

2. KAPITOLA

METROLOGIE A ZKUŠEBNICTVÍ

Metrologie (metronomie) je vědní obor, který se věnuje stanovení velikosti různých technických a fyzikálních [veličin](#) a jejich [měřením](#). Míry jsou obvykle definovány [etalonem](#) (normálem) nebo pomocí jejich odvození z jiných veličin. Základními úkoly metrologie tedy je:

- definování mezinárodně uznávaných jednotek měření
- realizace jednotek měření pomocí vědeckých metod
- vytváření řetězců návaznosti při dokumentování přesnosti měření

V Evropské unii se metrologie rozděluje do tří kategorií podle stupně složitosti, užití a přesnosti:

- vědecká metrologie zabývající se organizací a vývojem etalonů a jejich uchováváním (nejvyšší úroveň)
- průmyslová metrologie potom zajišťuje náležité fungování měřidel používaných v praxi (výrobních a zkušebních procesech)
- legální metrologie se zabývá přesností tam, kde mají tato měření vliv na průhlednost ekonomických transakcí, zdraví a bezpečnost

Na úrovních států jsou metrologií zmocněny národní metrologické instituce. Mezinárodní koordinaci potom zajišťuje [Mezinárodní organizace pro zákonnou metrologii](#). V České republice je nejvyšší institucí působící v oblasti metrologie [Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR](#) (MPO), pod které spadají v oblasti metrologie další tři instituce, a to [Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví](#) (ÚNMZ), [Český metrologický institut](#) (ČMI), a [Český institut pro akreditaci](#) (ČIA). Dalšími subjekty na nižším stupni jsou Státní metrologická střediska (SMS) a Střediska kalibrační služby (SKS) a pod nimi jsou ještě jednotliví výrobci, opravci a organizace provádějící montáž měřidel a na konci jsou samozřejmě uživatelé měřidel.

Český metrologický institut

Český metrologický institut je základním výkonným orgánem českého národního metrologického systému. Český metrologický institut zabezpečuje jednotnost a přesnost měřidel a měření ve všech oborech vědecké, technické a hospodářské činnosti v rozsahu podle § 14 zákona č. 505/1990 Sb. o metrologii, ve znění pozdějších předpisů. Institut provádí metrologický výzkum a uchovává státní etalony, zajišťuje přenos hodnot měřících jednotek na měřidla nižších přesností, vykonává certifikaci referenčních materiálů, provádí výkon státní metrologické kontroly měřidel a řadu dalších činností.

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Základní činnosti ČMI

Základní okruhy činnosti ČMI jsou

- vědecká metrologie - výzkum a rozvoj a uchovávání státních etalonů
- průmyslová metrologie, zabezpečení návaznosti měření a kalibrační služba
- legální metrologie, schvalování typů měřidel, ověřování stanovených měřidel a metrologický dozor

Další činnosti poskytované ČMI

- metrologický výzkum a uchovávání státních etalonů včetně přenosu hodnot měřicích jednotek na měřidla nižších přesností
- certifikace referenčních materiálů
- výkon státní metrologické kontroly měřidel
- vydává tak zvaných opatření obecné povahy, jako jsou regulační předpisy pro oblast metrologie
- registrace subjektů, které vyrábějí nebo opravují stanovená měřidla, popřípadě provádějí jejich montáž
- výkon státního metrologického dozoru u autorizovaných metrologických středisek a subjektů autorizovaných pro výkon úředního měření, u subjektů, které vyrábějí nebo opravují stanovená měřidla, popřípadě provádějí jejich montáž a u uživatelů měřidel
- metrologická kontrola hotově baleného zboží a lahví
- a poskytování odborné služby v oblasti metrologie

Mezinárodní spolupráce

ČMI je z pověření MPO signatářem Ujednání o vzájemném uznávání státních etalonů a certifikátů vydávaných národními metrologickými institucemi (CIPM MRA). Od roku 1996 je členem sdružení EURAMET, e. V. (původně EUROMET) a podílí se na řešení společných projektů.

Z pověření MPO a ÚNMZ zajišťuje ČMI v rozsahu své působnosti činnost v orgánech OIML a WELMEC.

Český institut pro akreditaci (ČIA)

ČIA působí v České republice jako národní akreditační orgán od roku 1998 jako obecně prospěšná společnost. Jedná se o soukromoprávní neziskovou organizaci, která poskytuje své služby v oblasti akreditace a dozoru nad trvalým plněním požadavků na subjekty posuzování shody, v souladu s platnými právními předpisy a mezinárodně uznávanými normami.

