

Fizika gyakorlatok

Termodinamika
Általános tájékoztató.

Tűzvédelmi és munkavédelmi ismeretek

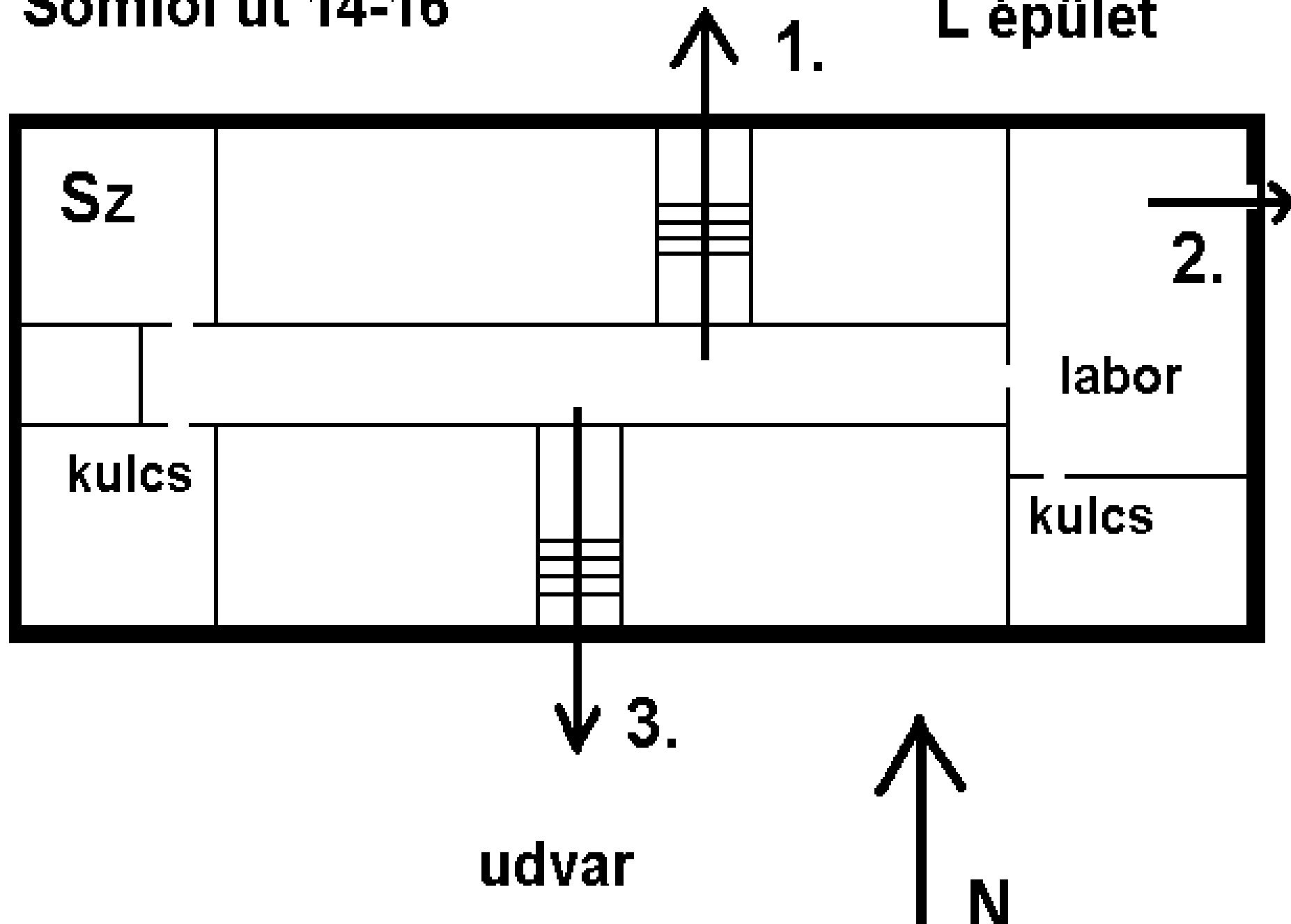
Fizika-Automatika Tanszék
Somlói út 14-16 L épület

kérem a jegyzőkönyvet aláírni
a tanszékre való első belépés alkalmával
kérem a megjelölt helyeket megtekinteni!

A következő ábrán a tűz esetén
használható kijáratok láthatók.
Északi irányban tájolt ábra.
Sz = szeminárium terem
labor = mérések színhelye
kulcs = a lezárt kijáratok
nyitásához használható kulcsok

Somlói út 14-16

L épület



1. Lépcső (feljárát) a Somlói út felé. Egyben bejárát is
2. Lakattal lezárt ablak a laboratóriumban. A kulcs az ablak mellett
3. Lépcső (lejárát) az udvar felé. A kulcs a titkárságon található

Tűzoltó készülékek

- Minden kijáratnál találunk tűzoltó készüléket. A biztosító csap kihúzásával a plomba elszakad. Ekkor a fúvókát a tűzre irányítjuk, és megnyomjuk a billentyűt.
- Az épület besorolása D (mérsékelten tűzveszélyes) a papír és faanyagok miatt.
- A terembe bevezetett földgáz fokozottan tűz- és robbanásveszélyes anyag.

Elektromos hálózat

- Tűz, vagy baleset: az asztalon található fém kapcsolók kikapcsolása.
- Az elkészült huzalozásokat a gyakorlatvezetővel ellenőriztetni kell
- Az asztalokon jobboldalt toroid transzformátorok vannak. A vezetékek érintése még alacsony feszültségnél is veszélyes
- A készülékeket nem szabad a megengedettnél nagyobb feszültségre kapcsolni (hővezetés, pszichrométer)

Gázvezetékek és hálózat

- Minden laborasztalhoz gázvezetéket építettek. Ezek sárga színűek.
- Baleset, vagy tűz esetén az olivás csővégeknél található gázcsapot el kell zárni. Ha a tűz a csaphoz túl közel van, akkor az asztal végén a gáz főcsapot kell elzárni.
- A használaton kívüli gázcsapokhoz nem szabad hozzányúlni

A laboratórium kijáratai

- Mindhárom ajtón át el lehet hagyni a laboratóriumot. A gyakorlatvezetőnek tudnia kell arról, ha valaki elhagyja a termet.
- A kijáratoknál tűzoltó készülékeket helyeztünk el.
- A két szélső kijáratnál zuhanyozókat szereltek fel arra az esetre, ha valakinek meggyullad a ruhája.

A gyakorlat menete

- létszámellenőrzés
- röpzárthelyi
- az előkészületi munka meglétének és minőségének ellenőrzése
- a gyakorlat ismertetése
- **hallgatói mérés**
- az órán készített vázlat ellenőrzése és aláírása

Jegyzőkönyv elkészítése

Beadási határidő: a következő hét

- ✓ Elméleti bevezető
- ✓ Felhasznált eszközök jegyzéke
- ✓ Körülmények, munkamenet
- ✓ Eredmények táblázata
- ✓ Számítások
- ✓ Ábra, kiértékelés
- ✓ Ellenőrző számítás
- ✓ Az eredmény hitelességének ellenőrzése

Jegyzőkönyv elkészítése, hibák

- Hiányzik valamelyik rész
- A műszer téves azonosítása
- A vizsgált anyag téves megjelölése
- Illogikus okfejtés és sorrend
- Hiányos táblázat
- Számítási hiba, hiányzó végeredmény a celziusz fok és a kelvin tévesztése
- Nem engedélyezett mértékegység
- Ellenőrizetlen végeredmény

Jegyzőkönyv elkészítése

Fizikai mennyiségek szabályos jelölése

- Például: sebesség
- Jele \mathbf{v}
- Mértékegysége $[\mathbf{v}]=\text{m/s}$
- Mérőszáma $\{\mathbf{v}\}=18$
- Dimenziója dim $\mathbf{v}=\text{LT}^{-1}$

**Tilos a mértékegységet zárójelbe írni
akár táblázatban, akár diagramon!**

Mértékegységek jelölése

- <http://physics.nist.gov/Pubs/SP811/sec07.html>
- The numerical value can therefore be written as $\{A\} = A / [A]$, which is a convenient form for use in figures and tables. Thus, to eliminate the possibility of misunderstanding, an axis of a graph or the heading of a column of a table can be labeled “ $t/^{\circ}\text{C}$ ” instead of “ $t (^{\circ}\text{C})$ ” or “Temperature ($^{\circ}\text{C}$).”
- Ennél fogva, a félreértések elkerülése végett diagram tengelyfeliratául, vagy táblázatok fejlécében írjuk azt: $t/^{\circ}\text{C}$; ahelyett, hogy „ $t (^{\circ}\text{C})$ ”, vagy „hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$)”

INTERNATIONAL STANDARD

Quantities and units

Grandeurs et unités

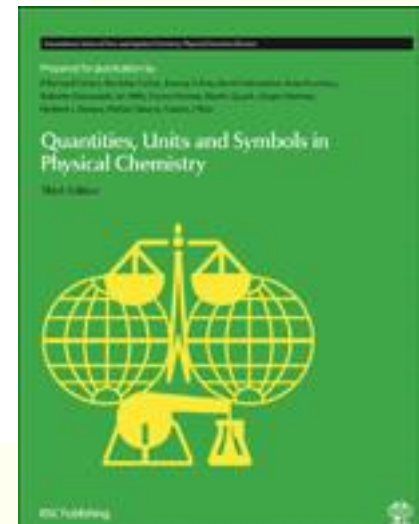
**ISO
80000-1**

First edition
2009-11-15

ISO 80000 consists of the following parts, under the general title *Quantities and units*:

- *Part 1: General*
- *Part 2: Mathematical signs and symbols to be used in the natural sciences and technology*
- *Part 3: Space and time*
- *Part 4: Mechanics*
- *Part 5: Thermodynamics*
- *Part 7: Light*
- *Part 8: Acoustics*
- *Part 9: Physical chemistry and molecular physics*
- *Part 10: Atomic and nuclear physics*
- *Part 11: Characteristic numbers*
- *Part 12: Solid state physics*

IUPAC
Green Book



Mérési gyakorlatok

- A félév során csak öt mérést tudunk elvégezni – a vizsgán valamennyi mérést ismerni kell!
- Az archivált régebbi mérési leírások csak tájékoztató jellegűek, nem azokból kell az órára készülni

Oktatási segédanyagok:

<http://elfiz2.kee.hu/jegyzet/>

<http://physics2.kee.hu/hallgato>

Termodinamika

- o Feladat: Ellenálláshőmérők, termisztorok, és egyéb, hőmérséklet-érzékeny eszközök karakterisztikájának mérése
- o Karakterisztikájuk vagy exponenciális függvénnnyel, vagy polinommal közelíthető
- o Elterjedten alkalmazzák ipari hőmérséklet-mérési célokra

Hőmérők

- Hőmérőként használható bármely fizikai jelenség, pl. keresztteffektus (ismert pontosságú)
- Gáz hőmérő: térfogati hőtágulási együttható
 - Folyadék hőmérő: vonalmenti (lineáris) hőtágulási együttható
 - Bimetál: szilárd anyagok (fémek) vonalmenti hőtágulási együtthatója
 - Összsugárzásmérő pirométer
 - Színüket változtató festékek
 - Hőmérsékletre lágyuló műanyagok
— és persze villamos hőmérők

$$R = R_0 \left(1 + \alpha_1 \Delta t + \alpha_2 \Delta t^2 + \dots + \alpha_n \Delta t^n \right)$$

R_0 Kezdeti ellenállás valamely célszerűen kiválasztott hőmérsékleten (leginkább a fagyponton)

α_1 ellenállás-hőmérsékleti együttható

α_j magasabb fokú együtthatók

Δt a kezdőpontra számított hőmérsékletkülönbség

Ellenállás-hőmérők tulajdonságai

- Az ipar nikkell és platina ellenállás-hőmérőket használ
- Nikkel esetén figyelembe kell venni az első- és másodfokú együtthatót
- Platina esetén általában elegendő az elsőfokú tag figyelembevétele – tehát lineárisnak tekintjük

Félvezető ellenállás-hőmérők

$$R = R_{\infty} e^{-\frac{\Delta H}{k_B T}}$$

ΔH az elektronok kicserélődési entalpiája

k_B a Boltzman-állandó

T a termodinamikai hőmérséklet

Svante August Arrhenius

1859-1927



$$k = A e^{\frac{E}{RT}}$$

Eredetileg k a reakciósebesség, pl. 1/s mértékegységben.

