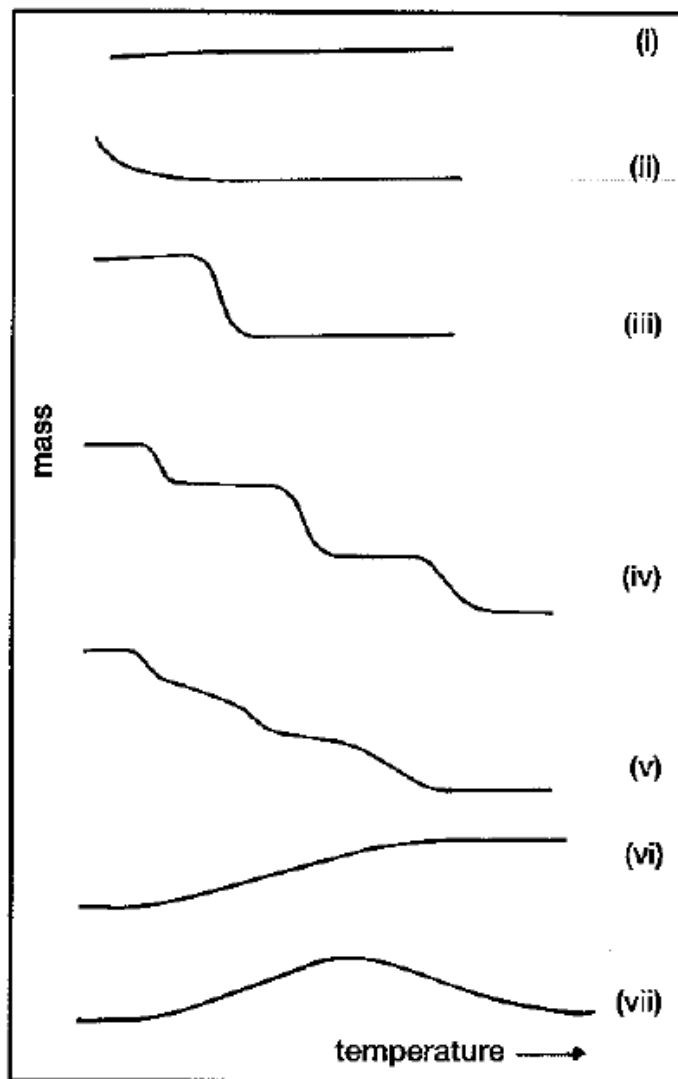


Termikus analízis II

Összeállította
Dr. Madarász János
Frissítve 2019 tavaszán

Termogravimetriás görbék lefutása és interpretálása



- (i) – nincs tömegváltozás: nincs illékony termék, más módszer is szükséges egyéb reakciók/változások kizárására, stabilitás kinyilatkoztatására (jó hír-e?)
- (ii) - gyors kezdeti súlyvesztés: deszorpció, száradás
- (iii) - hőbomlás egyetlen lépésben: stabilitási határok, sztöchiometria meghatározása, reakció kinetikai vizsgálat/modellezés
- (iv) - többlépcsős súlyvesztés: bomlás viszonylag stabil közttermékekkel (mint (iii))
- (v) - szintén többlépcsős bomlás, de stabil intermedierek nélkül, átlapoló bomlási folyamatok, kevés információ a sztöchiometriáról (felbontás növelése: felfűtési sebesség, bemérés csökkentése, CRTA, HR-TA)
- (vi) súlynövekedés a környező atmoszférából, pl. oxidáció
- (vii) Átmeneti stabilitású termék (ritkán az oxidációs termék újra elbomlik magasabb hőmérsékleten, pl. $2\text{Ag} + \frac{1}{2}\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{Ag}_2\text{O} \rightleftharpoons 2\text{Ag} + \frac{1}{2}\text{O}_2$)

Szimultán TG/DTA: A Derivatográf

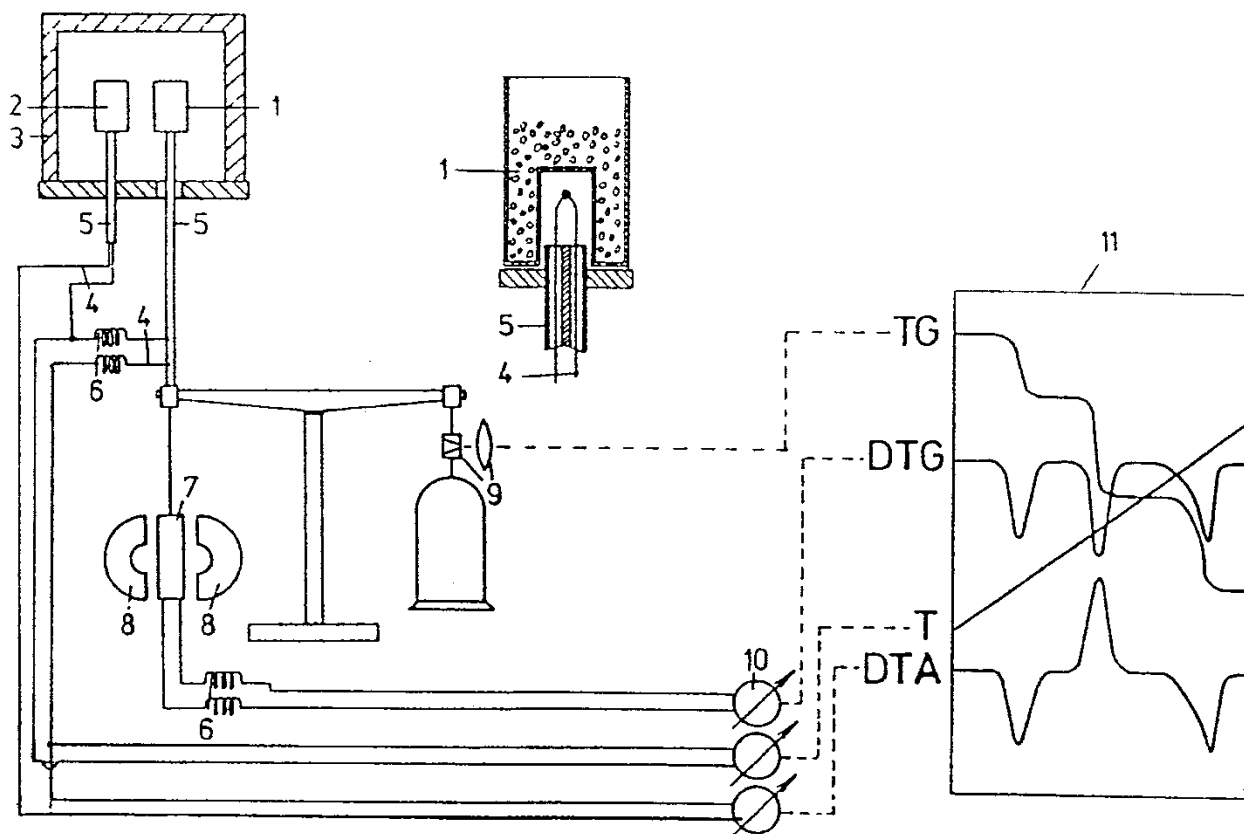
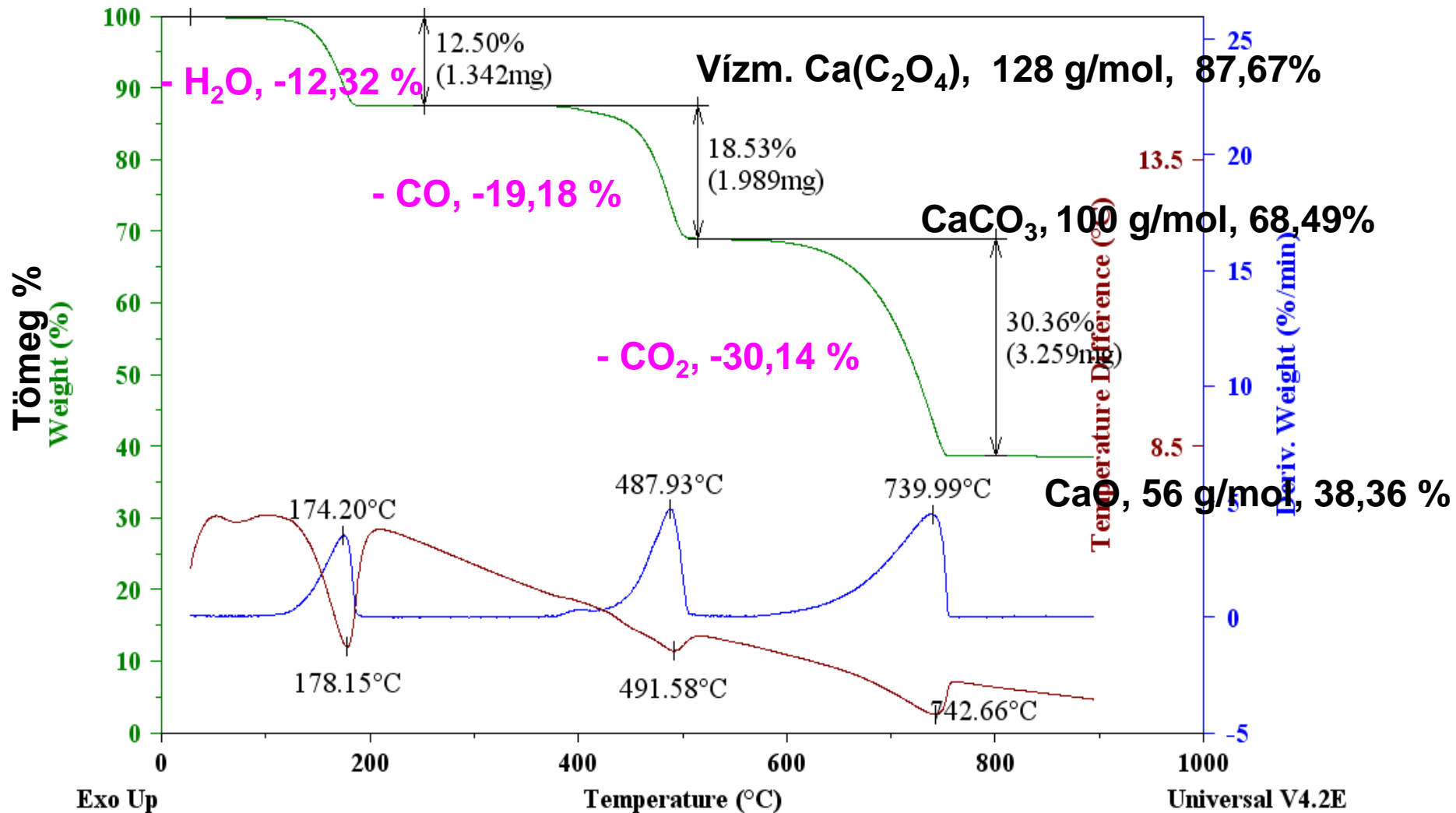


Fig. 3.1.1 Derivatograph for simultaneous TG, DTG and DTA.

1) Sample; 2) reference material; 3) furnace; 4) thermocouples; 5) corundum tubes; 6) flexible junction; 7) coil; 8) magnet; 9) optical system; 10) galvanometers; 11) photographic paper

Kálcium-oxalát monohidrát, $\text{Ca}(\text{COO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, sztöchiometrikus bomlása inert atmoszférában

$\text{Ca}(\text{C}_2\text{O}_4) \cdot \text{H}_2\text{O}$, 146 g/mol, 100 %



Szimultán TG/DTA-módszer

- **TG:** Δm (%) tömegváltozás – T (°C) lineáris hőprogram szerint követve (Δm (%)) folyamata, tartománya, mértéke
 - deszorpció (-); abszorpció, kemisorpció (+);
 - szublimáció, párolgás (-); kondenzáció (+)
 - nedvességtartalom: száradás (-), nedvesedés (+)
 - kristályvíz, kötöttség szerint (rácsközi < 100°C < koordinált), kristályoldószer elvesztése,
 - illékony, ill. éghető (esetleg kiégő) bomlástermékek eltávozása -- kátrány-, majd kokszképződés
 - hamu-, pernye- vagy salaktartalom (kokszt kiégése után),
 - fémkomplexek fém(oxid) tartalma
 - fémoxidkerámiák szinterelődése (zsugorodása), ΔV , felhajtóerő vált.
- **Két vagy több átlapoló folyamat/reakció esetén a hőmérséklet szerinti felbontás növelése érdekében:**
 - DTG: dm/dt (%/min!) – T (°C), tömegváltozás sebességi görbéje átlapoló, de több csúcsú
 - lassabb fűtési sebességű, ill. izoterm (T =áll.) vizsgálatok
 - fűtési sebesség visszafogása alacsony, állandósítandó bomlási sebesség tartására ('quasi isotherm', 'szabályozott sebességű, CRTA', 'nagyfelbontású, HR' módszerek)

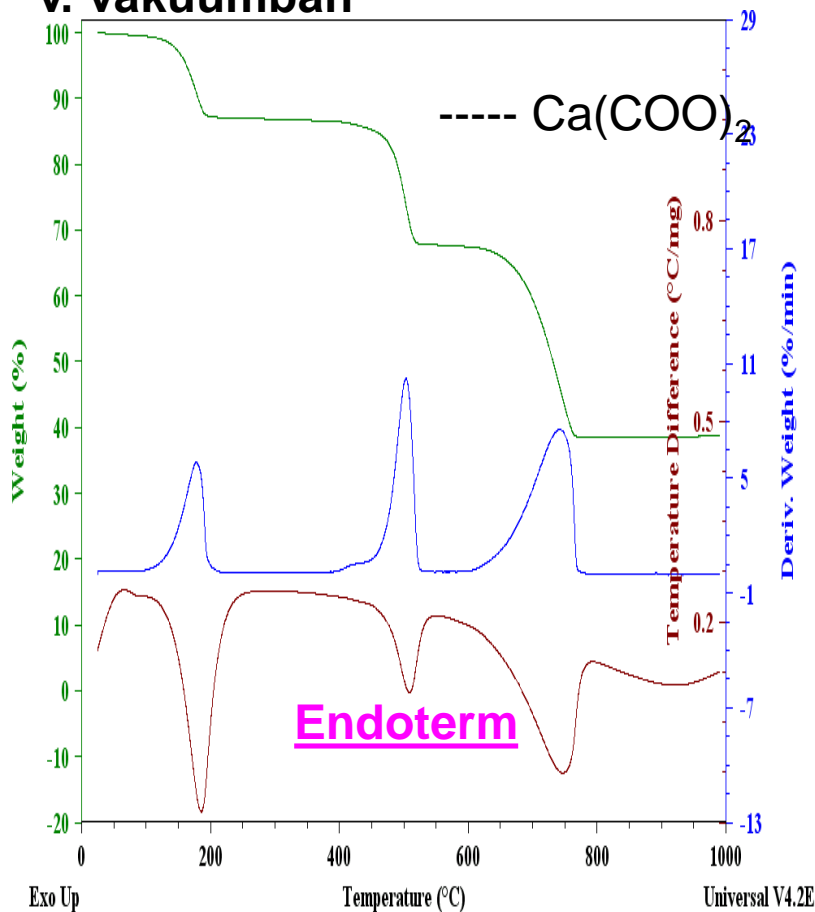
Szimultán TG/DTA-módszer

- **DTA:** $\Delta T = T_m - T_r$ (°C) ($\rightarrow \Delta H$ hőszínezet) – T (°C)
- **Hőelvonó (endoterm) folyamatok $\Delta H > 0$**
 - deszorpció, szublimáció, **olvadás ($\Delta m=0!$)**, párolgás,
 - száradás, kristályvíz, ill. kristályoldószer elvesztése,
 - **enantiotróp kristályosmódosulat-változás**
 - bomlás, degradáció: illékony bomlástermékek – (kátrány-, majd kokszképződés)
 - bomlékony szervesetlen összetett anionok bomlása
- **Hőtermelő (exoterm) folyamatok $\Delta H < 0$**
 - abszorpció, kemiszorpció, nedvesedés
 - **amorfból kristályosodás,**
 - **hűtéskor kristályosodás olvadékból, módosulat visszaalakulás**
 - éghető bomlástermékek égése, kokszt kiégése
 - oxidálható kationok, ill. anionok égése

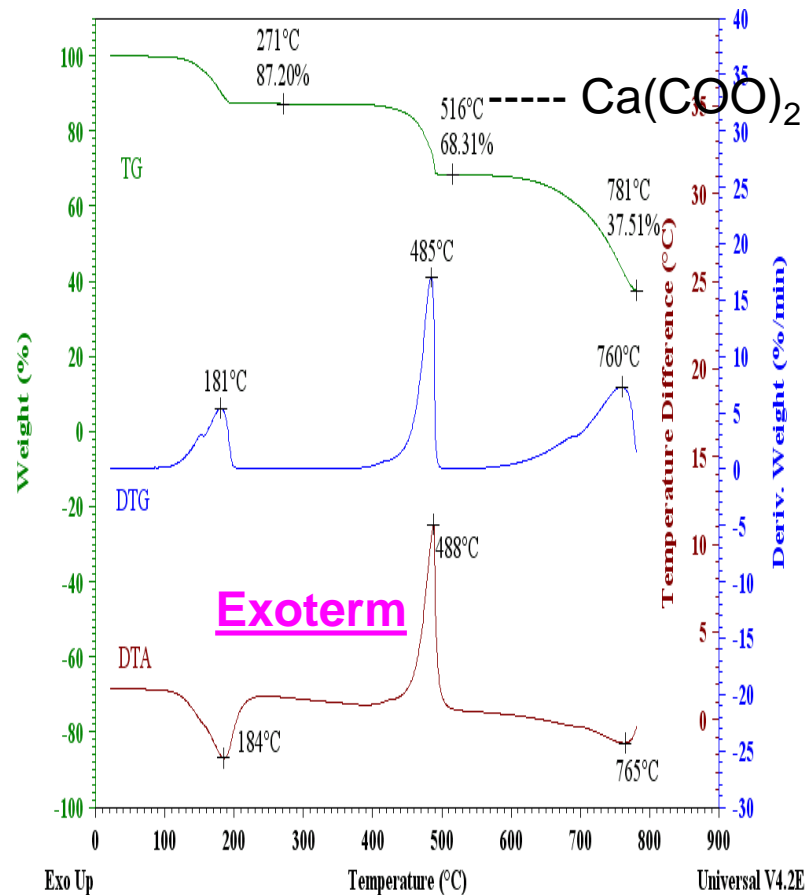
Vízmentes kalcium-oxalát $\text{Ca}(\text{COO})_2$ bomlása