Oblast působení

Jako národní akreditační orgán České republiky zabezpečuje ČIA akreditaci:

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- zkušebních laboratoří (ČSN EN ISO/IEC 17025:2005)
- zdravotnických laboratoří (ČSN EN ISO/IEC 17025:2005, ČSN EN ISO 15189:2007)
- kalibračních laboratoří (ČSN EN ISO/IEC 17025:2005),
- certifikačních orgánů provádějících certifikaci výrobků (ČSN EN 45011:1998)
- certifikačních orgánů provádějících certifikaci systémů managementu (ČSN EN ISO/IEC 17021:2007)
- certifikačních orgánů provádějících certifikaci osob (ČSN EN ISO/IEC 17024:2003)
- inspekčních orgánů (ČSN EN ISO/IEC 17020:2005)
- environmentálních ověřovatelů
- organizátorů programů zkoušení způsobilosti

Mezinárodní členství

ČIA je členem vrcholových mezinárodních organizací, které se zabývají akreditací

- European co-operation for Accreditation (EA)
- International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)
- International Accreditation Forum (IAF)
- Forum of Accreditation Bodies (FAB)

Česká obchodní inspekce (ČOI)

Česká obchodní inspekce (ČOI) je orgánem státní správy podřízeným Ministerstvu průmyslu a obchodu ČR, která byla ustanovena zákonem č. 64/1986 Sb. (o České obchodní inspekci), jako nástupnická organizace Státní obchodní inspekce. Jejím úkolem je kontrolovat a dozorovat právnické a fyzické osoby prodávající nebo dodávající výrobky a zboží na vnitřní trh, poskytující služby nebo vyvíjející jinou podobnou činnost na vnitřním trhu, poskytující spotřebitelský úvěr nebo provozující tržišť (tržnice) pokud podle zvláštních právních předpisů nevykonává dozor jiný správní úřad.

ČOI kontroluje

- dodržování podmínek stanovených k zabezpečení jakosti zboží nebo výrobků včetně zdravotní nezávadnosti, podmínek pro skladování a dopravu a požadavků na osobní hygienu a hygienickou nezávadnost provozu
- zda se při prodeji zboží používají ověřená měřidla, pokud ověření podléhají, a zda používaná měřidla odpovídají zvláštním právním předpisům, technickým normám, jiným technickým předpisům, popřípadě schválenému typu
- dodržování dohodnutých nebo stanovených podmínek a kvality poskytovaných služeb

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

- dodržování státních podmínek stanovených zvláštními právními předpisy nebo jinými závaznými opatřeními pro provozování nebo poskytování činností
- zda při uvádění stanovených výrobků na trh byly podle zvláštního právního předpisu výrobky řádně opatřeny stanoveným označením, popřípadě zda k nim byl vydán či přiložen stanovený dokument, zda vlastnosti stanovených výrobků uvedených na trh odpovídají stanoveným technickým požadavkům a zda v souvislosti s označením stanoveného výrobku byly splněny i požadavky stanovené zvláštními právními předpisy
- zda nedochází ke klamání spotřebitele
- zda výrobky uváděné na trh jsou bezpečné
- zda osoby poskytující spotřebitelský úvěr dodržují podmínky stanovené zvláštním právním předpisem

ČOI nekontroluje

- potraviny, pokrmy a tabákové výrobky, s výjimkou kontroly poctivosti prodeje
- dozor nad kvalitou potravinářských výrobků vykonává Státní zemědělská a potravinářská inspekce
- dozor nad zdravotní nezávadností potravin živočišného původu, nad ochranou našeho území před možným zavlečením nebezpečných nákaz nebo jejich nositelů vykonává Státní veterinární správa České republiky
- státní zdravotní dozor nad dodržováním zákazů a plněním dalších povinností stanovených zákonem a zvláštními právními předpisy k ochraně veřejného zdraví, včetně ochrany zdraví při práci před riziky plynoucími z fyzikálních, chemických a biologických faktorů pracovních podmínek apod. vykonávají orgány ochrany veřejného zdraví.

Soustava SI

Soustava SI (Le Système International d'Unités) je mezinárodně domluvená soustava jednotek [fyzikálních veličin](#), která se skládá ze základních jednotek, odvozených jednotek a násobků a dílů jednotek. Mezinárodně garantuje definice jednotek a uchování [etalonů](#) v [Sèvres \(Francie\)](#), v České republice jsou etalony pod správou [Českého metrologického institutu](#) v [Brně](#).

