بسم الله الرحمن الرحيم


جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

كلية العلوم – قسم الفيزياء


بحث تكميلي لنيل درجة البكلاريوس في :

# انهيار النجوم


اعداد الطلاب

ادريس رابح ادريس

حسام الدين العجب

مصعب بابكر محمد

اشراف الدكتور :

راوية عبد الغني

# الأية

بسم الله الرحمن الرحم

**قال تعالى :**

[ وَأَلْقَىٰ فِي الْأَرْضِ رَوَاسِيَ أَن تَمِيدَ بِكُمْ وَأَنْهَارًا وَسُبُلًا لَّعَلَّكُمْ

وَعَلَامَاتٍ وَبِالنَّجْمِ هُمْ يَهْتَدُونَ ] يَهْتَدُونَ

سورة النحل الايات 15 ، 16

# الاهداء

،، اهداء الي امهاتنا وابائنا ،،

،، الي اساتذتنا وزملائنا ،،

# الشكر والعرفان

الشكر اولا واخيرا لله جل وعلا علي تيسيره وامتنانه ،،

ثم الشكر للمشرف الذي كان معنا عونا وهاديا ونصيرا ،،

ثم الشكر كل الشكر للسيد الواثق عبدالله الذي اعننا كثيرا ،،

ثم الشكر لكل من ساهم معنا وكان عونا لنا في الطريق ،،

**ملخص البحث**

بعد ان تولد النجوم في الســـدم وتبدا رحلة حياتها في الفضـــاء يفقد النجم طاقته حيث يتحول معظم الهيدروجين الفيه الي هيليوم فيتحول النجم الي قزم احمر يحاول عندها النجم عدم الانهيار بفعل الجاذبية نحو المركز وبعد نضـــوب الوقود النووي ينهار النجم فاذا كانت كتله اكبر من حد تشـــاندرا ســيخار ينفجر النجم نحو الخارج ويتجمع ما بقي من هايدروجين ليكون القزم الابيض ، اما اذا كانت كتلة النجم اكبر من حد تشـاندرا سـيخارا فانه يتحول الي ثقب اسـود اذا كان اقل من حد اوبنهايمر او الي نجم نيوتروني اذا كان اكبر من حد ابونهايمر .

# Abstract

After that stars are born in nebulae trip begins her life in space star loses energy and it becomes most hydrogen Goals into helium, turning the star into red dwarf tries then the star not to collapse under gravity towards the center and after depletion of the nuclear fuel breaks down the star If the mass is greater than the limit Chandra Sekhar explodes star outward and gather what was left of hydrogen to be a white dwarf, but if the mass of the star is greater than the limit Chandra Sekhara it turns into a black hole if it was less than an end to the Oppenheimer or neutron star if it is greater than the limit Abonheimer.

# الفهرست


| الرقم | العنوان | الصفحة |
|---|---|---|
| 1 | الاية | .I |
| 2 | الاهداء | .II |
| 3 | الشكر والعرفان | .III |
| 4 | ملخص البحث | .IV |
| 5 | **Abstract** | .V |
| 6 | الفهرست | .VI |
| | **الباب الاول** | |
| 1 | المقدمة | 1 |
| 2 | اهداف البحث | 1 |
| 3 | اهمية البحث | 1 |
| 4 | محتوى البحث | 1 |
| | **الباب الثاني** | |
| 1 | مقدمة | 2 |
| 2 | التاريخ | 2 |
| 3 | اقسام علم الفلك | 3 |
| 4 | علم الفلك النظري | 3 |
| 5 | علم الفلك الرصدي | 3 |
| | **الباب الثالث** | |
| 1 | مقدمة | 6 |
| 2 | تعريف النجوم | 6 |
| 3 | ولادة النجوم | 7 |
| 4 | انواع النجوم | 8 |
| 5 | خصائص النجوم | 10 |
| 6 | وقود النجوم | 12 |
| 7 | تسمية النجوم | 13 |
| | **الباب الرابع** | |
| 1 | مقدمة | 14 |
| 2 | مرحلة الموت | 14 |
| 3 | النسق الاساسي | 15 |
| 4 | العملاق الاحمر | 16 |
| 5 | النجوم النيوترونية | 18 |
| 6 | الثقوب السوداء | 21 |
| 7 | الخاتمة | 27 |
| 8 | التوصيات | 28 |
| 9 | المراجع | 29 |

# الباب الاول

## (1-1) المقدمة :

يعتبر علم الفلك من العلوم الاساسية في علم الفيزياء حيث يقوم بدرسة الاجرام السماوية مثل النجوم والكواكب والسدم ويوضح خصائصها وينقسم علم الفلك الي قسمين رئيسيين الفلك الرصدي والفلك الراديوي ويندرج تحت كل قسم من تلك الاقسام قسم فرعي معين يقوم بدور محدد في دراسة المجال .