Az A itt preexponenciális együttható (arányos az ütközések számával)

Az aktiválási energia ΔH , vagy ΔG szabadentalpia

Arrhenius-típusú egyenletek

$$\eta = Ae^{-\frac{E}{RT}}$$

viszkozitás
ütközések energiája

$$p = Ae^{-\frac{\Delta H}{RT}}$$

nyomás
párolgáshő

$$R = R_0 e^{-\frac{\Delta H}{k_B T}}$$

ellenállás
energiaállandó

$$X = Ae^{-\frac{\Delta H}{RT}}$$

móltört
fagyáshő

Félvezető ellenállás-hőmérők

Logaritmikus formában:

$$\ln R = -\frac{B}{T} + \ln R_{\infty}$$

termisztornál B az energiaállandó, $\Delta H/k_B$

Félvezető ellenállás-hőmérők

$$\frac{B}{T} = \ln R_{\infty} - \ln R \quad \ln R = -\frac{B}{T} + \ln R_{\infty}$$

$$\frac{R_2}{R_1} = e^{-B\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)}$$

$$\ln R_2 - \ln R_1 = -B\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

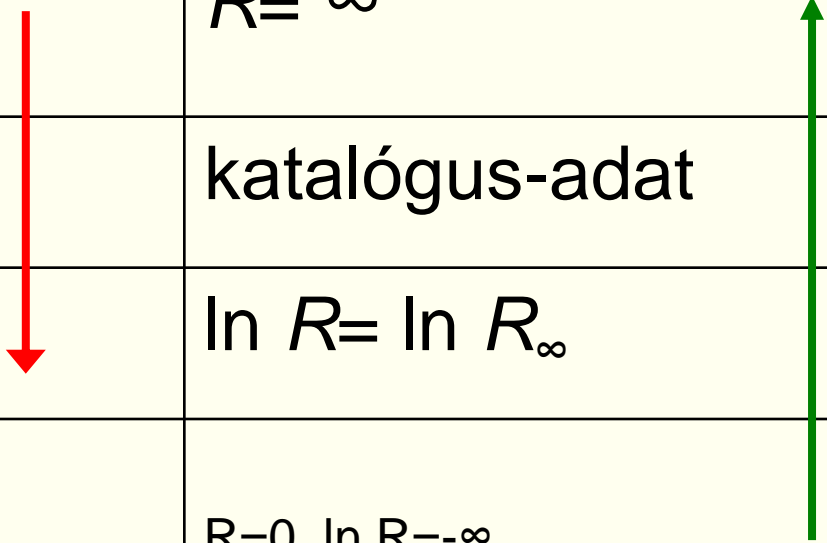
Félvezető ellenállás-hőmérők

- o Anyaguk: szinterelt fénoxidok keveréke: nióbbium-oxid, kobalt-oxid, mangán-oxid
- o Energiaállandójuk 3000...5000 K lehet
- o Készíthető negatív és pozitív hőmérsékleti együtthatójú termisztor is

Termisztor

$$\ln R = -\frac{B}{T} + \ln R_{\infty}$$

$T = 0$	$R = \infty$
$T = 273,15 \text{ K}$	katalógus-adat
$T = \infty$	$\ln R = \ln R_{\infty}$
$\frac{B}{T} = \ln R_{\infty}$	$R = 0, \ln R = -\infty$



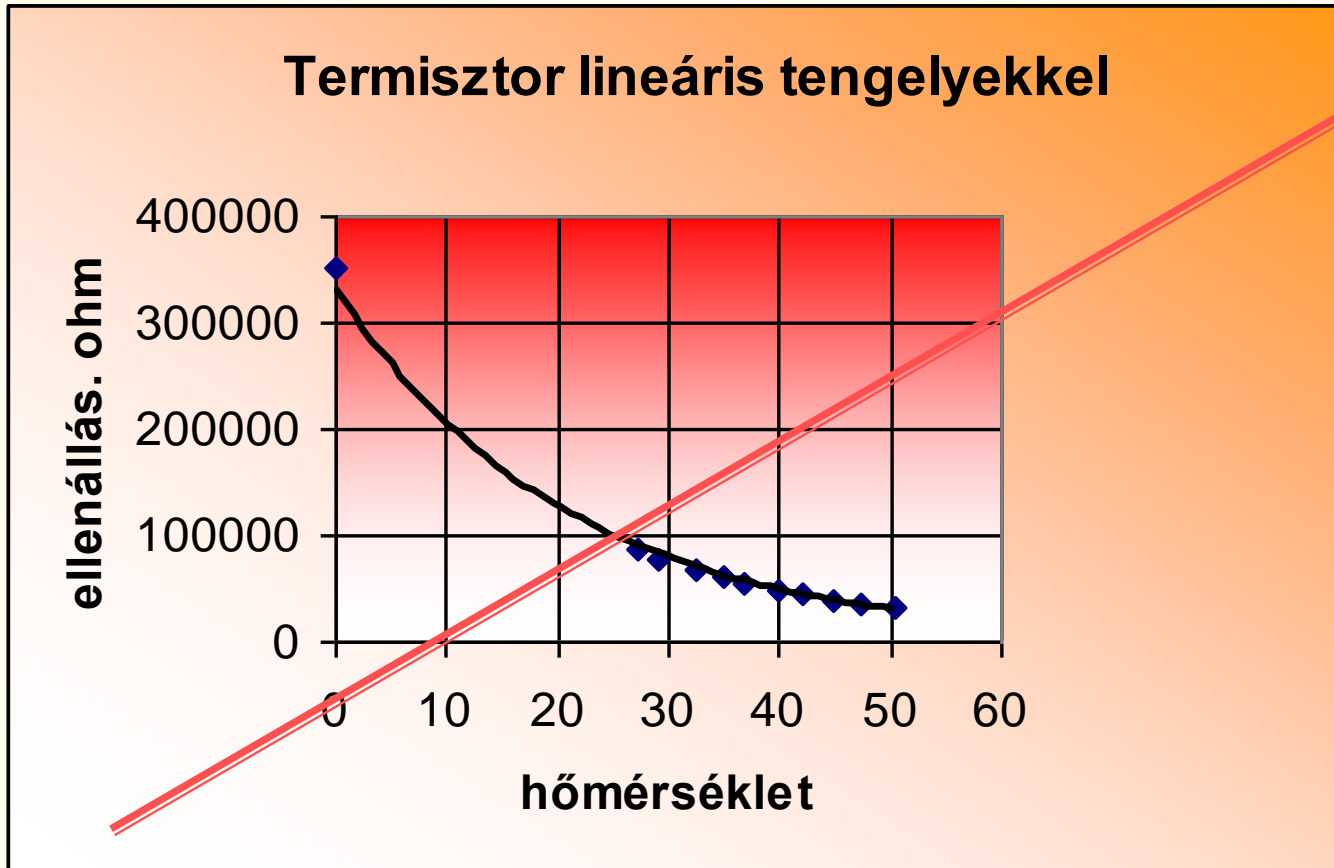
Végtelemnél nagyobb hőmérséklet nem értelmezhető

Félvezető ellenállás-hőmérők

Az adatok ellenőrzése a Steinhart–Hart összefüggéssel (A , B , C helyett A_0 , A_1 , A_3 is használatos):

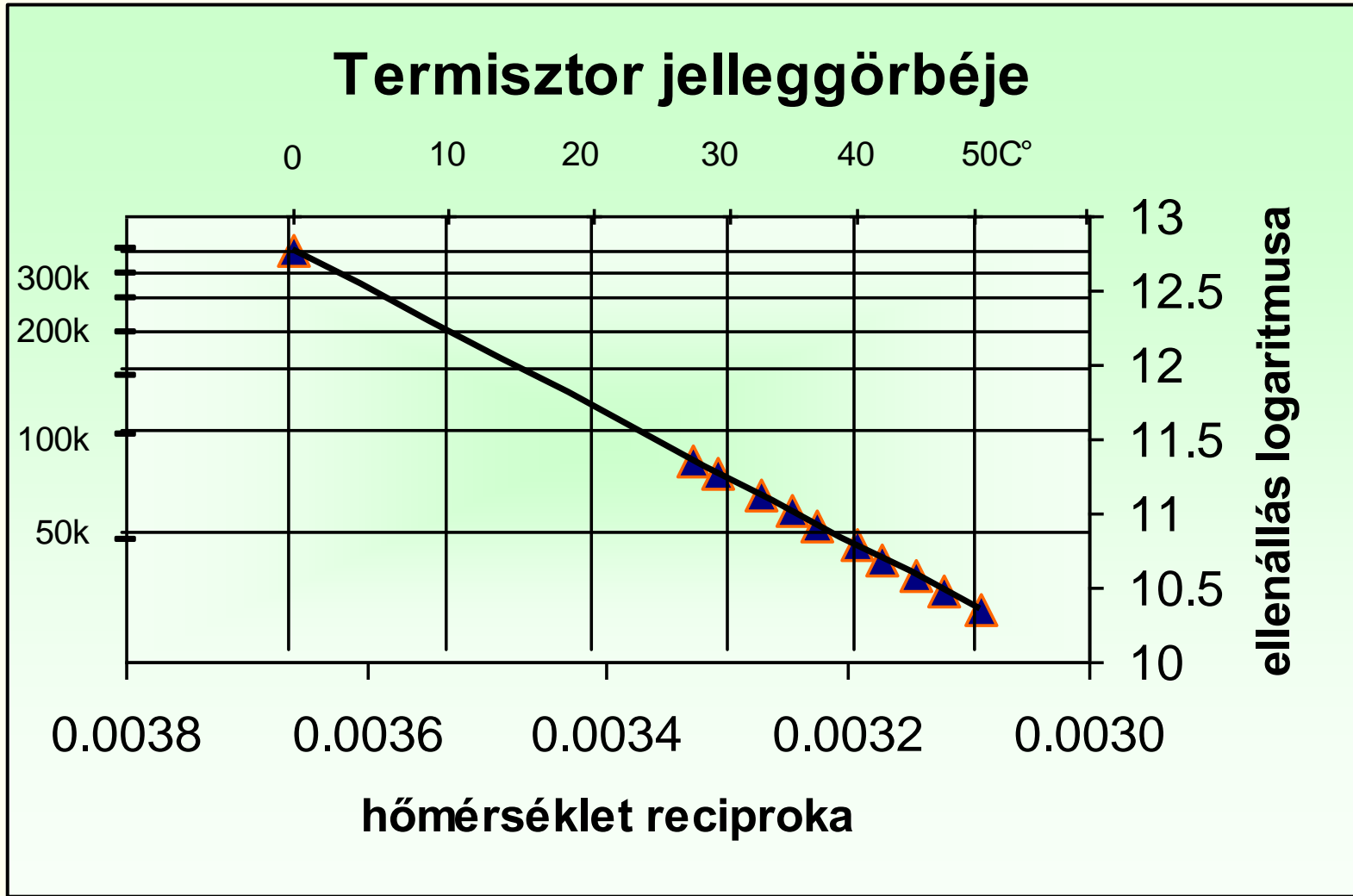
$$\frac{1}{T} = A + B(\ln R)^1 + C(\ln R)^3$$

