

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة محمد بوضياف - المسيلة

ميدان: علوم المادة

فرع: الفيزياء.

تخصص: الفيزياء النظرية



كلية العلوم.

قسم الفيزياء.

رقم : Ph/TH/11/2021

مذكرة مقدمة لنيل شهادة الماستر أكاديمي

من إعداد الطالبين

العربي محمد أيمن و سعدي محمد الحبيب

تحت عنوان

دراسة الخواص الطيفية لنواة المجرة النشطة

NGC 7314

تمت المناقشة يوم : 27 / 06 / 2021 أمام اللجنة المكونة من:

رئيسا	جامعة محمد بوضياف - المسيلة	د. أمجدل صهيب
مشرفة	جامعة محمد بوضياف - المسيلة	د. قالي سهام
مناقشا	جامعة محمد بوضياف - المسيلة	د. بعجي نجيب

السنة الجامعية : 2021/2020

كلمة شكر وتقدير

نحمد الله عز و جل الذي وفقنا في إتمام هذا البحث العلمي ، و الذي ألهمنا الصحة والعافية
والعزيمة

فالحمد لله حمدا كثيرا

نتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى الأستاذة المشرفة الرائعة د. سهام قالي التي لن نفيها أي كلمات
حقها ، على كل ما قدمته لنا من توجيهات ومعلومات قيمة ساهمت في إثراء موضوع دراستنا ،
وعلى معاملتها الطيبة التي خصتنا بها وعلى صبرها طيلة إشرافها على هذه المذكرة .

كما نتقدم بجزيل الشكر إلى أعضاء لجنة المناقشة الموقرة الأستاذ أمجد صهيب والأستاذ بعجي
نجيب ، حفظهما الله لتفضلهما بقبول مناقشة هذه المذكرة

كما نتقدم بالشكر إلى كل أساتذة والطاقم الإداري لتخصص الفيزياء وبالخصوص أساتذة الفيزياء
النظرية لما لهم من فضل كبير علينا وإلى كل من علمنا حرفا في مسارنا الدراسي

وفي الختام نشكر كل من ساعدنا في إتمام هذا العمل من قريب أو من بعيد؛ ونقول للجميع جزاكم
الله عنا خير الجزاء آمين.

إهداء

إلى كل من دعمنا و آمن بنا و حفزنا لنكمل هذا العمل ...

هذا الإهداء لكم

شكرا لأنكم معنا

وسنواصل المسيرة إلى أهداف أهم بفضلكم

و الحمد للخالق على نعمه علينا .

سعودي محمد السبيبي

إهداء

بسم الله والصلاة والسلام على رسول الله أما بعد

اهدي هذا البحث إلى كل طالب علم يسعى لكسب المعرفة وتزويد رصيده العلمي والثقافي

إلى اعز ما املك في الوجود ، إلى من منحني الحنان ، الحب والقوة بدعواتهما إلى والدي الغاليين

إلى كل إخوتي وأخواتي متمنيا لهم كل النجاح والتوفيق في الحياة

إلى كل عائلتي.

إلى كل زملائي وزميلاتي في كامل مشواري الدراسي

إلى كل من علمني حرفا وأزال غيمة جهل مررت بها وأخذ بيدي في سبيل تحصيل العلم والمعرفة.

والى كل من وسعتهم ذاكرتي ولم تسعهم ورقتي

العربي محمد زيمان



الفهرس

كلمة الشكر والتقدير

الإهداء

9..... المقدمة العامة

الفصل الأول

المجرات ذات الأنوية النشطة

11..... 1.1 مقدمة

11..... 2.1 المجرات ذات الأنوية النشطة

11..... 3.1 تصنيف المجرات النشطة

13..... 4.1 أنوية المجرات النشطة

16..... 5.1 الثقوب السوداء

17..... 1.5.1 الثقوب السوداء فائقة الكتلة **SMBH**

18..... 2.5.1 قرص التراكم

20..... 3.5.1 النفاثات **JETS**

22..... 6.1 الخطوط الطيفية العريضة **BLR** و الخطوط الطيفية الضيقة **NLR**

25..... 7.1 أطيف المجرات

30..... 8.1 رصد أنوية المجرات النشطة ودراستها

الفصل الثاني

وسائل رصد المجرات وطرق تحليل ومعالجة البيانات الفلكية

32	1.2 مقدمة
32	2.2 أجهزة وتقنيات الرصد
35	3.2 مرصد XMM-Newton
36	4.2 برنامج دراسة الطيف xspec
38	5.2 نماذج برنامج xspec
43	6.2 منصة SciServer

الفصل الثالث

دراسة طيف المجرة النشطة NGC7314

46	1.3 مقدمة
47	2.3 تحليل البيانات
48	3.3 ملاءمة البيانات
51	1.3.3 دراسة الخط الطيفي للحديد عند 6.4 keV
53	2.3.3 دراسة إمكانية وجود خط طيفي ثاني للحديد
57	3.3.3 دراسة كثافة الهيدروجين ومؤشر الطيف
61	4.3 مناقشة النتائج

63..... الخاتمة

64..... المراجع

67..... الملخصات

المقرمة العامة

المقدمة العامة

تعتبر دراسة الثقوب السوداء فائقة الكتلة من أكثر المجالات الفيزيائية الرائدة حاليا. حيث شهدت تقدما علميا ممتازا و ذلك بفضل تطور وسائل البحث (التلسكوبات الحديثة ، تطور علوم تحليل البيانات). وفي السنوات الأخيرة كانت هناك عدة أحداث علمية بارزة في هذا المجال وأبرزها كان أول صورة لثقب اسود فائق الكتلة M87 .

في هذه المذكرة سندرس بعض الخواص الطيفية للمجرة النشطة NGC7314 وهي مجرة من نوع Seyfert يوجد في مركزها ثقب اسود فائق الكتلة

، بحيث سنتطرق في الفصل الأول إلى فيزياء الثقوب السوداء و سنقوم بتعريف عام للمجرات و نخص منها المجرات النشطة ثم سنوضح خواص الثقوب السوداء فائقة الكتلة الموجودة في مراكز هذه المجرات النشطة و سنقدم شرحا للأطياف البصرية وطرق المستعملة لرصد المجرات النشطة ودراستها .

وفي الفصل الثاني سنشرح كيفية عمل برنامج دراسة أطياف الأشعة السينية xspec المطور من طرف وكالة NASA ، حيث نستعرض في هذا الفصل طريقة دراسة منحنيات الأطياف عن طريق ملاءمتها بنماذج رياضية و فيزيائية للحصول على الخصائص الفيزيائية لهذه الأطياف .

وفي الفصل الثالث سنقوم بملاءمة fitting بيانات كل أرصاد المجرة النشطة NGC7314 باستعمال برنامج xspec ، لتحديد بعض الخواص الفيزيائية لأطياف الأشعة الواردة من الثقب الأسود الفائق الكتلة الذي يقع في مركز هذه المجرة .

الفصل الاول
المجرات ذات الانوية
النشطة

1.1 مقدمة:

إن دراسات فيزياء الثقوب السوداء هي دراسات متقدمة جدا ، فمن أجل الوصول إلى وصف فيزيائي قام الباحثون على مدار عشرات السنين بالعديد من الأبحاث فيما يخص كيفية تشكلها وأنواعها و مواقعها في الكون وأحجامها وما تحتويه والكثير من الخصائص الفيزيائية الأخرى ، حيث توصلت النتائج حاليا إلى أنه توجد عدة أنواع من الثقوب السوداء في عدة أماكن في الكون و بأحجام مختلفة و هناك العديد من الدراسات حول المناطق المحيطة بالثقوب السوداء

2.1 المجرات ذات الأنوية النشطة

تتكون المجرات من عدد هائل من النجوم، و كميات كبيرة من الغاز بين - نجمي والمادة المظلمة، تبلغ كتلة النجوم في المجرات 10^{11} ضعف كتلة الشمس ، والغاز بين- نجمي كتلته بين 10^9 و 10^{10} ضعف كتلة الشمس، كما تبلغ كتلة المادة المظلمة 10^{12} ضعف كتلة الشمس. [1]

ويوجد عدة أنواع من المجرات ، منها المجرات الحلزونية و المجرات الإهليلجية و المجرات غير المنتظمة ... الخ ، وأغلب هذه المجرات تملك ثوبا أسودا في مركزها، و تلك التي يكون فيها الثقب الأسود نشطا، تسمى مجرات ذات أنوية نشطة أو مجرات نشطة **Active Galactic Nuclei (AGN)**

3.1 تصنيف المجرات النشطة

تصنف المجرات النشطة إلى عدة أنواع وذلك حسب درجة لمعان نواتها والأطياف الصادرة عنها ، فتوجد مجرات **Seyfert** و المجرات الراديوية و الكوازارات **Quasars** و البلازارات **Blazars** ، ولأن دراستنا ستكون على مجرة من نوع **Seyfert** فسنتركز إلى خواصها بالتفصيل .

مجرات Seyfert

في سنة 1943 م ، قام العالم Carl Seyfert بملاحظة عدد من المجرات الحلزونية تحتوي على نوى ذات سطوع عالي عكس المجرات العادية ، سميت فيما بعد على اسمه : مجرات Seyfert . وتحتوي هذه المجرات على ثقب أسود فائق الكتلة في مركزها ، وهذا ما يجعلها تصدر فائضا من الموجات الكهرومغناطيسية تظهر في أطيف شديدة اللمعان صادرة من غازات كالهيدروجين و الأكسجين و الهيليوم والنيتروجين ، وتتواجد هذه الغازات بالقرب من الثقب الأسود ما يجعلها تدور بسرعات عالية جدا تصل إلى 40000 km/s ، وهو ما يجعل الأطيف المنبعثة عنها ذات خطوط واسعة.

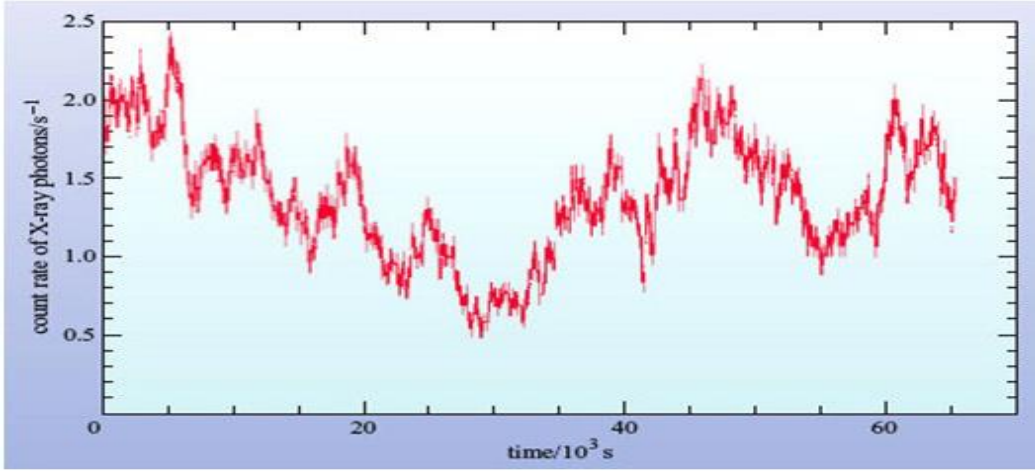
هذه الأشعة تكون في مجال الموجات الراديوية والأشعة تحت الحمراء والأشعة فوق البنفسجية، مما يميزها عن إشعاعات المجرات العادية التي تصدر في الغالب أشعة في حيز الضوء المرئي ، وهناك أيضا الأشعة السينية ذات الطاقات العالية التي يعتقد أنها صادرة عن حالة شديدة الحرارة قريبة جدا من الثقب الأسود الفائق الكتلة .

العرض النسبي لخطوط الانبعاث التي تظهر في الأطيف يحدد لنا نوعين من مجرات Seyfert ، بحيث يكون للنوع 1 خطوط ضيقة وخطوط عريضة أما بالنسبة للنوع 2 فيملك خطوط ضيقة فقط

4.1 أنوية المجرات النشطة

من تعريفنا للمجرات النشطة ندرك أهمية نواتها وأنها مصدر نشاطها ، لهذا سنقوم بدراسة حجمها ولمعانها و سنتعرف على مصدر طاقتها .

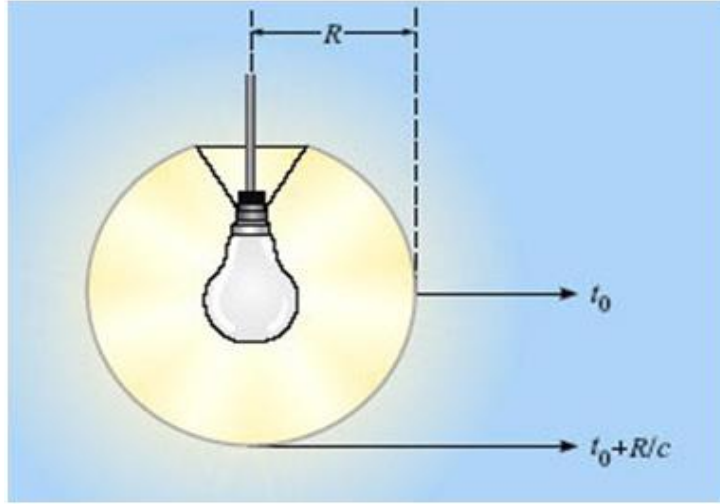
1.4.1 حجم أنوية المجرات النشطة : يتعلق حجم أنوية المجرات النشطة بنصف القطر R ، نعتد في حساب نصف القطر على تباين لمعان أنوية المجرات النشطة AGN .