النجوم هي احدي الاجرام السماوية الاكثر تواجد في الفضاء حولنا تولد النجوم في السدم حيث ينسحق الهيدروجين في حجم معين ثم يبدا تفاعل الهيدروجين التسلسلي حيث تندمج ذرات الهيدروجين مكونة للهليوم وينتج من التفاعل طاقة هائلة تنتشر في الفضاء الشاسع ويشع النجم ضوءه لالاف وملايين السنين حيث تتراوح اعمار النجوم بين المليار ومائات المليارات من السنين بعد ان ينضب وقود النجم يتحول النجم الي عملاق احمر وبعد ذلك يتحول النجم الي قزم ابيض اذا كانت كتلته اقل من 1.4 من كتلة الشمس

او الي ثقب اسود اذا كان اكبر من 1.4 من كتلة الشمس وهو مايعرف بحد تشاندرا سيخار او يتحول النجم الي نجم نيوتروني .[6]

## (1-2) اهداف البحث :

دراسة خصائص النجوم والتعرف علي كيفية ولادة النجوم في السدم ، دراسة انواع النجوم وكيفية حياتها ماذا يحدث للنجم عندما يفقد طاقته ويموت والي ماذا يصير النحم بعد نفاد طاقته

## (1-3) اهمية البحث :

توضيح اهمية دراسة علم الفلك كفرع اساسي من افرع علم الفيزياء ودراسة خصائص النجوم ودورت حياتها ومماتها .

## (1-4) محتوي البحث :

يتناول الباب الاول مقدمة و الباب الثاني علم الفلك و الباب الثالث دورة حياة النجوم مولدها وتفاعلاتها و الباب الرابع نهاية حياة النجوم وماذا يحدث للنجم عند نفاد طاقته حيث يشرح المأل الذي يصير اليه النجم .

# الباب الثاني

## (2-1) المقدمة

الفيزياء الفلكية هي احد فروع علم الفلك الذي يتناول فيزياء الكون بما في ذلك الخصائص الفزيائية من لمعان وكثافة وتكوين كيميائى للأجرام الكونية مثل النجوم والمجرات وكذلك تفاعلاتها كما تتداخل الفزياء الفلكية في عدة مجالات من العلوم منها الفيزياء والكهرومغناطيسية وفيزياء الجسيمات وغيرها. وتاريخ الفلك يبدأ منذ عصر ما قبل التاريخ حيث كان الإنسان الأول قد شغل تفكيره بالحركة الظاهرية المتكررة للشمس والقمر وتتابع الليل حيث يظهر الظلام و تظهر النجوم وحيث يتبعه النهار لتتواري في نوره. وكان يعزي هذا للقوى الخارقة لكثير من الآلهة أهم ما في هذا العلم بالذات ــ علم الفلك ــ هو تمكنه خلال مدة قصيرة من نسخ كل جذوره السابقة.. لاشك أننا نهتم بعلم الفلك الصيني، وعلم الفلك الكلداني وغيرها.. ولكن اهتمامنا به إنما يقع في سياق تاريخي بمعظمه، أما علم الفلك اليوم فلا يسمى مصرياً ولا أمريكيا ولا أوربياً، بل هو (علم الفلك) وكل تلك الفرضيات عن قرن ثور أو ناب فيل زالت تماماً من السياق العلمي. لم يصل علم الفلك طبعاً، إلى معلومات يقينية عن كل شي، لكنه بكل تاكيد تجاوز ونسخ كل الخرافات التي كانت مسلمات في الماضي، وأخذ عنها الحقائق فقط. .

(2-2) علم الفلك

علم الفلك هو الدراسة العلمية للأجرام السماوية مثل النجوم، والكواكب، والمذنبات، والمجرات، و السدم والظواهر التي تحدث خارج نطاق الغلاف الجوي ، ويعتبر علم الفلك من أوائل العلوم التي نشأت في فجر البشرية وهو علم يهتم بمراقبة و دراسة الاحداث التي تقع خارج الكرة الارضية وغلافها الجوي و علم التنبؤ بالظواهر الفلكية، يدرس علم الفلك بدايات الاجسام التي يمكن مراقباتها في السماء (خارج الارض)، وتطورها وخصائصها الفيزيائية و الكيميائية، والاحداث المرافقة لها. [

يبدأ تاريخ علم الفلك الي عصر ما قبل التاريخ حيث كان الإنسان الأول قد شغل تفكيره بالحركة الظاهرية المتكررة للشمس والقمر وتتابع الليل حيث يظهر الظلام و تظهر النجوم وحيث يتبعه النهار لتتواري في نوره. وكان يعزي هذا للقوى الخارقة لكثير من الآلهة. وكان الصينيون يعتبرون الأرض عربة ضخمة في أركانها أعمدة ترفع مظلة (السماء) وبلاد الصين تقع في وسط هذه العربة ويجري النهر السماوي (النهر الأصفر) من خلال عجلات العربة ويقوم السيد الأعلي المهيمن علي أقدار السماء والأرض بملازمة النجم القطبي بالشمال بينما التنينات تفترس الشمس والقمر.
وفي القرن الثاني ق.م. وضع الفلكي الصيني(هياهونج) نظرية السماء الكروية حيث قال أن الكون بيضة والأرض صفارها و قبة السماء الزرقاء بياضها ، بينما اعتقدت بعض المجتمعات في افريقيا أن الشمس تسقط كل ليلة عند الافق الغربي إلى العالم الاسفل, فتدفعها الفيلة للأعلى ثانية لتضيء الارض من جديد، وتتابع هذه الحركة يوميا..، كان قدماء المصريين يعتقدون أن الأرض مستطيلة طويلة يتوسطها نهر النيل الذي ينبع من نهر أعظم يجري حولها تسبح فوقه النجوم الآلهة. والسماء ترتكز علي جبال بأركان الكون الأربعة و تتدلى منها هذه النجوم. وتمكنوا منذ 3000 سنة ق.م. بالقيام بالرصد الفلكي وقياس الزمن وتحديده من خلال السنة والأشهر. وبنوا الأهرامات أضلاعها (وجوهها) متجهة للجهات الأربع الأصلية. ومن خلال هذا نجدهم قد حددوا الشمال الحقيقي. والفلك الفرعوني لم يهتموا به عكس بلاد الرافدين ولاسيما بالدورة القمرية. واهتموا بالشمس لأنها كانت ترمز للإله رع ، بينما نشط علم الفلك في الحضارة العربية في عدة مراحل، ولعل الاهتمام بمتابعة الأهلة لتحديد مواعيد الاشهر القمرية كان بداية العمل في هذا الاتجاه. ويعرف أن بعض العلماء العرب قاموا ببناء مراصد للنجوم في مناطق مختلفة من الدولة الإسلامية.

