

Szabó László

## Hőközlés



A követelménymodul megnevezése:

Kőolaj- és vegyipari géprendszer üzemeltetője és vegyipari technikus feladatok

A követelménymodul száma: 2047-06 A tartalomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-028-50



## HŐTANI ALAPFOGALMAK, FAJLAGOS HŐTARTALOM

### ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

A vegyipari műveletek és technológiák nagyon sok hőközlési feladat megoldását igénylik. A vegyipari technikus alapvető feladatai közé tartozik a hőközlési feladatok megoldása. A feladatok megoldásához ismernie kell a vegyipari berendezésekben zajló hőtani folyamatokat.

A hőközlési feladatok megvalósítása során segítenie kell munkatársait a berendezések kezelésében, üzemeltetésében. A berendezések gazdaságos üzemeltetéshez ismerni kell a hőközlés alapvető törvényeit, megvalósulásának folyamatát:

- a hőközlés, hőátvitel alapfeltételét,
- a hőtani alapfogalmakat,
- a fajlagos hőtartalom fogalmát, kiszámítási módját.

Tanulmányai során fizikában, kémiában találkozott már hőtani fogalmakkal, hőtani törvényekkel.

Gyűjtse össze az eddig megismert hőtani alapfogalmakat! Írja le az alábbi kérdésekre a válaszokat!

1. Mit nevezünk hőmérsékletnek? Mi a hőmérséklet mértékegysége?
2. Mi a hő mértékegysége?
3. Mit nevezünk fajhőnek? Mi a fajhő mértékegysége?

1.

2.

3.

### Megoldás

1. A testek hőállapotát a hőmérséklettel jellemezzük. A hőmérséklet mértékegysége a K (kelvin), illetve a °C (celziusz).
2. A hő mértékegysége a J (joule, ejtsd: dzsul), kJ (ejtsd: kilodzsul)
3. Fajhő az anyagi minőségre jellemző állandó. Nagysága azt a hőt adja meg, amely 1 kg anyag hőmérsékletét 1 K-nel emeli.<sup>1</sup>

## SZAKMAI INFORMÁCIÓK

### 1. A hőközlés alapfeltétele, hőtani alapfogalmak

A vegyipari technológiáknál a kémiai reakciók sebessége nagymértékben függ a hőmérséklettől, egyes technológiai folyamatokban a reakciók meggyorsítása a cél, ilyenkor fűtést alkalmazunk; máskor a túl gyors reakciót hűtéssel kell lefékezni. Az első esetben a reakcióban részt vevő anyagokkal tehát hőt közlünk, a második esetben hőt vonunk el. Mindkét esetben hőátvitel történik: hő áramlik a nagyobb hőmérsékletű helyről a kisebb hőmérsékletű helyre.

---

<sup>1</sup> Balogh Lászlóné dr. Fizika I. Mechanika, hőtan, Szakközépiskolásoknak, Műszaki Kiadó, Budapest, 2006.

## A hőközlés alapfeltétele

A hőközlés, hőátvitel alapfeltétele:

a **hőmérséklet-különbség**, hő áramlik a **nagyobb** hőmérsékletű helyről a **kisebb** hőmérsékletű helyre.

*A hő mindig a nagyobb hőmérsékletű helyről a kisebb hőmérsékletű hely irányába áramlik, ellenkező irányú hőáramlás nem valósul meg. A fűtés és hűtés azonos hőközlési folyamat. Az elnevezés a technológiai célkitűzéstől függ. Fűtésről beszélünk, ha a technológiai anyagunkat egy nagyobb hőmérsékletű közeggel melegítjük, hűtésről, ha a technológiai anyagunkat egy kisebb hőmérsékletű közeggel hűtjük. A hőközlés azonban mindkét esetben azonos irányú, a nagyobb hőmérsékletű anyagból a kisebb hőmérsékletű anyag felé áramlik a hő.*

## A hő fogalma, nagyságát befolyásoló paraméterek

A hő az energia egyik megjelenési formája. Ha egy anyagot melegítünk, hőt vesz fel, ha hűtünk, hőt ad le.

Melegítéskor a felvett hő függ a hő leadó és hő felvevő anyag hőmérsékletének különbségétől, az anyag tömegétől és az anyagra jellemző hőtani tulajdonságtól, a fajhőtől.

Melegítés esetén a **felvett hő**:

$$Q = c \cdot m \cdot \Delta t = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1),$$

ahol: Q a felvett hő, c az átlagos fajhő, m a tömeg,  $t_2$  a hő leadó anyag hőmérséklete, a nagyobb hőmérséklet,  $t_1$  a hőt felvevő anyag hőmérséklete, a kisebb hőmérséklet,  $\Delta t$  a hőmérséklet-különbség. A hő (energia) mértékegysége: J (joule, ejtsd: dzsul).

A J egység ezerszerese a kJ (ejtsd:kilodzsul).

Ha áramló folyadékot melegítünk, például egy hőcserélőn átáramló folyadékot melegítünk, az anyagmennyiséget időegységre, tömegáramra kell vonatkoztatni. Ebben az esetben a hőáram is időegységre számított érték

Tömegáram esetén az **időegység alatt felvett hő** számítása:

$$\dot{Q} = c \cdot \dot{m} \cdot \Delta t = c \cdot \dot{m} \cdot (t_2 - t_1)$$

ahol:  $\dot{Q}$  az időegység alatt felvett hő, c az átlagos fajhő, m a tömegáram,  $t_2$  a hő leadó anyag hőmérséklete, a nagyobb hőmérséklet,  $t_1$  a hőt felvevő anyag hőmérséklete, a kisebb hőmérséklet,  $\Delta t$  a hőmérséklet-különbség; az időegység alatt felvett hő mértékegysége: (J/s), W.

### A hőmérséklet mértékegységei

A hőmérséklet mértékegysége a K, a kelvin. A gyakorlatban a celsius (celziusz) fok egységet használjuk, ennek jele: °C. A K és a C fok-ban megadott egység nagysága egyforma, ezért amikor hőmérséklet különbségeket kell számolnunk, °C-ban szoktunk számolni.

### A fajhő fogalma

Az anyagok hőfelvétele és hőleadása függ az anyagok hőtani tulajdonságától, a fajhőtől.

A **fajhő** az a hő, amely egységnyi tömegű anyag 1 fokkal történő felmelegítéséhez szükséges.

A fajhő mértékegysége: J/(kg·°C), használjuk még a kJ/(kg·°C) egységet is.

A víz átlagos fajhője: 4,186 kJ/(kg·°C), de számítások esetén kerekítve 4,2 kJ/(kg·°C)-vel is számolhatunk.

A víz fajhője kismértékben függ a hőmérséklettől, de a gyakorlatban a fenti értékkel lehet a számításokat elvégezni.

## 2. A fajlagos hőtartalom

A műszaki gyakorlatban egységnyi tömegű anyagra vonatkoztatjuk a hőtani adatokat. Az egységnyi anyagra vonatkoztatott hő, a fajlagos hőtartalom. Nagyságát 0 °C-tól számoljuk.

A fajlagos hőtartalom az a hő, amely az egységnyi anyag 0 °C-ról az adott hőmérsékletre történő felmelegítéséhez szükséges.

A fajlagos hőtartalom számítása (folyadék felmelegítése esetén):

$$h = c \cdot t,$$

ahol: **h** a fajlagos hőtartalom, J/kg (kJ/kg); **c** a folyadék fajhője J/(kg·°C), vagy kJ/(kg·°C); **t** a hőmérséklet, °C.

Ha vizet melegítünk, a hőközlés hatására hőmérséklete nő. Egy adott hőmérsékleten a víz forrni kezd, ekkor a hőközlés hatására sem változik meg a hőmérséklete. Ez az ún. forráspont vagy forrpon. A forráspont függ a nyomástól, a nyomás emelkedésével nő a forráspont értéke.

