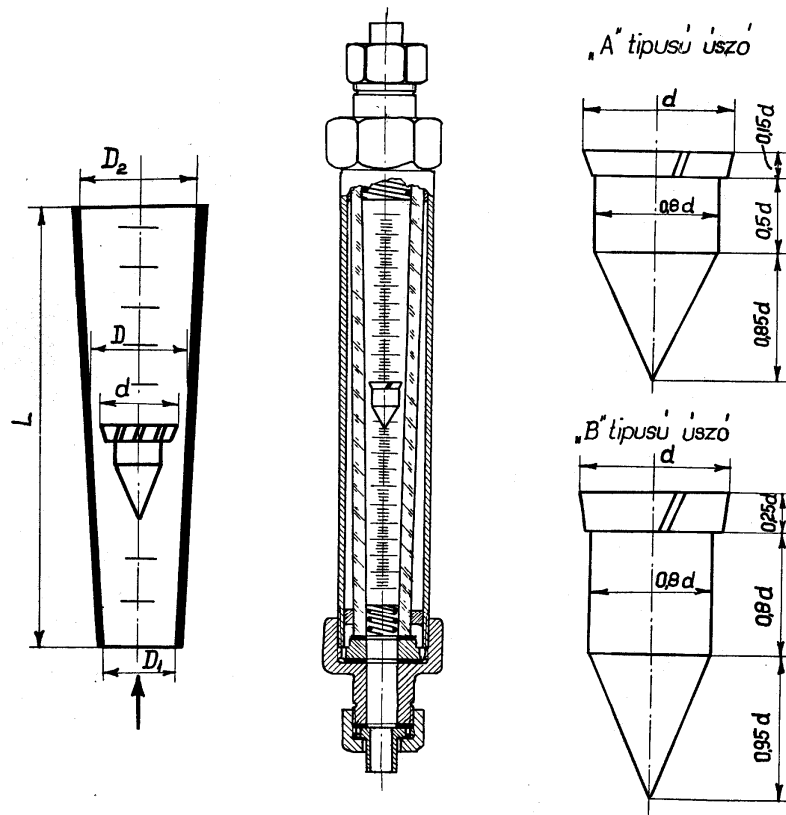


A rotaméter (3.16. ábra) szintén az áramlási keresztmetszet szűkítésével dolgozik, de itt a nyomásesés állandó (az úszó súlyával arányos) és a szűkítés mértéke változik: az alulról fölfelé bővülő keresztmetszetű csőben lebegő úszó annyira emelkedik fel, hogy az úszó által szabadon hagyott keresztmetszetben áramló fluidum lineáris sebessége az állandó nyomáseséshez tartozó állandó érték legyen.



3.16. ábra
Rotaméter

A rotamétereket a gyártó cég kalibrálva szállítja, azonban ha a mért fluidum viszkozitása vagy sűrűsége eltér a kalibrációra használt folyadékétól, újra kell kalibrálni, ezért a beépítéskor célszerű gondoskodni a helyben kalibrálás lehetőségéről a műszer fölött beépített kiömlő szeleppel. A rotaméterek csak alulról fölszálló, függőleges vezetékbe építhetők be. Nagy folyadékmennyiségek mérésére súlyos úszó szükséges, ami nagy nyomásesést jelent – ilyen esetben előnyösebb a mérőperem használata. A rotaméter a térfogatáram pillanatértékét jelzi. Ezért főleg olyan anyagáramok mérésére használják, amelyeket pillanatértékük alapján szabályozni kívánnak; ha regisztrálásra, vagy az időbeni ingadozó térfogatáram átlagér-

tékére is szükség van, akkor a rotaméter mellett más alkalmas mérőműszert is kell használni.

3.3. Nyomás mérése

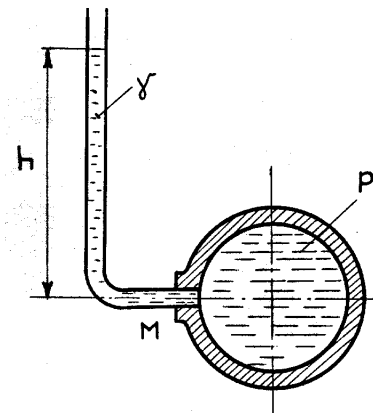
Abszolút nyomás barométerrel mérhető. A manométerek és vákuummérők, vagy két hely közötti nyomáskülönbséget, vagy a külső, atmoszferikus nyomáshoz viszonyított nyomáskülönbséget mérik!

A csőrugós manométerek üzemi, nem kényes mérőeszközök. Számlapjukon a mért nyomás és az atmoszferikus nyomás közti különbség olvasható le. Pontosságuk 1,5 - 2,5 %-a a végkitérésnek. Hitelesítésük folyadéktöltésű manométer, vagy hidraulikus sajtó (manométerhitelesítő) segítségével végezhető.

