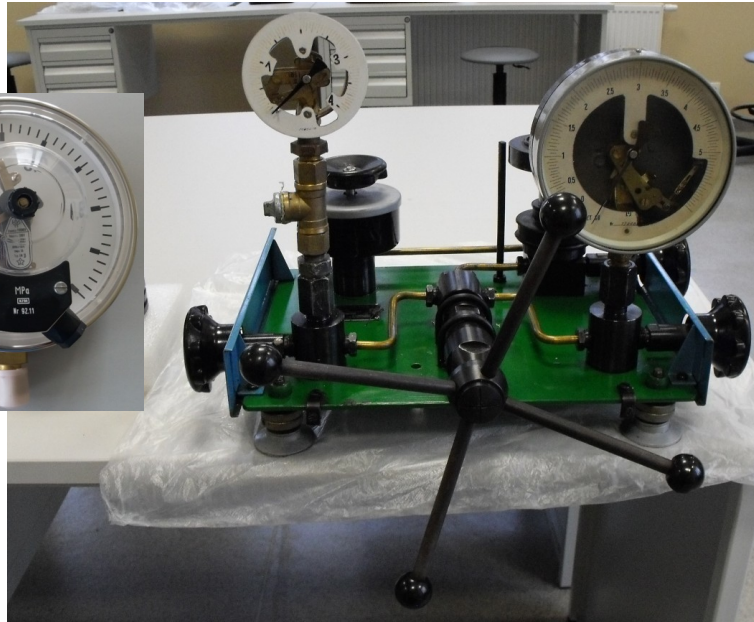
8 – cylinder z tłokiem

9 – wskaźnik

10 – talerz

11 – obciążniki

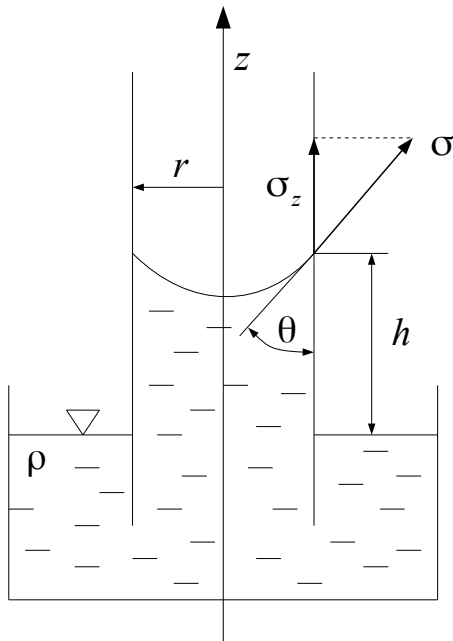
Pomiary ciśnienia



Stanowisko do pomiaru ciśnień statycznych płynów.

