

# Laboratóriumi asztrokémia – Csillagközi reakciók vizsgálata a Földön



Készítette: VÁMI Ármin

Mentor: Dr. GÓBI Sándor



## BEVEZETÉS

### Az asztrokémiai kutatások célja:

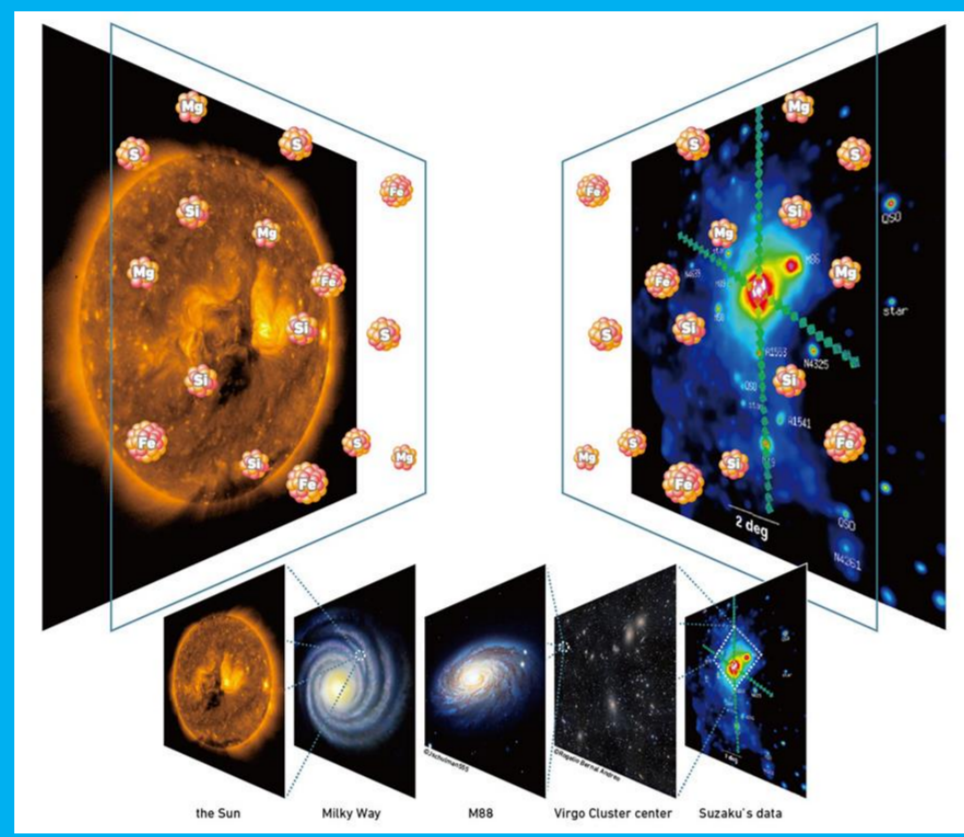
A csillagközi tér részecskéinek azonosítása, a köztük végbemenő kémiai folyamatok vizsgálata, a különleges körülmények, vagyis az űridőjárás elemeinek laboratóriumi modellezése:

- ▶ ultranagy vákuum ( $10^{-9}$  mbar)
- ▶ abszolút 0 közeli hőmérséklet ( $\approx 10$  K),
- ▶ nagyenergiájú sugárzások: ultraibolya (UV) sugárzás, csillagszél, kozmikus háttérsugárzás, mikrometeorit bombázások.

## CÉLKITŰZÉS

### Miért vizsgálunk kéntartalmú vegyületeket?

A kén a 10. leggyakoribb elem a világegyetemben (440 ppm). A számított anyagnak viszont eddig mindössze 1 ezredét találták meg gázfázisban. Feltételezhető, hogy jégként (vagyis szilárd állapotban) van jelen, és azt keressük, hogy milyen formában.

