

**IUVENTAS**

-

SOUKROMÉ GYMNÁZIUM A STŘEDNÍ ODBORNÁ ŠKOLA

**1. ZÁKLADNÍ POZNATKY MOLEKULOVÉ  
FYZIKY A TERMIKY**

-

STUDIJNÍ TEXTY

Frolíková Martina  
Augustynek Martin  
Adamec Ondřej

OSTRAVA 2006

## Obsah

<b>1.1 Molekulová fyzika.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2 Kinetická teorie látek.....</b>	<b>4</b>
<b>1.3 Vzájemné působení molekul, atomů, iontů - potenciální energie částic.....</b>	<b>6</b>
<b>1.4 Struktura plynů, pevných látek a kapalin .....</b>	<b>8</b>
1.4.1 Pevné látky .....	8
1.4.2 Kapaliny .....	9
1.4.3 Plyny.....	9
1.4.4 Plazma .....	10
<b>1.5 Rovnovážný stav soustavy.....</b>	<b>11</b>
<b>1.6 Termika.....</b>	<b>13</b>
1.6.1 Převodní vztahy mezi jednotlivými stupnicemi: .....	16

## 1.1 Molekulová fyzika

Molekulová fyzika a termika je obor fyziky, kdy nás nezajímá kinematický nebo dynamický popis pohybu těles, ale budeme se zabývat vlastnostmi a stavem těles.

Zkoumá makroskopické vlastnosti a chování látek na základě:

- jejich mikroskopické molekulární nebo atomové struktury
- neustálého pohybu molekul
- vzájemného působení molekul, atomů nebo iontů

Základem molekulové fyziky je **kinetická teorie látek**. Při zkoumání vlastností látek používá molekulová fyzika také poznatky z teorie pravděpodobnosti a matematické statistiky.

Tedy metoda zkoumání se nazývá - **statistická metoda**.

Někdy se při zkoumání fyzikálních jevů neuvažuje částicové složení látek (např. při studiu **tepelných jevů** – změny teploty, teplotní roztažnost, tepelná vodivost, změny skupenství). Tyto jevy popisujeme veličinami, hledáme mezi nimi závislosti – tento postup se nazývá **termodynamická metoda** (z řečtiny – termos = horký, teplý). Historicky vznikla termodynamika z termiky (tato část fyziky se zabývá kromě zkoumání tepelných jevů taky měřením teploty a tepla).

## 1.2 Kinetická teorie látek

Vysvětluje makroskopické vlastnosti látek na základě představ že:

- Látka kteréhokoli skupenství je složena z částic (atomů, molekul nebo iontů), jde tedy o **nespojitou (diskrétní) strukturu látky**.
- Částice v plynech a kapalinách se neustále nespořádaně a chaoticky pohybují, v pevných látkách konají kmitavé pohyby, všechny tyto pohyby nazýváme **tepelný pohyb**.
- Částice na sebe navzájem působí současně přitažlivými a odpuzivými silami

Mezi tepelné pohyby patří:

- Difuze
- Osmoza
- Brownův pohyb
- Tlak plynu

Tlak plynu vyvolávají nárazy molekul dopadající na stěny nádoby s plynem. Čím je vyšší teplota, tím rychleji se molekuly pohybují.

**Difuze** je samovolné pronikání částic jedné látky mezi částice druhé látky, přičemž dochází k postupnému vyrovnání hustot látek.

Difuze probíhá:

- **Velmi rychle u plynů** (např. otevřeme-li lahvičku s voňavkou v uzavřené místnosti, brzy se vůně rozšíří po celé místnosti).
- **Pomaleji u kapalin** (např. pokus ukazuje rozpouštění skalice modré ve vodě – nejprve se vytvoří vrstva nasyceného roztoku těsně nad krystaly skalice modré, postupně dojde k rovnoměrnému rozpuštění v celém objemu).
- **Velmi pomalu u pevných látek**. Při vyšší teplotě probíhá difuze rychleji.