إبان الحكم الفاطمي برز علم الفلك بسبب اهتمام الحكام به آنذاك، وكانت المعضلة التي حاول الفلكيون آنذات حلها هي مدارات الكواكب حول الأرض، فكانوا يحاولون وضـــع نظرية جامعة متكاملة تحل حركة الافلاك والنجوم والكواكب، لكنها لم تولد أبداً. فقد كانت نقطة الانطلاق خاطئة دوماً، وهي التسليم بمركزية الأرض .في سنة ١٥٤٣ قلب الفلكي نيقولا كوبرنيكوس ( ١٤٧٣ - ١٥٤٣ ميلادية) هذه النظرية رأسا على عقب حين قال في كتابه (دوران الأجسام السماوية) أن الشمس يجب أن تكون مركزا لكل شيء حتى تتمكن من أن تمد سائر الكواكب السيارة بالضوء. وعندما جرب بعض علماء الفلك الإنجليز والأ لمان بشكل خاص أن يعتنقوا فرضيات كوبرنيكوس وحسبوا مواضع الكواكب بناء على نظريته وجدوا من الناحية العملية أن نظام كوبرنيكوس أسـهل اسـتخداما من نظام بطليموس ويعطي تنبؤات أكثر دقة برغم أن كوبرنيكوس قد افترض خطأ أن الكواكب السيارة تتبع في حركات مدارات دائرية تماما . [1]

## (2-2-2) اقسام علم الفلك

تم تقسيم علم الفلك الي قسمين رئيسيين هما علم الفلك النظري و علم فلك الرصد.

### (2-2-2-1) علم الفلك النظري :

علم الفلك النظري موضـوعه الكون وما يتعلق بمجراته ونجومه وكواكبه واقماره ويسـتخدم علماء الفلك النظري مجموعه كبيرة من الادوات التي تتضـــمن نماذج تحليلية ( مثل البوليتروبات والتي تحدد سـلوكيات النجوم ) والتحليل العددي الحسـابي ، ولكل نوع بعض المزايا ، وتعد النماذج التحليلية لأي عملية مفيدة في اعطاء نظرة ثاقبة حول ما يحدث . ويمكن أن تكتشـف النماذج العددية عن وجود ظواهر آثار لا يمكن رؤيتها .

ويحاول أصحاب النظريات الفلكية أن يصنعوا نماذج نظرية ومعرفة النتائج الرصدية لتلك النماذج. وذلك يساعد المراقبين في البحث عن البيانات التي يمكن أن تدحض نموذجاً أو تساعد في الاختيار بين النماذج البديلة أو المتضاربة.

كما يحاول أصحاب النظريات أيضاً صناعة أو تعديل نماذج تأخذ في الحسبان البيانات الجديدة. وفي حالة وجود تناقض، يتجه العامة إلى عمل أقل تعديلات ممكنة للنموذج لاحتواء البيانات. وفي بعض الحالات، قد تؤدي البيانات المتناقضة إلى التخلي الكلي عن النموذج. [6]

### (2-2-2-2) علم الفلك الرصدي :

علم الفلك الرصـــدي observational astronomy هو جزء من علم الفلك يهتم بإجراء الأرصاد الفلكية لمعرفة الكون ، بنيته وتطوره ونشأته عن طريق المشاهدة بأجهزة مثل التلسكوبات و قياسـات مثل أجهزة قياس الأشـعة الكونية أو أجهزة قياس الأشـعة الراديوية . هذا هو الفارق بين هذا العلم و الفيزياء الفلكية النظرية التي تهتم أساسا معرفة الآثار التي يمكن قياسها المترتبة على النماذج الفيزيقية ومن ضمنها النظرية النسبية العامة . عمليا تكمل الطريقتان بعضـهما البعض . الرصد هو الذي يفصل بين نظريات مختلفة .

كعلم من العلوم، فإن علم الفلك كان محدودا في الماضي بسبب قلة الوسائل العملية ، فلم يعرف الإنسان التلسكوب إلا في القرن السابع عشر. هذا بالإضافة إلى بعد المسافة بيينا وبين النجوم وهي مسافات عظيمة.

ومن الأمثله القريبة من ظواهر محددة ، النجوم المتغيرة ، أصبح علماء الفلك التجريبيين ابتكار أجهزة لقياس المنحنى الضوئي لتلك النجوم وتفسيرها . كذلك اصبح في مقدورهم اكتشاف مستعر أعظم مثل مستعر أعظم 1987 إيه الذي حدث عام 1987 في أحد نجوم سحابة ماجلان الكبرى ، واستطاع العلماء قياس وهجه من أشعة إكس وما لحقه من توهج من الضوء المرئي وتتبعه بدقة عبر أشهر طويلة ، ولا يزالون.

