

ZJIŠŤOVÁNÍ CUKERNATOSTI VODNÝCH ROZTOKŮ OPTICKÝMI METODAMI

FILÍPEK Josef, ČR

DETERMINATION OF SUGAR CONTENT IN WATER SOLUTIONS BY OPTICAL METHODS

Abstract

The content of saccharose in water solution influences the value of index of refraction as well as plane of vibration turn of polarised light. This effect is used during measuring by refractometer and polarimeter. The author was demonstrating the principles of sugar content determination by use of refractometer and polarimeter.

Key words: refractometer, polarimeter, limit angle, turn of plane of vibration, interactive animations

Úvod

Obsah sacharózy rozpuštěné ve vodě ovlivňuje:

- rychlost šíření světla v roztoku
- velikost stočení kmitové roviny polarizovaného světla procházejícího roztokem

Změny těchto parametrů světla se využívá při měření cukernatosti vodných roztoků sacharózy pomocí refraktometru a polarimetru.

Animovaný refraktometr

Obr. 1 znázorňuje animaci lomu a odrazu monochromatického světla na rozhraní mezi sklem a vzduchem. Paprsek, který je kolmý k rozhraní, se na rozhraní částečně odrazí a částečně projde, aniž by změnil svůj směr (Obr. 1a). Zvětšuje-li se úhel dopadu, roste i úhel lomu dle Snellova zákona (Obr. 1b). Při tzv. mezním úhlu dopadu α_m se paprsek láme pod úhlem 90° (Obr. 1c). Při větším úhlu dopadu nedojde k lomu vůbec a všechno světlo se odrazí zpět (Obr. 1d). Velikost mezního úhlu α_m závisí na obsahu sacharózy ve vodném roztoku (Obr. 2). S rostoucí koncentrací se α_m zvětšuje a posouvá se rozhraní mezi světlem a stínem.

Na tomto principu je založen refraktometr (Obr. 3). Student nanese měřený vzorek do refraktometru a zapne osvětlení (Obr. 3a). V okuláru vidí dvě osvětlená pole. V horním poli nalezne rozhraní mezi světlem a stínem, které je však duhově zbarvené (*použito bílé světlo a nikoliv monochromatické*). Pomocí ovládacích točitek odstraní duhové zbarvení a posune rozhraní světla a stínu do průsečíku nitkového kříže. V zeleně podbarveném poli odečte index lomu n a cukernatost p v % (Obr. 3b).

Animovaný polarimetr

Nepolarizované světlo se skládá z paprsků kmitajících v nejrůznějších rovinách. Při průchodu pevnou polarizační destičkou (*polarizátorem*) se získá lineárně polarizované záření kmitající pouze ve svislé rovině (Obr. 4a). Směr polarizace otočné polarizační destičky (*analyzátoru*) je rovněž svislý. Světlo prošlé polarizátorem projde i analyzátoru. Otáčením analyzátoru klesá intenzita prošlého světla a v okamžiku, kdy jsou obě destičky zkříženy, neprojde světlo žádné (Obr. 4b). Po vložení skleněné kyvety s roztokem sacharózy mezi obě polarizační destičky se zorné pole mírně rozjasní (Obr. 4c). Otáčením analyzátoru se vyhledá poloha, kdy je zorné pole opět temné (Obr. 4d). Natočení kmitové roviny o úhel β je přímoúměrné koncentraci sacharózy v roztoku. Oko však určuje minimum osvětlení poměrně nepřesně, proto se používají polostínové polarimetry.

Animovaný polarimetr je znázorněn na obr. 5. Student zapne sodíkovou výbojku a vyčká, až se plně rozžhaví (Obr. 5a). V okuláru uvidí světlé a tmavé pole (Obr. 5b). Otáčením analyzátoru, který je spojen s úhlovou stupnicí, se snaží dosáhnout toho, aby zorné pole bylo

stejně polozastíněné (Obr. 5c). Na otočné stupnici s využitím nonia se odečte výrobní nepřesnost polarimetru ($\alpha_o = 0,45^\circ$). Po vložení kyvety s vodným roztokem sacharózy do polarimetru student opět najde polohu, kdy zorné pole bude polozastíněné (Obr. 4d – $24,8^\circ$).