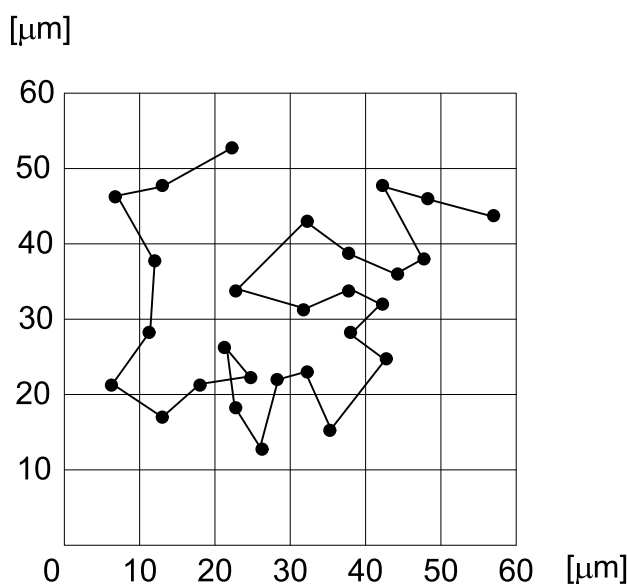
**Osmoza** – je to difuze kapalin přes polopropustnou překážku, např. přes biologickou membránu.

Je to velmi důležitý proces v živých organismech (např. buněčná blána je polopropustná. Pronikají jí molekuly potřebné k výživě látek, ale bílkoviny blána nepropustí).

**Brownův pohyb** je neustálý chaotický pohyb mikroskopických částic (o rozměru přibližně  $1\mu\text{m}$  – Brownova částice) rozptýlených v tekutinách (plynech nebo kapalinách).

Jeho příčinou jsou nepravidelné nárazy molekul tekutiny na částice. Obrázek ukazuje mikroskopický časový záznam pohybu jedné částice. Rychlost pohybu částic vzrůstá s teplotou tekutiny, se zmenšováním její viskozity a se zmenšováním rozměrů těchto částic.

Brownův pohyb je možné sledovat i ve vzduchu (např. mikroskopicky lze sledovat jak kouřové částice se stejně pohybují vzduchem).



Obrázek 1 Záznam poloh Brownovy částice vždy po 20 s za pokojové teploty

### Shrnutí:

Difuze, osmoza, tlak plynu a Brownův pohyb dokazují, že částice v látkách vykonávají tepelný pohyb. Neuspořádanost pohybu se projevuje různými směry a velikostmi rychlostí částic. S rostoucí teplotou látky se zvětšuje rychlost částic.