يعتمد علم الفلك الرصدي الحديث على قياسات لعدة أشعة منها ما يرى بالعين (الضوء المرئي) ومنها ملا تراه العين:

- أجهزة قياس أشعة جاما و الأشعة السينية الصادرة من النجوم
- أجهزة قياس أشعة فوق البنفسجية
- أجهزة قياس أشعة تحت الحمراء
- أجهزة قياس الموجات الراديوية

هذا بالإضافة إلى ما تصوره تلسكوبات تسجل الضوء المرئي . أو تلكسكوب فضاء مثل تلسكوب هابل الفضائي عندما يركز تصوير منطقة سحيقة في الكون يصل بعدها عنا 9 أو 10 مليار سنة ضوئية ، ويركز عليها ليصورها عدة ساعات متواصلة على لوح تسجيل وإلا لا يظهر شيئا على اللوح بسبب قلة الضوء الواصل إلينا. [4]

وينقسم علم الفلك الرصدي الي :

**علم الفلك الراديوي :**

يدرس علم الفلك الراديوي الإشعاع ذات طول موجي أكبر من ملليمتر واحد تقريبا ويختلف علم الفلك الراديوي عن معظم أنواع علم الفلك الرصدي الأخرى، حيث أنه يمكن التعامل مع الموجات الرادوية باعتبارها موجات بدلاً من اعتبارها فوتونات منفصلة.وبالتالى، يعد من السهل نسبياً قياس سعة وفترة الموجات الراديوية، بينما لا يمكن القيام بذلك مع الموجات ذات طول موجي أقصر. [7]

**فلك الاشعة تحت الحمراء :**

يتعامل فلك الأشعة تحت الحمراء مع كشف وتحليل الأشعة تحت الحمراء(وهي أطوال موجية أكبر من موجات الضوء الأحمر). ويمتص الغلاف الجوي الأشعة تحت الحمراء بشكل كبير ما عدا في حالة لأطوال الموجية القريبة من الضوء المرئي، ومن ثم ينتج الغلاف الجوي انبعاثات من الأشعة تحت الحمراء.وبالتالي، يجب أن يكون هناك مراصد للأشعة تحت الحمراء في المناطق الجافة جداً أو في الفضاء. ويعد طيف الأشعة تحت الحمراء مفيداً في دراسة الأجسام الباردة التي لا يمكنها إشعاع ضوء مرئي مثل الكواكب والـــ .Circumstellar disk ويمكن للأطوال الموجية الخاصة بالأشعة تحت الحمراء اختراق سحب الغبار التي تقف حاجزاً أمام الضوء المرئي، مما يسمح بمشاهدة النجوم الصغيرة داخل السحب الجزيئية والنوى المجرية.

**فلك الاشعة فوق البنفسجية :**

عادةً ما يستخدم فلك الأشعة فوق البنفسجية للإشارة إلى رصد الأطوال الموجية للأشعة فوق البنفسجية التي تتراوح بين نحو إلى 320 نانومتر. [59] ويمتص الغلاف الجوي لكوكب الأرض

الضوء المنبعث من الأطوال الموجية، وبالتالي، يجب أن يتم رصد تلك الأطوال الموجية من الغلاف الجوي العلوي أو من الفضاء.ويهتم فلك الأشعة فوق البنفسجية بدراسة الإشعاع الحراري والخطوط الطيفية المنبعثة من النجوم الزرقاء الساخنة) نجوم ال (OBالتي تتميز بأنها مشرقة جداً.وذلك يشمل النجوم الزرقاء في المجرات الأخرى، التي كانت هدفاً للعديد من الدراسات حول الأشعة فوق البنفسجية. ويمكن رصد أجسام أخرى في ضوء الأشعة فوق البنفسجية مثل السديم الكوكبي، بقايا المستعر الأعظم، والنوى المجرية النشطة.

**فلك الاشعة السينية :**

يدرس فلك الأشعة السينية الأجسام الفلكية ذات الأطوال الموجية التي تساوي الأشعة السينية. تنبعث الأشعة السينية من الأجسام مثل الانبعاثات السنكروترونية) والتي تنتجها الالكترونات المتأرجحة حول خطوط المجال المغناطيسي)، والانبعاثات الحرارية للغازات الرقيقة (وهي تسمى أشعة الانكباح ) التي تزيد عن $10^7$( 10 مليون) كلفن،

**فلك اشعة غاما :**

هتم فلك أشعة غاما بدراسة الأجسام الفلكية ذات الأطياف الكهرومغناطيسية التي لديها أقصر أطوال موجية.يمكن رصد أشعة جاما مباشرةً بواسطة الأقمار الصناعية مثل مرصد كومبتون لأشعة غاما أو بواسطة تلسكوب متخصص يسمى تلسكوب شيرينكوف للغلاف الجوي [66] .لا ترصد تلسكوبات شيرينكوف أشعة غاما، ولكنها ترصد ومضات من الضوء المرئي ناتج عن امتصاص الغلاف الجوي للأرض أشعة غاما.

