

3. HF

FELADAT: egy az ISO adatbázisából tetszőlegesen választott objektum infravörös spektrumának IDL-ben való feldolgozása, a kontinuum jellemzése és minimum egy vonal illesztése, paramétereinek meghatározása.

FORRÁSOK:

ISO Data Archive 11.0 (<http://www.iso.vilspa.esa.es/>)

ApJ **243**, 170-174.: Far-Infrared Emission-line and Continuum Obs. of NGC 7027 [Melnick et al. 1981]

MNRAS **290**, L71-L75.: An ISO LWS detection of CH in NGC 7027 and an HeH⁺ upper limit [Liu et al. 1997]

Az előző beadandómban bemutatott NGC 7027-nek (21^h 07^m 01,6^s, +42° 14' 10,0") most az LWS műszerrel készített infravörös spektrumát választottam. A feldolgozott adatsor ISO adatbázisbeli hivatkozási száma TDT 37701104. A mérést a 43,01-195,41 μm hullámhossztartományban végezték 1996. november 27-én. Első lépésként könnyen kezelhető adatsort készítettem a letöltött txt file-ból, mely az adatokon kívül egyéb információkat is tartalmazott a FITS fileokéhoz hasonló header-ben. Ezt úgy végeztem el, hogy az azonos hullámhosszakhoz de különböző scan-ekhez tartozó fluxusokat kiátlagoltam, majd úgy normáltam, hogy 100 μm-en a fluxus egység nagyságú legyen, végül ezekből egy két oszlopból (hullámhossz, fluxus) álló file-t készítettem – az iménti lépéseket még excel segítségével hajtottam végre. Ezután következett az IDL-es munka. Egy félévvel ezelőtti scriptemet kellett csak kissé módosítani, hogy alkalmazható legyen erre a hullámhossz és fluxus-tartományra. **Lényegében tehát az első félévben leadott 5. HF lépéseit követtem. A normálási szorzótényező 110316829935575000 volt.**

Az adatok beolvasása után először a kontinuumot akartam illeszteni, ehhez meg kellett szűrnöm a fluxusértékeket, hogy a vonalakat itt ne vegyem figyelembe. A fél évvel ezelőtti technikát alkalmaztam, azaz ahol az egymás után következő fluxusértékek között az eltérés nagyobb volt mint egy delta érték, ott kivágtam a pontokat. A deltát 0,05-nek választottam, így a beolvasott 4075 pontból 2867 maradt meg. **Első nekifutásra Rayleigh-Jeans függvényt illesztettem** (a hőmérséklet paramétert hagytam változónak és léptettem, a kész függvényeket 100 mikronnál normáltam, és a minimális négyzetes eltérést kerestem), de ez a rövid hullámhosszakon kissé eltért a kontinuumtól. Ezért a λ kitevőjét „-4”-ről „-3,5”-re változtattam. Azaz az **illesztett függvény:**

$$F(\lambda, T) = \frac{2ckT}{\lambda^{3,5}}$$

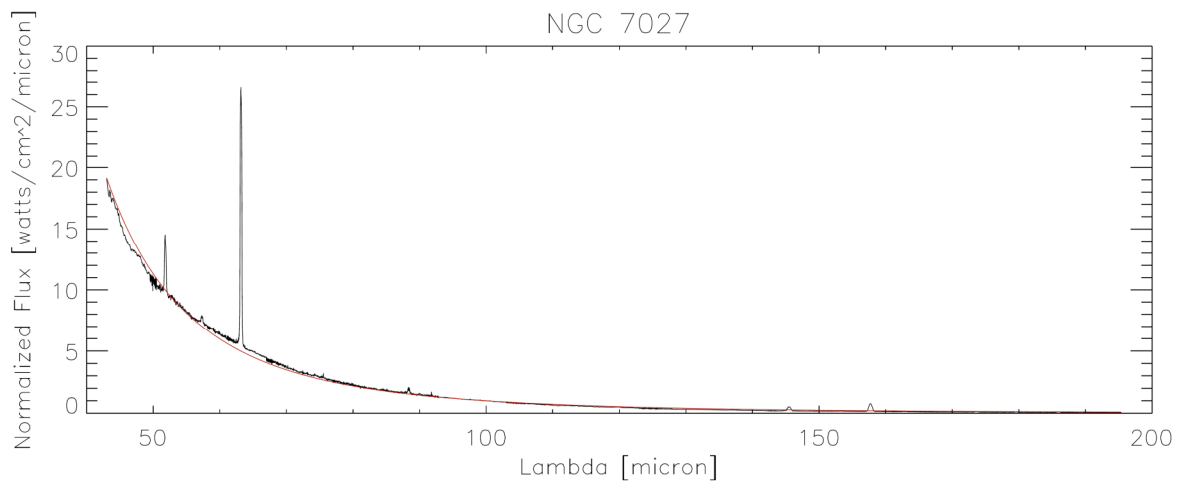
Ezek után a függvényt kivontam a spektrumból, így azt 0 környezetére normáltam – azaz elméletileg csak a vonalak maradtak meg.

