



MŰSZAKI HŐTAN

MFEGT6401

TANTÁRGYI KOMMUNIKÁCIÓS DOSSZIÉ

Miskolci Egyetem
Műszaki Föld- és Környezettudományi Kar
Bányászat és Energia Intézet

Miskolc, 2025. február 3.

Érvényes: visszavonásig

A tantárgy adatlapja

| | |
|---|--|
| Tantárgy neve: Műszaki hőtan Tárgyjegyző: Dr. Virág Zoltán | Tantárgy kódja: MFEGT6401 Tárgyfelelős tanszék/intézet: Geotechnikai Berendezések Intézeti Tanszék |
| Javasolt félév: 6. | Előfeltételek: Matematika II. (GEMAN 6218B) |
| Óraszám/hét (ea+gyak): 2 + 2 | Számonkérés módja (a/gy/v): a + v |
| Kreditpont: 4 | Tagozat: nappali |

Tantárgy feladata és célja:

Elméleti energetikai alapok nyújtása a mérnöki gyakorlat számára, amelyek az energiagazdálkodást is megalapozzák.

Fejlesztendő kompetenciák:**tudás:**

- Áttekintően ismeri a nyersanyag-kitermelő ágazat felépítését, az ásványi nyersanyagok és felszín alatti vízkészlet megkutatására, kitermelésére és előkészítésére alkalmazott munkafolyamatokat, ezek sorrendiségét, a szakterületet érintő alapvető tervezési elveket és módszereket.
- Ismeri a földtani közeget felépítő egységeket, ezeket rendszerbe tudja foglalni.
- Ismeri a főbb földtani és nyersanyagképződési folyamatokat, átlátja ezek ok-okozati sorrendiségét.
- Ismeri a térinformatikai adatkezelés módszereit és a geoinformatikai rendszerek alapjait.
- Ismeri a nyersanyagkutatás, -kitermelés és -feldolgozás során alkalmazott technológiákat és azok technikai eszközeit, az eszközök működési elveit, szerkezeti egységeit.
- Ismeri a földtani közeg vizsgálatához alkalmazott mérési eljárásokat, azok eszközeit, műszereit, mérőberendezéseit.
- Ismeri szakterületén az üzemi mérési és szabályozó módszereket.
- Ismeri a terepi, bányászati munkához kapcsolódó munka- és tűzvédelmi, biztonságtechnikai területek elvárásait, követelményeit, a környezetvédelem vonatkozó előírásait.
- Ismeri a műszaki földtudományi szakterülethez szervesen kapcsolódó menedzsment, környezetvédelmi, minőségbiztosítási, információtechnológiai, jogi, közgazdasági, szociológiai szakterületek alapjait, azok határait és követelményeit.
- Ismeri a szakterület tanulási, ismeretszerzési, adatgyűjtési módszereit, azok etikai korlátait és problémamegoldó technikáit.

képesség:

- Képes a műszaki földtudományi szakterület legfontosabb műszaki elméleteit, módszertani ismereteit az adott specializációhoz tartozó szakmai feladatok végrehajtásakor alkalmazni.
- Képes rendszerbe foglalva értelmezni a földtudományi szakterülethez kapcsolódóan megszerzett természettudományi elveket, összefüggéseket, ismeretanyagot.
- Képes a műszaki földtudományi szakterület adott specializációjának alapvető tervezési elveit, eljárásait rutinszerűen alkalmazni.
- Képes rutinszerű térinformatikai feladatok megoldására, geoinformatikai adatok rendszerbe illesztésére és kezelésére.
- Képes a műszaki földtudományi szakterület adott specializációjához köthető rutinfeladatok megoldási módját felismerni, valamint megtervezni a probléma megoldhatóságát a rendelkezésre álló eszközökkel.
- Képes a műszaki földtudományi szakterület adott specializációjához köthető egyszerű méréseket önállóan elvégezni.
- Képes a szakterületéhez kapcsolódóan műszaki folyamatokat szervezni és működtetni.
- Irányítás mellett képes érdemi mérnöki közreműködésre összetett tervezési munkákban, a műszaki földtudományi feladatok megoldásában.
- Képes a munkavédelmi és biztonságtechnikai feladatok megoldására.
- Képes feladatvégzése során a kapcsolódó szakterületekkel együttműködni.
- Képes szakterületének megfelelően, szakmailag adekvát módon, szóban és írásban kommunikálni anyanyelvén, és az adott szakterület egy élő idegen nyelvén.
- Képes a duális képzés során a gyakorlati képzőhelyen csoportban történő munkavégzésre, felelősségvállalásra, rutinszerű adatgyűjtési és üzemeltetési feladatok önálló elvégzésére.

