INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

# Měření fyzikálních veličin

## Metodický materiál

*Petr Kopelec*

Tento materiál byl vytvořen v rámci projektu CZ.1.07/1.1.24/01.0134
Rozvoj technického a přírodovědného vzdělávání na SOŠ a SOU v Kopřivnici

# O projektu Rozvoj 2014

**Základní údaje o projektu:**

| | |
|---|---|
| Název projektu: | **Rozvoj přírodovědného a technického vzdělávání na SOŠ a SOU v Kopřivnici** |
| Název operačního programu: | OP Vzdělávání pro konkurenceschopnost |
| Prioritní osa: | 7.1 Počáteční vzdělávání |
| Oblast podpory: | 7.1.1 Zvyšování kvality ve vzdělávání |
| Předkladatel: | Vyšší odborná škola, Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Kopřivnice, příspěvková organizace |
| Partner projektu: | Porgest, a.s. |
| Rozpočet projektu: | 9 288 965,12 Kč |
| Doba realizace: | 14.02.2012-31.12.2014 (35 měsíců) |

Cílem projektu zkráceně nazvaného Rozvoj 2014 je zvýšení kvality výuky přírodovědných i technických předmětů a odborného výcviku na VOŠ, SOŠ a SOU Kopřivnice prostřednictvím inovací obsahu příslušných vzdělávacích modulů, tvorby nových výukových i metodických materiálů a pořízení moderního vybavení pro výuku odpovídajících předmětů.

Projekt je řešen v těsné spolupráci s podniky - zaměstnavateli v regionu, abychom dosáhli co nejužšího propojení výuky s praxí. Využíváme zkušenosti partnera projektu – firmy Porgest, a. s. i dalších podniků, které projevily zájem s námi spolupracovat.

Modernizace výuky je zaměřena na tři oblasti:
- svařování,
- strojírenství,
- přírodní vědy (fyzika, chemie, biologie).

V období realizace projektu bylo vytvořeno celkem 10 vzdělávacích modulů zahrnujících metodické texty pro učitele, výukové texty pro žáky, prezentace i videosekvence. Bylo obnoveno vybavení svářečské dílny a strojní laboratoře, doplněno vybavení chemické laboratoře a vybudována nová učebna přírodovědných předmětů. Další informace a výstupy projektu jsou k dispozici na stránkách projektu www.voskop.cz/rozvoj.

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.

# OBSAH

Úvod do příručky ..... 5
1 Fyzikální jednotky a veličiny ..... 6
1.1 Měření ..... 6
1.2 Stručná historie měření ..... 6
1.3 Fyzikální veličiny ..... 6
1.4 Soustava jednotek SI ..... 7
2 Měření tlaku ..... 11
2.1 Základní pojmy ..... 11
2.2 Rozdělení tlakoměrů ..... 12
2.2.1 Manometry pístové ..... 13
2.2.2 Manometry zvonové ..... 13
2.2.3 Kapalinové tlakoměry ..... 14
2.2.4 Deformační tlakoměry ..... 16
2.2.5 Elektrické tlakoměry ..... 19
2.2.6 Měření dynamického tlaku ..... 19
3 Měření teploty ..... 20
3.1 Základní pojmy ..... 20
3.2 Rozdělení teploměrů ..... 21
3.2.1 Dilatační teploměry ..... 22
3.2.2 Tlakové teploměry ..... 25
3.2.3 Odporové teploměry ..... 27
3.2.4 Termoelektrické teploměry ..... 27
3.2.5 Speciální teploměry ..... 29
3.2.6 Pyrometry ..... 30
3.2.7 Fototermometry ..... 32
3.2.8 Termovize ..... 32
4 Měření vlhkosti vzduchu ..... 33
4.1 Základní pojmy ..... 33
4.2 Vlhkoměry ..... 35
4.2.1 Psychrometry ..... 35

# OBSAH

4.2.2 Hygrometry ... 36
4.2.3 Rosné vlhkoměry ... 37
5 Měření intenzity osvětlení ... 38
5.1 Základní pojmy ... 38
5.2 Měření osvětlení ... 40
5.2.1 Osvětlení vnitřních prostor ... 41
6 Měření intenzity hluku ... 43
6.1 Základní pojmy ... 43
6.2 Měření hluku ... 47
6.2.1 Hluk vznikající při činnosti a používání výrobků ... 47
6.2.2 Určení expozice hluku ... 48
7 Úkol pro měření teploty ... 50
8 Úkol pro měření intenzity osvětlení ... 53
9 Úkol pro měření vysokých teplot ... 56
10 Úkol pro měření relativní vlhkosti vzduchu ... 59
11 Úkol pro měření hluku motoru automobilu ... 62
Seznam obrázků ... 65
Seznam tabulek ... 67
Seznam podkladů, literatury a norem ... 68

# Úvod do příručky



## Úvod do příručky

Tato příručka přímo navazuje na učebnici – Měření fyzikálních veličin, výuková videa a doprovodné prezentace pro žáky v rámci modulu měření fyzikálních veličin.

Číslování jednotlivých kapitol je totožné s materiálem pro žáky. Oproti žákovskému materiálu jsou zde doplněny pomůcky a jednoduché popisy pro prováděná měření základních fyzikálních veličin. Tyto popisy odpovídají přiloženým videím k modulu a jednotlivým stránkám prezentací.

Pro reálné a smysluplné využití materiálu ve výuce jsou nutné základní teoretické znalosti přednášejícího o probírané problematice.

# 1 Fyzikální jednotky a veličiny

## 1.1 Měření

Měřením a vším, co s ním souvisí, se zabývá vědní obor, který se nazývá metrologie. Základní oblasti pozornosti a činnosti metrologie jsou :

- Veličiny a jejich jednotky
- Metody měření
- Prostředky měření (měřidla)
- Vlastnosti a schopnosti osob provádějících měření

## 1.2 Stručná historie měření

Měřením se zjišťuje okamžitá hodnota fyzikálních veličin u měřeného objektu tak, že ji srovnáváme s jednotkami, které byly předem dohodnuty, nebo byly nařízeny určeným orgánem.

Měření nás provází v našem každodenním životě. Mnohdy si ani neuvědomujeme, že činnost, kterou provádíme, lze vlastně nazvat měřením.

*Více viz učebnice pro žáky…*

## 1.3 Fyzikální veličiny

Fyzikální veličina je jakákoliv objektivní vlastnost hmoty, jejíž hodnotu lze změřit nebo spočítat. Fyzikální veličiny lze posuzovat z různých hledisek. Každé hledisko má svůj význam.

Podle prvního hlediska dělíme fyzikální veličiny na:

- Skalární veličiny – jsou určeny svou velikostí a jednotkou a nezávisí na volbě souřadné soustavy, v níž je daná veličina měřena. Je to například hmotnost, čas, teplota, tlak atd.
- Vektorové veličiny – u nich kromě číselné hodnoty a jednotek musíme určit i směr a orientaci působení. To je například síla, rychlost, intenzita elektrického pole atd.

Podle druhého hlediska dělíme fyzikální veličiny na:

- Veličiny množství – udávají kvantitu, například délku, hmotnost atd.
- Veličiny stavu – udávají kvalitu, například teplotu, tlak atd.

Sečítat a odečítat lze pouze veličiny stejnorodé. Násobením nebo dělením fyzikálních veličin vznikají nové veličiny. Například dělením délkových veličin (m) časem (s) získáváme novou veličinu – rychlost (m/s).

V praxi se ukázalo, že k popisu fyzikálních jevů postačuje poměrně malý počet základních veličin. Z těchto základních veličin pak bylo možno určit další veličiny tzv. odvozené.

## 1.4 Soustava jednotek SI

### Základní jednotky

Základní jednotky jsou vhodně zvolené jednotky základních veličin. Každá základní veličina má pouze jedinou hlavní jednotku, která slouží současně jako základní jednotka. V mezinárodní soustavě jednotek SI je sedm základních jednotek. Jsou uvedeny v následující tabulce.

| Fyzikální veličina | Značka veličiny | Základní jednotka | Značka jednotky |
|---|---|---|---|
| délka | l | metr | m |
| hmotnost | m | kilogram | kg |
| čas | t | sekunda | s |
| elektrický proud | I | ampér | A |
| termodynamická teplota | T | kelvin | K |
| látkové množství | n | mol | mol |
| svítivost | I | kandela | cd |

**Tabulka 1 Základní jednotky SI**

### Definice základních jednotek

Metr je délka dráhy, kterou proběhne světlo ve vakuu za dobu 1/299 792 458 sekundy.

Kilogram se rovná hmotnosti mezinárodního prototypu kilogramu uloženého v Mezinárodním úřadu pro míry a váhy v Sèvres u Paříže.

Sekunda je doba trvání 9 192 631 770 period záření, které odpovídá přechodu mezi dvěma hladinami velmi jemné struktury základního stavu atomu cesia 133 ($^{133}Cs$).

Ampér je stálý elektrický proud, který při průchodu dvěma přímými rovnoběžnými nekonečně dlouhými vodiči zanedbatelného kruhového průřezu umístěnými ve vakuu ve vzdálenosti 1 metr vyvolá mezi nimi sílu 2 x $10^{-7}$ newtonu na 1 metr délky vodičů.

# Fyzikální jednotky a veličiny

Kelvin je 1/273,16 díl termodynamické teploty trojného bodu vody.

Kandela je svítivost zdroje, který v daném směru vysílá monochromatické záření s kmitočtem 540 x $10^{12}$ hertzů a jehož zářivost v tomto směru je 1/683 wattu na steradián.

Mol je látkové množství, které obsahuje právě tolik elementárních jedinců (atomů, molekul), kolik je atomů v 0,012 kilogramu izotopu uhlíku $^{12}C$. Při udávání látkového množství je třeba elementární jedince (entity) specifikovat; mohou to být atomy, molekuly, ionty, elektrony, jiné částice nebo blíže určená seskupení částic.

## Doplňkové jednotky

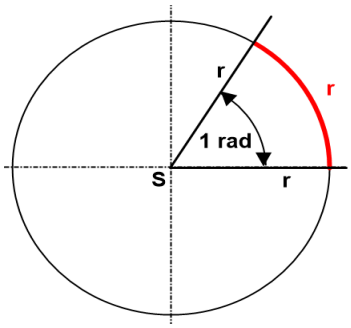
Generální konference pro váhy a míry o těchto jednotkách dosud nerozhodla, zda mají být zařazeny mezi základní jednotky nebo jednotky odvozené. Obě doplňkové jednotky jsou bezrozměrné.

| Fyzikální veličina | Značka veličiny | Základní jednotka | Značka jednotky |
|---|---|---|---|
| rovinný úhel | $\alpha$, $\varphi$,... | radián | rad |
| prostorový úhel | $\omega$, $\Omega$, ... | steradián | sr |

**Tabulka 2 Doplňkové jednotky**

## Definice doplňkových jednotek

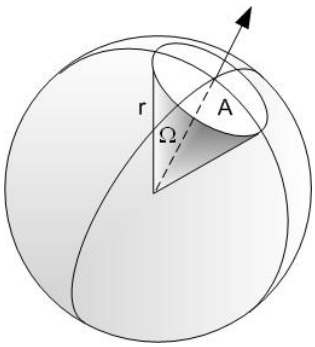
Radián je rovinný úhel sevřený dvěma polopřímkami, které na kružnici opsané z jejich společného počátečního bodu vytínají oblouk o délce rovné jejímu poloměru.




**Obr. 1 Znázornění jednotky rovinného úhlu**

Steradián je prostorový úhel s vrcholem ve středu kulové plochy, který na této ploše vytíná část s obsahem rovným druhé mocnině poloměru této kulové plochy. Viz taky str. 58.

# Fyzikální jednotky a veličiny




**Obr. 2 Znázornění pojmu "prostorový úhel"** (http://cs.wikipedia.org/wiki/Prostorový úhel)

## Odvozené jednotky SI

| Fyzikální veličina | Značka veličiny | Základní jednotka | Značka jednotky |
|---|---|---|---|
| plošný obsah | A | čtverečný metr | $m^2$ |
| objem | V | krychlový metr | $m^3$ |
| kmitočet | Hz | hertz | $s^{-1}$ |
| síla | F | newton | N |
| tlak | p | pascal | Pa |
| výkon | P | watt | W |
| práce, energie, teplo | W, E, Q | joule | J |
| elektrický odpor | R | ohm | Ω |
| elektrické napětí | U | volt | V |

**Tabulka 3 Některé odvozené jednotky**

## Násobné a dílčí jednotky

Násobné a dílčí jednotky jsou jednotky získané jako násobek nebo díl základní nebo odvozené jednotky pomocí mocnin o základu 10. Jejich název je vytvořen přidáním předpony před základní nebo odvozenou jednotku, případně před její značku. Výjimkou je jednotka hmotnosti. Kilogram (kg) je jednotka základní, nikoli násobná. Někdy se používají ještě další předpony, které nepatří do soustavy SI, v následující tabulce jsou označeny hvězdičkou *.

# Fyzikální jednotky a veličiny

| Přehled normalizovaných předpon | | |
|---|---|---|
| Předpona | Značka předpony | Poměr k základní jednotce |
| yotta- | Y | $10^{24}$ |
| zetta- | Z | $10^{21}$ |
| exa- | E | $10^{18}$ |
| péta- | P | $10^{15}$ |
| tera- | T | $10^{12}$ |
| giga- | G | $10^{9}$ |
| mega- | M | $10^{6}$ |
| kilo- | k | $10^{3}$ |
| hekto-* | h | $10^{2}$ |
| deka-* | da | 10 |
| deci-* | d | $10^{-1}$ |
| centi-* | c | $10^{-2}$ |
| mili- | m | $10^{-3}$ |
| mikro- | µ | $10^{-6}$ |
| nano- | n | $10^{-9}$ |
| piko- | p | $10^{-12}$ |
| femto- | f | $10^{-15}$ |
| atto- | a | $10^{-18}$ |
| zepto- | z | $10^{-21}$ |
| yokto- | y | $10^{-23}$ |

**Tabulka 4 Přehled předpon pro násobné a dílčí jednotky**

# 2 Měření tlaku

## 2.1 Základní pojmy

Základní jednotka tlaku podle soustavy SI je 1 Pa, což je tlak, který je způsoben silou 1 N, která působí kolmo na plochu 1 m$^2$.

$$1\ Pa = 1\ N\ m^{-2}$$

Pascal je jednotka relativně malá, proto se v technické praxi obvykle používají její násobné jednotky kPa a MPa, případně se někdy pro vyjádření barometrického tlaku používá jednotky hPa.

Pro označení tlaku se obvykle používá písmeno p. V běžné technické praxi je tlak definován jako poměr síly F, působící ve směru normály (kolmo) na plochu A.

$$p = \frac{F}{A}\ \ (Pa)$$

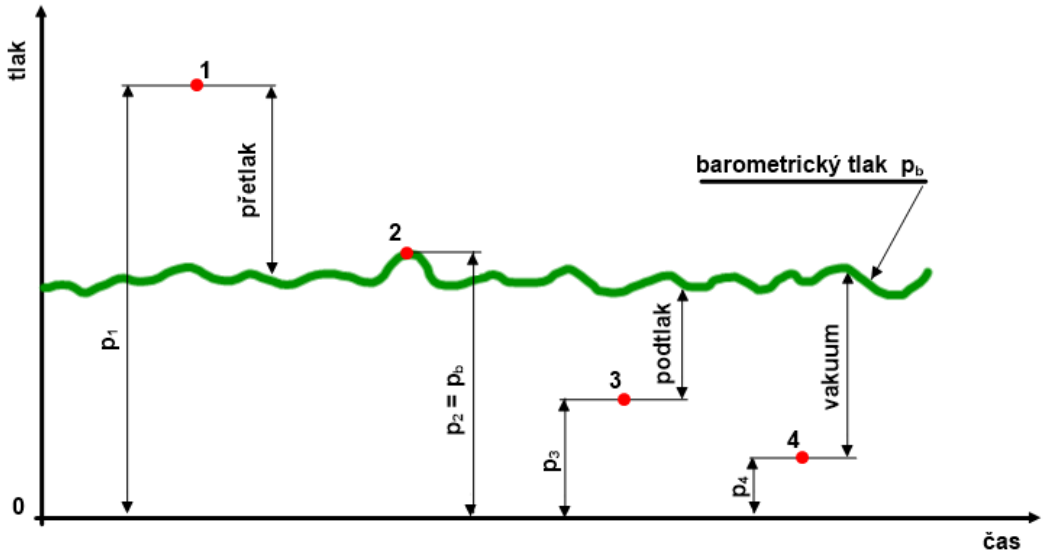
*Více viz učebnice pro žáky…*

Pro izotermický děj lze tuto rovnici psát také ve tvaru:

$$p \cdot V = konst\ \ (J)$$

Při měření je většina přístrojů určených k měření tlaku ovlivňována nejen tlakem měřeným, ale i tlakem ovzduší, tzv. tlakem atmosférickým nebo barometrickým. Naměřená hodnota pak udává tlak relativní – přetlak nebo podtlak, tj. rozdíl mezi tlakem měřeným a tlakem barometrickým.

Je třeba tedy rozeznávat některé další pojmy.