Következett a vonalak illesztése: a hivatkozott cikkek alapján az [OI] és a [CII] vonalakat választottam. Csak az egy félévvel ezelőtti rutint kellett lefuttatnom a megfelelő hullám-

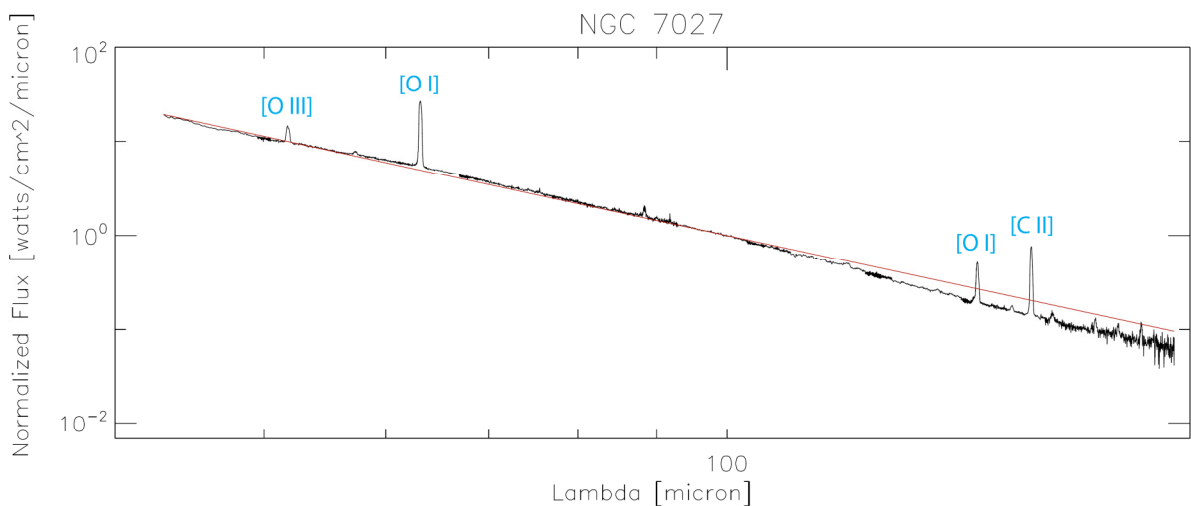
hossztartományokra, és az automatikusan elvégezte az illesztéseket (Gauss-görbék – képlet a hivatkozott előző félévi beadandóban) a korábbi háziban vázolt két változót léptető módszerrel. Ehhez még kiszámoltattam a Gauss-görbékhez tartozó félértékeket a következő képlet segítségével:

$$\text{FWHM} = 2\sigma\sqrt{2\ln 2}$$

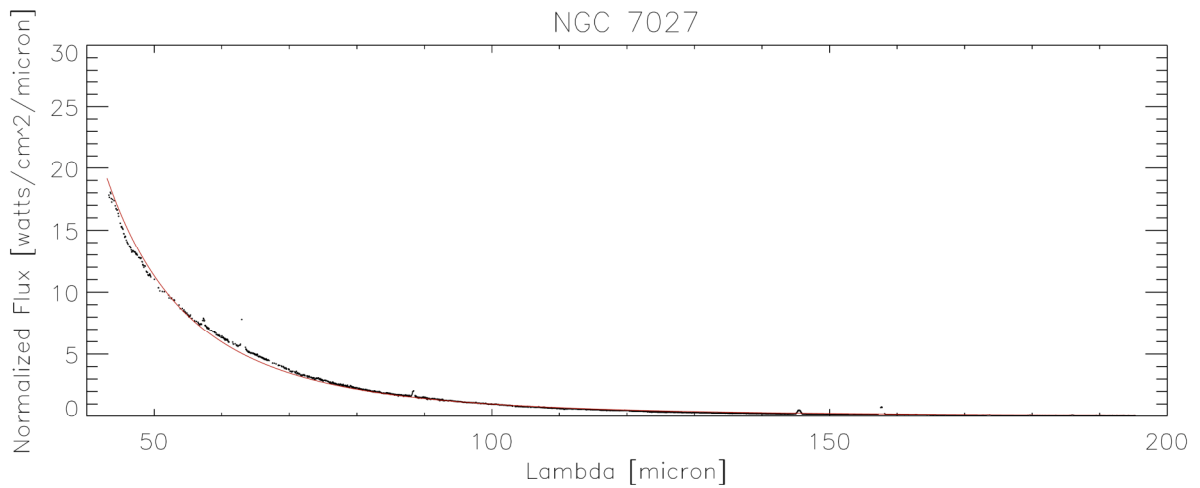
AZ ÁBRÁK ÉS A KINYERT ADATOK:



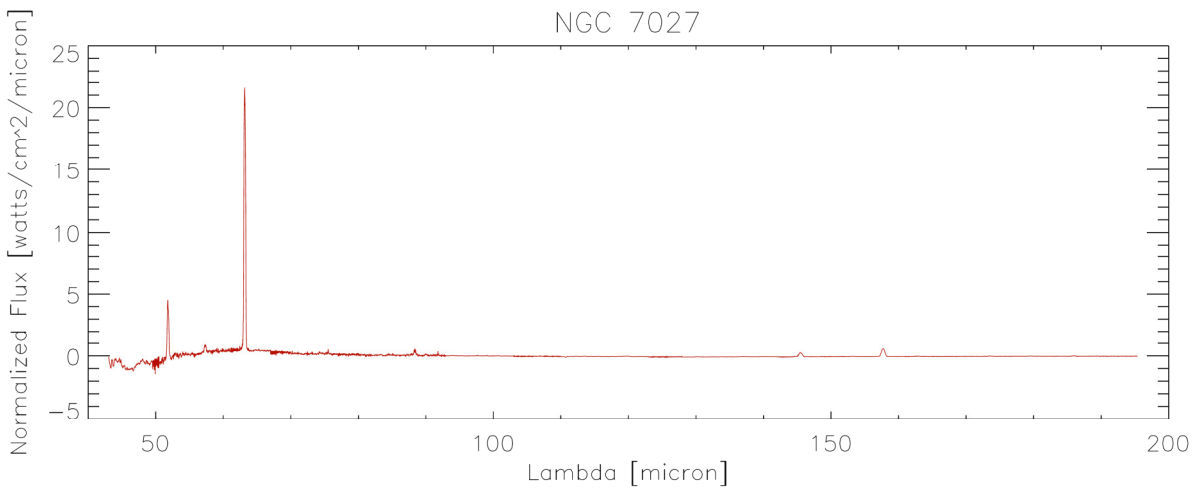
1. ábra.: Az NGC 7027 spektruma az illesztett függvénnyel