Koncentrace **p** vodného roztoku sacharózy se vypočítá podle vztahu:

$$p = 150,4 \cdot \frac{\alpha}{d \cdot \rho} = \frac{(24,8 - 0,45)}{0,2 \cdot 1073} = 17,1 \%$$

Závěr

Interaktivní učební opory **Animovaný refraktometr** a **Animovaný polarimetr** může učitel s využitím dataprojektoru použít v přímé výuce. Učební opory jsou také vhodné i k samostudiu před vlastním praktickým měřením v laboratoři.

Literatura

Bartoň, S., Křivánek, I., Severa, L.: Fyzika - laboratorní cvičení, MZLU Brno, 2005, ISBN 80-7157-843-6.

Halliday, D., Resnick, R., Walker, J.: Fyzika, část 4, Elektromagnetické vlny – optika - relativita.

VUTIUM Brno, ISBN 80-214-1868-0, PROMETHEUS Praha, 2000, ISBN 81-7196-213-9.

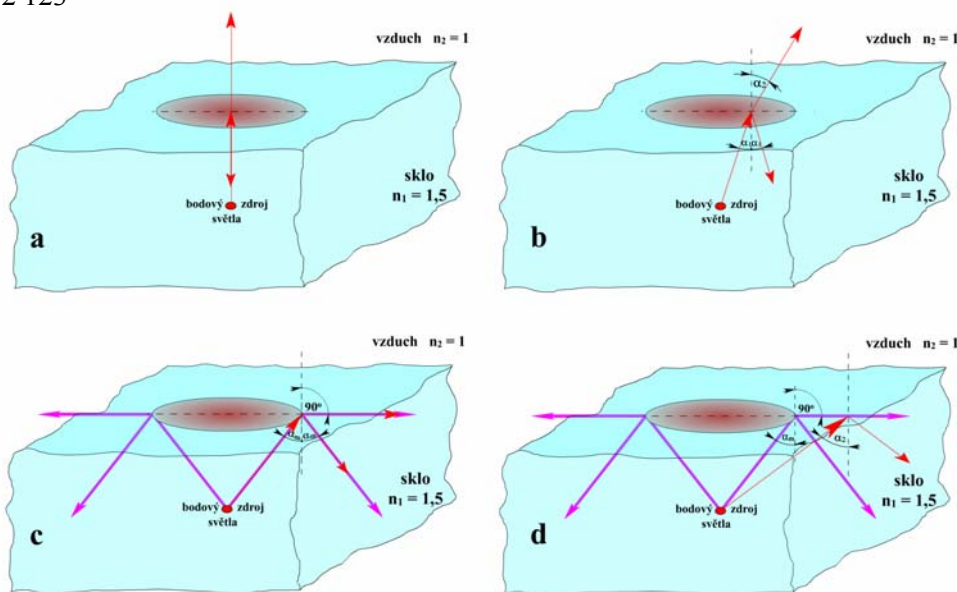
Kalous., V.: Základy fyzikálně chemických metod. SNTL Praha, 1975.

Lepil, O.: Fyzika - optika, Prometheus Praha, 2002, ISBN 80-7196-237-6.

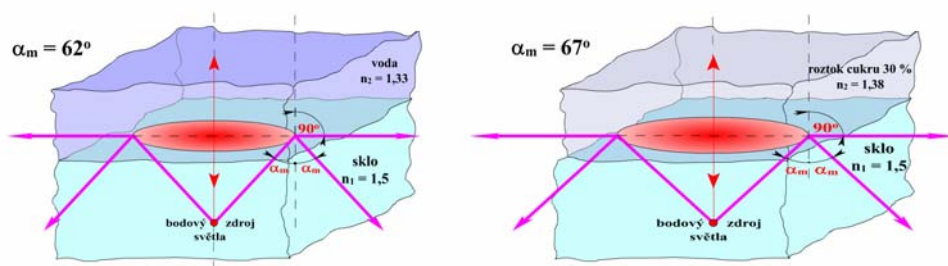
Oponoval: Doc. Ing. Michal Černý, CSc.

