

# Refraktometrie

**Refraktometrie** je metoda pro měření **indexu lomu** látek pevných, kapalných i plyných, při které se využívá mezního úhlu lomu, respektive úplného odrazu světla. Index lomu je charakteristickou veličinou látek, je znakem jejich čistoty a pomocí něho lze určit také koncentraci. Přístroje určené k měření indexu lomu se nazývají refraktometry a mohou pracovat v procházejícím i odraženém světle. Lze je dělit podle několika hledisek a to podle konstrukce, účelu, jemuž slouží, nebo podle použitého záření (monochromatického nebo polychromatického).

Podle konstrukce je dělíme do dvou skupin:

**a)** refraktometry, u kterých jsou lámavý hranol a dalekohled vůči sobě pohyblivé (**Pulfrichův** a **Abbeho**)

**b)** refraktometry, u kterých zaujímá lámavý hranol a dalekohled vzájemně neměnnou polohu (**ponorný** a **ruční**)

Používají se k rychlému stanovení koncentrace, čistoty látek, kvality látek apod.

Refraktometr se skládá z osvětlovacího a měřicího hranolu, mezi které se umísťuje tenká vrstva zkoumaného vzorku, z odečítacího mikroskopu a z nastavovacího dalekohledu. Přeponová stěna osvětlovacího hranolu je zdrsňena, aby do vrstvy měřené látky přicházelo světlo rozptýlené. Pozorujeme-li odražený nebo lomený světelný svazek dalekohledem, jehož optická osa je rovnoběžná s vystupujícím paprskem, vidíme světlé a tmavé pole, jejichž hraniční čára odpovídá meznímu úhlu úplného odrazu. Hraniční linie se nastaví otáčením tělesa hranolu na střed nitkového kříže. V odečítacím mikroskopu se odečítá **index lomu**. Vzhledem k tomu, že index lomu závisí i na teplotě, je nutné propojení s termostatem a měření provádět při konstantní teplotě.

## Druhy refraktometrů

### Abbeho refraktometr

**Abbeho refraktometr** patří do první skupiny (může se měnit vzdálenost dalekohledu od lámavého hranolu). Pro svoji všestrannou použitelnost je označován jako refraktometr univerzální. Nejčastěji se používá k měření indexu lomu kapalin, a to jako dvojhranolový refraktometr, jehož jádro je tvořeno z osvětlovacího a měřicího hranolu. Tyto hranoly jsou vyrobeny z islandského vápence. Měří index lomu v rozsahu 1,3 až 1,7. Lze pracovat i s polychromatickým světlem, jelikož má kompenzátor optické disperze. Konstruktorem je německý fyzik Ernst Karl Abbe.

Principem je rozestření zkoumané kapaliny mezi stěny hranolů, které se k sobě přiklopí. Při osvětlování vstupuje světlo skrze osvětlovací hranol. Díky jeho zdrsňené stěně se světlo rozptýlí a v měřené kapalině začne procházet všemi směry, dochází k jeho lomu. Díky tomu můžeme v dalekohledu, při vhodném pootočení, vidět rozhraní, které je dáno mezními paprsky. Ty vycházejí z měřicího hranolu. Na stupnici dalekohledu můžeme přímo vyčíst hodnotu indexu lomu pro danou vlnovou délku. Typickou hodnotou je 589,3 nm, což je průměrná vlnová délka spektrálních čar světla sodíkové výbojky. Ta je nejčastějším zdrojem světla.

### Pulfrichův refraktometr

**Pulfrichův refraktometr** patří do první skupiny (může se měnit vzdálenost dalekohledu od lámavého hranolu). Jeho základní vlastností je, že nemá kompenzační zařízení disperze, a proto musí být zdrojem světlo monochromatické. Lze jím měřit index lomu, ale i disperze. A to látek kapalných a pevných. Jádrem je skleněný hranol o vysokém indexu lomu. Rozsah měření indexu lomu závisí na zvolení hranolu, běžně je to ale rozpětí od 1,3 do 1,8.

Pro měření kapalin se přitmeluje dutá trubička na měřicí hranol. Také je pro přesnost měření příznivé, aby teplota byla konstantní.

U měření práškových látek se využívá kyvety přitmelené na měřicí hranol. Do kyvety se nejdříve nakape asi 1 až 2 ml kapaliny o nižším indexu lomu, poté se přidá prášek (ten se nesmí rozpouštět). Dále přikapáváme kapalinu o vyšším indexu lomu, tu přidáváme do té doby, než se index lomu prášku a kapalin vyrovná. To poznáme tak, že v zorném poli uvidíme ostré rozhraní.

Stupnice je ve stupních, hodnoty tedy zjistíme výpočty nebo z tabulek.

### Ponorný refraktometr

Patří ke druhé skupině (dalekohled a lámavý hranol se vůči sobě nepohybují). Jádrem je hranol o lámavém úhlu 60°, který je nasazen přímo na dalekohled. Využívá se především k měření indexu lomu kapalin.