**Obr. 3 Znázornění různých označení tlaku**

## 2.2 Rozdělení tlakoměrů

a) Rozdělení tlakoměrů podle rozsahu měření:

- Barometry - pro měření tlaku ovzduší
- Manometry - pro měření přetlaků
- Vakuometry - pro měření podtlaků
- Mano-vakuometry - pro měření podtlaků i přetlaků
- Diferenční tlakoměry - pro měření tlakových rozdílů

b) Rozdělení tlakoměrů podle fyzikálního principu, který ke své činnosti používají:

- Pístové a zvonové tlakoměry
  Měřený tlak působí na píst a takto vyvolaná síla je mechanicky vyvážena závažím nebo pružinou. Z velikosti vyvážení a z rozměrů válce lze pak vypočítat měřený tlak.
- Kapalinové tlakoměry
  Měřený tlak je u nich vyrovnán hydrostatickým tlakem sloupce tlakoměrné kapaliny. Hodnota měřeného tlaku je dána výškou sloupce kapaliny a její měrnou hmotností.
- Deformační tlakoměry
  Měřený tlak u nich způsobuje pružnou deformaci tlakoměrného prvku. Velikost této deformace je úměrná hodnotě měřeného tlaku.
- Elektrické tlakoměry
  Používají se obvykle pro měření extrémních hodnot tlaku (velké přetlaky, nebo vakua) a využívají celé řady elektrických vlastností, např. změny elektrického odporu při vysokém tlaku.

c) Rozdělení tlakoměrů podle přesnosti měření:

- Tlakoměry provozní
- Tlakoměry kontrolní
- Tlakoměry laboratorní

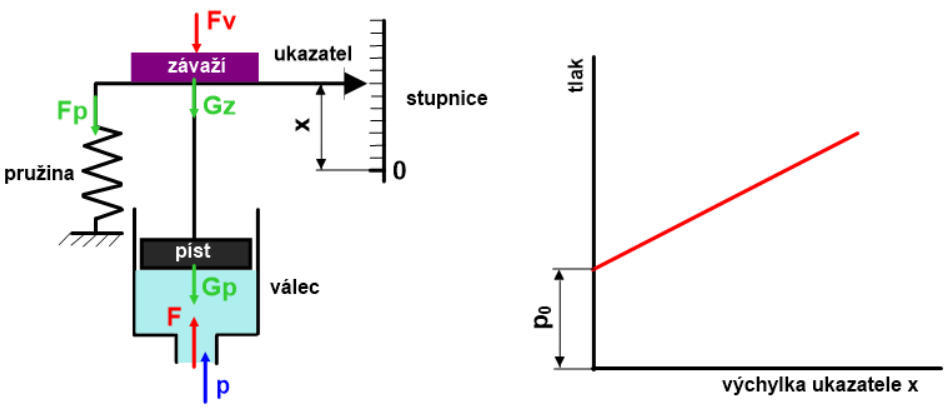
- *Více viz učebnice pro žáky…*

# Měření tlaku

## 2.2.1 Manometry pístové

Pístové manometry jsou tlakoměrné přístroje, u kterých je tlak měřeného prostředí přiveden do válce, kde působí na jednu stranu pístu. Tlak vyvodí na píst celkovou tlakovou sílu F, která jej vytlačuje z válce.

$$F = A \cdot p \ \ (N)$$

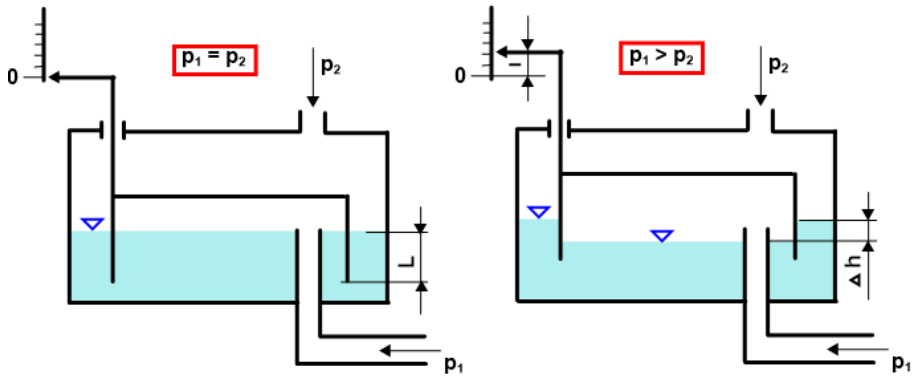



**Obr. 4 Schéma a charakteristika pístového manometru**

*Více viz učebnice pro žáky…*

## 2.2.2 Manometry zvonové

Princip zvonového manometru je v tom, že výsledná síla, vznikající působením připojených tlaků na zvon plovoucí v kapalině, je vyvažována úbytkem vztlaku při jeho částečném vynoření. Velikost zdvihu zvonu je úměrná rozdílu připojených tlaků.




**Obr. 5 Princip zvonového manometru**

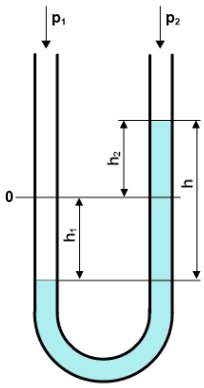
*Více viz učebnice pro žáky…*

## 2.2.3 Kapalinové tlakoměry

Kapalinové tlakoměry patří mezi jednoduché, spolehlivé a přesné přístroje, používané především v laboratořích. Měří se jimi zpravidla malé tlaky. Rozsah měřeného tlaku a přesnost měření závisí na použité tlakoměrné kapalině a na přesnosti čtení výšky sloupce kapaliny. Jako tlakoměrná kapalina se používá obvykle destilovaná voda, rtuť, líh nebo tetrachlór. Z důvodu nutnosti odečítání výšky hladiny v trubici, bývá obvykle trubice vyrobena ze skla, což omezuje možnost měřit vysoké tlaky.

### 2.2.3.1 U manometry

U manometr je nejjednodušším kapalinovým tlakoměrem se svislým sloupcem. Skládá se ze skleněné trubice zahnuté do tvaru U, která je zčásti naplněna tlakoměrnou kapalinou. Tlaky, jejichž rozdíl se má měřit, jsou připojeny na konce ramen trubice. Pokud se připojené tlaky navzájem rovnají ($p_1 = p_2$), jsou hladiny v obou ramenech ve stejné výšce. Po připojení tlaku $p_1$, který je větší než tlak $p_2$, vychýlí se kapalina tak, že se vytvoří sloupec, jehož hydrostatický tlak vyrovná rozdíl ve velikosti připojených tlaků.

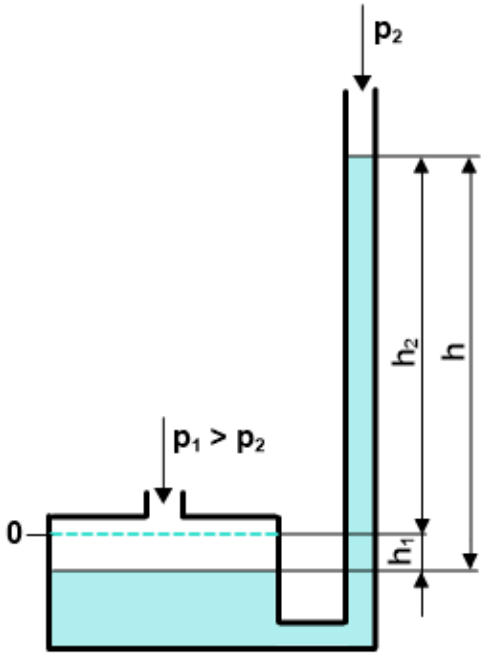


**Obr. 6 Schéma a pohled na U manometr**

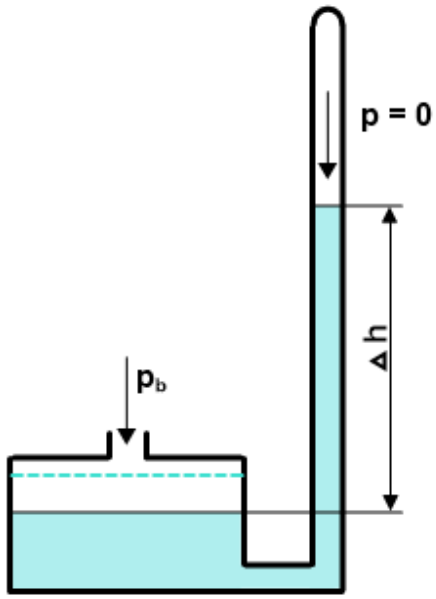
*Více viz učebnice pro žáky…*

### 2.2.3.2 Nádobkové manometry

Nádobkové tlakoměry pracují na stejném principu jako U manometry, ale mají jednodušší odečítání výšky sloupce kapaliny. Odečet se provádí pouze na trubici.



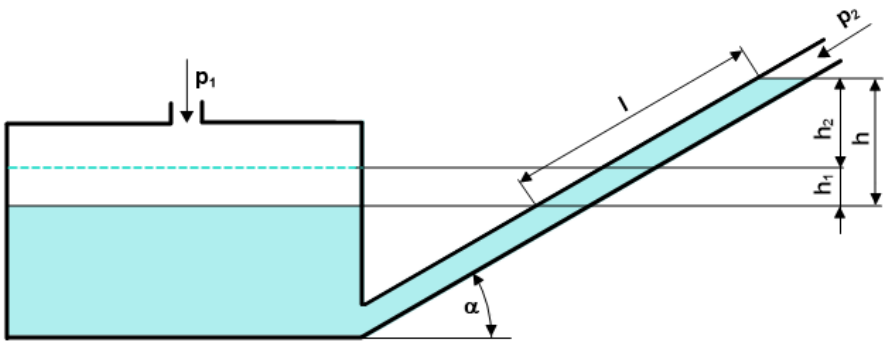

Obr. 8 Nádobkový manometr




Obr. 7 Nádobkový manometr - barometr

### 2.2.3.3 Mikromanometr

Pro měření velmi malých tlakových rozdílů je odečítání na svislé stupnici trubicového tlakoměru nepřesné, protože odečítaná změna výšky sloupce je malá. Citlivější je odečet na šikmé stupnici mikromanometru. Je to v podstatě nádobkový manometr, jehož trubici lze sklápět a tím zvětšovat jeho citlivost. Rozdíl připojených tlaků vytvoří sice stejnou, svisle měřenou výšku kapalinového sloupce h, ale protože se výška odečítá na šikmé stupnici, odpovídá jí větší délka l. Schéma mikromanometru je znázorněno na obr. 9.




Obr. 9 Princip mikromanometru

# Měření tlaku

*Více viz učebnice pro žáky…*

**Obr. 10 Mikromanometr**

## 2.2.4 Deformační tlakoměry

Deformační manometry využívají k měření tlaku deformace některého z členů měřicí soustavy. Velikost deformace závisí na deformující síle, která je dána velikostí měřeného tlaku a na vratné síle dané pružností tlakoměrného prvku. Tlakoměrné prvky jsou deformovány v oblasti pružné deformace a tlakový účinek je v rovnováze s vnitřním napětím materiálu. Vhodná změna tvaru se pomocí mechanického převodu zvětšuje a převádí na úhlovou nebo lineární výchylku ukazatele. Tyto přístroje mohou sloužit k měření přetlaků, podtlaků i k měření tlaku barometrického. Bývají velmi často osazeny jednoduchými převodníky velikosti deformace na elektrický signál (např. potenciometr nebo tenzometr), což je možno využít pro automatizaci, dálkový přenos dat a podobně.

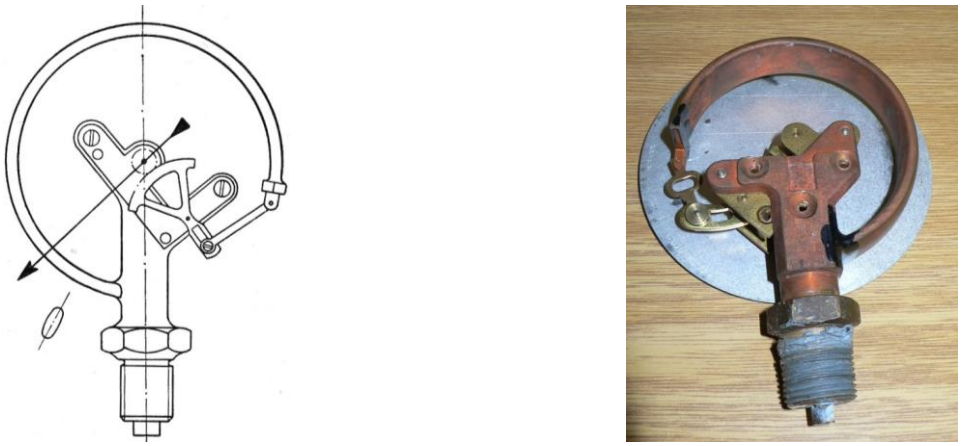
Podle druhu tlakoměrného prvku dělíme deformační tlakoměry na tlakoměry

- Trubicové
- Membránové
- Krabicové
- Vlnovcové

# Měření tlaku

## 2.2.4.1 Trubicové tlakoměry

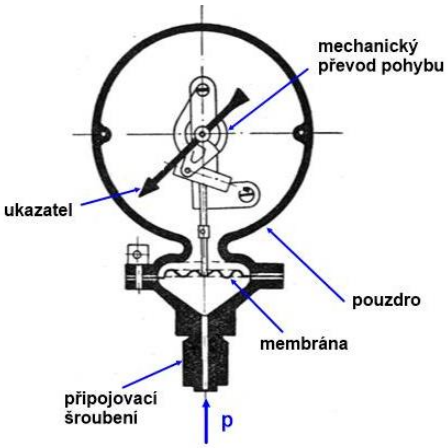
Tlakoměrným elementem tohoto přístroje je pružná kovová (bronzová, ocelová…) trubice oválného průřezu, na jednom konci uzavřená, stočená do kruhového oblouku v úhlu asi 270°. Tlak, působící na vnitřní stěnu trubice, mění průřez trubice na kruhový a zároveň trubici napřimuje
*Více viz učebnice pro žáky…*



**Obr. 11 Schéma a pohled zezadu na demontovaný trubicový manometr [1]**

## 2.2.4.2 Membránové tlakoměry

Tlakoměrným prvkem těchto přístrojů je pružná membrána sevřená po obvodě mezi přírubami tělesa tlakoměru. Membrána má obvykle tvar kruhové desky opatřené několika soustřednými vlnami. Membrána je obvykle kovová, ale může být i z jiných materiálů, např. kůže, plastu nebo pryže. Na jednu stranu membrány působí měřený tlak, na druhou stranu obvykle tlak barometrický.
*Více viz učebnice pro žáky…*

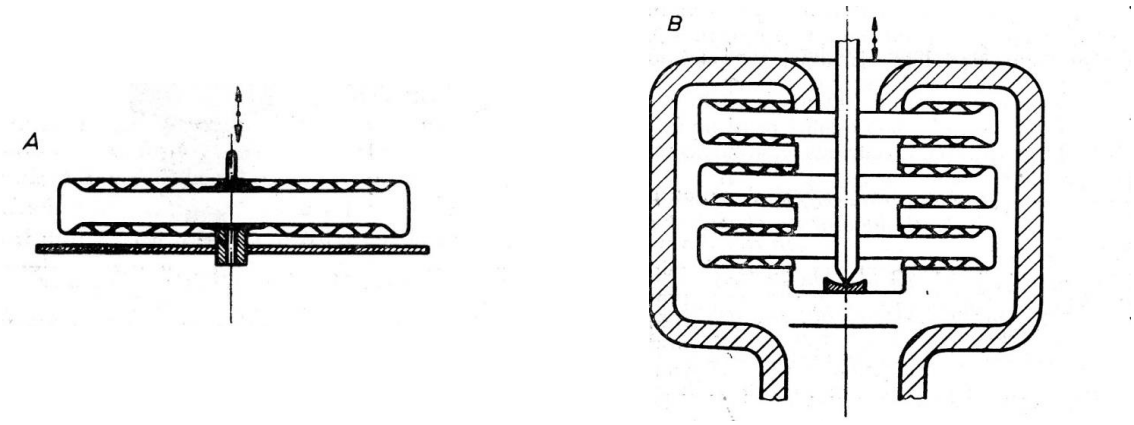



**Obr. 12 Schéma membránového tlakoměru [1]**

# Měření tlaku

## 2.2.4.3 Krabicové tlakoměry

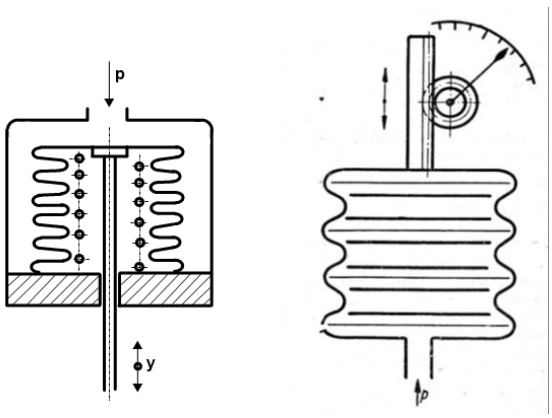
Membrána membránového tlakoměru má při měření malých tlaků malý zdvih. Použijeme-li spojení dvou, nebo více membrán do tzv. krabice, citlivost se zvýší, protože deformace nastává u všech spojených membrán. Měřený tlak se přivádí dovnitř, nebo vně krabice. Krabicové manometry jsou velmi citlivé, používají se pro měření malých přetlaků nebo podtlaků, a pro měření tlaku barometrického. Jsou-li určeny k měření rychle proměnných tlaků, bývají opatřeny tlumičem rázů.




**Obr. 13 Schémata krabicových tlakoměrů - s jednou krabicí (A) a se třemi krabicemi (B) [1]**

## 2.2.4.4 Vlnovcové tlakoměry

Na soustavu krabicových manometrů svým principem navazuje vlnovec. Vlnovcový tlakoměr je zhotoven z kovové trubice vyválcováním vln. Jeden konec je uzavřen a druhý připojen k základu přístroje. Působením přetlaku se vlnovec deformuje - mění svou délku. Deformace závisí na velikosti tlakového rozdílu, velikosti funkční plochy a na tuhosti vlnovce. Pokud nestačí vlastní pružnost vlnovce, používá se pro vyvážení sil přídavná pružina. Materiál vlnovců je obvykle kov.
Vlnovce se uplatňují hlavně jako regulační přístroje při regulaci tlaku.




**Obr. 14 Schémata vlnovcových tlakoměrů**

# Měření tlaku

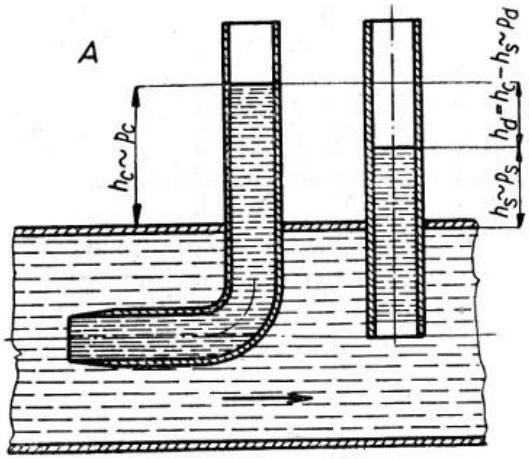
## 2.2.5 Elektrické tlakoměry

Elektrické tlakoměry jsou založeny na různých principech. Obvykle se jedná o přístroje pro speciální použití například pro měření velmi vysokých nebo naopak velmi nízkých tlaků nebo tlaků velmi rychle se měnících.

*Více viz učebnice pro žáky…*

## 2.2.6 Měření dynamického tlaku

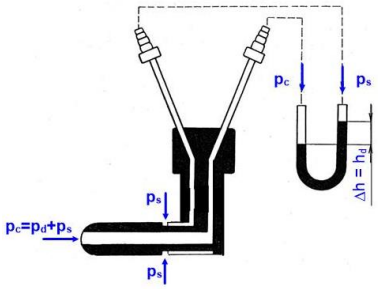
*Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 15 Vliv tvaru a umístění tlakové sondy [1]**

Pro měření rychlosti proudění, využíváme přístroj, který se nazývá Prandtlova trubice.

Přístroj je tvořen dvěma trubicemi. Jedna trubice má po obvodu radiální otvůrky, kterými se snímá statický tlak. Druhá trubice je umístěna v ose první, větší trubice a má axiální otvor pro měření celkového tlaku. Výstupy z obou trubic jsou obvykle propojeny na měřidlo diferenčního tlaku – nejčastěji mikromanometr. Z rozdílu tlaku v obou trubicích lze vypočítat velikost dynamického tlaku a tím i rychlost proudění měřené tekutiny. Schéma viz obr. 17.