A forrponi hőmérsékletű gőzt telített gőznek nevezzük.

*A víz minden hőmérsékleten párolog. Ez a párolgás a víz felszínéről következik be, a vízcsepkek kiszakadnak a folyadékból, és gőzzé alakulnak. Minél nagyobb a hőmérséklet, annál intenzívebb a párolgás. A forrponi hőmérsékleten a folyadék belsejében is megindul a gőzképződés. A gőzbuborékok a felszínre emelkednek. Ez a forrás jelensége.*

A forrponyi folyadék hőtartalma:

$$h' = c \cdot t_f$$

ahol:  $h'$  a forrponyi hőmérsékletű folyadék fajlagos hőtartalma, J/kg (kJ/kg);  $c$  a folyadék fajhője J/(kg·°C), vagy kJ/(kg·°C);  $t_f$  a forrponyi hőmérséklet, °C.

### A párolgáshő

A forrponyi folyadékkal közölt hő a folyadékot gőzzé alakítja. A rendszer hőmérséklete mindaddig nem változik, amíg a víz teljes mennyisége gőzzé nem alakul. Ilyenkor **telített gőz** keletkezik.

A gőzzé alakításhoz szükséges hő a **párolgáshő**. Ezt a hőt látens (nem érzékelhető) hőnek nevezzük, mert a hő hatása nem érzékelhető a hőmérsékletváltozással.

Párolgáshőnek nevezzük azt a hőt, amely egységnyi mennyiségű folyadék gőzzé való átalakításához szükséges.

A látens hő általános kifejezés. Forrás esetén nevezzük a látens hőt párolgáshőnek.

Ha a telített gőzt hűtjük, a gőz lecsapódik (lekondenzálódik) és folyadékká alakul. Ez a jelenség a forrás fordított folyamata, a kondenzáció. Ez is a forrponyon végbemenő folyamat, és mindaddig nem változik a gőz hőmérséklete, ameddig a teljes gőzmennyiség folyadékká nem alakul. Ilyenkor kondenzhőről beszélünk.

A kondenzációs folyamat hőleadással jár, a kondenzhő a környezetnek adódik át, felmelegíti a környezetet.

### A telített gőz hőtartalma

A telített gőz hőtartalma:

$$h'' = c \cdot t_f + \Delta h_r = h' + \Delta h_r$$

ahol:  $h''$  telített gőz fajlagos hőtartalma, J/kg (kJ/kg);  $c$  a folyadék fajhője J/(kg·°C), vagy kJ/(kg·°C);  $t_f$  a forrponyi hőmérséklet, °C;  $\Delta h_r$  a folyadék párolgáshője J/kg (kJ/kg).

A forrásponthoz hasonlóan a forrponyi folyadék, a telített gőz és a párolgáshő fajlagos értékei is a nyomás függvényében változnak. A gőz jellemző hőtani adatait: a forrponyi hőmérsékletű folyadék fajlagos hőtartalmát, a telített gőz fajlagos hőtartalmát és a párolgáshő értékeit hőtani táblázatokban találhatjuk meg. Az adatokat a nyomás vagy a forrásponyi hőmérséklet függvényében adják meg. Az ilyen táblázatok Mollier táblázatnak nevezzük.

A víz hőtani adatait az 1. melléklet tartalmazza.

**A túlhevített gőz**

A telített gőzt tovább melegítve, hőmérséklete ismét nő, túlhevített gőz jön létre. A túlhevített gőz hőtartalma:

$$h = c \cdot t_f + \Delta h_r + c_{pk} \cdot (t_t - t_f) = h'' + c_{pk} \cdot (t_t - t_f)$$

ahol: **h** a fajlagos hőtartalom, J/kg (kJ/kg); **h''** telített gőz fajlagos hőtartalma, J/kg (kJ/kg); **c** a folyadék fajhője J/(kg·°C), vagy kJ/(kg·°C); **Δh<sub>r</sub>** a folyadék párolgáshője J/kg (kJ/kg); **c<sub>pk</sub>** a túlhevített gőz közepes fajhője állandó nyomáson J/(kg·°C), vagy kJ/(kg·°C); **t<sub>t</sub>** a túlhevítési hőmérséklet, °C; **t<sub>f</sub>** a forrponi hőmérséklet, °C.

1. melléklet. A vízgőz adatai a nyomás függvényében

Nyomás p, bar	Forrponi hőmérséklet t, °C	Forrponi hőmérsékletű folyadék fajlagos hőtartalma h', kJ/kg	A telített gőz fajlagos hőtartalma h'', kJ/kg	Párolgáshő Δh <sub>r</sub> , kJ/kg
0,01	6,98	29,35	2513,4	2484,0
0,05	32,9	137,71	2560,7	2423,0
0,1	45,84	191,71	2583,9	2392,2
0,4	75,89	317,46	2635,7	2318,3
0,6	85,95	359,73	2652,2	2292,5
0,8	93,51	391,53	2664,3	2272,3
1,0	99,63	417,33	2673,8	2256,5
1,033	100	418,8	2675,2	2256,4
2,0	120,23	504,42	2704,6	2200,1
3,0	133,54	561,2	2723,2	2161,9
4,0	143,63	604,4	2736,5	2132,1
6,0	158,84	670,1	2755,2	2085,1
8,0	170,41	720,6	2768,0	2047,5
10,0	179,88	762,2	2777,5	2015,3
20,0	212,37	908,0	2800,6	1892,6
50,0	263,92	1153,8	2794,6	1640,8

100,0	310,96	1407,0	2725,6	1318,2
200,0	365,71	1826,7	2416,0	589,3
220,0	373,7	2009,7	2218,0	208
221,29	374,15	2099,7	2099,7	0

## TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Olvassa el figyelmesen az "1 A hőközlés alapfeltétele, hőtani alapfogalmak" és a "2. Fajlagos hőtartalom" című fejezeteket! Tanulja meg a bekeretezett, fontos fogalmakat!

Válaszoljon szóban az alábbi kérdésekre:

**Mi a feltétele a hőközlésnek?**

**Mit nevezünk fajhőnek? Mi a fajhő mértékegysége?**

**Mit nevezünk fajlagos hőtartalomnak?**

**Mit nevezünk telített gőznek?**

**Mit nevezünk párolgáshőnek, kondenzhőnek, látens hőnek?**

Tanulja meg, hogyan lehet kiszámolni:

- a melegítés esetén felvett hőt,
- az  $m$  tömegáramú folyadék melegítéséhez szükséges hőt;
- a  $t$  hőmérsékletű folyadék fajlagos folyadék hőtartalmát,
- a forrponi hőmérsékletű folyadék fajlagos hőtartalmát,
- a telített gőz hőtartalmát!

1. feladat

Töltse ki az alábbi táblázatot! Írja be az összefüggés mellé felhasználhatóságát, illetve a betűjel mellé a betűjel megnevezését és mértékegységét!

Összefüggés	Felhasználás	Mértékegység
$h' = c \cdot t_f$		
$Q = c \cdot m \cdot \Delta t = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1)$		



## HŐKÖZLÉS

$\Delta h_r = h'' - h'$		
$h = c \cdot t$		
$h'' = c \cdot t_f + \Delta h_r$		
$h = c \cdot t_f + \Delta h_r + c_{pk} \cdot (t_t - t_f)$		
$\dot{Q} = c \cdot \dot{m} \cdot \Delta t = c \cdot \dot{m} \cdot (t_2 - t_1)$		
<b>c</b>		
<b>h''</b>		
<b>h'</b>		
<b><math>\Delta h_r</math></b>		

### 2. feladat

Vizet melegítünk

a/ 0°C-ről 60 °C hőmérsékletre,

b/ 0°C-ről 100 °C hőmérsékletre (100 °C atmoszférikus nyomáson a forrponi hőmérséklet)

c/ a telített gőzállapot megvalósításáig.

