

HŐTAN - VIZSGA-ÖSSZEFOGLALÓ ÉS MINTAPÉLDÁK

1. A HŐTAN ALAPGONDOLATA

A hőtánban mindig azt kérdezd először: mi változik? Hőmérséklet, térfogat, nyomás, halmazállapot vagy energia? Ez dönti el, melyik képlet kell.

$Q = mc\Delta T$	Hőmennyiség melegítéskor/hűtéskor, ha nincs halmazállapot-változás.
$Q = mL$	Olvadás, fagyás, párolgás vagy lecsapódás közben.
$\Delta U = Q - W$	I. főtétele, ha W a gáz által végzett munka. A gáz hőt kap $\rightarrow Q$ pozitív; túlgulva munkát végez $\rightarrow W$ pozitív.
$W = p\Delta V$	Állandó nyomású térfogati munka.
$P = E/t$	Teljesítmény: milyen gyorsan adunk át energiát.
$\eta = E_{\text{hasznos}}/E_{\text{bevit}}$	Hatásfok, 0...1 vagy százalék.

ENERGIA VAGY TELJESÍTMÉNY?

Energia [J, Wh, kWh]: mennyi összesen? Például mennyi energia kell 50 liter víz felmelegítéséhez.

Teljesítmény [W, kW]: milyen gyorsan? Például egy 2 kW-os vízforraló mennyi idő alatt adja le az energiát.

Kapcsolat: $E = Pt$. Ezért $2 \text{ kW} \times 0,5 \text{ h} = 1 \text{ kWh}$.

$W \neq Wh$! W watt = teljesítmény. Wh wattóra = energia. 1000 W-os készülék 1 órán át $\rightarrow 1000 \text{ Wh} = 1 \text{ kWh}$.

2. HŐMÉRSÉKLET: KELVIN VAGY CELSIUS?

Abszolút hőmérsékletet tartalmazó gázképletekben mindig Kelvin kell.

Ilyen: $pV=nRT$, $pV/T=\text{állandó}$, $p_1V_1/T_1=p_2V_2/T_2$, valamint az NkT -t tartalmazó képletek.

$T[\text{K}] = t[^\circ\text{C}] + 273,15$ Celsius $\rightarrow$ Kelvin.

$t[^\circ\text{C}] = T[\text{K}] - 273,15$ Kelvin $\rightarrow$ Celsius.

A hőmérséklet-különbségnél viszont $1 \text{ K} = 1 \text{ }^\circ\text{C}$ nagyságú változás. Ezért $Q=mc\Delta T$ -ben $\Delta T=20 \text{ K}$ ugyanaz a különbség, mint $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

NAGY VIZSGAHIBA

Ha $20 \text{ }^\circ\text{C}$ -ot 20 K -ként teszel a pV/T képletbe, az eredmény több mint tízszeresen elcsúszhat.

$20 \text{ }^\circ\text{C} = 293,15 \text{ K}$. Gáztörvénynél nem a Celsius-skála nullpontja számít, hanem az abszolút hőmérséklet.

3. IDEÁLIS GÁZ - MIT JELENT A pV/T ?

$pV = nRT$ Ideális gáz állapotegyenlete.

$pV/T = nR = \text{állandó}$ Csak akkor állandó, ha ugyanannyi gáz van a zárt rendszerben.

$p_1V_1/T_1 = p_2V_2/T_2$ Ugyanazon gáz két állapotának összehasonlítása.

p = nyomás [Pa], V = térfogat [m^3], T = abszolút hőmérséklet [K], n = anyagmennyiség [mol], $R = 8,314 \text{ J}/(\text{mol}\cdot\text{K})$.

N = részecskeszám, k = Boltzmann-állandó $= 1,380649 \times 10^{-23} \text{ J/K}$. Mivel $N \cdot k = n \cdot R$, ezért $pV = NkT$ is.