Félvezető ellenállás-hőmérők



helytelen ábra, lineáris léptékezéssel

Félvezető ellenállás-hőmérők, logaritmikus



Termisztoros mérés kiértékelése

hőmérséklet, C°	ellenállás, kohm
0	334,002
25	117,4
30	98
35	81,2
40	68,7
45	57,3

Termisztoros mérés kiértékelése

ellenállás logaritmus	ellenállás, kohm
12,72	334,002
11,67	117,4
11,49	98
11,30	81,2
11,14	68,7
10,96	57,3

Termisztoros mérés kiértékelése

Az ábrázolandó értékek 10,96 és 12,72 közé esnek. Az ábrára tehát a 10 és a 13 közé eső értékek kerülnek.

Ahhoz, hogy az ábra 15 cm magas legyen, 5-ös szorzót használunk. A 10 a nullához kerül.

A 13 ennél 3-mal több, tehát $5 \cdot 3 = 15$ cm

Termisztoros mérés kiértékelése

ellenállás, kohm	logaritmus	logaritmus különbsége	helyzet, cm
442,4	13	3	15
334,002	12,72	2,72	13,59
117,3	11,67	1,67	8,36
98	11,49	1,49	7,46
81,2	11,30	1,30	6,52
68,7	11,14	1,14	5,69
57,3	10,96	0,96	4,78
22,1	10	0	0

Termisztoros mérés kiértékelése, ábra feliratozása

ellenállás, kohm	logaritmus	logaritmus különbsége	helyzet, cm
50	10,82	0,82	4,09
100	11,51	1,52	7,56
150	11,92	1,92	9,60
200	12,21	2,21	11,03
250	12,43	2,43	12,15
300	12,61	2,61	13,06
350	12,77	2,77	13,83

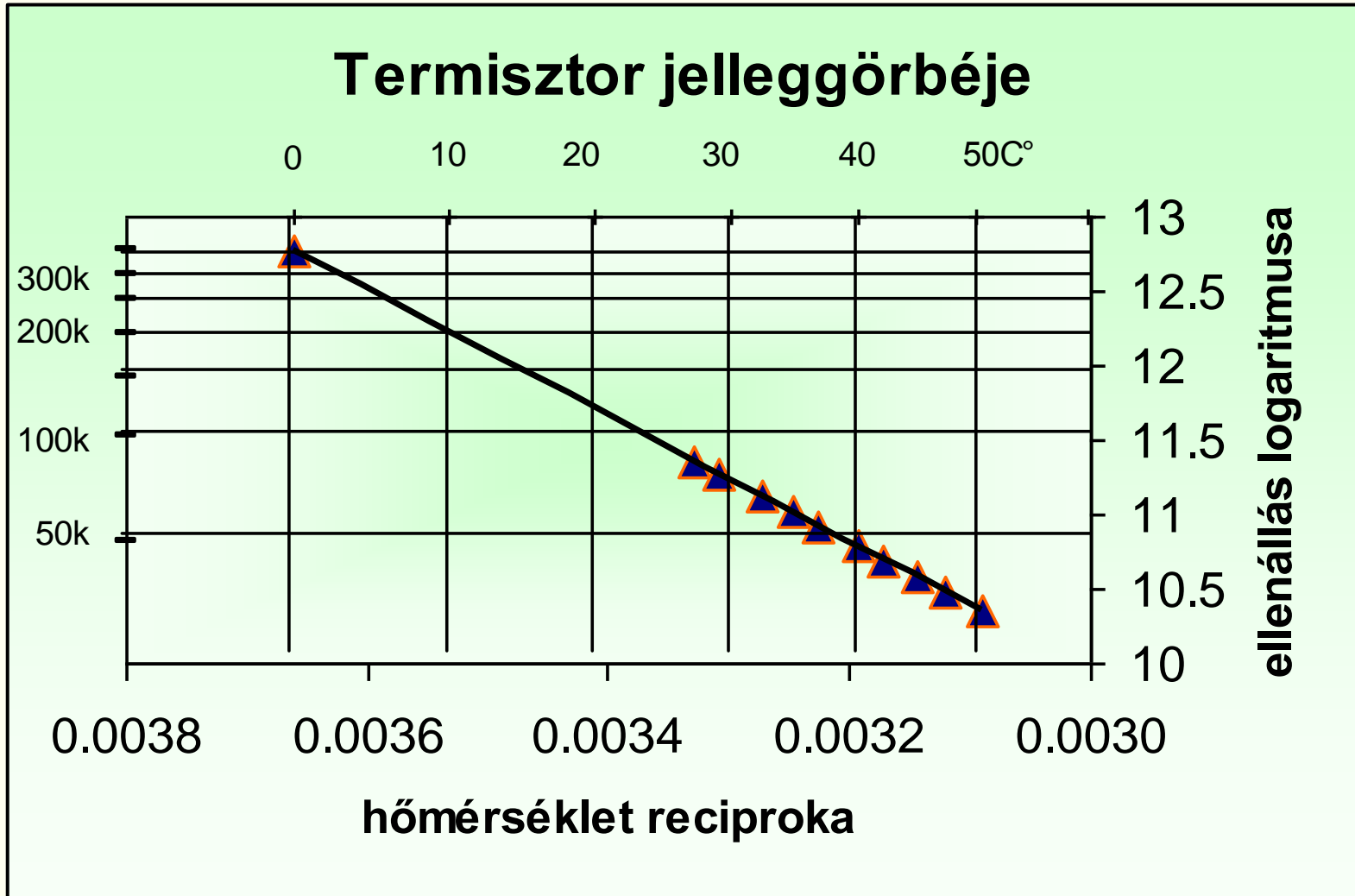
Termisztoros mérés kiértékelése

hőmérséklet		reciproka
C°	K	K ⁻¹
0	273,15	0,003661
25	298,15	0,003354
30	303,15	0,003299
35	308,15	0,003245
40	313,15	0,003193
45	318,15	0,003143

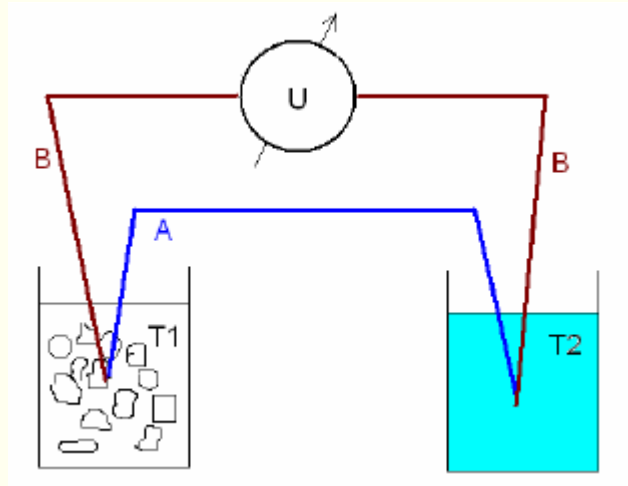
Termisztoros mérés kiértékelése

hőmérséklet	reciproka	differentia	helye
K	K^{-1}	K^{-1}	cm
270,27	0,003700	0,000600	12,00
273,15	0,003661	0,000531	11,22
298,15	0,003354	0,000254	5,08
303,15	0,003299	0,000199	3,97
308,15	0,003245	0,000145	2,90
313,15	0,003193	0,000093	1,87
318,15	0,003143	0,000043	0,86
322,58	0,003100	0,000000	0,00