A folyadéktöltésű manométerek nyomáskülönbségek pontos mérésére, vagy szűkítéssel áramlásmérők jelzőműszereként használatosak: mérési hibájuk helyes használat esetén 0%, reakcióidejük rövid. Kétféle kiviteli módjuk: 1. U csöves manométerek; 2. egyszárú manométerek, ahol az U cső másik részét olyan nagy keresztmetszetű edény helyettesíti amelyben a folyadéknívó változtatása elhanyagolható. Az egyszárú manométerekben a kapilláris szintemelkedés hibát okozhat, elkerülése a manométercső belső átmérője legalább 5 mm legyen. A folyadéktöltés helyes megválasztásával az érzékenység és méréshatás széles határok közt változtatható. A manométerekben leggyakrabban használatos folyadékok (természetesen nem elegyedhetnek a mérendő nyomású folyadékkal):

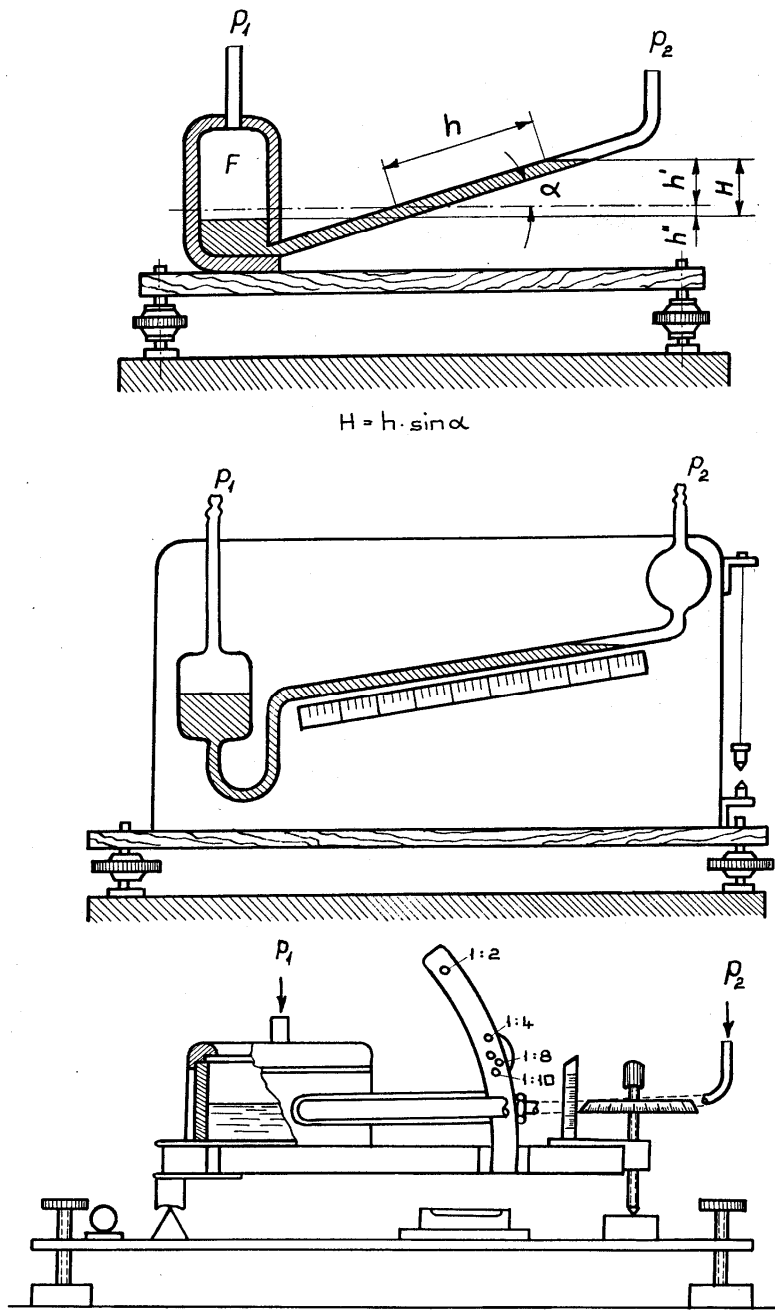
anyag	sűrűség, kg/m ³
higany	13600
aciteléntetrabromid	2960
széntetraklorid	1590
kloroform	1490
nitrobenzol	1200
víz	1000

Ha a mérendő folyadékban túlnyomás van, maga a mérendő folyadék is használható mérőfolyadékként, a mérési ponthoz csatlakozó felszálló csőben (3.17. ábra).



3.17. ábra
Nyomásmérés felszállócsővel

Kis (5 mbar) nyomás mérésére ferdecsövű mikromanométert használnak (3.18. ábra).

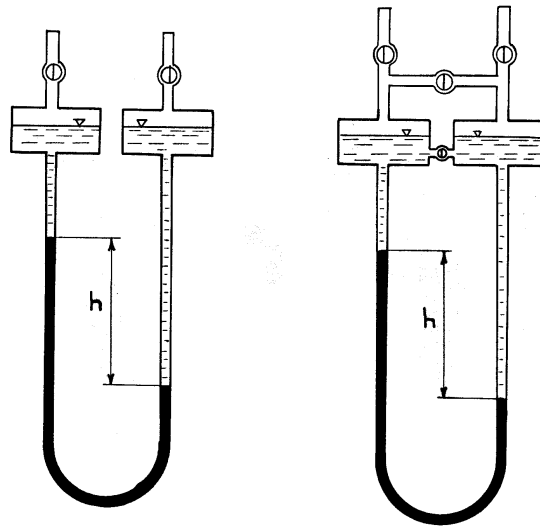


3.18. ábra
Mikromanométerek

Jól használhatók a kétfolyadékos differenciálmánométerek (3.19. és 3.20. ábra).
Az egyensúly feltétele:

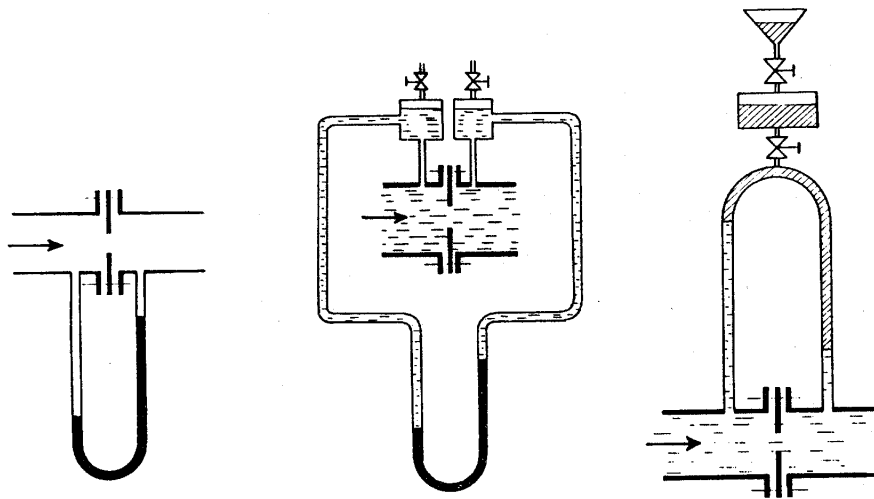
$$p_1 + h\rho_2g = p_2 + h\rho_1g \quad (3.1)$$

$$p_1 - p_2 = \Delta p = h(\rho_1 - \rho_2)g \quad (3.2)$$



3.19. ábra

Kétfolyadékos differenciálmánométerek gáznyomás mérésére



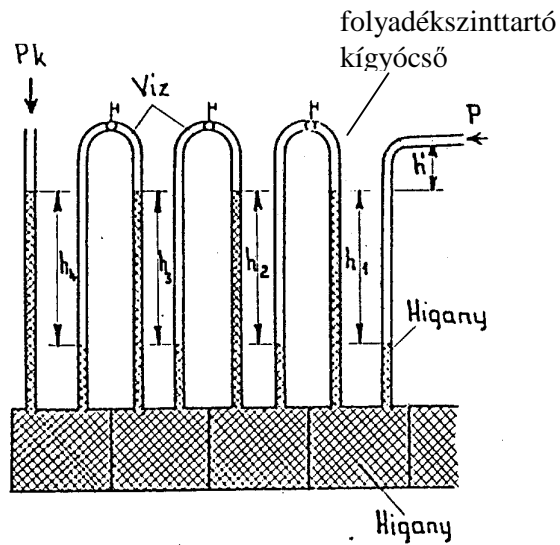
3.20. ábra

Kétfolyadékos differenciálmánométerek folyadéknyomás mérésére

Például:

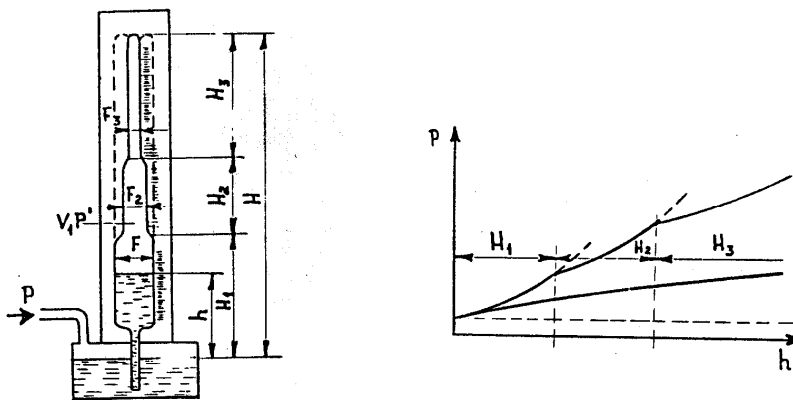
1. $\rho_2 = 1000 \text{ kg/m}^3$ (víz), $\rho_1 = 1490 \text{ kg/m}^3$ (kloroform), 1 mbar nyomáskülönbség esetén a szintkülönbség a manométeren 21 mm.
2. $\rho_2 = 1000 \text{ kg/m}^3$ (víz), $\rho_1 = 1200 \text{ kg/m}^3$ (nitrobenzol), 1 mbar nyomáskülönbség esetén a differenciálmánométeren $h = 51 \text{ mm}$ szintkülönbség olvasható le.

Nagy (1...10 bar) nyomáskülönbség sorbakapcsolt higanytöltésű U csöves manométerekkel mérhető. A nyomásokat az egyik U csőből a másikba (buborékmentes) víz közvetíti (3.21. ábra).



3.21. ábra

Többkamrás higanyos manométer 1...10 bar nyomás mérésére



3.22. ábra

Rövidített higanyos manométer 1...10 bar nyomás mérésére

Nagy nyomás mérhető egyetlen folyadéktöltésű manométerrel is oly módon, hogy a manométer csövet egyik végén elzárják és a mérőfolyadék feletti teret a folyadékban oldhatatlan gázzal töltik meg, amelyet állandó hőmérsékleten tartanak (3.22. ábra).

Manométerek bekötése

Tartályokból - mivel a nyomás minden irányban terjed - egyetlen nyíláson át lehet levenni a mérendő nyomást. Vezetékekben különösen csőhajlatok, kanyarok, szűkítőnyílások közelében aszimmetrikus áramlás alakulhat ki, ezért a mérendő kerületen egyenletesen elosztva több – rendszerint 3 – furatot kell alkalmazni, amelyek egy közös térbe, gyűrűkamrába torkollnak. A nyílás átmérője 2...5 mm, felülete lesimított legyen, hogy a mérőpont közelében áramlás ingadozás, örvénylés és ebből eredően helyi nyomásingadozás ne keletkezessen.

