

Fizika gyakorlatok, 2. félév

Termodinamika

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

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 kijáratoknál zuhanyozókat szereltek fel arra az esetre, ha valakinek meggyullad a ruhája.

Fizika részterületei a 2. félévben

- o Termosztatika
- o Nemegyensúlyi termodinamika
- o Onsager törvények
- o Mikrok calorimetria
- o Hősugárzás
- o híg oldatok törvényei
- o Nedves levegő, hűtőfolyamatok

Jegyzőkönyv elkészítése

Minden mérőcsoport jegyzőkönyvet készít

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
- Nem engedélyezett mértékegység
- Ellenőrizetlen végeredmény

Jegyzőkönyv elkészítése

Fizikai mennyiségek szabályos jelölése

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

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

Mérési gyakorlatok

- A félév során csak négy mérést tudunk elvégezni – a vizsgán valamennyi mérést ismerni kell!

- hőmérsékletfüggő villamos mennyiségek
 - félvezetők
 - hőelemek
 - ellenálláshőmérők
- a kalorimetria alaptörvénye
- hővezetés
- a nyomás és a forráspont összefüggése
- állapotváltozások nedves levegőben
- oldatok fagyáspontcsökkenése

Oktatási segédanyagok:

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

<http://physics2.kee.hu>

Órarend	Csütörtök	
8-10		
10-12	2	
12-14	4	
14-16	3	
16-18	1	

Sorrend-minta

	1. hét	2. hét	3. hét	4. hét
1. Csoport	1	2	3	4
2. Csoport	2	3	4	5
3. Csoport	3	4	5	1
4. Csoport	4	5	1	2
5. Csoport	5	1	2	3

Mérések	valamennyi csoport	rövid jel
1.	Hővezetési együttható	V
2.	Roloff kísérlet	R
3.	Állapotváltozás nedves levegőben	L
4.	Fagyáspont mérése	F
5.	Termisztor karakterisztikája	T
tartalék	Hőelem karakterisztikája	E
tartalék	Hőkapacitás	K

- 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

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

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

α_1 ellenállás-hőmérsékleti együttható

α_i 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

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

ΔH az elektronok kicserélődési entalpiája

k_B a Boltzman-állandó

T a termodinamikai hőmérséklet

Félvezető ellenállás-hőmérők

Logaritmikus formában:

$$\ln R = -\frac{B}{T} + \ln R_0$$

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

Félvezető ellenállás-hőmérők

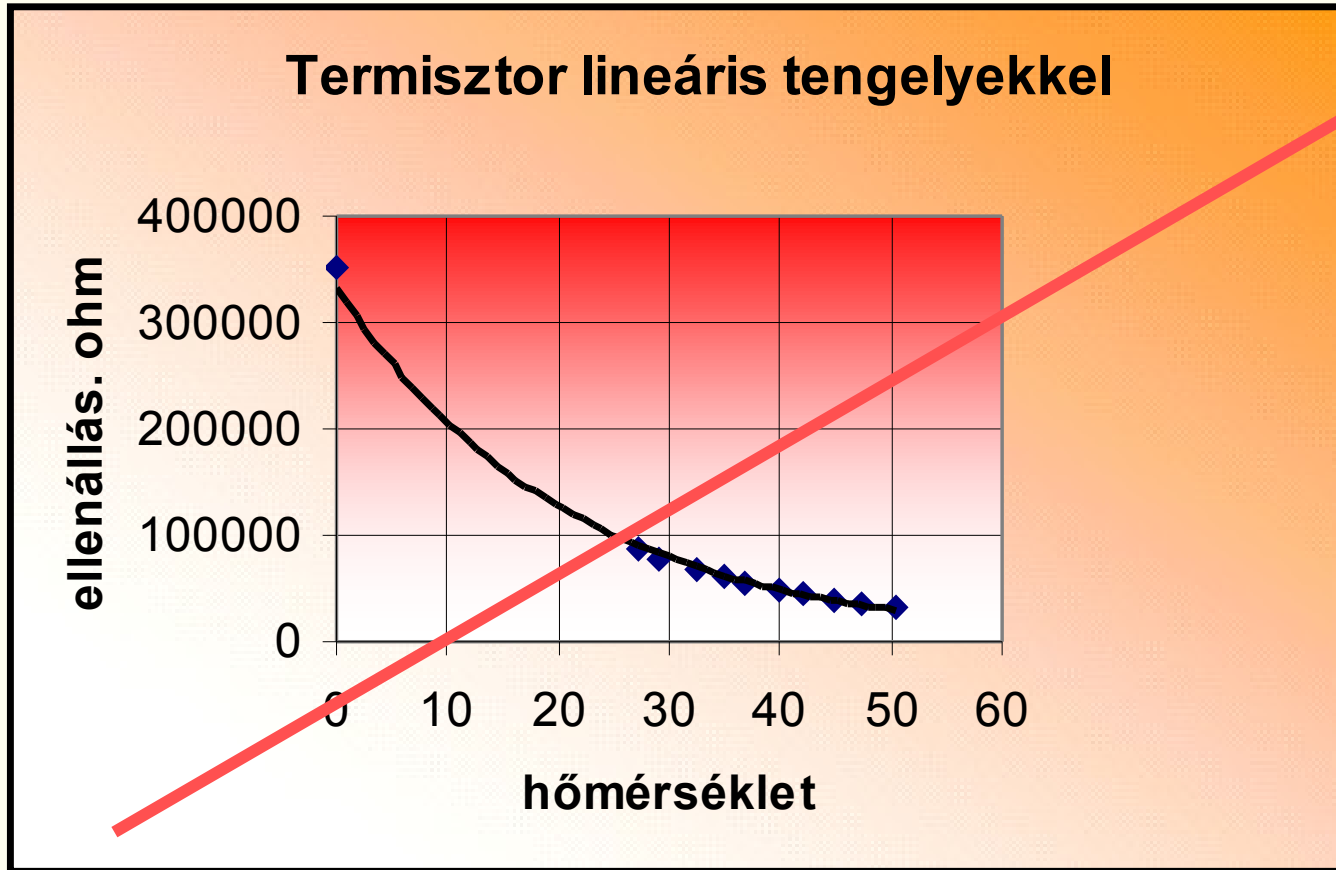
- o Anyaguk: szinterelt fénoxidok keveréke: nióbbium-oxid, kobalt-oxid, mangán-oxid
- o Energiaállandójuk 3000...5000 lehet
- o Készíthető negatív és pozitív hőmérsékleti együtthatójú termisztor is