### 1.3 Vzájemné působení molekul, atomů, iontů - potenciální energie částic

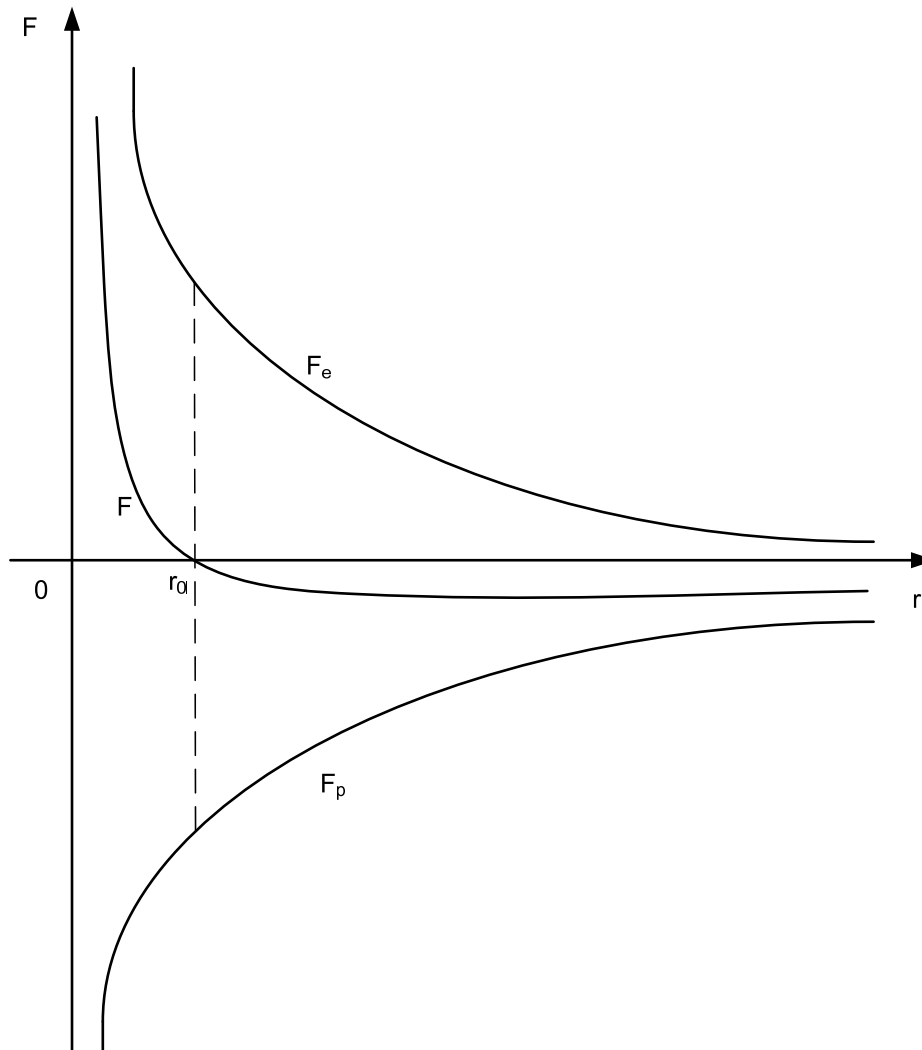
Vzájemné síly působící mezi atomy, ionty a molekulami, tzv. **Mezimolekulové síly**, závisejí na povaze těchto částic a na jejich vzájemné vzdálenosti.

Rozlišujeme dva hlavní druhy těchto sil:

- Přitažlivé síly  $F_p$ , které mají značně delší dosah než odpudivé síly se nazývají **Kohezní síly**
- Odpudivé síly  $F_e$ , které mají původ hlavně ve vzájemném elektrostatickém odpuzování elektronových obalů vnějších elektronů

Mezimolekulové síly  $F = F_p + F_e$  jsou jako výslednice přitažlivých a odpudivých sil při malých vzdálenostech odpudivé, při větších vzdálenostech přitažlivé.

Graf ukazuje závislost velikosti přitažlivé síly  $F_p$  a odpudivé síly  $F_e$  i jejich výslednici  $F$ , které působí mezi dvěma částicemi, na jejich vzdálenosti  $r$ . Bod  $r_0$ , označuje **rovnovážnou polohu**, tj. stav kdy je výslednice  $F = F_p + F_e$  působících sil nulová.



Obrázek 2 - Závislosti velikosti přitažlivé síly  $F_p$  a odpudivé síly  $F_e$

Přitažlivé síly drží pohromadě atomy tvořící molekulu. Pro každou molekulu můžeme určit **Vazebnou energii** molekuly  $E_v$ , která je rovna práci potřebné k rozrušení vazby mezi atomy a rozbití molekuly na jednotlivé atomy nebo menší molekuly.

Z existence vzájemného působení mezi částicemi také vyplývá, že soustava částic tvořící těleso má potenciální energii.

Vazebná energie je rovna práci, kterou by bylo potřeba vykonat působením vnějších sil, aby došlo k rozrušení vazby mezi částicemi.