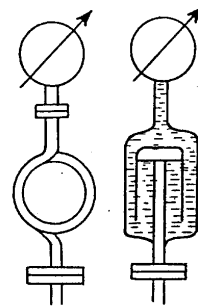
A mérőpontot a mérőműszerrel összekötő vezetéket homogén, ismert sűrűségű nyomásközvetítő fluidummal kell megtölteni és a mérőpont és a műszer alapszintje közti szintkülönbséget mérni kell, hogy a fellépő hidrosztatikus nyomás számítható legyen. A mérőpont és a mérőműszer közti szintkülönbség csőrugós manométereknél a számlap vízszintes átmérőjéig, folyadéktöltésű manométereknél a mérőfolyadék és a mérendő folyadék határfelületéig mérendő.

Az összekötő vezeték és a mérőműszer csatlakozásánál háromágú csapot (laborban Y csövet) célszerű elhelyezni, hogy a vezetékből a piszkot ki lehessen fúvatni; a háromágú csap ellenőrző manométer csatlakoztatására is alkalmas. Az összekötő vezeték min. 2...3 mm átmérőjű és lehetőleg rövid legyen.

Gáznyomás mérésénél az összekötő vezetékben is gáz van, amelynek hidrosztatikai nyomása rendszerint elhanyagolható (3.19. ábra).

Folyadéknyomás mérésénél:

1. A mérőhely túlnyomás alatt van (3.20. ábra). Ekkor az összekötő vezeték is a mérendő folyadék tölti meg. A három csapon át a légbuborékokat ki kell űzni az összekötő vezetékből, látszakasz beépítése szükséges.
2. A mérőpont vákuum alatt van: ekkor a légbuborékok eltávolítása igen nehéz, legjobb, ha az összekötő vezetékben levegő van, viszont nem maradhatnak benne folyadékcsappék.



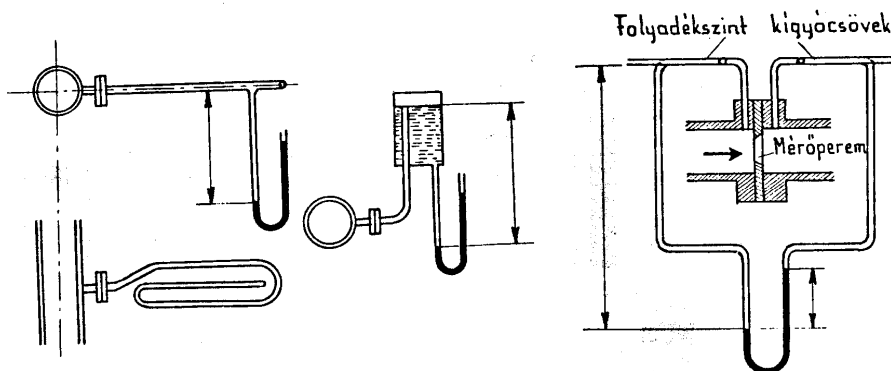
3.23. ábra

Nyomásközvetítő vízzárak gőznyomás méréséhez

Gőznyomás mérésénél a műszert a melegtől óvni kell, ezért vízzáron keresztül csatlakoztatjuk. A gőz az

összekötő vezetékben kondenzál, ennek megfelelően elegendő hűtőfelülettel kell a vezetéket kiképezni (3.23. ábra).

Kis gőznyomás és pontos mérés esetén a vízzár hidrosztatikus nyomását állandó értéken kell tartani és a nyomás kiszámításánál figyelembe kell venni (3.24. ábra).



3.24. ábra
Szinttartó és vízzár gőznyomás méréséhez

3.4. Hőmérsékletmérés

A hőmérőeszközök: folyadéktöltésű hőmérők, elektromos ellenállás mérők, termoelemek, sugázmérők korábbi tanulmányaikból már ismertek. A sugázmérők kivételével a hőmérők saját hőmérsékletüket jelzik. A mérendő test és a hőmérő között hő áramlik addig, amíg hőmérsékleteik azonossá nem váltak, tehát bizonyos idő múlva a hőmérő már a mérendő test hőmérsékletét mutatja. Ha azonban a hőmérő vezetés, konvekció vagy sugárzás útján érintkezhet az eltérő hőmérsékletű környezettel, akkor soha nem veszi fel a mérendő test hőmérsékletét és állandó hibával mér. Ez a hiba becsülhető, így a leolvasott hőmérséklet korrigálható. Sok esetben a mérési körülmények helyes megválasztásával a hiba elhanyagolhatóvá válik.

3.5. Adagolók

Az adagolás és működés szempontjából így különböztetjük meg a műveleteket:

1. Tökéletesen szakaszos műveletek: kiszolgálás szakaszos, működés is szakaszos (pl. szakaszos bepárlás).

2. Periodikus, vagy ciklikus műveletek: szintén szakaszos művelet, de meghatározott időperiódusokban azonos műveletek ismétlődnek. Ezek működése szakaszos és kiszolgálása periodikus (intermittens). (Pl. frakcionáló megosztás művelete).
3. Félfolyamatos műveletek: kiszolgálás folyamatos, működés szakaszos (mixer-settler, tányéros desztilláló kolonna).
4. Tökéletesen folyamatos műveletek. Ezeknek mind kiszolgálása, mind működése folyamatos. (Forgótárcsás extrakciós oszlop, desztilláció töltött oszlopon, folyamatos abszorberek).

A szakaszos adagolók térfogat szerint adagolnak.