Měřicí hranol se ponoří do kádinky s měřenou kapalinou. Kádinka musí mít průhledné okénko ve dně, aby mohlo vstoupit bílé světlo, které danou kapalinu prosvětluje. Paprsky se natáčejí pomocí zrcátka tak, aby došly k Amiciho hranolu, čímž dojde k odstranění disperze.

### Ruční refraktometr

Kvůli speciálním účelům je stavbou podobný refraktometru ponornému. Není tak variabilní jako předešlé typy, má jeden pevný měrný hranol, který je volen dle požadavků a specializace. Není třeba korigovat teplotu, ale nejvhodnější je ho používat při teplotě 20 °C.

Na měrný hranol refraktometru se nakape destilovaná voda a přikryje se destičkou, na dané stupnici by měla být hodnota na nule. Poté se destička oddělá, hranol se otře do sucha a nanese se měřený vzorek. Po každém měření je nutná kalibrace destilovanou vodou.

Stupnice jsou různé, například Oeschle, Brix a Baumé.

## Využití refraktometrů

Této metody lze využít k určení čistoty látek v tuhé a kapalné fázi. Obecně platí, že stanovení nečistot je tím citlivější a přesnější, čím více se jejich index lomu liší od indexu lomu čisté látky. Uplatňuje se také při zjišťování binárních směsí látek, zejména organických rozpouštědel.

Ruční refraktometry jsou v současnosti využívány ve zdravotnictví, v laboratořích, ale i v automobilovém a potravinářském průmyslu.

Ve zdravotnictví se uplatňují při analýze tělních a tkáňových tekutin (určení specifické hmotnosti krevního séra, moči, plasmy). Index lomu těchto látek je možné měřit v rozsahu 1,333 až 1,357. Pro provedení měření stačí 0,005 ml vzorku.

V laboratořích se využívá digitálních refraktometrů, převážně k analýze léčiv. Kladnou vlastností je, že mohou být připojeny k počítači a výsledky se tak mohou samočinně zaznamenávat. U těchto přístrojů je samozřejmostí automatická kompenzace teploty.

V automobilovém průmyslu se používají pro kontrolu brzdové a chladicí kapaliny, řezných olejů, maziv nebo ke zjištění stavu elektrolytů v autobateriích. Tyto přístroje mají kompenzaci teploty, tudíž není třeba kalibrační, měřený vzorek a hranol udržovat ve stejné teplotě.

V potravinářském průmyslu se refraktometry měří cukernatost například vína, medu. Také salinita v potravinářském nálevu a salinita mořské vody. Široké využití refraktometrů je i ve stavebnictví a kosmetickém průmyslu. Taktéž se používají při určování indexu lomu drahých kamenů.

## Index lomu

Při průchodu paprsku z jednoho prostředí do druhého se mění jeho rychlost a směr šíření, kvůli rozdílným hustotám prostředí. Poměr rychlosti průniku paprsku v prvním c<sub>1</sub> prostředí k rychlosti v druhém prostředí c<sub>2</sub> se nazývá index lomu n a charakterizuje ho tedy vztah:

$$n = c_1 / c_2$$

Jelikož je index lomu veličinou relativní, bylo nutné zvolit standardní, přesně definované prostředí. Jako základní (standardní) prostředí bylo zvoleno prostředí vakua, v němž je rychlost světelného paprsku největší a je rovna rychlosti světla  $c = 2,997925 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ . Při přechodu paprsků z vakua do daného prostředí zjistíme tzv. **absolutní index lomu**, který je definován vztahem:

$$n = c_0 / c_2$$

**Index lomu** můžeme rovněž vyjádřit pomocí změny směru paprsku prostředí (**Snellův zákon**):

$$n = \sin \alpha / \sin \beta$$

Při průchodu paprsku do jiného prostředí se paprsek láme v důsledku rozdílné rychlosti světla v obou prostředích. Úhel lomu  $\beta$  je menší než úhel dopadu  $\alpha$  tehdy, když paprsek přechází do prostředí, ve kterém je proti původnímu prostředí rychlost světla nižší. Nastává tedy lom ke kolmici. V opačném případě nastává lom od kolmice. Úhly dopadu, odrazu i lomu se měří mezi paprskem a kolmicí spuštěnou na fázové rozhraní. Při refraktometrických měřeních se volí úhel dopadu 90 °C, tzv. klouzavý paprsek, a sleduje se maximální mezní úhel.

## Odkazy

### Související články

Index lomu světla

### Použitá literatura

[1] [2]

## Reference

- NAVRÁTIL, Leoš, ROSINA Josef a kolektiv. *Medicínská biofyzika*. 1. vydání. Publikováno 2005. ISBN 80-247-

2. Urbánek, Daniel. Optické metody se zaměřením na refraktometrii a polarimetrii a jejich využití v chemické analýze. Bakalářská práce, 2008