

7. tétel: A termodinamika főtételei

- A belső energia, a hőmennyiség, a térfogati munka fogalma.
- Az I. főtétel és alkalmazásai hőtani folyamatokban.
- A II. főtétel, mint a spontán folyamatok irányának meghatározása.
- A II. főtétel, a hőerőgépek hatásfoka.
- Perpetuum mobile.
- Egyszerű termodinamikai gépek.

A belső energia a testeket alkotó részecskék hőmozgásából, és a közöttük lévő molekuláris kölcsönhatásokból származó energia. Ha a test hőmérséklete nem nulla Kelvin, akkor rendelkezik belső energiával. A termikus kölcsönhatás során a hidegebb test felmelegszik, és a belső energiája nő, míg a melegebb lehűl, és a belső energiája csökken. Egy test belső energiáját hőcserével, vagy mechanikai úton lehet megváltoztatni.

A hőtan első főtétele

A belső energiára is igaz az energia-megmaradás törvénye, ezért:

A testek belső energiájának megváltozása egyenlő a testtel közölt hő, és a testen végzett mechanikai munka előjeles összegével. Ez a hőtan első főtétele.

$$\Delta E_{belső} = Q + W$$

Me.: J

Ahol a **Q a hőmennyiség**: két test között közvetlenül átadott energia mennyisége. Mivel energia, ezért mértékegysége joule [J].

Ha egy rendszerben – amelyben p nyomás uralkodik – bármilyen halmazállapotú anyagnak megnő a térfogata, a nyomás ellenében munkát kell végeznie, vagy ha csökken a térfogata, akkor a külső nyomás végez rajta munkát. Ezt a munkát nevezzük **térfogati munkának**. A belső energia általában térfogati munkává alakul át, ilyet látunk például az autók motorjainak hengereiben.

Az első főtételből következik, hogy nem létezik elsőfajú perpetuum mobile, amely munkát végezne anélkül, hogy belső energiája ne csökkenne, vagy ne kellene külső utánpótlást (pl. hőközléssel) biztosítani.

Mivel a gázok részecskéi között nincsenek tartós kölcsönhatások, ezért belső energiájuk teljes egészében a részecskék mozgási energiájának összegeként értelmezhető.

A mozgási energia a részecskék között - a rendezetlen mozgás, és az ütközések miatt - egyenletesen oszlik el. Ez az **ekvipartíció tétele**. Ezt a tételt először Boltzman fogalmazta meg, a kinetikus gázmodell statisztikus megalapozásakor.

A részecskék átlagos mozgási energiája:

$$\varepsilon = \frac{3}{2} * k * T$$

A részecskék átlagos forgási energiája:

$$\varepsilon = \frac{1}{2} * \text{forgástengelyek száma} * k * T$$

A részecskék átlagos teljes energiája:

$$\varepsilon = \frac{f}{2} * k * T$$

ahol f a részecskék szabadsági foka, k pedig a Boltzmann-állandó.

Ebből adódóan:

$$E_{belső} = n * \frac{f}{2} * k * T = \frac{f}{2} * p * V$$

Az első főtételt az ideális gázokra alkalmazva:

$$\Delta E_{belső} = Q - p * \Delta V$$

A hőtán második főtétele

A természetben lezajló folyamatok lehetnek reverzibilisek (visszafordíthatók) vagy irreverzibilisek (visszafordíthatatlanok).

A termikus kölcsönhatások során létrejött valóságos folyamatok mindig irreverzibilisek (visszafordíthatatlanok). Ez a hőtán második főtétele. (*Kelvin*)

A termikus energia hő alakjában a hidegebb testről a melegebb testre nem mehet át önként. (*Clausius*)

Nincs olyan periodikusan működő hőerőgép, ami hőt von el, és azt teljes mértékben mechanikai munkává alakítja. Tehát nem készíthető másodfajú perpetuum mobile (másodfajú örökmozgó). (*Max Planck*)

A harmadik megfogalmazást könnyen beláthatjuk, hisz a hőmozgás rendezetlenségének mindig nőnie kell. A részecskék a folyamat során egyre rendezetlenebbül helyezkednek el. Visszafele nem játszódhat le olyan folyamat, ahol a rend önmagától, külső beavatkozás nélkül visszaállna. A rendezettségre bevezethetjük az **entrópia** fogalmát. Jele: S .

$$S = \frac{\Delta Q}{T}$$

Az entrópia tehát mindig növekszik a folyamat során, azaz az egyensúlyi állapotban lesz maximális (entrópiamaximum elve). Ez a spontán, valóságos folyamatokra igaz. Az idealizált, reverzibilis folyamatok entrópiája állandó marad.

