

A mérés végrehajtása előtt tekintsük át az úszás stabilitásának feltételeit! Egy úszó testre két erő hat, a nehézségi erő, amelynek támadáspontja a test középpontjában van, és a felhajtóerő, amely a vízbe merülő rész geometriai középpontjában támad, és nagysága e rész térfogatával arányos. Az úszó test akkor van egyensúlyban, ha e két erő nagysága megegyezik, és hatásvonaluk egy egyenesbe esik, azaz az erők forgatónyomatéka nulla. Az egyensúlyi helyzet akkor stabilis, ha a testet kicsit kibillentve e helyzetéből a felhajtóerő támadáspontja úgy tolódik el, hogy a nehézségi erővel alkotott erőpár forgatónyomatéka a kimozdítással ellentétes irányú legyen. Tekintsük az *1. ábrán* látható kicsit kibillentett úszó testeket! A test súlypontján áthaladó, az egyensúlyi helyzetben függőleges irányú egyenesnek és a felhajtóerő hatásvonalának metszéspontját *metacentrumnak* nevezzük; ezt a pontot az ábrán *M* jelöli. Az *a)* esetben az egyensúlyi helyzet stabilis; a metacentrum a súlypont fölött helyezkedik el. A *b)* esetben az egyensúlyi helyzet instabil; a metacentrum a súlypont alatt helyezkedik el. Látható, hogy egy úszó test egyensúlyi helyzetének stabilitását a metacentrum helyének vizsgálatával dönthetjük el. Ez a feladat még szabályos testeknél is igen bonyolult, nehezen kezelhető lehet, hiszen a test kibillentett helyzetében a vízbe merülő rész már szabálytalan alakú. Egy test általában több instabil, illetve (lokálisan) stabilis egyensúlyi helyzetben is úszhat.

*1. ábra*

Térjünk át a mérésre! *Bódis Ildikó* (Sümege, Kisfaludi S. Gimn., III. o.t.) eredményét ismertetjük. A megoldó három különböző fával, parafával, fenyőfával és gyertyánnal kísérletezett, amelyek sűrűségét és a hengerek átmérőjét előzőleg lemérte:

a gyertyán sűrűsége:  $\rho_{gy} = 0,67 \text{ g/cm}^3$ ,    átmérője:  $d_{pf} = 2,3 \text{ cm}$ .  
a parafa sűrűsége:  $\rho_{pf} = 0,2 \text{ g/cm}^3$ ,    átmérője:  $d_{pf} = 2,4 \text{ cm}$ ,  
a fenyőfa sűrűsége:  $\rho_{ff} = 0,56 \text{ g/cm}^3$ ,    átmérője:  $d_{pf} = 2,25 \text{ cm}$ ,  
a gyertyán sűrűsége:  $\rho_{gy} = 0,67 \text{ g/cm}^3$ ,    átmérője:  $d_{pf} = 2,3 \text{ cm}$ .

Mindhárom esetben azt tapasztalta, hogy kis magasságú hengerek (korongok) esetén csak a függőleges tengelyű helyzet stabilis, nagyobb magasságok esetén ferde helyzetben úsznak stabilan a testek (és a megdőlés szöge függ a henger magasságától), végül még nagyobb magasságú hengerek (rudak) esetén csak a vízszintes helyzet stabilis. A kritikus magasságokra kapott értékek a táblázatban láthatók. Célszerű a magasság/átmérő ( $l/d$ ) arány szerint is ábrázolni a kapott eredményeket; ez látható a 2. ábrán.

fafajta	sűrűség [g/cm <sup>3</sup> ]	átmérő [cm]	stabilis helyzet ( $l$ a magasságot jelöli)		
			függőleges	ferde	vízszintes
parafa	0,2	2,4	$l < 1,3 \text{ cm}$	$1,3 \text{ cm} < l < 2,4 \text{ cm}$	$2,4 \text{ cm} < l$
fenyőfa	0,56	2,25	$l < 1,3 \text{ cm}$	$1,3 \text{ cm} < l < 2,4 \text{ cm}$	$2,4 \text{ cm} < l$
gyertyán	0,67	2,3	$l < 1,9 \text{ cm}$	$1,9 \text{ cm} < l < 2,2 \text{ cm}$	$2,2 \text{ cm} < l$

## 2. ábra

*Becker Johanna* (Budapest, Árpád Gimn., III. o.t.) farúd helyett annál kicsit nagyobb sűrűségű anyagot, gyertyát (viaszt), és víz helyett különböző koncentrációjú (így különböző sűrűségű) sóoldatokat használt méréséhez. Így két paramétert tudott szabadon változtatni, a henger alakját jellemző magasság/átmérő ( $l/d$ ) arányt, valamint a gyertya és a sóoldat  $\rho_{\text{gy}}/\rho_{\text{s}}$  sűrűségarányát. Azt tapasztalta, hogy ha a sűrűségarány közel egy, akkor mind a függőleges, mind a vízszintes helyzet (lokálisan) stabilis; ezt mutatja a 3. ábra.

3. *ábra.* Az I. tartományban a függőleges, a II.-ban a vízszintes, a III.-ban pedig mindkét tengelyhelyzet stabilis

Sok megoldó felfigyelt arra, hogy viszonylag kis méretű testek esetén a felületi feszültség is jelentősen befolyásolja az úszás stabilis helyzetét.