

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة محمد بوضياف - المسيلة -



الميدان: علوم المادة

فرع: الفيزياء

تخصص: فيزياء نظرية

كلية العلوم

قسم الفيزياء

رقم: ...../2019.

مذكرة مقدمة لنيل شهادة الماستر أكاديمي

من إعداد الطالبتان

حاج علي عفاف، قوادرية رندة

تحت عنوان

دراسة الخواص الطيفية والزمنية لنواة المجرة النشطة

MCG-5-23-16

تمت المناقشة يوم 01 / 07 / 2019 أمام اللجنة المكونة من:

رئيساً	جامعة محمد بوضياف المسيلة	مجدل صهيب
مشرفة ومقررة	جامعة محمد بوضياف المسيلة	قالي سهام
مناقشاً	جامعة محمد بوضياف المسيلة	بعجي نجيب
مناقشاً	جامعة محمد بوضياف المسيلة	صبري يوسف

2019/2018

# كلمة شكر وتقدير

لسنا منصفين في شيء إذ لم نتقدم بباقات تقطر مسكا  
وإن شكرنا فقد لا نكون في مستوى الإقرار بالجميل والشكر للأستاذة الفاضلة  
قالي سهام المشرفة على هذا البحث نظرا للمعاملة المميزة التي خصتنا بها ولا يسعنا في هذا  
المقام إلا أن نحیی فيها تلك الشخصية النبيلة بعيدا عن كل مجاملة أو مديح كما لا يفوتنا أن  
نشكر كل من ساهم من قريب أو من بعيد في نجاح هذا البحث المتواضع.  
ومن باب الامتنان نتقدم بجزيل الشكر إلى كل أساتذة قسم الفيزياء بالأخص فيزياء  
نظرية جامعة المسيلة على تعاونهم وصبرهم معنا طيلة السنوات الدراسية  
وجزيل الشكر للأساتذة المناقشين لقبولهم مناقشة مذكرتنا.

والشكر إلى من كان لنا عوناً في بحثنا هذا

أما الشكر الذي من النوع الخاص

فنحن نتوجه

بالشكر أيضا إلى كل من لم يقف إلى جانبنا، ومن وقف في طريقنا وعرقل مسيرة  
بحثنا. البحث بحثنا، فلولا وجودهم لما أحسنا بمتعة العمل وحلاوة البحث، ولما

وصلنا إلى

ما وصلنا إليه فلهم منا كل الشكر.

## إهداء

أهدي عملي هذا، الى من أنارا دربي وفتحا لي أبواب العلم والمعرفة، إلى أعز من في الوجود وقدوتي في الحياة اللذان ضحيا من أجلي، إلى الصدر الحنون والقلب الرفيق، الحبيبة الطاهرة الوفية، والملاك الصافي القريب لله سبحانه وتعالى، **أمي ثم أمي ثم أمي**.

إلى الانسان الذي سعى جاهدا في تربيته وتعليمي وتوجيهي والوقوف الى جانبي بكل ما أوتي **أمي** الحنون الغالي جزاه الله عني خيرا وشفاك وأرجعك لنا سالما غانما.  
إلى أخوتي وأخواتي وأولادهم وبناتهم متمنية لهم كل النجاح والتوفيق في الحياة.  
إلى اللاتي كن لي خير معين في كل خطوة **شبابي حسينة وحاج علي عفاف** إلى كل زملائي في قسم الفيزياء النظرية.

والى كل الذين عرفتهم وأحبهم دون استثناء، واليكم أهدي من كل قلبي عملي المتواضع.  
**قوادرية رندة**

## إهداء

أهدي بحثي المتواضع إلى أعلى ما أملك في الحياة والديا **أمي وابي** فلولاهما ماكنت وصلت إلى ما أنا عليه الآن ومن خلال ورقة بحثي أقول لهم أنا بدونكم لا أساوي شيئا وأنا احبكم كثيرا.

كما لا أنسى إخوتي وأخواتي

أخي **محمد الأمين** حفظه الله ورعاؤه وكذلك أخي **هشام** حفظه الله ورعاؤه واهنته على تخرجه ولا أنسى آخر عنقود أختي **لينة** حبيبتي ورفيقة روحي وكذلك أختي **فاطمة الزهراء (زهيرة)** توأم روحي وزوجها **صباح سفيان** وحبيبة قلبي الغالية الكتكوتة **رؤى صباح**

كما أهدي أحر التهانى إلى كل زميلاتي وزملائي وعلى وجه الخصوص زميلتي **قوادرية رندة** التي رافقتني طيلة بحثنا وكذلك رفيقتي من أيام الثانوية إلى يوم تخرجنا **بجاش صليحة (سوسن)**

كما أهدي إلى كل عائلتي في ولاية المدية بالأخص أختي التي لم تدها **أمي بوهرة ياسمين**

وكل من وسعتهم ذاكرتي ولم تسعهم ورقتي

**حاج علي عفاف**

## فهرس محتويات

I.....	كلمة شكر وتقدير
II.....	إهداء
1.....	مقدمة عامة
	الفصل الأول: المجرات
2.....	1.1 مقدمة
2.....	2.1 المجرات العادية (Normal galaxies)
6.....	3.1 مجرة درب التبانة (Milky Way)
8.....	4.1 المجرات النشطة (Active Galaxies)
9.....	1.4.1 الثقوب السوداء فائقة الكتلة (Super Massive Black Hole) SMBH
9.....	2.4.1 خصائص المجرات ذات الأنوية النشطة (Active Galactic Nuclei) AGN
11.....	3.4.1 النموذج الموحد للمجرات النشطة (Unified Model of Active Galaxies)
13.....	4.4.1 تصنيف المجرات النشطة (Classification of active galaxies)
16.....	5.1 مصدر الأشعة السينية في المجرات ذات الأنوية النشطة
17.....	6.1 فهرس المجرات (Galaxie Catalogs)
	الفصل الثاني: طرق رصد المجرات وتحليل ومعالجة البيانات
3.....	1.2 مقدمة
19.....	2.2 طرق الرصد
20.....	1.2.2 تلسكوب هابل (Hubble Telescope)
20.....	2.2.2 تلسكوب أشعة غاما (Ray Gamma Telescope)
21.....	3.2.2 تلسكوب الراديوي (Radio Telescope)
21.....	4.2.2 تلسكوب الأشعة تحت الحمراء (Infrared Telescope)
22.....	5.2.2 تلسكوب الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet Telescope)
22.....	6.2.2 تلسكوب أفق الحدث (Event Horizon Telescope)
22.....	7.2.2 تلسكوبات الأشعة السينية (Ray X Telescope)
25.....	3.2 البيانات
27.....	4.2 تحليل البيانات التفاعلية من XSA (XMM-Newton Science Archive)
	الفصل الثالث: الدراسة الطيفية
31.....	1.3 مقدمة
31.....	2.3 الدراسة الطيفية للمجرة النشطة MCG-5-23-16
31.....	3.3 الملاعبة باستعمال برنامج Gnuplot

34.....	4.3 الملاعمة باستعمال XSPEC
38.....	5.3 النتائج
	الفصل الرابع: الدراسة الزمنية
44.....	1.4 مقدمة
44.....	2.4 الطرق الرياضية المستعملة في تحليل الاشارات
45.....	3.4 طيف التقاطع والتأخر الزمني The cross spectrum and lags
47.....	4.4 التماسك والأخطاء The coherence and errors
47.....	5.4 حساب التأخر الزمني بدلالة الطاقة
48.....	6.4 دراسة التأخر الزمني
42.....	الخاتمة
54.....	المحلق
59.....	المراجع

## فهرس الجداول والأشكال

### الفصل الأول

- الجدول 1.1 يمثل قيم لخصائص المجرات العادية ..... 2
- الشكل 1.1 الصور على اليمين تمثل مجرتين ببيضاويتن من نوع NGC4660 E7 و NGC1993 E0. ... 3
- الشكل 1.2 الصورة هي مجرتين حلزونيتين عادية M81 و ذات عصا M1300. .... 4
- الشكل 1.3 سحابة ماجلان الصغيرة SMC و سحابة ماجلان الكبيرة LMC. .... 5
- الشكل 1.4 مخطط هابل التوضيحي لبنية المجرات ..... 5
- الشكل 1.5 رسم يوضح المعلومات الأحدث حول مجرة درب التبانة. .... 6
- الشكل 1.6 يوضح قرص ونواة مجرة درب التبانة. .... 7
- الشكل 1.7 المنحنى يبين الفرق بين المجرات العادية والمجرات النشطة. .... 8
- الشكل 1.8 تمثيل تخطيطي للنموذج الموحد للمجرات ذات الأنوية النشطة ..... 12
- الشكل 1.9 يمثل الخطوط الطيفية للإصدار لمختلف العناصر ..... 16

### الفصل الثاني

- الشكل 1.2 المجال الكامل للطيف الكهرومغناطيسي ..... 19
- الشكل 2.2 عرض للأظمة الفرعية للمركبات XMM Newton ..... 25
- الشكل 2.3 عبارة عن طيف المجرة النشطة MCG\_5\_23\_16 ..... 27
- الشكل 2.4 تمثل لوحة تعرض ..... 28
- الشكل 2.5 يمثل الشكل بطاقة العرض المراد تحليلها ..... 29
- الشكل 2.6 علامة تيويب تحليل البيانات ..... 29

### الفصل الثالث

- الجدول 1.3 بيانات المجرة النشطة MCG-5-23-16 ..... 32
- الجدول 3.2 أحسن قيم الملائمة باستخدام النموذج المركب  $ph^*zph(pow+xil+relxi)$  ..... 41
- الجدول 3.3 أحسن قيم الملائمة باستخدام النموذج المركب  $tb^*ztb(pow+xil+relxi)$  ..... 42
- الشكل 1.3 يمثل رسم البيانات لطيف المجرة النشطة MCG\_5\_23\_16 ..... 32
- الشكل 2.3 يمثل ملائمة منحنى طيف المجرة النشطة باستعمال نموذجين من gaussian و نموذج ..... 33
- الشكل 3.3 يمثل ملائمة منحنى (الطاقة<sup>2</sup>) × التدفق بدلالة الطاقة حيث يظهر لنا خطي الحديد ..... 34
- الشكل 3.4 يمثل تشتت كومبتون المعكوس وتشتت كومبتون ..... 36
- الشكل 3.5 أحسن قيم وسائط الملائمة للطيفين رقم (0727960101) و (0727960201) للمجرة النشطة ..... 39
- 39..... MCG\_5\_23\_16
- الشكل 3.6 ملائمة طيف المجرة النشطة MCG5-23-16 ..... 39
- الشكل 3.7 أحسن قيم ملائمة لطيفين رقم (0727960101) و (0727960201) للمجرة النشطة ..... 39
- 40..... MCG\_5\_23\_16

- الشكل 3. 8 ملاءمة طيف المجرة النشطة MCG5-23-16 باستخدام النموذج الفيزيائي  
 41.....  $ph*zph*(po+xilr+rel)$
- الشكل 3. 9 يمثل منحنى ملاءمة الطيف 1 باستخدام النموذج  $(tb*ztb*(po+xil+rel)$   
 42.....
- الشكل 3. 10 يمثل منحنى ملاءمة الطيف 2 باستخدام النموذج  $(tb*ztb*(po+xillver+relxill)$   
 42.....
- الفصل الرابع
- الشكل 4. 1 منحنى الضوء على المجال [10-2] KeV من خلال بيانات المجرة النشطة MCG-5-23-16  
 ذات الرقم (0727960101)..... 48.....
- الشكل 4. 2 منحنى الضوء على المجال [10-2] KeV من خلال بيانات المجرة النشطة MCG-5-23-16  
 ذات الرقم (0727960201)..... 49.....
- الشكل 4. 3 طيف التقاطع بين منحنى الضوء الأول وباقي منحنيات الضوء للبيانات..... 50.....
- الشكل 4. 4 التأخر الزمني للأشعة السينية الثانوية المنعكسة بالنسبة للأشعة السينية الأولية في المجال  
 الترددي  $[5 \times 10 - 5 - 2 \times 10 - 4]$  Hz..... 51.....
- الشكل 4. 5 التأخر الزمني بدلالة الطاقة في المجال الترددي  $[10 - 4 - 10 - 3]$ Hz..... 51.....
- الشكل 4. 6 التأخر الزمني بدلالة الطاقة في المجال الترددي  $[10 - 3 - 10 - 2]$ Hz..... 52.....



مقدمة عامة

### مقدمة عامة

إن الثقوب السوداء مازالت تشكل أحد ألغاز علم الفلك وتوجد العديد من الأبحاث في هذا المجال حيث لاقت اهتمام واسع من قبل علماء الفلك والهواة الذين يهتمون برصدها ودراستها ونتائج هذه الأبحاث في تقدم مستمر، حيث في يوم الأربعاء (10 أبريل 2019) كشف علماء الفلك عن أول صورة حقيقية لثقب أسود فائق الكتلة خلال مؤتمر تلسكوب أفق الحدث (EHT (Event Horizon Telescope). تعود هذه الصورة لثقب أسود فائق الكتلة تبلغ كتلته 6.5 مليار ضعف كتلة الشمس ويقع في قلب مجرة M87 التي تبعد عن الأرض مسافة 55 مليون سنة ضوئية، من المتوقع يتم نشر بيانات رصد قريباً عن الثقب الأسود الموجود في مركز مجرتنا درب التبانة والمسمى \*Sagittarius A يصل وزنه إلى 4.4 مليون كتلة شمسية والذي يبعد عن الأرض مسافة 26000 سنة ضوئية.

في هذه المذكرة سنتطرق لدراسة المجرة ذات النواة النشطة MCG-5-23-16 التي يوجد في مركزها ثقب أسود فائق الكتلة، حيث أنها تعتبر من أوائل المجرات النشطة التي رصد فيها الانعكاس النسبوي للخط الطيفي للحديد K بالقرب من الثقب الأسود فائق الكتلة.

في الفصل الأول نتعرف على المجرات العادية والنشطة والفرق بينهما. ثم نتطرق في الفصل الثاني إلى طرق رصد المجرات النشطة وكيفية تحليل البيانات الصادرة عن مختلف المراصد.

في الفصل الثالث نقوم بدراسة طيف المجرة النشطة MCG-5-23-16 بإستعمال برنامج XSPEC الخاص بدراسة أطياف الأشعة السينية وذلك لتحديد الخواص الفيزيائية لمحيط الثقب الأسود.

في الفصل الرابع ندرس التأخر الزمني بين مختلف إصدارات الأشعة السينية المباشرة والمنعكسة من خلال تحليل منحنيات الضوء الصادرة عن نواة المجرات النشطة.

إجتهدنا في ترجمة المصطلحات العلمية والتقنية لعدم توفر مراجع بالعربية، ووضعنا المصطلحات بالإنجليزية للتوضيح.

# الفصل الأول: المجرات

## 1.1 مقدمة

يضم الكون عدداً لا يُحصى من الكواكب والنجوم والمجرات وتعتبر هذه الأخيرة من أهم مكوناته. والمجرات تمثل تجمعات هائلة جداً من النجوم بمختلف أنواعها، بالإضافة إلى الثقوب السوداء وبقايا النجوم والمادة المظلمة والغبار الكوني، وما يتخللها من مجالات مغناطيسية قوية جداً، والجدير بالذكر أن للمجرات أنواع وأحجام وأشكال عديدة، في هذا الفصل سيتم التعرف على المجرات العادية والمجرات ذات الأنوية النشطة.

## 2.1 المجرات العادية (Normal galaxies)

تحتوي المجرات على حوالي  $10^{11}$  من النجوم على حسب أنواعها، يمكن العثور عليها معزولة أو يمكن أن تكون مرتبطة بالجاذبية في تجمعات (Clusters). ومجرتنا هي مجرد واحدة من 100 مليار إلى 200 مليار من المجرات في الكون [1].

حيث صنف إدوين هابل (Edwin Hubble) المجرات حسب مظهرها ولا يزال هذا التصنيف قيد الاستخدام، على الرغم من العدد الهائل للمجرات نجد ثابتاً في أشكالها العامة، منها الحلزونية والبيضاوية، غير النظامية وذات الشكل العدسي. نلخص فيما يلي قيم لخصائص بعض المجرات العادية في الجدول (1.1) التالي:

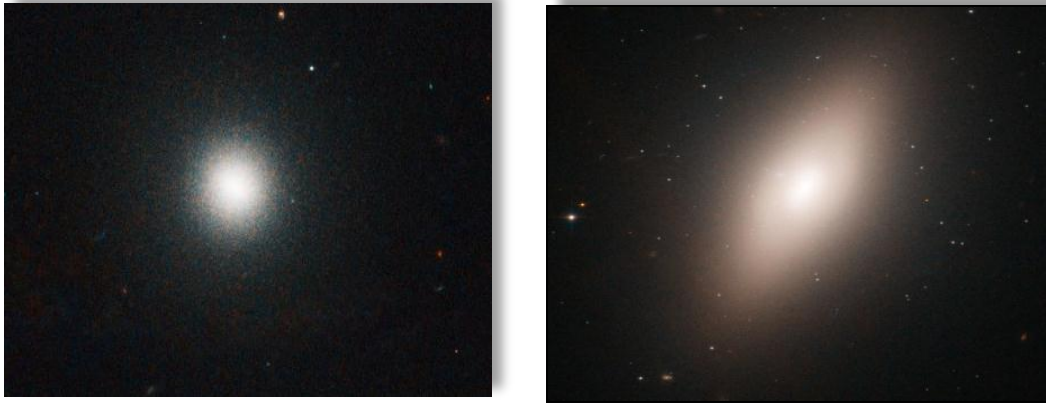
المجرات	الحلزونية (S) و (SB)	البيضاوية (E)	الغير منتظمة (Irr)	الخصائص
	$10^9$ إلى $4 \times 10^{11}$	$10^5$ إلى $10^{13}$	$10^8$ إلى $3 \times 10^{10}$	الكتلة ( $M_{sun}$ ) $M_{sun} = 1.989 \times 10^{30} Kg$
	$10^8$ إلى $2 \times 10^{10}$	$10^{11}$ إلى $3 \times 10^5$	$10^7$ إلى $10^9$	السطوع ( $L_{sun}$ ) $L_{sun} = 3.36 \times 10^{33} erg/s$
	$1.6 \times 10^4$ إلى $8 \times 10^5$	$3 \times 10^3$ إلى $6.5 \times 10^5$	$3 \times 10^3$ إلى $3 \times 10^3$	القطر (LY) $LY = 9.4607 \times 10^{12} Km$
	%77	%20	%3	نسبة المجرات المرصودة
	المجموعة I ومجموعة II	المجموعة I والمجموعة II	المجموعة I	المجموعة النجمية

الجدول 1.1 يمثل قيم لخصائص بعض المجرات العادية

وفيما يلي وصف تفصيلي لبعض أنواع المجرات المختلفة:

### • المجرات البيضاوية (الاهليجية) Elliptical Galaxies

سميت نسبة الى شكلها الخاص، لها شكل كروي أو بيضاوي لا يوجد بها أي أثر لأذرع حلزونية. تمتاز بسطوح منتظم تقريبا، أحجامها وكتلتها متنوعة للغاية بالتأكيد أكبر من المجرات الحلزونية الكبيرة. المجرات البيضاوية تبدو بدرجات استطالة مختلفة، من E0 (Elliptical 0) ذات الشكل الدائري الى E7 (Elliptical 7) ذات الشكل المستطيل. بينما تصنف المجرات ذات الاستطالة المتوسطة من E1 الى E6. تحتوي نسبيا على القليل من الغاز والغبار البين نجمي، تتألف أساسا من النجوم القديمة وهي خالية الى حد ما من النجوم حديثة التكوين [2].



الشكل 1.1 الصور على اليمين تمثل مجرة بيضاوية من نوع E7 NGC4660. والصورة على اليسار تمثل مجرة بيضاوية من نوع E0 NGC1993.

### • المجرات الحلزونية (Spiral Galaxies)

تتكون أساسا من ثلاث عناصر رئيسية: الانتفاخ (The Bulge) والقرص (The disk) والهالة (The Halo)، الانتفاخ هو عبارة عن بنية كروية موجودة في مركز المجرة، غالبا ما يحتوي على النجوم الاقدم في المجرة، اما القرص فهو مكون من الغبار والغاز والنجوم الشابة يتشكل هذا القرص من هياكل على شكل أذرع، اما الهالة فهي عبارة عن بنية كروية واسعة جدا تقع حول الانتفاخ وأجزاء من القرص. السبب في كونها حلزونية هو أن مركز المجرة يدور بشكل أسرع من أطرافها. تصنف المجرات الحلزونية

وفقا لشكلها الخاص الى مجموعتين العادية (Spiral Ordinary) يرمز لها بالرمز S نواتها كروية الشكل تنبثق منها الاذرع الحلزونية، وذات عصا (Spiral Barred) يرمز لها بالرمز SB، نواتها مستطيلة الشكل تنبثق من نهايتها الاذرع الحلزونية. لكلا المجموعتين ثلاثة أنواع a, b, c، النوع Sa (SBa) تتميز بانتفاخ مركزي كبير جدا، أشد سطوعا و بأذرع حلزونية أشد لفا وتماسكا والنوع (SBb) Sb تتميز بانتفاخ مركزي متوسط الحجم والسطوع وبلف متوسط للأذرع الحلزونية أما النوع Sc (SBc) فيتميز بالانتفاخ مركزي صغير الحجم ومنعدم السطوع وبأذرع حلزونية مفتوحة بشكل كبير [2].



الشكل 1. 2 الصورة على اليمين هي مجرة حلزونية عادية M81 والصورة على اليسار هي مجرة حلزونية ذات عصا M1303.