Soustava vznikla v roce [1960](#) ze soustavy metr-kilogram-sekunda (MKS). Zákonná povinnost používat soustavu jednotek SI pro subjekty a orgány státní správy v České republice vyplývá ze zákona č. 505/1990 Sb. (Zákon o metrologii, naposledy novelizovaným č. 444/2005 Sb.) a souvisejících vyhlášek [Ministerstva průmyslu a obchodu ČR](#), zejména MPO vyhlášky č. 264/2000 Sb.

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Základních SI jednotek je celkem sedm a jsou stanoveny pro následující [fyzikální veličiny](#) (tabulka 2.1):

- [délka](#) - 1 metr je definován jako délka dráhy, kterou urazí [světlo](#) ve [vakuu](#) za $1/299\,792\,458$ sekundy
- [hmotnost](#) - definována jako hmotnost mezinárodního prototypu kilogramu, který je uložen v Mezinárodním úřadě pro váhy a míry v [Sèvres](#) u Paříže
- [čas](#) - 1 sekunda je doba trvání $9\,192\,631\,770$ period záření, odpovídající přechodu mezi dvěma hyper jemnými hladinami základního stavu [atomu](#) ^{133}Cs
- [termodynamická teplota](#) - 1 kelvin je $1/273,16$ díl absolutní teploty [trojného bodu vody](#)
- [elektrický proud](#) - 1 ampér je takový elektrický proud, který ve dvou přímých rovnoběžných vodičích o nekonečné délce a zanedbatelném průřezu vzájemně vzdálených ve vakuu jeden metr, vyvolá mezi těmito vodiči [sílu](#) rovnou 2×10^{-7} [N](#) na jeden metr délky
- [svítivost](#) - 1 kandela je svítivost zdroje, který v daném směru vysílá monochromatické záření s [frekvencí](#) 540×10^{12} [Hz](#), a jehož [zářivost](#) v tomto směru je $1/683$ [W/sr](#)
- [látkové množství](#) - 1 mol je takové množství, které obsahuje tolik elementárních jednotek (atomů, molekul, iontů, elektronů), kolik je uhlíkových atomů v 12 g uhlíku ^{12}C . Podle současných znalostí je v tomto množství uhlíku $(6,022\,143\,79 \pm 0,000\,000\,30) \times 10^{23}$ atomů.

Tabulka 2.1: Názvy a symboly základních jednotek SI

Fyzikální veličina	Název jednotky SI	Symbol jednotky SI
délka	metr	m
hmotnost	kilogram	kg
čas	sekunda	s
termodynamická teplota	kelvin	K
elektrický proud	ampér	A
svítivost	kandela	cd
látkové množství	mol	mol

Odvozené jednotky se tvoří kombinacemi základních jednotek (součiny a podíly). Některé významné veličiny dostaly samostatné názvy ([kilogram na metr krychlový](#), [metr čtverečný](#), [metr krychlový](#), [metr za sekundu](#)). Vedle nich existují také odvozené jednotky se samostatným názvem ([coulomb](#), [farad](#), [hertz](#), [joule](#), [lux](#), [newton](#), [ohm](#), [pascal](#), [radián](#), [siemens](#), [volt](#), [watt](#), [weber](#), [stupeň Celsia](#) a mnoho dalších).

Definice, doporučené značení odvozených veličin, jejich jednotky a jejich závazné značky jsou upraveny normami řady ČSN ISO IEC 80000 „Veličiny a jednotky“, která postupně nahrazuje předchozí řadu ČSN ISO 31 stejného názvu.

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

K vyjádření násobků nebo dílů základních nebo odvozených jednotek (výhradně [dekadických](#)) slouží předpony (tabulka 2.2).

Tabulka 2.2: Předpony používané v SI soustavě

Hodnota předpony SI	Název předpony SI	Symbol předpony SI	Hodnota předpony SI	Název předpony SI	Symbol předpony SI
10^{12}	Tera	T	10^{-1}	Deci	d
10^9	Giga	G	10^{-2}	Centi	c
10^6	Mega	M	10^{-2}	Mili	m
10^3	kilo	k	10^{-6}	Mikro	μ
10^2	hekto	h	10^{-9}	Nano	n
10^1	deka	da	10^{-12}	Piko	p
			10^{-15}	femto	f
			10^{-18}	atto	a

Vedlejší jednotky jsou jednotky, které byly dříve pro svoji všeobecnou rozšířenost a užitečnost řazeny do soustavy SI, přestože nebyly odvozeny ze základních jednotek. V současnosti se považují za mimosoustavové.

