



# TERMODINAMIKA

MFEGT710001L

Bánya- és Geotechnikai mérnöki MSc mesterszak  
2023/24. I. félév

TANTÁRGYI KOMMUNIKÁCIÓS DOSSZIÉ

**Miskolci Egyetem**  
**Műszaki Földtudományi Kar**  
**Bányászati és Geotechnikai Intézet**

## **A tantárgy adatlapja**

<b>Tantárgy neve:</b> Termodinamika <b>Angolul:</b> Thermodynamics <b>Tárgyfelelős:</b> Dr. Virág Zoltán	<b>Tantárgy kódja:</b> MFEGT710001L <b>Tárgyfelelős tanszék/intézet:</b> Geotechnikai Berendezések Intézeti Tanszék
<b>Javasolt félév:</b> 1.	<b>Előfeltételek:</b> nincs
<b>Óraszám/félév (ea+gyak):</b> 8ea+4gy	<b>Számonkérés módja (a/gy/v):</b> aláírás, vizsga
<b>Kreditpont:</b> 3	<b>Tagozat:</b> levelez

**Tantárgy feladata és célja:**

Elméleti energetikai alapok nyújtása a szaktárgyak elsajátításához.

**Fejlesztendő kompetenciák:****tudás:****képesség:**

- Képes a tanulmányai során megszerzett ismereteit alkalmazva az energetikában, az épít anyag iparban és a szilikátiparban mérnöki feladatokat végezni.

**attitűd:**

- Képes önm velésre, önfejlesztésre, az egyéni tudás, ismeret b vítésére, elmélyítésére, szakmájában továbbképzni magát.
- A min ségi munkára irányuló elkötelezettség és igény jellemzi.
- Kreatív, intuitív, rugalmas és módszeres.

**autonómia és felelősség:**

- Önállóan képes szakmája mérnöki feladatainak megoldására, de képes az együttm ködésre, a csoportmunkában való részvételre, és kell gyakorlat után vezet i feladatok ellátására.
- Kezdeményez szerepet vállal a bányászat m szakai problémáinak felismerésében, feladatainak megfogalmazásában és megoldásában.
- Szakmai véleményét a bányászatban rendszeresen jelentkez , hol el re látható, hol el re nem látható döntési helyzetekben kész és képes kifejezésre juttatni, képviselni.
- Vállalja a felel sséget a hatáskörébe rendelt, az irányítása alatt zajló folyamatokért a bányászat, a geotechnika és az ásványel készítés bármely területén.

**Tantárgy tematikus leírása:**

Termodinamikai rendszer fogalma, a gázok termikus és kalorikus állapotjelz i.

Ideális gázok általános gáztörvénye, Boyle-Mariotte, Gay-Lussac törvények.

A bels energia fogalma és számítása, a térfogatváltozási munka.

Energiaközlési lehet ség zárt t.d.r. esetén, a h definíciója, a termodinamika I. f tétele. Állapotváltozások. Entalpia. Entrópia.

A technikai munka értelmezése és számítása.

Az I. f tétel alkalmazása a termodinamikai (er - és munkagépek) számítására.

A termodinamikai körfolyamatok elmélete és számítása, a termikus hatásfok.

A termodinamika II. f tétele.

A Carnot-, Otto-, Diesel, Joule- körfolyamatok ismertetése és számítása.

A vízg zfejllesztés termodinamikája, vízg z körfolyamatok.

H t gépek. H szivattyú.

Nedves leveg .

H vezetés.

**Félévközi számonkérés módja:** A tantárgy el adási 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 el adási órákon elhangzó elméleti anyagra vonatkozó kérdésekb l tev dik össze.

*Az aláírás megszerzéséhez és a vizsgára jelentkezéshez a zárthelyi legalább elégséges szintű megírása szükséges.*

*A tárgyból megszerezhető jegyet a vizsga jegye 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: M szaki h tan, Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó, Budapest, 1988

Morvai Tibor–Dr. Nánási Tibor: M szaki h tan 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: H tan, Bp, Fels oktatási jegyzetellátó Váll., 1956