### • المجرات العدسية (galaxie lenticulaire)

بين الحلزونية والبيضاوية هناك حالة متوسطة من المجرات تسمى العدسية أو ذات الشكل العدسي، مثل الحلزونية لديها نواة ضخمة وقرص ومثل البيضاوية تفنقر إلى أذرع حلزونية ولديها وسط بين نجمي فقير نسبيا. يمكن أن تكون المجرات ذات الشكل العدسي مستديرة يرمز لها SO أو يكون لها شريط مركزي ويرمز لها SB0 [2].

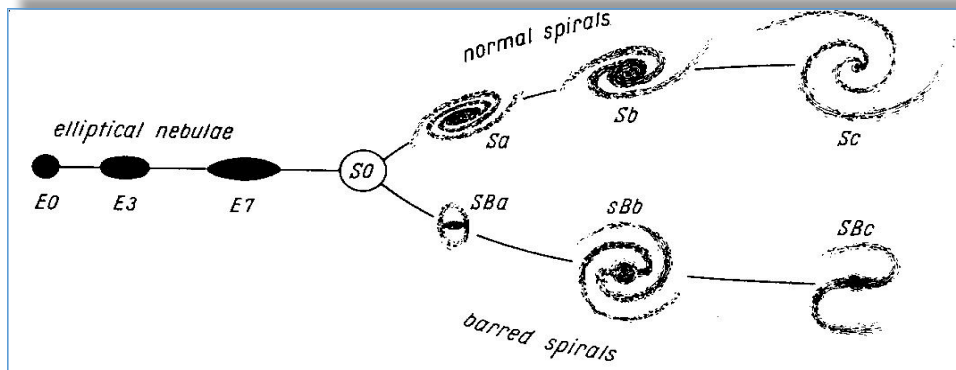
### • المجرات غير المنتظمة (Irregular Galaxies)

المجرات غير المنتظمة مجرات صغيرة تفنقر إلى أي بنية منظمة، تحتوي على جميع المجرات التي لا تتناسب مع المجموعات الثلاثة السابقة، غنية جدًا بالغاز والغبار والنجوم الصغيرة والكبيرة. تعتبر سحابة ماجلان الكبيرة (LMC) وسحابة ماجلان الصغيرة (SMC) أمثلة عن مجرات غير المنتظمة.



الشكل 1. 3 الصورة على يمين سحابة ماجلان الصغيرة SMC وعلى اليسار سحابة ماجلان الكبيرة LMC.

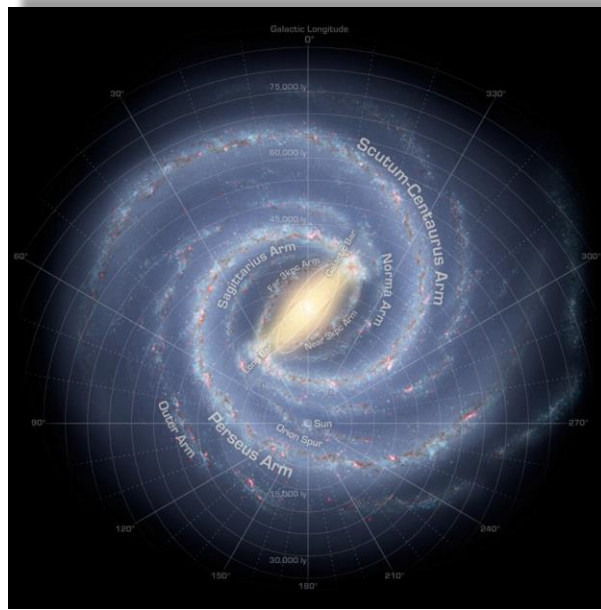
لم يقتصر تصنيف هابل للمجرات على الوصف التفصيلي والصور فقط، بل تطرق كذلك الى انشاء مخطط يلخص تصنيف المجرات حسب شكلها ونوعها، حيث يتم تصنيف المجرات البيضاوية وفقا لدرجة الاستطالة، بينما تصنف المجرات الحلزونية وفقا لحجم النواة ولف الاذرع الحلزونية وهما خاصيتان مترابطتان. أما المجرات ذات الشكل العدسي  $S0$  و  $SB0$ ، تمثل نوعا وسيطا بين البيضاوية والحلزونية لها قرص مجري بدون أذرع. الشكل (4.1) يمثل مخطط توضيحي لبنية المجرات أي مخطط هابل (Hubble Diagram):



الشكل 1. 4 مخطط هابل التوضيحي لبنية المجرات

### 3.1 مجرة درب التبانة (Milky Way)

مجرتنا هي مجرة حلزونية نواتها ذات عصا تصنف من نوع SBb أو SBc، تتكون من قرص (Disk) يدور حول النواة مغمور بالهالة (Halo). تحتوي على حوالي 200 مليار من النجوم من بينهم الشمس التي تدور على بعد 30 ألف سنة ضوئية من المركز. تقدر كتلتها ب 150 إلى 200 مليار كتلة شمسية (كتلة شمسية =  $1.989 \times 10^{30}$  كغ)، مقسمة إلى حوالي 20 مليار كتلة شمسية من النجوم وبضعة مليارات من الغاز والغبار البين نجمي، وتبقى 80 إلى 90% عبارة عن مادة ظلماء [3].

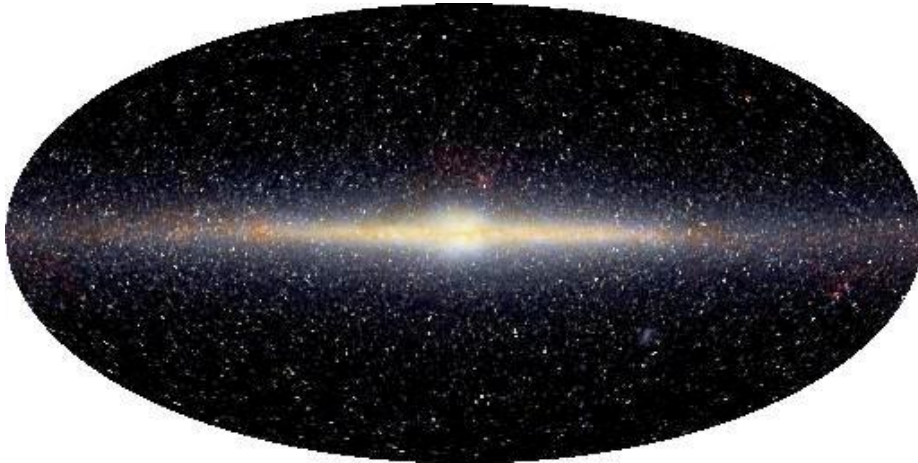


الشكل 1. 5 رسم يوضح المعلومات الأحدث حول مجرة درب التبانة.

تشير الدراسات المتعلقة بتوزيع مناطق تكوين الغاز والنجوم في مجرتنا إلى وجود أربعة أذرع حلزونية طويلة تسمى ذراع الدجاجة (cygnus)، ذراع برشاوس (Persus)، ذراع القوس-السفينة (-Sagittarius)، ذراع الدرع-الصليب (Scutum-Crux). ووجود ذراعين حلزونيين قصيرين، أحدهما تقع فيه المجموعة الشمسية يسمى ذراع الجبار (Orion) يبلغ طوله حوالي 5 آلاف فرسخ ( $1 \text{ parsec} = 3.09 \times 10^{18} \text{ cm}$ ).

بنية مجرة درب التبانة: تنقسم بنية مجرة درب التبانة الى ثلاث أقسام رئيسية هي:

- **النواة (The Bulge):** عبارة عن انتفاخ مركزي شبه كروي مضيء موجود في مركز المجرة، يمثل 5% من المادة المرئية لمجرتنا. كتلته تقدر حوالي  $2 \times 10^{10}$  كتلة وشدة سطوعه تقدر ب  $5 \times 10^9$  سطوع شمسي، كما أن الشمس تبعد عن النواة بحوالي 8 كيلو فرسخ (parsec).
- **القرص (The Disk):** يمتد القرص بأكثر من 100 ألف سنة وسمكه حوالي 2000 سنة ضوئية و كتلته حوالي  $6 \times 10^{10}$  من كتلة الشمس، أما شدة سطوعه بين 15 إلى  $20 \times 10^9$  من سطوع الشمس. [2]



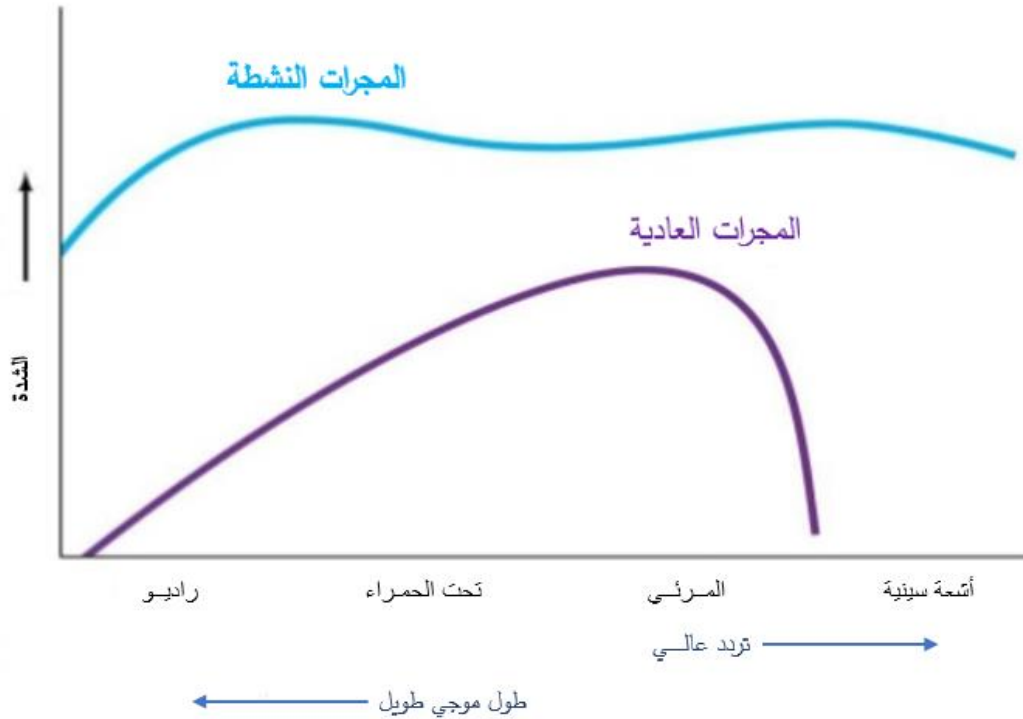
الشكل 1. 6 يوضح قرص ونواة مجرة درب التبانة.

- **الهالة (The Halo):** تمثل الجزء الأكبر من المجرة تقع خارج الانتفاخ المركزي وفوق مستوى القرص، تتكون من مجموعة نجمية كروية (globular Clusters) منخفضة الكثافة. [2] تحيط الهالة بالقرص المجري الذي يمتد إلى مسافات بعيدة بقطر يصل إلى حوالي 150-الف سنة ضوئية ،كما انها تدور مع المجرة لكن بسرعة أقل حوالي 100 كم/ثانية. لها شكل بيضاوي تقريبا، نصف قطرها الاستوائي يصل إلى 70 ألف سنة ضوئية. تتكون من مجموعة من الغازات المختلفة، وكذلك السحب الكونية. يشار إلى أنّ هذه الهالة المجرية تحتوي على تجمعات من

نجوم القديمة التي لا يقل عمرها عن 10 مليارات سنة موجودة فوق وتحت مستوي القرص، بالإضافة إلى مادة ظلماء. كتلة النجوم والتجمعات الكروية للهالة أصغر بكثير مقارنة مع كتلة النجوم للنواة والقرص [3].

### 4.1 المجرات النشطة (Active Galaxies)

المجرات النشطة هي المجرات الأكثر سطوعاً من المجرات العادية (الشكل 7.1) حيث تنبعث منها كمية كبيرة من الطاقة معظمها في الجزء الغير مرئي من الطيف الكهرومغناطيسي، لذا يعتقد العلماء أنها تحتوي في مركزها على ثقب أسود فائق الكتلة (Supermassive Black Hole) SMBH، من ثم سميت المجرات ذات الأنوية النشطة «Active Galactic Nucle» AGN



الشكل 7.1 المنحنى يبين الفرق بين المجرات العادية والمجرات النشطة، حيث يكون ضوء المجرة العادية ألمع في المجال الضوئي وخافت في الأطوال الموجية الطويلة والقصيرة على عكس المجرة النشطة فهي تشع انبعاثات في الأطوال موجية قصيرة وطويلة.

### 1.4.1 الثقوب السوداء فائقة الكتلة (Super Massive Black Hole) SMBH

الثقب الأسود هو منطقة موجودة في الزمكان (الفضاء بأبعاده الأربعة وهي الأبعاد الفضائية الثلاثة بالإضافة إلى الزمن) تتميز بجاذبية قوية جداً بحيث لا يمكن لأي شيء ولا حتى الجسيمات أو موجات الإشعاع الكهرومغناطيسي مثل الضوء الإفلات منها.

تدعم الأدلة الرصدية الفلكية غير المباشرة أن الثقوب السوداء الفلكية الفيزيائية موجودة في ثلاثة نطاقات كتلية:

- الثقوب السوداء ذات الكتلة النجمية (BH)، التي لها كتل من 4 إلى 15  $M_{\odot}$  (كتلة شمسية) تتشكل كنتاج نهائي للتطور النجمي للنجوم الضخمة.
- الثقوب السوداء ذات الكتلة المتوسطة (IMBH) Intermediate mass black holes مع كتل  $\sim 10^2 - 10^4 M_{\odot}$  (كتلة شمسية)، قد تشكلت بانتهيار نوع النجوم من مجموعة III (population III) أو عمليات الدمج الهائلة للنجوم الضخمة جداً في وسط التجمعات أو العناقيد النجمية الكثيفة.
- الثقوب السوداء فائقة الكتلة SMBH ذات كتل  $\sim 10^5 - 10^9 M_{\odot}$  طريقة تكونها مجهولة لحد الآن توجد فرضيات تقول انها قد تتكون نتيجة اندماج الآلاف من الثقوب السوداء صغيرة الكتلة وقد تكون سحابات الغاز الكبيرة مسؤولة أيضاً عن انهيارها بسرعة مما يعمل على ازدياد الكتلة بسرعة ويبقى هناك خيار ثالث وهو انهيار عنقود نجمي أي انهيار مجموعة من النجوم كلها معاً [4].

### 2.4.1 خصائص المجرات ذات الأنوية النشطة (Active Galactic Nuclei) AGN

المجرات ذات الأنوية النشطة (Active Galactic Nuclei) AGN هي فئة خاصة من المجرات التي تتميز بإضاءة عالية من أصل غير نجمي. تتميز أيضاً بتوزيع الطاقة الطيفية للإشعاع الناشئ الذي يمتد على نطاق واسع من الطيف الكهرومغناطيسي بدءاً من الموجات الراديوية منخفضة التردد إلى الأشعة تحت الحمراء والضوء المرئي، حتى الأشعة السينية وأشعة غاما عالية الطاقة. تتميز معظم المجرات ذات الأنوية النشطة (AGN) بانبعثات قوي للأشعة فوق البنفسجية والمعروف باسم

Big Blue Bump، وانبعاثات في الأشعة السينية التي تتجاوز بكثير لمعان الأشعة السينية النموذجية للمجرات العادية أو غير النشطة. تبين النتائج المتحصل عليها من مختلف المراصد الفلكية الأرضية والموجودة في مدار حول الأرض أن معظم المجرات ذات الأنوية النشطة إن لم تكن كلها تحتوي على ثقب أسود فائق الكتلة في مركزها والملاحظ أنها مصدر للأشعة السينية الكثيفة التي تنبعث من المناطق القريبة من قرص التراكم [5].

حيث تتميز المجرات ذات الأنوية النشطة بعدة خصائص منها:

#### • اللعان

المجرات النشطة عادة ما تكون أكثر لمعاناً من المجرات العادية. حيث يبلغ لمعانها بين  $10^{42}$  و  $10^{48} \text{ erg/s}$  (هي وحدة من وحدات الطاقة حيث  $1 \text{ joule} = 10^7 \text{ erg}$ )، تلمع المجرات العادية بسبب نجومها في مقابل المجرات النشطة تلمع بسبب نواتها النشطة.

#### • النفاثات (Jets)

هي عبارة عن تدفقات من المادة المتأينة تقذف نحو الخارج من ثقب أسود فائق الكتلة SMBH كشعاع ممتد على طول محور الدوران، تمتد هذه النفاثات إلى عدة آلاف أو حتى مئات الآلاف من السنوات الضوئية. وعند تسارع هذه المادة بشكل كبير في النفاثة تقترب من سرعة الضوء تصبح نفاثات نسبية (relativistic jets)، تتميز بعض المجرات ذات الأنوية النشطة (AGN) بنفاثتين متعاكستين في الاتجاه وعموديتين على قرص التراكم.

#### • قرص التراكم (accretion disc)

هي صفيحة مسطحة نسبياً ومكونة من الغاز والغبار محيطة بثقب أسود فائق الكتلة الموجود في مراكز المجرات النشطة يزيد حجمه (كتلته) من خلال جذبها للمواد المحيطة.

#### • خطوط الانبعاث الطيفية

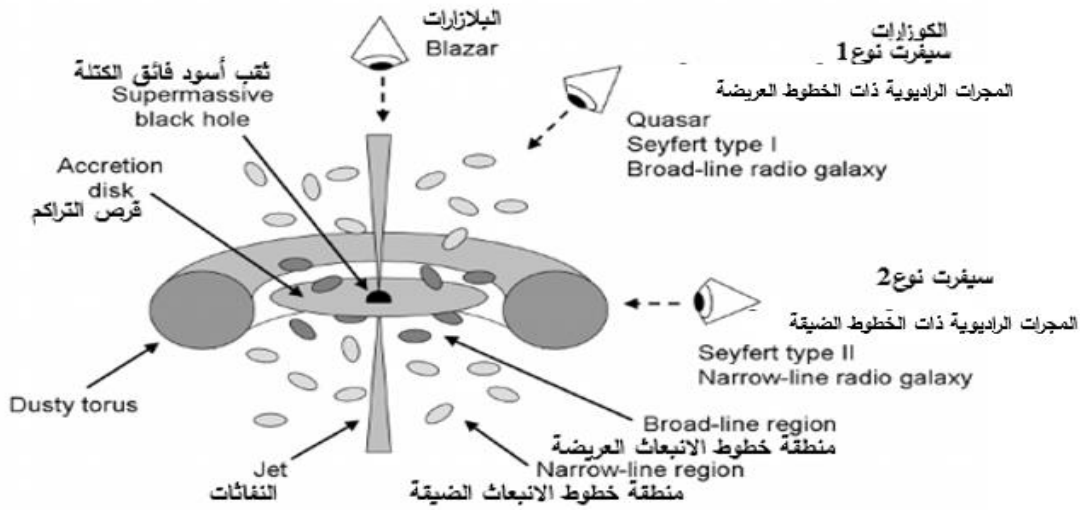
هي خطوط طيفية تنبعث من السحب الغازية، تتميز المجرات ذات الأنوية النشطة بوجود نوعين من مناطق خطوط الانبعاث الطيفية. توجد منطقة خطوط الانبعاث العريضة BLR (Broad Line Region)، الخطوط العريضة تعني أن المنطقة تملك سرعات غازية تتراوح ما بين 1000 - 5000 كم / ثانية وتوجد هذه المنطقة قريبة جداً من النواة كما تتعرض للجاذبية كبيرة ومنطقة خطوط الانبعاث

الضيقة (NLR (Narrow Line Region)، مما يعني سرعات غازية تتراوح بين 500-1000 كم / ثانية. هذه الخطوط الضيقة ناتجة عن السحب الغازية منخفضة الكثافة على مسافات بعيدة عن النواة وتعرض لجاذبية أقل من منطقة خطوط الانبعاث العريضة.

### 3.4.1 النموذج الموحد للمجرات النشطة (Unified Model of Active Galaxies)

على الرغم من أنه لا يزال هناك العديد من الأسئلة التي يتعين الإجابة عليها، يبدو أن هذا النموذج هو أفضل تفسير متاح لما يجري في قلب المجرات ذات الأنوية النشطة. لقد تم تحديد أربع فئات رئيسية، حاول العلماء بناء نماذج تعيد إنتاج السمات المميزة لهذه الفئات الأربعة. والفرق بين هذه الفئات هو خط النظر أو تموقع المجرة بالنسبة للأرض كما مبين في الشكل (8.1)

في النموذج الموحد، تحتوي المجرات ذات الأنوية النشطة AGN على ثقب أسود فائق الكتلة SMBH محاط بقرص تراكم غازي يتواجد داخل بنية كثيفة هندسية وسميكة بصرياً تسمى "torus" وهي هالة من الغبار الكثيف يوجد أعلى وأسفل قرص التراكم الهالة الساخنة. يوجد منطقتان متميزتان لخطوط الانبعاثات: منطقة الخطوط العريضة (BLR) التي تقع تحت تأثير الجاذبية لـ الثقب الأسود ومنطقة الخطوط الضيقة (NLR) الممتدة على نطاقات أكبر بكثير وتكون بعيدة عن الثقب الأسود. يمكن أيضاً إطلاق نفاثات الراديو من على مقربة من قرص التراكم، يشير "النموذج الموحد" الخاص بـ المجرات ذات الأنوية النشطة إلى أنه على طول خطوط معينة من الرؤية، فإن الحجب الناتج عن torus الغباري سيمنع من الرصد الانبعاث في المجال المرئي من قرص التراكم ومنطقة الخطوط انبعاث العريضة BLR. على النقيض من ذلك، فإن رصد الانبعاثات الصادرة عن خطوط انبعاث الضيقة NLR و "torus" ونفاثات الراديو أقل اعتماداً على خط الرؤية (الشكل 6.1) [6].