Inert gáz (N_2 , Ar, He) atmoszférában
v. vákuumban

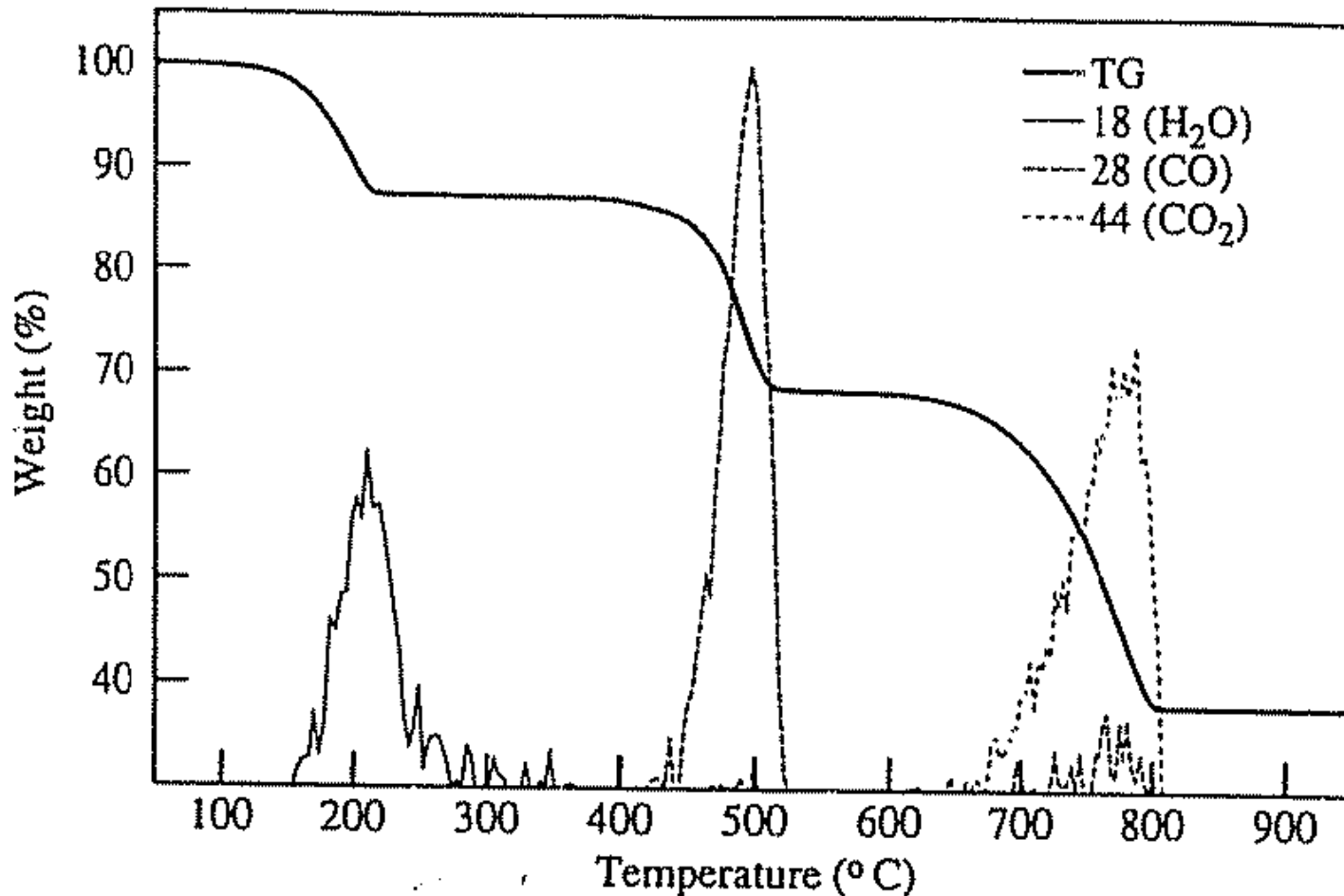


Oxidáló (levegő, O₂) atmoszférában



Szimultán TG/DTA-EGA-kapcsolt módszerek

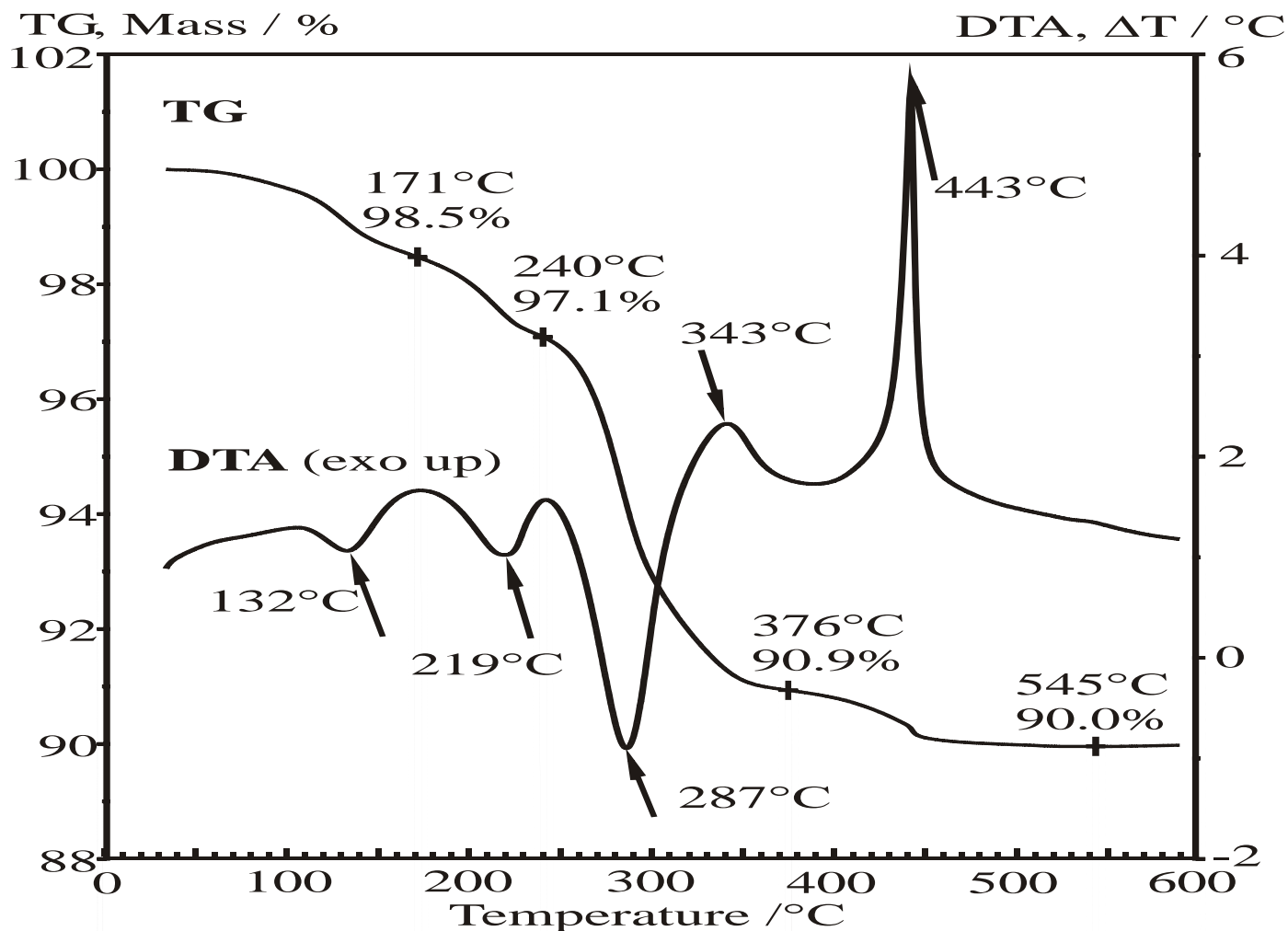
EGA-MS inert atmoszférában CO, (oxidáló atmoszférában CO₂)



Alternatíva: EGA-FTIR inert atmoszférában CO, (oxidáló atmoszférában CO₂ szintén)

Szimultán termogravimetria és differenciális termoanalízis (TG/DTA)

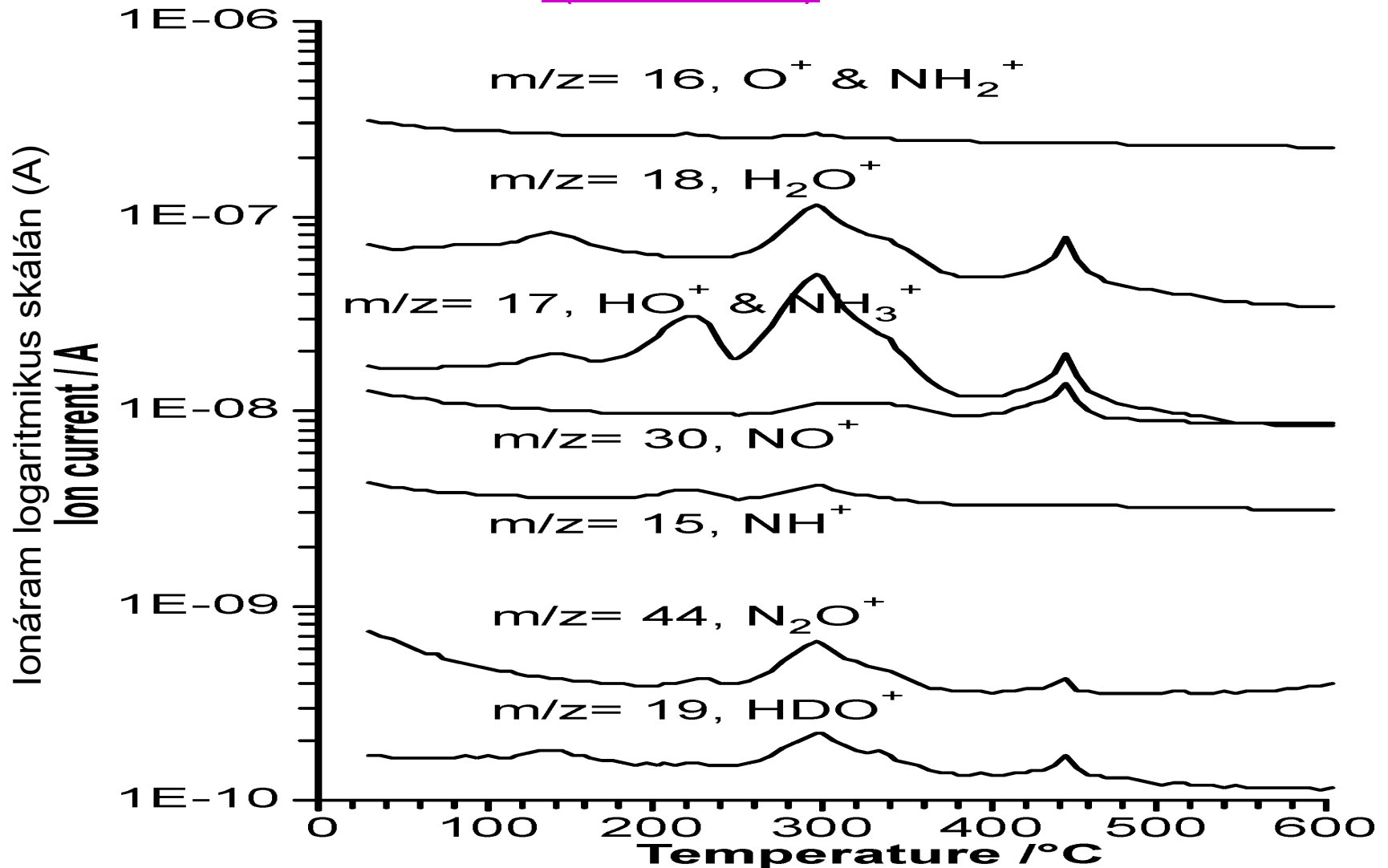
Mintatömeg a bemérés százalékában



Hőmérsékletkülönbség a referenciátégelyétől

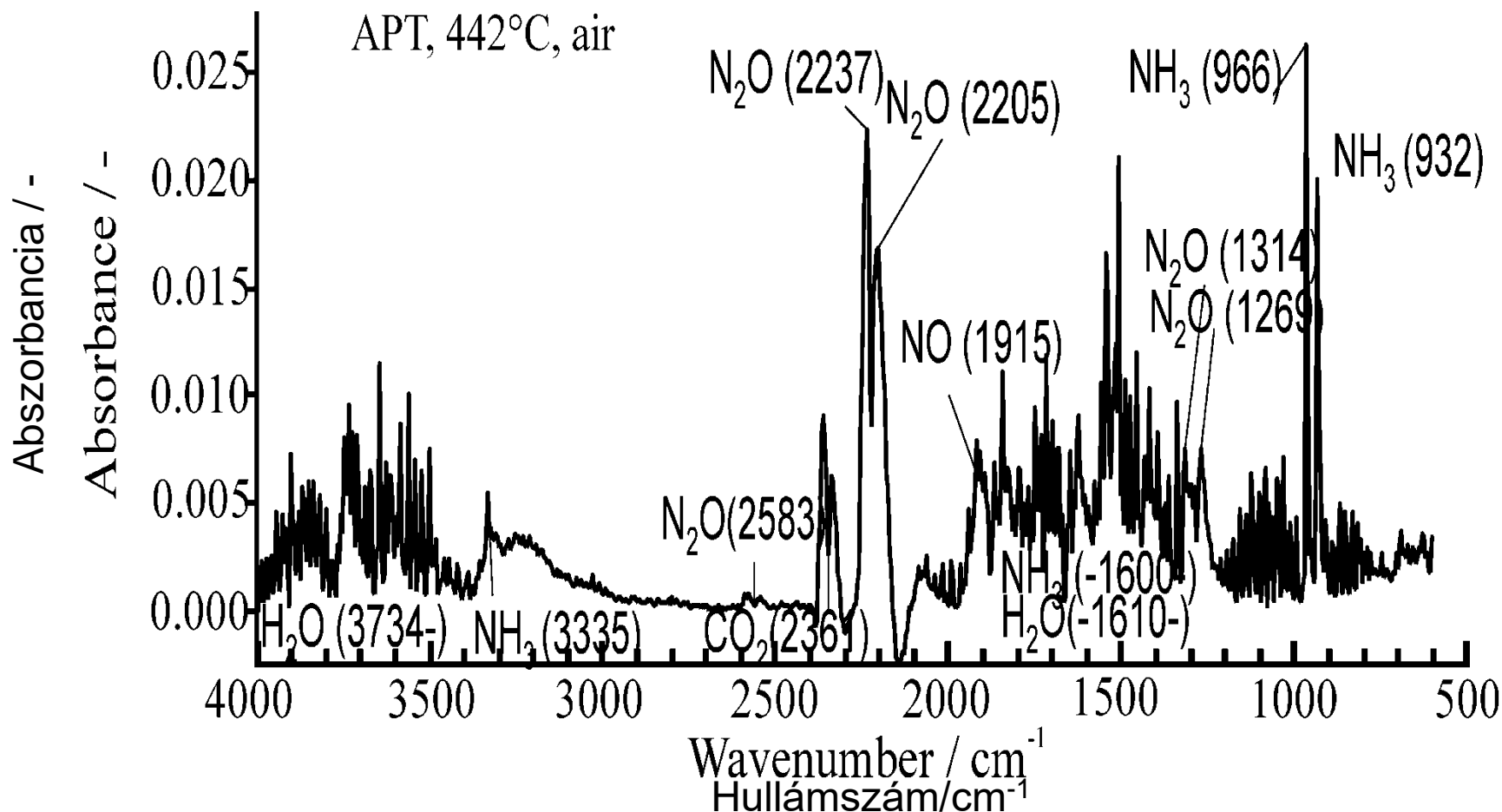
- Ammónium paravolfamát ($(\text{NH}_4)_{10}[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}]\cdot 4\text{H}_2\text{O}$) termikus bomlása levegőben

On-line kapcsolt TG/DTA-EGA-MS,
Fejlődő gázkeverék MS-fragmenseinek nyomon követése
(m/z = 1-64)



Ammónium paravolfamát (NH₄)₁₀[H₂W₁₂O₄₂].4H₂O termikus bomlása levegőben

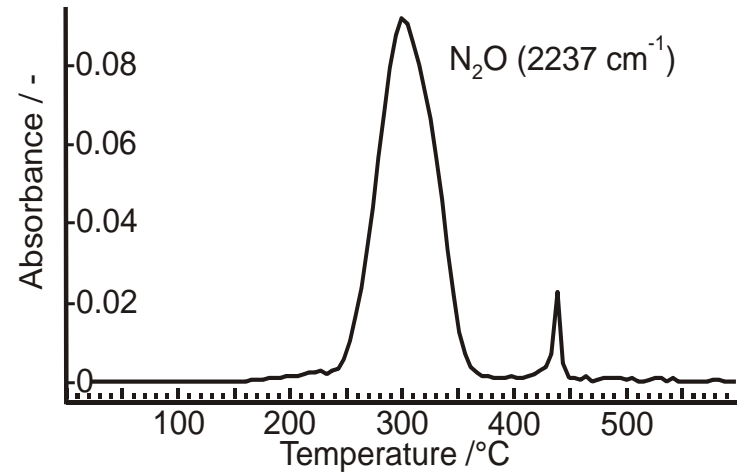
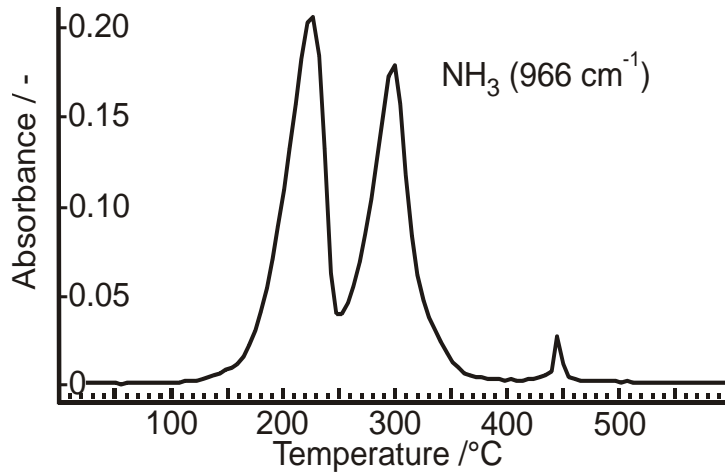
On-line kapcsolt TG-EGA-FTIR, Fejlődő gázkeverék FTIR-spektrumai (500-4000 cm⁻¹)