A folyamatos adagolók lehetnek

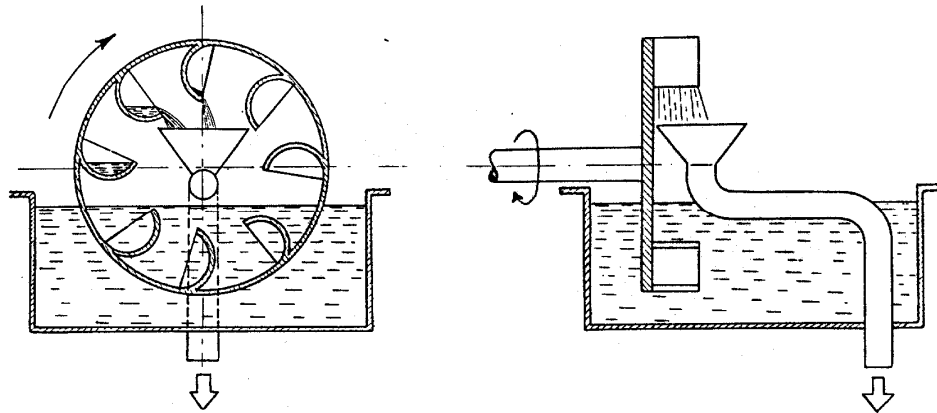
- a.) egyenletes adagolók: állandó lineáris sebességgel adagolják a fluidumot.
- b.) pulzáló adagolók: periodikus mozgású dugattyús szerkezettel időben egyenlőtlen fluidum térfogatot szállítanak.

3.5.1. Folyadékok adagolása

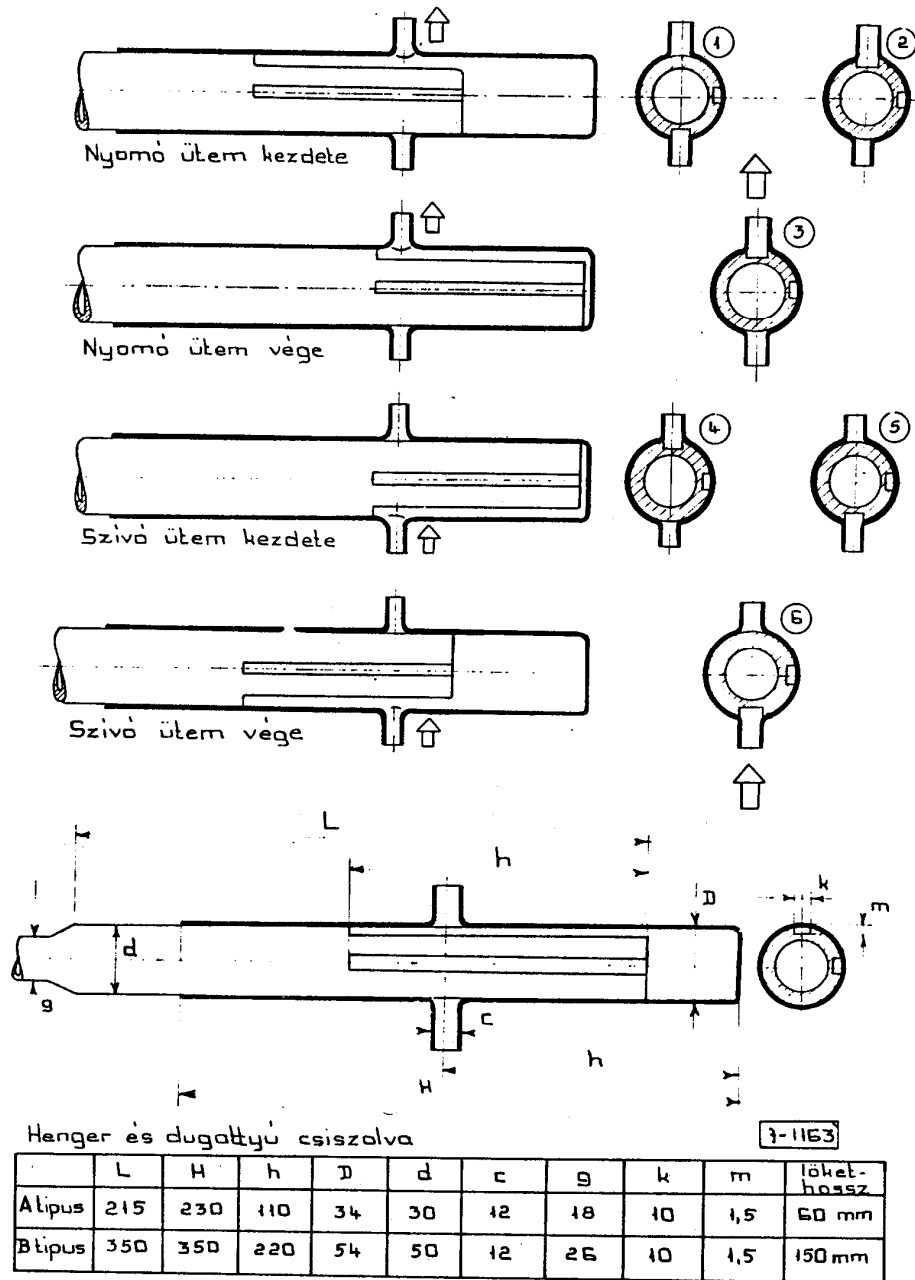
3.5.1.1. Szakaszos (periodikus) adagolás

Szakaszos és periodikus (ciklus) műveleteknél van szükség arra, hogy bizonyos meghatározott folyadékmennyiséget (térfogatot) adagoljunk a rendszerbe meghatározott idő, ill. műveleti periódusokba. Ezek a szakaszos adagolók tehát – ha nem kézi kiszolgálásúak – mindig vezérelve vannak: a művelet megfelelő szakaszában mechanikus, pneumatikus, vagy elektromos szerkezet indítja el és állítja le az adagoló szerkezetet egy szívó és nyomó ütem tartalmára. Ilyen szakaszos adagoló szerkezet az üvegből készült Hahn-pipetta (3.25. ábra).