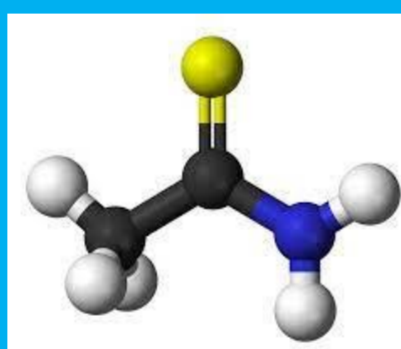
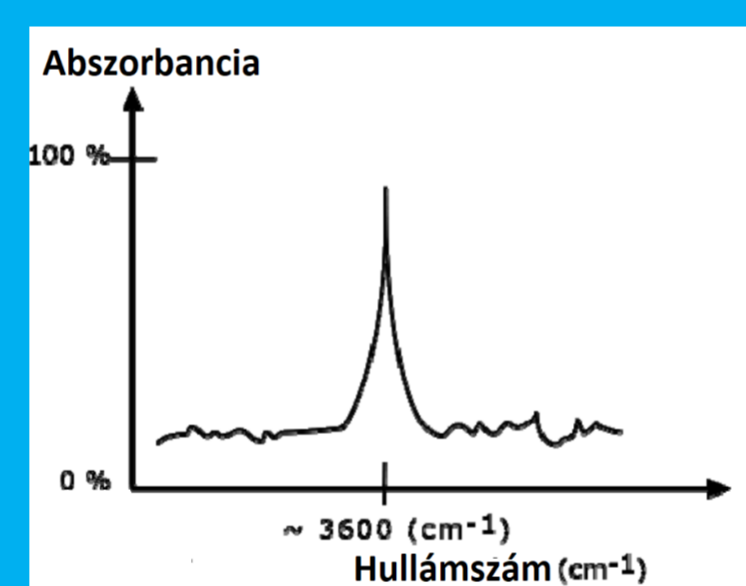


A Japán Űrügynökség Suzaku műholdja kimutatta a kén jelenlétét is.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

### Az azonosítás módszere: a színekélemezés (spektroszkópia), vagyis a molekulák és a fotonok közti kölcsönhatás vizsgálata.

Az infravörös (IR) spektroszkópia az IR sugárzás elnyelésén (abszorpció) alapul. A mintát besugározzuk az IR sugárzás tartományába eső sugarakkal (hullámszáma:  $10\text{ cm}^{-1}$  -  $12\,500\text{ cm}^{-1}$ ), ami a rezgéseinek megfelelő hullámszámú fényt nyeli el. Megjelenítése spektrummal történik, ami az abszorbanciát ábrázolja a hullámszám függvényében.



$\text{CH}_3\text{CSNH}_2$  golyómodelljének színekódja:  
C (szén): fekete; H (hidrogén): fehér;  
N (nitrogén): kék; S (kén): sárga

**Magyarázat:**  
150 K alatti hőmérsékleten a metilcsoport forgása gátolt, magasabb hőmérsékleten a forgás akadálymentes.

### A vizsgált anyag: a tioacetamid

Az eddigi kutatásokban az intermolekuláris kölcsönhatások hatását figyelték meg a tioacetamid ( $\text{CH}_3\text{CSNH}_2$ ) szerkezetére a hőmérséklet függvényében, infravörös spektroszkópiával.

Megállapították, hogy a 10 K hőmérsékletű tioacetamid amorf jég folyamatos melegítése során 150 és 200 K között irreverzibilis változás, kristályosodás megy végbe. Ismételt hűtés-melegítésre reverzibilis változások is történnek.