$U = 3/2 NkT$ Egyatomos ideális gáz belső energiája.

$U = 3/2 nRT$ Ugyanez mólszámmal. Egyatomos ideális gázra.

Fontos: az $U=3/2 NkT$ nem minden gázra általános. Többatomos gázoknál a szabadsági fokok miatt más lehet a tényező.

HŐTAN - VIZSGA-ÖSSZEFOGLALÓ ÉS MINTAPÉLDÁK

4. SPECIÁLIS GÁZFOLYAMATOK

Izokor - állandó térfogat

V = állandó. Merev, zárt tartály jó példa. Mivel $\Delta V=0$, a gáz nem végez térfogati munkát: $W=0$. Az I. főtételből $\Delta U=Q$.

p/T = állandó	Állandó V és anyagmennyiség mellett.
Melegítéskor T nő $\rightarrow p$ nő. Kelvinben számolj.	

Izobár - állandó nyomás

p = állandó. Példa: könnyen mozgó dugattyú. Melegítéskor a gáz tágulhat és munkát végez.

V/T = állandó	Állandó p és anyagmennyiség mellett.
$W = p(V_2-V_1)$	A gáz térfogati munkája.

Izoterm - állandó hőmérséklet

T = állandó. Ideális gáznál a belső energia csak T -től függ, ezért $\Delta U=0$. Így az I. főtétel szerint a felvett hő munkává alakul: $Q=W$.

pV = állandó	Boyle-Mariotte-törvény.
----------------------------------	-------------------------

Adiabatikus - nincs hőcsere

$Q=0$. Nem azt jelenti, hogy a hőmérséklet állandó! Gyors összenyomáskor a gáz melegszik, gyors tágulásnál hűl, mert a munkavégzés a belső energiát változtatja.

pV^κ = állandó	Reverzibilis adiabatikus folyamat ideális gáznál; $\kappa=c_p/c_v$.
---	---

$TV^{\kappa-1}$ = állandó	Másik hasznos adiabatikus összefüggés.
---	--

GYORS DÖNTÉSI FA
Merev tartály? $\rightarrow V$ állandó $\rightarrow$ izokor.
Dugattyú állandó külső terheléssel? $\rightarrow$ gyakran p állandó $\rightarrow$ izobár.
Nagy hőtartállyal lassan tartott azonos T ? $\rightarrow$ izoterm.
Nagyon gyors vagy jól hőszigetelt folyamat? $\rightarrow$ közel adiabatikus.

5. HŰTŐSZEKRÉNY / HŐSZIVATTYÚ KÖRFOLYAMAT

A hűtő nem hideget gyárt: hőt szállít a hidegebb belső térből a melegebb szobába. Ehhez a kompresszor villamos munkája kell.

- Elpárologtató: a hűtőközeg alacsony nyomáson elpárolog, és Q_{hideg} hőt vesz fel a hűtőtérből.
- Kompresszor: villamos munkát kap; a gőz nyomása és hőmérséklete megnő.
- Kondenzátor: a meleg hűtőközeg a szoba felé Q_{meleg} hőt ad le, közben lecsapódik.
- Fojtószelep: leesik a nyomás és a hőmérséklet; a közeg visszatér az elpárologtatóhoz.

$Q_{\text{meleg}} = Q_{\text{hideg}} + W$	Energiamegmaradás a teljes körfolyamatra.
$\text{COP}_{\text{hűtő}} = Q_{\text{hideg}}/W$	Hűtőgép jósági tényezője.
$\text{COP}_{\text{fűtés}} = Q_{\text{meleg}}/W$	Hőszivattyú fűtési COP-ja.

Ezért meleg a hűtő hátulja: nemcsak a belülről kivont hőt adja le, hanem a kompresszor villamos energiája is végül hővé válik.