[4]

# الباب الثالث

## (3-1) مقدمة :

كل نجم يتلألأ فى السماء هو عباره عن كتله غازيه بالغة السخونه أكبر بكثير من أى كوكب و كل نجم مختلف عن الاخر في كيفية نشأته و مسار حياته و كيفية موته , الجاذبيه تكون النجم فى البدايه و نفس الجاذبيه تريد تدميره , و عندما تتمكن, كل شـيء يذهب فى لمحة بصـر محدثه أكبر الأنفجارات فى الكون كله .

## (3 -2) تعريف النجوم :

النجم هو جسم هائل من البلازما، وهو الجسم الذي في جزء من حياته يولد ضوئه وحرارته بالتفاعلات النووية، وبشـكل محدد بإنشـطار الهيدروجين إلى الهليوم تحت شـروط درجة الحرارة والكثافة الهائلتين، عندما تندمج ذرات الهيدروجين لخلق العنصـر الأثقل وهو "الهليوم" تفقد حينئذ الكتلة، فتنحول الكتلة إلى الطاقة، تخلق النجوم في ما يعرف بالغبار الكوني المسمي السدم وقبل الحديث عن ولادة النجوم سنعرف السدم .[11]

## (3 – 3 ) السديم :

-9السديم هو عبارة عن سحابة من الغبار تتكون نتيجة ظروف معينة في غالبيتها من انفجار او مخلفات نجوم قد انفجرت نتيجة لاختلال في عملياتها منها تقدم عمر النجم وانتهاء عمره.

تعتبر السدم كتل البناء الأساسية للكون، فهي تحوي العناصر التي ينبى منها النجوم والنظم الشمسية. وهي أيضـا من بين الأجرام الأكثر جمالا في الكون، تتوهج وتلتف بمزيج رائع من الألوان المنعكسـة من أضـواء النجوم داخل هذه الغيوم تجعلها تتوهج باللون الأحمر الجميل والأزرق والأخضـر، هذه الألوان الناتجة من العناصر المختلفة داخل السديم.

أكثر السـدم مكونة من حوالي 90 % هيدروجين وحوالي 10 % من الهليوم و 0.1 % من عناصـر ثقيلة مختلفة مثل الكربون والنتروجين والمغنيسيوم والبوتاسيوم والكالسيوم والحديد.

سـحابة المادة تلك هي كبيرة الحجم جدا، وفي الحقيقة، أنها من بين الأجرام الأكبر في المجرة. العديد منها يمتد لعشـرات أو لمئات من السـنوات الضـوئية ، يعتقد العلماء أن هناك أصـلان مختلافان لوجود السـدم في الكون ، الأصـل الأول يعود إلى المادة المتكونة من عملية خلق الكون نفسـه، فبعد ولادته بقليل، نشأت الذرات في الكون مكونة الغبار الأول وسحب الغاز، مما يعني أن الغاز والغبار التي تشكل في هذا النوع من السدم لم تنشأ من النجوم، ولكن هي المادة الأصلية من بدايات الكون ، أما الأصـل الثاني فهو نتيجة إنفجار وموت النجوم، فمثلا إنفجار السـوبرنوفا من النجوم العملاقة ، والتي تحدث نتيجة موت النجوم قصـيرة العمر وهي النجوم الهائلة الحجم ، حيث يلقي انفجار السـوبر نوفا المواد حوله، وحيث تتأين تلك المادة بتأثير من الطاقة التي يمكن أن تنتج والجرم المتكون من هذا الإنفجار.

واحدة من أفضـل الأمثلة على ذلك هو سديم السرطان Crab Nebula في برج الثور Taurus، فقد تم تسـجيل حدث السوبرنوفا في عام 1054 ويسمى SN 1054، والجرم الذي تكون نتيجة هذا الحدث يقع في وسط سديم السرطان هو نجم نيوتروني . أو قد تتشكل السدم نتيجة موت نجم منخفض الكتلة مثل شمسنا ، حيث أن النجوم التي لها كتلة تصل من 8 إلى 10 كتل الشمسية تتطور إلى عمالقة حمر في نهاية حياتها وتفقد ببطء طبقاتها الخارجية خلال نبضـات في غلافها الجوي. وعندما يفقد النجم ما يكفي من المواد ، يمكن أن ترتفع درجة حرارته وتنبعث منه الأشـعة فوق البنفسـجية لتأين السـديم

المحيط به والذي القاه النجم نفسه ، هذا النوع من السدم يتكون أساسا من الهيدروجين حيث تبلغ نسبته حوالي 97% تقريبا وحوالي 3% من الهليوم بالإضافة إلى كميات ضئيلة من عناصر أخرى.