الشكل 1. 8 تمثيل تخطيطي للنموذج الموحد للمجرات ذات الأنوية النشطة (Beckman & Shrader 2012). يعتمد نوع المجرة الذي نراه على خط الرؤية أو موقع المجرة بالنسبة للراصد، ووجود النفثات أو عدم وجودها، وقوة المحرك المركزي في المجرات.

يُعتقد أن المناطق المركزية لكل المجرات ذات الأنوية النشطة متشابهة ويتم شرحها بواسطة النموذج الموحد. وأن الاختلاف في خصائصها يرتبط بخط الرؤية أو زاوية ميل المجرة بالنسبة لمستوى النظر ✓ عندما يتم عرض الـ torus بشكل جزئي، يتم إخفاء الثقب الأسود وقرص التراكم ومنطقة الخطوط العريضة. هكذا عندما يتم التقاط الأطياف نرى خطوط انبعاث من المنطقة الضيقة فقط، وبعض انبعاث الأشعة تحت الحمراء من "torus" نفسه في هذه الحالة تم كشف عن المجرات الراديوية Seyfert 2 (الخط الضيق) والكوازارات.

✓ إذا سمح لنا خط نظرنا بالاطلاع على المنطقة الوسطى على سبيل المثال، يميل "torus" إلى  $45^\circ$  درجة تكون الخطوط العريضة والضيقة مرئية في هذه الحالة يتم الكشف عن Seyfert 1، المجرات الراديوية ذات الخطوط العريضة والكوازارات.

✓ إذا استطعنا أن ننظر مباشرة في torus (إذا تم إمالة  $90^\circ$  درجة إلى خط نظرنا)، فإننا ننظر في النواة والنفثات. يتحرك الإشعاع الناتج عن النفثة بالقرب من سرعة الضوء ويمكن أن ينعكس، ويمكن أن يتغير على فترات من ساعات إلى أيام. يمكن أن يسيطر هذا الانبعاثات

على أي خطوط ضيقة أو عريضة وسوف تظهر الأطياف بلا ملامح. في هذه الحالة، يتم الكشف عن البلازما، BL Lacs أو FSRQ.

#### 4.4.1 تصنيف المجرات النشطة (Classification of active galaxies)

تصنف المجرات ذات الأنوية النشطة إلى أنواع متعددة حسب لمعانها ومظهرها وطيفها في نطاقات موجات مختلفة إلى عدة أنواع هي كالتالي

##### ✓ مجرات سيفرت (Seyfert Galaxies)

مجرات سيفرت هي مجرات حلزونية في الغالب ذات نوى ساطعة للغاية، لها خطوط انبعاث قوية وواسعة بشكل غير عادي في أطيافها الصادرة من الهيدروجين (H) وهليوم (He) والأكسجين (O)، تم تسميتها باسم كارل سيفرت (Carl Seyfert) الذي وصف هذه الفئة لأول مرة عام 1943م [7]

يتم تقسيم مجرات سيفرت إلى فئتين فرعيتين، نوع 1 ونوع 2، استناداً إلى خطوط الانبعاث التي تظهر في أطيافها:

##### • مجرات سيفرت من نوع 1

تحتوي مجرات سيفرت من نوع 1 على مجموعتين من خطوط الانبعاث في أطيافها، خطوط الانبعاث الضيقة تشمل الخطوط غير شائعة (مثل OIII) مع عرض  $10^4$  كم/ثانية وخطوط الانبعاث العريضة تشمل كلا الخطوط الشائعة (مثل HeII, HeI, HI) بعرض يصل إلى 104 كم/ثانية ذات سرعات منخفضة، ويبدو أنها تنشأ من منطقة كثيفة من الغاز تعرف باسم منطقة الخطوط العريضة BLR (Broad Line Region). وهي مصادر لأشعة فوق البنفسجية (UV) والأشعة السينية (X Ray) وكذلك الضوء المرئي الذي يأتي منها ومن نواتها الساطعة للغاية [8].

##### • مجرات سيفرت من نوع 2

تحتوي مجرات سيفرت من نوع 2 على خطوط انبعاث ضيقة فقط، فإن المنطقة التي تنبعث منها هذه الخطوط تعرف باسم المنطقة الضيقة NLR، ومع وجود النوى الساطعة فهي أيضاً لامعة (ساطعة أو مشرقة) في أطوال موجات تحت الحمراء.

### ✓ مجرات أشباه النجوم "الكوازارت" (Quasars Galaxies)

هي عبارة عن مجرات لامعة جداً وبعيدة جداً ويُعتقد أن لمعانها ناجم عن وجود ثقب أسود فائق الكتلة في مركزها. كلمة Quasar تعني أشباه النجوم (Quasi-stellar objects)، وقد اكتشفت الكوازارت لأول مرة في عام 1963م، كأجسام ذات سرعة عالية تبدو كنجوم من النوع الأزرق الساطع. تعتبر أكثر لمعاناً من درب التبانة ب 100 ألف مرة. يعتقد الفلكيون في الوقت الحالي أنها عبارة عن مجرات حديثة التكوين أو أنوية مجرات، مما يعني أن نجومها حديثة الولادة ولذلك تتميز هذه المجرات بلمعانها العالي.

الكوازار 3C273 (object in the 3rd Cambridge catalogue of radio sources) هو أول كوازار تم التعرف عليه يقع على بعد 2.5 مليار سنة ضوئية من الأرض وهو واحد من أقرب الكوازارات [9].

يمكن تلخيص أهم ما تتميز به مجرات الكوازارات فيما يلي:

- إزاحة حمراء عالية جداً ( $z=6.4$ ) مما يعني أنها تبتعد بسرعة تقارب من سرعة الضوء، وهذا يدل على أنها موجودة على مسافة بعيدة جداً.
- قوة إشعاع عالية جداً حيث تبلغ طاقة الكوازارات إلى أكبر الحدود التي نعرفها، ومصدر الطاقة هو ثقب اسود ضخم يقع في نواة المجرة.
- اللون الأزرق الذي يؤكد شدة اللمعان.
- خطوط انبعاث عريضة لا ترى إلا بالنسبة لأحدث النجوم تتميز بعناصر الهيدروجين H والهيلوم He والكربون C والمغنيزيوم Mg. كما انها تعتبر مصدر قوي للأشعة الراديوية وأغلبها يصدر أشعة سينية بكميات هائلة.
- يتغير لمعانها بشكل شديد وفي أوقات متباينة [10].

### ✓ مجرات نجم النابض "البلازارات" (Blazars galaxies)

البلازارات هي مجرات ذات أنوية نشطة مع نفاثة نسبوية (Relativistic Jets): مكونة من مادة متأينة تتحرك بسرعة الضوء تقريباً، تتميز البلازارات ببريقها العالي وانبعاثات إشعاعية متغيرة المجال، حيث تتغير من مجال الأشعة الراديوية وصولاً لمجال أشعة غاما. تعتبر البلازارات أحد أكثر الظواهر الكونية

حيويةً ونشاطاً، تم صياغة كلمة Blazars من قبل العالم E.Spiegel في 1978م، حيث تم الجمع بين كلمة Quasars وكلمة Blazing (لامع).

في الصور ذات الطول الموجي المرئي، تظهر معظم البلازرات مدمجة وشبه نقطة، لكن الصور عالية الدقة تكشف أنها تقع في مراكز المجرات الإهليجية. هناك نوعان من البلازرات المثيرة للاهتمام هي (Flat BL Lac (BL Lacertae object) و FSRQ كوزرات الراديوية ذات الطيف المسطح (Spectrum Radio Quasars). تُظهر FSRQ خطوط انبعاث عريضة، في حين أن BL Lacs لا تُظهر الأطياف التي تكون فيها خطوط الانبعاثات إما غائبة أو ضعيفة للغاية [11].

### ✓ مجرات راديوية (Radio Galaxies)

هي مجرات غالباً ما تكون ببيضاوية (إهليجية) عملاقة تتميز بأنها تصدر كميات هائلة من الأشعة الراديوية، فالانبعاثات الراديوية الصادرة منها هي إشعاع السنكروتون (Synchrotron) المنبعث من الإلكترونات التي تدور على طول خطوط المجال المغناطيسي. هناك نوعان من المجرات الراديوية لهما أطياف ضوئية تُظهر نشاط المجرات ذات الأنوية النشطة [12]:

• المجرات الراديوية ذات الخط العريض مثل النوع سيفرت 1 (Type 1 Seyferts)

• المجرات الراديوية ذات الخطوط الضيقة مثل النوع سيفرت 2 (Type 2 Seyferts)

تبدو كأنها مثل مجرات سيفرت لكنها مجرات بيضوية ليست حلزونية [13].

في 1974م، تم تقسيم مصادر الراديو من قبل Fanaroff و Riley إلى فئتين، والمعروفة الآن باسم

Riley و Fanaroff، فئة من الدرجة الأولى (FR I) وفئة من الدرجة الثانية (FR II)

• Faranoff-Riley من نوع 1 أكثر سطوعاً نحو الوسط

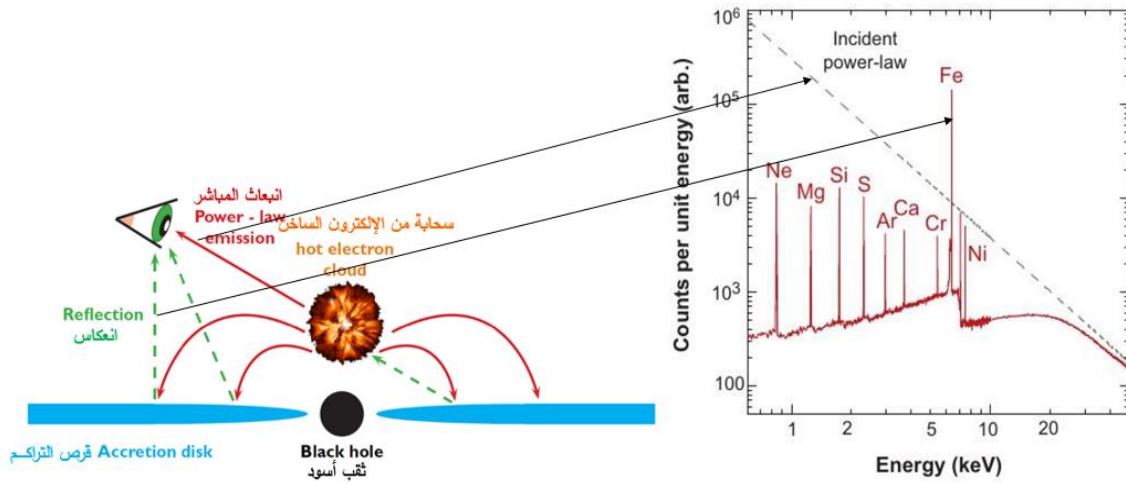
$$L_v(178\text{MHz}) < 10^{32} \text{ erg.Hz/s}$$

• Faranoff-Riley من نوع 2 أكثر سطوعاً نحو الحواف

$$L_v(178\text{MHz}) > 10^{32} \text{ erg.Hz/s}$$

## 5.1 مصدر الأشعة السينية في المجرات ذات الأنوية النشطة

تسمى مصادر الطاقة والتي تم ملاحظتها في حوالي من 1% إلى 10% من المجرات بالمجرات ذات الأنوية النشطة حيث لوحظ أنها تنبعث منها أشعة سينية قوية ويعتقد أن هذه الأشعة تنبعث من المناطق الداخلية للقرص التراكم حول الثقب الأسود فائق الكتلة، نظراً أن قرص التراكم نفسه من المتوقع أن يكون باعث لأشعة فوق البنفسجية UV والأشعة المرئية فإن الآلية الأكثر احتمالاً لإنتاج الأشعة السينية هي تشتت كومبتون المعكوس (الإصدار المباشر Powerlaw) الذي يحدث في الهالة الساخنة (hot corona) التي هي عبارة عن بلازما موجودة بالقرب من الثقب الأسود وهناك إجماع على أن انبعاث الأشعة السينية من الطبقات السطحية للقرص التراكم للمجرات ذات الأنوية النشطة خاصة المجرات النشطة من نوع Syfert1 تؤدي إلى ظهور خط انبعاث fluorescent  $K\alpha$  من الحديد عبر عملية إنعكاس الأشعة السينية [14].



الشكل 9.1 يمثل الخطوط الطيفية للإصدار لمختلف العناصر الموجودة في قرص التراكم والناجمة عن الإشعاع المنعكس بالإضافة إلى الإصدار المباشر الذي يكون على شكل قانون أسّي Powerlaw

## 6.1 فهارس المجرات (Galaxie Catalogs)

توجد عدة أنواع من فهارس المجرات تعتمد في تصنيفها على عدة خصائص أهمها التوزيع المكاني وأيضاً بعد المجرات الذي يقاس أساساً بالانزياح نحو الأحمر من بين هذه الفهارس نذكر ما يلي:

- الفهرس العام الجديد (NGC (New General Catalog) يتضمن العناقيد النجمية ( Clusters of Stars) والسدم (Nebulae)، وهو فهرس فلكي لأجرام (<http://spider.seds.org/ngc/ngc.html>).  
✓ دليل الفهرس (IC (Index Catalog) أول تحديث رئيسي ل NGC وتم توسيع قائمته للتحوي على أكثر من 5000 جرمًا.
- ✓ NGC2000 هو مشروع تعاوني بين الفلكيين المحترفين والهواة لتحديد جميع أجرام الفهرس العام الجديد NGC وأجرام الدليل المفهرس IC الأصلية.
- ✓ في 2009م أصدر الفلكي ولفغانغ ستينكي (Wolfgang Steinicke) فهرساً باسم تدقيق الفهرس العام الجديد والدليل المفهرس (Revised New General Catalogue and Index Catalogue) (RNGC/IC).
- المرجع الثالث من فهارس المجرات الساطعة (Third Reference Catalog of Bright Galaxies) اختصاراً RC3 1991م يحتوي على الأحجام، لمعان، انزياح نحو الأحمر، المقاسات، التصنيفات... إلخ من 23000 مجرة (<http://haroldcorwin.net/rc3/>).
- ✓ فهرس شابلي، اميس للمجرات الساطعة (The Shapley-Ames Catalog of Bright Galaxies) اختصاراً RSA يحتوي على بيانات كاملة لـ 1300 مجرة أكثر سطوعاً من  $B = 13.2$  مع صور ([https://ned.ipac.caltech.edu/level5/Shapley\\_Ames/frames.html](https://ned.ipac.caltech.edu/level5/Shapley_Ames/frames.html)).
- فهرس أوبسالا العام للمجرات (UGC (Uppsala General Catalog of Galaxies) نيلسون (Nilsson) (<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/W3Browse/galaxy-catalog/ugc.html>).
- فهرس المجرات وعناقيد المجرات (Catalog of Galaxies and Clusters of Galaxies)، فريتز زفيكي (Fritz Zwicky) (<http://ned.ipac.caltech.edu/level5/Sept02/Zwicky/frames.html>).
- فهرس مورفولوجيا المجرات (MCG (Morphological Catalog of Galaxies)

تحتوي قاعدة بيانات MCG على " فهرس البنية للمجرات ". وهو عبارة عن مجموعة من المعلومات لحوالي 34000 مجرة، تم إكتشافها عليها وفحصها في مسح مرصد بالومار للسماء (POSS) (Palomar Observatory Sky Survey). يتم تعيين معرفات فردية لحوالي 29000 مجرة، والمعلومات حول ال 5000 المتبقية موجودة في الملاحظات الشاملة للفهارس المنشورة (<https://heasarc.gsfc.nasa.gov/W3Browse/galaxy-catalog/mcg.html>)

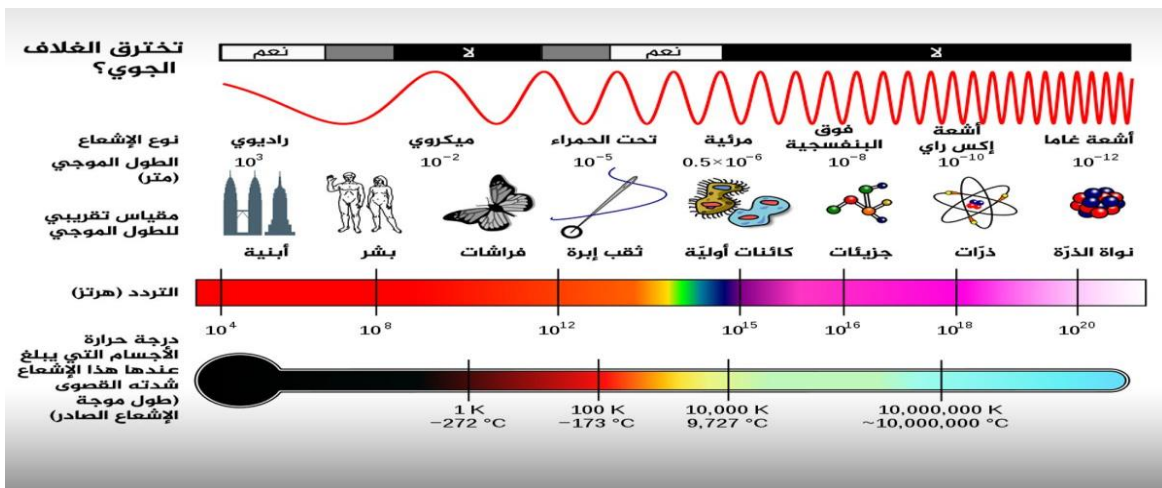
# الفصل الثاني: طرق رصد المجرات وتحليل ومعالجة البيانات

## 1.2 مقدمة

تتم دراسة الأجرام السماوية عبر رصد ما تصدره من جسيمات وإشعاعات كهرومغناطيسية، كما يتم رصد الفوتونات الصادرة من مختلف الأجرام السماوية في مجالات مختلفة وبطرق مختلفة. ولهذا توجد عدة أنواع من المراصد الأرضية أو في مدار الأرض. في هذا الفصل سنتعرف على مختلف المراصد ونركز الاهتمام على مرصد الأشعة السينية أهمها مرصد XMM Newton وكيفية نقل المعلومات أو البيانات المتعلقة بهذه الأجرام التي تم قياسها بواسطة الأجهزة الموجودة على الأقمار الصناعية إلى الأرض وتحليلها من قبل الباحثين.

## 2.2 طرق الرصد

يتم رصد الأجرام السماوية من كواكب، نجوم ومجرات لاستعمال تلسكوبات مختلفة الأحجام والانواع على حسب طول الأمواج الكهرومغناطيسية المرصودة. تجدر الإشارة إلى أن بيانات الرصد لكل التلسكوبات مفتوحة ومتاحة للاستعمال من طرف كل الباحثين في العالم وهذا بعد انقضاء سنة من الرصد والاستعمال الاستثنائي من طرف فريق الرصد. فيما يلي قائمة لأهم التلسكوبات المستعملة حاليا لرصد النجوم والمجرات:



الشكل 2.1 المدى الكامل للظيف الكهرومغناطيسي أكبر بكثير من مجال الضوء المرئي، فهو يشمل مجموعة من أطوال موجية لطاقات لا نستطيع أعيننا إدراكها. المصدر: NASA (via Wikipedia).

## 1.2.2 تلسكوب هابل (Hubble Telescope)

هابل هو تلسكوب فضائي عملاق يُعد من أكبر التلسكوبات المستعملة حالياً، يدور في مدار منخفض خارج الغلاف الجوي حول كوكب الأرض. أرسل لنا مئات الآلاف من الصور الفضائية إلى الأرض، قامت ببنائه كل من وكالة الفضاء الأمريكية NASA (National American Space Agency) بشراكة مع وكالة الفضاء الأوروبية ESA (European Space Agency)، وأُطلق إلى الفضاء في 24 أبريل 1990م، من مركز كينيدي للفضاء (Kennedy Space Centre) في فلوريدا على متن المكوك الفضائي "ديسكفري" ومزال يعمل حتى يومنا هذا، كما يعتبر تلسكوب هابل هو المرصد الوحيد المصمم لتتم صيانته في الفضاء، وهو مزود بألواح شمسية تحول الطاقة الشمسية إلى طاقة كهربائية ويتم تخزين بعض الكهرباء في بطاريات لتشغيل التلسكوب عندما يكون في الظل بعيداً عن أشعة الشمس. والمعروف أن الصور التي يلتقطها هابل هي صور بالأبيض والأسود فقط، ثم يتم معالجتها وتلوينها باستخدام الكمبيوتر [15].

## 2.2.2 تلسكوب أشعة غاما (Ray Gamma Telescope)

أشعة غاما هي أشعة كهرومغناطيسية ذات مجال طاقة عالي، تُنتج هذه الأشعة من التفاعلات التي تحدث في الفضاء وأيضاً من العناصر المشعة مثل اليورانيوم وباقي النظائر المشعة، ومن أجل الكشف على أشعة غاما الكونية تم استخدام عدة تلسكوبات أشهرها ما يلي:

### • تلسكوب فرمي لأشعة غاما (Fermi Gamma-ray Space Telescope)

أُطلق القمر الصناعي للتلسكوب فرمي في 2008 على متن صاروخ من نوع (Delta II 7920-H) وهو يشمل اثنين من الأجهزة العلمية: تلسكوب ذو المساحة الواسعة (LAT)، وراصد انفجارات أشعة غاما. وظيفة تلسكوب فرمي هي البحث عن تركيبية المادة المظلمة وتحديد نفاثات (Jets) الثقوب السوداء ودراسة انفجارات أشعة غاما وكذلك الإجابة على أسئلة طويلة مثل النجوم النابضة (Pulsars) والأشعة الكونية والطاقات الشمسية وبقايا المستعر الأعظم (Supernova) [16].

### • مرصد كومبتون لأشعة غاما (Compton Gamma Ray Observatory)

هو مرصد فضائي أطلقتها وكالة الفضاء الأمريكية NASA لدراسة مصادر أشعة غاما الصادرة من مختلف الاتجاهات في الفضاء. أُطلق المرصد عام 1991م، وقد حقق إنجازات فلكية مهمة منها: رصد لأكثر من 400 مصدر لأشعة غاما، وتسجيله لأكثر من 2500 انفجار كوني من مختلف الاتجاهات الكونية. سمي هذا المرصد على اسم الفيزيائي آرثر هوبي كومبتون (1892-1962) رائد دراسة أشعة غاما.

