



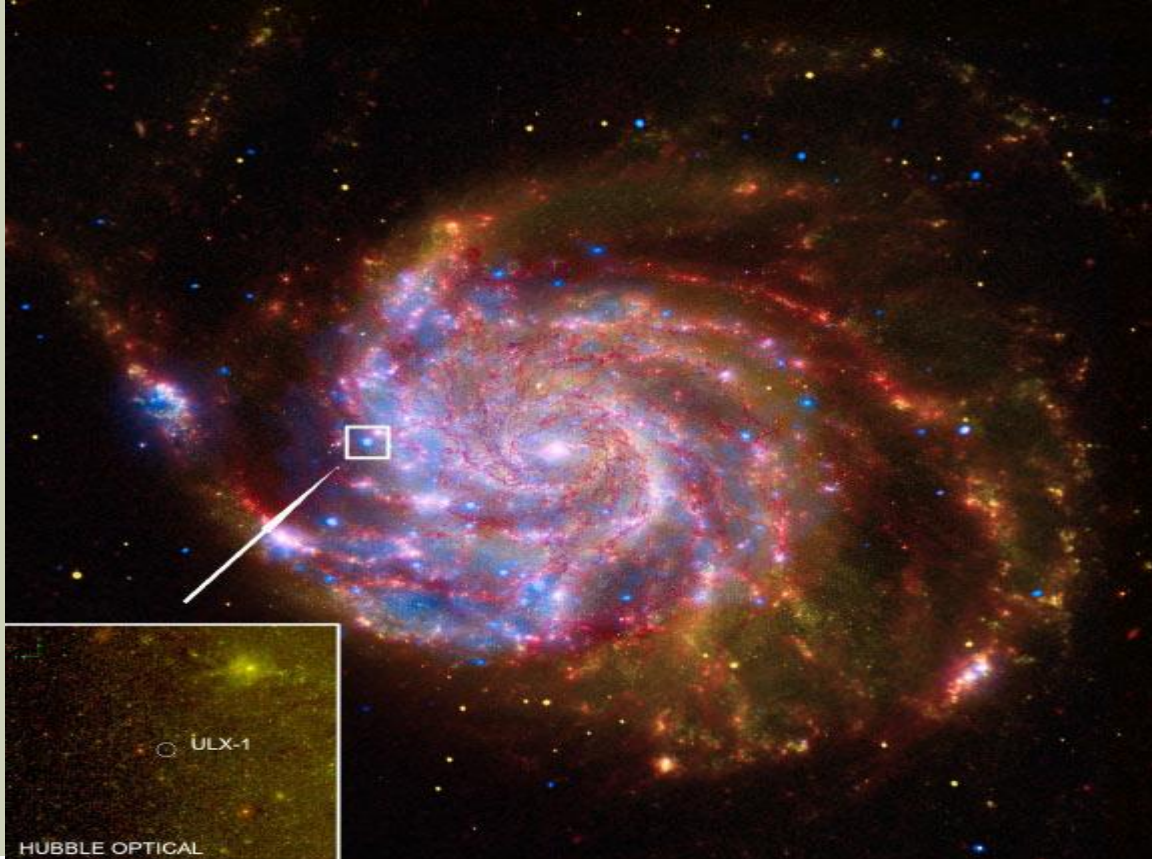
AŞIRI-PARLAK X-IŞIN KAYNAKLARININ ÖZELLİKLERİ VE ÇOKLU-DALGABOYU GÖZLEMLERİ

Aysun Akyüz

***Çukurova Üniversitesi, Fizik Bölümü,
Adana***

Aşırı Parlak X-ışın Kaynakları (AXK), Ultraluminous X-ray sources (ULXs) :

- X-ışın ışıma güçleri, $10M_{\odot}$ kara delik (KD) kütlesi için $L_x > 10^{39}$ erg/s (0.3-10 keV) ile Eddington limitini ($[1.3 \times 10^{38} (\frac{M}{M_{\odot}})]$ erg/s) aşan nokta kaynaklar (point-like)
- AXK'lar galaksilerin merkez bölgelerinin dışında bulunur



AXK:
Doğası ve ışıma mekanizması henüz tam olarak bilenemeyen gizemli gök cisimleri !!!

- Samanyolunda AXK gözlenmedi!

Galaksi M101

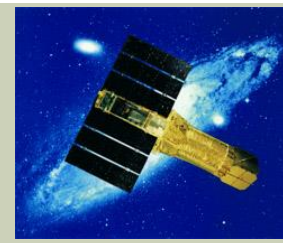
Aşırı Parlak X-ışın Kaynakları



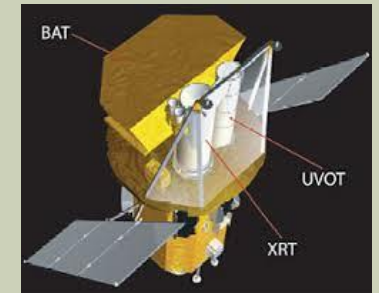
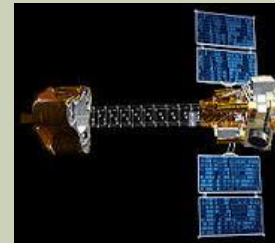
AXK'lar yüksek ışınma güçlerinden dolayı, 'normal' X-ışın çiftleri ile Aktif Galaktik Çekirdekler (AGN) arasında yeni bir sınıf

$$L = 4\pi d^2 f > 10^{39} \text{ erg/s, } f: \text{ Akı}$$

Tarihçe:



- **AXK'lar ilk kez 1980'lerde Einstein Gözlemevi tarafından keşfedildi**
(Long & van Speybroeck, 1983; Fabbiano & Trinchieri 1987)
- ❖ **Galaktik, yıldız-kütleli KD'lerden farklı**
- **AXK gözlemleri, ROSAT ve ASCA uyduları ile devam etti**
(Colbert & Mushotzky , 1999)
- **XMM-Newton ve Chandra uyduları (daha iyi tayfsal ve açısal çözünürlük) ile AXK'ların araştırmalarında önemli gelişmeler sağlandı**
(Walton et al. 2011, Swartz et al. (2011) and Liu (2011)).
- **Chandra, XMM-Newton, Suzaku , Swift ve NuStar ile AXK'ların tayfsal ve zamansal özelliklerinin modellenmesi ve farklı teleskoplardan sağlanan çoklu dalga boyu gözlemlerinin katkısı ile bu kaynakların gizemi henüz çözülmeyen problemlerden biridir!**



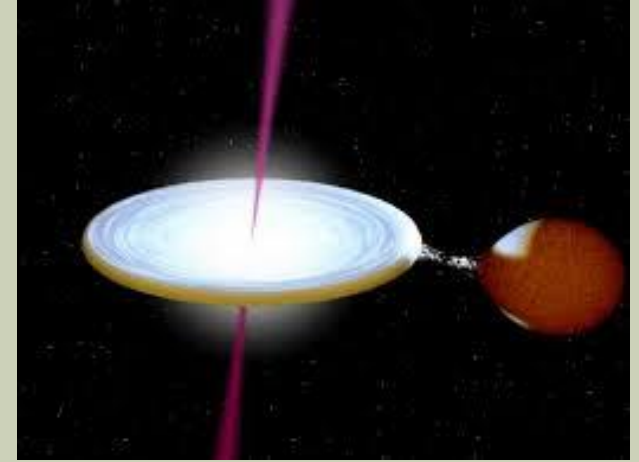
AXK'ların yüksek L_x açıklamak için önerilen modeller :

$$L \approx \frac{1.3 \times 10^{38}}{b} \dot{m} \left(\frac{M}{M_\odot} \right) \text{ erg s}^{-1}, \quad \dot{m} \lesssim 1 \quad (1)$$

$$L \approx \frac{1.3 \times 10^{38}}{b} \left(1 + \frac{3}{5} \ln \dot{m} \right) \left(\frac{M}{M_\odot} \right) \text{ erg s}^{-1}, \quad 1 \lesssim \dot{m} \lesssim 100$$

b, beaming (hüzmelenme) faktor, $b < 1$

\dot{m} : accretion (yığılma) oranı



- Bazı AXK'lar **orta-kütleli KD** (intermediate-mass BH, IMBH) içeren X-ışın çiftleri (XRB),

Yıldız kütleli KD $< [10^2 - 10^4] M_\odot <$ Süper kütleli KD

(Colbert & Mushotzky 1999)

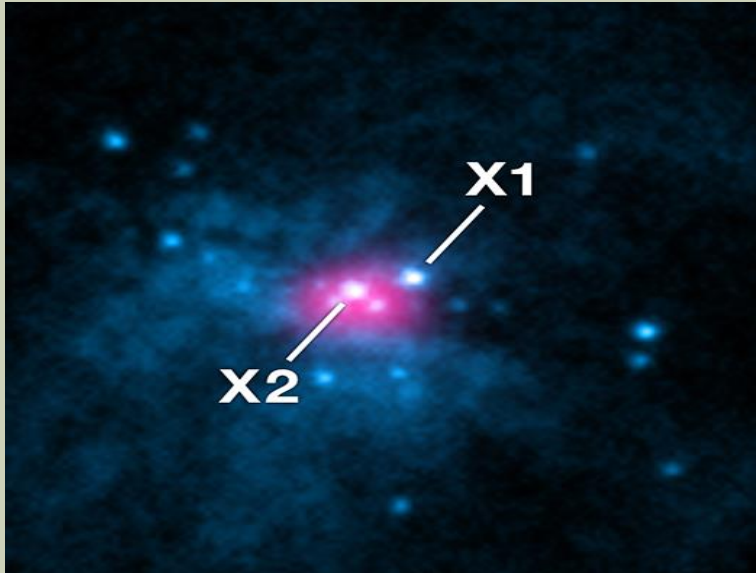
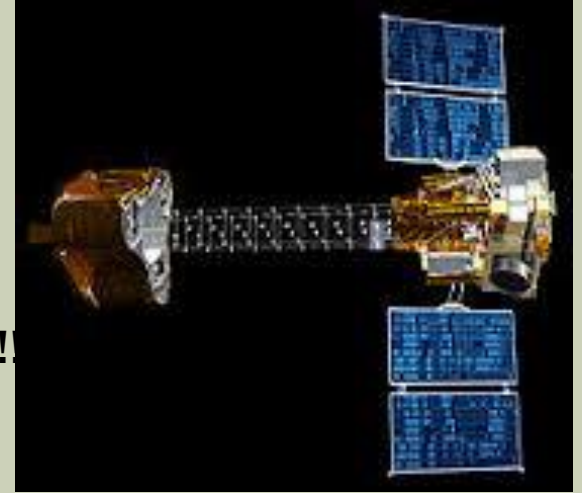
- Bazı AXK'lar **izotropik olmayan** ışıma, bize doğru yönlenmiş '**jetler**' formunda ışıma yapan XRBs (King et al. 2001)
- Bazı AXL'lar **super-Eddington** yığılma oranına sahip XRBs (Begelman 2002)

Karadelik içeren X-ışın çiftleri: M değeri $> 10M_{\odot}$

NuStar uydusu ile : M82 galaksisinde AXK 'nın
ilk kez Aşırı Parlak Pulsar olduğu keşfedildi !!!

(Bachetti et al., 2014, Nature)

Pulsation period : 1.37 saniye



M82 X2, $M \sim (50-100) M_{\odot}$
 $L \sim 10^{40}$ erg/s

➤ AXK'lar nerede bulunur : Ev-sahibi galaksiler (host galaxies) ?