الشكل 1.1 : تغير تدفق الأشعة السينية لمجرة Seyfert MCG 15-30-6 التي تم رصدها

من طرف مرصد Chandra X-ray [2]

لتوضيح الفكرة نفترض أنه لدينا غطاء ورقيا كرويا يحيط بمصباح ، فعند تشغيل الضوء سوف ينتقل الضوء من المصباح إلى الغطاء بسرعة c ويصل إلى جميع النقاط في نفس الوقت مما يؤدي إلى سطوع جميع الأجزاء في وقت واحد بالنسبة لأعيننا ، وسيبدو أن الغطاء يضيء على الفور ولكن هذا فقط لأن حجم الغطاء صغير جدا مقارنة بسرعة الضوء والحقيقة أن الضوء يصل إلى أعيننا من أقرب نقطة مضيئة في الغطاء بجزء صغير جدا من الثانية قبل أن يصل من أبعد نقطة مرئية (الشكل 2.1)



الشكل 2.1 : رسم توضيحي لتجربة توضح الفارق الزمني في انتشار الضوء

سيصل الضوء من أبعد نقطة مرئية من الغطاء الورقي إلى المراقب في زمن متأخر بـ (R / c) عن الضوء من الجانب القريب ، ولن يتم ملاحظة الفرق في النطاقات الزمنية عندما يكون R صغير جدا ، ويعبر عن هذا التأخر الزمني بـ $\Delta t = R/c$

والآن نحاول حساب نصف القطر R لمجرة Seyfert MCG 6-30-15 ، بملاحظة الشكل (1.1) نجد أن النطاق الزمني الذي سنستخدمه حوالي $\Delta t = 10^4$ s إذن نصف قطر مجرة Seyfert MCG-6-30-15 يحسب كما يلي :

$$R = c \times \Delta t$$

بالتعويض

$$R = 3 \times 10^8 \times 10^4$$

$$R = 3 \times 10^{12} \text{ m}$$

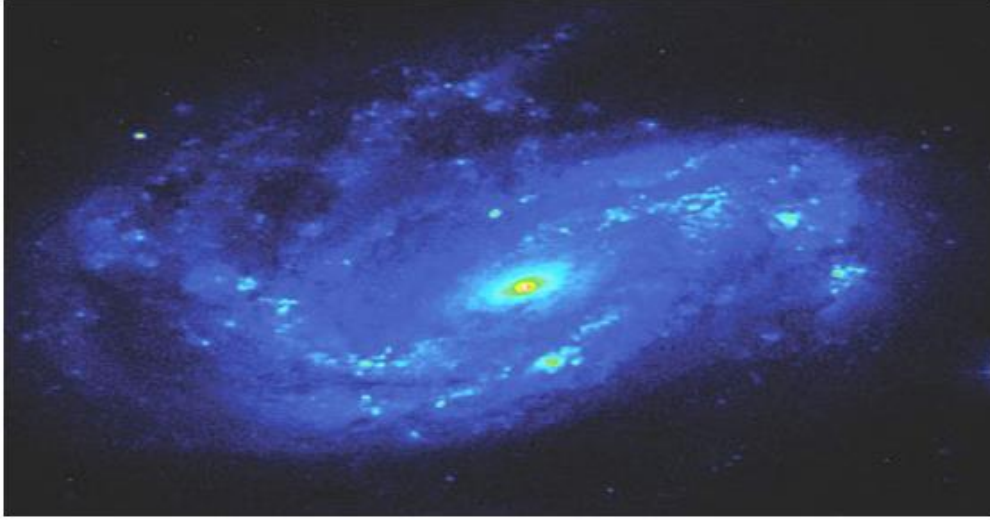
$$R = 3.17 \times 10^{-4} \text{ سنة ضوئية}$$

حجم نواة هذه المجرة النشطة قريب من حجم المجموعة الشمسية بحيث أن المسافة بين الشمس و أبعد كوكب في المجموعة الشمسية (كوكب نبتون) هي 4.45 مليار كيلو متر . هذا أمر مدهش لأن حجم هذه النواة صغير مقارنة بحجم مجرة كمجرة درب التبانة والتي نصف قطرها حوالي 53 سنة ضوئية .

2.4.1 لمعان أنوية المجرات النشطة :

يعتبر لمعان أنوية المجرات النشطة AGN من أهم الخصائص الفيزيائية التي تساعدنا في دراسة هذه المجرات و أنويتها ، حيث يبلغ لمعان أنوية المجرات النشطة AGN في العادة $2 \times 10^{10} \text{ w}$ من لمعان الشمس ، مع العلم أن لمعان الشمس يقدر بحوالي $4 \times 10^{26} \text{ w}$ ، إذا يبلغ لمعان أنوية المجرات النشطة AGN بالوحدات الأساسية حوالي $8 \times 10^{36} \text{ w}$ وهذا رقم كبير جدا مقارنة بالحجم الصغير جدا لأنوية المجرات النشطة .

إن لمعان أنوية المجرات النشطة أكبر ب 4 مرات من لمعان باقي مناطق المجرة . فمثلا مجرات Seyfert تصدر أشعة في المجال البصري لكن لمعانها في المجالات تحت الحمراء وفوق البنفسجية أكبر بكثير وذلك بسبب لمعان مركزها.



الشكل 3.1 : صورة بصرية للمجرة NGC4051 وهي مجرة من نوع Seyfert ، حيث تظهر مركز المجرة وهو لامع جدا مقارنة بباقي مناطق المجرة.[2]

5.1 الثقوب السوداء :

الثقب الأسود هو جرم ذو كتلة كبيرة جدا في حجم صغير جدا و كثافة عالية . حيث أن كتلته تكون في حدود $10^8 \times (1.1 - 2.3)$ كتلة شمسية . هناك عدة أنواع من الثقوب السوداء في الكون ، الثقوب السوداء فائقة الكتلة و الثقوب السوداء النجمية ، وهناك أيضا الثقوب السوداء المجهرية و هي أجسام كونية أثبتت رياضيا من طرف العالم ستيفن هوكينغ سنة 1971 م [3].

الفرق في الكتلة : تقاس كتل الأجرام النجمية بوحدة كتلة الشمس M_{\odot} ، و في مجال الثقوب السوداء تكون كتل الثقوب السوداء النجمية $M_{BH} \geq 15 M_{\odot}$ ، أما الثقوب السوداء المجهرية فلها كتل أصغر من كتلة الشمس ، بينما تكون كتل الثقوب السوداء فائقة الكتلة $M_{SMBH} \geq 100.000 M_{\odot}$

اقترحت بعض الدراسات أن الحد الأقصى للكتلة التي يمكن للثقب الأسود أن يصل إليها

تبلغ حوالي 50 مليار كتلة شمسية [2] $M_{BH} \approx 50 \text{ Billion } M_{\odot}$

آليات تشكل الثقوب السوداء : تتشكل الثقوب السوداء العادية عند انهيار النجوم التي تتجاوز كتلتها حد شاندراسيخار Chandrasekhar Limit¹ [4] في آخر أعمارها الحرارية ، أما الثقوب السوداء فائقة الكتلة فيفترض العلماء أنها تشكلت في بدايات تشكل الكون بعد الانفجار العظيم و تزايدت كتلتها بفعل الجذب الثقالي أو اتحاد ثقوب سوداء بعضها مع بعض [5]

و تتواجد الثقوب السوداء في جميع أنحاء الكون ، حيث تتوزع الثقوب السوداء النجمية داخل و خارج المجرات ، أما الثقوب السوداء فائقة الكتلة فتتواجد في مراكز المجرات مثل مجرات Seyfert .

ومن الخواص الرياضية للثقوب السوداء ، نصف قطر شوارزشيلد Schwarzschild ، وتتغير قيمته حسب كتلة الثقب الأسود. وهو ثابت فيزيائي يصف نصف قطر أفق الحدث وهو المسافة التي عندها تكون سرعة الهروب مساوية لسرعة الضوء ، وتعطى علاقته كالاتي : $R_s = 2GM/ c^2$ حيث :

G : ثابت الجذب

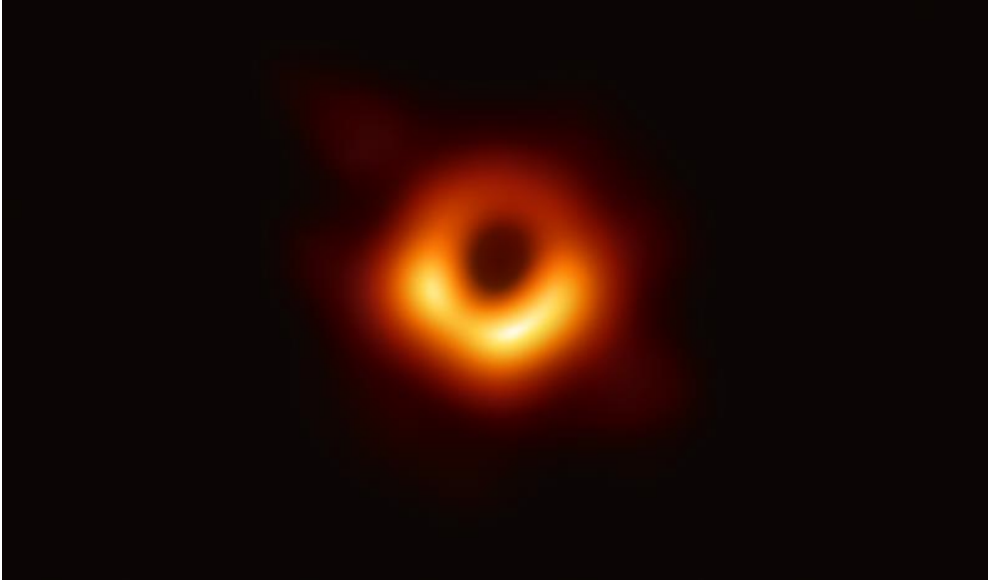
M : كتلة الثقب الأسود

1.5.1 الثقوب السوداء فائقة الكتلة SMBH :

هي أكبر نوع من الثقوب السوداء من حيث الكتلة ، تتراوح كتلتها بين مئات آلاف و ملايين الكتل الشمسية .

¹ حد شاندراسيخار : هو حد وضعه العالم شاندراسيخار في عام 1930 حيث إذا تجاوزت كتل نجوم الأقزام البيضاء $1.4 M_{\odot}$ ستتحول إلى نجوم نيوترونية و في النهاية إلى ثقوب سوداء إذا بلغت كتل هذه النجوم النيوترونية $3.4 M_{\odot}$ بفعل الانهيار الثقالي

من الجدير هنا الإشارة إلى أول صورة التُّقِطت للثقب الأسود هي لثقب أسود فائق الكتلة من تلسكوب أفق الحدث The Event Horizon Telescope في العاشر من أبريل 2019 م ، وتعود الصورة إلى الثقب الأسود في مركز المجرة الراديوية M 87 [6]

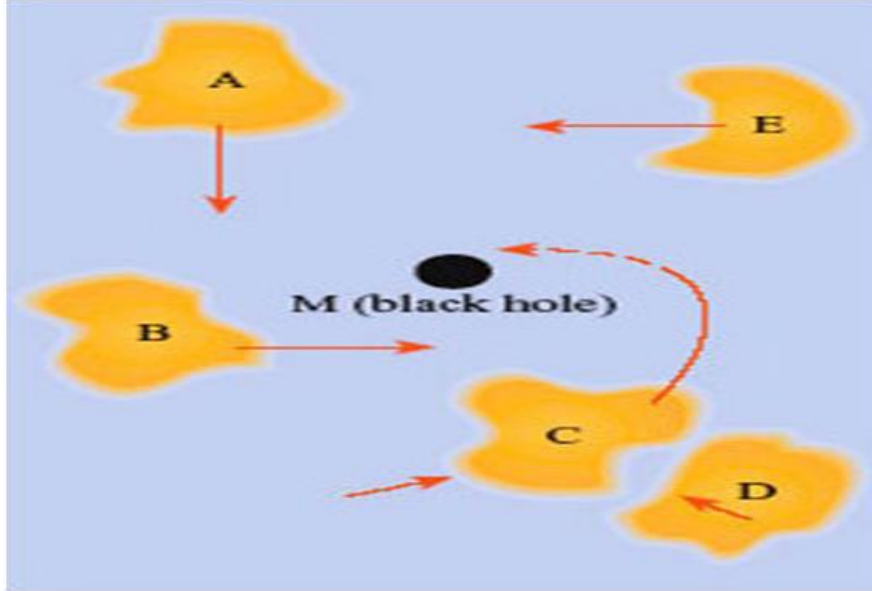


الشكل 4.1 : يمثل صورة من التعاون ما بين مؤسسة العلوم الوطنية وتلسكوب أفق الحدث التي أفضت إلى أول صورة في التاريخ لثقب أسود فائق الكتلة في قلب المجرة الراديوية M 87.

2.5.1 قرص التراكم :

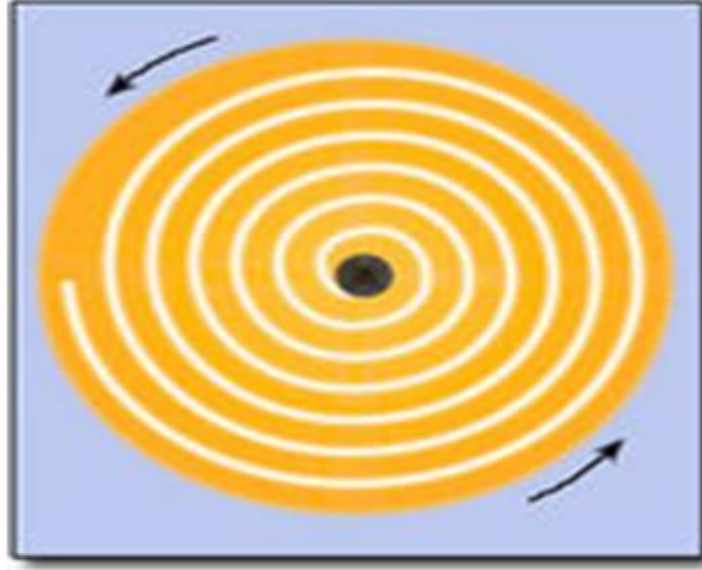
قرص التراكم هو عبارة عن تجمعات لسحب من الغازات والغبار الكوني حول الثقب الأسود خارج الأفق الحدث ، وتنجذب هذه السحب بفعل جاذبية الثقب الأسود و تبدأ في التصادم والدوران

لتنولد طاقة حرارية تجعل السحب الغازية تصل إلى درجات عالية جدا و تتحول تلك الطاقة الحرارية إلى أشعة كهرومغناطيسية يصدرها قرص التراكم نحو الخارج .



الشكل 5.1 : رسم تخطيطي لسحب الغاز المنفصلة التي تسقط باتجاه ثقب أسود بفعل الجاذبية. تظهر الصورة تصادم الغيوم C و D. ستصبح هذه السحب محاصرة في مدار حول الثقب الأسود و ستشكل قرص التراكم

تدور هذه السحب بسرعات كبيرة جدا و تنجذب إلى المركز وكلما اقتربت إلى المركز تزداد سرعتها (وفق قانون كبلر الذي يصف حركة الأجرام فهي تتسارع كلما اقتربت من مركز الدوران وتتباطأ كلما ابتعدت عنه) وبسبب هذه السرعات المتزايدة يزداد الاحتكاك والتصادم بين المكونات فترتفع درجة حرارة هذه السحب أكثر لتصدر أمواجاً كهرومغناطيسية نحو الخارج لكن قد يسقط بعضها في وقت ما نحو المركز بفعل جاذبية الثقب الأسود .

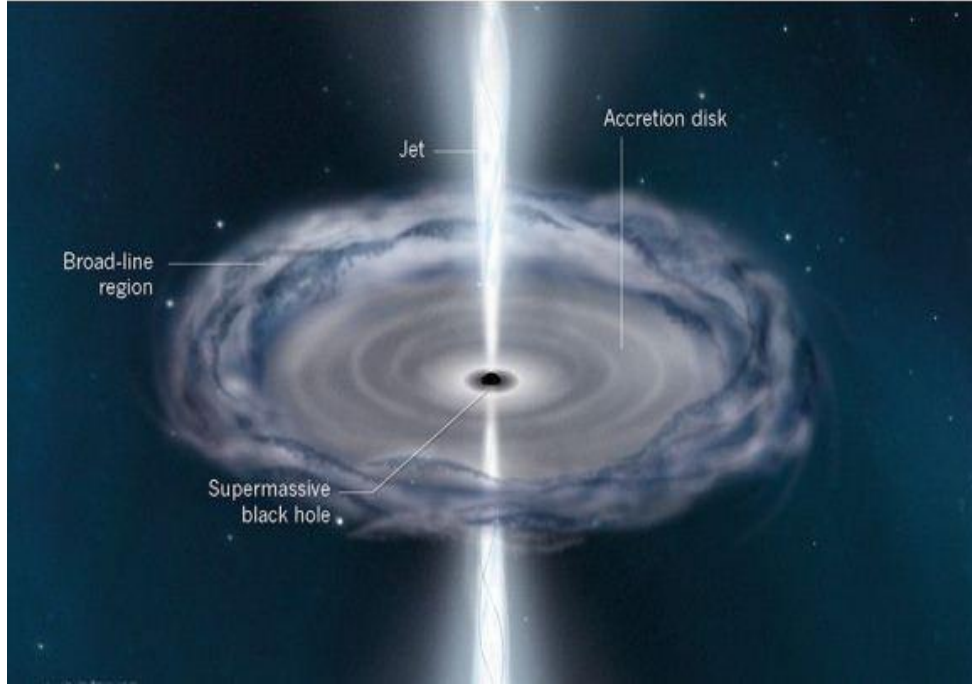


الشكل 6.1 : نموذج تخطيطي لحركة الجسيمات داخل قرص التراكم .

