

SZILÁRD TESTEK SŰRŰSÉGÉNEK MÉRÉSE

Wiener Csilla, Sáray István, Szommer Péter, Zavaczki Csilla

1. Elméleti háttér

Homogén testnek nevezzük az olyan testet, amelynek minden része ugyanolyan tulajdonságú anyagból áll. Homogén például az üveg, a fémek, a víz, a lufiba zárt levegő. (Nem homogén például a víz-olaj keverék és a szivacs.) Egy homogén test ρ sűrűségén a test m tömegének és V térfogatának hányadosát értjük:

$$\rho = \frac{m}{V}.$$

2. A mérés leírása

A mérés során különféle fémek sűrűségeit határozzuk meg kétféle módszerrel: közvetlenül és Mohr-Westphal mérleggel.

Közvetlen módszer

Ebben az esetben a test sűrűségét közvetlenül a test tömegének és térfogatának mérésre vezethetjük vissza. A szabályos téglatest illetve körhenger alakú próbatestek méreteinek megméréseivel meghatározhatjuk térfogataikat, majd mérleggel megmérjük a próbatestek tömegeit. A sűrűség ezekből az adatokból megkapható.

Sűrűségmérés Mohr-Westphal mérleggel

A módszer azon alapszik, hogy a térfogattal arányos felhajtóerőt, akárcsak a tömeggel arányos súlyt, ugyanazzal a mérleggel mérjük a szilárd testek sűrűségének meghatározásánál. A test súlyának mérésekor a mérlegre mind a súlytányért, mind a merülőtányért felakasztjuk.

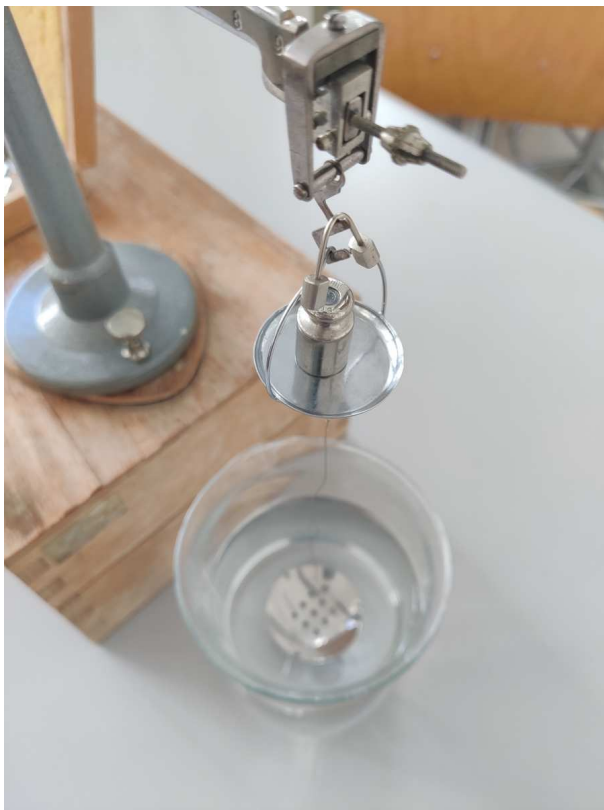
A mérleget egy 20g-os súllyal kiegyensúlyozzuk ha nem ebben az állapotban van a mérőhelyen (ennek módja a mérés menete részben található). A bal oldalán a mérés során már csak az egyensúly meglétét ellenőrizzük. A mérleg ebben az esetben akkor lesz egyensúlyban, ha a súlytányéron lévő tömeg összesen 20g (2.ábra). Ha tehát egy 20g-nál kisebb tömegű, *kis méretű hengert* a súlytányérra helyezünk és a mérleget sikerül egyensúlyba hoznunk a henger mellé rakott súlyok segítségével, a kis henger tömegét úgy kapjuk meg hogy a 20g-ból kivonjuk a ráhelyezett súlyok tömegét g-ban.



1.ábra. A mérleg a 20g-mal egyensúlyban.



2.ábra. A mérleg a mintával és súlyokkal kiegyensúlyozva.



3.ábra. A mérleg a 20g-mal egyensúlyban közelebről nézve.



4.ábra. A minta és súlyok.

Ha ezek után a kis hengert (vagyis a mintát) a merülőtányérra helyezzük, de a mérleg egyensúlyba hozásához szükséges súlyokat a súlytányéron hagyjuk, akkor a minta tömegéből adódó forgatónyomaték az előzőek alapján már ki van egyenlítve. A mérleg egyensúlya mégis felborul, mivel a minta most már vízben van, így a V térfogatú mintára F_{fel} felhajtóerő hat:

$$F_{fel} = V \rho_v g,$$

ahol ρ_v a víz sűrűsége. Ezt a felhajtóerőt, ami a folyadékba merülő test térfogatával arányos, a jobb oldali mérlegkar vágataiba helyezett úgynevezett lovasokkal egyenlítjük ki.