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

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	ellenállás, kohm
logaritmus 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	logaritmusa	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, feliratozás

ellenállás, kohm	logaritmusa	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

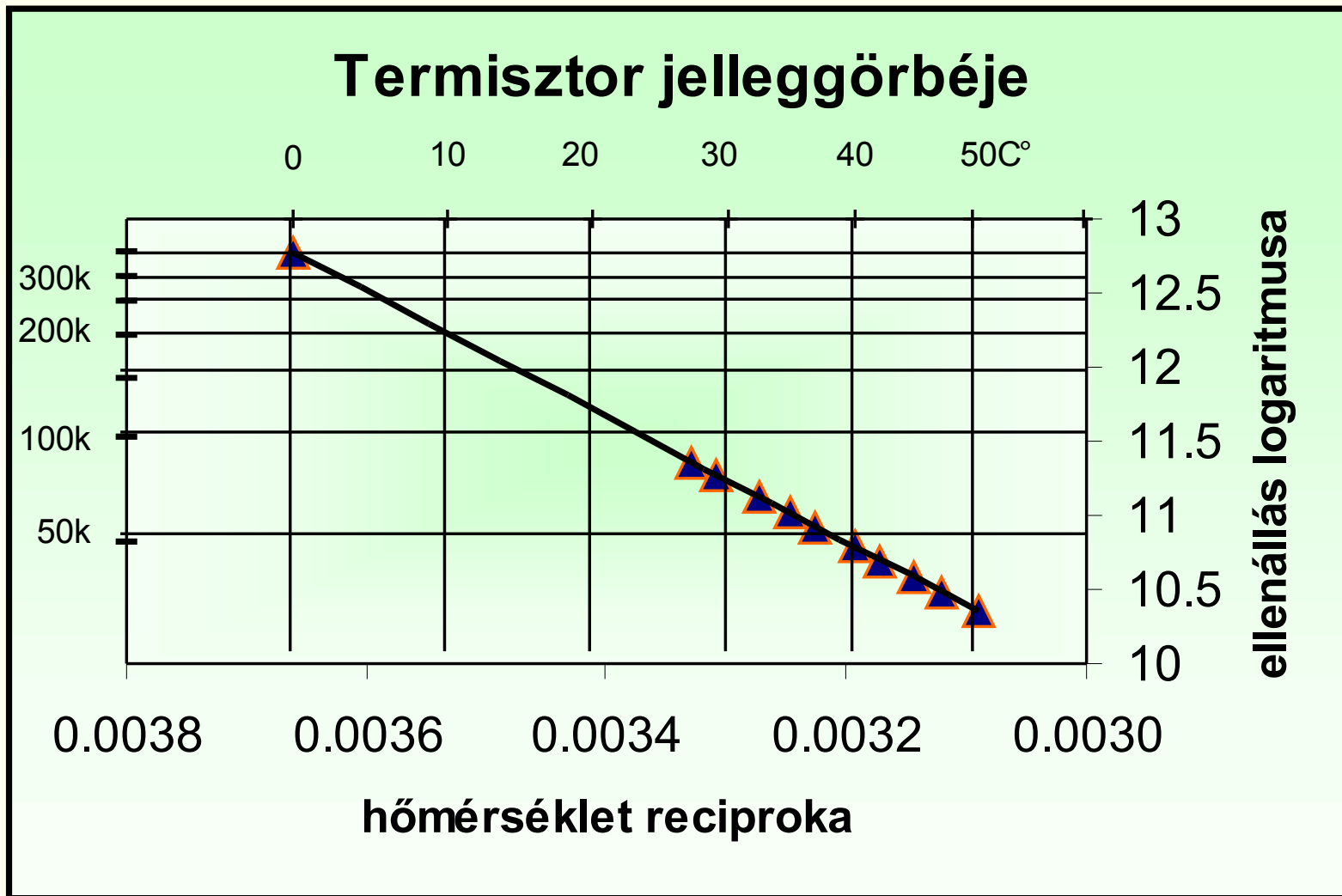
Termisztoros mérés kiértékelése

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



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 vízérték ismeretében az ismeretlen hőkapacitás:

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

Hővezetési együttható mérése

A hőáramsűrűség:

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

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:

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

Hővezetési együttható mérése

a hőbevezetés villamos fűtéssel valósul meg;
mérnünk kell tehát a feszültséget és az
áramerősséget:

$$\Phi_{be} = P = U \cdot I$$

Hővezetési együttható mérése

- a bevezetett hő egy része a mért hőáramlásra merőleges irányban eltávozik (elvész)
- a bevezetett hő az áramlás tengelyében két ellentétes irányban áramlik, ezért megfelezzük:

$$\Phi = \frac{\Phi_{be} - \Phi_v}{2}$$

Hővezetési együttható mérése

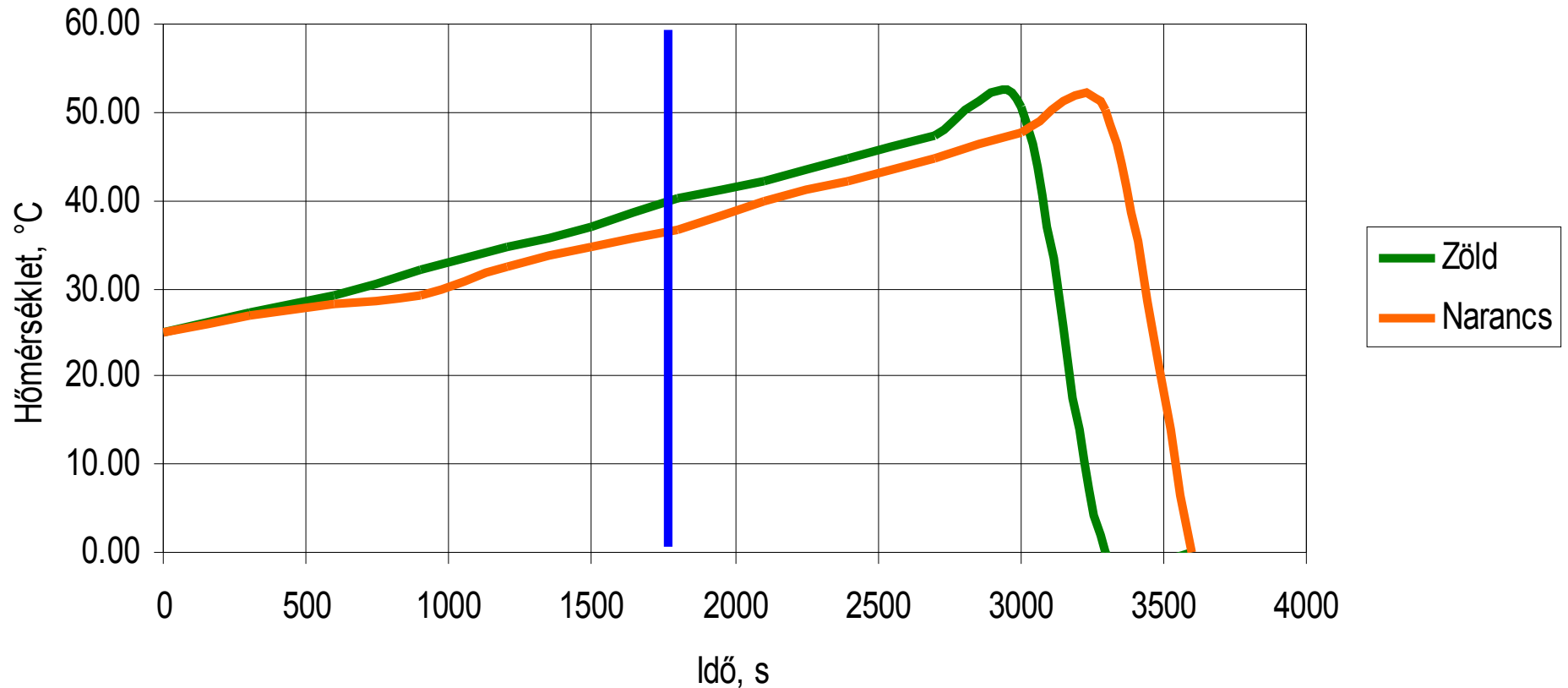
a veszteségnek nevezett hőáramot vízfürdővel fogjuk fel, és így az is megmérhető (theta a hőmérsékletkülönbség, τ az mérés időtartama):

$$\Phi_v = \frac{c_p m \vartheta}{\tau}$$

Hővezetési együttható mérése

A hőmérők 1 cm-re vannak egymástól. Mérjük meg öt percenként mindkettőn a hőmérsékletet, és készítsük el az idődiagramját. Jegyezzük fel a vízfürdőbe helyezett bothőmérő által mutatott értéket is. Válasszunk ki egy időpontot azon a görbeszakaszon, ahol a legmeredekebb a hőmérsékletváltozás. Ez legyen a hőmérsékletkülönbség a grádiens számára

Hővezetési együttható mérése



Hővezetési együttható mérése

A késsel jelölt helyen a két hőmérő időben eltolódott értéket mutat (időkésést). Ezen a helyen jelöljük ki egy időpontra (pl. 1800 s-ra, vagyis harminc percre a hőmérsékleti grádiens leolvasásának helyét, hogy a hővezetési együtthatót kiszámíthassuk.

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:

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

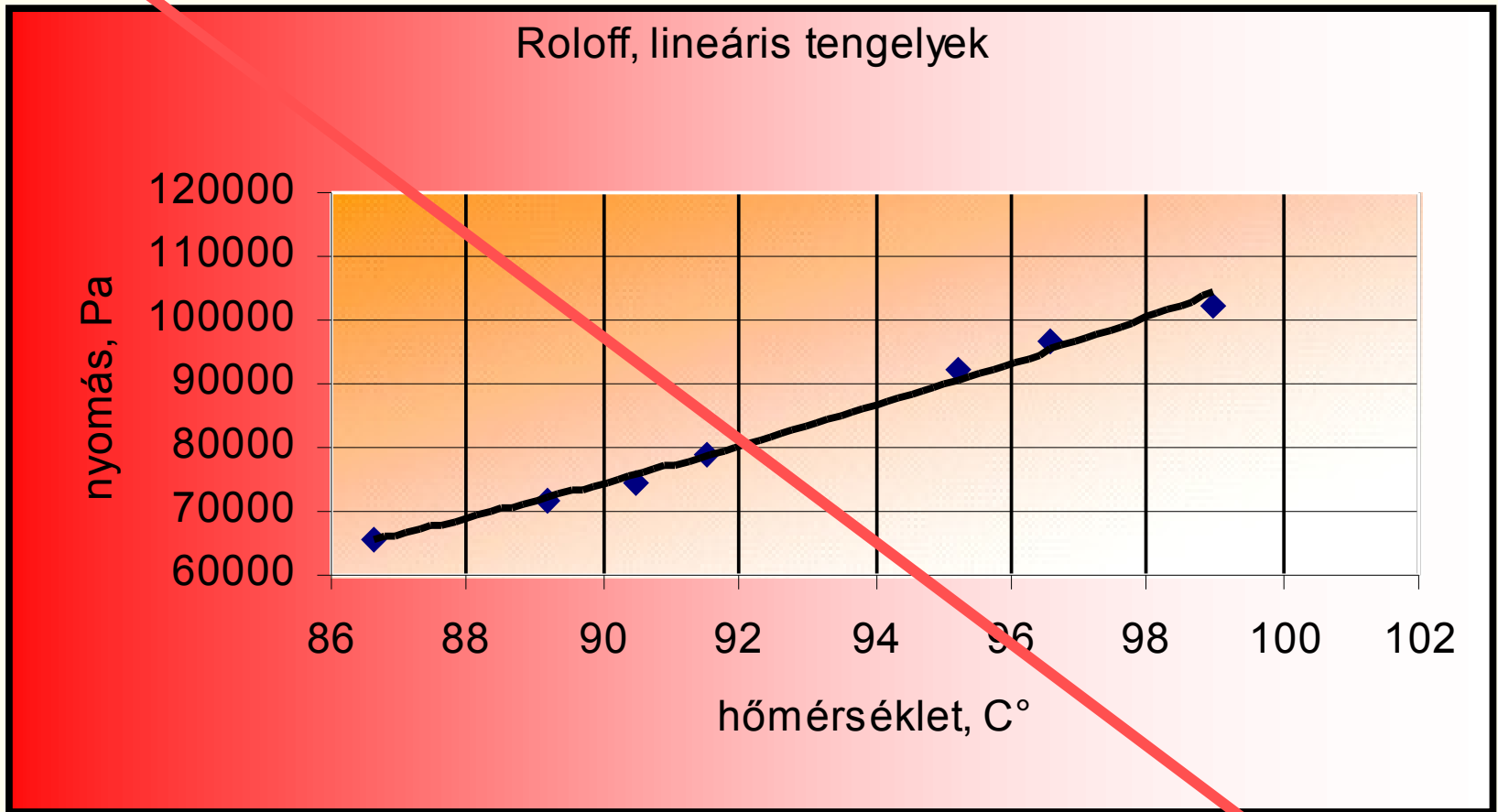
$$\lg p = -A \frac{1}{T} + B$$

Mérés Roloff készülékekkel

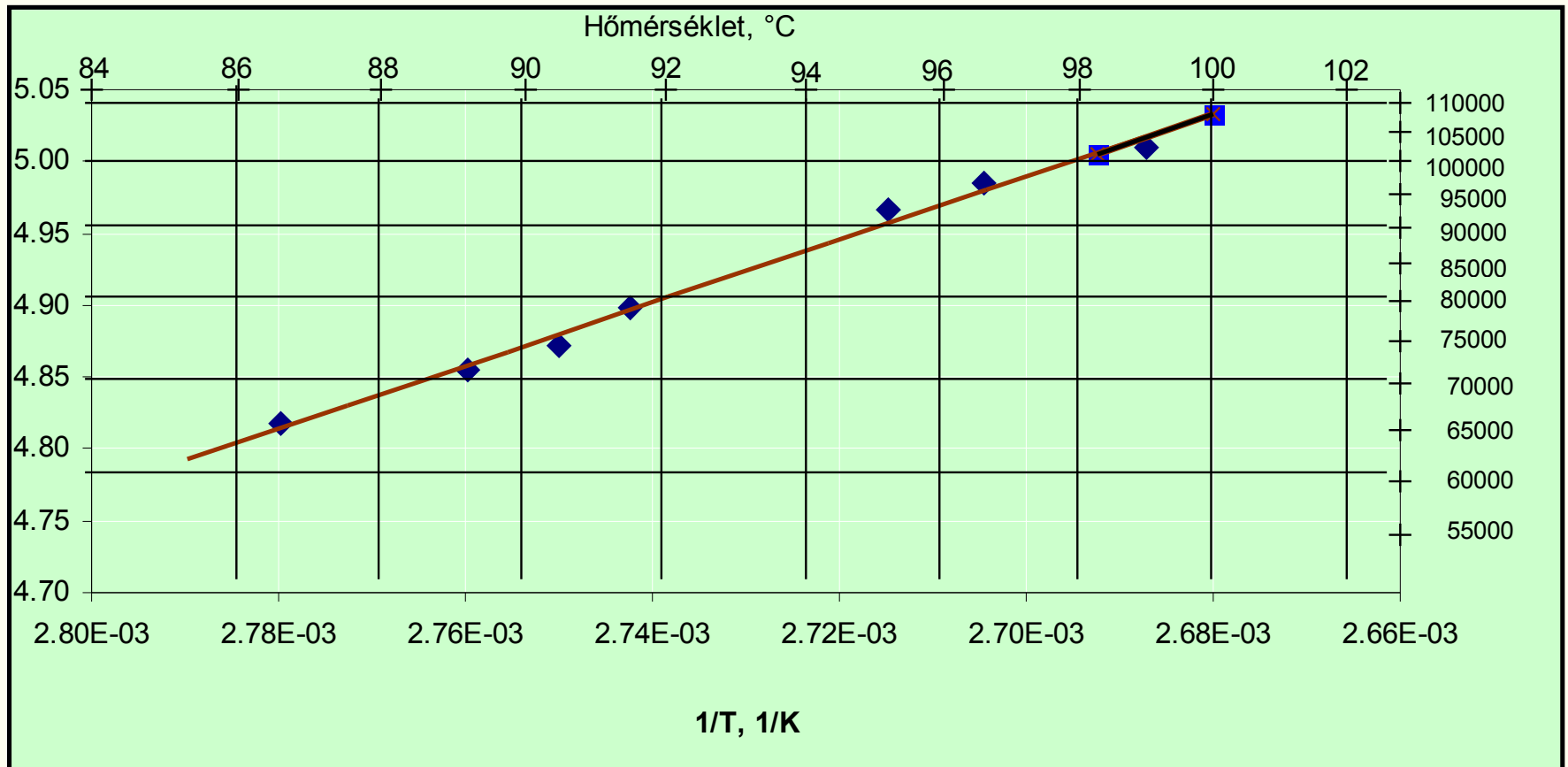
Az eredményt ellenőrizzük az Antoine-
állapotegyenlet szerint
(víz esetén $A=23,1964$, $B=3816,44$, $C=-46,13$ K):