3.5.1 النفثات JETS :

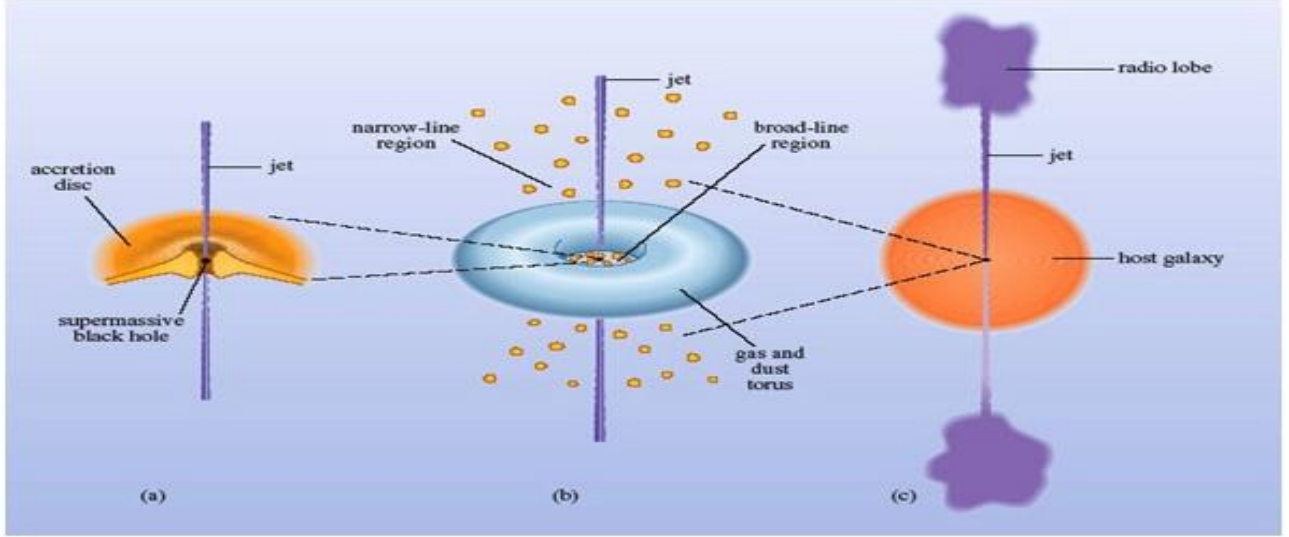
النفثات هي ظاهرة فيزيائية فلكية أين تنبعث تدفقات للمادة المتأينة كحزم ممتدة على طول محور دوران الثقب الأسود فائق الكتلة ، وقد يصل طول هذه النفثات المنبعثة إلى ملايين الفراسخ الفلكية⁽²⁾.

(2) - الفرسخ الفلكي: (Parsec) هي وحدة مسافة يستعملها الفلكيون لقياس المسافات الكبيرة للأجرام الفلكية خارج النظام الشمسي. 1 فرسخ فلكي يساوي 3,26 سنة ضوئية.



الشكل 7.1 : صورة فنية تبين مكان تواجد النفاثات JETS في ثقب أسود فائق الكتلة

6.1 مناطق الخطوط الطيفية العريضة ومناطق الخطوط الطيفية الضيقة :



الشكل 8.1 : نموذج لنواة مجرة نشطة

لدينا (a) عبارة عن نموذج لثقب أسود فائق الكتلة محاط بقرص التراكم و تنبعث منه النفاثات JETS عموديا

(b) الثقب الأسود محاط بحلقات غازية : - منطقة الخطوط الطيفية العريضة (BLR) توجد في المنطقة الداخلية للحلقة الغازية

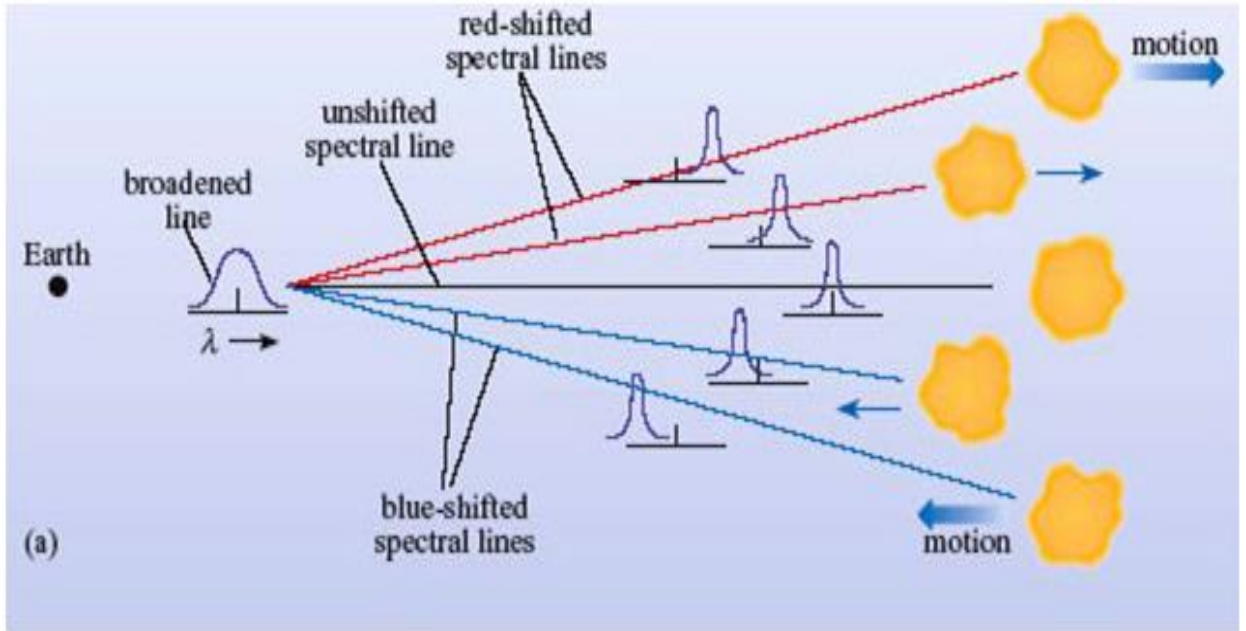
(c) منطقة الخطوط الطيفية الضيقة الـ NLR توجد في المنطقة الخارجية للحلقة الغازية

مناطق الخطوط الطيفية العريضة والضيقة

بسبب تأثير الجاذبية والسرعة الكبيرة جدا لدوران قرص التراكم ، فان الخطوط الطيفية للإشعاع الصادر من نواة المجرة النشطة ستكون عريضة وستعرض للانزياح بفعل توسع الكون وبفعل تأثير دوبلر .

إزاحة دوبلر :

ينص مبدأ تأثير دوبلر على استطالة الأطوال الموجية عندما يتحرك المصدر ذي اللون الأبيض بعيدًا عن المراقب (حيث يتحول هذا اللون الأبيض إلى اللون الأحمر ذي طول الموجة الأكبر) وتنقلص عندما يتحرك المصدر نحو المراقب (حيث يتحول اللون الأبيض إلى اللون الأزرق ذي طول الموجة الأصغر).



شكل 9.1 : يمثل الرسم التخطيطي شرح تغير الأطوال الموجية عند ابتعاد أو اقتراب الأجرام بسبب مفعول دوبلر [7]

1.6.1 الخطوط الطيفية العريضة BLR : Broad line régions

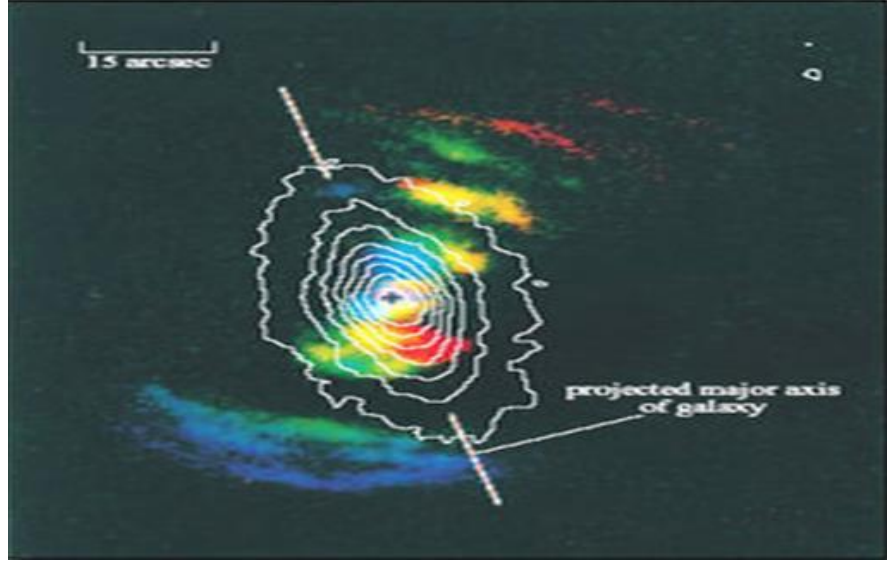
تقع منطقة الخط الطيفي العريض الـ BLR داخل الحلقات الغازية المحيطة بالثقب الأسود، حيث تكون هي الأقرب إليه . في الغالب يكون نصف قطرها في حوالي 10^{14} m ، وتكون سرعة دوران الأجرام فيه في حدود آلاف الكيلومترات في الثانية ، وهي التي تحتوي على السرعة النموذجية المناسبة لوجود انزياح دوبلر 5000 Km/s .

ومن الصعب قياس درجة حرارة منطقة الخطوط الطيفية العريضة BLR ، حيث أن المكونات الغازية القريبة من الثقب الأسود معرضة لإشعاعات المكونات الأقرب للمركز فترتفع درجة حرارتها إلى قيم عالية جدا قد تصل إلى 10^4 درجة كلفن .

2.6.1 الخطوط الطيفية الضيقة NLR : Narrow line régions

منطقة الخطوط الضيقة الـ NLR تقع في الجزء الأبعد عن المركز من قرص التراكم ، حيث تكون سرعة دوران السحب الغازية فيها أبطأ بحوالي $200-900 \text{ km/s}$ ، ويمكن رصد منطقة الخطوط الضيقة NLR بشكل أسهل من الـ BLR ، وقد تم رصد هذه المنطقة بالفعل بواسطة مسبار هابل Hubble في مجرة NGC5252 سنة 1998 وهي مجرة من نوع

[8] SEYFERT 2

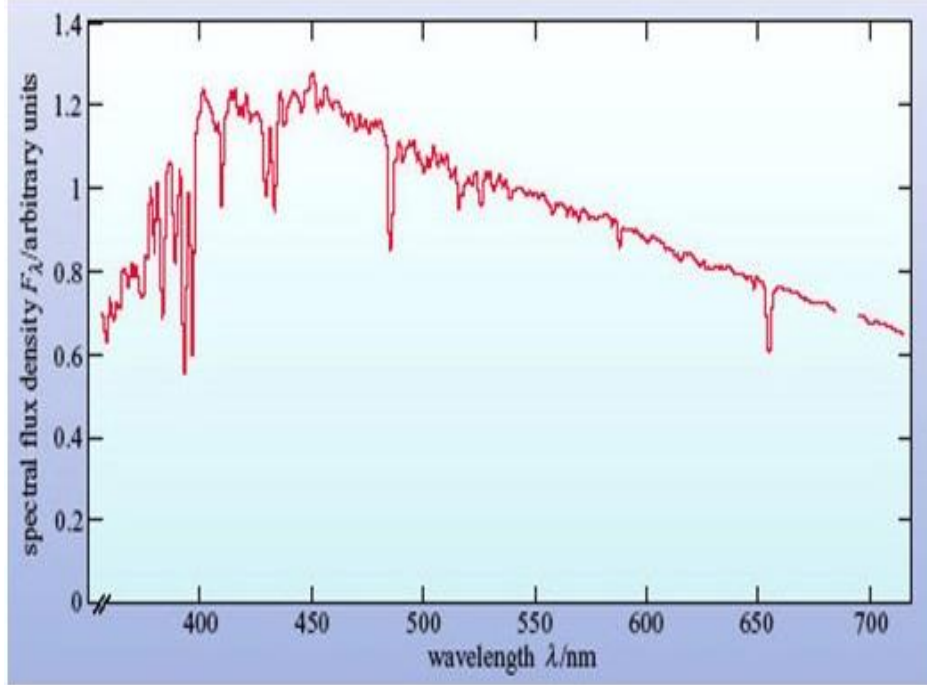


الشكل 10.1 : يوضح الشكل الصورة المرصودة لمنطقة الخطوط الضيقة NLR . حيث اللونين الأزرق و الأحمر يمثلان الانبعاث الصادر من سحب الغازات منطقة الخطوط الضيقة NLR المتجهة نحونا والمبتعدة عنا تباعا (إزاحة دوبلر Doppler effect).

7.1 أطياف المجرات

1.7.1 كيف تنشأ أطياف في المجرات

يتكون طيف النجم عادة من طيف حراري مستمر مع وجود خطوط امتصاص (الشكل 11.1) و من الممكن معرفة الكثير عن النجم من دراسة هذه الخطوط الطيفية التي تسمى خطوط الامتصاص.