Szintén a harmadikból következik, hogy a hőerőgépek hatásfoka nem érheti el a 100%-ot (az 1-et). Körfolyamatoknál (hőerőgépek):

$$\eta = \frac{\Sigma W}{\Sigma Q_{befektetett}}$$

A második főtételből adódóan:

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

A hőtan harmadik főtétele:

Az abszolút zérus pont (0 Kelvin) nem érhető el.

A hőerőgépek fajtái:

Hőerőgépek használatakor hő befektetésével mechanikai munkát végzünk.

Természetesen van némi hőveszteség is, ezért a hatásfok nem érheti el a 100%-ot, teljesül a második főtétel.

A hőerőgépeknek két nagy csoportja létezik: a gőzgépek és a gázgépek. Ezek hatásfoka és működése is eltérő.

$$\eta = \frac{W_{hasznos}}{W_{összes}}$$

A gőzgépeken belül léteznek a dugattyús és a gőzturbinás gépek. A dugattyús gőzgépben egy kazánban

A gőzturbina hatásfoka már jobb (kb. 20%), mivel az energiát egyből forgómozgássá alakítja. A forró gőz egy turbinakereket mozgat, így egyenletesebb a munkavégzés, viszont csak egy irányba tud mozogni. Az atomerőművekben is ezt alkalmazzák, mivel egyenletes teljesítménnyel kell meghajtani.

A gázgépek közé tartoznak a belső égésű motorok, a gázturbinák, a gázsugár-motorok és a rakétahajtóművek.

Legelterjedtebb fajtája a négyütemű Otto-motor, melyet az autókban is alkalmaznak. A négy ütem a következő:

1. Szívás: gázkeverék jut az égéstérbe a szívó-szelepen keresztül
2. Sűrítés: a gázkeverék összenyomódik
3. Munka: benzinmotoroknál szikra, Diesel motoroknál a sűrítés által létrejött nyomás és a magas hőmérséklet okoz robbanást, ez mozgatja a dugattyút
4. Kipufogás: az égéstermék távozik a kipufogó szelepen keresztül

A négy ütem alatt a főtengely két teljes fordulatot tesz meg. Mivel csak az egyik ütemben van munkavégzés, ezért az egyenletes munkavégzés érdekében 4, 8, 12 hengeres motorokat alkalmaznak, ahol a munkaütemek egymás után jönnek. A benzinmotorok hatásfoka kb. 25-30%, míg a Diesel-motoroké 35-45%.

A kétütemű motorban a szelepek szerepét a dugattyú veszi át. Így tehát az ütemek a következők:

1. Szívás, sűrítés: a forgattyúházba a porlasztón keresztül gázkeverék jut, ugyanekkor az égéstérben sűrítődik a gázkeverék.
2. Munka, kipufogás: a robbanás hatására a dugattyú lenyomódik, ami egyben a

forgattyúházban lévő gázkeveréket az égéstérbe pumpálja, ezzel együtt az égéstermék a kipufogó nyíláson keresztül távozik az égéstérből.

A gázturbinás motorok működési elve hasonlít a gőzturbinához, csak itt nem gőz, hanem levegő és porlasztott üzemanyag hajtja a turbinát.

A gázsugaras és rakéta-meghajtású gépek is gázturbinás motort tartalmaznak, viszont az energia kis részét használják csak a turbina meghajtására. A nagy része gázsugár-fúvókán keresztül közvetlenül áramlik ki, és ezzel tolóerőt hoz létre. Az égéshez szükséges oxigént is magával kell vinnie a járműnek, így légritka térben is tud közlekedni.