ولكن تلك النظريات عن أصول السدم ليست واضحة المعالم أو أن هناك دراسة تؤكد أو ترجع طريقة محددة ، ويمكن أن يكون السديم مزيجا من المادة البدائية المتبقية من خلق الكون فضلا عن مواد جديدة ناتجة عن موت نجوم [2]

**(4 - 3 ) أنواع السدم :**

قسم علماء الفلك انواع السدم طبقا لشكل السديم او نتيجة الظروف التي تكون بها هذا السديم وفيما يلي انواع السدم :

- السديم الكوكبي Planetary Nebula .
- السديم الاشعاعي Emission Nebula
- السديم العاكس Reflection Nebula
- السديم المظلم Dark Nebula
- بقايا السوبرنوفا Supernova Remnants

**(5 – 3 ) ولادة النجوم :**

السدم هي في الغالب منطقة ولادة النجوم، ففي هذه المناطق تتوافر تشكيلات كبيرة من الغاز والغبار وغيرها من المواد والتي تتجمع معا لتشكيل كتل أكبر، والتي بدورها تبدأ في جذب المزيد من المادة المنتشرة في السديم، وفي النهاية سوف تصبح هائلة بما يكفي لتشكل نجم أو أكثر، فتتشكل النجوم الضخمة في مركز السديم، ويمكن رؤيتها نتيجة تأين الغاز المحيط بها بتأثير الأشعة فوق البنفسجية، والذي يساعد على جعلها مرئية في الموجات الضوئية، وتأخذ النجوم الجديدة في التشكل ويطلق عليها حينئذ النجوم الشابة أو الناشئة، مكونة تجمع نجمي حر. وما يتبقى من مادة يعتقد أنه لتكوين الكواكب وغيرها من أجرام النظام الكوكبي.

السحب الجزئية العملاقة تكون في حالة توازن حيث تكون طاقة رابط الجاذبية في توازن مع الضغط الحراري للمكونات الجزيئية للسحابة وجزيئات الغبار، لذا يظل السديم في حالة سبات لملايين أو ربما لبلايين السنين منتظرا فقط حتى تتوفر الشروط اللازمة، قد تكون الجاذبية من مرور نجم أو موجة إهتزازية من مكان قريب لإنفجار سوبرنوفا تلك مثل تلك الأحداث تسبب دوامات وموجات للسحابة.

تبدأ بعدها المادة بالتكتل في مجموعات وتنمو في الحجم. وبينما هم كذلك تزداد جاذبيتهم ومن ثم تواصل الجاذبية سحب المادة من السديم حتى يصل واحد أو أكثر من التكتلات إلى كتلة حرجة. عندها تتشكل نجوم أولية Protostars - والتي هي مرحلة مبكرة من تشكل النجوم ومن الممكن أن تستمر هذه المرحلة لنجم في نفس كتلة الشمس حوالي 100,000 سنة - وبينما يتواصل إزدياد الجاذبية بشكل أشد، يحدث تحول لطاقة الجاذبية إلى طاقة حركية حرارية، والذي يؤدي إلى زيادة حرارة السحابة.

وكلما ازداد تقلص السحابة كلما ازدادت درجة الحرارة، وتستمر في الإزدياد في المركز لتصل إلى 18 مليون درجة، عند هذه النقطة يبدأ إنشطار نووي ويولد النجم. الريح النجمية من النجم المتولد سيدفع كل الغبار والغاز الفائض للخارج. وقد يحدث تشكل لتكتلات أصغر من المادة المحيطة بالنجم والتي قد تشكل كواكب. وبهذه يكون بداية تشكل نظام شمسي جديد. [10]

**(6 – 3 ) انواع النجوم :**

يصنف الفلكيون النجوم بعدة طرق؛ فعلى سبيل المثال، تختلف النجوم - كما سبق - في اللمعان واللون والحجم، وتشمل النجوم التي صنفت بناء على هذه الخصائص نجوم التتابع الأساسي والعمالقة، وفوق العملاقة والأقزام البيضاء، ويصنَّف الفلكيون النجوم كذلك تبعاً لخصائص مثل: الاختلاف في اللمعان ووجود النجوم المرافقة وإطلاق الموجات الإشعاعية والأشعة السينية، وأشكال أخرى من الطاقة وتشمل هذه النجوم: النجوم المتغيرة والنجوم الثنائية، وتختلف النجوم كذلك في الكتلة فالنجوم ذات الكتل الضخمة جداً والأشد لمعاناً حياتها قصيرة نسبياً، ويمكن أن تنتهي بانفجارات عنيفة، وتظهر النجوم صغيرة الكتلة لمعاناً باهتاً لبلايين السنين وتنتهي بهدوء كالأقزام البيضاء.

اي ناظر الى السماء في عتمة الليل قد يعتقد ان النجوم متشابهات، وقد نفغر له هذا لو شرحنا له ان هذا النجوم التي تبدو متشـــابه لو نظرنا اليها من ســـطح الارض مختلفة كل الاختلاف عن بعضـــها البعض...فبماذا تختلف هذه النجوم ؟؟؟ [5]

**(3-6-1) النجوم المزدوجة Binary Stars**

معظم النجوم التي نراها في السماء ليست نقاطا مفردة مثل الشمس،، وببحث اكثر قربا ونظرة اكثر تفحصا خلال أي تلسكوب سنلاحظ انها غالبا مكونة من نجمين او اكثر قريبة منة بعضها البعض للغاية.. وبعكس شمسنا، معظم النجوم هي جزء من منظومة ثنائية في المنظومات النجمية.. تضيء سويا ، ولبعدها الكبير عنا نظنها نجوم مفردة نقطية.

**( 3-6-2 ) ProtoStars**

هذه النجوم تعد النجوم الطفلة في مراحل مبكرة من تكوين النجوم، وعلى الرغم من انها مكونة من الغاز بين النجمي كمثيلاتها من النجوم، الا انها لا تملك الحرارة الكافية لبدأ التفاعلات النووية في انويتها..