6. FAJHŐ ÉS HALMAZÁLLAPOT

$Q = mc\Delta T$	Ha az anyag csak melegszik vagy hűl.
$c_{\text{víz}} \approx 4180 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$	A víz nagy fajhőjű.
$c_{\text{vas}} \approx 450 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}$	A vas sokkal kevesebb hőt igényel ugyanahhoz a ΔT -hez.
$Q = mL$	Fázisváltás közben.
$L_{\text{olv,víz}} \approx 334 \text{ kJ/kg}$	Jég olvadáshője.
$L_{\text{pár,víz}} \approx 2257 \text{ kJ/kg}$	Víz párolgáshője 100 °C körül.
Ha például -10 °C-os jeget 20 °C-os vízzé alakítasz, három külön energiatagot kell összeadni: jég melegítése + olvasztás + víz melegítése.	

HŐTAN - VIZSGA-ÖSSZEFOGLALÓ ÉS MINTAPÉLDÁK

7. MINTAPÉLDÁK - EZEKEN ÉRTHETŐ MEG

1. példa - vízmelegítés: energia, majd idő

Feladat: 50 kg vizet 20 °C-ról 60 °C-ra melegítünk. Mennyi energia kell, és mennyi idő 2 kW-os fűtővel?

$\Delta T = 40 \text{ K}$. $Q = mc\Delta T = 50 \times 4180 \times 40 = 8\,360\,000 \text{ J} = 8,36 \text{ MJ} = 2,32 \text{ kWh}$.

$t = E/P = 2,32 \text{ kWh} / 2 \text{ kW} = 1,16 \text{ h} \approx 70 \text{ perc}$. Ez ideális, veszteség nélküli eset.

Tanulság: először energia kell, aztán a teljesítményből lesz idő.

2. példa - merev gáztartály

Feladat: egy zárt, merev tartályban a gáz 20 °C-ról 80 °C-ra melegszik. Kezdetben $p_1 = 1,00 \text{ bar}$. Mennyi p_2 ?

V állandó $\rightarrow p/T$ állandó. $T_1 = 293,15 \text{ K}$, $T_2 = 353,15 \text{ K}$.

$p_2 = p_1 \cdot T_2/T_1 = 1,00 \times 353,15/293,15 = 1,205 \text{ bar}$.

Tanulság: ha 20 és 80 Celsius-fokkal osztanánk, 4 bar jönne ki - teljesen hibás.

3. példa - izoterm összenyomás

Feladat: 2,0 L gáz 1,0 bar nyomáson, állandó hőmérsékleten 0,50 L-re csökken. Mi lesz a nyomás?

T állandó $\rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_2$. $p_2 = 1,0 \times 2,0/0,50 = 4,0 \text{ bar}$.

Tanulság: negyed térfogat $\rightarrow$ négyszeres nyomás, ha T valóban állandó.

4. példa - jégből víz

Feladat: 1 kg 0 °C-os jeget megolvasztunk, majd a vizet 20 °C-ra melegítjük.

Olvasztás: $Q_1 = mL = 1 \times 334 = 334 \text{ kJ}$.

Melegítés: $Q_2 = mc\Delta T = 1 \times 4,18 \times 20 = 83,6 \text{ kJ}$.

Összesen: $417,6 \text{ kJ} \approx 0,116 \text{ kWh}$.

Tanulság: olvadás közben a hőmérséklet nem nő, mégis sok energia kell.

5. példa - hőszivattyú / klíma

Feladat: egy lakásnak 12 kWh hő kell egy napon. A klíma COP-ja az adott körülmények között 4. Mennyi villamos energia kell?

$\text{COP} = Q_{\text{meleg}}/W \rightarrow W = 12/4 = 3 \text{ kWh}$ villamos energia.

A kültérből felvett hő: $Q_{\text{hideg}} = Q_{\text{meleg}} - W = 12 - 3 = 9 \text{ kWh}$.

Tanulság: a 12 kWh hő nem 12 kWh villanyból származik; a gép környezeti hőt is átszállít.

