

A NYOMÁS

A diver in a dark wetsuit and mask is seen from behind, swimming in a deep blue underwater environment. The diver is surrounded by a large school of fish, including several prominent ones with white bodies and yellow markings. The lighting is dim, creating a serene and mysterious atmosphere.

A következő fejezetekből azt ismerhetjük meg, hogy milyen hatása van a testekre a szilárd, a folyékony és a légnemű testek súlyából származó nyomóerőnek. Kísérleteket végzünk arra is, hogy milyen következménnyel jár, ha a zárt térben levő folyadékra vagy légnemű anyagra erőt fejtünk ki. Megismerkedünk azzal is, hogy mely testek úsznak, lebegnek vagy merülnek el a folyadékban.

23. A SZILÁRD TESTEK NYOMÁSA



Kamion gumiabroncsai

A nyomóerő és a nyomott felület

Aszfaltos úton nyári melegben a szekér kereke besüppedne. Ezért aszfaltos úton csak olyan szekérral szabad közlekedni, amelyiknek gumiabroncsos kereke van. A teherautók, kamionok kereke is megrongálhatja az utat. Ezért a nagy tömegű kamionoknak több tengelyük van, így a talajra ható *nyomóerő* nagyobb *nyomott felületen* oszlik el. Amikor megépítenek egy új utat, akkor a forgalom megindítása előtt az út minőségének az ellenőrzése céljából mintát vesznek az útból, és azt laboratóriumban vizsgálják meg.

Az erdei úton nyomot hagy maga után a teherautó. A teherautó súlyából adódóan *nyomóerőt* fejt ki a talajra. Ha fát raknak a teherautóra, akkor megnő a nyomóerő, és a kerekek nagyobb mértékben süppednek a talajba.

Szöveget verünk egy deszkalap négy sarkába. Az így elkészített asztalkát a homokba állítjuk. A szögek bemélyednek a homokba. Nehezéket teszünk az asztalka lapjára. A szögek az előbbinél mélyebben süppednek a homokba. Amikor nehezéket rakunk az asztalkára, megnő az asztalka és a nehezék együttes súlya, megnő a homokra ható nyomóerő. Ennek következtében süppednek mélyebbre a szögek a homokba.

Az asztalkát most lapjánál fogva helyezzük a homokba. A deszkalap sokkal nagyobb felületen érintkezik a homokkal, mint a négy szög. Most is ugyanakkora a nyomóerő, mint az első kísérletben, de most alig észrevehető az asztalka lapjának besüppedése a homokba.



Új út minőségének ellenőrzése

Télen mélyen besüppedünk a nagy hóba. Ha viszont síléc van a lábunkon, a síléc alig nyomódik be a hóba, pedig így is teljes súlyunkkal nehezünk a hóra. Testsúlyunk azonban így sokkal nagyobb felületen oszlik el. Nagyobb a *nyomott felület*.

A lánctalpas traktornak nagy a súlya. Mégsem süllyed el a szántóföldön, mivel a lánctalpnak nagy a nyomott felülete, s azon oszlik el a traktor súlya.

A nyomás

Eddigi tapasztalataink összegzéseként a következőket állapíthatjuk meg:

- A szilárd testekre ható nyomás annál nagyobb,
- minél nagyobb a *nyomóerő*,
- minél kisebb a *nyomott felület*.

Ennek megfelelően a testek nyomását a nyomóerő és a nyomott felület ismeretében állapíthatjuk meg. E mennyiségek alapján *úgy határozhatjuk meg a nyomást, hogy a nyomóerőt osztjuk a nyomott felülettel*.

Ha kiszámítjuk az előzőekben vizsgált testek nyomását, akkor a lenti táblázatban foglalt adatokat kapjuk. (Az egyes testeket a nyomóerő növekvő sorrendjében tüntetjük fel a táblázatban. A mérőszámok elosztása után a mértékegységek osztását is jelöljük.)

Más testek nyomását is hasonló módon számíthatjuk ki. A kiszámítás módját röviden a következő módon írhatjuk fel. (Az osztást törtvonallal jelöljük.)

$$\text{nyomás} = \frac{\text{nyomóerő}}{\text{nyomott felület}} \quad p = \frac{F}{A}$$

A nyomás mértékegysége a nyomóerő mértékegységének (N) és a nyomott felület mértékegységének (m²) a hányadosából adódik: $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$ (newton per négyzetméter). Ezt a mértékegységet *Pascal* (pázkál) francia fizikus nevére pascalnak (Pa) nevezték el.

$$1 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} = 1 \text{ Pa} \quad \text{A Pa 1000-szerese a kPa}$$

$$1 \text{ kPa} \underset{1000}{>} 1 \text{ Pa} \quad 1 \text{ kPa} = 1000 \text{ Pa}$$

Különböző testek nyomása

	Gyalogos	Síző	Székér	Teherautó	Traktor
Nyomóerő (<i>F</i>)	600 N	800 N	4000 N	50 000 N	54 000 N
Nyomott felület (<i>A</i>)	0,01 m ²	0,2 m ²	0,1 m ²	0,2 m ²	1,2 m ²
Hányadosuk (<i>p</i>)	60 000 $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	4000 $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	40 000 $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	250 000 $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$	45 000 $\frac{\text{N}}{\text{m}^2}$

Példa

A ló és a lovas együttes súlya 8000 N. A ló patáinak együttes felülete 4 dm². Mekkora a talajra ható nyomás?

$$F = 8000 \text{ N}$$

$$A = 4 \text{ dm}^2 = 0,04 \text{ m}^2$$

$$p = ?$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{8000 \text{ N}}{0,04 \text{ m}^2} = 200\,000 \text{ Pa}$$

A ló és lovas együttes nyomása 200 000 Pa.

Kísérlet

Tégy egy lapos edénybe tisztára mosott homokot!

- Állíts poharat a homokba talpával lefelé! Tégy a pohárra egy 1 kg-ost! Figyeld meg a pohár besüppedésének a mélységét!
- Állítsd a poharat szájával lefelé! Helyezz most is 1 kg-ost a pohárra! Figyeld meg most is a pohár besüppedésének a mértékét! Mi az eltérés magyarázata?

Érdekesség

Pascal. Blaise *Pascal* (pázkál, 1623–1662) francia fizikus és matematikus. Kiemelkedő eredményeket ért el a légnyomás és a folyadék nyomásának a vizsgálatában. Tiszteletére róla nevezték el a nyomás mértékegységét.

- Állapítsd meg a tanműködés alapján, ki volt a következő természettudósok, fizikusok közül az, aki Pascal előtt, vele részben egy időben, illetve Pascal után élt: Leonardo da Vinci, Galilei, Newton, Joule, Segner János András.



Blaise Pascal

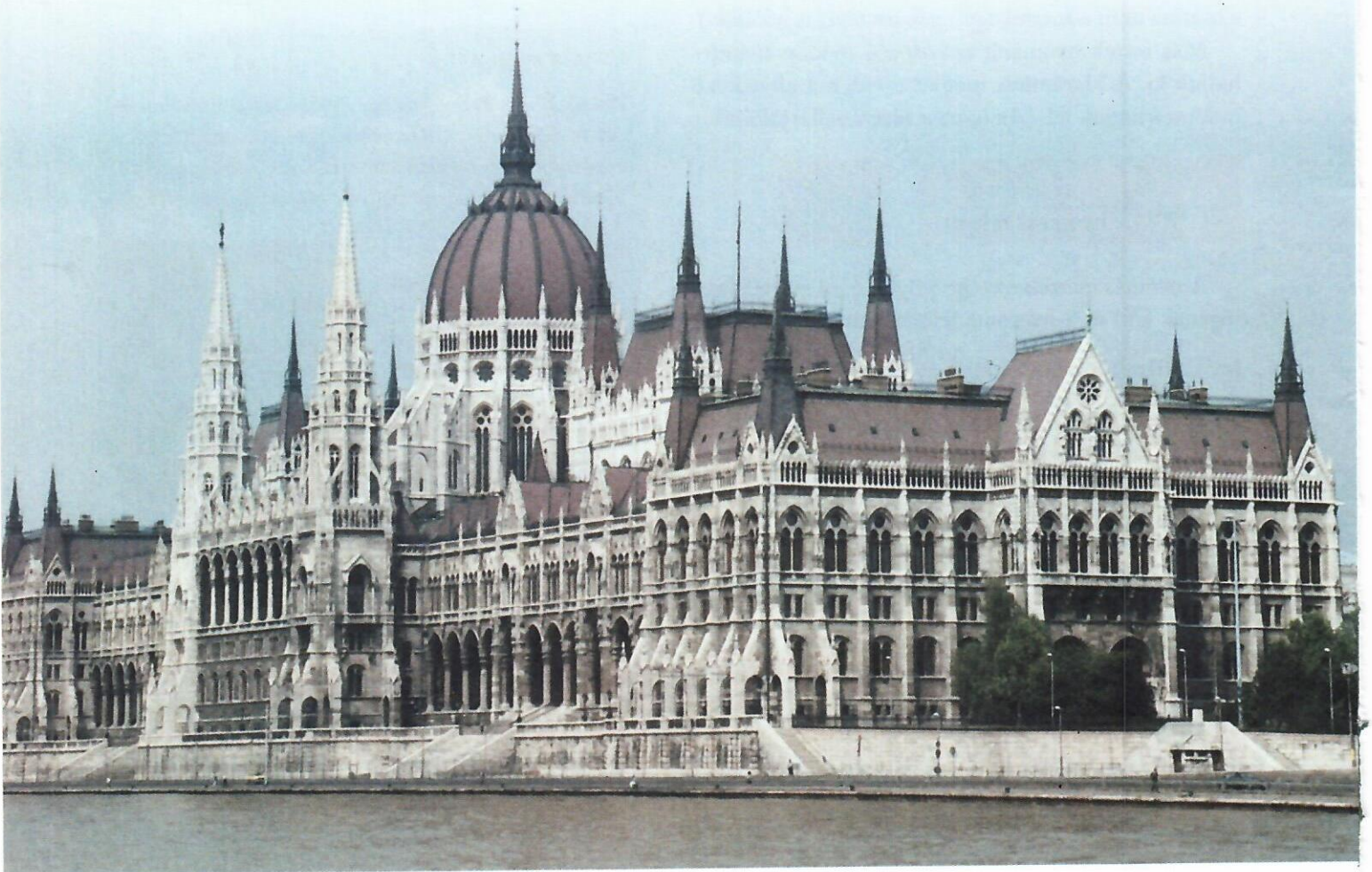
Érdekesség

A pellet előállítása. A fafeldolgozás során keletkező hulladékból, faforgácsból, növényi szárazkból, venyigéből és más anyagokból értékes tüzelőanyagot lehet előállítani. Ezeket az anyagokat aprítják, majd nagy nyomás alatt tömörítik. Az így előállított tüzelőanyag neve: pellet vagy biopellet. Az ábrán látható pellet átmérője 6 mm, a kis rudacska hossza 15-20 mm. E tüzelőanyag fűtőértéke a jó minőségű barnaszénnel egyenértékű. A pellet elégetésekor kevésbé szennyezi a levegőt, mint a szén, az olaj vagy a földgáz. A pellet előállításához felhasznált anyagok sűrűsége $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ -nél kisebb. A kész pellet sűrűsége viszont $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ -nél nagyobb, annak ellenére, hogy a gyártás során semmiféle anyagot nem adnak hozzá. Mi lehet ennek az eltérésnek a magyarázata?