## 1.4 Struktura plynů, pevných látek a kapalin

Vlastnosti látek v určitém skupenství vyplývají:

- Z vlastností molekul, atomů, které tvoří danou látku
- Z velikosti kinetické energie neuspořádaného pohybu (tepelného pohybu) molekul
- Z velikosti potenciální energie vzájemné vazby molekul, iontů, která závisí na velikosti přitažlivých sil a vzdálenosti mezi nimi

### 1.4.1 Pevné látky

- Mají stálý tvar a objem, který se mění jen nepatrně vlivem teploty a působících sil (deformace)
- Molekuly konají kmitavý pohyb kolem neměnných rovnovážných poloh – tepelný pohyb
- Molekuly jsou blízko sebe a působí mezi nimi silně přitažlivé síly
- Molekuly jsou většinou uspořádány pravidelně

Pevné látky se podle uspořádání molekul dělí na:

**Krystalické látky** – molekuly vytvářejí pravidelnou krystalickou mřížku (buď monokrystaly nebo polykrystaly)

**Amorfni látky** – neexistuje zde pravidelná struktura (např. sklo, asfalt, pryskyřice)

Střední vzdálenosti mezi částicemi pevné látky jsou 0,2  $\mu\text{m}$  až 0,3  $\mu\text{m}$ . Nižší energie tepelného pohybu a silné vzájemné přitažlivé síly mezi částicemi způsobují, že tyto drží pevně u sebe a pevná látka vytváří těleso určitého tvaru a objemu.

Celková vnitřní potenciální energie soustavy částic pevného tělesa je větší než celková vnitřní kinetická energie tepelného pohybu těchto částic.



## 1.4.2 Kapaliny

- Nemají vlastní tvar, v silovém poli nabývají tvaru nádob
- Jsou tekuté, mají vlastní objem, jenž se mění jen nepatrně vlivem teploty a tlaku
- Molekuly konají tepelné kmity kolem rovnovážných poloh uvnitř objemu poskytovaného molekule sousedními molekulami
- Vzájemné přitažlivé síly mezi molekulami jsou menší než u pevných látek, nejsou ovšem zanedbatelné jako u plynů
- Částice vytvářejí krátkodobé shluky, kde jsou molekuly vázány a uspořádány pravidelně, přičemž se shluky vzájemně pohybují
- Jsou téměř nestlačitelné

Střední vzdálenosti mezi částicemi kapaliny jsou kolem 0,2  $\mu\text{m}$  až 0,3,  $\mu\text{m}$ , tedy stejné jako u pevných látek. Nicméně vyšší energie tepelného pohybu molekul překonává vzájemné přitažlivé síly mezi částicemi, které pak nedrží pevně u sebe. Molekuly si můžou vyměňovat místo a vnější síla způsobuje jejich přesuny, což má za následek, že kapalina nabývá tvar nádoby, v níž se nachází.

U kapaliny je celková vnitřní potenciální energie soustavy částic srovnatelná s celkovou vnitřní energií tepelného pohybu (tedy s kinetickou energií) těchto částic.

## 1.4.3 Plyny

- Nemají stálý tvar ani objem (vyplní celý prostor v nádobě)
- Jsou velmi dobře stlačitelné
- Molekuly se pohybují volně v celém objemu
- Vzájemné přitažlivé síly jsou velmi malé díky velkým vzdálenostem mezi nimi.

Střední vzdálenost mezi částicemi plynů jsou asi 3  $\mu\text{m}$ , tedy mnohem větší než rozměry molekul (kolem 1nm). Následkem toho jsou vzájemné přitažlivé síly mezi částicemi plynu zanedbatelné, částice se volně pohybují, narážejí na sebe i na stěny nádoby, což se projevuje tlakem plynu.

Celková vnitřní potenciální energie je zanedbatelná oproti celkové vnitřní energii tepelného pohybu.