Soustava SI akceptuje používat souběžně s jednotkami SI další vybrané jednotky ([minuta](#), [hodina](#), [den](#), [úhlový stupeň](#), [úhlová minuta](#), [úhlová vteřina](#), [hektar](#), [litr](#), [tuna](#)). Připouští se rovněž používání některých mimosoustavových jednotek, jejichž vztah k jednotkám SI není definován pevně, ale závisí na experimentálním určení (například [elektronvolt](#), [dalton](#), [astronomická jednotka](#)).

MĚŘENÍ ZÁKLADNÍCH FYZIKÁLNÍCH VLASTNOSTÍ

Mezi základní a nejčastěji sledované veličiny patří měření rozměrů, teploty a hustoty.

Měření rozměrů

U zkušebních těles se měří délka, plocha a objem.

Měření délky

K měření délek se používá široké spektrum měřících pomůcek od jednoduchých až po sofistikovanějších. Ideální měřidlo se volí s ohledem na rozměry zkušebního tělesa (tabulka 2.3).

Nejjednodušším zařízením pro měření délek je pásové měřítko (obrázek 2.1), které bývá zpravidla dlouhé 1 m až 2 m s dělením po 1 mm. Přesnost měření pomocí tohoto měřidla je přibližně 1 mm.

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tabulka 2.3: Volba vhodného měřidla s ohledem na rozměry

Rozsah rozměrů [mm]	Požadovaná přesnost [mm]	Doporučené měřidlo
$x < 10$	0,05	číselníkový úchylkoměr, mikrometr
$10 < x < 100$	0,1	posuvné měřítko
$x > 100$	0,5	pravítko, posuvné měřítko

Pro přesnější měření kratších délek se používají posuvná měřítka s přesností 0,1 mm, které se dosahuje pomocí krátké stupnice (nonius) o n dílcích posouvajících se podél odečítací stupnice. Jeden dílek nonia je vždy o $1/n$ kratší (anebo delší) než dílek základní stupnice. Podle toho, který dílek nonia splývá se základní stupnicí je možné určit, v jaké poloze mezi dvěma ryskami základní stupnice (obrázek 2.2).



Obrázek 2.1: Pásové měřidlo (vlevo) a školní pravítko (vpravo).



Obrázek 2.2: Posuvné měřítko analogové (vlevo) a modernější digitální (vpravo).

Pro měření délek do 25 mm s přesností 0,01 mm se využívají mikrometry (obrázek 2.3). Zkušební vzorek se umístí mezi dvě plochy, kdy ta pohyblivá se posunuje mikrometrickým šroubem. Šroub je opatřen kluznou spojkou, která zajistí konstantně velký tlak působící na měřené těleso.

K měření kulových a válcových ploch se používá sférometr (obrázek 2.3), který může současně sloužit k měření tloušťky tenkých fólií.

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

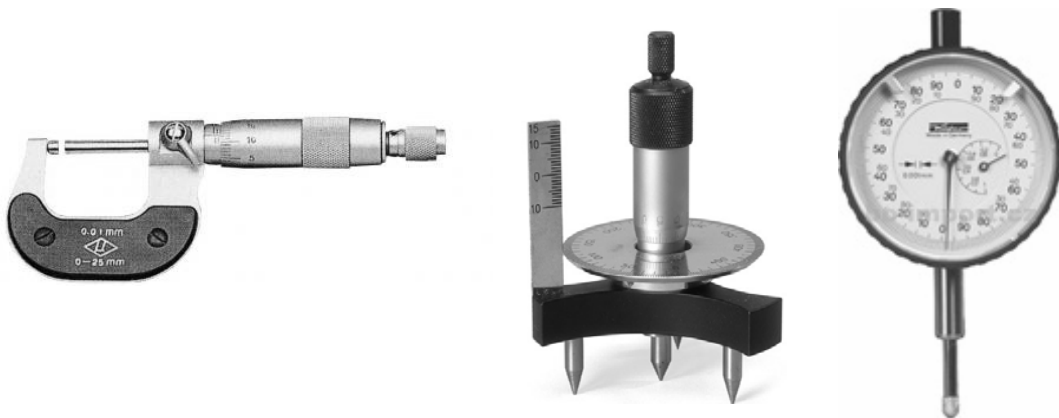


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Mechanická měřicí zařízení, tak zvané indikátory (obrázek 2.3), pracují na principu posuvu dotykového hrotu přenášeného na otáčející se ručičku přístroje. Stupnice bývá běžně dělena po 0,01 mm, nejpřesnější až 0,001 mm.

