A termodinamika I. Főtétele

Minthogy a feladatokban az I. főtételt csaknem kizárólag ideális gázra alkalmazzuk, mindenekelőtt a gázok állapothatározói közötti összefüggéseket kell felírni.

A p nyomású, V térfogatu, m tömegü, M gramm-molekulasulyu és T abszolut hőmérsékletü ideális gázra érvényes a

$$pV = \frac{m}{M} RT$$

állapotegyenlet, ahol az R univerzális gázállandó

$$R = 8,314.10^7 \frac{erg}{mol.fok} = 8,314 \frac{joule}{mol.fok} = 0,0821 \frac{\ell . atm}{mol.fok}$$

Ideális gáz jellemző mennyisége a $\varkappa$ fajhőviszony. Ez csak attól függ, hogy az illető gáz egy, kettő vagy többatomos molekulákból áll-e. Ha a gázrészecske szabadsági fokainak száma z, akkor

$$\varkappa = \frac{z+2}{z}$$

Minthogy az egy, kettő és háromatomos gázok részecskéi rendre 3, 5 és 6 szabadsági fokkal rendelkeznek, ezért a megfelelő $\varkappa$ értékek 5/3, 7/5 és 4/3.

Minthogy ideális gázra érvényes, hogy

$$C_p - C_v = R$$

ahol C_p az állandó nyomáshoz, C_v pedig az állandó térfogathoz tartozó mólhő, az utolsó összefüggés felhasználásával a $\varkappa$ fajhőviszony ismeretében a mólhők meghatározhatók.

A $\varkappa$ fajhőviszony ismerete adiabatikus állapotváltozásnál az állapotjelzők közötti összefüggések felirásához szükséges:

$$P V^{\varkappa} = \text{const}$$

$$T V^{\varkappa-1} = \text{const}$$

$$T p^{\frac{1-\varkappa}{\varkappa}} = \text{const.}$$

A termodinamika I. főtétele nem más, mint az energiamegmaradás elvének alkalmazása hőmennyiség felvételével, vagy leadásával kapcsolatos folyamatokra. Az első főtétel matematikai megfogalmazása a következő alakban adható meg

$$U_2 - U_1 = Q + L$$

A rendszer belső energiájának megváltozása egyenlő a "kívülről a rendszerhez vezetett" hőmennyiségnek és munkának az összegével. U a rendszer belső energiája "állapotfüggvény", amely az állapothatározók egyértékű függvénye. L a "külső munka", amely számitásainkban a rendszer térfogatváltozásával kapcsolatos munkát jelenti.

Kvázisztatikus folyamatoknál - ezekkel foglalkozunk részletesebben - a külső nyomóerő L munkája megegyezik a rendszer által végzett L' munka negativjával

$$L = - L' = - \int p dv$$

Ezzel az első főtétel egy másik megfogalmazása adható

$$Q = U_2 - U_1 + L'$$

A rendszerrel közölt hőmennyiség egy része a gáz belső energiáját növeli, a másik része pedig fedezi a rendszer által végzett munkát.

A belső energiaváltozás ideális gáz esetében mindig kiszámitható a

$$\Delta U = m c_v \cdot \Delta T$$

összefüggésből, ahol m a gáz tömege, c_v az állandó térfogaton mért fajhő, és ΔT a hőmérsékletváltozás.

1. Izotermikus állapotváltozásnál a gázzal közölt hőmennyiség teljes egészében átalakul munkává, mivel $\Delta T = 0$, $\Delta U = 0$

$$Q = L' = \frac{m}{M} RT \ln \frac{V_2}{V_1} = \frac{m}{M} RT \ln \frac{p_1}{p_2}$$

2. Izochor állapotváltozásnál V = const.

$$L' = 0$$

$$Q = U_2 - U_1 = m\, c_v (T_2 - T_1)$$

tehát a közölt hőmennyiség a gáz belső energiáját növeli.

3. Izobár állapotváltozásnál

$$Q = m\, c_p (T_2 - T_1) = U_2 - U_1 + L' = I_2 - I_1 ,$$

ahol $L' = p (V_2 - V_1)$, $I_2 - I_1$ a rendszer entalpiájának változása.