#### **1.4.4 Plazma**

Plazma považujeme za čtvrté skupenství látek. Je to soustava elektricky nabitých částic (iontů, volných elektronů) a neutrálních částic (atomů, molekul). Při dostatečně vysokých teplotách může být plazma složeno jen z volných jader a volných elektronů.

Příkladem přírodního plazmatu je plamen nebo blesk. Jinou formou je plazma vznikající při elektrických výbojích v plynech.

## 1.5 Rovnovážný stav soustavy

Za určitých vnějších podmínek mohou mít tělesa různou teplotu, tlak, objem, chemické složení. Mohou být v různých skupenstvích, mohou mít různé uspořádání částic – např. diamant i grafit jsou složeny z uhlíku, ale způsob uspořádání struktury je jiný – jiná tvrdost materiálu. **Zkoumané těleso nebo skupina těles se nacházejí v různých stavech.**

Pro těleso nebo skupinu těles používáme název **soustava** – veličiny, kterými charakterizujeme stav soustavy nazýváme stavové veličiny (teplota, tlak, objem, chemické složení...).

Dělení soustav:

- **Izolovaná soustava** – taková soustava, kde nemůže docházet k výměně energie, ani k výměně částic s okolím, ale probíhají děje mezi částicemi, které tu soustavu tvoří
- **Neizolovaná soustava** – dochází u ní k výměně energie či částic s okolím konáním práce nebo tepelnou výměnou
- **Uzavřená soustava** – nedochází k výměně částic mezi soustavou a okolím
- **Otevřená soustava** – dochází k výměně částic s okolím
- **Adiabaticky izolovaná soustava** – (z řeč. a = ne, diabano = procházím) – taková soustava, u níž nedochází ani k tepelné výměně s okolím.

Každá soustava, která je od určitého okamžiku v neměnných vnějších podmínkách, přejde samovolně po určité době do stavu, v němž zůstávají stavové veličiny konstantní. Tento stav se nazývá rovnovážný stav. V tomto stavu soustava setrvává, pokud zůstanou tyto podmínky zachovány.

U rovnovážné soustavy nepozorujeme žádné makroskopické změny, uvnitř neustále probíhají mikroskopické děje (tepelný pohyb...) Probíhá-li určitý děj tak, že soustava prochází řadou na sebe navazujících rovnovážných stavů, pak je takový děj **rovnovážný děj**.

Skutečné děje jsou **nerovnovážné děje**, např. rychlé stlačení plynu, prudké ochlazení kapaliny (stavové veličiny jsou v různých místech soustavy odlišné).

Děje mohou být:

- vratné
- nevratné

podle toho, zda se soustava vrátí do původního stavu nebo stav zůstane změněný. Všechny skutečné děje jsou **nevratné**.

## 1.6 Termika

**Teplota  $T$**  – je skalární veličina, která charakterizuje stav fyzikálního objektu. Platí tyto poznatky:

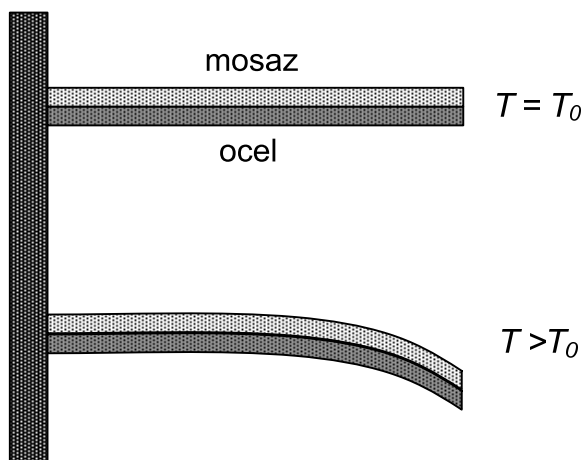
- Měníme-li teplotu různých předmětů a látek, jejich stav a vlastnosti se také mění.
- Jestliže mají dvě různá tělesa různé teploty a je mezi nimi tepelný kontakt, jejich teploty se postupně vyrovnávají, až dosáhnou stejné teploty
- Je-li každé ze dvou těles A, B v tepelné rovnováze s třetím tělesem C, jsou v tepelné rovnováze také tělesa A, B navzájem. **Nultý zákon termodynamiky**

Z těchto poznatků vyplývá, že teplotu lze přiřadit pouze takové termodynamické soustavě, jejíž všechny části jsou ve vzájemné tepelné rovnováze.

