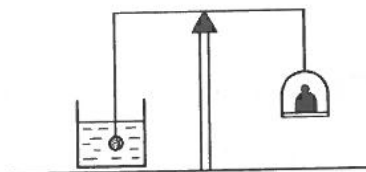


11-Hőtágulás, gáztörvények

Legyen $g=10 \text{ m/s}^2$, a víz sűrűsége 1.000 kg/m^3 , a higanylé 13.600 kg/m^3 , a normál légnyomás 10^5 Pa !

.1) Szobahőmérsékleten egyensúlyban levő mérleg egyik karján lógó cinkgolyó teljesen vízbe merül. Hogyan változik meg a mérleg egyensúlya, ha a vizet melegítjük? **(a golyó felé billen)**



.2) A folyadék hőtágulási együtthatóját úgy határozták meg, hogy egy 400 cm^3 -es lombikot megtöltöttek vele, majd 50°C -kal felmelegítették. Ezalatt annyi folyadék folyt ki, ami 50°C -os állapotban 2 cm^3 . Mekkora a folyadék hőtágulási együtthatója, ha az üveg lineáris hőtágulási együtthatója $8 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$? **($1,24 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$)**

.3) Egy műszer helyes működésének feltétele, hogy a benne lévő vas- és rézhuzal közötti *hosszúságkülönbség minden hőmérsékleten 5 cm* legyen. Mekkora a huzalok hossza 0°C -on? $\alpha_{\text{Fe}}=1,2 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$; $\alpha_{\text{Cu}}=1,8 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. **(15 cm; 10 cm)**

.4) Egy rézgyűrű átmérője 10°C hőmérsékleten $0,1800 \text{ m}$, egy vasgömb átmérője 10°C -on $0,1805 \text{ m}$. Milyen hőmérsékleten kell melegíteni *mindkét testet*, hogy a gömb éppen átférjen a gyűrűn? $\alpha_{\text{Fe}}=1,20 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, $\alpha_{\text{Cu}}=1,80 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. **(476°C)**

.5) Az óra ingája kisméretű teherből és könnyű sárgaréz huzalból van. Az óra 0°C hőmérsékleten pontosan jár, de 20°C -on naponta 16 s -ot késik. Mennyi a sárgaréz lineáris hőtágulási együtthatója? (Az ingaóra lengésideje egyenesen arányos a huzal hosszának négyzetgyökével.) **($1,852 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$)**

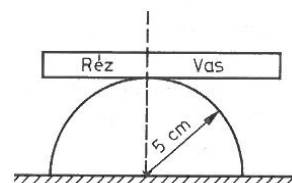
.6) 30 cm hosszú vas- és rézlemez összezegecselünk úgy, hogy 0°C -on 4 mm távolságban legyenek egymástól (bimetall-lemez). $\alpha_{\text{Fe}}=1,1 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, $\alpha_{\text{Cu}}=1,7 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. Mekkora sugarú körívben hajlik meg a lemezpár 100°C -os hőmérsékleten? **(6,674 m; 6,678 m)**

.7) Egy lombikban 0°C -on, $0,680 \text{ kg}$, 100°C -on $0,670 \text{ kg}$ higany fér el. Mekkora az üveg lineáris hőtágulási együtthatója, ha $1,80 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ a higany térfogati hőtágulási együtthatója? **($1,01 \cdot 10^{-5} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$)**

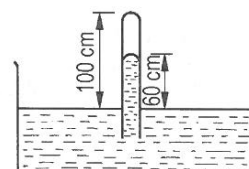
.8) 1 cm^2 keresztmetszetű réz- és vasrudat egyik végén összeragasztanak, és az ábra szerint alátámasztva egyensúlyban van. A rézrúd hossza $0,3 \text{ m}$ és a ragasztás éppen a félhenger tengelye fölött van. $p_{\text{Cu}}=8,6 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$, $p_{\text{Fe}}=7,8 \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3}$.

a) Egyensúly esetén milyen hosszú a vasrúd? **(0,315 m)**

b) Hőmérséklet-emelkedés esetén mi történik? **(a réz felé billen le)**



.9) 100 cm hosszú Torricelli-csőben 60 cm magasan áll a higany, mert a higany fölé levegő jutott. A csövet ezután megdöntjük. Mely helyzetben lesz a levegővel telt rész 20 cm hosszú, ha a külső levegő nyomása 10^5 Pa ? **($54,5^\circ$ a függőlegeshez)**

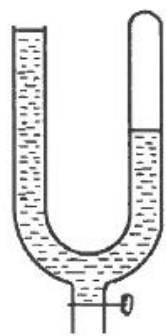
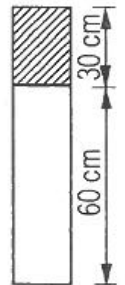


.10) Egy $1,5 \text{ cm}^2$ alapterületű 100 cm hosszú Torricelli-csőben 40 cm magasan áll a higany. A külső levegőnyomás 10^5 Pa , a hőmérséklet a csövön kívül és belül egyaránt 0°C , a levegő sűrűsége normál állapotban $1,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$. Hány gramm levegő jutott be a higany fölé? **(53,4mg)**