4. Adiabatikus állapotváltozásnál hőközlés, ill. hőelvonás nincs, tehát

$$U_2 - U_1 + L' = 0$$

$$L' = -(U_2 - U_1) = -c_v\, m (T_2 - T_1)$$

a gáz munkát végezni csak a belső energia rovására tud.

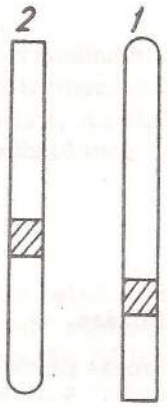
Feladatok

385. Dugóval elzárt üvegedényben a 7 C^o hőmérsékletü levegő nyomása 1 atm. Melegités során a dugó 1,3 atm nyomás elérésekor kirepült. Mekkora volt ekkor az edényben a levegő hőmérséklete?

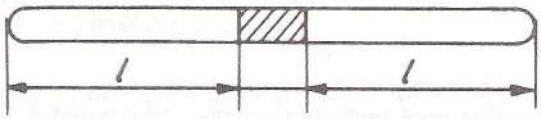
386. Valamely gáz sürüségét a következőképpen határozták meg. A V_1 = 5 liter térfogatu edényt megtöltötték az illető gázzal, ennek nyomása ekkor P_1 = 1800 Hgmm, a megtöltött edény sulya 800 pond volt. Az edényből a gáz egy részét kiengedték, a gáz nyomása akkor P_2 = 960 Hgmm, az

edény sulya pedig 785 pond lett. Az adatok alapján határozzuk meg a gáz sürüségét 1 atm nyomáson.

387. A barométer csöve 90 cm hosszu és a higany fölött valamennyi levegő van. A higanyoszlop hossza 74,5 cm 760 Hgmm külső légnyomásnál 15 C^o-on. Mekkora a légnyomás 5 C^o-on, ha a légnyomásmérő 785 Hgmm-t mutat?



52. ábra



53. ábra

388. Az 52. ábra szerinti egyik végén zárt üvegcsőben levegő van, amelyet a cső nyitott vége felől higanycsepp zár el. Az (1) helyzetben a levegőoszlop hossza l = 16,5 cm, a (2) helyzetben l = 15,85 cm. A higanycsepp hossza h = 15 mm. Mekkora a külső p légnyomás?

389. Az 53. ábra szerinti mindkét végén beforrasztott A = 0,25 cm^2 keresztmetszetü üvegcsőben p = 0,2 atm nyomásu gáz van. A gázt G = 10 p sulyu higanycsepp két egyenlő ℓ = 20 cm-es részre osztja. Függőleges helyzetben mekkora a higanycseppnek a cső felső végétől mért ℓ' távolsága?

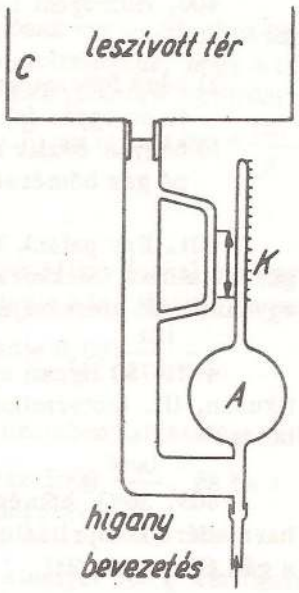
390. 80 cm hosszu egyik végén zárt üvegcsövet félig higanyba mártunk, miközben a csőben levő levegő 40 C^o-ra melegszik fel. Mekkora a csőben és az edényben levő higanynivók közti különbség, ha a külső légnyomás 750 Hgmm és a környezet hőmérséklete 20 C^o? Mekkora lesz a nivókülönbség, ha a csőben levő levegő lehül a külső környezet hőmérsékletére?

391. Az 54. ábra (lásd következő oldalon) szerinti elrendezés igen kis nyomások mérésére alkalmas. Ha a leszivott térben (C) a nyomást meg akarjuk határozni, akkor a B csapot elzárva, az A edényt Hg-al töltik fel. Az alulról bejutó Hg az A-ban levő levegőt a K kapillárisba nyomja, miközben a nyomása megnő. Természetesen a Hg a C tér felé vezető csőben is felmegy, de mivel a C tér nagy, az itt fellépő térfogatváltozás annak nyomására elhanyagolható mértékben gyakorolhat befolyást. Mekkor a nyomás a C térben, ha méréskor a kapillárisban levő levegőoszlop hossza 15 cm, a C tér és a kapilláris közötti nyomáskülönbség 50 Hgmm, a kapilláris keresztmetszete 0,1 cm, az A tér térfogata pedig 0,85 liter.

