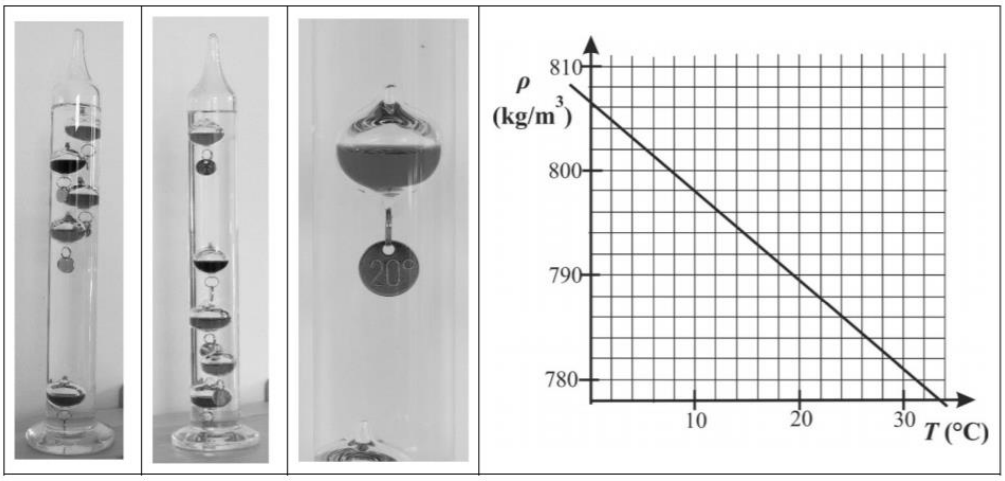
1. **Galilei-hőmérő.**
A Galilei-hőmérő egy folyadékkal töltött, lezárt üveghenger, melyben kismértékben eltérő átlagsűrűségű gömböcskék vannak elhelyezve. Mindegyik gömböcske alján egy kis réztábla függ, rajta egy számmal. A bezárt folyadék sűrűsége a hőmérséklet növekedésével jelentősen csökken, míg 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.



a) Milyen erők hatnak a folyadékban lévő gömbökre? Mitől függ, hogy egy gömb úszik vagy lesüllyed?
b) Miért süllyednek le egymás után a gömbök a hőmérséklet emelkedésével? A legalacsonyabb és a legmagasabb hőmérsékletet jelző gömb közül melyiknek nagyobb az átlagsűrűsége?
c) Mekkora a hőmérő pontossága, és mi határozza meg a mérési tartományát?
d) Mekkora annak a 4,5 cm^3 térfogatú gömbnek a tömege, amelyik 20 °C hőmérséklet esetén éppen lebeg a folyadékban?
(2020. májusII.)

Megoldás: (16 pont)

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

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 ± 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:

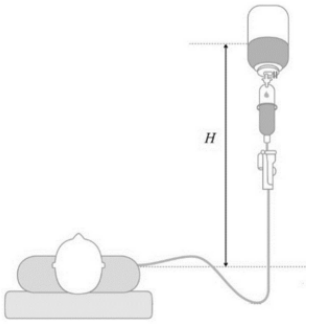
$m = \rho \cdot V = 790\,\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4{,}5\ \text{cm}^3 = 3{,}6\ \text{g}$ (képlet + számítás, 1 + 1 pont).

Összesen: 16 pont

2.

Infúzió

Nagy felfedezése volt az orvostudománynak, hogy intravénás infúzióval rögtön a beteg vérkeringésébe juttathatnak nagyobb mennyiségű hatóanyagokat. Ahhoz, hogy a gyógyszert 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.



a) Hogyan viszonyul egymáshoz a nyomás a vénákban és az artériákban?
b) Ha nem emelik elég magasra az infúziós palackot, a folyadék vérbe jutása helyett a vér fog az infúziós csőben megjelenni. Miért?
c) Mi történne, ha a merev falú, légmentesen zárt palackon nem lenne levegőző szelep? Le tudna-e folyni az infúzió? Válaszát indokolja!
d) 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 m/s^2)
(2023. május)

Megoldás: (15 pont)

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

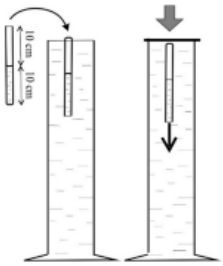
$\rho \cdot g \cdot H \geq 2400$ Pa (2 pont) amiből