attitűd:

- Törekszik a műszaki földtudományi szakterületen alkalmazott legjobb gyakorlatok, új szakmai ismeretek, módszerek megismerésére.
- Törekszik kreatív megoldások megtalálására feladatának megoldása során.
- Motivált a gyakran változó munka-, földrajzi és kulturális körülmények közötti tevékenységek végzésére.
- Betartja és betartatja a szakterületéhez kapcsolódó munka- és tűzvédelmi, valamint biztonságtechnikai követelményeket, felismeri a kockázatokat és a havária helyzeteket.
- Betartja a munkavégzés és munkavállalás jogi szabályrendszerét, törekszik annak időszzerű ismeretére.

- Törekszik arra, hogy feladatainak megoldása, döntései a munkatársak véleményének megismerésével, együttműködésben történjen meg.
- Komplex megközelítést kívánó, illetve váratlan döntési helyzetekben is törekszik a jogszabályok és etikai normák teljes körű figyelembevételével meghozni döntését.

autonómia és felelősség:

- Munkáját a fenntartható természeti erőforrás gazdálkodás elveinek tiszteletben tartásával végzi.
- Önálló véleménnyel rendelkezik a földtudományi szakterület adott specializációját érintő szakmai kérdésekről.
- Felelősséget vállal a szakvéleményében közölt megállapításokért és szakmai döntéseiért, az általa, illetve irányítása alatt végzett munkafolyamatokért.
- Képesítésének megfelelően képes az önálló munkavégzésre, és beosztottak irányítására.

Tantárgy tematikus leírása:

A termodinamikai rendszerfogalma, a gázok termikus és kalorikus állapot jelzői.
Gázkeverékek. Ideális gázok általános gáztörvénye, Boyle-Mariotte, Gay-Lussac törvények.
A belső energia fogalma és számítása, a térfogatváltozási munka. Állapotváltozások.
A termodinamika I. főtétele nyitott rendszerre. A technikai munka értelmezése és számítása. Az I. főtétel alkalmazása a termodinamikai erő- és munkagépek számítására.
A termodinamikai körfolyamatok elmélete és számítása, a termikus hatásfok. A termodinamika II. főtétele. A Carnot-, Ottó-, Diesel, Joule-körfolyamatok ismertetése és számítása.
A vízgőz fejlesztés termodinamikája, a vízgőz-és hűtő körfolyamatok. A hőszivattyúk működése. Diesel motorok felépítése, működése.
A Fourier féle differenciálegyenlet alkalmazása síkfalra és vastagfalú csövekre. Hőcserélő készülékek.

Félévközi számonkérés módja: A tantárgy előadási és gyakorlati óráinak rendszeres látogatása számára mértékadó a tanulmányi és vizsgaszabályzat. A félév során 1 db zárthelyi megírására kerül sor. Ez a gyakorlatokon bemutatott számpéldákhoz hasonló, rövid számítási feladatokból és az előadási órákon elhangzó elméleti anyagra vonatkozó kérdésekből tevődik össze.

Az aláírás megszerzéséhez a zárthelyi legalább elégséges szintű megírása szükséges.

A tárgyból megszerezhető gyakorlati jegyet a zárthelyi eredménye adja.