392. Egy 100 cm^2 alapterületü hengerben levegő van. A dugattyu a henger fenekétől 60 cm távolságban van. A légkör nyomása 76 cm higanyoszlop. A levegő hőmérséklete 12 C^o. Meddig süllyed a dugattyu, ha 100 kg-os sulyt helyezünk rá, és ha a levegő eközben 15 C^o-ra melegszik fel? A dugattyunak a henger falához való surlódását nem vesszük számitásba!

393. Egy 20 literes palackban 16 C^o-on 100 atm nyomás alatt oxigén van. Mennyi az oxigén térfogata normális nyomáson és 0 C^o hőmérsékleten?

394. Egy kompresszor 770 Hgmm barométer állásánál 4 m^3 levegőt sziv be s azt 5 atm nyomásra komprimálja. Mekkora térfogattal fog rendelkezni ez a levegő a nyomástérben, ha ott a levegő hőmérséklete megegyezik a külső levegőével.



54. ábra

395. Rotációs szivattyu hengere 250 cm^3 és másodpercenként 3 szivást végez. Mennyi t időre van szükség ahhoz, hogy egy 15 ℓ -es edényben a nyomást p_o = 1 atm-ról p_1 = 0,02 atm-ra csökkentsük. A folyamatot tekintsük izotermikusnak.

396. Egy gázzal telt hengerben dugattyu mozog. A dugattyu sulya 0,6 kp, keresztmetszete 20 cm^2, a légkör nyomása 750 Hgmm. Mekkora erővel kell hatni a dugattyura, hogy a hengerben levő gáz térfogata felére csökkenjen? (A folyamat izotermikus.)

397. Egy gázpalackban 12 kg oxigén 120 atm nyomás alatt áll. Miután a gázból bizonyos mennyiséget felhasználtunk, a gáznyomás a palackban 30 atm-ra csökkent. Mennyi oxigén maradt a palackban, ha hőmérséklete a gáz kivételénél nem változott?

398. 30 % CO-t, 60 % N_2-t és 10 % H_2-t tartalmazó gáz 5 atm nyomás alatt áll. Meghatározandó a gáz egyes alkatrészeinek parciális nyomása!

399. 6 g 2 atm nyomásu és 920 C^o-u héliumot (M = 4 g) környezetétől elzárva tágulni engedünk normál nyomásra. Mekkorák lesznek p, V és T értékei ezen állapotban?

400. Hidrogént 1 atm-ról 100 atm-ra kell komprimálnunk. Számítsa ki:

a) hány fokozatban dolgozzon a kompresszor, ha a levegő hőmérséklete az egyes fokozatok után nem lehet nagyobb 147 C^o-nál,
b) hogyan oszlik el a nyomás fokozatokra? Az egyes fokozatokba belépő gáz hőmérséklete 27 C^o, $\varkappa = 1,41$.

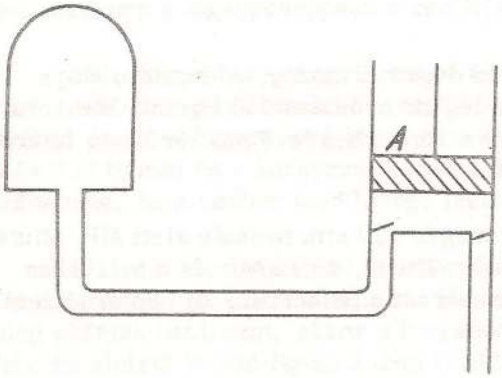
401. Egy palack 30 C^o hőmérsékleten 20 atm nyomáson sűritett levegőt tartalmaz. Mekkora lesz a nyomás, ha a palackból a gáz tömegének egyharmadát kieresztjük és a hőmérséklet 17 C^o-ra esik?

402. 750 Hgmm nyomású gázt kétszeres térfogatra terjesztünk adiabatikusan, ill. izotermikusan. Melyik esetben lesz nagyobb a végállapot nyomása?

403. 28 C^o hőmérsékletű 760 Hgmm nyomásu gázt térfogatának kétharmadára komprimálunk adiabatikusan. Határozzuk meg összenyomás után a gáz állapotjelzőit!