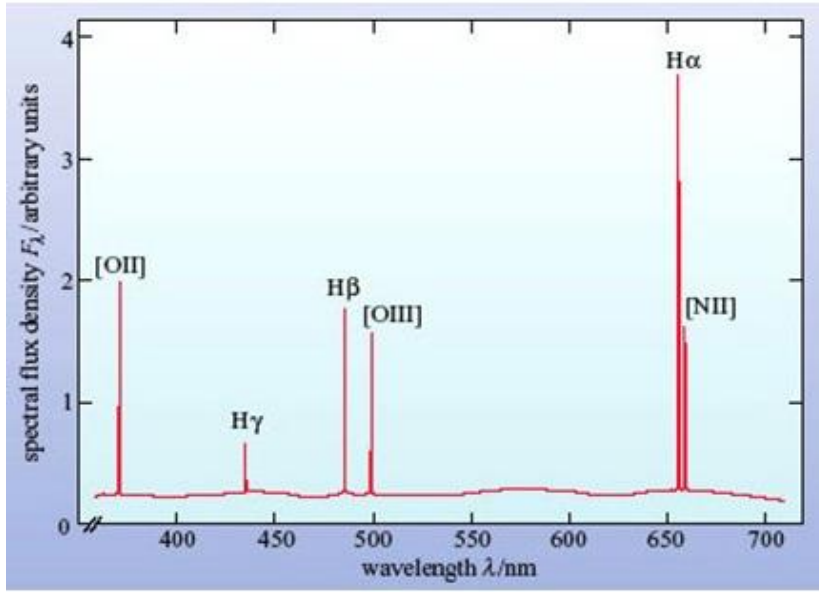
الشكل 11.1 : الطيف البصري للنجم - في هذه الحالة من النوع الطيفي 5F - يظهر على هيئة كثافة التدفق الطيفي ، F_λ مرسوم مقابل الطول الموجي [9]

2.7.1 ما الذي يمكن معرفته عن نجم من خطوط امتصاصه ؟ :

تمكننا دراسة خطوط الامتصاص من الحصول على معلومات حول التركيب الكيميائي للنجم ودرجة حرارة السطح واللمعان.

من خلال دراسة تأثير مفعول Doppler في الخطوط الطيفية يمكن رصد الغاز في المجرة جزئياً على شكل سحب ساخنة تُعرف باسم مناطق HII. عادة ما تُرى مثل هذه المناطق فقط في الأماكن التي يوجد فيها تكوين مستمر للنجوم ، وبالتالي فهي بارزة في المجرات الحلزونية وغير المنتظمة. يتكون الطيف البصري لمنطقة HII من عدد قليل من خطوط الانبعاث ، كما يتضح من

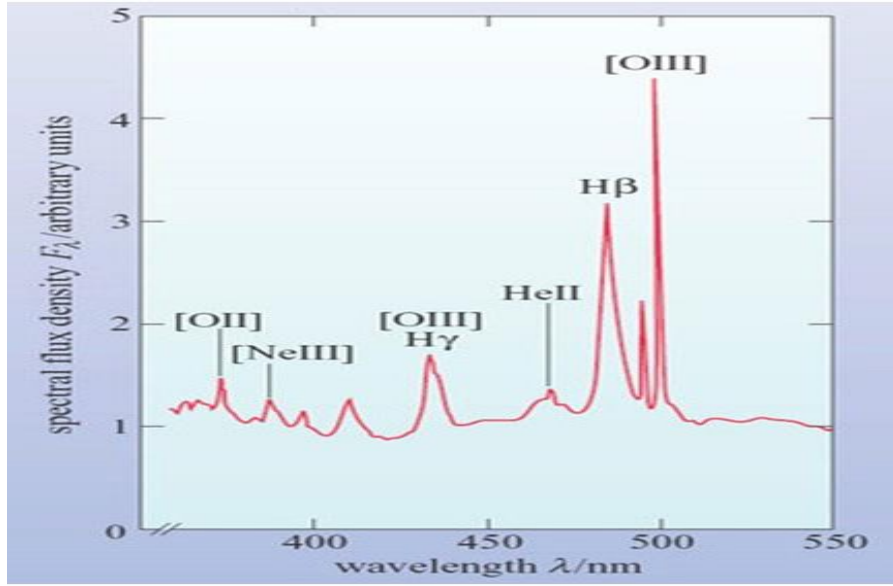
(الشكل 12.1) . يمكن لمناطق HII أن تقدم مساهمة كبيرة في أطياف المجرات لأنها شديدة السطوع.



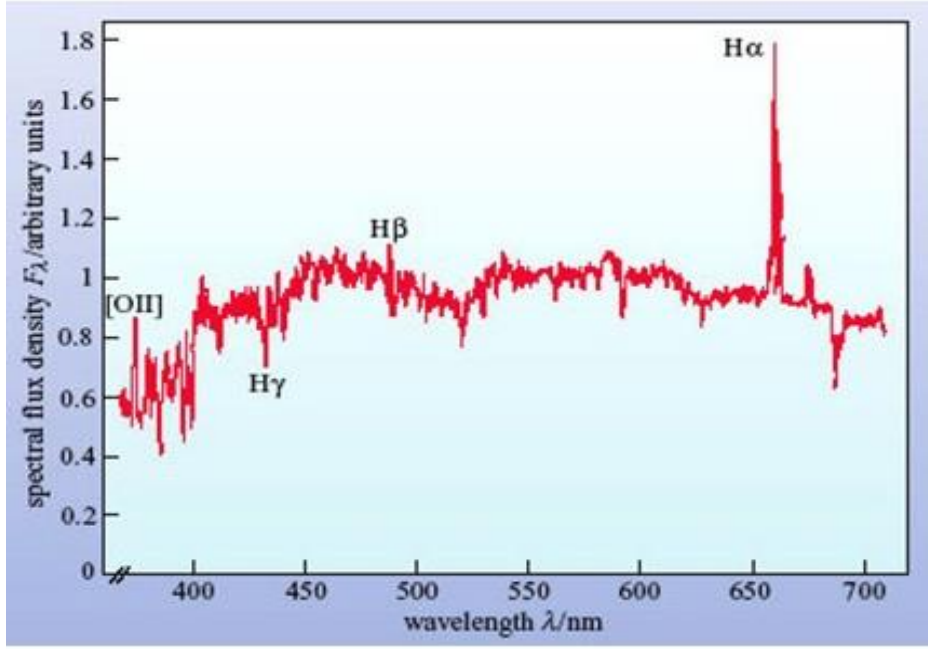
الشكل 12.1 : خطوط الانبعاث لمختلف الجزيئات المتواجدة في قرص التراكم .

3.7.1 الأطياف البصرية :

تختلف الأطياف البصرية الصادرة من المجرة النشطة عن تلك الصادرة من المجرات الغير النشطة . تأتي الأطياف الصادرة من المجرات الغير النشطة من منطقة HII أما الأطياف الصادرة عن المجرات النشطة فتأتي من منطقة HII بالإضافة أطياف شديدة صادرة عن مركز المجرة النشطة ، ليصبح طيف الانبعاث أقوى و ذو شكل أعرض ، كما هو موضح في الشكلين (13.1) و (14.1) :



الشكل 13.1 : الطيف البصري للمجرة الحلزونية العادية NGC 4750، يظهر خطوط الامتصاص وبعض خطوط الانبعاث. [10]



الشكل 14.1 : الطيف البصري التخطيطي لمجرة نشطة ، يمكن ملاحظة خطوط الانبعاث القوية

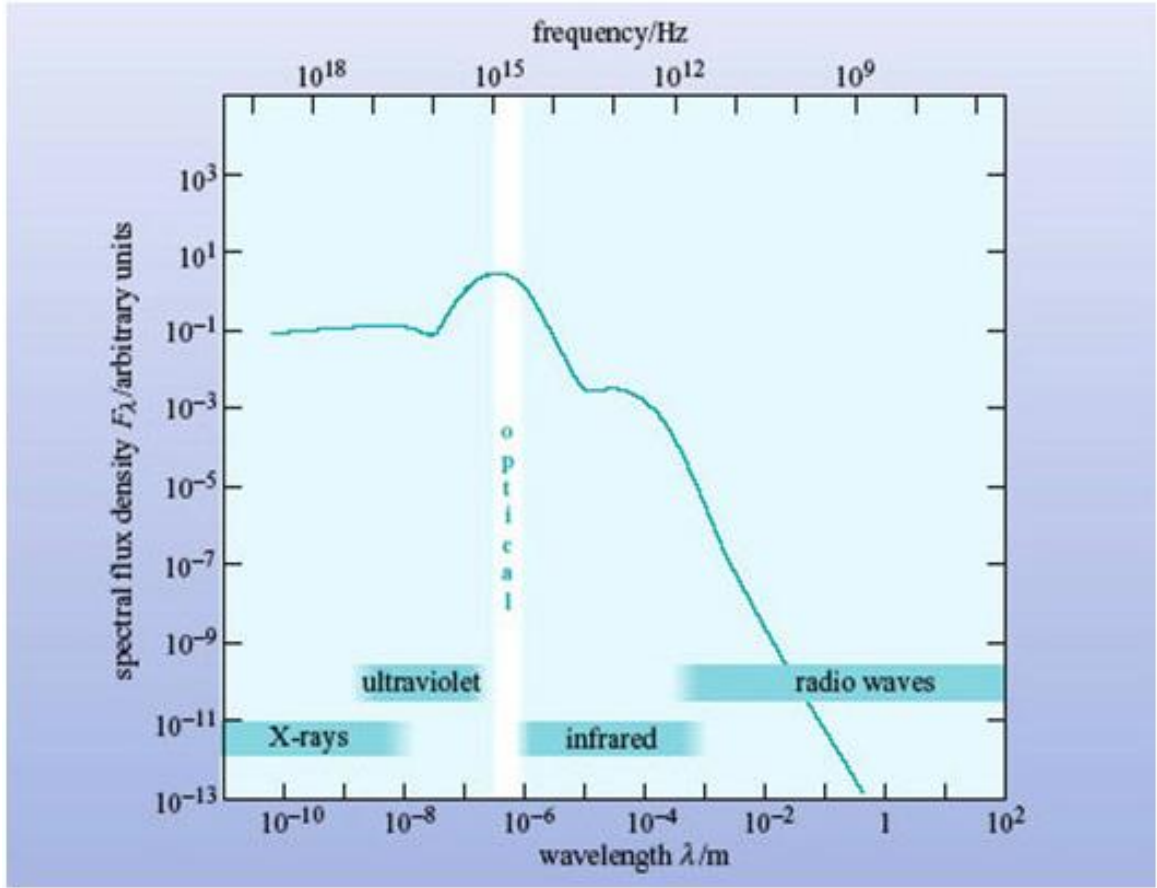
والواسعة ، خاصة خطي الهيدروجين $H\beta$ و $H\gamma$

تشير خطوط الانبعاث القوية إلى أن المجرة تحتوي على غاز ساخن مشابه لمنطقة HII. الخطوط العريضة تدل على أن الغاز يجب أن يكون إما ساخنًا للغاية أو سريع الحركة .

4.7.1 طيف النطاق العريض (spectrum broadband) :

الطيف العريض هو طيف يحتوي على جميع نطاقات الطول الموجي المرصودة. وتتولد هذه الخطوط الطيفية العريضة بفعل انزياح دوبلر . حيث أنها تساعدنا على معرفة العديد من

الخصائص الفيزيائية . [7]



الشكل 15.1: تمثل منحنى طيفي واسع النطاق لمجرة حلزونية عادية [7]

بالنسبة للمجرة النشطة ، تكون ذروة الانبعاث في مناطق الأشعة السينية والأشعة فوق البنفسجية. في بعض المجرات النشطة يكون انبعاث الأشعة تحت الحمراء بارزاً.

ترسل المجرات النشطة الأطياف البصرية ولكن الأطياف في مجال الأشعة تحت الحمراء والأشعة السينية و الأشعة فوق البنفسجية تكون أكثر كثافة لذلك تكون دراستها في هذه المجالات الطيفية أهم - وهذه ميزة أخرى تميز المجرات النشطة عن المجرات العادية -.

تحتوي المجرة العادية على 10^{10} إلى 10^{11} نجمة ، أما المجرات النشطة تحتوي تقريبا سواد فائقة الكتلة اقرص تراكم و النفاثات JETS ، بالإضافة للنجوم والمكونات الأخرى وهذا ما يفسر اللمعان الشديد للمجرات النشطة .

8.1 رصد أنوية المجرات النشطة ودراستها

تتم دراسة أنوية المجرات النشطة عن طريق تحليل الأشعة السينية المنبعثة من الهالات الساخنة hot corona حول الثقب الأسود

تنبعث هذه الإشعاعات السينية في كل الاتجاهات ، فيتم رصد جزء منها مباشرة ويسمى الإشعاع الأولي . وهناك جزء من هذه الإشعاعات ينعكس على قرص التراكم المليء بالجزيئات المتأينة لتنبعث منه أطياف تحمل الكثير من المعلومات الفيزيائية عن قرص التراكم والثقب الأسود فائق الكتلة . ويسمى الإشعاع المنعكس .

يتم رصد هذه الإشعاعات بواسطة مرصد فلكية مخصصة لرصد الأشعة السينية ، توجد في مدارات حول الأرض . ثم تحلل البيانات للحصول على خواص أنوية المجرات النشطة وهذا ما سنتناوله بالتفصيل في الفصل التالي .

الفصل الثاني

وسائل رصد المجرات
وطرق تحليل ومعالجة
البيانات الفلكية

1.2 مقدمة :

تطرقنا في الفصل الأول إلى خواص أنوية المجرات النشطة وأطيافها ، وسوف نتناول في هذا الفصل تقنيات الرصد المستعملة في تحليل ودراسة بيانات الأطياف المنبعثة ، بالإضافة إلى برنامج ملاءمة أطياف الأشعة السينية *xspec* المعتمد من طرف NASA لتحليل ومعالجة البيانات الفلكية لمرصد الأشعة السينية .

2.2 أجهزة وتقنيات الرصد

تتم دراسة الأجرام السماوية من خلال مراقبة إشعاعها الكهرومغناطيسي و الجسيمات المنبعثة منها. ولرصد هذه الإشعاعات والجسيمات يستعمل الفلكيون تلسكوبات مختلفة حسب طول الأمواج المرصودة. فمنها ما يرصد في المجال المرئي ومنها ما يرصد في مجال الأشعة الراديوية ومجال الأشعة السينية ومجال أشعة غاما الخ. هناك العديد من المراصد المعتمدة عالميا مثل تلسكوب هابل، تلسكوب أفق الحدث ، و مرصد كومبتون للأشعة غاما . وبالنسبة للأشعة السينية (موضوع دراستنا) يوجد مرصد شاندراف الفضائي CHANDRA، مرصد نوستار NuSTAR ومرصد XMM-Newton . في مذكرتنا هذه سنقوم بالاعتماد على بيانات مأخوذة من هذا الأخير.

مرصد XMM-Newton

مرصد XMM-Newton هو تلسكوب خاص أرسلته الوكالة الأوروبية لأبحاث الفضاء (ESA) يقوم برصد الكون في نطاق الأشعة السينية . أطلق التلسكوب يوم 10 ديسمبر 1999 على متن صاروخ حامل من نوع أريان 5 من مركز أبحاث الفضاء ، كورو الموجود بغويانا الفرنسية .

يحتوي XMM-Newton على ثلاث وحدات تتكون كل منها من 58 مرآة متداخلة من النوع 1-Wolfer type كما هو موضح في الشكل 1.2 ، تغطي نطاق الطاقة من 0.1 إلى 10 keV،

المنطقة الفعالة للوحدات الثلاث مجتمعة هو 6500 Cm^2 ، [11] يحمل تلسكوب XMM-Newton ثلاثة أنواع من الأجهزة للقياس:

❖ **نظام EPIC (European Photon Imaging Cameras) :** عبارة

عن ثلاث كاميرات أوروبية الصنع تستعمل لتصوير الفوتونات. و تعد من الأدوات الأساسية على متن تلسكوب XMM-Newton. يتألف النظام من كاميرتين من نوع CCD-MOS و كاميرا فردية PN-CCD ، تحتوي كل كاميرا على عجلة تصفية ذات ستة أوضاع، مع ثلاثة أنواع من المرشحات الشفافة بالأشعة السينية، يحتوي كل منها أيضا على مصدر مشع يستخدم للمعايرة الداخلية. يمكن تشغيل الكاميرات بشكل مستقل في مجموعة متنوعة من الأوضاع، اعتمادا على حساسية الصورة والسرعة المطلوبة، وكذلك شدة الهدف.