Számítsa ki a fajlagos hőtartalom értékeit! A víz átlagos fajhője 4,2 kJ/(kg·°C), A víz párolgáshője atmoszférikus nyomáson 2256,4 kJ/kg.

Adatok:

Ha úgy érzi, **bizonytalan** a feladatok megoldásában, **tanulmányozza át még egyszer** a feladathoz tartozó fejezetet.

## Megoldások

### 1. feladat

Összefüggés	Felhasználás	Mértékegység
$h' = c \cdot t_f$	Forrpointi hőmérsékletű folyadék hőtartalmának számítása	J/kg
$Q = c \cdot m \cdot \Delta t = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1)$	m tömegű anyag felmelegítéséhez szükséges hő	J
$\Delta h_r = h'' - h'$	A párolgáshő számítása telített gőz és forrpointi folyadék hőtartalmának ismeretében	J/kg
$h = c \cdot t$	Fajlagos hőtartalom számítása	J/kg
$h'' = c \cdot t_f + \Delta h_r$	Telített gőz hőtartalmának számítása	J/kg
$h = c \cdot t_f + \Delta h_r + c_{pk} \cdot (t_i - t_f)$	Túlhevített gőz hőtartalmának számítása	J/kg
$\dot{Q} = \dot{c} \cdot \dot{m} \cdot \Delta t = \dot{c} \cdot \dot{m} \cdot (t_2 - t_1)$	Tömegáram esetén az időegység alatt felvett hő számítása	W
c	Fajhő	J/(kg·°C)
h''	Telített gőz fajlagos hőtartalma	J/kg
h'	Forrpointi hőmérsékletű folyadék fajlagos hőtartalma	J/kg
$\Delta h_r$	Párolgáshő (látens hő, kondenz hő)	J/kg

### 2. feladat

Adatok:

$$c = 4,2 \text{ kJ}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) = 4200 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}),$$

$$\Delta h_r = 2256,4 \text{ kJ}/\text{kg} = 2256400 \text{ J}/\text{kg}$$

$$t = 60 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$a/ \quad h = c \cdot t = 4200 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 60^\circ\text{C} = 252000 \text{ J}/\text{kg}$$

$$b/ \quad h' = c \cdot t = 4200 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 100^\circ\text{C} = 420000 \text{ J}/\text{kg}$$

$$c/ \quad h'' = c \cdot t_f + \Delta h_r = h' + \Delta h_r = 4200 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}) \cdot 100^\circ\text{C} + 2256400 \text{ J}/\text{kg} = 2676400 \text{ J}/\text{kg}$$

Megjegyzés: a gőztáblázatból látható, hogy a forrpointi hőmérsékletű folyadék fajlagos hőtartalma kisebb, mint a 420 000 J/kg. Ez azért fordulhat elő, mert a táblázat a pontos fajhő adattal került kiszámításra. A műszaki gyakorlatban viszont számolhatunk a közelítő adatokkal is.

**Következő lépésként** oldja meg az **Öellenőrző feladatokat!** Ha ezeket sikerül segítség nélkül megoldani, csak akkor lehet biztos benne, hogy kialakította az adott témában a munkája elvégzéséhez szükséges kompetenciákat.

MUNKANYELVI

## ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

### 1. feladat

Egészítse ki az alábbi meghatározásokat!

#### A hőközlés alapfeltétele

A hőközlés, hőátvitel **alapfeltétele**: a hő mindig a ..... hőmérsékletű helyről a ..... hőmérsékletű helyre áramlik.

#### A fajlagos hőtartalom

A fajlagos hőtartalom az a hőmennyiség, amely az ..... anyag ..... °C-ról az adott hőmérsékletre történő felmelegítéséhez szükséges hő.

#### A párolgáshő fogalma

Párolgáshőnek nevezzük azt a hőmennyiséget, amely .....  
..... való átalakításához szükséges

### 2. feladat

Töltse ki az alábbi táblázatot! Írja be a feladat mellé az összefüggést, illetve a fogalom mellé a betűjelet és az SI alapegységeket!

Feladat	Összefüggés	Mértékegység
Forrponi hőmérsékletű folyadék hőtartalmának kiszámítása		
Folyadék t hőmérsékletéről t hőmérsékletre történő felmelegítéséhez szükséges hő mennyiségének kiszámítása		
A párolgáshő kiszámítása, ha ismerjük a telített gőz és a forrponi hőmérsékletű folyadék hőtartalmát		
Forrponi hőmérsékletű folyadék hőtartalmának kiszámítása		
Forrponi hőmérsékletű folyadék hőtartalmának kiszámítása		
Folyadék t hőmérsékletéről t hőmérsékletre történő		

## HŐKÖZLÉS

felmelegítéséhez szükséges hő mennyiségének kiszámítása		
A fajhő		
A telített gőz hőtartalma		
A forrponyi hőmérsékletű folyadék hőtartalma		
A párolgáshő		

### 3. feladat

Vizet melegítünk 10 bar nyomáson

a/ 0°C-ről 110 °C hőmérsékletre,

b/ 0°C-ről forrponyi hőmérsékletre,

c/ a telített gőzállapot megvalósításáig.

Számítsa ki, illetve határozza meg a fajlagos hőtartalom értékeit! A fajlagos hőtartalom értékeinek meghatározásához használja a vízgőztáblázatot!

Mekkora a forrponyi hőmérséklet, illetve a telített gőz hőmérséklete?

Adatok:

$t =$

$c =$

$h =$

$h' =$

$h'' =$

$t_f =$

## MEGOLDÁSOK

## 1. feladat

## A hőközlés alapfeltétele

A hőközlés, hőátvitel **alapfeltétele**: a hő mindig a **nagyobb** hőmérsékletű helyről a **kisebb** hőmérsékletű helyre áramlik.

## A fajlagos hőtartalom

A fajlagos hőtartalom az a hő, amely az **egységnyi tömegű** anyag **0 °C-ról** az adott hőmérsékletre történő felmelegítéséhez szükséges hő.

## A párolgáshő fogalma

Párolgáshőnek nevezzük azt a hőt, amely **egységnyi** mennyiségű folyadék **gőzzé** való átalakításához szükséges.

## 2. feladat

Feladat	Összefüggés	Mértékegység
Forrponti hőmérsékletű folyadék hőtartalmának kiszámítása	$h' = c \cdot t_f$	J/kg
Folyadék t hőmérsékletéről t hőmérsékletre történő felmelegítéséhez szükséges hő mennyiségének kiszámítása	$Q = c \cdot m \cdot \Delta t = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1)$	J
A párolgáshő kiszámítása, ha ismerjük a telített gőz és a forrponti hőmérsékletű folyadék hőtartalmát	$\Delta h_r = h'' - h'$	J/kg
Forrponti hőmérsékletű folyadék hőtartalmának kiszámítása	$h = c \cdot t$	J/kg
Forrponti hőmérsékletű folyadék hőtartalmának kiszámítása	$h'' = c \cdot t_f + \Delta h_r$	J/kg
Folyadék t hőmérsékletéről t hőmérsékletre történő felmelegítéséhez szükséges hő mennyiségének kiszámítása	$\dot{Q} = c \cdot \dot{m} \cdot \Delta t = c \cdot \dot{m} \cdot (t_2 - t_1)$	W
A fajhő	c	J/(kg·°C)
A telített gőz hőtartalma	h''	J/kg
A forrponti hőmérsékletű folyadék hőtartalma	h'	J/kg
A párolgáshő	$\Delta h_r$	J/kg

3. feladat

Adatok:

$$c = 4,2 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}) = 4200 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}),$$

$$\Delta h_r = 2015,3 \text{ kJ}/\text{kg} = 2015300 \text{ J}/\text{kg}$$

$$t = 110 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$a/ h = c \cdot t = 4200 \text{ J}/(\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}) \cdot 110^{\circ}\text{C} = 462000 \text{ J}/\text{kg}$$

$$b/ h' = 762,2 \text{ kJ}/\text{kg}$$

$$c/ h'' = 2704,6 \text{ kJ}/\text{kg}$$

A forrponi hőmérséklet:  $t_f = 179,88 \text{ }^{\circ}\text{C}$

A telített gőz forrponi hőmérsékletű ( $t_f = 179,88 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )

## A HŐKÖZLÉS, HŐÁTVITEL TÖRVÉNYEI

### ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

A vegyipari műveletek megvalósításánál gyakran alkalmazunk hőcserélő berendezéseket. A hőcserélő berendezések üzemeltetése során fontos tudnunk, hogy a hőközlési folyamatok milyen formában valósulnak meg, milyen tényezők befolyásolják a folyamatokat.