404. Mekkora hőmérsékletemelkedés következtében változik konstans nyomás mellett a gáz térfogata 1,5-szeresére

a) a kiindulási hőmérséklet 0 C^o
b) a kiindulási hőmérséklet 50 C^o.



55. ábra

405. Eredeti térfogatának hányadrészére kell a levegőt adiabatikusan összenyomni, ha azt akarjuk, hogy 0 C^o hőmérsékletről 310 C^o hőmérsékletre melegedjen fel?

406. Az 55. ábrán vázolt szivattyu dugattyujának alapterülete 1 dm^2, a lökethossza 2 dm, a holttér magassága 1 mm, a löketszám 180/perc. Mekkora a szivósebesség ℓ/s-ban, mekkora a végvákuum. Hogyan lehet elérni nagyobb légritkitást?

407. Az 5x5x4 m-es 0 C^o hőmérsékletű szobában befűtünk, minek folytán 22 C^o-ra emelkedik a levegő hőmérséklete. Nyomása azonban a levegő kiáramlás következtében változatlanul 1 atm. Mekkora a fűtés következtében kiáramlott levegő tömege?

408. Mekkora sebességgel kell az ólomgolyónak egy acéllaphoz ütközni, hogy az ütközés következtében elolvadjon. (Feltételezzük, hogy a teljes mozgási energia hővé alakul és az mind az ólom melegítésére fordítódik.) A golyó hőmérséklete 27 C^o, az olvadáspont 327 C^o, az olvadáshő 5 $\frac{cal}{g}$, a fajhő 0,03 $\frac{cal}{g.fok}$.

409. Egy ólomgolyót 200 m magasból leejtünk. Hány fokkal melegszik fel a golyó, ha szilárd talajra érve mozgási energiája hővé alakul, és ennek a hőnek 2/3 része melegíti a golyót? Az ólom fajhője 0,031 $\frac{cal}{g.fok}$.

410. Határozzuk meg egy 300 LE-s gőzgép üzemben tartásához szükséges tüzelőanyag mennyiségét, ha annak fűtőértéke 5000 $\frac{kcal}{kg}$, és ha a szénből fejlődő hőnek 18 %-a alakul mechanikai energiává.

411. Határozzuk meg azt a hőmennyiséget, amelyet 500 ℓ térfogatu edényben levő 1 atm nyomásu és 27 C^o hőmérsékletü levegővel közölni kell, hogy annak nyomása 3 atm-ra emelkedjék. Mekkora lesz a levegő végső hőmérséklete?

412. Határozzuk meg 200 m^3 levegő belső energiájának megváltozását, ha a levegőt 6 atm nyomás és 40 C^o hőmérsékletü állapotáról 4,8 atm végnyomásra állandó térfogaton lehütjük.

413. 400 mm átmérőjü 80 ℓ térfogatu edényben 3 atm nyomásu 15 C^o-os levegő van. A levegővel 20 kcal hőmennyiséget közlünk. A mozgatható dugattyut mekkora erővel kell tartani, hogy eredeti helyzetéből ne mozduljon el?

414. Határozzuk meg az 5 liter térfogatról 10 liter térfogatra állandó nyomáson kiterjedő hélium belső energiájának növekedését. A folyamat 2 atm nyomás mellett megy végbe.

415. Egy 0,3 m^3 térfogatu 50 cm átmérőjü hengert 27 C^o-os 3 atm nyomásu levegővel töltünk meg. Állandó nyomáson addig melegitjük, amig hőmérséklete 200 C^o-ra emelkedik. Határozzuk meg a levegő által végzett munkát, a gázzal közölt hőmennyiséget és a dugattyu elmozdulását.

416. Állapitsuk meg milyen összefüggés van állandó nyomás mellett a gáz által végzett munka (Δ L'), a gázzal közölt hőmennyiség (Δ Q) és a belső energia megváltozása (Δ U) között. Az illető gáz fajhőviszonyát ismertnek vesszük.

417. 10 g 3 atm nyomásu 10 C^o-os oxigént (molekulasulya 32) állandó nyomáson melegitünk, ekkor térfogata 10 ℓ . Határozzuk meg a gáz által felvett Q hőmennyiséget, a belső energia ΔU megváltozását és a gáz $\Delta L'$ tágulási munkáját.