**( 3-6-3 ) النجوم القزمة Dwarfs**

شمسنا العزيزة، بحجمها الهائل، هي نجم قزم!!!!! ... في دورة حياة النجوم، تمر الاخيرة بمراحل مستمرة متتالية من التمدد والتقلص، وعندما تصل الى حجم عادي مقارنة بوزنها، تسمى في هذه الحالة بالأقزام..

- الاقزام البنية Brown Dwarfs : نجوم فشلت في التحول الى نجم عادي ذو حجم مستقر.
- الاقزام البيضاء White Dwarfs : نجوم "محتضرة "، تحرق ببطء ما بقي من وقود فيها.. ومن الجدير بالذكر ان اسم النجوم البيضاء هو خطأ، خطأ في التسمية، حيث ان هذه النجوم تشع ضوءا احمر باردا..

واخيرا، تتحول كل هذه الاقزام الى اقزام سوداء، ميتة، لا تشع ضوءا مطلقا..

ويعتقد العلماء ان النجوم القزمة بنوعيها البني والاسود، تساهم مساهمة فاعلة في الكتلة المظلمة التي تملأ معظم الكون..

**(3-6-4) النجوم العملاقة SuperGiants :**

النجوم العملاقة تملك لمعان يعادل 1000 مرة لمعان شمسنا العزيزة، واكبر بـــ 200مرة من حيث الحجم،، ولو كانت احدى النجوم العملاقة مكان الشـمس لابتلعت الارض واخذت حيزا اضـافيا مجاورا.. [3]

**( 3-6-5) السوبر نوفا( المستعرات العظمى ) SuperNova :**

عندما تحرق النجوم ذات الكتل الهائلة كل وقودها، تنكمش بدرجة كبيرة بفعل قوى الجذب الى الداخل، فتسـبب بانفجار كارثي يقذف بمعظم كتلتها بعيدا في انحاء المجرة..هذا الانفجار يسـمح لكيات هائلة من الضوء بالانطلاق مما يضيء اجزاء باكملها في المجرات المظلمة.

يتخلف عن الانفجارات العظمى هذه غازات مشـعة مضيئة ، وملونة، تسمى النيبولا Nebula . وفي بعض الاحيان يتخلف ايضا نجوم نيترونية ، ويعد هذا الغاز المتخلف معقل تكون النجوم النوابض..

**( 3-6-6) النجوم النيترونية Neutron Stars :**

كما قلنا سـابقا، بعد السـوبر نوفا، الاجزاء التي تخلفت وكانت كتلتها تعادل مثلي كتلة الشـمس تكون ما يسمى بالنجوم النيترونية.

تتميز هذه النجوم بكثافة هائلة، وقد تكون كثافة ملعقة شـاي من نجم نيتروني تعادل كثافة جبل كامل على سطح الكرة الارضـية. بالاضـافة الى ذلك، فإنها تملك غزل ذاتي يتحرك بسرعة رهيبة، بعضـها يدور حول نفسه مئات المرات في الثانية الواحدة..

**( 3-6-7 ) النوابض Pulsars :**

النوابض هي نوع خاص من النجوم النيترونية، تبث موجات راديوية على شكل دفقات منتظمة. وهي تفعل ذلك بحركتها المغزلية التي تشبه انارة المنارات البحرية.

بعض النوابض يبث اشـعة سـينية، وتملك النوابض كتلة مشـابهة لكتلة الشـمس، الا ان قطرها لا يزيد عن 10 كيلومترات.

**( 3-6-8) النجوم المتغيرة VARIABLE STARS :**

هذه النجوم ايضـــا نابضـــة، تكبر في حجمها وتتقلص بانتظام. وتملك اســـماء غريبة مثل Cepheid variables, RR Lyrea and Mira star types

النوع الاول مثير للغاية بالنسـبة للفلكين، لأنهم تمكنوا من رسـم العلاقة رياضـيا بين لمعانها ودورة نبضها، وبالتالي تمكنوا من حساب المسافة بيننا وبينها..

**( 3-6-9) القاذفات المشعة لجاما GAMMA RAY BURSTS :**

اكتشف هذا النوع بالصدفة في الاقمار الصناعية العسكرية التي كانت تفحص آثار الانفجارات النووية في نهايات الستينات..

يعمل هذا النوع على بث دفقات قوية للغاية من اشعاعات جاما والاشعة السينية فقط لثوان قليلة،،وعلى الرغم من هذا فهي تفوق بملايين المرات قوة الاشعاعات الصادرة من المجرة كلها..

**(3-6-10 ) المستعرات HyperNova**

احدى التفسيرات المقبولة لتكون النوع السابق من النجوم هو انه احد مخلفات هذا النوع من الانفجارات، المستعرات..

يعد هذا النوع من الانفجارات الموت للنجوم ذات الكتل الاكبر من كتلة الشمس بـــ 20 مرة..مثل هذه الانفجارات التي تبقى فقط لثوان قليلة ، وعلى الرغم من هذا فإن الاشعاع الصادر منها اكثر من أي اشعاع صادر من مكونات الكون بأكمله..

بالاضافة للقوة المدمرة لهذا الاشعاع، فإنه يعتبر المسؤول عن تكون protoStars

**( 3-6-11 ) الكوازارات Quasars :**

تعد هذه النجوم،او بالأحرى اشباه النجوم هذه هي ابعد ما استطاع الانسان كشفه، فهي تقع في مراكز المجرات النشطة البعيدة التي تبعد عنا ما لا يقل عن بلايين السنوات الضوئية..