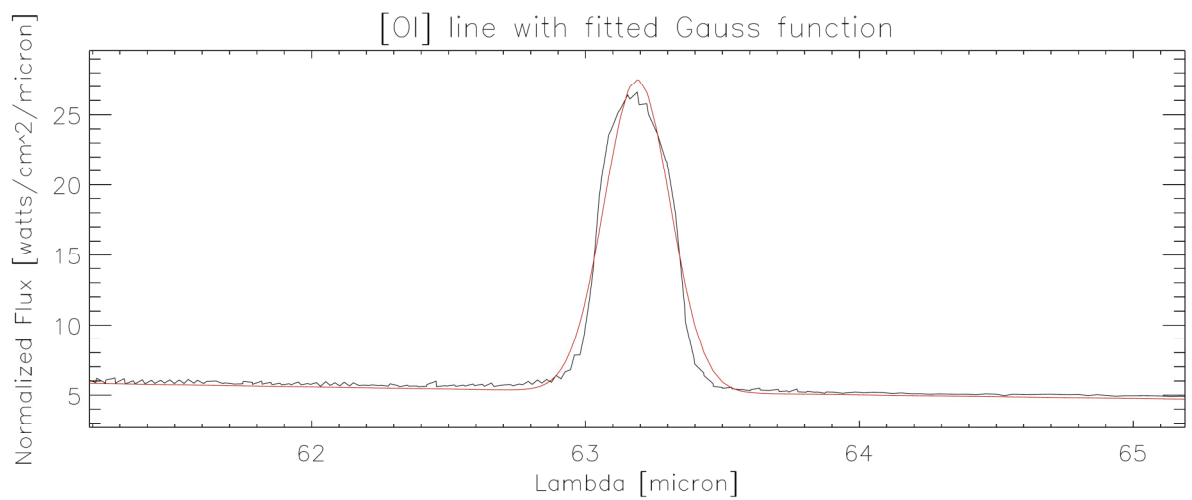
2. ábra.: Mint az 1. ábra, csak log-log skálán és pár vonal megnevezésével



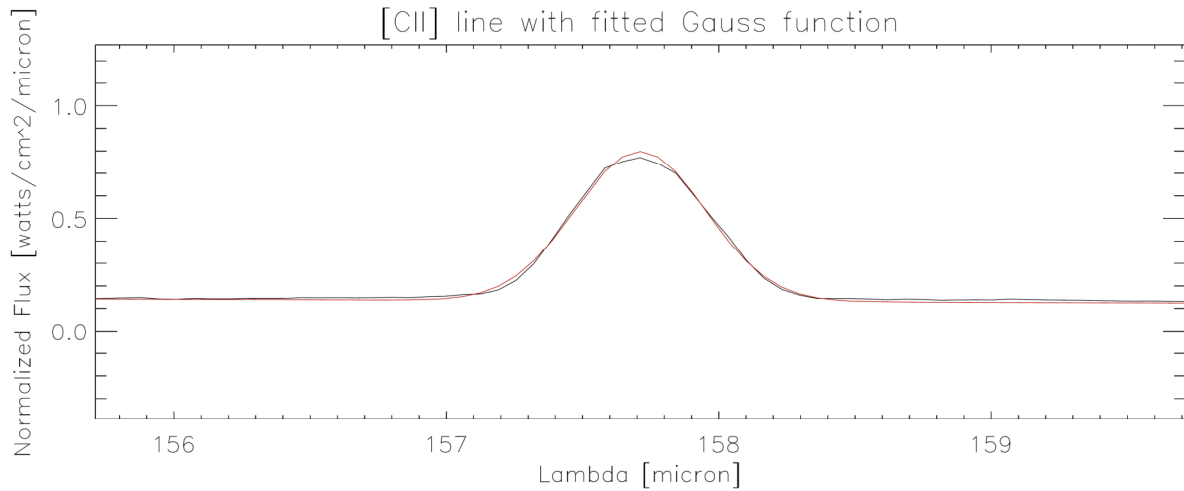
3. ábra.: A kontinuum illesztésénél felhasznált pontok és az *illesztett görbe*



4. ábra.: Az *illesztett görbével normált spektrum*



5. ábra.: Az *[OI]* vonal és az *illesztett Gauss-görbe*



6. ábra.: A [CII] vonal és az illesztett Gauss-görbe

Az [OI] vonal hullámhossza = 63,1889 mikron
 Maximális normált fluxus = 26,5898
 Szigma = 0,12
 Normálási tényező = 6,7
 A Gauss-görbe „magassága” = 22,2743
 A Gauss FWHM értéke = 0,282578 mikron

A [CII] vonal hullámhossza = 157,712 mikron
 Maximális normált fluxus = 0,770750
 Szigma = 0,24
 Normálási tényező = 0,4
 A Gauss-görbe „magassága” = 0,664904
 A Gauss FWHM értéke = 0,565157 mikron