➤ AXK' lar her tip galaksidede (**eliptik, spiral ve düzensiz**) bulunur

➤ Özellikle yıldız-oluşum oranı yüksek galaksilerde (**starburst galaxy**) daha parlak AXK

➤ Eliptik galaksilerde (toplam AXK 2/3)

$$L_x < 2 \times 10^{39} \text{ erg/s}$$

~20 M_{\odot} Kara-delik , LMXB'in üst limiti

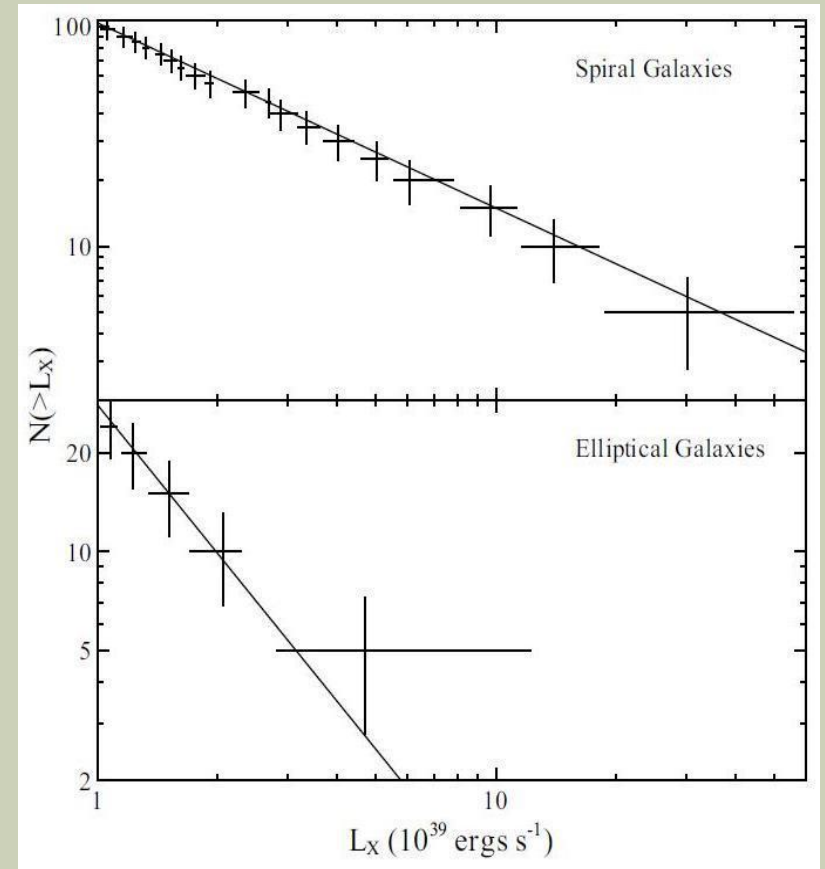
➤ Spiral galaksilerde (1/3, AXK)

$$L_x > (4-5) \times 10^{39} \text{ erg/s}$$

$$\%10 L_x > 10^{40} \text{ erg/s}$$

➤ Erken ve geç tip spiral galaksiler aynı olasılıkta AXK içerir

(Swartz et al.2004, Walton et al.2011)



(Feng&Soria,2011)

- Küçük- kütleli sarmal ve düzensiz galaksilerde AXK oluşumu daha etkin
- Lokal evrende, star-forming galaksiler de oluşum oranı :

$$1 \text{ AXK per } \approx 10^{10} M_{\odot}$$

- Galaksi kütlesi arttıkça bu oran azalmakta ($M^{-0.6}$ skalasında)
(Swartz et al., 2008, Walton et al., 2011)

- Eliptik galaksilerde bu oran $1 \text{ AXK per } \approx 10^{11} M_{\odot}$

- Bu farklılığı açıklamak için öneriler:

- ✓ Küçük kütleli galaksilerde birim kütle başına SFR (star formation rate) daha yüksek bu yüzden buralarda AXK oluşumu daha etkin
- ✓ Küçük kütleli galaksiler daha yüksek metal bolluğuna sahip bu durum daha büyük kütleli KD lerin oluşumuna yol açabilir (Kütleli O yıldızlarının çökmesiyle)

(Mapelli et al. 2009, Zampieri&Roberts 2009)

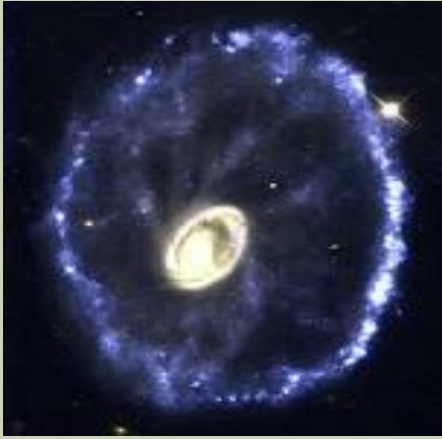
- **Oya**, Preswich et al (2010), çarpışan galaksileri NGC 922 ve Cartwheel (ESO 350-40) inceleyen çalışmasında metal bolluğunun AXK oluşumunu önemli ölçüde etkilemediğini ileri sürmektedir .

Cartwheel galaxy : SFR :

$18 M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$, Metallicity : $0.3 Z_{\odot}$

$8 M_{\odot} \text{ yr}^{-1}$

$0.75 Z_{\odot}$ **NGC 922**



NGC 2207/IC2163



- Çarpışan yada güçlü etkileşen galaksilerde çok sayıda AXK gözlenmekte

Antenna (Zezas et al. 2002 NGC 7714/15 Smith et al. 2005,
NGC 2207/IC2163 (Mineo et al. 2014)

- ❖ Bu tip galaksilerin SFR oranları yüksek !

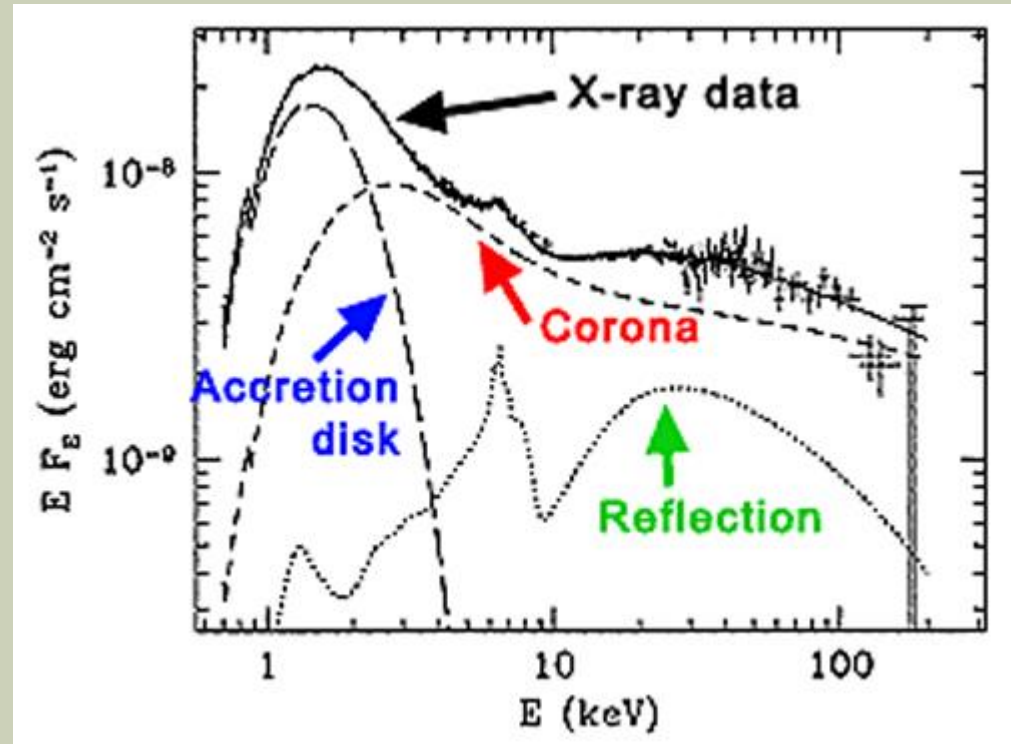
Kara Deliklerin bilinen spektral özellikleri :

- ❖ KD'leri içeren XRB'lerinin enerji tayfı ısısal (thermal) ve ısısal-olmayan (nonthermal) bileşenler içerir

Bu çiftlerin X-ışın ışıma güçleri bu bileşenlerin birinin baskın olduğu geçişler (transitions) sergiler (McClintock & Remillard, 2005)

- ❖ Isısal bileşen (soft-state) ,
yığılma diskinin iç bölgesi
Model : karacisim spektrumu
~ 1 keV karakteristik sıcaklık

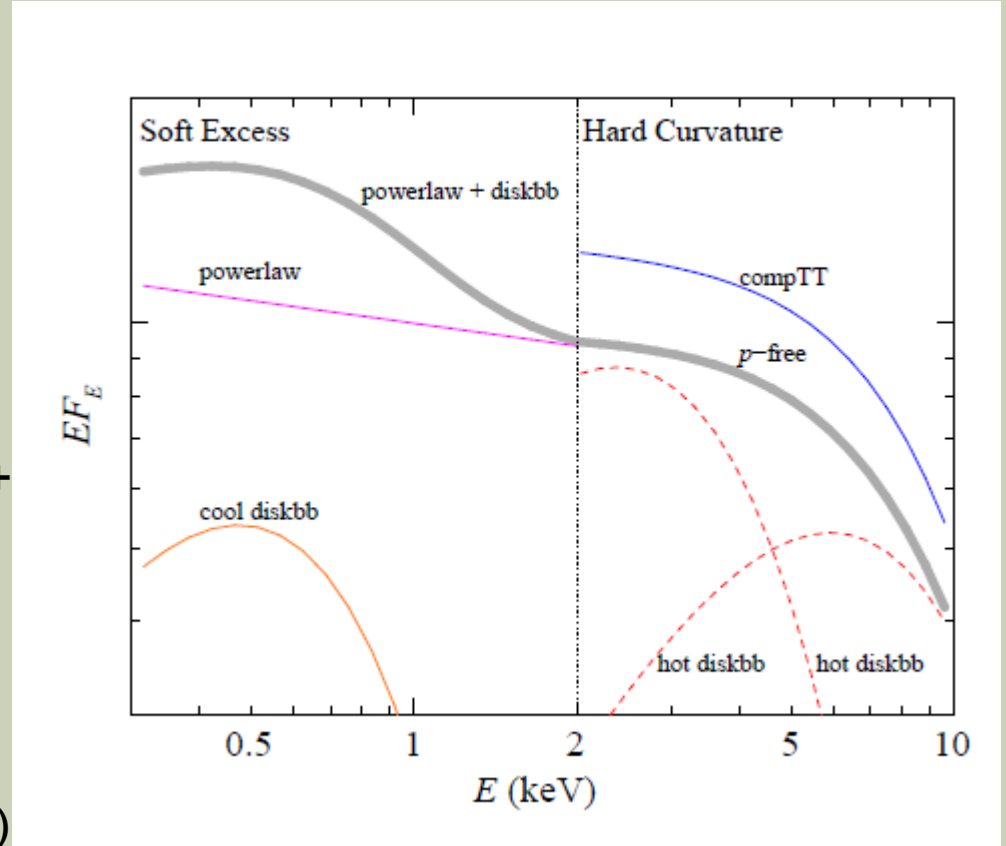
- ❖ Isısal olmayan bileşen (hard-state) ,
power-law (PL) ($N(E) \propto E^{-\Gamma}$, $\Gamma=1.5-2$)
ışıma 'korona' dan kaynaklanır
mekanizma; Compton yada sinkrotron



Cyg X-1

AXK X-ışın spektral Özellikleri

- ✓ Tipik bir AXK enerji spektrumu
- ✓ (0.3 -10) keV en. aralığında
- ✓ Soft excess < 2 keV
- ✓ 'hard' bileşenin uzantısı PL modeli + diskbb (düşük sıcaklıkta termal bileşen) ile modellenebilir
- ✓ Hard excess >2 keV
- ✓ diskbb ($T(r) \propto r^{-p}$ (p- free parametre) Veya CompTT (sıcak plazmada düşük enerjili fotonların etkileşimi)



Feng&Soria, 2011

- ✓ İki diskbb model $kT_{in} = 1.0$ ve 2.5 keV
- ✓ Enerji spektrumuna iyi uyum vermiyor

AXK Enerji Tayfları

Chandra ve XMM-Newton verileri ile bazı parlak AXK'ların tayflarının modellenmesi ile
— cooler accretion disks ($\sim 0.1-0.2$) keV

Oysa ,stellar-mass black holes
— the hot accretion disks ($\sim 1-2$) keV;
Miller et al. 2004, 2013).

- standard accretion disk
(geometrically thin, optically thick,
radiatively-efficient disk)
(Shakura & Sunyaev 1973).