Félvezető ellenállás-hőmérők, logaritmikus



Hőelemek mérése

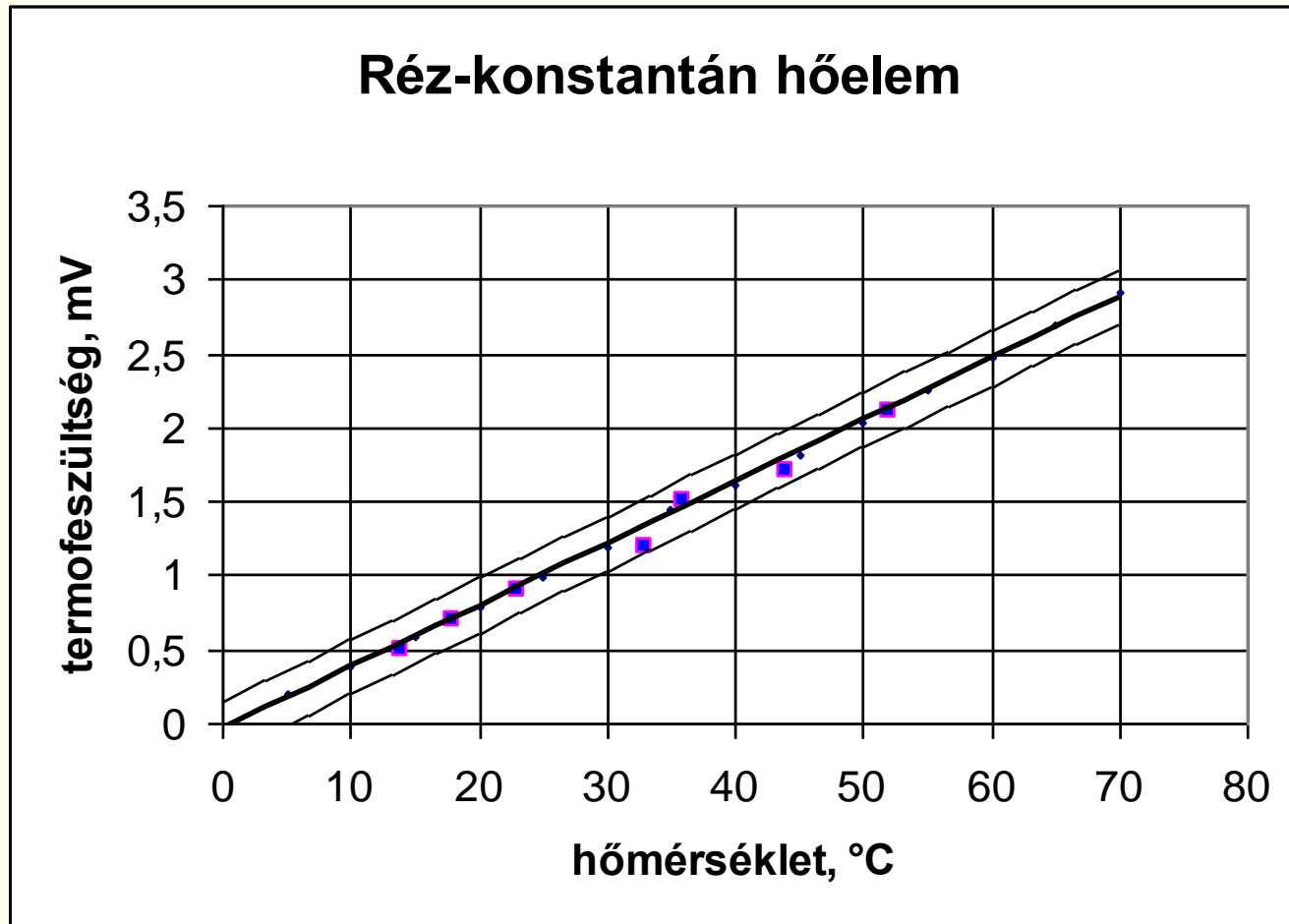


$$U = \alpha_1 \Delta T + \alpha_2 \Delta T^2 + \alpha_3 \Delta T^3 \dots$$

Hőelemek mérése

t	irodalmi	saját mérés
°C	mV	mV
10	0,391	
14		0,4
15	0,589	
18		0,6
20	0,790	
23		0,9
25	0,992	
28		1,0
30	1,196	

Hőelemek mérése



Fajlagos hőkapacitás mérése

a kalorimetria alapegyenlete $Q_v=Q_i$

a víz által leadott hő

$$Q=c_v m_v (t_v - t)$$

a vizsgált anyag által felvett hő

$$Q=c_i m_i (t_i - t)$$

Fajlagos hőkapacitás mérése

a kaloriméter annyi hőt vesz fel, mint m_k tömegű víz. Ez a kaloriméter **vízérték**

t_1 hőmérsékletű víz betöltése esetén a víz és a kaloriméter együttes hőfelvétele:

$$Q_1 = c_v(m_v + m_k)(t_1 - t)$$

t_2 hőmérsékletű m_2 tömegű meleg víz hőleadása:

$$Q_2 = c_v m_2 (t_2 - t)$$

Fajlagos hőkapacitás mérése

a hideg és meleg víz adataiból a kaloriméter vízérték (szokásos mértékegysége: g)

$$m_k = m_2 \frac{t_2 - t}{t - t_1} - m_1$$

Fajlagos hőkapacitás mérése

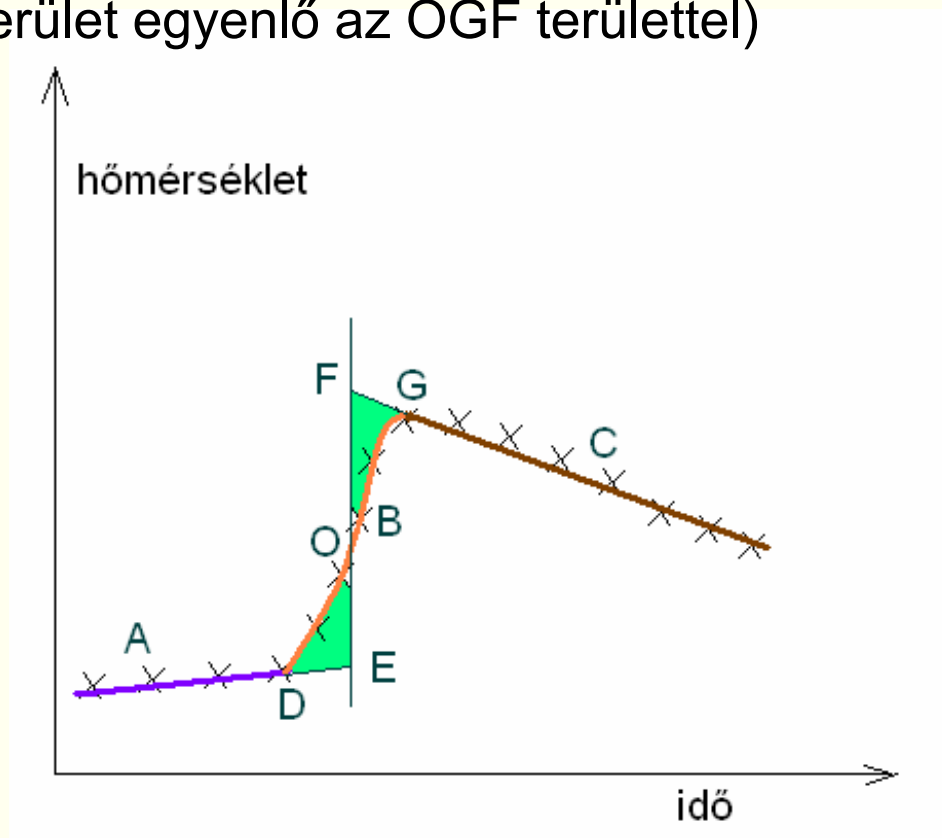
a kaloriméter annyi hőt vesz fel, mint m_k tömegű víz. Ez a kaloriméter **vízérték** t_1 hőmérsékletű víz betöltése esetén a víz és a kaloriméter együttes hőfelvétele:

$$Q_1 = c_v (m_v + m_k) (t_1 - t)$$

helyette a kaloriméter hőkapacitásával számolunk: $C_k = c_v m_v$, mértékegysége J/K

Fajlagos hőkapacitás mérése

A számításnál az E–F hőmérséklet-különbséget vesszük figyelembe
(az ODE terület egyenlő az OGF területtel)



Fajlagos hőkapacitás mérése

a vízérték ismeretében az ismeretlen hőkapacitás:

$$c_i = c_v \frac{m_v + m_k}{m_i} \frac{t_v - t}{t - t_i}$$

Mérés Roloff készülékekkel

A forrás nyomása és hőmérséklete közötti összefüggést a Clausius–Clapeyron egyenlet írja le

$$\ln p = -\frac{r_m}{R_m} \frac{1}{T} + B$$

r_m a moláris párolgáshő

R_m az általános gázállandó

Mérés Roloff készülékekkel

Történelmi okokból a tízes alapú logaritmust használjuk:

$$\lg p = -\frac{r_m}{2,3R_m} \frac{1}{T} + B \quad \text{vagy}$$

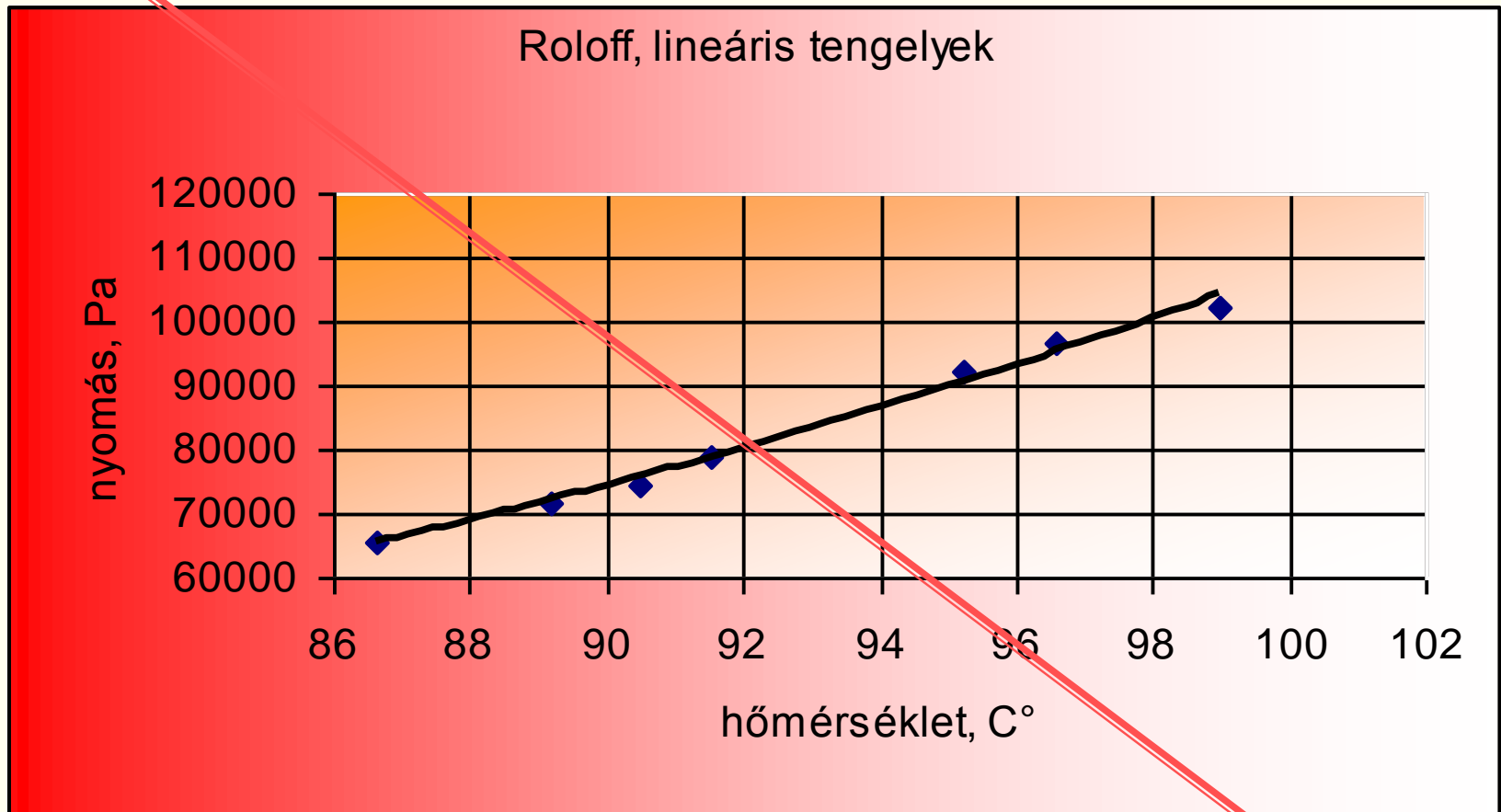
$$\lg p = -A \frac{1}{T} + B$$

Mérés Roloff készülékekkel

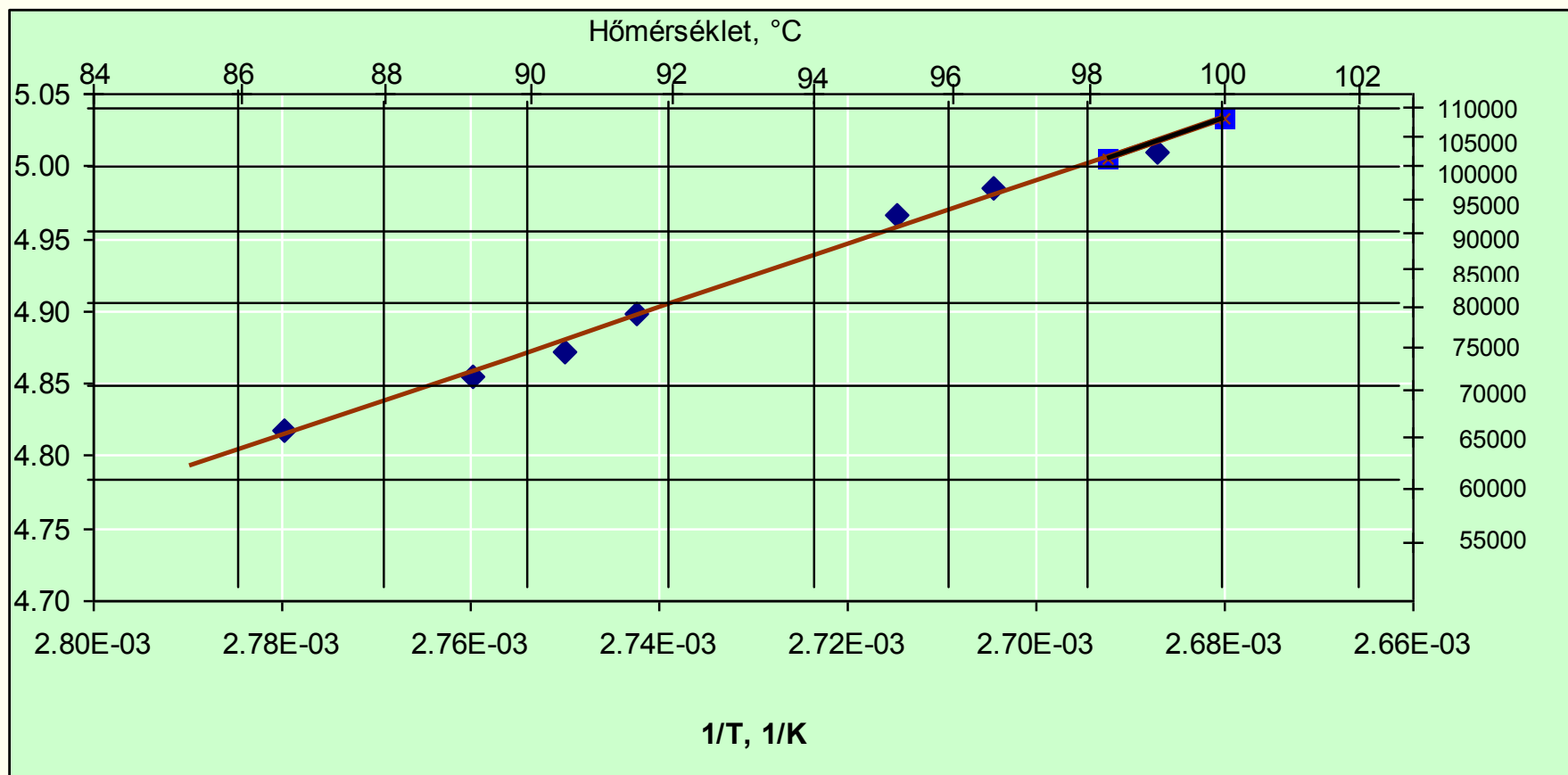
Az eredményt ellenőrizzük az Antoine-
állapotegyenlet szerint
(víz esetén $A=23,1964$, $B=3816,44$, $C=-46,13$ K):

$$\ln p = A - \frac{B}{T + C}$$

Mérés Roloff készüléssel



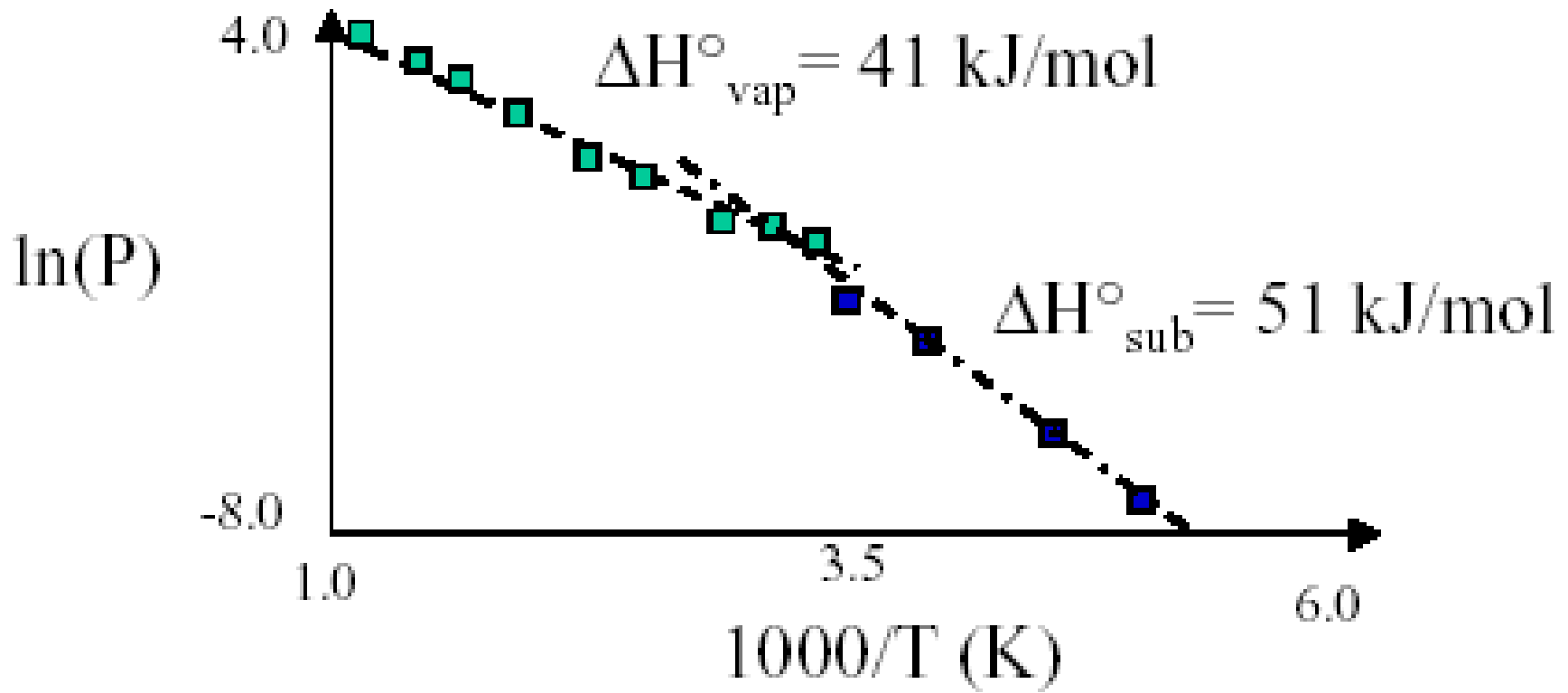
Mérés Roloff készülékkal



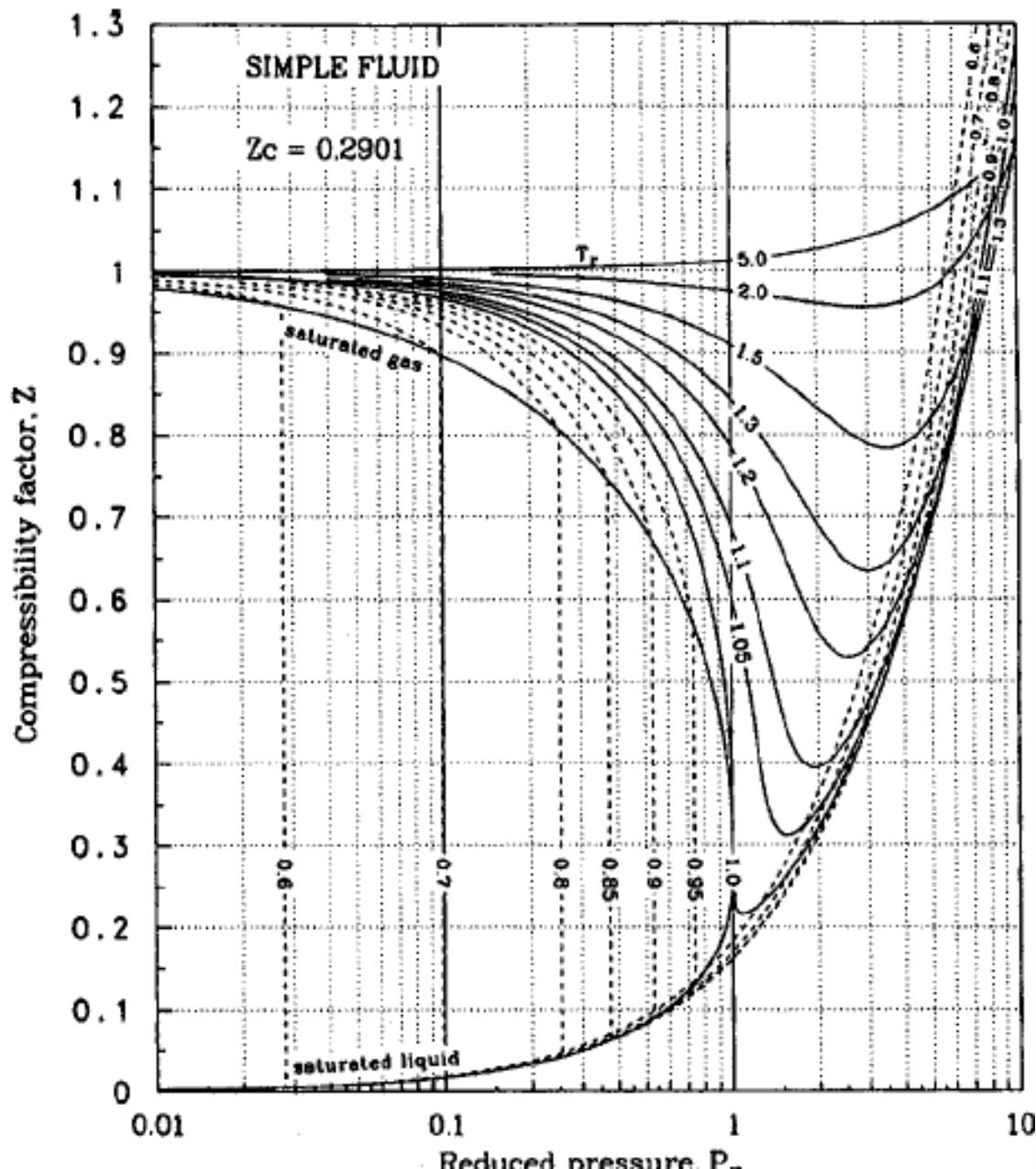
Néhány magyarázat

A következő két ábra a fázisátalakulások jellegét újszerűen ábrázolja (kiegészítés a Roloff-kísérlethez és a fagyáspont-csökkenéshez)

