és

$$F_{\text{nyomó}} = \sqrt{2}k\frac{q^2}{\left(\frac{d}{\sqrt{2}}\right)^2} + m^{(\max)}\left(\frac{d}{2}\right)(2\pi n)^2,$$

majd behelyettesítve a megadott értékeket a maximális tömegre ebben az esetben

$$m^{(\max)} = \frac{\sqrt{2}k\frac{q^2}{\left(\frac{d}{\sqrt{2}}\right)^2}}{\frac{g}{\mu_0} + \left(\frac{d}{2}\right)(2\pi n)^2} \approx 8{,}4\ \mathrm{g}$$

adódik.

Varga Balázs
Göd

Mérési feladat megoldása

M. 374. *Mérjük meg valamilyen fajta méz optikai törésmutatóját!*

(*6 pont*) Közli: *Gnädig Péter,* Vácduka

Megoldás.

A méréshez felhasznált eszközök

– Akácméz, ennek az optikai törésmutatóját mértem;
– egy lézer, fényforrásként;
– egy nagyon keskeny „tartály” (mézet öntöttem bele);
– szögmérő (a beesési és a kilépési szögeket mértem);
– hősugárzó (a méz melegítése);
– hőmérő (a méz hőmérsékletének mérésére).

A mérés helye

A mérést az iskolában végeztem el, és az iskolai eszközöket (iskolai optikai szett, hősugárzó, lézer, edény, szögmérő) használtam, a mézet pedig én hoztam.

A mérés elve

Amennyiben egy közeghatárhoz (jelen esetben levegő–méz) α beesési szögben érkezik meg a fény az n_1 optikai törésmutatójú közegben (jelen esetben levegő, $n_1 \approx 1$) és β „kilépési szöggel” lép be a másik, n optikai törésmutatójú közegbe (jelen esetben a mézbe), akkor a Snellius–Descartes törvény alapján

$$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n}{n_1} = n.$$

A mért szögekből a törésmutató kiszámítható.

Kivitelezés

Először az igen vékony tartályt körülbelül félig megtöltöttem mézzel, majd belehelyeztem a kör alakú szögmérőt úgy, hogy a középpontja épp a méz szintjének felső határára (a méz felszínére) essék. Ezután a tartályt a mágnestáblához „ragasztottam”, ugyanezt tettem a lézerrel. Ezt követően a lézer által kibocsátott (vörös) fény irányát beállítottam úgy, hogy épp a szögmérő középpontja felé induljon el a fény. Az α és β szöget a szögmérővel közvetlenül meg tudjuk mérni, ezekből pedig a méz n törésmutatója is könnyen meghatározható.

Természetesen több α szögnél is végeztem méréseket, sőt több különböző hőmérsékleten (jóllehet ezt nem kérte a feladat szövege). A törésmutató ugyanis, ha kevéssé is (amit mérésem is igazolt), hőmérsékletfüggő. Először szobahőmérsékleten mértem, majd ezt követően hősugárzóval melegítettem a mézet, hőmérőt helyeztem bele, és megmértem a méz új hőmérsékletét, majd gyorsan elvégeztem az ehhez a hőmérséklethez tartozó méréseket. Ezután folytattam a melegítést ...

Mérési eredmények

Ötféle hőmérsékleten végeztem méréseket, $\alpha = 0, 20, 30, \ldots, 80°$-nál mértem meg β értékét, a kapott eredményeket táblázatba foglaltam. (A mérési adatok táblázatát és a dolgozathoz mellékelt fényképeket terjedelmi okokból nem közöljük. – A Szerk.)

Először $\sin\alpha$–$\sin\beta$ grafikont akartam készíteni (ennek meredekségeként elvileg a törésmutatót kaptam volna meg), viszont ez túl pontatlannak tűnt. Így minden egyes méréshez kiszámoltam a hozzá tartozó n értéket, és egy adott hőmérsékleten a különböző szögeknél kapott n-eket átlagoltam. (Az $\alpha = 10°$-os szöghöz tartozó számot kihagytam az átlagolásból, mert akkor β mérése nagyon pontatlan volt.) Így kaptam meg a végeredményt, amely szerint az akácméz optikai törésmutatója: $n = 1{,}49 \approx 1{,}50$.