.11) Higanynal teli edénybe mindkét végén nyitott üvegcsövet süllyesztünk úgy, hogy a cső 60 cm hosszú része kint legyen a higanyból. Ezután a cső felső részét lezárjuk és még 30 cm-rel beljebb nyomjuk a higanyba. Milyen hosszú ekkor a csőben levő levegőoszlop, ha a külső levegőnyomás 10^5 Pa? **(48,1 cm)**

.12) Nyitott, 1 m hosszú üvegcsövet félig higanyba nyomunk. Ezután a cső szabad végét az ujjunkkal befogjuk és kiemeljük a higanyból. Milyen hosszú higanyoszlop marad a csőben, ha a külső levegőnyomás 10^5 Pa. **(24,7 cm)**

.13) Az alsó végén beforrasztott, függőleges üvegcsőben a levegőt az ábra szerint higany zárja el. A csövet óvatosan megfordítjuk úgy, hogy a nyitott vége legyen alul. Eközben a higany egy része kifolyik. Milyen hosszú a csőben maradó higanyoszlop, ha a külső légnyomás 10^5 Pa? **(2,52 cm)**



.14) Az 1 cm^2 keresztmetszetű, azonos szárhosszúságú U alakú cső egyik vége nyitott, a másik vége zárt. A cső zárt végében 20 cm^3 0°C hőmérsékletű gázt a külső levegőtől higany választ el. A higany a nyitott csőszárat teljesen megtölti. A külső légnyomás 10^5 Pa, a higany hőtágulása elhanyagolható.

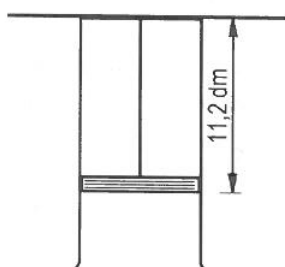
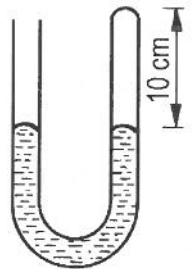
.a) Mekkora a bezárt gáz nyomása? **($1,27 \cdot 10^5$ Pa)**

.b) A csapon át annyi higanyt engedünk ki, hogy a két csőben a higanyszintek különbsége eltűnjön. Mekkora ekkor a bezárt gáz térfogata, ha folyamat *lassú*? **($25,4 \text{ cm}^3$)**

.c) Mennyi a kieresztett higany mennyiség térfogata? **($30,8 \text{ cm}^3$)**

.d) Ezután mennyivel emeljük a rendszer hőmérsékletét, hogy a nyitott szárban 4 cm-rel magasabban legyen a higanyfelszín, mint a másik szárban? **($40,4^\circ \text{C}$)**

.15) Egy állandó keresztmetszetű U alakú cső egyik szára nyitott, a másik zárt. A benne lévő higany felszíne a két szárban azonos magasságban van. Ekkor a zárt szárban a higanyoszlop feletti levegőoszlop 10 cm magas. A külső levegőnyomás 10^5 Pa. Hányszorosára nő a levegő térfogata, ha lassan annyi levegőt viszünk állandó hőmérsékleten a higany szint feletti térrészbe, hogy a levegő tömege éppen megkétszereződik? **(1,69)**



.16) Egyik végén zárt, és nyitott végével lefelé fordított, 2 dm^2 alapterületű henger 60 kg -os tömegű dugattyúja a henger zárt végéhez elhanyagolható tömegű fonállal csatlakozik $11,2 \text{ dm}$ mélységben. A hengerben *normál állapotú* levegő van, sűrűsége $1,3 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$, fajhője állandó térfogaton $712 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ \text{C}}$.

.a) Mennyivel csökken a dugattyú helyzeti energiája, ha elvágjuk a fonalat és *elegendően sokat* várunk? **(288 J)**

.b) A hőmérsékletet annyira lecsökkentjük, miközben a külső nyomás változatlanul $10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$ marad, hogy a dugattyú visszatér eredeti helyzetébe. Mennyivel változik a bezárt gáz hőmérséklete és belső energiája, ha ismét megvárjuk míg beáll az egyensúly? **($-81,9 \text{ K}$; -1700 J avagy -1715 J)**

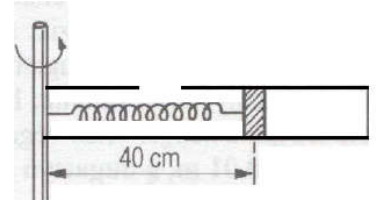
.17) Nyugalomban lévő, függőleges, mindkét végén zárt csőben levő levegőt 5 cm hosszú higanyoszlop két részre oszt. Az alsó rész 30 cm, a felső 60 cm hosszú.

