

Forgó csillagközi felhőmag 3D-s modellje az effelsbergi 100 méteres rádiótávcső és a Herschel űrteleszkóp mérései alapján

Molnár Dániel
Tóth L. Viktor, Zahorecz Sarolta,
Mika Juvela, Jorma Harju

2014.09.16., FIKUT VII

Probléma

- sűrű felhőmagok: csillagkeletkezés kezdete
- kollapszus, fragmentálódás
- milyen a szerkezetük?

Ideális célpont

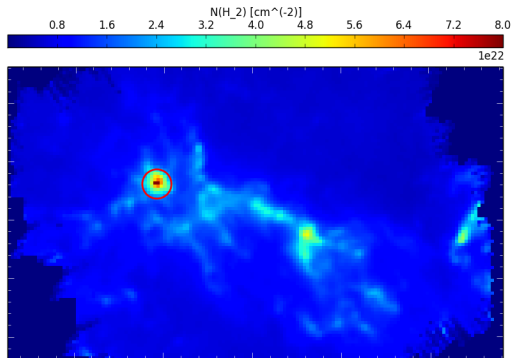
- közeli felhőmag → jól felbontható
- nagyon sűrű → jó S/N

Hogyan találunk ilyeneket?

- Plack űrszonda: C3PO katalógus, 10000 hideg clump, teljeségbolt, unbiased
- Herschel űrteleszkóp: 110 mintafelhő, statisztikus vizsgálata
- Effelsbergi felmérés: 11 felhő részletes térképezése ammónia vonalakban

G92.04+3.93

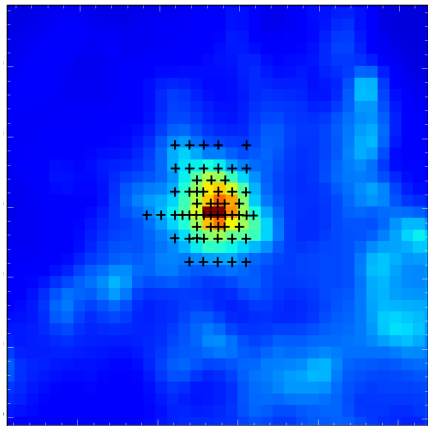
- legmagasabb H_2 oszlopsűrűségű
- beágyazott protocsillag (IRAS 21025+5221) a Herschel űrteleszkóp által talált kompakt, sűrű felhőmag irányában



A legsűrűbb felhőmag, G92.04A

Távoli IR emisszióból (por)
számolt tulajdonságok

- $N(\text{H}_2)_{\text{max}} = 7.7 \cdot 10^{22} \text{cm}^{-2}$
- $\overline{N(\text{H}_2)} = 4 \cdot 10^{22} \text{cm}^{-2}$
- $T_{\text{dust}} = 11.6 \text{ K} - 13.6 \text{ K}$



Effelsberg-100m mérések

- $\text{NH}_3(1, 1)$, $\text{NH}_3(2, 2)$
- 2012, 2013
- lemért pozíciók száma a teljes felhőben = 223
- lemért pozíciók száma a legsűrűbb magban = 58
- sebességfelbontás = 0,07 km/s
- $T_{\text{zaj},tl} = 0,27$ K
- $S/N_{tl} = 6,05$
- $t_{\text{int},tl} = 6,3$ perc
- jó jel/zaj arányú pozíciók száma = 25 ($3 < \text{jel/zaj } \text{NH}_3(2, 2)$)

