

1. Folyadékok jellemzői, newtoni, barotróp folyadékok, gázok tulajdonságai, kavitáció

Folyadékokat jellemző tulajdonságok:

- Térfogat: V [m^3]
- Tömeg: m [kg]
- Fajtérfogat: v [m^3/kg]
- Sűrűség: $\rho = 1/v$ [kg/m^3]
- Nyomás: p [Pa] = [N/m^2]
- Hőmérséklet: T [K] { t [$^{\circ}C$] }
- $T=$ áll mellett dugattyút nyomjuk befelé (kondenzáció)
- T_{krit} hőmérséklet, nincs hőfelszabadulás

Newtoni folyadékok, gázok:

- A viszkozitás értelmezését elsőként Newton adta meg, aki feltételezte, hogy a rétegek párhuzamos és egyenletes áramlása esetén az elmozdulás irányával ellentétes irányú súrlódó erő egyenesen arányos a súrlódó felületek nagyságával (A és a sebességgradienssel. Az arányossági tényező az adott gáz vagy folyadék anyagi minőségére jellemző állandó a dinamikai viszkozitás

- $\tau = \mu \frac{dy}{dt}$ τ – csúsztató feszültség, dy/dt – sebességgradiens, μ – dinamikai viszkozitás

- Más megfogalmazásban a viszkozitási Newton-törvény kimondja, hogy az egyes rétegek közötti csúsztató feszültség egyenesen arányos a sebességgradienssel. Több folyadék, mint például a víz, és a legtöbb gáz kielégíti Newton feltételét, ezeket newtoni folyadékoknak nevezik. A nem-newtoni folyadékoknál összetettebb összefüggés áll fenn a csúsztató feszültség és a sebességgradiens között.

- $\nu = \frac{\mu}{\rho}$ ν – kinematikai viszkozitás, μ – dinamikai viszkozitás, ρ – folyadék sűrűsége

Barotróp folyadékok, gázok:

- a nyomás csak a sűrűségtől függ és fordítva
- $\rho = \rho(p)$

Kavitáció:

- fizikai jelenség, mely akkor következik be, ha egy anyag folyadék fázisból hirtelen gáz fázisba megy át a nyomás esése következtében. Ha a folyadék sebessége hirtelen megnő, akkor az energiamegmaradás törvénye értelmében (Bernoulli törvénye) a nyomása leesik. A keletkező gőzbuborék, ha az áramlás mentén olyan helyre ér, ahol a nyomás nagyobb az ottani hőmérsékletéhez tartozó telített-gőz nyomásnál, a buborék hirtelen összeroskad, az egymásnak csattanó folyadékfelületek erős akusztikus lökeshullámot keltenek, ami egyrészt erős zajjal, rezgéssel, másrészt a környező szilárd testek eróziójával jár.
- Ilyen eset fordul elő például nem teljesen elzárt vízcsap szűk áramlási keresztmetszetében, szivattyúknál vagy hajócsavaroknál. Szivattyúknál, ha a jelenség kiterjed az egész áramlási keresztmetszetre, a vízoszlop el is szakadhat, és a szivattyú nem képes folyadékot szállítani.

2. Hidrosztatika alapegyenlete, kontinuitás egyenlete, mozgásegyenlet, Euler-egyenlet, Bernoulli-egyenlet jelentése, alkalmazása

Hidrosztatika alapegyenlete

- $0 = -\frac{1}{\rho} \text{grad } p + \underline{g}$, ahol $\underline{g} = g\underline{k}$

Kontinuitás:

- tömeg megmaradása
- $\frac{\partial}{\partial t}(\rho A) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho Av) = 0$
- $\rho_1 \bar{v}_1 A_1 = \rho_2 \bar{v}_2 A_2$

Mozgásegyenlet, Euler-egyenlet, Bernoulli-egyenlet:

- $\frac{v^2}{2} + gh + \frac{p}{\rho} = \text{konstans}$
- Jelentése: Bernoulli törvénye azt mondja ki, hogy egy közeg áramlásakor (a közeg lehet például víz, de levegő is) a sebesség növelése a nyomás csökkenésével jár. Például, ha valaki egy papírlapot tart vízszintesen tartott tenyere alá és ujjai közé fúj, a papírlap a tenyeréhez tapad. Ennek oka, hogy a levegő sebessége a papír és tenyere közötti résben felgyorsul, nyomása lecsökken, a lap alatti nyomás azt a tenyeréhez szorítja. A Bernoulli-törvény pontosabban azt mondja ki, hogy áramló közegben egy áramvonal mentén a különböző energia összetevők összege állandó.
- Alkalmazása: folyadékok áramlási sebességének, nyomásviszonyainak meghatározása, csővesztés számolása

3. Bernoulli entalpia és alkalmazása

Bernoulli entalpia:

- $i_B = \frac{p_{\text{statikus}}}{\rho} + \frac{v^2}{2} + gh$
- az áramló közeg tömegegységre vonatkoztatott külső nyomás munkájának, mozgási energiájának és helyzeti energiájának összege
- az ideális folyadék áramlása közben ez az összeg (egy áramvonalon) állandó marad – az áramló közeg és környezete között termikus kölcsönhatás miatti energiaáramra nem kerül sor

Alkalmazása:

- az összeg megváltozásából teljesítményt számolhatunk
- vérnyomásmérés

4. Allievi elmélet jelentősége, alkalmazása

Allievi elmélet:

- áramlási sebesség megváltoztatásakor nyomásváltozás
- nyomáshullám terjedési sebessége függ a cső és a folyadék rugalmassági modulusától
- jelentősége, alkalmazása: elzáródások detektálása, cső rugalmasság mérése

5. Hullámsebesség, redukált rugalmassági modulus, alkalmazás

Hullámsebesség:

- $$a = \sqrt{\frac{E_r}{\rho}}$$

Redukált rugalmassági modulusz:

- $$E_r = \frac{1}{\frac{1}{E_f} + \frac{D}{\delta E_{cső}}}$$

Alkalmazás:

- orvosi diagnosztikában: PWV (Pulse Wave Velocity) mérése – érfal rugalmasság és perifériás elzáródás

6. Vérnyomás fogalma, meghatározások: mérnöki/orvosi

Mérnöki meghatározás:

- $$p_{\delta} = p_{statikus} + \frac{\rho}{2} v^2$$

Orvosi meghatározás:

- az az erő, amivel a vér az ér falának egységnyi felületére hat (Guyton & Hall: Textbook of Medical Physiology – IV/14 164. o.)

7. Erek viselkedése, ellenállásának változása, modellezése (összefüggések nélkül)

Erek keresztmetszete:

- aorta > nagy artériák > kis artériák > arteriolák > kapillárisok < venulák < kis vénák < nagy vénák < véna cava

Erek ellenállása:

- aorta, nagy artériák, kis artériák → kis ellenállás
- arteriolák, kapillárisok, venulák → nagy ellenállás
- kis vénák, nagy vénák, véna cava → kis ellenállás

Viselkedés alapján:

- szélkazan erek: aorta
- konduktív (vezető) erek: artériák
- rezisztancia erek: kis artériák, arteriolák
- kicserélési erek: kapillárisok
- kapacitás erek: vénák

8. Érhálózat modellezésének alapja, (pulzálás eltűnése a kapillárisokig), modellek

Szív:

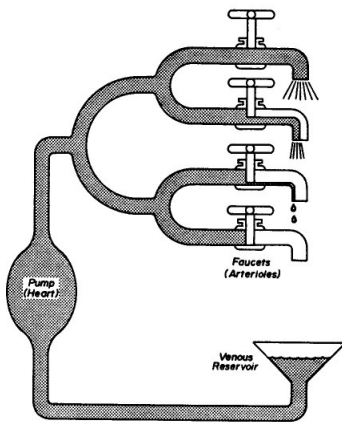
- ciklikus összehúzódás-tágulás
- szisztolé-diasztolé

Vérkör modellezése:

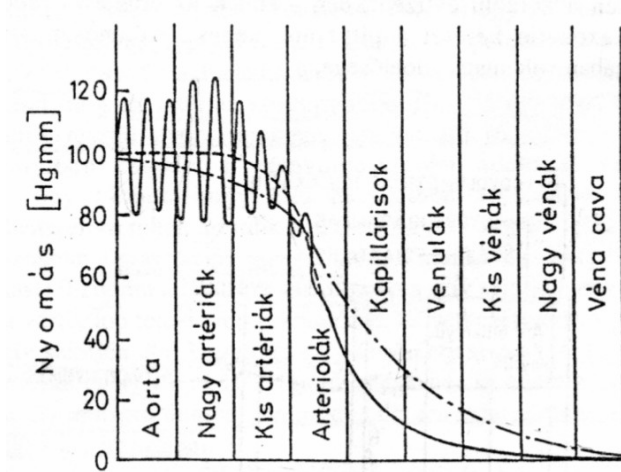
- ellenállás a körön belül: $\Delta p = \Delta p_{hydr.} + KQ^2$
- hidrosztatikus különbség: $\Delta p_{hydr.} = \rho g \Delta h = 0$

- Hidraulikus ellenállás: $K = \frac{\Delta p}{Q^2}$

Csővezeték analógia:



Pulzálás eltűnése a kapillárisokig:



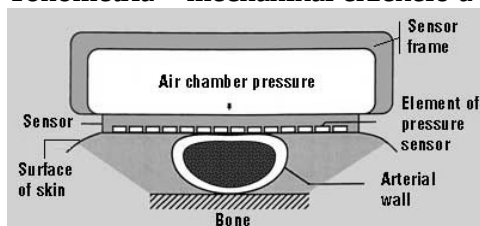
9. Vérnyomásmérési módszerek csoportosítása és a módszerek (mandzsetta, oszcillometria, invazív technikák) működése.

Invazív:

- intravaszkuláris kanül segítségével

Non-invazív:

- Tonometria – mechanikai érzékelő a csuklóra rögzítve az artériához

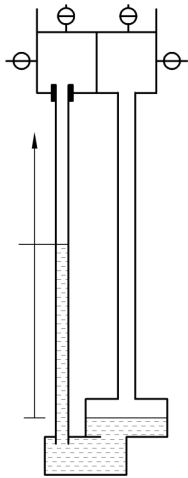


- Mandzsettás módszerek
 - Riva-Rocci módszer – Korotkov hangok alapján szisztolé/diasztolé meghatározása
 - Oszcillometriás – pulzushullámok mérése, maximális oszcilláció közepes nyomásnál, szisztolé/diasztolé ebből visszszámolva (pontatlan)

10. Nyomásmérő eszközök és működésük

Manométer

- egycsöves



-
- Hg oszlop magasságának leolvasása
- U-csöves
 - közlekedő edények törvénye miatt mindkét csőben azonos magasságú Hg oszlop
 - a két cső leolvasása szükséges
- Dobozos manométer
 - hajlított csőrugó, mely egyik végén zárt, másik végén a nyomóterhez van csatlakoztatva
 - nyomás hatására a csőrugó egyenesedik
 - sokfajta technológia létezik

Nyomás távadó

- nyomással arányos villamos mennyiség
- oszcillometriás eszközök „lelke”
- kalibrálás szükséges: mért érték és fizikai mennyiség közötti kapcsolat

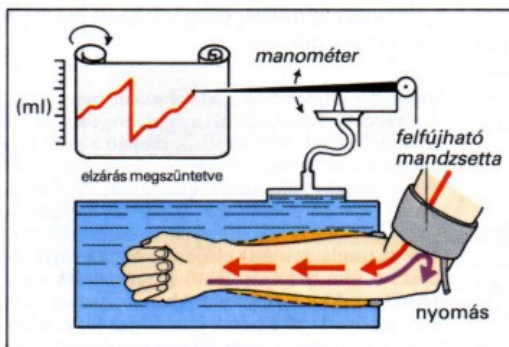
11. Térfogatáram mérése, mérőeszközök, alkalmazásunk az orvostudományban

Térfogatáram mérése:

- Nehézkes
- Módszerek általában állandósult állapot mérésére
- Átlagos térfogatáram
- Pillanatnyi – elektromos úton, legtöbbször nyomásmérés alapon