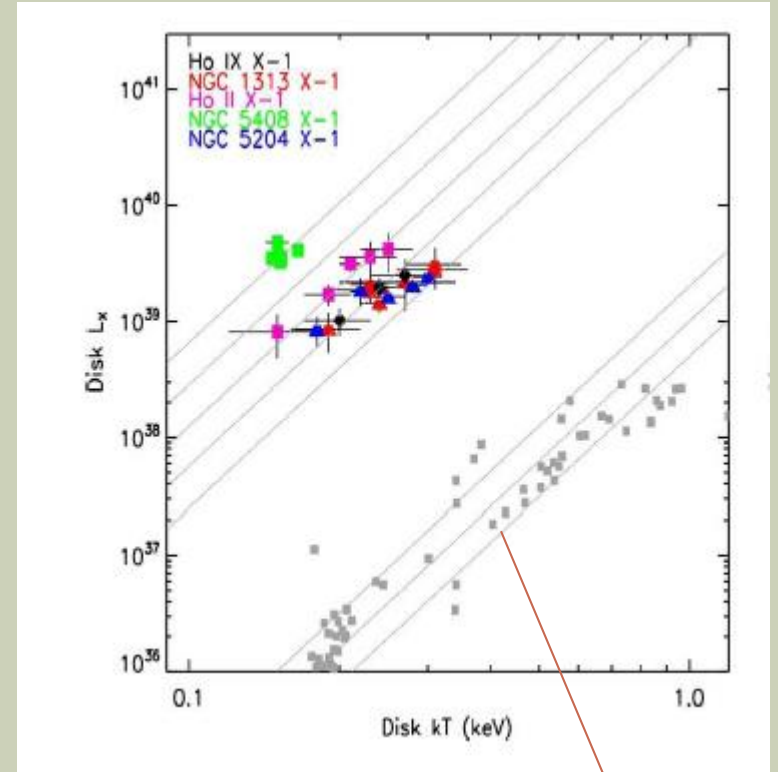
Etkin disk sıcaklığı :

$$L_{\text{disk}} \propto T^4$$

$M \propto T^{-2} L^{1/2}$ cool disk — yüksek Lx ————— IMBH (Reynolds&Miller, 2013)

Gladstone et al. 2009; Weng & Zhang 2011 gözlenen disk sıcaklığı KD kütlesi için iyi bir gösterge değil !)

'soft excess' disk yüzeyinden gelebilir fakat en içteki kararlı yörüngeden çok daha uzaktan, burada disk maskelenir ve coronadaki saçılmalar sonucu daha düşük en. fotonlar oluşabilir.



Stellar-mass BH

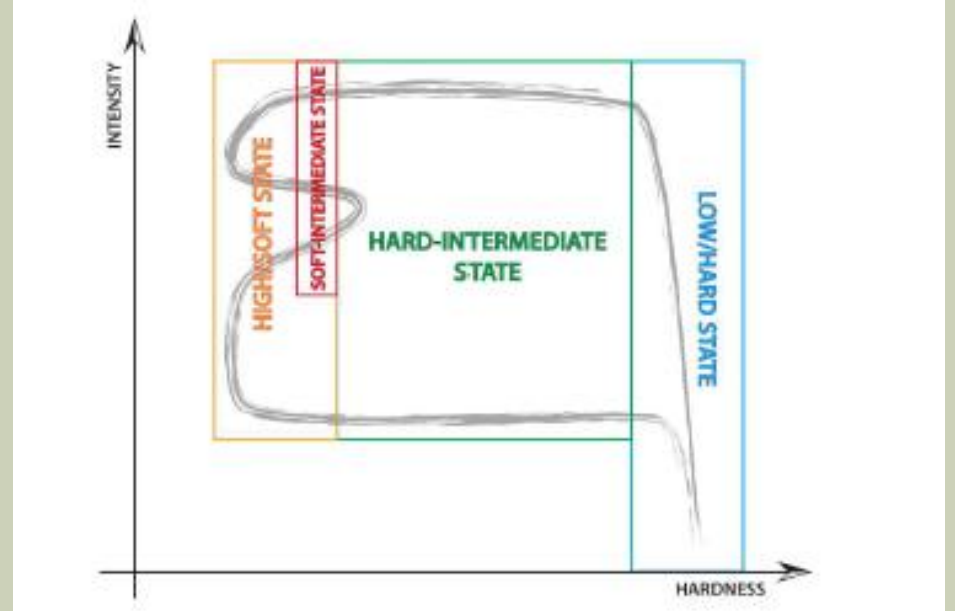
❖ Klasik KD low-state (LS) (2-20)keV hard-bileşen baskın → low-hard state ve

$\nu = 0.01$ Hz karakteristik frekans sahip

❖ High state , soft bileşen baskın
high -soft state

❖ Kara Deliklerin X-ışın ışıma güçleri bu bileşenlerin birinin baskın olduğu geçişler (transitions) sergiler

(McClintock & Remillard, 2005)



- AXK'larda bu geçişleri gözlemek zor fakat örnekler vardır !

High-low transition

Ornek 1:

- (IC342; AXK 1 ve 2)

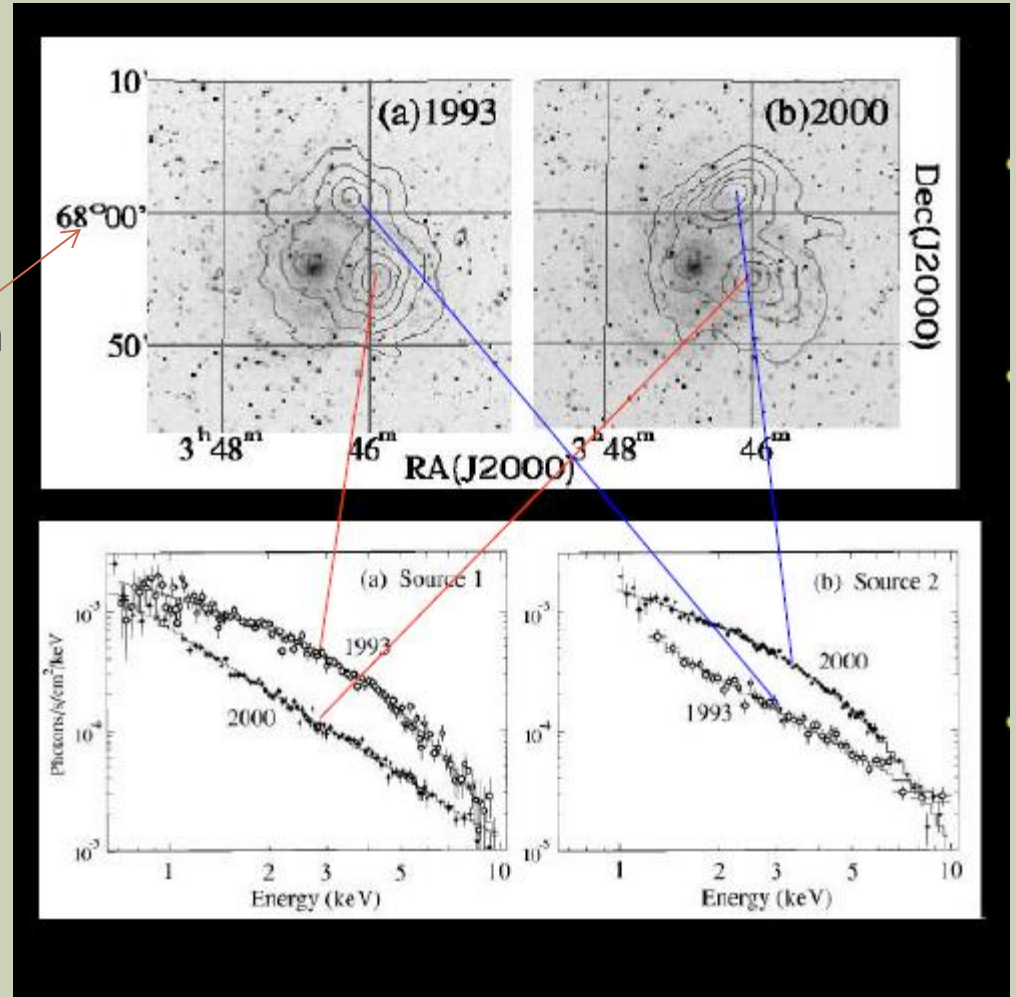
(Kubota et al. 2001)

- Geçişlerin belirlenmesi AXK'ların kütle -yığılan KD (mass -accreting BH) modelini destekliyor

Ornek 2:

- Holmberg II galaksi, AXK X1

(Dewangan et al. 2004)

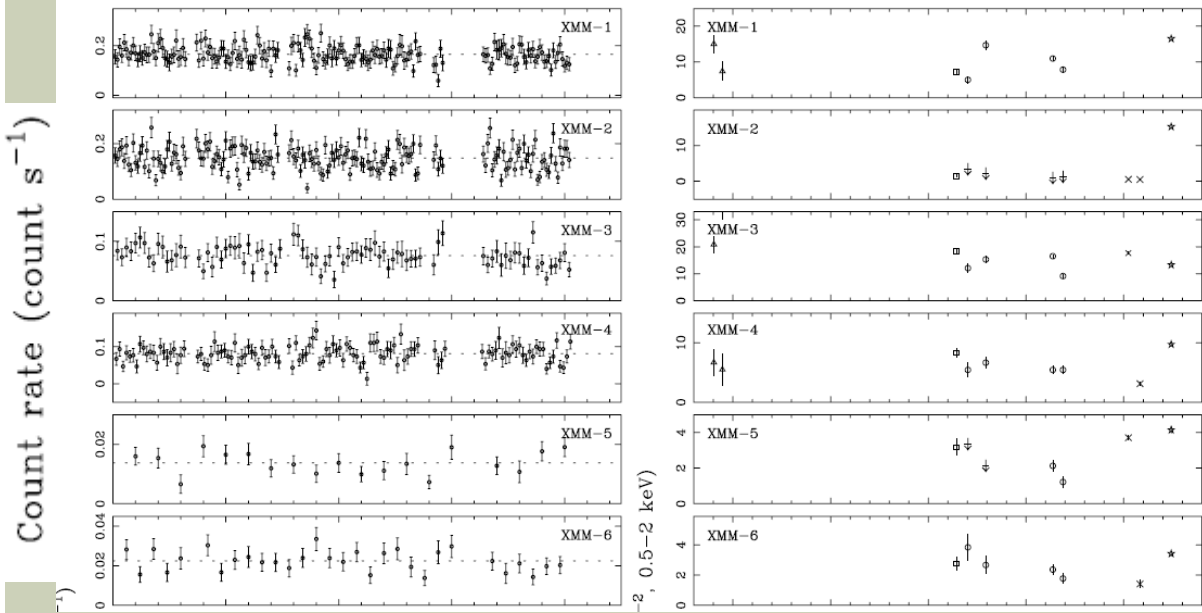
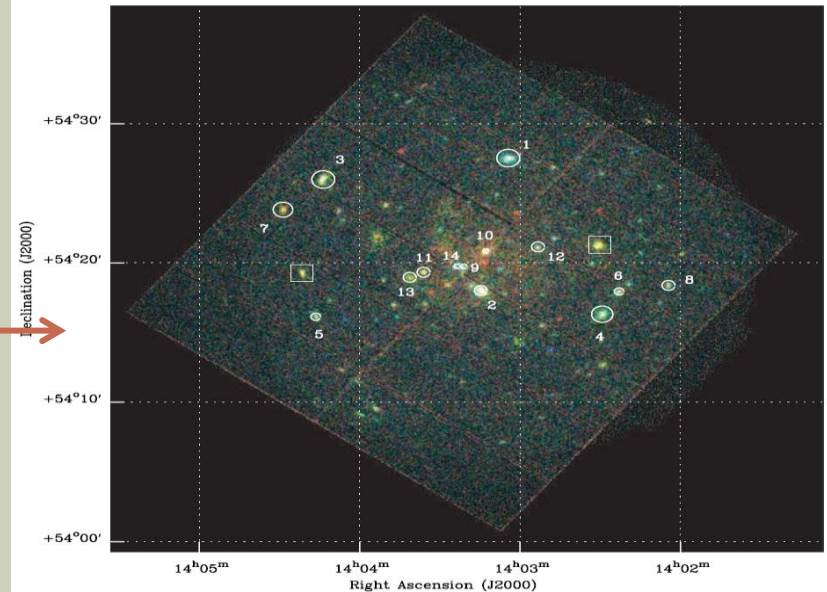


AXK'ların X-ışın zamanlama (timing) özellikleri

- Zamanlama araştırmaları, tıkız (compact) cismin kütlesi ve sistemin disk yapısı hakkında bilgi verir (spektral özellikleri ile birlikte)
- X-ray çalışmalarının büyük çoğunluğu yakın galaksilerde (< 10 Mpc) parlak AXK 'lara $F_x \sim 10^{-12} \text{ erg/cm}^2 \text{ s}^{-1}$ odaklanmıştır. Bu durum yüksek S/N oranında 'zamansal ve tayfsal' analizler olanaklı
- Galaktik KD'lerde yüksek zamansal değişkenlik karalı bir jet ile termal-olmayan ışımaya , düşük zamansal değişkenlik ise termal ışımaya ile jet olmayan bu durumla eşleşme gösterir (Belloni, 2010)