تستخدم 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.

يمكن أيضا تحديد كمية الطاقة التي تحملها الأشعة السينية للتعرف على الظواهر الفيزيائية التي تحدث في الجرم المرصود، وتحديد درجة الحرارة، التركيب الكيميائي، و مكونات الوسط بين المجري و بين نجمي و كل ما يوجد على خط البصر بين الجرم والتلسكوب.

EPIC MOS CCD : (MOS = Metal-Oxide-Semiconductor) وهي

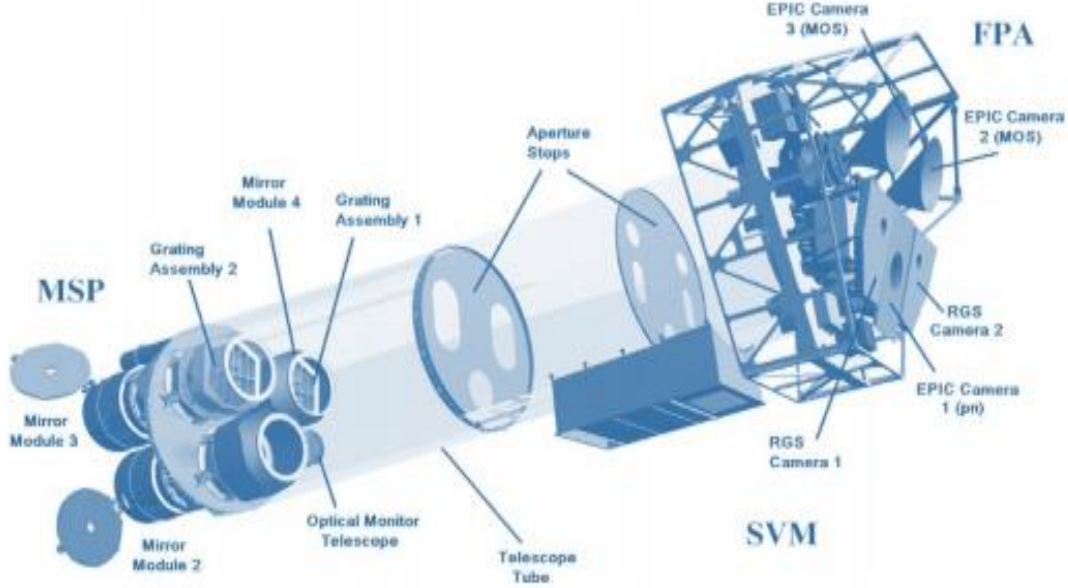
أنصاف نواقل من المعادن المؤكسدة أما (CCD(Charge Coupled Device) فهو جهاز ثنائي الشحن ، يشار إليها باسم كاميرات MOS يتم تثبيتها وراء التلسكوبات الأشعة السينية، التي تم تجهيزها بحواجز شبكية من RGS ، تقوم هذه الحواجز الشبكية بتحويل حوالي نصف التدفق

الخارجي للتلسكوب نحو كاشفات RGS ، بحيث يصل إلى أجهزة MOS حوالي 44 ٪ من التدفق الوارد الأصلي. [12]

- **EPIC PN CCD** (pn-junction) ، أي وصلة الموجب والسالب p: موجب و n: سالب وهو نوع خاص من الكاميرات يعتمد على وصالت موجبة وسالبة من ذرات السيليكون

❖ **RGS (Reflection Grating Spectrometers)** : يتكون من كاميرتين ويعد نظاما ثانويا في XMM-Newton يمكنه تحديد العناصر الموجودة في الرصد ودرجة حرارتها وكميتها وبقية خصائصها . يستخدم هذا النظام لإنشاء بيانات طيفية للأشعة السينية .

❖ **مقياس ضوئي (OM) ، Optical Monitor** : هو تلسكوب ذو مرآة مقعرة قطرها 30cm ، موازيا في اتجاهه للثلاثة تلسكوبات التي تقيس الأشعة السينية ، وهو يسمح بإجراء عمليات الرصد للمجموعة لمشاهدات الأشعة السينية وكذلك في الجزء فوق البنفسجي للأشعة المرئية .



شكل 1.2 : رسم تخطيطي لمرصد XMM-NEWTON

3.2 البيانات وكيفية الحصول عليها :

يتم الحصول على بيانات الأطياف من أرشيف التلسكوب XMM-NEWTON ، حيث نقوم بالتسجيل في الموقع الإلكتروني الخاص بالمرصد لتحميل ملفات البيانات ، و سنشرح فيما يلي الخطوات التي اتبعناها لتحليل بيانات المجرة النشطة التي درسناها في هذه المذكرة

- أولا : الدخول إلى تبويبه أرشيف المرصد XMM-NEWTON SCIENCE ARCHIVE (XSA) في موقع الوكالة الأوروبية للفضاء ESA .
- ثانيا : اختيار خانة البحث وتحميل البيانات الخاصة بالمجرة .

الفصل الثاني

- ثالثا: تظهر في تبويبه البحث عدة خيارات لتسهيل البحث و في خانة البحث نكتب اسم المجرة (مثلا المجرة التي سندرسها تدعى NGC7314) و يمكنك أيضا طلب بيانات رصد خاص للعمل عليه باختيار خانة Proposal .
- رابعا : تظهر نتائج البحث و تفاصيل دقيقة عن كل رصد (تاريخ ومدة الرصد و الباحثين المشاركين في دراسة هذا الرصد و صور أولية لمنحنيات الطيف) مع توفير خانة التحميل المباشر للبيانات على شكل العديد من الصيغ .
- نقوم بتحميل البيانات والتي تحتاج إلى تهيئة قبل تحليلها .

	Obs.ID	EPIC	RGS	BKGD	ESASky	Target	RA	DEC	Rev	Distance	Start Date	End Date
<input type="checkbox"/>	0725200301					NGC 7314	22h 35m 46.19s	-26d 03' 02.0"	2559	0.01	2013-11-28 15:12:50	2013-11-30 03:54:30
<input type="checkbox"/>	0725200101					NGC 7314	22h 35m 46.21s	-26d 03' 02.0"	2461	0.01	2013-05-17 02:53:11	2013-05-18 17:54:24
<input type="checkbox"/>	0790650101					NGC 7314	22h 35m 45.22s	-26d 03' 00.9"	3009	0.01	2016-05-14 12:43:24	2016-05-15 06:46:44
<input type="checkbox"/>	0111790101					NGC7314	22h 35m 45.99s	-26d 03' 02.0"	256	0.05	2001-05-02 09:34:15	2001-05-02 21:58:38
<input type="checkbox"/>	0111790201	N/A	N/A	N/A		NGC7314	22h 35m 45.99s	-26d 03' 02.0"	256	0.05	2001-05-02 06:31:55	2001-05-02 09:26:55
<input type="checkbox"/>	0311190101					XMMUJ2235.3-2557	22h 35m 20.59s	-25d 58' 50.0"	1172	7.02	2006-05-03 12:18:04	2006-05-04 11:36:44

الشكل 2.2 : صورة لنتائج بحث عن البيانات من موقع المرصد الفكي . XMM-NEWTON

4.2 برنامج دراسة طيف الأشعة السينية xspec :

يسمح برنامج الملاءمة xspec بملاءمة البيانات الطيفية (spectrum DATA) المأخوذة من مرصد الأشعة السينية باستعمال نماذج فيزيائية ورياضية من أجل تحديد الظواهر الفيزيائية التي تحدث في الجرم المدروس .

الفصل الثاني

يتكون برنامج الملاءمة `xspec` من هيكل برمجي ، حيث يقوم باستدعاء البيانات المهيئة أولاً ثم يحدد نوع الدراسة التي سيقوم بها أما حسب طاقات الطيف `spectrum energy` أو حسب القنوات الطيفية `channels spectrum` من خلال الأمر `setplot` ، وبعدها تحدد النماذج المراد استخدامها بالأمر `model` ، ثم بدأ الملاءمة بالأمر `fit` .
و هناك أيضا أوامر تمكن من تصفية البيانات ورسم البيانات و المقارنة بين البيانات ونماذج الملاءمة .

في الجدول التالي توجد بعض أوامر البرنامج حسب فئتها، مع وصف مهمتها.

الأمر	الفئة	الوصف
Abund	الإعداد	تعيين جدول الوفرة المستخدمة في انبعاثات البلازما ونماذج امتصاص الكهروضوئية
Xsect		تغيير المقاطع العرضية امتصاص الكهروضوئية المستخدمة
Xset		تعديل عدد من المفاتيح الداخلية XSPEC
Quit	التحكم	اسم آخر لكلمة <code>exit</code> تستعمل للخروج من البرنامج
Show		عرض الملف الحالي ومعلومات النموذج
Help	البيانات	الحصول على تعليمات حول الأوامر XSPEC
Ignore		تجاهل مجموعة من قنوات PHA
Data		إدخال واحد أو أكثر من ملفات البيانات PHA
Model	النموذج	تحديد النموذج الذي سيتم استخدامه عند ملاءمة البيانات.

حساب تدفق النموذج الحالي على مجال طاقة معينة.		Flux
تعديل معاملات النموذج <code>rnewpar</code> هو معاملات الاستجابة		Newpar
العثور على أفضل نموذج ملائم للمعطيات	الملاءمة	Fit
تثبيت قيمة معامل النموذج خلال عملية الملاءمة .		Freeze
حساب F -الإحصائية بين نموذجين		Ftest
السماح بتغيير معامل النموذج خلال عملية الملاءمة		Thaw
وهي اختصار ل <code>setplot device</code>	الرسم	Cpd
تعديل خيارات رسم المنحنيات		Setplot
رسم المعطيات أو النموذج حسب خيارات معينة		Plot
مثل أمر الرسم ولكنها تفاعلية باستخدام <code>PLT</code>		lplot
تقوم بحفظ المنحنى		Hardcopy

الشكل 3.2 : جدول يحتوي على أهم الأوامر المستعملة في برنامج `xspec` و تنقسم هذه الأوامر إلى عدة فئات

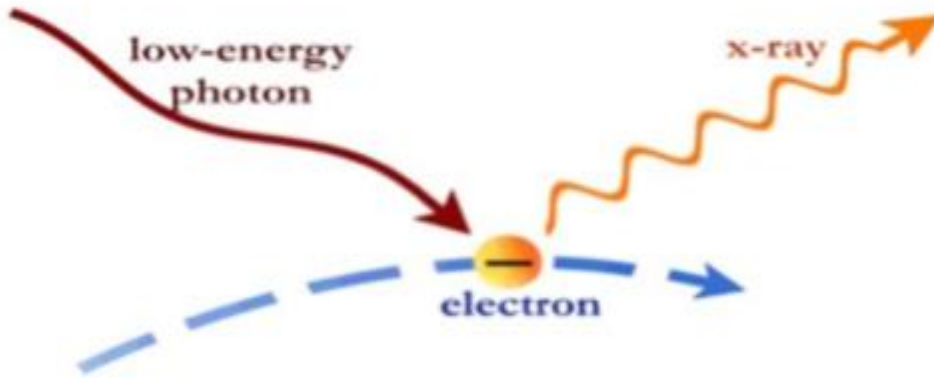
5.2 نماذج برنامج `xspec`

يحتوي `xspec` على العديد من النماذج لدراسة الأطياف الصادرة عن مراكز المجرات والثقوب السوداء وغيرها من الأجرام التي تصدر الأشعة السينية . وسوف نذكر هنا بعض النماذج

الأكثر استعمالاً والتي تساهم في تفسير بعض الظواهر الفيزيائية التي تصدر الأطياف المرصودة من الثقوب السوداء فائقة الكتلة.

1.5.2 نموذج القانون الأسّي : POWER LAW

يصف هذا النموذج تشتت كومبتون المعكوس للفوتونات (inverse Compton Scattering) ، حيث تشتت الفوتونات الأقل طاقة المنتجة من البلازما الساخنة إلى طاقات أعلى بواسطة إلكترونات نسبية في البلازما المحيطة بقرص التراكم حول الثقب الأسود فائق الكتلة وتنتشر على شكل إشعاع مباشر.



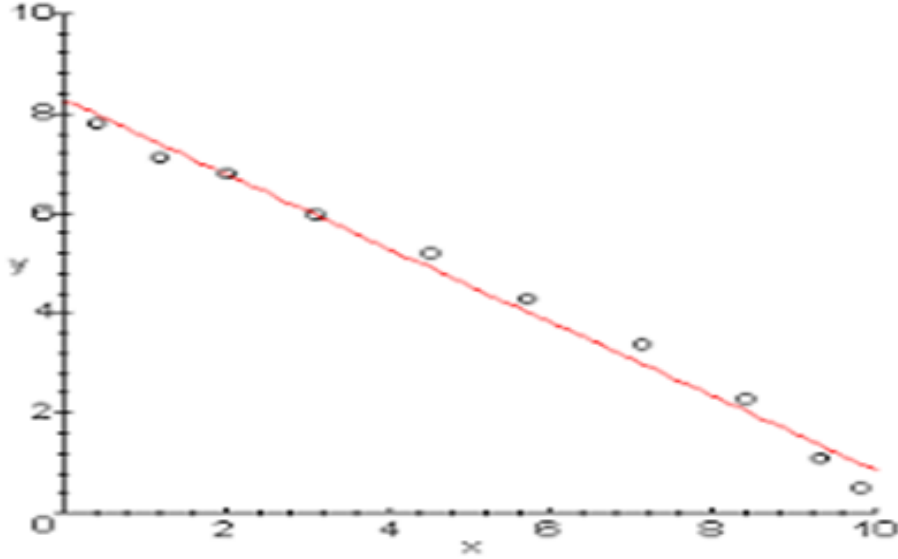
الشكل 4.2 : ظاهرة تشتت كومبتون المعكوس

وتكون عبارة تشتت طيف الإشعاع المباشر POWER LAW من الشكل :

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

Γ : هي مؤشر القانون الأسّي للطاقة

K : هو معامل التقنين ووحدته photon/keV/cm²/s



الشكل 5.2 : يمثل منحنى دالة power low

وهناك نموذج آخر يحتوي على معامل إضافي وهو الانزياح نحو الأحمر Redshift الذي يرمز له z ومنه عبارة النموذج تصبح على الشكل التالي :

$$A(E) = K(E(Z + 1))^{-\Gamma}$$

2.5.2 نموذج Gaussian :

يستخدم نموذج **Gaussian** في ملائمة خطوط الانبعاث، مع الأخذ بعين الاعتبار الانبعاثات من الذرات و الأيونات في قرص التراكم [13]

