

## A. Függelék

# Felületi feszültség mérése

### Tartalék gyakorlat!

A folyadékok felszínén lévő molekuláknak kevesebb szomszédja van, mint a folyadék belsejében. Ezért a felszínen lévő molekulák kevésbé kötöttek, azaz magasabb energiaszinten vannak a folyadék belsejéhez képest. Ezért a folyadék felszínén a felszínre merőleges irányú erő hat. Ez az erő alakítja ki például a cseppek gömb alakját (súlytalanságban, vagy kis méret esetén), illetve ez az erő olvasztja egybe az egymásnak ütköző folyadékcseppeket.

Felületi feszültségen a folyadék felszínén az egységnyi  $dl$  vonaldarabra eső  $dF$  erőt értjük. Ez az erő a folyadékfelszín érintősíkjaiban, az érintőre merőlegesen hat. A felületi feszültség definíciója tehát a következő:

$$\alpha = \frac{dF}{dl}.$$

A fentivel ekvivalens megfogalmazás: a felületi feszültség megmutatja, hogy a folyadékfelszín  $dA$  területességgel való megnöveléséhez mekkora  $dE$  energia szükséges.

$$\alpha = \frac{dE}{dA}.$$

A felületi feszültség független a felület nagyságától, amíg a hártya vastagsága nem túl kicsiny (kb. 0,00005 mm), erősen függ attól, hogy a szabad felszín milyen anyaggal érintkezik (ún. határfelületi feszültségek), valamint értékét jelentősen befolyásolja a hőmérséklet is.

### A.1. Felületi feszültség mérése gyűrű leszakításával

A legegyszerűbb módszer esetén a folyadékba ismert kerületű gyűrűt helyezünk, és a folyadéktól való elszakításkor fellépő erőt közvetlenül mérjük meg – a felületi feszültség egyszerű osztással adódik. Az eljárás nedvesítő folyadékok esetén, abszolút és relatív mérésre egyaránt alkalmazható.

A folyadékfelszín alá egy gondosan megtisztított, zsírtalanított nikkelezett rézkarikát merítünk. A gyűrűt felfelé húzva a külső és belső peremhez folyadékhártya tapad. Alkalmos erőmérő eszközzel megállapíthatjuk azt az erőt, amely a gyűrűnek a folyadékhártyáról történő leszakításához szükséges. A leszakadás pillanatában a folyadékhártya függőlegesen tapad fel a gyűrű külső és belső peremére egyaránt. Így a gyűrűt

$$F = 2(r_1 + r_2)\pi\alpha$$

erővel húzza, amelyben  $r_1$  és  $r_2$  a gyűrű belső és külső sugara. Innen:

$$\alpha = \frac{F}{2(r_1 + r_2)\pi}.$$

Erőmérőként egy rugó szolgál. A fémgyűrűt egy tükörskála elé függesztett, leolvasó távcsővel ellátott érzékeny rugóra akasztjuk, s egyensúlyi helyzetét leolvassuk, ez az  $x_0$  helyzet. Ismert  $m$  tömeget helyezve a serpenyőbe ismét leolvassuk a helyzetét ( $x$ ). Hooke törvénye értelmében:

$$D(x - x_0) = m \cdot g,$$

ahol  $g$  a gravitációs gyorsulás,  $D$  a rugóra jellemző rugóállandó.

Innen:

$$D = \frac{mg}{x - x_0}.$$

Most már rugónk „hiteles”, erőmérésre alkalmassá vált. Ezt az eljárást célszerű három különböző tömeggel elvégezni és a kapott értékeket átlagoljuk. A fémgyűrűt száraz, puha ronggyal megtöröljük, zsírtalanítjuk. Merítsük a gyűrűt a folyadékfelszín alá, majd a folyadékot tartalmazó tálkát húzzuk lassan lefelé. A rugó megnyúlásának állandó figyelése mellett 3-5 leszakítást végzünk, azaz azon  $x$  megnyúlásokat olvassuk le, amikor a folyadékfelszín éppen elszakad a gyűrűtől. A leolvasott megnyúlásokat átlagoljuk ( $x$ ) és kiszámítjuk az  $F$  erőt:

$$F = DX.$$

Így:

$$\alpha = K \cdot X, \quad K = \frac{D}{2\pi(r_1 + r_2)}$$

összefüggést kapjuk.  $K$  nem túl nagy megnyúlások esetén az adott eszközre nézve állandó. Relatív mérésnél  $K$  értékének ismeretére nincs szükség.