Kontaktní adresa

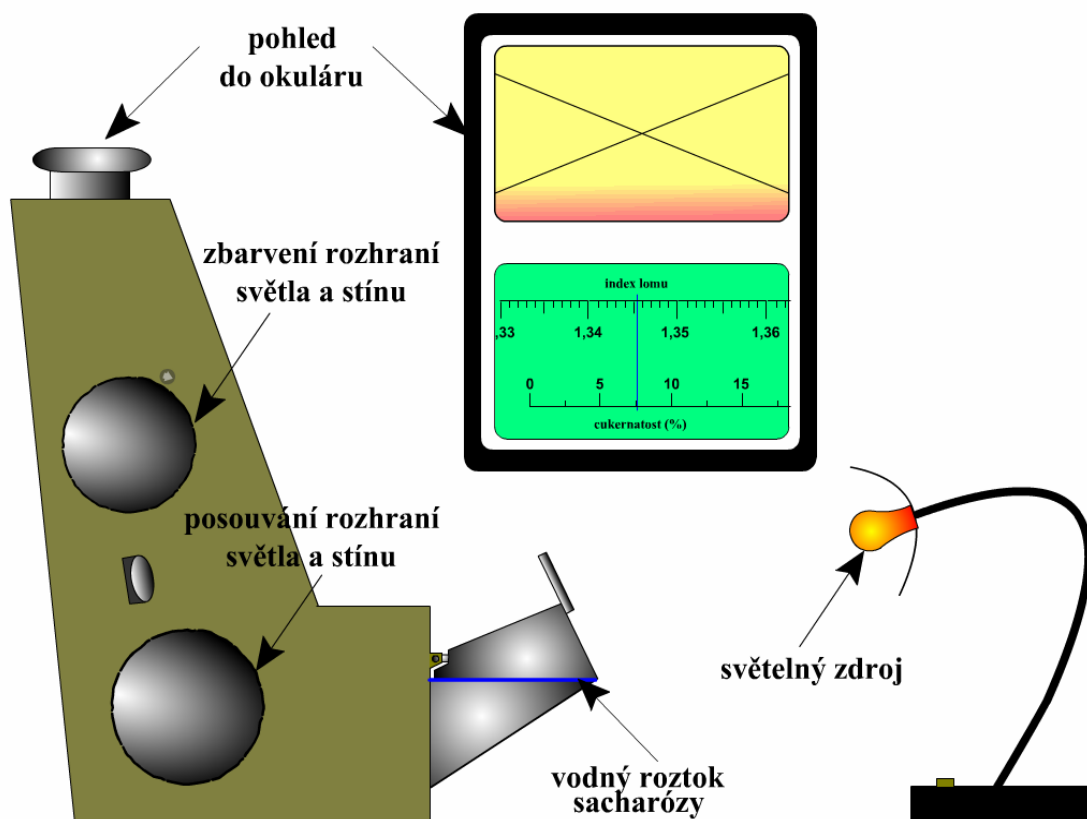
Doc. Ing. Josef Filípek, CSc., Ústav techniky a automobilové dopravy, Agronomická fakulta MZLU, Zemědělská 1, 613 00 Brno, Česká republika, E-mail: filipek@mendelu.cz Tel.: 00420 545 132 123



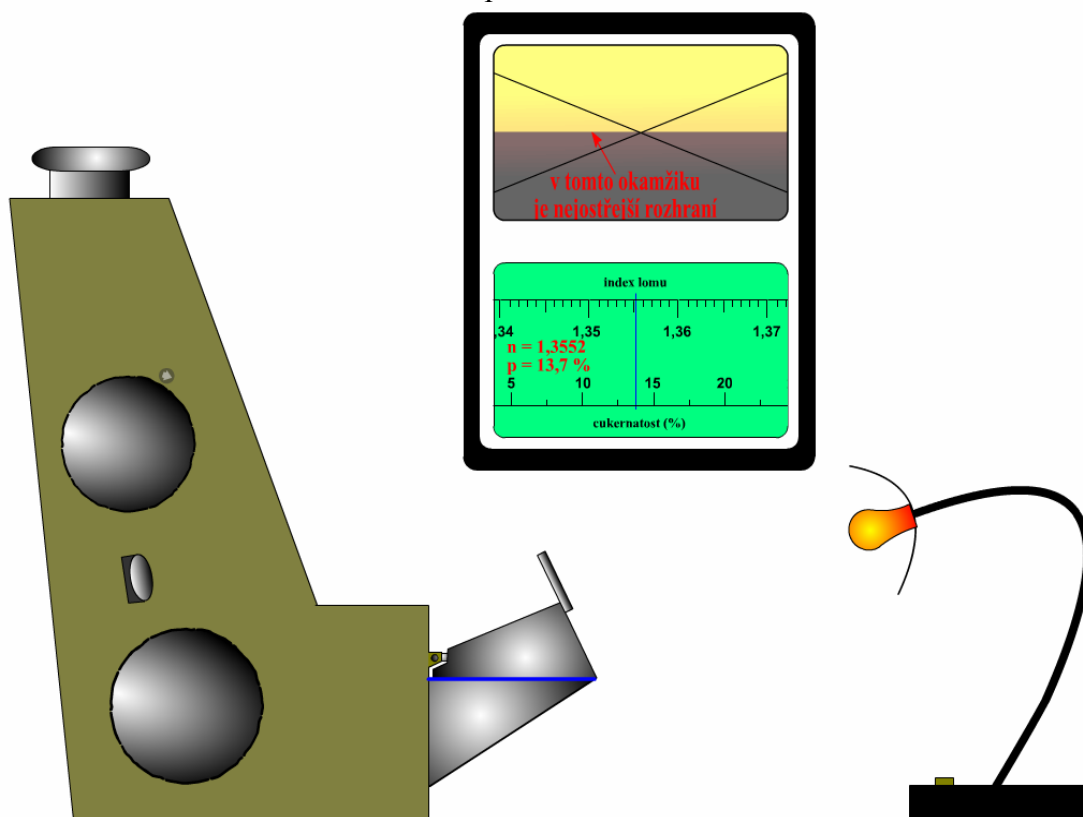
Obr. 1 Vliv úhlu dopadu paprsku na lom a odraz světla