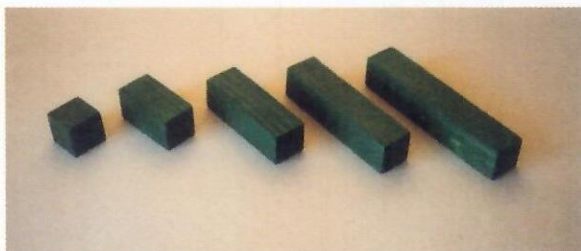
Pellet

Az Országház alapja. Az Országházat 1885-ben kezdték építeni. A kiválasztott helyen azonban laza, homokos volt a talaj. Az épület süllyedésének megelőzése érdekében megnövelték a készülő épület alapjainak a felületét, a „nyomott felületet”. Ezért az épületet egy hatalmas, összefüggő, közel 20 000 m² területű betonlapra építették. Ez a „betontá-nyér” az épület két végénél 2 m, a kupola alatt 5 m vastagságú. Elkészítése három és fél hónapig tartott, éjjel és nappal megszakítás nélkül végzett munkával. Az alapon, a déli kapunál 100 esztendő után is csak 2 mm-nyi elmozdulást mértek. Milyen módon változott meg az Országház épületének a nyomása azáltal, hogy a falakat egy összefüggő, 20 000 m²-es betonlapra építették?

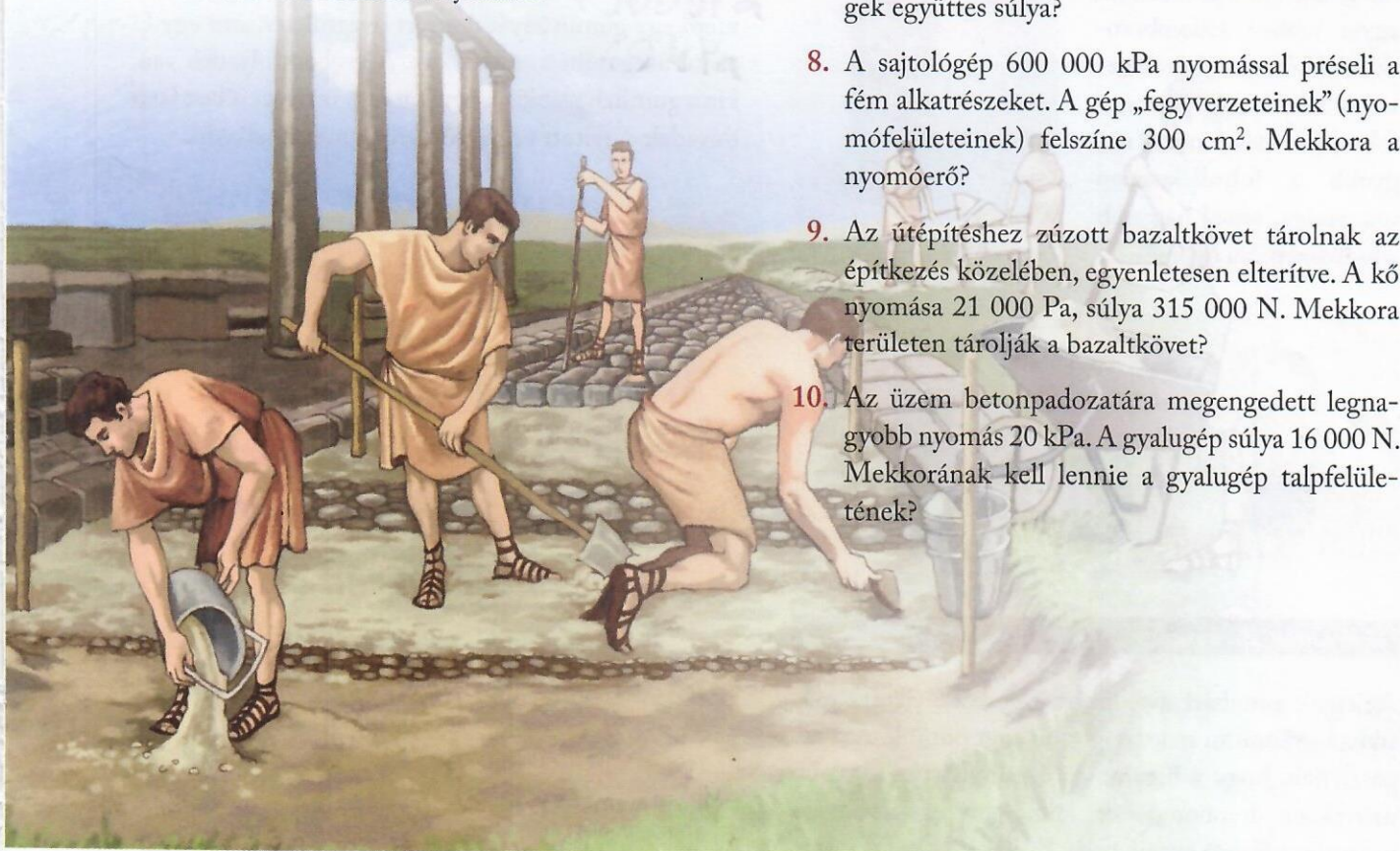


A számításos feladatok megoldása előtt tanulmányozd át *A sebesség kiszámítása* és *A megtett út és az idő kiszámítása* című fejezetek gondolatmenetét!

- Hasonlítsd össze az egyenlő alapterületű, egyenlő magasságú réz-, alumínium- és fahenger nyomását!
- A fából készült építőkocka-készletből kiemeljük az egyenlő alapterületű, különböző magasságú négyzetes oszlopokat. Mindegyiket az oldallapjára fektetjük. Hasonlítsd össze a négyzetes oszlopok
 - által kifejtett nyomóerőt;
 - nyomott felületét;
 - nyomását!



- Az útépitéshez kavicsot tárolnak egyenletesen elterítve. A 24 m^2 területen tárolt kavics súlya $456\,000 \text{ N}$. Mekkora a nyomása?



- Egy személyautó tömege $12\,000 \text{ N}$. A gumiabroncsai $0,06 \text{ m}^2$ felülettel érintkeznek az úttesttel. Mekkora az autó nyomása?



- Amikor a facsavart puha fába csavarjuk, a csavar feje megroncsolhatja a fát. Ha alátétet alkalmazunk, megelőzhetjük ezt a roncsolódást. Mi ennek a fizikai magyarázata?
- A folyó jége csak $30\,000 \text{ Pa}$ nyomást bír el. Lépéskor a legkisebb talpfelület 150 cm^2 . Mekkora súlyú ember mehet legfeljebb a jégre?
- Az üzlet raktárában 3 m^2 területen sörösüvegekkel telt ládák vannak. A padlóra ható nyomás $26\,000 \text{ Pa}$. Mennyi a ládák és a benne levő üvegek együttes súlya?
- A sajtológép $600\,000 \text{ kPa}$ nyomással préseli a fém alkatrészeket. A gép „fegyverzeteinek” (nyomófelületeinek) felszíne 300 cm^2 . Mekkora a nyomóerő?
- Az útépitéshez zúzott bazaltkővet tárolnak az építkezés közelében, egyenletesen elterítve. A kő nyomása $21\,000 \text{ Pa}$, súlya $315\,000 \text{ N}$. Mekkora területen tárolják a bazaltkővet?
- Az üzem betonpadozatára megengedett legnagyobb nyomás 20 kPa . A gyalugép súlya $16\,000 \text{ N}$. Mekkora kell lennie a gyalugép talpfelületének?

24. A HIDROSZTATIKA NYOMÁS

A folyadékot tartalmazó edény aljára akkor is hat a nyomás, ha a folyadék felszínére nem gyakorolunk nyomást. Ez a nyomás a folyadék súlyából származik, és **hidrosztatikai nyomásnak** nevezzük. A következőkben azt vizsgáljuk meg, hogy mi jellemzi a hidrosztatikai nyomást.

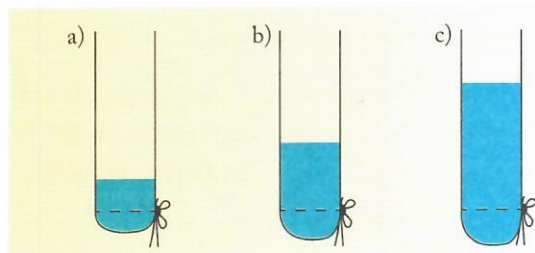
Mitől függ a *folyadék aljára* ható nyomás?

Folyadékoszlop magassága

Az üvegcső egyik végét gumihártyával zárjuk le. A csőbe festett vizet öntünk. A gumihártya kidomborodik. Ha a csőbe fokozatosan egyre több vizet öntünk, akkor a gumihártya egyre jobban kidomborodik. Ebből arra következtethetünk, hogy – azonos folyadék esetén – **minél nagyobb a folyadékoszlop magassága, annál nagyobb a hidrosztatikai nyomás.**



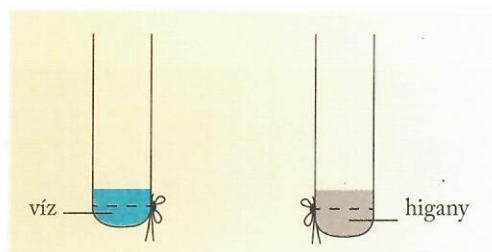
Üvegcső, alján gumihártyával



Folyadék sűrűsége

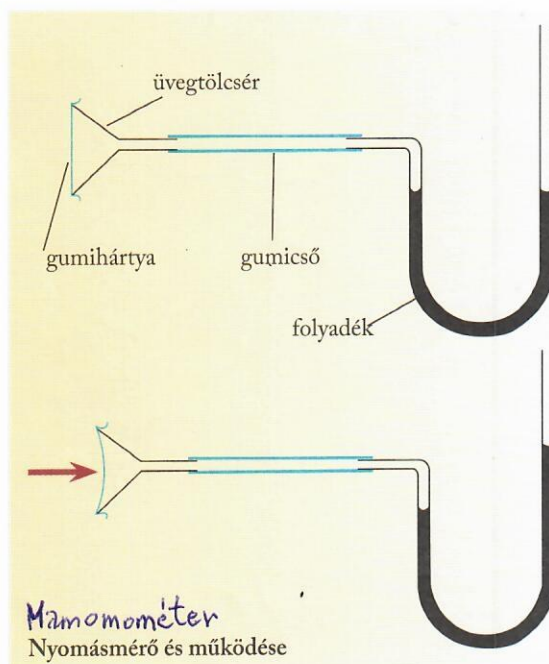
Az egyik gumihártyával lezárt üvegcsőbe vizet, a másikba ugyanolyan magasságig higanyt öntünk. Azt tapasztaljuk, hogy a higany alatti gumihártya nagyobb mértékben domborodik ki, mint a vizet tartalmazó üvegcsövet lezáró gumihártya. Ennek az a magyaráza-