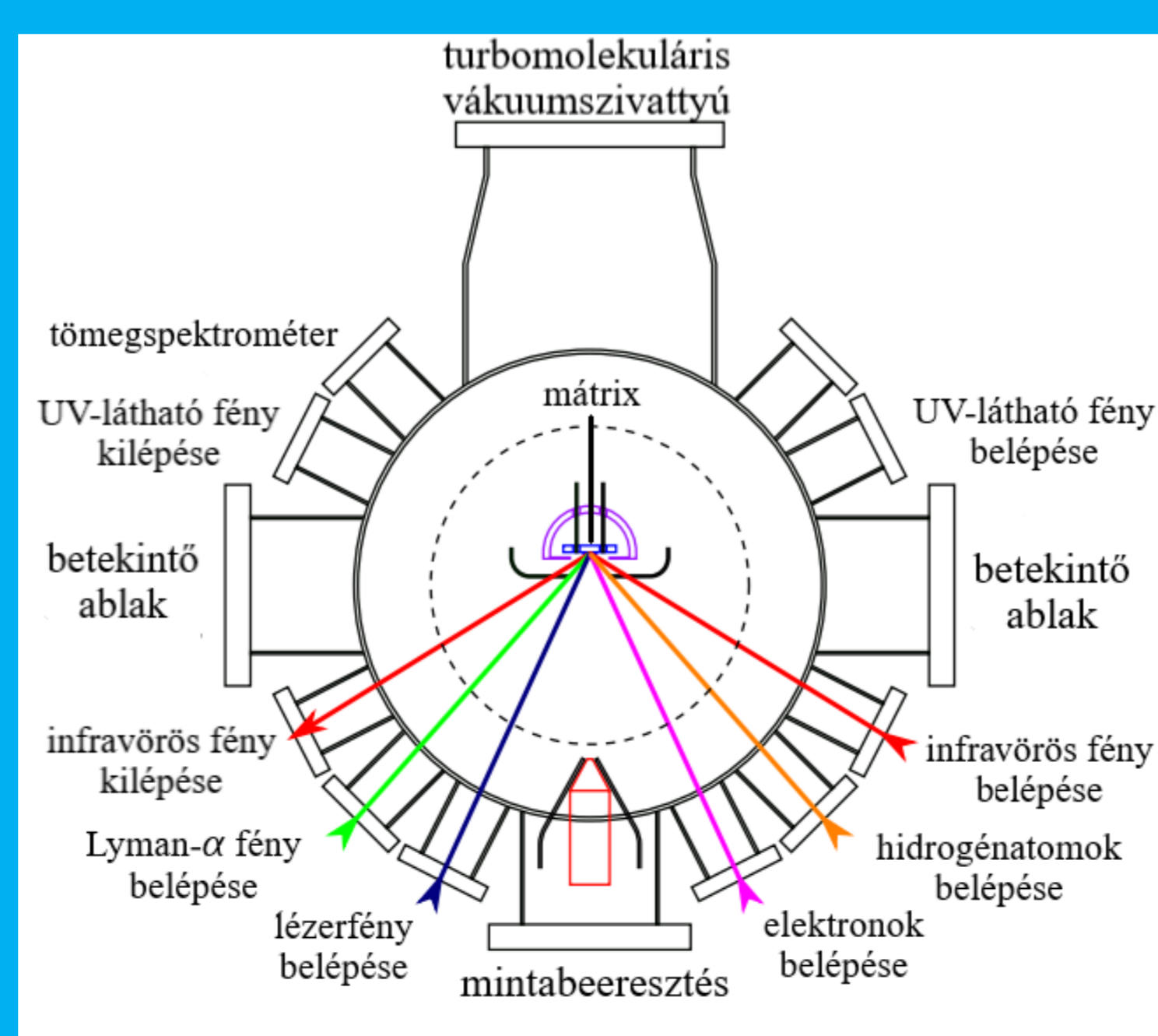
## ALKALMAZOTT MŰSZER

### VIZSLA (Versatile Ice Zigzag Sublimation Setup for Laboratory Astrochemistry)

**Feladata:** alacsony hőmérsékletű argon-mátrixban és asztrofizikai analóg jégben/jégkeverékben történő vizsgálatok megvalósítása az asztrokémiai molekulák reakciójának tanulmányozására.

#### Részei:

- ▶ Elektronágyú a kozmikus sugarak modellezésére
- ▶ H-atom sugárforrás hidrogénezési reakciókhoz
- ▶ Egy mikrohullámú H-atom lámpa a Lyman-alfa sugárzás előállítására
- ▶ Hangolható lézerforrás
- ▶ Az elemzéshez: infravörös, UV és látható fény, valamint tömegspektrométer
- ▶ Két kriosztát a hőmérséklet biztosítására



## MŰVELETEK

### A jelenlegi kutatás során az argon-mátrixba (Ar-ba) beágyazott tioacetamidot vizsgáljuk.

#### 3 mérést végzünk 15 K hőmérsékleten.

1. Az Ar-mátrixban való leválasztás után UV sugarakkal sugározzuk be.
2. Az Ar-mátrixban való leválasztás közben elektronokkal sugározzuk be.
3. „Vak” mérés: alapállapotban, besugárzások nélkül vizsgáljuk az anyagot. Ehhez hasonlítjuk a többi besugárzás eredményeit.