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

Mérés Roloff készülékekkel



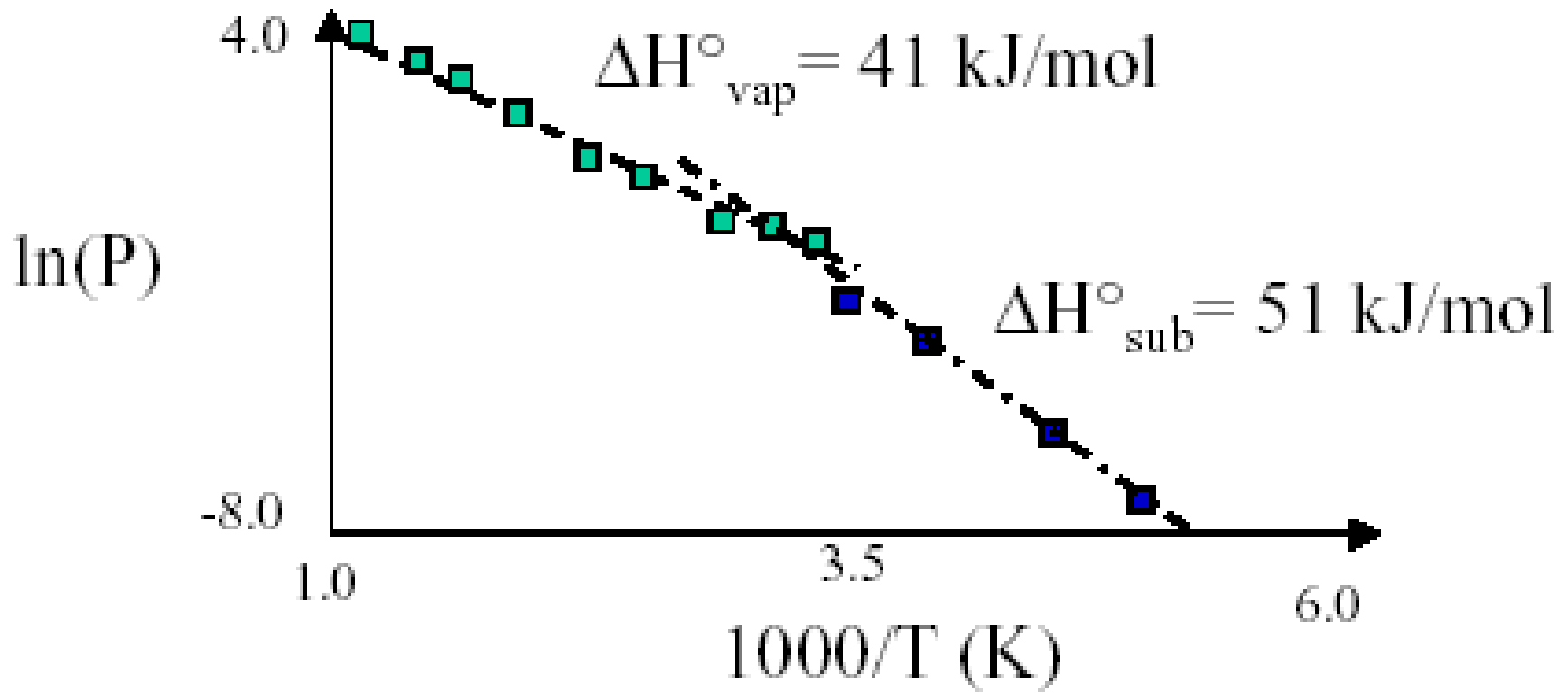
Mérés Roloff készülékekkel



Néhány magyarázat

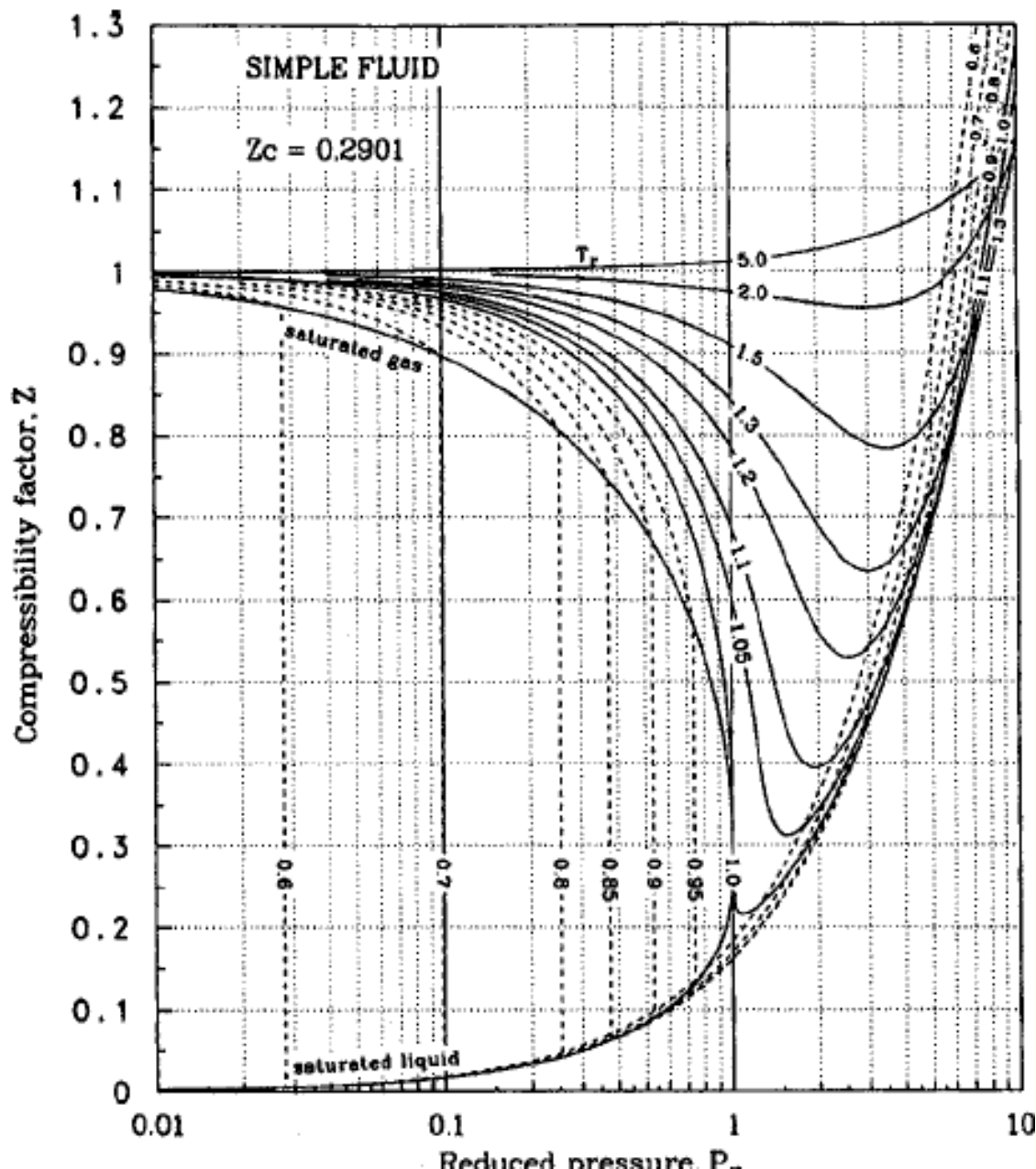
A következő két ábra a fázisátalakulások jellegét újszerűen ábrázolja (kiegészítés a Roloff-kísérlethez és a fagyáspont-csökkenéshez)