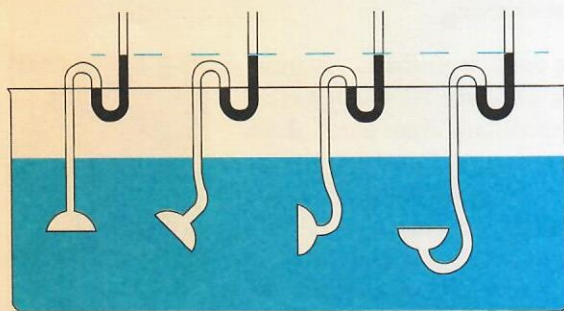
ta, hogy a higanynak nagyobb a sűrűsége, nagyobb a súlya is, így nagyobb a nyomása is, mint a víznek. **Azonos magasságú folyadékoszlop esetén a nagyobb sűrűségű folyadéknak nagyobb a hidrosztatikai nyomása.**



A folyadék belsejében lévő nyomás

A folyadék belsejében gumihártyás *nyomásmérővel* vizsgálhatjuk meg a hidrosztatikai nyomást. A nyomásmérő egy gumihártyával lezárt üvegtölcsér, ami egy U alakú üvegcsőhöz csatlakozik. A csőben folyadék van. Ha a gumihártyát kissé benyomjuk, az üvegcsőben lévő folyadék a nyitott végű csőrészben megemelkedik.





Nyomás azonos mélységben

Ha ezt a nyomásmérőt a vízbe merítve különböző irányba fordítjuk, akkor azt látjuk, hogy a nyomásmérő *minden irányban* jelez nyomást. Azt is megfigyel-

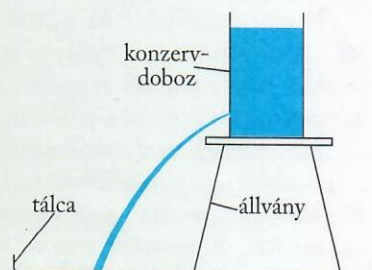
hetjük, hogy ez a nyomás azonos mélységben minden irányban *ugyanakkora*. Ezek szerint a **folyadék belsejében ugyanabban a mélységben a hidrosztatikai nyomás mindegyik irányban ugyanakkora**.

A hidrosztatikai nyomásról eddig a következőket ismertük meg:

- A hidrosztatikai nyomás annál nagyobb,
 - minél nagyobb a *folyadékoszlop magassága*,
 - és minél nagyobb a *folyadék sűrűsége*.
- A folyadék belsejében a hidrosztatikai nyomás
 - *minden irányban terjed*, és
 - *azonos mélységben egyenlő*.

Kísérletek

1. A két végén nyitott üveghengerhez egy kör alakú alumíniumkorongot illesztünk, amelyen egy kampóra kötött fonál van. A fonálnál fogva a hengerhez szorítjuk az alumíniumkorongot, és a hengert vízbe merítjük. Ha elengedjük a fonalat, a körlap nem esik le a hengerről. Mi a magyarázata?
2. Kilyukasztunk szöggel egy nagyobb méretű konzervdobozt az aljától 2 cm-nyire. Egy tálcára állványt teszünk. Erre helyezük a dobozt, amelybe vizet öntünk. A víz vékony sugárban a tálcába folyik, mivel oldalirányú nyomás hat a doboz oldalára. Amint csökken a víz szintje a dobozban, a vízsugár egyre gyengébb sugárban ömlik, egyre közelebb éri el a tálcát. Mi a tapasztalt jelenség magyarázata?
3. A következő kísérletet a szabadban, füves helyen végezd el, az oldalán kilyukasztott műanyag palackkal! Töltsd meg vízzel a palackot, és tartsd magasra! A víz messze ívelő sugárban folyik a palackból. Ezután engedd el a palackot! A víz nem folyik ki esés közben a palackból. Adj magyarázatot a tapasztaltakra!



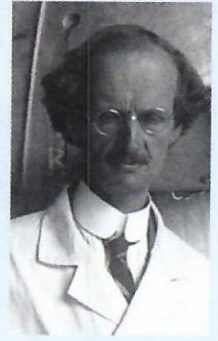
Érdekesség

Hidrosztatikai nyomás a tengerben. Az alábbi táblázat azt mutatja, hogy mekkora a tengervíz nyomása különböző mélységekben:

A tenger mélysége	Hidrosztatikai nyomás
500 m	5 052 kPa
1000 m	10 104 kPa
1500 m	15 156 kPa
2000 m	20 208 kPa
2500 m	25 260 kPa
3000 m	30 312 kPa
3500 m	35 364 kPa
4000 m	40 416 kPa

Érdekesség

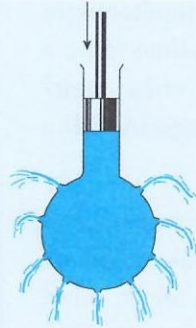
Az óceán legmélyén... Auguste Piccard (pikár, 1884–1962) svájci tengerkutató olyan gömb alakú, mélytengeri búvárhajót tervezett, amellyel egyre nagyobb mélységeket lehetett elérni. Fia, Jacques Piccard és Donald Walsh 1960-ban a Csendes-óceánban található *Mariana-árokban* először merült le 10 970 m mélyséig ezzel a búvárhajóval. Ugyanabban az évben sikerült még elérniük a világtengerek legmélyebb pontját, a 11 521 m mélységet. Meglepődve látták, hogy e nagy mélységben is élnek halak. Úgy viselik el a halak a víz nagy nyomását, hogy testszöveteiket is víz tölti ki.



Auguste Piccard

Érdekesség

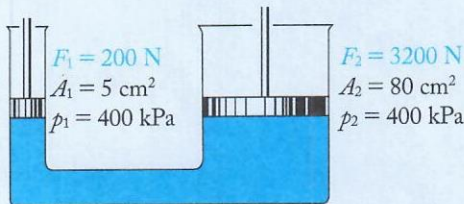
A folyadékok nyomása zárt térben. A hidrosztatikai nyomás a folyadék súlyából adódik. A következőkben azt vizsgáljuk, hogy milyen hatást tapasztalunk akkor, ha valamilyen folyadék zárt térben van, s arra fejtünk ki erőt. Itt a nyomás a folyadékra gyakorolt külső erőből adódik.



Vízibuzogány

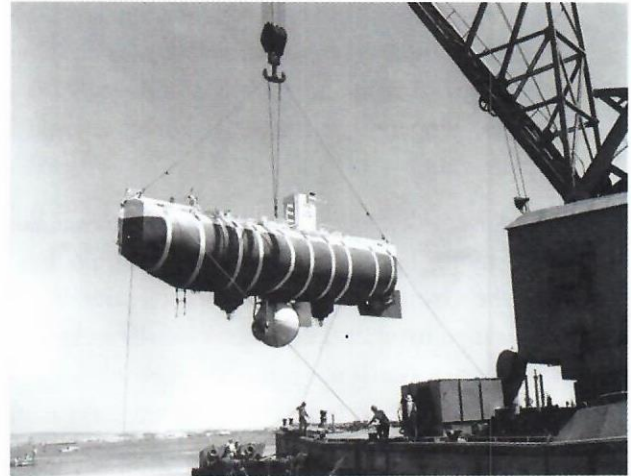
Nyomóerőt fejtünk ki a „vízibuzogány” dugattyújára. A víz mindegyik nyíláson át egyenlő mértékben áramlik ki az edényből. *A nyomás a folyadékban minden irányban egyenlő mértékben továbbterjed.*

Ezt a törvényszerűséget használják fel a gyakorlatban a *hidraulikus sajtó* működtetéséhez. Ha nyomóerőt fejtünk ki a kisebb dugattyúra, akkor a *nyomás* mindenütt ugyanakkora lesz. A *nyomóerő* viszont a nagyobb dugattyún annyiszor nagyobb lesz, ahányszor nagyobb a dugattyú keresztmetszete a másik dugattyú keresztmetszeténél.

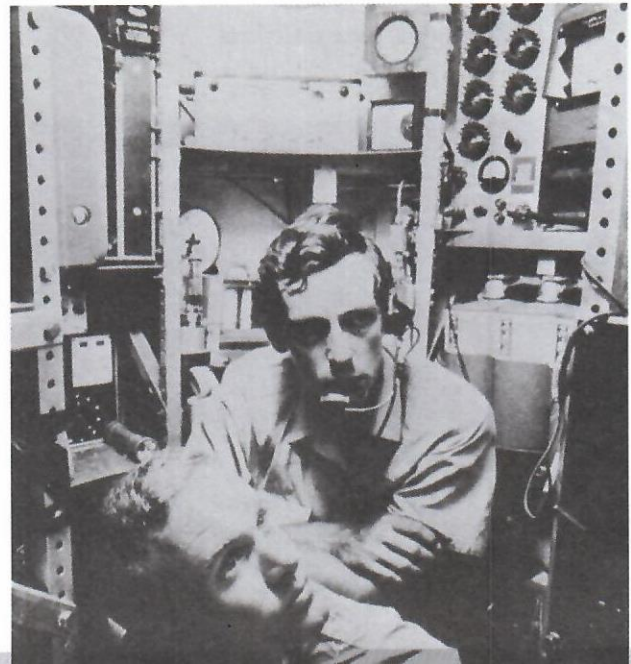


Hidraulikus sajtó

- Állapítsd meg a rajz alapján, hogy hány-szor nagyobb a jobb oldali dugattyú keresztmetszete a bal oldali dugattyú keresztmetszeténél!
- Hasonlítsd össze a két dugattyúra ható nyomást!
- Hasonlítsd össze a két dugattyúra ható nyomóerőt!