#### Az elvégzett műveletek a következők:

□ **Mikrohullám hatására:** a  $\text{H}_2$  elbomlik  $2\text{H}$ -re, majd rekombinálnak. Az energia-különbség UV-fény formájában kisugárzódik. A Lyman-alfa a rekombinálandó H-atomok által kibocsátott UV tartományban látható vonalas színek neve. A spektrumban az UV besugárzás hatására végbemenő bomlások termékei jelennek meg. Pl. a HNCS.

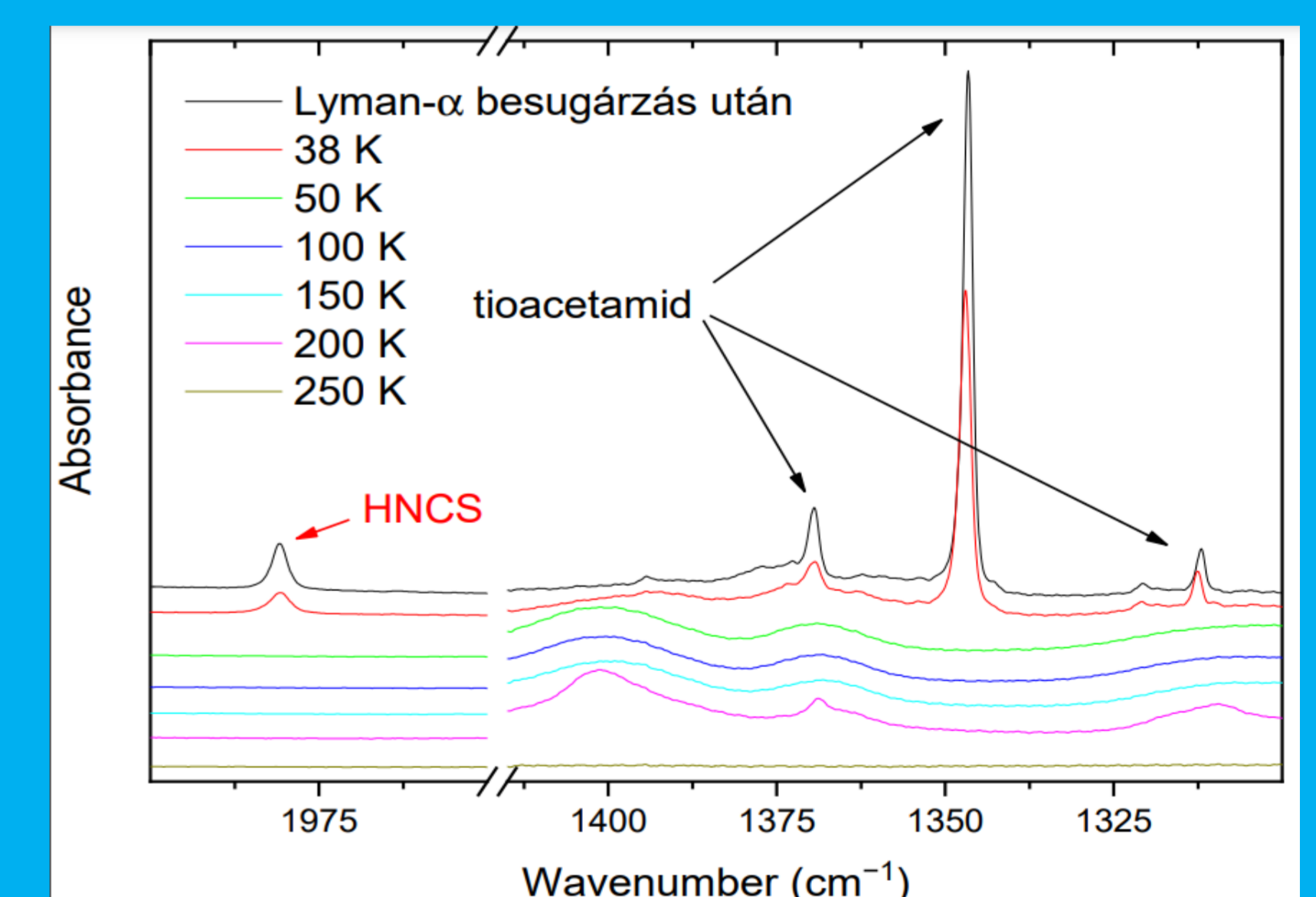
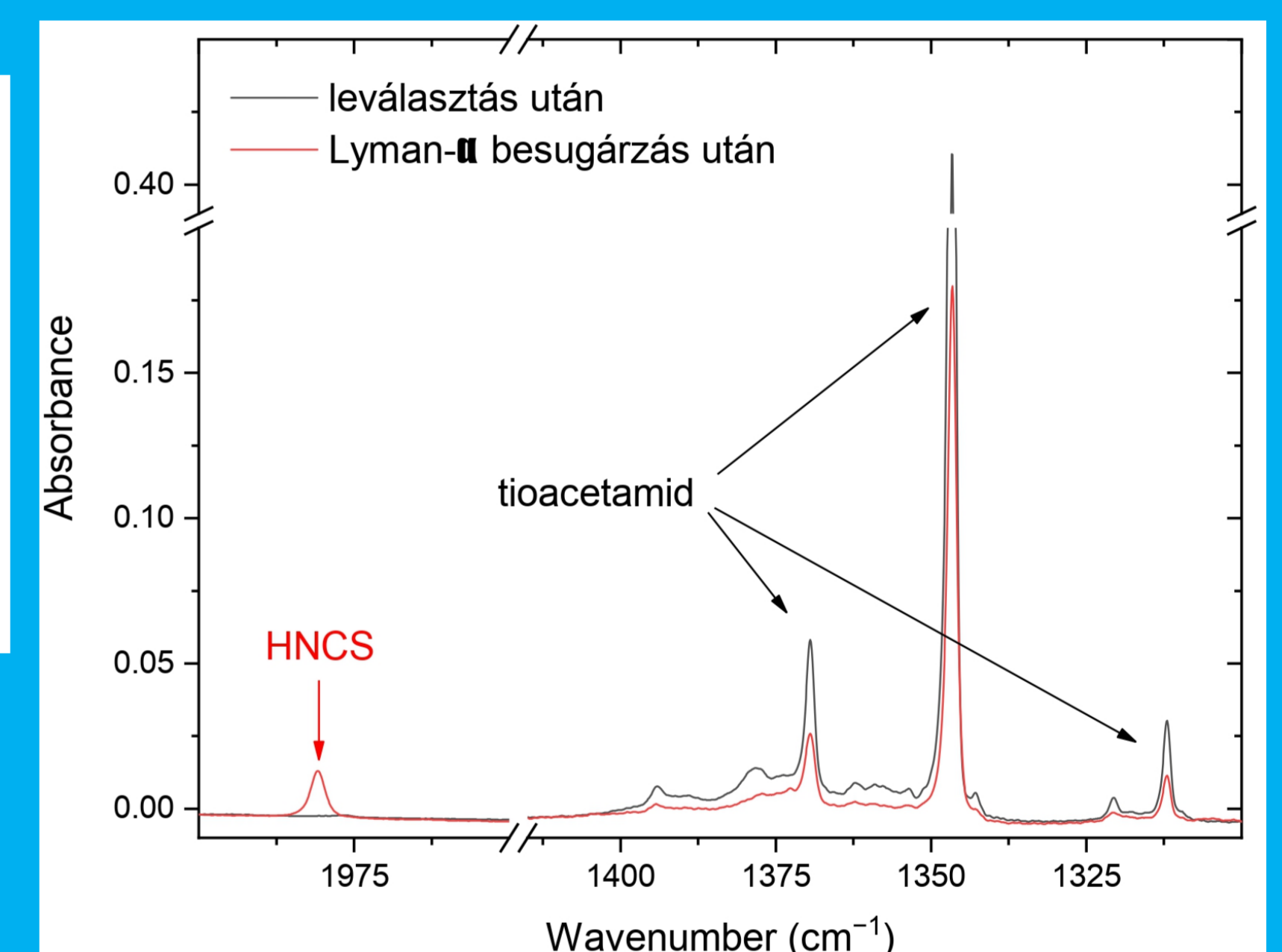
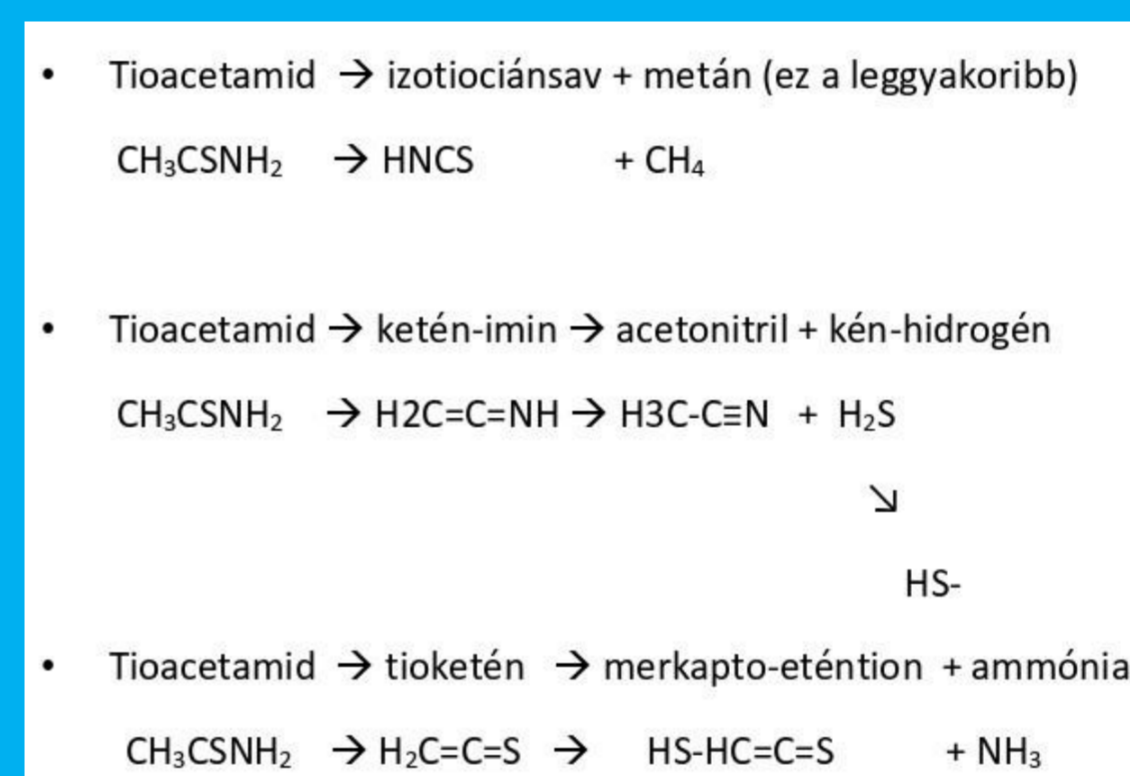
▶ **TPD** (kontrollált módon történő melegítés hatására deszorpció megy végbe):  $15\text{K} \rightarrow 300\text{K}$   $15\text{K} \rightarrow 50\text{K}$   $2\text{K}/\text{min}$ .  $50\text{K}$  felett  $1\text{K}/\text{min}$ .