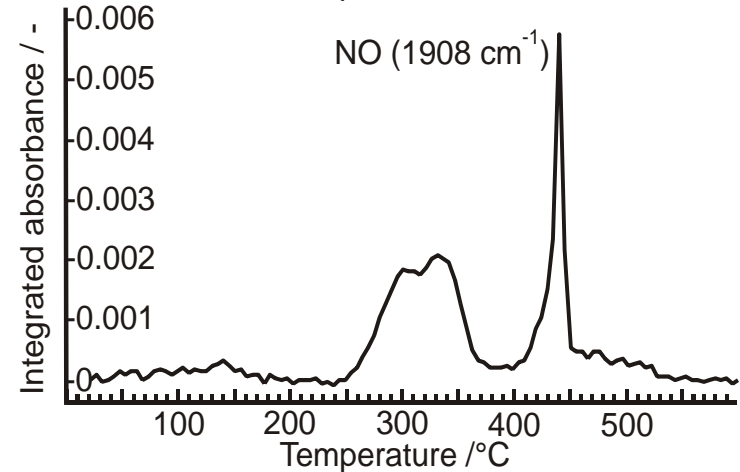
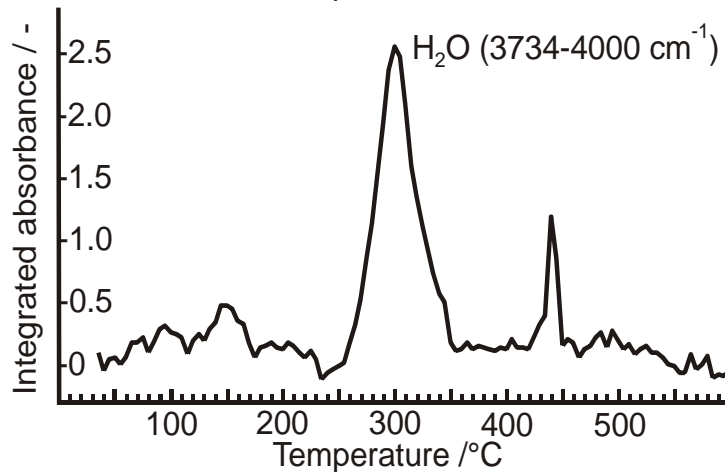
Ammónium paravolfamát (NH₄)₁₀[H₂W₁₂O₄₂].4H₂O termikus bomlása levegőben

On-line kapcsolt TG-EGA-FTIR – gázfejlődés menetek

Abszorbancia



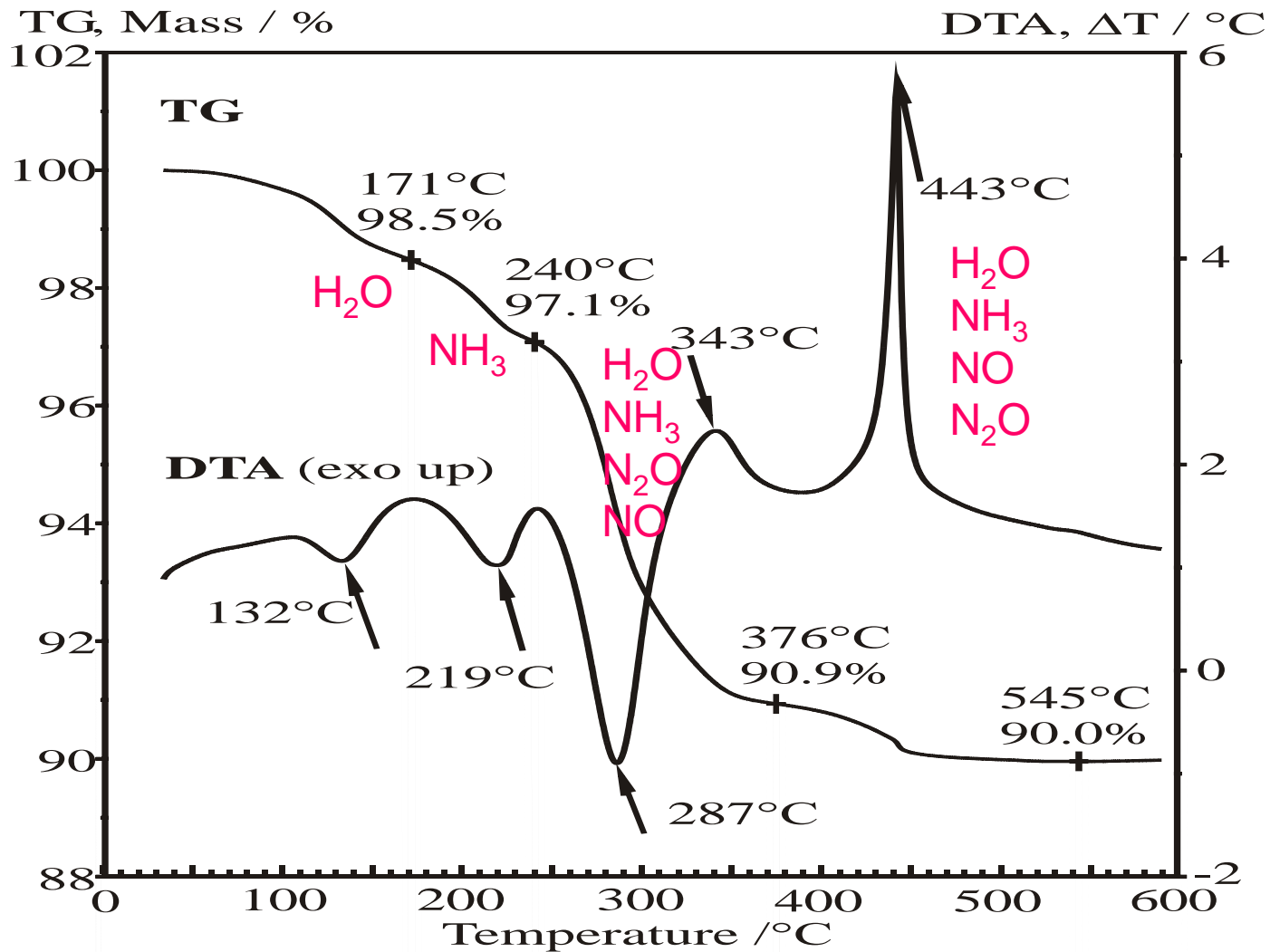
Integrált abszorbancia



Ammónium paravolframát $(\text{NH}_4)_{10}[\text{H}_2\text{W}_{12}\text{O}_{42}] \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ termikus bomlása levegőben

EGA: TG/DTA-MS és TG-FTIR

Mintatömeg a bemérés százalékában



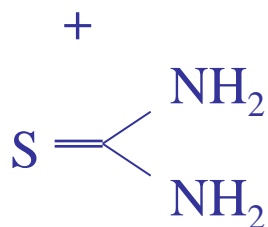
Hőmérsékletkülönbség a referenciától

- Ammónium paravolfamát (NH₄)₁₀[H₂W₁₂O₄₂].4H₂O termikus bomlása levegőben

Egyforrású, szilárd fém-tiokarbamid prekursorok termikus bomlásának TG-EGA-FTIR és TG/DTA-EGA-MS vizsgálata
alternatív napelemrétegek porlasztásos pirolízises leválasztásának modellezésére

Bepermetezésre kerülő
fémkloridok és tiokarbamid (tu)
vizes oldatai

$\text{Cd}^{2+}, \text{Cu}^+, \text{Sn}^{2+}, \text{Zn}^{2+}$



Kiválás,
kristályosítás

Fém-tiokarbamid

koordinációs komplexek:

$\text{Cd}(\text{tu})_2\text{Cl}_2, \text{Zn}(\text{tu})_2\text{Cl}_2, \text{Sn}(\text{tu})\text{Cl}_2,$
 $\text{Sn}_2(\text{tu})_5\text{Cl}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}, \text{Cu}(\text{tu})\text{Cl} \cdot 1/2\text{H}_2\text{O},$
 $\text{Cu}(\text{tu})_3\text{Cl}, \text{Cu}_2(\text{tu})_6\text{Cl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Porlasztásos
pirolízises
leválasztás

Félvezető fém-szulfid
vékony filmrétegek:

CdS, ZnS (szfalerit,
wurtzit);
 $\text{SnS}_2, (\text{SnS}, \text{Sn}_2\text{OS});$
 $\text{CuS}, \text{Cu}_{1,8}\text{S}, \text{Cu}_{2-\delta}\text{S};$
 $\text{Cu}_2\text{SnS}_3, \text{Cu}_2\text{SnZnS}_4.$

Szimultán TG/DTA

(STD 2960, TA Instruments Inc.)

Fejlődőgáz-elemzés (EGA)

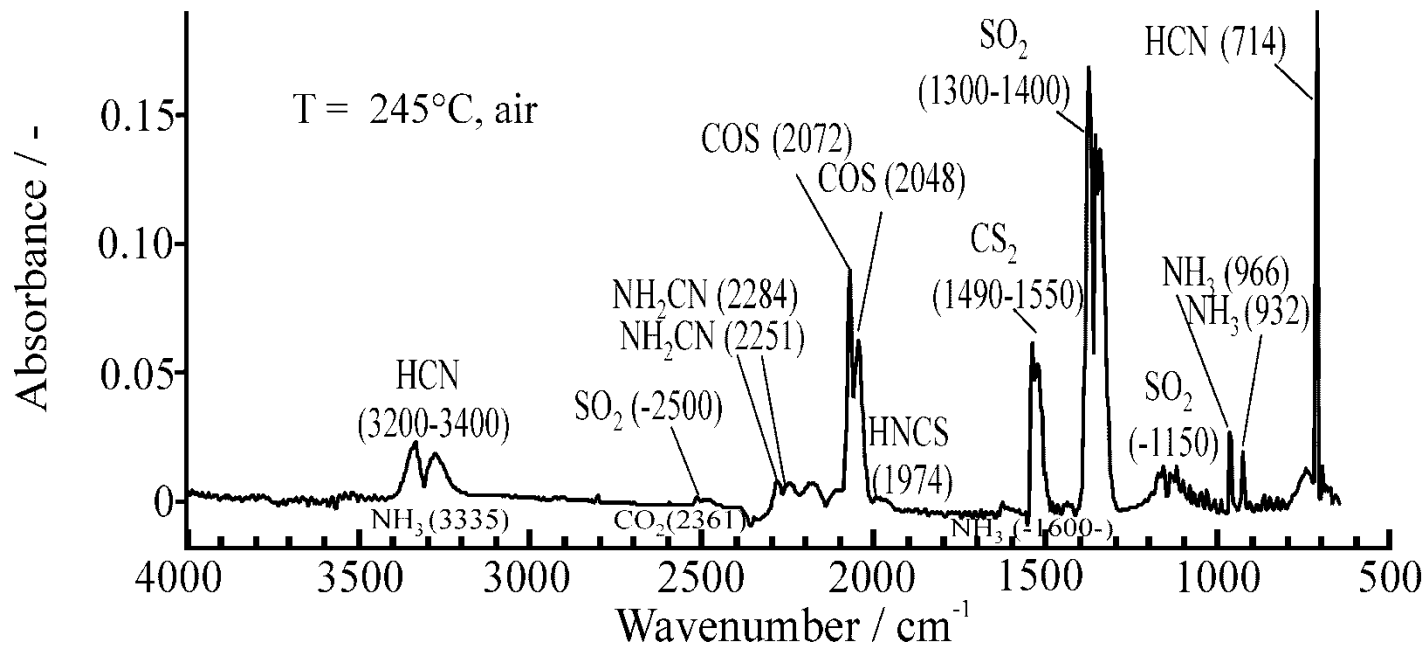
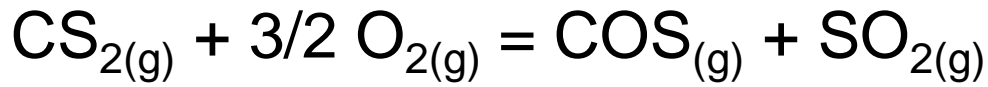
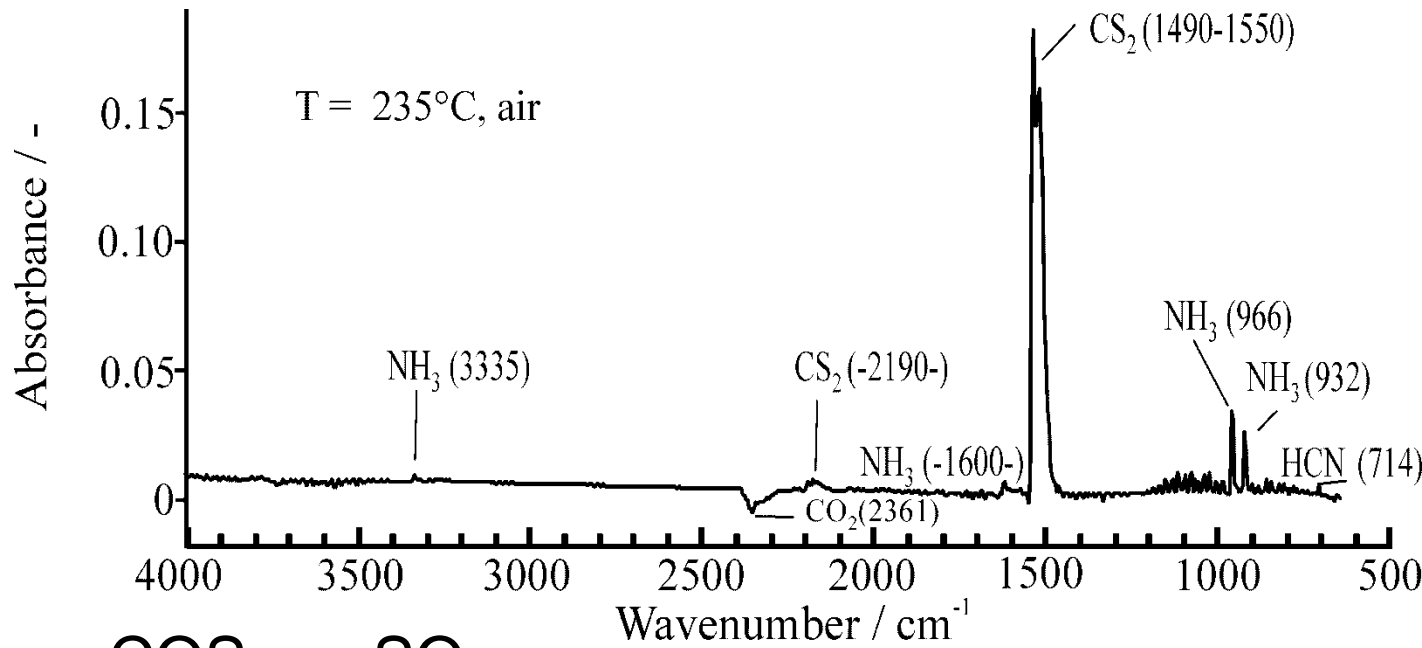
- TG-FTIR-gas cell

(TGA-2050 TA – Biorad FTS
3000)

- TG/DTA-Q-MS

(Balzers GDS 200)

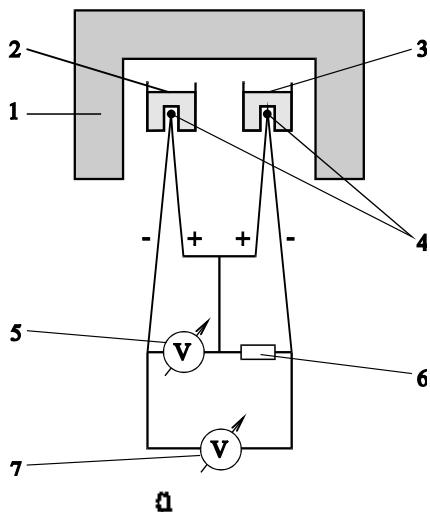
Zn(tu)₂Cl₂
bovlása
levegőben
(TG-EGA-FTIR)



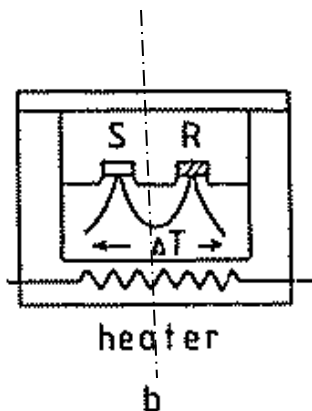
Madarász, J.;
 Krunk, M.;
 Niinistö, L.;
 Pokol, G.
*J. Therm. Anal.
 Calorim.*, 78
 (2004) 679-686.