A hőközlési feladatok megvalósítása során segítenie kell munkatársait a berendezések kezelésében, üzemeltetésében. A berendezések gazdaságos üzemeltetéséhez ismerni kell a hőközlés alapvető törvényeit, megvalósulásának folyamatát:

Tapasztalatai alapján válaszoljon az alábbi kérdésekre!

1. Milyen hőközlési folyamatokat ismer? Írjon példákat a hőközlési folyamatokra!

Példák

Hőközlési folyamatok: \_\_\_\_\_

2. Egy reklámújságban korszerű, hőszigetelt ablak beépítését javasolják. A hőszigetelés jellemzésére azt írják: "az ablak "k" tényezője 1". Mit jelent ez az érték?

Megoldás



## HŐKÖZLÉS

1. Példák lehetnek:

A Nap melegíti a Földet: hősugárzás

A szél meleg vagy hideg levegőt hoz: hőszállítás

A radiátor melegíti a szoba levegőjét: hőátbocsátás stb.

2. A "k" tényező az ablak hőszigetelésének mértékét fejezi ki. A "k" tényezőt hőátbocsátási tényezőnek nevezzük és azt fejezi ki, hogy az ablak 1 m<sup>2</sup> felületén 1 °C hőmérséklet-különbség hatására mennyi hő áramlik át (jelen esetben 1 W; ez elég kis érték).

A fejezet feldolgozása után el kell tudni magyarázni munkatársainak:

- a hőcserélő feladatát,
- a hővezetés, hőátadás és hősugárzás fogalmát, folyamatát,
- a hővezetési-, hőátadási alapegységet megfogalmazását,
- a többrétegű fal hővezetését,
- a hőátbocsátás hőtani megfogalmazását,
- a hőátbocsátás folyamatát, törvényszerűségeit, a felületi hőcserélők hőmértékének, a leadott, átadott és felvett hő számításának módját,

## SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

### 1. A hőcserélő berendezés fogalma

A vegyiparban nagyszámú olyan készülék van, amelyet akár technológiai, akár energiagazdálkodási műveletek kapcsán célzatosan hőközlés, illetve hőelvonás lefolytatására, azaz hőcserélő berendezésként alkalmaznak.

#### A hőcserélő fogalma, feladata

A hőcserélők olyan berendezések, amelyek a hőt valamely nagyobb hőmérsékletű (hőleadó) közegtől egy másik, kisebb hőmérsékletű (hőfelvevő) közeghez közvetítik.

### 2. A hőátszármaztatás (hőátvitel)

Amikor valamilyen műveleti, illetve technológiai feladat megoldásánál hőt akarunk eljuttatni az egyik anyagból egy másik anyagba, vagy egy adott helyről egy másik helyre, akkor a műveletet hőátszármaztatásnak vagy hőátvitelnek nevezzük.

A hőátvitel alapvető formái:

- **hővezetés** (kondukció),
- **hőszállítás** (konvekció),

- **hősugárzás** (radiáció).

A hőközlés során az alapvető formák ritkán fordulnak elő önállóan. A gyakorlatban ezek kombinációjaként jelenik meg a hőközlés.

A közvetett hőközlés, a hőátvitel összetett (az alapvető formák kombinációjaként megjelenő) formái:

- **hőátadás**
- **hőátbocsátás.**

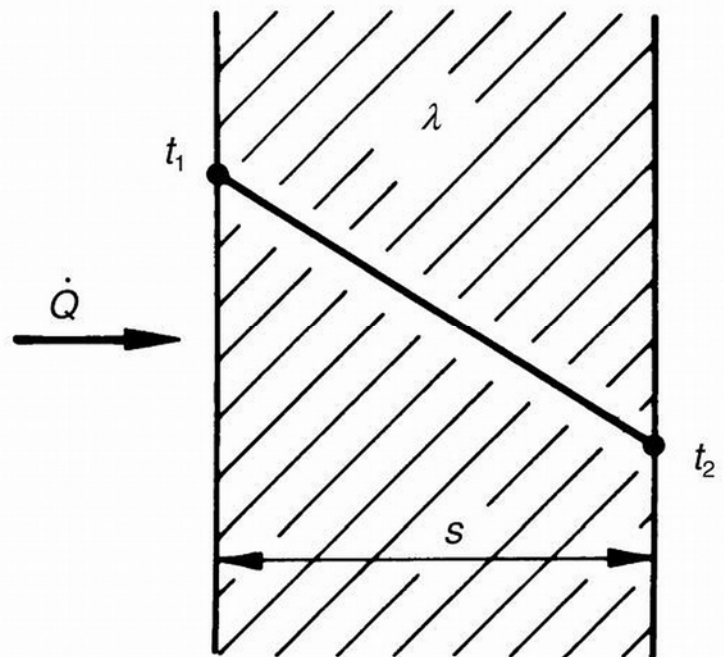
#### **A hővezetés (kondukción)**

A hőátvitel, hőátszármaztatás egyik formája a vezetéssel hűtadás, vagy egyszerűen a hővezetés. A **hővezetés jellemzője**, hogy léte anyagi részecskékhez van kötve, **a hő részecskéről részecskére terjed tovább.**

*A hővezetés jellemző esete, amikor az egyik végén melegített vasrúd másik vége egy bizonyos idő után szintén felmelegszik. Ebben az esetben a rúd részecskéi adják át egymásnak a nagyobb energiát, a hőt. Hővezetés elsősorban szilárd anyagokban, fémekben valósul meg. Folyadékok és gázok esetén nemcsak az érintkezés útján terjed a hő, hanem a részecskék mozgásukkal magukkal viszik a hőt.*

Hővezetésen a hő olyan terjedését értjük, amikor a hőt két szomszédos részecske úgy adja át egymásnak, hogy közben helyükről észrevehetően nem mozdulnak el.

Hővezetés esetén a szilárd anyagban, például egy falban terjedő hőáram, az időegység alatt átszármaztatott hő egyenesen arányos a hőmérséklet-különbséggel és fordítottan arányos a hőellenállással (1. ábra).



1. ábra. A hővezetést befolyásoló tényezők<sup>2</sup>

A hővezetéssel terjedő hő:

$$\dot{Q} = \frac{\Delta t}{R} = \frac{t_1 - t_2}{R},$$

ahol:  $\dot{Q}$  az időegység alatt átáramló hő, W;  $\Delta t$  a hőmérséklet-különbség, °C;  $t_1$  a fal egyik oldalán a nagyobb hőmérséklet, °C;  $t_2$  a fal másik oldalán a kisebb hőmérséklet, °C;  $R$  a hőellenállás.

A hőellenállás egyenes arányos a falvastagsággal, fordítottan arányos az anyagra jellemző hővezetési tényezővel és a keresztmetszet nagyságával.

A hőellenállás számítása:

$$R = \frac{s}{\lambda \cdot A},$$

ahol:  $R$  a hőellenállás,  $s$  a falvastagság, m;  $\lambda$  a az anyag hővezetési tényezője, W/(m·°C);  $A$  a

<sup>2</sup> Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

hőáramra merőleges keresztmetszet felülete, m<sup>2</sup>.