.a) Merre mozdul el a higany a csőben, ha a cső szabadon esik? **(felfelé)**

.b) Esés közben a higany új egyensúlyi helyzetet foglal el. Ez 20 cm-re van a régitől. Tételezzük fel, hogy a hőmérséklet esés közben is az eredetivel egyenlő marad. Mekkora volt a nyomás a két térben az esés előtt, és mekkorák a nyomások esés közben? **(4533 Pa; 11333 Pa; 6800 Pa)**

.c) Valójában az esés folyamata gyors, ezért a gázok *adiabatikus* állapotváltozást szenvednek. Eközben $pV^\kappa = \text{állandó}$ marad, ahol $\kappa = (f+2)/f = 1,4$ levegő esetén. Számoljuk ki így is a kezdeti és a végső nyomásokat, illetve hány százalékkal változik meg a gázok hőmérséklete az esés alatt? **(2609 Pa; 9409 Pa; 4602 Pa; +17,6%; -18,5%)**

.18) Függőleges tengely körül, az ábrán látható módon, egy $0,5 \text{ dm}^2$ belső keresztmetszetű henger foroghat. A hengerben sűrűdésmentesen mozoghat a 4 kg tömegű dugattyú, amelynek tömegközéppontja nyugalmi állapotban 40 cm távolságban van a forgástengelytől. A jól záró dugattyú a forgás megkezdése előtt 2 dm^3 térfogatú, 10^5 Pa nyomású gázt zár be a hengerbe. A dugattyút kezdetben a tengellyel feszítetlen $1000 \frac{\text{N}}{\text{m}}$ rugóállandójú rugó köti össze. A dugattyú tengely felőli oldalán a



külső levegő nyomása is 10^5 Pa . A hengert a függőleges tengely körül lassan felpörgetjük, majd $40 \frac{1}{s}$ állandó szögsebességű forgásban tartjuk. A gáz hőmérséklete nem változik.

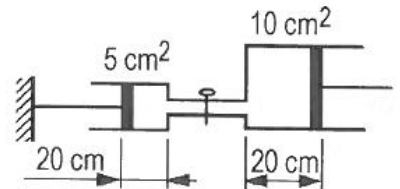
.a) Mekkora a rugó megnyúlása? **(36,0 cm)**

.b) Mekkora a hengerbe zárt levegő nyomása? **(10^6 Pa)**

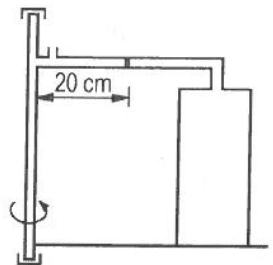
.19) Két, 5 cm^2 és 10 cm^2 alapterületű, nem hőszigetelt hengert vékony cső köt össze, amelyet csappal lehet elzárni. A hengerek az asztalon fekszenek.

Mindegyik hengerben 20 cm hosszúságban $10 \frac{\text{N}}{\text{cm}^2}$ nyomású levegő van. Ennyi a külső levegő nyomása is. A bal oldali dugattyút fonál köti a falhoz.

Elzárt csap mellett a jobb oldali dugattyút lassan addig húzzuk ki, amíg a jobb oldali hengerben a levegőoszlop hossza 25 cm lesz. Mekkora most a bal oldali hengerben a levegőoszlop hossza? **(33,3 cm)**



.20) Egy tartályt az ábrán látható módon függőleges tengelyű forgóasztalra rögzítünk. A tartály szájnyílása vízszintes csőhöz csatlakozik. A cső sugárirányú 10 cm^2 keresztmetszetű, a tengelynél levő vége nyitott. A csőben a tengelytől 20 cm -re $0,5 \text{ kg}$ tömegű, sűrűdésmentesen elmozduló dugattyú van. A dugattyú 40 liter , 0°C -os, a külső levegő nyomásával azonos, 10^5 Pa nyomású, $1,25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ sűrűségű nitrogéngázt zár a tartályba.



.a) A forgóasztalt $1,59 \frac{1}{s}$ fordulatszámú forgásba hozzuk. Hány fokra kell a gáz hőmérsékletét eközben növelni ahhoz, hogy a dugattyú 20 cm távolságban maradjon a tengelytől? **($26,9^\circ \text{C}$)**

.b) Mennyi hőt kellett a gázzal közölni, ha fajlagos hőkapacitása állandó térfogaton $741 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot \text{K}}$? **(997 J)**

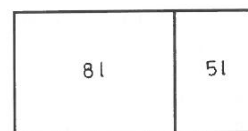
.21) Függőleges tengelyű, felül nyitott hengerben sűrűdésmentesen mozgatható, jól záró 10 kg tömegű dugattyú alatt ideális gáz van. A henger alapterülete 50 cm^2 . Az edényt $8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ gyorsulással függőlegesen mozgatva a gáz-oszlop hossza a dugattyú alatt 31% -kal csökken, miközben a gáz Kelvinben mért hőmérséklete 20% -kal nő.

.a) Hány százalékkal változik közben a gáz nyomása? **(73,9 %)**

.b) Mekkora a külső nyomás? **(1650 Pa)**

.c) Lehetett-e a gáz állapotváltozása tisztán adiabatikus? **(nem)**

.22) Henger alakú zárt edényben sűrűdésmentesen, jól záró, vékony dugattyú áll. Kiinduláskor a dugattyú bal oldalán 8 liter normál állapotú, jobb oldalán 5 liter normál állapotú gáz van bezárva. A jobb oldali teret $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ra melegítjük, miközben a dugattyútól balra levő részt továbbra is 0°C -on tartjuk. A henger fala és a dugattyú hőszigetelőnek tekinthető.