Pro měření výškových odlehlostí se používají katetometry, u kterých se na svislé stupnici pohybuje dalekohled s vodorovnou optickou osou. Měřit lze s přesností na 0,1 mm až 0,01 mm.

Pro zjišťování miniaturních délkových rozdílů lze využít také mikroskopu umístěním vyryté stupnice do předmětové roviny okuláru.



Obrázek 2.3: Mikrometr (vlevo), sférometr (uprostřed) a indikátor (vpravo).

Měření plochy

V případě jednoduchých geometrických útvarů se velikost plochy určí měřením a následným výpočtem.

V případě složitějších ploch se přikládá čtverečková síť (obrázek 2.4) a počítá se počet čtverečků, které měřená plocha zaujímá. Čtverečky ležící na hranici se počítají jako poloviční anebo se odhad zpřesňuje.

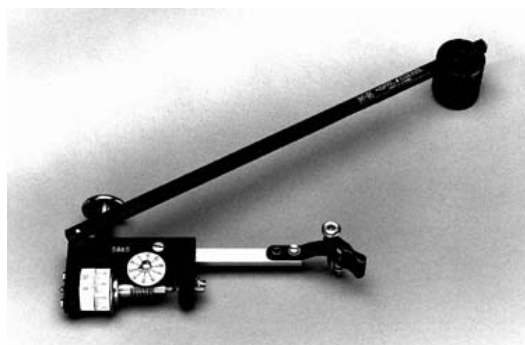
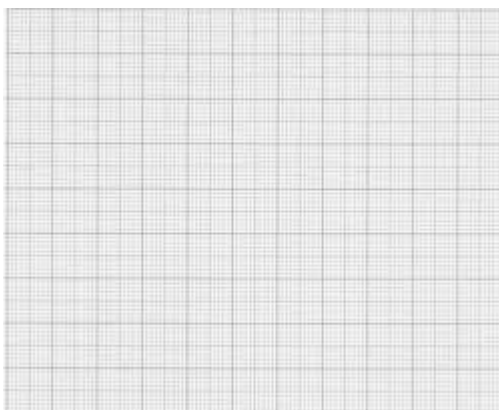
Dalším způsobem měření je, že se sledovaná plocha vystřihne, případně se vystřihne folie o známé plošné hustotě a zváží se. Plošná hustota se zjistí zvážením geometrického útvaru známých rozměrů (například čtverce).

Plocha rovinných útvaru lze také zjistit pomocí planimetru (obrázek 2.4), což je mechanický přístroj umožňující číst velikost hledané plochy tím, že se sledovaná plocha objede hrotem přístroje po svém obvodu.

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

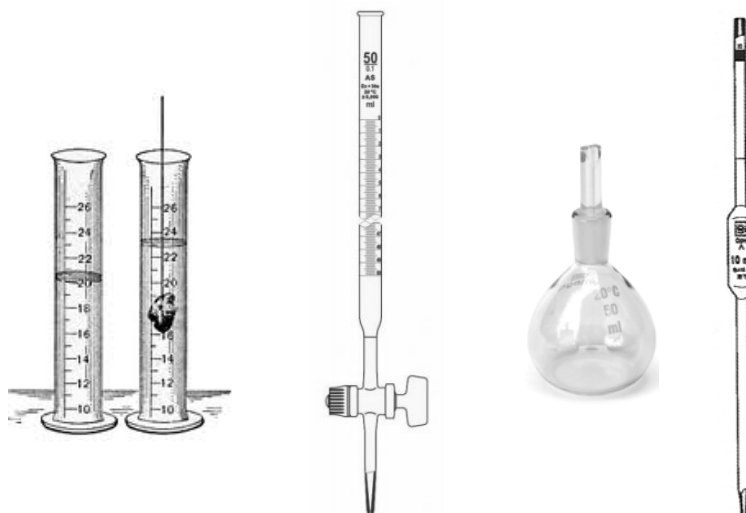


Obrázek 2.4: Milimetrový papír (vlevo) a planimetr (vpravo).