Ammónia spektrumok a maximális oszlopsűrűségű pozíción

Source: G92.04+3.93 A core

RA: 21:04:03.90 DEC:52:33:48.0

NH₃(1,1): T ant [K] = 3.41

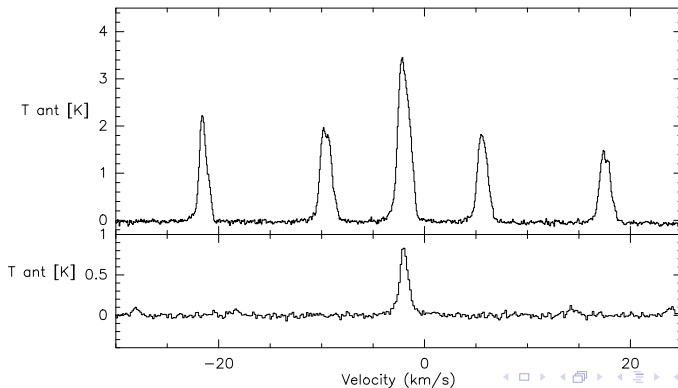
S/N=7.26

tau = 3.88±0.04

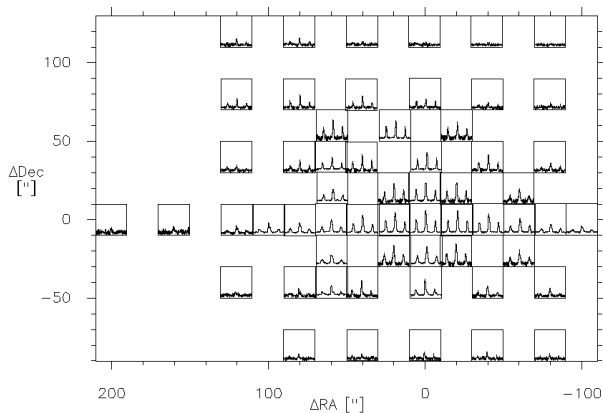
NH₃(2,2): T ant [K] = 0.79

S/N=20

time = 41 min

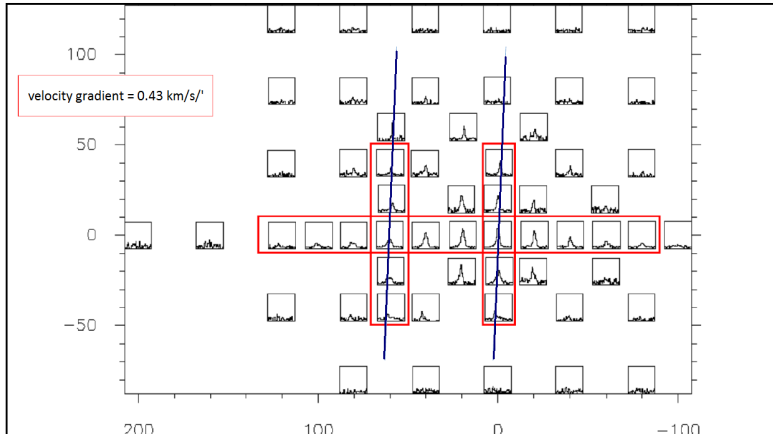


NH₃(1,1) spektrumtérkép

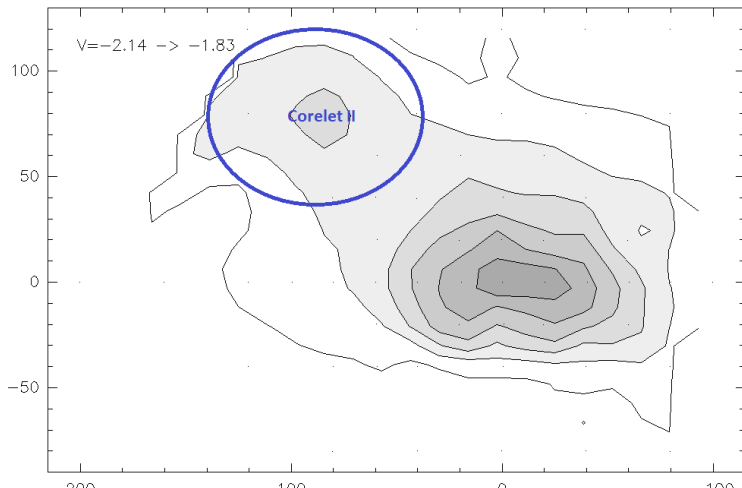


ábra : Sebesség intervallum -15 km/s-tól 10 km/s-ig, az antenna hőmérséklet intervalluma pedig -0.5 K-től 4,5 K-ig.