.a) Mekkora lesz az egyik, ill. a másik oldalon a nyomás, ha a dugattyút a melegítés közben nem engedjük elmozdulni? (**10^5 Pa ; $1,37 \cdot 10^5\text{ Pa}$**)

.b) Mekkora lesz a bal, ill. jobb oldali részben a gáz térfogata és nyomása, ha a dugattyú a melegítés folyamán elmozdulhat? (**$5,99\text{ liter}$; $7,01\text{ liter}$; $1,14 \cdot 10^5\text{ Pa}$**)

.23) Vízszintesen elhelyezett, mindkét végén lezárt, egyenletes keresztmetszetű l m hosszú üvegcsőben bal oldalt 20 cm, jobb oldalt 50 cm hosszú $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ -os levegőoszlop van. A két levegőmennyiséget higany választja el egymástól.

Mennyivel kell a bal oldali levegőmennyiség hőmérsékletét növelni – miközben a jobb oldali $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ marad –, hogy a higany középre tolódjék? (**410 K**)

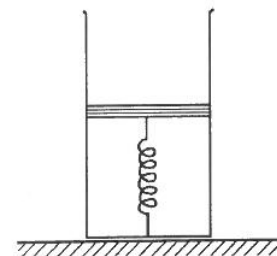
.24) Egy függőleges hengerben 50 dm^3 , $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű He gázt 4 dm^2 keresztmetszetű, 50 kg tömegű dugattyú zár le. A külső levegő nyomása 10^5 Pa . A dugattyú és a henger alját egy $2000\frac{\text{N}}{\text{m}}$ rugóállandójú rugó köti össze; a rugó megnyúlása ebben az állapotban zérus.

.a) Mennyivel kell a gáz hőmérsékletét növelni ahhoz, hogy a dugattyú 40 cm -t emelkedjen? (**152 K**)

.b) Mennyivel növekedett a gáz belső energiája, ha a He fajhőjét állandó térfogaton $3160\frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$, sűrűségét normál állapotban $0,1786\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ -nak vesszük? (**$4,81\text{ kJ}$**)

.c) Mennyivel lenne a belső energia növekedése, ha a héliumot teljesen ideális gáznak tekintjük (és nem használjuk a fent megadott anyagi állandókat)? (**$4,68\text{ kJ}$**)

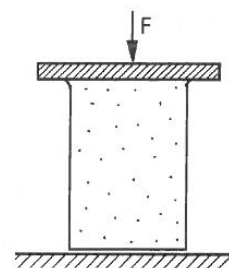
.d) Milyen görbe ábrázolná a folyamatot a p - V diagrammon? (**egyenes szakasz**)



.25) Egy $44,8\text{ dm}^3$ térfogatú és $1,12\text{ m}$ magas hengerben $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű oxigén van. A 200 kg tömegű fedőt egy külső szerkezet $F = 18000\text{ N}$ erővel szorítja a hengerhez. Ha a bezárt oxigént $273\text{ }^{\circ}\text{C}$ -re melegítjük fel, akkor az oxigén éppen megemeli a fedőt. A külső nyomás 10^5 Pa , az oxigén sűrűsége normál állapotban $1,43\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$.

.a) Hány gramm oxigén volt a hengerben? (**189 g**)

.b) Mekkora volt a gáz nyomása a melegítés előtt? (**$3,00 \cdot 10^5\text{ Pa}$**)



.26) A henger tömege 160 g , alapterülete 5 cm^2 , benne kevés gázt találhatók. Kezdetben a henger alja a vízszint alatt $H=10\text{ m}$ -rel van, a gázoszlop kezdeti magassága $h=20\text{ cm}$. A henger magassága elég nagy ahhoz, hogy a dugattyú ne csússzon ki belőle.

A súlytalan dugattyút a hozzá csatlakozó súlytalan, merev pálcával *lassan* felfelé kezdjük húzni.

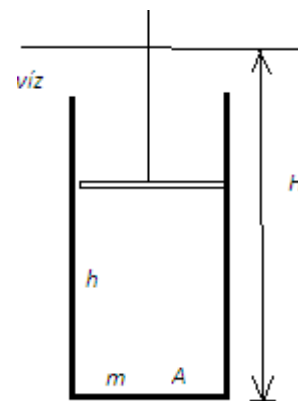
.a) Milyen mélyen van a henger alja, amikor a pálca nem fejt ki erőt? (**$2,62\text{ m}$**)

.b) Adjuk meg a folyamat során H függvényeként a gázoszlop magasságát, a pálca által kifejtett erőt és a hengerbeli gáznyomást.

$$\left(h = \frac{3,936\text{ m}^2}{H+9,68\text{ m}}; p = 10^4\text{ Pa}(H + 9,68\text{ m}); K = 1,6\text{ N} \cdot \frac{H-2,62\text{ m}}{H+9,68\text{ m}} \right)$$

