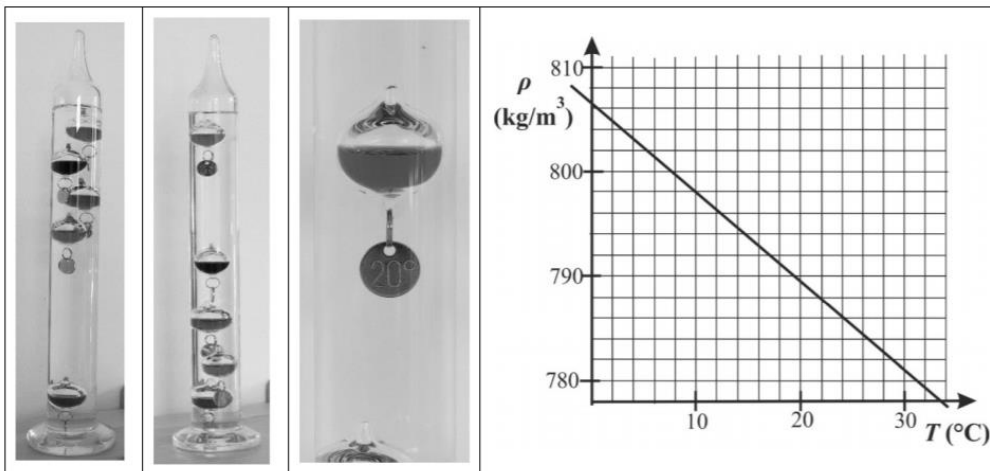


1. Galilei-hőmérő.

A Galilei-hőmérő egy folyadékkal töltött, lezárt üveghenger, melyben kismértékben eltérő átlagsűrűségű gömböcskék vannak elhelyezve. Mindegyik gömböcske alján egy kis réztábla függ, rajta egy számmal. A bezárt folyadék sűrűsége a hőmérséklet növekedésével jelentősen csökken, míg a gömbök átlagsűrűsége lényegében változatlan marad. A gömbök a hőmérséklet emelkedésével egymás után lesüllyednek a henger aljára, minden két fokkal történő hőmérséklet-emelkedés után egy újabb gömb. A folyadék hőmérséklete a még le nem süllyedt gömbök közül legalsón függő tábláról olvasható le. A folyadék sűrűségét egy adott hőmérséklet-tartományban az alábbi grafikon adja meg. Kaphatók a kereskedelemben 10, de akár 25 gömböt tartalmazó, nagyobb hőmérők is. Ezeknél a modelleknél is 2 fokonként süllyednek le az újabb gömbök.



- Milyen erők hatnak a folyadékban lévő gömbökre? Mitől függ, hogy egy gömb úszik vagy lesüllyed?
- Miért süllyednek le egymás után a gömbök a hőmérséklet emelkedésével? A legalacsonyabb és a legmagasabb hőmérsékletet jelző gömb közül melyiknek nagyobb az átlagsűrűsége?
- Mekkora a hőmérő pontossága, és mi határozza meg a mérési tartományát?
- Mekkora annak a $4,5 \text{ cm}^3$ térfogatú gömbnek a tömege, amelyik $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet esetén éppen lebeg a folyadékban?

(2020. májusII.)

Megoldás: (16 pont)

Adatok: $V = 4,5 \text{ cm}^3$, $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

- a) *A gömbökre ható erők és az úszás feltételének meghatározása:*

3 pont
(bontható)

A folyadékban lévő gömbökre a gravitációs erő (1 pont) és a hidrosztatikus felhajtóerő (1 pont) hat. Ezek viszonya (1 pont) határozza meg, hogy a gömb úszik vagy elsüllyed.

- b) *A hőmérő működési mechanizmusának magyarázata:*

5 pont
(bontható)

A hőmérséklet emelkedésével a folyadék sűrűsége csökken (1 pont), a gömböké viszont állandó marad (1 pont). Amikor a gömb sűrűsége nagyobbá válik a folyadék sűrűségénél (1 pont), a gömb lesüllyed. A legalacsonyabb hőmérsékletet jelző gömb átlagsűrűsége a legnagyobb (2 pont).

- c) *A pontosság megadása és a mérési tartományra tárgyalása:*

4 pont
(bontható)

A hőmérő pontossága körülbelül két fok (2 pont). ($A \pm 1$ fok is elfogadható.)

A mérési tartomány a gömbök számától függ (2 pont). Vagy: a legnagyobb és a legkisebb sűrűségű gömb sűrűség különbségétől.