**Obr. 17 Schéma Prandtlovy trubice**

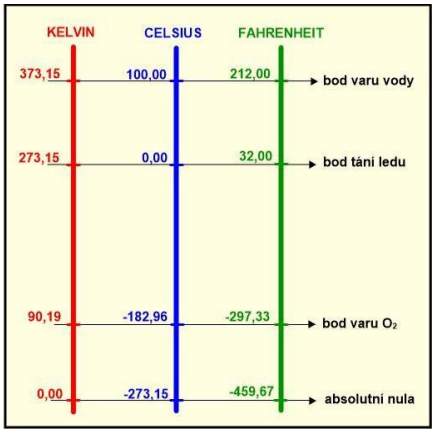
**Obr. 16 Detail sondy Prandtlovy trubice**

# 3 Měření teploty

## 3.1 Základní pojmy

Teplota je jednou ze základních fyzikálních veličin, která vyjadřuje tepelný stav hmoty. Částice (molekuly, atomy…) všech látek jsou v neustálém kmitavém pohybu. Střední kinetická energie tohoto pohybu závisí na množství tepelné energie obsažené ve hmotě.

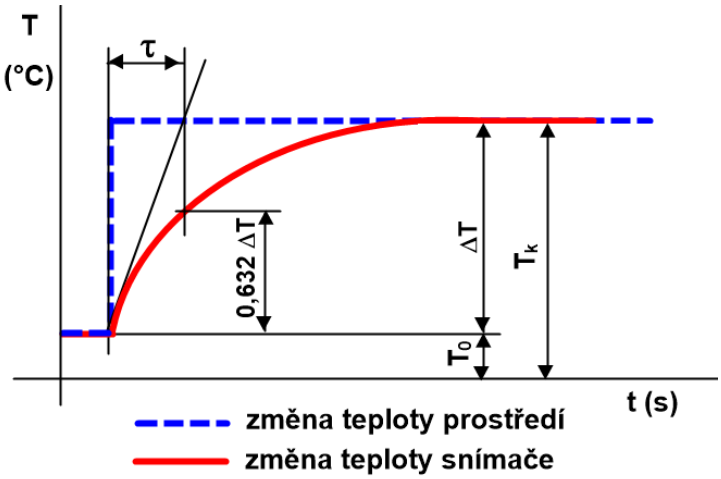
*Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 18 Porovnání teplotních stupnic**

| $T_{90}$ (K) | $t_{90}$ (°C) | Látka | Stav |
|---|---|---|---|
| 3 až 5 | -270,15 až -268,15 | He | tlak syté páry |
| 13,8033 | -259,3467 | e-$H_2$ | trojný bod |
| 17 | -256,15 | e-$H_2$ | tlak syté páry |
| 20,3 | -252,85 | e-$H_2$ | tlak syté páry |
| 24,5561 | -248,5939 | Ne | trojný bod |
| 54,3584 | -218,7916 | $O_2$ | trojný bod |
| 83,8058 | -189,3442 | Ar | trojný bod |
| 234,3156 | -38,8344 | Hg | trojný bod |
| 273,16 | 0,01 | $H_2O$ | trojný bod |
| 302,9146 | 29,7646 | Ga | bod tání |
| 429,7485 | 156,5985 | In | bod tuhnutí |
| 505,078 | 231,928 | Sn | bod tuhnutí |
| 692,677 | 419,527 | Zn | bod tuhnutí |
| 933,473 | 660,323 | Al | bod tuhnutí |
| 1234,93 | 961,78 | Ag | bod tuhnutí |
| 1337,33 | 1064,18 | Au | bod tuhnutí |
| 1357,77 | 1084,62 | Cu | bod tuhnutí |

**Tabulka 5 Pevné definiční body teplotní stupnice ITS-90 [9]**



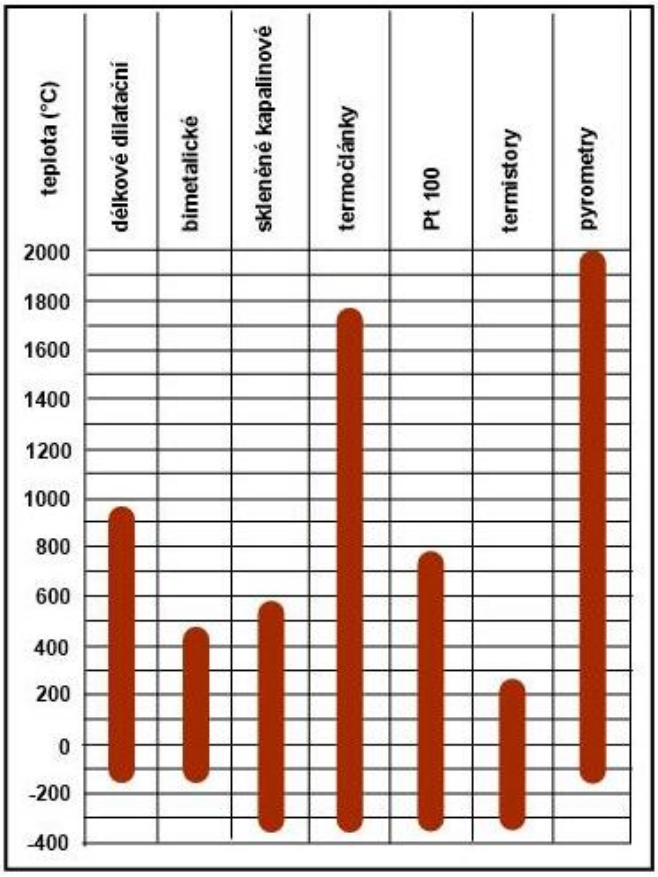

**Obr. 19 Časová konstanta teploměru**

## 3.2 Rozdělení teploměrů

*Více viz učebnice pro žáky…*

- Dilatační teploměry
  Teplota se u nich určuje na základě délkové nebo objemové roztažnosti hlavně tuhých nebo kapalných látek.
- Tlakové teploměry
  Teplota se určuje na základě změny velikosti tlaku teploměrné látky (kapaliny nebo plynu) při stálém objemu.
- Odporové teploměry
  Teplota se určuje na základě změny elektrického odporu vodiče, při změně teploty.
- Termoelektrické teploměry (termočlánky)
  Teplota se určuje na základě termoelektrického napětí vznikajícího ve spoji dvou různých kovů.
- Speciální teploměry
  K měření teploty se využívá změn některých specifických fyzikálních vlastností tuhých látek a kapalin, jako je měknutí, tavení, index lomu atd.

*Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 20 Orientační rozsahy měření základních typů teploměrů**

## 3.2.1 Dilatační teploměry

Tento typ teploměrů je založen na principu roztažnosti látek, v závislosti na vzrůstající teplotě. Podle skupenství použité teploměrné látky se dělí obvykle na teploměry využívající roztažnosti tuhých látek (tyčové teploměry, bimetalické teploměry…), kapalin (skleněné teploměry…) nebo plynů (tlakové teploměry).

### 3.2.1.1 Skleněné teploměry

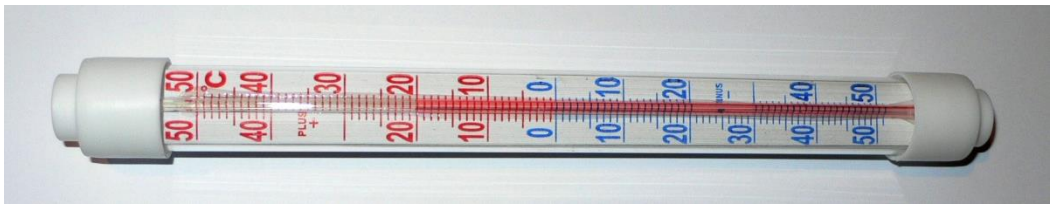
Teploměry skleněné jsou teploměry dilatační, založené na sledování změn objemu teploměrné kapaliny v závislosti na změnách teploty. Skládají se obvykle ze skleněné nádobky - jímky, která přechází v kapiláru, která je na konci uzavřená.

*Více viz učebnice pro žáky…*

Obalový teploměr

Obalové teploměry mají kapiláru s připojenou stupnicí zatavenou do skleněného obalu. Stupnice bývá přichycena ke kapiláře pomocí drátků. Výhodou těchto teploměrů je snadnější odečítání. Používají se pro nižší teploty.

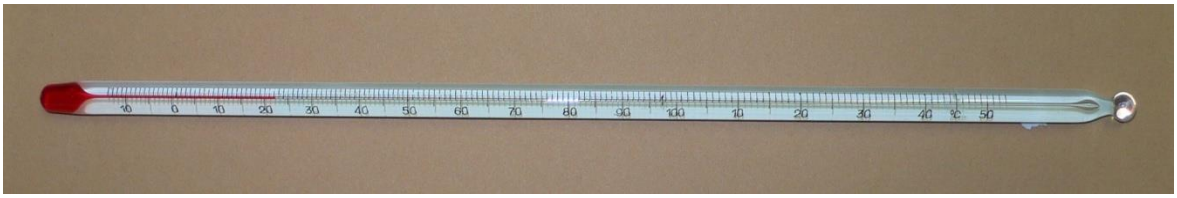
# Měření teploty



**Obr. 21 Obalový teploměr**

## Tyčinkový teploměr

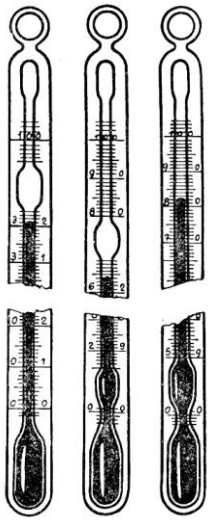
*Více viz učebnice pro žáky…*



**Obr. 22 Tyčinkový teploměr**

## Teploměr s potlačenou stupnicí

Pro přesná měření se v určitém rozsahu při omezené délce používají teploměry s potlačenou stupnicí. To znamená, že mají ve vhodném místě kapiláry jisté rozšíření (mezijímku), která pojme sloupec kapaliny odpovídající potlačenému rozsahu. Tímto způsobem lze získat jemnější rozdělení stupnice, aniž bychom zvětšovali celkovou délku teploměru.

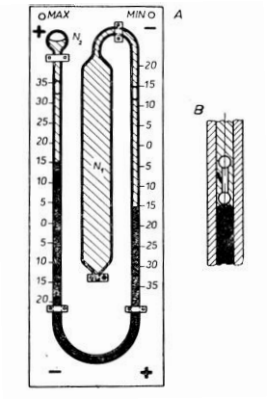


**Obr. 23 Teploměry s potlačenou stupnicí [1]**

## Teploměr maximo-minimální

Záznam nejvyšších a nejnižších dosažených teplot v průběhu určité doby lze zajistit poměrně jednoduchým principem teploměru maximo-minimálního.

*Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 24 Sixův maximo - minimální teploměr [1]**

Spínací teploměr

Pro dvoupolohovou regulaci teploty v různých laboratorních zařízeních se s výhodou používá spínacího teploměru. V podstatě se jedná o rtuťový skleněný teploměr, který je opatřen dvěma elektrickými kontakty. Pohyblivý kontakt se může posouvat v kapiláře pomocí speciálního mechanismu. Spínací teplota se nastaví tak, že se kontakt umístí do úrovně žádané rysky stupnice. Druhý kontakt tvoří rtuťový sloupec. Přívod k němu je zataven do jímky. Při dosažení nastavené teploty rtuť uzavře elektrický obvod, který dá signál pro potřebný, obvykle regulační děj. Tyto přístroje mohou pracovat pouze ve spojení s relé, protože je nelze zatěžovat většími proudy.

*Více viz učebnice pro žáky…*

### 3.2.1.2 Tyčové teploměry

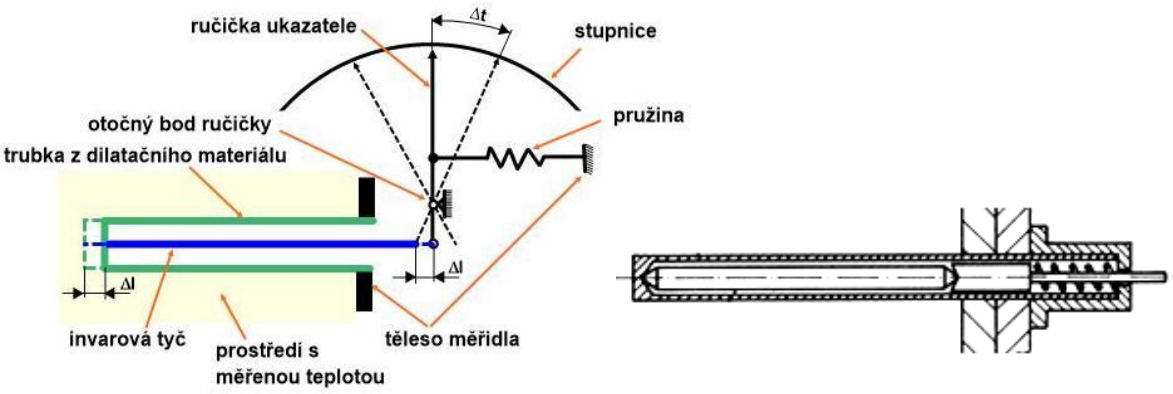
Mezi teploměrné přístroje založené na principu teplotní roztažnosti tuhých látek řadíme tyčové teploměry. Teplotní roztažnost tuhých látek je relativně velmi malá. Lze ji vyjádřit pomocí součinitele teplotní roztažnosti $\alpha$. Protože hodnota $\alpha$ není konstantní a mění se s teplotou, udává se obvykle jako střední hodnota pro určitý teplotní interval. Hodnoty součinitele teplotní roztažnosti pro některé materiály jsou uvedeny v následující tabulce.

| materiál | střední součinitel teplotní roztažnosti $\alpha \cdot 10^6$ ($K^{-1}$) |
|---|---|
| ocel | 11 - 16 |
| invar (36 % Ni, 64 % Fe) | 0,3 - 1,5 |
| porcelán | 3,0 |
| křemenné sklo | 0,5 |
| měď | 16,5 |
| aluminium | 23,8 |
| mosaz (62 % Cu, 38 % Zn) | 16,3 |

**Tabulka 6 Teplotní roztažnost některých materiálů**

# Měření teploty

*Více viz učebnice pro žáky…*

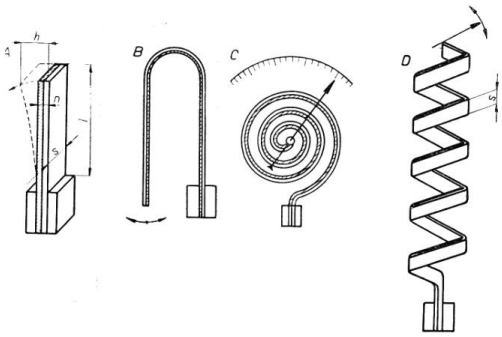



**Obr. 25 Princip funkce tyčového teploměru [1]**

### 3.2.1.3 Bimetalické teploměry

Bimetalické teploměry se používají častěji než teploměry tyčové. Teploměrným orgánem je prvek vzniklý pevným spojením dvou kovových pásků z materiálů o různé teplotní roztažnosti.

*Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 26 Tvary pásků bimetalických teploměrů [1]**

## 3.2.2 Tlakové teploměry

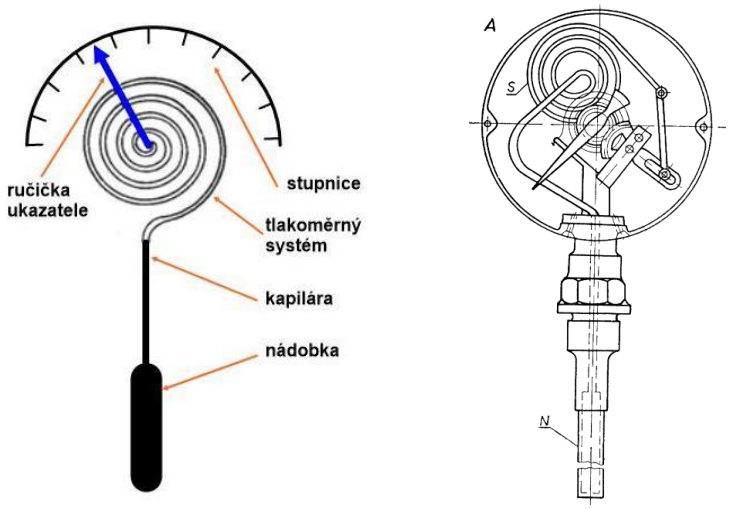
Tlakové teploměry měří teplotu na základě změny tlaku látky, která je uzavřena v prostoru o stálém objemu. Podle skupenství teploměrné látky se dělí tlakové teploměry na teploměry kapalinové (rtuťové, lihové, glycerínové, acetylénové…) a teploměry plynové (dusíkové, vodíkové, argonové…). Zvláštní skupinu mohou tvořit teploměry parní.

# Měření teploty

### 3.2.2.1 Tlakové teploměry kapalinové

Kapalinový tlakový teploměr se skládá z nádobky na teploměrnou kapalinu, kapiláry a tlakoměrného systému (např. deformačního tlakoměru). Tento celý systém je naplněn teploměrnou kapalinou. Změna objemu vyvolaná změnou teploty se převádí na změnu tlaku, který se následně měří pomocí tlakoměru, obvykle deformačního. Stupnice tlakoměru je lineární a je cejchovaná v teplotních jednotkách.

*Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 27 Princip tlakového teploměru [1]**

*Více viz učebnice pro žáky…*

### 3.2.2.2 Tlakové teploměry plynové

Princip měření plynovými tlakovými teploměry je opět založen na změně tlaku plynu při stálém objemu v závislosti na změně teploty. Tato závislost je dána vztahem:

$$\frac{p_0}{T_0} = \frac{p_1}{T_1}$$

*Více viz učebnice pro žáky…*

### 3.2.2.3 Tlakové teploměry parní

Parní tlakové teploměry mají v podstatě stejnou konstrukci jako tlakové teploměry kapalinové. Jímka mívá menší objem a je částečně naplněna kapalinou. Prostor nad hladinou kapaliny je vyplněn její sytou párou.

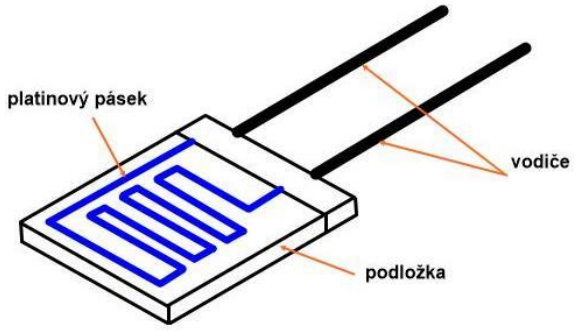
*Více viz učebnice pro žáky…*

# Měření teploty

## 3.2.3 Odporové teploměry

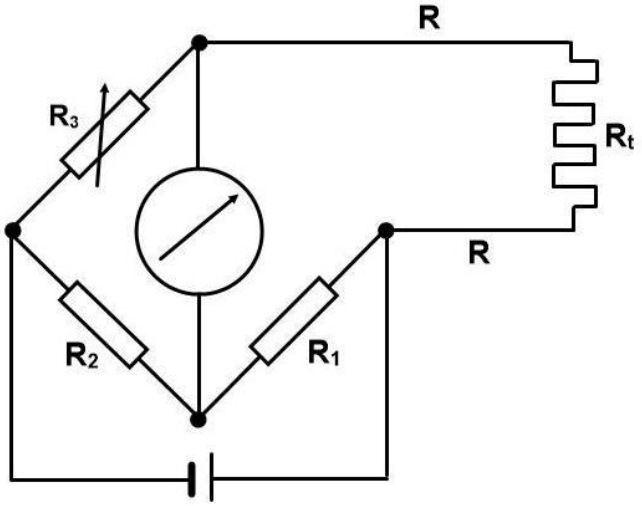
Odporové teploměry jsou založeny na skutečnosti, že elektrický odpor vodiče se mění v závislosti na teplotě vodiče.

*Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 28 Možné provedení odporového čidla Pt 100**

Pokud jsou odpory $R_1$, $R_2$ a R konstantní, je odpor teploměru $R_t$ daný jeho teplotou, přímo úměrný hodnotě nastavitelného odporu $R_3$. Velikost odporu $R_3$ se odečítá na stupnici, která je přímo cejchovaná v jednotkách teploty.

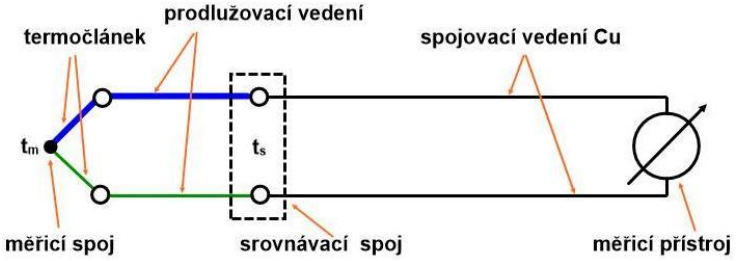



**Obr. 29 Příklad zapojení můstku pro měření odporu odporového teploměru**

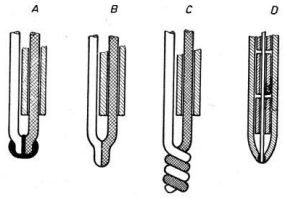
## 3.2.4 Termoelektrické teploměry

Termoelektrické teploměry využívají k měření teploty termoelektrický jev u termoelektrického článku - zkráceně termočlánku.

# Měření teploty




**Obr. 30 Schéma zapojení termočlánku**

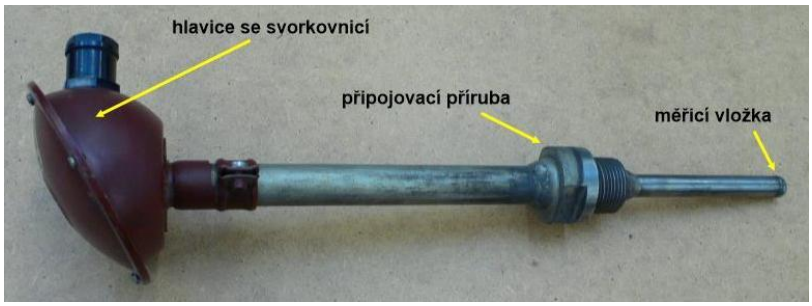



**Obr. 31 Možnosti vodivého spojení termočlánkových drátů - pájení, svaření, zkroucení a trubičkové spojení [1]**

Ze srovnávacího místa může být termoelektrický článek připojen k měřicímu přístroji spojovacím měděným vedením. Zapojení termočlánku je včetně popisu jednotlivých částí uvedeno na obr. 30.

**Obr. 32 Termočlánková čidla**

*Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 33 Provozní termočlánkové měřidlo**

# Měření teploty

## 3.2.5 Speciální teploměry

K měření teploty se využívá změn některých specifických fyzikálních vlastností látek.

### Iontové teploměry

U iontových teploměrů se využívá skokové změny elektrické vodivosti v oblasti fázové změny pevných elektrolytů. *Více viz učebnice pro žáky…*

### Krystalové teploměry

Jako čidlo teploty u nich slouží speciální výbrus krystalu. Výhodou je velká přesnost měření a rozlišitelnost až 0,0001 °C. *Více viz učebnice pro žáky…*

### Barevné indikátory teploty

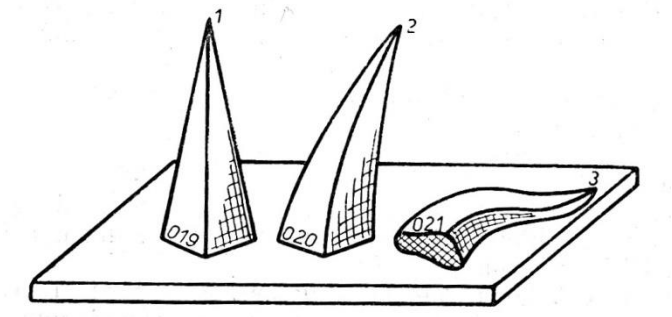
Tyto teploměry jsou určeny převážně pro speciální jednorázové použití. Podle principu, na kterém fungují, se dělí na chemické, tavné, kapalné krystaly a luminiscenční. *Více viz učebnice pro žáky…*

### Optoelektronické snímače teploty

Podle principu možno rozdělit tyto snímače teploty na refraktometrické, absorpční, polarizační a fluorescenční. *Více viz učebnice pro žáky…*

### Tavná měřidla teploty

V některých průmyslových odvětvích, například v keramickém průmyslu, se využívá k hrubému měření teplot, tzv. Segerových jehlanů. Měření teploty je založeno na změně skupenství látek. Segerovy jehlany jsou vyrobeny ze směsí vápence, křemene, kaolinu a dalších přísad. *Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 34 Segerovy jehlany [1]**

# Měření teploty

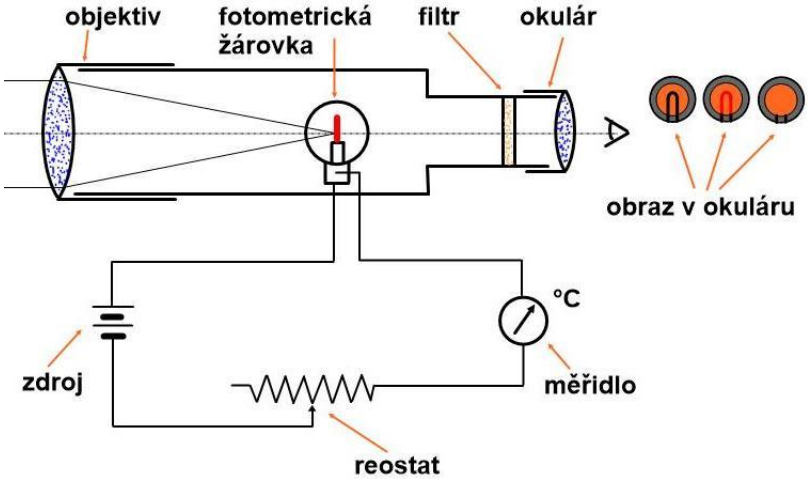
## 3.2.6 Pyrometry

Princip bezdotykových teploměrů spočívá v měření tepelné energie vyzařované měřeným prostředím. Každé těleso vysílá tepelnou energii zářením, tedy elektromagnetickými vlnami stejného druhu, jako je viditelné záření – světlo. Barva vyzařování tělesa závisí na jeho absolutní teplotě.

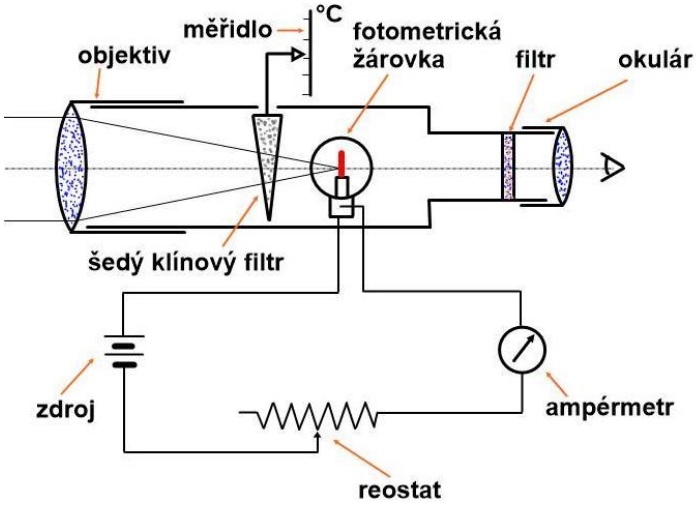
*Více viz učebnice pro žáky…*

### 3.2.6.1 Monochromatické pyrometry

Obvykle jsou známy pod názvem jasové pyrometry. Na teplotu usuzují ze záření o vlnové délce 0,65 mm, což odpovídá červenému světlu. *Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 35 Schéma jasového pyrometru**




**Obr. 36 Schéma jiného jasového pyrometru**

Tyto přístroje jsou cejchovány pro záření absolutně černého tělesa. Pro jiné poměry nutno výsledky měření korigovat obvykle podle korekční tabulky dodávané výrobcem měřidla. Těmito přístroji v závislosti na provedení lze měřit teploty od 700 do 3500 °C.

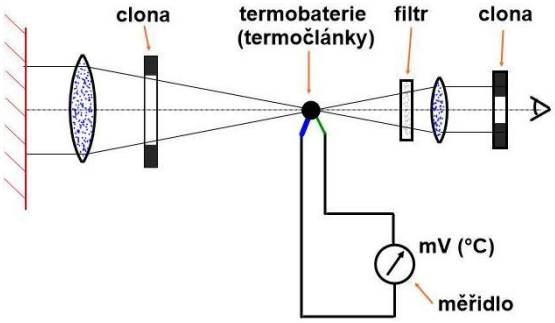
Pyrometry, využívající širšího spektrálního pásma než pyrometry monochromatické, se nazývají pásmové. Šířka pásma je vymezena optikou, filtry a citlivostí detektoru záření.

### 3.2.6.2 Pyrometry na spektrální rozložení

Tyto pyrometry byly dříve označovány jako pyrometry barvové. *Více viz učebnice pro žáky…*

### 3.2.6.3 Termoelektrické pyrometry

Termoelektrické pyrometry nejsou závislé na obsluze. Na teplotu se zde usuzuje z celkového záření vysílaného na všech vlnových délkách. Pyrometry založené na tomto principu mohou mít měřicí rozsah až od – 40 °C do + 5000°C. *Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 37 Princip termoelektrického pyrometru**

### 3.2.6.4 Fotoelektrické pyrometry

Jedná se v podstatě o pyrometry monochromatické, které sledují úzký obor záření. Vyhodnocení je dáno fotonkou.

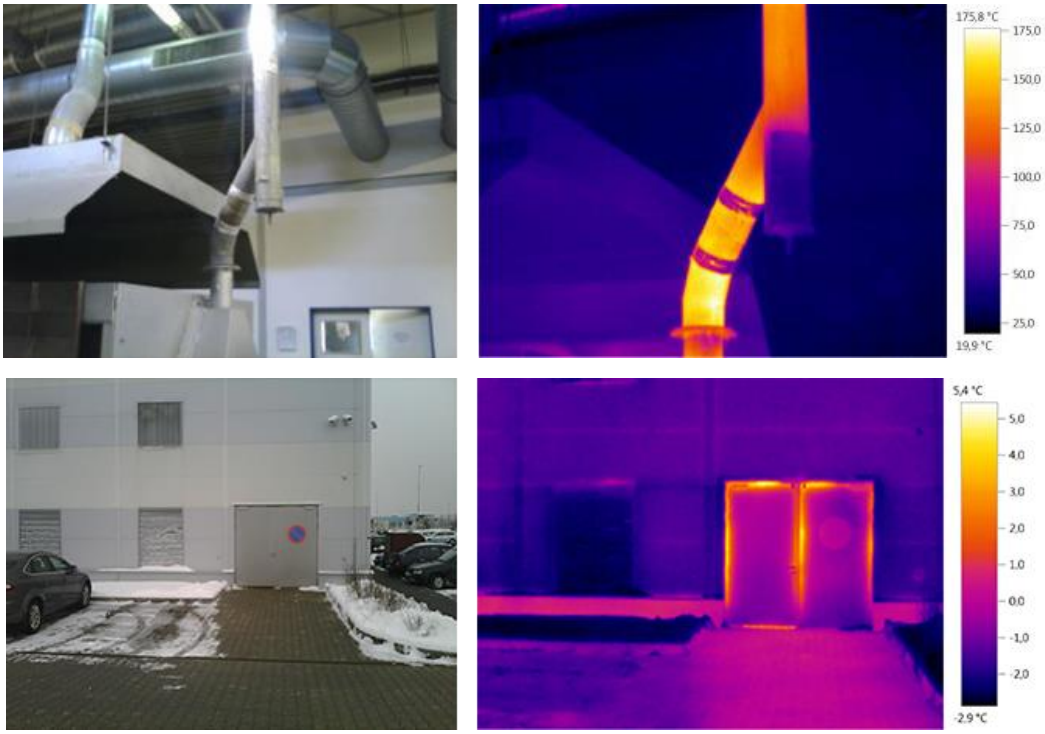
**Obr. 38 Pyrometr DIT - 500**

### 3.2.7 Fototermometry

Fototermometrie využívá při měření teplot fotografický materiál, který je citlivý na infračervené záření s vlnovou délkou 0,78 μm. *Více viz učebnice pro žáky…*

### 3.2.8 Termovize

Termovizní měřiče teplot využívají opět infračervené záření povrchu měřených objektů. *Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 39 Příklady použití termovize** (http://www.termovize.com/prumyslove-objekty-termosnimky)

# 4 Měření vlhkosti vzduchu

## 4.1 Základní pojmy

Spodní vrstvy atmosférického vzduchu jsou v kontaktu s vodním povrchem moří, řek nebo jezer. Z vodní hladiny se přitom voda odpařuje, proto vzduch prakticky vždy obsahuje určité množství vodní páry. Toto množství závisí na atmosférických podmínkách. Největší vliv na obsah vodních par má teplota a tlak vzduchu.

*Více viz učebnice pro žáky…*

**Obr. 40 Měřidlo relativní vlhkosti a teploty vzduchu Testo 610**

### Absolutní vlhkost vzduchu

Absolutní vlhkost vyjadřuje hmotnostní množství vodní páry, která je obsažena v objemové jednotce vlhkého vzduchu nebo plynu.

$$\Phi' = \frac{m}{V_v} \quad (kgm^{-3})$$

Kde

| | |
|---|---|
| $\Phi'$ | absolutní vlhkost plynu ($kgm^{-3}$) |
| m | hmotnost vodní páry (kg) |
| $V_v$ | objem vlhkého plynu ($m^3$) |

Při určité teplotě má vzduch schopnost pojmout jen určité maximální množství vodní páry. V takovém případě je vodní parou nasycen a dále ji nepřijímá. Absolutní vlhkost pro stav nasycení můžeme nazývat maximální absolutní vlhkost a značit ji $\Phi'_n$. Čím je teplota vzduchu vyšší, tím je vzduch schopen pojmout větší množství vodní páry. Pro každou teplotu tedy existuje hodnota maximální absolutní vlhkosti. Absolutní vlhkost se zjišťuje tehdy, má-li se určit skutečné množství vodní páry ve vzduchu.

# Měření vlhkosti vzduchu

## Relativní vlhkost vzduchu

Vliv absolutní vlhkosti vzduchu a teploty lépe vystihuje pojem relativní vlhkost vzduchu. Relativní vlhkost vzduchu udává poměr mezi skutečným absolutním a maximálním absolutním (tedy nasyceným) obsahem vody ve vzduchu při dané teplotě. Udává se v procentech. Vyjadřuje procentuální nasycení suchého vzduchu vodní parou při dané teplotě. Suchý vzduch má relativní vlhkost 0% a vzduch plně nasycený vodní parou při dané teplotě má relativní vlhkost 100%. Pro výpočet relativní vlhkosti platí vztah:

$$\varphi = \frac{\Phi'}{\Phi''} \cdot 100 \quad (\%)$$

Kde

$\Phi'$ absolutní vlhkost vzduchu ($kgm^{-3}$)

$\Phi''$ maximální absolutní vlhkost vzduchu při dané teplotě ($kgm^{-3}$)

$\varphi$ relativní vlhkost vzduchu (%)

Tlak plynu je dán součtem parciálních (dílčích) tlaků jednotlivých složek. Tlak vlhkého vzduchu lze tedy rozdělit na parciální tlak vodní páry a parciální tlak ostatních plynů. Relativní vlhkost vzduchu můžeme potom také vyjádřit vztahem:

$$\varphi = \frac{P'}{P''} \cdot 100 \quad (\%)$$

Kde

$P'$ parciální tlak vodních par ve vzduchu (Pa)

$P''$ parciální tlak páry, kterou je vzduch při téže teplotě nasycen (Pa)

Z uvedeného je zřejmé, že při změně teploty vzduchu se mění i relativní vlhkost. Ochlazováním se relativní vlhkost zvětšuje, až při určité teplotě dosáhne hodnoty 100%. Při dalším snižování teploty se vzduch přítomným množstvím páry přesytí a přebytečné množství páry zkondenzuje. Teplota, při které bylo dosaženo nasycení, se nazývá rosný bod. Absolutní vlhkost vzduchu při nasycení vodní parou (100% relativní vlhkosti) při vybraných teplotách je uvedena v následující tabulce.

| Teplota vzduchu (°C) | Max. absolutní vlhkost vzduchu Φ´´ (g/m$^3$) |
|---|---|
| -100 | 0,000018 |
| -80 | 0,0006 |
| -60 | 0,011 |
| -40 | 0,12 |
| -20 | 0,889 |
| 0 | 4,83 |
| 20 | 17,29 |
| 40 | 51,15 |
| 60 | 130,2 |
| 80 | 293,3 |
| 100 | 591 |

**Tabulka 7 Maximální absolutní vlhkost vzduchu v závislosti na teplotě**

## 4.2 Vlhkoměry

K měření absolutní i relativní vlhkosti vzduchu slouží vlhkoměry, které používají různé metody měření. Hlavně jsou to následující metody:

- psychrometrická metoda – použití hlavně pro měření relativní vlhkosti
- hygrometrická metoda – určují absolutní i relativní vlhkost
- kondenzační metoda – měří absolutní i relativní vlhkost na základě rosného bodu

### 4.2.1 Psychrometry

Princip psychrometrické metody spočívá v měření rozdílu teploty měřeného vzduchu a teploty teploměru, který je trvale navlhčován.