Vaporising= párolgás,
Sublimation=szublimáció
(a nyomás bárban értendő)



Kompresszibilitás a redukált
nyomás függvényében
(paraméter: a redukált
hőmérséklet)



Mérés Roloff készüléssel

Az ismertetett képletekből számítsuk ki a moláris és a specifikus párolgáshőt, és ellenőrizzük táblázatból

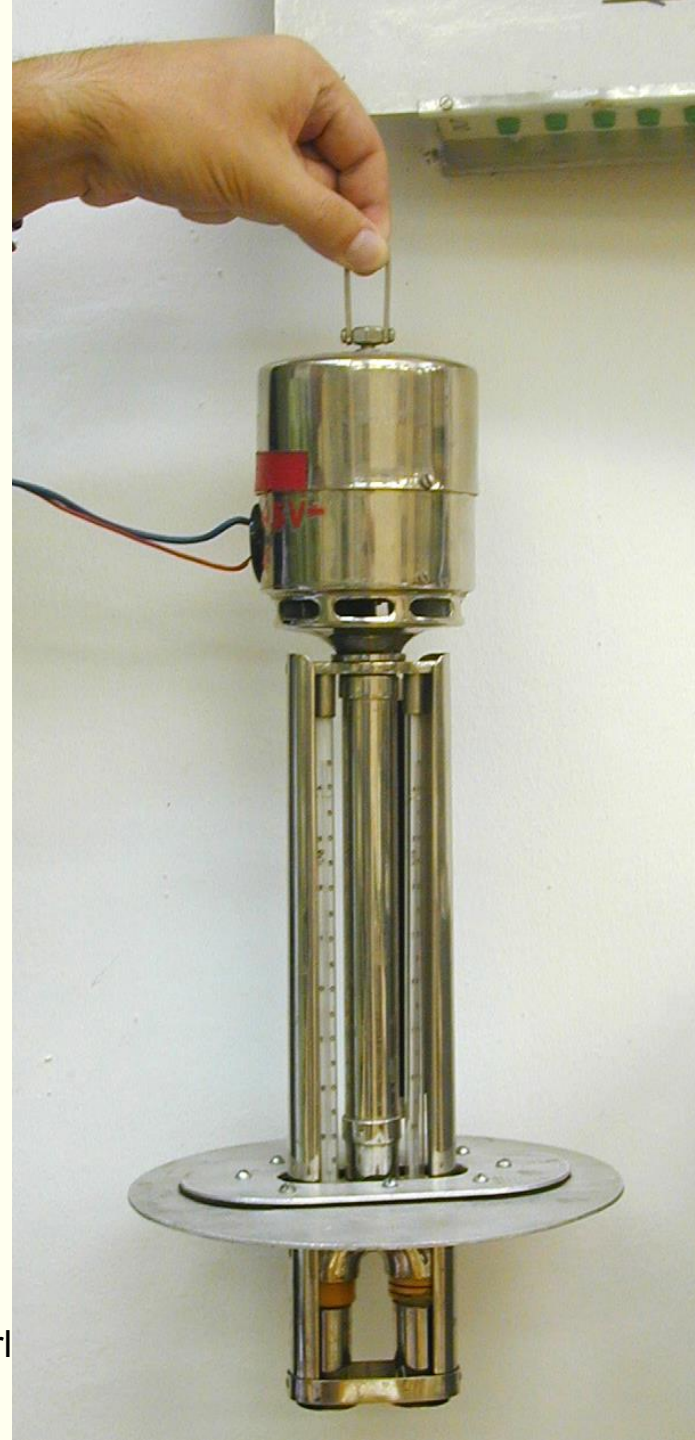
$$A = \frac{r_m}{2,3R_m}$$

Nedves levegő állapotváltozása

Állítsunk a termosztáton egyre magasabb hőmérsékletet. Minden esetben olvassuk le az Assman-féle aspirációs pszichrométer által mutatott hőmérsékletet

A keresett pont a száraz hőmérő izotermáján van. A nedves hőmérő által mutatott légállapot a telítési görbén van.

Nedves levegő állapotváltozása

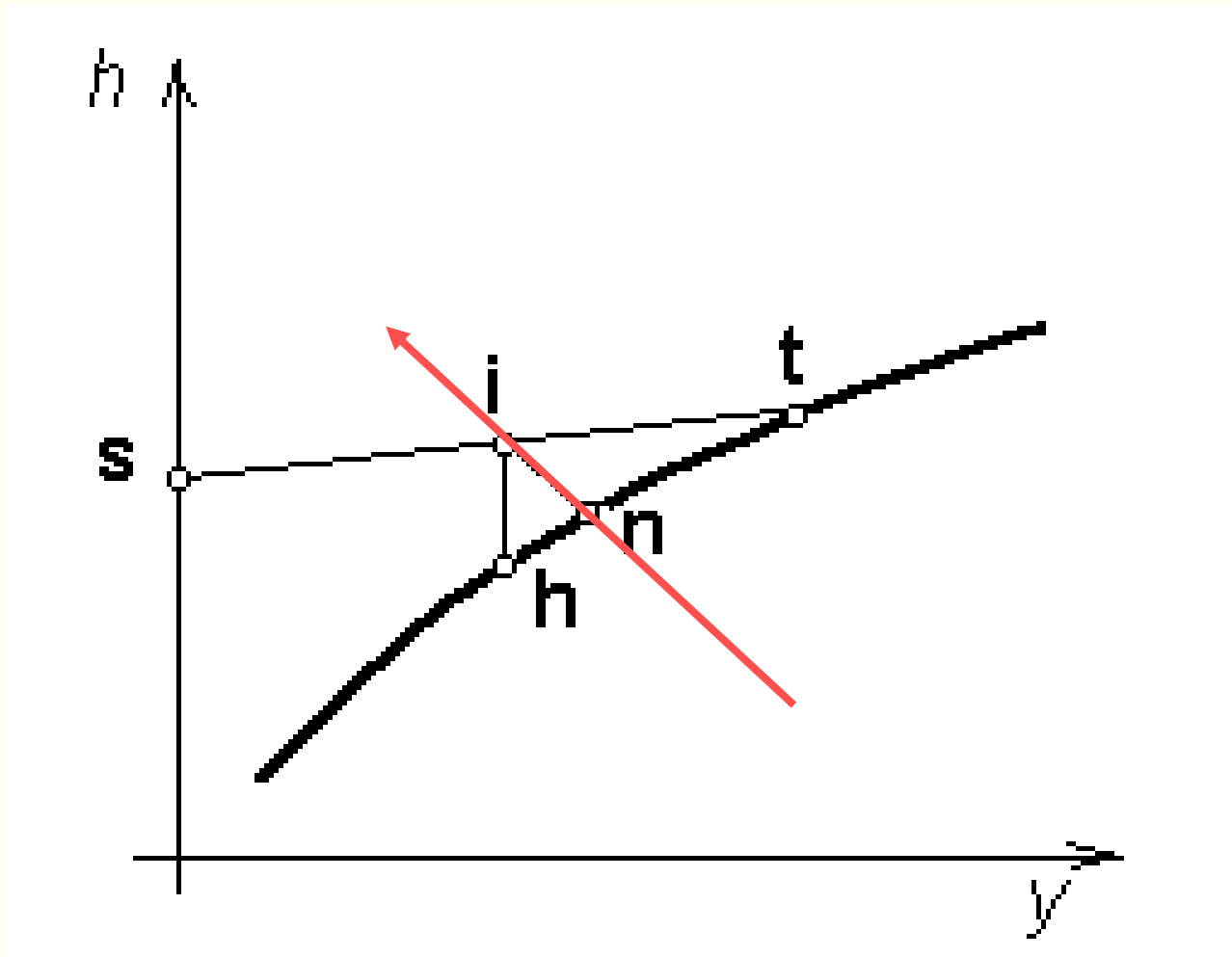


Nedves levegő állapotváltozása

A nedves hőmérő pontjától húzzunk az entalpia-vonalakkal párhuzamos vonalat addig, amíg el nem éri a száraz hőmérő izotermáját. Ott van a keresett légállapot.