6. példa - teljesítmény és Wh

Feladat: egy 1500 W-os hőszugárzó 40 percig működik. Mennyi energiát fogyaszt?

$40 \text{ perc} = 2/3 \text{ h}$. $E = Pt = 1,5 \text{ kW} \times 2/3 \text{ h} = 1,0 \text{ kWh} = 3,6 \text{ MJ}$.

Tanulság: 1500 W teljesítmény, nem energia. Az energia csak az idővel együtt adódik.

HŐTAN - VIZSGA-ÖSSZEFOGLALÓ ÉS MINTAPÉLDÁK

8. MIKOR MELYIK KÉPLET?

Mit ad meg a feladat?	Mit keress?	Első képlet
m, c, kezdő- és véghőmérséklet	melegítés energiája	$Q=mc\Delta T$
m és olvadás/párolgás	fázisváltási energia	$Q=mL$
P és idő	energia	$E=Pt$
energia és idő	teljesítmény	$P=E/t$
gáz két állapota	p, V vagy T	$p_1V_1/T_1=p_2V_2/T_2$
V állandó	p vagy T	$p_1/T_1=p_2/T_2$
p állandó	V vagy T	$V_1/T_1=V_2/T_2$
T állandó	p vagy V	$p_1V_1=p_2V_2$
hatásfok	hasznos/bevitt energia	$\eta=E_{\text{haszn}}/E_{\text{bevitt}}$
COP/SCOP	villamos energia	$E_{\text{vill}}=Q_{\text{hő}}/\text{COP}$

9. MÉRTÉKEGYSÉGEK - VIZSGÁN EZEKET ELLENŐRIZD

1 kWh = 3,6 MJ	Energia.
1 Wh = 3600 J	Energia.
1 W = 1 J/s	Teljesítmény.
1 kW = 1000 W	Teljesítmény.
1 bar = 10⁵ Pa	Nyomás.
1 L = 10⁻³ m³	Térfogat.

Dimenzióellenőrzés: ha energiát kérnek, a végeredmény J, kJ, MJ, Wh vagy kWh legyen. Ha teljesítményt kérnek, W vagy kW. Ha időt, s, min vagy h.

10. VIZSGATIPPEK

10 GYORS TIPP
1. Húzd alá, hogy energiát, teljesítményt, időt, nyomást vagy hőmérsékletet kérnek.
2. Gáztörvényben a Celsius-fokot mindig váltsd Kelvinre.
3. $Q=mc\Delta T$ esetén a hőmérséklet-különbség számszerűen lehet °C vagy K.
4. Nézd meg, van-e halmazállapot-változás. Ha igen, $Q=mL$ is kell.
5. W és Wh nem ugyanaz: W teljesítmény, Wh energia.
6. $kW \times h = kWh$. $kWh/kW = h$. Ezekből gyorsan ellenőrizheted a képletet.
7. Gázfolyamatnál először azonosítsd: V, p vagy T állandó-e; esetleg adiabatikus-e.
8. Adiabatikus nem egyenlő izotermmel: $Q=0$, de T változhat.
9. Hatásfoknál a bevitt energia mindig nagyobb vagy egyenlő a hasznosnál. Hőszivattyú COP-ja viszont lehet 3-5 vagy még nagyobb, mert hőt szállít.
10. Írd ki az egységeket minden sorban. Sok számolási hibát azonnal észre lehet venni.

11. MINI ÖSSZEFOGLALÓ

Melegítés: $Q=mc\Delta T$. Fázisváltás: $Q=mL$. Teljesítmény: $P=E/t$. Gáz: $pV=nRT$ és $p_1V_1/T_1=p_2V_2/T_2$. I. főtétel: $\Delta U=Q-W$. Hűtő: $Q_{\text{meleg}}=Q_{\text{hideg}}+W$. Hatásfok: $\eta=\text{hasznos/bevitt}$. Gázképletben T Kelvin!