Jacques Piccard és Donald Walsh (lent) és a búvárhajó, amellyel lemerültek (fent)



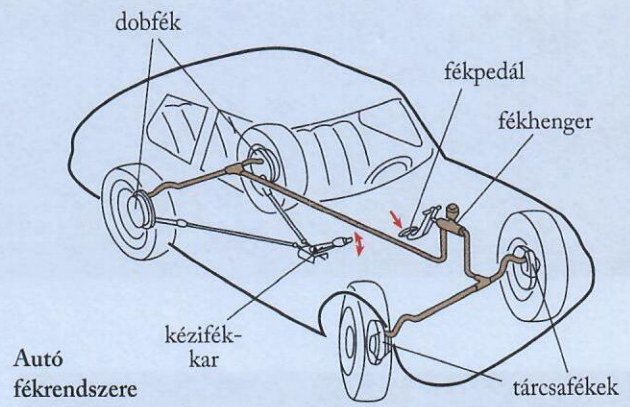
Érdekesség

Hidraulikus emelő. Hidraulikus emelő van a munkagépekben, a mezőgazdasági gépek többségében is. Vannak olyan teherautók is, amelyekre hidraulikus emelővel lehet a szállított árut felrakni.

- Milyen munkagépet láttál, amelyen hidraulikus emelő volt?



Hidraulikus emelő



Autó fékrendszere

Hidraulikus fék. Az autókban alkalmazott hidraulikus fék is tulajdonképpen hidraulikus sajtó. Ha megnyomjuk a fékpedált, akkor dugattyút működtetünk. A dugattyú az olajat a kerekeknél levő dugattyúkhöz préseli, amelyek a fékpofákat a forgó tárcsákhoz, illetve forgó „dobokhoz” nyomják.

- Hol nő meg fékezéskor (a tárcsa- és dobfékeken kívül) a súrlódási erő?

Kérdések és feladatok

1. Két azonos alakú és nagyságú edény közül az egyikben magasabban, a másikban alacsonyabban van a tej szintje. Hasonlítsd össze a két edény aljára ható
 - a) nyomóerőt;
 - b) hidrosztatikai nyomást!
2. Két azonos alapterületű, henger alakú edény közül az egyikben ecet, a másikban étolaj van, azonos magasságig. Az ecet sűrűsége nagyobb, mint az étolaj sűrűsége. Hasonlítsd össze a két edény aljára ható
 - a) nyomóerőt;
 - b) hidrosztatikai nyomást!
3. Miért építik a folyók védőgátjait alul szélesebbre, mint felül?
4. Egy kisfiú a Velencei-tóban a víz felszínétől számítva először 0,3 m, másodszer 0,5 m mélyen tartja a labdáját a víz alatt. Hasonlítsd össze a labdára ható hidrosztatikai nyomást e két esetben!
5. Hasonlítsd össze a hidrosztatikai nyomást a Balatonban és egy pohár vízben a vízfelszíntől 5 cm mélységben! Válaszodat indokold!
6. A bűvár az egyik alkalommal 12 m, a másik alkalommal 15 m mélyre merült le az Adriai-tengerben, a víz felszínétől számítva. Hasonlítsd össze a bűvárra ható hidrosztatikai nyomást e két esetben!



25. A KÖZLEKEDŐEDÉNYEK

Érdekes edények

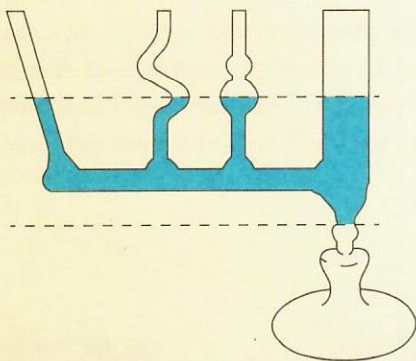
A teáskanna belsejében és a kiöntőcsőben a folyadék szintje egyenlő magasságban van. Ha megdöntjük a kannát, a folyadék szintje akkor is megegyező magasságban marad. Hasonlót tapasztalunk az öntözőkanna vagy az U alakú üvegcső esetében is. A teáskanna, az öntözőkanna, az U alakú üvegcső *közlekedőedény*. A közlekedőedény két vagy több, egymással összekötött edényből áll. Az edények között a folyadék szabadon áramolhat, „közlekedhet”.

Folyadék a közlekedőedényben

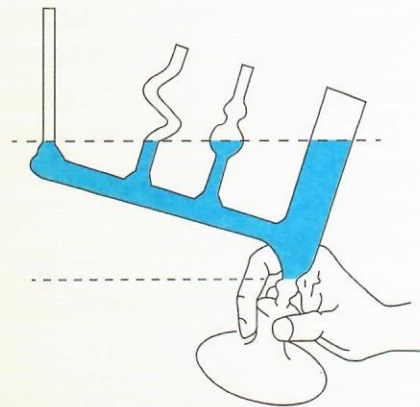
A nyugalomban levő folyadék felszíne a közlekedőedény minden ágában ugyanabban a vízszintes síkban van. Az edény belsejében ugyanis bármely vízszintes síkban egyenlő a folyadék nyomása.



Teáskanna

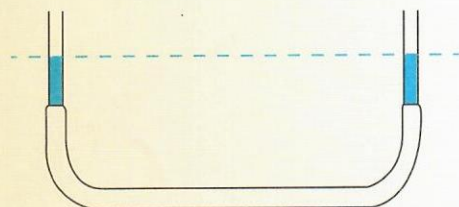


Folyadék elhelyezkedése a közlekedőedényben



Közlekedőedények környezetünkben

Közlekedőedény a házépítésnél használt vízszintező is. A vízszintezőt házilag is elkészítheted két üvegcsőből és egy hosszú gumicsőből. Segítségével az épület két távoli pontján is ki tudják jelölni az azonos magasságot.



Közlekedőedény tulajdonképpen a kisebb települések, falvak vízellátását szolgáló vízvezeték csőhálózata is. A *hidroglóbusz* tetején levő, gömb alakú rész a víztartály. Ebbe szivattyúzzák fel a kutakból nyert vizet, s innen osztják szét vezetékeken keresztül a házakhoz, üzemekhez. A házak csőrendszerében olyan magasra juthat fel a víz, amilyen magasra van a hidroglóbuszban a víz.



Hidroglóbusz

Jó tudni!

Ha valamely csőnek kicsi a belső átmérője, szűk a keresztmetszete, akkor azt *hajszálcsőnek* mondjuk. A hajszálcsőben a *víz felszíne magasabban van, mint a vastagabb ágakban*, mert a víz tapad az üveghez. Hasonlót tapasztalunk – a vízen kívül – a petróleum és sok más folyadék esetében is.

A higany felszíne viszont alacsonyabban van a hajszálcsőben, mint a vastag ágakban, mert a higany nem tapad az üveghez.

A kockacukorba a kávé, a borseszégőbőlbe a szesz felszívódik. A kockacukorban, a borseszégőbőlben hajszálcsövecskék vannak. Ezekben a folyadék magasabban áll, mint a külső folyadékszint. A talaj nedvessége a téglá hajszálcsövein szivárog fel a ház falában. A szigeteléssel a hajszálcsöveket elzárjuk, a nedvesség nem tud feljutni a szigetelőréteg fölé.

A szántóföldeken a termőtalaj mélyebb rétegeiből a víz a talaj hajszálcsövein keresztül szivárog fel a felszínre. Ezáltal a talaj kiszárad. Kapáláskor tulajdonképpen elroncsoljuk a talaj hajszálcsöveit, s ezáltal csökkentjük a talajvíz elpárolgását. A kapálásnak tehát a gyomirtáson kívül szerepe van a talaj nedvességének a megőrzésében is.

Kísérletek

- Köss össze gumicsővel két üvegcsövet! Önts vizet az így nyert közlekedőedénybe! Jelöld meg papírcsíkkal mindkét üvegcsövön a víz szintjét!
 - Tégy vonalzó! a két vízszinthez! Milyen helyzetű a vonalzó?
 - Döntsd meg kissé az egyik üvegcsövet! Figyeld meg közben a két szárban a vízszint magasságát!
- Tégy megfestett vízbe egymásra két kockacukrot! (A víz ne lepje el még az alsó cukrot se!) Ugyanígy, tégy másik két kockacukrot a megfestett vízbe, de ezek közé előzőleg helyezz zsírpa-pírt! Mit tapasztalsz?

Érdekesség

Folyó a csatorna alatt. A Répce főlegesen vizét árvízmentesítő csatornán át vezetik a Rábába Répcelak közelében. A csatorna keresztjezi a Kis-Rába medrét. A csatornát úgy kellett megépíteni, hogy annak változó vízszintje független legyen a Kis-Rába állandó vízszintjétől. Ezért a Kis-Rába vizét nagy átmérőjű betonhengereken keresztül átvezették az árvízmentesítő csatorna alatt. A Kis-Rába ezen a részen egy hatalmas közlekedőedényt alkot.



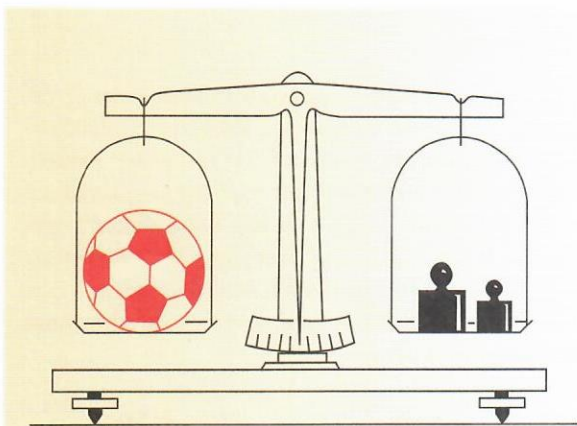
Kérdések és feladatok

- A teáskannában tea van. Megdöntjük kissé a kancsát. Mit tapasztalunk?
- Víz van az öntözőkannában. Hasonlítsd össze a víz nyomását a víz felszínétől számított 10 cm-es mélységben a kanna belsejében és a csőben!
- A pamut fehérnemű kellemesebb, egészségesebb viselet, mint az, amelyik műanyagból készült. Miért?
- Miért nem lehet zsíros papírra golyóstollal írni?
- Vizet öntöttünk a két üvegcsőből és egy gumicsőből álló vízszintezőbe. Az egyik üvegcsövet függőlegesen tartjuk, a másikat kissé megdöntjük. Hasonlítsd össze a víz nyomását a két csőben
 - a vízszinttől lefelé mért 15 cm-es síkban;
 - a vízszinttől az üvegcsövön lement 15-15 cm-es távolságban!
 A megoldáshoz készíts vázlatrajzot!
- A zsíros cipőkrém védi a cipőt a nedvességtől. Hogyan?

26. A LÉGNYOMÁS

A levegőnek van súlya

A Földet sok-sok kilométer vastagságban levegő veszi körül. Régen azt hitték, hogy a levegőnek nincs súlya. Ennek ellenkezőjéről azonban nagyon egyszerűen meg lehet győződni.



Mérlegen a futball-labda

A felfújt futball-labdát érzékeny, pontos karos mérlegre tesszük, és kiegyensúlyozzuk. Ha a labdából kiengedjük a levegőt, akkor a mérleg egyensúlya megszűnik. Az a serpenyő emelkedik feljebb, amelyiken a labda van. A kiengedett levegő súlya hiányzik az egyensúly biztosításához. Laboratóriumi mérések szerint 1 m^3 levegő súlya $12,9 \text{ N}$.