### 3.2.2 تلسكوب الراديوي (Radio Telescope)

يتكون التلسكوب الراديوي من طبق كبير من المعدن مثبت في مركزه الهوائي، وجهاز داخلي يقوم بتسجيل الأمواج الراديوية الملتقطة وتكبيرها. وكلما كان قطر الطبق كبير كانت درجة دقة صورة الجرم السماوي أعلى. المعروف أن العديد من الأجرام السماوية لا يمكن رؤيتها بالضوء المرئي، لكنها تبعث إشعاعات على شكل موجات الراديو، حيث أن أفضل تلسكوب بصري يستطيع كشف الأجرام البعيدة بضعة آلاف الملايين من السنين الضوئية فقط، في حين تستطيع التلسكوبات الراديوية تَحَصص مسافات تصل إلى الـ 16 مليار سنة ضوئية، التي بفضلها تم اكتشاف ما يسمى النجم النابض (Pulsar) والكوزارات (Quasar) والمجرات الراديوية (Radio Galaxies). حديثاً تم تصميم نظام يعتمد على تجميع الصورة من أكثر من طبق في نفس اللحظة عن طريق الحاسب لتعطي قوة تفريق عالية للتلسكوب (Interferometry).

### 4.2.2 تلسكوب الأشعة تحت الحمراء (Infrared Telescope)

الأشعة تحت الحمراء ينفذ منها جزء فقط عبر الغلاف الجوي الأرضي ولا يمكن رصدها إلا من أماكن عالية. لذلك هناك التلسكوبات الأرضية (توضع في المناطق جافة) والأقمار الصناعية التي تقوم بالرصد من الفضاء الخارجي. تبقى مشكلة واحدة وهي أنه لكشف جيد للأجرام السماوية الباعثة لأشعة تحت الحمراء مثل النجوم العملاقة الحمراء والسدم والكواكب والمذنبات التي تتراوح درجة حرارتها بين 70 إلى 3000 كلفن (K) فإنه يجب أن يبقى التلسكوب في درجات حرارة منخفضة قدر الإمكان حتى لا ترسل مكوناته الأشعة تحت الحمراء عند ارتفاع درجة حرارتها [17].

### 5.2.2 5.2.2 تلسكوب الأشعة فوق البنفسجية (Ultraviolet Telescope)

تمكن تلسكوب الأشعة فوق البنفسجية من دراسة تطور المجرات ومراقبة ولادة وموت النجوم. والصور التي تلتقط للمجرات بواسطة هذه الأشعة تختلف عن التي التقطت بواسطة التلسكوبات البصرية. وتصدر هذه الأشعة من الأجرام مرتفعة الحرارة. عند رؤيتنا للكون عن طريق الأشعة فوق البنفسجية فإن كثيراً من النجوم الباردة ستختفي من الأنظار وتبرز لنا النجوم التي تشكلت للتو أو تلك القديمة التي بدأت بالانهيار. نظراً للامتصاص الذي تتعرض له هذه الأشعة من طرف الغلاف الجوي للأرض، وكنتيجة توضع تلسكوبات الأشعة فوق البنفسجية في الأماكن المرتفعة أو في الفضاء.

### 6.2.2 6.2.2 تلسكوب أفق الحدث (Event Horizon Telescope)

هو جهاز جديد يتكون من شبكة أجهزة الراديو التي تقع في جميع أنحاء الأرض بما في ذلك القطب الجنوبي والولايات المتحدة وشيلي وجبال الألب الفرنسية بالإضافة إلى جمع البيانات من العديد من محطات قياس التداخل طويلة المدى (VLBI: Very Long Baseline Interferometry) حول الأرض. سميت هذه الشبكة باسم تلسكوب أفق الحدث حيث تتمثل أهداف EHT العلمية في استكشاف آثار النسبية العامة في النظام القوي ودراسة قرص التراكم وتكوين النفاثة النسبية بالقرب من حدود الثقب الأسود في 10 أبريل 2019 تم نشر أول صورة للثقب أسود موجود في مركز المجرة M87 رصدت من طرف EHT [18].

### 7.2.2 7.2.2 تلسكوبات الأشعة السينية (Ray X Telescope)

تلسكوبات الأشعة السينية مصممة لمراقبة الأجرام البعيدة في طيف الأشعة السينية (ذات أطوال موجية قصيرة وطاقات عالية) حيث يتم تركيبه على صواريخ عالية أو بالونات أو أقمار صناعية، من بين العناصر الأساسية الموجودة في تلسكوبات هي البصرييات، فهو يتكون من مرآة مصنوعة من السيراميك أو رقائق معدنية مطلية بطبقة رقيقة من مادة عاكسة (عادة تكون من الذهب) ومن بين المرصد التي تعمل بالأشعة السينية نذكر ما يلي [19]:

• **مرصد شاندرافضائي لأشعة السينية (Chandra X-ray Observatory)**

منذ إطلاقه في يونيو 1999م، أصبح مرصد شاندرافضائي لأشعة السينية المهمة الرئيسية لناسا في علم الفلك، حيث احتل مكانة في أسطول "المرصد العظيم" خصيصاً للكشف عن انبعاث الأشعة السينية من المناطق الساخنة جداً في الكون مثل النجوم المتفجرة وعناقيد المجرات والمادة حول الثقوب السوداء. نظراً لأن الغلاف الجوي للأرض يمتص الأشعة السينية، يجب أن يكون التلسكوب في مدار على ارتفاع 139.000 كم في الفضاء. قام شاندرافضائي بتصوير بقايا النجوم المتفجرة المتوهجة كما رصد المنطقة الساخنة المحيطة بالثقب الأسود الهائل في وسط درب التبانة [20].

• **مرصد نوستار (NuStar Telescope)**

نوستار (NuStar) هو اختصار للكلمة (Nucler Spectroscopic Telescope Array) هو أول مرصد فضائي عالي الطاقة من 3 إلى 79KeV (كيلو إلكترون فولت) من الأشعة السينية. تم إطلاق NuStar في 13 يونيو 2012 وهو يتكون من مقاريب أشعة سينية صلبة متماسكة وموجهة نحو الأهداف السماوية بواسطة مركبة فضائية مثبتة على ثلاث محاور، تتمثل أهداف نوستار الأولية في دراسة الثقوب السوداء ورسم خرائط المستعر الأعظم ودراسة مصادر النفاثات النسبية وكذلك تحديد أقوى مصادر الطاقة في مجرتنا (درب التبانة) [21].

• **مرصد XMM Newton (X-Ray Multi Mirror Newton)**

هو تلسكوب خاص أرسلته الوكالة الأوروبية لأبحاث الفضاء لرصد الكون في نطاق الأشعة السينية، تم إطلاقه في 1999م على متن صاروخ من نوع أريان 5، يعتبر XMM Newton فريد من نوعه وأنه أكبر قمر صناعي علمي تم بناءه في أوروبا. كما تعد مرآته من أقوى المرايا المطورة على الإطلاق في العالم مع كاميراته الحساسة التي يمكنها رصد ما لم يرصده أي قمر صناعي سابق. مكن الباحثين من حل الكثير من الألغاز الكونية بدءاً من الثقوب السوداء الغامضة وولادة وموت النجوم وكذلك التحام مجرتين أو اصطدام نجمين، هذا المرصد يقوم برصد طيف الأشعة السينية [22].

يحمل تلسكوب XMM Newton ثلاث أنواع من الأجهزة للقياس:

○ EPIC (European Photon Imaging Cameras) ثلاث كاميرات للتصوير الفوتونات

أوروبية الصنع تُعد EPIC الأدوات الأساسية على متن تلسكوب XMM Newton. يتألف

النظام من كاميرتين من نوع CCD-MOS وكاميرا فردية PN-CCD، تحتوي كل كاميرا

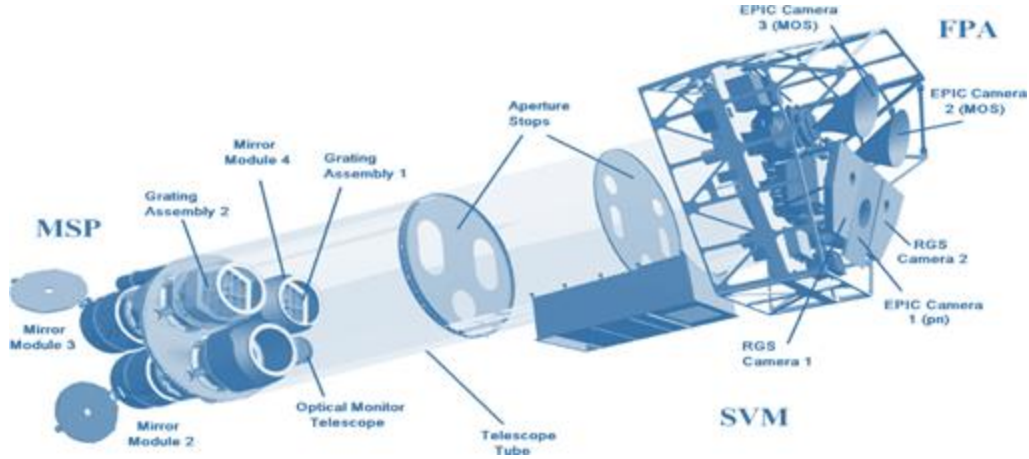
على عجلة تصفية ذات ستة أوضاع، مع ثلاثة أنواع من المرشحات الشفافة بالأشعة السينية، وموقع مفتوح بالكامل ومغلق بالكامل. يحتوي كل منها أيضاً على مصدر مشع يستخدم للمعايرة الداخلية. يمكن تشغيل الكاميرات بشكل مستقل في مجموعة متنوعة من الأوضاع، اعتماداً على حساسية الصورة والسرعة المطلوبة، وكذلك شدة الهدف. تُستخدم كاميرا pn-CCD للكشف عن الأشعة السينية عالية الطاقة، وتتكون من شريحة سيليكون. يسجل نظام EPIC ثلاثة أنواع من البيانات حول كل الأشعة السينية التي يتم الكشف عنها بواسطة كاميرات CCD الخاصة به. يسمح الوقت الذي تصل فيه الأشعة السينية للباحثين بتطوير الضوء، والتي تعرض عدد الأشعة السينية التي تصل بمرور الوقت وتظهر التغيرات في سطوع الهدف. عندما تسقط الأشعة السينية، تتيح الكاميرا تطوير صورة مرئية للهدف. يمكن أيضاً اكتشاف كمية الطاقة التي تحملها الأشعة السينية ويساعد الباحثين على تحديد العمليات الفيزيائية التي تحدث في الجرم المرصود، مثل درجة الحرارة، التركيب الكيميائي، وما هي مكونات الوسط بين الجرم والتلسكوب.

**EPIC MOS CCD:** يقصد بـ MOS (Metal-Oxide-Semiconductor) أنصاف نواقل من المعادن المؤكسدة أما CCD (Charge Coupled Device) جهاز ثنائي الشحن. يشار إليها باسم كاميرات MOS يتم تثبيتها وراء التلسكوبات X-ray التي تم تجهيزها بحواجز شبكية من RGS، تقوم هذه الحواجز الشبكية بتحويل حوالي نصف التدفق الخارجي للتلسكوب نحو كاشفات RGS، بحيث يصل إلى أجهزة MOS حوالي 44 % من التدفق الوارد الأصلي [23].

**EPIC PN CCD:** (pn-junction) أي وصلة الموجب والسالب p: موجب و n: سالب وهو نوع خاص من الكاميرات يعتمد على وصلات موجبة وسالبة من ذرات السيلكون. ○ (Optical Monitor) OM مقياس الضوئي عبارة عن تلسكوب ذو مرآة مقعرة قطره 30سم، يسمح بإجراء عمليات الرصد للمجموعة لمشاهدات الأشعة السينية وكذلك في الجزء فوق بنفسجي للأشعة المرئية.

○ مطياف الانعكاس العكسي (Reflection Grating Spectrometers) RGS يُعد RGS نظاماً ثانوياً على متن XMM Newton ويتكون من كامرتين. يستخدم هذا النظام

لإنشاء بيانات طيفية للأشعة السينية ويمكنه تحديد العناصر الموجودة في الهدف ، وكذلك درجة الحرارة والكمية والخصائص الأخرى لتلك العناصر



الشكل 2. 2 عرض لأنظمة الفرعية للمركبات XMM Newton مع إزالة الأغطية الخارجية من أجل الوضوح.

## 3.2 البيانات

يمكن ان تصل البيانات بأشكال عديدة وعادة ما تكون هناك الحاجة إلى الكثير من المعالجة قبل استخدامها حيث تمر البيانات بعدة مراحل

- **الحصول على البيانات من القمر الصناعي إلى الأرض:** هناك ثلاث مراحل للحصول على البيانات من القمر الصناعي إلى الأرض أولاً نحتاج إلى تجميع البيانات على القمر الصناعي ثم يتم تخزين البيانات فيه وإرسالها إلى الأرض على دفعات، كل مدار أو كل يوم أو كلما أمكن ذلك حيث تصل إلى مركز البحث.
- **معالجة البيانات:** إن مهمة معالجة البيانات هي تحويل القياس عن بُعد أو بيانات الخام من القمر الصناعي إلى بيانات يمكن للباحثين استعمالها بسهولة.
- **أرشيف البيانات:** بمجرد أن توضع البيانات في مواقع، سيتم تخزين البيانات ليتمكن الباحثين من جميع أنحاء العالم الوصول إليها. قبل نشر البيانات قد تمر بـ "مرحلة الملكية" هذه الفترة الزمنية التي يمكن خلالها فريق الباحثين الذين طلبوا الرصد من نشر نتائجهم. تستمر مرحلة الملكية عادة مدة عام وبعدها تتوفر البيانات بصفة حرة ومفتوحة لكل الباحثين.

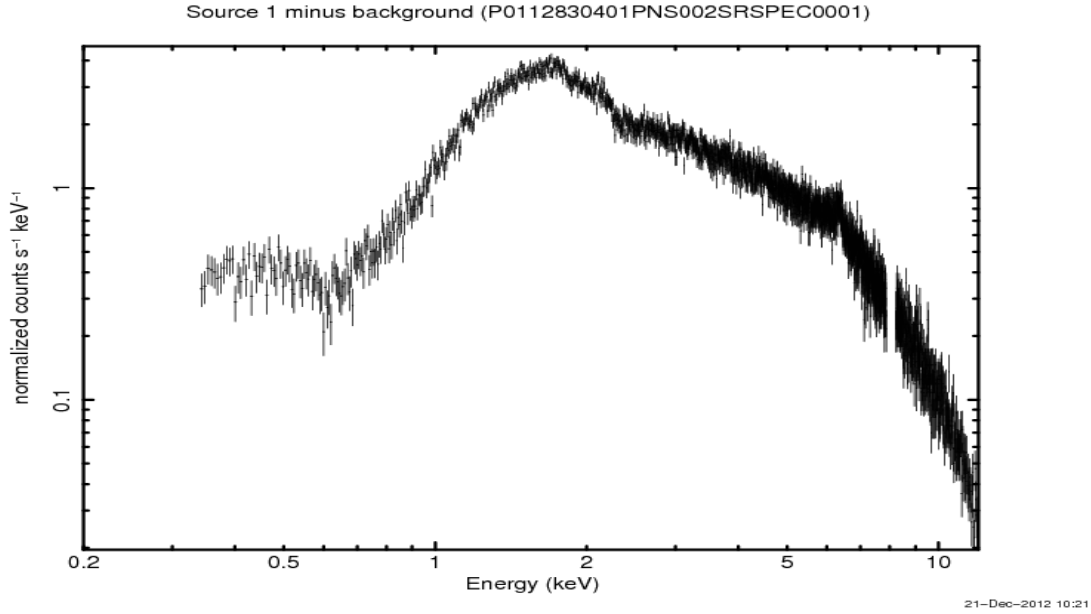
- **تحليل البيانات:** لتحليل البيانات يمكننا الحصول على منحنيات الضوء والأطياف المعرفين فيما يلي:

#### ○ **منحنيات الضوء**

منحنى الضوء هو تغير تدفق الفوتونات بدلالة الزمن. تكشف منحنيات الضوء كيف يتغير لمعان المصدر بمرور الوقت مما قد يقيد بعض خصائص المصدر، فإذا كان المصدر يتغير بطريقة دورية من المحتمل أن يكون التغيير إما من دوران المصدر نفسه أو يكون من قبل دوران جرم آخر، ذلك لأن الدورات والمدارات تتكرر مع فترات محددة حيث تضع الفترة التي يتكرر فيها منحنى الضوء حدودًا على كتلة وحجم المصدر.

#### ○ **الأطياف**

الطيف هو تغير تدفق الفوتونات بدلالة الطاقة. من خلال دراسة الأطياف يمكننا تحديد العناصر الموجودة في الجرم، أو بين الأرض والجرم (مثل الهيدروجين والهيليوم، الخ). وذلك من خلال دراسة خطوط الانبعاث والامتصاص وانزياحاتها مما يمكننا من معرفة سرعة الجرم. كما أن الخطوط الطيفية تحتفظ بمعلومات أخرى عن الجرم المدروس، حيث يمكننا من الاطلاع على المعلومات حول المجال المغناطيسي ومدى سرعة تحرك الجرم عند إصداره للضوء، وما إذا كان يدور حول جرم آخر الشكل (3.2).



الشكل 2.3 عبارة عن طيف المجرة النشطة MCG\_5\_23\_16 المأخوذ من تلسكوب XMM Newton للرصد الأشعة السينية حيث يمثل تغير تدفق المجرة بدلالة الطاقة (XMM-Newton Science Archive (XSA))

## 4.2 تحليل البيانات التفاعلية من XSA (XMM-Newton Science Archive)

يمكن إجراء تحليل ومعالجة البيانات التفاعلية من XSA (XMM-Newton Science Archive) باستخدام نظام تحليل العلوم [SAS](#) (Science Analysis System)، دون الحاجة إلى تنزيل البيانات أو البرامج. يتم ذلك في موقع المرصد عبر واجهة التحكم عن بعد للتحليل العلمي Remote Interface (RISA) for Science Analysis.

والتي يمكن من خلالها:

- إنشاء أطيف ومنحنيات ضوئية لمختلف الأجرام بطريقة تفاعلية.
- استخراج صور EPIC في مجالات الطاقة المعرفة من قبل المستخدم.

## أطياف (Spectra)، منحني الضوء (Light Curve) ، صورة أو قائمة استخراج الحدث (Event list extraction)

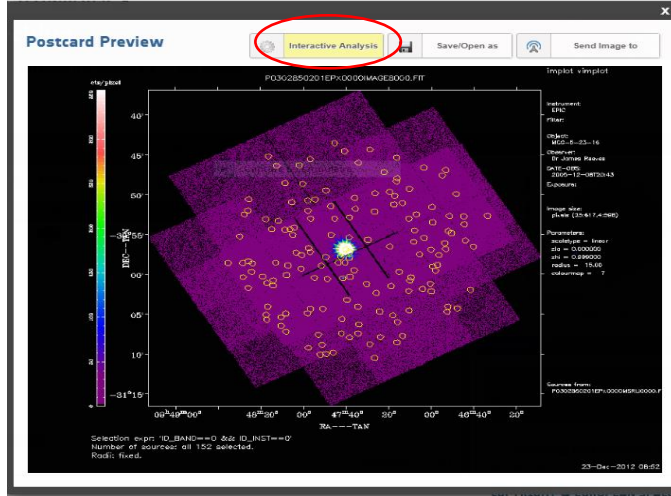
من أجل الحصول على منحنيات الضوء، الأطياف والصور لجرم ما، ندخل إلى الموقع ([XMM-Newton Science Archive \(XSA\)](#)) ونتبع الخطوات التالية:



- تسجيل الدخول إلى XSA باستخدام اسم المستخدم / كلمة المرور الخاصة بالمستخدم
- في حالة كان للمستخدم حساب في XSA أما إذا لم يكن لديه حساب في الموقع فيجب اتباع الخطوات التي يملئها عليه الموقع.

