

Szilárd testek sűrűségének mérése

Asztalos Bogdán (7. mérőpár)

mérés időpontja: 2017. 03. 28.

jegyzőkönyv leadásának időpontja: 2017. 04. 04.

A mérés célja

A homogén anyagokból tetszőleges darabot választva a test tömege egyenes arányban áll a test térfogatával, ez az arány a sűrűség. A mérés célja a példatestek sűrűségének meghatározása két különböző módszer segítségével, és ezek összehasonlítása egymással, valamint az irodalmi adattal.

A mérés eszközei

- próbatestek
- digitális mérleg
- tolómérő
- csavarmikrométer
- Mohr-Westphal-mérleg
- edényben desztillált víz
- súlyok

A mérés menete

A testek sűrűségét kétféle módszerrel mérjük meg. Az első esetben szabályos testek tömegét és térfogatát mérjük meg külön-külön. A három téglatest oldalhosszúságait tolómérővel, a henger magasságát, és átmérőjét pedig csavarmikrométerrel határozzuk meg. A tömegeket pedig digitális mérleg segítségével kapjuk meg. A tömeg és a térfogat hányadosaként kiszámolható a sűrűség is.

A második esetben a Mohr-Westphal-mérleget használjuk. A mérleg egykarú, amire fel van akasztva a súlytányér, és az alatt a merülőtányér. A merülőtányért a desztillált vízbe merítve akkora felhajtóerő hat rá, hogy a súlytányérba tett 20 g-nyi tömeggel lehet kiegyensúlyozni, ezt a mérés elején ellenőriztük. A próbatestet súlytányérba téve, (ha nincs 20 g-os), még mellé tett súlyok szükségesek, hogy a mérleg kiegyenlítődjön. Lemérve, hogy mennyi tömeg kell a mérendő test mellé, hogy a teljes tömeg elérje a 20 g-ot, megkapható a test tömege.

Ezután, a mérendő testet a merülőtálba téve, az egyensúly újból felborul, amit a mérleg karján lévő rovátkákba tehető lovasokkal lehet kiegyenlíteni. Különböző rovátkákba tett lovasok különböző forgatónyomatékokat okoznak, így a helyzetükből kiszámítható, mekkora felhajtóerőt okozott a mérendő test, így lehet következtetni a térfogatára.

Hibák

- a mérleg egyensúlyának hibás megállapítása
- a digitális mérleg, a tolómérő és a csavarmikrométer szisztematikus hibája
- a víz sűrűségének és hőmérsékletének nem pontos ismerete
- a mérleg karjának tapadási súrlódása

Kiértékelés

Közvetlen mérés

Az mérés első részében közvetlenül mérjük meg a testek tömegét és térfogatát. A tömeget digitális mérleggel mértük meg, ami $0,01\text{ g}$ pontosan mutatta az értéket, de több, közvetlen egymás utáni mérés alkalmával is kicsivel különböző értékeket mutatott, ezért a mérés bizonytalanságát $\Delta m = 0,05\text{ g}$ -nak vettük.

A hasábok térfogatát az oldalhosszuk tolómérővel való megméréseivel tudjuk kiszámítani: $V_{hasab} = abc$. A tolómérővel $0,05\text{ mm}$ pontossággal tudjuk leolvasni a hosszúságot, ennek a mérésnek a bizonytalansága: $\Delta x_{tolo} = 0,05\text{ mm}$. A henger magasságát és átmérőjét csavarmikrométerrel mérjük, ezekből a térfogat: $V_{henger} = \left(\frac{d}{2}\right)^2 h\pi$. A csavarmikrométer bizonytalansága: $\Delta x_{csavar} = 0,01\text{ mm}$.

	d [mm]	h [mm]	m [g]
Henger	18,83	16,29	12,55

	a [mm]	b [mm]	c [mm]	m [g]
1. Hasáb	32,00	15,80	12,95	50,75
2. Hasáb	28,90	15,85	13,35	53,70

1. táblázat. A hasábok és a nagy henger paramétereinek mért adatai

A mért adatokat az 1. táblázat tartalmazza. Ezekkel az adatokkal, és a fenti képletekkel ki lehet számolni a testek $\rho = \frac{m}{V}$ sűrűségét. Mivel a mért adatoknak bizonytalansága is van, ezek a számolások során továbböröklődnek. A hibaszámítás szabályai szerint, a sűrűség hibája $\delta\rho = \delta m + \delta V$, ahol a δ a mennyiségek relatív hibáját jelenti. A különböző képletek miatt a hasábok és a henger térfogatának hibája különböző módon számolható: $\delta V_{henger} = 2 \cdot \delta d + \delta h$ és $\delta V_{hasab} = \delta a + \delta b + \delta c$. Ezek alapján már kiszámolható a sűrűségek hibája is.