$H \geq \dfrac{2400 \text{ Pa}}{\rho \cdot g} = 0{,}24 \text{ m} = 24 \text{ cm}$ (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.*



a) Milyen erők hatnak a víz felszínén úszó kémcsőre?
b) Hogyan változik a kémcsőbe zárt levegő térfogata, ha megnöveljük a rendszerben a nyomást?
c) Miért indul el a búvár a hengerben lefelé, ha elég nagy nyomást fejtünk ki?
d) A nyomás megszüntetésekor a búvár visszaemelkedhet a víz tetejére. Magyarázza el a jelenséget!
e) Ha elég magas a henger, előfordulhat, hogy a búvár a gumilap nyomásának megszűnése után sem jön vissza a felszínre. Mi okozhatja ezt a jelenséget?
f) 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 – $p \cdot V$ = állandó – nem szükséges.) (1 pont)

c) A búvár elmerülésének magyarázata:

3 pont
(bontható)

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

d) A búvár felemelkedésének magyarázata:

4 pont
(bontható)

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

e) Annak magyarázata, hogy a búvár egy mély hengerből nem emelkedik föl:

4 pont
(bontható)

A henger aljára süllyedt búvárra 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 búvár nem emelkedik fel.

f) A búvár viselkedésének megadása és indoklás az olajjal végzett kísérlet esetén:

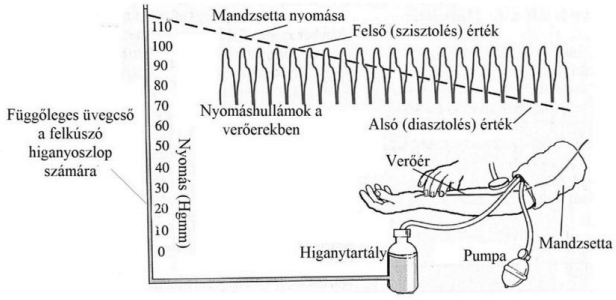
4 pont
(bontható)

Az olaj sűrűsége kisebb, mint a vízé és $F_{fel} \sim \rho$ (1 pont), ugyanakkor az üveg és a bezárt levegő súlya nem változott (1 pont), így már kisebb térfogatcsökkenésnél is lesüllyed a búvár (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 értékét 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.



a) Miért észlelhetünk a verőerekben mindenütt megnövekedett nyomást, amikor ver a szív? Milyen fizikai törvény áll ennek hátterében?
b) 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?
c) Miért fontos, hogy a vérnyomásmérő mandzsettáját a szív magasságában helyezzék föl?
d) 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 lábfejben a legnagyobb (1 pont).

c) *A magasság szerepének magyarázata:*

2 pont

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

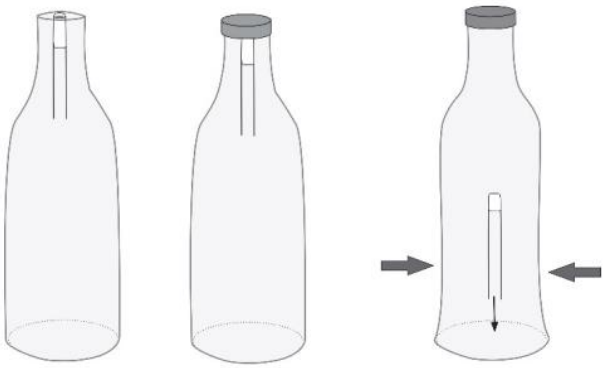
d) *A hagyományos vérnyomásmérő működésének magyarázata:*

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 szárban, 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

5. **Egy kis kémcsőbe kevés vizet teszünk, majd nyílásával lefelé egy vízzel telt műanyag palackba fordítjuk úgy, hogy a kémcsőben marad némi levegő. Ha jól készítettük elő a kísérletet, a palackban lévő vízből csak a kémcső legteteje emelkedik ki (a) ábra). Ezután rácsavarjuk a palackra a kupakot (b) ábra). Ha a palack oldalát összenyomjuk, azt tapasztaljuk, hogy a kémcsőben a vízszint megemelkedik, s a kémcső lesüllyed a palack aljára (c) ábra). Ha a nyomást megszüntetjük, a kémcsőben csökken a vízszint, a kémcső feljön a palackban lévő víz felszínére.**



a) b) c)

a) Milyen erők hatnak a vízben úszó kémcsőre?
b) Miért emelkedik meg a vízszint a kémcsőben, ha a palackot összenyomjuk?
c) Miért süllyed le a kémcső ebben az esetben a palack aljára?
d) Hogyan alakulnak a fenti folyamatok, ha a palack oldalának összenyomását megszüntetjük?
e) Működne-e az eszköz, ha víz helyett étolajat alkalmaznánk?
f) Ha a kísérletet úgy állítottuk be, hogy a kezdetben a fejjel lefelé álló kémcső zárt vége alig, vagy egyáltalán nem lóg ki a palack vízéből, akkor előfordulhat, hogy a kémcső leküldését követően az már nem tér vissza, a palackra gyakorolt nyomás megszüntetése után sem. Mi lehet a jelenség magyarázata? (A kísérletünk során a hőmérsékletet tekintsük állandónak.)
(2023. október)