AXK'ların X-ışın zamansal (kısa ve uzun dönem değişkenliği

M101
d:7.2 Mpc



Time after start of observation (s)

Time (years)

M101 galaksisinde
6 AXK'nın
kısa ve uzun
dönem ışık eğrileri

(Jenkins et al.
2004)

X-ray QPO frekans ve/veya periodisite gösteren AXK

TABLE 1
LIST OF ULXs

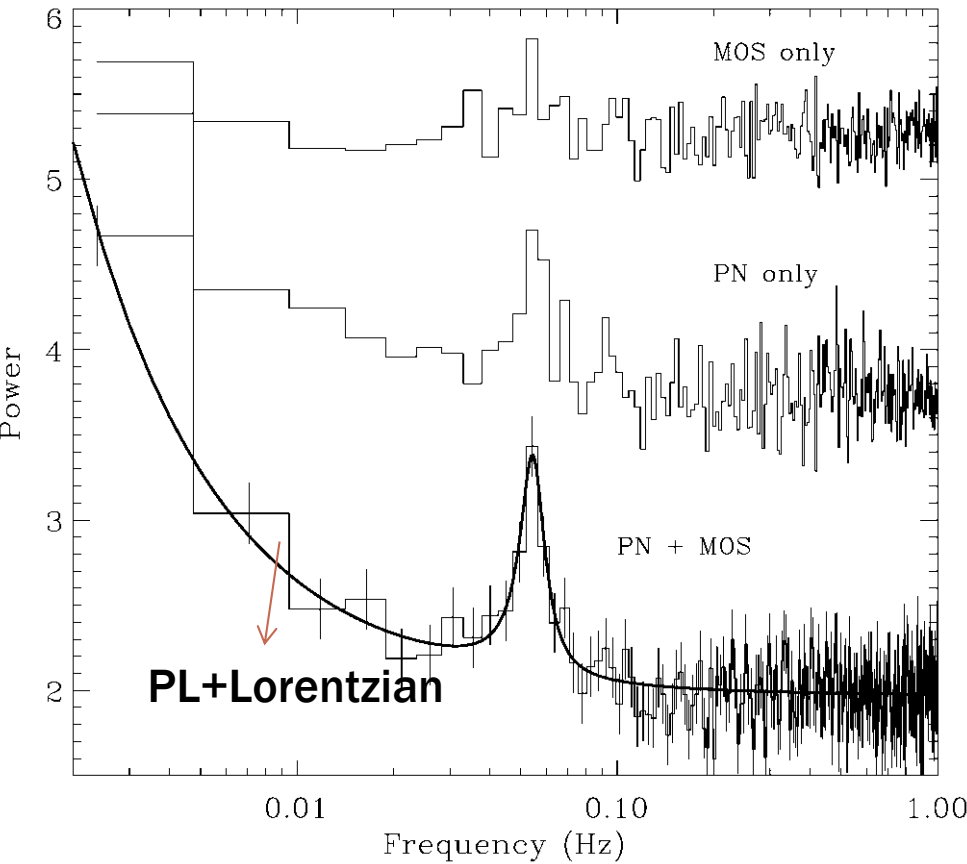
Galaxy	ULX	R.A.	Dec.	L_X	QPO Frequency	Period	Ref.
				$(10^{39} \text{ erg s}^{-1})$	(mHz)	(hour)	
M82	CXO J095550.2+694047	09:55:50	+69:40:47	40–50	50–166	1488	1
	CXO J095551.1+694045	09:55:51	+69:40:45	10–25	3–4	-	2
M74 (NGC 628)	CXOU J013851.1+154547	01:38:51	+15:45:47	0.5–1.3	0.1–0.4	-	3
Holmberg IX	X-1	09:57:54	+69:03:46	8.3–8.4	202.5	-	4
NGC 5408	X-1	14:03:20	-41:22:60	8.7	10–40	2760	5
NGC 6946	X-1	20:35:01	+60:11:31	8.4–12	8.5	-	6
M51 (NGC 5194)	X-7	13:30:01	+47:13:44	0.1–2	-	1.7–2.1	7
NGC 3379	Source 6	10:47:50	+12:34:57	3.	-	8–10	8
NGC 1313	X-2	03:18:20	-66:29:10	30	-	146.88	9
NGC 4490	CXOU J123030.3+413853	12:30:30	+41:38:53	0.2–1.1	-	6.4	10

NOTE.—(1) Strohmayer & Mushotzky 2003; Fiorito & Titarchuk 2004; Dewangan et al. 2006; Kaaret et al. 2006; Mucciarelli et al. 2006; Kaaret et al. 2006; Feng & Kaaret 2007. (2) Feng et al. 2010. (3) Liu et al. 2005. (4) Dewangan et al. 2006. (5) Strohmayer et al. 2007; Strohmayer 2009; Dheeraj & Strohmayer 2012. (6) Rao et al. 2010. (7) Liu et al. 2002; Dewangan et al. 2005 (8) David et al. 2005. (9) Liu et al. 2009. (10) Esposito et al. 2013

Şimdiye kadar az sayıda AXK dan QPO belirlendi !

AXK'ların X-ışın zamanlama (timing) özellikleri:

- İlk kez M82 : AXK (X-1) (X41.4+60)
(Strohmayer& Mushotzky , 2003)



- 30 ks XMM-Newton data
- power-density spectrum (PDS) belirgin QPO peak

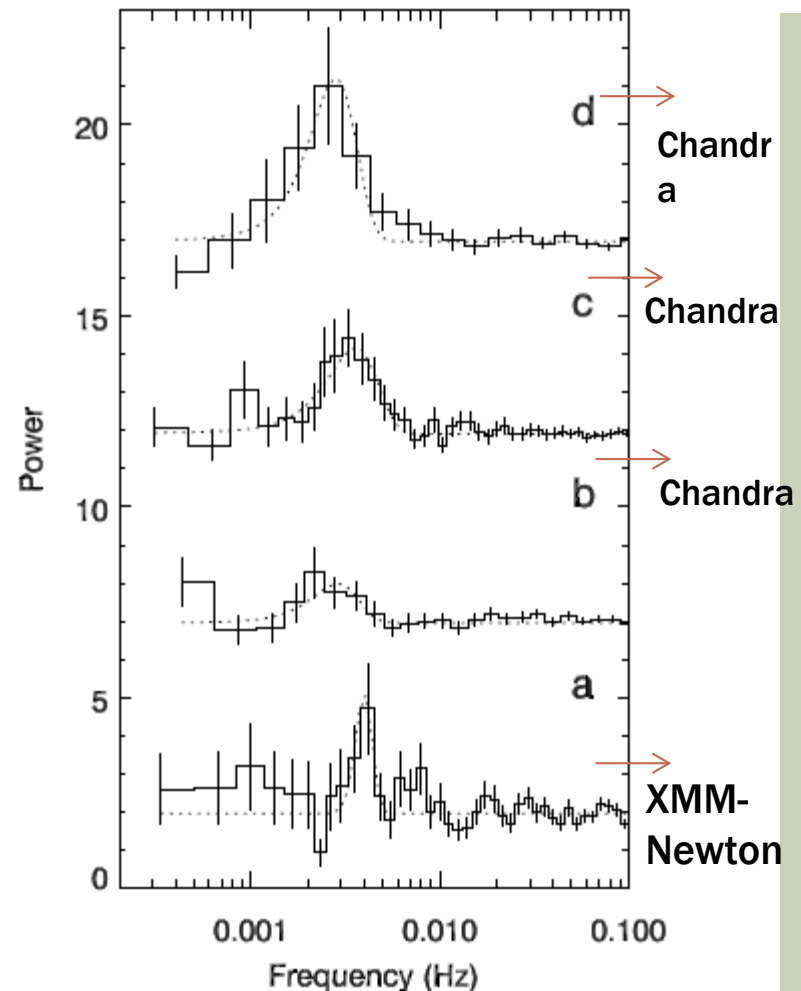
54 mHz rms 8.5% (2–10) keV

- RXTE gözlemleri (2-20 keV):
107 mHz QPO (aynı AXK)

- KD kütlesi X-1 için
 $<1.87 \times 10^4 M_{\odot}$
Schwarzschild geometrisine dayanarak, (en yüksek QPO frekansı alınarak) Benzer sonuçlar: **Mucciarelli et al. 2006 ; Feng & Kaaret 2007**

AXK X-2 (X42.3+59) M82 (ikinci kaynak)

- QPOs at (3–4) mHz from this transient source (Feng et al. , 2010)
- 3 Chandra ve 2 XMM-Newton gözlemi
- KD kütlesi
(1.2 – 4.3) × 10⁴ M_⊙



X-ışın power spectra X42.3+59 (1-8 keV).

The dotted line ———→ Gaussian + constant model fit the spectrum.
Powers ———→ normalized ———→ to Leahy et al. (1983).

Optik Eşlenik ve Yıldız Çevresi

- ❑ AXK'larda optik yayınım donör yıldızdan veya yığılma diskinin dış kısmından veya her ikisinden gelebilir !

Optik yayınım çalışılması :

- ✓ Çift yıldızın evrimi,
- ✓ donör yıldızın doğası
- ✓ Disk geometrisi
- ✓ KD kütle aralığı belirlenmesi
- ✓ Kaynağın çevresi

- ❑ Chandra ve HST 'nin çok iyi açısal çözünürlükleri ile (0.6arcsec dan (0.2-0.4)arcsec bir düzineden fazla AXK'nin optik bileşeni belirlendi

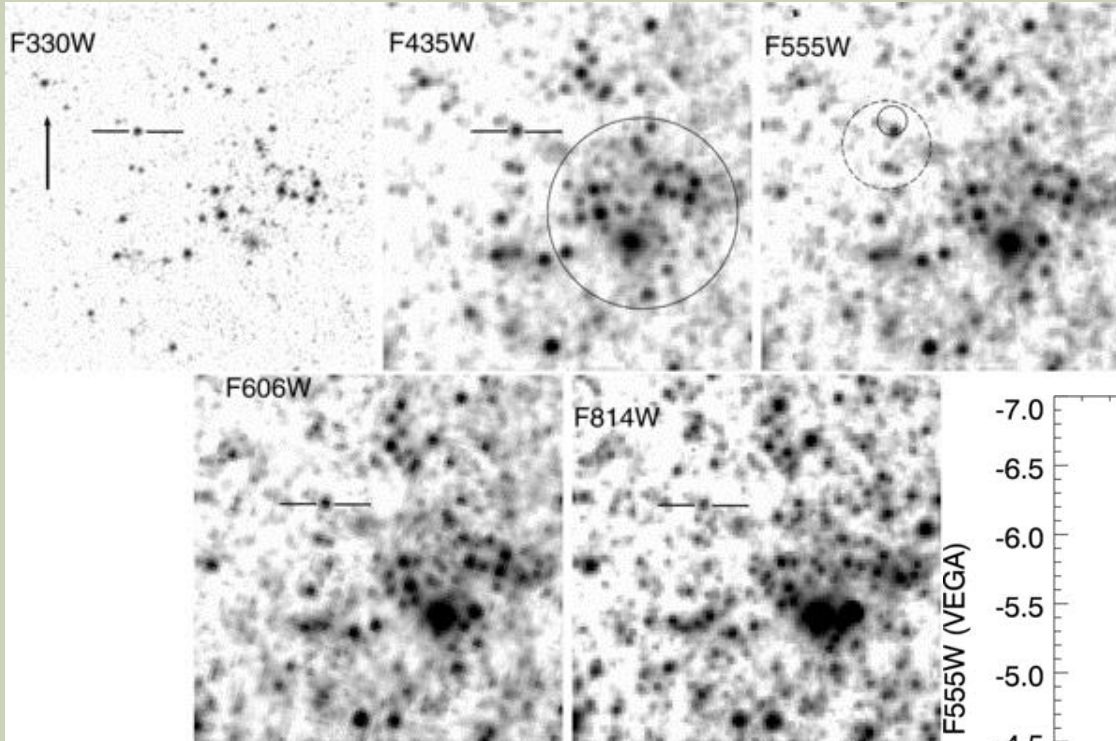
Örnek: **M81 X-6** (Liu et al. 2002), **NGC 1313 X-2** (Zampieri et al. 2004),
Holmberg II (Kaaret et al. 2004), **NGC 5204 X-1** (Liu et al. 2004).