Értékelés:

> 85%: jeles;
75 – 84%: jó;
63 – 74%: közepes;
50 – 62%: elégséges;
< 50%: elégtelen

Kötelező és javasolt irodalom jegyzéke:

Kötelező:

Dr. Bobok Elemér–Dr. Nánási Tibor: Műszaki hőtan, Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988
Morvai Tibor–Dr. Nánási Tibor: Műszaki hőtan példatár I. Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1979
Gordon J. Van Wylen, Richard E. Sonntag: Fundamentals of Classical Thermodynamics (John Wiley & Sons), 1978

Javasolt:

Nagy Elemér: Hőtan, Bp, Felsőoktatási jegyzetellátó Váll., 1956
Vida György: Műszaki hőtan, Bp. TKK, 2006, j 14-1518
Karaffa Ferenc: Műszaki hőtan Példatár, Miskolc, MEK, 2000
Beke János: Műszaki Hőtan mérnököknek, Bp., Mezőgazd. Szakt. K., 2000, ISBN 9633563178
J.P. Holman: Thermodynamics (McGraw-Hill Companies), 1980
R.E. Sonntag and G.J. Van Wylen: Introduction to Thermodynamics, Classical and Statistical (John Wiley & Sons), 1991
P. K. Nag: Engineering Thermodynamics (Tata McGraw-Hill Education), 2005
Y.A. Cengel and M.A. Boles: Thermodynamics, an Engineering Approach (McGraw Hill), 2006

1. TANTÁRGYTEMATIKA

| Hét | Előadás |
|-----|--|
| 7. | A termodinamikai rendszerfogalma, a gázok termikus és kalorikus állapot jelzői. |
| 8. | Gázkeverékek. Ideális gázok általános gáztörvénye, Boyle-Mariotte, Gay-Lussac törvények. |
| 9. | Állapotváltozások I. Izobar, izoterm, izochor. |
| 10. | Állapotváltozások II. Adiabetikus, politrópikus. |
| 11. | A belső energia fogalma és számítása, a térfogatváltozási munka. |
| 12. | A termodinamika I. főtétele nyitott rendszerre. A technikai munka értelmezése és számítása. |
| 13. | Az I. főtétel alkalmazása a termodinamikai erő- és munkagépek számítására. |
| 14. | A termodinamikai körfolyamatok elmélete és számítása, a termikus hatásfok. |
| 15. | A termodinamika II. főtétele. |
| 16. | A Carnot-, Ottó-, Diesel, Joule-körfolyamatok ismertetése és számítása. A vízgőz fejlesztés termodinamikája, a vízgőz-és hűtő körfolyamatok. |
| 17. | Szünet |
| 18. | Szünet |
| 19. | Hővezetés alkalmazása síkfalra és vastagfalú csövekre. Hőcserélő készülékek. |
| 20. | Zárthelyi |
| 21. | Pótzárthelyi |

| Hét | Gyakorlat |
|-----|--|
| 7. | Feladatok a gázok termikus és kalorikus állapot jelzőire. |
| 8. | Feladatok gázkeverékekre. |
| 9. | Feladatok állapotváltozásokra I. Izobar, izoterm, izochor. |
| 10. | Feladatok állapotváltozásokra II. Adiabetikus, politrópikus. |
| 11. | Feladatok belső energiára, térfogatváltozási munkára. |
| 12. | Feladatok a termodinamika I. főtételére nyitott rendszerre. |
| 13. | Feladatok a technikai munka számítására. |
| 14. | A termodinamikai körfolyamatok számítása, a termikus hatásfok. |
| 15. | Feladatok a termodinamika II. főtételére. |
| 16. | Feladatok a vízgőz fejlesztés termodinamikájára. |
| 17. | Szünet |
| 18. | Szünet |
| 19. | Feladatok hővezetésre síkfalra és vastagfalú csövekre. |
| 20. | Feladatok ismétlése zárthelyire |
| 21. | Zárthelyi és Pótzárthelyi konzultáció |

2. MINTAZÁRTHELYI

Hőtan zh

Dátum:

Név, Neptun kód:

Tankör:.....