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



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

Lee-Kesler Z chart, Sonntag, Borgnakke, Van Wylen, 1998



Mérés Roloff készüléssel

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

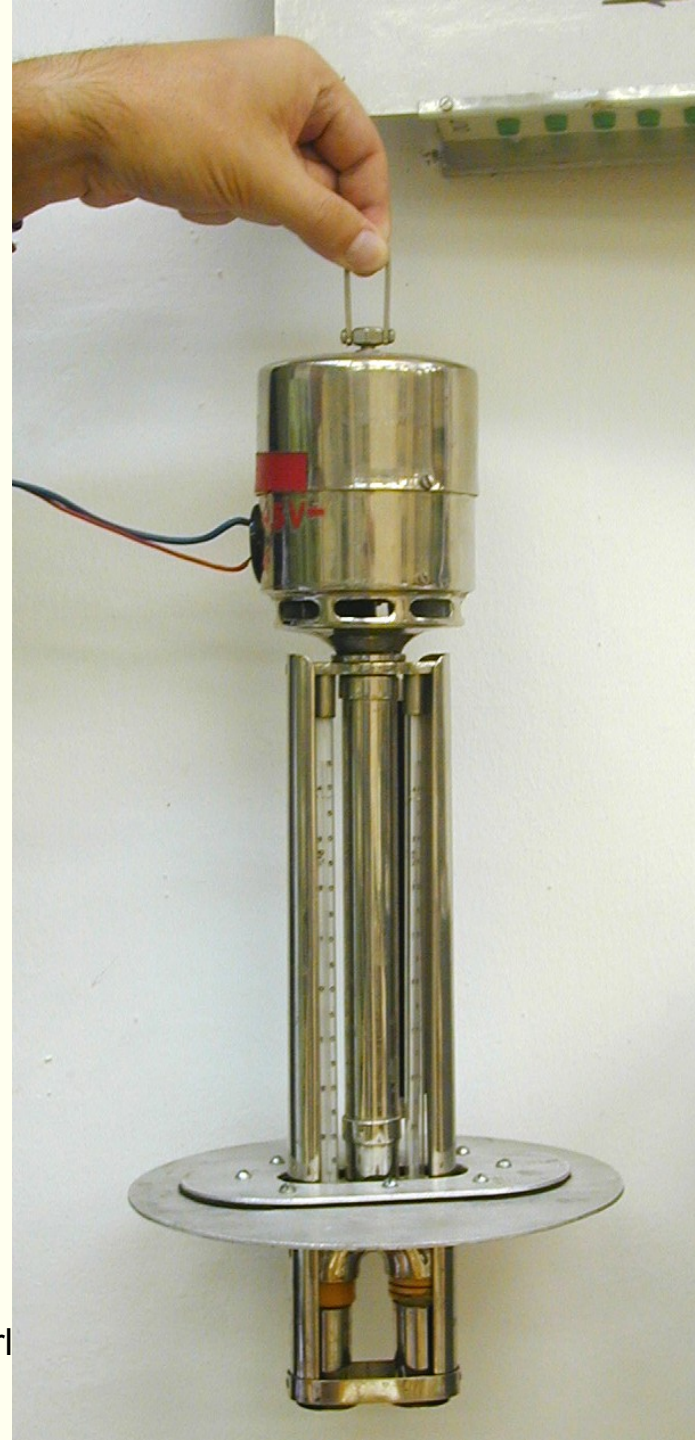
$$A = \frac{r_m}{2,3 R_m}$$