A hőellenállás behelyettesítésével a **sík falon átvezetett hő**:

$$\dot{Q} = \frac{\lambda}{s} \cdot \Delta t \cdot A,$$

ahol: **Q** az időegység alatt átáramló hő, W; **Δt** a hőmérséklet-különbség, °C; **s** a falvastagság, m; **λ** a az anyag hővezetési tényezője, W/(m·°C); **A** a hőáramra merőleges keresztmetszet felülete, m<sup>2</sup>.

*A hővezetési tényező az egységnyi falvastagságú anyagon egységnyi hőmérséklet-különbség esetén egységnyi felületen átáramló hő. A fémek jól vezetik a hőt, a hővezetési tényező értéke százaz nagyságrendű (100 W/(m·°C)). Hőcserélő berendezéseknél előnyös, ha a hővezetési tényező nagy, mert minél nagyobb az értéke, annál jobb a hőközlés megvalósulása. Hőcserélő berendezések esetén tehát lényeges, hogy jó hővezető anyagból készüljön a készülék.*

*Más esetekben arra törekszünk, hogy jó hőszigetelő legyen az alkalmazott szerkezeti anyag. A hőcserélő berendezéseket kívülről szigetelni kell, hogy kicsi legyen a hőveszteség, a környezetnek átadott hő. Lakások építésénél például törekedni kell, hogy olyan szerkezeti anyagokat alkalmazzunk, amelyek a környezettől "elszigetelik" a belső tereket, és nem az utcát fűtjük. Ennek környezetvédelmi szempontból is nagy jelentősége van. Jó hőszigetelő anyagoknál a hővezetési tényező értéke 1 W/(m·°C, vagy ennél kisebb. Nagyon jó hőszigetelést biztosít (például a többrétegű ablakoknál) a levegő és a vákuum.*

### Többrétegű fal hővezetése

A gyakorlatban sokszor fordul elő, hogy a falak kialakítása többrétegű. A hőcserélők esetén a hőcserélő falán lerakódások alakulnak ki. Hőszigetelés esetén pedig szándékosan alkalmazunk hőszigetelő anyagokat a hőveszteség csökkentésére.

Többrétegű fal hővezetésénél az egyes rétegek ellenállása összeadódik, így a többrétegű fal ellenállása az egyes rétegek ellenállásának összegeként jelenik meg.

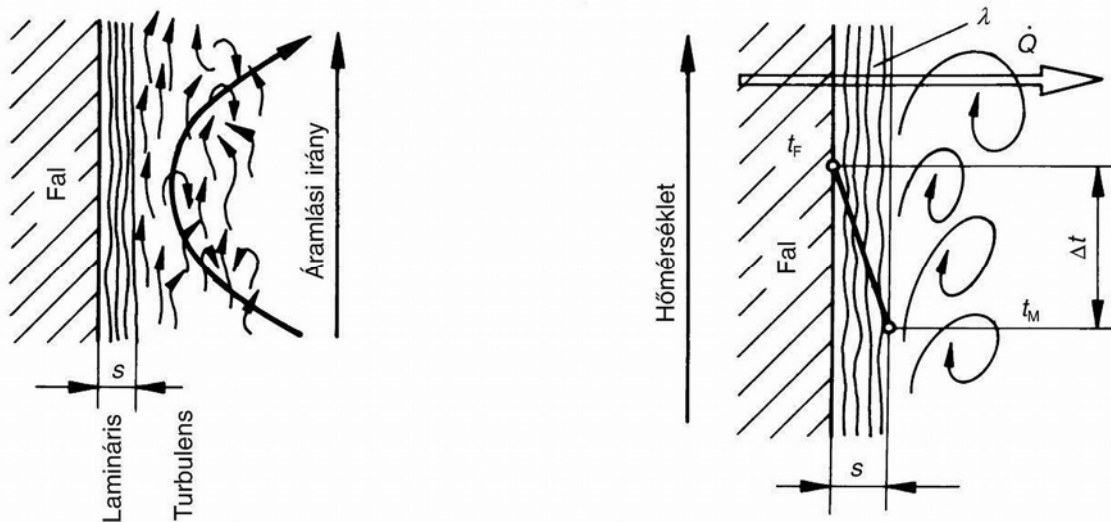
Többrétegű falon átvezetett hő:

$$\dot{Q} = \frac{\Delta t}{R} = \frac{(t_1 - t_4) \cdot A}{\frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \frac{s_3}{\lambda_3}}.$$

### A hőszállítás (konvekció)

Hőszállítás, amikor valamely közeg részecskéi a térben helyüket változtatják, és magukkal viszik a hőt.

Hőszállítás esete játszódik le akkor, amikor a meleg levegő felemelkedik és meleg részecskéi magukkal viszik a hőt. A hőszállítás leggyakrabban úgy valósul meg, hogy a közeg (gáz vagy folyadék) egy szilárd fallal érintkezik és ettől veszi át, vagy ennek adja át a hőt. Ilyenkor hőátadásról beszélünk (2. ábra).



2. ábra. A hőátadás folyamata és a hőátadást befolyásoló tényezők<sup>3</sup>

A konvekciós hőátárazmazztatásnál különbséget teszünk aszerint, hogy az áramlást mi idézi elő. Ha a folyadékban vagy a gázban helyi hőmérséklet-különbségek vannak, amivel megfelelő sűrűségkülönbségek járnak együtt, akkor ez szabad áramlást idéz elő. Ez a szabad áramlásos vagy természetes konvekció jelensége. A természetes konvekció példája a meleg és a hideg levegő helycseréje. A hideg levegő - nagyobb sűrűsége következtében - a nehézségi erő hatására lefelé mozog, és kiszorítja a kisebb sűrűségű meleg levegőt.

Ha az áramlás külső mozgatóerő (kényszer) hatására jön létre, kényszerített áramlásról vagy kényszerkonvekcióról beszélünk. Kényszerkonvekciót például folyadék szivattyúzásával vagy gőz fűtésével idézhetünk elő.

### A hőszugárzás

A hőátárazmazztatás harmadik fajtája a **sugárzás**.

<sup>3</sup> Bertalan Zsolt-Csirmaz Antal-Szabó László-Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

Míg az előző két hőátzármaztatási formánál a hőátvitelhez valamilyen közeg jelenléte volt szükséges, addig itt a sugárzó és a sugárzást elnyelő anyag között nem szükséges közbenső anyagi részecskék jelenléte.

*Sugárzás útján terjed a hő a Napból a világűrbe, és így a Föld irányába is. A Napból kisugárzott hő a Föld felszínére érkeve felmelegíti a szárazföldeket, illetve a vizeket. A földfelszínről, illetve a vizek felületéről adódik át a hő a levegőnek. Ez utóbbi már hőátadási folyamat. Sugárzással terjed a hő a hőszugárzók esetén. A sugárzás a testünket melegíti, így a körülöttünk lévő levegő fölmelegítése nélkül is melegnek érzékeljük környezetünket.*

Hőszugárzás történik, amikor valamilyen test hőtartalmának egy része sugárzó energiává alakul át, és ez a sugárzás egy másik testbe ütközve részben vagy egészben hőenergiává alakul vissza.

A hőszugárzási folyamat alapvetően eltér ezektől, mert itt az energiahordozók nem részecskék, hanem a meleg test által kibocsátott elektromágneses hullámok.

### A hőátbocsátás

A hőátzármaztatás három megnyilvánulási formája ritkán fordul elő önállóan, többnyire valamilyen módon egymással társulva jelentkezik.