Entalpiaváltozás pontosabb mérése

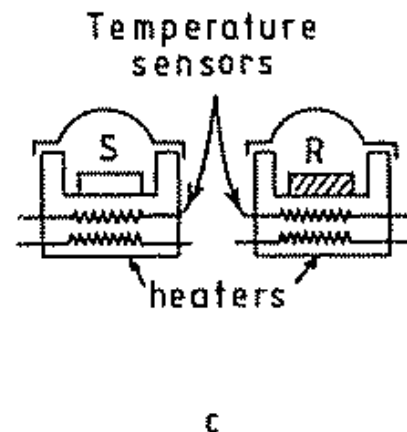
Differenciális Pásztázó Kalorimetria, DSC



DTA (< 1500°C)
R = α -Al₂O₃



Hőáram DSC (< 350°C)

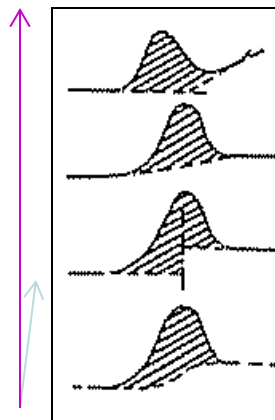


Teljesítménykompenzációs DSC (< 700°C)

Hőmérsékleti és entalpiakalibrációs anyagok:
(standard reference materials, SRM, NIST)

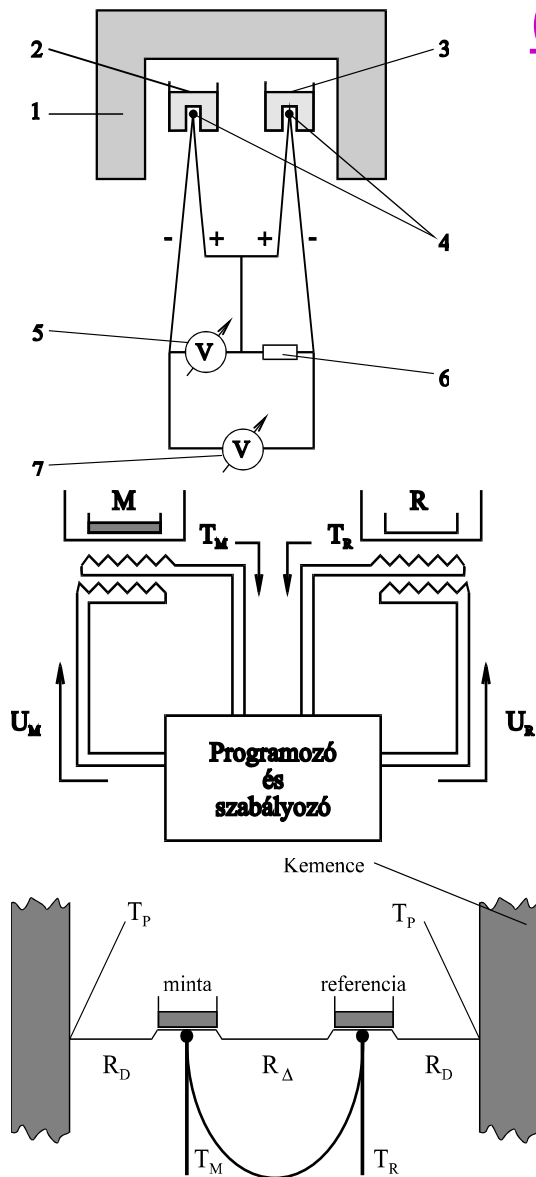
	α -kvarc \rightarrow β -kvarc	T = 573°C
Op.	In, Sn, Pb, Zn, Al	T = 156°C ----
		--- 660°C
	Ag	T = 961°C
	Au	T = 1064°C

dQ/dt (mW)



Entalpia-számítás:
 $\Delta H = k A / m$,
k cellaállandó
A = integrált
(dQ/dt) terület

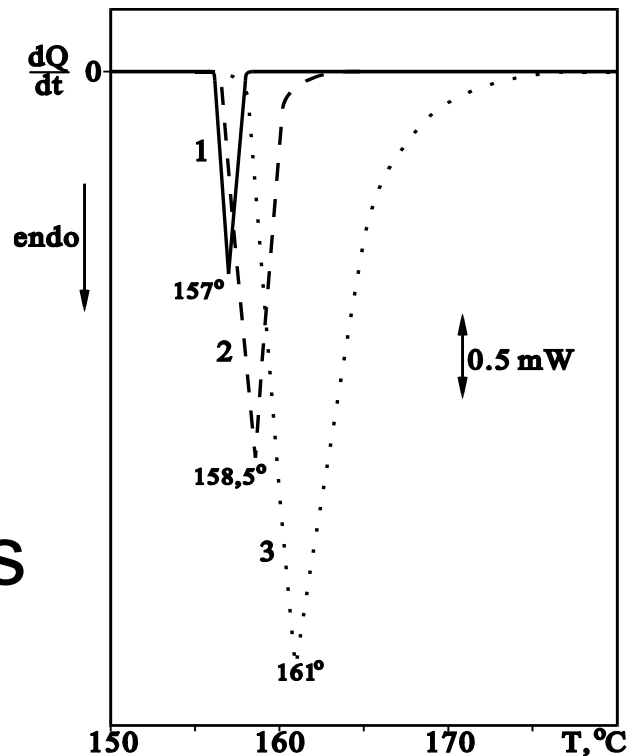
Differenciális Pásztázó Kalorimetria (DSC entalpiakalibráció)



- DTA

- Teljesítmény-kompenzációs DSC

- Hőáram-DSC



Fűtési sebesség

1 - 1 °C/min,

2 - 5 °C/min,

3 - 20 °C/min

Tiszta indium (4,38 mg)
olvadási DSC görbéi

Műanyagok DSC mérései

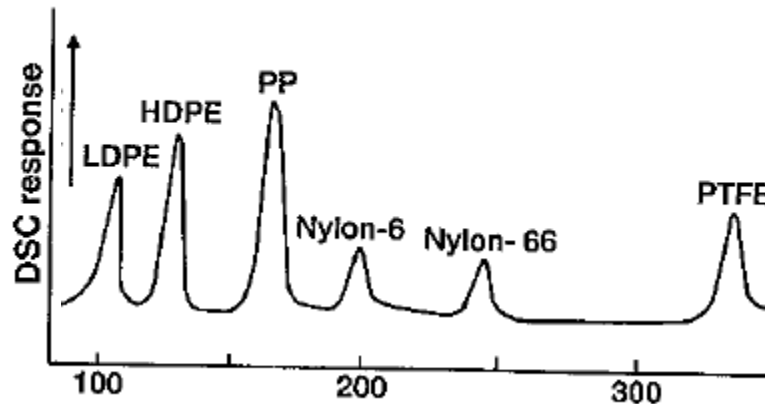


Figure 4.20 DSC of a sample of plastic waste (LDPE=low density polyethylene; HDPE=high density polyethylene; PP=polypropylene; PTFE=poly(tetrafluoroethylene), 'Teflon').

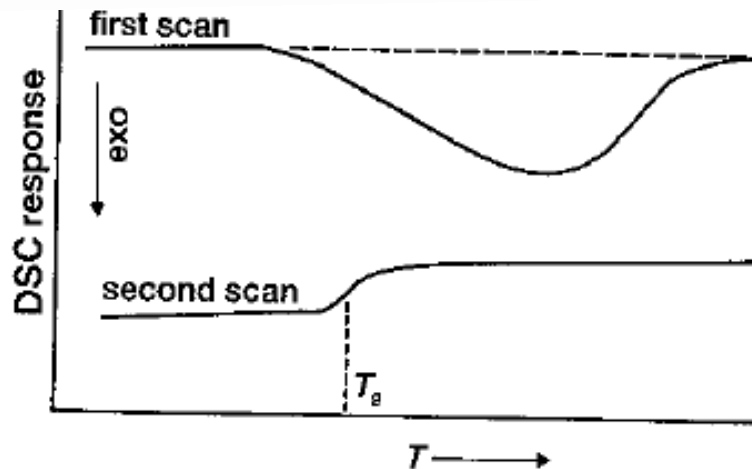
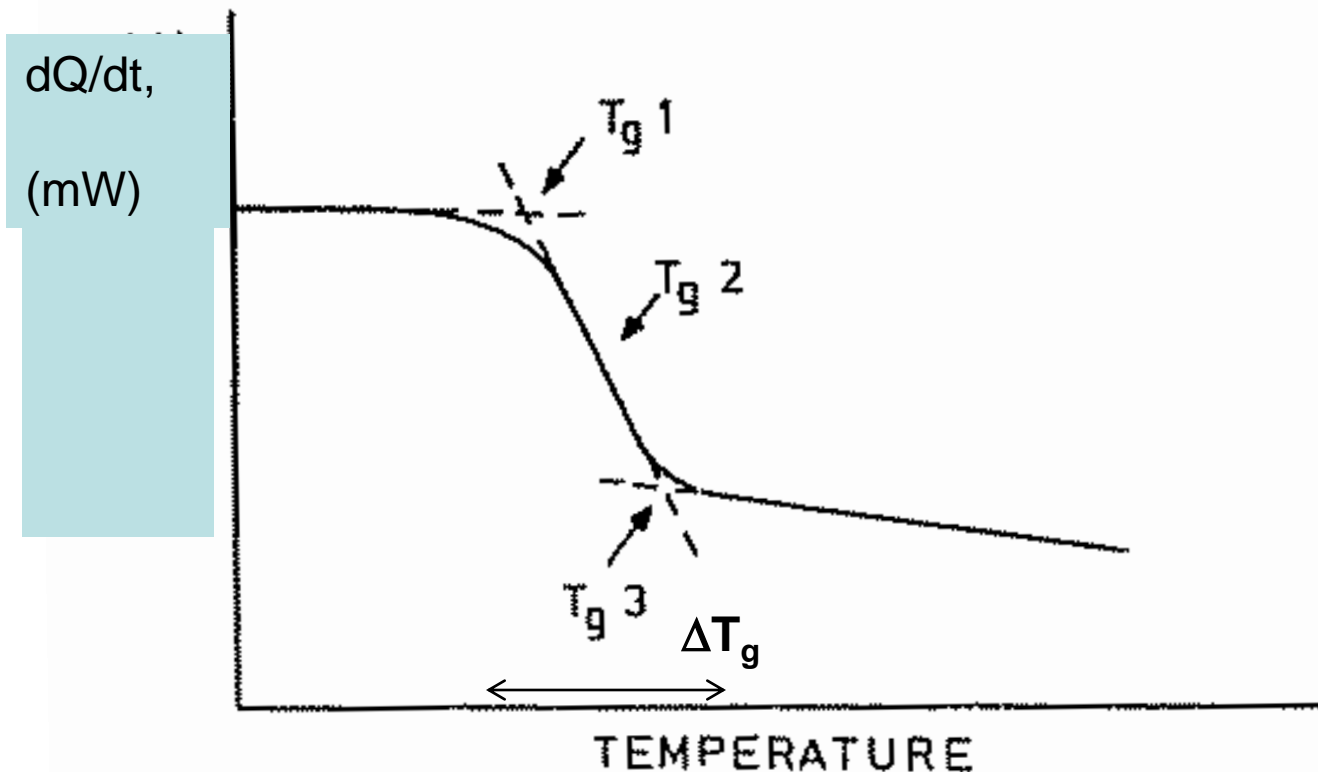


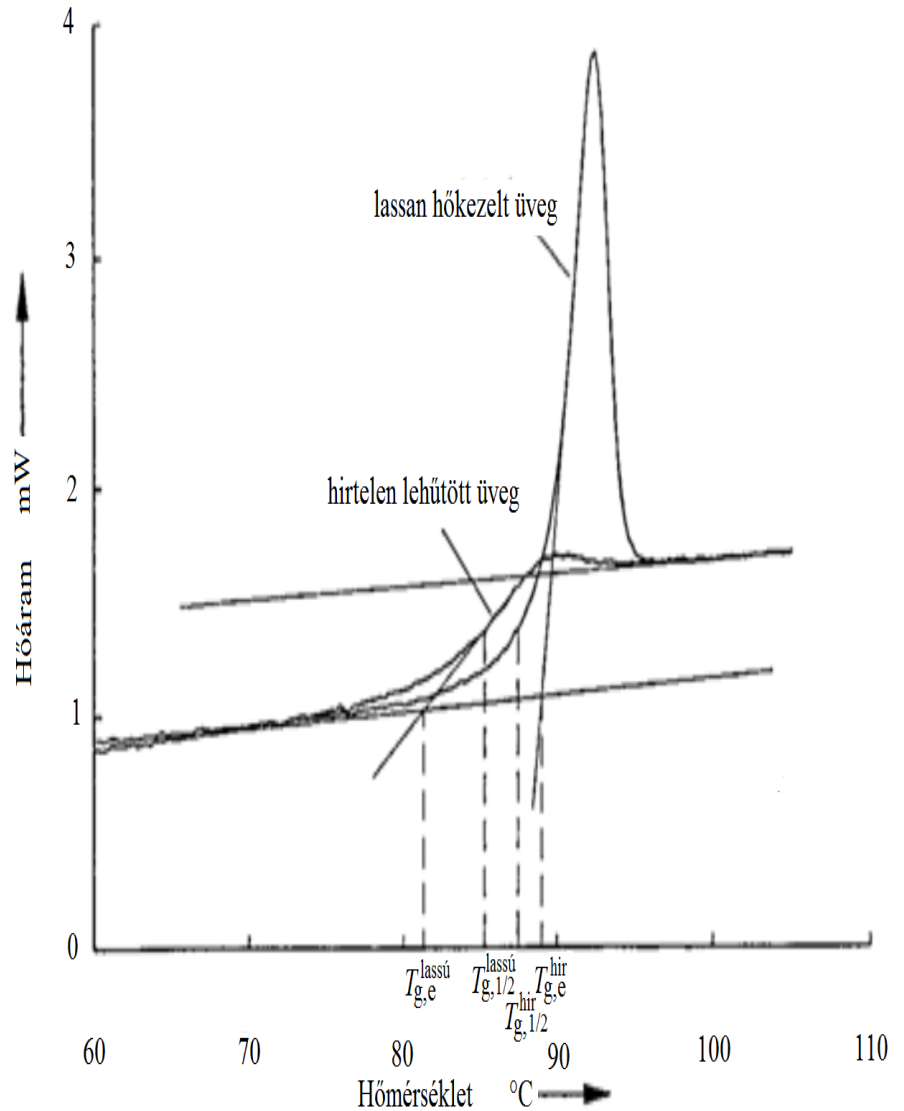
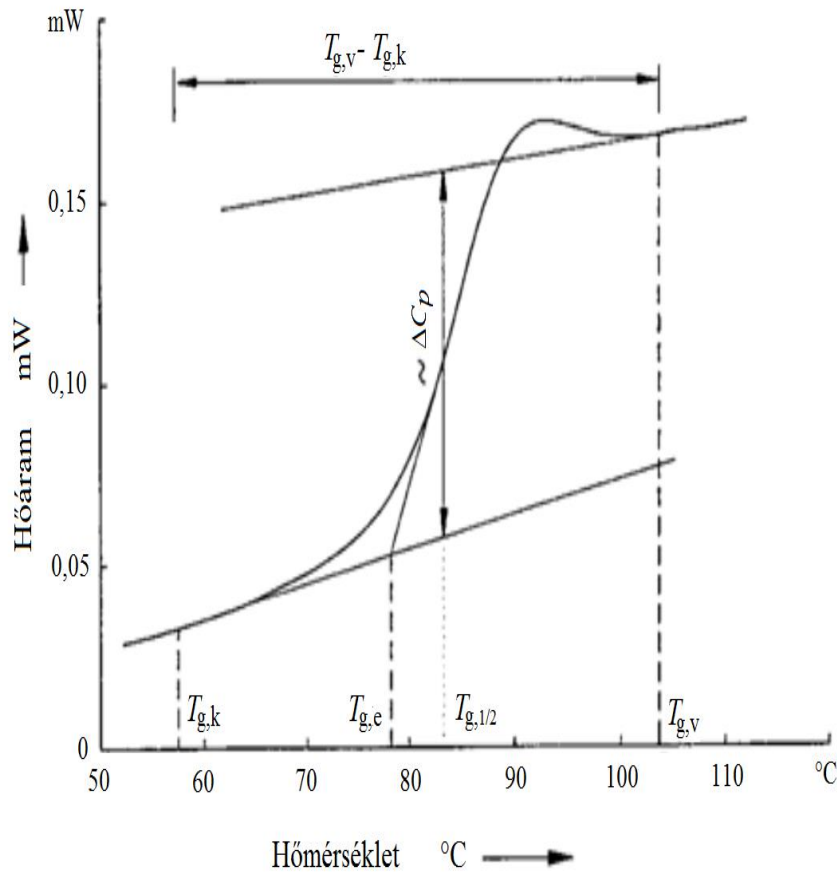
Figure 4.21 Curing of an epoxy resin.

Üvegesedési átmenet (lágyulás) DSC-vel követve

- Polimerek üvegesedési hőmérsékleti tartománya (másodrendű átalakulás, nincs látenshő, csak a hőkapacitás [=alapvonal] változik a hőmérséklettel)



Részleges rendeződés, „részleges utókristályosodás”, „nagy rugalmas átmenet”, „entalpiare relaxáció” felfűtés közben



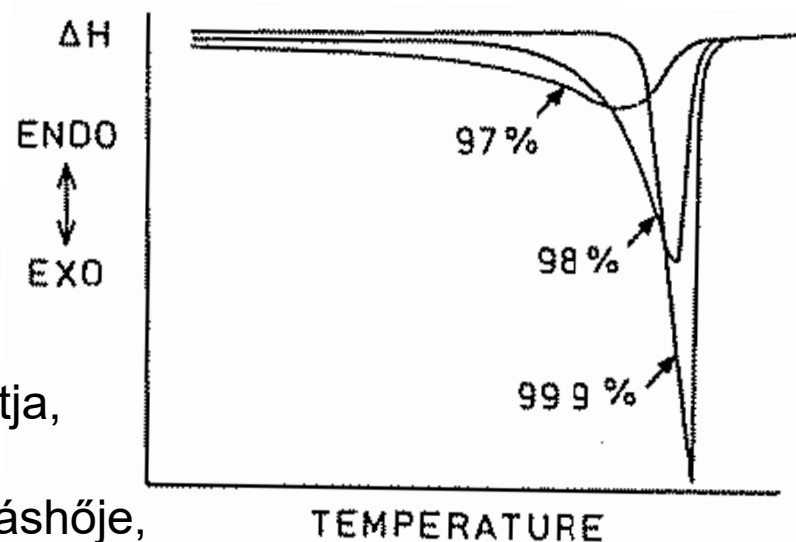
Tisztaságvizsgálat DSC-vel: Olvadáspont-csökkenés a szennyezések hatására

Termodinamikai egyensúly és ideális viselkedés feltételezésével (és néhány további egyszerűsítő feltétellel) a vant' Hoff egyenlethez jutunk:

$$T_i = T_0 - \frac{RT_0^2}{\Delta H} \cdot x_2 \cdot \frac{1}{F_i}$$

ahol:

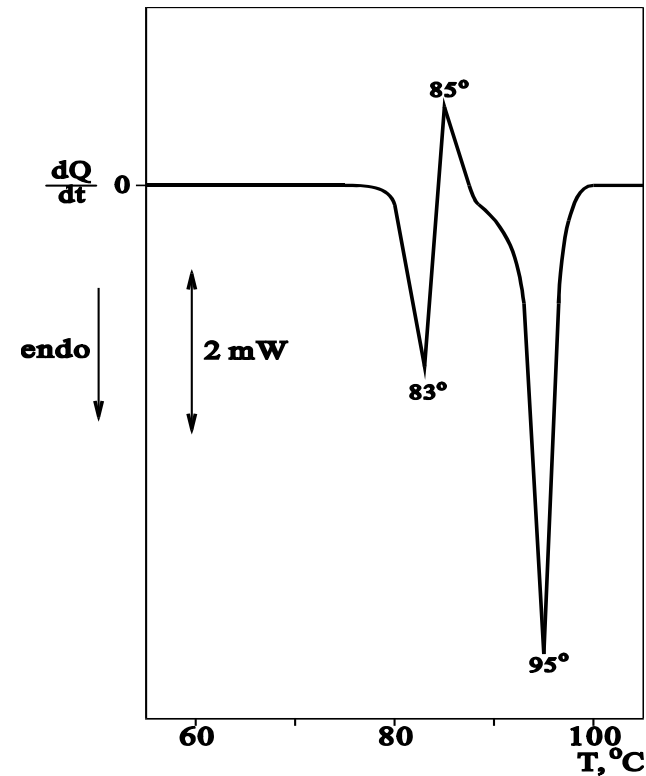
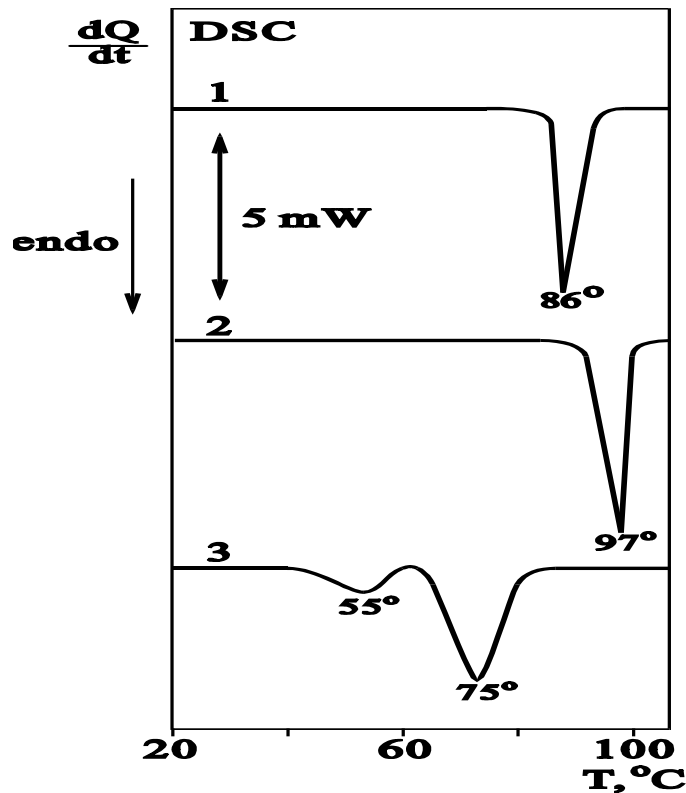
- T_0 a többségi komponens olvadáspontja,
 x_2 a szennyező anyag móltörtje,
 ΔH a többségi tiszta komponens olvadáshője,
 F_i a T_i hőmérsékletig megolvadt hányad.



