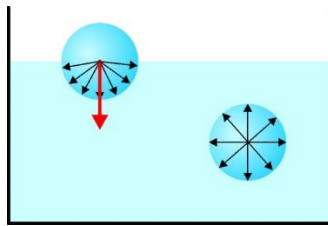
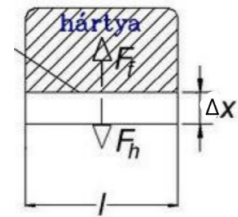


Felületi feszültség

Nézd meg a kísérleteket 2 perc 20 másodperctől:

<https://www.youtube.com/watch?v=xYB3CGZeOlc>

A filmen láthattuk, hogy a víznél nagyobb sűrűségű test is a felszínen maradt, megfelelő módon elhelyezve. Azt is láttuk, hogy egy cérnaszálat a folyadékártyába helyezve, majd a hártya egyik felét kilyukasztva, a maradék folyadékártya a cérnát „elhúzza”. Ha egy drótkeret alja könnyen csúszik a kereten, és a keretre egy folyadékártyát feszítünk ki, az felemeli az alsó drótdarabot. (Ez látható a jobboldali ábrán.) Vagyis a folyadék felület erőt tud kifejteni. Megtart, felemel testeket. Erre példa a természetben a molnárka is, így közlekedik a víz felszínén.



Nézzük, miért viselkedik másképpen a felszín, mint a folyadék belseje! Ha egy a folyadék belsejében lévő molekulát vizsgálunk, láthatjuk, hogy azt a szomszédos molekulák minden irányból vonzzák, így az egyensúlyban van. A felszínen lévő molekulát azonban felfelé ható erő nem éri, így rá – a szomszédos molekulák vonzása okán - lefelé hat eredőerő. Ez azt eredményezi, hogy a legfelső molekularéteg kissé közelebb „csúszik” az alatta lévő réteghez, kisebb közöttük a távolság, mint a folyadék belsejében. A folyadék belsejében lévő távolság az, ami energia szempontjából a legkedvezőbb a molekuláknak, az ettől eltérő távolság magasabb energiájú állapotot jelent. Vagyis a felső molekularéteg ilyen magasabb energiájú, feszült állapotban van. (A feszült állapot mindig magasabb energiájú állapotot jelent, hétköznapi még értelemben is.) Ezért a jelenséget felületi feszültségnek hívjuk. Ebben az állapotban az anyag tulajdonságai megváltoznak, így tud erőt kifejteni, vagy a magasabb energiájú állapotból „szabadulva” munkát végezni, a felszabaduló energiát átadni. Hogy milyen mértékben feszült ez az állapot, az függ az anyag minőségétől (hőmérséklettől is, ezt az anyagi minőségbe beleértjük). Ennek megfelelően tud erőt kifejteni, vagy energiát átadni. Ezt a feszült állapotot a felületi feszültség nevű mennyiséggel jellemezzük, aminek jele α , mértékegysége N/m. Nagysága megegyezik a folyadékfelszín által egységnyi hosszra kifejtett erő nagyságával.

$$\alpha = \frac{F}{l}$$

A folyadék l hosszra fejt ki F erőt, mert a felszín egy hosszúság mentén érintkezik a másik testtel - pl. a filmben a pénzérmével. Vizsgáljuk meg ezt a példát! A filmbeli pénzérmére a folyadék annak kerülete mentén fejtett ki erőt. A víz felületfeszültsége $0,075 \text{ N/m}$. Ha a pénzérme sugara 1 cm , kerülete $2\pi r = 2 \cdot 0,01 \text{ m} \cdot 3,14 = 0,0628 \text{ m}$, a víz

$$F = 0,075 \text{ N/m} \cdot 0,0628 \text{ m} = 0,00471 \text{ N}$$

erőt fejt ki rá. Ez egy $0,47$ gramm tömegű test megtartásához elegendő. Ha az érme 2700 kg/m^3 sűrűségű alumíniumból készült, súlya kisebb, mint a folyadék által kifejtett erő maximuma.