1. Feladat (5p)

Politrópikus expanzió során 1 kg levegő nyomása $p_1 = 4,5 \text{ bar}$ -ról, $p_2 = 1 \text{ bar}$ értékre csökken. Az állapotváltozás kitevője $n = 1,18$. A hőmérséklet a kezdeti állapotban $t_1 = 19 \text{ °C}$.

Kiszámítandók a termodinamikai állapotjelzők a kezdeti – és végállapotban, a kalorikus állapotjelzők változása, a közölt hő, az állapotváltozás munkája és termékeny hatásfoka. A levegő gázállandója $R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$, fajhője $c_v = 1,005 \text{ kJ/kg}$.

2. Feladat (8p)

Határozza meg gőztáblázat segítségével a $t_s = 100 \text{ °C}$ hőmérsékletű nedves gőz fajtérfogatát, belső energiáját és entrópiáját $x_1 = 0,3$; $x_2 = 0,5$; $x_3 = 0,7$; $x_4 = 0,9$ fajlagos gőztartalom értékeknél.

Adatok a gőztáblázatból:

$t = 100 \text{ °C}$; $p = 0,10132 \text{ MPa}$; $v' = 0,0010437 \text{ m}^3/\text{kg}$; $v'' = 1,6739 \text{ m}^3/\text{kg}$;

$i' = 419,06 \text{ kJ/kg}$; $i'' = 2676,3 \text{ kJ/kg}$; $r = 2257,3 \text{ kJ/kg}$; $s' = 1,3069 \text{ kJ/kgK}$;

$s'' = 7,3564 \text{ kJ/kgK}$;

3. Feladat (4p)

Egy kemencefal egyik oldalán áramló közeg fő tömegének hőmérséklete 1280 °C . A kemencét körülvevő közeg fő tömegének hőmérséklete 20 °C . A hőszállítási tényező $\alpha_2 = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$. A kemence fala háromrétegű. Az egyes rétegek vastagsága és hővezetési tényezője: $\delta_1 = 1200 \text{ mm}$, $\lambda_1 = 1,15 \text{ W/mK}$, $\delta_2 = 1060 \text{ mm}$, $\lambda_2 = 0,6 \text{ W/mK}$, $\delta_3 = 1100 \text{ mm}$, $\lambda_3 = 0,8 \text{ W/mK}$. Számítsa ki a hőátvezetési tényezőt, a kemencefal 1 m^2 – re 1 óra alatt átadott fajlagos hőmennyiséget, valamint a fal belső és külső felületének, továbbá a falon belüli elválasztó síkok hőmérsékletét.

4. Feladat (5p)

Egy $p_1 = 2 \text{ MPa}$ nyomású és $t = 58 \text{ °C}$ hőmérsékletű levegő izotermikusan eredeti térfogatának háromszorosára terjed ki. Kiszámítandók a levegő termodinamikai állapotjelzői a kezdeti - és végállapotban, továbbá a közölt hő, az állapotváltozás munkája és a technikai munka.

A levegő gázállandója $R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$, fajhője $c_p = 1,005 \text{ kJ/kgK}$.

5. Feladat (2p)

Mit fejez ki Boyle-Mariotte törvénye?

6. Feladat (3p)

Mi az állandó nyomáson és térfogaton mért fajhők közötti lényeges különbség?

7. Feladat (2p)

Hogyan határozható meg a moláris gázállandó segítségével egy-egy gáz egyedi gázállandója?

8. Feladat (4p)

Írja fel a termodinamika első főtételét, a függvényben szereplő változók értelmezésével.

Értékelés:

> 85%: jeles;

75 – 84%: jó;

63 – 74%: közepes;

50 – 62%: elégséges;

< 50%: elégtelen

3. A MINTAZÁRTHELYI MEGOLDÁSA

Hőtan zh

1. Feladat (5p)

Politrópikus expanzió során 1 kg levegő nyomása $p_1 = 4,5 \text{ bar}$ -ról, $p_2 = 1 \text{ bar}$ értékre csökken. Az állapotváltozás kitevője $n = 1,18$. A hőmérséklet a kezdeti állapotban $t_1 = 19 \text{ °C}$.