A felhőmag kinematikája

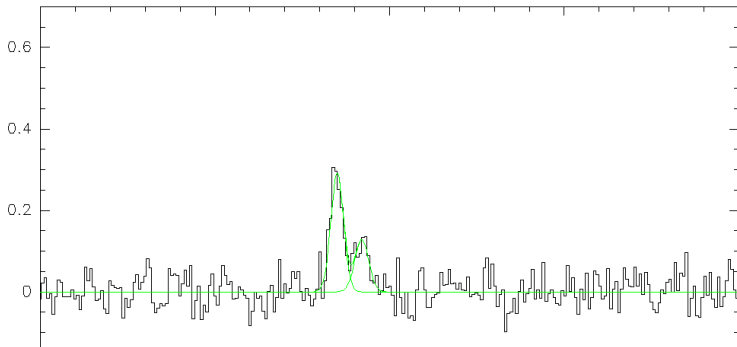


Coreletek



Coreletek

37; 7 G92.04A NONE P13MM01-XF02 O:15-DEC-2013 R:25-APR-2014
RA: 21:04:03.90 DEC: 52:33:48.0 Eq 2000.0 Offs: +59.4 -39.8
Unknown tau: 0.000 Tsys: 119. Time: 24. min El: 74.2
N: 8191 I0: 5131.15 V0: 0.000 Dv: -0.1543 LSR
FO: 23722.6330 Df: 1.2207E-02 Fi: -12.6330000



Számolt fizikai paraméterek

- $\overline{N(\text{NH}_3)} = 3,76 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-2} \pm 0,4 \text{ cm}^{-2}$
- $N(\text{NH}_3)_{\text{max}} = 5,8 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-2} \pm 0,6 \text{ cm}^{-2}$

- $\overline{T}_{\text{kin}} = 12.4 \text{ K} \pm 0.9 \text{ K}$
- $T_{\text{kin,max}} = 14.6 \text{ K} \pm 1.6 \text{ K}$

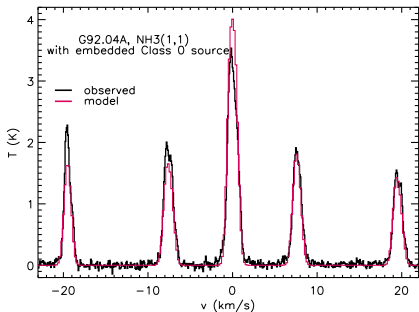
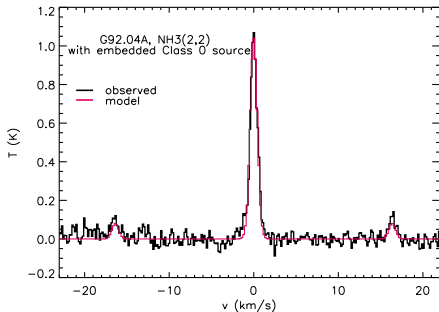
Maximumok pozíciói egybe esnek a porból számoltakéval.

Gömbszimmetrikus modell

- RT modell cppsimu (Juvela, 1997)
- legegyszerűbb: izotermikus gömb
- por sűrűsége alapján Plummer-profil követű eloszlás
 - $n = \frac{n_0}{(1 + \frac{R}{R_0})^{\eta/2}}$
- "jóságot" mérő mennyiség: $\chi^2 = \frac{1}{n_{ch}} \sum (OBS - MOD)/\sigma)^2$

Modellezett és mért $\text{NH}_3(1,1)$ és $\text{NH}_3(2,2)$ spektrumok 0,0 offseten

• $\chi^2 = 1060$



3D-s modell

Reprodukálható tulajdonságok

- forgás
- elnyúlt szerkezet

A modell

- forgó, megnyúlt ellipszoid
- izoterm és nemizoterm esetben

Paraméterek

- $R = \sqrt{X^2/a + Y^2/b + Z^2/c}$
- $n = \frac{D_1}{(1+R/D_2)^{D_3}}$
- $T = T_1 \cdot R^2 + T_2 \cdot R + T_3$ (nemizoterm esetben)
- $v_{los} = v_1 \cdot \tanh(v_2 \cdot X) + v_3$