A gyűrű leszakításán alapszik egy másik mérő eszköz: a Du Noüy-féle készülék is, csak az erőmérés lényegében egy torziós mérleg segítségével valósul meg. A torziós szál egyik végét rögzítették. A torziós szálra mérőlegesen rudat rögzítettek, ennek végén található a platinagyűrű, és a központi jelet létrehozó lencse. A lencsét átvilágítva a központi jel megjelenik a tejüveg ernyőn. (A pontos méréshez a lencsének lényeges szerepe van.) A mérendő folyadékot a gyűrű alá egy kis üvegtálkába helyezzük. Alaphelyzetben a gyűrű a folyadékban van, majd mozgatjuk óvatosan lefelé a folyadékot tartó edényt.

A gyűrű mindaddig nyugalomban marad, míg bele nem ér a folyadék felületi rétegébe. Ezután együtt mozognak a felületi réteggel, de ezt kiküszöböljük a kör alakú skála elforgatásával, amin a szögelforduláshoz tartozó felületi feszültség  $\text{din/cm}$  egységekben leolvasható. A folyadékszintet és a skálát mindig úgy változtatjuk, hogy a központi jel helye változatlan maradjon az alapállapothoz képest. Abban a pillanatban kell leolvasni a skálát, amikor a két csavar mozgásának eredményeképpen a központi jel kissé felfelé mozdul, majd a gyűrű elválk a folyadék felszínétől. A pontos mérés feltétele a gondos tisztítás, ugyanis kis mennyiségű idegen anyag nagyon káros irányban befolyásolja a mérési adatokat. A legkisebb koncentrációjú oldat mérésével célszerű a mérést kezdeni és úgy haladjunk a nagyobb koncentrációk felé.

## A.2. Felületi feszültség mérése sztalagmométerrel

### Tartalék gyakorlat!

A felületi feszültség mérésére számos módszer alkalmas, ezek közül a gyakorlatban a sztalagmométeres módszer is eléggé elterjedt. Ennek lényege, hogy a folyadék lassú lecsepegtetésével, a keletkező cseppek száma alapján számíthatjuk ki a felületi feszültséget. A sztalagmométeres eljárás csak mint relatív módszer alkalmazható.

A mérésekre a végén vastag falú kapillárisal ellátott pipettát, a sztalagmométert használjuk. A kapillárison lassan átáramló folyadék a kapilláris alsó nyílásán cseppeket képez, melyek mindaddig felpadva

maradnak, míg a csepp súlya egyensúlyt tart a felületi feszültségből származó erővel. A csepp maximális súlya:

$$G = 2r\pi\alpha,$$

ahol  $r$  a kapilláriscső külső sugara,  $G$  a csepp súlya.

Csepegtessünk le két,  $\rho_1$  és  $\rho_2$  ismert sűrűségű, valamint  $\alpha_1$  és  $\alpha_2$  felületi feszültségű folyadékból azonos  $V$  térfogatnyi mennyiségeket. Jelöljük a cseppek számát  $z_1$  és  $z_2$ -vel, ekkor:

$$\rho_1 V g = z_1 G_1 = z_1 \cdot 2\pi r \alpha_1,$$

$$\rho_2 V g = z_2 G_2 = z_2 \cdot 2\pi r \alpha_2.$$

Relatív méréssel meghatározhatjuk a két folyadék felületi feszültségének arányát:

$$\alpha_2 = \alpha_1 \frac{z_1 \rho_2}{z_2 \rho_1}.$$

Ha az egyik folyadék felületi feszültségét pontosan ismerjük (pl. ez lehet desztillált víz), a relatív méréssel tetszőleges folyadék felületi feszültségét meg lehet határozni. A víz felületi feszültségét adott hőmérsékleten megadja az alábbi empirikus formula,

$$\alpha_1(T) = (72,9 - 0,155(T - 18^\circ C)) 10^{-3} \text{N/m}.$$

A méréskor nagyon fontos, hogy a mért térfogatok azonosak legyenek! A sztalagmométer alsó nyílását minden esetben alkohollal zsirtalanítani kell. Minden mérés előtt a mérendő folyadékkal is át kell öblíteni a sztalagmométert. A kifolyási sebességet úgy állítsuk be, hogy az kb. 70 csepp/min legyen.