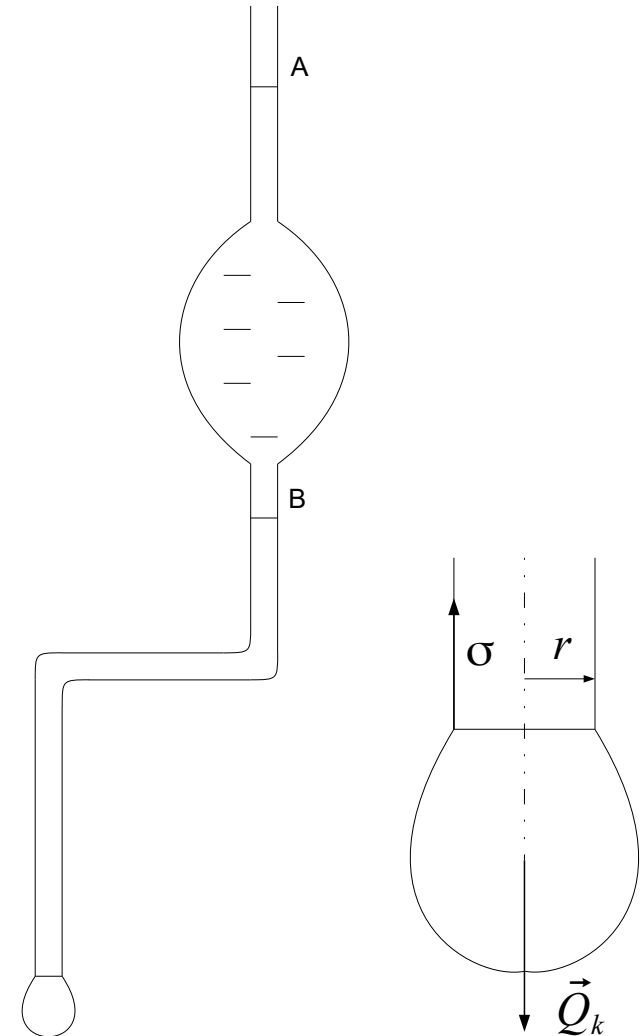


Pomiary napięcia powierzchniowego

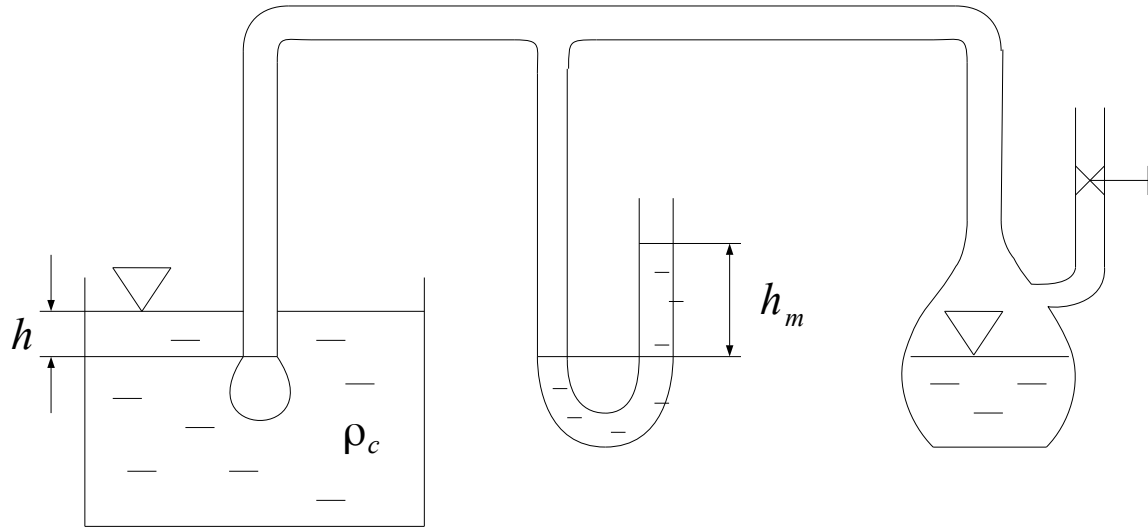


metoda wzniosu kapilarnego

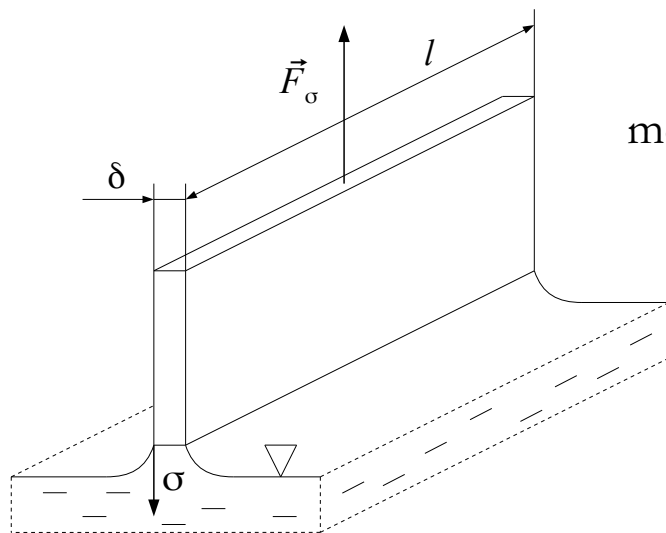
metoda stalagmometryczna



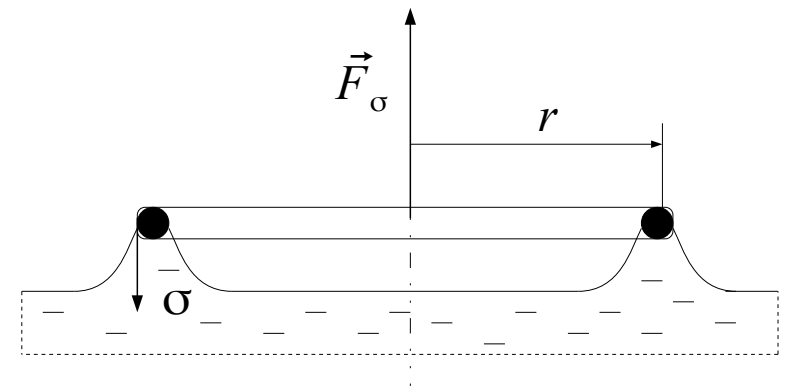
Pomiary napięcia powierzchniowego



metoda pęcherzykowa
(zestaw Rebintera)



metoda płytkowa



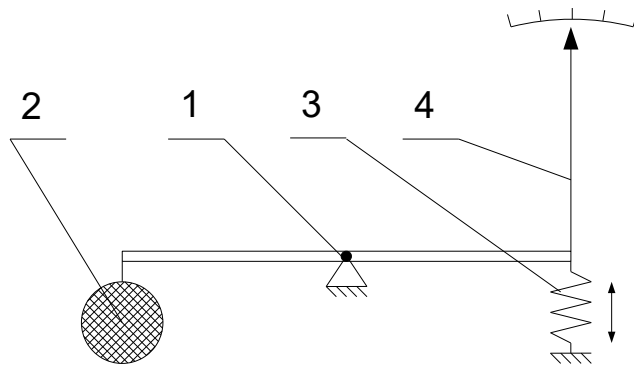
metoda pierścieniowa

Pomiary napięcia powierzchniowego



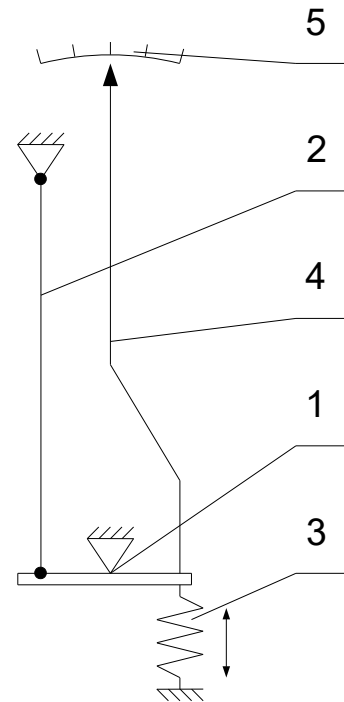
Stanowisko do wyznaczania napięcia powierzchniowego płynów.

Pomiary wilgotności powietrza



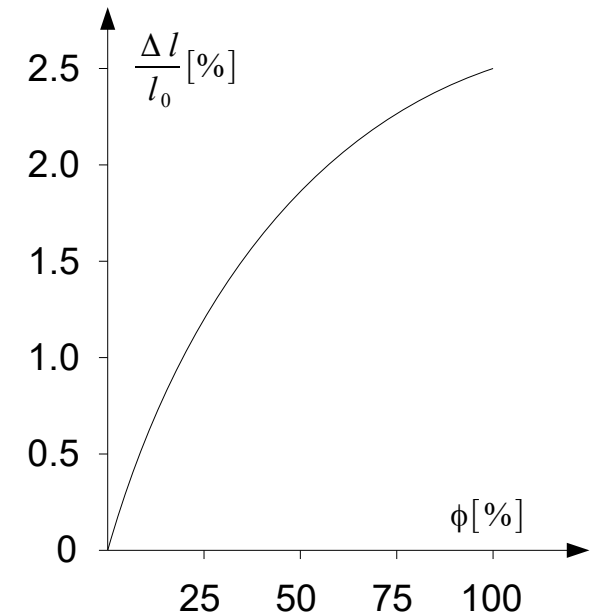
metoda sorpcyjna:

- 1 – układ dźwigniowy
- 2 – materiał porowaty
- 3 – naciąg
- 4 – wskazówka



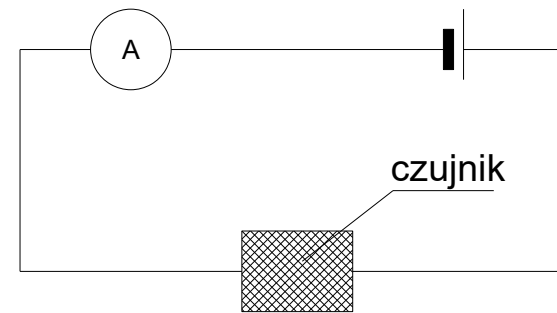
metoda higrometryczna:

- 1 – układ dźwigniowy
- 2 – włos
- 3 – naciąg włosa
- 4 – wskazówka
- 5 – skala

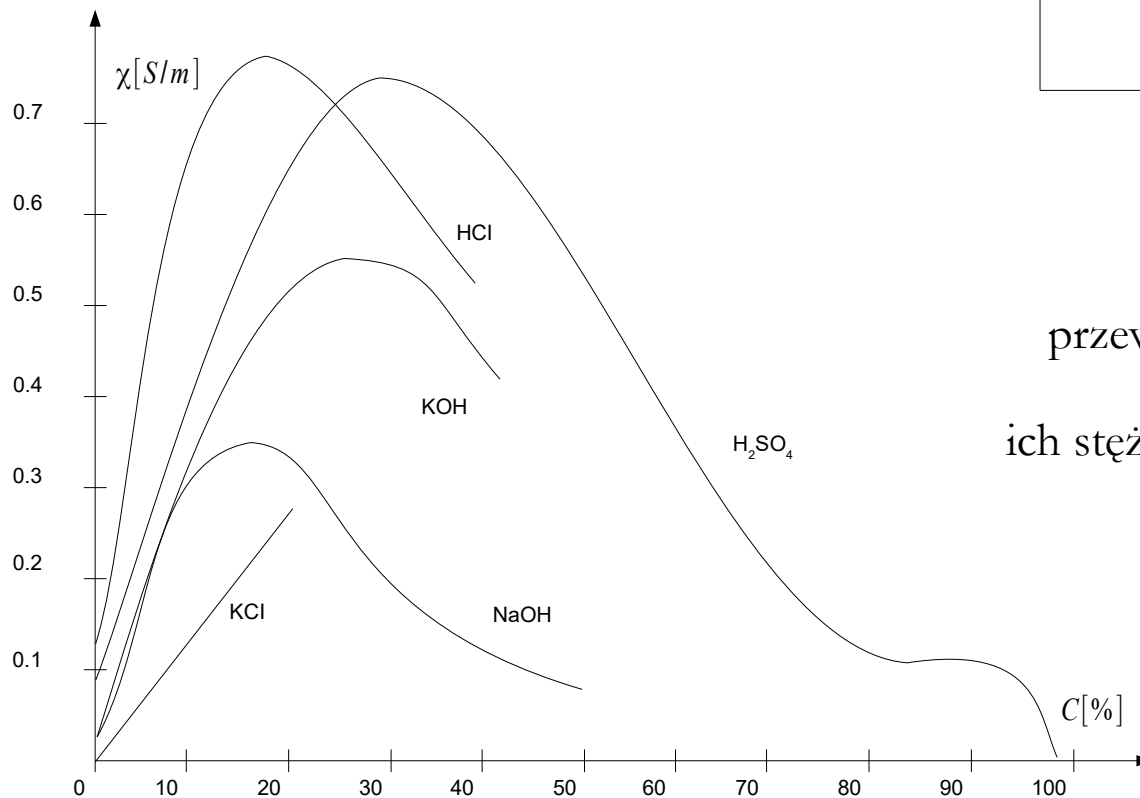


Pomiary wilgotności powietrza

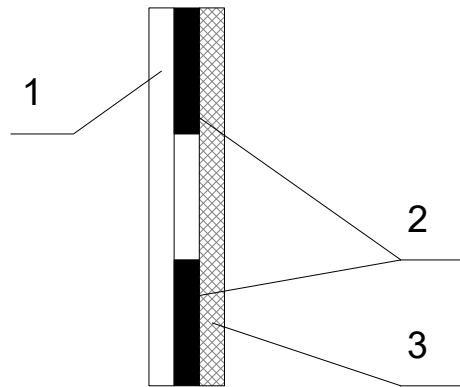
metoda elektrolityczna



przewodność właściwa wybranych
elektrolitów w funkcji
ich stężenia dla temperatury pokojowej



Pomiary wilgotności powietrza

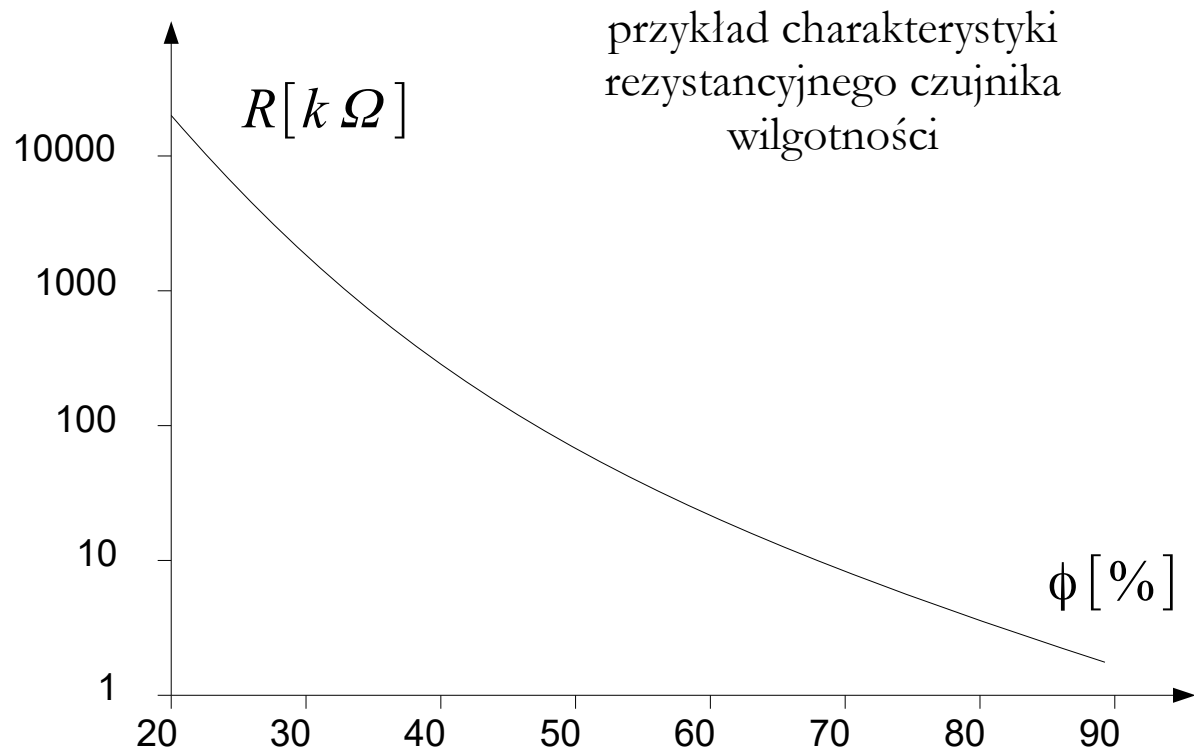


czujnik rezystancyjny:

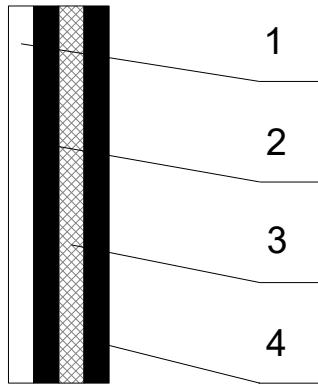
1 – podłoże

2 – elektrody

3 – materiał higroskopijny

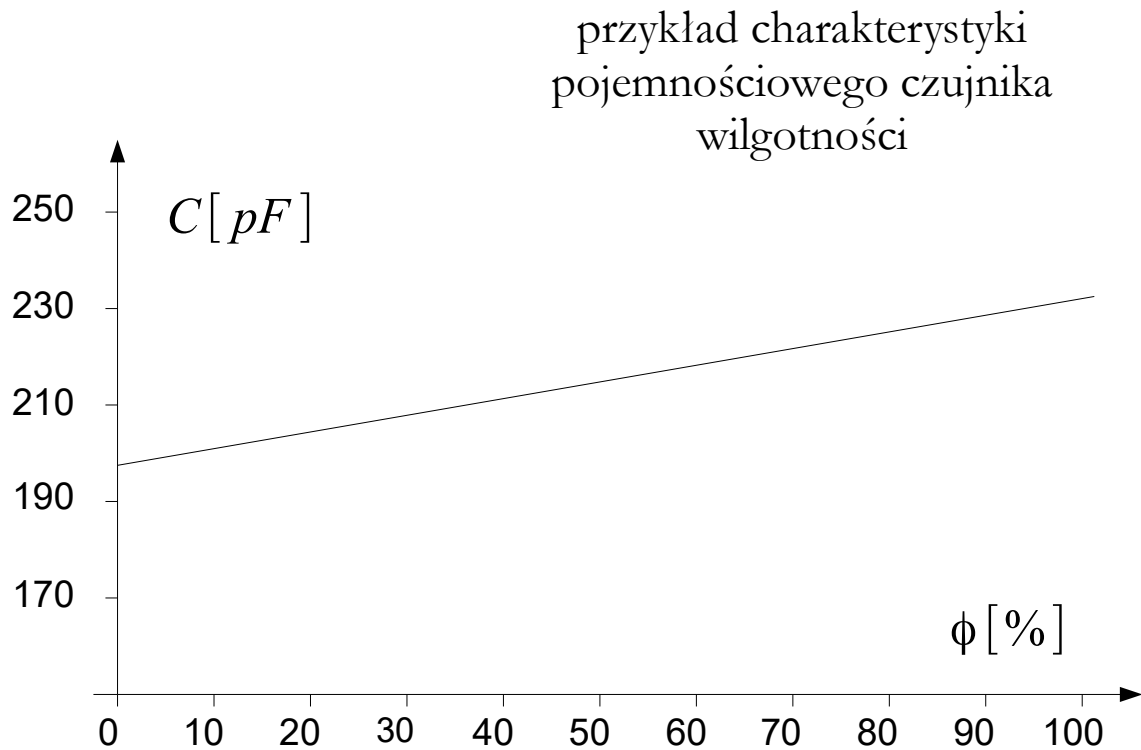


Pomiary wilgotności powietrza



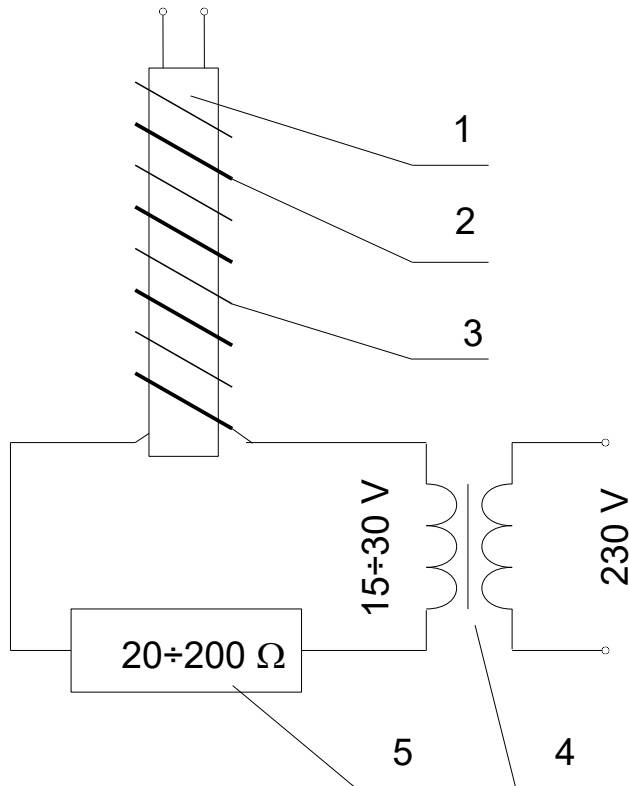
czujnik pojemnościowy:

- 1 – podłoże
- 2 – dolna elektroda
- 3 – materiał higroskopijny
- 4 – górna elektroda



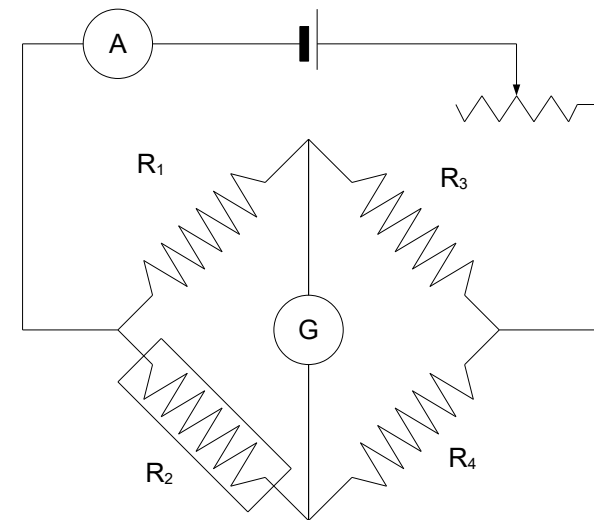
Pomiary wilgotności powietrza

Schemat higrometru chlorolitowego:

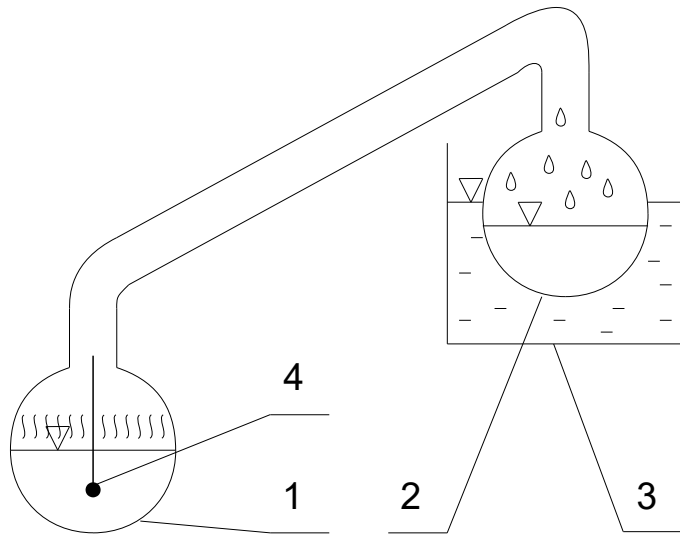


- 1 – czujnik termometru
- 2 – włókno szklane nasycone wodnym roztworem chlorku litu
- 3 – elektrody
- 4 – transformator
- 5 – rezystor rozruchowy

schemat mostka pomiarowego metody termistorowej

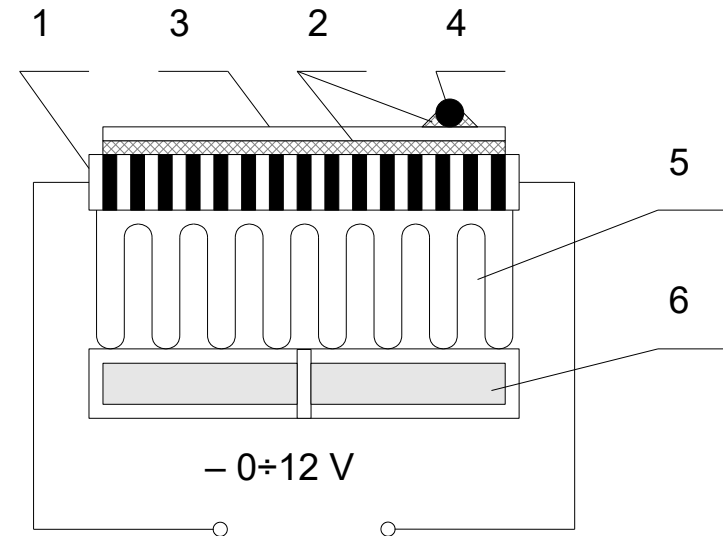


Pomiary wilgotności powietrza



metoda Daniela:

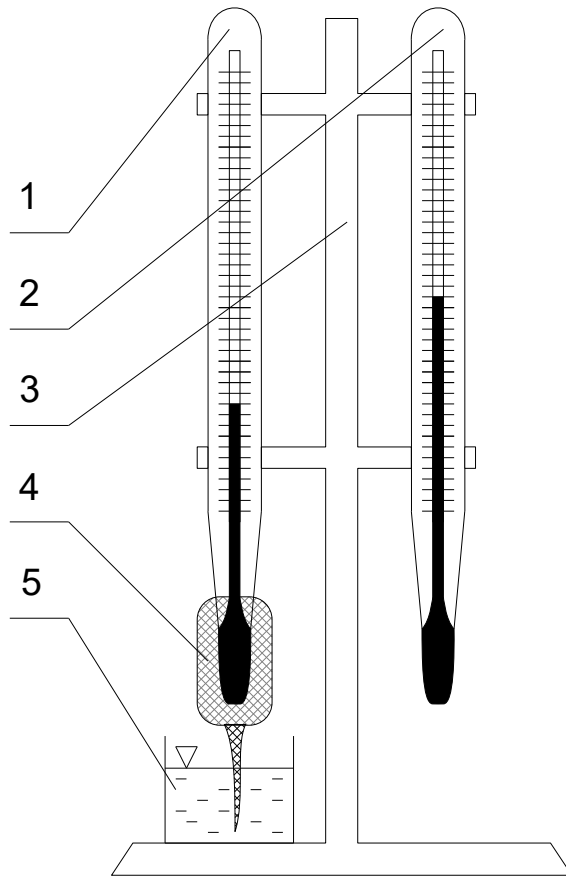
- 1 – zbiornik dolny
- 2 – zbiornik górny
- 3 – zbiornik z cieczą chłodzącą
- 4 – czujnik temperatury



metoda wykorzystująca moduł Peltiera:

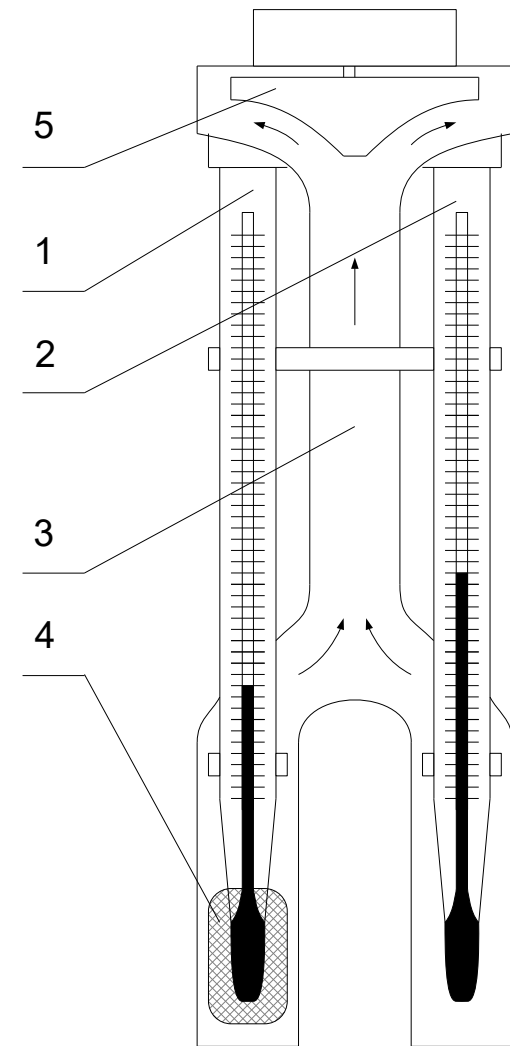
- 1 – moduł Peltiera
- 2 – pasta dobrze przewodząca ciepło
- 3 – polerowana płytką szklana
- 4 – czujnik temperatury
- 5 – radiator
- 6 – wentylator