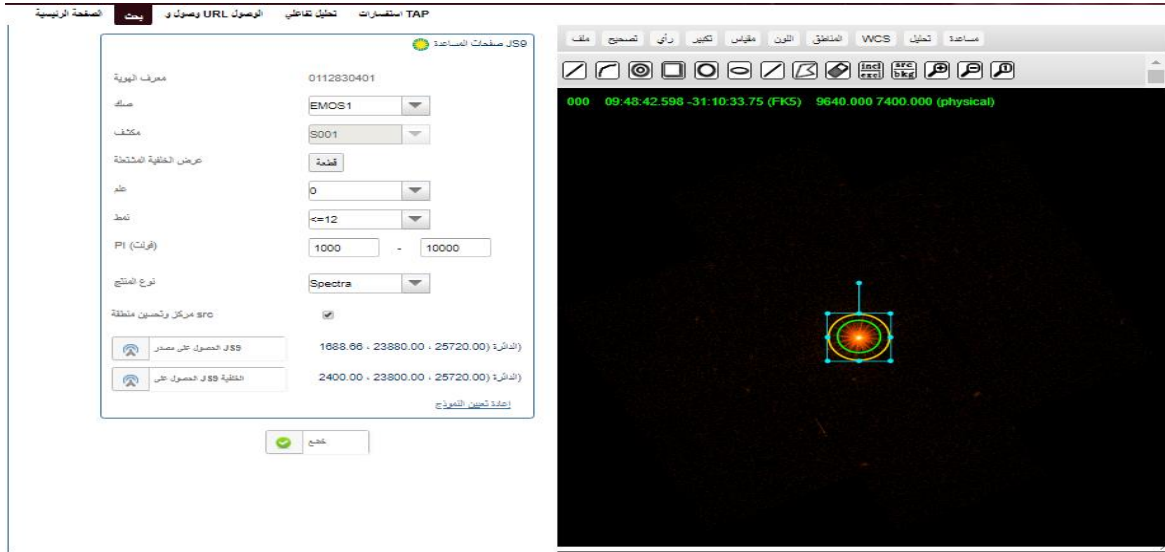
- نقر فوق Obs.ID أو على العدسة المكبرة 🔍 لفتح لوحة العرض

- الشكل 2. 4 تمثل لوحة تعرض حيث يمكن إدخال اسم المجرة (MCG\_5\_23\_16) واختيار الملاحظات (EPIC) ومصادر PPS (EPIC PPS Sources) ثم الضغط على زر بحث 🔍 (يتم اختيار الملاحظات والمصادر على حسب حاجة المستخدم للنوعية البيانات)
- بعد ذلك تظهر لنا نافذة تحتوي على مختلف أرصاد مجرة التي قمنا باختيارها وتحتوي على معلومات مدة بداية ونهاية القياس والمسافة وسنة القياس...إلخ، نختار EPIC EXPOSURE ونختار البيانات المراد الحصول عليها ننقر على زر 🔍 للفتح لوحة ثم ننقر على بطاقة العرض ( the exposure postcard) لل EPIC\_PN أو EPIC\_MOS1/MOS2 (الشكل 5.2)



الشكل 2. 5 يمثل الشكل بطاقة العرض المراد تحليلها نضغط على زر التحليل التفاعلي (الذي فوّه دائرة حمراء)

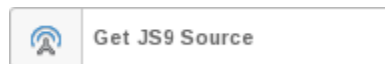
- سيتم فتح علامة تبويب "تحليل البيانات" لتقديم صورة التعرض في [JS9](#) وإمكانيات التحليل المختلفة



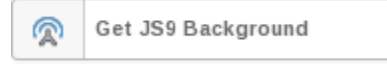
الشكل 2. 6 علامة تبويب تحليل البيانات يتم فيه تحديد وسائط SAS المناسبة واختيار نوع تحليل البيانات منحنيات ضوء أو أطياف

- للحصول على منحنى الضوء أو الأطياف

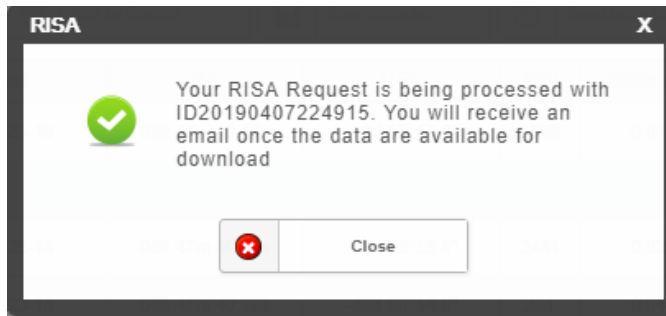
✓ نحدد منطقة مصدر في JS9 (بـ دائرة) وانقر فوق "الحصول على مصدر JS9":



✓ نحدد منطقة خلفية (بدائرة) في JS9 (المنطقة / الخصائص / الخلفية) وانقر فوق "الحصول على خلفية JS9":



- في أي خطوة تقوم بنقر على "إرسال" وبمجرد اكتمال المعالجة، سيرسل النظام رسالة بريد إلكتروني إلى عنوان بريدك الإلكتروني (كما هو مسجل في XSA)، مع توفير رابط لتحميل الملفات حيث يمكنك العثور على نتائجك:



## الفصل الثالث: الدراسة الطيفية

### 1.3 مقدمة

في هذا العمل سنقوم بدراسة الطيفية من خلال دراسة طيف المجرة النشطة MCG-5-23-16 والتي هي عبارة عن مجرة من نوع سيفرت 1 (Seyfert1) لها إنزياح نحو الأحمر يقدر بـ  $z=0.0085$  مع تدفق نموذجي في المجال [2-10] KeV يقدر بحوالي  $10^{-11} \text{ ergs.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-2}$  ، تبلغ كتلتها حوالي من 1 إلى  $5 \times 10^7$  كتلة شمسية حيث يوجد في مركزها ثقب أسود فائق الكتلة وهو مصدر الأشعة السينية كما تعتبر واحدة من أكبر المجرات ذات الأنوية النشطة أين تم العثور على إنعكاس نسبي للأشعة السينية الذي يحدث بالقرب من الثقب الأسود فائق الكتلة [24]

تم رصد المجرة بإستعمال XMM-Newton عدة مرات. نهتم ببيانات الرصد رقم 0727960201 و 0727960101 من أجل الدراسة الطيفية ونقوم بملاءمتها بإستعمال نماذج رياضية وفيزيائية.

### 2.3 الدراسة الطيفية للمجرة النشطة MCG-5-23-16

سنقوم بتحليل طيف المجرة النشطة MCG-5-23-16 حيث يتم تحميل بيانات المجرة من مواقع التلسكوبات التي ترصدها. نستعمل بيانات المرصد XMM-Newton (أنظر الفصل 2)، البيانات مفتوحة ويمكن تحميلها من موقع المرصد لدراسة طيف المجرة نقوم أولاً بملاءمة البيانات (fitting) بإستعمال برنامج Gnuplot ثم بإستعمال برنامج XSPEC الخاص بدراسة أطياف الأشعة السينية.

الهدف من هذه الدراسة هو إستخراج الخواص الطيفية لقرص التراكم المحيط بالثقب الأسود، من بين هذه الخواص، نسبة التأين ووفرة الحديد ومن أجل تحديد قيم هذه الخواص نقوم بملاءمة البيانات بإستعمال نماذج رياضية وفيزيائية.

### 3.3 الملاءمة بإستعمال برنامج Gnuplot

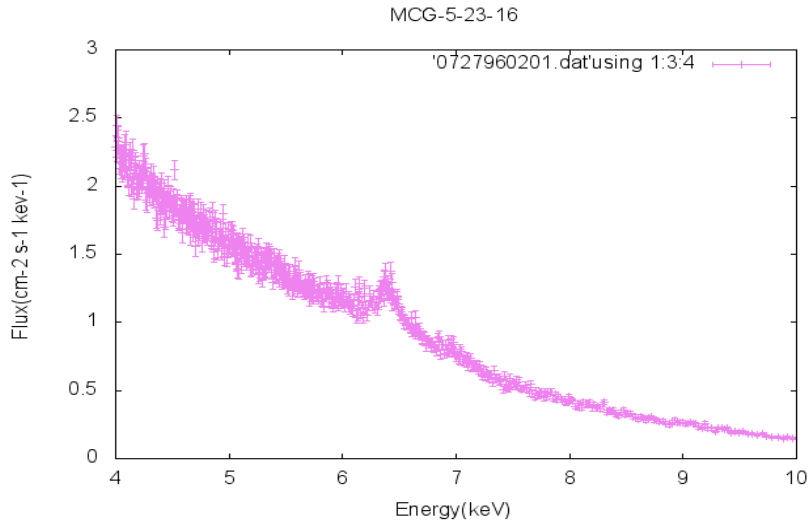
هو برنامج حر يعمل على جميع أجهزة الكمبيوتر وأنظمة التشغيل الرئيسية (Linux و Unix و Microsoft Windows و macOS وغيرها) ولا يحتاج إلى تثبيت كما أنه يحتوي على تعليمة fit لملاءمة البيانات بنماذج رياضية.

حيث نطبق البرنامج على منحنى طيف المجرة MCG-5-23-16 للرصد رقم 0727960201 المكون

من 1075 قيمة بيانية الموضحة في الجدول 1.3

	الطاقة E (KeV)	نسبة خطأ الطاقة ( $\Delta E$ )	التدفق Flux	نسبة خطأ التدفق ( $\Delta Flux$ )
1	1.00452995	2.43002176E-3	1.89895463	7.70775974E-2
2	1.00938499	2.42495537E-3	1.88844097	7.78493956E-2
3	1.01424003	2.43002176E-3	1.90589619	7.79810697E-2
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
605	4.00250006	2.50005722E-3	2.288697	7.78491348E-2
606	4.00750017	2.50005722E-3	2.26060462	7.89855644E-2
607	4.01249981	2.4998188E-3	2.44178152	7.83762857E-2
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
.	.	.	.	.
1272	11.5100002	6.50000572E-2	5.71548119E-2	2.81011988E-3
1273	11.7024994	0.127500057	4.02018726E-2	1.91997434E-3
1274	12.2474995	0.417500019	1.70104522E-2	8.364963E-4
1275	16.5725002	3.90749979	1.77691353E-3	1.40371179E-4

جدول 3. 1 بيانات المجرة النشطة MCG\_5\_23\_16 المأخوذة من الرصد رقم 0727960201 حيث يحتوي على 1075 قيمة ممثلة في الطاقة والتدفق ونسبة الخطأ لكل منهم.



الشكل 3. 1 يمثل رسم البيانات لطيف المجرة النشطة MCG\_5\_23\_16 المأخوذة من الرصد رقم 0727960201 لمسبار XMM-Newton، يمثل تغير التدفق بدلالة الطاقة حيث نلاحظ خطوط انبعاث الحديد بين 6KeV و 7KeV

نقوم بملاءمة منحنى الشكل (1.3) بإستعمال نموذج مكون من دالتين ناقوس (Gaussian) ونموذج القانون الأسّي powerlaw

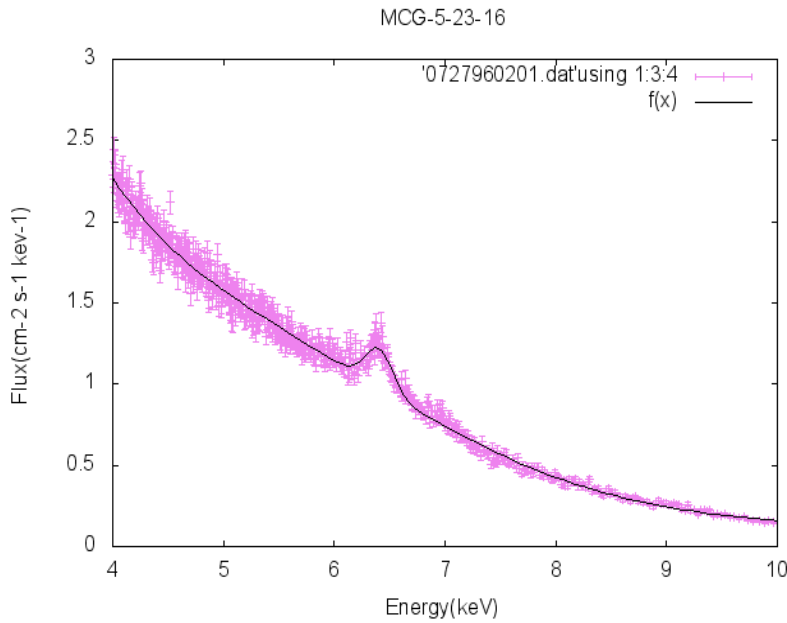
حيث عبارة الدالة Gaussian هي كالآتي:

$$G(E) = Norm * \exp\left(\frac{-(E-E_l)^2}{2\sigma^2}\right) \dots \dots \dots (1.3)$$

وعبارة القانون الأسّي Powerlaw هي

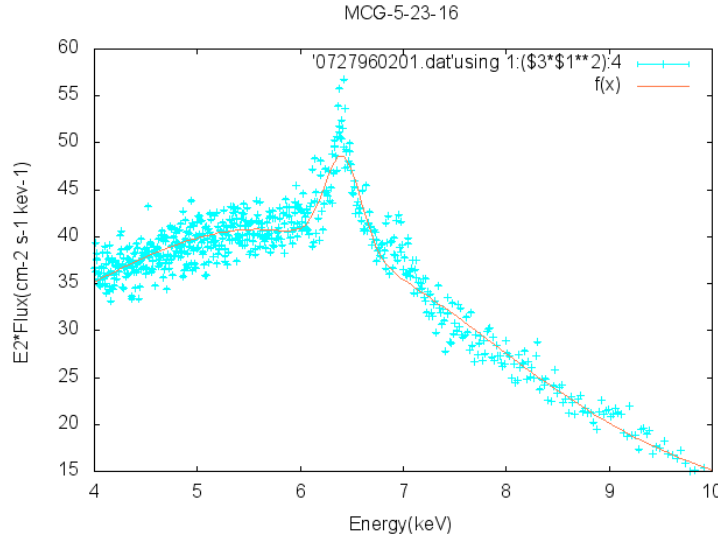
$$Pow(E) = KE^{-\Gamma} \dots \dots \dots (2.3)$$

بعد القيام بالملاءمة يظهر لنا الشكل (2.3)



الشكل 3. 2 يمثل ملاءمة منحنى طيف المجرة النشطة (لون البنفسجي) باستعمال نمونجين من gaussian و نموذج powerlaw و يظهر منحنى الملاءمة بلون الزهري، (powerlaw+gaussian+gaussian)

من خلال الشكل (2.3) نلاحظ أن الملاءمة ليست جيدة لأن خطي الحديد غير واضحين كفاية ومن أجل تخطي هذا المشكل نستعمل منحنى  $E^2 * flux$  بدلالة الطاقة ((الطاقة)<sup>2</sup> \* التدفق) كما يظهر في الشكل (3.3)



الشكل 3.3 يمثل ملائمة منحنى (الطاقة<sup>2</sup>) × التدفق بدلالة الطاقة حيث يظهر لنا خطي الحديد

لكن رغم أن خطي الطيف للحديد واضحين غير أن الملاءمة بإستعمال Gnuplot غير مناسبة ولهذا نستعمل برنامج خاص بملاءمة أطيف الأشعة السينية الصادرة عن مختلف الأجرام.

### 4.3 الملاءمة بإستعمال XSPEC

نستعمل البرنامج XSPEC (أنظر الملحق) لملاءمة طيف المجرة وتهدف الملاءمة إلى محاولة فهم ما يحدث بالقرب من الثقب الأسود وهذا بإقتراح نماذج رياضية وفيزيائية تحاكي الإصدار المباشر للأشعة السينية وانعكاساتها في مناطق مختلفة من قرص التراكم.

1. عند ملاءمة أي طيف يجب أن نأخذ بعين الإعتبار إمتصاص الضوء عن طريق الغبار والغاز الموجودين في المجرة والوسط بين المجري وتوجد عدة نماذج في برنامج XSPEC لملاءمة هاتين الظاهرتين مثل

#### • نموذج zPhabs, Phabs

هو نموذج فيزيائي اختصاراً للإمتصاص الكهروضوئي (photoelectric absorption) وهو عبارة عن تفاعل بين أشعة سينية أو أشعة غاما مع المادة. يتفاعل الفوتون منخفض الطاقة مع الإلكترون في الذرة لتحريره من مداره، احتمال هذا التأثير هو الحد الأقصى عندما تكون طاقة الفوتون الساقط

incident photon تساوي أو أكبر من الطاقة الملزمة للإلكترون في مداره، يسمى الإلكترون الذي يتم إزالته photoelectron أي الإلكترون الضوئي.

يستخدم نموذج phabs المقطع الفعال للامتصاص الكهروضوئي الذي صيغته من شكل:

$$M(E) = \exp[-\eta_H \sigma(E)] \dots \dots \dots (3.3)$$

وتتمثل وسائط النموذج فيما يلي:

$\sigma(E)$  المقطع الفعال للامتصاص الكهروضوئي

$\eta_H$  عمود الهيدروجين المكافئ (بوحدة  $10^{22} \text{ atoms/cm}^2$ ) وهو يمثل كثافة الهيدروجين في المجرة على طول خطوط الرؤية.

وهناك نموذج مشابه يأخذ بعين الاعتبار إنزياح المجرة نحو الأحمر الذي صيغتها هي:

$$M(E) = \exp[-\eta_H \sigma(E(z + 1))] \dots \dots \dots (4.3)$$

ويمكن كذلك إستعمال نموذج ztbabs, tababs

هي نماذج من نموذج ISMabs حيث هو نموذج امتصاص الأشعة السينية (التأين الضوئي) في الوسط ما بين نجمي (ISM: the interstellar medium) [25].

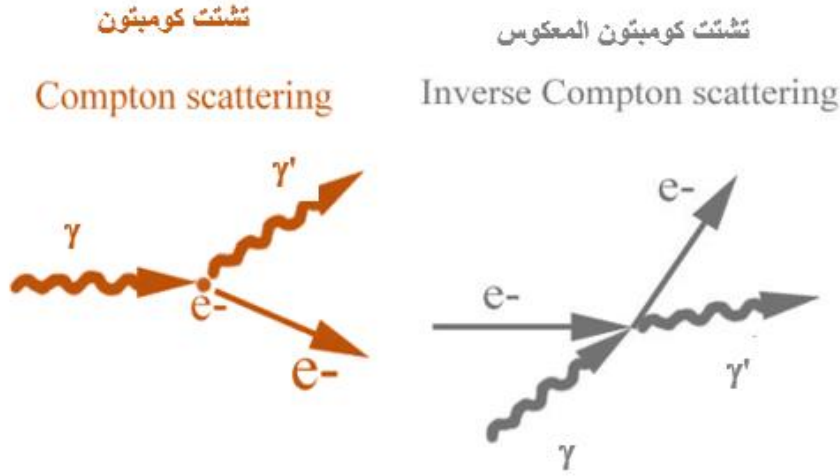
Tbabs يسمح بتغيير عمود الهيدروجين ( $nH$ : عمود الهيدروجين المكافئ بوحدة  $10^{22} \text{ atome/cm}^2$ ) وهناك نسخة ثانية لهذا النموذج الذي يحتوي على معامل الانزياح نحو الأحمر  $z$  ورمزه ztbabs.

2. ومن أجل تحديد خواص إصدار الأشعة السينية المباشر وخطي الطيف للحديد حيث في الإصدار الأولى (الإصدار المباشر) نقوم بملاءمة بإستعمال القانون الأسّي Powerlaw لأن الفوتونات الصادرة بفعل تشتت كومبتون المعكوس ينتج قانون أسّي والإصدار المنعكس نقوم بملاءمتها بإستعمال نماذج رياضية وفيزيائية كتالي:

**الإصدار الأولى (الإصدار المباشر)**

• **نموذج Powerlaw, zPowerlaw (قانون الأسّي)**

يصف لنا هذا النموذج تشتت كومبتون المعكوس (ICS (Inverse Compton Scattering للفوتونات الذي يعتبر أكثر أهمية من تشتت كومبتون الشكل.



الشكل 3. 4 يمثل تشتت كومبتون المعكوس (لون رمادي) ينقل الإلكترون عالي الطاقة بعض من طاقته الى فوتون منخفض الطاقة. وتشتت كومبتون (لون برتقالي) ينقل فوتون عالي الطاقة جزء من طاقته إلى الإلكترون

يعود سبب القانون الأسّي (Powerlaw) إلى تشتت كومبتون المعكوس (ICS) للفوتونات الصادرة من الثقب الأسود في بلازما الساخنة تحديداً في المنطقة الضيقة، عندما يدخل الفوتون (منخفض الطاقة) في البلازما الساخنة فإنه يمكن أن يكتسب الطاقة عن طريق التصادم مع الإلكترونات النسبية (عالية الطاقة) وبذلك ينقل الإلكترون بعض من طاقته إلى الفوتون يمكن أن يحدث هذا عدة مرات حتى يفلت الفوتون من النظام أو تصبح طاقته عالية مثل طاقة الإلكترون مما تسبب في عدم تفاعل الفوتونات بعد الآن.

ويكون الطيف الناتج (قانون الأسّي) من الشكل التالي:

$$A(E) = KE^{-\Gamma} \dots \dots \dots (5.3)$$

Γ: يمثل قرينة الفوتون (بدون أبعاد) والذي يمكن حصره عادة في مجال  $1.8 \geq \Gamma \geq 2.2$

K: معامل التقنين (photon/KeV/cm<sup>2</sup>/s at 1KeV)

بالنسبة لـ zpowerlaw الصيغة هي كتالي:

$$A(E) = K(E(z + 1))^{-\Gamma} \dots \dots \dots (6.3)$$

حيث يمثل z الإنزياح نحو الأحمر.

## النماذج الرياضية

### • نموذج gaussian, zgaussian

نستخدم نموذج gaussian لملائمة منحنيات خطوط الانبعاث مع مراعاة انبعاثات الذرات والأيونات من قرص التراكم وانبعاث خطوط حديدية لأنه أحد العناصر الثقيلة والأكثر وفرة في الكون حيث تظهر خطوط انبعاثه بين 6 KeV و 7 KeV، من المحتمل أن يتم إنتاج خطوط انبعاث الحديد في قرص التراكم حول الثقب الأسود [26].

تتمثل وسائط نموذج gaussian في:

E : طاقة خط الانبعاث (KeV).

σ : عرض خط الانبعاث (KeV).

Norm : معامل التقنين في خط الانبعاث (total photon/KeV/Cm<sup>2</sup>/s).

صيغة نموذج gaussian تكتب بالعلاقة التالية:

$$A(E) = Norm \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(E-E_l)^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots (7.3)$$

أما صيغة نموذج zgaussian هي كالتالي:

$$A(E) = Norm \frac{1}{(z+1)\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(E(z+1)-E_l)^2}{2\sigma^2}\right) \dots\dots\dots (8.3)$$

حيث يمثل Z الانزياح نحو الأحمر.