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

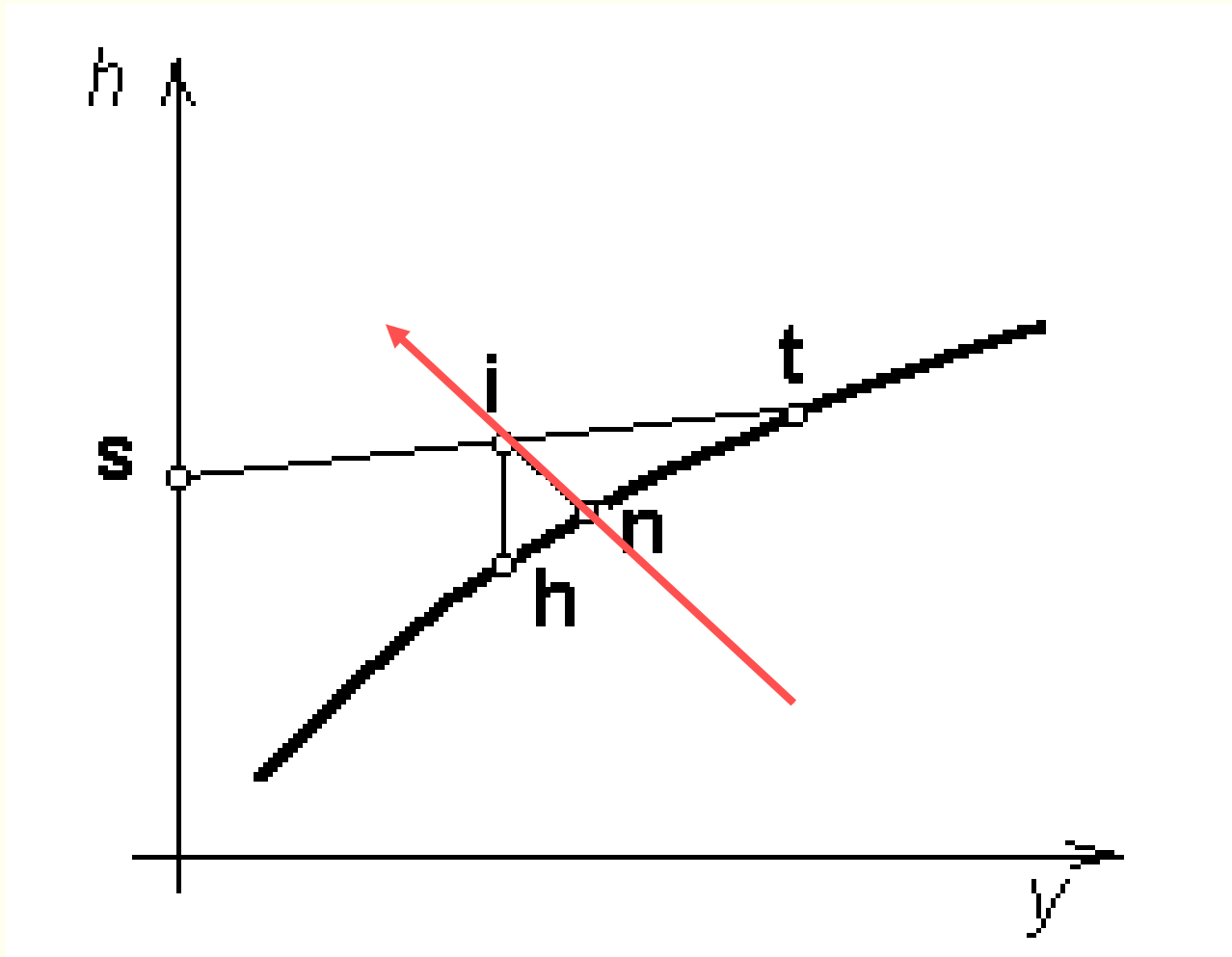


Nedves levegő állapotváltozása

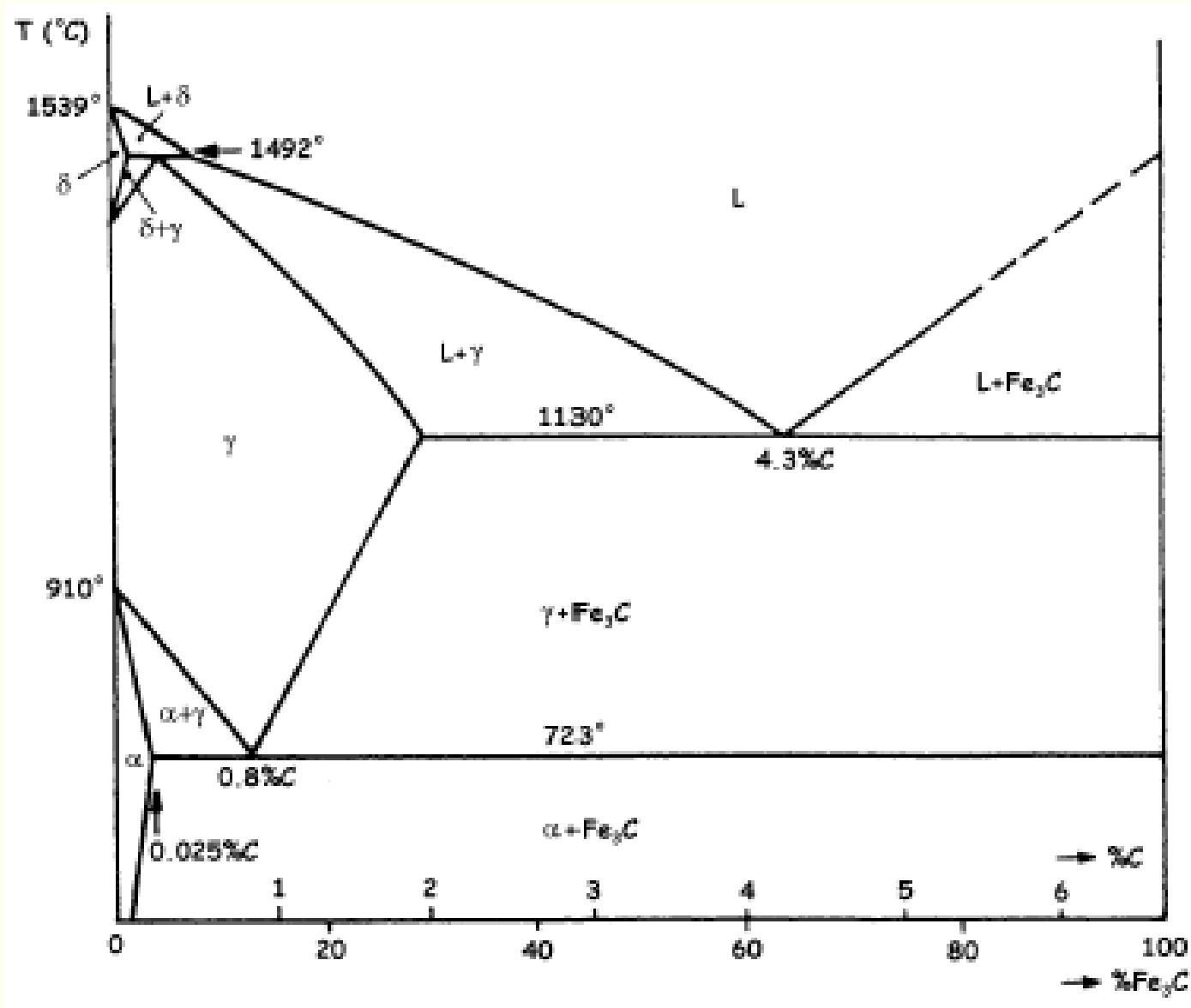
A nedves hőmérő pontjától húzzunk az entalpia-vonalakkal párhuzamos vonalat addig, amíg el nem éri a száraz hőmérő izotermáját. Ott van a keresett légállapot.