Az összefüggés szerint, ha T_i -t $1/F_i$ függvényében ábrázoljuk, egyenest kapunk, melynek paramétereiből kiszámíthatjuk a szennyező móltörtjét x_2 -t és a tiszta anyag olvadáspontját T_0 -t.

Szerves, ill. gyógyszeripari anyagok polimorf módosulatainak megkülönböztetése DSC-vel.

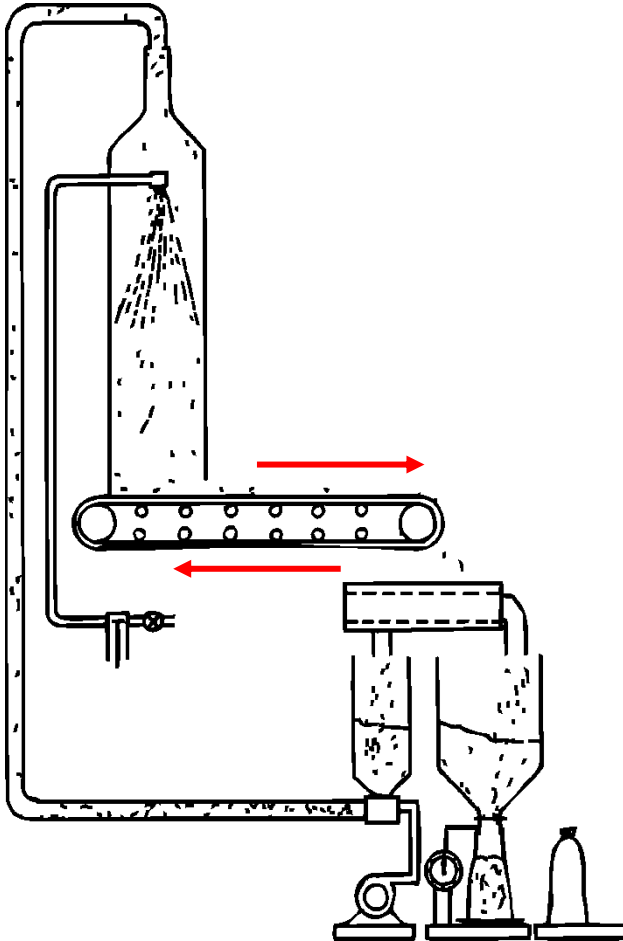
Gyakorlati példa: Szorbitkristályosítás



- 1 - A módosulat,
- 2 - B módosulat,
- 3 - megdermedt olvadék

**50% A + 50% B módosulatú
szorbit keverékének**

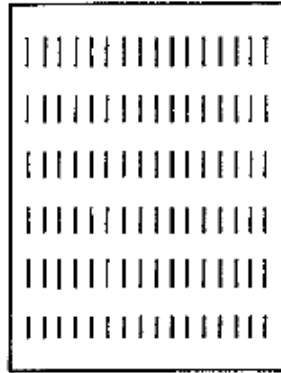
Szorbit olvadék ipari kristályosítása



- Az olvadékot levegővel porlasztjuk be a torony felső harmadánál
- A beoltó kristályokat pneumatikusan adagoljuk be, az olvadékcseppekkel egyenáramban találkoznak
- A kristályosodás hőjét nagyrészt az áramló levegő viszi el

Folyadékkristályok típusai

Kristályos
(anizotróp)



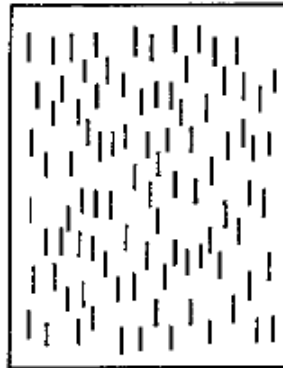
(a) Crystalline



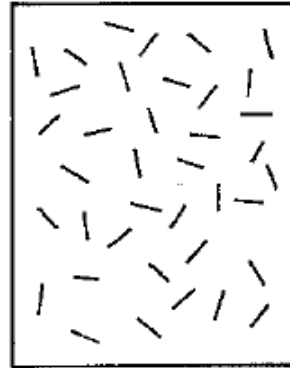
(b) Smectic

Szappanszerű
(samponszerű)

Fonalas
(hígan folyós)



(c) Nematic



(d) Isotropic fluid

Izotróp folyadék

(Megjegyzés:Létezik hélixes jellegű koleszterikus folyadékkristály szerkezetű típus is.)

Folyadékkristályok módosulatváltozásainak DSC mérése

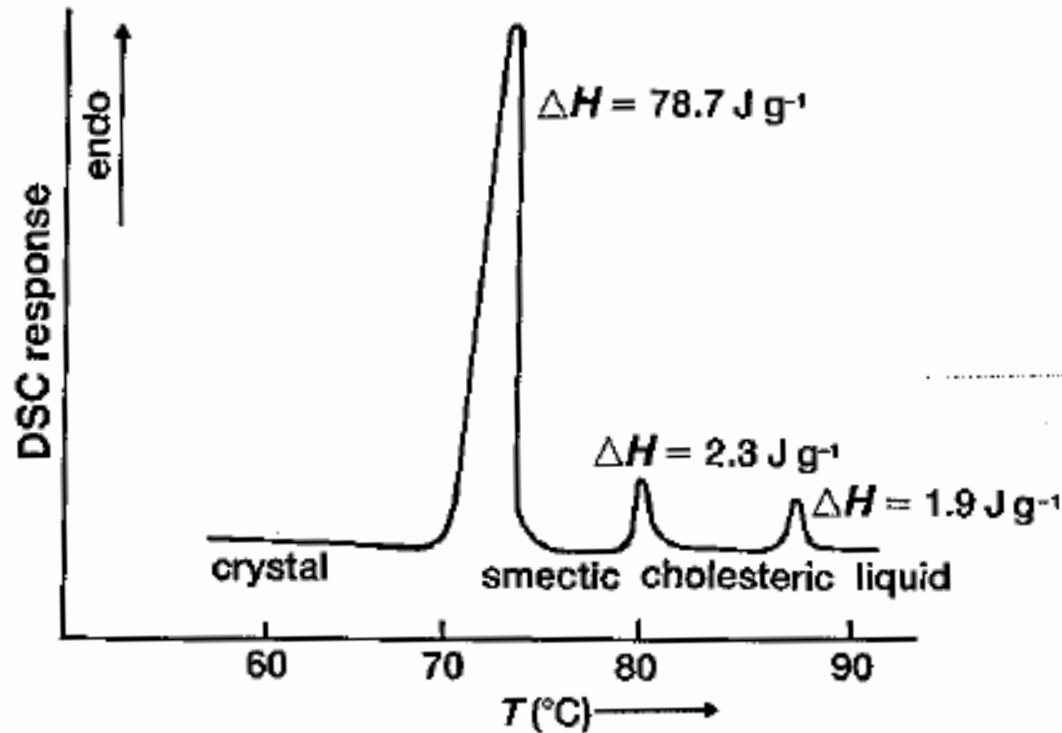
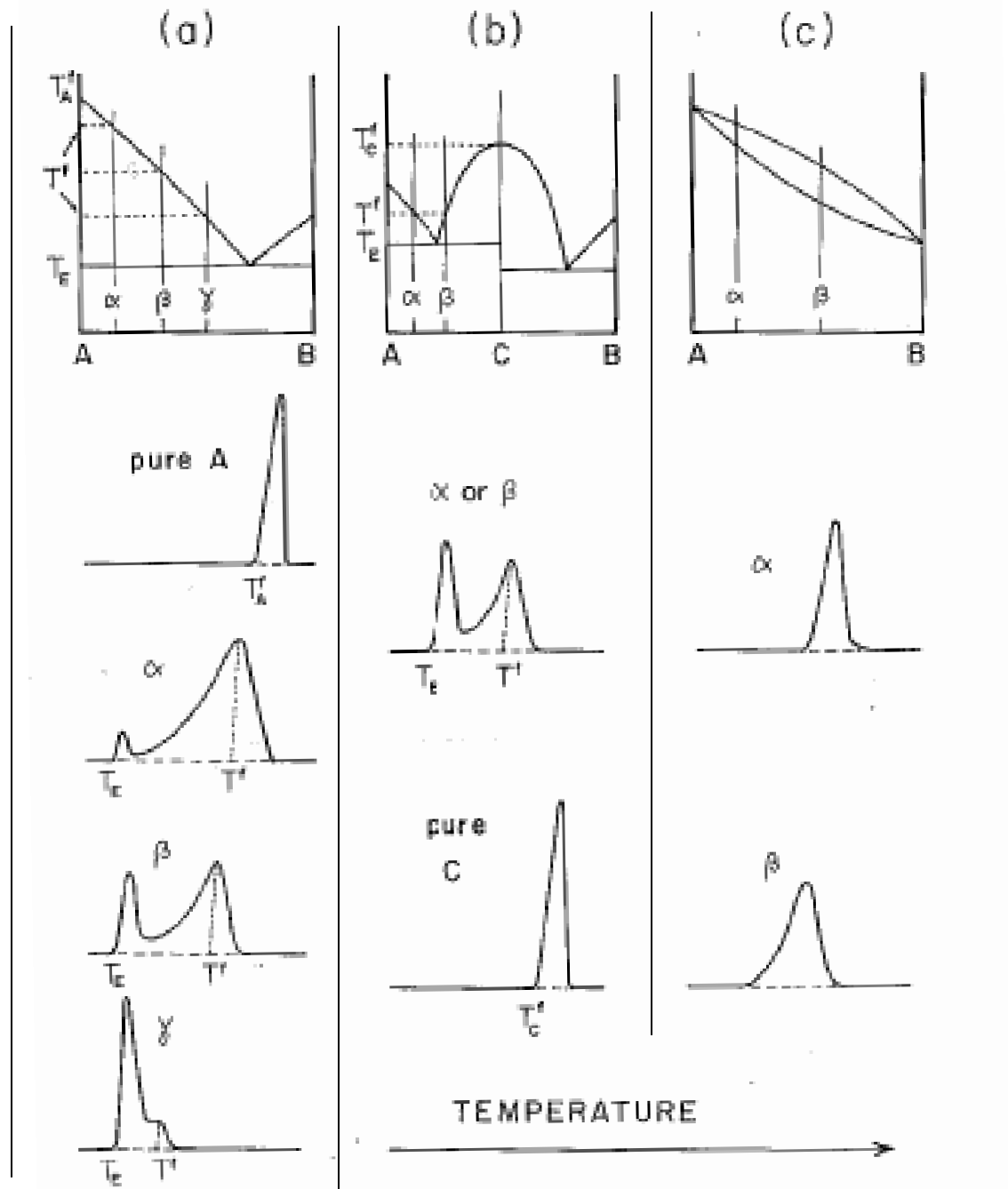


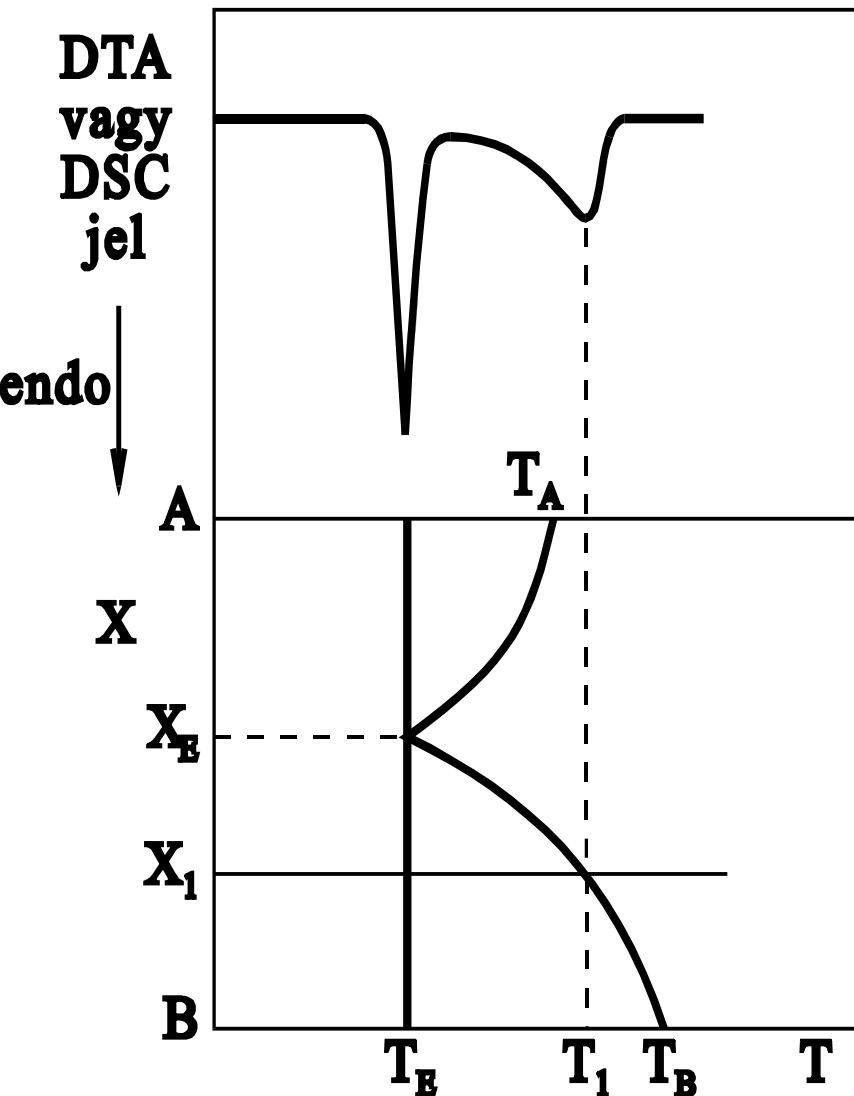
Figure 4.23 DSC curve of a liquid crystal (cholesteryl myristate) (Brennan, W. P. and Gray, A. P. (1974) *Perkin-Elmer Thermal Analysis Application Study*, No. 13, April, with permission.)

Kétkomponensű
rendszerek szilárd-
folyadék
fázisdiagramjainak
leggyakoribb típusai

- a) eutektikus kristály-
keverék
(konglomerátum)
- b) szilárd
sztöchiometrikus
vegyület
- c) szilárd oldat v. más
néven elegykristály



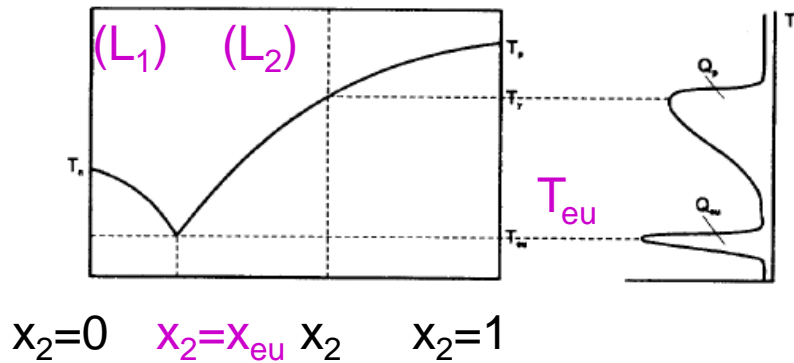
Kétkomponensű eutektikus rendszerek szilárd-folyadék fázisdiagramja DSC (DTA)



- Az ábra alsó részén egy eutektikus típusú fázisdiagram, felső részén az x_1 összetételnek megfelelő DTA/DSC görbe található, a két csúcs az eutektikum megolvadásához, illetve a visszamaradt szilárd **B** anyag feloldódásához tartozik.
- Az eutektikus fázisdiagram ismert összetételű mintákra mérve szerkeszthető, ill. számítható a T_A , T_B , ΔH_A és ΔH_B adatokból, (egyszerűsített Schröder van Laar egyenlet szerint)
- A fázisdiagram ismeretében a DSC görbéből meghatározható a keverék összetétele is akár.
- Háromkomponensű eutektikus keverékek háromszög diagramja is szerkeszthető. Pl. lágyforraszkok, kerámiák, rezolválási fázisrelációk

Likvidusz-görbék leíró egyenletek

Kristálykeverékre:



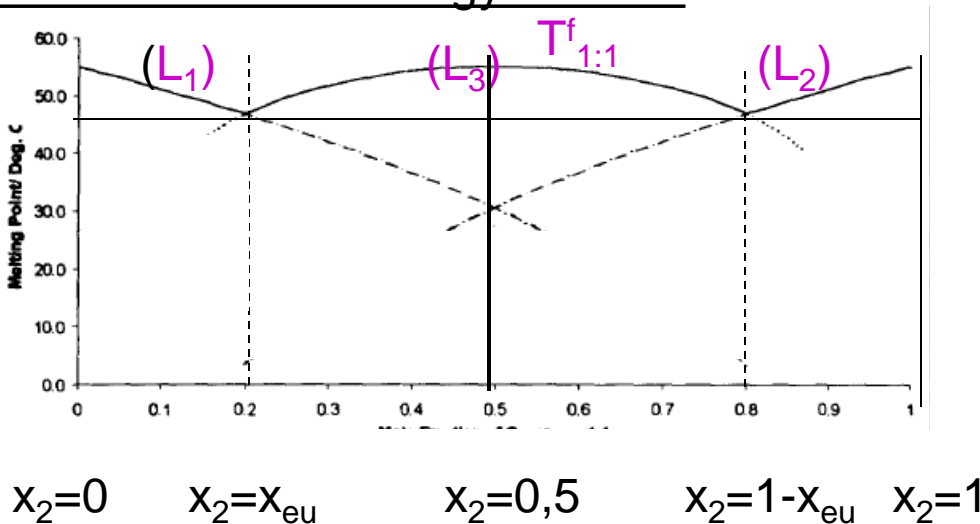
Egyszerűsített Schröder – van Laar - egyenlet