418. Kompresszorból távozó 190 C^o hőmérsékletü levegőt 5 atm állandó nyomáson 20 C^o-ra hütünk. Óránként 30 m^3 lehütött levegő távozik. Határozzuk meg a hütőviz mennyiségét, ha az 10 C^o-kal melegszik fel.

419. 10 atm kezdeti nyomásu 0,5 m^3 térfogatu oxigént (molekulasulya 32) izotermikusan térfogatának ötödére nyomunk össze. Mekkora lesz a végső nyomás, és mennyi munkavégzésre van szükség?

420. 2 kg 1 atm nyomásu és 27 C^o hőmérsékletü levegő izotermikus összenyomásához 18 000 mkp munkát végeztünk. Mekkora lesz a nyomás a folyamat végén, és mennyi hőt kell az állandó hőmérséklet fenntartása érdekében elvezetni?

421. 96 g 4 atm nyomásu 177 C^o hőmérsékletü oxigéntől 8100 cal hőt akarunk elvonni állandó hőmérsékleten. Mekkora térfogatra kell összenyomni a gázt. (Az oxigén molekulasulya 32.)

422. 1 kg 27 C^o hőmérsékletü levegőt 1 atm nyomásról 10 atm nyomásra süritünk adiabatikusan. Határozzuk meg a levegő végső térfogatát, hőmérsékletét és a süritésre használt munkát! (A levegőt tekintsük 29-es molekulasulyu gáznak.)

423. 5 kg 10 C^o hőmérsékletü levegő adiabatikus összesüritésére 8.10^4 mkp munkát forditottunk. Határozzuk meg a véghőmérsékletét. (A levegőt tekintsük 29-es molekulasulyu gáznak.)

424. 28 g 5 liter térfogatu 27 C^o hőmérsékletü N_2 gáz (molekulasulya 28) adiabatikusan kiterjesztünk 50 liter térfogatra. Mennyi hőmennyiséget kell ezen a térfogaton közölni a gázzal, hogy hőmérséklete ujra 27 C^o legyen? Mennyit változik a gáz belső energiája az adiabatikus folyamat alatt?

425. 10 g normál állapotu oxigént 1,4 liter térfogatra nyomunk össze. Határozzuk meg az oxigén nyomását és hőmérsékletét ezen állapotban, valamint a végzett munkát, ha

a) az összenyomás izotermikus
b) az összenyomás adiabatikus.

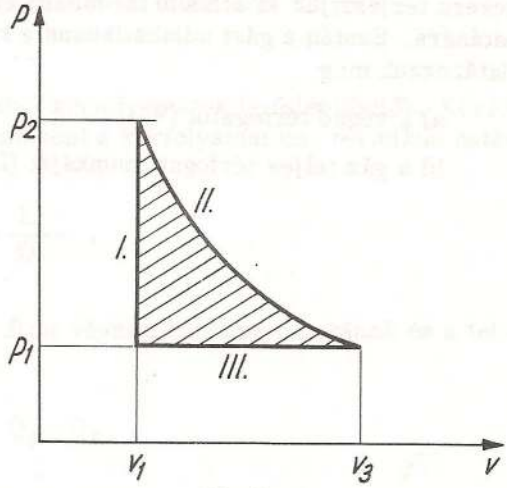
426. 10 liter térfogatu levegőt 2 liter térfogatra kell összenyomni. Adiabatikusan vagy izotermikusan gazdaságosabb-e végrehajtani a folyamatot?

427. 1 kg 27 C^o hőmérsékletü levegőt kezdeti térfogatának harmadrészére adiabatikusan süritünk össze, ezután izotermikusan kiterjesztjük eredeti térfogatára. Határozzuk meg a két munka különbségét!

428. 10 g 3 atm nyomásu 10 C^o-os oxigént állandó nyomáson melegitünk, amig térfogata 10 ℓ lesz. Határozzuk meg:

a) a gáz által felvett hőmennyiséget,
b) a gáz belső energiájának ΔU megváltozását,
c) a gáz L' tágulási munkáját.