A levegő nyomása

A levegőnek tehát van súlya, így nyomja a Föld felszínét és minden olyan testet, ami a Földön van. A levegő súlyából származó nyomást légnyomásnak nevezzük.

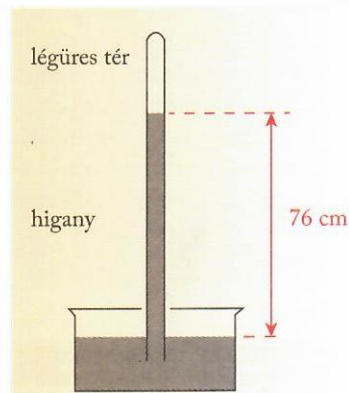
A vízbe merítjük a poharat, majd szájával lefelé tartva megemeljük. A pohárból a víz nem ömlik ki. A légnyomás hat a víz szabad felszínére, s ez tartja fenn a pohárban a vizet.



Víz a pohárban

Torricelli kísérlete

A levegő nyomását első ízben *Torricelli* (torricelli) olasz fizikus mérte meg. Az egyik végén zárt, kb. 1 m hosszú üvegcsövet megtöltötte higanyjal. A cső nyitott végét befogta, majd nyílásával lefelé fordítva higanyba állította. A nyílást szabadbá tette. A csőben



Torricelli kísérlete higanyjal

levő higany szintje ugyan lejjebb süllyedt, de a higany külső szintjétől számítva 76 cm magasságban megállapodott. Ennek az a magyarázata, hogy a 76 cm magas higanyoszlop nyomásával tart egyensúlyt a légnyomás.

Vagyis a légnyomás a 76 cm magas higanyoszlop nyomásával egyenlő. Régen ebből adódóan úgy mondták, hogy a légnyomás 760 higanymilliméter (760 Hgmm). Ez azt fejezte ki, hogy a levegő nyomása a 760 mm magas higanyoszlop nyomásával egyenlő.

A légnyomást befolyásoló tényezők

A levegő nyomása a Torricelli-csővel mért nyomástól kismértékben el is térhet.

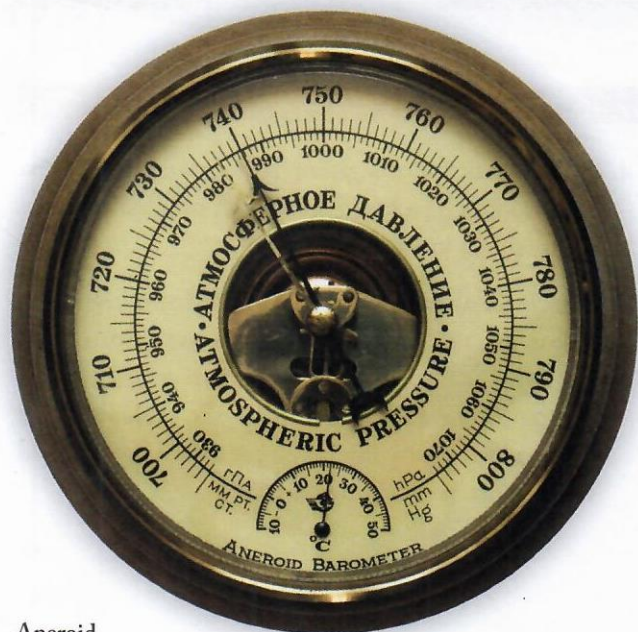
- A levegő nyomása függ a tengerszint feletti magasságtól. Minél nagyobb a tengerszint feletti magasság, annál kisebb a légnyomás. Ez természetes is, ha arra gondolunk, hogy nagyobb magasságban már kisebb a felettünk levő levegőréteg vastagsága, így kisebb az ebből származó nyomás is.
- Ha nő a levegő páratartalma, akkor csökken a levegő nyomása. Minél nagyobb ugyanis a levegő páratartalma, annál kisebb a sűrűsége. A kisebb sűrűségű levegőnek pedig (azonos körülmények között) kisebb a súlya, kisebb a nyomása is.

A légnyomás átlagos értéke a tengerszint magasságában körülbelül 100 kPa.

Légnyomásmérők

A Torricelli-csőben levő higanyoszlop nyomásából kiszámítható a légnyomás, ezért az *légnyomásmérőként* (*barométerként*) is alkalmazható.

A Torricelli-csővel azonban elég nehézkes a légnyomásmérés a szabadon levő higanyfelszín és a higanygőzök mérgező hatása miatt. Ezért helyette a gyakorlatban folyadék nélküli, *aneroid barométer* használunk. E készülékben egy hullámos tetejű fémdoboz van. A doboz belsejében ritkított levegő van. Ha nő a légnyomás, akkor a doboztető belapul; ha csökken a légnyomás, akkor kevésbé horpad be. A doboztetővel összekötött mutató ezt jelzi.



Aneroid barométer

Kísérletek

1. Szívd fel a vizet a pohárból műanyag szívócsővel! Szorítsd össze a szád közelében a szívócsövet, és így emeld ki a pohárból. A víz nem folyik ki a csőből. Mi a magyarázata?
2. Takard le a vízzel telt pohár száját papírlappal! Fordítsd meg óvatosan a poharat úgy, hogy a papírlapot közben a pohár szájához szorítva tartod! Engedd el a papírlapot! A víz nem ömlik ki a pohárból. Mi a magyarázata?



A víz nem ömlik ki a pohárból

Érdekesség

Torricelli. Evangelista Torricelli (torricsell, 1608–1647) olasz fizikus Vincenzo Viviani (1622–1703) olasz matematikussal együtt 1643-ban végezte el ismert kísérletét. Ezzel bizonyította a légnyomás létezését, és egyúttal olyan eszköz birtokába jutott, amellyel mérni lehetett a légnyomást.



Evangelista Torricelli

Légnyomás különböző magasságokban

Magasság	Légnyomás	Magasság	Légnyomás
0 m	100 kPa	3 000 m	69 kPa
100 m	99 kPa	4 000 m	61 kPa
500 m	94 kPa	5 000 m	53 kPa
1000 m	88 kPa	8 000 m	38 kPa
2000 m	78 kPa	10 000 m	29 kPa

Érdekeség

A magdeburgi félgömbök. Otto von *Guericke* (gérrikke, 1602–1686) német fizikus és egyben Magdeburg város polgármestere volt. 1654-ben egy érdekes kísérletet mutatott be a regensburgi birodalmi gyűlés előtt a „magdeburgi félgömbökkel”. A két darab, kb. 57 cm átmérőjű réz félgömböt pontosan összeillesztette, s az így kapott gömbből kiszivattyúzta a levegőt. Mindkét félgömbhöz 8-8 lovat fogtak be, s azok ellentétes irányba húzták a félgömböket. A külső légnyomás akkora erővel szorította össze a két félgömböt, hogy a lovak nem tudták széthúzni azokat. A magdeburgi kísérletet 2003-ban Szombathelyen is megismételték.



A magdeburgi kísérlet Szombathelyen

A testünkre nehezedő nyomás. Testünkre 100 kPa nyomás nehezedik. Ez alatt a nagy nyomás alatt testünk mégsem roppan össze, mivel testünk üregeiben a levegő nyomása és a vérnyomás ugyanakkora, mint a külső légnyomás. A külső és a belső nyomás egyensúlyban van.

Nyomáskülönbségeken alapuló eszközök. A levegő nyomása (a légnyomás) a levegő súlyából adódik. A következőkben olyan eszközök működését vizsgáljuk, amelyekben a levegő zárt térben van, s azért van nyoma a levegőnek, mert erőt fejtünk ki rá.

Amikor pumpával levegőt fúvatunk a tömlőbe, akkor tulajdonképpen növeljük a pumpában levő levegő nyomását. A nagyobb nyomás hatására préselődik a levegő a kisebb nyomású levegőt tartalmazó tömlőbe. Hasonló módon növeljük a nyomást a fútból-labdában is.

A permetezőgép tartályában a kar mozgásával a folyadék felett összenyomjuk a levegőt. A kivezetőcső nyílása összeszűkül, itt a folyadék apró cseppekre szakad, elporlik, szétszóródik. Hasonlítsd össze a permetezőgép belsejében levő levegő nyomását a külső légnyomással!

A zárt térben levő levegőt nemcsak kézi erővel, hanem motorok segítségével is össze lehet sűríteni. A légsűrítők (kompreszorok) többnyire villanymotorral vagy benzintorral működnek. A motoros légsűrítőkkel igen nagy nyomásra tudják összehúzni a levegőt. A tartályból nagy nyomással kiáramló levegővel légkalapácsot, fúrógépeket, csiszoló- és szegécselőgépeket, permetezőgépeket tudnak működtetni.

Sűrített levegővel működnek a vonatok és egyes gépjárművek fékberendezései, az autóbuszok, villamosok önműködő ajtózáró berendezései is.



Permetezés

Kérdések és feladatok

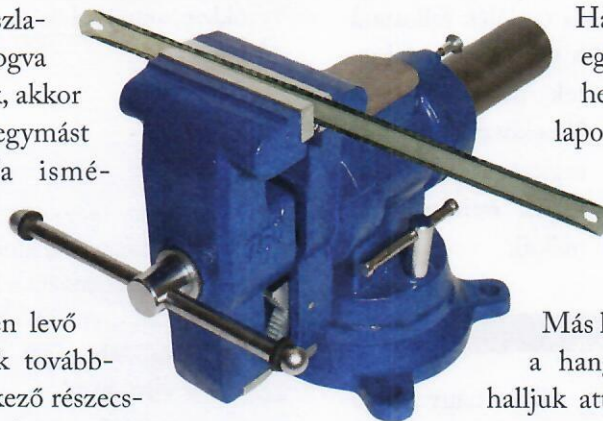
1. Megjelöljük a Torricelli-csővön a higany felszínét, majd kissé megdöntjük a csövet.
 - a) Merrefelé mozdult el a higany felszíne a jelöléshez viszonyítva?
 - b) Hasonlítsd össze a csőben és az edényben levő higany szintje közötti különbséget abban az esetben, ha a cső megdöntött állapotban, illetve eredeti helyzetében van!
2. Ha szívószállal szívod ki a gyümölcslevet a dobozból, akkor a doboz fala belapul. Miért?
3. Miért kell különleges védőöltözet a kabinját elhagyó űrhajósnak?
4. A Holdnak nincs légköre. Mit tapasztalna az űrhajós akkor, ha a Hold felszínén próbálná elvégezni Torricelli kísérletét?
5. Ha vízzel akarnánk elvégezni Torricelli kísérletét, akkor azt tapasztalnánk, hogy a víz szintje nem süllyedne lejjebb a csőben, hanem teljes egészében betöltené azt. Hasonlítsd össze ezek alapján a csőben levő víz nyomását az edényben levő szabad vízfelszínre ható légnyomással!