3D-s modell

Fig. 1. Density distribution of the model cloud in the x-z plane

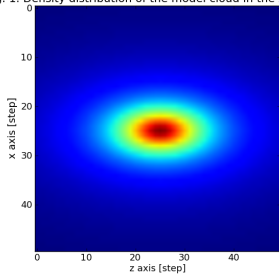
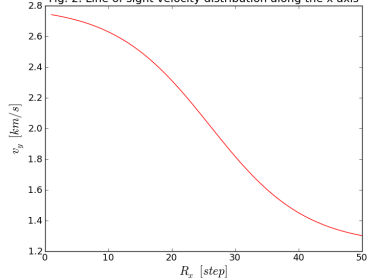
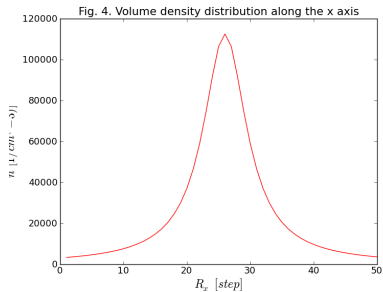
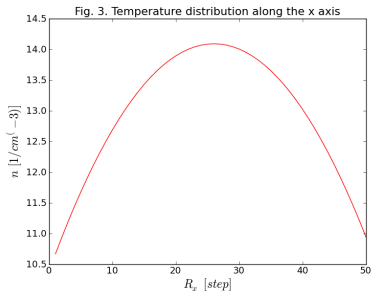


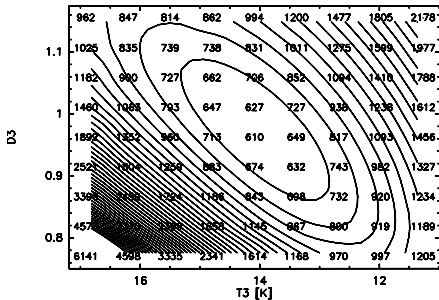
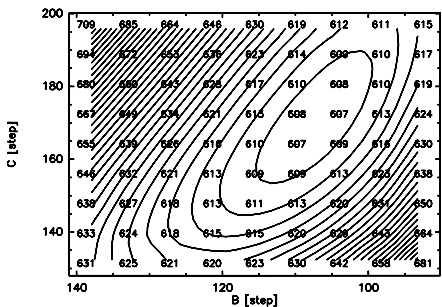
Fig. 2. Line of sight velocity distribution along the x axis



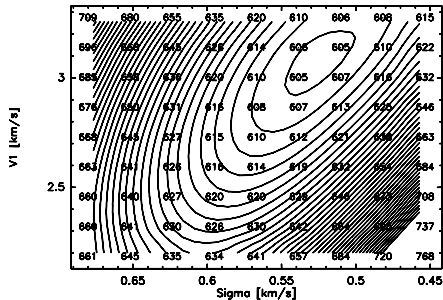
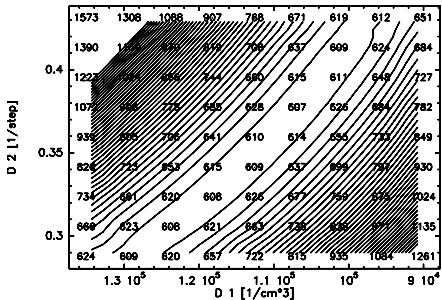
3D-s modell