Měření objemu

U těles jednoduchých rozměrů lze objem stejně jako plochu měřit výpočtem z rozměrů. U materiálů o známé hustotě lze objem stanovit vážením, což patří k nejpřesnějším metodám.

K přímému měření objemu kapalin anebo do nich ponořených pevných těles se používají různé měrné nádoby (obrázek 2.5). Nejjednodušší z nich odměrný válec s nanesenou stupnicí pro různá množství kapaliny. Podle celkového objemu válce (10, 25, 250 cm³) se volí dělení stupnice (0,2, 1, 2 cm³).



Obrázek 2.5: Odměrný válec, byreta, pyknometr a pipeta (zleva).

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

K rychlému odlévání zvoleného množství kapaliny se používají byrety, což jsou skleněné trubice dělené po 0,1 cm³ opatřené kohoutem ve spodní části.

K rychlému stanovení objemu pevných a kapalných látek, či sledování teplotní změny jejich objemu se používají volumenometry, což jsou baňky se zabroušeným hrdlem, do něhož se nasazuje trubice s vyrytým objemovým dělením.

Dalším způsobem měření objemu jsou nádoby o konstantním objemu - pyknometry (25 až 100 cm³) a odměrné baňky. Pyknometr je nádoba se zabroušenou zátkou, v níž je kapilární otvor, kterým se při uzavírání vytlačí přebytečná kapalina. Stanovení objemu touto metodou je s přesností na 0,01 %.

Posledním typem odměrné nádoby je kalibrovaná pipeta, což je skleněná trubice uprostřed rozšířená v baňku. Sledovaná kapalina se nasaje do rozšířené části až po rysku vymezující odměřené množství.

Při všech těchto měřeních je hraje důležitou roli teplota, proto se musí měřit při předepsané teplotě anebo následně provést teplotní korekci.

Měření hustoty

Hustota homogenního materiálu je definována jako poměr hmoty a objemu, který materiál zaujímá

$$\rho = \frac{m}{V}$$

kde

ρ ... hustota materiálu [kg m⁻³]

m ... hmotnost materiálu [kg]

V ... objem materiálu [m³]

Sledování hustoty umožňuje zachytit změny ve fyzikální struktuře či složení samotného materiálu (tabulka 2.4). Kromě toho měření hustoty dokáže podat informaci o homogenitě zkušebních vzorků. Hodnota hustoty je ve většině případů silně závislá na výběru metody přípravy vzorku, proto je nezbytné při charakterizaci materiálu specifikovat přípravu zkušebního vzorku.

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tabulka 2.4: Hustota vybraných látek při teplotě 18 °C anebo u plynů při 0 °C a tlaku 760 torr

Materiál	ρ [kg m ⁻³]	Materiál	ρ [kg m ⁻³]	Materiál	ρ [kg m ⁻³]
hliník	2 720	Anilin	1 022	dusík	1,250
měď	8 930	Benzen	879	helium	0,178
nikl	8 800	Rtut'	13 551	chlor	3,220
olovo	11 430	Toluen	866	kyslík	1,429
platina	21 400	Voda	998,6	vodík	0,0899
železo	7 860			vzduch	1,293
sklo	2 500				

Ke stanovení hustoty pevných látek se používají tři základní metody - metoda hydrostatická (imersní), pyknometrická a metoda stejných hustot (flotační). Imersní metoda je výhodná pro pevné materiály bez dutin s výjimkou prášků. Metoda s kapalinovým pyknometrem je výhodná pro částice, prášky, vločky, granule, anebo malé kousky hotových výrobků. Flotační metoda se používá pro všechny formy materiálu bez dutin.

Metoda hydrostatická

Principem hydrostatické metody stanovení hustoty je dvojitá vážení zkoušeného vzorku, a to na vzduchu a v imerzní kapalině o známé hustotě. Vážení se provádí na hydrostatických vahách, které jsou uzpůsobené k zavěšení a ponoření zkušební vzorku.

Metoda pyknometrická

Stanovení hustoty pyknometrickou metodou spočívá v rozdílu hmotnosti kalibrovaného pyknometru naplněného definovaným množstvím zkoušeného vzorku společně s vhodnou imerzní kapalinou a pyknometru naplněného pouze stejnou imerzní kapalinou známé hustoty.