27. A HANG

A hang keletkezése és érzékelése

Satuba szorítunk egy fűrészlapot, majd a kiálló végénél fogva meghajlítjuk. Ha elengedjük, akkor a fűrészlap *rezgésbe* jön: egymást követően felváltva, ide-oda ismételtelen kitér. Közben hangot hallunk.

A fűrészlap ismételtelen nekiütközik a környezetében levő levegőrészecskéknél, s azok továbbadják ezt a mozgást a következő részecskéknél. Így a rezgés eljut a fülünkig, ahol a levegőrészecskék mozgásba hozzák a fülünkben levő dobhártyát, az pedig a mögötte levő hallócsontocskák közvetítésével a belső fülben található idegvégződésekhez továbbítja a rezgéseket. Ezáltal halljuk a hangot.



A fűrészlap satuba szorítva rezeg

Hangmagasság

Ha egy kártyalapot érintünk egy egyenletesen forgó fogaskerékhez, a fogak rezgésbe hozzák a lapot, és hangot hallunk. Ha a kereket gyorsabban forgatjuk, akkor a fogak gyakrabban ütköznek a laphoz, ilyenkor magasabb hangot hallunk.

Más kísérletek is azt igazolják, hogy a hangot különböző *magasságúnak* halljuk attól függően, hogy a hangforrás hány rezgést végez másodpercenként. Ha megpendítjük a hegedű „A” húrját, akkor az 440 rezgést végez másodpercenként. (440Hz)

Ugyanekkora a rezgésszáma a kürt által megszólaltatott „A” hangnak, vagy az ogonasípnak is, ha az „A” hangnak megfelelő billentyűt nyomjuk le. A nyolc hanggal (egy oktávval) magasabb „A” hang rezgésszáma 880 másodpercenként. (880Hz)



A hallható hang és az ultrahang

(20 Hz – 20 kHz)

Az emberi fül a legalább 16 másodpercenkénti rezgést és a legfeljebb 16 000 másodpercenkénti rezgést képes hallani. Egyénenként azonban nagy eltérések lehetnek abban, hogy mekkora rezgésszámú hangot hallunk meg. Idősebb korban csökken a hallott hangok rezgésszámának a határa. A kis rezgésszámú hangot mély, a nagy rezgésszámú hangot magas hangnak halljuk. Az olyan hangot, amelynél a másodpercenkénti rezgések száma 16 000-nél nagyobb, **ultrahangnak** nevezzük. A denevérek és a delfinek ultrahangot használnak a tájékozódáshoz és a táplálék felkutatására. Az ultrahang segítségével a szennyezett felületek megtisztíthatók.



Vesekövek ultrahang segítségével szétzúzóhatók műtéti sebek nélkül.

Hangerő

A hang *erőssége* attól függ, hogy milyen nagy kitéréseket végez a rezgő test. Minél nagyobb a rezgő test kitérése, annál nagyobb az energiája, és így annál erősebb hangot hallunk. A túl erős hang károsíthatja hallásunkat, ezért fontos a zajszennyezés csökkentése és a megfelelő hangszigetelés.

A hang terjedése

A hang csak valamilyen *közvetítő közeg* (többnyire levegő) közvetítésével jut el a fülünkbe. Légüres térben (közvetítő közeg hiányában) nem terjed a hang.

Delfinek



A hang terjedéséhez időre van szükség. A különböző anyagokban más és más a hang *terjedési sebessége*, és függ a hangot vezető anyag hőmérsékletétől is. Levegőben a hang sebessége körülbelül $340 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, vízben $1400 \frac{\text{m}}{\text{s}}$, acélban $5000 \frac{\text{m}}{\text{s}}$.

Jó tudni!

A cunami keletkezése. Többnyire a tenger alatti földrengés okozza. A földrengés hatására hullám keletkezik, ez körkörösén szétterjed. A parthoz közeledve – mivel sekélyebb lesz a víz – a hullám sebessége csökken, amplitúdója megnő. Így keletkezik az óriáshullám.

Internet

1. Keres az *interneten* a hang terjedési sebességével kapcsolatos adatokat! Hasonlítsd össze a hang terjedési sebességét a levegőben, 0°C -on és szobahőmérsékleten, 22°C -on! Hasonlítsd össze a hang terjedési sebességét a hidrogénben, levegőben és szén-dioxidban!
2. Keresd meg az *interneten*, hogy ki volt az a *magyar biofizikus*, aki a hallási folyamatok vizsgálatáért életteni (orvosi) *Nobel-díjat* kapott!

Kérdések és feladatok

1. Egy villámlás után a dörgést 6 másodperces késéssel hallottuk. Milyen messze volt a villám? (Vedd figyelembe, hogy a villám fénye gyakorlatilag azonnal eljut a szemünkbe.)
2. Egy kísérletben a taps visszhangja 0,3 másodperc alatt ért vissza az 50 méterre lévő házfalról. Mekkora volt a hangsebesség a kísérlet közben?

28. ARKHIMÉDÉSZ TÖRVÉNYE

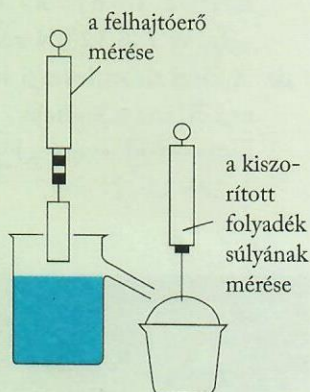
Isd. sűrűség

Testre ható erő a folyadékban

Amikor a víz alá nyomjuk a labdát, akkor érezzük, hogy felfelé irányuló erő hat a labdára. Ha a parafa dugót a víz alatt tartjuk, majd elengedjük, a parafa dugó a rá ható erő hatására a víz felszínére jön. Hasonlót tapasztalunk akkor is, ha egy gyertyadarabbal ismétljük meg a kísérletet. Ezek szerint a vízbe merülő testekre felfelé irányuló erő hat. Ezt az erőt **felhajtóerőnek** nevezzük.

Amikor a folyadékba merül valamely test, akkor a test kiszorítja a folyadék egy részét. A felhajtóerő nagysága és a kiszorított folyadék súlya közötti összefüggést a következő kísérlet segítségével állapíthatjuk meg.

Az erőmérőre függesztett testet folyadékba merítjük. Amennyivel kisebb erőt mutat az erőmérő, mint előzőleg, annyi a testre ható felhajtóerő. A test által kiszorított folyadék súlyát egy másik erőmérővel határozzuk meg.



Erőmérőre függesztünk egy alumíniumhengert. Az erőmérő az alumíniumhengerre ható gravitációs erőt mutatja. Ha vízbe merítjük a hengert, akkor az erőmérő kisebb erőt jelez, mint előzőleg. A különbség az alumíniumhengerre ható felhajtóerőből adódik. Ilyen módon megállapíthatjuk bármilyen test és bármilyen folyadék esetében a testre ható felhajtóerő nagyságát.

Az alábbi táblázat egy ilyen méréssorozat adatait tartalmazza.

Folyadék	A folyadékba merülő test	Felhajtóerő	A kiszorított folyadék súlya
víz	nagy alumíniumhenger	0,30 N	0,30 N
víz	nagy vashenger	0,30 N	0,30 N
víz	kicsi alumíniumhenger	0,20 N	0,20 N
étolaj	nagy alumíniumhenger	0,26 N	0,26 N
étolaj	nagy vashenger	0,26 N	0,26 N
étolaj	kicsi alumíniumhenger	0,17 N	0,17 N

Arkhimédész törvénye

Mindegyik esetben azt látjuk, hogy **a felhajtóerő nagysága egyenlő a test által kiszorított folyadék súlyával**. Ezt a törvényt *Arkhimédész* görög természettudós ismerte fel, s róla Arkhimédész-törvénynek nevezzük.

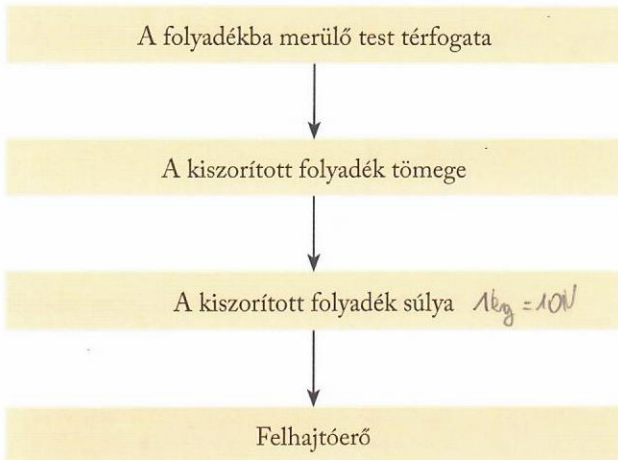
A levegőben és más gázokban levő testekre is hat felhajtóerő. Ezért Arkhimédész törvénye a gázokra is érvényes.



Arkhimédész törvénye szerint a folyadékban levő testre ható felhajtóerő egyenlő a test által kiszorított folyadék súlyával. Ha ismerjük a test által kiszorított folyadék súlyát, akkor abból tudjuk, hogy mekkora a felhajtóerő. (A két erő egyenlő nagyságú.)

A felhajtóerőt akkor is meg tudjuk határozni, ha nem ismerjük a test által kiszorított folyadék súlyát, de ismerjük a folyadékba merülő test térfogatát. Ebből következtetni tudunk a kiszorított folyadék súlyára és a felhajtóerőre.

A következtetés lépései a következők lehetnek:



Hasonló módon következtethetünk akkor is, ha a levegőben levő testre ható felhajtóerőt akarjuk meghatározni.

Példák

1. A strandon fürdőző kislány egy 3 dm^3 térfogatú labdát tart a víz alatt. Mekkora felhajtóerő hat a labdára?

$$\begin{array}{l} V = 3 \text{ dm}^3 \\ \hline F_f = ? \end{array}$$

- A labda térfogata 3 dm^3 . Ugyanennyi a kiszorított víz térfogata is, vagyis 3 dm^3 .
- Tudjuk, hogy 1 dm^3 térfogatú víz tömege 1 kg . Ezért a kiszorított 3 dm^3 térfogatú víz tömege 3 kg .
- Tudjuk, hogy az 1 kg tömegű test súlya $\approx 10 \text{ N}$. Ezért a 3 kg tömegű kiszorított víz súlya $\approx 30 \text{ N}$.
- Tudjuk, hogy a kiszorított víz súlyával egyenlő a felhajtóerő. Mivel a labda 30 N súlyú vizet szorít ki, a labdára ható felhajtóerő is 30 N .