Obr. 2 Vliv cukrnatosti vodného roztoku na velikost mezního úhlu

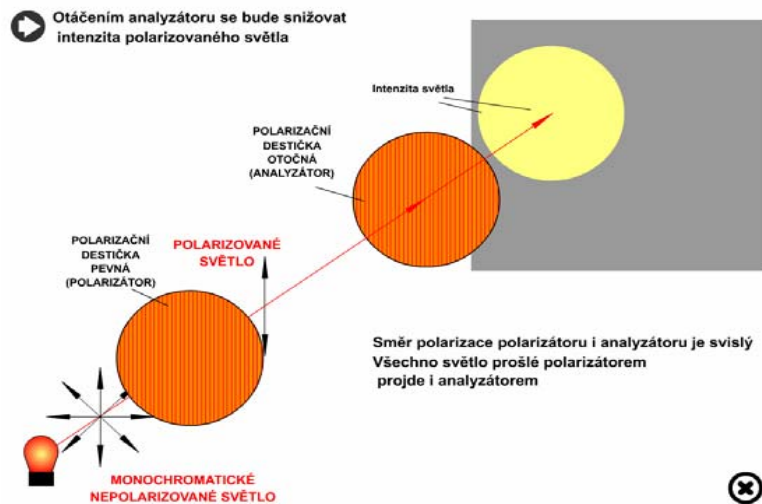


a – stav před seřízením

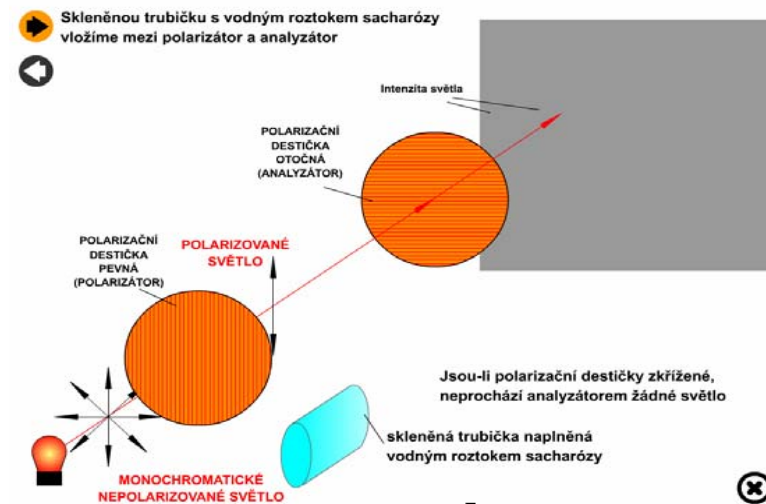


b – stav po seřízení

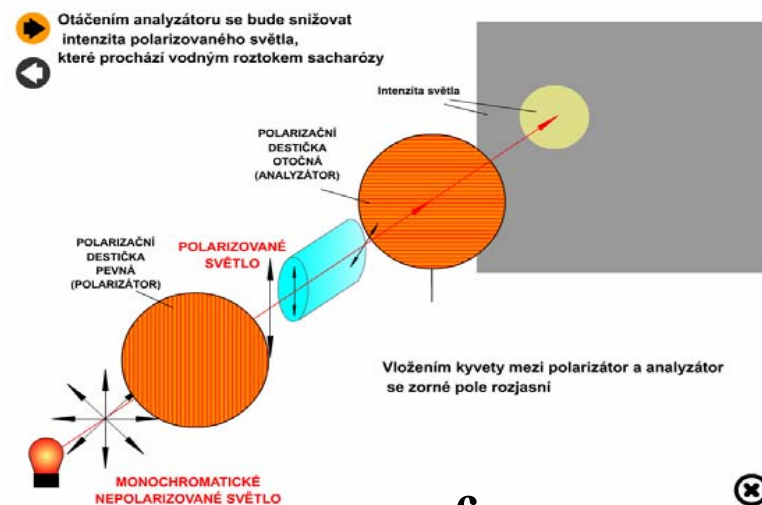
Obr. 3 Animovaný refraktometr



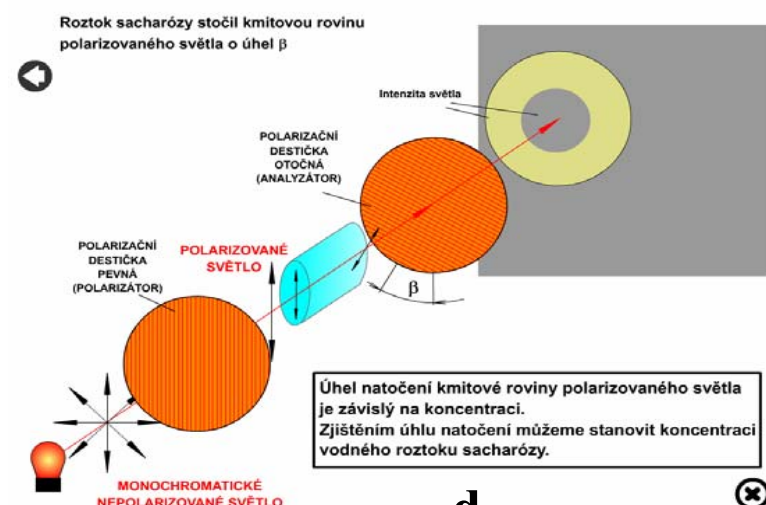
a



b



c



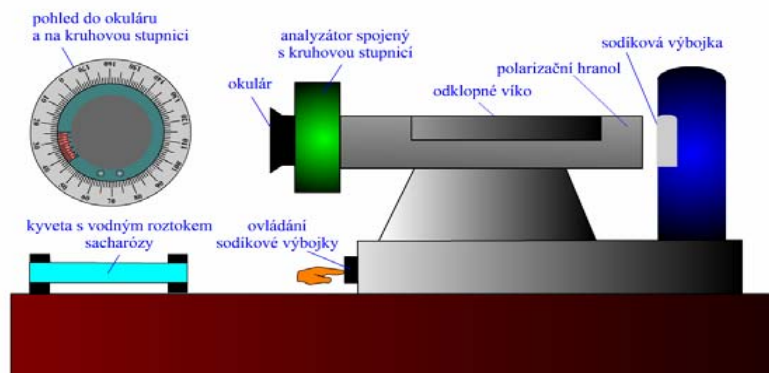