- d) *A gömb tömegének meghatározása:*

4 pont
(bontható)

Mivel lebegés esetén a gömb és a folyadék sűrűsége egyenlő (1 pont), a grafikonról leolvasható, hogy a gömb sűrűsége nagyjából 790 kg/m^3 (1 pont).

Ezzel a gömb tömege:

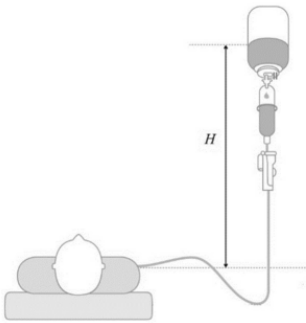
$$m = \rho \cdot V = 790 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4,5 \text{ cm}^3 = 3,6 \text{ g} \text{ (képlet + számítás, 1 + 1 pont).}$$

Összesen: 16 pont

2.

Infúzió

Nagy felfedezése volt az orvostudománynak, hogy intravénás infúzióval rögtön a beteg vérkeringésébe juttathatnak nagyobb mennyiségű hatóanyagokat. Ahhoz, hogy a gyógyszer tartalmazó folyadék az erekbe juthasson, legalább akkora nyomással kell a folyadékot adagolni, mint amekkora nyomás az erekben uralkodik. Különböző megfontolásokból az infúzió szervezetbe juttatására az artériáknál alacsonyabb nyomású vénás ereket választják. A kar vénáiban a külső légnyomáshoz képest csak mintegy 2400 Pa többletnyomással kell számolni. Vannak olyan berendezések, amelyek elektronikus pumpával adagolják a folyadékot, de a legtöbbször a túlnyomást úgy oldják meg, hogy a gyógyszeres palackot a beteg testénél magasabbra függesztik föl (H magasságban), így a kialakuló hidrosztatikai nyomás biztosítja a szükséges túlnyomást. A gyógyszeres palack alatt egy állítható szűkülettel lehet szabályozni a folyadék áramlási sebességét, amit többnyire nagyon lassúra állítanak, a folyadék csak csepeg. Ha a gyógyszeres palack merev falú, szükség van egy kis szelepre, ami biztosítja, hogy a folyadék helyére levegő áramolhasson, így mindig a külső légnyomás uralkodik a folyadék felett.



- Hogyan viszonyul egymáshoz a nyomás a vénákban és az artériákban?
- Ha nem emelik elég magasra az infúziós palackot, a folyadék vérbe jutása helyett a vér fog az infúziós csőben megjelenni. Miért?
- Mi történne, ha a merev falú, légmentesen zárt palackon nem lenne levegőző szelep? Le tudna-e folyni az infúzió? Válaszát indokolja!
- Legalább milyen H magasságot kell biztosítani a szöveg szerint, hogy a karban lévő vénába befolyhasson az 1004 kg/m^3 sűrűségű infúziós oldat? ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$) (2023. május)

Megoldás: (15 pont)

Adatok: $p_a = 2400 \text{ Pa}$, $\rho = 1004 \text{ kg/m}^3$, $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

a) A bekötés helyére vonatkozó kérdés megválaszolása:

2 pont

A vénában kisebb a vér nyomása, mint az artériában.

b) Az elégtelen magasság okozta visszaáramlás magyarázata:

**4 pont
(bontható)**

Ha a bekötés helyénél a vérnyomás nagyobb (2 pont), mint az infúziós folyadék hidrosztatikai nyomása, akkor a folyadék kifelé áramlik (2 pont) a bekötésnél.

c) A levegőző szelep szükségességének magyarázata:

**5 pont
(bontható)**

Ha zárt, merev falú tartályból kezd el kifolyni a folyadék, a felette lévő térben lecsökken a nyomás (2 pont), így a bekötés helyénél is csökken a folyadék nyomása (1 pont). Emiatt a folyadék egy idő után, ha a légtér nyomása kellően lecsökken, nem folyik le (2 pont).

d) A keresett magasság meghatározása:

**4 pont
(bontható)**

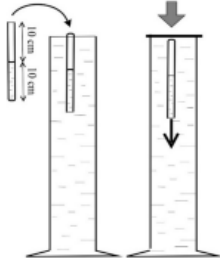
$\rho \cdot g \cdot H \geq 2400 \text{ Pa}$ (2 pont) amiből

$$H \geq \frac{2400 \text{ Pa}}{\rho \cdot g} = 0,24 \text{ m} = 24 \text{ cm} \text{ (rendezés + számítás, 1 + 1 pont).}$$

(Ha a vizsgázó egyenlőséggel számol, az is teljes értékű megoldás.)