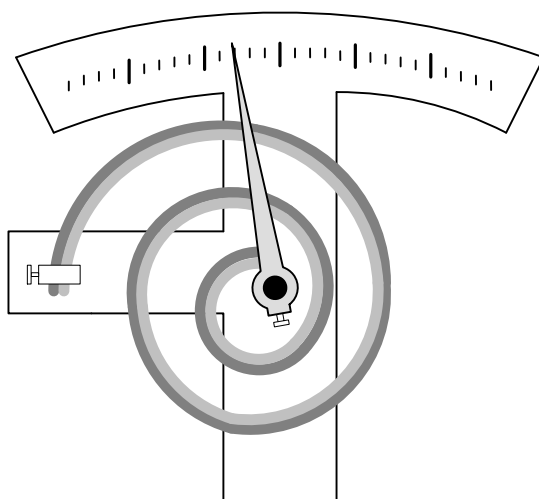
**Měření teploty** provádíme pomocí **teploměru**, na němž je vytvořena teplotní stupnice.

K tomu se využívá skutečnosti, že některé fyzikální veličiny se mění v závislosti na teplotě:

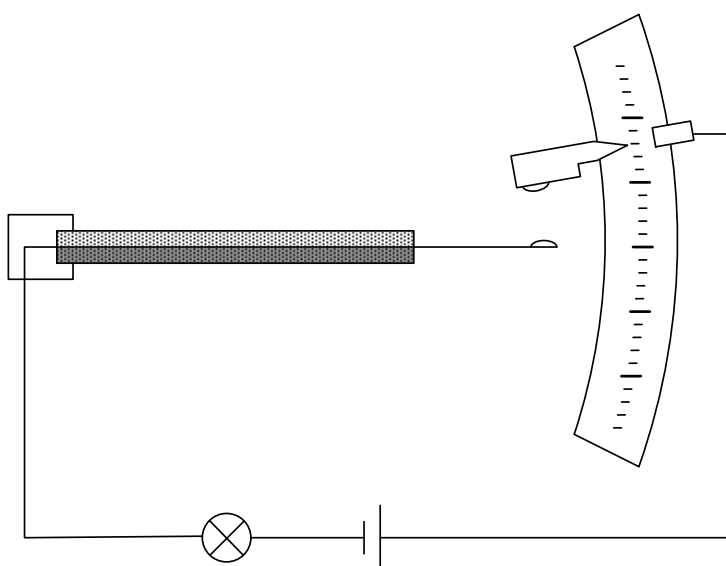
- **Kapalinový teploměr** využívá zvětšování objemu rtuti nebo lihu s rostoucí teplotou
- **Plynový teploměr** využívá změny tlaku plynu v závislosti na teplotě
- **Odporový teploměr** využívá zvyšování elektrického odporu s rostoucí teplotou
- **Bimetalový teploměr** (bi = dvě, metal = kov), je tvořen dvěma pásy různých kovů, např. proužkem mosazi a oceli svařenými k sobě. Rozdílná teplotní roztažnost různých materiálů způsobuje, že se bimetal ohýbá na jednu nebo na druhou stranu při teplotách vyšších nebo nižších.