*Více viz učebnice pro žáky…*

**Obr. 41 Psychrometr**

# Měření vlhkosti vzduchu

| Teplota vzduchu (°C) | Rozdíl teplot na suchém a mokrém teploměru (°C) | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 2,5 | 3 | 3,5 | 4 | 4,5 | 5 | 5,5 | 6 | 6,5 | 7 | 7,5 | 8 |
| 0 | 80 | 60 | 51 | 41 | 32 | 22 | 13 | 4 | | | | | | |
| 2 | 82 | 64 | 55 | 47 | 38 | 30 | 21 | 13 | 5 | | | | | |
| 4 | 84 | 67 | 59 | 51 | 44 | 36 | 29 | 21 | 14 | | | | | |
| 6 | 85 | 70 | 63 | 56 | 48 | 41 | 35 | 26 | 21 | 14 | 8 | | | |
| 8 | 86 | 72 | 66 | 59 | 53 | 46 | 40 | 34 | 27 | 21 | 15 | 6 | | |
| 10 | 87 | 74 | 68 | 62 | 56 | 50 | 44 | 39 | 33 | 27 | 22 | 16 | 11 | 6 |
| 12 | 88 | 76 | 70 | 65 | 59 | 54 | 48 | 43 | 38 | 33 | 28 | 23 | 18 | 13 |
| 14 | 89 | 78 | 72 | 67 | 62 | 57 | 52 | 47 | 42 | 37 | 32 | 28 | 23 | 19 |
| 16 | 89 | 79 | 74 | 69 | 64 | 60 | 55 | 50 | 46 | 41 | 37 | 33 | 28 | 24 |
| 18 | 90 | 80 | 76 | 71 | 66 | 62 | 58 | 53 | 49 | 45 | 41 | 37 | 33 | 29 |
| 20 | 91 | 81 | 77 | 73 | 68 | 64 | 60 | 56 | 52 | 48 | 44 | 40 | 37 | 33 |
| 22 | 91 | 82 | 78 | 74 | 70 | 66 | 62 | 58 | 54 | 51 | 47 | 43 | 40 | 39 |
| 24 | 91 | 83 | 79 | 75 | 71 | 68 | 64 | 60 | 57 | 53 | 50 | 46 | 43 | 40 |
| 26 | 92 | 84 | 80 | 76 | 73 | 69 | 66 | 61 | 59 | 55 | 52 | 49 | 46 | 43 |
| 28 | 92 | 84 | 81 | 77 | 74 | 71 | 67 | 64 | 60 | 57 | 54 | 51 | 48 | 45 |
| 30 | 93 | 85 | 82 | 78 | 75 | 72 | 68 | 65 | 62 | 59 | 56 | 53 | 50 | 47 |
| 32 | | | 83 | 79 | 76 | 73 | 70 | 67 | 64 | 61 | 58 | 5 | 52 | 49 |
| 34 | | | | | | | 71 | 68 | 65 | 62 | 59 | 57 | 54 | 51 |

**Tabulka 8 Psychrometrická tabulka pro určení relativní vlhkosti vzduchu**

## 4.2.2 Hygrometry

Hygrometrická metoda využívá změny některých fyzikálněchemických vlastností materiálů, ke kterým dochází při změně množství absorbované vody. *Více viz učebnice pro žáky…*

### 4.2.2.1 Vlasový vlhkoměr

Vlasový vlhkoměr je hlavním představitelem dilatačních hygrometrů. Používá jako měřicího orgánu lidské vlasy

. Vlasové psychrometry jsou velmi jednoduché, ale jejich přesnost je pouze asi 3 %.

*Více viz učebnice pro žáky…*

**Obr 42 Vlasový vlhkoměr** (http://cs.wikipedia.org/wiki/Vlhkoměr)

#### 4.2.2.2 Elektrolytický vlhkoměr

Tyto vlhkoměry se používají jako náhrada vlasových vlhkoměrů. Převádějí změnu vlhkosti na změnu elektrického odporu. *Více viz učebnice pro žáky…*

### 4.2.3 Rosné vlhkoměry

Rosné vlhkoměry využívají k určení vlhkosti vzduchu teploty, při které je plyn vodní parou nasycen. Princip měření spočívá v tom, že je ochlazován senzor v podobě destičky tak dlouho, až se objeví kondenzát – kapičky vody. V tom okamžiku se přeruší ochlazování a začne ohřev. Nyní se měří teplota, při které rosa opět zmizí. Ze střední hodnoty těchto teplot se usuzuje na relativní vlhkost měřeného plynu.

Existuje více konstrukcí rosných vlhkoměrů. Pracují však na stejném principu, jak bylo popsáno. Liší se například způsobem ochlazování měřicí destičky, způsobem určování okamžiku dosažení orosení nebo způsobem měření teplot.

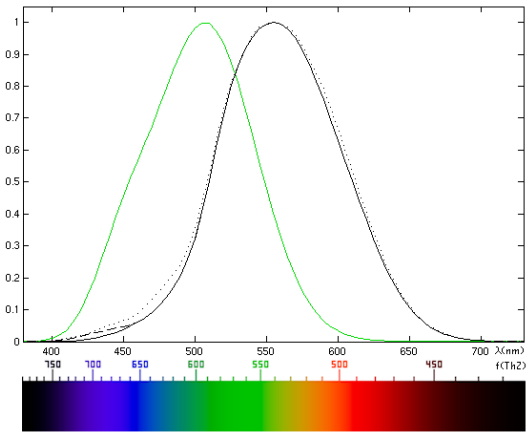
# 5 Měření intenzity osvětlení

## 5.1 Základní pojmy

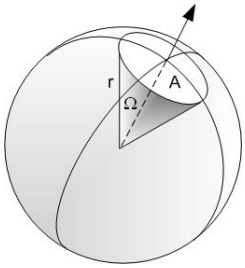
Mezi významné činitele podmiňující život patří světlo. Světlo umožňuje zrakové vjemy a přispívá k vytváření celkové duševní pohody lidí. Prostřednictvím zraku získává člověk asi 80 až 90% všech informací o prostředí, které ho obklopuje.

*Více viz učebnice pro žáky…*

Lidské oko je schopno vnímat elektromagnetické vlnění v rozmezí vlnových délek zhruba 390 nm až 790 nm.




**Obr. 43 Spektrální citlivost oka** (http://cs.wikipedia.org/wiki/Světlo)




**Obr. 44 Znázornění pojmu "prostorový úhel"** (http://cs.wikipedia.org/wiki/Prostorový úhel)

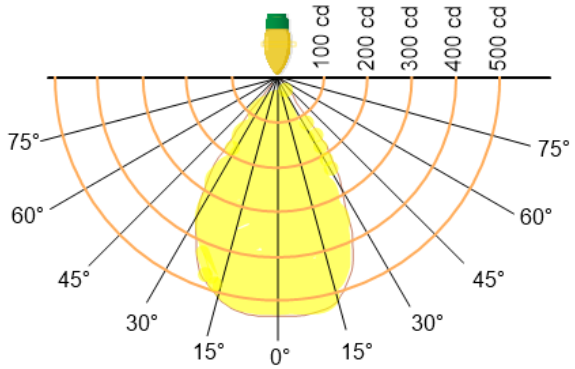
### Světelný tok

Světelný tok vyjadřuje intenzitu zrakového vjemu normálního oka, který je vyvolán energií světelného záření, které projde za jednotku času určitou plochou prostoru, jímž se světlo šíří. *Více viz učebnice pro žáky…*

# Měření intenzity osvětlení

## Svítivost

Svítivost je jedna ze základních jednotek soustavy SI. Svítivost udává prostorovou hustotu světelného toku zdroje v různých směrech. *Více viz učebnice pro žáky…*

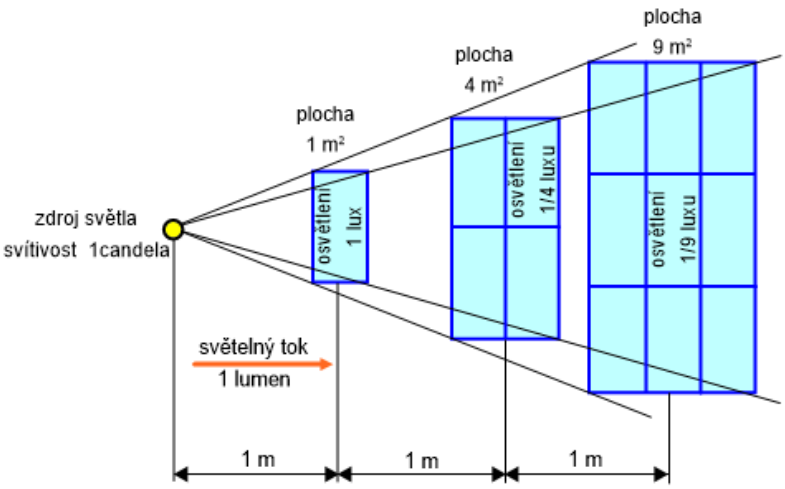



**Obr. 45. Diagram svítivosti**

*Více viz učebnice pro žáky…*

## Osvětlení

Osvětlení je fotometrická veličina, která závisí na vzdálenosti osvětlené plochy od zdroje světla *Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 46 Znázornění pojmu osvětlení** (http://palobastl.sweb.cz/svetlo/svetlo.html#Intenzita_osvetleni)

# Měření intenzity osvětlení

## 5.2 Měření osvětlení

Příjemný psychofyziologický stav, při němž zrak plní své funkce s maximální účinností a při němž má člověk nejen pocit, že dobře vidí, ale cítí se také psychicky dobře, se označuje pojmem zraková pohoda.

*Více viz učebnice pro žáky…*

**Obr. 47 Přesný laboratorní luxmetr PRC Krochmann Radiolux 111**
**(http://www.hellopro.fr/images/produit-2/6/7/7/luxmetres-luminancemtres-radiolux-111-2542776.jpg)**

Malé kapesní luxmetry se používají pouze pro orientační měření. Podobné luxmetry slouží pro zjišťování potřebné doby osvitu při fotografování u expozimetrů fotoaparátů.

**Obr. 48 Univerzální měřidlo DT 8820 s čidlem pro měření osvětlení**

*Více viz učebnice pro žáky…*

# Měření intenzity osvětlení

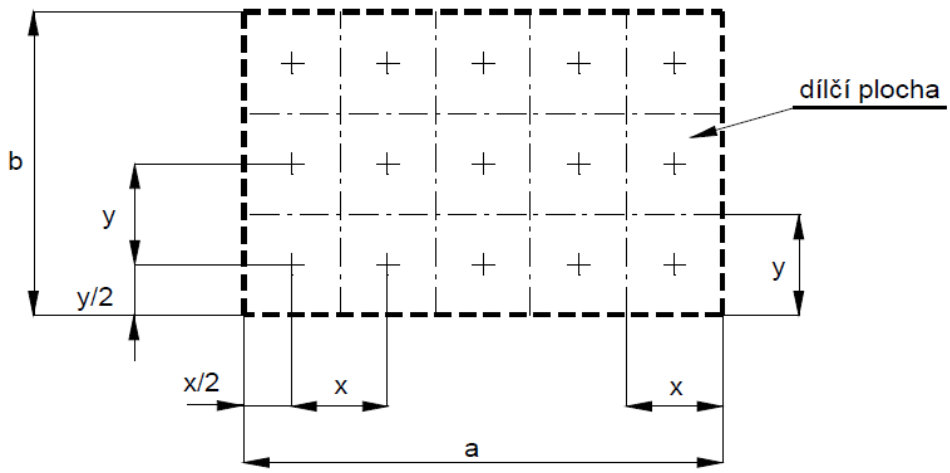
## 5.2.1 Osvětlení vnitřních prostor

Osvětlení ve vnitřních prostorách se měří z důvodu ověření, zda byly splněny podmínky a hodnoty osvětlení podle projektu, zda jsou hodnoty osvětlení v souladu s platnými normami a pro porovnání různých řešení z hlediska hospodárnosti při dosažení podmínek zrakové pohody.

*Více viz učebnice pro žáky…*

| Druh prostoru nebo činnosti | Osvětlení $\overline{E}$ (lx) | Poznámka |
|---|---|---|
| učebny | 300 | regulovatelné |
| posluchárny, laboratoře, dílny | 500 | regulovatelné |
| tabule | 500 | bez zrcadlových odrazů |
| kreslírny | 750 | |
| počítačové učebny | 300 | |
| chodby | 100 | |
| schodiště | 150 | |
| tělocvičny | 300 | |
| jídelny | 200 | |

**Tabulka 9 Příklady požadovaných hodnot osvětlení pro školní prostory**




**Obr. 49 Příklad rozložení kontrolních bodů**

# Měření intenzity osvětlení

## Vlastní měření

Před měřením nutno zkontrolovat všechny náležitosti měřicích přístrojů a měřených prostor. Osvětlovací soustavy se uvedou do stavu, který je běžný při užívání prostor. Kontroluje se ovlivnění měření cizím světlem, které není součástí měřeného osvětlení.

*Více viz učebnice pro žáky…*

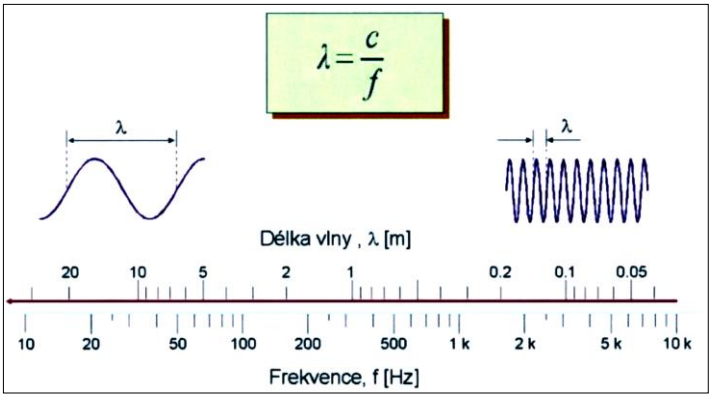
.

# 6 Měření intenzity hluku

## 6.1 Základní pojmy

Vědní obor zabývající se zvukem je akustika. Zvukem obecně se nazývá podélné mechanické vlnění, které se od svého zdroje šíří v plynném, kapalném nebo tuhém pružném prostředí konečnou rychlostí. Vlnění může být příčné a podélné. Postupné vlnění podélné je takové, při němž částice pružného prostředí kmitají ve směru postupu vlny.

*Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 50 Závislost mezi vlnovou délkou a frekvencí [10]**

Rychlost zvuku je závislá na fyzikálních vlastnostech prostředí, ve kterém se zvukové vlny šíří.

*Více viz učebnice pro žáky…*

| Látka | c [m/s] |
|---|---|
| vzduch | 340 |
| vodík | 1300 |
| voda | 1500 |
| led | 3200 |
| ocel | 5900 |
| hliník | 6400 |

**Tabulka 10 Orientační hodnoty rychlosti šíření zvuku v prostředí**

# Měření intenzity hluku

## Akustický tlak

Při šíření akustických vln ve vzduchu dochází k jeho periodickému stlačování a rozpínání. To je možno pozorovat jako kolísání tlaku vzduchu kolem hodnoty základní (referenční), kterou je barometrický tlak.

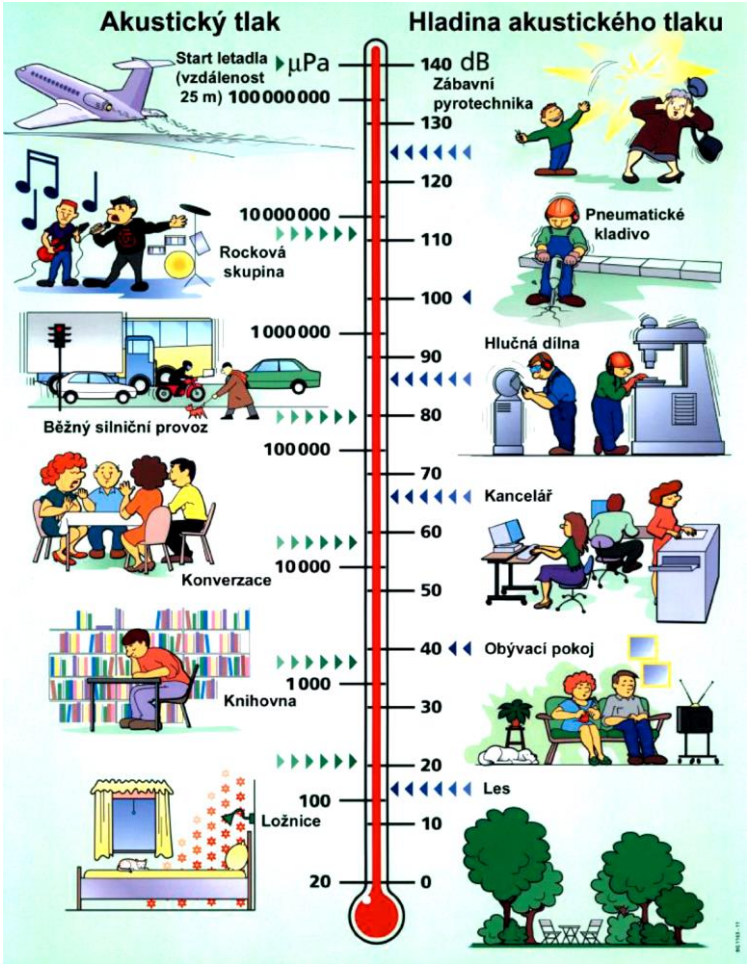
*Více viz učebnice pro žáky…*

## Hladina akustického tlaku

Jako vhodnější z hlediska matematického zpracovávání i praktického vnímání zvukových podnětů se jeví logaritmická veličina, a tou je tzv. hladina akustického tlaku $L_p$, která se udává v decibelech (dB). Hladina akustického tlaku se vypočítá pomocí vztahu:

$$L_p = 20 \cdot log \frac{p}{p_0} \quad (dB)$$

*Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 51 Srovnání hodnot akustického tlaku (Pa) a hladin akustického tlaku (dB) [11]**

# Měření intenzity hluku

*Více viz učebnice pro žáky…*

| Rozdíl hlasitosti dvou zdrojů zvuku (dB) | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Přírůstek k vyšší hladině (dB) | 3 | 2,5 | 2 | 2 | 1,5 | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 0 |

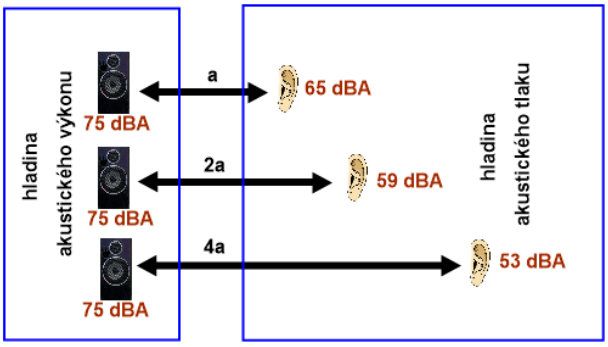
**Tabulka 11 Sčítání nestejných hladin hlasitosti hluku**
**(http://www.acoustiproducts.com/en/quiet_pcs_noise.asp)**

## Hladina akustického výkonu

Postupující akustická vlna je svázána také s přenosem energie. Možno definovat, že množství energie, která projde za jednotku času určitou plochou, je akustický výkon P, udávaný ve wattech (W). Platí pro něj vztah