.c) Ellenőrizzük a fentieket: Mekkora a gázoszlop hossza, a pálca által kifejtett erő és a gáznyomás kezdetben? (**$0,2\text{ m}$; $0,6\text{ N}$; $1,968 \cdot 10^5\text{ Pa}$**)

.d) Mekkora lesz a gázoszlop magassága, a pálca által kifejtett erő és a gáznyomás, amikor a dugattyú eléri a vízfelszín szintjét? (**$39,1\text{ cm}$; $-0,354\text{ N}$ lefelé; $1,01 \cdot 10^5\text{ Pa}$**)



.27) „Cartesius-búvár”: Egy $l=12\text{ cm}$ hosszú, állandó keresztmetszetű, $d=1,8\text{ cm}$ átmérőjű, elhanyagolható falvastagságú kémcső, alul gyűrű alakú, kicsiny, elhanyagolható térfogatú fémnehezékekkel ellátva. Összesen $m=10\text{ g}$ tömegű, lefelé fordított, lapos végű.

Az ábrán látható módon $y=0,6\text{ cm}$ függőleges kilógással úszik a vízben. A külső légnyomás, illetve kezdetben a merev falú tartályban a kémcsőn kívüli levegő nyomása egyaránt $p_0=100\text{ kPa}$.

Tekintsünk el a felületi feszültség hatásától, a vízgőz jelenlététől, illetve a hőmérséklet változásától.

a) Határozzuk meg a kémcsőbe bezárt levegőoszlop kezdeti hosszát! **(3,93 cm)**

Ha a tartály tetején levő gumimembrán megnyomásával megnöveljük a nyomást, a kémcső lefelé mozdul.

b) Mekkora minimális túlnyomást kell a membránnal létrehozni a tartályban, hogy a „búvart” teljesen ellepje a víz? **(15,33 kPa)**

A kritikusnál nagyobb túlnyomást alkalmazva a búvár lefelé indul. Közben ügyesen változtatva a túlnyomást, elérhető, hogy a búvár megálljon egy bizonyos mélységben, sőt a túlnyomás ügyes változtatásával fel-le mozgatható.

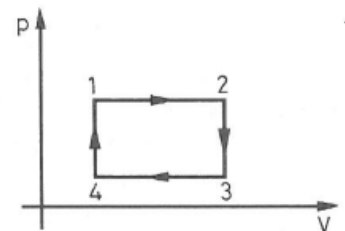
c) Vajon hogyan kell „búvészkedni” a túlnyomással, hogy a búvár teteje a vízszint alatti 50 cm mélységben megálljon, avagy ott kis kitérésű fel-le mozgást végezzen? **(10,33 kPa)**

d) Legalább mekkora legyen a vízoszlop magassága, hogy a fenti gáztérben létrehozott 20 kPa túlnyomás esetén, majd annak megszüntetése után a búvár már *ne tudjon visszatérni* a tartály aljáról a felszínre. **(1,653 m)**

e) A búvart a palack aljára vittük, de a *membrán elengedése után sem jön fel*. Mit tehetünk, hogy mégis feljöjjen? **(membránt fel!)**

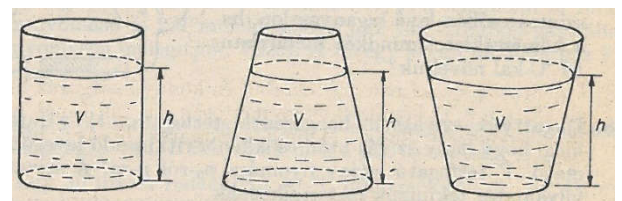
f) A membránt eltávolítjuk, és a kémcsövet a *tetejére kifejtett* erővel addig nyomjuk lefelé, amíg a kémcsövet elengedve ott nem marad lebegve. Milyen mélységben van ekkor a kémcső teteje? **(1,533 m)**

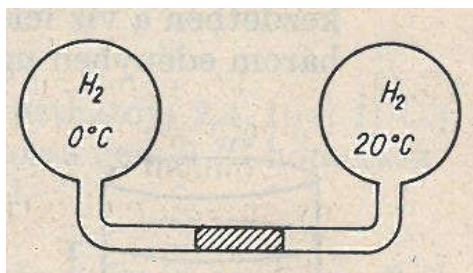
.28) Az ábrán ideális gáz állapotváltozásának diagramja látható a nyomás – térfogat (p – V) állapot síkon. Rajzoljuk meg ugyanezt a körfolyamatot a nyomás – hőmérséklet (p – T) és a térfogat – hőmérséklet (V – T) állapot síkon, megjelölve a megfelelő pontokat!