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

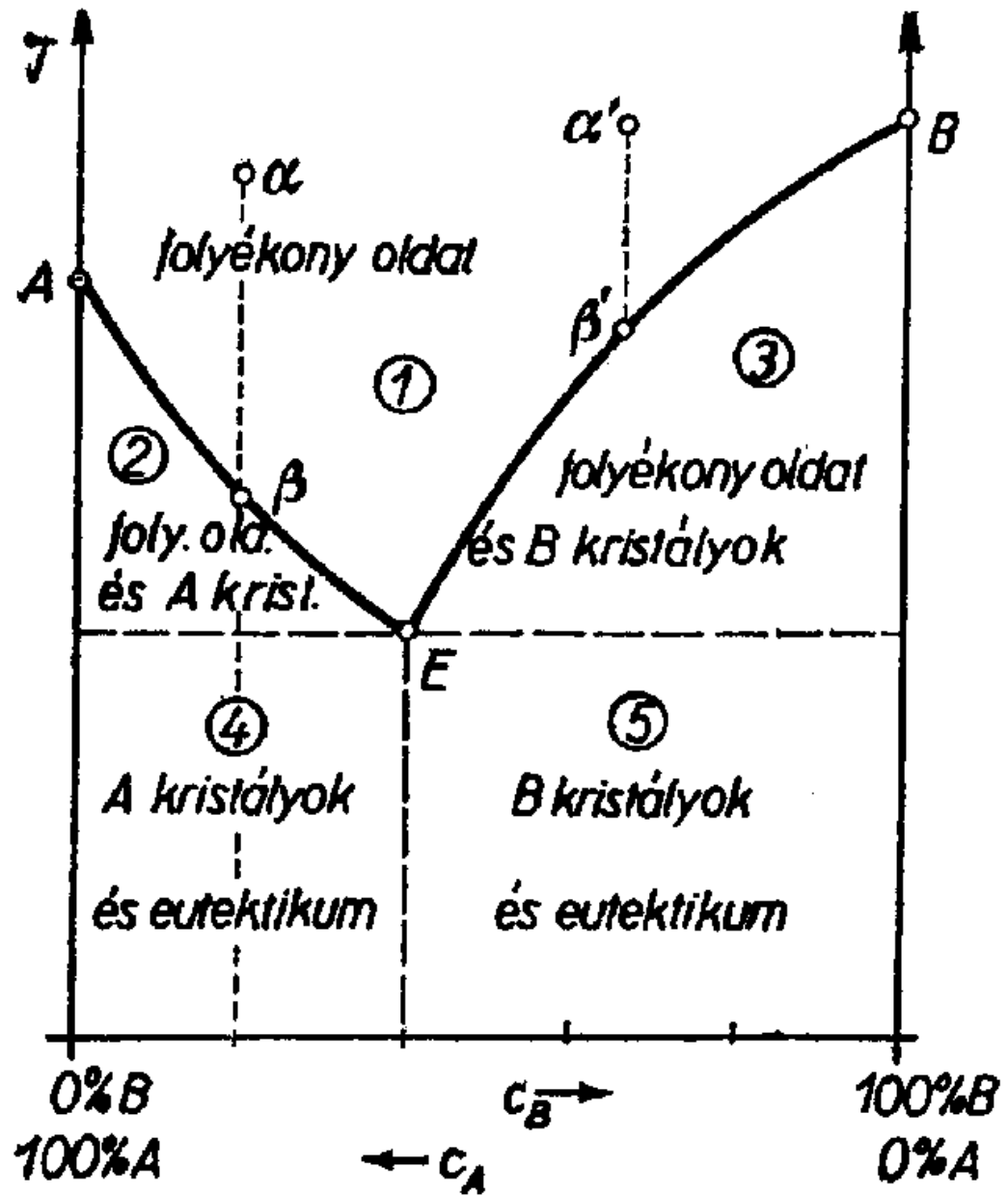
Nedves levegő állapotváltozása



Fagyáspont csökkenés mérése



Fagyáspont csökkenés mérése



Fagyáspont csökkenés mérése

hőmérséklet, °C

Eutektikus
pont



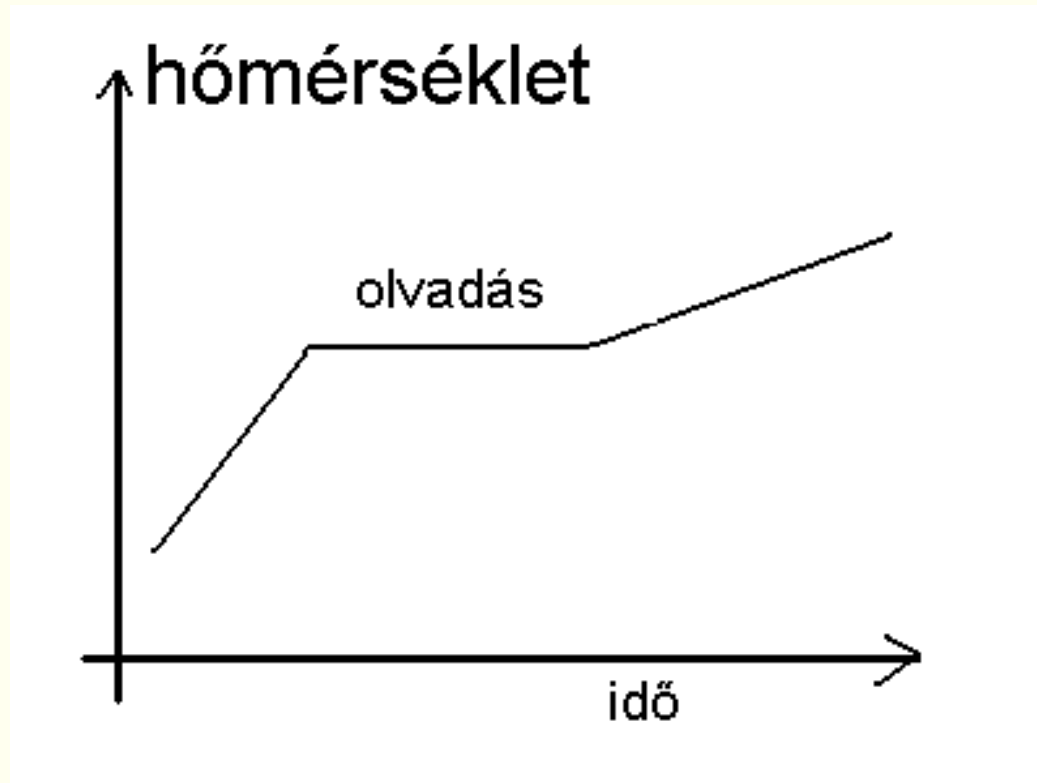
NaCl tömegtörtje

Fagyáspont csökkenés mérése

Állandó hőbevezetésnél a hőmérséklet mindaddig emelkedik, amíg a fagyáspontot el nem értük. A fagyáspontot elérve folyadék és szilárd anyag egyaránt észlelhető. 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

$$X = \frac{\textit{oldószer}}{\textit{oldószer} + \textit{oldott anyag}} \cdot \frac{\textit{mol}}{\textit{mol}}$$

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

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

Fagyáspont csökkenés mérése

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

E_k a krioszkópos állandó

T a tiszta oldószer fagyáspontja

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

Sóoldatok összetételének értelmezése

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!

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

Tessék odafigyelni a mértékegységekre

Fagyáspont csökkenés mérése

Klasszikus: Raoult-koncentráció:

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

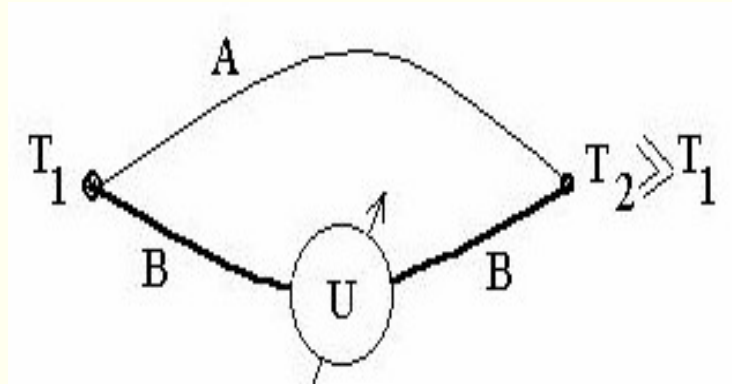
$$103,358 \frac{K}{\text{mol/mol}} \cdot 0,018015 \frac{\text{kg}}{\text{mol}} = 1,862 \frac{K}{\text{mol/kg}}$$



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

Tartalék mérés:

Hőelem karakterisztikájának felvétele



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

A és B fémek érintkezési pontjain feszültségkülönbség mérhető. Egyiket olvadó jégbe helyezve stabil hőmérsékleten tartjuk