Ha $x_2 < x_{eu}$, akkor

$$\ln x_1 = \ln(1 - x_2) = \frac{\Delta H_1}{R} \left(\frac{1}{T_1^f} - \frac{1}{T^f} \right), \text{ ill. } (L_1)$$

$$\ln x_2 = \frac{\Delta H_2}{R} \left(\frac{1}{T_2^f} - \frac{1}{T^f} \right), \text{ ha } x_2 > x_{eu} \quad (L_2)$$

Racém 1:1 molekulavegyületekre:



+ Prigogine – Defay - egyenlet (L3)

$$\ln[4x_2(1 - x_2)] = \frac{\Delta H_{1:1}}{R} \left(\frac{1}{T_{1:1}^f} - \frac{1}{T^f} \right),$$

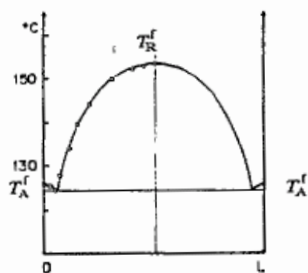
ha $x_{eu} < x_2 < 1 - x_{eu}$,

$$\begin{aligned}
 & [ahol \Delta H_{1:1} = 2\Delta H_{1/2:1/2} = \\
 & = 2M_{1/2:1/2} (g / mol) * \Delta H^f (J / g)]
 \end{aligned}$$

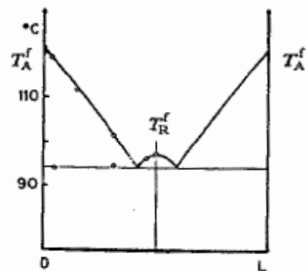
Enantiomerek 1:1 (racém) összetételű lehetséges vegyületei, keveréke, vagy szilárdoldatai

Racém rácsvegyületek

$$\Delta T = T_{(1:1)} - T_{\text{enant}} > -30^\circ\text{C}$$

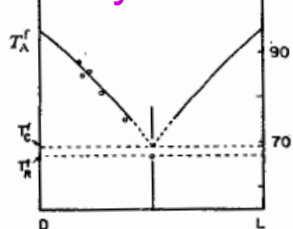


(a) Racemic compound with $T_R^f > T_A^f$



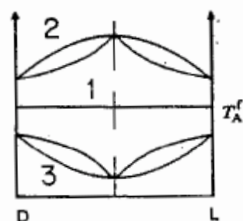
(b) Racemic compound with $T_R^f < T_A^f$

kristálykeverék



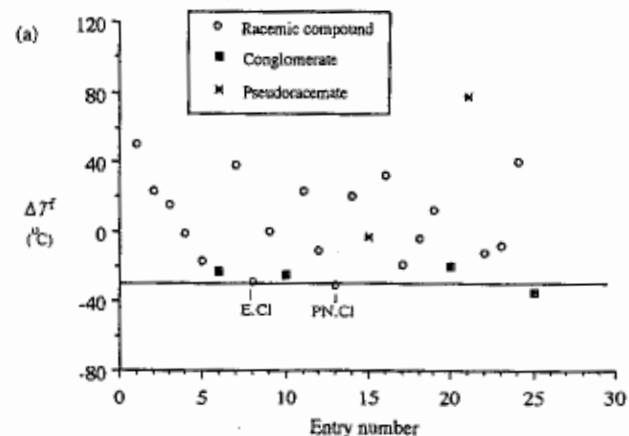
(c) Racemic conglomerate or a racemic compound $T_R^f \approx T_C^f$

szilárdoldatok



(d) Pseudoracemates, i.e. racemic solid solutions: 1 - ideal, 2 - nonideal with a maximum melting point, 3 - nonideal with a minimum melting point.

T_A^f - m.p. of enantiomers; T_R^f - m.p. of racemic compound; T_C^f - m.p. of racemic conglomerate
All of the phase diagrams are symmetric with respect to the center line



$$\Delta(\Delta H) = \Delta H_{(1:1)} - \Delta H_{\text{enant}} > 0$$

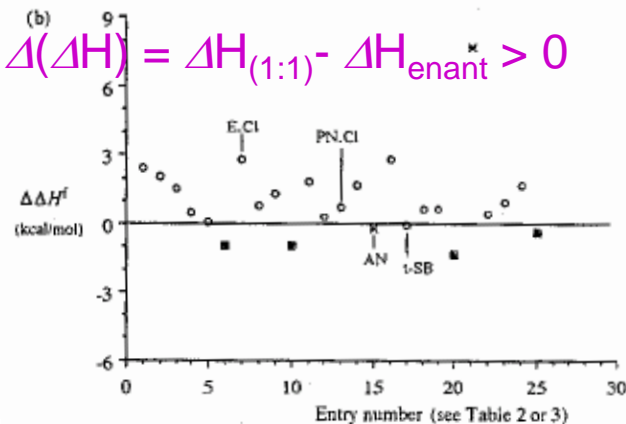


Figure 4—Differences between homochiral and racemic species in (a) the melting points, ΔT^f , and (b) the enthalpies of fusion, $\Delta\Delta H^f$

Racémvegyületek ($d + l \rightarrow R$) képződési reakciójának termodinamikai jellemzése

$$\Delta G^0 < 0$$

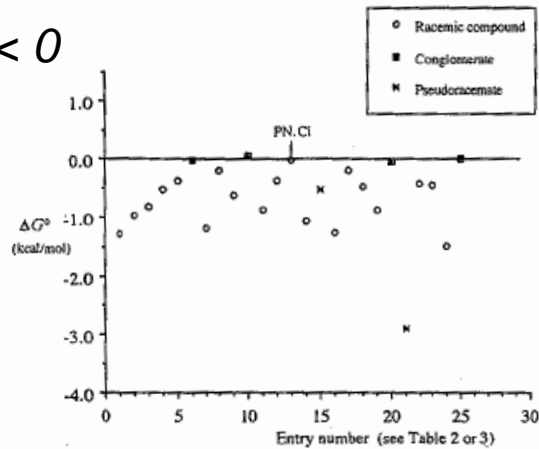


Figure 5—The free energy of formation, ΔG^0 , of the racemic compound.

Figure 5—The free energy of formation, ΔG^0 , of the racemic compound.

$$\Delta G^0 < 0$$

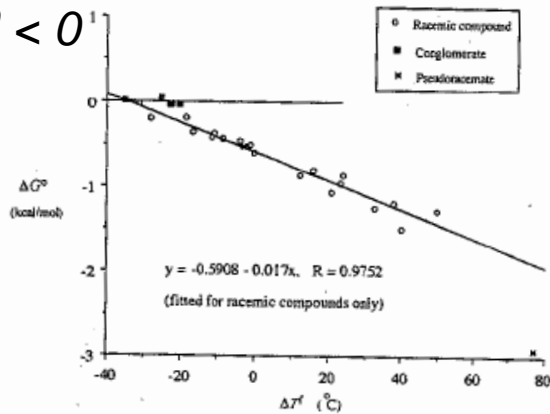


Figure 6—A plot of free energy of formation of racemic compounds, ΔG^0 , as a function of the difference in melting temperatures, ΔT .

ΔT

$$\Delta S_l^m$$

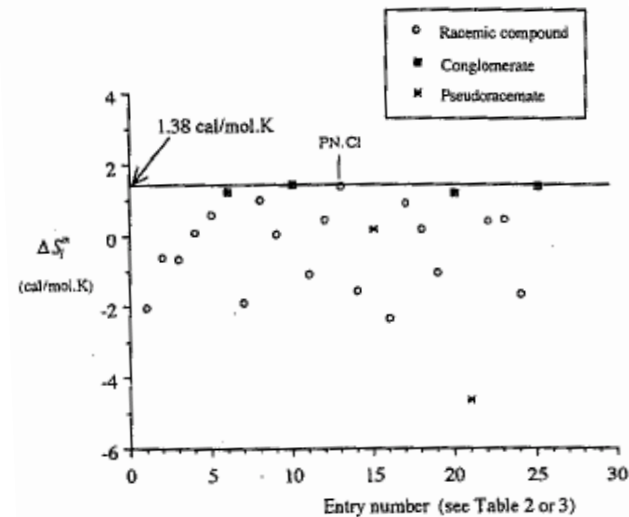


Figure 7—The entropy of mixing in the liquid state, ΔS_l^m .

$$\Delta S_l^m = \frac{\Delta H_R^f}{T_R^f} - \frac{\Delta H_A^f}{T_A^f} - \frac{\Delta H_R^f - \Delta H_A^f}{T_R^f - T_A^f} \ln \frac{T_R^f}{T_A^f}$$

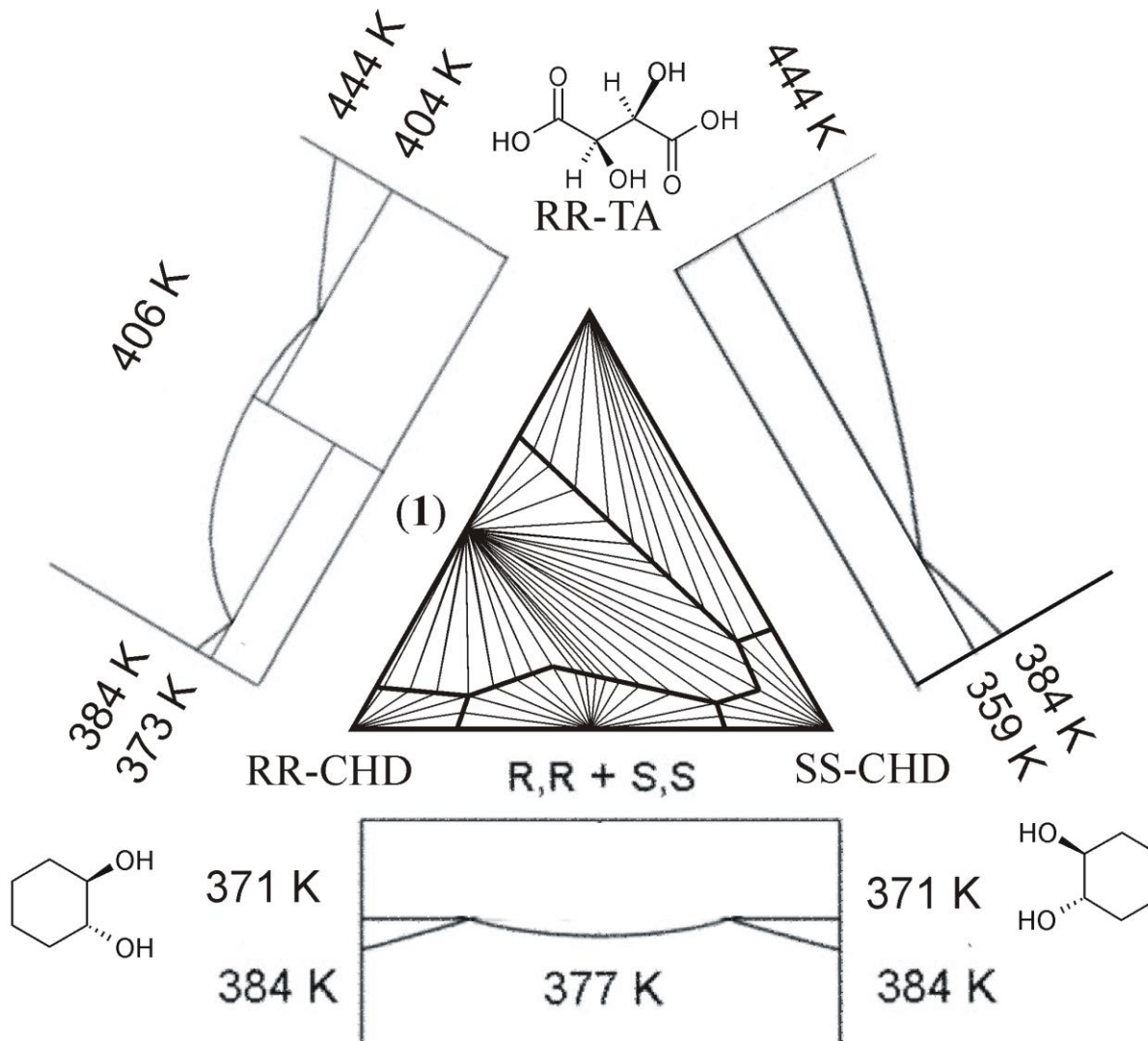
$$\Delta G_{T_A^f}^0 \cong -\Delta S_R^f \Delta T - T_A^f R \ln 2, \text{ when } T_A^f < T_R^f,$$

$$\text{i.e., } \Delta T > 0 \quad (6a)$$

$$\Delta G_{T_R^f}^0 \cong -\Delta S_A^f \Delta T - T_R^f R \ln 2, \text{ when } T_A^f > T_R^f,$$

$$\text{i.e., } \Delta T < 0 \quad (6b)$$

(RR)- és (SS)-transz-1,2-ciklohexándiolok terner fázisdiagramja (RR)-borkősavval rezolválva



Vaj – margarin

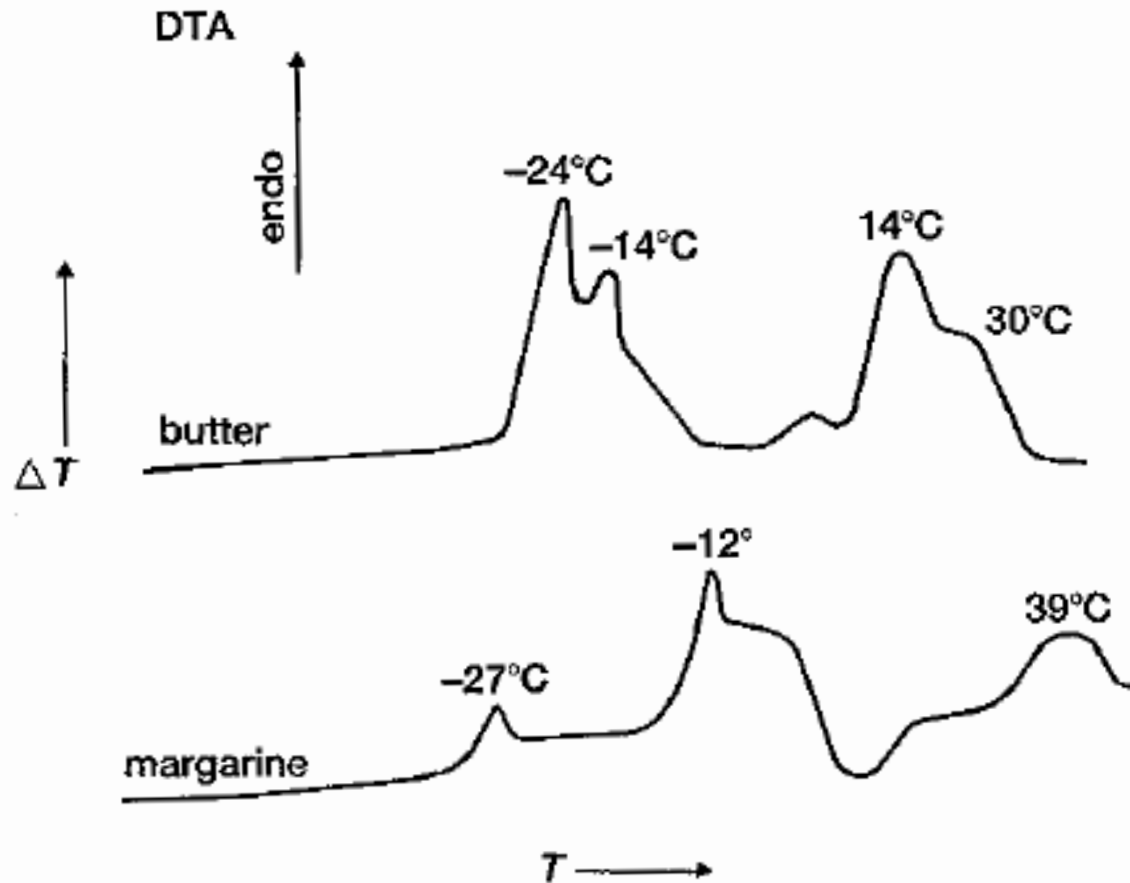
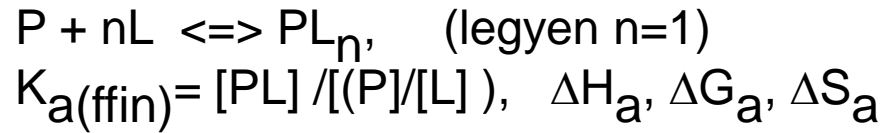


Figure 4.25 Butter and margarine – you can tell the difference!