5. ábra. Térfogatméréshez a mintát a merülőtányérra helyezzük, majd a mérleget lovasok segítségével kiegyensúlyozzuk.

A mérleget úgy készítették, hogy a legnagyobb lovas súlya megegyezik 10ml 20° C-os desztillált víz súlyával. A többi lovas súlya a legnagyobb lovas G súlyának tizede, százada, illetve ezred része. Így ha a mintára ható felhajtóerőt kiegyensúlyoztuk a lovasokkal, akkor a minta térfogata a forgatónyomatékokból számítható. Legyen például a legnagyobb lovas a 4. vájatban, a második legnagyobb lovas a 6. vájatban, a harmadik lovas pedig az 1. vájatban. Elegendő a lovasok súlyából adódó forgatónyomatékokat és az F_{fel} felhajtóerőből származó forgatónyomatékokat vizsgálni. Két szomszédos vájat távolságát k -val jelölve az eredő forgatónyomaték

$$0 = G4k + \frac{1}{10}G6k + \frac{1}{100}G1k - F_{fel}10k.$$

Innen

$$F_{fel} = 0,461G.$$

Mivel G éppen 10 ml 20°C-os desztillált víz tömege, ezért

$$G = 10\text{cm}^3 \rho_{v20}g.$$

A mintára ható felhajtóerő ugyanakkor

$$F_{fel} = V \rho_v g,$$

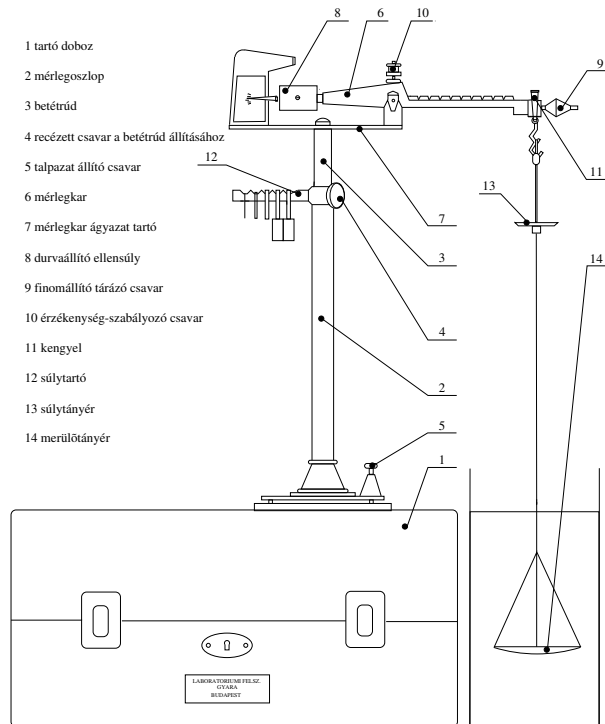
amiből ha a desztillált víz hőmérséklete 20°C-os, azaz $\rho_{v20} = \rho_v$, akkor

$$V = 10\text{cm}^3 \cdot 0,461 = 4,61\text{cm}^3.$$

A tömeg és a térfogat hányadosából már számolható a sűrűség. Ez utóbbi módszer talán bonyolultabbnak tűnik a közvetlen módszernél, ám a Mohr-Westphal mérleggel tetszőleges alakú test térfogata és tömege – és ezáltal sűrűsége is mérhető.

3. A mérés menete

A mérleg a mérőhelyen általában a 20g-mal kiegyensúlyozott állapotban várja a mérőket. Az alábbi leírás arra az esetre vonatkozik ha ezt a beállítást nekünk kell elvégezni. A Mohr-Westphal féle eszköz egykarú mérleg (4. ábra). A mérleg doboza egyúttal a mérlegasztal is. A háromlábú talpon álló "2" mérlegoszlopból a "3" betétrúd kiemelhető és a méréshez legmegfelelőbb magasságban rögzíthető. A mérleg összeállításakor a mérlegoszlopot függőlegesre állítjuk be a talpazat állító csavarjainak segítségével. A mérlegkar finoman csiszolt, keményacél ék és ágyazat segítségével fekszik fel a mérleg tartószerkezetére. A tartó egyik végén van a skála. A mérlegkar skála felőli, rövidebbik részének végén találjuk a "8" durvabeállító súlyt a skálára irányuló mutatóval, a hosszabbik rész végén pedig a "9" finombeállító anyacsavart. Az érzékenység-szabályozó "10" csavar a fő él felett található.



6. ábra. Mohr-Westphal mérleg rajza.

Szilárd testek sűrűségének méréséhez a kengyel alsó horgába a súlytányért, az alá pedig a merülő tányért akasztjuk. Ha a súlytartó tányérra a 20 g-os súlyt feltesszük, a mérlegnek egyensúlyba kell kerülnie. Ha az egyensúly mégsem állna be, akkor a "9" állítócsavar, vagy esetleg a "8" durvaállító súly segítségével állítsuk be a mérleg egyensúlyi helyzetét. A mérés során a továbbiakban a "8" és a "9" valamint az "5" csavarokat elállítani nem szabad, mert akkor a mérleg nem működik helyesen.