Másik példánkban a folyadékártya egy drótot emel fel. Az ábrán látható, hogy a drót hossza l . Amikor a folyadék a drótot Δx távolságon emeli,

$$W = F \cdot s = \alpha l \Delta x = \alpha \Delta A$$

munkát végez, ahol ΔA a folyadékfelszín nagyságának csökkenése. Kisebb lett a felület, kevesebb molekula van a felszínen, feszült állapotban, így energia szabadult fel, ebből $\alpha \Delta A$ munkát végzett a folyadék. Ez fedezi az emelési munkát, vagyis a drót helyzetienergiájának növekedését. A felületi feszültséget a képletből következően J/m^2 egységben is megadhatjuk. (Igazából, mivel a keret vastagságában lévő hártynak mindkét oldalán van egy felszíni molekularéteg, a folyadék $2l$ hosszra fejt ki erőt, és mindkét felület csökkent, vagyis $2 \alpha \Delta A$ munkát végzett a folyadék.)

Látható, hogy a folyadék az energiaminimumra törekvésnek megfelelően arra törekszik, hogy felszíne kisebb legyen, kevesebb molekula legyen feszült állapotban. Ezért rántja az ennek megfelelő helyre a cérnaszálat a videóban. A lehető legkisebb felület a lehető legkisebb energiát jelenti. Minden esetben ennek megfelelően alakul a folyadékok felszíne. Ezért gömb alakú egy folyadékcsepp, ha nincs gravitációs térben, vagy gömb alakú a buborék. Adott térfogat mellett a gömb a lehető legkisebb felületű test. Erre nagyon szép alakzatokat láthatunk különböző alakú keretekre kifeszített folyadékhártyákkal kísérletezve. Egy ilyen látható a képen, ahol a háromszög alapú hasáb keretre a folyadék úgy feszül ki, hogy az adott feltételek mellett a lehető legkisebb legyen a felszíne. Látszik, hogy nem az oldallapokon vannak hárták, hanem a test belsejében.



Házi feladat

Mekkora tömegű drótot tudna felemelni egy 7 cm széles glicerinhártya? (Vigyázz, két oldala van!) Mennyivel csökkenne az energiája, ha a drótot 3 cm-rel magasra emeli? A szükséges adatot keresd ki a táblázatból!

Szorgalmi feladat

Első lehetőség: Cseppents vizet sima felületre, és fotózd le közelről! Milyen alakú? Miért?

Második lehetőség: Készíts drótból különböző alakú testeket, merítsd szappanos vízbe, és fotózd le az így kialakult hártát!

További kísérleteket láthatsz itt: <https://www.youtube.com/watch?v=k5nLTaI90GA>

A táblázatban különböző anyagok felületi feszültsége található.

anyag	Hőmérséklet, °C	Felületi feszültség, $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}=\text{mJ}\cdot\text{m}^{-2}$	anyag	Hőmérséklet, °C	Felületi feszültség, $\text{mN}\cdot\text{m}^{-1}=\text{mJ}\cdot\text{m}^{-2}$
Aceton	20	23,7	Metil-alkohol	20	22,50
Benzol	30	27,56	Oktán	20	21,62
Benzol	20	28,88	Pentán	20	16,00
Butil-acetát	20	25,09	Szén-tetraklorid	25	26,43
Dietil-éter	25	20,14	Toluol	20	28,52
Etilén-glikol	25	47,3	Víz	20	72,86
Etil-alkohol	20	22,39	Víz	25	71,99
Etil-alkohol	30	21,55	NaCl	801	115
Glicerin	30	64,7	Higany	20	486,5
Heptán	20	20,14	Higany	25	485,5
n-Hexán	20	18,4	Higany	30	484,5
Kloroform	25	26,67	Ón	400	518