Vida György: M szaki h tan, Bp. TKK, 2006, j 14-1518

Karaffa Ferenc: M szaki h tan Példatár, Miskolc, MEK, 2000

Beke János: M szaki H tan mérnököknek, Bp., Mez gazd. 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
1. konzultációs hét	A termodinamikai rendszerfogalma, a gázok termikus és kalorikus állapotjelzői. Gázkeverékek. Ideális gázok általános gáztörvénye, Boyle-Mariotte, Gay-Lussac törvények. Állapotváltozások I. Izobar, izoterm, izochor. Állapotváltozások II. Adiabetikus, politrópikus.
2. konzultációs hét	A belső energia fogalma és számítása, a térfogatváltozási munka. A termodinamika I. f. tétele nyitott rendszerre. A technikai munka értelmezése és számítása. Az I. f. tétel alkalmazása a termodinamikai erő- és munkagépek számítására. A termodinamikai körfolyamatok elmélete és számítása, a termikus hatásfok.
3. konzultációs hét	A termodinamika II. f. tétele. A Carnot-, Ottó-, Diesel, Joule-körfolyamatok ismertetése és számítása. A vízgőz fejlesztés termodinamikája, a vízgőz- és hűtőkörfolyamatok. H-vezetés alkalmazása síkfalra és vastagfalú csövekre. H-cserélő készülékek.

Hét	Gyakorlat
1. konzultációs hét	Feladatok a gázok termikus és kalorikus állapotjelzőire. Feladatok gázkeverékekre. Feladatok állapotváltozásokra I. Izobar, izoterm, izochor. Feladatok állapotváltozásokra II. Adiabetikus, politrópikus.
2. konzultációs hét	Feladatok belső energiára, térfogatváltozási munkára. Feladatok a termodinamika I. f. tételére nyitott rendszerre. Feladatok a technikai munka számítására. A termodinamikai körfolyamatok számítása, a termikus hatásfok.
3. konzultációs hét	Feladatok a termodinamika II. f. tételére. A Carnot-, Ottó-, Diesel, Joule-körfolyamatok számítása. Feladatok a vízgőz fejlesztés termodinamikájára. Feladatok h-vezetésre síkfalra és vastagfalú csövekre. Zárthelyi.

## 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 állapotjelző változása, a közölt hő, az állapotváltozás munkája és termékeny hatásfoka. A levegő gázállandója  $R = 0,287 \text{ kJ/kgK}$ , fajhője  $c_v = 1,005 \text{ kJ/kgK}$ .

#### 2. Feladat (8p)

Határozza meg a 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 hőmérséklete  $1280 \text{ °C}$ . A kemencét körülvevő közeg hőmérséklete  $20 \text{ °C}$ . 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  $1 \text{ m}^2$ -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)

Politrópus 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 a gőz táblázat segítségével a  $t_s = 100 \text{ °C}$  hőmérsékletű nedves gőz fajtérfogatóját, belső energiáját és entrópiáját  $x_1 = 0,3$ ;  $x_2 = 0,5$ ;  $x_3 = 0,7$ ;  $x_4 = 0,9$  fajlagos gőz tartalom értékeknél.

Adatok a gőz táblázatból:

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

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



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

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  $t_1$  hőmérsékletű, a másik oldalán áramló közeg  $t_2$  hőmérsékletű. A hőátviteli 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 hőátviteli tényezőt, a kemencefal  $1 \text{ m}^2$ -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, sítjuk, 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 egyenlőség 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 el hőmérsékletemelkedést.

Ebből következik, hogy állandó nyomás melletti melegítés esetében a közeggel több hő 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 nevezük, 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 hő mennyiség;
- 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. VIZSGAKÉRDÉSEK**

1. A termodinamikai rendszerfogalma, a gázok termikus és kalorikus állapotjelzői.
2. Gázkeverékek. Ideális gázok általános gáztörvénye, Boyle-Mariotte, Gay-Lussac törvények.
3. Állapotváltozások I. Izobar, izoterm, izochor.
4. Állapotváltozások II. Adiabatikus, politrópikus.
5. A belső energia fogalma és számítása, a térfogatváltozási munka.
6. A termodinamika I. f. tétele nyitott rendszerre. A technikai munka értelmezése és számítása.
7. Az I. f. tétel alkalmazása a termodinamikai erők- és munkagépek számítására.
8. A termodinamikai körfolyamatok elmélete és számítása, a termikus hatásfok.
9. A termodinamika II. f. tétele.
10. A Carnot-, Ottó-, Diesel, Joule-körfolyamatok ismertetése és számítása.
11. A vízgőz fejlesztés termodinamikája, a vízgőz- és hűtőkörfolyamatok.
12. Hővezetés alkalmazása síkfalra és vastagfalú csövekre. Hőcserélőkészülékek.

### **Értékelés:**

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

## **5. EGYÉB KÖVETELMÉNYEK**

A zárthelyi dolgozat írása és a vizsga közben a mobiltelefon használata tilos!

Miskolc, 2023. szeptember 3.