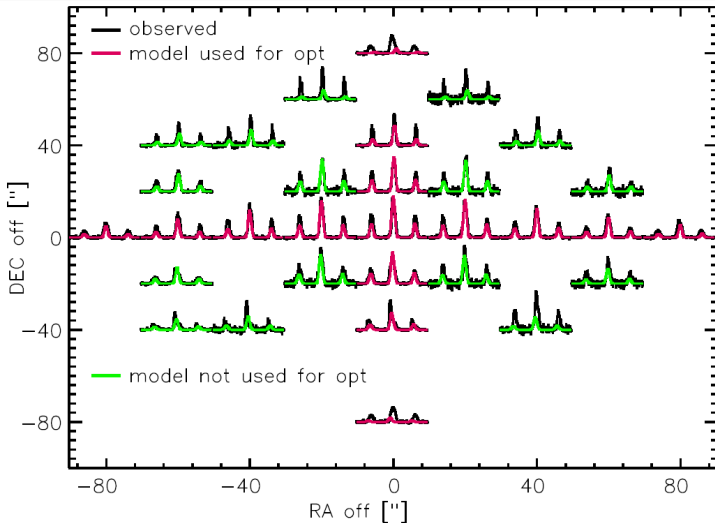
χ^2 térképek



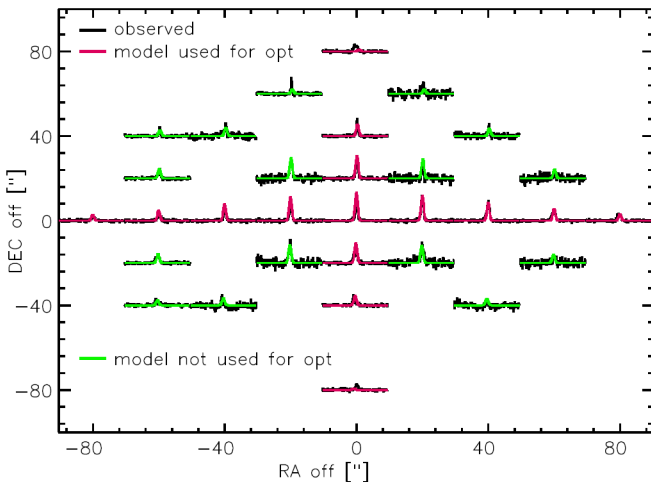
χ^2 térképek



Mért és modellezett $\text{NH}_3(1,1)$ spektrumok



Mért és modellezett $\text{NH}_3(2,2)$ spektrumok



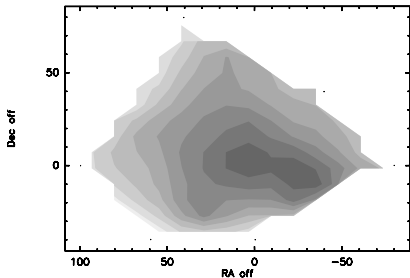
Eredmények

- a sebességtér modellezhető differenciális rotációval
- nemizoterm modell használató
- megnyúlt struktúrát orsóellipszoid jól közelíti

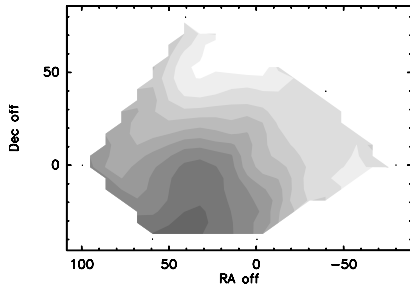
Kitekintés

- coreletek hozzáadása a modellhez
- távolságbecslés pontosítása
- teljes felhő vizsgálata

Physical properties of the core

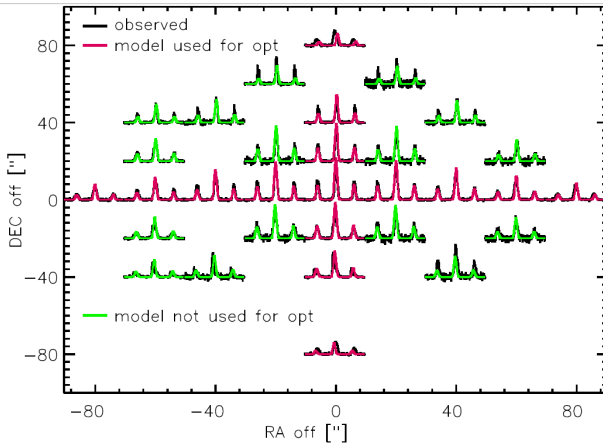


ábra : Para-NH₃ column density map of the G92.04+3.93 around 0,0 offset in 10^{14}cm^{-2} . Only positions with $3 < S/N$ (2,2) main line intensities were