Hustota zkoušeného materiálu se při normované teplotě (23 ± 2 °C anebo 27 ± 2 °C) následně spočítá podle vztahu

$$\rho_s = \frac{m_s \cdot \rho_{IL}}{m_1 - m_2}$$

kde

m_s ... hmotnost zkušební vzorku [g]

m_1 ... hmotnost kapaliny potřebné k naplnění prázdného pyknometru [g]

m_2 ... hmotnost kapaliny potřebné k naplnění pyknometru se zkušebním vzorkem [g] [g]

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

ρ_L ... hustota imerzní kapaliny při definované teplotě [g cm^{-3}]

Metoda stejných hustot

Hustota materiálů flotační metodou se provádí tak, že se do dvou skleněných válců (250 ml) odměří přesně 100 ml imerzní kapaliny jednou nižší a podruhé vyšší hustoty než jakou má sledovaný vzorek. Do obou válců se vloží zkušební vzorky z byrety začne přikapávat imerzní kapalina opačné hustoty až dokud většina částic vydrží flotovat alespoň po jednu minutu. Poměr koncentrací imerzních kapalin odpovídá hustotě zkoušeného sledovaných vzorků.

Teplota

Měření teploty je založeno na teplotní závislosti různých, snadno měřitelných extenzivních veličin. Podle toho se teploměry rozdělují na dilatační (založeny na teplotní roztažnosti), elektrické (vycházejí ze změny odporu či termoelektrického napětí), radiační (srovnávají intenzitu monochromatického světla anebo měří celkovou zářivou energii zdroje) a další.

Dilatační teploměry

Do této skupiny se řadí teploměry kapalinové, plynové a kovové.

Kapalinové teploměry

Kapalinové teploměry (obrázek 2.6) pracují na principu relativní objemové roztažnosti teploměrné kapaliny a baňky teploměru. Nejčastěji se používají skleněné teploměry naplněné rtutí pracující v rozsahu teplot od $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $300\text{ }^{\circ}\text{C}$, s různými úpravami až do $1\ 000\text{ }^{\circ}\text{C}$.

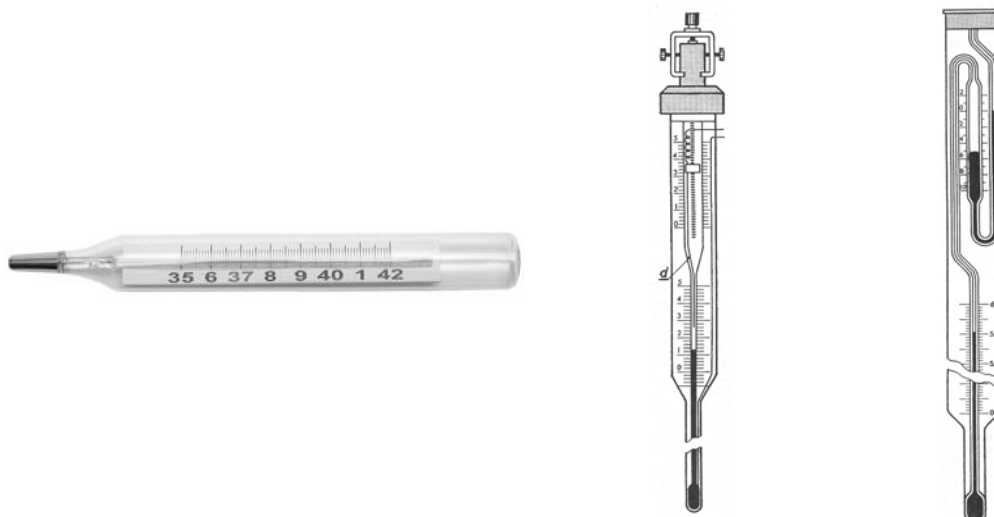
Zvláštním typem kapalinových teploměrů jsou takzvané kontaktní teploměry, které se používají hlavně k automatické regulaci teplot. Využívá se přitom posuvného drátku v elektrickém obvodu.

Dalším speciálním typem je přestavitelný Beckmannův teploměr sloužící k měření velmi přesných teplotních rozdílů v malém teplotním rozmezí, obvykle 6 stupňů. Množstvím teploměrné kapaliny však lze pokrýt poměrně širokou oblast ($-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $110\text{ }^{\circ}\text{C}$). Skutečná teplota sledovaného předmětu se musí změřit jiným teploměrem.

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ



Obrázek 2.6: Lékařský teploměr (vlevo), kontaktní teploměr (uprostřed) a Beckmannův teploměr (vpravo).