▶ IR spektroszkópiával és tömegspektrometriával követtük a folyamatot.

## EREDMÉNYEK

### Kísérleti eredmények

Az argon-mátrixban izolált tioacetamid-molekulák jó felbontású spektruma egyedülálló lehetőséget kínál a deszorpciós termékek azonosítására.



**IR spektroszkópia:**  
jég-fázis melegítése  $\rightarrow$  a besugárzási termékek szublimálnak: a HNCS fokozatosan, 38-50 K között.

## KÖVETKEZTETÉS

A világegyetemben zajló asztrokémiai folyamatok modellezése során a reakciókat spektrumok segítségével igyekszünk beazonosítani. A mérések jó minőségű spektrumot szolgáltatnak a besugárzási termékekről. Pl. HNCS.

A mérések során kapott spektrális adatok felhasználhatók a teleszkópos megfigyelések során a csillagközi jégben található kénvegyületek azonosításához.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

[https://www.isas.jaxa.jp/j/topics/topics/2015/image/1021/suzaku\\_1.jpg](https://www.isas.jaxa.jp/j/topics/topics/2015/image/1021/suzaku_1.jpg)

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Thioacetamide-3D-balls.png>

[https://www.researchgate.net/publication/342356556\\_Amorphous\\_and\\_crystalline\\_thioacetamide\\_ice\\_Infrared\\_spectra\\_as\\_a\\_probe\\_for\\_temperature\\_and\\_structure](https://www.researchgate.net/publication/342356556_Amorphous_and_crystalline_thioacetamide_ice_Infrared_spectra_as_a_probe_for_temperature_and_structure)

<https://aip.scitation.org/doi/10.1063/5.0061762>