d

Obr. 4 Natočení kmitové roviny polarizovaného světla

➡ Zapneme sodíkovou výbojku
a počkáme až se zcela rozžhaví

hustota roztoku: $\rho = 1\,073\text{ kg.m}^{-3}$
délka kyvety: $d = 0,20\text{ m}$

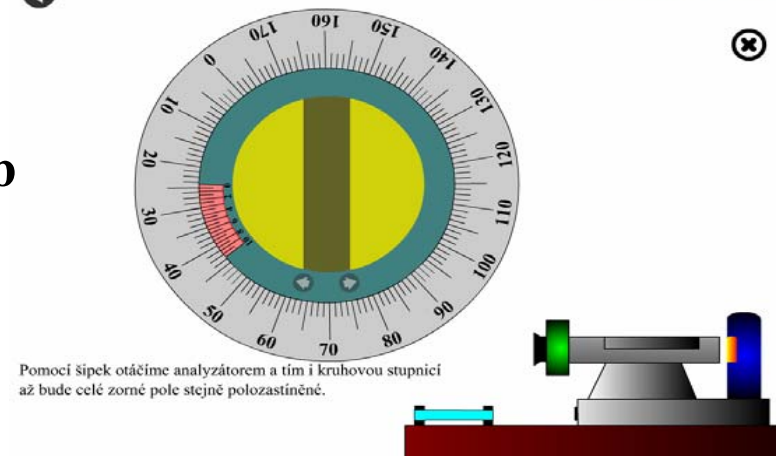
a



➡ Zaostříme okulár polarimetru.
Stanovíme úhel potočení paprsku v polarimetru (měl by se blížit nule).