Kiszámítandók a termodinamikai állapotjelzők a kezdeti – és végállapotban, a kalorikus állapotjelzők változása, a közölt hő, az állapotváltozás munkája és termékeny hatásfoka. A levegő gázállandója $R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$, fajhője $c_v = 1,005 \text{ kJ/kg}$.

Megoldás:

Kezdeti állapot:

$$v_1 \cdot p_1 = R \cdot T_1 \Rightarrow v_1 = \frac{R \cdot T_1}{p_1} = \frac{0,287 \cdot 292}{450} = 0,18623 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Végállapot:

$$T_2 \cdot p_1^{\frac{n-1}{n}} = T_1 \cdot p_2^{\frac{n-1}{n}} \Rightarrow T_2 = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} \cdot T_1 = \left(\frac{100}{450}\right)^{\frac{0,18}{1,18}} \cdot 292 = 232,13481 \text{ K}$$

$$p_2 \cdot v_2^n = p_1 \cdot v_1^n \Rightarrow v_2 = \frac{p_1 \cdot v_1^n}{p_2} = \frac{450 \cdot 0,18623^n}{100} = 0,6192616 \text{ m}^3/\text{kg}$$

A kalorikus állapotjelzők változása, a közölt hő, az állapotváltozás munkája.

$$c_v = c_p - R = 1,005 - 0,287 = 0,718 \text{ kJ/kgK}$$

$$q_{1,2} = c_v \cdot (T_2 - T_1) = c_v \cdot \frac{n - \kappa}{n - 1} \cdot (T_2 - T_1) = 0,718 \cdot \frac{1,18 - 1,4}{1,18 - 1} \cdot (232,13481 - 292) = 52,535033 \text{ kJ/kg}$$

$$w = \frac{R}{n - 1} \cdot (T_1 - T_2) = \frac{0,287}{0,18} \cdot (292 - 232,13481) = 95,451725 \text{ kJ/kg}$$

$$w_i = n \cdot w = 1,18 \cdot 95,451725 = 112,633 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta s = c_v \cdot \frac{n - \kappa}{n - 1} \cdot \ln \frac{T_2}{T_1} = 0,718 \cdot \frac{1,18 - 1,4}{1,18 - 1} \cdot \ln \frac{232,13481}{292} = 0,20134243 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta u = c_v \cdot (T_2 - T_1) = 0,718 \cdot (232,13481 - 292) = -42,9832 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta i = c_p \cdot (T_2 - T_1) = 1,005 \cdot (232,13481 - 292) = -60,16452 \text{ kJ/kg}$$

2. Feladat (8p)

Határozza meg gőztáblázat segítségével a $t_s = 100 \text{ °C}$ hőmérsékletű nedves gőz fajtérfogatát, belső energiáját és entrópiáját $x_1 = 0,3$; $x_2 = 0,5$; $x_3 = 0,7$; $x_4 = 0,9$ fajlagos gőztartalom értékeknél.

Adatok a gőztáblázatból:

$$t = 100 \text{ °C}; p = 0,10132 \text{ MPa}; v' = 0,0010437 \text{ m}^3/\text{kg}; v'' = 1,6739 \text{ m}^3/\text{kg};$$

$$i' = 419,06 \text{ kJ/kg}; i'' = 2676,3 \text{ kJ/kg}; r = 2257,3 \text{ kJ/kg}; s' = 1,3069 \text{ kJ/kgK};$$

$$s'' = 7,3564 \text{ kJ/kgK};$$

Megoldás:

Fajtérfogatok:

1.) $x_1 = 0,3$ érték esetén

$$v_1 = v' \cdot (1 - x) + v'' \cdot x = 0,0010437 \cdot (1 - 0,3) + 1,6739 \cdot 0,3 = 0,50290059 \text{ m}^3/\text{kg}$$