A kiszámolt sűrűségértékeket és ezek hibáit a 2. táblázat tartalmazza.

	ρ [g/cm ³]	$\Delta\rho$ [g/cm ³]
Henger	2,767	0,016
1. Hasáb	7,751	0,074
2. Hasáb	8,781	0,084

2. táblázat. A kapott sűrűségértékek

Mérés Mohr-Westphal-mérleggel

A mérés második részében a Mohr-Westphal-mérleget használjuk. A súlytányérban lévő test mellé tett súlyok összes tömege egészíti ki a test tömegét 20 g -ra, így a mérendő test tömege $m = 20\text{ g} - m_s$, ahol m_s a súlyok összes tömege.

Minták	Tömegek [g]									
	10	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,01	
1. Henger	1	1								
2. Henger		1		1		1	1			
3. Henger		1	1	1		1	1			

Minták	Lovasok pozíciói		
	Nagy	Köz.	Kicsi
1. Henger	1	8	2
2. Henger	1	3	8
3. Henger	1	4	9

3. táblázat. A Mohr-Westphal mérleggel végzett mérés mért értékei

Miután a testet a vízbe tettük, a lovasokkal egyensúlyozzuk ki a mérleg karját. A mérleg leírása szerint a legnagyobb lovasat a 10. rovátkába téve, 10 cm^3 20°C -os víz súlyának megfelelő felhajtóerőt tud kiegyensúlyozni, a másik két lovas tömege pedig ennek a tömegének tized illetve század része. Mivel a mérleg karján pont 10 rovátka van egyenlő távolságban, ezért a mérendő test térfogata cm^3 -ben meghatározható, és a különböző helyiértékeken szereplő számok a különböző lovasok pozícióinak felelnek meg.

A mért értékeket a 3. táblázat tartalmazza. A fent leírtak alapján ezekből kiszámolható a mérendő testek tömege és térfogata, amik hányadosa a sűrűség. Az így kapott értékeket a 4. táblázat tartalmazza.

Minták	m [g]	V [cm^3]	ρ [g/cm^3]
1. Henger	5,0	1,82	2,75
2. Henger	13,7	1,38	9,93
3. Henger	11,3	1,49	7,58

4. táblázat. A kapott sűrűségértékek

A mérés leírás szerint a két mérésben résztvevő anyagok ugyanazok voltak. Mivel a három-három testnek elég különböző színük volt könnyen be lehet azonosítani, hogy melyek az összetartozó párok. Az első mérésben a henger, és a második mérésben az 1. henger világosszürke volt, a kapott sűrűségérték alapján, valószínűleg alumíniumból. Az első mérésben az 1. hasáb, a második mérésben a 3. henger sötétszürke volt, ezek valószínűleg vasból készültek, a harmadik testek pedig vörösek voltak, azok anyaga feltételezhetően vörösréz. A sűrűségük összehasonlítva táblázatba foglalva az 5. táblázatban látható.

Feltételezett anyag	ρ_k [g/cm^3]	ρ_{mw} [g/cm^3]	ρ_i [g/cm^3]
alumínium	2,767	2,75	2,702
vas	7,751	7,58	7,874
vörösréz	8,871	9,93	8,920

5. táblázat. A különböző anyagok mért sűrűsége közvetlen méréssel (ρ_k), a Mohr-Westphal-mérleggel (ρ_{mw}) valamint az irodalmi adat (ρ_i).

Diszkusszió

A vas, és az alumínium testek mért sűrűsége közel állnak egymáshoz, és az irodalmi értékekhez. Tökéletes egyezést úgysem várunk, hiszen, két különböző testet vizsgáljunk, így még ha azonos anyagból készültek is, némi különbség lehet közöttük. A réz esetén viszont nagyobb van eltérés a két mérés között. Mivel a közvetlen mérésből adódó adat elég közel van a réz sűrűségének irodalmi értékéhez, valószínű, hogy a testek anyaga valóban réz, csak a Mohr-Westphal-mérleggel való mérésnél becsúsztott egy nagyobb hiba. Ezt okozhatta szinte bármilyen bizonytalanság a Mohr-Westphal-mérlegnél (a referenciatömegek pontatlansága, a lovasok pontatlansága, a mérleg karjának tapadási súrlódása, hibás leolvasás stb. . .), de mivel itt nem végeztünk részletes hibabecslést és hibaszámítást, a kiugró adat okát, és a hiba nagyságát megmondani nem tudjuk.