Pomiary wilgotności powietrza



psychrometr Augusta

psychrometr
Assmanna



Pomiary wilgotności powietrza



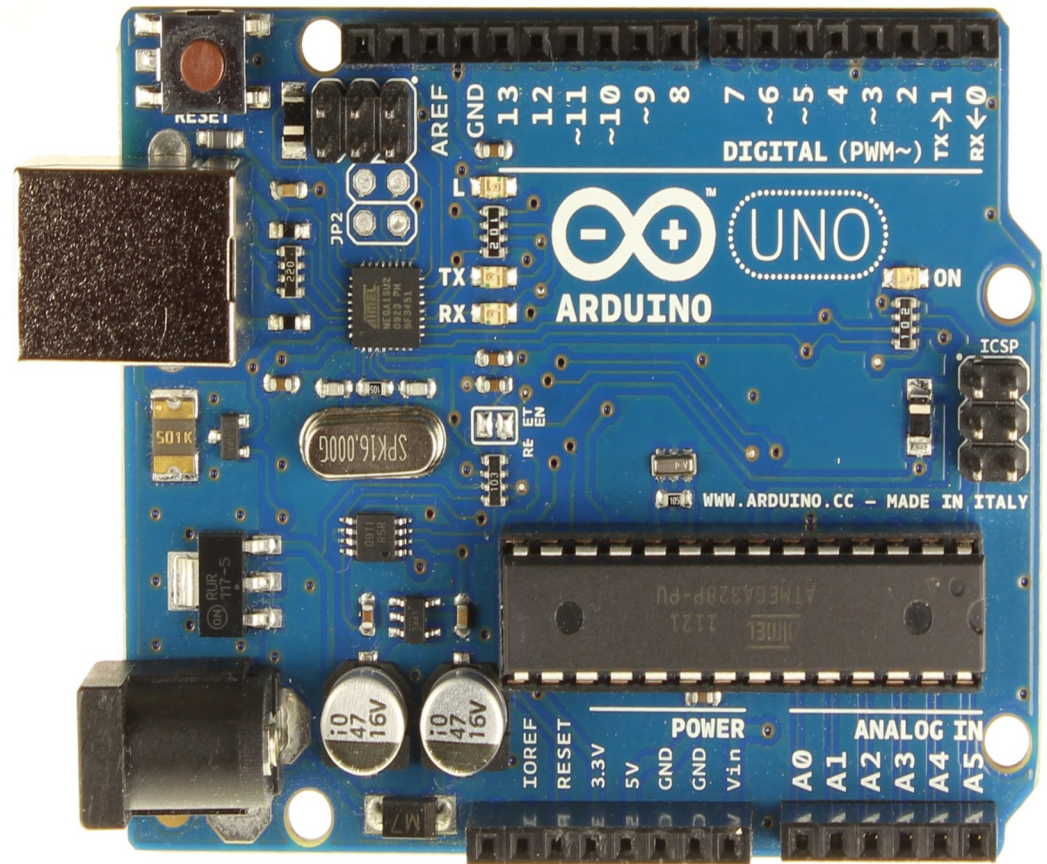
Stanowisko do pomiaru wilgotności powietrza.