Izoterm Titrációs Kalorimetria (Isothermal Titration Calorimetry ITC)

Protein-ligandum-kötési folyamat energetikájának és termodinamikájának felderítésére



$$Q = \Delta H_a \cdot \Delta V \cdot [P]_0 \cdot K_a [L] / (1 + K_a [L]);$$

L: aktuális szabad ligandum koncentráció

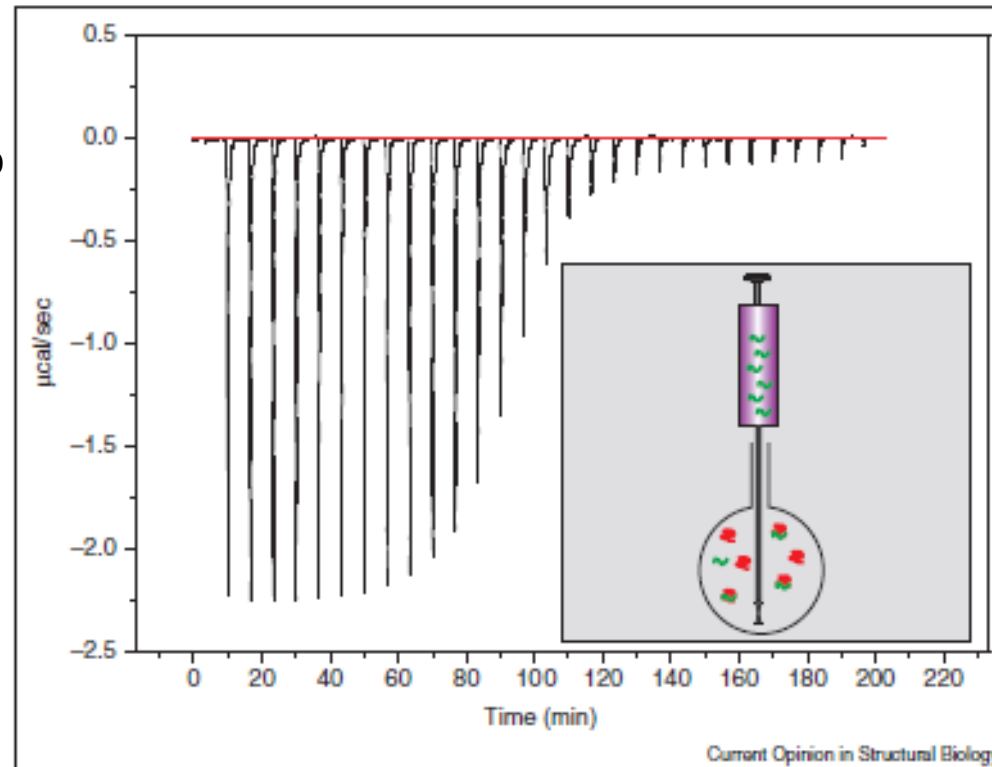
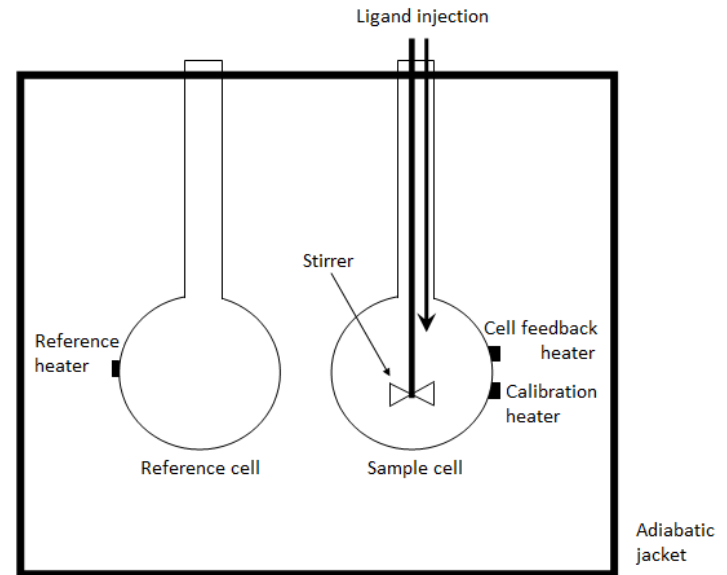
ΔH_a számítható; K_a számítható;

$$\Delta G_a = -RT \ln K_a,$$

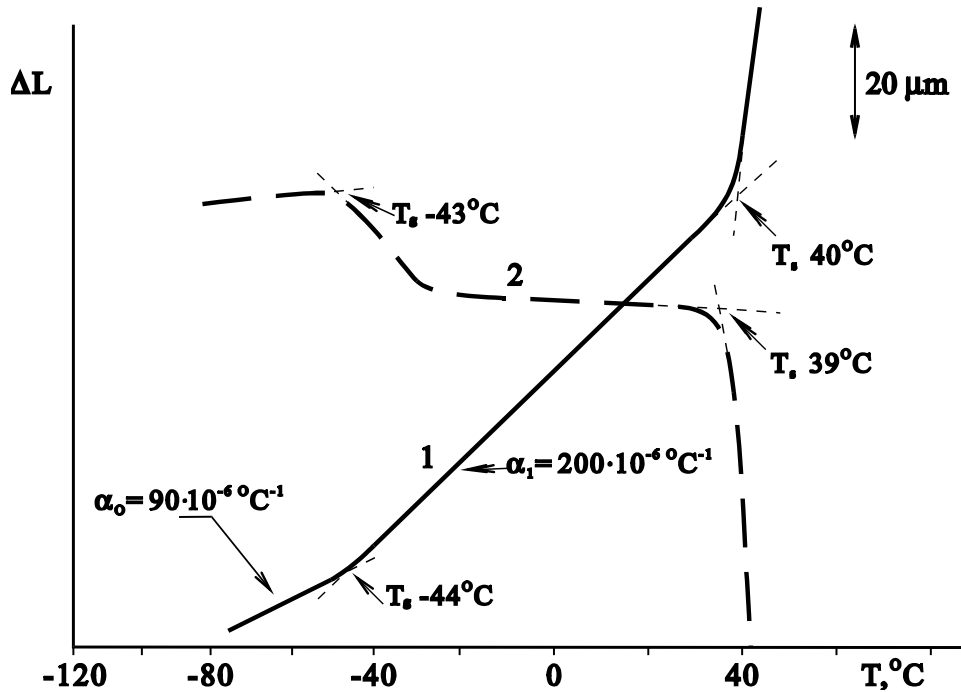
ΔG_a számítható;

$$\Delta G_a = \Delta H_a - T\Delta S_a =$$

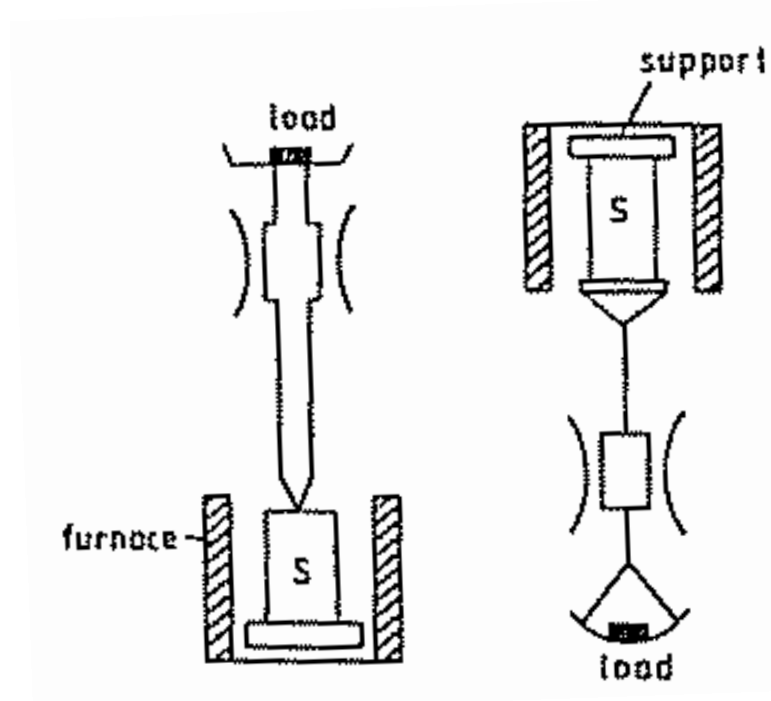
ΔS_a számítható;



Dilatometria (TD), Termomechanikai analízis (TMA),



Neoprén hőtágulási görbéje (1)
és penetrációs görbéje (2).
A terhelés: 1 - 0 N, 2 - 0,05 N

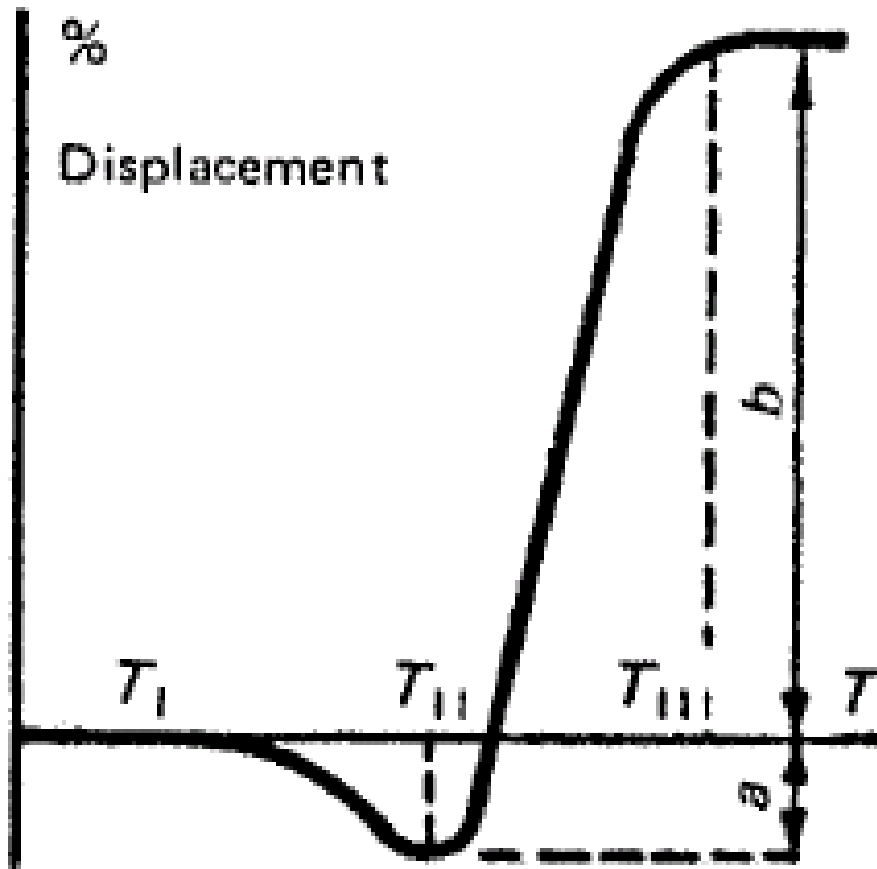


S – minta

Penetráció

Nyújtás

Préselt szénrudak TD mérése kokszolhatósági paraméterek érdekében



T_I temperature at which the piston has moved down $0,5 \text{ mm}^1$: *softening temperature*.

T_{II} temperature at which the piston reaches its lowest point : *temperature of maximum contraction*.

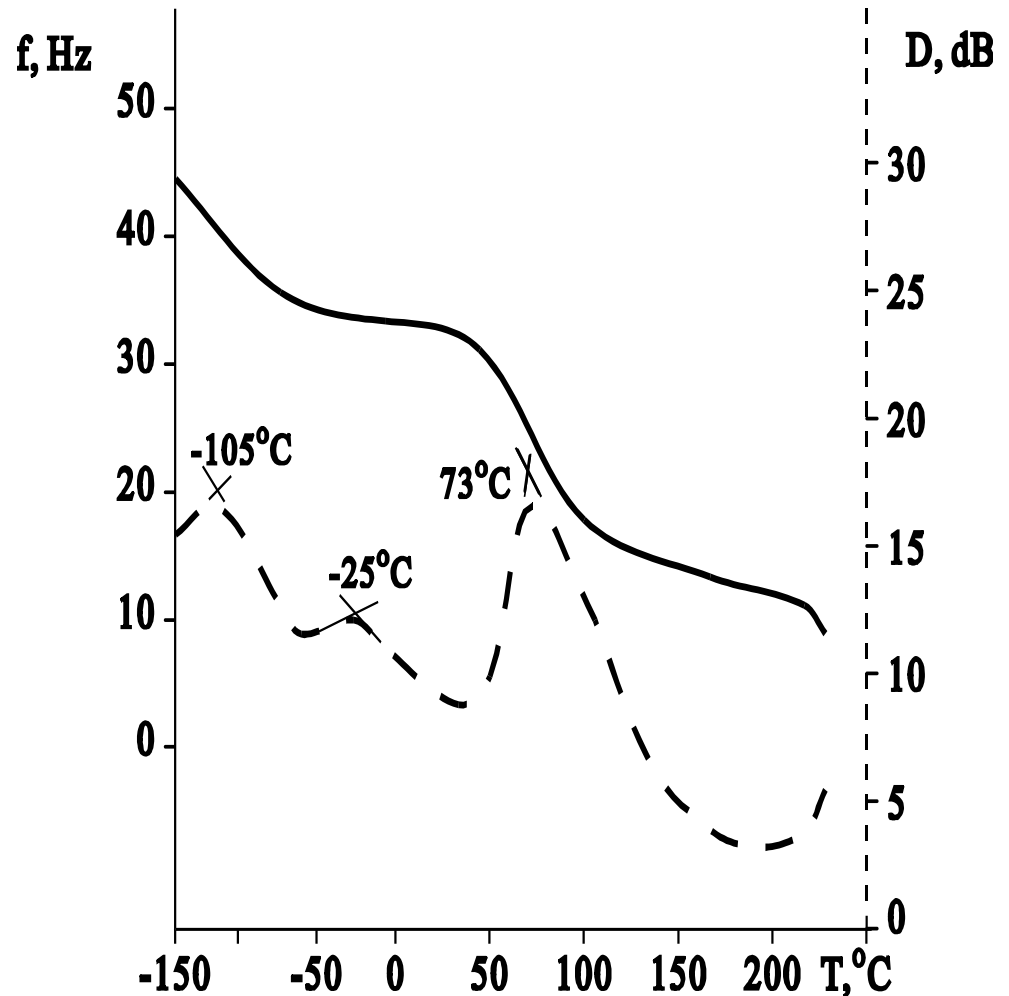
T_{III} temperature at which the piston reaches its highest point : *temperature of maximum dilatation*.

a maximum contraction of length of pencil, per cent.

b maximum dilatation of length of pencil, per cent.

Dinamikus Termomechanikai Analízis (DMA)

- Nylon-66 dinamikus termomechanikai görbéi DuPont DMA készüléssel felvéve. A folytonos görbe a rendszer rezonanciafrekvenciáját, a szaggatott a csillapítást írja le.
- A minta mérete: 0,13x1,55x0,663 cm, rezgési amplitúdó: 0,10 mm, hevítési sebesség: 5 °C/min.



Termomagnometria (Sztatisz J)

- TG mágneses térben (mágnes a kemencén)
- Curie-hőmérsékleten a ferromágneses anyagok paramágnesessé válnak, azaz elvesztik a mágnesességüket
- Látszólagos súlyváltozás a TG görbén /DTG-n is csúcs(változás)
- $Y_2O_3 + Fe_2O_3 = 2 YFeO_3$
- $3 YFeO_3 + Fe_2O_3 = Y_3Fe_5O_{12}$ (YIG)
- J. Magnetism and Magnetic Materials 41 (1984) 73-74

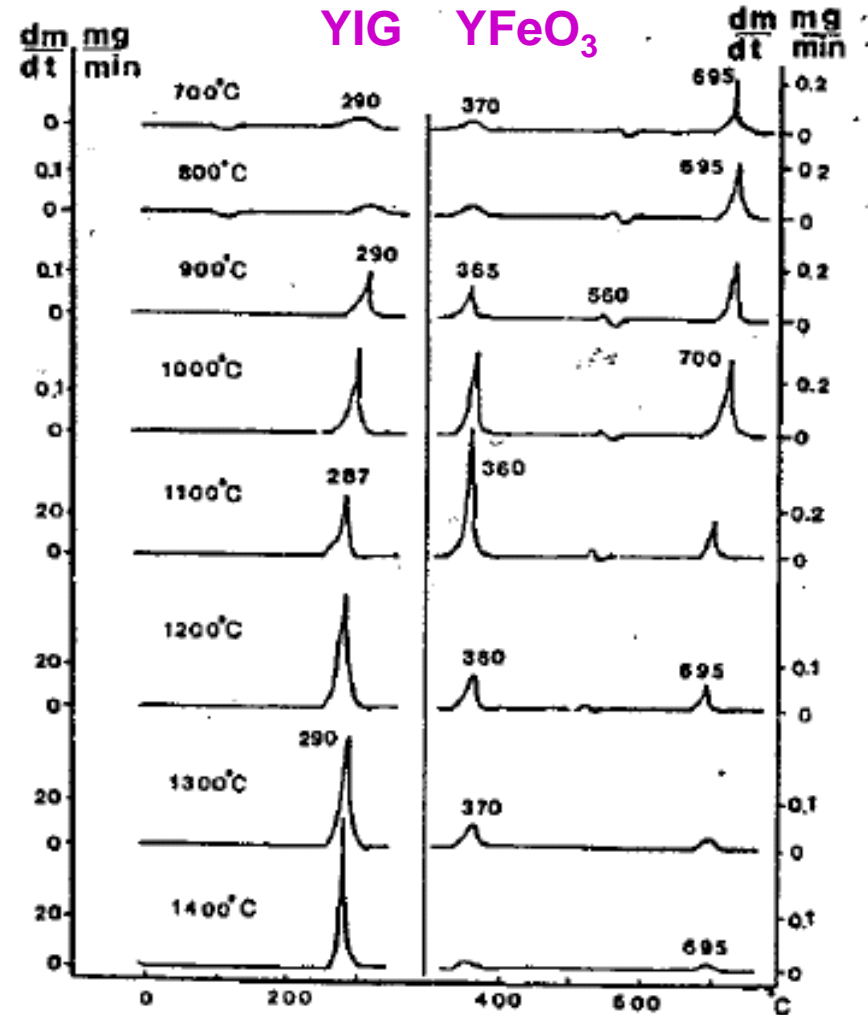


Fig. 1. DTG(M) curves of 3Y₂O₃:5Fe₂O₃ powders sintered at different temperatures for 6 h.