Több termosztát-beállításnál több mérési pontot kapunk. Ezeket összekötve egy állapotváltozás vonala rajzolódik ki. Ezt meg kell rajzolni és be kell adni a mérési jegyzőkönyvvel

Nedves levegő állapotváltozása

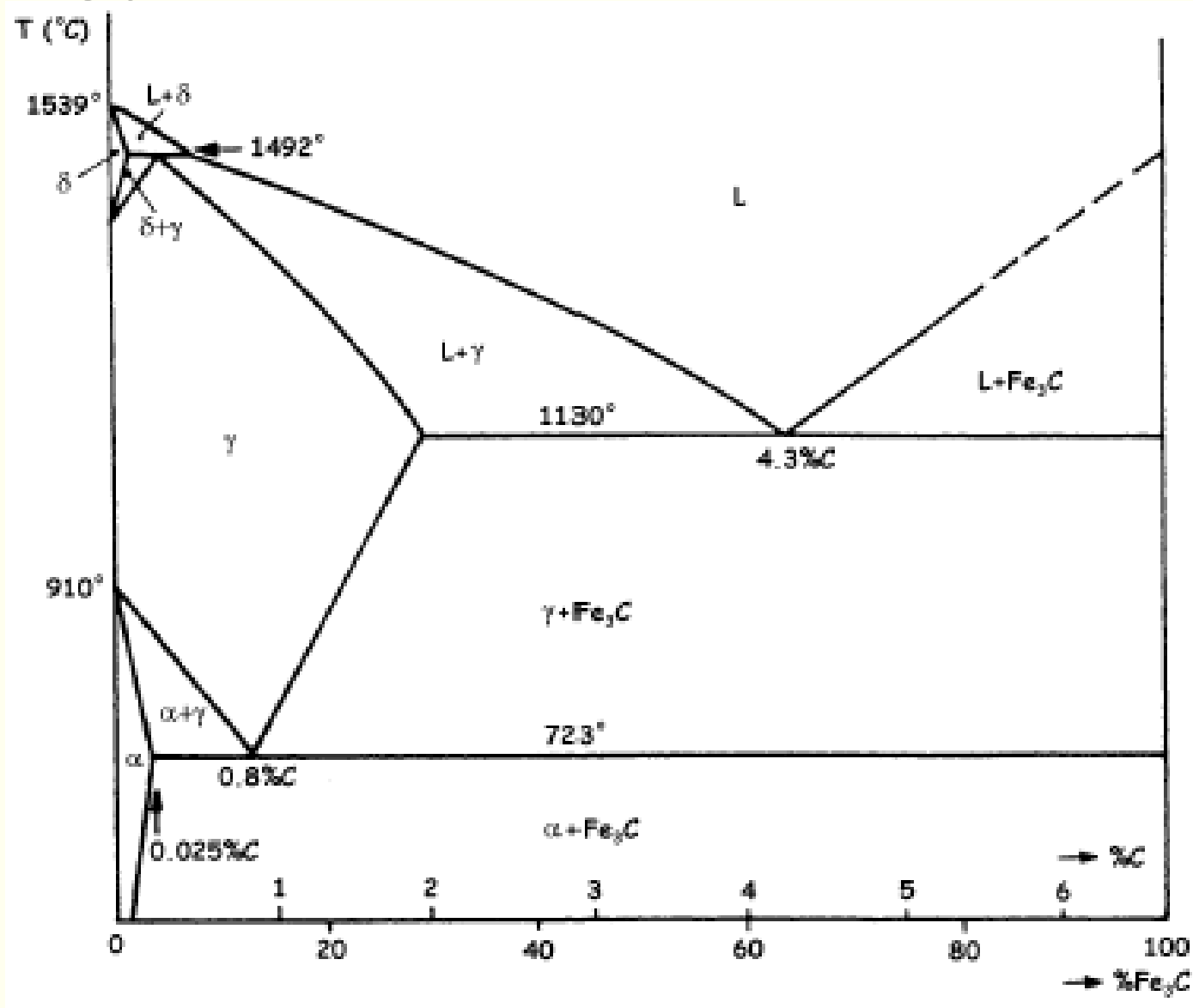


Nedves levegő állapotváltozása

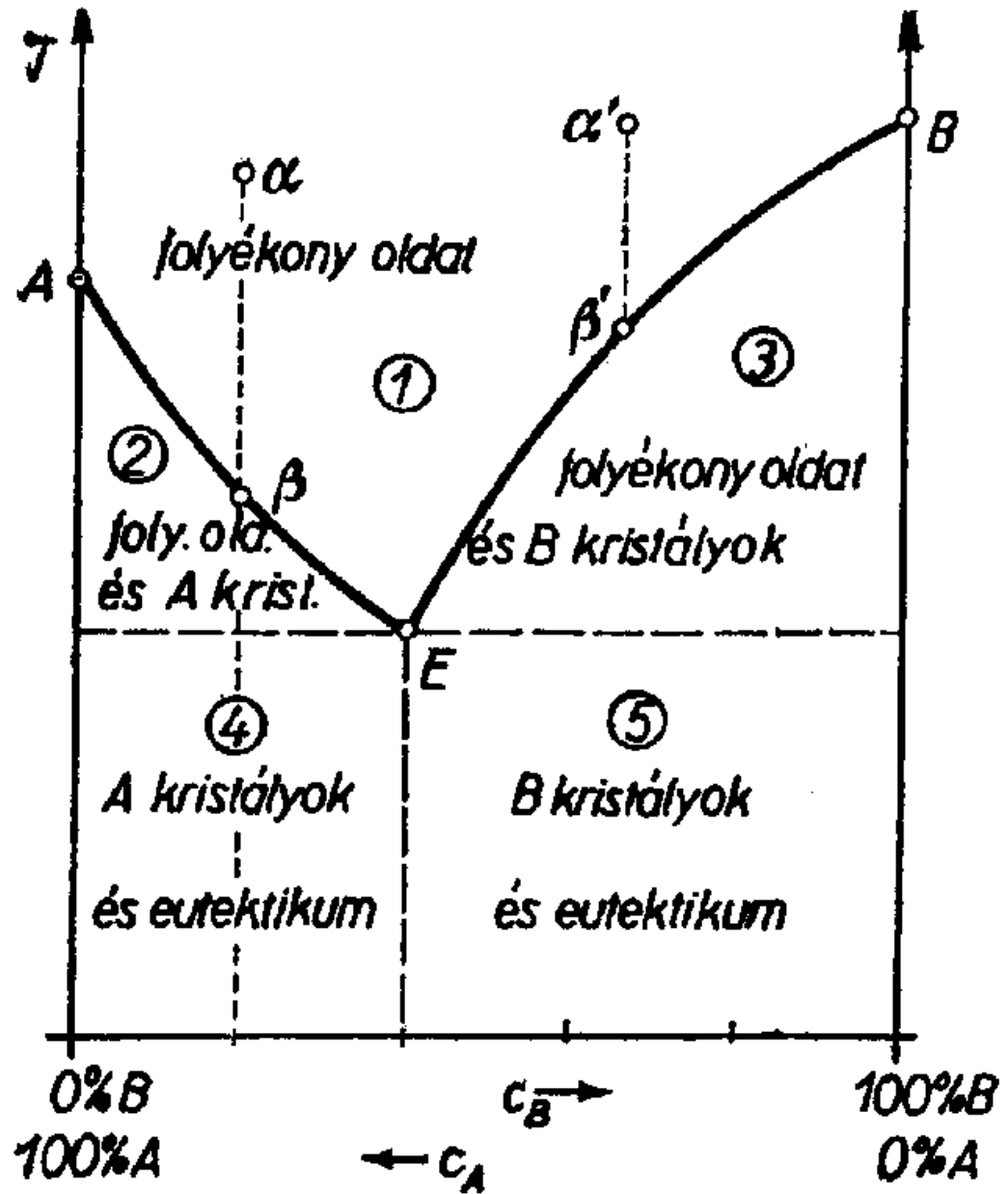
Feladat:

- adatok leolvasása a pszichrométerről
- adatok kiolvasása a digitális adatrögzítőből
 - relatív nedvességtartalom
 - harmatpont
 - hőmérséklet
- az adatok kiértékelése és ábrázolása

Fagyáspont csökkenés mérése



Fagyáspont csökkenés mérése



Fagyáspont csökkenés mérése

hőmérséklet, °C



Eutektikus
pont

Valahol itt lesz
a mérés
eredménye

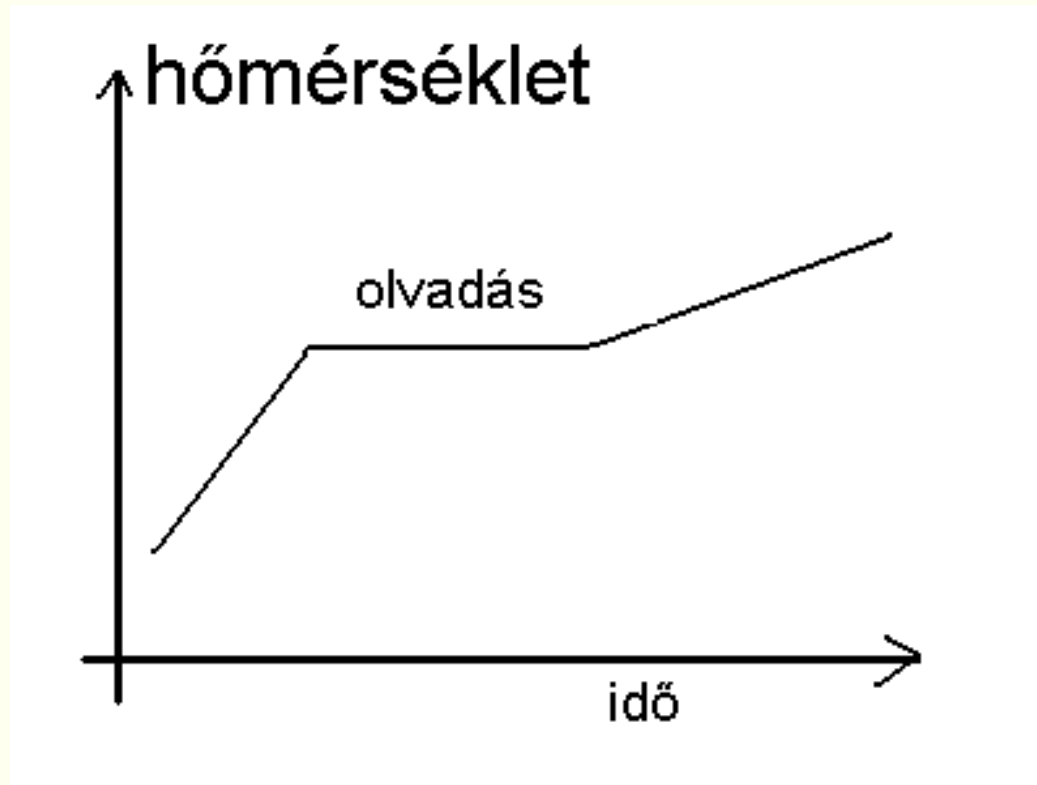
NaCl tömegtörtje

Fagyáspont csökkenés mérése

Állandó hőbevezetésnél a hőmérséklet mindaddig emelkedik, amíg a fagyáspontot el nem értük. A fagyáspontot elérve folyadék és szilárd anyag egyaránt jelen van. Ekkor a hőmérséklet emelkedése lelassul, mert nemcsak a hőkapacitás, hanem a fázisátalakulás ellenében is történt hőbevezetés.

Fagyáspont csökkenés mérése

Készítsük el az olvadás időfüggvényét!