AZ IDL PROGRAM:

```

;pro spill
;intenzitas: az eredetileg beolvasott ertekek
;lamdameter: az eredeti hullamhosszak
;lambdaszurt: kontinuum intenzitashoz tartozo hullamhosszak
;intszurtvagott: nullak kivagva
;lambdaszurtvagott: nullak kivagva
;az int-ben van a Planck
;eleve egy-re normalt intenzitas 100 mikronnal (110316829935575000 szorzó)

loadct,3

;a spektrum 4075 soros. Beolvasas:
N=4075
lambda=fltarr(N)
lamdameter=fltarr(N)
intenzitas=fltarr(N)
intszurt=fltarr(N)
lambdaszurt=fltarr(N)
openr,1,'sp4075sor1renormalt.txt'
i=0
while (not eof(1)) do begin
  readf,1,ertek1,ertek2
  lambda[i]=ertek1
  lamdameter[i]=(ertek1)*(1E-6)
  intenzitas[i]=ertek2
  i=i+1
endwhile
close,1

```

```

;keressuk meg azt az illesztést, ahol a negyzetes elteres a leheto legkisebb
;most nem kell megvágni a spektrumot, mert nincs Balmer-ugrás

;meg kell szurni ezeket a pontokat az intenzitasok szerint,
;hogyan ahol vonal van, azt dobja ki...
;ha egy pont intenzitasanak es az elotte levo intenzitasanak kulonbsege
;kisebb mint egy delta ertekek, akkor atesszük a szurt vektorba a pontot (megtartjuk)!
;a jo pont indexenek megfelelo lambdat is atrakjuk egy parhuzas tombbe
;szamolju kkozben hogy hany jo pont van, legyen ez az nn ertekek, igy mindig
;az n-edik helyre tehetem, nem lesznek 0.ak a vektorban, csak utolag a veget le kell vagni

delta=0.05
nn=-1
i=0
while (i LT 4074) do begin
    IF (abs(intenzitas[i]-intenzitas[i+1]) LT delta) THEN nn=nn+1
    IF (abs(intenzitas[i]-intenzitas[i+1]) LT delta) THEN intszurt[nn]=intenzitas[i]
    IF (abs(intenzitas[i]-intenzitas[i+1]) LT delta) THEN lambdaszurt[nn]=lambda[i]
    i=i+1
endwhile

print,"A jo pontok szama: ",nn
;ez lesz majd az az elemszam amire meg kell vagni a szurt vektort, hogy
;ne legyen benne egy csomo nulla...

intszurtvagott=fltarr(nn)
lambdaszurtvagott=fltarr(nn)
lambdaszurtvagottmeter=fltarr(nn)
i=0
while (i LT nn) do begin
    intszurtvagott[i]=intszurt[i]
    lambdaszurtvagott[i]=lambdaszurt[i]
    lambdaszurtvagottmeter[i]=lambdaszurtvagott[i]*(1E-6)
    i=i+1
endwhile

;*****
;*   Rayleight-Jeans   *
;*****

;most jöhet az RJ illesztés megírása, generalni ezt a szurtvagott lambdakra kell!
T=0
Tjo=0
minelteres=100000000

while (T LT 300) do begin

    ;leptetve a T-t, mindig lenormalt RJ fv-t csinállok, es eltarolom a
    ;legkisebb eltereshez tartozo parametert.
    int=fltarr(nn)
    c=299792458
    h=6.626068E-34
    k=1.3806503E-23
    i=0
    lambdameter100=100*(1E-6)
    while (i LT nn) do begin
        int[i]=2*c*k*T/(lambdaszurtvagottmeter[i])^3.5
        int100=2*c*k*T/(lambdameter100)^3.5
        i=i+1
    endwhile
    ;int-et 100 mikron-ra normalni kell
    int=int/int100

    ;szamoljuk ki a negyzetes elterest, de ehhez a spektrum intenzitasát
    ;100 mikronnal (lambda[2186]) 1-re normaljuk
    elteres=0
    i=0
    while (i LT nn) do begin
        elteres=elteres+((int[i]-intszurtvagott[i])*(int[i]-intszurtvagott[i]))
        i=i+1
    endwhile

    IF (elteres LT minelteres) THEN Tjo=T
    IF (elteres LT minelteres) THEN minelteres=elteres

    T=T+0.1