Forgómozgású berendezéseknél a kanalazó adagolás a szokott megoldás kisebb mennyiségek adagolására (használható periodikus mintavételre is) lásd az 3.26. ábrát.



3.26. ábra
Kanalazó adagolás



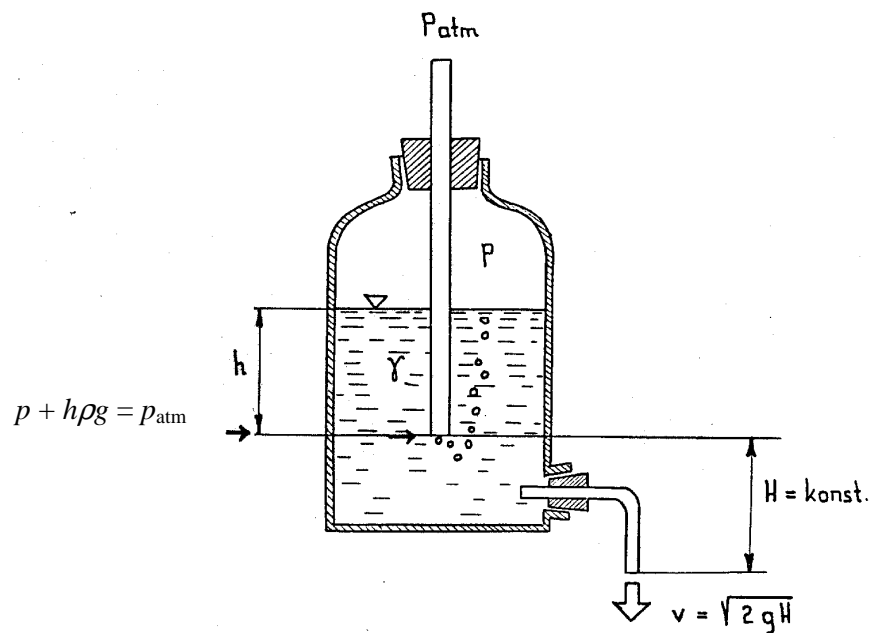
3.25. ábra
Hahn pipetta (üveg)

Nagyobb térfogatok periodikus adagolása bármilyen szivattyú szerkezettel lehetséges. Ez esetben a vezérlés nemcsak az adagoló szivattyú üzembe helyezését és egy ütem utáni leállítását célozza, mint a Hahn pipettánál, hanem a vezérlés a szivattyú működési idejére is kiterjed a (szivattyú \dot{V} (m^3/s) teljesítményének idő-integrálja adja az adagolás előírt V (m^3) mennyiségét).

3.5.1.2. Folyamatos adagolás

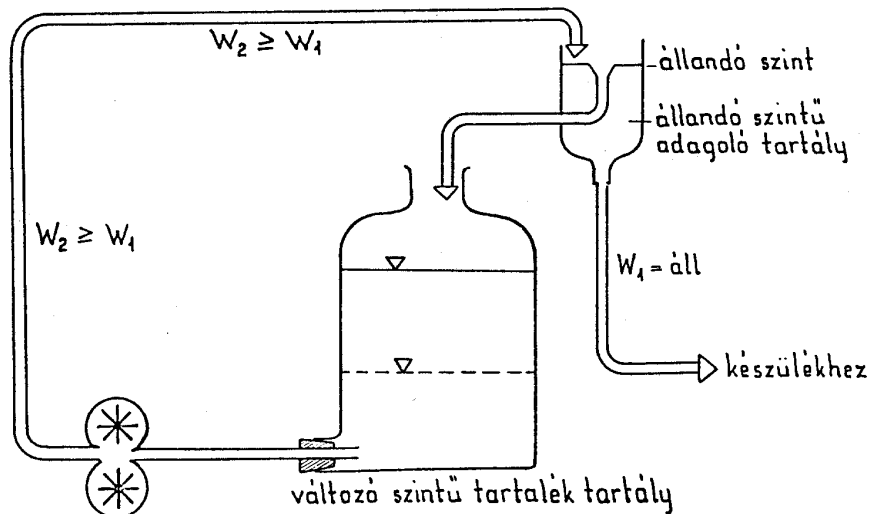
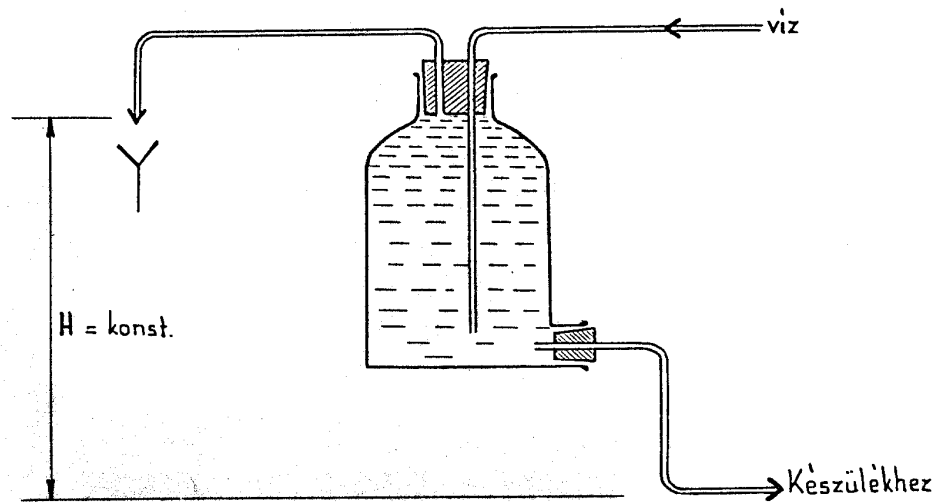
Egyenletes adagolók