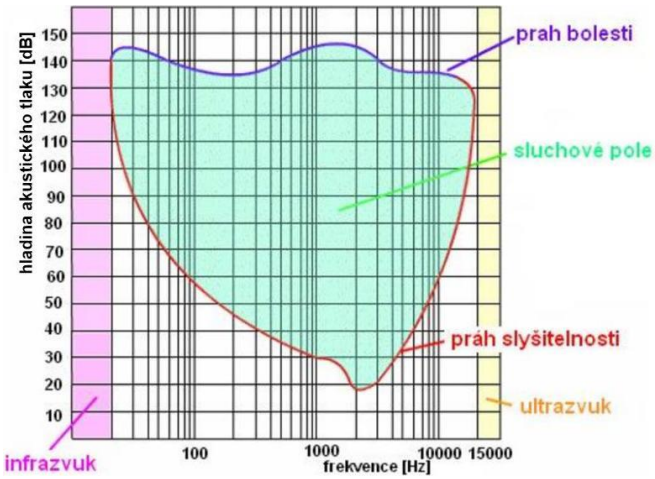
$$P = p \cdot v \cdot A \quad (W)$$

*Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 52 Vztah mezi hladinami akustického výkonu a akustického tlaku**

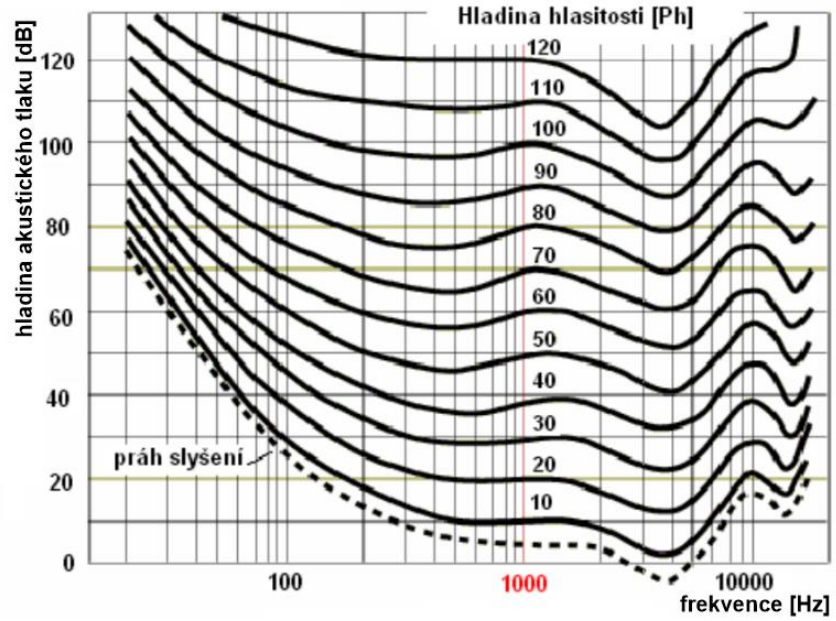
*Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 53 Sluchové pole [12]**

# Měření intenzity hluku

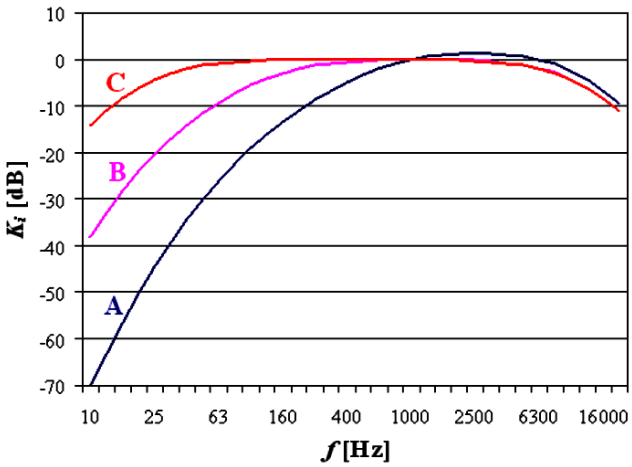
*Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 54 Vnímání hlasitosti zvuku v závislosti na frekvenci [10]**

Z uvedeného je zřejmé, že lidský sluch má nestejnou citlivost pro různé kmitočty. Již práh slyšení je odlišný pro různé kmitočty. Při vnímání zvuku tak dochází ke zkreslení, jehož charakter navíc závisí na velikosti akustického tlaku přijímaného zvuku. Lidský sluch je nejcitlivější právě v oblasti okolo 1000 Hz, což zhruba odpovídá průměrné hodnotě kmitočtu lidské řeči.

*Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 55 Průběhy váhových korekcí filtrů A, B a C [10]**

# Měření intenzity hluku

## 6.2 Měření hluku

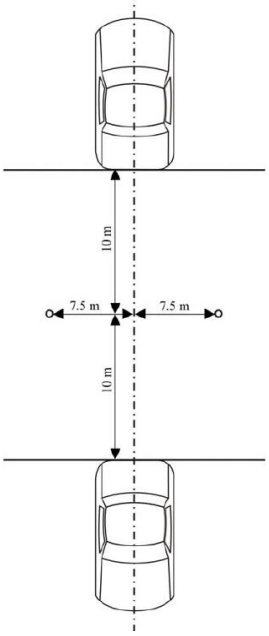
Měření hluku je prováděno v zásadě ze dvou důvodů. Jednak je to měření, kterým se zjišťuje hluk výrobků vznikající při jejich činnosti a používání. Druhým důvodem měření hluku je vliv hluku na lidské zdraví, přičemž významným faktorem, kromě intenzity hluku, je doba, po kterou je člověk účinkům hluku vystaven.

### 6.2.1 Hluk vznikající při činnosti a používání výrobků

Měření se může provádět z důvodů vědeckých, výzkumných nebo vývojových

*Více viz učebnice pro žáky…*

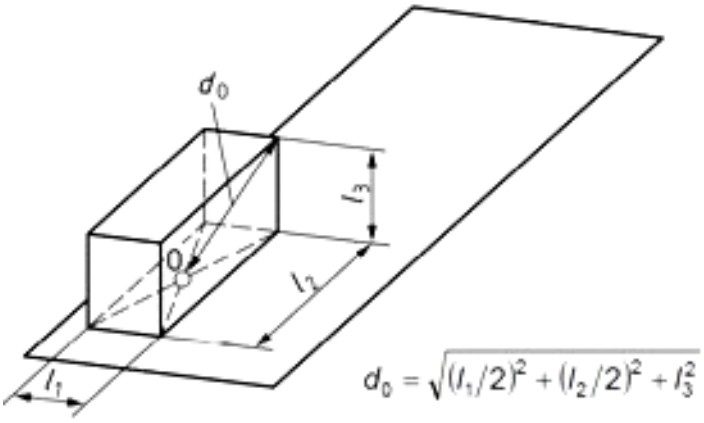
**Obr. 56 Měření a vyhodnocování hluku při výstupní kontrole nápravy z vozidla T 810**




**Obr. 57 Příklad předpisu pro umístění mikrofonů při měření hluku vozidla za jízdy**

# Měření intenzity hluku

*Více viz učebnice pro žáky…*




**Obr. 58 Referenční obalová plocha na jedné odrazové rovině**

## 6.2.2 Určení expozice hluku

Jak již bylo uvedeno, je zřejmé, že zvuk může mít na člověka nežádoucí účinky. Zvuk, který vyvolá nepříjemný, nebo rušivý vjem na lidský sluchový orgán, nazýváme hluk.

*Více viz učebnice pro žáky…*

**Obr. 59 Profesionální hlukoměr Brüel & Kjær typ 2231**

# Měření intenzity hluku

**Obr. 60 Měření hlukové expozice na pracovišti**

| pracoviště | hluk | přípustná hodnota hladiny akustického tlaku |
|---|---|---|
| obecně | ustálený a proměnný | LAeq, 8h = 85 dB |
| | impulsní | LAeq, 8h = 85 dB<br>LCpeak = 140dB |
| | vysokofrekvenční<br>f ≥ 8 kHz. | Lteq,8h = 75 dB |
| | ultrazvuk | Lteq,8h = 105 dB |
| | nízkofrekvenční a infrazvuk | LGeq,8h = 116 dB |
| s vyššími nároky na pozornost a soustředění * | ustálený a proměnný | LAeq, 8h = 50 dB |
| výroba a skladování (mimo*) | ustálený a proměnný způsobený větráním či vytápěním | LAeq, 8h = 70 dB |

**Tabulka 12 Orientační hodnoty hygienických limitů expozice hluku**

*Více viz učebnice pro žáky…*

# 7 Úkol pro měření teploty

**Zadání:** Pomocí přidělených teploměrů změřte teplotní charakteristiku čidla teploty chladicí kapaliny ze spalovacího motoru osobního automobilu. Změřené hodnoty zaneste do tabulky a vypracujte graf závislosti změny odporu čidla na teplotě. Teplotu měřte pomocí dvou různých teploměrů, přičemž minimálně jeden musí být skleněný tyčinkový.

**Nutné pomůcky:**
- skleněná kádinka s objemem min 0,5 l
- elektrický vařič s odporovou topnou spirálou (nebo vhodný ekvivalent)
- izolační podložka pod kádinku
- držák skleněného teploměru a přívodních vodičů čidla
- čidlo teploty chladicí kapaliny ze spalovacího motoru
- teploměr s termočlánkem
- skleněný tyčinkový teploměr s rozsahem min 100 ˚C
- přístroj pro měření aktuální hodnoty odporu teplotního čidla (vhodný digitální multimetr)
- schéma zapojení zkoušeného teplotního čidla (vhodná dílenská příručka daného automobilu)
- propojovací vodiče s odpovídajícími konektory
- tabulka pro zápis naměřených hodnot (dle vzoru)

**Postup měření:**
- připravit výše uvedené pomůcky,
- na číslo teploty připojit 2 přívodní vodiče a jejich druhé konce zapojit do přístroje pro zobrazení aktuálního odporu čidla,
- nastavit odpovídající měřící rozsah,
- do kádinky s vodou nalít min 0,5 l studené vody,
- na plotýnku vařiče položit izolační podložku a kádinku s vodou,
- do vody zasunout skleněný teploměr upnutý v držáku, termočlánek a měřené čidlo tak, aby připojovací konektory zůstaly nad hladinou. Vodiče zafixovat na stojanu tak, aby nedošlo k jejich tepelnému poškození od tepelného zdroje.
- počkat na ustálení teploty na skleněném teploměru a zobrazovací jednotce termočlánku, ustálenou teplotu považovat za výchozí hodnotu měření.

# Úkol pro měření teploty

Naměřenou teplotu a jí odpovídající odpor čidla zanést do prvního řádku připravené tabulky.

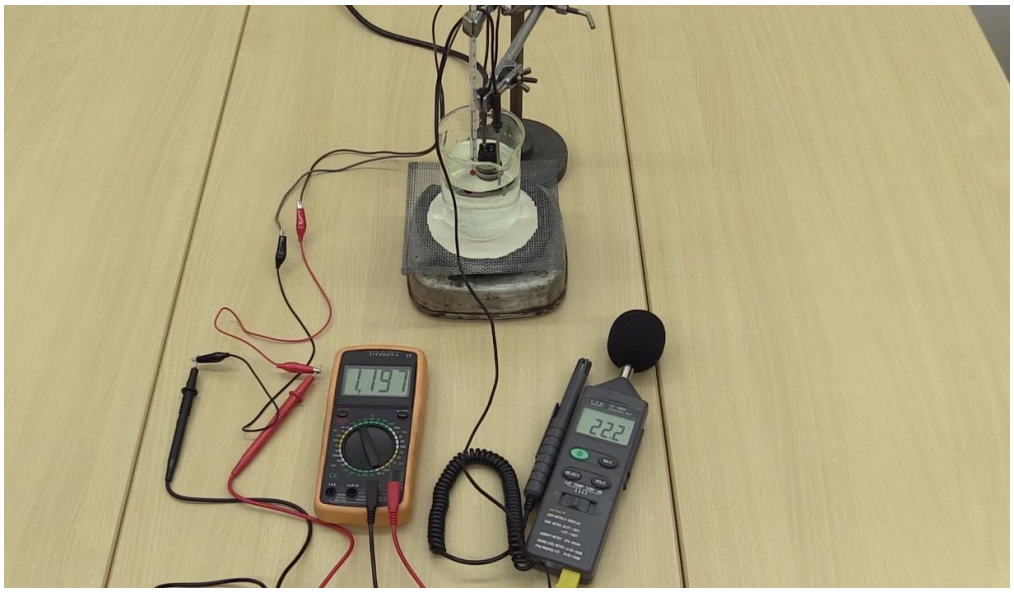
- zapnout vařič a provádět měření – pří vzrůstu teploty o 5˚C provést odečet aktuálního odporu a hodnoty zanést do tabulky
- POZOR – teplotu je nutno odečítat dle jednoho měřidla – nelze odečíst jednu hodnotu ze skleněného teploměru a další z termočlánku.
- tabulka bude vyplněna po dosažení cca 98˚C.
- z naměřených hodnot vykreslit graf závislosti odporu čidla na teplotě kapaliny (viz vzor).

**Vzor tabulky naměřených hodnot:**

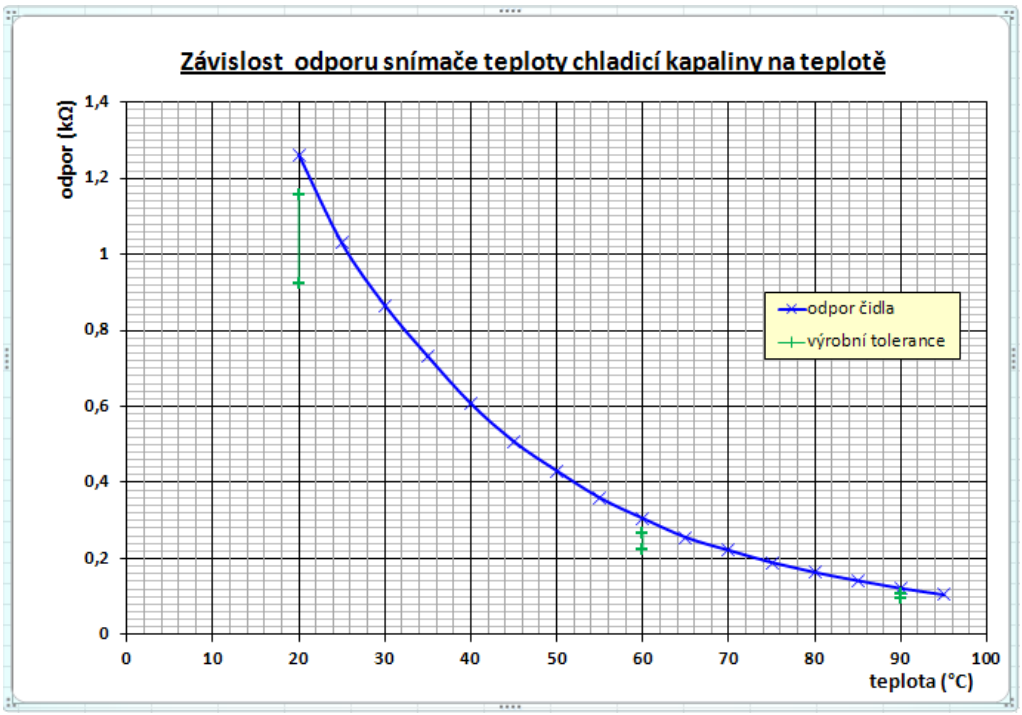
| Číslo odečtu | Aktuální teplota [˚C] Skleněný teploměr | Aktuální teplota [˚C] Elektrický termočlánek | Odpor čidla [kΩ] |
|---|---|---|---|
| 1 | | | |
| 2 | 10 | | |
| 3 | 15 | | |
| 4 | 20 | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| 7 | | | |
| 8 | | | |
| 9 | | | |
| 10 | | | |
| | | | |
| | | | |
| 18 | 90 | | |
| 19 | 95 | | |
| 20 | (100) | | |

# Úkol pro měření teploty

**Ilustrační obrázek pracoviště:**



**Vzor naměřené závislosti pro čidlo Škody Felicia 1,3 MPI:**




**Doprovodné video:** 2_4_4_Charekteristika_snimace_teploty.mp4

# 8 Úkol pro měření intenzity osvětlení

**Zadání:** Pomocí přidělených pomůcek zjistěte a vykreslete průběh izolux (čáry stejné intenzity osvětlení) pro vybraný zdroj světla.

Pozn.: Je vhodné použít stolní lampu na stojanu se závitem E27 s klasickou žárovkou a pro srovnání poté vyměnit zdroj světla za jiný a porovnat výsledky.

**Nutné pomůcky:**
- stolní lampa se zdrojem světla,
- měřidlo intenzity osvětlení (např. CEM HC-DT-8820),
- souřadnicová síť o velikosti polí 10 x 10 cm (nejlépe vykreslená na papíře),
- pomůcky pro umístění zdroje světla nad souřadnicovou síť (např. olovnice, pravítko, úhelník, atd.),
- tabulka pro zápis naměřených hodnot (dle vzoru).

Pozn.: Měření je vhodné provádět bez ovlivnění sestavy okolním světlem (např. zatemněná místnost). Pro srovnání lze stejné měření provést i při ovlivnění okolním světlem.

**Postup měření:**
- připravit výše uvedené pomůcky,
- na připravený papír vykreslit souřadnicovou síť 10 x 10 cm a jednotlivé čáry označit následovně: svislé A – K, vodorovné 1 – 11,
- lampa bude ustavena na pozicích 6A – 6D, optický střed zdroje světla je nad průsečíkem 6E
- nastavit odpovídající měřící rozsah intenzity osvětlení na přístroji,
- zapnout zdroj světla,
- zatemnit,
- měřidlo (snímač měřidla) přikládat na jednotlivé průsečíky vodorovných a svislých os a odečítat naměřené hodnoty intenzity. Hodnoty zapisovat do tabulky.
- z naměřených hodnot vykreslit graf intenzit osvětlení (viz vzor).