## النماذج الفيزيائية

نستعمل الملائمة بنماذج فيزيائية لدراسة خواص الطيف وتتمثل هذه النماذج فيما يلي:

### • نموذج XILLVER

هو نموذج يقوم بحساب انبعاثات أطراف الأشعة السينية المنعكسة من قرص التراكم حيث يعطي لنا خصائص المادة المتأينة الموجودة على سطح قرص التراكم بقياس خطوط انبعاث بعض الذرات. يتميز هذا النموذج بالوسائط التالية

Γ: قرينة الفوتون مجاله  $1.2 \leq \Gamma \leq 3.4$

ξ: وسيط التأين على سطح القرص مجاله  $1 \leq \xi \leq 10^4$

$A_{Fe}$ : وفرة الحديد في قرص التراكم بدلالة وفرة الحديد في الشمس ( $A_{Fe} = 1$ ) مجاله  
 $0.5 \leq A_{Fe} \leq 10$

### • نموذج RELXILL

تم تطوير نموذج RELXILL من قبل Thomes Dauser و Javier Garcia وهو لايزال في مرحلة التطوير والاختبار. RELXILL هو نموذج انعكاس جديد Reflection Model يمكن استخدامه بسهولة في أدوات XSPEC لتحليل بيانات الأشعة السينية ويجمع بين نموذج الانعكاس XILLVER ونموذج Relline. الميزة الجديدة هي أنه بالنسبة لكل نقطة على القرص يتم اختيار طيف انعكاس XILLVER المناسب لكل زاوية انبعاث محسوبة نسبياً ويمكن استخدام RELXILL لقياس دوران الثقب الأسود [27].

يتميز هذا نموذج ب الوسائط التالية:

a: دوران (spin) الثقب الأسود (في وحدات بدون أبعاد) ، القيم السالبة تعني أن قرص التراكم يدور بعكس اتجاه الثقب الأسود.

$R_{in}, R_{out}$  : نصف القطر الداخلي والخارجي لقرص التراكم بدلالة نصف قطر الجاذبي ( $R_g = \frac{GM}{c^2}$ ).

$\Gamma$ (Gamma) : قرينة قانون الأسي من الطيف الصادر Powerlaw.

Incl: زاوية ميلان المجرة بالنسبة للمستوى النظر.

$A_{Fe}$ : وفرة الحديد في قرص التراكم (المرجع هو وفرة الحديد في الشمس).

$\log \xi$ : تأين قرص التراكم، يتراوح من 0 (محايد) إلى 4.7 (مؤين بشدة).

z: الانزياح نحو الأحمر.

### 5.3 النتائج

نقوم أولاً بملاءمة منحنى الطيف بقانون الأسي Powerlaw ودالتي Gaussian بالإضافة إلى ذلك

نقوم بإضافة نموذج Phabs و zPhabs

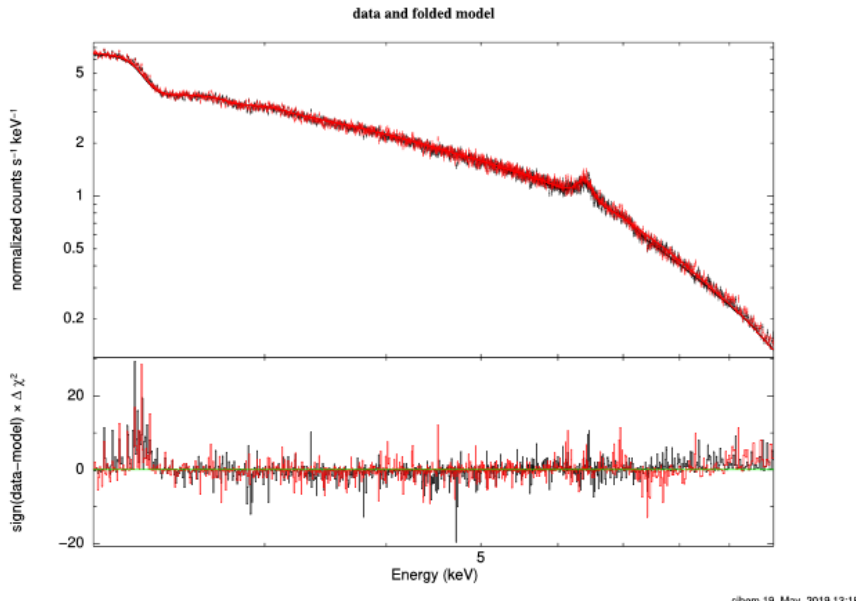
بعد القيام بالملاءمة بالنموذج المكون من ((phabs\*zphabs(powerlaw+gaussian+gaussian))

نتحصل على أحسن قيم وسائط الملاءمة ونسبة الملاءمة  $\chi^2_\nu = \frac{3957.64}{3078} = 1.28578$  (درجات

الحرية (degrees of freedom) نرمز لها ب  $\nu$  و  $\chi^2$  هو إحصاء الملاءمة للملاءمة الجيدة يجب ان تكون  $(1 \sim \nu/\chi^2)$  المبينة في الشكل (6.3) و الشكل (7.3)

```
#
#Model phabs<1>*zphabs<2>(powerlaw<3> + gaussian<4> + gaussian<5>) Source No.: 1 Active/On
#Model Model Component Parameter Unit Value
# par comp
# Data group: 1
# 1 1 phabs nH 10^22 3.80000E-02 frozen
# 2 2 zphabs nH 10^22 1.20000 +/- 3.78001E-02
# 3 2 zphabs Redshift 8.50000E-03 frozen
# 4 3 powerlaw PhoIndex 1.74315 +/- 5.91497E-03
# 5 3 powerlaw norm 3.35544E-02 +/- 3.38743E-04
# 6 4 gaussian LineE keV 6.39141 +/- 7.66712E-03
# 7 4 gaussian Sigma keV 0.112139 +/- 9.27854E-03
# 8 4 gaussian norm 1.21179E-04 +/- 5.69711E-06
# 9 5 gaussian LineE keV 6.94847 +/- 3.36800E-02
# 10 5 gaussian Sigma keV 0.161446 +/- 3.51447E-02
# 11 5 gaussian norm 4.35088E-05 +/- 6.37384E-06
# Data group: 2
# 12 1 phabs nH 10^22 3.80000E-02 frozen
# 13 2 zphabs nH 10^22 1.20000 +/- 8.03509E-02
# 14 2 zphabs Redshift 8.50000E-03 frozen
# 15 3 powerlaw PhoIndex 1.76962 +/- 2.04378E-02
# 16 3 powerlaw norm 3.36890E-02 +/- 9.81340E-04
# 17 4 gaussian LineE keV 6.39767 +/- 6.46762E-03
# 18 4 gaussian Sigma keV 8.00000E-02 +/- 1.86960E-02
# 19 4 gaussian norm 9.99503E-05 +/- 5.41081E-06
# 20 5 gaussian LineE keV 7.00000 +/- 0.176516
# 21 5 gaussian Sigma keV 1.20000 +/- 0.369907
# 22 5 gaussian norm 2.63781E-04 +/- 7.19202E-05
#
```

الشكل 3. 5 أحسن قيم وسائط الملاءمة للطيفين من المجرة النشطة MCG\_5\_23\_16 المدرسين باستخدام النموذج المركب ((phabs\*zphabs(powerlaw+gaussian+gaussian))



الشكل 3. 6 ملاءمة منحنى للطيفين مع نسبة الملاءمة

نغير  $phabs, zphabs, tbabs, ztbabs$  ونتحصل على أحسن قيم وسائط الملاءمة ونسبة

$$\frac{\chi^2}{\nu} = \frac{3781.72}{3078} = 1.23585 \text{ الملاءمة في الشكل (8.3) و الشكل (9.3)}$$

```

=====
#Model TBabs<1>*zTBabs<2>(powerlaw<3> + gaussian<4> + gaussian<5>) Source No.: 1 Active/On
#Model Model Component Parameter Unit Value
# par comp
#
# Data group: 1
# 1 1 TBabs nH 10^22 3.80000E-02 frozen
# 2 2 zTBabs nH 10^22 1.03002 +/- 1.89142E-02
# 3 2 zTBabs Redshift 8.50000E-03 frozen
# 4 3 powerlaw PhoIndex 1.70000 +/- 1.20027E-02
# 5 3 powerlaw norm 3.09455E-02 +/- 3.13216E-04
# 6 4 gaussian LineE keV 6.39159 +/- 7.48197E-03
# 7 4 gaussian Sigma keV 0.112194 +/- 9.22652E-03
# 8 4 gaussian norm 1.20149E-04 +/- 5.48689E-06
# 9 5 gaussian LineE keV 6.93963 +/- 3.15788E-02
# 10 5 gaussian Sigma keV 0.146573 +/- 3.60317E-02
# 11 5 gaussian norm 3.79544E-05 +/- 5.93063E-06
#
# Data group: 2
# 12 1 TBabs nH 10^22 3.80000E-02 frozen
# 13 2 zTBabs nH 10^22 1.20000 +/- 4.27523E-02
# 14 2 zTBabs Redshift 8.50000E-03 frozen
# 15 3 powerlaw PhoIndex 1.73481 +/- 6.59294E-03
# 16 3 powerlaw norm 3.24184E-02 +/- 3.65638E-04
# 17 4 gaussian LineE keV 6.39462 +/- 7.49873E-03
# 18 4 gaussian Sigma keV 0.104468 +/- 9.32914E-03
# 19 4 gaussian norm 1.25052E-04 +/- 5.97091E-06
# 20 5 gaussian LineE keV 6.93445 +/- 2.70928E-02
# 21 5 gaussian Sigma keV 0.149831 +/- 3.20827E-02
# 22 5 gaussian norm 4.79066E-05 +/- 6.60091E-06
#

```

الشكل 3. 7 أحسن قيم ملائمة للإثنين من طيف المجرة النشطة MCG\_5\_23\_16

باستخدام النموذج المركب (tbabs\*ztbabs(powerlaw+gaussian+gaussian))

يرجع خط Gaussain الضيق إلى الإنعكاس بعيد عن منطقة الخطوط العريضة أو tours وللتصميمية بشكل أكثر فيزيائياً نستبدل خط Gaussian بنموذج XILLVER [28]. من أجل ملاءمة خط إنبعاث الحديد ذو الطاقة 6.4KeV ونقوم بعد ذلك بإستبدال الخط العريض بنموذج الإنعكاس النسبوي RELXILL لملاءمة خط إنبعاث الحديد المؤين عند الطاقة 6.9KeV حيث هذا الإنعكاس يحدث بالقرب من الثقب الأسود وهذا ما يسبب إتساع الخط الطيفي.

نقوم بملائمة طيف المجرة النشطة بإستخدام النموذجين المركبين

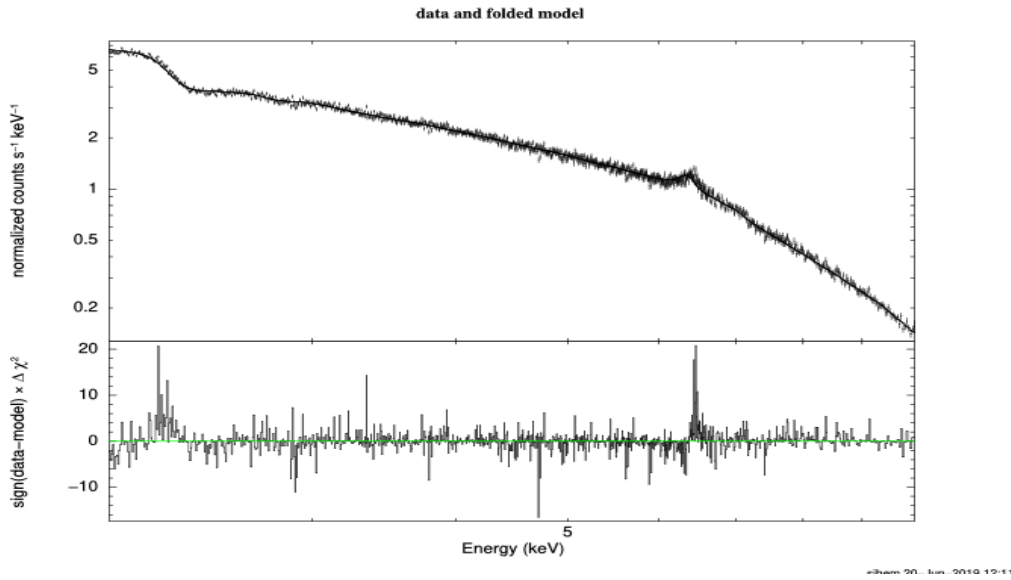
$$phabs*zphabs*(powerlaw+xillver+relxill)$$

$$tbabs*ztbabs*(powerlaw+xillver+relxill)$$

ونحصل على أحسن قيم وسائط الملاءمة (best fit parameters) في الجدول (2.3) والجدول (3.3)

الوسائط	الطيف	الطيف 1 (spec1)	الطيف 2 (spec2)
$\eta_H$		$1.15_{+0.15}^{-0.03}$	$1.04_{+0.03}^{-0.04}$
$\Gamma$		$1.83_{+0.03}^{-0.03}$	$1.85_{+0.028}^{-0.034}$
$A_{Fe}$		$0.50_{1.23}^{-1.2}$	$0.50_{1.22}^{1.22}$
$\log \xi$		$1.07_{+0.28}^{-1.07}$	$0.98_{+0.34}^{-0.98}$
$R_{in}$		$13.22_{+13.12}^{-13.12}$	$10.00_{+12.28}^{-10}$

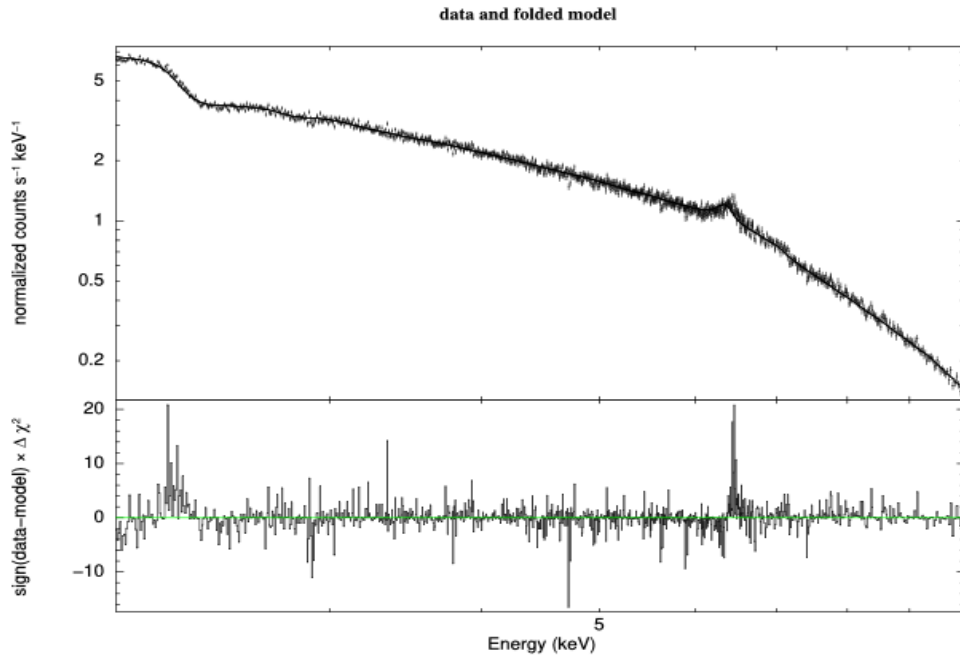
جدول 3. 2 أحسن قيم وسائط الملاءمة لبيانات المجرة MCG-5-23-16 من رصد رقم 0727960101 و 0727960201 باستخدام النموذج المركب  $phabs*zphabs*(powerlaw+xillver+relxill)$



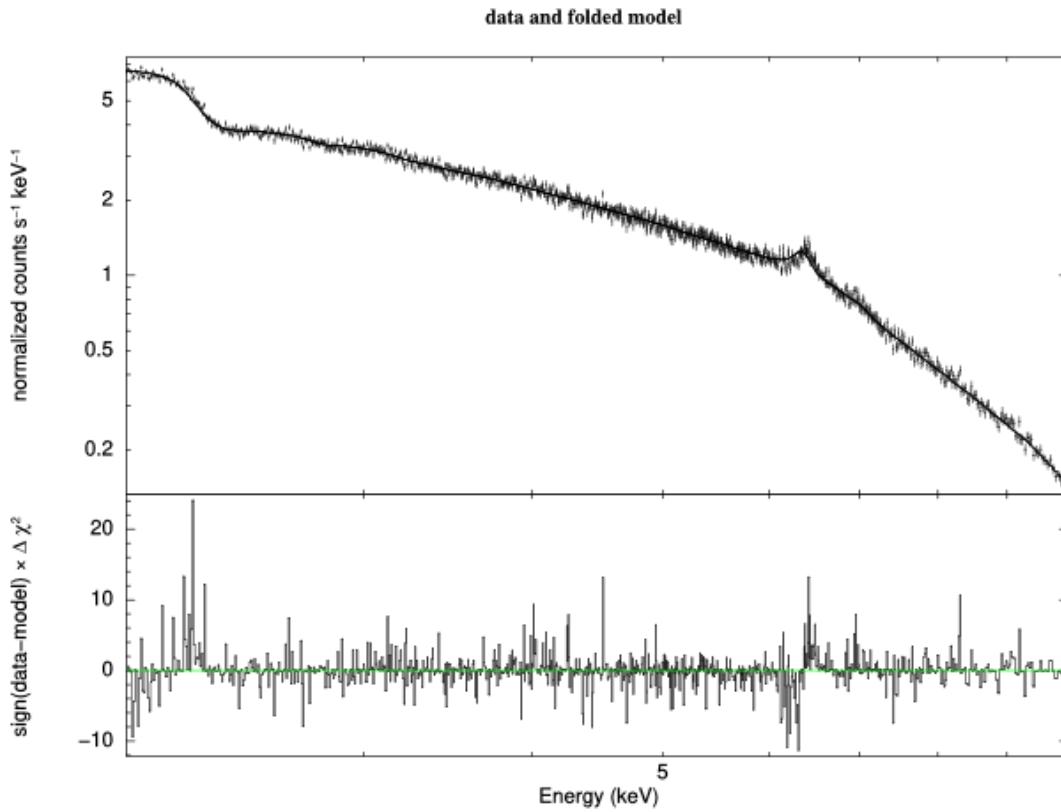
الشكل 3. 8 ملاءمة منحنى الطيف 1 (spec1) باستخدام النموذج المركب  $phabs*zphabs*(powerlaw+xillver+relxill)$

الوسائط	الطيف	الطيف 1 (spec1)	الطيف 2 (spec2)
$\eta_H$		$1.14_{+0.02}^{-0.04}$	$1.06_{+0.04}^{-0.03}$
$\Gamma$		$1.83_{+0.02}^{-0.01}$	$1.74_{+0.02}^{-0.04}$
$A_{Fe}$		$0.50_{+1.30}^{-1.30}$	$0.50_{+1.30}^{-1.30}$
$\log \xi$		$1.21_{+0.065}^{-0.044}$	$2.12_{+0.05}^{-0.041}$
$R_{in}$		$13.04_{+15.66}^{-12.34}$	$10.00_{+12.25}^{-10}$

جدول 3. 3 أحسن قيم وسائط الملاءمة لبيانات المجرة MCG-5-23-16 من رصد رقم 0727960201 و 0727960101 باستخدام النموذج المركب  $tbabs*ztbabs*(powerlaw+xillver+relxill)$



الشكل 9.3 يمثل منحنى ملاءمة الطيف 1 باستخدام النموذج  $(tbabs * ztbabs * (powerlaw + xillver + relxill))$



الشكل 10.3 يمثل منحنى ملاءمة الطيف 2 باستخدام النموذج  $(tbabs * ztbabs * (powerlaw + xillver + relxill))$

chem 20...Jan...2019 1

من خلال النتائج التي تحصلنا عليها نلاحظ:

✓ أن قيم وسائط الملائمة بالنسبة للإصدار المباشر Powerlaw للقرينة الفوتون فهي في حدود:

$$\Gamma = 1.74_{-0.04}^{+0.02}$$

✓ بالنسبة للإصدار المنعكس قرب الثقب الأسود نلاحظ أن وفرة الحديد كانت ثابتة والنتيجة هي

أدنى قيمة منعكسة لا تعطينا معلومات فيزيائية عن منطقة الإنعكاس.

✓ أما بالنسبة كثافة عمود الهيدروجين فهي في حدود:

$$\eta_H = 1.14 \times 10^{22} \text{ atoms/cm}^2$$

بما أننا إستعملنا طيفين فقط من تلسكوب واحد XMM-Newton فإن الحصول على قيم كل

وسائط الملائمة ليس سهلاً فالنتائج المتحصل عليها كانت قريبة نوعاً ما من نتائج الدراسات السابقة

التي أجريت في 2017 للمجرة النشطة MCG-5-23-16 [28]. حيث تم إستعمال في هذه

الدراسات بيانات أرصاد مختلفة من مرصد كثيرة.

## الفصل الرابع: الدراسة الزمنية

## 1.4 مقدمة

درسنا في الفصل السابق انعكاس الإصدار الأولي للأشعة السينية على قرص التراكم هذا الانعكاس يؤدي إلى إصدار ثانوي. يوجد تأخر بين الإصدارين الأولي والثانوي يتم رصده بعد فترة زمنية معينة من الإصدار الأولي. دراسة هذا التأخر الزمني تمكننا من معرفة حجم وبنية منطقة الانعكاس وهذا ما سندرسه في هذا الفصل.

## 2.4 الطرق الرياضية المستعملة في تحليل الاشارات

من بين الطرق الرياضية المستخدمة لدراسة التغيرات والبحث عن التأخر الزمني في منحنيات ضوء الأشعة السينية، والتي تعتبر الأكثر استعمالاً في تحليل الاشارات الدورية والانتقال من التحليل في المجال الزمني، الى التحليل في المجال الترددي هي طرق تحليل فوريي والتي سنتعرف عليها في مايلي:

### ❖ طرق تحليل فوريي Fourier analysis techniques

يعتبر تحويل فوريي من أهم طرق التحليل الرياضية المستعملة في العلوم الفيزيائية والأكثر استخداماً في علم الفلك، حيث أنه يساعد على معالجة البيانات المرصودة وتحليل الإشارات. من أجل كل دالة  $f(x)$  التي تكون ذات قيمة حقيقية في علم الفلك وقد تكون دالة مركبة لدينا تحويل فوريي  $F(s)$  الذي يعطى بالعلاقة التالية:

$$F(s) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x)e^{-2\pi isx} dx \quad \dots\dots\dots (1.4)$$

يعرف بتحويل فوريي المتقدم حيث  $x$  يمثل مقياس الوقت  $t$  (أي، إشارة مجال الزمن). أما  $s$  يمثل معكوس الزمن أو ما يسمى بالتردد  $\nu$  (أي، إشارة مجال التردد).