- Eğer AXK kütle-yığılımı yapan tıköz cisim ise kütle aktaran bir yıldız bileşeni olmalı
- Bu kadar yüksek ışımayı vermesi için kütleli olmalı
- Renk ve kadir değerleri genç-kütleli yıldızlar, O ve B tipi bunlar genç yıldızlar olabilir ,
- Fakat küresel kümelerle eşleşen LMXB AXK var (NGC 4472; Maccarone et al. 2003).

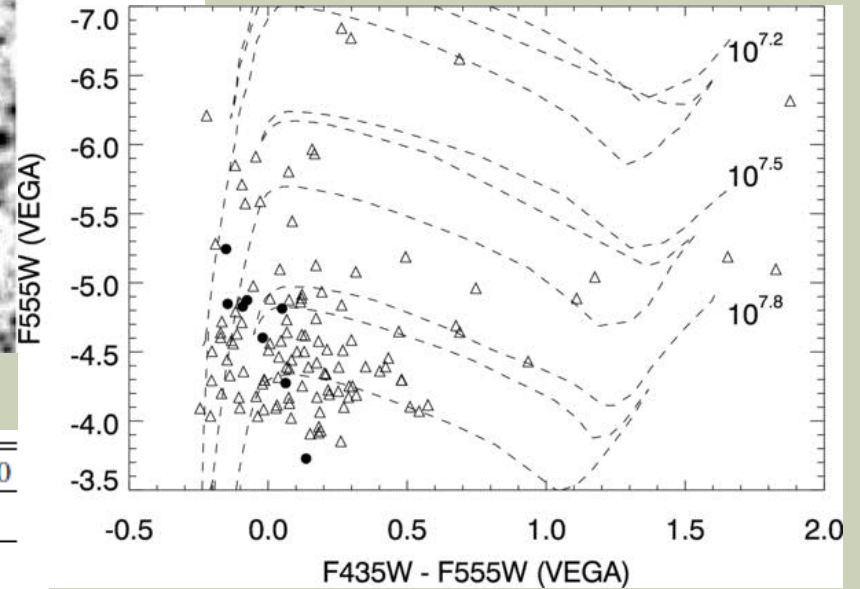
(M82 X-1 kümenin yakınında ya da içinde (super star-cluster MCG-11) Yaş 7-12 Myr (McCradı et al. 2003

NGC 1313 X-2 yıldız kümesinin yakınında yaş 20 Myr (Liu et al. 2007; Grise et al. 2008))

NGC 1313 X-1 Optik karşılığı , HST



Yıldız kümesi ~200 pc uzaklıkta
Küme yıldızlarının yaşı $> 10^{7.5}$ Myr
Eğer yıldız kümenin elamanı
ise(?) $M \sim 10 M_{sun}$



Band	2003 Nov 17	2004 Feb 22	2004 Jul 17	2004 Oct 30
ST Magnitudes in <i>HST</i> Bands				
F330W	22.26 ± 0.03
F435W	23.00 ± 0.03	...	23.11 ± 0.04	...
F555W	23.65 ± 0.04	23.68 ± 0.04	23.90 ± 0.05	...
F606W	24.08 ± 0.04
F814W	24.92 ± 0.06	...	24.86 ± 0.06	24.92 ± 0.07

$$\log(f_X/f_V) = \log f_X + m_V/2.5 + 5.37,$$

$$\log(f_X/f_V) = 3.1-3.7.$$

AGN (-1 -1.7) (Maccacaro et al 1988)

Holmberg AXK X-1 (Grise et al. 2011)

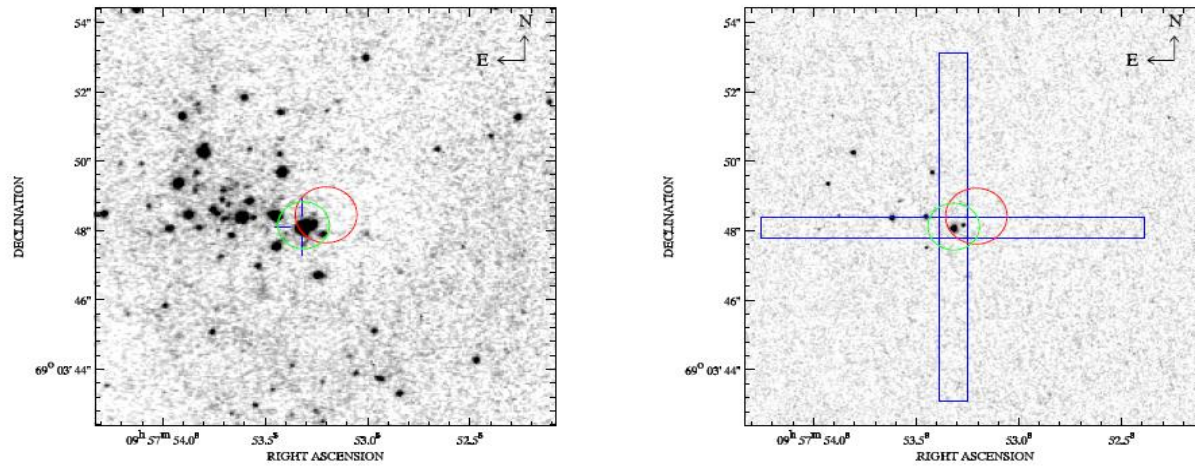


Fig. 4.—: Identification of HoIX X-1 ULX on an *HST*/*ACS* image in the *F435W* filter (left) and in the *F330W* filter (right). The counterpart is designated by a blue cross (left). Slits from the *SUBARU* (position angle of 180°) and *GEMINI* observations (position angle of 90°) are overlaid on the right image. The *Chandra* (green circle) and *XMM-Newton* (red circle) positions are also overlaid with error circles of $0''.67$ and $0''.80$ radius, respectively (90% confidence, including the error on the calibration of the optical image). We also note the association of stars to the east of the ULX.

Table 7:: Observed and Dereddened Magnitudes and Colors of the ULX Counterpart, from the *HST*/ACS Observations

Filter/Magnitude	Observed Magnitude/Color	Dereddened Magnitude/Color
<i>B</i>	22.604 ± 0.015	21.536 ± 0.015
<i>V</i>	22.609 ± 0.024	21.780 ± 0.024
<i>I</i>	22.328 ± 0.034	21.844 ± 0.034
<i>B-V</i>	-0.005 ± 0.028	-0.247 ± 0.049
<i>V-I</i>	0.281 ± 0.042	-0.064 ± 0.058

Note. Values are expressed in the Johnson-Cousins (*UBVRI*) system.

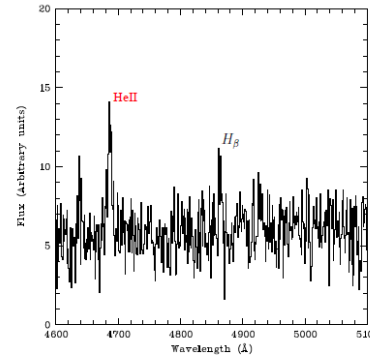
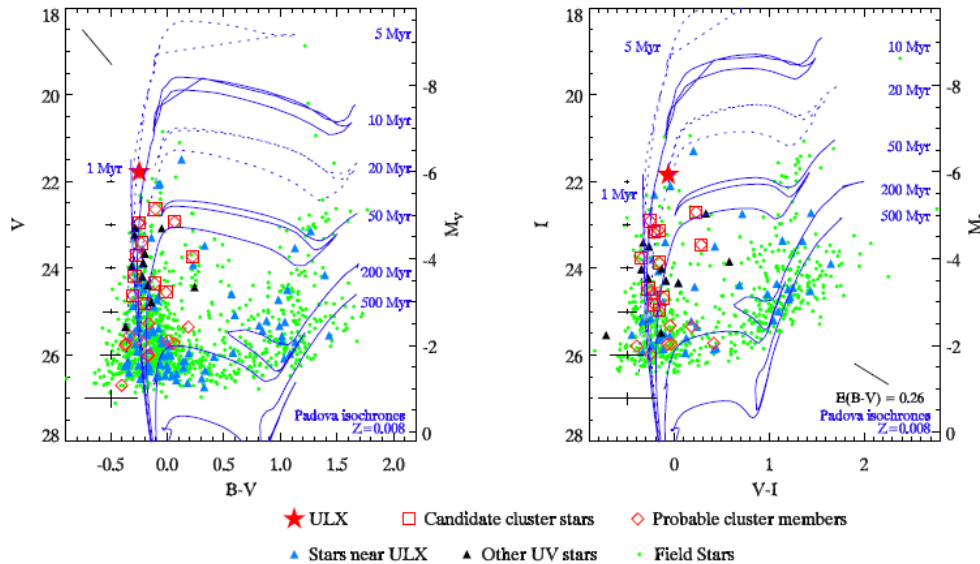


Fig. 7.—: 4600–5100 Å part of the *GEMINI/GMOS-N* one-dimensional spectrum of HoIX X-1 optical counterpart, confirming the presence of the He II line at 4686 Å . The other annotated line in emission is from the nebula in which the counterpart is located and which result probably from our rough subtraction considering the highly variable profile of the

He II 4686
Recombination line
İzotropik en
>310³⁹erg/s
Beaming olamaz!

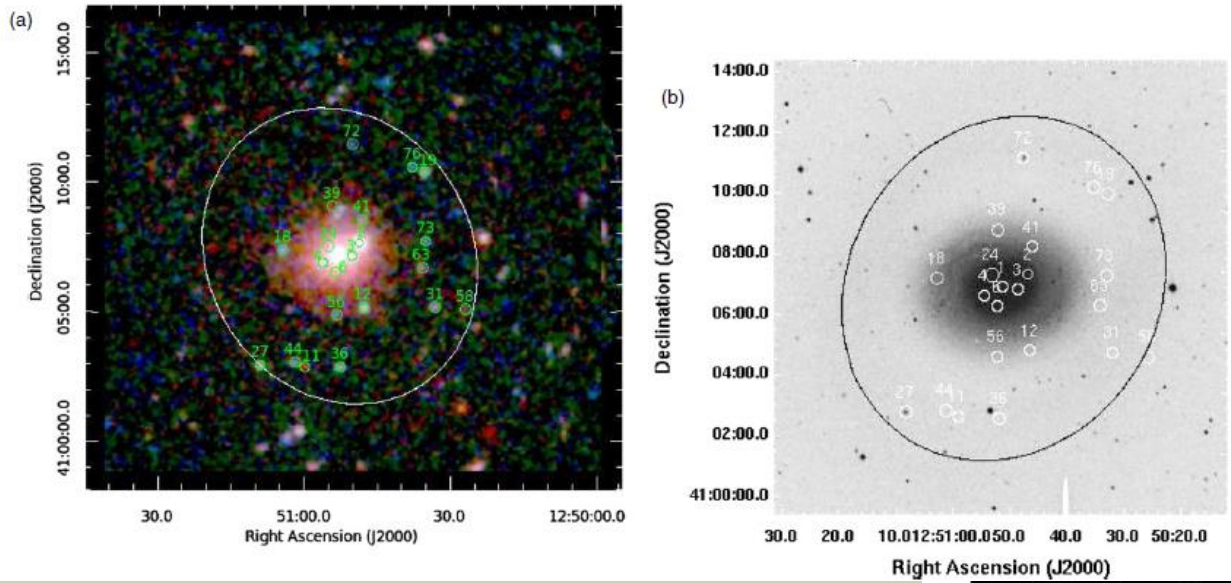


Yaş < 20 Myr

M >25 Msun

ÇALIŞMALARIMIZ:

Akyuz et al., 2013



NGC 4736, XMM-Newton ve Chandra

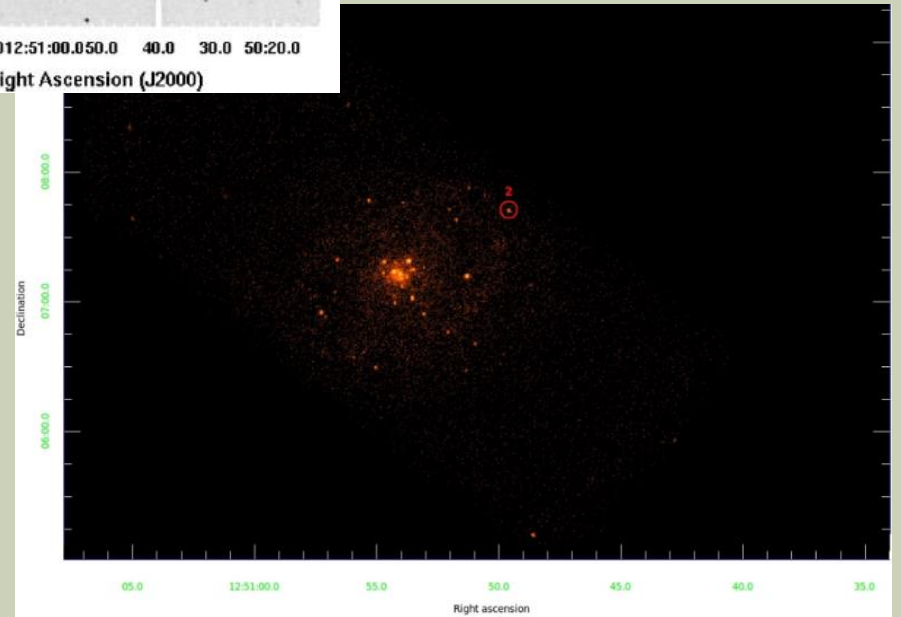


Table 12
Spectral Parameters Obtained with One-component Model Fits for Point Sources in NGC 4736