.29) Egy útszakasz hosszát $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten megmérve 112,5 méternek találjuk. Mekkora a mérés abszolút és relatív hibája, ha az acél mérőszalagot $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékleten hitelesítették. Az acél lineáris hőtágulási együtthatója $1,1 \cdot 10^{-5}\text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$. **(2,5 cm; 0,022%)**

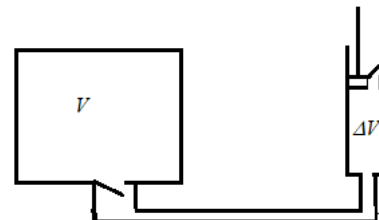
.30) Az ábrán látható három edényt $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletű, azonos V térfogatú vízzel töltöttek meg. Hogyan változik a *fenékn* nyomása az egyes edényekben szobahőmérsékletre való lehűlés-kor, ha kezdetben a víz felszínének az edény aljától való h távolsága mindhárom edényben *ugyanakkora*? **(nem vált; csökken; nő)**



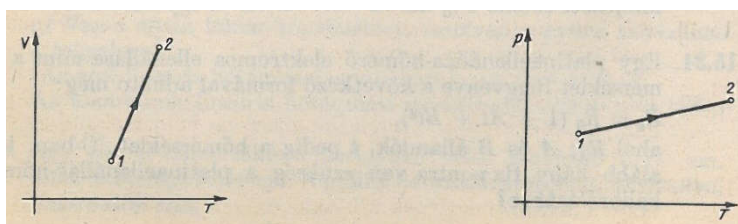


.31) Az ábrán látható két azonos térfogatú tartályt, melyeket vékony cső köt össze, hidrogéngázzal töltöttek meg. Az egyikben a hőmérséklet 0°C , a másikban $+20^\circ\text{C}$. Elmozdul-e a vízszintes csőben levő higanyoszlop, ha a hőmérsékletet mindkét tartályban 10°C -kal növeljük? **(balról jobbra)**

.32) Dugattyús szivattyú hengerének térfogata ΔV . Határozzuk meg, hogy hány szívás után csökken a ritkítandó levegőt tartalmazó, $V=100\Delta V$ térfogatú edény nyomása p_0 -ról $p_0/1000$ -re! A szivattyúzás folyamatát tekintjük izotermikusnak, az alsó cső térfogatát hanyagoljuk el. **(695)**



.33) Nőtt vagy csökkent az ideális gáz nyomása abban a folyamatban, amelyet a diagramok 1-2 szakaszai ábrázolnak? **(csökkent; nőtt)**



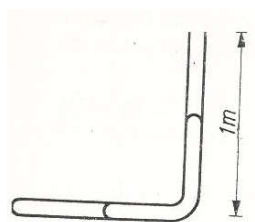
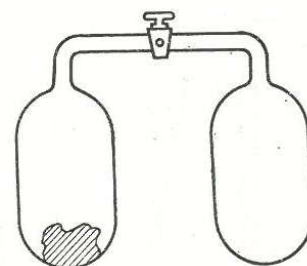
.34) 110 liter térfogatú ballonban 0,8 kg hidrogén- és 1,6 kg oxigéngáz van. Mekkora a keverék nyomása, ha hőmérséklete 27°C ? **($1,02 \cdot 10^7 \text{ Pa}$)**

.35) Számítsuk ki a normál állapotú ($101,3 \text{ kPa}$, $273,15 \text{ K}$) levegő sűrűségét, melyben a levegő tömegének $2/9$ része oxigén $7/9$ része nitrogéngáz! **($1,285 \text{ kg/m}^3$)**

.36) A 100 liter térfogatú edényben 77°C -on $60,1 \text{ g}$ etán és $29,04 \text{ g}$ bután van. Mekkora a gáz nyomása? Mekkora az etán mólszázalékos aránya? **($72,8 \text{ kPa}$; $80,1 \text{ mol/mol\% etán}$)**

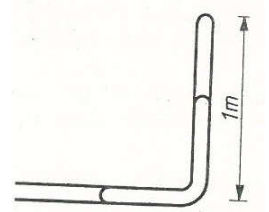
.37) A 25 literes gázipalack nitrogén – hidrogén gázelegyet tartalmaz. A gázelegy nyomása 15 MPa , hőmérséklete 27°C és tömege 3 kg . Állapítsuk meg, hogy 1000 nitrogénmolekulára hány hidrogénmolekula jut! **(447)**

.38) Két $0,5 \text{ literes}$ edényt csapos cső kapcsol össze. Az egyik edényben egy szivacs van 1 atm nyomású levegőben. A másik edény légüres. Ha a csapot kinyitjuk, és elég időt várunk, az összenyitott edényekben $0,45 \text{ atm}$ lesz a nyomás. Mennyi a szivacs anyagának térfogata? **($1/11 \text{ liter}$)**



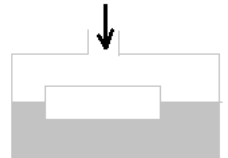
.39) Függőleges síkban álló, derékszögű üvegcső mindegyik szára 1 m hosszú, a felső vége nyitott. Mindegyik szár *felét* higany tölti meg. Mi történik, ha a csövet a függőleges síkban *lassan*, -90° -kal elfordítjuk? **($6,92 \text{ cm}$ marad a zárt csőben)**

.40) Függőleges síkban álló, derékszögű üvegső mindegyik szára 1 m hosszú, az alsó vége nyitott. Mindegyik szár felét higany tölti meg. Mi történik, ha a csövet a függőleges síkban *lassan*, -90° -kal jobbra fordítjuk. **(86,5 cm lesz a zárt csőben)**