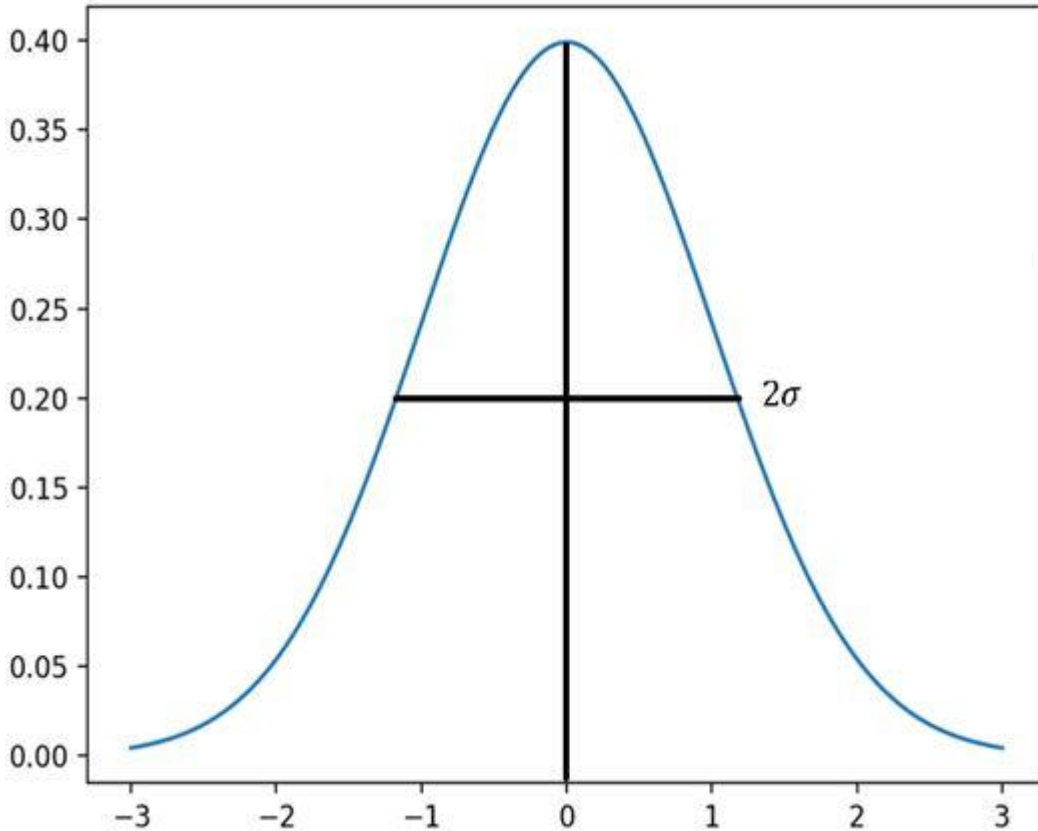
و عبارة النموذج هي :

$$A(E) = K \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-(E-EI)^2}{2\sigma^2}\right)$$

E : طاقة خط الانبعاث keV

σ : نصف عرض خط الانبعاث عند نصف الارتفاع keV

K : معامل التقنين الكلي في الخط photon/keV/cm²/s



الشكل 6.2 : منحنى دالة Gaussian نموذجية

وعند إضافة معامل الانزياح نحو الأحمر تصبح صيغة **zgaussian** كالتالي :

$$A(E) = K \frac{1}{(z+1)\sigma\sqrt{2\pi}} \exp \left(\frac{-(E(z+1)-El)^2}{2\sigma^2} \right)$$

z هو الانزياح نحو الأحمر **Redshift**

3.5.2 نموذج امتصاص الأشعة السينية في الوسط بين النجمي

: Tuebingen-Boulder ISM absorption model (tbabs)

هذا النموذج يدرس المقطع العرضي cross section لامتصاص الأشعة السينية في الوسط بين النجمي (Inter Stellar Meium) ISM ، وتفاعل الأشعة السينية مع الغازات والغبار النجمي المتواجد على طول مسار الأشعة الصادرة من الثقب الأسود ، ويخص بالتحديد تفاعل الأشعة السينية الصادرة مع ذرات الهيدروجين المتواجدة في الوسط بين النجمي ISM .
و يسمح هذا النموذج بتحديد التغير في كثافة الهيدروجين المتواجدة في الوسط بين النجمي ISM ، حيث يحتوي على معامل واحد هو كثافة الهيدروجين nH .

4.5.2 نموذج ztbabs :

مماثل للنموذج السابق بالاضافة الى وجود ثابت انزياح نحو الاحمر redshift كادخال اولي للنموذج .

6.2 منصة Sciserver :

خلال العمل على تحليل البيانات استعملنا البرامج المثبتة في مراكز الحواسيب العملاقة في جامعة Hopkins عن طريق منصة SciServer .

SciServer.org هو موقع تعليمي علمي تابع لجامعة Johns Hopkins University في أمريكا وممول من طرف المؤسسة الوطنية للعلوم ، وهو متاح مجاناً للباحثين والطلبة المتخصصين في علوم البيانات و تحليلها و علوم المحاكاة science of simulations .

SciServer Collaborative data-driven science

The Science Platform

A collaborative environment for server-side analysis with extremely large datasets

SciServer *Betelgeuse* v2.1.0 [Login to SciServer](#)

- About**
 - Bringing analysis to data
 - Ongoing research and development at JHU IDIES
 - Creating tools for science
- Hosted Datasets**
 - Full datasets (>2 PB)
 - Multiple disciplines
 - Simple online visualization and analysis
- Compute Images**
 - Free virtual machines
 - Jupyter notebooks
 - Pre-installed with software packages
- Science Domains**
 - Global interdisciplinary teams
 - Published results
 - Knowledge sharing with community
- Education**
 - Real science data
 - Template educational notebooks
 - Ideal for both short labs and independent research
- Help**
 - Short tutorials
 - Full documentation
 - Feedback and contact information

الشكل 7.2 : صورة لمنصة sciserver.org

SciServer : عبارة عن نظام بنية تحتية إلكتروني متكامل تمامًا يشتمل على أدوات وخدمات ذات صلة لتمكين الباحثين من التعامل مع البيانات العلمية الضخمة . يتيح SciServer نهجًا جديدًا يسمح للباحثين بالعمل مع تيرابايت أو بيتابايت من البيانات العلمية ، دون الحاجة إلى تنزيل مجموعات بيانات كبيرة.

يتكون SciServer من خدمات استضافة البيانات إلى جانب الأدوات المتكاملة التي تعمل معًا لإنشاء نظام كامل الميزات. وهذه بعض الخدمات التي يقدمها :

- تقديم إمكانات البحث عن البيانات الضخمة وتحليلها عبر الإنترنت .
 - سهولة الوصول من كل أنحاء العالم لبيانات المحاكاة الضخمة .
 - توفير نظام تخزين البيانات العلمية القائم على التخزين السحابي cloud storage .
 - أدوات و برمجيات متقدمة و متخصصة .
 - إضافة مجموعة واسعة من الميزات التعاونية .
- مزال SciServer يتطور , و سيصل مستقبلا لمعالجة بعض من أهم تحديات العلوم الحديثة بمجموعة متنوعة من الأدوات والأساليب المبتكرة .

الفصل الثالث

دراسة طيف المجرة النشطة

NGC7314

1.3 مقدمة :

سنقوم في هذا الفصل بدراسة بعض الخصائص الفيزيائية لنواة المجرة النشطة NGC7314 ، وهذا من خلال تحليل طيف الأشعة السينية المرصود من طرف XMM-Newton .

تم تحميل البيانات من أرشيف المرصد و تمت معالجتها باستعمال النسخة 19 من برنامج **SAS**

[14] (Science Analysis Software)

وسنقوم بملاءمة البيانات fitting باستعمال برنامج xspec [15] خاص بملاءمة أطياف الأشعة السينية ، والذي قدمنا تفاصيل عنه في الفصل الثاني .

تعتبر المجرة النشطة NGC7314 من نوع مجرات Seyfert 2 ذات قيمة انزياح

نحو الأحمر $z = 0.004763$ redshift ولها لمعان قيمته $F = 3.7 \times 10^{-11} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

في مجال الطاقة [2 – 10] KeV. ومؤشر الطيف الفوتوني Photon Index قيمته 2

$\Gamma \sim$ و كثافة الهيدروجين الخاصة بها $N_H \sim 5 \times 10^{21} \text{ cm}^{-2}$. [16]

ولقد تمت دراسة هذه المجرة النشطة من طرف عدة باحثين باستعمال رصدتين أو ثلاثة في ذلك

الوقت [16] [18] ، وسنقوم بتحليل كل البيانات المرصودة و خاصة الجديدة منها والتي لم تتم

دراستها بعد.

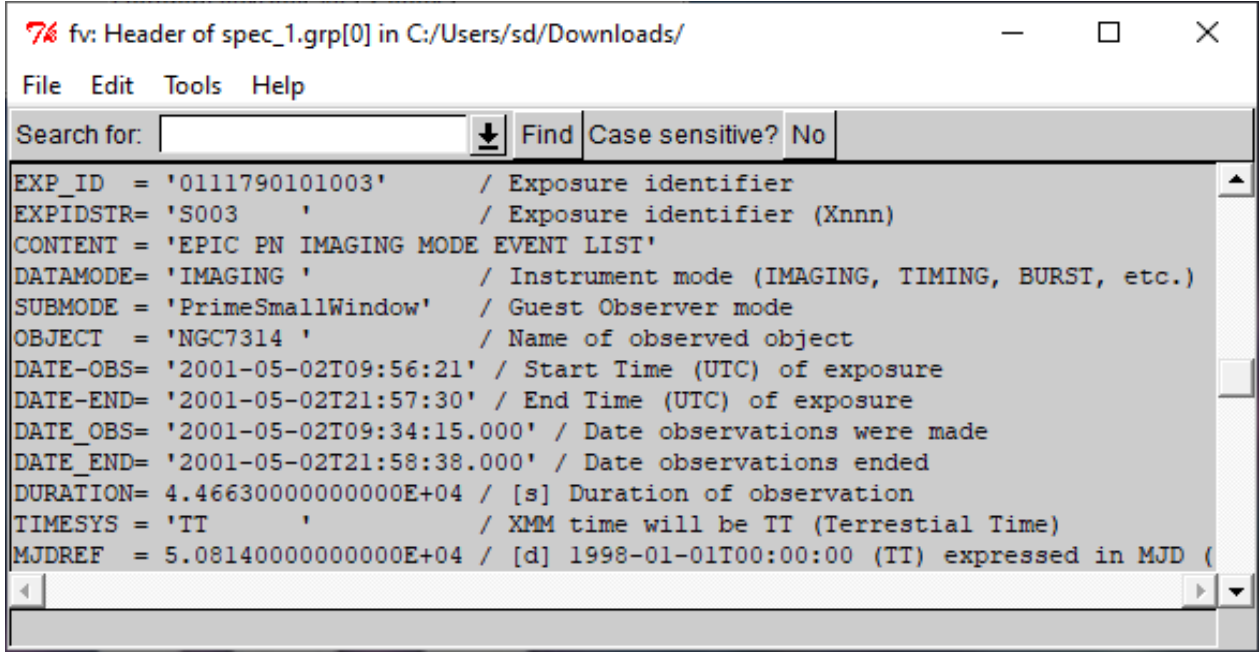
2.3 تحليل البيانات :

الجدول التالي يظهر تواريخ و مدد أرصاد NGC7314 من طرف XMM-Newton :

	ID Observation	تاريخ الرصد	مدة الرصد (s)
1	0111790101	02-05-2001	4.466300E04
2	0311190101	03-05-2006	8.39200E04
3	0725200101	17-05-2013	1.404730E04
4	0725200301	28-11-2013	1.310130E05
5	0790650101	14-05-2016	6.391400E04

الشكل 1.3 : جدول يحتوي على معلومات حول البيانات

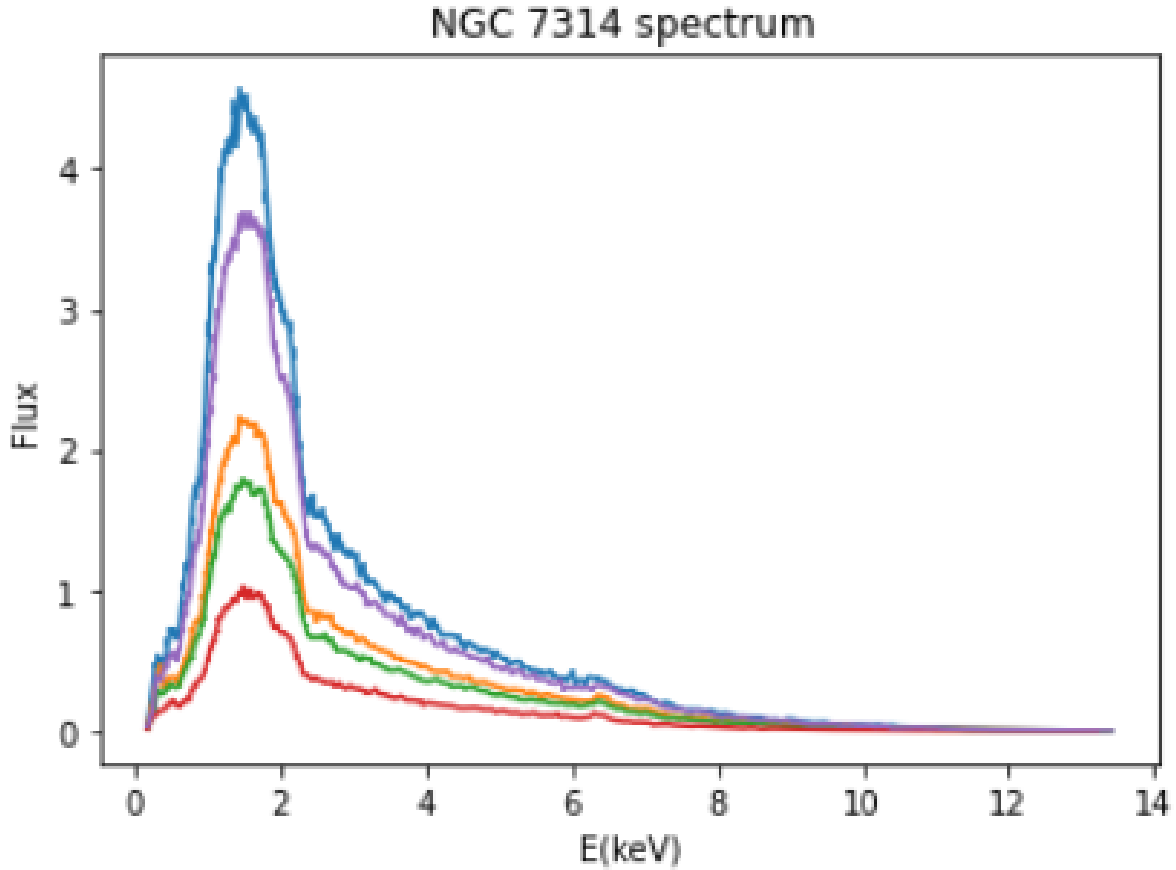
وتكون البيانات على شكل ملفات من نوع fits (Flexible Image Transport System)، يمكن الإطلاع عليها باستعمال برنامج fv [17] مثلا، وكل المعلومات المتعلقة بالرصد و معالجة البيانات يمكن إيجادها في الملف الافتتاحي header، كما يوضحه الشكل التالي :



لشكل 2.3 : صورة لبرنامج fv المقدم من ناسا NASA [17]