Pomiary elektryczne



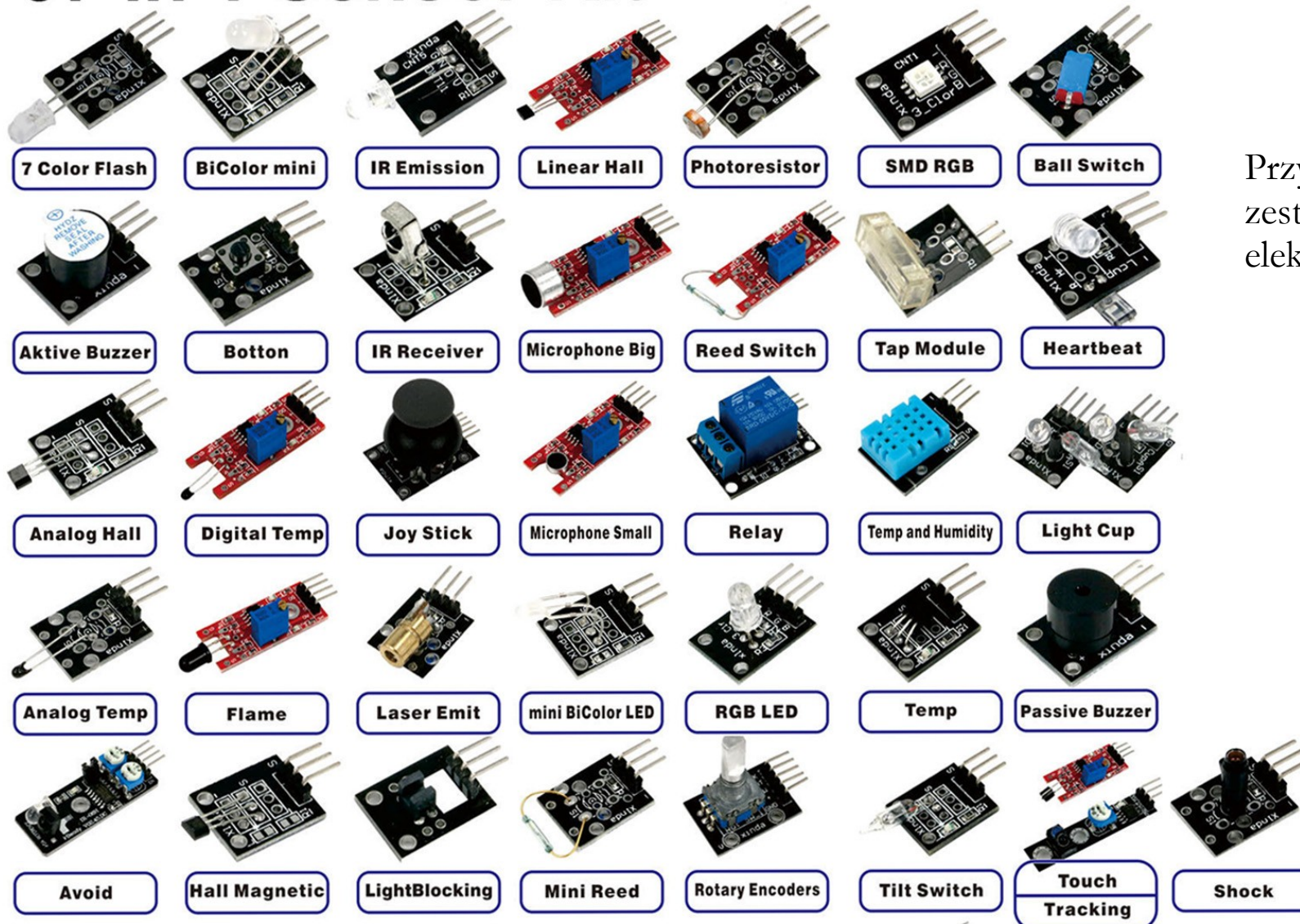
Zestaw startowy Arduino



Płytkę programowalną Arduino

Pomiary elektryczne

37 in 1 Sensor Kit

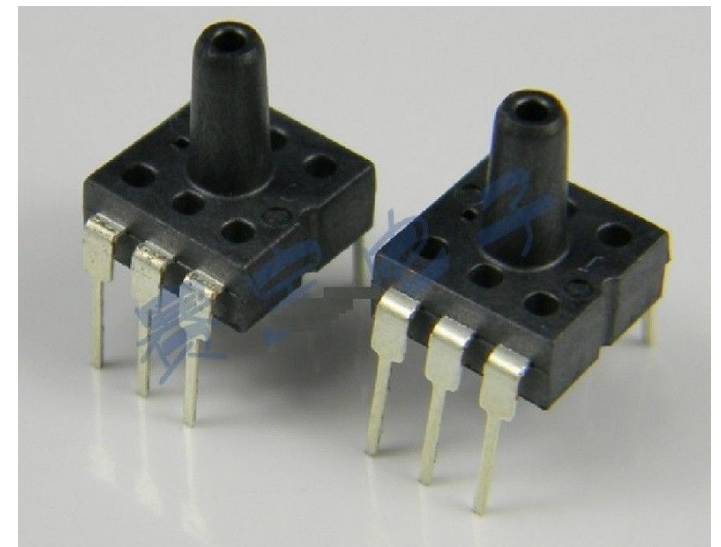


Przykładowy zestaw czujników elektrycznych

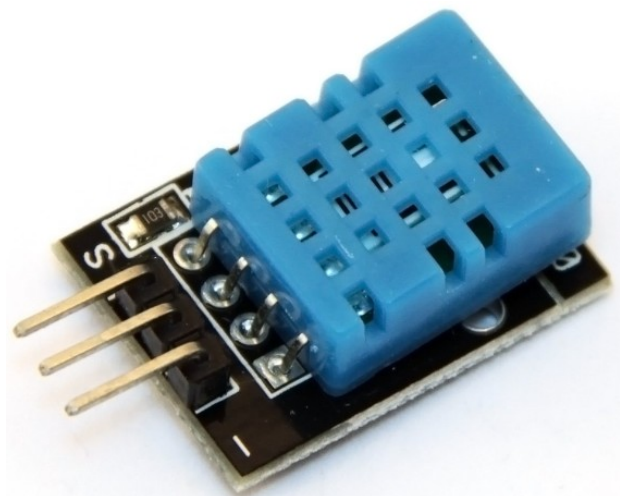
Pomiary elektryczne



czujnik temperatury



czujnik ciśnienia



czujnik temperatury
i wilgotności

Pomiary elektryczne

```
Arduino
1 //To jest komentarz :)
2
3 // Banalny programik czyli mruganie diody
4 int led = 13;// Definiujemy numer portu do ktorego podlaczyliśmy diode
5
6 // pierwszym zadaniem jest utworzenie funkcji: void setup()
7 //gdzie ustawimy odpowiednie piny jako np. wyjścia/wejścia
8 void setup()
9 {
10  pinMode(led, OUTPUT);// ustawiamy port dla diody na wyjście
11 }
12
13 // wykonujemy petle w ktorej program bedzie dzialal
14 void loop()
15 {
16  digitalWrite(led, HIGH); // ustaw napiecie na pinie podlaczonej do diody
17  delay(1000); // poczekaj 1 sek.
18  digitalWrite(led, LOW); // wylacz diode, stan na pinie LOW
19  delay(1000); // poczekaj 1 sek.
20 }
```

Przykładowy skrypt dla Arduino

Działalność popularno-naukowa

Miejski Ośrodek Kultury w Olsztynie zaprasza na

Eksperty i pokazy we współpracy z Wydziałem Nauk Technicznych UWM

Pokazy:
Fascynująca woda
Żyroskop i zjawisko żyroskopowe
Mechanika - chwilowy środek prędkości
Taran wodny - zapomniany cud techniki
Barwa i płomień w doświadczeniach chemicznych
Niewidzialne promieniowanie, które grzeje
Fascynująca fizyka oraz doświadczenia z magnesem i dźwignią dla najmłodszych
Druk 3D
Projekcja filmu „Polscy Nobliści”
i inne

**MIĘDZYNARODOWA
NOC
MUZEÓW
2015**

16 MAJA (SOBOTA) OD GODZ. 19.00
Tartak Raphaelsohnów MOK, ul. Knosały 3b



Noc Muzeów 2015.

Działalność popularno-naukowa



Noc Muzeów 2015.

WYDZIAŁ NAUK TECHNICZNYCH UWm w Olsztynie
 Laboratorium Termodynamiki i Mechaniki Płynów
 Władysław Łabęda

Model pompy wyporowej

- Przebieg ćwiczenia***
- Dwie strzykawki.
 - Kilka wężyków elastycznych (mogą to być np. przewody paliwowe ze skłupu motoryzacyjnego).
 - Dwa zasoby z powietrzem (mogą to być zawory z powietrzem do układu paliwowego ze skłupu motoryzacyjnego).
 - Tytułki.
 - Dwie butelki plastikowe z zakorkami.
- Wykonanie (obserwacja):**
- W zakorkach wywierć po dwa otwory o średnicy dopasowanej do średnicy wężyków**.
 - Zmontuj układ jak na zdjęciu.
 - Zasoby powietrza na wężyku szarym (A) zamontuj tak, aby zamocowana na nim strzykawka wykazywała kierunek do wężyka.
 - Zasoby powietrza na wężyku białym (B) zamontuj tak, aby zamocowana na nim strzykawka wykazywała kierunek od wężyka.



Uwagi: Podczas wytygania śliki strzykawki można wykonać rzyko zasobem A – wtedy jest zapasowa se ślika. Podczas wytygania śliki wody nie można wycofać zasobem A do śliki, może to to plynąć przez zawór B do odbojnika.