Fagyáspont csökkenés mérése

$$\ln X = \frac{\Delta H}{R} \left(\frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)$$

X az oldószer móltörtje az oldott anyagban

R a gázállandó

T_0 a tiszta oldószer fagyáspontja

Fagyáspont csökkenés mérése

$$X = \frac{\text{oldószer}}{\text{oldószer} + \text{oldott anyag}}, \frac{\text{mol}}{\text{mol}}$$

X az oldószer móltörtje

Fagyáspont csökkenés mérése

$$\Delta T = E_k x$$

E_k a krioszkópos állandó

x az oldott anyag mólaránya az oldószerben

Fagyáspont csökkenés mérése

$$x = \frac{\text{oldott anyag}}{\text{oldószer}}, \frac{\text{mol}}{\text{mol}}$$

Fagyáspont csökkenés mérése

$$E_k = \frac{RT^2}{\Delta H_{s1}}$$

E_k a krioszkópos állandó

T a tiszta oldószer fagyáspontja

ΔH_{s1} a szilárd–folyadék átalakulás hője
(a fagyáshő)

A fagyáspont csökkenést sóoldatokon mérjük

Összetétel: a vizsgálni kívánt komponens (értékes komponens) mennyiségét *elosztjuk* az egész elegy (oldat) mennyiségével

A mennyiség mérhető a komponens

- tömegével, kg
- térfogatával, m^3
- anyagmennyiségével, mol
- darabszámával, db

A gyakoribb összetétel mérő mennyiségek:

- tömegtört
 - térfogattört
 - anyagmennyiség-koncentráció
-
- ✓ Sűrűség: a komponens tömege osztva ***a komponens*** térfogatával , kg/m^3
 - ✓ Tömegkoncentráció: a komponens tömege osztva ***az egész elegy*** térfogatával, kg/m^3

Hogy is van ez?

$$\frac{300\text{kg}}{1\text{m}^3} = \frac{0,3\text{kg}}{1\text{l}} = \frac{0,3\text{kg}}{1000\text{ml}} = \frac{300\text{g}}{1000\text{ml}} = \frac{30\text{g}}{100\text{ml}}$$

Az nem baj, hogy „háromszáz” helyett azt mondják, hogy „harminc százalék”. A baj az, hogy ugyanezt mondják a tömegtört esetén is!

$$\frac{300\text{kg}}{1000\text{kg}} = \frac{0,3\text{kg}}{1\text{kg}} = \frac{0,3\text{kg}}{1000\text{g}} = \frac{300\text{g}}{1000\text{g}} = \frac{30\text{g}}{100\text{g}}$$

Végezzük el az átszámításokat a fagyáspont méréséhez használt oldatoknál!

Fagyáspont csökkenés mérése

Klasszikus: Raoult-koncentráció:

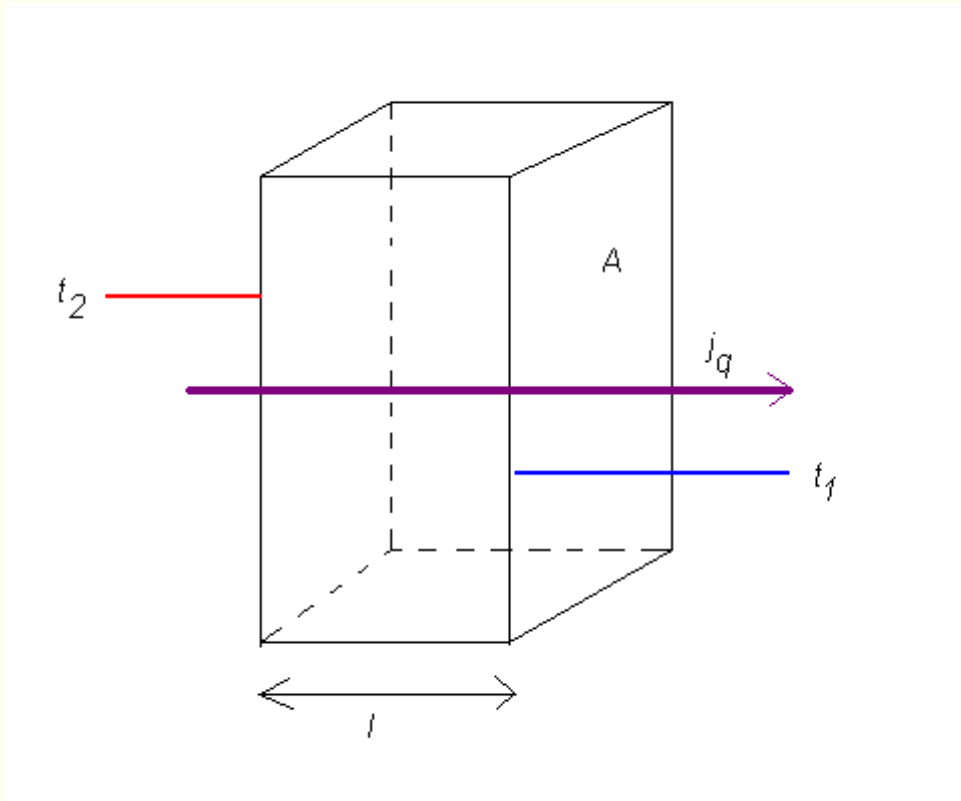
$$1,862 \frac{\text{K}}{\text{mol/kg}}$$

$$103,358 \frac{\text{K}}{\text{mol/mol}} \cdot 0,018015 \frac{\text{kg}}{\text{mol}} = 1,862 \frac{\text{K}}{\text{mol/kg}}$$



$$192 \frac{\text{K}}{\text{mol/mol}}, \text{ figyelembe véve a disszociációt}$$

Hővezetési együttható mérése



Adott a térben az az irány, amelyben maximális a $t_2 - t_1$ -ből számított grádiens. Az erre **merőleges** A keresztmetszeten áthaladó hőáramból számítjuk a hőáramsűrűséget

Hővezetési együttható mérése

A hőáramsűrűség
hagyományos jelölése

az első félévben megszokott
jelölési móddal:

$$q = \frac{\Phi}{A}$$

$$j_Q = \frac{J_Q}{A}$$

A a keresztmetszet, amelyben a hő áramlik

Hővezetési együttható mérése

a hőmérsékleti grádiens (a hőáramlás irányában l távolságon mérjük a hőmérsékletkülönbséget)

$$\text{grad } T = \frac{T_2 - T_1}{l}$$

Hővezetési együttható mérése

a hőáramsűrűség és a hőmérsékleti grádiens ismeretében a hővezetési együttható már számítható

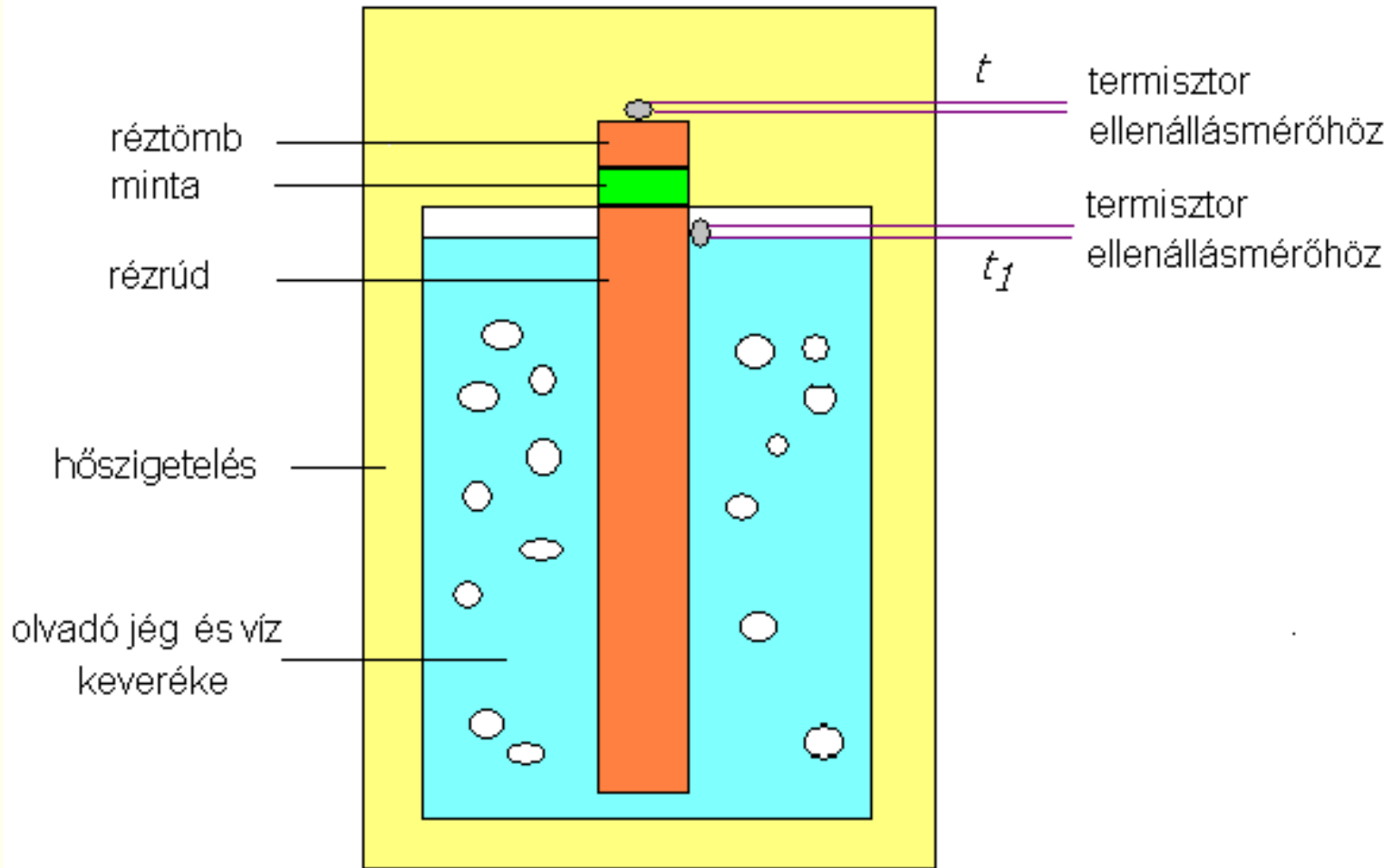
$$q = -\lambda \cdot \text{grad } T$$

Hővezetési együttható mérése

a sűrűség és a hőkapacitás ismeretében
kiszámítjuk a hőmérséklet vezetési együtthatót:

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c_p}$$

mérés Fitch módszerével



mérés Fitch módszerével

$$\lambda_{\text{minta}} A \frac{t_1 - t}{l} = c_{\text{Cu}} m_{\text{Cu}} \frac{dt}{d\tau}$$

baloldalt a mintán áthaladó; jobboldalt a réztömb hőkapacitásában elnyelt hőmennyiség; feltételezzük, hogy egyenlőek (hőszigetelt térben mérjük)

mérés Fitch módszerével

Integrálás után adódik:

$$\ln\left(\frac{t_0 - t_1}{t - t_1}\right) = \frac{\lambda A}{l c_{\text{Cu}} m_{\text{Cu}}} \tau$$

a képletekben t a hőmérséklet,
görög τ az idő

feladat: ábrázolni a
logaritmikus tagot az
idő függvényében

$$\ln\left(\frac{t_0 - t_1}{t - t_1}\right)$$