Pro přesnost měření je nezbytné udržovat kapalinový teploměr ve svislé poloze. Pokud dojde k ulpění rtuti na stěně teploměru (většinou při ochlazení), lze jej odstranit poklepem. U teploměrů plněných organickými kapalinami je nutno ochlazovat pomaleji vzhledem k jejich vyšší viskozitě a možnému přetržení kapalinového sloupce.

Plynové teploměry

Měření teploty pomocí plynových teploměrů se provádí buď při konstantním tlaku (ze změny objemu) anebo častěji při konstantním objemu plynu (ze změny tlaku) podle vztahů

$$t = 100 \cdot \frac{V - V_0}{V_{100} - V_0} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

kde

t ... měřená teplota [$^{\circ}\text{C}$]

V ... objem plynu při dané teplotě t , 0, 100 [$^{\circ}\text{C}$]

$$t = 100 \cdot \frac{p - p_0}{p_{100} - p_0} \quad [^{\circ}\text{C}]$$

kde

t ... měřená teplota [$^{\circ}\text{C}$]

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

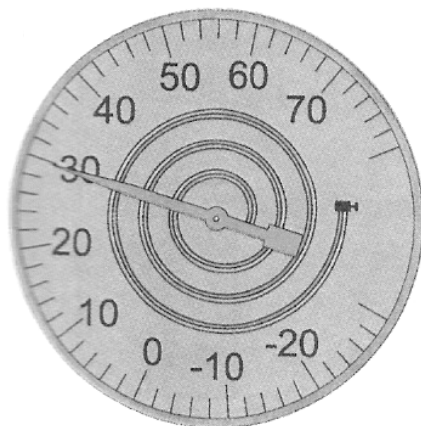


INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

p ... tlaky plynu při dané teplotě t , 0, 100 [°C]

Kovové teploměry

K měření teploty založené na roztažnosti pevných látek se používají především dvoukovové (bimetalické) teploměry. Hlavní částí takového bimetalického teploměru je bimetal, což jsou dva spolu pevně spojené kovové pásky s různým součinitelem teplotní roztažnosti (například železo - mosaz, mosaz - konstantan, nikl - invar a další).



Obrázek 2.7: Bimetalový teploměr.

Se změnou teploty bimetalu dochází k jeho deformaci a volný konec pak na stupnici ukazuje teplotu. Důležitou roli zde hraje tloušťka, délka bimetalu a rozdíl v roztažnostech obou materiálů. Tento druh teploměrů se využívá hlavně pro elektrické spínače v rozsahu teplot od -30 °C do 400 °C, kde oproti rtuťovým teploměrům mají výhodu přímého měření topného proudu bez potřeby dalších zařízení. Přesnost těchto teploměrů se pohybuje okolo 1 %, při vyšších teplotách okolo 3 %.

Elektrické teploměry

Jako elektrické teploměry se používají termočlánky anebo odporové teploměry. Termočlánky jsou založeny termoelektrickém jevu. Skládají se ze dvou různých kovových vodičů, vhodně zvolených pro měření teplotní obor. Pro přesná měření se obvykle volí dvojitý termočlánek.

Výhodou termočlánků je jejich malá tepelná kapacita (a velmi malá tepelná setrvačnost), čímž jen nepatrně ovlivňují teplotu sledovaného tělesa. Díky malým rozměrům lze měřit teplotu těles i na těžko přístupných místech. Nevýhodou je značná tepelná vodivost při měření teploty nekovů.

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Odporové teploměry jsou založeny na změně elektrického odporu kovů nebo polovodičů s teplotou. Elektrický odpor se měří můstkem anebo kompenzátorem.

Nejvhodnějším materiálem pro odporový materiál teploměr je vzhledem ke svým vlastnostem platina.

Radiační teploměry

Radiační teploměry, takzvané pyrometry, se používají k měření vysokých teplot těles vysílajících tepelné záření. Ve viditelné oblasti jsou pyrometry schopny měřit do 3 500 °C, u polarizačních pyrometrů až do 7 000 °C.

Principiálně jsou založeny na zákonech tepelného záření absolutně černého tělesa. Nejběžněji se používají pyrometry na monochromatické záření (měří teplotu vizuálním srovnáním jasů monochromatického záření dvou zářičů), na celkové záření (zářivou energii zářiče obsahujícího všechny vlnové délky záření) a barvové (teplota se určuje z barvy záření).

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



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