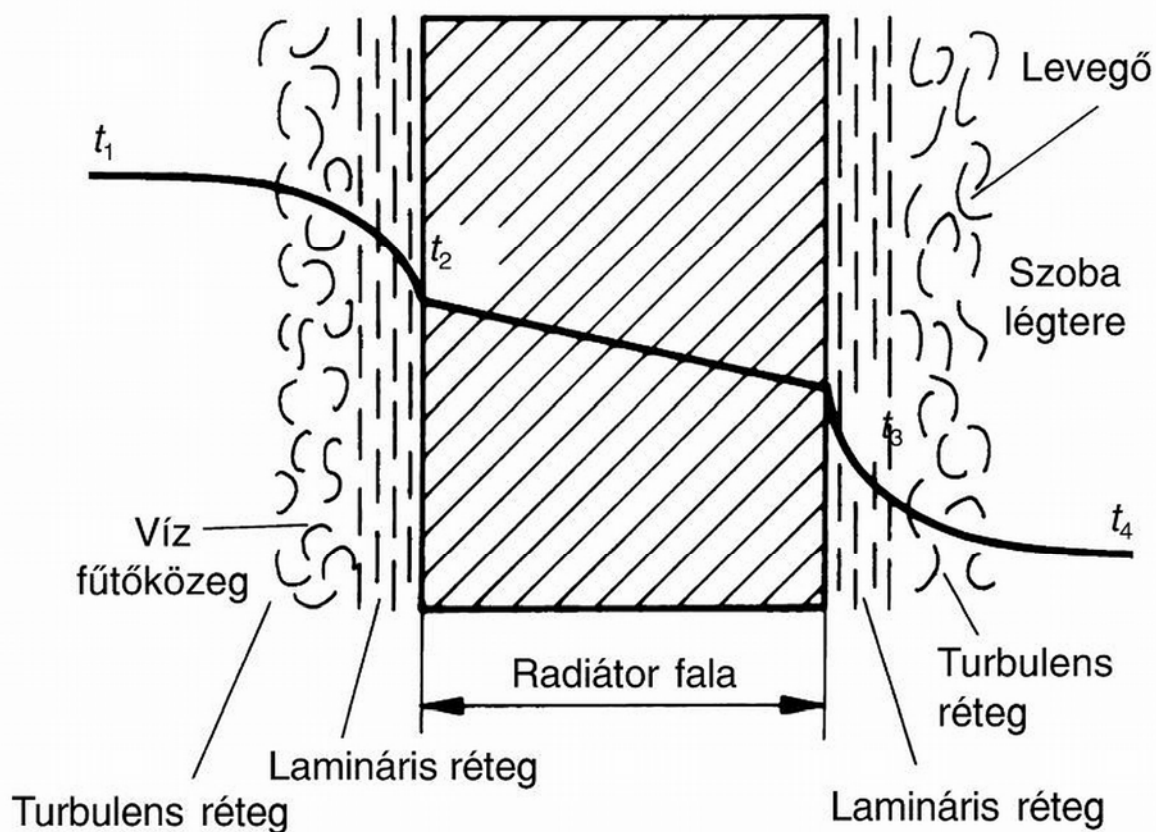
Az áramló közeg és az azt határoló fal közötti hőátzármaztatási folyamatot **hőátadásnak** nevezzük.

Ebben az esetben az áramló közeggel, a részecskék mozgásával jut el a hő a szilárd falhoz, illetve fordítva, a szilárd falból a közegáramba. Ilyen eset fordul elő, amikor valamilyen fűtőtesttel melegítjük a szobában a levegőt. A fűtőtest felmelegíti a környezetében lévő levegőt, majd a hőt a levegő mozgása juttatja el a helyiség többi részébe, és így módon alakul ki a helyiség minden részében azonos hőmérséklet.

A **hőátadási folyamat** két alapvető hőközlési forma összegeződése:

- a hő molekuláris méretekben vezetéssel adódik át a falról az anyagra (vagy fordítva, az anyagról a falra)
- az anyagban hőszállítással terjed a hő.

A gyakorlatban a hőközlés még bonyolultabb folyamat. Például a radiátor belsejében áramló meleg víz hőt ad át a radiátor falának, és felmelegíti annak belső oldalát. Ez a folyamat hőátadás. A radiátorfalban hővezetéssel terjed a hő a belső falfelületről a külső falfelületre. A külső falfelületről a hő a radiátort körülvevő levegőbe jut. Ez a folyamat is hőátadás. Ilyenkor a hőátzármaztatás a fal két oldalán végbemenő hőátadásból és a falban lezajló hővezetésből tevődik össze. Ebben az esetben **hőátbocsátásról** beszélünk (3. ábra).

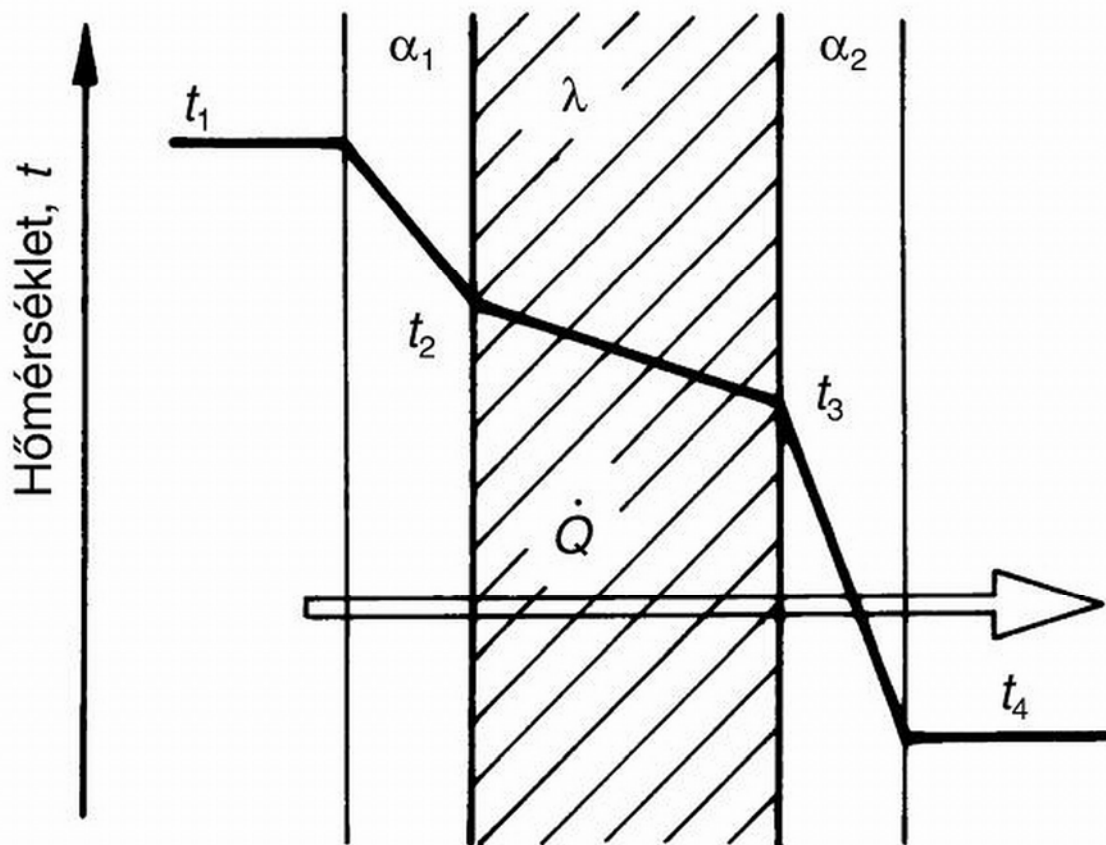


3. ábra. A hőátbocsátás folyamata<sup>4</sup>

Hőátbocsátás esetén a hőközlés két közeg között megy végbe egy falon keresztül. Az egyik közeg hőátadással melegíti a falat, a falban hővezetéssel terjed a hő, majd a másik oldalon a fal ismét hőátadás formájában adja át a hőt a másik közegnek.

