

A legtöbbször úgy mérték meg az üveg belső űrtartalmát, hogy teletöltötték a sörösüveget vízzel, majd mérőhengerrel megmérték a víz térfogatát. (Néhányan az átmérőt és a magasságot mérve hengerből és csónkakúpból „összerakott” test térfogatát számolták. Ez sokkal pontatlanabb eljárás, mint a közvetlen térfogatmérés.)

Az üveg saját térfogatát kétféle egyszerű módon is mérhetjük. Voltak, akik egy elegendően nagyméretű, részben vízzel töltött mérőhengerbe nyomták bele a sörösüveget. Amikor az összes levegő kiszorult az üvegből, a vízszint emelkedése megadta az üveg (saját) térfogatát. Egy másik módszer: vízzel tele üveges sülyesztünk a mérőhengerbe, ekkor a szintemelkedés az üveg „külső térfogatát” adja meg, amelyből az előzőleg meghatározott „belső térfogatot” kivonva az üveg térfogatát kapjuk.

Az üveg anyagának (átlagos) sűrűségét az üveg tömegének és térfogatának hányadosaként kapjuk. A tömeg mérleggel vagy rugós erőmérővel mérhető. A sűrűség relatív hibája (a hibaterjedés törvényei szerint) a térfogatmérés relatív hibájának és a tömegmérés relatív hibájának összege.

Az úszás stabilis egyensúlyi helyzetét úgy vizsgálhatjuk, hogy fokozatosan vizet töltünk az üvegbe, s különböző vízmennyiségeknél megfigyeljük az üveg helyzetét. *Dedinszky Zsófia* (Fazekas M. Főv. Gyak. Gimn., II. o.t.) az *ábrán* látható módon cérnával kikötötte az üveg száját, majd fokozatosan vizet töltve az üvegbe azt figyelte, mikor lazul meg a cérna.

Major Zsuzsanna (Stuttgart, Friedrich-Eugens Gymn., IV. o.t.) megmérte, hogy miként változik a sörösüveg szimmetriatengelyének a vízszintessel bezárt α szöge az üvegben levő víz V térfogatának függvényében. Azt tapasztalta (lásd a *grafikont*), hogy az üveg nemcsak kétféle (vízszintes és függőleges) helyzetben tud stabilan úszni, hanem ezek között meglehetősen gyorsan változó, de mégiscsak fokozatos az átmenet.

Az elsüllyedéshez szükséges vízmennyiség jól mérhető: a függőleges helyzetben úszó üvegbe mérőhengerből lassan vizet töltve a kritikus érték a maradék vízből pontosan meghatározható.

Néhány mérési adat Major Zsuzsanna dolgozatából, aki a térfogatmérést tömegméréssel helyettesítette, hogy elkerülje a víz áttöltésekor a nedvesítés okozta hibát.

$$\begin{aligned}
\text{Az üres üveg tömege:} & \quad m_{\text{üres}} = 350 \text{ g} \pm 10 \text{ g}, \\
\text{a tele üveg tömege:} & \quad m_{\text{tele}} = 870 \text{ g} \pm 10 \text{ g}, \\
\text{az üveg belső űrtartalma:} & \quad V_{\text{belső}} = \frac{m_{\text{tele}} - m_{\text{üres}}}{1 \text{ g/cm}^3} = 520 \text{ cm}^3 \pm 20 \text{ cm}^3, \\
\text{Az üveg külső térfogata:} & \quad V_{\text{külső}} = 700 \text{ cm}^3 \pm 20 \text{ cm}^3, \\
\text{az üveg saját térfogata:} & \quad V_{\text{üveg}} = V_{\text{külső}} - V_{\text{belső}} = 180 \text{ cm}^3 \pm 40 \text{ cm}^3, \\
\text{az üveg sűrűsége:} & \quad \varrho_{\text{üveg}} = \frac{m_{\text{üveg}}}{V_{\text{üveg}}} = 2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \pm 25\%.
\end{aligned}$$

A „szájával fölfelé” úszáshoz szükséges vízmennyiség, vagyis a *grafikonon* megjelölt V_0 átbillenési érték: $170 \text{ cm}^3 \pm 10 \text{ cm}^3$. Az üveg elsüllyedéséhez szükséges vízmennyiség: $V_{\text{süllyed}} = 290 \text{ cm}^3 \pm 5 \text{ cm}^3$.

Tamás Bálint (Győr, Révai M. Gimn., II. o.t.) kétfajta üveggel mért, és mindegyik üveggel háromszor végezte el a mérést. Az általa kapott értékek:

	$V_{\text{belső}}$ [cm ³]	$V_{\text{üveg}}$ [cm ³]	$\varrho_{\text{üveg}}$ [g/cm ³]	V_0 [cm ³]	$V_{\text{süllyed}}$ [cm ³]	számított $V_{\text{süllyed}}$ [cm ³]
első üveg	514	175	2,04	188	300	332
második üveg	516	160	2,19	201	312	325

A *táblázat* utolsó oszlopában az üveg elsüllyedéséhez szükséges vízmennyiségnek a

$$(V_{\text{belső}} + V_{\text{üveg}}) \cdot \varrho_{\text{víz}} \cdot g = V_{\text{üveg}} \cdot \varrho_{\text{üveg}} \cdot g + V_{\text{süllyed}} \cdot \varrho_{\text{víz}} \cdot g$$

képletből számított értéke szerepel. Ennek és a közvetlenül mért értékeknek összevetéséből is adhatunk hibabecslést: a táblázatban szereplő adatok durván $\pm 10\%$ pontosságúak.

Megjegyzések. 1. A legtöbb megoldó csak egyetlen sörösüveggel mért. Célszerű lett volna több (esetleg különböző) üveggel is elvégezni a mérést.

2. Néhány dolgozatban csak a mérési módszer szerepel, de konkrét mérési adatokat nem küldtek be. Ezek a dolgozatok nem kaptak pontot. Sokan csak mérési adatokat küldtek be, de nem ismertették a mérési módszert, és nem végeztek hibaszámítást. Ezek a dolgozatok hiányosak.