

A folyadék mindig úgy igyekszik elhelyezkedni, hogy energiája minimális legyen. A folyadékrészecskéknak gravitációs térben helyzeti energiájuk van. Ezenkívül a felületi jelenségek játszanak nem mindig elhanyagolható szerepet.

A folyadék felszínén levő molekulák helyzete abban különbözik az anyag belsejében található molekulák helyzetétől, hogy a szomszédos molekulák által rájuk gyakorolt hatás eredője nem nulla. Így a felszíni rétegben a felület nagyságával arányos mennyiségű energia van felhalmozva. Ezen energia nagysága függ a felület másik oldalán levő anyag minőségétől is.

A tárolt energia így írható:

$$E = \alpha \cdot A$$

ahol α az anyagi minőségektől függő felületi feszültség, A a felület nagysága. A felszín nagyságának megváltoztatása tehát munkavégzéssel jár. Ezt a tényt így írhatjuk:

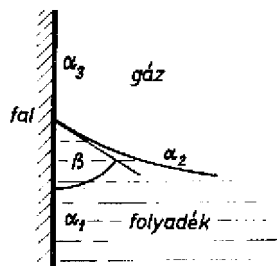
$$F = \alpha \cdot l,$$

ahol F a felület l hosszúságú vonaladarabjára, rá merőlegesen, a felület érintősíkjában ható erő. Ez az erő a felületet csökkenteni igyekszik.

Tekintsünk egy kis, görbült felületdarabot. Láthatjuk, hogy az erre a felületdarabra ható, felületi feszültségből adódó erők eredője a felület homorú oldala felé mutat. Az így kialakuló görbületi nyomás arányos a felület adott ponthoz tartozó átlaggörbületével (1. ábra).



1. ábra



2. ábra

(Tekintsük a felület adott pontbeli normálisát tartalmazó síkokban a felületet másodrendben érintő köröket. A legnagyobb ilyen kör sugara R_1 , a legkisebbé R_2 . Ekkor az átlaggörbület $G = 1/R_1 + 1/R_2$. Az adott pontbeli görbületi nyomás pedig $p = \alpha \cdot G$.)

A folyadék és a fal találkozásánál három határfelület találkozik, a folyadék-fal, a folyadék-gáz és a gáz-fal határfelület. Ezen három felület felületi feszültsége legyen rendre α_1 , α_2 és α_3 . A folyadékfelszín olyan szöget fog bezárni a fallal, hogy a három felületi feszültségből származó három erő eredője a falra merőleges legyen (2. ábra). Így a nedvesítési szög:

$$\cos \beta = \frac{\alpha_1 - \alpha_3}{\alpha_2}.$$

A folyadékokban a nyomás egyenletesen terjed. Ennek segítségével fel lehet írni a felszín alakját meghatározó egyenletet. Mi csak minőségileg tekintjük át a problémát.

A folyadék felszíne és a fal által bezárt szög mindig megegyezik a nedvesítési szöggel. A felszín pedig úgy alakul, hogy a felület görbületéből adódó görbületi nyomás és a felszín szintváltozása miatti hidrosztatikus nyomásváltozás egymást kiegyenlítsse.

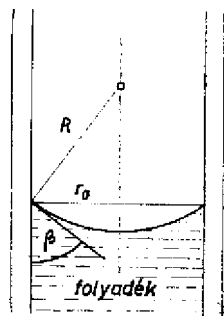
Példaként vegyük azt az esetet, amikor üvegedényben víz, felette pedig telített vízgőz van. A víz nedvesítési szöge üvegre $\sim 0^\circ$. Ha a szabad felszín nagy, akkor a víz felszíne síkkal közelíthető, csak a falak közelében emelkedik meg. Itt azonban a felület erősebben görbült, az így adódó görbületi nyomás teszi lehetővé a vízszint megemelkedését. Kis szabad felszín esetén azonban a felületnek nincs síkkal közelíthető része, ilyenkor a görbületi nyomás az egész felszínt megemeli. Kis r_0 sugarú csőben a folyadékfelszín alakját gömbfelülettel közelíthetjük, amelynek sugara (3. ábra):

$$R = r_0 / \cos \beta.$$

Így a kapilláris emelkedés.

$$h = 2 \alpha / (\rho g R),$$

ahol ρ a folyadék sűrűsége, g a nehézségi gyorsulás.