3.3 ملاءمة البيانات :

سنبدأ بدراسة الخط الطيفي للحديد في طيف الأشعة السينية المنعكسة على قرص التراكم نقوم أولاً برسم مختلف الأطياف كما في الشكل

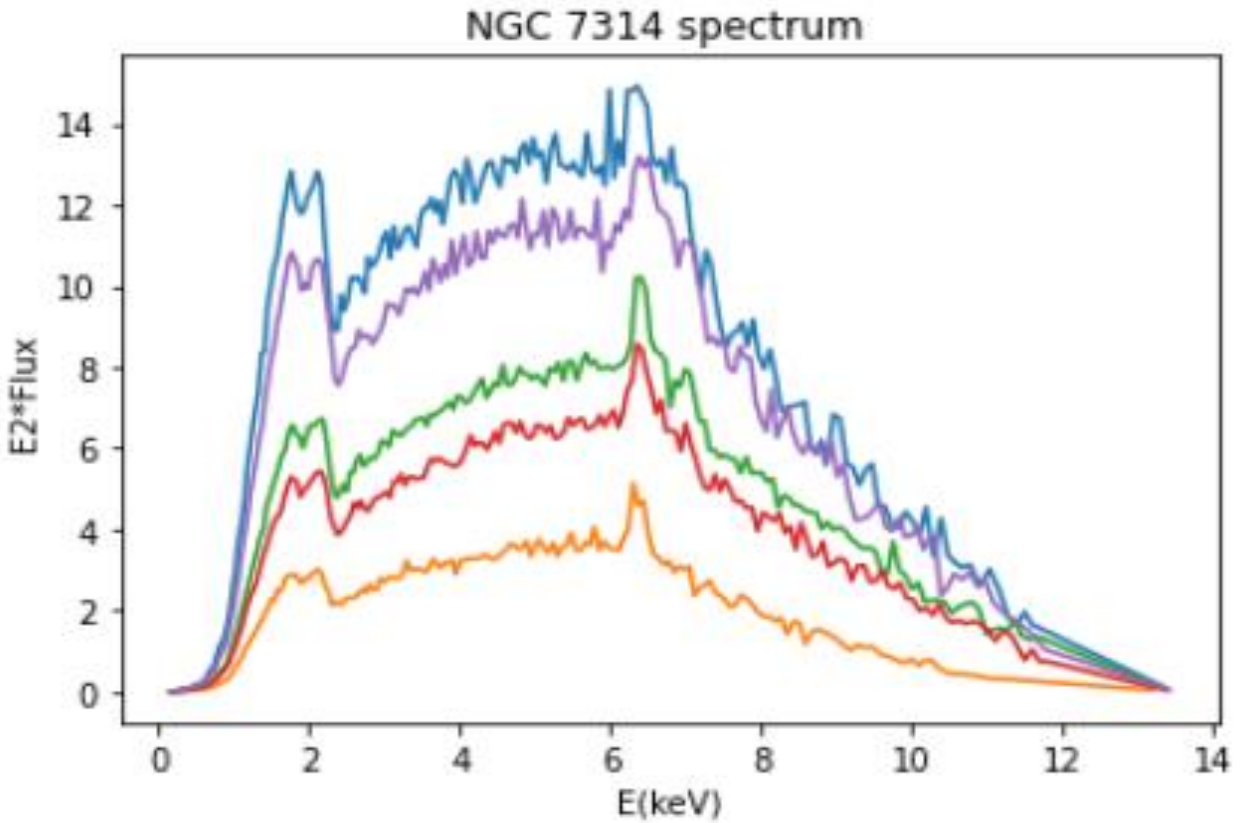


الشكل 3.3 : منحنيات التدفق بدلالة الطاقة للأرصاد الخمسة في المجال $[10 - 1] \text{ keV}$

من خلال المنحنيات نلاحظ أنه من الممكن تحديد الخط الطيفي المنعكس للحديد في المجال $[7 - 6] \text{ keV}$ وذلك لوجود قمم في ذلك المجال كما هو متوقع.

الفصل الثالث

من أجل ملاحظة خطوط الحديد بطريقة أوضح، نرسم منحنى مربع الطاقة E^2 مضروب في التدفق Flux بدلالة الطاقة والشكل التالي يظهر المنحنيات الجديدة :



الشكل 4.3 : يمثل اطياف الارصاد الخمسة ، حيث المحور العمودي يظهر $flux * E^2$ ، والمحور الافقي يظهر الطاقة .

في هذه المنحنيات تظهر القمم بشكل واضح في المجال $keV[7 - 6]$ وهذا يؤكد وجود خطوط طيفية للحديد في مجال الطيف المنعكس و بالتحديد في المجال $keV[7 - 6]$ ، وسنقوم

الفصل الثالث

في ما يلي بدراسة خواص هذه الخطوط الطيفية للحديد في الأرصاد الخمسة و ذلك بتطبيق نماذج رياضية و فيزيائية بواسطة برنامج الملاءمة xspec

1.3.3 دراسة الخط الطيفي للحديد عند 6.4 keV :

للتأكد من وجود خط طيفي للحديد سنقوم بتطبيق النموذجين الرياضيين power law و zgauss (انظر الفصل الثاني) في المجال keV[6-7] على الأرصاد الخمسة .

قمنا أولاً بوضع قيم أولية لمعاملات النماذج قبل بداية عملية الملاءمة كما يوضح الشكل التالي :

```
#=====
#Model powerlaw<1> + zgauss<2> Source No.: 1 Active/On
#Model Model Component Parameter Unit Value
# par comp
# 1 1 powerlaw PhoIndex 0.751485 +/- 0.0
# 2 1 powerlaw norm 1.73144E-03 +/- 0.0
# 3 2 zgauss LineE keV 6.38803 +/- 0.0
# 4 2 zgauss Sigma keV 9.76156E-02 +/- 0.0
# 5 2 zgauss Redshift 7.46000E-03 frozen
# 6 2 zgauss norm 2.40201E-05 +/- 0.0
#
#
```

الشكل 5.3 : صورة مأخوذة من برنامج xspec تظهر القيم الأولية لنموذج po+zga

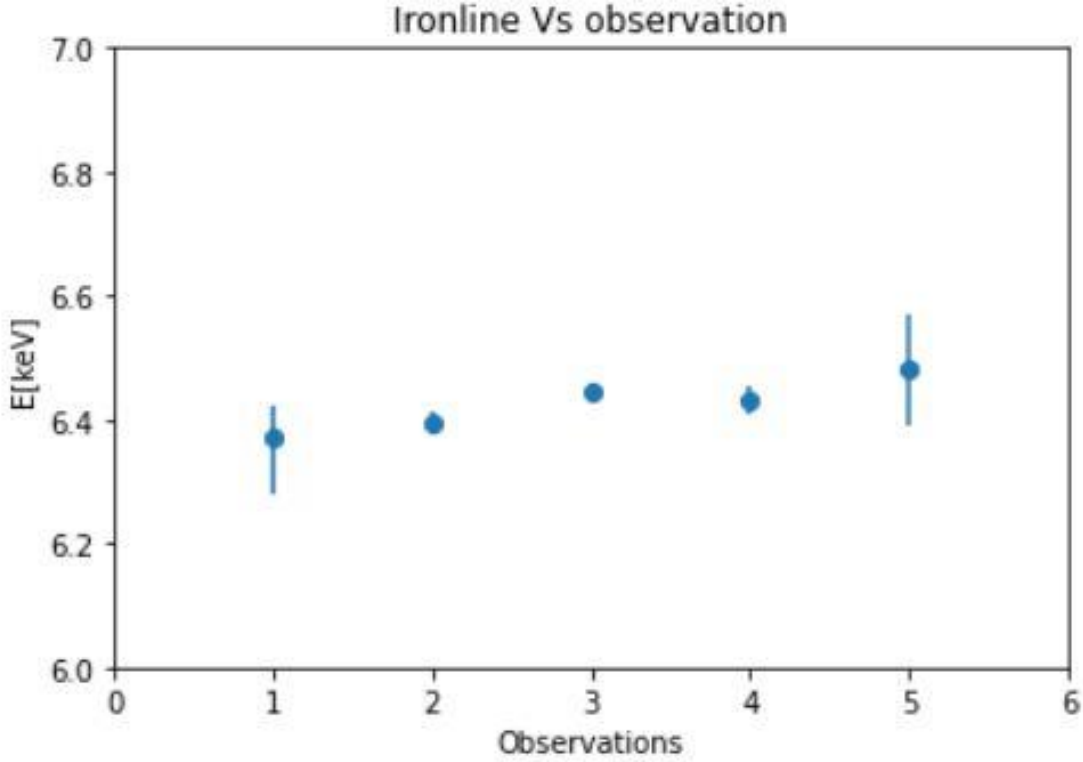
بعد عملية الملاءمة تحصلنا على القيم التالية للطاقة E للأرصاد الخمسة :

الفصل الثالث

	الرصد	قيمة الطاقة لخط الحديد (keV)	حدود الارتياح
1	0111790101	6.37	[+0.09 , -0.05]
2	0311190101	6.39	[+0.02 , -0.02]
3	0725200101	6.44	[+0.02 , -0.01]
4	0725200301	6.43	[+0.02 , -0.02]
5	0790650101	6.48	[+0.09 , -0.08]

الشكل 6.3 : جدول يحتوي على قيم الطاقة لخط طيفي للحديد مع حدود الارتياح لخمس أرصاد

وفيما يلي التمثيل البياني لأحسن قيم ملاءمة الطاقة بدلالة أرقام الأرصاد



الشكل 7.3 : يمثل مجال تغير الطاقة [6 – 7] keV للمجرة NGC7314

نلاحظ أن قيم طاقات الخط الطيفي للحديد تساوي بالتقريب 6.4 keV في حدود الارتياح ، وهو ما وجد في دراسات سابقة لهذه المجرة النشطة [16] ويوافق ما هو متوقع في مجرات Seyfert.

2.3.3 دراسة امكانية وجود خط طيفي ثاني للحديد :

عند رسم منحنى التدفق بدلالة الطاقة في مجال من [6 – 10] keV للخمس أرصاد ، لاحظنا وجود قمة ثانية لخط الطيفي للحديد لأربعة أرصاد، لكنها لا تظهر في طيف الرصد

الفصل الثالث

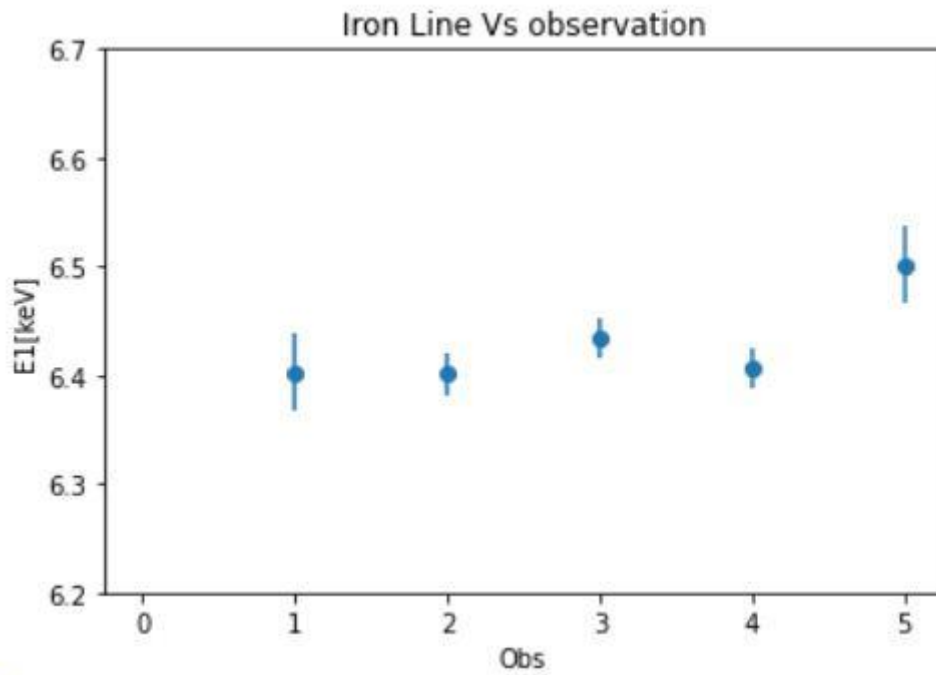
الثاني وذلك في الطاقات أكبر من 7 keV وللتأكد من هذا قمنا بملاءمة الطيف على المجال [6 – 10] keV مع إضافة نموذج zgauss آخر من أجل الخط الطيفي الثاني للأرصاء الأربعة
الإدخالات الأولية كانت كالتالي :

```
#=====
#Model powerlaw<1> + zgauss<2> + zgauss<3> Source No.: 1 Active/On
#Model Model Component Parameter Unit Value
# par comp
# 1 1 powerlaw PhoIndex 0.751485 +/- 0.0
# 2 1 powerlaw norm 1.73144E-03 +/- 0.0
# 3 2 zgauss LineE keV 6.38803 +/- 0.0
# 4 2 zgauss Sigma keV 9.76156E-02 +/- 0.0
# 5 2 zgauss Redshift 4.76300E-03 frozen
# 6 2 zgauss norm 2.40201E-05 +/- 0.0
# 7 3 zgauss LineE keV 7.10000 +/- 0.0
# 8 3 zgauss Sigma keV 9.70000E-02 frozen
# 9 3 zgauss Redshift 4.76300E-03 frozen
# 10 3 zgauss norm 2.40000E-05 frozen
#
```

الشكل 8.3 : صورة مأخوذة من برنامج xspec تظهر القيم الأولية لنموذج po+zga+zga نتائج الملاءمة:

لاحظنا أن طاقة الخط الطيفي الأول بقية نفسها 6.4 keV كما كان متوقعا ، اما طاقة

الطيف الثاني فكانت تساوي 7 keV بالتقريب في حدود الارتياب كما يوضح الشكل
الموالي :



الشكل 9.3 : يمثل احسن قيم الملاءمة للخط الطيفي للحديد عند 6.4 keV للارصاد الخمسة للمجرة NGC7314

	الرصد	قيمة الطاقة لخط الحديد الثاني (keV)	حدود الارتياح
1	0111790101	6.91	[+0.06 , -0.06]
3	0725200101	7.05	[+0.03 , -0.03]
4	0725200301	7.00	[+0.04 , -0.04]
5	0790650101	7.06	[+0.05 , -0.05]

الشكل 10.3 : جدول يحتوي على قيم الطاقة لخط طيفي للحديد الثاني مع حدود الارتياح لاربع ارصاء

يجدر بنا هنا الإشارة إلى أن الأمر غير محسوم في الوسط العلمي بشأن الخط الطيفي الثاني فهناك باحثون يؤكدون أن هذه النتائج تمثل فعلا خط طيفي ثاني للحديد وهناك فريق ينفي هذا الاستنتاج وترجح أنه لا وجود لخط طيفي ثاني بل مجرد ضوضاء القياسات. وللبحث في هذه النتيجة يجب القيام بالملاءمة باستعمال نماذج فيزيائية مثل *relxill* و *xillver* تحتوي على خواص قرص التراكم، كنسبة التآين و زاوية الميلان.... إلخ

3.3.3 كثافة الهيدروجين ومؤشر الطيف الفوتوني :

لتحديد كثافة الهيدروجين في المجرة النشطة المدروسة، علينا تطبيق نموذج الملاءمة نموذج امتصاص الاشعة السينية في الوسط بين النجمي

Tuebingen-Boulder ISM absorption model (tbabs) و لتحديد قيمة

مؤشر الطيف Γ يجب علينا تطبيق النموذج power law فيصبح مجموع النماذج كالتالي :

($tbabs * ztbabs * (po + zga)$) بالنسبة للرصد الثاني

و ($tbabs * ztbabs * (po + zga + zga)$) بالنسبة لبقية الأرصاد

ندرس الأطياف على كل المجال الطاقوي.