A törésmutató hőmérsékletfüggése igen csekély volt, ezt tehát nem tudtam megbízhatóan kimutatni. Bár a törésmutatók átlagára különböző értékeket is kaptam, ezt az átlagtól erősen eltérő 2-3 mérési eredmény okozhatta. Valószínűsíthető, hogy az akácméz (és általában a folyadékok) törésmutatója a hőmérséklet növekedésével csökken, de ez nem következik a méréseimből.

Hibaforrások

1. A szögmérés pontossága. A szögmérőn 5 fokonként vannak a beosztások, ez alapján az α és β szöget is kb. $\Delta\varphi = 2{,}3°$-os pontossággal lehetett meghatározni (aszerint, hogy a be- és kilépő lézernyaláb éppen egy beosztásra, vagy inkább két beosztás közé esik).

2. A méz szintjének pontossága. Amennyiben a szögmérő középpontja nem épp a mézszint tetejére esik, akkor a fénytörés sem a méz középpontjában következik be, következésképp a mért szögek nem egyeznek meg pontosan a kívánt α és β értékekkel. A szögmérőt minden mérés után megigazítottam, így ezt a hibaforrást kb. $\Delta h = 1$ mm-re tudtam csökkenteni. (A szögmérő sugara kb. 5 cm volt.)

3. A lézersugár esetleg nem a szögmérő síkjában vagy ezzel „párhuzamosan” (vízszintesen eltolva), hanem valahogyan „ferdén” esik be. Mivel vékony az edény, ezzel a hibalehetőséggel nem kell foglalkozni.

4. A hőmérséklet mérése. Ennek az adatnak a pontossága nem igazán fontos, elég csak körülbelüli értékét tudni. A szobahőmérséklet mérése $\pm 0{,}1^\circ$C pontosságú (hőmérő pontossága), magasabb hőmérsékleteken kb. $\Delta T = 1{,}5^\circ$C a hiba (mert a lézerrel való szögmérés során a méz hőmérséklete lassan csökkent, 2-4 fokot).

Hibaszámítás

A fő hibaforrás a szögmérésből származik (bár nagy α szögeknél a mézszint „pontatlansága” is jelentős szerepet játszik).

Foglalkozzunk a szögméréssel: $\Delta\varphi = 4{,}36 \cdot 10^{-2}$ rad (elég kicsi), vagyis a

$$\sin\Delta\varphi \approx \Delta\varphi \qquad \text{és} \qquad \cos\Delta\varphi \approx 1$$

közelítéseket alkalmazhatjuk. Ha a mért szög φ, akkor ezen szög szinuszának abszolút hibája

$$\Delta(\sin\varphi) = \sin(\varphi + \Delta\varphi) - \sin\varphi \approx \cos\varphi \cdot \Delta\varphi = 4{,}36 \cdot 10^{-2} \cdot \cos\varphi,$$

vagyis n (szögmérésből fakadó) pontatlansága

$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{\Delta(\sin\alpha)}{\sin\alpha} + \frac{\Delta(\sin\beta)}{\sin\beta} = 4{,}36 \cdot 10^{-2} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta),$$

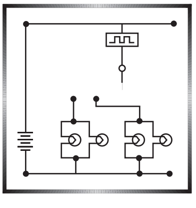
tehát

$$\Delta n \approx 6{,}5 \cdot 10^{-2} \cdot (\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta).$$

Ez főleg kis szögeknél jelentős (pl. $\alpha = 10^\circ$-nál nagyon nagy).

Fajszi Bulcsú (Budapesti Fazekas M. Gyak. Ált. Isk. és Gimn., 10. évf.)

11 dolgozat érkezett. 6 pontot kapott 6 megoldás. Hiányos (1–3 pont) 4, nem értékelhető 1 dolgozat.



Fizika gyakorlat megoldása

G. 624. *A Balatonon újonnan létesített vitorláskikötők egy része jégmentes, azaz a bent hagyott hajók körül igen nagy hidegben sem fagy be. Ezt a víz felkeverésével érik el. Miért működik ez a módszer?*

(*3 pont*)

Megoldás. A víz 4 °C-on a legsűrűbb, ezért az állóvizekben – ha csökken a hőmérséklet – a 4 fokos víz a tó fenekére süllyed. Az ennél hidegebb víz felülre (a felszín közelébe) kerül, és ott tovább hűlve általában megfagy. A víz – ha nincsenek benne áramlások – rossz hővezető, a felső (már megfagyott) réteg és az alatta lévő, kicsit melegebb vízréteg között csak lassú a hőcsere, a jégréteg csak lassan „hízik”.