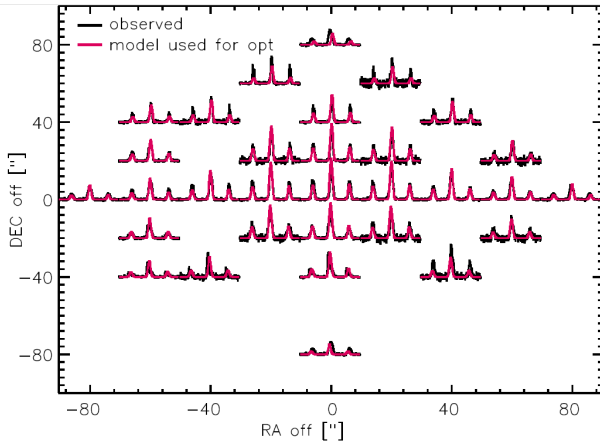


ábra : Kinetic temperature map of the G92.04+3.93 around 0,0 offset in K. Only positions with $3 < S/N$ (2,2) main line intensities were used.

Observed and modeled $\text{NH}_3(2,2)$ spectra optimized by omitting 0 -40 offset

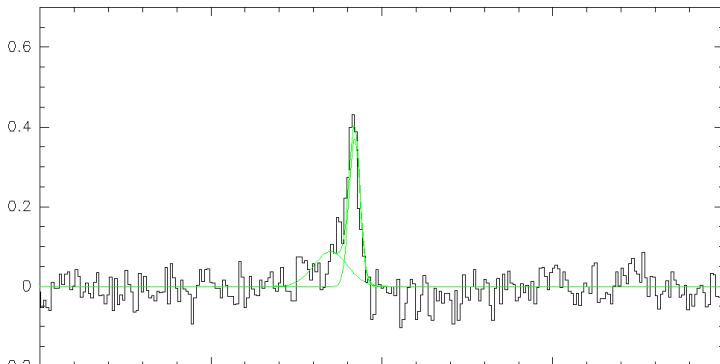


Observed and modeled $\text{NH}_3(2,2)$ spectra optimized using more spectra optimized by omitting 0 -40 offset



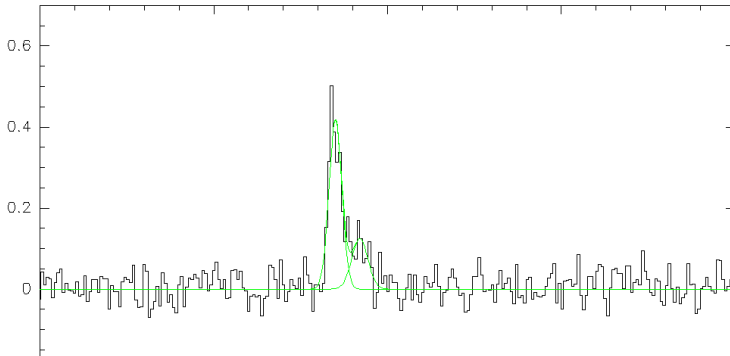
Double lines?

40; 7 G92.04A NONE P13MM01-XF02 O:15-DEC-2013 R:25-APR-2014
 RA: 21:04:03.90 DEC: 52:33:48.0 Eq 2000.0 Offs: +59.1 +20.2
 Unknown tau: 0.000 Tsys: 123. Time: 27. min El: 73.1
 N: 8191 l0: 5131.15 V0: 0.000 Dv: -0.1543 LSR
 F0: 23722.6330 Df: 1.2207E-02 Fi: -12.6330000



Double lines?

22; 7 G92.04A NONE P13MM01-XF02 O:15-DEC-2013 R:25-APR-2014
RA: 21:04:03.90 DEC: 52:33:48.0 Eq 2000.0 Offs: -0.4 -39.9
Unknown tau: 0.000 Tsys: 126. Time: 28. min El: 79.3
N: 8191 I0: 5131.15 V0: 0.000 Dv: -0.1543 LSR
FO: 23722.6330 Df: 1.2207E-02 Fi: -12.6330000



Double lines?

37; 7 G92.04A NONE P13MM01-XF02 O:15-DEC-2013 R:25-APR-2014
RA: 21:04:03.90 DEC: 52:33:48.0 Eq 2000.0 Offs: +59.4 -39.8
Unknown tau: 0.000 Tsys: 119. Time: 24. min El: 74.2
N: 8191 I0: 5131.15 V0: 0.000 Dv: -0.1543 LSR
F0: 23722.6330 Df: 1.2207E-02 Fi: -12.6330000