تحويل فوريي قابل للعكس وعبارته العكسية هي كالتالي: [29]

$$(2.4) \quad f(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} F(s)e^{2\pi isx} ds$$

• تحويل فوريي المتقطع The discrete Fourier transforms

في عمليات الرصد الفلكية نتعامل مع الإشارات التي يتم أخذ عينات منها بشكل متقطع، عادةً على فترات زمنية ثابتة أو لفترة زمنية محددة أو دورية. لمثل هذه البيانات نستخدم تحويل فوريي المتقطع DFT (The Descret Fourier Transform). [29]

تحويل فوريي المتقطع  $X$  لمنحنى الضوء  $x$  الذي يتكون من تدفقات تقاس في مجالات زمنية متجاورة ذات فارق زمني  $\Delta t$  يعرف بـ :

$$X_n = \sum_{k=0}^{N-1} x_k \exp\left(\frac{2\pi ink}{N}\right) \dots\dots\dots(3.4)$$

حيث  $x_k$  هي قيمة منحنى الضوء و  $X_n$  يمثل تحويل فوريي المتقطع عند كل تردد فوريي  $f_n$ .  
 حيث  $f_n = n/(N\Delta t)$  (حيث  $n=1,2,3,\dots,N/2$ )، وبالتالي فإن الحد الأدنى للتردد هو معكوس مدة الملاحظة  $T_{obs} = N\Delta t$ ، والحد الأقصى هو التردد الأقرب  $f_{max} = 1/(2\Delta t)$ .

أما عبارة رسم البيان لمنحنى ضوء تعطى ببساطة بواسطة العلاقة التالية:  $|X_n|^2 = X_n^* X_n$   
 حيث  $X_n^*$  هو المرافق المركب لـ  $X_n$ ، أما عبارة كثافة طيف القدرة PSD (Power Spectral Density) تعطى كما يلي:

$$P_n = \frac{2\Delta t}{\langle x \rangle^2 N} |X_n|^2 \dots\dots\dots(4.4)$$

منحنى الضوء. [30]

• تحويل فوريي السريع The fast Fourier transform

تحويل فوريي السريع (FFT) عبارة عن خوارزمية كمبيوتر لحساب تحويل فوريي المتقطع (DFT)، في كثير من الأحيان تتقيد البيانات بهذه الخوارزميات التي تحتوي على عدد من المجالات  $N$  ذات مقدار متساوي. [31].

3.4 طيف التقاطع والتأخر الزمني The cross spectrum and lags

يعرف طيف التقاطع لفوريي (fourier cross spectrum) بين منحنى ضوء  $X(t)$  وباقي منحنيات

الضوء  $Y(t)$  مع تحويل فوريي المتقطع DFTs (Discret Fourier Transformations) و  $X_n$  و  $Y_n$  بالعلاقة التالية :

$$C_{xy,n} = X_n^* Y_n \dots\dots\dots(5.4)$$

طيف التقاطع يستعمل لاستنتاج التردد(الطور) المتعلق بالتأخر الزمني بين مجالين وذلك من خلال النظر في العبارة الاسية المركبة لتحويلات فوريي:

$$X_n = A_{x,n} \exp[i\psi_n] \dots\dots\dots(6.4)$$

حيث  $A_{x,n}$  تمثل السعة المطلقة لتحويل فوريي (magnitude of the fourier transform) و  $\psi_n$  تمثل طور الإشارة ( التي تتوزع عشوائيا في المجال  $[-\pi, \pi]$  عند التردد  $f_n$  ). وبالتالي فإن منحني الضوء  $Y(t)$  المرتبط خطيا مع  $X(t)$  له تحويل فوريي الذي يعطى بالعبارة التالية:

$$Y_n = A_{x,n} \exp[i(\psi_n + \varphi_n)] \dots\dots\dots(7.4)$$

حيث نلاحظ ظهور طور إضافي  $\psi_n$  عند التردد  $f_n$ .

يتم ضرب مرافق  $X_n$  مع  $Y_n$  ، حيث نحصل في الأخير على عبارة طيف التقاطع التالية :

$$C_{xy,n} = A_{x,n} A_{y,n} \exp(i\varphi_n) \dots\dots\dots(8.4)$$

كما هو متوقع فإن طور من طيف التقاطع  $\varphi_n$  يعطي تأخر الطور بين منحنيات الضوء.

في حالة وجود أي إشارة غير مرتبطة بين منحنيي ضوء (على سبيل المثال ضوضاء بواسون Poisson noise، وجود إشارة غير متماسكة، أو وجود مكون إضافي متباين)، ينبغي حساب متوسط الطيف الترددي لعدة ترددات معينة  $\vartheta_j$ ، بدلالة ترددات فوريي لعدة منحنيات ضوء، من أجل الحد من آثار الاشارات غير المترابطة بالعلاقة التالية:

$$\bar{C}_{XY}(\vartheta_j) = \frac{1}{KM} \sum_{n=i,i+k-1} \sum_{m=1,M} C_{XY,n,m} \dots\dots\dots(9.4)$$

و بالتالي التأخر الزمني الذي يعطى بالعلاقة التالية: [30]

$$\tau(\vartheta_j) = \varphi(\vartheta_j)/(2\pi\vartheta_j) \dots\dots\dots(10.4)$$

## 4.4 التماسك والأخطاء The coherence and errors

يعرف التماسك  $\gamma^2$  لعدة ترددات معينة  $\vartheta_j$  بالعلاقة :

$$\gamma^2 = \frac{|\bar{c}_{XY}(\vartheta_j)|^2 - n^2}{\bar{p}_X(\vartheta_j)\bar{p}_Y(\vartheta_j)} \dots\dots\dots(11.4)$$

$n^2$  هو عنصر متحيز الذي يظهر لأن مستوى تشويش بواسون (Poisson noise) يساهم في المعامل التربيعي لطيف التقاطع.

يمكن استخدام التماسك لاستخلاص الخطأ في تأخر الطور بالعلاقة التالية: [30]

$$\Delta\phi(\vartheta_j) = \sqrt{\frac{1-\gamma^2(\vartheta_j)}{2\gamma^2(\vartheta_j)KM}} \dots\dots\dots(12.4)$$

والخطأ في التأخر الزمني هو ببساطة :

$$\Delta\tau = \Delta\phi/(2\pi\vartheta_j) \dots\dots\dots(13.4)$$

## 5.4 حساب التأخر الزمني بدلالة الطاقة

نستعمل تحويلات فورييه لحساب طيف القدرة واستخراج الفرق في الطور ثم التأخر الزمني، وهذا بإتباع الخطوات التالية:

1. استخراج منحنيات الضوء في مجالات طاقة متساوية انطلاقاً من بيانات التلسكوب XMM-Newton.
2. حساب تحويل فورييه لكل منحنى ضوئي.
3. اختيار مجال ترددات معين لبقية الحسابات.
4. حساب طيف القدرة باستعمال العلاقة (4.4) وطيف التقاطع باستعمال العلاقة (5.4).
5. حساب التأخر الزمني باستعمال العلاقة (13.4).
6. رسم منحنى تغير التأخر الزمني بدلالة الطاقة مع وضع الارتياب. [30]

لدراسة التأخر الزمني بين اصدار في مجال طاقة معين وبقيّة الاصدارات، نقوم بتحديد المرجع وهو مجموع كل المنحنيات الضوء عدا منحنى الضوء في المجال المراد دراسته واتباع الخطوات من 2 إلى غاية 6.

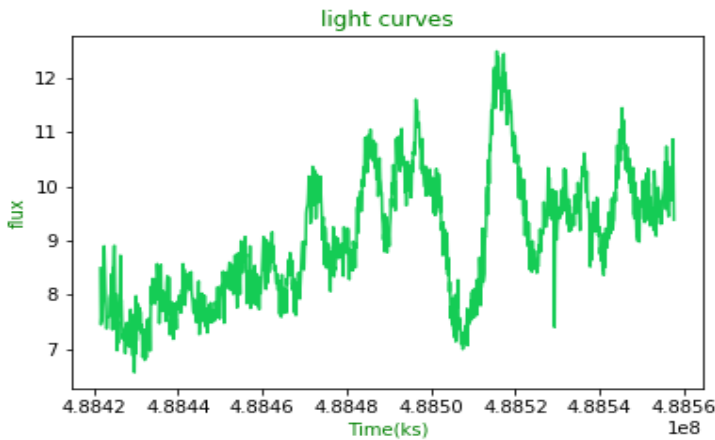
لحساب التأخر الزمني نكتب برنامجا باستعمال لغة البايثون python أين نحسب تحويلات فوريي وطيف التقاطع (Cross-Spectrum) وكثافة طيف القدرة (power spectral density).

#### 6.4 دراسة التأخر الزمني

ملف المعطيات الخاص بدراستنا (0727960101 و 0727960201) تم تحميله من ارشيف XMM-Newton، والذي يضم عدة بيانات خاصة بالإشعاعات المرصودة من المجرة النشطة MCG-5-23-16 بواسطة المسبار في (03 جوان 2013)، هذه البيانات المرصودة التي نستعملها في الحساب تساعدنا في استخلاص منحنيات الضوء، التأخر الزمني، طيف القدرة وارتياح القياس [24].

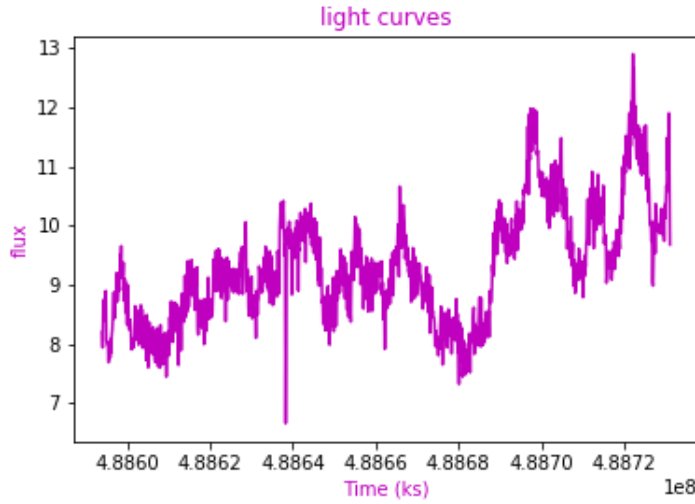
نقوم بدراسة التأخر الزمني بدلالة الطاقة في المجال KeV [10-2] ننتج منحنيات الضوء في هذا المجال بخطوات 1kev يعني لدينا 10 منحنيات ضوئية كل منحنى في مجال طاقة من المجالات التالية ( [3-2],[4-3],...[10-9] KeV ).

من خلال البيانات (0727960101) المرصودة في مجال الطاقة [10-2] keV تمكنا من رسم منحنى ضوء الشكل (1.4):



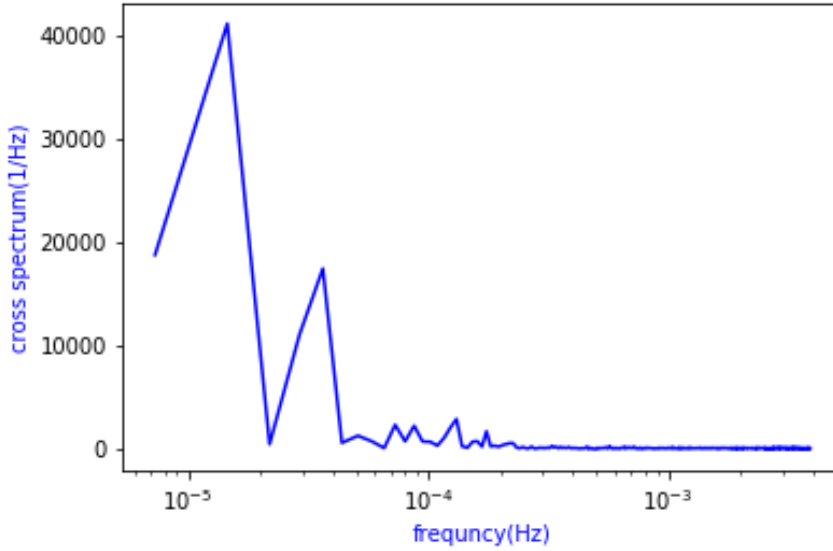
الشكل 4. 1 منحنى الضوء على المجال KeV [10-2] للمجرة النشطة MCG-5-23-16 من خلال البيانات رقم (0727960101) المرصودة بواسطة المسبار XMM-Newton.

ومن خلال البيانات (0727960201) المرصودة في مجال الطاقة [10-2] keV تمكنا من رسم منحنى ضوء الشكل (2.4):



الشكل 2.4. منحنى الضوء على المجال [10-2] KeV للمجرة النشطة MCG-5-23-16 من خلال البيانات رقم (0727960201) المرصودة بواسطة المسبار XMM-Newton.

من الأشكال (1.4) و (2.4) نلاحظ أن المنحنيات الضوئية تتميز بتغيرات كبيرة في التدفق. بعد ملاحظة التغيرات الكبرى في منحنيات الضوء وقبل حساب التأخر الزمني، علينا تحديد مجالات الترددات التي يكون فيها طيف التقاطع (طيف القدرة) ذو قيمة كبيرة وهذا ما يوضحه الشكل (3.4):



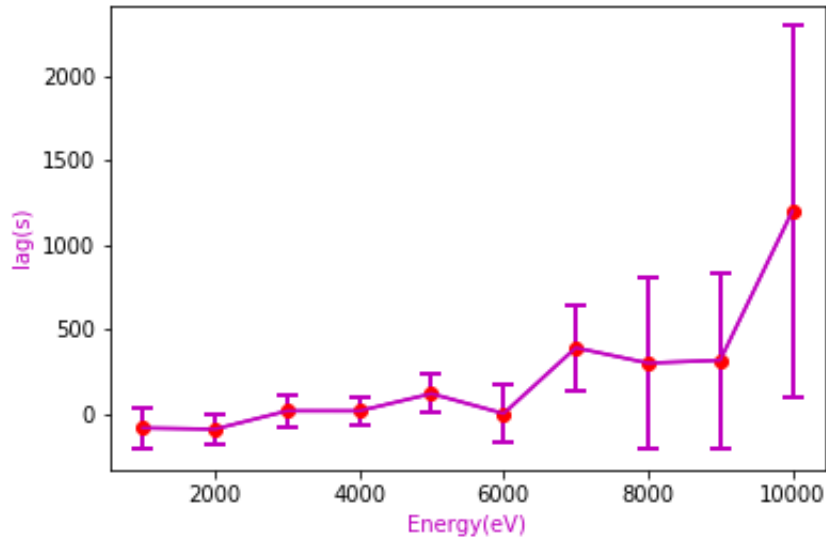
الشكل 4. 3 طيف التقاطع بين منحنى الضوء الأول وباقي المنحنيات الضوء للبيانات رقم(0727960201).

من خلال الشكل (3.4) الذي يمثل طيف التقاطع بدلالة الترددات نلاحظ أنه في مجال قيم الترددات الضعيفة تزداد قوة طيف التقاطع بينما تبدأ في التناقص كلما زادت قيم الترددات.

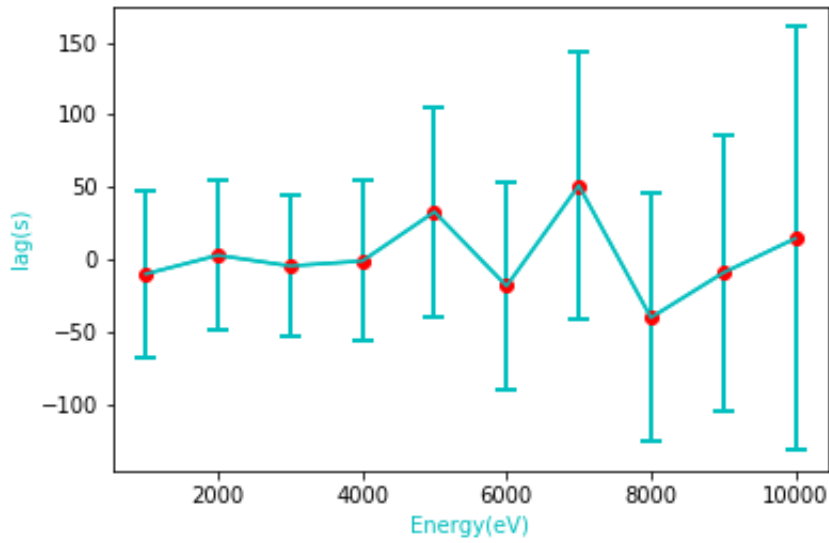
نحن الآن سنتطرق لحساب التأخر الزمني بدلالة الطاقة:

لحساب التأخر الزمني بين المنحنى الأول وباقي المنحنيات نختار مجالات ترددات مختلفة مجال الترددات الضعيفة و مجال الترددات الكبيرة، ثم نقارن كل منحنى ضوئي مع منحنى ضوء مرجعي لكل المنحنيات الضوئية في مجال زمني معين (مجال الترددات لأننا نتعامل مع تحويلات فورييه).

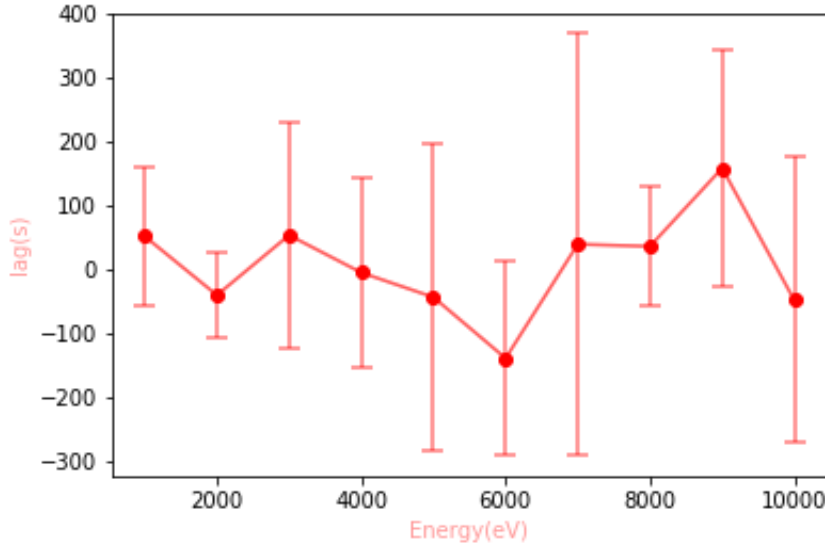
في ما يلي تمثيل لمنحنيات التأخر الزمني في مجالات الترددات الضعيفة و الكبيرة ومناقشتها:



الشكل 4. 4 لتأخر الزمنى للأشعة السينية الثانوية المنعكسة بالنسبة للأشعة السينية الأولية في المجال الترددي Hz  $[5 \times 10^{-5} - 2 \times 10^{-4}]$ .



الشكل 5. 4 لتأخر الزمنى للأشعة السينية الثانوية المنعكسة بالنسبة للأشعة السينية الأولية في المجال الترددي  $[10^{-4} - 10^{-3}]$ Hz



الشكل 4. 6 التأخر الزمني بدلالة الطاقة في المجال الترددي  $[10^{-3} - 10^{-2}]$  Hz.

### مناقشة المنحنيات:

تمثل الأشكال (4.4)، (5.4) و(6.4) منحنيات التأخر الزمني بدلالة الطاقة في مجالات مختلفة حيث نلاحظ:

✚ في المجال الترددي  $[5 \times 10^{-3} - 2 \times 10^{-4}]$  Hz: تأخر زمني واضح في مجال الطاقة KeV[7-6] مقارنة بالمجال KeV[3-2] مع وجود ترتيب أقل بينما نلاحظ زيادة التأخر الزمني على طول مجال الطاقة KeV[10-9] لكن مع وجود ترتيب كبير جدا.

✚ في المجال الترددي  $[10^{-4} - 10^{-3}]$  Hz: نلاحظ تأخر زمني واضح بين مجالات الطاقة KeV[7-6] و KeV[10-9] بينما التأخر في المجال KeV[3-2] ينعدم تقريبا مع وجود ترتيب كبير نوعا ما على طول مجال الطاقة.

✚ في المجال الترددي  $[10^{-3} - 10^{-2}]$  Hz: تأخر زمني ضعيف في كل مجالات الطاقة KeV[3-2]، KeV[7-6] و KeV[10-9] مع وجود ترتيب كبير جدا.

## تفسير التأخر الزمني :

- ✓ من خلال ملاحظة تغير المنحنيات والنتائج المتحصل عليها وجدنا أن المنحنى الضوئي في مجال الطاقة [6-7] KeV يُظهر تأخر زمني كبير مقارنةً بالمنحنيات الضوئية في مجال الطاقات الصغيرة وتأخر زمني صغير بالنسبة لمجال الطاقات الكبيرة.
- ✓ التأخر الزمني في المجال [6-7] KeV يرتبط بعملية الانعكاس التي تظهر في الخط الطيفي K للحديد عند الطاقة 6.4 KeV. منحنى التأخر الزمني هذا يتطابق مع منحنى الخط الطيفي K للحديد.
- ✓ هذا الانعكاس يتسبب في تأخر وصول الأشعة السينية الى المسبار، حيث أن دراسة التأخر الزمني بدلالة الطاقة يمكن من قياس نسبة انعكاس الأشعة السينية. بالإضافة الى هذا فإن قيمة التأخر الزمني تمكنا من معرفة حجم منطقة الانعكاس.
- ✓ القيم المتحصل عليها في الشكل (4.4) تقارب نتائج القيم المتحصل عليها في ورقة بحث المرجع [24].