2.) $x_2 = 0,5$ érték esetén

$$v_2 = v' \cdot (1 - x) + v'' \cdot x = 0,0010437 \cdot (1 - 0,5) + 1,6739 \cdot 0,5 = 0,83747185 \text{ m}^3/\text{kg}$$

3.) $x_3 = 0,7$ érték esetén

$$v_3 = v' \cdot (1 - x) + v'' \cdot x = 0,0010437 \cdot (1 - 0,7) + 1,6739 \cdot 0,7 = 1,17204311 \text{ m}^3/\text{kg}$$

4.) $x_4 = 0,9$ érték esetén

$$v_4 = v' \cdot (1 - x) + v'' \cdot x = 0,0010437 \cdot (1 - 0,9) + 1,6739 \cdot 0,9 = 1,50661437 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Entalpia értékek:

1.) $x_1 = 0,3$ érték esetén

$$i_1 = i' \cdot (1 - x) + i'' \cdot x = i' + x \cdot (i'' - i') = i' + x \cdot r = 419,06 + 0,3 \cdot 2257,3 = 1096,25 \text{ kJ/kg}$$

2.) $x_2 = 0,5$ érték esetén

$$i_2 = i' \cdot (1 - x) + i'' \cdot x = i' + x \cdot (i'' - i') = i' + x \cdot r = 419,06 + 0,5 \cdot 2257,3 = 1547,71 \text{ kJ/kg}$$

3.) $x_3 = 0,7$ érték esetén

$$i_3 = i' \cdot (1 - x) + i'' \cdot x = i' + x \cdot (i'' - i') = i' + x \cdot r = 419,06 + 0,7 \cdot 2257,3 = 1999,17 \text{ kJ/kg}$$

4.) $x_4 = 0,9$ érték esetén

$$i_4 = i' \cdot (1 - x) + i'' \cdot x = i' + x \cdot (i'' - i') = i' + x \cdot r = 419,06 + 0,9 \cdot 2257,3 = 2450,63 \text{ kJ/kg}$$

Entrópia értékek:

1.) $x_1 = 0,3$ érték esetén

$$s_1 = (1 - x) \cdot s' + x \cdot s'' = (1 - 0,3) \cdot 1,3069 + 0,3 \cdot 7,3564 = 3,12175 \text{ kJ/kgK}$$

2.) $x_2 = 0,5$ érték esetén

$$s_2 = (1 - x) \cdot s' + x \cdot s'' = (1 - 0,5) \cdot 1,3069 + 0,5 \cdot 7,3564 = 4,33165 \text{ kJ/kgK}$$

3.) $x_3 = 0,7$ érték esetén

$$s_3 = (1 - x) \cdot s' + x \cdot s'' = (1 - 0,7) \cdot 1,3069 + 0,7 \cdot 7,3564 = 5,54155 \text{ kJ/kgK}$$

4.) $x_4 = 0,9$ érték esetén

$$s_4 = (1 - x) \cdot s' + x \cdot s'' = (1 - 0,9) \cdot 1,3069 + 0,9 \cdot 7,3564 = 6,75145 \text{ kJ/kgK}$$

Belső energia:

$$i = u + p \cdot v \Rightarrow u = i - p \cdot v$$

1.) $x_1 = 0,3$ érték esetén

$$u_1 = i_1 - p \cdot v_1 = 1096,25 - 101,32 \cdot 0,5029059 = 1045,296112 \text{ kJ/kg}$$

2.) $x_2 = 0,5$ érték esetén

$$u_2 = i_2 - p \cdot v_2 = 1547,71 - 101,32 \cdot 0,83747185 = 1462,857352 \text{ kJ/kg}$$

3.) $x_3 = 0,7$ érték esetén

$$u_3 = i_3 - p \cdot v_3 = 1999,17 - 101,32 \cdot 1,17204311 = 1880,418592 \text{ kJ/kg}$$