Megoldás: (20 pont)

a) A vízen úszó kémcsőre ható erők megadása:

1 + 1 pont

nehézségi erő, felhajtóerő

b) A vízszintemelkedés magyarázata:

4 pont
(bontható)

Pascal törvénye értelmében a külső nyomás a vízben gyengítetlenül terjed (2 pont), ezért a kémcsőben lévő levegő nyomása is megnő, a térfogata lecsökken, helyére víz áramlik (2 pont).
(Ha a vizsgázó a folyadékok összenyomhatatlanságára hivatkozva helyes indoklást ad, teljes pontszám adható.)

c) A kémcső elsüllyedésének magyarázata:

3 pont

Mivel a kémcső + víz + levegő rendszer átlagsűrűsége megnövekszik, nagyobb lesz, mint a víz sűrűsége, a kémcső lesüllyed.
Vagy a kémcső + levegő rendszer térfogata lecsökken, így a rá ható felhajtóerő is lecsökken, ezért a kémcső lesüllyed.

d) Az ellentétes irányú folyamat leírása:

4 pont
(bontható)

Ha a palack összenyomását megszüntetjük, a külső nyomás lecsökken a kémcső környezetében, a benne lévő levegő kitágul (2 pont).
Ezáltal a kémcső átlagsűrűsége lecsökken, ismét kisebb lesz, mint a víz sűrűsége, a kémcső feljön a felszínre (2 pont).

e) Annak bemutatása és indoklása, hogy a kísérlet működne-e étolajjal:

3 pont
(bontható)

A kísérlet működik étolajjal (1 pont). Indoklás (2 pont).

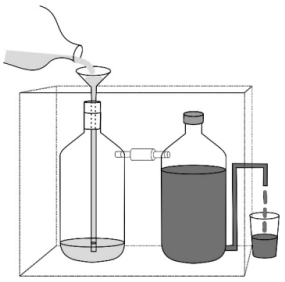
f) A kémcső tartós lesüllyedésének magyarázata:

4 pont
(bontható)

A kémcső + levegő rendszer sűrűségét a kémcső környezetében uralkodó nyomás határozza meg, ami a víz hidrosztatikai nyomásából és a vízre ható külső nyomásból tevődik össze minden mélységben. A palack alján (egy kicsivel) nagyobb a víz hidrosztatikus nyomása, mint a tetején (2 pont).
Így, ha a kémcső a kiindulási helyzetben fent volt, azaz a vízzel megegyező, vagy annál egy kicsit kisebb volt a sűrűsége, akkor a palack alján ez a sűrűség akár egy kicsivel nagyobb is lehet, mint a víz sűrűsége az összenyomás megszüntetése után.
Tehát a kémcső nem fog feljönni a víz felszínére akkor sem, ha a palackra gyakorolt külső nyomást megszüntetjük (2 pont).

Összesen: 20 pont

6. A mellékelt ábrán látható „borautomata” konstrukcióját az ókori tudós, Alexandriai Hérón eszelte ki. Az első (bal oldali) palack aljára egy légmentesen záró dugón keresztül egy tölcsérben végződő cső nyúlik le. Ebbe a palackba egy kevés vizet öntünk kezdetben, annyit, hogy a dugóból lelógó cső végét ellepje. A másik palackba bor kerül, a két palackot cső köti össze a tetejükhöz közel. Ha a tölcsérbe valamennyi vizet töltünk, a második palack csőrén keresztül bor folyik a pohárba. Ha a berendezést olyan dobozba zárjuk, amelyből csak a tölcsér, illetve a második palack kifolyócsöve látszik ki, tökéletes a varázsdoboz illúziója, amely a vizet borrá változtatja.