Összesen: 15 pont

3. Egy magas, vízzel telt mérőhengerbe szájával lefelé fordított, 20 cm hosszú kémcsövet (Cartesius-búvárt) helyezünk úgy, hogy a kémcső felső felében levegő, alsó felében pedig víz legyen. Ekkor a kémcső úszik, zárt felső vége kissé kiemelkedik a mérőhengerben lévő vízből. A mérőhenger tetejét gumilappal zárjuk le, majd lefelé nyomjuk. Ha az itt bemutatott esetben 5 kPa többletnyomást gyakorlunk a rendszerre, a „búvár” elindul lefelé.



- Milyen erők hatnak a víz felszínén úszó kémcsőre?
- Hogyan változik a kémcsőbe zárt levegő térfogata, ha megnöveljük a rendszerben a nyomást?
- Miért indul el a búvár a hengerben lefelé, ha elég nagy nyomást fejtünk ki?
- A nyomás megszűntetésekor a búvár visszaemelkedhet a víz tetejére. Magyarázza el a jelenséget!
- Ha elég magas a henger, előfordulhat, hogy a búvár a gumilap nyomásának megszűnése után sem jön vissza a felszínre. Mi okozhatja ezt a jelenséget?
- A búvárunkat ismét félig töltjük meg, de most olajjal. A hengerben lévő vizet is olajra cseréljük. Vajon 5 kPa-nál nagyobb vagy kisebb nyomást kell a gumilapra gyakorolni, hogy a búvár elinduljon lefelé? Az olaj sűrűsége kisebb a vízénél. Válaszát indokolja!

(2023. május II.)

Megoldás: (20 pont)

- a) *A kémcsőre ható erők megnevezése:*

1 + 1 pont

nehézségi erő (G), illetve a hidrosztatikai felhajtóerő (F_{fel}).

- b) *A nyomásnövekedés hatásának megnevezése:*

3 pont

Ha a gumilapot megnyomjuk, a vízben mindenütt megnő a nyomás (1 pont) Pascal törvénye értelmében (1 pont). Ha a rendszerben a nyomás nő, a bezárt levegő térfogata csökken. (A törvény felírása $p \cdot V = \text{állandó}$ – nem szükséges.) (1 pont)

- c) *A bűvár elmerülésének magyarázata:*

3 pont
(bontható)

Ha a nyomásnövekedés miatt a levegő térfogata csökken, a bűvárban a víz térfogata nő (1 pont), tehát a bűvár súlya is nő vagy: a bűvár sűrűsége nő (1 pont). Amikor $G > F_{\text{fel}}$, a bűvár lesüllyed vagy: a bűvár sűrűsége eléri a víz sűrűségét, a bűvár lesüllyed (1 pont).

- d) *A bűvár felemelkedésének magyarázata:*

4 pont
(bontható)

Ha a nyomás csökken, a levegő térfogata ismét megnő (1 pont), a bűvárban a víz térfogata csökken (1 pont), tehát a bűvár súlya is csökken (1 pont). Amikor $G < F_{\text{fel}}$ (1 pont), a bűvár ismét a felszínre emelkedik. (Itt is teljes értékű a sűrűségek viszonyára való hivatkozás.)

- e) *Annak magyarázata, hogy a bűvár egy mély hengerből nem emelkedik föl:*

4 pont
(bontható)

A henger aljára süllyedt bűvárra nemcsak az általunk kifejtett nyomástöbblet hat, hanem a mélységben uralkodó hidrosztatikai nyomás is (2 pont). Ha a többletnyomást megszüntetjük, de a henger alján uralkodó hidrosztatikai nyomás miatt a bezárt levegő nem tud eléggé kitágulni (2 pont), a bűvár nem emelkedik fel.

- f) *A bűvár viselkedésének megadása és indoklás az olajjal végzett kísérlet esetén:*

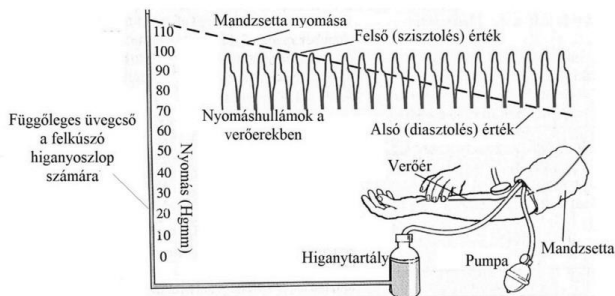
4 pont
(bontható)

Az olaj sűrűsége kisebb, mint a vízé és $F_{\text{fel}} \sim \rho$ (1 pont), ugyanakkor az üveg és a bezárt levegő súlya nem változott (1 pont), így már kisebb térfogatcsökkenésnél is lesüllyed a bűvár (1 pont), tehát kisebb többletnyomás is elegendő (1 pont). (Itt is teljes értékű a sűrűségek viszonyára való hivatkozás.)