2. Zeppelin német mérnök 1900-ban olyan merev vázas, kormányozható léghajót épített, amelynek hossza 128 m , térfogata pedig $11\,327 \text{ m}^3$ volt. Mekkora volt a léghajóra ható felhajtóerő a földfelszín közelében? (A levegő sűrűsége $1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.)

$$V = 11\,327 \text{ m}^3$$

$$\rho = 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$F_f = ?$$

- A léghajó térfogata $11\,327 \text{ m}^3$. Ugyanennyi a kiszorított levegő térfogata is, vagyis $11\,327 \text{ m}^3$.
- Ismert a kiszorított levegő térfogata és a levegő sűrűsége. E két mennyiségből ki tudjuk számítani a kiszorított levegő tömegét.

$$V = 11\,327 \text{ m}^3$$

$$\rho = 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$m = ?$$

$$m = \rho \cdot V = 1,29 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 11\,327 \text{ m}^3 \approx 14\,612 \text{ kg}$$

A kiszorított levegő tömege tehát $\approx 14\,612 \text{ kg}$ volt.

- Tudjuk, hogy az 1 kg tömegű test súlya $\approx 10 \text{ N}$. Ezért a $14\,612 \text{ kg}$ tömegű kiszorított levegő súlya $\approx 146\,120 \text{ N}$ volt.
- A kiszorított levegő súlyával egyenlő a felhajtóerő. Mivel a léghajó $\approx 146\,120 \text{ N}$ súlyú levegőt szorított ki, ezért a léghajóra ható felhajtóerő is $\approx 146\,120 \text{ N}$ volt.



Léghajó

Érdekesség

Az ókori fizika óriása. *Arkhimédész* (Kr. e. 287–212) görög matematikus és fizikus nevéhez fűződik – a róla elnevezett törvény felismerésén kívül – az emelőkre vonatkozó összefüggéseknek, a statika törvényeinek a felismerése is. Mintegy negyven gépet talált fel, köztük az emelődarut és a planetárium „ősét” is. Nézz utána, hogy mire lehetett használni az arkhimédészi csigát!

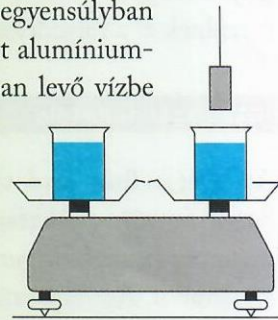


Könyvajánló

Sok érdekes történet található a különböző fizikátörténeti könyvekben Arkhimédész életéről és munkásságáról. Számos olyan könyv is megjelent, amely külön az ő életéről szól.

Kísérletek

- Hasonlítsd össze az egyenlő térfogatú alumínium- és rézhengerre ható felhajtóerőt a következő módon!
 - Függeszd fel érzékeny erőmérőre egy alumíniumhengert! Jegyezd fel a henger súlyát! Merítsd a hengert a vízbe úgy, hogy a víz teljesen ellepje! Olvasd le az erőt az erőmérőről! A két mérés különbsége a felhajtóerő.
 - Ismételd meg az előző mérést a rézhengerrel is! Hasonlítsd össze a két esetben meghatározott felhajtóerőt! Adj magyarázatot a tapasztaltakra!
- A karos mérleg mindkét serpenyőjére főzőpoharat helyezünk. A két pohárba egyenlő térfogatú vizet öntünk. A mérleg egyensúlyban van. A fonálra függesztett alumíniumhengert az egyik pohárban levő vízbe merítjük. A mérleg serpenyője ezen az oldalon lefelé mozdul el. Mi a tapasztalt jelenség magyarázata?



Kérdések és feladatok

- A tengervízben levő kődarabra 8 kN felhajtóerő hat. Mennyi a kődarab által kiszorított tengervíz súlya?
- A strandon fürdőző fiú által kiszorított víz súlya 0,4 kN. Mekkora felhajtóerő hat a fiúra?
- A vízben két egyenlő térfogatú alumínium- és alpakkanál van. (Az alpakkának nagyobb a sűrűsége, mint az alumíniumnak.) Hasonlítsd össze a két kanálra ható felhajtóerőt!
- Két egyenlő súlyú vas- és ólomdarabot merítünk a vízbe. (Az ólomnak nagyobb a sűrűsége, mint a vasnak.) Hasonlítsd össze a két fémdarabra ható felhajtóerőt!
- A kerékpárról leszerelt fogaskereket először vízbe, majd petróleumba tesszük. (A víz sűrűsége $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, a petróleum sűrűsége $0,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.) Hasonlítsd össze a fogaskerekre ható felhajtóerőt e két esetben!
- A kávéskanál által kiszorított víz tömege 3 g.
 - Mennyi a kávéskanál által kiszorított víz súlya?
 - Mekkora felhajtóerő hat a kávéskanálra?
- Franciaországban 1863-ban olyan motoros tengeralattjárót építettek, amelynek 420 m^3 volt a térfogata. Mekkora volt lemerülés után
 - a tengeralattjáró által kiszorított víz térfogata;
 - a tengeralattjáró által kiszorított víz tömege;
 - a tengeralattjáró által kiszorított víz súlya?
 - Mekkora felhajtóerő hatott a tengeralattjáróra?
- Az étolajban teljesen elmerülő csirkecomb térfogata 200 cm^3 . Az étolaj sűrűsége $0,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$.
 - Mennyi a kiszorított étolaj térfogata?
 - Mennyi a kiszorított étolaj tömege?
 - Mennyi a kiszorított étolaj súlya?
 - Mekkora felhajtóerő hat a csirkecombra?

29. A TESTEK ÚSZÁSA

A több tonnás hajó *úszik* a vízben, a néhány gramm tömegű, vízbe esett kulcs *lemerül*. A deszka fennmarad a víz felszínén, a vaslemez lemerül. A lyukacsos szerkezetű hungarocell úszik a vízben, a téglá elmerül. Vannak olyan testek, amelyek úsznak a vízben, más testek pedig elmerülnek. A következőkben azt vizsgáljuk meg, hogy mely testek úsznak és mely testek merülnek el a folyadékokban.

Az úszás feltétele

Az üvegcsőben levő vízbe teszünk egy-egy parafa dugót, fenyőfa-, bükkfadarabkát, gyertyát, jégdarabot, műanyag lapot, radírgumit, alumíniumlemez, vas- és rézdarabot. Azt tapasztaljuk, hogy a vízbe tett testek egy része úszik, más része elmerül a vízben. Ennek megfelelően különválasztjuk a testeket, és feljegyezzük mindegyik test anyagának a sűrűségét.

Érdekes összefüggést állapíthatunk meg:

Úszik a vízben		Elmerül a vízben	
A test anyaga	Sűrűsége	A test anyaga	Sűrűsége
parafa	$0,2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	műanyag	$1,1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
fenyőfa	$0,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	gumi	$1,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
bükkfa	$0,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	alumínium	$2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
gyertya	$0,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	vas	$7,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
jég	$0,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	réz	$8,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

Azt látjuk a táblázat adataiból, hogy

- azok a testek úsznak a vízben, amelyeknek az anyaga $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ -nél kisebb sűrűségű;
- azok merülnek le, amelyeknek a sűrűsége $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ -nél nagyobb.

Tudjuk, hogy a víz sűrűsége $1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Ezek szerint azok az anyagok úsznak a vízben, amelyeknek kisebb a sűrűsége, mint a víz sűrűsége; és azok merülnek el a vízben, amelyeknek a sűrűsége nagyobb a víz sűrűségénél.

Ha a víz helyett petróleumba tesszük az előbbi testeket, akkor a következők szerint alakul a felszínen úszó és lemerülő testek csoportja:

Úszik a petróleumban		Elmerül a petróleumban	
A test anyaga	Sűrűsége	A test anyaga	Sűrűsége
parafa	$0,2 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	gyertya	$0,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
fenyőfa	$0,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	jég	$0,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
bükkfa	$0,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$	műanyag	$1,1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
		gumi	$1,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
		alumínium	$2,7 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
		vas	$7,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$
		réz	$8,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$

A petróleum sűrűsége $0,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Ezek szerint a petróleumban azok a testek úsznak, amelyeknek az anyaga kisebb sűrűségű, mint a petróleum sűrűsége; és azok merülnek le, amelyeknek az anyaga nagyobb sűrűségű, mint a petróleum sűrűsége. Hasonlót tapasztalnánk más folyadékok esetében is.

Azok a testek úsznak a folyadékban, amelyeknek az anyaga kisebb sűrűségű, mint a folyadék sűrűsége; és azok a testek merülnek el a folyadékban, amelyeknek az anyaga nagyobb sűrűségű, mint a folyadék sűrűsége.



Tölgyfadarabot teszünk a petróleumba. A tölgyfadarab nem úszik, nem is merül le, hanem lebeg a petróleumban. A tölgyfának és a petróleumnak is $0,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ a sűrűsége. Hasonló módon a gyertyadarab is lebeg az olajban. A gyertya és az olaj sűrűsége egyaránt $0,9 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. A tojás is lebeg a sós vízben; sűrűségük megegyezik.

Azok a testek lebegnek a folyadékokban, amelyeknek az anyaga ugyanakkora sűrűségű, mint a folyadék sűrűsége.

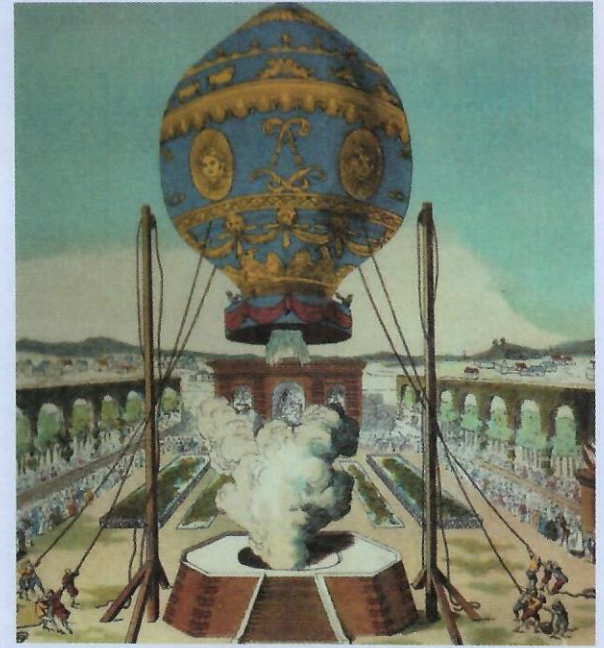
Úszás

A hajó úszik a vízben, annak ellenére, hogy a víznél nagyobb sűrűségű fémből van. A hajó átlagos sűrűsége azonban kisebb a víz sűrűségénél, mivel az átlagos sűrűség meghatározásához számításba kell vennünk a hajóban levő levegőt és a hajón levő, víznél kisebb sűrűségű egyéb anyagokat is. A hajó teljes tömegének és együttes térfogatának a hányadosaként meghatározott átlagos sűrűsége kisebb a víz sűrűségénél. Ezért úszik a vízben. Ha viszont valamilyen baleset következtében víz folyik a hajó belsejébe a levegő helyére, akkor az átlagos sűrűsége nagyobb lesz, mint a víz sűrűsége; a hajó elmerül.