4.) $x_4 = 0,9$ érték esetén

$$u_4 = i_4 - p \cdot v_4 = 2450,63 - 101,32 \cdot 1,50661437 = 2297,979832 \text{ kJ/kg}$$

3. Feladat (4p)

Egy kemencefal egyik oldalán áramló közeg fő tömegének hőmérséklete 1280°C . A kemencét körülvevő közeg fő tömegének hőmérséklete 20°C . A hőszállítási tényező $\alpha_2 = 20 \text{ W/m}^2\text{K}$. A kemence fala háromrétegű. Az egyes rétegek vastagsága és hővezetési tényezője: $\delta_1 = 1200 \text{ mm}$, $\lambda_1 = 1,15 \text{ W/mK}$, $\delta_2 = 1060 \text{ mm}$, $\lambda_2 = 0,6 \text{ W/mK}$, $\delta_3 = 1100 \text{ mm}$, $\lambda_3 = 0,8 \text{ W/mK}$. Számítsa ki a hőátvezetési tényezőt, a kemencefal 1 m^2 - re 1 óra alatt átadott fajlagos hőmennyiséget, valamint a fal belső és külső felületének, továbbá a falon belüli elválasztó síkok hőmérsékletét.

Megoldás:

$$\kappa = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}} = \frac{1}{\frac{1}{20} + \frac{1,2}{1,15} + \frac{1,06}{0,6} + \frac{1,1}{0,8}} = 0,236119428$$

$$Q = \kappa \cdot A \cdot \tau \cdot (t_1 - t_2) = 0,236119428 \cdot 1 \cdot 1 \cdot (1280 - 20) = 297,5104799 \text{ kJ/h}$$

$$t_{f1} = t_1 - \frac{Q}{\alpha_2} = 1280 - \frac{297,5104799}{20} = 1265,124476^\circ\text{C}$$

$$t_{f2} = t_{f1} - \frac{Q}{\frac{\lambda_1}{\delta_1}} = 1265,124476 - \frac{297,5104799}{\frac{1,15}{1,2}} = 954,6787578^\circ\text{C}$$

$$t_{f3} = t_{f2} - \frac{Q}{\frac{\lambda_2}{\delta_2}} = 954,6787578 - \frac{297,5104799}{\frac{0,6}{1,06}} = 429,0769099^\circ\text{C}$$

$$t_{f4} = t_{f3} - \frac{Q}{\frac{\lambda_3}{\delta_3}} = 429,0769099 - \frac{297,5104799}{\frac{0,8}{1,1}} = 20^\circ\text{C}$$

4. Feladat (5p)

Egy $p_1 = 2 \text{ MPa}$ nyomású és $t = 58^\circ\text{C}$ hőmérsékletű levegő izotermikusan eredeti térfogatának háromszorosára terjed ki. Kiszámítandók a levegő termodinamikai állapotjelzői a kezdeti - és végállapotban, továbbá a közölt hő, az állapotváltozás munkája és a technikai munka.

A levegő gázállandója $R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$, fajhője $c_p = 1,005 \text{ kJ/kgK}$.

Megoldás:

Kiindulási állapot:

$$p_1 \cdot v_1 = R \cdot T \Rightarrow v_1 = \frac{R \cdot T_1}{p_1} = \frac{0,287 \cdot 331}{2000} = 0,0474985 \text{ m}^3/\text{kg}$$

Végállapot:

$$v_2 = 3 \cdot v_1 = 3 \cdot 0,0474985 = 0,1424955 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$p_1 \cdot v_1 = p_2 \cdot v_2 \Rightarrow p_2 = \frac{p_1 \cdot v_1}{v_2} = \frac{2000 \cdot 0,0474985}{0,1424955} = 666,666 \text{ kPa}$$

$$q = R \cdot T \cdot \ln \frac{v_2}{v_1} = 0,287 \cdot 331 \cdot \ln \frac{0,1424955}{0,0474985} = 104,365 \text{ kJ/kg}$$

$$w_i = w = q = 104,365 \text{ kJ/kg}$$

$$\Delta s = R \cdot \ln \frac{v_2}{v_1} = 0,287 \cdot \ln \frac{0,1424955}{0,0474985} = 0,315302 \text{ kJ/kgK}$$

5. Feladat (2p)

Mit fejez ki Boyle-Mariotte törvénye?