*Zadanie zostało dołączone do programu Noc Muzeów 2015 w ramach projektu "Noc Muzeów 2015 - Muzeum Nowoczesności, Vanak Kąpielisko, Olsztyn"

WYDZIAŁ NAUK TECHNICZNYCH UWm w Olsztynie
 Laboratorium Termodynamiki i Mechaniki Płynów
 Władysław Łabęda

Butla Mariotte'a (zegar wodny)

- Przebieg ćwiczenia***
- Dwie butelki plastikowe po napojach i zakorki.
 - Plastikowa rurka o długości 20-30 cm (np. od balonika).
- Wykonanie (obserwacja):**
- W dolnej części butelki (2-3 cm nad dnem) wywierć najgrubszym drucikiem niewielki otwór – średnica 2-3 mm.
 - W zakorku wywierć otwór o średnicy dopasowanej do średnicy plastikowej rurki**.
 - Umieść rurkę w otworze w taki sposób, aby do niej był koniec miedzianej ścieżki nad dnem butelki.
 - Zakorki palcami otworzyć w butelce i włożyć ją w wodę.
 - Po napełnieniu zakorki szczelnie zakorkować, pozostawić butelkę na płaskiej powierzchni i odłożyć otwórki.
 - Wyjąć powoli rurkę z butelki i obserwować nieznacznie się zmieniającą wysokość wypływającego przez otwórki a także węża butelki.



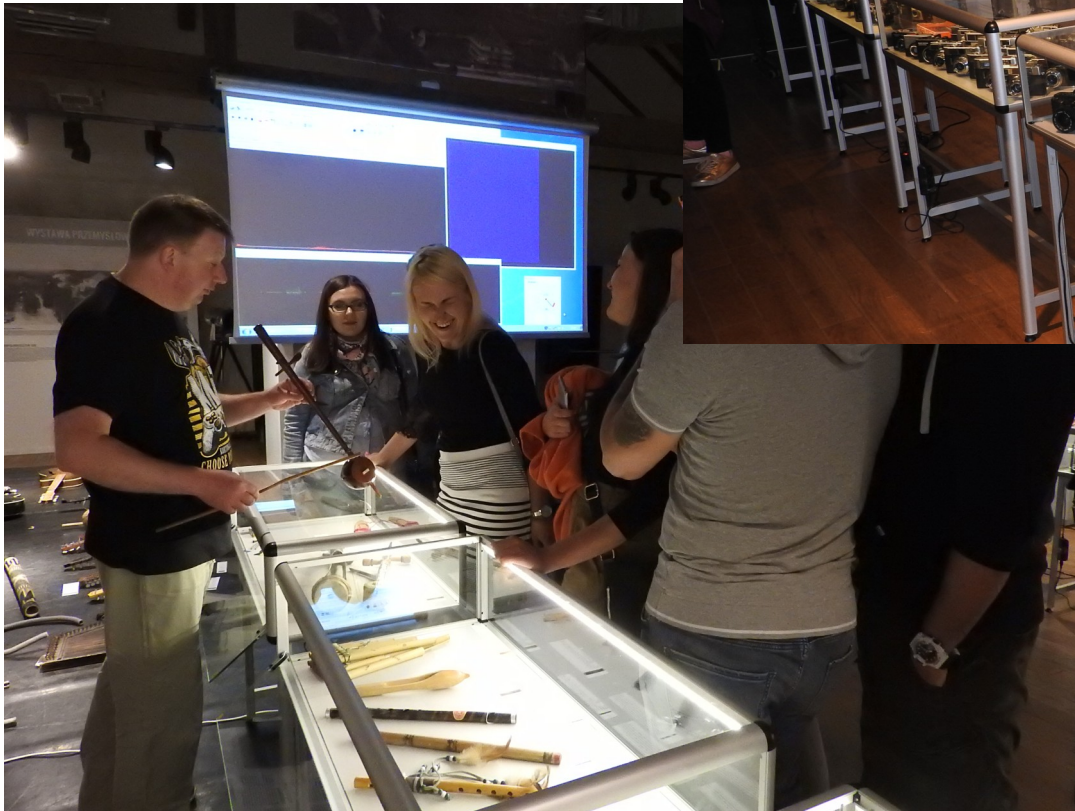
Uwagi: Wynikiem słupki wody między otworami a różnicą poziomów rurki jest ciśnienie, co odpowiada – zgodnie ze wzorem Torricellego – male w czasie następnego wypływu wody (długość poziomu wody w butelce nie opada do poziomu dolnego końca rurki) oraz małą prędkość opadania samej wody w butelce. Zwiększenie można wykonać np. do poziomu czasu.

- Uwagi:**
- Butelki Mariotte'a należy ustawiać nad słowem lub nie w jakimś większym pojemniku, np. misce, tak aby nie spadła woda.
 - Podczas eksperymentu można użyć stopera i namierzać fanometrem co ściśle określony czas poziom wody w butelce – pamiętaj, że jeśli zmienia poziom wody, zegar trzeba będzie wykalibrować ponownie.
 - Butelki Mariotte'a można użyć do innych eksperymentów, np. do demonstracji "zgaszenia świecy". W tym celu należy woda, nakładając ją na powierzchnię wody, a następnie przelanie do rurki wody wypływającej z butelki (zanim butelka zostanie uszczelniona) i tak długo płukając powierzchnię, który łatwo się elektryzują. Obserwacji co się dzieje z wodą – porównaj to wyliczenia!

*Zadanie zostało dołączone do programu Noc Muzeów 2015 w ramach projektu "Noc Muzeów 2015 - Muzeum Nowoczesności, Vanak Kąpielisko, Olsztyn"



Działalność popularno-naukowa



Noc Muzeów 2018
(nowa formuła).

Działalność popularno-naukowa



Wariacje z Nauką
2017 (2 dni, Elk).



Działalność popularno-naukowa



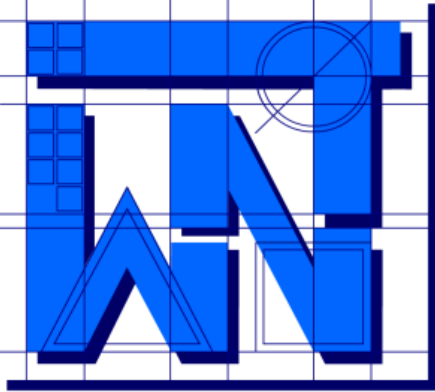
XX-lecie UWM (Olsztyn, Park Centralny)



Podsumowanie

Zagadnienia:

Pomiary temperatury, gęstości, lepkości, ciśnienia, napięcia powierzchniowego, wilgotności powietrza, technologia Arduino.



UNIVERSITY OF WARMIA AND MAZURY IN OLSZTYN
The Faculty of Technical Sciences
POLAND, 10-957 Olsztyn, M. Oczapowskiego 11
tel.: (48)(89) 5-23-32-40, fax: (48)(89) 5-23-32-55
URL: <http://www.uwm.edu.pl/edu/sobieski/> (in Polish)



Dziękuję za uwagę

Wojciech Sobieski

Olsztyn, 2013-2022