A léggömböt a levegő sűrűségénél kisebb sűrűségű gázzal töltik meg. Így a léggömb átlagos sűrűsége kisebb, mint a levegő sűrűsége. A léggömb mindaddig emelkedik, amíg olyan légrétegbe nem jut, amelynek a sűrűsége megegyezik a léggömb átlagos sűrűségével.

Érdekesség

Kakas, kacsa, bárány a levegőben. Az első léggömböt a francia *Montgolfier* (mongolfijé) testvérek készítették 1783-ban. Először „üresen” szállt a magasba a meleg levegővel telt léggömb, majd egy későbbi kísérletben kakast, kacsát és bárányt vitt magával. 1804-ben *Gay-Lussac* (gélüsszák) és *Biot* (bio) francia természettudósok hidrogénnel töltött léggömbbel emelkedtek a magasba azért, hogy megmérjék a magasban a légkör hőmérsékletét és nedvességtartalmát. Léggömbjükkel 7376 m magasságig jutottak fel. Németországban 1895-ben már 18 450 m magasságba sikerült feljuttatni egy személyzet nélküli, meteorológiai megfigyelő léggömböt.



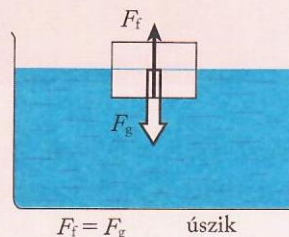
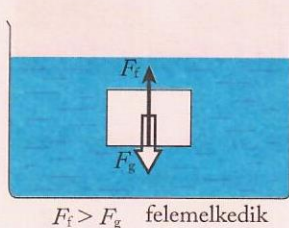
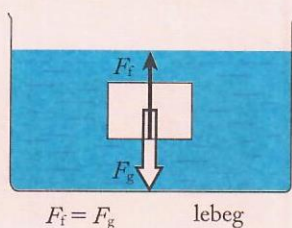
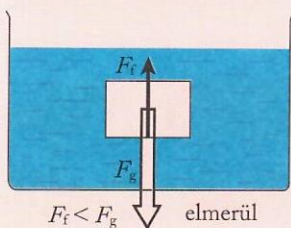
A léggömb emelkedik

Jó tudni!

A folyadékba merülő testre a gravitációs erő és a felhajtóerő ellentétes irányba hat. E két erő egymáshoz viszonyított nagysága alapján is meghatározhatjuk, hogy melyik test merül el, melyik lebeg, illetve melyik úszik a folyadékban.

Ha nagyobb a testre ható, lefelé irányuló gravitációs erő, mint a felfelé irányuló felhajtóerő, akkor a test lemerül a folyadékban. Hasonlítsd össze a folyadék és a benne levő test sűrűségét!

Amennyiben a testre ható gravitációs erő és a felhajtóerő egyenlő, akkor a test lebeg.



Hasonlítsd össze ebben az esetben a folyadék és a benne levő test sűrűségét!

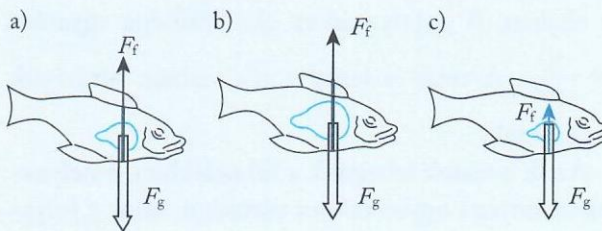
Ha a folyadékban levő testre ható gravitációs erő kisebb, mint a felhajtóerő, akkor a test felemelkedik a folyadékban. Hasonlítsd össze most is a folyadék és a benne levő test sűrűségét!

Amikor a test felemelkedett a víz felszínére, akkor a gravitációs erő és a felhajtóerő egyenlő nagyságú; a test úszik a folyadékban.

Hasonlítsd össze ebben az esetben is a folyadék és az úszó test sűrűségét!

Érdekesség

A halak lebegnek, lemerülnek és felemelkednek a vízben. Sok hal szervezetében olyan úszóhólyag van, amely megkönnyíti a vízben a lebegésüket, lemerülésüket és felemelkedésüket. Az úszóhólyagban levő gázt többnyire gázmirigy termeli, néhány halfaj azonban a víz felszínén beszippantott levegővel tölti meg úszóhólyagját. Ha nő az úszóhólyagban a gáz (levegő) mennyisége, akkor nő az úszóhólyag térfogata, csökken a hal átlagos sűrűsége. Ebből adódóan megnő a halra ható felhajtóerő; a hal felemelkedik a vízben. Vannak olyan halak is, amelyek izmaikkal összenyomják úszóhólyagjukat, s ezáltal csökken a testük térfogata, csökken a rájuk ható felhajtóerő, és emiatt süllyednek a vízben.



■ Válaszolj az alábbi kérdésekre a vázlatrajzok alapján!

- Hasonlítsd össze mindhárom esetben a halra ható felhajtóerő (F_f) nagyságát a halra ható gravitációs erővel (F_g)!
- Melyik esetben lebeg, merül el vagy emelkedik a hal a vízben?

Kérdések és feladatok

- Válaszd külön az alábbi testek közül, hogy melyek úsznak és melyek merülnek le a vízben! Lyukacsos téglá, tölgyfa deszka, 150 kg tömegű fenyőgerenda, 50 g tömegű fém kiskanál, alumíniumlemez, üveglap.
- Az acél sűrűsége $7,8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$, a higany sűrűsége $13,6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Mit tapasztalunk akkor, ha acélgolyót helyezünk a higanyba?
- Egy légmentesen lezárt fahordó és egy vashordó színültig van vízzel. Mi történik e két hordóval, ha vízbe tesszük őket?
- A tengervíznek nagyobb a sűrűsége, mint a folyóvíznek. Miként változik meg a hajó vízbe merülése, ha a Dunából a Fekete-tengerbe jut?
- A tengeralattjáró átlagos sűrűségét úgy szabályozzák, hogy merüléskor a tengeralattjáró levegővel telt rekeszeibe tengervizet eresztenek. Hasonlítsd össze a tengeralattjáró átlagos sűrűségét a tengervíz sűrűségével abban az esetben, ha a tengeralattjáró
 - lemerül a vízben;
 - lebeg a vízben;
 - felemelkedik a vízben!

FIZIKAI VIZSGÁLATOK

Úszás

1. Helyezz egy vizes poharat oldalra fordítva a vízbe! Emeld ki a vízből a poharat, majd helyezd függőleges helyzetben szájával felfelé a vízbe! Mit tapasztalsz? Adj magyarázatot a tapasztalataidra!
2. Önts vizet az orvosságosüvegbe, és tedd vízbe! Mit tapasztalsz? Öntsd ki az üvegből a vizet, dugaszold be, s így tedd a vízbe! Mit tapasztalsz ebben az esetben? Mi az eltérés magyarázata?
3. Formálj alumíniumfóliából kis hajót! Helyezd a vízre! Hajtogasd össze ezután a kis hajót úgy, hogy ne maradjon benne levegő! Helyezd így a vízre! Mit tapasztalsz? Adj magyarázatot a tapasztaltakra!
4. Tegyel friss tojást a vízbe! A tojás elmerül a vízben. Szórj sót a vízbe, s közben keverd a vizet, hogy segítsd a só oldódását. Mit tapasztalsz a víz további sózásakor? Adj magyarázatot e jelenségre!



ÖSSZEFOGLALÁS

Nyomás

A szilárd testek – súlyuk következtében – *nyomást* fejtenek ki a nyomott felületre. Ez a nyomás annál nagyobb, minél nagyobb a nyomóerő és minél kisebb a nyomott felület. A szilárd testek nyomását úgy számítjuk ki, hogy a nyomóerőt osztjuk a nyomott felülettel. A nyomás mértékegysége a pascal (Pa).

Hidrosztatikai nyomás

A folyadékok súlyából származó nyomást *hidrosztatikai nyomásnak* nevezzük. A hidrosztatikai nyomás annál nagyobb, minél nagyobb a folyadékoszlop magassága, és minél nagyobb a folyadék sűrűsége. A hidrosztatikai nyomás a folyadék belsejében minden irányban terjed, és azonos mélységben egyenlő.

Légnyomás

A levegő súlyából származó nyomást *légnyomásnak* nevezzük. A levegő nyomását első ízben *Torricelli* olasz fizikus mérte meg. A levegő nyomásának átlagos értéke a tengerszint magasságában 760 mm magas higanyoszlop nyomásával egyenlő. A légnyomás mérésére a gyakorlatban aneroid barométert használunk.

Arkhimédész törvénye

A folyadékba merülő testekre *felhajtóerő* hat. E felhajtóerő nagysága egyenlő a test által kiszorított folyadék súlyával. Ezt az összefüggést *Arkhimédész* görög fizikus ismerte fel, több mint kétezer évvel ezelőtt.

Arkhimédész törvényéből következik, hogy azok a testek *úszik* a folyadékban, amelyeknek a sűrűsége kisebb, mint a folyadék sűrűsége. Ha a test sűrűsége egyenlő a folyadék sűrűségével, akkor *lebeg* a test a folyadékban. Amennyiben a test sűrűsége nagyobb a folyadék sűrűségénél, akkor *lemerül* a test a folyadékban.

Kérdések és feladatok

1. Rajzszoget nyomunk a rajztablába. Hasonlítsd össze a rajztablára és az ujjunkra ható
a) nyomóerőt;
b) nyomást!
2. Tenyéryni nagyságú alumíniumfóliát teszünk a vízbe. A fólia lemerül. Ezután kivesszük a vízből a fóliát, és csónakot formálunk belőle. Ha vízre tesszük ezt a csónakot, akkor az úszik a vízen; pedig a fólia súlya nem változott. Mi az eltérés magyarázata?
3. A golya először két lábon, majd egy lábon áll a fészékben. Hasonlítsd össze e két esetben a fészekre ható
a) nyomóerőt;
b) nyomást!
4. Hasonlítsd össze a 20 Ft-osra ható hidrosztatikai nyomást, ha a pénzdarabot először az üvegcsőben, majd a Fertő tóban tartjuk a tenyerünkben, mindkét esetben 10 centiméterre a víz felszíne alatt!
5. A budai hegyekben libegőn megyünk fel az alsó állomástól a felső állomásig. Kezünkben egy aneroid légnyomásmérőt tartunk. Miként változik a nyomásmérő által mutatott légnyomás, miközben a libegő felső állomására érkezünk?
6. Hasonlítsd össze a téglá talajra ható nyomóerejét és nyomását abban az esetben, ha a téglát először a legnagyobb, majd a legkisebb lapjára fektetjük!