```

```

endwhile

print,"A homerseklet-parameter = ",Tjo," K"
print,"A min elteres = ",minelteres

;ezzel a T-vel meggeneraljuk a majd abrazolando RJ fv-t!
T=Tjo
int=fltarr(N)
i=0
lambdameter100=100*(1E-6)
while (i LT N) do begin
    int[i]=2*c*k*T/(lambdameter[i])^3.5
    int100=2*c*k*T/(lambdameter100)^3.5
    i=i+1
endwhile
;int-et normalni kell az intenzitasertekeknek megfeleloen
int=int/int100

;most johet az abrakeszires, eloszor lassuk az illesztett gorbet az eredeti spektrumon
window,0,retain=2
plot,lambda,intenzitas,$
xstyle=1,xrange=[40,200],xtitle='Lambda [micron]',$
ystyle=1,yrange=[0,30],ytitle='Normalized Flux [watts/cm^2/micron]',$
title='NGC 7027'
oplot,lambda,int,color=200
;oplot,lambdaszurt,intszurt,psym=2,color=128

    set_plot,'PS'
    device,filename='sp01RJ.ps',xsize=20,ysize=8,/color,bits=8
    plot,lambda,intenzitas,$
    xstyle=1,xrange=[40,200],xtitle='Lambda [micron]',$
    ystyle=1,yrange=[0,30],ytitle='Normalized Flux [watts/cm^2/micron]',$
    title='NGC 7027'
    oplot,lambda,int,color=128
    device,/close
    set_plot,'WIN'

    set_plot,'PS'
    device,filename='sp01RJlog.ps',xsize=20,ysize=20,/color,bits=8
    plot,lambda,intenzitas,/xlog,/ylog,$
    xstyle=1,xrange=[40,200],xtitle='Lambda [micron]',$
    ystyle=1,yrange=[10^(-2),10^2],ytitle='Normalized Flux [watts/cm^2/micron]',$
    title='NGC 7027'
    oplot,lambda,int,color=128
    device,/close
    set_plot,'WIN'

;most johet az abrakeszires, eloszor lassuk az illesztett gorbet a meghagyott pontokon
window,1,retain=2
plot,lambdaszurtvagott,intszurtvagott,psym=3,$
xstyle=1,xrange=[40,200],xtitle='Lambda [micron]',$
ystyle=1,yrange=[0,30],ytitle='Normalized Flux [watts/cm^2/micron]',$
title='NGC 7027'
oplot,lambda,int,color=200

    set_plot,'PS'
    device,filename='sp02RJszurt.ps',xsize=20,ysize=8,/color,bits=8
    plot,lambdaszurtvagott,intszurtvagott,psym=3,$
    xstyle=1,xrange=[40,200],xtitle='Lambda [micron]',$
    ystyle=1,yrange=[0,30],ytitle='Normalized Flux [watts/cm^2/micron]',$
    title='NGC 7027'
    oplot,lambda,int,color=128
    device,/close
    set_plot,'WIN'

;vonjuk ki az illesztett gorbet, maradjon egy 0-ra normalt spektrum:
intnormalt=intenzitas-int
window,2,retain=2
plot,lambda,intnormalt,/nodata,$
xstyle=1,xrange=[40,200],xtitle='Lambda [micron]',$
ystyle=1,yrange=[-5,25],ytitle='Normalized Flux [watts/cm^2/micron]',$
title='NGC 7027'
oplot,lambda,intnormalt,color=200

    set_plot,'PS'
    device,filename='sp03RJnormalt.ps',xsize=20,ysize=8,/color,bits=8
    plot,lambda,intnormalt,/nodata,$

