

Práca 10 REFRAKTOMETRIA

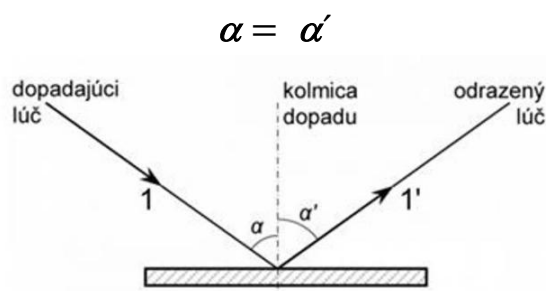
Úloha 10 Meranie indexu lomu zmesí alkoholov

Vo vákuu sa šíri žiarenie rôznych vlnových dĺžok rovnakou rýchlosťou ($c = 299\,792\,458\text{ m s}^{-1} \cong 3 \cdot 10^8\text{ m s}^{-1}$). Rýchlosť žiarenia je v hmotnom prostredí nižšia ako vo vákuu. Svetelné vlny sa šíria pozdĺž priamky. Priamka, ktorá určuje smer šírenia žiarenia sa nazýva svetelný lúč (obrázok 10.1 až 10.3). Pri interakcii látky s elektromagnetickým žiarením dochádza v závislosti od charakteru látky a energie žiarenia k rôznym javom, napríklad:

- odraz a lom svetla (využíva sa v refraktometrii)
- polarizácia žiarenia (využíva sa v polarimetrii)
- rozptyl svetla (využíva sa pri difrakcii)
- absorpcia a emisia žiarenia (využíva sa v spektrálnych metódach)
- chemické premeny látok vyvolané žiarením (využíva sa vo fotochémii)

Ak žiarenie (svetlo = špecifický druh žiarenia) dopadá na nepriehľadné prostredie odráža sa celkom - obrázok 10.1, čo popisuje zákon o odraze žiarenia:

Svetelný lúč sa po dopade na odrazovú plochu odrazí tak, že leží v rovine dopadu a uhol dopadu sa rovná uhlu odrazu.



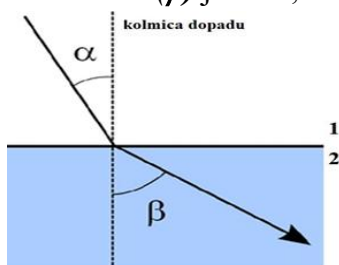
Obrázok 10.1 Schéma zákona o odraze žiarenia

Prostredie, ktorým môže svetelný lúč voľne prechádzať, je transparentné, čiže priesvitné. Ak svetelný lúč prechádza z jedného optického prostredia s rýchlosťou (v_1) do druhého, na rozhraní oboch prostredí zmení rýchlosť (v_2) a tým aj smer - tento jav sa nazýva lom svetla - obrázky 10.2 - 10.4.

Lom svetla je schematicky znázornený na obrázku 10.2.

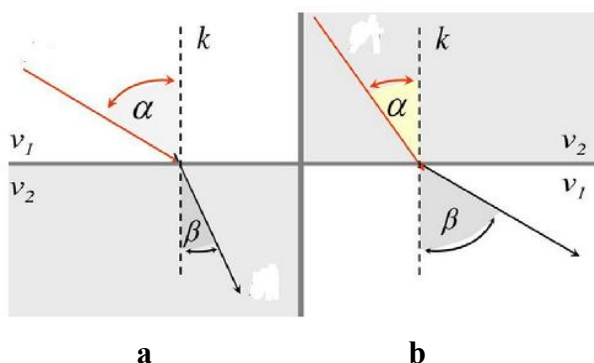
- **uhol dopadu (α)** je uhol, ktorý zvierajú dopadajúci lúč s kolmicou nakreslenou v bode jeho dopadu na rozhranie dvoch prostredí - 1 a 2.

- **uhol lomu (β)** je uhol, ktorý zvierajú lomený lúč s kolmicou dopadu.