# Úkol pro měření intenzity osvětlení

**Vzor tabulky naměřených hodnot:**

**Tabulka naměřených hodnot osvětlení (lux) v jednotlivých bodech souřadné sítě**

| souřadnice | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | | | | | | stojan lampy | | | | | |
| B | | | | | | | | | | | |
| C | | | | | | | | | | | |
| D | | | | | | | | | | | |
| E | | | | | | | | | | | |
| F | | | | | | | | | | | |
| G | | | | | | | | | | | |
| H | | | | | | | | | | | |
| I | | | | | | | | | | | |
| J | | | | | | | | | | | |
| K | | | | | | | | | | | |

**Vzor vyplněné tabulky naměřených hodnot barevným vyjádřením velikosti intenzity osvětlení:**

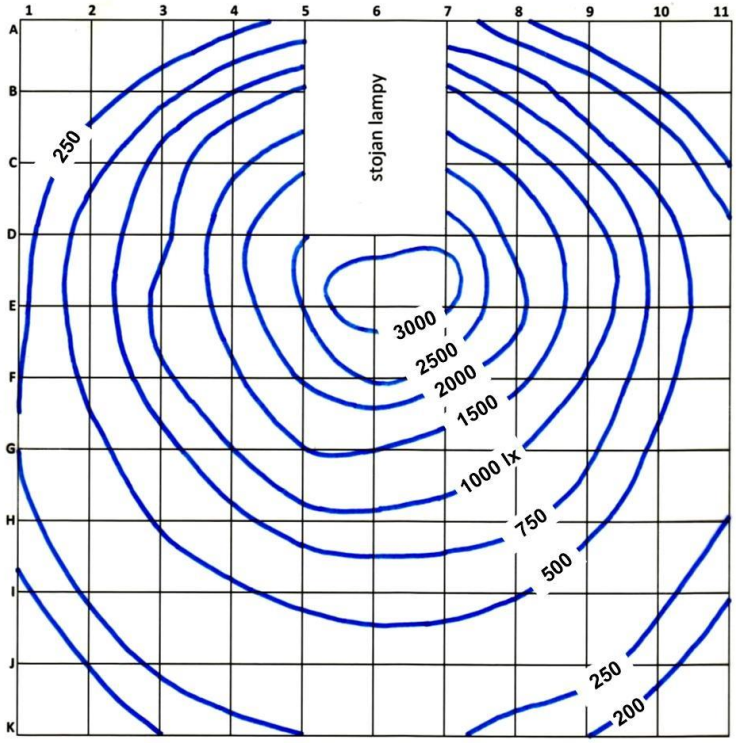
| souřadnice | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 40 | 50 | 110 | 200 | 280 | stojan lampy | 300 | 210 | 110 | 50 | 30 |
| B | 80 | 180 | 360 | 700 | 1000 | | 1030 | 740 | 340 | 200 | 70 |
| C | 190 | 380 | 810 | 1390 | 1820 | | 1980 | 1400 | 780 | 440 | 180 |
| D | 210 | 520 | 950 | 1650 | 2660 | | 2820 | 1940 | 1150 | 610 | 350 |
| E | 330 | 580 | 1040 | 1760 | 2490 | 3300 | 3050 | 2110 | 1300 | 640 | 360 |
| F | 280 | 490 | 850 | 1360 | 2030 | 2620 | 2150 | 1680 | 1000 | 560 | 340 |
| G | 250 | 420 | 660 | 1050 | 1500 | 1500 | 1360 | 1080 | 770 | 480 | 300 |
| H | 240 | 340 | 510 | 720 | 900 | 970 | 790 | 770 | 560 | 370 | 250 |
| I | 190 | 270 | 370 | 470 | 560 | 600 | 580 | 510 | 350 | 280 | 210 |
| J | 150 | 200 | 270 | 330 | 370 | 390 | 390 | 270 | 280 | 220 | 160 |
| K | 110 | 160 | 200 | 220 | 250 | 270 | 260 | 180 | 200 | 170 | 140 |

**Doprovodné video:** 2_4_1_Osvětlení.mp4

# Úkol pro měření intenzity osvětlení

**Ilustrační obrázek pracoviště:**

**Graf naměřené intenzity osvětlení pro stolní lampu:**




**Průběh izolux (čar stejné intenzity osvětlení )**

# 9 Úkol pro měření vysokých teplot

**Zadání:** Pomocí přiděleného pyrometru ověřte dosažení požadované kalící teploty u vhodného kovového vzorku.

**Nutné pomůcky:**
- pyrometr s měřícím rozsahem min 200 – 1 200 °C,
- vhodný vzorek pro zakalení,
- tepelný zdroj pro dosažení požadované kalící teploty (kovářská výheň, muflová pec, apod.),
- odpovídající pomůcky pro zajištění bezpečnosti práce (kovářské kleště, kožené zástěry, brýle, atd.),
- kalící prostředí (nádoba s vodou, olejem),
- materiálový list použité oceli u vzorku,
- škála pro hrubé stanovení povrchové teploty oceli dle její barvy (viz obr.),
- drátěný kartáč pro odstranění okují.

**Postup měření:**
- připravit výše uvedené pomůcky,
- dle materiálového listu použité oceli pro kalení vyhledat požadovanou kalící tepotu a dobu výdrže,
- roztopit kovářskou výheň, popř. zapnout muflovou pec a nastavit na termočlánku požadovanou teplotu,
- počkat na dosažení požadovaných teplot v peci nebo roztopení kovářské výhně (určení a dosažení požadované teploty je v kovářské výhni obtížnější z důvodu nemožnosti přesné regulace),
- vložit vzorek do pece nebo výhně,
- počkat na prohřátí,
- pomocí kovářských kleští vzorek vyjmout a okamžitě s pomocí pyrometru změřit dosaženou povrchovou tepotu vzorku a porovnat ji s požadovanou,
- vzorek zakalit v požadovaném prostředí.

Pozn.: Pomocí pyrometru nelze jednoduše měřit teplotu plamene v kovářské výhni, ale lze měřit teplotu v muflové peci.

# Úkol pro měření vysokých teplot

**Ilustrační obrázek pracoviště:**

**Vyhledání požadovaných teplot pro vzorek, např. pro ocel 12 050:**

| ČSN 41 2050 | Uhlíková ocel k zušlechťování | OCEL |
|---|---|---|
| STN 41 2050 | a povrchovému kalení | 12 050 |

**Chemické složení [hm. %]**

| C | Mn | Si | Cr | Ni | Cu | P | S |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0,42–0,50 | 0,50–0,80 | 0,17–0,37 | max 0,25 | max 0,30 | max 0,30 | max 0,040 | max 0,040 |

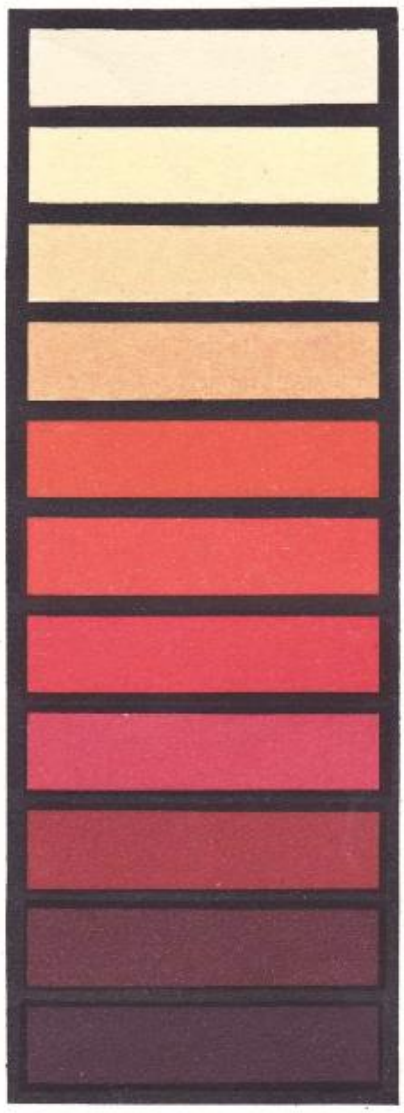
**Technologické údaje**

TEPELNÉ ZPRACOVÁNÍ

| | | | |
|---|---|---|---|
| normalizační žíhání | 840–870 °C | ochlazovat na vzduchu | |
| žíhání na měkko | 680–720 °C | ochlazovat v peci | |
| kalení | 830–860 °C | ochlazovat v oleji | |
| | 800–830 °C | ochlazovat ve vodě | |
| popouštění | 530–670 °C | ochlazovat na vzduchu | |
| teploty přeměn | $A_{C1}$ ~ 725 °C | $A_{C3}$ ~ 785 °C | $M_S$ ~ 310 °C |
| povrchová tvrdost po povrchovém kalení | | ∅ ≤ 40 mm | 58 ± 3 HRC |
| | | ∅ 41–100 mm | 55 ± 3 HRC |
| optimální průměr pro zušlechtění | 21 mm (voda) | | |
| | 10 mm (olej) | | |

# Úkol pro měření vysokých teplot

**Vzorová barevná škála pro hrubé určení teploty polotovaru:**



| Teplota v °C | Označenie |
|---|---|
| 1250 ÷ 1320 | Biele |
| 1150 ÷ 1250 | Svetložlté |
| 1050 ÷ 1150 | Tmavožlté |
| 880 ÷ 1050 | Žltočervené |
| 830 ÷ 880 | Svetločervené |
| 800 ÷ 830 | Svetločerešňovočervené |
| 780 ÷ 800 | Čerešňovočervené |
| 750 ÷ 780 | Tmavočerešňovočervené |
| 650 ÷ 750 | Tmavočervené |
| 580 ÷ 650 | Červenohnedé |
| 520 ÷ 580 | Čiernohnedé |

Pozn: Dle použitého typu pyrometru je nutno nastavit pomocí návodu k obsluze přístroj pro měření.

**Doprovodné video:** 2_4_3_kalici_teplota.mp4

## 10 Úkol pro měření relativní vlhkosti vzduchu

**Zadání:** Pomocí přidělených pomůcek zjistěte relativní vlhkost vzduchu v daném místě. Měření proveďte pomocí několika různých měřících přístrojů založených na různých principech.

**Nutné pomůcky:**
- vhodné měřidlo relativní vlhkosti – např. CEM HC-DT-8820,
- druhé měřidlo relativní vlhkosti, např. Testo 610,
- třetí měřidlo např. stojánkový psychrometr,
- kádinku s vodou do psychrometru,
- vhodnou psychrometrickou tabulku např. pro teploty od 18,0 do 25,0 °C,

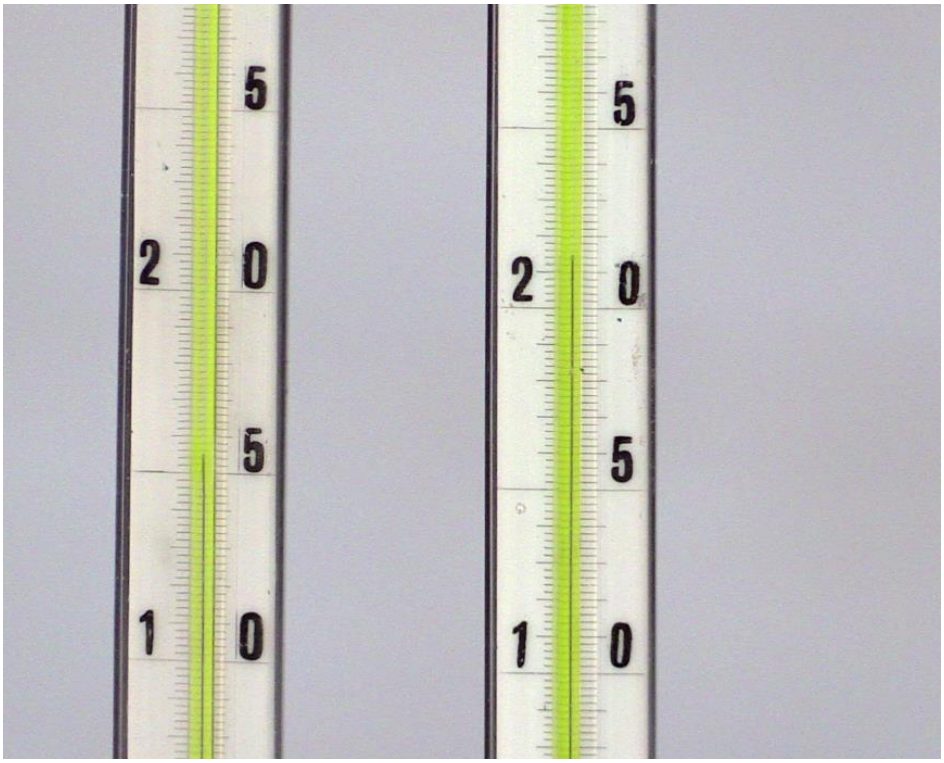
**Postup měření:**
- připravit výše uvedené pomůcky,
- přístroje uvést do provozního stavu – elektronické pouze zapnout a dále postupovat dle návodu k obsluze,
- psychrometr naplnit vodou (mokrý teploměr) – musí být smočena „punčoška“, čas nutný k ustálení přístroje je min 30 min,
- po ustálení odečíst na suchém a mokrém teploměru naměřené teploty a tyto si poznamenat,
- na elektronických vlhkoměrech odečíst aktuální okolní teplotu a přímo hodnotu relativní vlhkosti,
- pomocí psychrometrické tabulky vyhodnotit relativní vlhkost vzduchu (nutno vypočítat rozdíl hodnot suchého a mokrého teploměru, tuto hodnotu vyhledat v tabulce na horním řádku a v levém sloupečku hodnotu, jež ukazuje suchý teploměr. Průsečík obou hodnot pak udává relativní vlhkost vzduchu – viz obr.)

Pozn.: Měření získané z elektronických zařízení mohou být ovlivněny také tělesnou teplotou a vlhkostí lidského těla. Je vhodné na ně během měření nesahat a odečítat bez manipulace s nimi. Pozor – i lidský dech na číslo ovlivňuje zobrazovaný výsledek.

# Úkol pro měření relativní vlhkosti vzduchu

**Ilustrační obrázek pracoviště:** (pro názornost měřidlo ručně přizvednuto)

**Detail mokrého (vlevo) a suchého (vpravo) teploměru na psychrometru:**



# Úkol pro měření relativní vlhkosti vzduchu

**Příklad práce s psychrometrickou tabulkou:**

| $t$ | Rozdíl teplot $t$ - $t_m$ [°C] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| [°C] | 0,0 | 0,2 | 0,4 | 1,0 | 1,4 | 2,0 | 2,4 | 3,0 | 3,4 | 4,0 | 4,4 | 5,0 | 5,4 | 6,0 | 6,4 | 7,0 | 7,4 | 8,0 | 8,4 | 9,0 | 9,4 | 10,0 |
| 18,0 | 100 | 98 | 96 | 91 | 87 | 82 | 78 | 73 | 70 | 65 | 61 | 56 | 53 | 49 | 46 | 41 | 38 | 34 | 31 | 27 | 24 | 20 |
| 18,2 | 100 | 98 | 96 | 91 | 87 | 82 | 78 | 73 | 70 | 65 | 61 | 57 | 54 | 49 | 46 | 41 | 38 | 34 | 31 | 27 | 24 | 20 |
| 18,4 | 100 | 98 | 96 | 91 | 87 | 82 | 79 | 73 | 70 | 65 | 62 | 57 | 54 | 49 | 46 | 42 | 39 | 34 | 32 | 27 | 25 | 21 |
| 18,6 | 100 | 98 | 96 | 91 | 87 | 82 | 79 | 73 | 70 | 65 | 62 | 57 | 54 | 49 | 46 | 42 | 39 | 35 | 32 | 28 | 25 | 21 |
| 18,8 | 100 | 98 | 96 | 91 | 87 | 82 | 79 | 74 | 70 | 65 | 62 | 57 | 54 | 50 | 47 | 42 | 39 | 35 | 32 | 28 | 25 | 21 |
| 19,0 | 100 | 98 | 96 | 91 | 87 | 82 | 79 | 74 | 70 | 66 | 62 | 58 | 55 | 50 | 47 | 43 | 40 | 36 | 33 | 29 | 26 | 22 |
| 19,2 | 100 | 98 | 96 | 91 | 87 | 82 | 79 | 74 | 71 | 66 | 63 | 58 | 55 | 50 | 47 | 43 | 40 | 36 | 33 | 29 | 26 | 22 |
| 19,4 | 100 | 98 | 96 | 91 | 87 | 82 | 79 | 74 | 71 | 66 | 63 | 58 | 55 | 51 | 48 | 43 | 40 | 36 | 33 | 29 | 27 | 23 |
| 19,6 | 100 | 98 | 96 | 91 | 88 | 82 | 79 | 74 | 71 | 66 | 63 | 58 | 55 | 51 | 48 | 44 | 41 | 37 | 34 | 30 | 27 | 23 |
| 19,8 | 100 | 98 | 96 | 91 | 88 | 83 | 79 | 74 | 71 | 66 | 63 | 59 | 56 | 51 | 48 | 44 | 41 | 37 | 34 | 30 | 28 | 24 |
| 20,0 | 100 | 98 | 96 | 91 | 88 | 83 | 79 | 74 | 71 | 66 | 63 | 59 | 56 | 51 | 48 | 44 | 41 | 37 | 35 | 30 | 28 | 24 |
| 20,2 | 100 | 98 | 97 | 91 | 88 | 83 | 79 | 75 | 71 | 67 | 64 | 59 | 56 | 52 | 49 | 44 | 42 | 38 | 35 | 31 | 28 | 24 |
| 20,4 | 100 | 98 | 96 | 91 | 88 | 83 | 80 | 75 | 71 | 67 | 64 | 59 | 56 | 52 | 49 | 45 | 42 | 38 | 35 | 31 | 29 | 25 |
| 20,6 | 100 | 98 | 96 | 91 | 88 | 83 | 80 | 75 | 72 | 67 | 64 | 59 | 56 | 52 | 49 | 45 | 42 | 38 | 36 | 32 | 29 | 25 |
| 20,8 | 100 | 98 | 97 | 91 | 88 | 83 | 80 | 75 | 72 | 67 | 64 | 60 | [illegible] | [illegible] | 50 | 45 | 43 | 39 | 36 | 32 | 29 | 26 |
| 21,0 | 100 | 98 | 97 | 91 | 88 | 83 | 80 | 75 | 72 | 67 | 64 | 60 | 57 | 53 | 50 | 46 | 43 | 39 | 36 | 32 | 30 | 26 |
| 21,2 | 100 | 98 | 97 | 92 | 88 | 83 | 80 | 75 | 72 | 67 | 64 | 60 | [illegible] | 53 | 50 | 46 | 43 | 39 | 37 | 33 | 30 | 26 |
| 21,4 | 100 | 98 | 97 | 91 | 88 | 83 | 80 | 75 | 72 | 68 | [illegible] | [illegible] | 57 | [illegible] | 50 | 46 | 43 | 39 | 37 | 33 | 30 | 27 |
| 21,6 | 100 | 98 | 97 | 92 | 88 | 83 | 80 | 75 | 72 | 68 | [illegible] | [illegible] | [illegible] | [illegible] | 50 | 46 | 44 | 40 | 37 | 33 | 31 | 27 |
| 21,8 | 100 | 98 | 97 | 92 | 88 | 83 | 80 | 76 | 72 | 68 | 65 | 61 | 58 | 54 | 51 | 47 | 44 | 40 | 37 | 34 | 31 | 28 |
| 22,0 | 100 | 98 | 97 | 92 | 88 | 84 | 80 | 76 | 73 | 68 | 65 | 61 | 58 | 54 | 51 | 47 | 44 | 40 | 38 | 34 | 32 | 28 |
| 22,2 | 100 | 98 | 97 | 92 | 88 | 83 | 80 | 76 | 73 | 68 | 65 | 61 | 58 | 54 | 51 | 47 | 45 | 41 | 38 | 34 | 32 | 28 |
| 22,4 | 100 | 98 | 97 | 92 | 88 | 84 | 80 | 76 | 73 | 68 | 65 | 61 | 58 | 54 | 51 | 47 | 45 | 41 | 38 | 35 | 32 | 29 |
| 22,6 | 100 | 98 | 97 | 92 | 88 | 84 | 80 | 76 | 73 | 69 | 66 | 61 | 59 | 54 | 52 | 48 | 45 | 41 | 39 | 35 | 33 | 29 |
| 22,8 | 100 | 98 | 97 | 92 | 88 | 84 | 81 | 76 | 73 | 69 | 66 | 62 | 59 | 55 | 52 | 48 | 45 | 42 | 39 | 35 | 33 | 29 |
| 23,0 | 100 | 98 | 97 | 92 | 88 | 84 | 81 | 76 | 73 | 69 | 66 | 62 | 59 | 55 | 52 | 48 | 46 | 42 | 39 | 36 | 33 | 30 |
| 23,2 | 100 | 98 | 97 | 92 | 89 | 84 | 80 | 76 | 73 | 69 | 66 | 62 | 59 | 55 | 52 | 48 | 46 | 42 | 40 | 36 | 33 | 30 |
| 23,4 | 100 | 98 | 97 | 92 | 89 | 84 | 81 | 76 | 73 | 69 | 66 | 62 | 59 | 55 | 53 | 49 | 46 | 42 | 40 | 36 | 34 | 30 |
| 23,6 | 100 | 98 | 97 | 92 | 89 | 84 | 81 | 76 | 74 | 69 | 66 | 62 | 59 | 55 | 53 | 49 | 46 | 43 | 40 | 37 | 34 | 31 |
| 23,8 | 100 | 98 | 97 | 92 | 89 | 84 | 81 | 77 | 74 | 69 | 67 | 62 | 60 | 56 | 53 | 49 | 47 | 43 | 40 | 37 | 34 | 31 |
| 24,0 | 100 | 98 | 97 | 92 | 89 | 84 | 81 | 77 | 74 | 70 | 67 | 63 | 60 | 56 | 53 | 49 | 47 | 43 | 41 | 37 | 35 | 31 |
| 24,2 | 100 | 98 | 97 | 92 | 89 | 84 | 81 | 77 | 74 | 70 | 67 | 63 | 60 | 56 | 53 | 49 | 47 | 43 | 41 | 37 | 35 | 31 |
| 24,4 | 100 | 98 | 97 | 92 | 89 | 84 | 81 | 77 | 74 | 69 | 67 | 63 | 60 | 56 | 53 | 50 | 47 | 44 | 41 | 37 | 35 | 32 |
| 24,6 | 100 | 98 | 97 | 92 | 89 | 84 | 81 | 77 | 74 | 70 | 67 | 63 | 60 | 56 | 54 | 50 | 47 | 44 | 41 | 38 | 36 | 32 |
| 24,8 | 100 | 98 | 97 | 92 | 89 | 84 | 81 | 77 | 74 | 70 | 67 | 63 | 60 | 56 | 54 | 50 | 48 | 44 | 41 | 38 | 36 | 32 |
| 25,0 | 100 | 98 | 97 | 92 | 89 | 84 | 81 | 77 | 74 | 70 | 67 | 63 | 61 | 57 | 54 | 50 | 48 | 44 | 42 | 38 | 36 | 33 |