```

```

xstyle=1,xrange=[40,200],xtitle='Lambda [micron]',$
ystyle=1,yrange=[-5,25],ytitle='Normalized Flux [watts/cm^2/micron]',$
title='NGC 7027'
oplot,lambda,intnormalt,color=128
device,/close
set_plot,'WIN'

;*****
;* Gauss illesztés OI-re *
;*****

;keressük meg hol is van pontosan az [OI] vonal:
;2-es utotaggal a megvágott vektorokat jelölöm
intervallum=where((lambda GE 60.)and(lambda LE 70.))
lambda2=lambda(intervallum)
intenzitas2=intenzitas(intervallum)
m1=MIN(intenzitas2,min_subscript)
mml=MAX(intenzitas2,max_subscript)
print,"The [OI] line is at: ",lambda2(max_subscript)," (micron)"
print,"with a maximum normalized flux of: ",mml
hl=lambda2(max_subscript)

;meg kell ennek a vonalnak a környezete, a +0.25 onkenyes eltolas,
;ebben a kis környezetben jobb így...
window,3,retain=2
plot,lambda,intenzitas,$
xstyle=1,xrange=[hl-2,hl+2],xtitle='Lambda [micron]',$
ystyle=1,yrange=[m1-1,mml+1],ytitle='Normalized Flux [watts/cm^2/micron]',$
title='The [OI] line'
oplot,lambda,int+0.25,color=200

;lambda2-ben vannak tehát a vonal ablakba tartozó intenzitásertekek, ebbe az intervallumba
;kellene a gauszt krealni... legyen intVonal az ebbe az ablakba tartozó
;illesztett RJ, ebből kell
;majd levonni a gauszt, és akkor azt kell majd illeszteni az intenzitas2-hoz
intVonal=int(intervallum)+0.25
m=lambda2(max_subscript)

;legyen sigma x-y között, a normalas meg xx és yy között, keressük a legkisebb elterest 0.1-es
lepeskozzel jó lesz...!
sigma=0.01
normalas=1
minelteres=100000000

while sigma LE 0.5 do begin

    while normalas LE 20 do begin
        i=0
        elteres=0
        intGauss=((1./(sqrt(2.*3.141592654)*sigma))*exp(-(lambda2-m)*(lambda2-$
            m)/(2.*sigma*sigma)))*normalas

        intVonalGauss=intVonal+intGauss

        while i LT 492 do begin
            elteres=elteres+((intVonalGauss[i]-intenzitas2[i])*(intVonalGauss[i]-$
                intenzitas2[i]))

            i=i+1
        endwhile

        IF (elteres LT minelteres) THEN sigmaJo=sigma
        IF (elteres LT minelteres) THEN normalasJo=normalas
        IF (elteres LT minelteres) THEN minelteres=elteres

        normalas=normalas+0.1
    endwhile

sigma=sigma+0.01
normalas=1
endwhile

print,"A legjobb szigma = ",sigmaJo
print,"A legjobb normalasi tenyezo = ",normalasJo
print,"A min elteres = ",minelteres

;és akkor ezekkel a parameterekkel generaljunk egy abrat
intGauss=((1./(sqrt(2.*3.141592654)*sigmaJo))*exp(-(lambda2-m)*(lambda2-$
    m)/(2.*sigmaJo*sigmaJo)))*normalasJo