.41) Torricelli-kísérlethez használt vékony falú üvegső hossza 100 cm, keresztmetszetének területe 1 cm^2 , tömege 136 g. A csőbe 1 atm mellett mért 24 cm^3 levegőt engedünk be. Milyen mélyen bemerülve úszik a cső a higanyban? **(88,9 cm bent)**

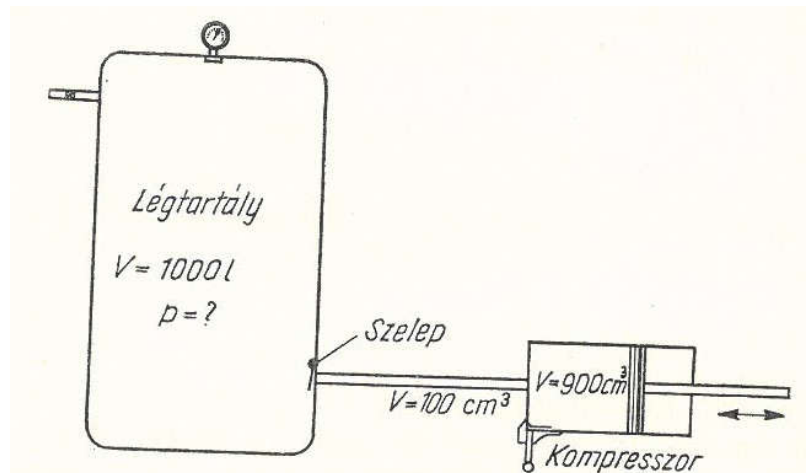
.42) $0,6 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű fából készült téglatest vízen úszik. Mekkora fokozzuk a tartályban a víz fölött a levegő nyomását, hogy a téglatest félig bemerülve ússzon? **($154 \cdot 10^5 \text{ Pa}$)**



.43) *Kísérleti célból, porkohászati úton készített villamos vezeték magja 2 mm átmérőjű acélhuzal, ezt veszi körül a 10 mm külső átmérőjű alumínium köpeny, amely fémesen kapcsolódik a maghoz. Mekkora a 100 m hosszú vezeték tágulása 36°F hőmérséklet-növekedés hatására? $\alpha_{Fe} = 7 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{F}^{-1}$, $E_{Fe} = 2 \cdot 10^7 \text{ Ncm}^{-2}$, $\alpha_{Al} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{F}^{-1}$, $E_{Al} = 0,7 \cdot 10^7 \text{ Ncm}^{-2}$. **(4,13 cm)**

Útmutatás: Ha egy A keresztmetszetű, l kezdeti hosszúságú, hengeres szilárd test rugalmas alakváltozást szenved, akkor az F deformáló erő és a hatására létrejövő Δl , vele párhuzamos alakváltozása közötti kapcsolat (Hooke-törvény): $\frac{F}{A} = E \frac{\Delta l}{l}$ ami átrendezéssel $F = \frac{EA}{l} \Delta l$ alakú, és emlékeztet a rugó jól ismert a rugó $F = D \Delta l$ erő-törvényére. (E neve Young-modulus, anyagi állandó.)

.44) *Az ábrán egy kompresszor (légsűrítő) szerkezete látható. A $v=900 \text{ cm}^3$ lökettérfogatú dugattyús munkahengert $w=100 \text{ cm}^3$ -es holttér kapcsolja a $V=1000 \text{ l}$ -es tartályhoz, amiben kezdetben $p_o = 1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$ nyomású levegő van. A valóságos folyamatot közelítsük izoterm összenyomással! A külső légnyomás is $p_{oo} = 1 \text{ atm}$.



a.) Határozzuk meg az elérhető maximális nyomást! **(10 atm)**

b.) Excel táblázattal jól követhető, az egyes lépések utáni aktuális nyomás.

Mekkora lesz a nyomás a tartályban a dugattyú 1000-szeri benyomását követően? **(1,856 atm)**

c.) Rajzoltassuk meg az Excellel a nyomás függését az elvégzett ütemek darabszámától függően, és figyeljük meg, milyen lassan nő a nyomás!.

.45) A kerékpár teljesen leeresztett gumijának pumpálásakor a pumpa dugattyúja az út felét teszi meg addig, amíg a szelep kinyit. A felpumpált gumi pumpálásakor a szelep a dugattyú útjának $\frac{3}{4}$ -énél nyit ki.

a.) Mekkora a nyomás a gumiban, ha a folyamat izotermikus? **($3 \cdot 10^5 \text{ Pa}$)**

b.) Mit mutat a nyomásmérő, ha megmérjük vele a felfújt gumi nyomását? **(2 atm)**

c.) Miért látszik „laposabb”nak a gumi, ha a biciklire nagyobb súlyú ember ül fel? Nő-e ilyenkor a nyomás a gumiban? (-)

.46) *Egy teljesen leeresztett (benne a nyomás $p_o = 1 \text{ atm}$, a normál nyomás) gumiköpenyt igyekszünk felpumpálni. A szelep nyitásához állandó nagyságú külső túlnyomás szükséges. A gumiköpeny térfogatát állandónak tekintjük. A pumpánk belső térfogata $0,35 \text{ liter}$. A pumpa dugattyúját *gyorsan* nyomjuk le, az ilyenkor (adiabatus állapotváltozás) a folyamat során $pV^{1,4}$ állandó marad (közben az összenyomott levegő felmelegszik).