Megoldás:

Ha a gázt állandó hőmérsékleten összenyomjuk, sűrítjük, vagy kitágul, a gáz izotermikus állapotváltozáson megy keresztül. Állandó hőmérsékleten végbemenő változás során az "m" tömegű gáz különböző állapotokban elfoglalt V_i térfogatai p_i nyomásaikkal fordítottan arányosak:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{p_2}{p_1}$$

Az előző összefüggést átrendezve kapjuk:

$$p_1 V_1 = p_2 V_2 = \text{állandó}$$

A törvényszerűség szokásos írásmódja: $pV = \text{állandó}$

6. Feladat (3p)

Mi az állandó nyomáson és térfogaton mért fajhők közötti lényeges különbség?

Megoldás:

Egy gáznak kétféle fajhője adható meg:

- egyiket jelöljük „ c_v ”-vel; ez arra az esetre érvényes, amikor a gáz térfogata melegítés közben állandó marad,
- a másikat jelöljük „ c_p ”-vel; ez arra az esetre vonatkozik, amikor melegítés közben a gáz nyomása marad állandó.

A gáz kétféle fajhője között mindig a következő egyenlőtlenség áll fenn: $c_p > c_v$

Ha ugyanis a gázt állandó nyomáson melegítjük, akkor kiterjed, ezzel a külső nyomás ellen munkát végez és ezt a munkát is a gázzal közölt hőenergiának kell fedeznie. A hőenergiának egy része tehát, amely erre a munkavégzésre fogy el, nem idézhet elő hőmérsékletemelkedést.

Ebből következik, hogy állandó nyomás melletti melegítés esetében a közeggel több hőt kell közölni, mint állandó térfogat melletti melegítés esetén.

$c_p - c_v = R$, vagyis az állandó nyomáson és az állandó térfogaton mért fajhő közötti különbség éppen az „R” gázállandó. Mivel az állandó térfogaton történő hőközlési folyamatot izochornak, az állandó nyomáson történő hőközlési folyamatot pedig izobárnak nevezzük, ezért találkozunk izochor- és izobár-fajhő elnevezéssel is. Az izobár (c_p) és izochor fajhők (c_v) közötti összefüggést Mayer egyenletének is nevezik.

7. Feladat (2p)

Hogyan határozható meg a moláris gázállandó segítségével egy-egy gáz egyedi gázállandója?

Megoldás:

A gázok egyedi gázállandó egyenlő az univerzális gázállandó és a moláris tömeg hányadosával:

$$R = \frac{8314,37}{M} \left[\frac{J}{kgK} \right]$$

8. Feladat (4p)

Írja fel a termodinamika első főtételét, a függvényben szereplő változók értelmezésével.

Megoldás:

A termodinamika első főtétele „m” tömegű gázra:

$$dQ = dU + dW,$$

illetve 1kg gázra: $dq = du + dw$.

A fenti kifejezésekben a betűk jelentése:

- Q, ill. q az „m” tömegű gázzal, ill. az 1 kg gázzal közölt hőmennyiség;
- U, ill. u az „m” tömegű gáz, ill. az 1 kg tömegű gáz belső energiája;
- W, ill. w az „m” tömegű gáz, ill. az 1 kg tömegű gáz térfogat-változási munkája.

Értékelés:

> 85%: jeles;

75 – 84%: jó;

63 – 74%: közepes;

50 – 62%: elégséges;

< 50%: elégtelen

4. EGYÉB KÖVETELMÉNYEK

A zárthelyi dolgozat írása közben a mobiltelefon használata tilos!

Miskolc, 2025. február 3.