a) Az ábra segítségével magyarázza el részletesen a borautomata működését! Miért folyik bor a pohárba, ha vizet töltünk a tölcsérbe? Térjen ki a légmentesen lezárt palackokban a folyadék felett uralkodó nyomás szerepére a folyamatban!
b) Miért szükséges, hogy az első palackban a cső leérjen a palack alján lévő vízig? Mi történne, ha például csak a dugó aljáig érne?
c) Miért fontos, hogy a borospalack kupakja légmentesen zárjon?
d) Miért érdemes a vizes és a boros palackot egyforma nagyra készíteni?
e) Vajon ezzel az automatával a víznél sűrűbb glicerint is „borrá lehetne változtatni”? Ha igen, ugyanannyi bor lenne 1 liter glicerinből, mint 1 liter vízből?
f) Két különböző okból is leállhat a borautomata működése. Melyek ezek?
(2024. május)

Megoldás: (20 pont)

a) A borautomata működésének magyarázata:

9 pont
(bontható)

Ha a tölcséren keresztül víz folyik az első palackba, abban megnő a vízszint, így a fölötte lévő levegő térfogata lecsökken. A térfogatcsökkenés miatt megnő a levegő nyomása (3 pont). A második palackban így szintén megnő a légnyomás (2 pont), és ez a folyadék szintjét lejjebb nyomja (2 pont), így annyi bor folyik ki a csőrön keresztül, amennyi a nyomások kiegyenlítődéséhez szükséges. (2 pont).

b) A rövid bevezető cső esetének tárgyalása:

3 pont
(bontható)

Ha a cső nem ér bele a palack alján lévő folyadékba, a víz beöntésekor a légnyomás kiegyenlítődik a külső légnyomással (1 pont), így nem nő meg a második palackban a nyomás (1 pont) és nem folyik bor a pohárba (1 pont).

c) A légmentes dugó szükségességének indoklása

2 pont
(bontható)

Ha a dugó nem zár légmentesen, anélkül egyenlítődne ki a palackbeli nyomás a külső légnyomással, hogy a palackból kifolyna valamennyi bor.

d) A két palack azonos nagyságának indoklása

2 pont
(bontható)

A palackokba zárt levegő nyomása akkor kerül a külső légnyomással egyensúlyba, ha a térfogata az eredeti értékre áll vissza, ehhez az szükséges, hogy a beöntött vízzel azonos mennyiségű bor távozzon a rendszerből. Tehát a beöntött víz és a távozó bor térfogata megegyezik, ezért a palackokat érdemes egyforma nagyra tervezni.

e) A víz glicerinnel való helyettesítésének vizsgálata:

2 pont

1 liter glicerin betöltése esetén is ugyanannyi bor folyik ki, mintha vizet öntöttünk volna be, (hiszen a beöntött folyadék sűrűségének semmilyen befolyása nincs a folyamatra).

f) A folyamat leállásának vizsgálata:

2 pont
(bontható)

A folyamat akkor áll le, ha a bor szintje a kivezető cső alá kerül, hiszen ekkor már nem tud a rendszerből bor távozni (1 pont), illetve, ha a vízszint eléri az összekötő cső szintjét, mert ekkor átfolyik a boros palackba (1 pont).

Összesen: 20 pont

7. Az ókori történet szerint Arkhimédész azt a feladatot kapta Siracusa királyától, hogy állapítsa meg, vajon az aranyműves tényleg a rábízott tiszta aranyból készítette-e el az uralkodó koronáját, vagy pedig az arany egy részét eltette, és más fémmel helyettesítette. (A korona súlya természetesen megegyezett annak az aranynak a súlyával, amit a király az aranyművesnek átadott.) A tudós a legenda szerint fürdés közben jött rá a megoldásra. A királytól kölcsönkapott pontosan annyi tiszta aranyat, amennyit a koronája nyomott. Ezt ellenőrizték is úgy, hogy a koronát egy kétkarú mérleg egyik serpenyőjébe, az aranyat pedig a másik serpenyőjébe helyezték, és meggyőződtek róla, hogy a mérleg pontosan egyensúlyban van. A tudós ezután a mérleget az arannyal és a koronával együtt vízbe merítette, és kisvártatva kijelentette, hogy az aranyműves csalt: más, kisebb sűrűségű fémmel helyettesítette az arany egy részét.

a) Milyen erők hatnak a vízbe merített aranyra és koronára? Mitől függenek ezek az erők?
b) Magyarázza el részletesen, hogy miben más a víz alatt végzett súlymérés, mint a szárazföldön elvégzett mérés! A mérés során kiderült, hogy a korona anyagába más, az aranynál kisebb sűrűségű fémet kevert az aranyműves.
c) Mi történt, amikor a mérést a víz alatt végezte el a tudós? Melyik irányba billent el a mérleg?
(2024. május id.)
Megoldás: (20 pont)

a) A tárgyakra ható erők felsorolása a víz alatt és jellemzésük:

5 pont
(bontható)

A víz alatt a tárgyakra hat a nehézségi erő (G) (1 pont), ami a tömegükkel arányos (1 pont), a víz felhajtóereje (F_{fel}) (1 pont), ami a tárgyak térfogatával arányos (1 pont), valamint a mérleg serpenyőjének tartóereje (1 pont).
(A fenti összefüggések megfogalmazása helyett a megfelelő képletek is elfogadhatók.)

b) A víz alatt végzett súlymérés elemzése:

8 pont
(bontható)

A víz alatt a tárgyakra ható nehézségi erő változatlan (2 pont), ám a serpenyőt már csak $G - F_{fel}$ erővel (2 pont) nyomják a tárgyak. Ha a tárgyak térfogata eltér, a felhajtóerő eltérő lesz (2 pont), így elbillen a mérleg (2 pont).

c) A korona súlyának megmérése a víz alatt és a mérleg viselkedésének meghatározása:

7 pont
(bontható)

Mivel a korona anyagában az aranyműves az arany egy részét más, azonos tömegű (1 pont), de kisebb sűrűségű fémmel helyettesítette, ezért a korona térfogata nagyobb (2 pont) volt, mint a másik serpenyőben lévő tiszta aranyé. A koronára ható felhajtóerő így nagyobb (2 pont) volt, tehát kisebb erővel nyomta a serpenyőt, és a mérleg az arany irányába billent le. (2 pont).

Összesen: 20 pont

8. **Hieron király egy 1,93 kg tömegű aranytömböt adott az aranyművesnek, hogy készítsen belőle koronát. A korona elkészült, de a király attól tartott, hogy az aranyműves meglopta őt, s az arany egy részét kicserélte ezüstre. Az elkészült korona tömege természetesen pontosan megegyezett a király által adott aranydarab tömegével. A király felkérte Arkhimédészt, hogy döntse el a kérdést, vajon tartalmaz-e ezüstöt is a korona. Arkhimédész fürdés közben rájött arra, hogy a korona térfogatát pontosan meg tudja mérni annak vízkiszorítása által, ha egy vízzel teli edénybe meríti a koronát. A korona térfogatát összehasonlítva a koronával megegyező tömegű aranydarab térfogatával, az arany és ezüst sűrűségének ismeretében nemcsak a hamisítás tényét, hanem annak mértékét is meg tudta határozni.**

a) Írja le részletesen, hogyan lehet egy szabálytalan test térfogatát megmérni vízkiszorítással!
b) Miért tér el az ezüsttel ötvözött korona térfogata a vele megegyező tömegű aranydarab térfogatától?
c) Kimutatható-e a csalás akkor is, ha víz helyett olajat használ a kísérlethez?
d) Az arany sűrűsége 19,3 g/cm^3 , az ezüst sűrűsége 10,5 g/cm^3 . Hány cm^3 a térfogata a király által adott aranydarabnak, és mennyi lenne 1,93 kg ezüst térfogata?
(2024. október)

Megoldás: (15 pont)

Adatok: m = 1,93 kg, ρ_a = 19,3 g/cm^3, ρ_e = 10,5 g/cm^3

a) A térfogatmérési eljárás leírása:

4 pont
(bontható)

Egy lehetséges válasz:
A szabálytalan alakú testet egy vízzel színültig töltött (1 pont) edénybe kell meríteni úgy, hogy teljesen a vízbe merüljön (1 pont). A kiszorított (kicsorduló) víz térfogata megadja a test térfogatát (2 pont).

b) A térfogatok különbözőségének indoklása:

4 pont
(bontható)

Mivel az arany és az ezüst sűrűsége különböző (2 pont), a tiszta arany és az ezüsttel kevert arany sűrűsége sem egyezik meg (2 pont).

c) Az olajra vonatkozó válasz megadása:

2 pont

Olajjal is kimutatható a csalás.

d) A keresett térfogatok meghatározása:

5 pont
(bontható)

Mivel $V = \frac{m}{\rho}$ (1 pont),

$V_a = \frac{1930}{19,3} = 100\ \text{cm}^3$ (adatok behelyettesítése + számítás, 1 + 1 pont)

$V_e = \frac{1930}{10,5} = 184\ \text{cm}^3$ (adatok behelyettesítése + számítás, 1 + 1 pont)

Összesen: 15 pont