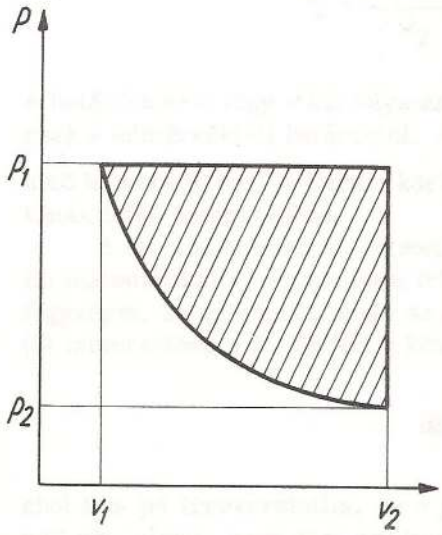
A belső energia megváltozását számitsuk ki gázkinetikai meggondolások alapján is.



56. ábra

429. m = 8 g t_1 = 17 C^o hőmérsékletü V_1 = 2,5 ℓ O_2 gáz nyomását kivülről betáplált hőmennyiség segitségével p_2 = = 3 atm-ra növeljük állandó térfogaton. További hőközléssel izotermikusan a kezdeti p_1 nyomásra visszük. Ezután állandó nyomáson visszavisszük a gázt a kezdeti állapotba. (Lásd az 56. ábrát.) Határozzuk meg

a) a belső energia változását a III. szakaszon (ΔU_{III}),
b) a II. szakaszon végzett munkát L'_{II},
c) a III. szakaszon a gáztól elvont hőmennyiséget (Q_{III}).



57. ábra

430. 2 ℓ p_1 = 55 atm nyomásu és t_1 = 27 C^o hőmérsékletü kétatomos gáz izoterm állapotváltozása során térfogatának ötszörösére terjed ki. Ekkor állandó térfogaton betáplált Q_{II} hőmennyiség hatására a gáz

nyomása ismét p_1-re növekszik. Ebből az állapotból Q_{III} hőmennyiség elvonásával a gáz állandó nyomáson visszajut az eredeti állapotba. (Lásd az 57. ábrát.) Határozzuk meg az I. és III. szakaszokon végzett tágulási munkák különbségét!

431. m = 6,5 g hidrogént (t_1 = 27 C^o, p_1 = 2 atm) térfogatának kétszeresére terjesztjük ki állandó nyomáson egy kívülről betáplált hőmennyiség hatására. Ezután a gázt adiabatikusan a kezdeti hőmérsékletre visszük. Határozzuk meg

a) a végső térfogatot (V_3)

b) a gáz teljes térfogati munkáját (L').

385. $T_2 = 364\ K^o = 91C^o$

386. A gáz sűrűségét az alábbi összefüggésből kapjuk:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Meghatározzuk a kiáramlott gáz térfogatát normál nyomáson.

$$V'_o - V''_o = V\left[\frac{p_1}{p_o} - \frac{p_2}{p_o}\right] = 5,53\ \ell$$

Ennek ismeretében a sűrűség már számolható

$$\rho = \frac{m}{V'_o - V''_o} = \frac{15}{5,53.10^3} = 2,71.10^{-3}\ gr.cm^{-3}$$

387. $p_2 = 773,8$ Hgmm

388. $p = 746,5$ Hgmm

389. $\ell' = 22$ cm

390. $x = 24,5$ cm

$x' = 21,75$ cm

391. $p = 1,13.10^{-2}$ Hgmm

392. $\ell = 29$ cm

393. $V_2 = 1890$ liter

394. $V_2 = 0,81\ m^3$

395. Visszaáramlásmentes, folyamatos szivást tételezünk fel. Egy szivással elszállitott gázmennyiséget jelölje V'. Az első szivás után a P_1 nyomás Boyle-Mariotte törvényéből

$$P_1 = P_o \frac{V}{V+V'} = P_o \left(1+\frac{V'}{V}\right)^{-1}.$$

A szivások végén mérhető nyomásokat felirva, az n-edik szivás után a $P_n = P$ nyomás

$$P = P_o \left(1 + \frac{V'}{V}\right)^{-n}$$

Ebből $n = 240$, $t = 80$ s.