Az első gyors lenyomáskor a szelep a dugattyú útjának felénél nyitott ki. Összesen 49-szer nyomtuk le a dugattyút. Ezután hosszú szünetet tartottunk, majd végül még egyszer lenyomtuk a dugattyút. Ekkor a szelep a dugattyú útjának háromnegyedénél nyitott.

.a) Mit mutatott volna a gumira kapcsolt nyomásmérő közvetlenül az 50. lenyomás előtt? **(4,325 atm)**

.b) Mekkora a gumi térfogata? **(3,97 liter)**

.47) *Léggömböt készítünk, melynek anyaga $m = 27 \text{ kg}$ tömegű, térfogata pedig $V = 113 \text{ m}^3$. A tengerszinten megtöltjük a léggömböt hidrogénnel. Itt a levegő sűrűsége $\rho = 1,3 \text{ kg/m}^3$, a hidrogéné $\rho' = 0,09 \text{ kg/m}^3$. A hőmérsékletét tekintjük állandónak minden magasságban. A levegő összenyomhatósága miatt felfelé haladva a *nyomás* és a *sűrűség* nem lineárisan csökken, hanem exponenciálisan, 5400 méterenként feleződik.

A léggömb háromféle is lehet:

.A) ...zárt, és merev falú.

.B) ...zárt, de térfogata nőhet úgy, hogy a *külső és belső nyomás mindenkor állandó*.

.C) ... merev falú, de alul egy olyan *szelep* zárja le, mely bármelyik oldali nyomásnövekedésre kinyit, lehetővé téve a hidrogén és levegő ki-be áramlását, de egyébként nem engedi keveredni a kinti és benti gázt.

Az alábbi kérdésekre keressük a választ minden fenti esetben:

.a) Mekkora a léggömb emelő ereje a tengerszinten? **(1.097 N)**

.b) Mekkora az emelő erő 5000 m magasságban? **(A: 401 N; B: 1.097 N; C: 450 N)**

.c) Legfeljebb milyen magasra emelkedhetne a léggömb, ha szabadon engednénk?

(A: 10.700 m, B: szétduzzanna; C: 12.600 m)

.d) Miután engedték 5000 m magasságba jutni, a léggömböt lehúzzuk 3000 m magasságba. Hogyan változik a léggömb emelő ereje? **(A: 628 N, B: 1.097 N; C: 450 N)**

.48) *A hőlégballon alul nyitott. Méretét és alakját tekintjük állandónak. Alsó nyílásánál melegítve, a benne lévő levegő sűrűsége csökken, így az Archimédész-törvény szerint *felhajtó erő* hat rá.

A *belső meleg levegő* nyomása azonban a *nyitott szájnál* mindig megegyezik a *külső hideg levegő légköri nyomásával*.

.a) Mi tartja ezt a léggömböt a levegőben, amikor a léggömb tetejére kívül-belül ugyanaz a nyomás hat?

(Útmutatás: Az állandó hőmérsékletű gázokban a *nyomás felfelé exponenciálisan csökken a barometrikus magasságformula szerint*: $p(h) = p_o e^{-\frac{Mgh}{RT}}$ módon, ahol a p_o a nyomás $h=0$ szinten, M a gáz moláris tömege, T az abszolút hőmérséklet R az általános gázállandó.)

.b) Egy közepes hőlégballon gömb alakú, átmérője 20 méter, benne a meleg levegő hőmérséklete 90°C , míg kívül 0°C van. A nyomás 10^5 Pa .

A számolás egyszerűsítése miatt a gömb alak helyett tekintjük a ballon alakját egy 15 m átmérőjű, 20 m magas hengernek. Becsüljük meg, mekkora emelő erő hat a hőlégballonra. Vessük össze becsülésünket azzal, hogy egy ilyen méretű ballon általában 4 embert tud szállítani. **(11.170 N)**

.49) Számítsuk ki az ideális gáz térfogatú hőtágulási tényezőjét állandó nyomáson! **(1/T)**

.50) *A szilárd testek lineáris hőtágulási együtthatója nem csak az anyagi minőségtől, hanem kis mértékben a kezdeti hőmérséklettől is függ.

.a) Milyen kapcsolat van a t_1 és t_2 hőmérsékletekhez tartozó α_1 és α_2 hőtágulási együtthatók között?

(Útmutatás: Egy rudat t_1 hőmérsékletéről melegítsünk t_2 hőmérsékletre, majd t_2 -ről hűtsük vissza t_1 hőmérsékletre!) [$\alpha_1 - \alpha_2 = \alpha_1 \alpha_2 (t_2 - t_1)$]

.b) Hány százalékkal különbözik egymástól a két érték, ha a két hőmérséklet különbsége 100°C és a hőtágulási együttható $10^{-5} 1/^\circ\text{C}$ nagyságrendű? **(kb. 0,1%-kal)**