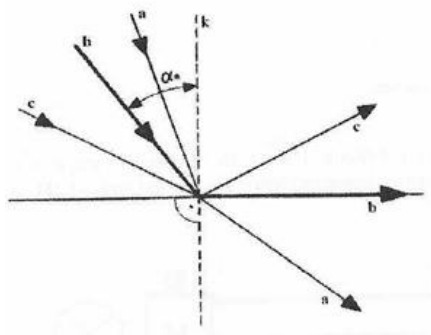
Obrázok 10.2 Schéma lomu svetelného lúča

- **lom svetla ku kolmici** nastáva, ak svetelný lúč prechádza z prostredia opticky redšieho do prostredia opticky hustejšieho: $n_1 < n_2$, teda $v_1 > v_2$ (napr. vzduch $\rightarrow$ voda) obrázok 10.3a.



Obrázok 10.3 a - lom svetla ku kolmici dopadu, b - od kolmice dopadu

- **lom svetla od kolmice** nastáva, ak svetelný lúč prechádza z prostredia opticky hustejšieho do prostredia opticky redšieho $n_1 > n_2$, teda $v_2 > v_1$ (napr. voda $\rightarrow$ vzduch) obrázky 10.3b, 10.4a.



Obrázok 10.4 a - lom od kolmice, b - medzný uhol dopadu, c - úplný odraz

Medzný uhol dopadu (α_m) - pri tomto uhle dopadu je uhol lomu 90° , obrázok 10.4b, lúč sa šíri po rozhraní - obrázok 10.4b.

Úplný odraz (tiež **totálna reflexia**) nastáva, ak uhol dopadu prekročí hodnotu α_m , nemôže už nastať lom svetla - obrázok 10.4c. Svetlo sa nešíri do druhého prostredia, odráža sa opäť do prvého.

Index lomu (označenie n) charakterizuje rozhranie dvoch optických prostredí a vypočíta sa ako podiel sínusov uhla dopadu $\sin \alpha$ a uhla lomu $\sin \beta$:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} \quad [\text{bez rozmeru}] \quad (1)$$

Absolútny index lomu (N) charakterizuje optickú hustotu daného prostredia a vypočíta sa ako podiel rýchlosti žiarenia vo vákuu ($c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$) a v uvažovanom prostredí (v):

$$N = \frac{c}{v} \quad [\text{bez rozmeru}] \quad (2)$$

Zo vzťahu (2) vyplýva, že index lomu vo vákuu sa rovná 1, pretože $c = v$.

Indexy lomu v iných prostrediach sú vyššie ako 1, lebo rýchlosť svetla vo vákuu je vyššia ako v ostatných prostrediach.

Relatívny index lomu ($n_{1,2}$) je podiel rýchlosti svetla (v_1) a (v_2) v oboch prostrediach:

$$n_{1,2} = \frac{v_1}{v_2} \quad [\text{bez rozmeru}] \quad (3)$$

Najznámejšia formulácia relatívneho indexu lomu je pripísaná Willebrodovi Snellovi. Podľa tzv. Snellovho zákona lomu - $n_{1,2}$ možno vypočítať podľa niektorého zo vzťahov:

$$n_{1,2} = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{v_1}{v_2} \quad [\text{bez rozmeru}] \quad (4)$$

Index lomu závisí od povahy látky, preto slúži na identifikáciu látok, stanovenie koncentrácií a určenie ich čistoty.

Hodnoty indexov lomu sa spravidla vzťahujú na teplotu 20 °C a čiaru D (vlnová dĺžka ~589 nm) sodíkového žiarenia, preto sa zvyknú označovať n_D^{20} . Kvôli zjednodušeniu zápisu budeme indexy lomu označovať iba n .