396. $F = 21$ kp

397. $m = 3$ kg

398. $p_{CO} = 0,653$ atm

$p_{N2} = 1,306$ atm

$p_{H2} = 3,04$ atm

399. $V_2 = 110$ liter, $T_2 = 900\ K^o$

400. Adiabatikus állapotváltozásnál a nyomás és a hőmérséklet között felirható a következő összefüggés:

$$T_1 p_1^{\frac{1-\varkappa}{\varkappa}} = T_2 p_2^{\frac{1-\varkappa}{\varkappa}}$$

a) Mivel a hőmérséklethányados mindig ugyanakkora, a kezdeti és végállapoti nyomás között felirható

$$\left(\frac{p_1}{p}\right)^{\frac{1-\varkappa}{\varkappa}} = \left(\frac{T_2}{T}\right)^n$$

Ebből a fokozatok száma kiszámolható

$$n = \frac{\frac{1-\varkappa}{\varkappa}\lg\frac{p_1}{p}}{\lg\frac{T_2}{T_1}} = 4$$

b) $p_2 = 3,16$ atm, $p_3 = 10$ atm, $p_4 = 31,6$ atm

401. $p_2 = 12,8$ atm

402. $p_{iz} = 375$ Hgmm, $p_{ad} = 284$ Hgmm

403. $T_2 = 354\ K^o$, $p_2 = 1340$ Hgmm

404. a) $\frac{V_1}{273} = \frac{3\,V_1}{2\,T}$ $\quad T = 409,5\ K^o\ \Delta T = 136,5\ C^o$

b) $\Delta T = 161,5\ C^o$

405. $V_2 = \frac{V_1}{31,35}$

406. Szivósebesség $s = \frac{n}{60}\ A.\ \ell$, $s = 6$ l/s.

A szivattyu addig sziv, amig a holttérben a gáz nyomása el nem éri az 1 atm-rát. Ennél kisebb nyomás nem tudja kinyitni a szelepet.

$$p_o\ A\ell = 760A.\ell'$$

$$p_o = 3,8 \text{ Hgmm}$$

A vágvákuum csökkenthető az által, ha szivattyukat sorbakötünk pl. 2 szivattyu esetén

$$p' = \left(\frac{\ell'}{\ell}\right)p_o = 1,9.10^{-2}\text{Hgmm}$$

407. m = 9,68 kg

408. A sebesség 340 m/s

409. A felmelegedés 10,1 C^o

410. 210 kg óránként

411. A hőmennyiség : Q = 63 kcal
A véghőmérséklet: T_2 = 900 K^o

412. ΔU = - 15218 kcal

413. F = 9085 kp

414. ΔU = 150 mkp

415. A munka: L' = 12,6 kcal
A közölt hő: Q = 44,3 kcal
A dugattyu elmozdulása: Δl = 8,81 cm.

416. $\Delta Q = m\, c_p \Delta T = \frac{M.C_p}{R}\, p\, .\, \Delta v = \frac{C_p}{C_p - C_v}\, p\Delta v = \frac{\varkappa}{\varkappa - 1}.\, \Delta L'$

Igy $\Delta Q = \frac{\varkappa}{\varkappa - 1}\, .\, \Delta L'$ és $\Delta U = \frac{1}{\varkappa - 1}\Delta L'$, amiből $\Delta Q = \varkappa \Delta U$.

417. ΔQ = 1940 cal; ΔU = 1386 cal, $\Delta L'$ = 554 cal.

418. 720 ℓ óránként.

419. P_2 = 50 atm; L' = $-8,31.10^4$ mkp

420. p_2 = 2,8 atm Q = -42 kcal

421. A térfogat: V = 1,18 ℓ .

422. A hőmérséklet: $T_2 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{\varkappa-1}{\varkappa}} = 10^{\frac{2}{7}} \cdot 300 = 580K^o$

A térfogat: $v_2 = 0,17\ m^3$

A munka: $L' = m \frac{c_v}{M} (T_2 - T_1) = 2 \cdot 10^4$ mkp

423. A véghőmérséklet a $L' = m\, c_v\, (T_2 - T_1) = \frac{m}{M} C_v (T_2 - T_1)$-ből

$$T_2 = 500K^o.$$

424. Ha a kezdeti hőmérséklet T_1, a végső hőmérséklet T_2 az adiabatikus folyamatnál, ugy a belső energia változása $\Delta U_{ad} = m\, c_v\, (T_2 - T_1)$. De ugyanilyen hőmérsékleti határok közt történik az izochor hőközlés is, ahol a közölt hő a belsőenergiát növeli. Itt $\Delta Q = \Delta U = m\, c_v\, (T_1 - T_2) = -\Delta U_{ad}$.