Összesen: 20 pont

4. A vérnyomásmérő

Az egészségünket érintő egyik fontos adat a vérnyomásunk. Ez megmutatja, hogy ereinkben a külső légnyomáshoz képest mekkora a többletnyomás. Az értéket higanymilliméterben szokták megadni, melynek egysége 1 mm magas higanyoszlop nyomása, azaz 133,4 Pa. A vérnyomás a szív lüktető működése miatt ingadozik, a szívizom összehúzódásakor lökéshullám indul a verőerekben (artériákban), a nyomás megnő, a szívizom elernyedésekor a nyomás lecsökken. A hagyományos vérnyomásmérő esetén egy mandzsettát helyeznek a szív magasságában a felkarra, amelyet nagy nyomásúra pumpálnak fel, ezzel elszorítják a vér áramlását a verőerekben. Ezután fokozatosan csökkentik a mandzsetta nyomását, és sztetoszkóppal hallgatják az erekből származó hangokat. Az első surranó hangot akkor észlelik, amikor a mandzsetta nyomása annyira lecsökken, hogy a szívizom már át tudja pumpálni az ereken a vért. Egészen addig hallják a lüktető surranásokat, amíg a mandzsetta nyomása olyan alacsony nem lesz, hogy az artériákban uralkodó nyomás alá esik. Ilyenkor a vér már akadálytalanul, hang nélkül áramlik az erekben. Ezt a két nyomásértéket szokták megadni, pl.: 120/80 Hgmm. A hagyományos, ma már a higanytartalma miatt nem engedélyezett mérőeszköz lényegében egy közlekedőedény, amit higany tölt ki. A szerkezetét az ábra mutatja. Amint az ábrán látszik, a mandzsetta egy csövön keresztül összeköttetésben áll a higanyos közlekedőedény egyik szárával.



- Miért észlelhetünk a verőerekben mindenütt megnövekedett nyomást, amikor ver a szív? Milyen fizikai törvény áll ennek hátterében?
- Egy függőleges helyzetben lévő ember testében hogyan változna a nyomás lentről felfelé haladva, ha az erek merev falúak lennének? Az ember melyik testrészében lenne a legnagyobb, illetve a legkisebb a nyomás?
- Miért fontos, hogy a vérnyomásmérő mandzsettáját a szív magasságában helyezték föl?
- Az ábra alapján magyarázza el, hogy hogyan működik a hagyományos higanyos vérnyomásmérő! Mit mondhatunk a közlekedőedény két száráról? Hogyan alakul ki a két szár között a nyomások egyenlősége? Hogyan olvasható le a vérnyomás értéke a műszerről?

(2023. május új NAT)

Megoldás: (20 pont)

- a) *Pascal törvényének említése és a nyomásnövekedés magyarázata:*

4 pont
(bontható)

Pascal törvénye (2 pont) szerint a szív által keltett megnövekedett nyomás a vérben az erek mentén (azonos magasságban) minden irányban azonos (2 pont). (Itt teljes pont jár akkor is, ha a vizsgázó nem részletezi, hogy a nyomás csak nyugvó folyadékban, illetve azonos magasságban egyenlő.)

- b) *A nyomásviszonyok megadása:*

4 pont
(bontható)

A vérnyomás fentről lefelé nő (2 pont), tehát a fejben a legkisebb (1 pont) és a lábfejjében a legnagyobb (1 pont).

- c) *A magasság szerepének magyarázata:*

2 pont

Csak ebben az esetben lesz egyenlő a mért vérnyomás a szívkamrában lévő nyomással.

- d) *A hagyományos vérnyomásmérő működésének magyarázata:*

10 pont
(bontható)

A közlekedőedény vékony szára nyitott, a higany felett normál légköri nyomás van (2 pont).

A közlekedőedény vastag szára a mandzsettával van összeköttetésben, a higany felett a mandzsetta nyomása uralkodik (2 pont).

Ha a mandzsettában megemelkedik a nyomás, a higany a vastag szárból a vékony szár felé folyik, itt megemelkedik a folyadékszint (2 pont). Addig nő a folyadékszint a vékony szárból, amíg a higanyoszlop nyomása egyenlő nem lesz a mandzsettában lévő nyomással (2 pont).

Ekkor a higanyoszlop magasságából (2 pont) a vérnyomás leolvasható.

Összesen: 20 pont