Obrázek 3 - Princip bimetalového teploměru



Obrázek 4 - Bimetalový teploměr

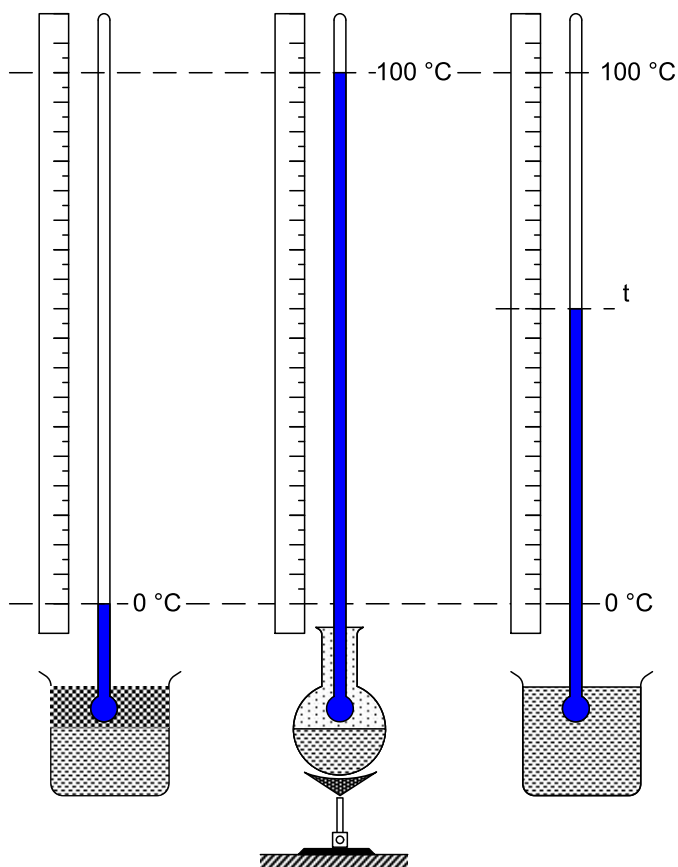


Obrázek 5 - Zařízení pro signalizaci nebezpečné teploty

**Celsiovu teplotu  $t$**  měříme teploměrem s Celsiovou teplotní stupnicí, její jednotkou je  $1^{\circ}\text{C}$ . Stupnice je určena pomocí dvou základních rovnovážných stavů:

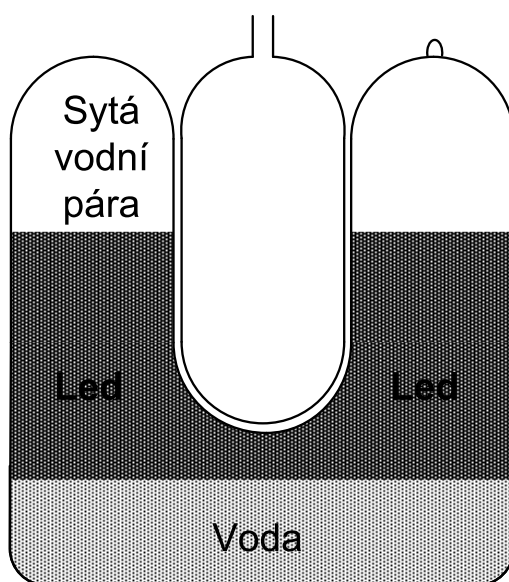
- Rovnovážený stav vody a ledu za normálního tlaku – udává teplotu  $0^{\circ}\text{C}$ .
- Rovnovážený stav vody a její syté páry při varu za normálního tlaku – udává teplotu přibližně  $100^{\circ}\text{C}$

Mezi těmito dvěma body je stupnice rozdělena na 100 stejných dílků. Takto je vytvořena stupnice na teploměru.



Obrázek 6 - Tvorba Celsiovy teplotní stupnice a měření teploty kapaliny

**Termodynamickou teplotu T** měříme pomocí termodynamické stupnice, její jednotkou je Kelvin 1 K. Termodynamická teplotní stupnice je určena jediným základním rovnovážným stavem soustavy „led + voda + sytá pára“, který nazýváme **Trojný bod vody**. Tomuto stavu tepelné rovnováhy přiřazujeme teplotu **273,16 K = 0,01 °C**. Jeden Kelvin je  $\frac{1}{273,16}$  termodynamické teploty trojného bodu vody.