Laboratóriumban szokásos, de kisebb méretű félüzemi kísérleteknél is (főleg kalibrálásnál!) használatos megoldás a konstans kifolyási sebességet biztosító Mariotte-palack. Lásd 3.27. ábra. (Alkalmazása: pl. Ellenáramú keverő-ülepítő extraktor c. mérésnél).



3.27. ábra
Mariotte-palack

Állandó sebességű kifolyás biztosítható minden nyitott tartályból is, ha változatlan folyadéknívót biztosítunk. Ilyenek a túlfolyással működő adagoló edények (3.28. ábra).



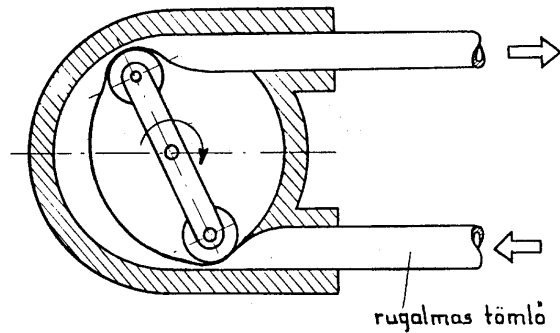
3.28. ábra

Túlfolyós adagoló (W : térfogatáram)

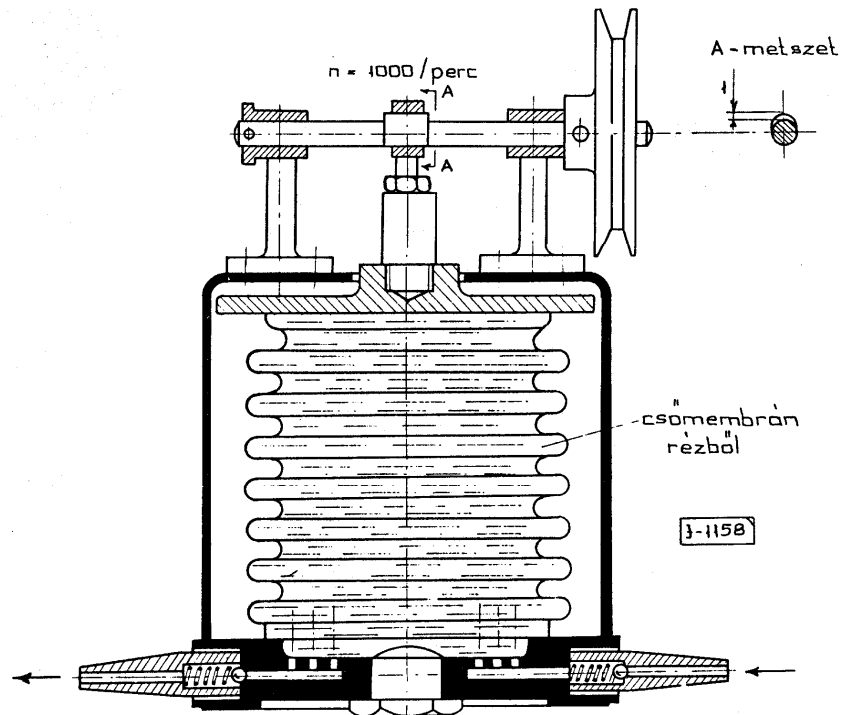
Laboratóriumi megoldás a csőszivattyú (3.29. ábra). Hátránya: a gumicső hamar tönkremegy, műanyag cső pedig csak akkor alkalmazható, ha a műanyag kellő rugalmassággal rendelkezik és a szállított folyadékkal szemben kémiai ellenálló (teflon). Jobb megoldás az elektromosan, vagy mechanikusan meghajtott membrán, vagy csőmembrán szivattyú (3.30. ábra).

Nagyobb mennyiségek közel egyenletes adagolása fogaskerék-szivattyúval biztosítható (3.31. ábra). Hátránya: csak hozzáfolyással működik és csak „önkenő” – tehát viszkozus – folyadékok szállítására alkalmas, különben könnyen berágódik,

főleg a saválló kivitel. (Pl. fenol, műselyem gyártásnál a „viszkóza” műszál gyártásnál szálhúzó géphez a műanyag ömledéket szintén fogaskerék-szivattyú szállítja). Előnye: nagy nyomás ellen (50 bar) is tud szállítani. (Alkalmazását lásd: Drogextrakció modellezése mérésnél.)