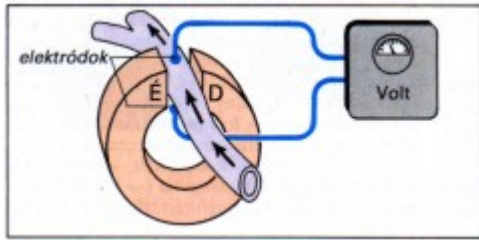
Mérőeszközök:

- Kőbözés: kőböző edény töltése, szintváltozás és idő mérése
- Pletizmográfia: kőbözés, vénás elfolyás elzárása, alkar térfogatváltozásának mérése

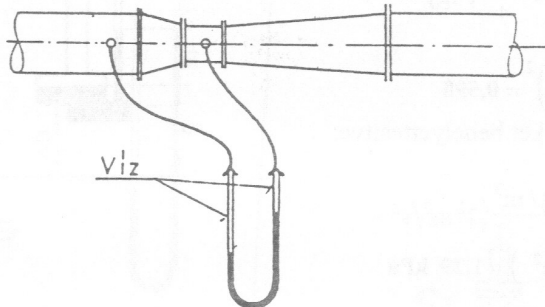


-

- Elektromágneses indukció: folyadékban levő töltött részecskék mozgási indukcióját mérjük, invazív módszer (hozzá kell fénni a csőhöz)



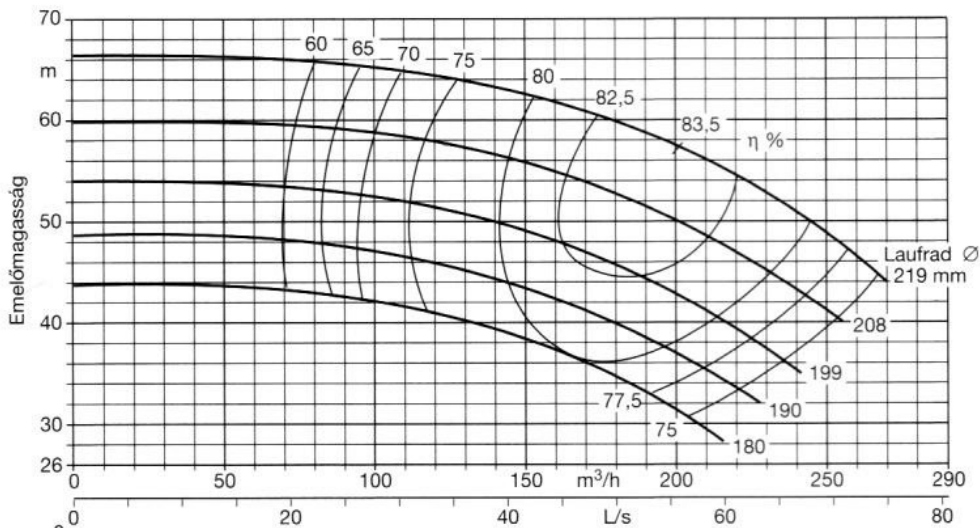
- Doppler-elv: ultrahang vagy LDA (Laser Doppler Anemometry), a sugárzott és visszavert hullám közötti frekvencia-eltolódás mérése
- Indikátoros módszerek: festék dilúció, termodilúció (femorális katéter), alkalmazott gáz belégzése (pl. argon), vérmintákból a gáz koncentrációjának változása
- Venturi-cső: nyomáskülönbség mérése, kontinuitáson alapul



- Mérőperem: kis helyigény, utólagosan is beépíthető, hosszú egyenes cső, beszívott levegő mérése, Fleisch-cső