Ha most a merülő tányért 20°C-os desztillált vízbe merítjük, akkor az egyensúly a tányérra ható felhajtóerő miatt felborul. Ezt a felhajtóerőt a kengyelre akasztott, speciális kiegyenlítő-súllyal kompenzálhatjuk ki.

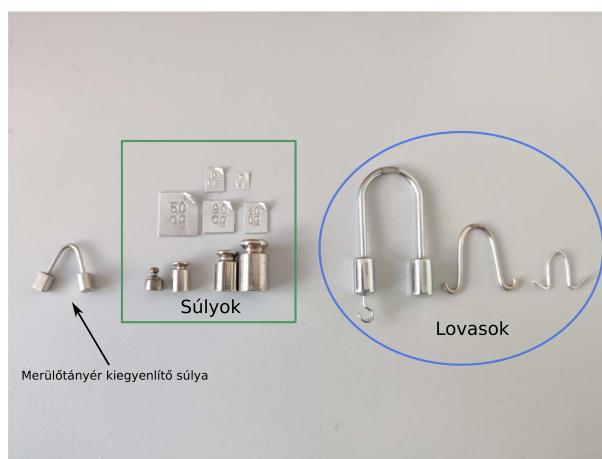
A Mohr-Westphal mérleget rendszerint helyesen beállítva, mérésre kész állapotban találjuk a mérőhelyen, és nincs szükség a fentiekben leírt műveletek elvégzésére.

A Mohr-Westphal mérleggel történő méréskor a vizsgálandó szilárd anyagot, (amelynek 20g-nál kevesebbnek kell lennie, ami csak a legkisebb korongnál teljesül), először a súlytányérra helyezzük, és a mérleghez tartozó súlysorozat alkalmazásával a mérleget kiegyensúlyozzuk.

Ezzel a minta tömegét meghatároztuk, ugyanis ez a tömeg a felrakott ismert súlyok tömegével együtt éppen 20g-ot tesz ki. A pontos tömeg meghatározáshoz a skálaértékekre is szükség van.

Ezután, az előzőkben felrakott súlyokat a mérlegen hagyva, a mintát át tesszük a 20°C-os vízben lévő merülő tányérra, és a mérleget, amely a mintára ható felhajtó erő miatt megint kiegyenlítetlen lett, most lovasok felrakásával ismét kiegyensúlyozzuk. Ismerve a vizsgálandó anyag tömegét, továbbá a lovasok nagyságából és helyzetéből közvetlenül adódó térfogatot, a sűrűség kiszámítható. (A legnagyobb lovas pontosan 10 cm³ 20°C-os desztillált víz súlyával egyenértékű, ha éppen a mérlegkar végére, a 10-es helyiértékűnek veendő horgára van akasztva, a kisebb lovasok pedig ennek tized, század, ezredrészei. Ha a lovas nem a 10-es, hanem pl. a 7-es helyiértékű rovátkában van, akkor névleges értékének a hét tized részét képviseli, stb.)

Figyelem! A lovasokat nem szabad egymás mellé helyezni, mert az meghamisítaná az általa gyakorolt forgatónyomatékokat. Ehelyett, szükség esetén, a második vagy harmadik lovas az elsőnek felhelyezett lovas horgába kell tenni, mert így a lovasok súlyvonala a mérlegkar rovátkáján fog átmenni.



7.ábra. A nem összekeverendő tartozékok

Mérési feladatok

1. Mérjük meg tolmérővel a téglatest(ek) oldalait, és csavarmikrométerrel a nagyobb henger(ek) méreteit! Számítsuk ki a térfogataikat és a térfogatértékek bizonytalanságait! (A mérőpár egyik tagja két nagy hengert és egy téglatestet méreteit, a mérőpár másik tagja két téglatest és egy nagy henger méreteit méri le.)
2. Mérjük meg ugyanezen próbatestek tömegeit mérlegen, és határozzuk meg a tömegmérés hibáját!(A mérleg műszerbizonytalansága 0,025g-nak vehető).
3. A kapott adatokból számítsuk ki a próbatestek sűrűségeit és adjuk meg a sűrűségek bizonytalanságait a hibaterjedés képletének a felhasználásával!
4. Az ugyanezen anyagokból készült rövidebb hengeres próbatesteken végezzük el a sűrűség közvetlen mérését Mohr-Westphal mérleggel.
5. Készítsünk eredménytáblázatot, amely tartalmazza a különböző anyagok különböző mérésekkel kapott sűrűségértékeit és azok hibáit.

6. A diszkusszióban vegyük kritikai vizsgálat alá méréseinket, vessük össze a különböző módszerekkel kapott eredményeket egymással, és táblázatokból kikereshető adatokkal is, és ennek alapján próbáljuk azonosítani a próbatestek anyagait.