Obrázek 7 - Baňka pro trojný bod vody

### 1.6.1 Převodní vztahy mezi jednotlivými stupnicemi:

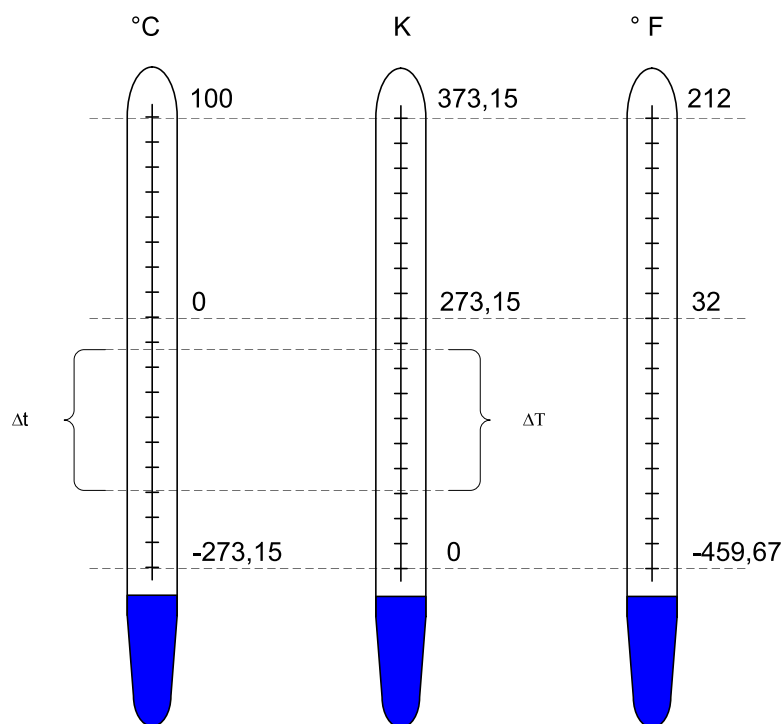
Vztah mezi termodynamickou teplotou T a Celsiovou teplotou t je:

$$T = ( \{ t \} + 273,15 ) \text{ K}$$

$$t = ( \{ T \} - 273,15 ) \text{ °C}$$

**Z tohoto vztahu plyne, že teplotní rozdíl  $\Delta t = \Delta T$**





Obrázek 8 - Teplota ve stupních Celsia, Fahrenheita a stupních Kelvina

Některé teploty v Jelvcech, stupních Celsia a stupních Fahrenheita:

- Teplota absolutní nuly:  
 $T = 0 \text{ K}, \quad t = -273,15 \text{ °C}$
- teplota tání ledu za normálního tlaku:  
 $T = 273,15 \text{ K} \quad t = 0 \text{ °C} \quad t_F = 32 \text{ °F}$
- trojný bod vody:  
 $T = 273,16 \text{ K} \quad t = 0,01 \text{ °C}$
- bod varu vody za normálního tlaku  
 $T = 373,15 \text{ K} \quad t = 100 \text{ °C} \quad t_F = 212 \text{ °F}$

**Fahrenheitova stupnice:** Používá se v USA, užívá menší teplotní stupeň než Celsiova stupnice ( $9 \text{ °C} = 5 \text{ °F}$ ) a jinou hodnotu nuly ( $0 \text{ °F} = -17,78 \text{ °C}$ ).

Vztah mezi číselnými hodnotami těchto stupnic je:

$$t_F = \left( \frac{9}{5} \{t\} + 32 \right) \text{ °F}, \quad t_F \dots \text{Fahrenheitova stupnice}$$

$$t = \frac{5}{9} (\{t_F\} - 32) \text{ °C}$$