12. Szivattyú jelleggörbék, csővezeték veszteségek, szivattyú választása adott üzemi ponthoz

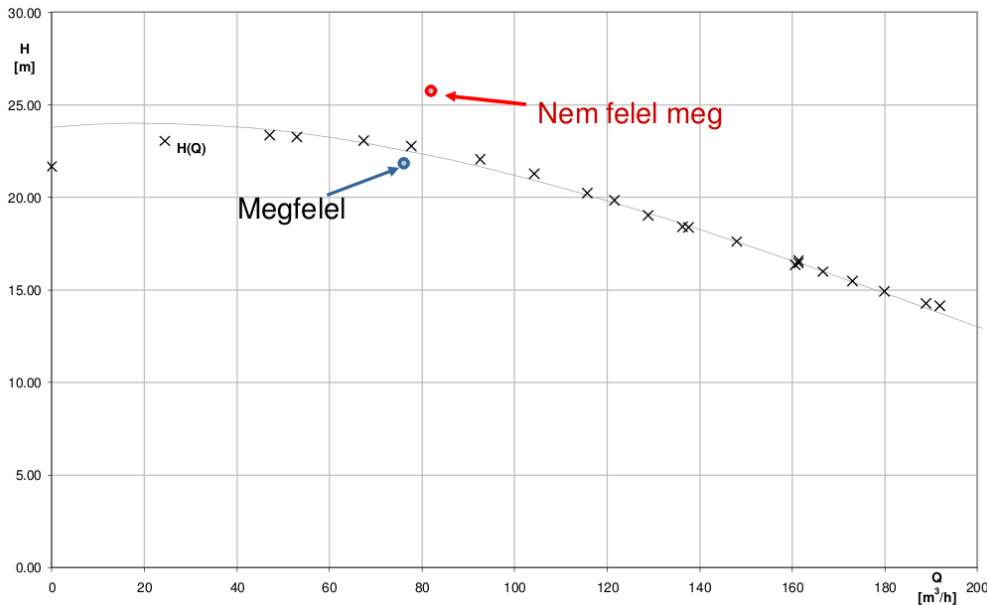
Szivattyú jelleggörbék:



Csővezeték veszteség:

- cső ellenállásából adódó emelésmagasság-veszteség

Szivattyú választása:



13. Akusztika, hang tulajdonságai, akusztika alapegyenlete

Hang tulajdonságai:

- Vívőközeg állapotának elemi ingadozása
- Hullám alakban terjed
- Állapotjellemzők közül nyomásváltozás érzékelhető legjobban pl. mikrofonnal
- Hallásküszöb: $2 \cdot 10^{-5}$ Pa
- Fájdalomküszöb: 20 Pa
- Légköri nyomás: 10^5 Pa
- Igen kicsi ingadozások

Akusztika alapegyenlete:

- $p_a = p_0 + p$
- $a = f \cdot \lambda$

14. Objektív akusztikai mérőszámok, szintek, műveletek szintekkel

Objektív akusztikai mérőszámok:

Hangenergiasűrűség:

Térfogategységre vonatkoztatott energia

$$\overline{E(x)} = \frac{p_{eff}^2}{\rho_l a_l^2}$$

$$p_{eff}^2 = \frac{1}{T} \int_0^T p^2 dt$$

Hangteljesítmény:

$$P = A \frac{p_{eff}^2}{\rho a}$$

Intenziás:

Felületegységre vonatkoztatott teljesítmény

$$I = \frac{p_{eff}^2}{\rho a}$$

Szintek, műveletek szintekkel:

Széles tartomány:

Hallásküszöb: $2 \cdot 10^{-5}$ Pa

Fájdalomküszöb: 20 Pa

Logaritmikus skála

$$L = 10 \lg \frac{\xi}{\xi_0}$$

Egység: dB - decibell

Teljesítmény:

Csendes beszéd: 10^{-3} W

Rakéta fellövés: $4 \cdot 10^7$ W

$$L_w = 10 \lg \frac{P}{P_0} [dB]$$

Hangteljesítményszint:

$$P_0 = 10^{-12} W$$

Intenzitásszint:

$$L_I = 10 \lg \frac{I}{I_0} [dB]$$

$$I_0 = 10^{-12} W/m^2$$

15. Szubjektív mérőszámok, eredete, dB(A) fogalma

Szubjektív mérőszámok

- eredete:
 - Emberi hallás bizonyos frekvenciákat jobban hall (fül frekvenciaérzékeny)
- dB(A) fogalma:
 - hozzáillesztjük a zajt (különböző komponensek) az emberi fülhöz