Source	Model	N_{H} (10^{22} cm^{-2})	Γ	kT (keV)	χ^2/dof	F (10^{-13}) ($\text{erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	L (10^{38}) (erg s^{-1})
XMM-2	PL	$0.09^{+0.009}_{-0.007}$	$2.15^{+0.04}_{-0.03}$		768.60/519	1.20	2.77
	DISKBB	<0.008		$0.87^{+0.02}_{-0.02}$	695.47/519	6.72	15.52
	BREMSS	$0.03^{+0.004}_{-0.003}$		$3.07^{+0.17}_{-0.16}$	534.87/519	8.53	19.70
XMM-12	PL	$0.04^{+0.04}_{-0.04}$	$1.47^{+0.31}_{-0.23}$		16.17/19	0.54	1.24
	DISKBB	$0.01^{+0.06}_{-0.01}$		$1.44^{+0.38}_{-0.19}$	17.09/19	0.23	0.73
	BREMSS	$0.03^{+0.04}_{-0.03}$		$12.95^{+11.43}_{-7.43}$	15.69/19	0.42	0.97
XMM-18	PL	$0.09^{+0.06}_{-0.09}$	$1.39^{+0.26}_{-0.19}$		17.42/20	0.31	0.71
	DISKBB	$0.02^{+0.05}_{-0.02}$		$1.97^{+0.55}_{-0.98}$	19.80/20	0.24	0.50
	BREMSS	$0.07^{+0.05}_{-0.07}$		$25.54^{+25.61}_{-18.02}$	17.58/20	0.29	0.66

Notes. Sources in this galaxy cannot be modeled by a BBODY model. The best-fitting model is highlighted in bold.

Table 13
Spectral Parameters Obtained with Two-component Model Fits for Point Sources in NGC 4736

Source	Model	N_{H} (10^{22} cm^{-2})	Γ	kT (keV)	χ^2/dof	F (10^{-13}) ($\text{erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	L (10^{38}) (erg s^{-1})
XMM-2	PL+BBODY	$0.03^{+0.005}_{-0.006}$	$1.92^{+0.07}_{-0.06}$	$0.44^{+0.03}_{-0.03}$	576.06/517	8.97	20.72
	PL+DISKBB	$0.02^{+0.008}_{-0.006}$	$1.72^{+0.14}_{-0.13}$	$0.75^{+0.06}_{-0.04}$	530.81/517	8.44	19.49
	PL+MEKAL	$0.06^{+0.008}_{-0.009}$	$2.05^{+0.06}_{-0.06}$	$2.55^{+0.44}_{-0.35}$	718.94/517	9.92	24.51
XMM-12	PL+BBODY	$0.05^{+0.08}_{-0.05}$	$1.81^{+2.22}_{-0.86}$	$0.98^{+0.98}_{-0.98}$	15.48/17	0.54	1.23
	PL+DISKBB	$0.09^{+0.12}_{-0.08}$	$1.57^{+0.42}_{-0.32}$	$0.04^{+1.07}_{-0.04}$	15.52/17	0.67	1.40
	PL+MEKAL	$0.05^{+0.29}_{-0.05}$	$5.64^{+0.48}_{-0.22}$	10.70	15.77/17	1.14	2.63
XMM-18	PL+BBODY	$0.44^{+0.68}_{-0.39}$	$1.58^{+0.88}_{-0.49}$	$0.09^{+0.14}_{-0.03}$	14.62/18	1.24	2.59
	PL+DISKBB	$0.54^{+0.64}_{-0.44}$	$1.66^{+0.81}_{-0.54}$	$0.10^{+0.16}_{-0.01}$	14.78/18	3.29	6.87
	PL+MEKAL	$0.31^{+0.60}_{-0.12}$	$1.45^{+0.50}_{-0.34}$	$0.21^{+0.24}_{-0.06}$	13.60/18	5.30	11.07

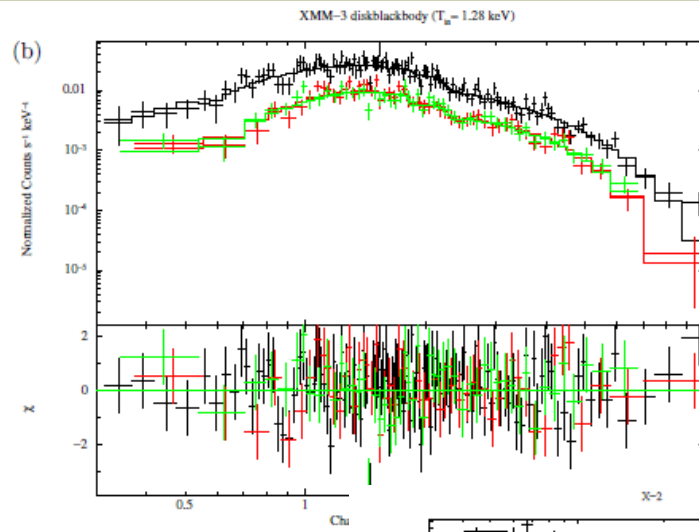
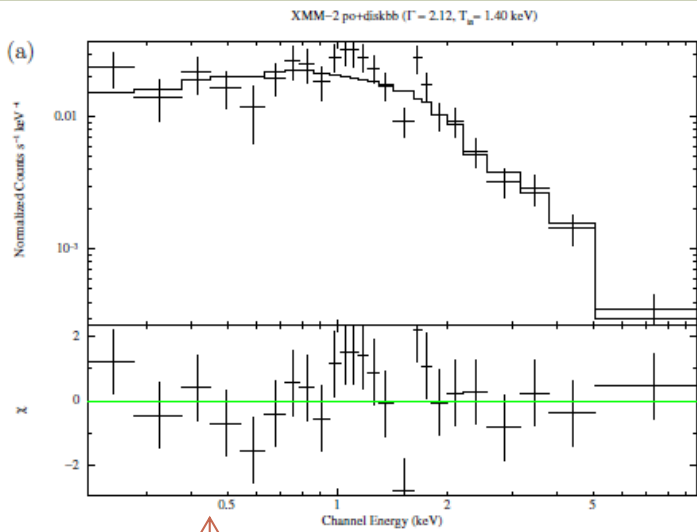
Note. The best-fitting model is highlighted in bold.

En iyi
uyum
veren

Tek
bileşenli

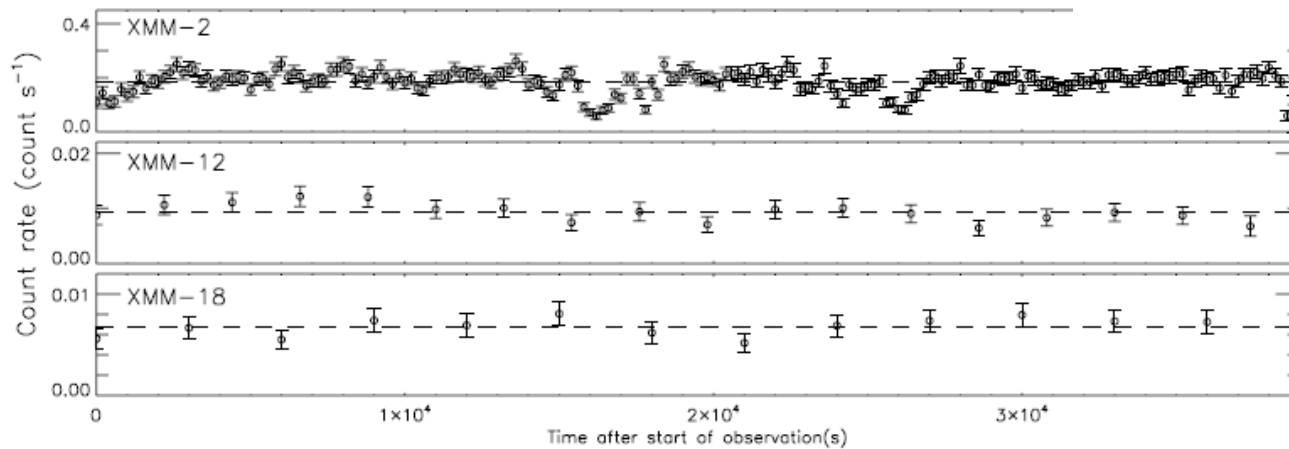
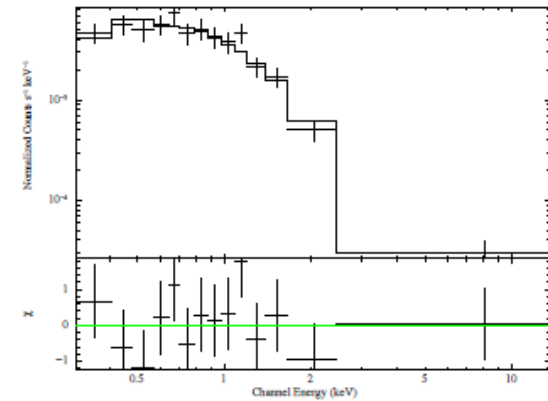
İki
bileşenli

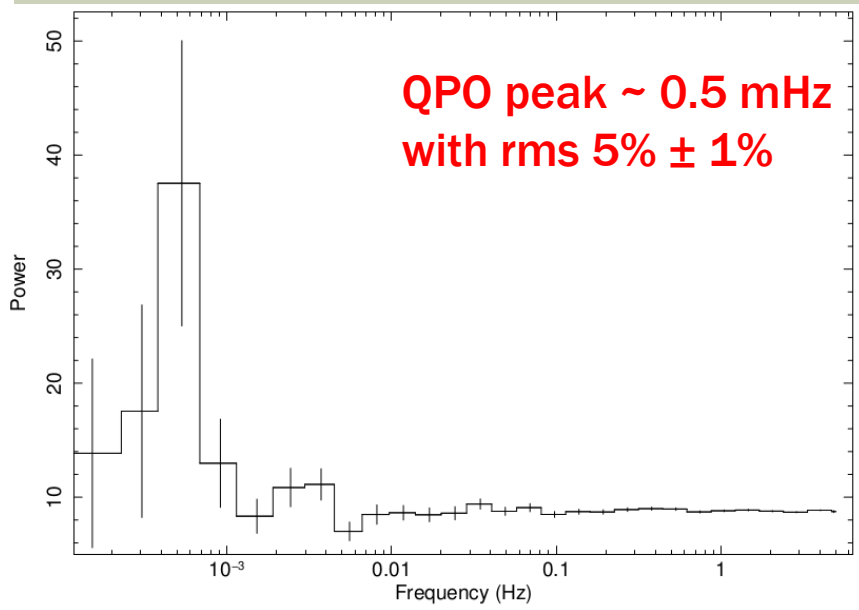
modeller



XMM

Chandra





QPO bulmak için
averaged power spectrum
the XMM-Newton pn observation

Işık eğrisi 0.1 s binlendi

Miyamota normalization in units
(rms/mean)²/Hz (Miyamoto et al. 1991).