A hőátbocsátást befolyásoló tényezők a 4. ábrán láthatók.

<sup>4</sup> Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.



4. ábra. A hőátbocsátást befolyásoló tényezők<sup>5</sup>

A fal melletti határrétegben a hő vezetéssel terjed. A határréteg vastagságát azonban nem lehet megállapítani. Emiatt bevezetünk egy, a hőátadásra jellemző  $\alpha$  **hőátadási tényezőt**:

$$\alpha = \frac{\lambda}{s}.$$

A hővezetés ellenállása ( $R = \frac{s}{\lambda \cdot A}$ ) helyett a határréteg ellenállása a hőátadási tényező bevezetésével a következőképpen alakul:

$$R = \frac{1}{\alpha \cdot A},$$

<sup>5</sup> Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.



ahol:  $R$  a határréteg ellenállása,  $\alpha$  a hőátadási tényező,  $A$  a hőáramra merőleges felület.

A hőátbocsátás folyamata három részből tevődik össze:

- a fal egyik oldalán a hőátadás,
- a falban hővezetés,
- a fal másik oldalán hőátadás.

A hőátbocsátást befolyásoló tényezők:

- a fal egyik oldalán a közegre jellemző hőátadási tényező ( $\alpha_1$ ),
- a fal másik oldalán a közegre jellemző hőátadási tényező ( $\alpha_2$ ),
- a fal anyagának hővezetési tényezője ( $\lambda_s$ ),
- a fal vastagsága ( $s$ ),
- a hőmérséklet-különbség a fal két oldalán ( $\Delta t$ ).

Ha a hőátbocsátás folyamatát úgy tekintjük, mint háromrétegű fal hővezetését, az ott alkalmazott levezetést használhatjuk.

A hőátbocsátással átáramló hő:

$$\dot{Q} = \frac{t_1 - t_4}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot A = \frac{\Delta t \cdot A}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Vezessük be a  $k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_2}}$  összefüggést, ahol  $k$  a hőátbocsátás hőtani és szerkezeti

állandóit összefoglaló hőátbocsátási tényező. A hőátbocsátási tényező bevezetésével az egyenlet egyszerűsödik.

A hőátbocsátás alapegyenlete:

$$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta t,$$

Ahol:  $Q$  az egyik közegből a másik közegbe a falon keresztül át bocsátott hő,  $W$ ;  $k$  a hőátbocsátási tényező,  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;  $\Delta t$  a melegebb és a hidegebb közeg hőmérséklet-különbsége,  $^\circ C$ .

A hőátbocsátási tényező:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

ahol:  $k$  a hőátbocsátási tényező,  $W/(m^2 \cdot K)$ , vagy  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;  $\alpha_1$  az egyik közeg hőátadási tényezője,  $W/(m^2 \cdot K)$ , vagy  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;  $\alpha_2$  a másik közeg hőátadási tényezője,  $W/(m^2 \cdot K)$ , vagy  $W/(m^2 \cdot ^\circ C)$ ;  $s$  a falvastagság,  $m$ ;  $\lambda_s$  a fal anyagának hővezetési tényezője,  $W/(m \cdot K)$ , vagy  $W/(m \cdot ^\circ C)$ .

## TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A tananyagot a **következő lépésekben** sajátítsa el:

Olvassa el figyelmesen "A HŐKÖZLÉS, HŐÁTVITEL TÖRVÉNYEI" részből az "1. A hőcserélő berendezés fogalma", és a "2. A hőátszármaztatás, hőátvitel" című fejezetet, tanulja meg pontosan a bekeretezett, fontos fogalmakat, szabályokat, összefüggéseket.

Válaszoljon – szóban – a következő kérdésekre:

**Mi a feladata a hőcserélőknek?**

**Mit nevezünk hővezetésnek, hőszállításnak, hősugárzásnak?**

**Mit nevezünk hőátadásnak, hőátbocsátásnak?**

Oldja meg az **1–4. feladatokat**.

### 1. feladat

Vezesse le egy háromrétegű fal hővezetésének meghatározására szolgáló összefüggést!

*Segítség a feladat megoldásához:*

*A háromrétegű fal egyes ellenállásai összeadódnak. A hőmérsékletváltozás ( $\Delta t$ ) az első falsík legnagyobb és a harmadik falsík legkisebb hőmérséklete ( $\Delta t = t_1 - t_4$ ), az egyes falak falvastagságai:  $s_1, s_2, s_3$ , hővezetési tényezői:  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ . Írja fel a hővezetéssel terjedő hő meghatározására szolgáló összefüggést a három réteget egységes falnak tekintve. Fejezze ki az egyes falak ellenállásait ( $R_1, R_2, R_3$ ) külön-külön, majd helyettesítse be az alapegyenletbe  $R$  helyébe az ellenállások összegét. Az így kapott összefüggésből kifejezve  $Q$  értékét megkapja a háromrétegű fal hővezetésének kiszámítására használható összefüggést!*



**2. feladat**

Vezesse le, hogyan lehet hőátbocsátás esetén meghatározni az át bocsátott hő mennyiségének megállapítására szolgáló összefüggést! A levezetéshez használja fel a 4. ábrán látható paramétereket, valamint a háromrétegű fal hővezetésénél alkalmazott megfontolásokat!



### 3. feladat

Töltse ki az alábbi táblázatot! Írja be az összefüggés mellé felhasználhatóságát, illetve a betűjel mellé a betűjel megnevezését és mértékegységét!

Összefüggés	Felhasználás	Mértékegység
$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_2}}$		
$\dot{Q} = \frac{\lambda}{s} \cdot \Delta t \cdot A$		
$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta t$		
$R = \frac{1}{\alpha \cdot A}$		
$R = \frac{s}{\lambda \cdot A}$		

$\dot{Q} = \frac{\Delta t}{R} = \frac{(t_1 - t_4) \cdot A}{\frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \frac{s_3}{\lambda_3}}$		
c		
$\alpha$		
$\lambda$		
$\Delta h_r$		

**4. feladat**

Határozza meg egy radiátor hőátbocsátási tényezőjének nagyságát! A radiátor falvastagsága 0,2 cm, hővezetési tényezője 200 W/(m<sup>2</sup>·°C); a levegőoldali hőátadási tényező nagysága 10 W/(m<sup>2</sup>·°C), a vízoldali hőátadási tényező nagysága 200 W/(m<sup>2</sup>·°C).

Figyelje meg, melyik hőtani tényező befolyásolja legjobban a hőátbocsátási tényező nagyságát! Írja le megfigyelése eredményét!

Adatok:

Ha úgy érzi, **bizonytalan** a feladatok megoldásában, **tanulmányozza át még egyszer** a feladathoz tartozó fejezetet.