Merná refrakcia (elektrónová polarizácia) - r je spôsobená interakciou elektromagnetického poľa žiarenia s prostredím, cez ktoré svetelný lúč prechádza. V dôsledku tejto interakcie dochádza v molekulách k polarizácii, to znamená k prerozdeleniu kladného a záporného náboja. Merná refrakcia (r) je popísaná vzťahom:

$$r = \frac{n^2 - 1}{n^2 + 2} \frac{1}{\rho} \quad [\text{m}^3 \text{ kg}^{-1}] \quad (5)$$

n je index lomu látky

ρ je hustota látky [kg m^{-3}]

Cieľ práce

- Namerať indexy lomu pripravených roztokov dvoch alkoholov (napr. metylalkohol - etylalkohol) s rôznymi objemovými percentami.
- Nakresliť závislosť indexu lomu od objemových percent nižšieho alkoholu $n = f(\Phi_{\text{alkohol}})$, nazývanú kalibračnou priamkou.
- Určiť parametre uvedenej závislosti.
- Odmerať index lomu roztoku alkoholov s neznámym zložením.
- Pomocou parametrov kalibračnej priamky vypočítať zloženie neznámeho roztoku.
- Vypočítať merné refrakcie (r) pre oba čisté alkoholy tvoriace zmes.

Pomôcky

Abbeho refraktometer, pipeta, filtračný papier

Chemikálie

jednoduché alkoholy (metylalkohol, etylalkohol, propylalkohol a izopropylalkohol)

Postup

Refraktometrické merania - meranie indexov lomu budete robiť Abbeho refraktometrom (obrázok 10.5).



Obrázok 10.5 Abbeho refraktometer

1. Osvetľovací hranol **H** odklopte a obe sklené plochy utrite filtračným papierom.
2. Na povrch vodorovnej plochy osvetľovacieho hranola **H** opatrne naneste pipetou tenkú vrstvu meranej kvapaliny a sklopte ho.
3. Odmerajte index lomu a hodnoty zapíšte do tabuľky 10.1. V okulári **O** nájdite rozhranie svetla a tieňa (svetlá a tmavá časť). Toto rozhranie je spravidla neostré, preto otáčajte prstencom kompenzátora **K** dovtedy, kým je rozhranie ostro oddelené. Ak rozhranie nie je možné v okulári nájsť, v meracom hranole nie je dostatok meranej kvapaliny, treba pridať, alebo na stupnici je nastavená veľmi odlišná hodnota indexu lomu, akú má meraná kvapalina. Ostré rozhranie nastavte do stredu nitkového kríža v okulári.
4. Na stupnici odčítajte index lomu meranej kvapaliny a hodnotu zapíšte do tabuľky 10.1.
5. Po skončení merania hranol otvorte a osušte filtračným papierom.
6. Rovnako postupujte pri meraní indexu lomu pre všetky pripravené roztoky so známym zložením aj pri meraní roztoku s neznámym zložením.

Spracovanie výsledkov

1. Nakreslite závislosť indexu lomu od objemových percent nižšieho alkoholu v roztoku (kalibračná priamka) a vypočítajte parametre uvedenej závislosti - smernica B, úsek A, aj korelačný koeficient.
2. Rovnicu priamky $y = Bx + A$ získanú matematickým spracovaním závislosti $n = f(\Phi_{\text{alkoholu}})$ v programe Excel, prepíšte na fyzikálny tvar, v ktorom $y = n$ a $x = \Phi_{\text{alkoholu}}$.
3. Pomocou fyzikálnej rovnice vypočítajte pre nameraný index lomu neznámeho roztoku jeho zloženie t.j. objemové percentá nižšieho a vyššieho alkoholu, čo uvediete v závere protokolu.
4. Vypočítajte merné refrakcie (r) pre oba čisté alkoholy tvoriace zmes podľa vzťahu (5).

Tabuľka 10.1 Namerané hodnoty pre vyhodnotenie refraktometrických meraní

meraná kvapalina 1.....

kvapalina 2.....

$\rho_1 = \dots\dots\dots \text{kg m}^{-3}$

$\rho_2 = \dots\dots\dots \text{kg m}^{-3}$

meranie	$\Phi_1 : \Phi_2$ Objemové percentá %	n
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
neznámy roztok		
$r_{\text{alkohol 1}} [\text{m}^3 \text{kg}^{-1}]$		
$r_{\text{alkohol 2}} [\text{m}^3 \text{kg}^{-1}]$		