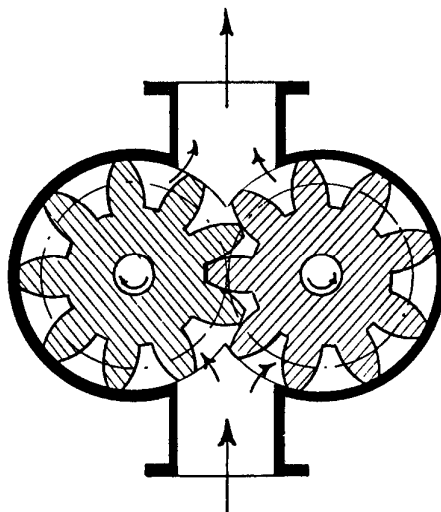


3.29. ábra
Laboratóriumi csőszivattyú



3.30. ábra
Laboratóriumi csőmembrán szivattyú folyadékra

Az adagolás szabályozhatósága a konstans nívójú tartályoknál fojtással, a szivattyús adagolóknál fordulatszám változtatással érhető el (a csőmembrán szivattyú esetén a lökethossz változtatásával is lehet szabályozni).



3.31. ábra
Fogaskerék szivattyú

Pulzáló adagolók

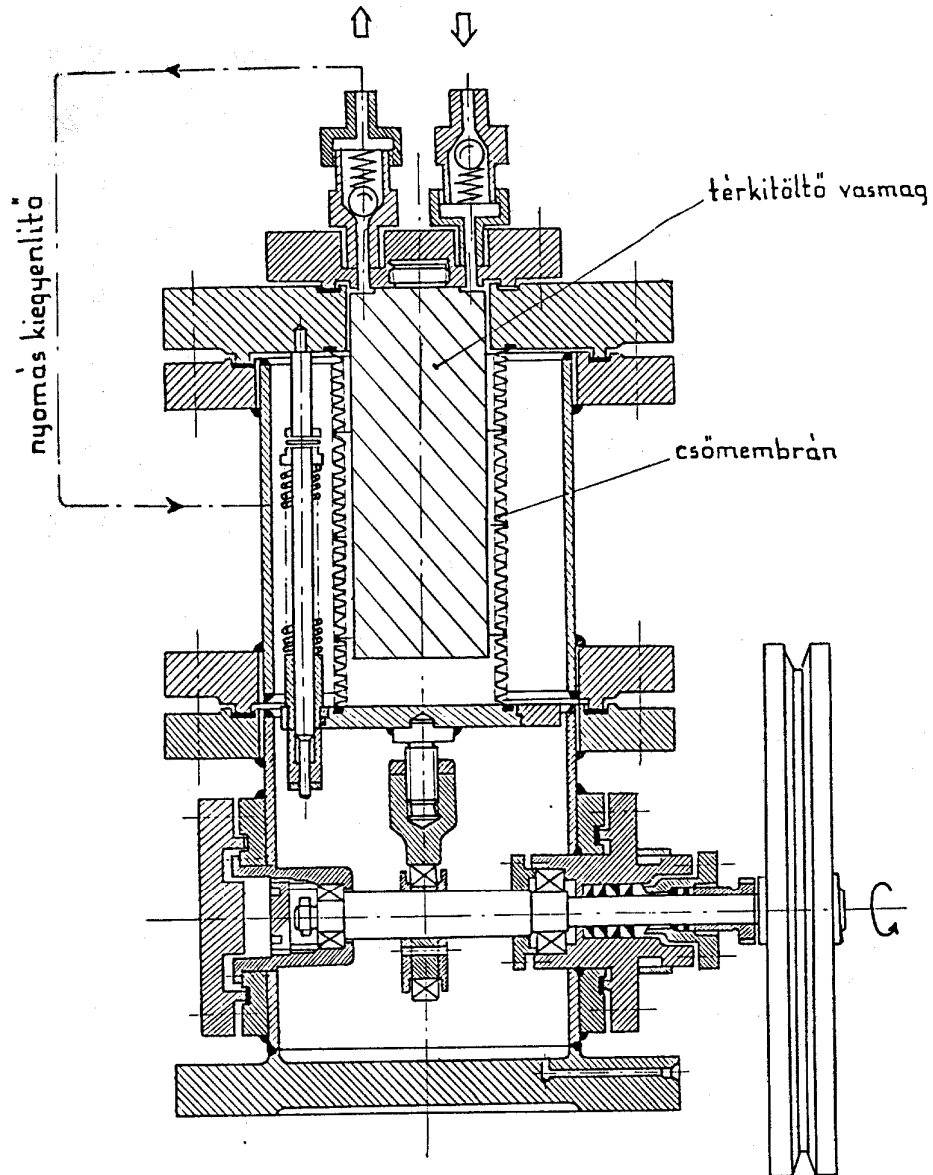
Pulzáló adagolók a periodikus működésű dugattyús szivattyúk. Előnyük, hogy a lökethossz változtatásával (megfelelő kivitelnél üzem közben is) a szállított mennyiség könnyen szabályozható.

3.5.2. Gázok adagolása

Gázok félüzemi kísérleteknél rendszerint palackozott formában nagynyomáson állnak rendelkezésünkre. A gáznak palackból való egyenletes elvétele igen nehézkes (főleg, ha a palack nyomása közben változik, tehát nem kondenzált formában palackozott gázoknál). Ezért célszerű a gázt megfelelő zárófolyadékkal ellátott állandó nyomású gazométeren keresztül adagolni. Az állandó nyomás a harang súlyterhelésével változtatható.

A membrán szivattyú (lásd 3.32. ábra) szintén alkalmazható gázok adagolására, vagy cirkuláltatására, ha a nagy káros terét valami térkitöltő betéttel (vasmag stb.) jelentősen lecsökkentjük. Ez esetben ugyanis a nagy fordulatszámnak megfelelő

kis lökethossz mellett is a relatív nyomásnövekedés elég nagy, hogy a szelepeket ki tudja nyitni.



3.32. ábra
Csőmembrán szivattyú gázszállításra