**Megoldások****1. feladat**

$$\dot{Q} = \frac{\Delta t}{R} = \frac{t_1 - t_4}{R}, \quad R = R_1 + R_2 + R_3,$$

$$R_1 = \frac{s_1}{\lambda_1 \cdot A}, \quad R_2 = \frac{s_2}{\lambda_2 \cdot A}, \quad R_3 = \frac{s_3}{\lambda_3 \cdot A},$$

$$\dot{Q} = \frac{\Delta t}{R} = \frac{\Delta t}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{t_1 - t_4}{\frac{s_1}{\lambda_1 \cdot A} + \frac{s_2}{\lambda_2 \cdot A} + \frac{s_3}{\lambda_3 \cdot A}} = \frac{t_1 - t_4}{\frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \frac{s_3}{\lambda_3}} \cdot A$$

## 2. feladat

$$\dot{Q} = \frac{\Delta t}{R} = \frac{t_1 - t_4}{R}, \quad R = R_1 + R_2 + R_3,$$

$$R_1 = \frac{1}{\alpha_1 \cdot A}, \quad R_2 = \frac{s}{\lambda_s \cdot A}, \quad R_3 = \frac{1}{\alpha_2 \cdot A},$$

$$\dot{Q} = \frac{\Delta t}{R} = \frac{\Delta t}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{t_1 - t_4}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot A} + \frac{s}{\lambda_s \cdot A} + \frac{1}{\alpha_2 \cdot A}} = \frac{t_1 - t_4}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_2}} \cdot A$$

## 3. feladat

Összefüggés	Felhasználás	Mértékegység
$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_2}}$	A hőátbocsátási tényező kiszámítása	W/(m <sup>2</sup> ·K), vagy W/(m <sup>2</sup> ·°C);
$\dot{Q} = \frac{\lambda}{s} \cdot \Delta t \cdot A$	A hővezetéssel terjedő hő nagyságának kiszámítása	W
$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta t$	A hőátbocsátással terjedő hő kiszámítása	W
$R = \frac{1}{\alpha \cdot A}$	A hőátadó réteg ellenállása	°C/W
$R = \frac{s}{\lambda \cdot A}$	A hővezető réteg ellenállása	°C/W
$\dot{Q} = \frac{\Delta t}{R} = \frac{(t_1 - t_4) \cdot A}{\frac{s_1}{\lambda_1} + \frac{s_2}{\lambda_2} + \frac{s_3}{\lambda_3}}$	Háromrétegű fal hővezetése	W
c	Fajhő	J/(kg·°C), vagy kJ/(kg·°C),
α	Hőátadási tényező	W/(m <sup>2</sup> ·K), vagy

		W/(m <sup>2</sup> ·°C);
$\lambda$	Hővezetési tényező	W/(m·K), vagy W/(m·°C);
$\Delta h_r$	Párolgáshő	J/kg vagy kJ/kg

## 4. feladat

Határozza meg egy radiátor hőátbocsátási tényezőjének nagyságát! A radiátor falvastagsága 0,2 cm, hővezetési tényezője 200 W/(m·°C); a levegőoldali hőátadási tényező nagysága 10 W/(m<sup>2</sup>·°C), a vízoldali hőátadási tényező nagysága 200 W/(m<sup>2</sup>·°C).

Adatok:

$$s = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m},$$

$$\lambda = 200 \text{ W/(m} \cdot \text{°C)},$$

$$\alpha_1 = 10 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)},$$

$$\alpha_2 = 200 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}.$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{10 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}} + \frac{0,02 \text{ m}}{200 \text{ W/(m} \cdot \text{°C)}} + \frac{1}{200 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}}} = 9,51 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{°C)}$$

A kiszámított értéket a legnagyobb ellenállás határozza meg, vagyis a legnagyobb mértékben a levegőoldali (a legrosszabb) hőátadási tényező határozza meg a hőátbocsátási tényező értékét.

**Következő lépésként** oldja meg az **Önellenőrző feladatokat!** Ha ezeket sikerül segítség nélkül megoldani, csak akkor lehet biztos benne, hogy kialakította az adott témában a munkája elvégzéséhez szükséges kompetenciákat.

## ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

### 1. feladat

Írja le, milyen **részekből** áll össze a **hőátbocsátás folyamata**! Írja le, milyen **tényezők** befolyásolják a **hőátbocsátást**!

MUNKANYAG

### 2. feladat

Töltse ki az alábbi táblázatot! Írja be feladat mellé a feladat megoldásához felhasználható összefüggést, illetve a betűjel mellé a betűjel megnevezését és az összefüggésben alkalmazható mértékegységét!

A feladat, illetve betűjel	A feladat megoldásához alkalmas összefüggés, illetve a betűjel megnevezése	A számított érték, illetve a betűjelhez tartozó mértékegység
A hővezetéssel átadott hő nagysága		
A hőátbocsátás alapegyenlete		
A hőátbocsátási tényező kiszámítására alkalmas összefüggés		
$\alpha$		
$\lambda$		



k		
---	--	--

**3. feladat**

Egy hőcserélőben meleg vízzel melegítünk hideg vizet. A hőcserélő hőtani adatai: falvastagsága 3,5 mm, hővezetési tényezője  $175 \text{ W}/(\text{m}\cdot^\circ\text{C})$ ; a vízdali hőátadási tényező nagysága mindkét oldalon  $200 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ .

a/ Határozza meg a hőátbocsátási tényezőjének nagyságát!

b/ A hőcserélő egy részén "levegős". A levegő hőátadási tényezőjének nagysága:  $10 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot^\circ\text{C})$ . Kell-e légteleníteni a hőcserélőt?

## MEGOLDÁSOK

### 1. feladat

A hőátbocsátás folyamata három részből tevődik össze:

- a fal egyik oldalán a hőátadás,
- a falban hővezetés,
- a fal másik oldalán hőátadás.
- **A hőátbocsátást befolyásoló tényezők:**
- a fal egyik oldalán a közegre jellemző hőátadási tényező ( $\alpha_1$ ),
- a fal másik oldalán a közegre jellemző hőátadási tényező ( $\alpha_2$ ),
- a fal anyagának hővezetési tényezője ( $\lambda_s$ ),
- a fal vastagsága ( $s$ ),
- a hőmérséklet-különbség a fal két oldalán ( $\Delta t$ ).

### 2. feladat

A feladat, illetve betűjel	A feladat megoldásához alkalmas összefüggés, illetve a megnevezése	A számított érték, illetve a betűjelhez tartozó mértékegység
A hővezetéssel átadott hő nagysága	$\dot{Q} = \frac{\lambda}{s} \cdot \Delta t \cdot A$	W
A hőátbocsátás alapegyenlete	$\dot{Q} = k \cdot A \cdot \Delta t$	W
A hőátbocsátási tényező kiszámítására alkalmas összefüggés	$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_2}}$	W/(m <sup>2</sup> ·K), W/(m <sup>2</sup> ·°C); vagy
$\alpha$	Hőátadási tényező	W/(m <sup>2</sup> ·K), vagy W/(m <sup>2</sup> ·°C);
$\lambda$	Hővezetési tényező	W/(m·K), vagy W/(m·°C);
k	Hőátbocsátási tényező	W/(m <sup>2</sup> ·K), vagy W/(m <sup>2</sup> ·°C);

### 3. feladat

Adatok:

## HŐKÖZLÉS

$$s = 3,5 \text{ mm} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ m},$$

$$\lambda = 175 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C}),$$

$$\alpha_1 = 200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}),$$

$$\alpha_2 = 200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

b/ feladat

$$\alpha_2 = 10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

a/

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})} + \frac{3,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{175 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})} + \frac{1}{200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})}} = 99,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

b/

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{200 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})} + \frac{3,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}}{175 \text{ W}/(\text{m} \cdot ^\circ\text{C})} + \frac{1}{10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})}} = 9,52 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

A hőcserélőt légteleníteni kell, mert a levegővel érintkező részen tizedére csökken a hőátbocsátási tényező nagysága és ezzel ezen a felületen tizedére csökken az átadott hő nagysága (vagyis gyakorlatilag hatástalan a levegővel érintkező részen a hőátadó felület).

**IRODALOMJEGYZÉK****FELHASZNÁLT IRODALOM**

Balogh Lászlóné dr. Fizika I. Mechanika, hőtan, Szakközépiskolásoknak, Műszaki Kiadó, Budapest, 2006.

Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

**AJÁNLOTT IRODALOM**

Wong, H.Y.: Hőátadási zsebkönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.

Ciborowski, J.A.: A vegyipari műveletek alapjai. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1969.

MUNKANYAG

A(z) 2047-06 modul 028-as szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
52 524 01 0000 00 00	Kőolaj- és vegyipari géprendszer üzemeltetője
54 524 02 1000 00 00	Vegyipari technikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:

18 óra

MUNKANYELV

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv  
TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának  
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap  
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet  
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063

Felelős kiadó:  
Nagy László főigazgató