```

```

intVonalGauss=intVonal+intGauss
window,4,retain=2
plot,lambda,intenzitas,$
xstyle=1,xrange=[h1-2,h1+2],xtitle='Lambda [micron]',$
ystyle=1,yrange=[m1-1,m1+3],ytitle='Normalized Flux [watts/cm^2/micron]',$
title='[OI] line with fitted Gauss function'
oplot,lambda2,intVonalGauss,color=200

FWHM=2*sigmaJo*sqrt(2*ALOG(2))
print,"A Gauss magassaga = ",intGauss[max_subscript]
print,"A Gauss FWHM erteke = ",FWHM

    set_plot,'PS'
    device,filename='sp04VonalGauss.ps',xsize=20,ysize=8,/color,bits=8
    plot,lambda,intenzitas,$
    xstyle=1,xrange=[h1-2,h1+2],xtitle='Lambda [micron]',$
    ystyle=1,yrange=[m1-1,m1+3],ytitle='Normalized Flux [watts/cm^2/micron]',$
    title='[OI] line with fitted Gauss function'
    oplot,lambda2,intVonalGauss,color=128
    device,/close
    set_plot,'WIN'

;*****
;* Gauss illesztés CII-re *
;*****

;keressük meg hol is van pontosan az [CII] vonal:
;2-es utótaggal a megvágtott vektorokat jelölöm
intervallum=where((lambda GE 152.)and(lambda LE 162.))
lambda2=lambda(intervallum)
intenzitas2=intenzitas(intervallum)
m1=MIN(intenzitas2,min_subscript)
m11=MAX(intenzitas2,max_subscript)
print,"The [CII] line is at: ",lambda2(max_subscript)," (micron)"
print,"with a maximum normalized flux of: ",m11
h1=lambda2(max_subscript)

;meg kell ennek a vonalnak a környezete, a -0.07 onkenyes eltolás,
;ebben a kis környezetben jobb így...
window,3,retain=2
plot,lambda,intenzitas,$
xstyle=1,xrange=[h1-2,h1+2],xtitle='Lambda [micron]',$
ystyle=1,yrange=[m1-1,m11+1],ytitle='Normalized Flux [watts/cm^2/micron]',$
title='The [CII] line'
oplot,lambda,int-0.07,color=200

;lambda2-ben vannak tehát a vonal ablakba tartozó intenzitásértékek, ebbe az intervallumba
;kellene a gauszt kitalálni... legyen intVonal az ebbe az ablakba
;tartozó illesztett RJ, ebből kell
;majd levonni a gauszt, és akkor azt kell majd illeszteni az intenzitas2-hoz
intVonal=int(intervallum)-0.07
m=lambda2(max_subscript)

;legyen sigma x-y között, a normalas meg xx és yy között, keressük a legkisebb
;eltest 0.01-es lépesközzel jó lesz...!
sigma=0.01
normalas=0.1
mineltest=100000000

while sigma LE 0.5 do begin

    while normalas LE 20 do begin
        i=0
        eltest=0
        intGauss=((1./sqrt(2.*3.141592654)*sigma))*exp(-(lambda2-m)*(lambda2-$
            m)/(2.*sigma*sigma))*normalas
        intVonalGauss=intVonal+intGauss

        while i LT 160 do begin
            eltest=eltest+((intVonalGauss[i]-intenzitas2[i])*(intVonalGauss[i]-$
                intenzitas2[i]))
            i=i+1
        endwhile

        IF (eltest LT mineltest) THEN sigmaJo=sigma
        IF (eltest LT mineltest) THEN normalasJo=normalas
        IF (eltest LT mineltest) THEN mineltest=eltest
    endwhile
endwhile

```



```

        normalas=normalas+0.1
    endwhile

sigma=sigma+0.01
normalas=0.1
endwhile

print,"A legjobb szigma = ",sigmaJo
print,"A legjobb normalasi tenyezo = ",normalasJo
print,"A min elteres = ",minelteres

;es akkor ezekkel a parameterekkel generaljunk egy abrat
intGauss=((1./(sqrt(2.*3.141592654)*sigmaJo))*exp(-(lambda2-m)*(lambda2-$
m)/(2.*sigmaJo*sigmaJo)))*normalasJo

intVonalGauss=intVonal+intGauss
window,5,retain=2
plot,lambda,intenzitas,$
xstyle=1,xrange=[h1-2,h1+2],xtitle='Lambda [micron]',$
ystyle=1,yrange=[m1-0.5,m1+0.5],ytitle='Normalized Flux [watts/cm^2/micron]',$
title='[CII] line with fitted Gauss function'
oplot,lambda2,intVonalGauss,color=200

FWHM=2*sigmaJo*sqrt(2*ALOG(2))
print,"A Gauss magassaga = ",intGauss[max_subscript]
print,"A Gauss FWHM erteke = ",FWHM

    set_plot,'PS'
    device,filename='sp05VonalGauss.ps',xsize=20,ysize=8,/color,bits=8
    plot,lambda,intenzitas,$
    xstyle=1,xrange=[h1-2,h1+2],xtitle='Lambda [micron]',$
    ystyle=1,yrange=[m1-0.5,m1+0.5],ytitle='Normalized Flux [watts/cm^2/micron]',$
    title='[CII] line with fitted Gauss function'
    oplot,lambda2,intVonalGauss,color=128
    device,/close
    set_plot,'WIN'

end

```

Budapest, 2007. március 27.