The best fitting composite model

➤ (Lorentzian+ constant)

centroid frequency

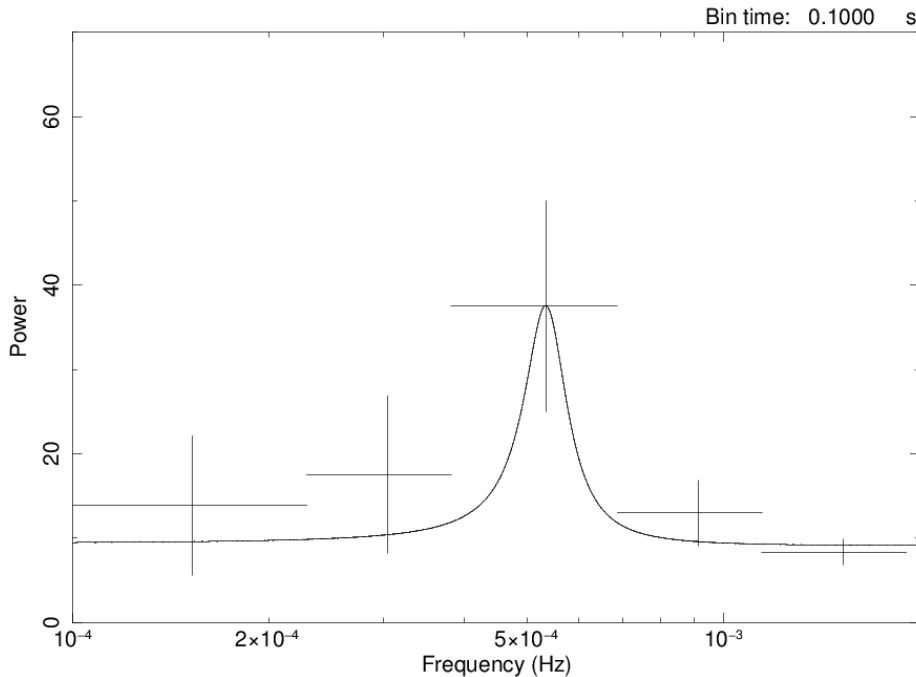
➤ $QPO = 0.53^{+0.09}_{-0.35}$ mHz

➤ $\sigma_{FWHM} = 0.10$ mHz.

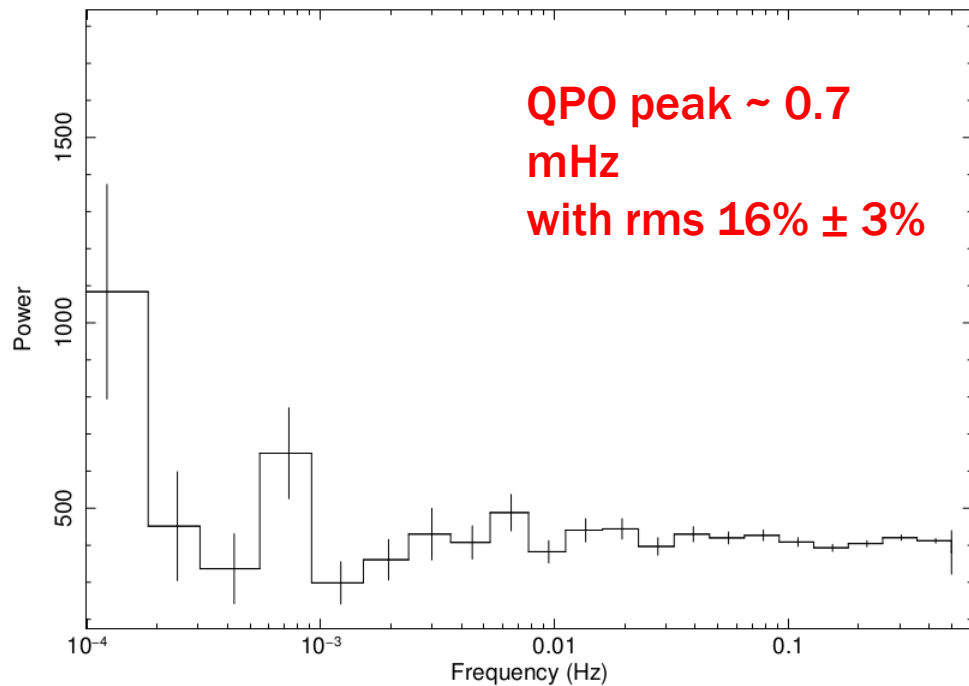
Quality factor:

➤ $Q = QPO/\sigma_{FWHM} = 5.3$

(signals with $Q > 2$ are called QPOs)



Avdan ve ark. 2014



Benzer analiz Chandra (ObsID 808) data.

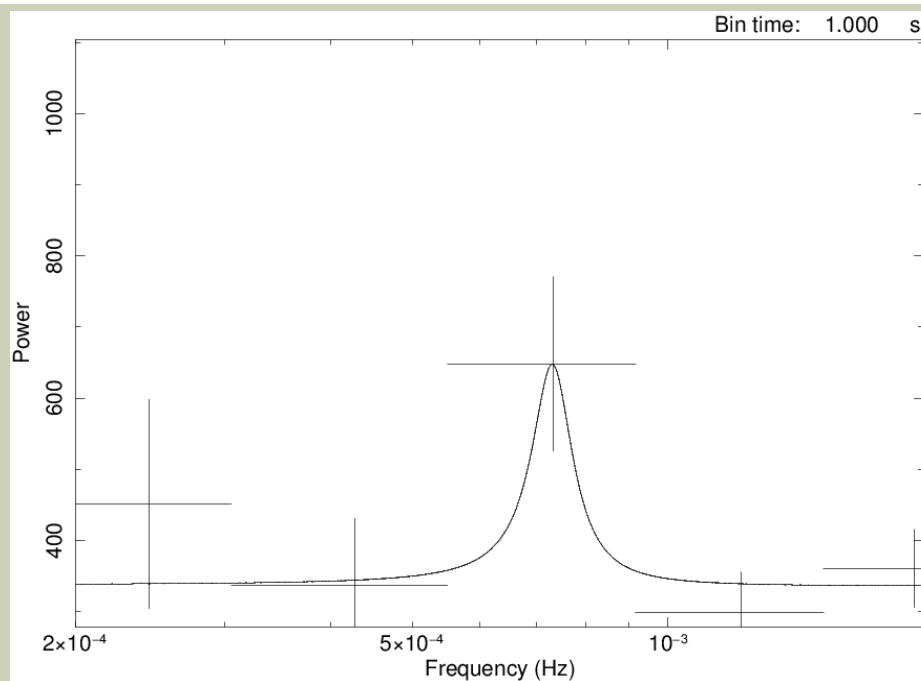
fitted the PDS

(Lorentzian + constant) model

QPO
centroid frequency

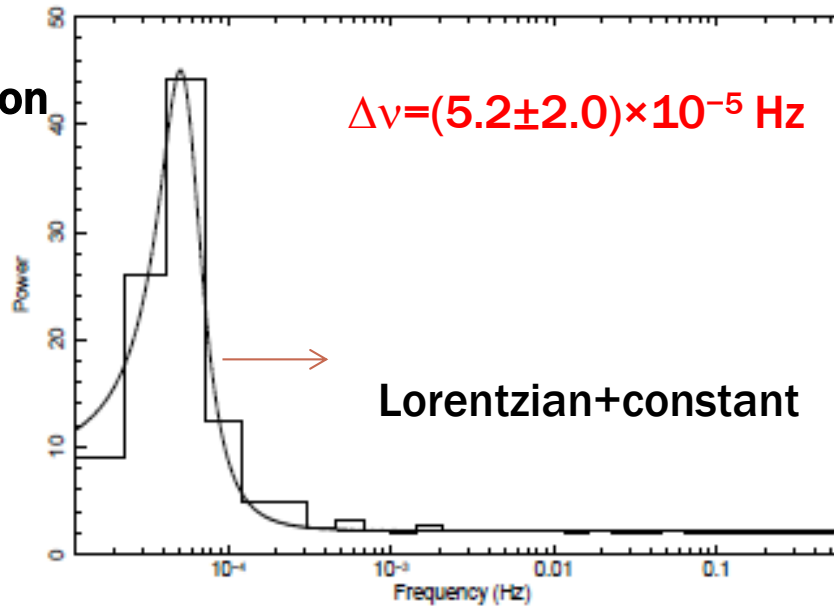
➤ $QPO = 0.73^{+0.16}_{-0.14}$ mHz

➤ $\sigma_{FWHM} = 0.10$ mHz ($Q = 7.3$) and



Avdan et al. 2014

**Chandra observation
(ObsID 808)**



Leahy normalization
for power
Leahy et al. (1983)

Ayrıca, olası periodic oscillation veya diğer bir QPO

$$\sim 5.2 \times 10^{-5} \text{ Hz} (\sim 5.4 \text{ hrs}) > 3 \sigma$$

PDS : single Fast Fourier Transform (FFT).

➤ En iyi uyum veren fitin merkezi frekansı

$$(5.2 \pm 2.0) \times 10^{-5} \text{ Hz}, \sigma_{\text{FWHM}} = 0.42 \times 10^{-4} \text{ Hz}$$

➤ **constant noise level of ~ 2.22**

in the XMM-Newton data such low frequencies were not revealed.

KD kütlesi ve QPO frekansı arasındaki ters -orantı kullanılarak:

$$M_{BH}(ULX) \sim \left[\frac{v_{QPO}(X)}{v_{QPO}(ULX)} \right] \times M_{BH}(X) \quad \text{X : reference source} \quad (\text{Dewangan et al. 2006a})$$

ULX	Luminosity ($10^{38} \text{ erg s}^{-1}$)	QPO Frequency (10^{-4} Hz)	Mass (M_{\odot})
NGC 628 (Liu et al. 2005)	4.5–13.4	1–4	$(2–20) \times 10^3$
NGC 4736 (Avdan et al. 2014)	0.8–16.7	5–7	$(2–400) \times 10^2$

➤ Kaynağın Eddington limitinde ışımaya yaptığı varsayılırsa ($L_{\text{Edd}} \sim 1.3 \times 10^{38} (M/M_{\odot}) \text{ erg/s}$)

$$M_{BH} \sim 10 M_{\odot} \quad (\text{using } L_x \sim 1.7 \times 10^{39} \text{ erg/s}).$$

- Diskten katkısı :
- Disk Black Body model parametreleri,

$$K_D = \left[\left(\frac{R_{in}}{km} \right) / \left(\frac{D}{10 \text{ kpc}} \right) \right]^2 \times \cos\theta$$

the inner disk radius, $R_{in} \sim 96(\cos\theta)^{-0.5}$

$$M_{BH} \sim (R_{in}/8.86\alpha) \times M_{\odot}$$

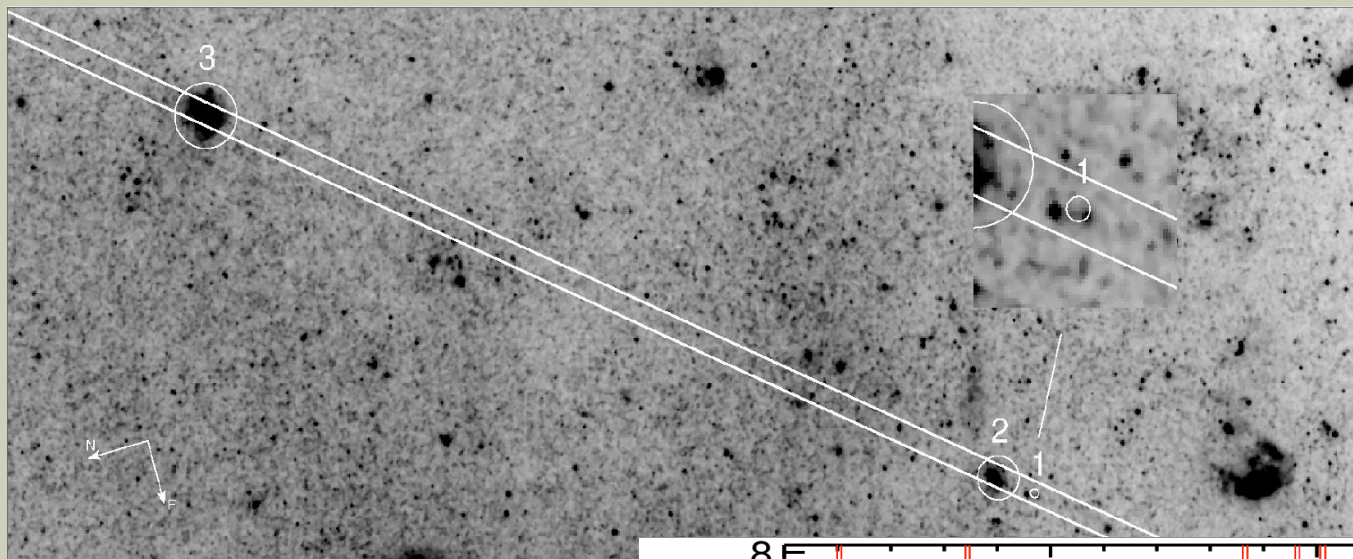
($\alpha = 1$ Schwarzschild BH $\theta = 89^\circ$ upper limit)

$$M_{BH} < 80 M_{\odot} \quad (\text{Makishima et al. 2000}).$$

Considering this mass range of $10 M_{\odot} < M_{BH} < 80 M_{\odot}$

- X-2 'deki olası tıkcı cisim yıldız kütleli KD ($M \leq 20M_{\odot}$) or büyük-kütleli KD ($20M_{\odot} \leq M \leq 100M_{\odot}$)(Feng & Soria 2011).