A T_2 hőmérséklet $T_1 v_1^{\varkappa-1} = T_2 v_2^{\varkappa-1}$-ből: $T_2 = 120\ K^o$.

Igy az izochor szakaszon közölt hő: $\Delta Q = -\Delta U_{ad} = 900$ cal.

425. a) Izoterm összenyomásnál $p_2 = 5$ atm; $T_2 = 273\ K^o$,

$$L' = -1140 \text{ joule}$$

b) Adiabatikus összenyomásnál: $p_2 = 9,5$ atm; $T_2 = 520\ K^o$;

$$L' = -1590 \text{ joule.}$$

426. Az izotermikus munka: $L'_{iz} = p_1 v_1 \ln \frac{v_2}{v_1}$

Az adiabatikus munka: $L'_{ad} = \frac{p_1 v_1^{\varkappa}}{\varkappa - 1} \left[1 - \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{\varkappa - 1}\right]$

A kettő aránya: $$\frac{L'_{iz}}{L'_{ad}} = \frac{(\varkappa - 1)\ln\frac{v_2}{v_1}}{1 - \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{\varkappa - 1}}$$

A feladatban szereplő értékeket behelyettesitve:

$$\frac{L'_{iz}}{L'_{ad}} = 0,71,$$ vagyis az izometrikus összenyomás a gazdaságosabb.

427. A két munka abszolut értékeinek különbsége 2940 mkp.

428. $Q = 1940$ cal, $\Delta U = 1386$ cal, $L' = 554$ cal.

429. 1. Az I. szakaszon a betáplált hőmennyiség az első főtétel értelmében teljes egészében a rendszer belsőenergiájának növelésére forditódik.
A II. szakasz izoterm állapotváltozás, tehát a rendszer belsőenergiája a (2) és (3) állapotban megegyezik. Ebből viszont az következik, hogy a III. szakaszon a belsőenergia változása számértékét tekintve megegyezik az I. állapotváltozás során bekövetkező belsőenergia változással (előjelben különböznek)

$$U_I = c_v m (T_2 - T_1) = -\Delta U_{III}$$

Mivel

$$T_2 = \frac{MP_2V_1}{mR} = 365,85\,K^o,$$

$$\Delta U_{III} = -94,81\text{cal}.$$

2. A II. izoterm szakaszon végzett munkát a

$$L' = \frac{m}{M} RT \ln\frac{P_2}{P_1}$$

kifejezés adja $L' = 177,29$ joule.

3. $Q_{III} = mc_p \Delta T = \frac{\varkappa}{\varkappa - 1} R \frac{m}{M} \Delta T = -\ 132,74$ cal

430. $L'_I = 182,92$ mkp, $L'_{III} = -\ 454,52$ mkp

431. a) A V_3 térfogatot az adiabatára fennálló $TV^{\varkappa - 1} =$ áll. összefüggésből számithatjuk. Ehhez azonban ismerni kell a T_2 hőmérsékletet és a V_2 térfogatot. Mindkettő könnyen meghatározható.
Végül

$$V_3 = V_2 \left(\frac{T_2}{T_3}\right)^{\frac{1}{\varkappa - 1}} = 425,5\,\ell.$$

b) A rendszer által végzett teljes térfogati munkát az izobár és az adiabatikus szakaszokon végzett munkák összege adja. Az izobár szakaszon

$$L'_{izb} = p_1 (V_2 - V_1) = 825,88 \text{ mkp},$$

az adiabatikus szakaszon

$$L'_{ad} = \frac{p_1 V_2 (T_2 - T_3)}{(\varkappa - 1) T_2} = 2066 \text{ mkp}.$$

Innen

$$L' = L'_{izb} + L'_{ad} = 2891,88 \text{ mkp}.$$

432. A hatásfok:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = \frac{T_1 - T_2}{T_1}$$

Ebből a bevezetett hőmennyiség:

$$Q_1 = Q_2 \frac{T_1}{T_2} = Q_2 \cdot \frac{723}{273} \text{ kcal/ó}.$$

Az eltávozó hőmennyiség: $Q_2 = 80 \cdot 1000 = 8 \cdot 10^4 \frac{\text{kcal}}{\text{ó}}$