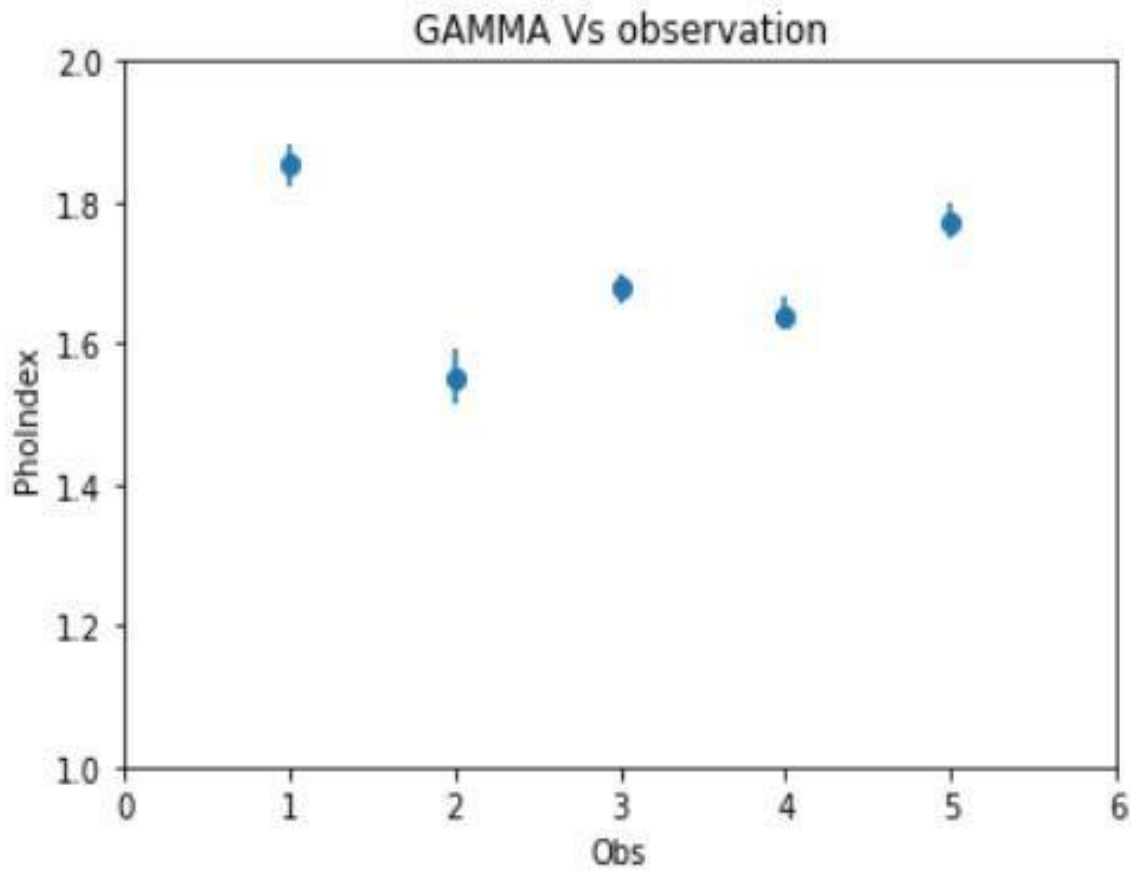
الإدخالات الأولية كانت كالتالي :

```
#=====
#Model TBabs<1>*zTBabs<2>(powerlaw<3> + zgauss<4> + zgauss<5>) Source No.: 1 Active/On
#Model Model Component Parameter Unit Value
# par comp
# 1 1 TBabs nH 10^22 3.80000E-02 frozen
# 2 2 zTBabs nH 10^22 1.00000 +/- 0.0
# 3 2 zTBabs Redshift 4.76300E-03 frozen
# 4 3 powerlaw PhoIndex 0.751485 +/- 0.0
# 5 3 powerlaw norm 1.73144E-03 +/- 0.0
# 6 4 zgauss LineE keV 6.38803 +/- 0.0
# 7 4 zgauss Sigma keV 9.76156E-02 +/- 0.0
# 8 4 zgauss Redshift 4.76300E-03 frozen
# 9 4 zgauss norm 2.40201E-05 +/- 0.0
# 10 5 zgauss LineE keV 7.10000 +/- 0.0
# 11 5 zgauss Sigma keV 9.76156E-02 +/- 0.0
# 12 5 zgauss Redshift 4.76300E-03 frozen
# 13 5 zgauss norm 2.40201E-05 +/- 0.0
#
#
```

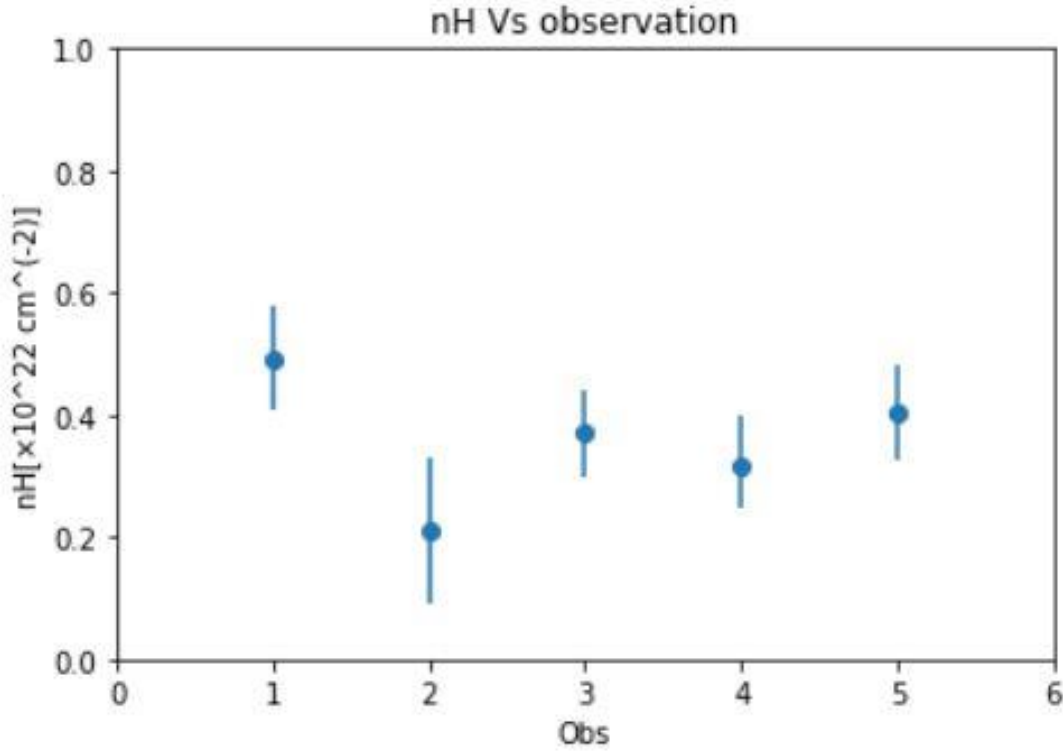
الشكل 11.3 : صورة مأخوذة من برنامج xspec تظهر القيم الأولية لنموذج

$$TBabs*zTBabs*(po+zga+zga)$$

بعد القيام بعملية الملاءمة تحصلنا على النتائج التالية :



الشكل 12.3 : يمثل مجال تغير قيمة مؤشر الطيف Γ لمجرة NGC7314 للارصاد الخمسة



الشكل 13.3 : يمثل مجال تغير كثافة الهيدروجين لمجرة NGC7314

ومن الشكلين (12.3) و(13.3) كثافة الهيدروجين لهذه المجرة هي $nH \approx 0.3$ في حدود الارتياح ومؤشر طيف هذه المجرة هو ما بين [1.5 – 1.9].

نلاحظ أن النتائج المحصل عليها توافق ما وجد في دراسات سابقة لهذه المجرة [18] والتي تناولت الأرصاد الثلاثة الأولى فقط ، ونتائج الملاءمة للرصد الخامس توافق نتائج الملاءمة للأرصاد السابقة.

4.3 مناقشة النتائج :

بعد عملية الملاءمة التي كانت تهدف لتحديد طاقات خطوط الحديد ، كثافة الهيدروجين في المجرة النشطة NGC7314 ومؤشر الطيف ، تحصلنا على ما يلي

✓ مؤشر الطيف الفوتوني قيمته بين 1.5 إلى 1.9

✓ كثافة هيدروجين قدرت بـ $N_H \approx 0.3 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ في حدود مجال الارتياح

✓ طاقة الخط الطيفي للحديد قيمتها 6.4 keV في حدود مجال الارتياح .

✓ قيمة طاقة الخط الطيفي الثاني في الأربع أرصاد بالتقريب 7 keV في حدود مجال الارتياح .

و هذه النتائج قريبة وموافقة لدراسة البيانات لبعض ارصاد NGC 7314 التي اجريت في البحث

[16]

إن تطبيق نماذج فيزيائية مثل xillver وrelxill سيوفر لنا المزيد من المعلومات على خط الطيف

الثاني وبقية خواص قرص التراكم كزاوية ميلان القرص ونسبة وفرة الحديد .. الخ .

الجماعة

الخاتمة:

في هذه المذكرة قمنا بدراسة طيفية للمجرة النشطة NGC7314 حيث قمنا بتحليل 5 بيانات مأخوذة من مرصد XMM-Newton

استعملنا برنامج XSPEC المقدم من وكالة NASA الامريكية للقيام بملاءمة البيانات لدراسة خطوط الحديد وكثافة الهيدروجين لنواة هذه المجرة ومؤشر طيفها

ومن نتائج الملائمة وجدنا ان خط الحديد طاقته 6.4 keV في حدود مجال الارتياح والخط الثاني للحديد لاربع ارساد طاقته 7 keV في حدود مجال الارتياح

، قيمة مؤشر طيف المجرة في حدود من 1.5 إلى 1.9 ، بينما كانت كثافة الهيدروجين في قرص التراكم هذا تساوي تقريبا $N_H \sim 0.3 \cdot 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ في حدود مجال الارتياح

وتوافق هذه النتائج ما حصل عليه الباحثون الذين حللوا بيانات بعض ارساد NGC 7314

المراجع

[1] <https://imagine.gsfc.nasa.gov>

[2] J.C Lee et al Astrophysical Journal, Volume 570, © 2002 The American Astronomical Society J.C Lee et al., Astrophysical Journal, Volume The American Astronomical 2002 ,570 Society

[3] Gravitationally collapsed objects of very low mass, Stephen W Hawking 1971

[4] "Giants of physics found white-dwarf mass limits", Nature 440, Eric G. Blackman, 148 (2006)

[5] "Understanding Black Hole Mass Assembly via Accretion and Mergers at Late Times in Cosmological Simulations". The Astrophysical Journal. 799 (2): (178) Kulier, Andrea; Ostriker, Jeremiah P.; Natarajan, Priyamvada; Lackner, Claire N.; Cen, Renyue (February 1, 2015).

[6] *The Event Horizon Telescope Collaboration (April 10, 2019). "First M87 Event Horizon Telescope Results. I. The Shadow of the Supermassive Black Hole". The Astrophysical Journal Letters. 87 (1). Retrieved April 10, 2019.*

[7] <https://www.open.edu/openlearn/science-maths-technology/introduction-active-galaxies/content-section-0?active-tab=description-tab>

[8] A New Library of Stellar Optical Spectra , Silva, David R.;Cornell, Mark E. 1992ApJS...81..865S

- [9] VizieR Online Data Catalog: A New Library of Optical Spectra
Silva + 1992. VizieR On-line Data Catalog: III/166.
- [10] The integrated spectra of nearby galaxies-General properties
and emission-line spectra
RC Kennicutt Jr - The Astrophysical Journal, 1992 - 388:310-327,
1992
- [11] NuSTAR Observatory Guide, California Institute of Technology,
Pasadena, CA .(USA), June 2016.
- [12] <https://www.cosmos.esa.int/web/xmm-newton>.
- [13] An X-Ray Spectral Fitting Package User's Guide for version 12.9.0 -
Keith Arnaud, Ben Dorman, and Craig Gordon HEASARC Astrophysics
Science
Division NASA/GSFC Greenbelt, MD 20771 Jul 2015
- [14] <https://www.cosmos.esa.int/web/xmm-newton/sas-news>
- [15] <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/xanadu/xspec>
- [16] Probing the unified model in NGC 7314 , J. Ebrero¹, E.
Costantini¹, J. S. Kaastra^{1,2}, B. De Marco^{3,4} and M. Dadina⁴ ,
Received: 7 July 2011 Accepted: 5 September 2011
https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2011/11/aa17650-11/aa17650-11.html
- [17] <https://heasarc.gsfc.nasa.gov/ftools/fv/>

[18] Discovery of Fe K α x-ray reverberation around the black holes in MCG–5-23-16 and NGC 7314 A. Zoghbi , C. Reynolds, E. M. Cackett , G. Miniutti , E. Kara , A. C. Fabian
The Astrophysical Journal 767 , February 2013

المخلص :

إن الدراسة الطيفية للأشعة السينية الصادرة عن المجرات النشطة تمكننا من التعرف على الكثير من الخصائص الفيزيائية للثقوب السوداء فائقة الكتلة الموجودة في مراكز المجرات النشطة. في هذه المذكرة حللنا بيانات عدة أرصاد من XMM-NEWTON لمجرة نشطة NGC7314 من نوع Seyfert ، و قمنا بملاءمتها بهدف تحديد الخط الطيفي للحديد والمؤشر الطيفي للإشعاع السيني المباشر وكثافة الهروجين في المجرة النشطة.

Summary:

The spectroscopic analysis of the X-rays detected from the active galactic nuclei AGN allow the identification of many physical properties of super massive black holes in the center of AGN. We worked on data analysis of the five XMM-Newton observations of the Seyfert galaxy NGC 7314. We fitted the data using xspec program , and we obtained the best fit parameters for Iron line, direct emission photon index and Hydrogen density in the AGN .

Résumé:

L'analyse spectroscopique des rayons X en provenance des galaxies à noyaux actifs nous permet d'identifier de nombreuses propriétés physiques des trous noirs supermassifs localisés aux centres des galaxies actives. Dans ce travail, nous avons analysé les données de 5 observations effectuées par XMM-Newton, de la galaxie Seyfert NGC 7314. Nous avons effectué des fittings des données en utilisant le programme xspec et avons obtenu des valeurs pour la ligne spectrale du fer, l'indice des photons de l'émission directe du rayonnement X et la densité de l'hydrogène dans la galaxie .