hustota roztoku: $\rho = 1\,073\text{ kg.m}^{-3}$
délka kyvety: $d = 0,20\text{ m}$

b

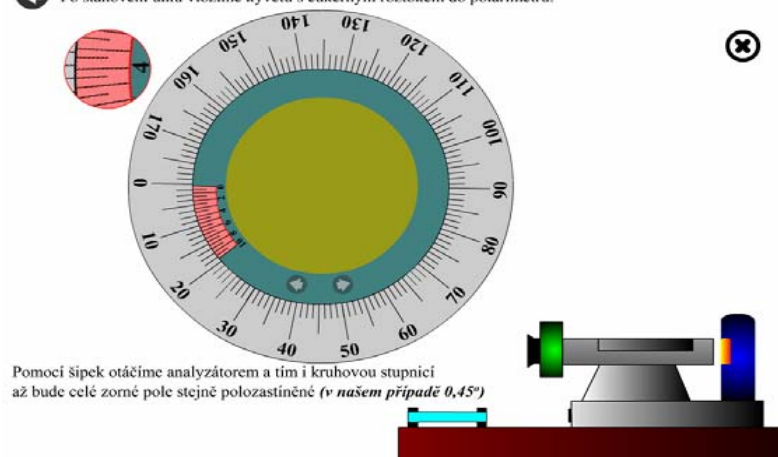


Pomocí šipek otáčíme analyzátozem a tím i kruhovou stupnicí
až bude celé zorné pole stejně polozastíněné.

➡ Zaostříme okulár polarimetru.
Stanovíme úhel potočení paprsku v polarimetru (měl by se blížit nule).
➡ Po stanovení úhlu vložíme kyvetu s cukerným roztokem do polarimetru.

hustota roztoku: $\rho = 1\,073\text{ kg.m}^{-3}$
délka kyvety: $d = 0,20\text{ m}$

c

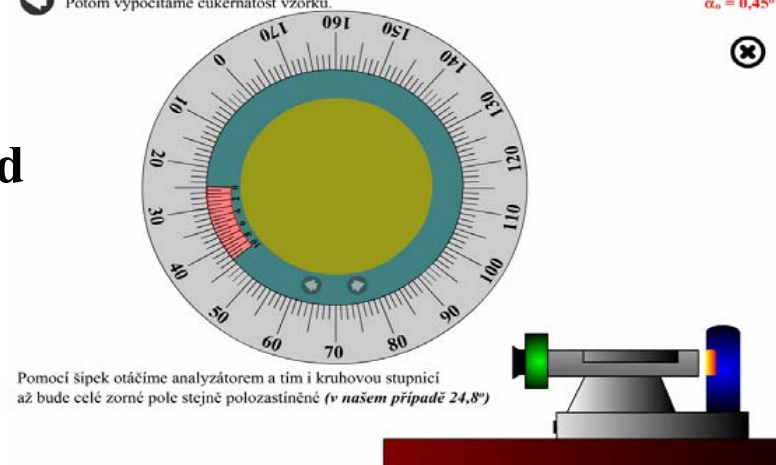


Pomocí šipek otáčíme analyzátozem a tím i kruhovou stupnicí
až bude celé zorné pole stejně polozastíněné (v našem případě $0,45^\circ$)

➡ Stanovíme úhel potočení paprsku v polarimetru,
ve kterém je vložena kyveta s cukerným roztokem.
➡ Potom vypočítáme cukernatost vzorku.

hustota roztoku: $\rho = 1\,073\text{ kg.m}^{-3}$
délka kyvety: $d = 0,20\text{ m}$
 $\alpha_n = 0,45^\circ$

d



Pomocí šipek otáčíme analyzátozem a tím i kruhovou stupnicí
až bude celé zorné pole stejně polozastíněné (v našem případě $24,8^\circ$)

Obr. 5 Animovaný polarimetr