NGC 5474 AXK'nin optik eşleniğinin araştırılması

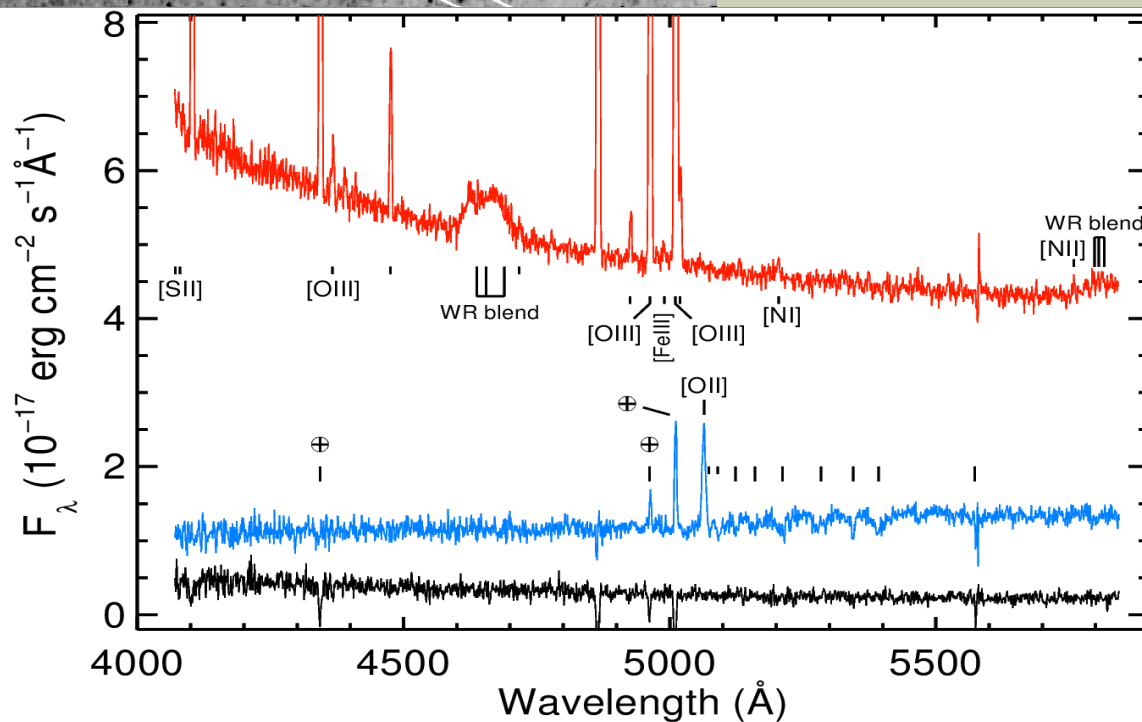


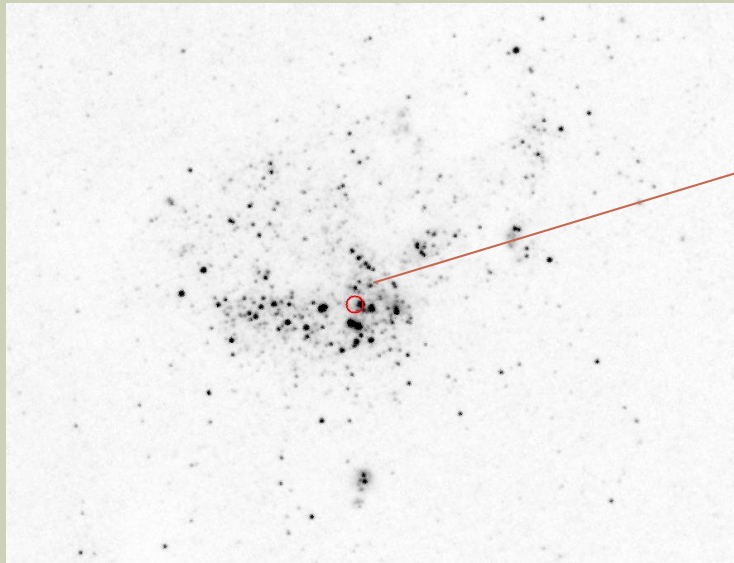
- 1 -ULX
- 2 -AGN candidate
- 3 -Cluster

Cluster ←

AGN candidate ←

ULX ←



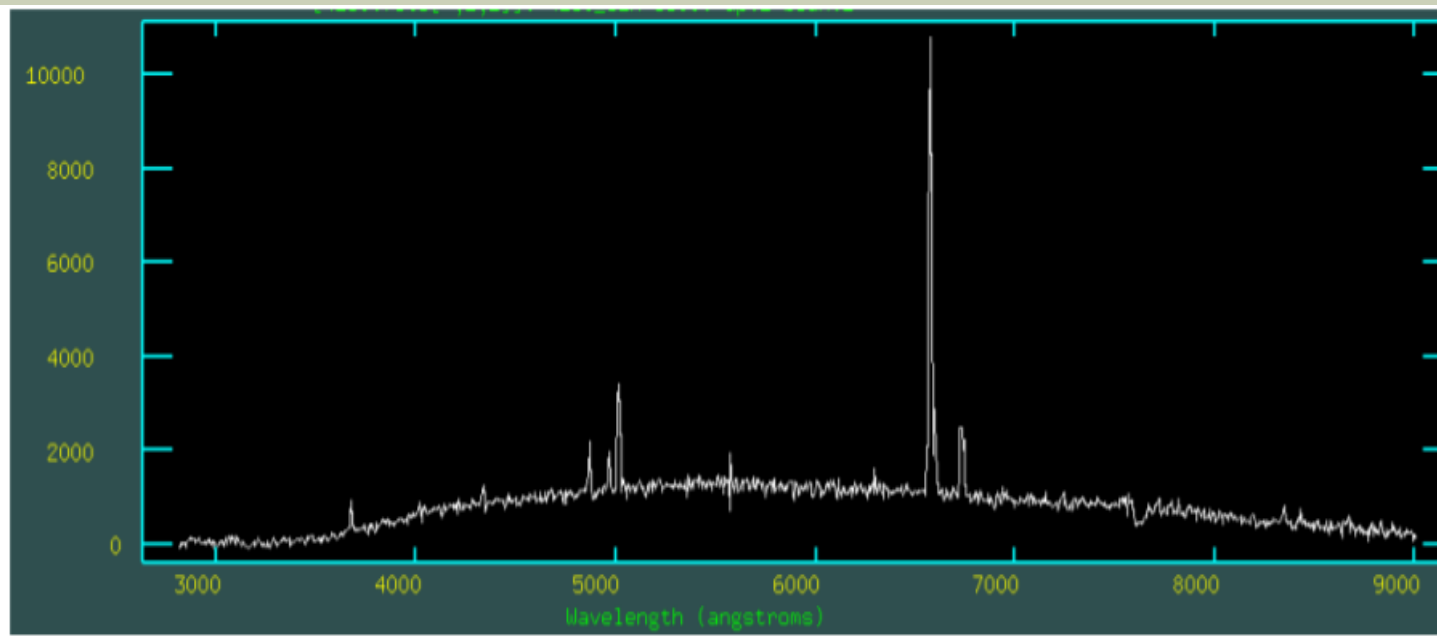


NGC 4258 AXK,

Hasan Avdan poster P05-001

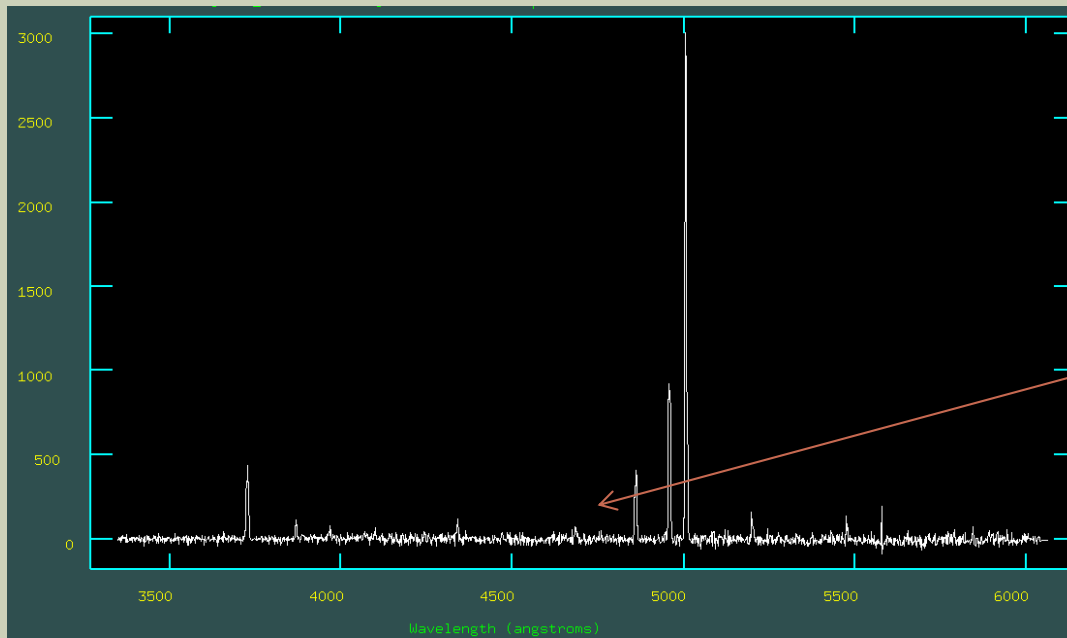
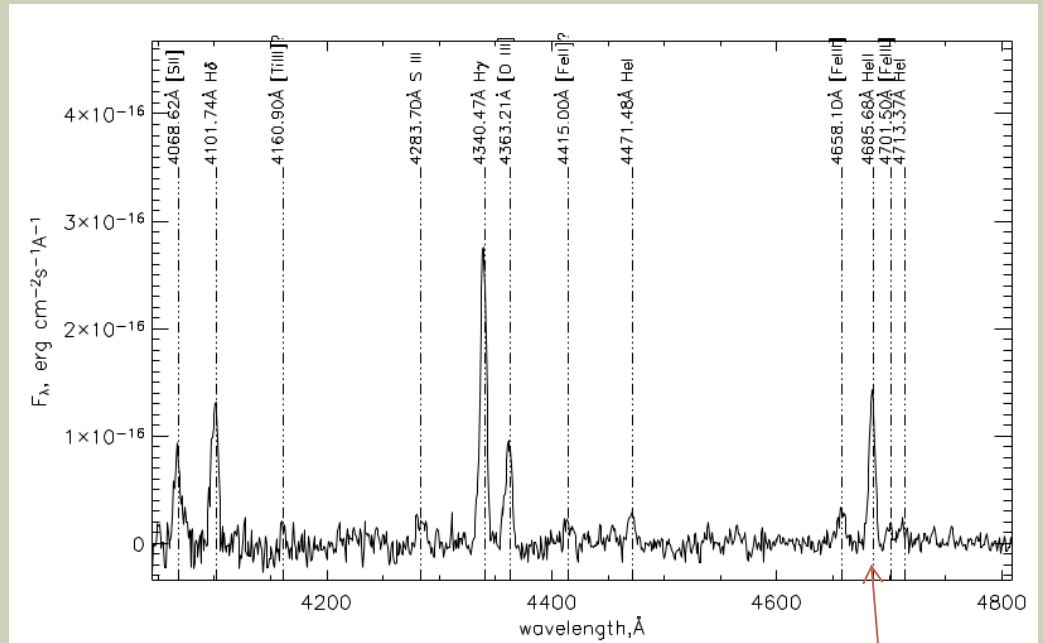
Grism #15

Hesaplanan redshift değeri
~0.0014



NGC 6946

TUG RTT 150



He II 4686

S.Balman ⁽²⁾, Nazım Aksaker ⁽¹⁾, H.Avdan ⁽¹⁾, S.Avdan ⁽¹⁾

(1) Cukurova Universitesi, Fizik Bölümü, Adana

(2) ODTU, Fizik Bölümü, Ankara

TUBITAK 1001 Proje No: 111F039

TESEKKURLER