**Doprovodné video:** 2_4_5_vlhkost_vzduchu.mp4

## 11 Úkol pro měření hluku motoru automobilu

**Zadání:** Pomocí přidělených pomůcek zjistěte absolutní hluk motorového vozidla při zvolených režimech práce spalovacího motoru (volnoběh, 2 000 $min^{-1}$, 3 000 $min^{-1}$). Měření proveďte v předem zvolených místech vně vozidla (viz Obr.) a uvnitř vozidla. V prostoru předních sedadel. Pro zajímavost proveďte měření také u stojícího vozidla s otevřeným víkem motorového prostoru.

Pozn.: Měření je vhodné provádět v otevřeném prostoru bez možnosti ovlivněné měření odrazem zvukových vln od okolních předmětů. Z důvodu nedostupnosti takového prostředí bylo demonstrační měření provedeno v prostorách školní dílny. Výsledek byl tímto ovlivněn. Měření nelze provádět v reálném provozu, z důvodu rušivých zvuků okolního prostředí.

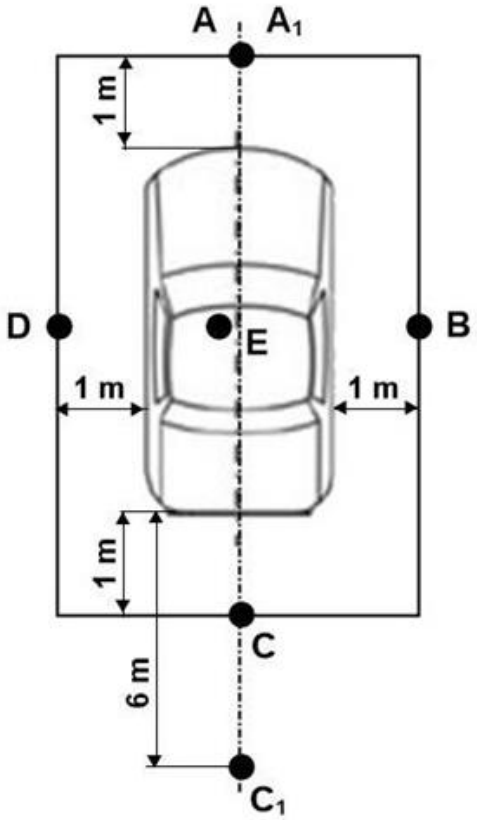
Měření lze provést i na jiných strojních zařízeních (soustruhy, frézky, brusky, atd.) s adekvátní úpravou podmínek měření.

**Nutné pomůcky:**
- vhodné měřidlo k měření hluku – např. CEM HC-DT-8820,
- stativ pro upevnění měřidla,
- svinovací metr, křída pro označení polohy mikrofonu,
- tabulka pro záznam naměřených hodnot (dle vzoru),

**Postup měření:**
- připravit výše uvedené pomůcky,
- přístroje uvést do provozního stavu – postupovat dle návodu k obsluze konkrétního měřidla,
- vozidlo postavit do vhodného prostoru a vyznačit kolem něj místa měření,
- pomocník uvádí motor vozidla do požadovaných režimů a druhý pracovník zaznamenává hodnoty hluku v předem vyznačených místech,
- vyhodnotit zjištěné výsledky a zpracovat zprávu o měření.

# Úkol pro měření hluku motoru automobilu

**Schéma rozmístění mikrofonu:**




**Vzor tabulky naměřených hodnot:**

**Tabulka naměřených hodnot hladin hluku (dB)**

| poloha / režim | A | $A_1$ | B | C | $C_1$ | D | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pozadí | | | | | | | |
| volnoběh | | | | | | | |
| 2000 ot/min | | | | | | | |
| 3000 ot/min | | | | | | | |

# Úkol pro měření hluku motoru automobilu

**Ustavení měřidla do požadované pozice (1 m nad zemí):**

**Vzorová tabulka naměřených hodnot:**

**Tabulka naměřených hodnot hladin hluku (dB)**

| poloha / režim | A | $A_1$ | B | C | $C_1$ | D | E |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| pozadí | 41,2 | 40,9 | 40,6 | 39,9 | | 44,8 | 39,5 |
| volnoběh | 53,0 | 56,4 | 52,9 | 56,8 | 45,6 | 57,3 | 44,2 |
| 2000 ot/min | 66,9 | 69,5 | 65,6 | 62,8 | 58,6 | 62,0 | 59,0 |
| 3000 ot/min | 74,3 | 78,3 | 72,4 | 69,6 | 66,2 | 70,6 | 68,5 |

**Doprovodné video:** 2_4_2_hluk_motoru_automobilu.mp4

# Seznam obrázků

## Seznam obrázků

Obr. 1 Znázornění jednotky rovinného úhlu ..... 8
Obr. 2 Znázornění pojmu "prostorový úhel" (http://cs.wikipedia.org/wiki/Prostorový úhel) ..... 9
Obr. 3 Znázornění různých označení tlaku ..... 11
Obr. 4 Schéma a charakteristika pístového manometru ..... 13
Obr. 5 Princip zvonového manometru ..... 13
Obr. 6 Schéma a pohled na U manometr ..... 14
Obr. 7 Nádobkový manometr - barometr ..... 15
Obr. 8 Nádobkový manometr ..... 15
Obr. 9 Princip mikromanometru ..... 15
Obr. 10 Mikromanometr ..... 16
Obr. 11 Schéma a pohled zezadu na demontovaný trubicový manometr [1] ..... 17
Obr. 12 Schéma membránového tlakoměru [1] ..... 17
Obr. 13 Schémata krabicových tlakoměrů - s jednou krabicí (A) a se třemi krabicemi (B) [1] ..... 18
Obr. 14 Schémata vlnovcových tlakoměrů ..... 18
Obr. 15 Vliv tvaru a umístění tlakové sondy [1] ..... 19
Obr. 16 Detail sondy Prandtlovy trubice ..... 19
Obr. 17 Schéma Prandtlovy trubice ..... 19
Obr. 18 Porovnání teplotních stupnic ..... 20
Obr. 19 Časová konstanta teploměru ..... 21
Obr. 20 Orientační rozsahy měření základních typů teploměrů ..... 22
Obr. 21 Obalový teploměr ..... 23
Obr. 22 Tyčinkový teploměr ..... 23
Obr. 23 Teploměry s potlačenou stupnicí [1] ..... 23
Obr. 24 Sixův maximo - minimální teploměr [1] ..... 24
Obr. 25 Princip funkce tyčového teploměru [1] ..... 25
Obr. 26 Tvary pásků bimetalických teploměrů [1] ..... 25
Obr. 27 Princip tlakového teploměru [1] ..... 26
Obr. 28 Možné provedení odporového čidla Pt 100 ..... 27
Obr. 29 Příklad zapojení můstku pro měření odporu odporového teploměru ..... 27
Obr. 30 Schéma zapojení termočlánku ..... 28
Obr. 31 Možnosti vodivého spojení termočlánkových drátů - pájení, svaření, zkroucení a trubičkové spojení [1] ..... 28
Obr. 32 Termočlánková čidla ..... 28
Obr. 33 Provozní termočlánkové měřidlo ..... 28
Obr. 34 Segerovy jehlany [1] ..... 29
Obr. 35 Schéma jasového pyrometru ..... 30
Obr. 36 Schéma jiného jasového pyrometru ..... 30
Obr. 37 Princip termoelektrického pyrometru ..... 31

# Seznam obrázků

Obr. 38 Pyrometr DIT - 500 ..... 31
Obr. 39 Příklady použití termovize (http://www.termovize.com/prumyslove-objekty-termosnimky) ..... 32
Obr. 40 Měřidlo relativní vlhkosti a teploty vzduchu Testo 610 ..... 33
Obr. 41 Psychrometr ..... 35
Obr 42 Vlasový vlhkoměr (http://cs.wikipedia.org/wiki/Vlhkoměr) ..... 36
Obr. 43 Spektrální citlivost oka (http://cs.wikipedia.org/wiki/Světlo) ..... 38
Obr. 44 Znázornění pojmu "prostorový úhel" (http://cs.wikipedia.org/wiki/Prostorový úhel) ..... 38
Obr. 45. Diagram svítivosti ..... 39
Obr. 46 Znázornění pojmu osvětlení (http://palobastl.sweb.cz/svetlo/svetlo.html#Intenzita_osvetleni) ..... 39
Obr. 47 Přesný laboratorní luxmetr PRC Krochmann Radiolux 111 (http://www.hellopro.fr/images/produit-2/6/7/7/luxmetres-luminancemtres-radiolux-111-2542776.jpg) ..... 40
Obr. 48 Univerzální měřidlo DT 8820 s čidlem pro měření osvětlení ..... 40
Obr. 49 Příklad rozložení kontrolních bodů ..... 41
Obr. 50 Závislost mezi vlnovou délkou a frekvencí [10] ..... 43
Obr. 51 Srovnání hodnot akustického tlaku (Pa) a hladin akustického tlaku (dB) [11] ..... 44
Obr. 52 Vztah mezi hladinami akustického výkonu a akustického tlaku ..... 45
Obr. 53 Sluchové pole [12] ..... 45
Obr. 54 Vnímání hlasitosti zvuku v závislosti na frekvenci [10] ..... 46
Obr. 55 Průběhy váhových korekcí filtrů A, B a C [10] ..... 46
Obr. 56 Měření a vyhodnocování hluku při výstupní kontrole nápravy z vozidla T 810 ..... 47
Obr. 57 Příklad předpisu pro umístění mikrofonů při měření hluku vozidla za jízdy ..... 47
Obr. 58 Referenční obalová plocha na jedné odrazové rovině ..... 48
Obr. 59 Profesionální hlukoměr Brüel & Kjær typ 2231 ..... 48
Obr. 60 Měření hlukové expozice na pracovišti ..... 49

## Seznam tabulek

Tabulka 1 Základní jednotky SI ..... 7
Tabulka 2 Doplňkové jednotky ..... 8
Tabulka 3 Některé odvozené jednotky ..... 9
Tabulka 4 Přehled předpon pro násobné a dílčí jednotky ..... 10
Tabulka 5 Pevné definiční body teplotní stupnice ITS-90 [9] ..... 20
Tabulka 6 Teplotní roztažnost některých materiálů ..... 24
Tabulka 7 Maximální absolutní vlhkost vzduchu v závislosti na teplotě ..... 35
Tabulka 8 Psychrometrická tabulka pro určení relativní vlhkosti vzduchu ..... 36
Tabulka 9 Příklady požadovaných hodnot osvětlení pro školní prostory ..... 41
Tabulka 10 Orientační hodnoty rychlosti šíření zvuku v prostředí ..... 43
Tabulka 11 Sčítání nestejných hladin hlasitosti hluku (http://www.acoustiproducts.com/en/quiet_pcs_noise.asp) ..... 45
Tabulka 12 Orientační hodnoty hygienických limitů expozice hluku ..... 49

## Seznam podkladů, literatury a norem

[1] VYSLOUŽIL, Zdeněk a Jaroslav ZELKO. *Meranie v strojárstve.* Bratislava: SVTL, 1962.
[2] KAPLER, Ivan. *Míry, jednotky, veličiny*. Ostrava: Repronis, 2000. ISBN 80-861-2243-3.
[3] JENČÍK, Josef. *Technická měření ve strojnictví*. Praha: SNTL, 1982.
[4] JENČÍK, Josef a Jaromír VOLF. *Technická měření*. Praha: ČVUT, 2000.
[5] NOVÝ, R. *Hluk a chvění*. Praha: 1995. ISBN 80-010-1306-5.
[6] CHUDÝ, Vladimír. *Meranie technických veličín*. Bratislava: STU, 1999. ISBN 80-227-1275-2.
[7] SLÁDEK, Z., F. VDOLEČEK. *Technická měření*. Brno: VUT, 1992.
[8] ŠINDELÁŘ, V., F. KRUPKA. *Měření teploty*. Praha: Práce, 1955.
[9] BOROVIČKA, M. *Medzinárodná teplotná stupnica. 1990 (ITS 90)*. Příloha časopisu Československá standardizace, č. 7, 1990.
[10] KOLEKTIV AUTORŮ. *EVROPSKÝ TÝDEN 2005: NEBEZPEČNÝ HLUK*. Praha: VÚBP, 2005. ISBN 80-903604-8-3.
[11] http://www.audified.com/projekt/vavcjamu/page58/page69/files/screen-shot-2012-08-17-at-9.23.51.png
[12] http://www.greif.cz/download/its075-zaklady-akustiky-prirucka-pro-zacatecniky.pdf

ČSN ISO 5128:2002 Akustika – Měření vnitřního hluku motorových vozidel.
ČSN ISO 1996-1:2004 Akustika – Popis, měření a hodnocení hluku prostředí – Část 1: Základní veličiny a postupy pro hodnocení.
ČSN ISO 1996-2 :2009 Akustika - Popis, měření a posuzování hluku prostředí - Část 2: Určování hladin hluku prostředí.
ČSN EN ISO 3745 :2012 Akustika – Určování hladin akustického výkonu a hladin akustické energie zdrojů hluku pomocí akustického tlaku – Přesné metody pro bezodrazové a poloodrazové místnosti.
ČSN EN ISO 3744 :2011 Akustika – Určování hladin akustického výkonu a hladin akustické energie zdrojů hluku pomocí akustického tlaku – Technická metoda pro přibližně volné pole nad odrazivou rovinou.
ČSN EN ISO 9612 :2010 Akustika – Určení expozice hluku na pracovišti – Technická metoda.
ČSN EN ISO 3746 :2011 Akustika – Určování hladin akustického výkonu a hladin akustické energie zdrojů hluku pomocí akustického tlaku – Provozní metoda s měřicí obalovou plochou nad odrazivou rovinou.
ČSN ISO 6394 :2013 Stroje pro zemní práce - Určování hladiny emisního akustického tlaku na stanovišti obsluhy - Podmínky stacionární zkoušky.
ČSN ISO 6395 :2013 Stroje pro zemní práce - Určování hladiny akustického výkonu - Podmínky dynamické zkoušky.
ČSN ISO 6396 :2013 Stroje pro zemní práce - Určování hladiny emisního akustického tlaku na stanovišti obsluhy - Podmínky dynamické zkoušky.

# Seznam podkladů, literatury a norem


| | |
|---|---|
| ČSN ISO 7574-2 :1993 | Statistické metody pro určení a ověření stanovených hodnot emise hluku strojů a zařízení – Část 2: Metody pro jednotlivé stroje. |
| ČSN EN ISO 80000-8 :2008 | Veličiny a jednotky – Část 8: Akustika. |
| ČSN EN ISO 11201 :2010 | Akustika – Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními – Určování hladin emisního akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech v přibližně volném poli nad odrazivou rovinou se zanedbatelnými korekcemi na prostředí. |
| ČSN EN ISO 11202 :2010 | Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními – Určování hladin emisního akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech s použitím přibližných korekcí na prostředí. |
| ČSN EN ISO 11203 :2010 | Akustika - Hluk vyzařovaný stroji a zařízeními - Určování hladin emisního akustického tlaku na stanovišti obsluhy a dalších stanovených místech z hladin akustického výkonu. |
| ČSN ISO 11094 :1197 | Akustika – Zkušební předpis pro měření hluku šířeného vzduchem, vyzařovaného motorovými žacími stroji, žacími a zahradními traktory, profesionálními žacími stroji a žacími a zahradními traktory s příslušenstvím. |
| NV 272 – 2011 | Nařízení vlády o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací |
| NV 9 -2002 | Nařízení vlády, kterým se stanoví technické požadavky na výrobky z hlediska emisí hluku. |
| Zákon 258/2000 Sb. | Zákon o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů (se změnami 254/2001,…,333/2012 Sb.) |
| Předpis č. 51 EHK/OSN. | Jednotná ustanovení o schvalování motorových vozidel, která mají nejméně čtyři kola, z hlediska jejich emisí. Dodatek č. 50: Předpis č. 51, 2007. |