الخاتمة

### الخاتمة

في هذه المذكرة تطرقنا لدراسة الخواص الطيفية والزمنية لنواة المجرة النشطة **MCG-5-23-16** في مجال الطاقة  $[10-2]\text{KeV}$ . كما أنها أول أنوية المجرات أين تم اكتشاف الانعكاس النسبوي للخط الطيفي **K** للحديد ويحدث هذا الانعكاس بالقرب من الثقب الأسود.

خلال الدراسة الطيفية قمنا بملاءمة البيانات المرصودة من طرف **XMM-Newton**، باستعمال نماذج رياضية و فيزيائية من أجل تحسين قيم الملاءمة والحصول على وسائط فيزيائية تمكنا من استخراج الخواص الطيفية للثقب الاسود وقرص التراكم المحيط به المسؤول على اتساع خطوط الطيف، من هذه الخواص هي نسبة التآين ووفرة الحديد.

ثم قمنا بدراسة منحنيات الضوء وتغيراتها مع شرح للطرق الرياضية والعملية المستعملة في تحليل البيانات وقمنا بحساب التأخر الزمني بين الإصدار المباشر والإصدار المنعكس مع أخذ مجالات طاقة مختلفة، كما وجدنا أن أحسن مجال للترددات التي تمكنا من تحديد التأخر الزمني هي مجال الترددات الضعيفة، قيم التأخر الزمني المتحصل عليها تمكنا من معرفة حجم قرص التراكم.

## الملحق

### برنامج XSPEC

XSPEC هو برنامج تفاعلي ومنفذ أوامر مختلفة حيث يقوم بملائمة (fit) منحنيات طيف الأشعة السينية وهو مصمم ليكون مستقلاً عن الكاشف بحيث يمكن استخدامه لأي مطياف. تم استخدام XSPEC لتحليل البيانات من عدة مرصد من بينها المرصد المتخصصة في رصد الأشعة السينية مثل NuStar، Suzaku، Swift، XMM-Newton. تم ذكر XSPEC في أكثر من 9.300 بحث منشور [32].

#### ❖ أساسيات ملائمة الطيف في XSPEC

على الرغم من أننا نستخدم مطيافية لقياس الطيف من مصدر جرم معين، لكن ما يقاس في المطيافية ليس الطيف الفعلي ولكن معدلات الفوتون (C) ضمن أجهزة خاصة (I) ويرتبط هذا الطيف الملاحظ بالطيف الفعلي للمصدر ( $f(E)$ ) بواسطة العلاقة التالية [32]:

$$C(I) = \int f(E) \cdot R(I, E) \cdot dE \dots \dots \dots (1)$$

حيث:

C (I) العدد المكتشف في القناة I (countes detected in channel I)

$f(E)$ : التدفق الحقيقي في الطاقة E (الطيف الفعلي للمصدر)

R (I, E) : دالة الاستجابة (Response function)

من أجل تحديد الطيف الفعلي للمصدر  $f(E)$  نقوم بعكس المعادلة (1)

بشكل عام هذا غير ممكن لأن عملية العكس تكون غير صحيحة وغير مستقرة للمتغيرات الصغيرة من  $C(I)$  والبديل المعتاد هو إختيار طيف النموذج  $f(E)$ . يمكن وصفه بوسائط قليلة (مثل  $f(E, p1, p2 \dots)$ ) والمطيافية أو ملائمة البيانات التي تم الحصول عليها بواسطة المطيافية. لكل  $f(E)$  يتم حساب طيف العد المتوقع  $C_p(I)$  ومقارنته بالبيانات المرصودة  $C(I)$ ، ثم يتم حساب إحصاء الملائمة (fit statistics) من المقارنة وتستخدم في تحديد ما إذا كان طيف النموذج يلائم البيانات التي تم الحصول عليها من المطيافية بعد ذلك تغير وسائط النموذج بحيث تحدد قيم الوسائط التي تعطي إحصاء الملائمة المرغوب فيه حيث يشار إلى هذه القيم على اعتبارها أفضل ملائمة للوسائط. يعتبر طيف النموذج  $f_b(E)$  الذي يتكون من أفضل ملائمة للوسائط هو أفضل نموذج ملائم. أهم إحصاء للملائمة الذي يتم استخدامه في تحديد أفضل نموذج best fit model هو  $\chi^2$  الذي يُعرّف بالعلاقة التالية:

$$\chi^2 = \sum_{I=1}^N \frac{(c(I) - c_p(I))^2}{(\sigma(I))^2} \dots \dots \dots (2)$$

هو الانحراف المعياري يمثل الخطاء في كل قناة I :  $\sqrt{C(I)} = \sigma(I)$

بمجرد الحصول على أفضل ملائمة للنموذج يجب طرح سؤالين

1. مامدى التأكد بأن البيانات الملاحظة  $C(I)$  تعطينا أفضل ملائمة للنموذج  $f_b(E)$  ؟

- الجواب هو حسن الملائمة (goodness of fit) للنموذج حيث تُوفّر  $\chi^2$  معياراً جيداً لحسن الملائمة للعدد معين من درجات الحرية (degrees of freedom) نرّمز لها بـ  $v = N - 1$  ،  $n$  هي عدد وسائط النموذج و  $N$  هي عدد القنوات" ولمستوى ثقة معينة إذ تجاوزت  $\chi^2$  القيمة الحرجة يمكن الاستنتاج أن  $f_b(E)$  غير مناسب لـ  $C(I)$  ، كقاعدة عامة يجب أن تكون قيمة  $1 \sim v/\chi^2$  (أي  $v \sim \chi^2$ ).

2. من أجل وسائط مناسبة ( $P1\dots$ )، ما هو مجال القيم حيث يمكننا التأكد من أن قيمة الوسائط صحيحة؟

- الجواب هو مجال الثقة (confidence interval) للمعامل حيث يتم حساب فاصل النقطة لمعامل معين عن طريق تغير قيمته حتى تزداد  $\chi^2$  بمقدار معين أعلى من القيمة الدنيا أو قيمة أفضل ملائمة. يعتمد مقدار  $\chi^2$  الذي يسمح بزيادة (يشار إليها أيضاً بالحرز  $\Delta\chi^2$ ) على مستوى الثقة المطلوب وعدد الوسائط التي تحسب حيز الثقة.

### ❖ النموذج الطيفي $M(E)$

يحسب طيف النموذج  $M(E)$  ضمن XSPEC باستخدام نطاقات الطاقة المحددة بواسطة ملف الاستجابة ويعرف بالعلاقة التالية:

$$M_D(E) = \int_{E_{j-1}}^{E_j} M(E) dE \dots \dots \dots (3)$$

وحدة  $M_D(E)$  هي photon /cm<sup>2</sup>/s

يسمح XSPEC بإنشاء نماذج مركبة تتكون من:

✓ مكونات مضافة (additive components) نرّمز لها بحرف A تمثل مصادر الأشعة السينية مثل (power-laws, blackbodies...)

✓ مكونات مضاعفة (multiplicative components) ونرّمز لها بـ M، التي تعدل المكونات المضافة بعامل يعتمد على الطاقة مثل (photoelectric absorption, edges...)

يمكن عندئذٍ تركيب النماذج ثم إجراء عمليات معقدة على النتيجة.

تم تحديد النماذج بترميز جبري (algebraic notation) . ويكون إدخال النموذج على النحو التالي:  
Model M1\*M2\*(A1+A2+M3\*A3)

من أجل تبسيط نضع المثال التالي

phabs (power + phabs (bbody))

## ❖ ملخص الأوامر في XSPEC

يمكن تقسيم أوامر XSPEC إلى ستة فئات هي التحكم (Control)، نموذج (Model)، البيانات (Data)، الملائمة (Fit)، الرسم (Plot)، الإعداد (Setting)

### • أوامر التحكم (Control Commands)

تتضمن أوامر التحكم عناصر مختلفة مثل التحكم في التسجيل، والحصول على المساعدة وتنفيذ البرامج النصية، وغيرها من العناصر المتنوعة التي تتعلق بالتحكم في البرنامج بدلاً من معالجة البيانات أو النماذج النظرية.

### • أوامر البيانات (Data Commands)

تقوم بتحميل البيانات الطيفية وبيانات المعايرة مثل الخلفيات Backgrounds والردود Responses وتحدد نطاقات القنوات لتناسبها.

### • أوامر النموذج (Model Commands)

يقوم بتحديد ومعالجة النماذج النظرية ومعلماتها أو القيام بحسابات تحليلية من نموذج معين.

### • أوامر الملائمة (Fit Commands)

تقوم باستدعاء إجراءات الملائمة أو تعديل سلوكها عن طريق تبادل خوارزميات الملائمة أو الإحصائيات المستخدمة أو تحديد المعلمات أو إجراء اختبار إحصائي.

### • أوامر الرسم (Plot Commands)

توليد حوالي 50 نوعاً مختلفاً من الرسومات ثنائية الأبعاد والتعامل مع جميع جوانب التخطيط بتعديل المنحنيات وتغيير المحاور.

### • أوامر الإعداد (Setting Commands)

ضبط مجموعة متنوعة من XSPEC الداخلية التي تتحكم في تفاصيل النماذج والإحصاءات وطرق التركيب (يضبط المتغيرات التي تؤثر على النماذج النظرية)

**جدول 1: الأوامر المتاحة في XSPEC مع وصف موجز للغرض من كل منها**

الأوامر	الفئة	الوصف
Abund	اعداد	اضبط جدول الوفرة
Addcomp	النموذج	إضافة مكون إلى النموذج
Addline	النموذج	إضافة خطوط إلى النموذج
Arf	البيانات	قراءة ملف استجابة المساعدة
Autosave	التحكم	حفظ حالة XSPEC بشكل دوري
Backgrnd	البيانات	إعادة تعيين الملفات لاستخدامها في الطرح في الخلفية
Chain	الملائمة	.تشغيل سلسلة مونت كارلو ماركوف
Chatter	التحكم	السيطرة على لفظ
corfile	البيانات	إعادة تعيين الملفات المراد استخدامها لتصحيح الخلفية.
Cornorm	البيانات	إعادة ضبط التطبيق لاستخدامه في تصحيح الخلفية.
Cosmo	الإعداد	ضبط $q_0$ ، $\Lambda_0$ ، $H_0$
Cpd	الرسم	الاسم المستعار لجهاز setplot
Data	البيانات	إدخال واحد أو أكثر من ملفات بيانات PHA.
Delcomp	النموذج	حذف مكون من النموذج
Diagrsp	البيانات	قم بتقييم الاستجابة الحالية للاستجابة المثالية.
Dummysp	النموذج	إنشاء استجابة وهمية، التي تغطي مجموعة طاقة معينة
Editmod	النموذج	إضافة أو حذف أو استبدال مكون واحد في النموذج.
error (rerror)	الملائمة	تحديد منطقة ثقة الوسيط الواحد. rerror هو لوسائط الاستجابة.
Exec	التحكم	تنفيذ أمر shell من داخل XSPEC.
Exit	التحكم	إنهاء أي رسومات hardcopy والخروج من XSPEC.
Extend	النموذج	رؤية أوامر الطاقات.
fit	الملائمة	البحث على أفضل نموذج ملائمة للمعلمات
flux	النموذج	حساب تدفق النموذج الحالي على مدى الطاقة.
freeze (rfreeze)	الملائمة	لا تسمح لوسيط النموذج أن يتغير أثناء الملاءمة. rfreeze هو لوسائط الاستجابة.
Ftest	الملائمة	حساب إحصاء F بين اثنين من نموذج الملائمة
Gain	النموذج	إجراء تعديل بسيط لكسب الاستجابة.
Goodness	الملائمة	مونت كارلو حساب أحسن ملائمة.
Hardcopy	الرسم	ضع الرسم الحالي للطباعة.
Help	التحكم	الحصول على مساعدة على أوامر XSPEC.
Identify	النموذج	إدراج الخطوط الممكنة في نطاق الطاقة المحددة.
Ignore	البيانات	تجاهل مجموعة من قنوات PHA في عمليات الملائمة المستقبلية.

Initpackage	النموذج	.تجميع وبناء وتهيئة مجموعة من النماذج المحلية
Iplot	الرسم	كأمر الرسم ولكن تفاعلية باستخدام PLT.
Lmod	النموذج	قم بتحميل حزمة من النماذج المحلية.
Log	التحكم	افتح ملف السجل (log file) لحفظ المخرجات (نتائج).
mdefine	النموذج	حدد النموذج المراد استخدامه عند تركيب البيانات.
Method	الإعداد	ضبط طريقة التصغير.
model (rmodel)	النموذج	حدد النموذج المراد استخدامه عند تركيب البيانات.
newpar (rnewpar)	النموذج	تعديل وسائط النموذج. rnewpar هو لوسائط الاستجابة.
Parallel	التحكم	تمكين المعالجة المتوازية لمهام معينة في XSPEC.
Plot	الرسم	ارسم معلومات مختلفة على جهاز الرسم الحالي.
Query	التحكم	مفتاح تشغيل / إيقاف (on/off) موجه للمواصلة الملائمة
Quit	التحكم	اسم أخرى للخروج (Exit).
Renorm	الملائمة	إعادة ضبط مصفوفة التغيرات المستخدمة في أمر سلسلة الاقتراح.
Response	البيانات	إعادة تعيين ملفات المستخدمة لتحديد استجابات كاشف.
Save	التحكم	حفظ جوانب الحالة الحالية في ملف الأوامر.
Script	التحكم	افتح ملف البرنامج النصي لحفظ جميع أوامر الإدخال.
Setplot	الرسم	قم بتعديل جهاز الرسم والقيم الأخرى المستخدمة في إجراءات المخطط.
Show	التحكم	عرض الملف الحالي ومعلومات النموذج.
Source	التحكم	تنفيذ ملف نصي.
Statistic	الإعداد	تغيير إحصاء الملائمة في الاستخدام.
Syscall	التحكم	قم بتشغيل أمر shell.
Systematic	النموذج	ضبط الخطأ المنهجي في النموذج.
thaw (rthaw)	الملائمة	اسمح لوسائط النموذج بتغيير أثناء الملاءمة.
Time	التحكم	عرض الوقت المنقضي والمعلومات الإحصائية الأخرى.
Uncertain	الملائمة	الاسم المستعار للخطأ.
untie (runtie)	النموذج	فك إرتباط الوسائط. runtie هو لوسائط الاستجابة.
Version	التحكم	طباعة نسخة XSPEC وتاريخ البناء / الوقت.
Xsect	الإعداد	تغيير المقاطع العرضية للامتصاص الكهروضوئي قيد الاستخدام.
Xset	الإعداد	تعديل عدد من رموز التبديل الداخلية لـ XSPEC

### المراجع

- [1] Shadab Alam & al, «The Eleventh and Twelfth Data Releases of the Sloan Digital Sky Survey : Final Data from SDSS-II,» The Astrophysical Journal. Supplement Series , vol. 219
- [2] Neil F .Comins : A la découverte de l'Univers .Introduction a l'astronomie et a l'astrophysique. Bruxelles : De Boeck. 5 décembre 2011.
- [3] le lien <http://aim.obspm.fr/Astro/Rastro/Cours/C05/VoieLactee.pdf>
- [4] Khan, Fazeel Mahmood, "Dynamics and Evolution of Supermassive Black Holes in Merging Galaxies". These de Doctorat, Heidelberg, 2011.
- [5] V. Karas, J. Svoboda, & M. Zjacek, «Selected Chapters on Active Galactic Nuclei as Relativistic Systems,» [arXiv:1901.06507](https://arxiv.org/abs/1901.06507)
- [6] Harrison, Christopher Mark, Observational constraints on the influence of active galactic nuclei on the evolution of galaxies, Extragalactic Astronomy Department of Physics University of Durham United Kingdom, April 2014.
- [7] Seyfert Carl K, Nuclear Emission in Spiral Nebulae, Astrophysical Journal, vol. 97, 01/1943.
- [8] «Distant and Weird Galaxies,» [En ligne]. Available: <https://sites.uni.edu/morgans/astro/course/Notes/section3/new13.html>.
- [9] K.L.Kellermann, «The Discovery of Quasars and its Aftermath,» Journal of Astronomical History and Heritage, vol. 17, 2014.
- [10] **M.T.Whiting**, 2000, Ph.D. Thesis, University of Melbourne.
- [11] Rani, B, Radio Galaxies—The TeV Challenge, *Galaxies* **2019**, 7, 23.
- [12] Boyce, Edward, Giant Radio Galaxies, October 31, 2000. [http://www.astrop.physics.usyd.edu.au/sumss/PAPERS/boyce\\_honours.pdf](http://www.astrop.physics.usyd.edu.au/sumss/PAPERS/boyce_honours.pdf)
- [13] Armitage, Phil, Astrophysics  
2 <https://jila.colorado.edu/~pja/astr3830/index.html>
- [14] FABIAN, A. C. «Broad Iron Lines in Active Galactic Nuclei,» vol. 112 , 2000.

- [15] Nelson, Buddy, Hubble Space Telescope Servicing Mission 4 Media Reference Guide.
- [16] Krauss, Felicia, Extreme Environments: From supermassive black holes to supernovae, The Faculty of Natural Sciences of the Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nürnberg, 15.06.2016.
- [17] Brunel Road, Houndmills, Basingstoke, Hampshire, Infrared Telescopes, Institute of Physics Publishing, 2001.
- [18] Kazunori Akiyama and al, «First M87 Event Horizon Telescope Results. II.» The Astrophysical Journal Letters, vol. 875, 2019 April 10.
- [19] Brunel Road, Houndmills, Basingstoke, Hampshire, X-Ray Telescopes, Institute of Physics Publishing, 2001.
- [20] [En ligne]. Available: <http://chandra.harvard.edu/about/>.
- [21] NuSTAR Observatory Guide, California Institute of Technology, Pasadena, CA .(USA), June 2016.
- [22] [En ligne]. Available: <https://www.cosmos.esa.int/web/xmm-newton>.
- [23] D. H. Lumba, XMM-Newton Observatory, Directorate of Science and Robotic Exploration, European Space Agency, 2013.
- [24] A. Zoghbi, " Observations of MCG-5-23-16 with Suzaku, XMM-Newton and NuSTAR: Disk Tomography and Compton Hump Reverberation," The Astrophysical Journal, Volume 789, Issue 1, article id. 56, 8 pp. (2014).
- [25] E. GATUZZ, & al." ISMabs: A Comprehensive X-Ray Absorption Model for the Interstellar Medium" The Astrophysical Journal, Volume 800, Issue 1, article id. 29, 13 pp. (2015).
- [26] Mensinga, Gerjon, Spectral analysis of the cooling phase of an x-ray superburst in 4U 1636-53, University of Groningen Bachelor Research Project: Kapteyn Institute Rijksuniversiteit Groningen Department of Astronomy, April 11, 2012.
- [27] Thomas Dauser, Javier Garcia, «rexill modeling relativistic reflection,» HtmlCoder, 07 08 2018. [En ligne]. Available: <http://www.sternwarte.uni-erlangen.de/~dauser/research/relxill/>. [Accès le 28 05 2019].

- [28] A. Zoghbi, «A Long Look at MCG-5-23-16 with NuSTAR. I. Relativistic Reflection and Coronal Properties,» *The Astrophysical Journal*, vol. 836:2 , p. 4, 2017.
- [29] van der Klis M. (1989) Fourier Techniques in X-Ray Timing. In: Ögelman H., van den Heuvel E.P.J. (eds) *Timing Neutron Stars*. NATO ASI Series (Series C: Mathematical and Physical Sciences), vol 262. Springer, Dordrecht.
- [30] P. Uttley, «X-ray reverberation around accreting black holes» *The Astronomy and Astrophysics Review*, Volume 22, article id.72, 66 pp.
- [31] Klis, M. van der, «Fourier Techniques in X-Ray Timing. Timing Neutron Stars,» vol. 262.
- [32] Keith Arnaud, Craig Gordon & Ben Dorman, Xspec, An X-Ray Spectral Fitting Package, Astrophysics Science Division: HEASARC , Oct 2018.

## ملخص

الدراسة الطيفية والزمنية للمجرات ذات النوى النشطة تمكننا من التعرف على بنيتها ومكوناتها وهذا من خلال تحليل الطيف وملائمته وكذا دراسة تغيرات منحنيات الضوء.

تمت دراسة الإصدار الكلي لنواة المجرة النشطة MCG-5-23-16 والمنكون من الإصدار المباشر والإصدار المنعكس على قرص التراكم، هذه البيانات مرصودة من طرف تلسكوب XMM-Newton.

كلمات مفتاحية: المجرات ذات النوى النشطة، أشعة سينية، قرص تراكم، ثقب أسود فائق الكتلة،

MCG-5-23-16

## Abstract

The spectral and timing analysis of Active Galactic Nuclei allows identifying their structure and composition, through fitting data and studying light curves variability.

We study the total X-ray emission from the AGN MCG-5-23-16, the total emission has two components, the direct X-ray emission and the reflected emission. The data are extracted from XMM-Newton satellite.

Keywords: Active galactic nuclei, X-ray, Accretion disk, Super massive black hole, MCG-5-23-16.

## Résumé

L'analyse spectrale et temporelle des galaxies à noyaux actifs permet l'identification de leurs structures et leurs compositions, à travers le fitting des données et l'étude des variations des courbes de lumière.

Nous étudions l'émission totale des rayons X de l'AGN MCG-5-23-16, cette émission totale se compose d'une émission directe et une émission réfléchie. Les données sont issues du satellite XMM-Newton.

Mots-clés : noyau galactique active, Rayon X, disque d'accrétion, trou noir super massif, MCG-5-23-16.