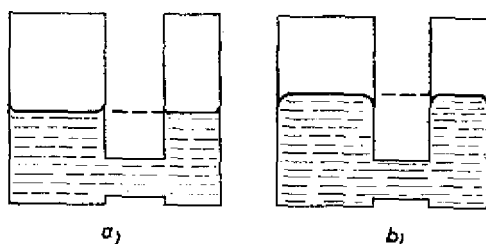


3. ábra

Higany esetén a nedvesítési szög üvegre $\sim 140^\circ$. Ekkor a folyadékszint a falaknál lesüllyed, a kapilláris jelenség a higany felszínét lenyomja.

Ezután válaszolhatunk a feladat kérdéseire. Mivel mindig zárt edényekről van szó, a folyadék felett a telített gőz van, így a szabad felszínekre ható nyomás mindenütt a telített gőz nyomása, ettől eltekinthetünk.

A Földön mind a víz, mind a higany a közlekedőedény alján foglal helyet. Ha az edény szárainak keresztmetszete nagy, a két szárban egyenlő magasan áll a folyadék. A felszín síkkal közelíthető, csak a falak közelében görbül, víz esetén felfelé, higany esetén lefelé (4. ábra).

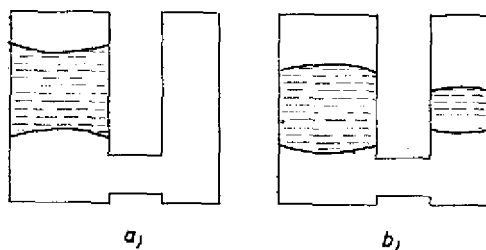


4. ábra

Kis keresztmetszetek esetén a két szárban akkora a szintkülönbség, hogy az ebből adódó hidrosztatikai nyomás a kapilláris nyomások különbségével megegyezik. A folyadékfelszín ilyenkor gömbfelülettel közelíthető. Víz esetén a folyadékszint a kisebb keresztmetszetű csőben magasabb, higany esetén itt a szint alacsonyabb.

A súlytalanság állapotában nincs hidrosztatikai nyomás. A nyugvó folyadék belsejében ilyenkor a nyomás mindenütt ugyanaz, a folyadék felszíne tehát úgy alakul, hogy a felület átlaggörbülete mindenütt ugyanakkora legyen. A felszín és a fal által bezárt szög most is a nedvesítési szöggel egyenlő. Így az r_0 sugarú hengeres edényben a szabad felszín egy $R = r_0 / \cos \beta$ sugarú gömbfelület darabja (3. ábra). A felszín azonban – a kapilláris jelenségek esetétől eltérően – nagy átmérő esetén is gömbfelület, és nemcsak közelítőleg az.

Látjuk, hogy kisebb átmérőjű csőben a felszín erősebben görbült, itt tehát nagyobb a görbületi nyomás. Ha tehát egy folyadékcsepp két szabad felszínének görbülete nem azonos, akkor a csepp a két görbületi nyomás által meghatározott irányban mozdul el. Ez a mozgás mindaddig tart, amíg vagy megegyezik a két felszín görbülete, vagy az egyik szabad felszín megszűnik. Az üvegedényben így a vízcsepp a kisebb átmérőjű csőbe, a higanycsepp pedig a nagyobb átmérőjű csőbe húzódik át. Azok a folyadékcseppek, amelyeknek mindkét szabad felszíne azonos görbületű, nem mozognak. Így a nagyobb átmérőjű edényrészben is maradhat víz, illetve a kisebb átmérőjű részben is maradhat higany. A közlekedőedény szárai között tehát nem egyértelmű a folyadékok megoszlása. Az 5.a ábra a víz egoszlását, az 5.b ábra a higany egy lehetséges megoszlását mutatja.



5. ábra