Curie-pontokon alapuló (termomagnetometriás) hőmérséklet- kalibráció

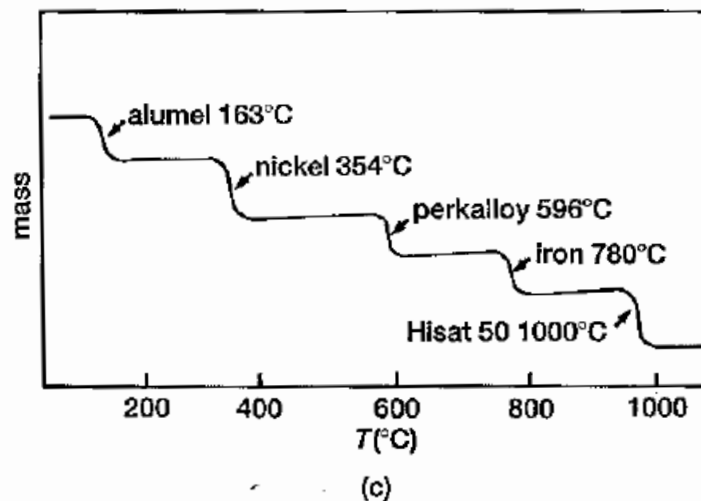
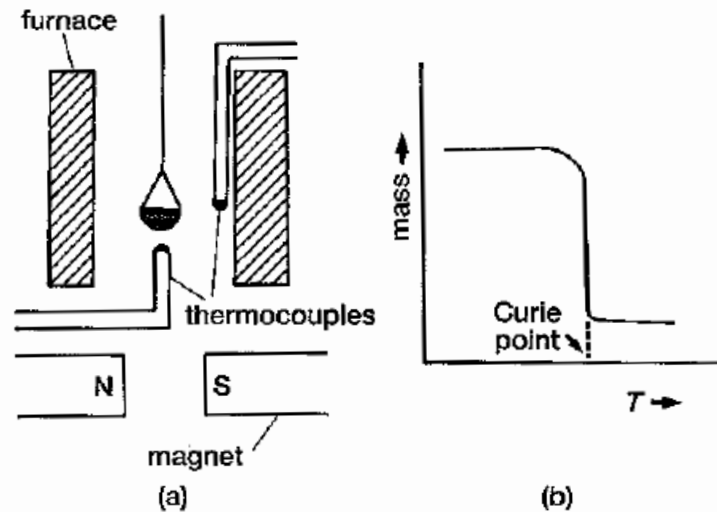


Figure 3.6 Curie-point method of temperature calibration [27]. (With the permission of

Vékony filmek gázfázisú kémiai (CVD, ALD) módszerekkel történő leválasztásában alkalmazható termoanalitikai módszerek

Prekursorok szintézise és jellemzése

- olvadáspontok, forráspontok mérése (DTA, DSC)
- tisztaságvizsgálat (DSC, DTA)
- illékonyság (szublimáció, párolgás) vizsgálata (TG)
- gázfázisú specieszek felderítése (TG-MS, TG-FTIR)
- a vékonyfilm-növekedési reakciók szimulációja (TG/DTA-ban)

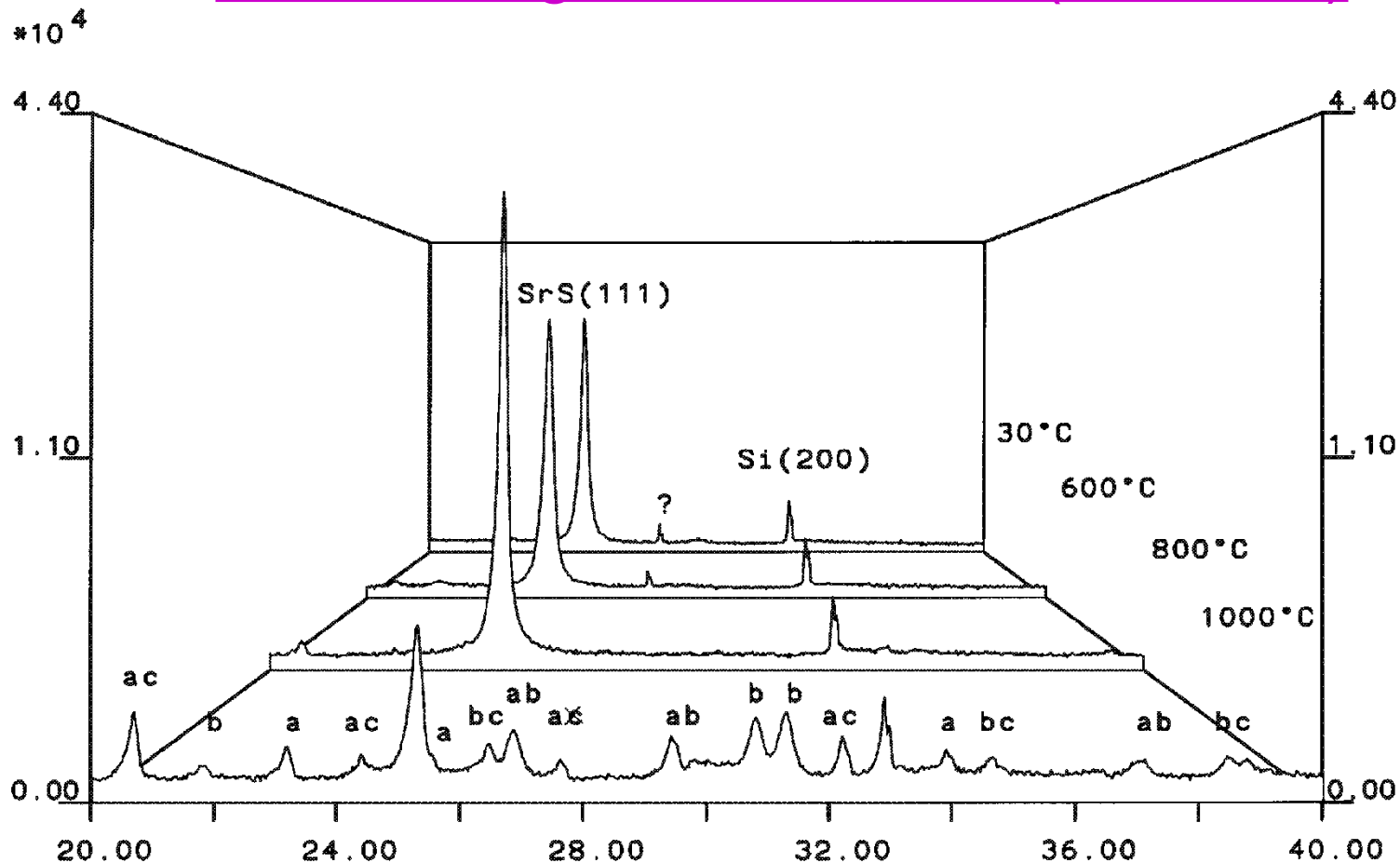
Vékonyfilm-növesztés CVD-vel, ALD-vel *in situ* monitorálása

- a reaktor atmoszférájának MS-sel, FTIR-gázelemzővel
- a hordozó felületének spektroszkópiai módszerekkel
- a leváló anyagmennyiségnek kvarckristály-mérleggel (QCB)

A vékonyfilmek jellemzése, vizsgálata

- termikus degradációjuk, TG-vel, EGA-MS-sel, ETA-val
- fázisátalakulásaik, magas hőmérsékletű XRD-vel
- reakciójuk a hordozójukkal, DTA/DSC, XRD

Filmek (hő)stabilitás-vizsgálata magas hőmérsékletű *in situ* röntgendiffrakcióval (HT-XRD)

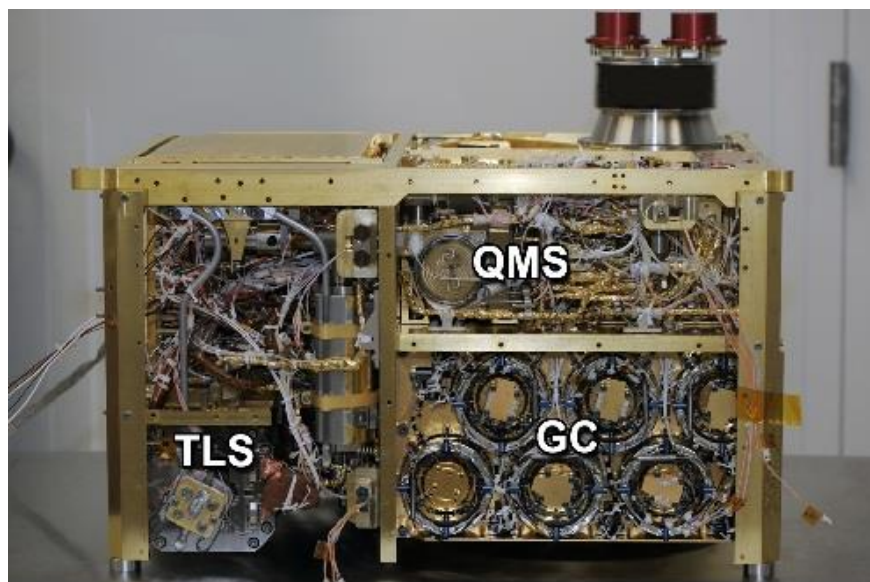


In situ magas hőmérsékletű röntgendiffrakcióval (HT-XRD) (a) 28, (b) 600, (c) 800 és (d) 1000°C-on mért SrS thin film minta (630 nm). A csúcsok azonosítása 1000°C-on azt mutatja, hogy a vékony SrS film reagált a levegővel és a szilícium hordozó lapkával. Az azonosított fázisok: a= SrSO_4 , b= SrSiO_4 , c= SrSiO_3 .

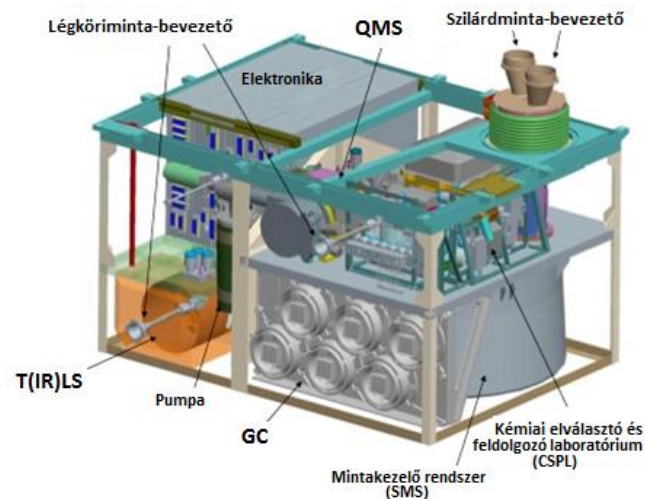
Madarász, J.; Leskelä, T.; Rautanen, J.; Niinistö, L.; *J. Mater. Chem.*, **1996**, *6*, 781-787

Curiosity (Marszi önjáró laboratórium)

(lég- és szilárdminta elemzői: (py)-GC-MS, -TL(IR)S)

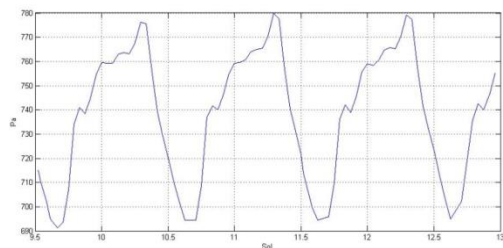


http://www.nasa.gov/images/content/681385main_PIA16100_Mahaffy_1.jpg

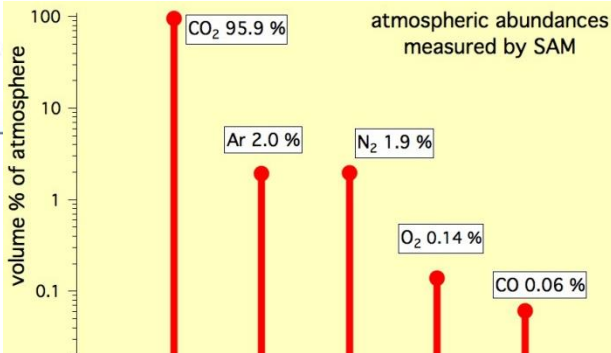
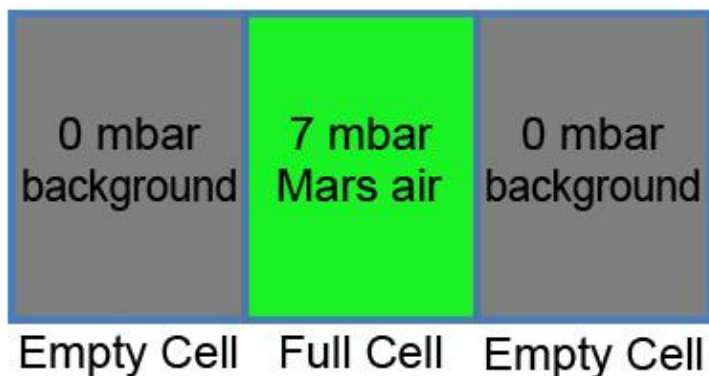


Hangolható IR-lézerfrekvenciás spektrofotométer széndioxid, vízgőz és metán detektálásra és izotópeloszlásának mérésére

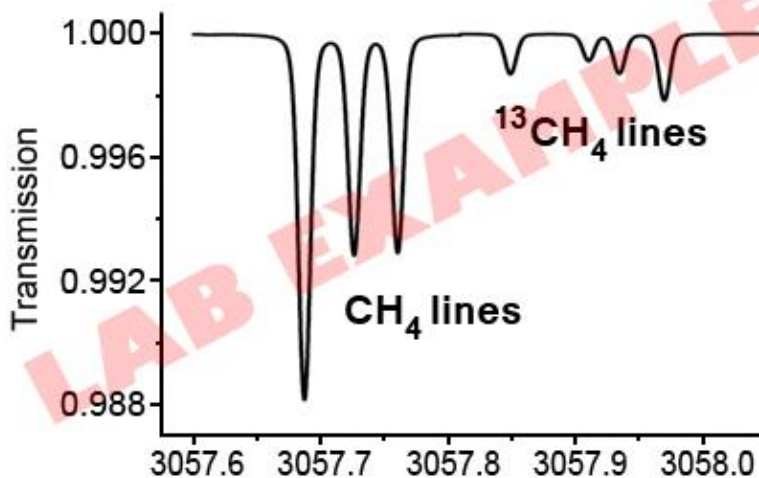
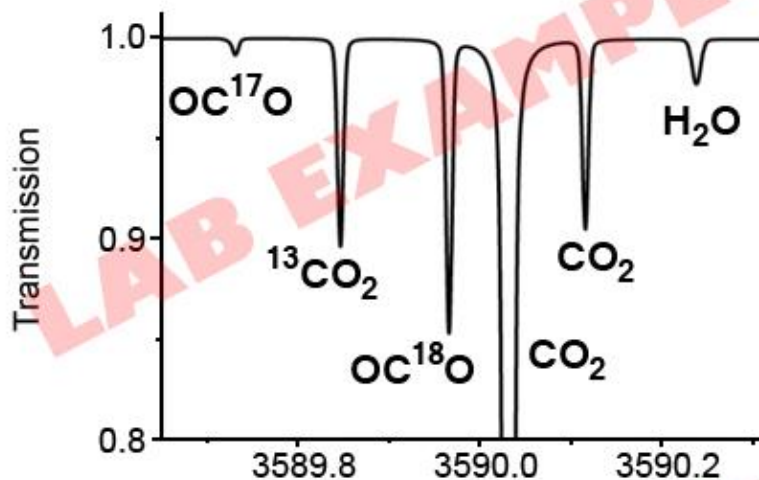
PRESSURE SENSOR



Methane search method:

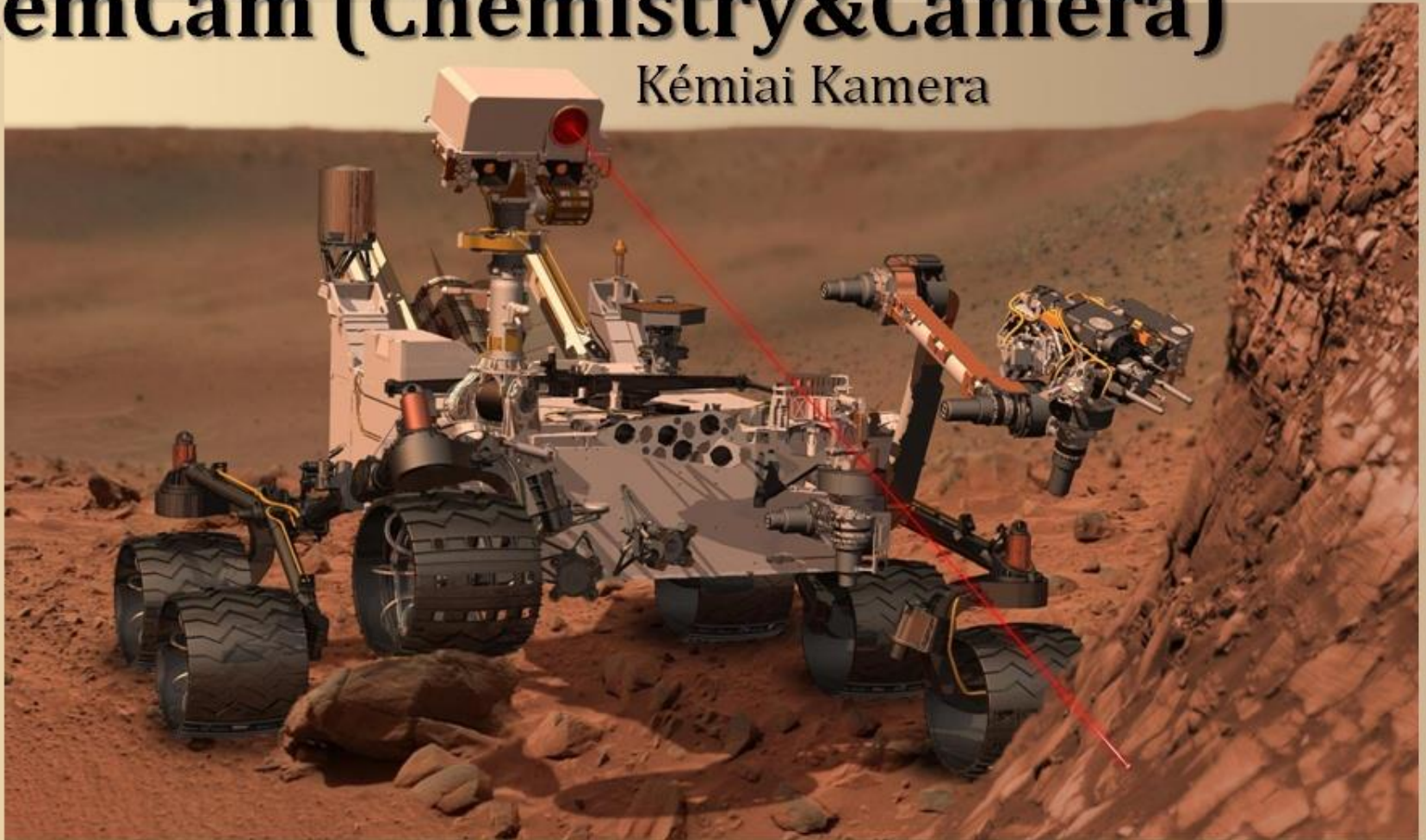


TLS spectral scan regions



ChemCam (Chemistry & Camera)

Kémiai Kamera



- **gyors** kőzet-meghatározás
- a marsi talaj, kavics, hamu **feltérképezése**
- hidratált ásványok, **víz**, jég meghatározása, életjelek kutatása
- **felületek** megtisztítása
- nyomelem szintű **kvantitatív analízis**
- nagyfelbontású RMI: **geomorfológia és képképzés** – kapcsolatot teremt a többi eredmény és a mintavétel helye között

Termoanalitikai mérési adatokat befolyásoló paraméterek

Table 13.2.2. Major factors affecting the recorded mass (m) and temperature (T) in thermogravimetry

Buoyancy (m)
 Condensation and reaction (m)
 Electrostatic effects (m)
 heating rate (T)
 Gas flow (T)
 Sample holder (T)
 Reaction enthalpy (T)
 Sample size and packing (T)

Table 13.2.3. The influence of sample and operational parameters on resolution and sensitivity
 DSC, DTA

<i>Parameter</i>	<i>Maximum resolution</i>	<i>Maximum sensitivity</i>
Sample size	small	large
Particle size	small	large
Sample packing	dense	loose
Heating rate	slow	fast
Atmosphere	high conductivity	low conductivity

Table 13.2.5. Major points in the data presentation recommendations by ICTAC and IUPAC for TG, DTA, DSC or EGA records

-
- identification of the sample (name, formula, composition)
 - source and history of the sample (pretreatments, etc.)
 - atmosphere (composition, pressure; static, dynamic or self-generated)
 - geometry and material of the sample holder
 - sample weight and its packing
 - instrument type, heating rate, and temperature program used
-