ولا ينتج الاشعاع القوي للغاية الصادر من هذه الكوازارات من تفعالات نووية عادية ، وانما لاحتواء قلبها على ثقوب ســوداء، والاحتكاك الناتج عن الدوران اللولبي للمواد قبل ان تلتهمها هذه الثقوب السوداء يسبب الاشعاعت المضيئة القوية للغاية والتي نرصدها نحن..

**(3-7) خصائص النجوم :**

تمثل مجموعة متنوعة جداً من الخصائص التي تتَّسم بها النجوم، أهمها البعد والحرارة والحجم والسطوع والتركيب الكيمائي. يمكن معرفة وقياس كافة خصائص النجوم الفيزيائية بدقة باستخدام المعدات الفلكية الحديثة والمتطوّرة، التي تعتمد على طرق متنوِّعة للتعرف على هذه الخصائص. لكن لا يُمكن قياس خصائص النجوم الفيزيائية فرادى، إنَّما يتطلب الأمر المرور بسلسلة طويلة، فنبدأ بكل خاصية وندرسها ونقيسها كي نتمكَّن من معرفة الخاصية التي تليها، فمن اللون إلى الحرارة، ومن الحرارة إلى السطوع، ومن السطوع إلى المساحة السطحية، فالقطر أخيراً. بالإضافة إلى البعد الذي توجد تقنيات مختلفة ومتنوعة لقياسه، والتركيب الكيمائي الذي يتطلَّب تحليل طيف النجم باستخدام أجهزة خاصَّة. **[8]**

**( 3-7-1) البعد :**

هناك عدة طرق لقياس بُعد النجوم عنا حسب أنواعها وخصائصها، لكن أبسط هذه الطرق وأكثرها شيوعاً هي ما يُسمى بـ"التزيح النجمي"، تعتمد هذه الطريقة بشكل أساسي على ظاهرة فيزيائية بسيطة نشاهدها خلال حياتنا اليومية ، فعندما تتحرك الأرض حول الشمس نرى أن النجوم القريبة منا تتحرك مسافة ضئيلة عبر السماء بينما تتحرك النجوم البعيدة مسافة أقل، واعتماداً على المسافة التي يَتحركها النجم عبر السماء أثناء قطع الأرض لنصف مدار حول الشمس يُمكننا معرفة بُعد هذا النجم عنا. لكن المسافات التي تتحركها النجوم ضئيلة جداً، ولذا فأنت لن تلاحظ شيئاً مختلفاً في مواقع النجوم عندما تنظر إليها، لكن باستخدام أدوات القياس الفلكية الدقيقة يُمكننا ملاحظة هذه الحركة الضئيلة، ومع ذلك فهناك حد معيّن لا نستطيع بعده قياس تزيح النجوم بسبب تأثير الغلاف الجوي.

**(3-7-2 ) الحرارة :**

يُمكن قياس الحرارة السطحية لنجم ما بسهولة عن طريق دراسة طيفه (بالرغم من أنه لا يُمكن معرفة حرارة باطنه بدقة)، فلون النجم هو الذي يَحكم على درجة حرارته، كلما كان النجم أسخن كلما

كان الضوء الذي يُشعه ذو أطوال موجية أقصر، فأسخن النجوم تظهر باللون الأزرق وأبردها باللون الأحمر ، الحرارة السطحية هي من الخصائص المُهمة للنجوم، لأنها يُمكنها الكشف عن العديد من الخصائص الفيزيائية للنجم مثل ضيائه وحجمه، ولذا فتحديدها أساسي جداً للتعرّف على النجوم ، قام الفلكيون من أجل تسهيل عملية قياس هذه الخصائص التي تعتمد على درجة الحرارة السطحية - ولتسهيل قياس الحرارة نفسها - بإعداد تصنيف طيفي للنجوم يُسمى بـــ"التصنيف النجمي"، هذا التصنيف يُقسم النجوم إلى درجات حسب أطيافها/ألوانها ويُبين مقدار حرارة وضياء ومتوسط كتلة وحجم - ونسب العناصر حتى - للنجوم التي تنتمي إلى كل درجة . [7]

**(3-7-3) اللمعان والضياء :**

الضياء هو مصطلح يُطلق على مقدار الضوء الحقيقي الذي يُشعه جرم ما.. بغض النظر عما يَصل من هذا الضوء إلى الأرض. فمثلاً.. ضياء نجم "النسر الواقع" أعلى من ضياء الشمس بعشرات الأضعاف، لكن بالرغم من هذا فإننا نرى الشمس في سمائنا أسطع بعشرات آلاف الأضعاف من النسر الواقع بسبب أنه أبعد بكثير عنا منها. يُوجد مصطلح آخر شبيه بالضياء يَجب عدم خلطه معه أبداً.. وهو "اللمعان"، يُشير اللمعان إلى مقدار الضوء الظاهري (أو بالأحرى ما يَصل من الضوء إلى الأرض) للنجوم، ومن ثم فيُمكننا القول أن الشمس ألمع من النسر الواقع بالرغم من أن ضياءه أعلى بكثير من ضيائها. يُمكن معرف ضياء نجم ما عن طريق تحليل طيفه كما أسلفنا، فكلما كان لونه أقرب إلى الأحمر كلما كان ضياؤه أقل.. وكلما كان أقرب إلى الأزرق كلما كان ضياؤه أعلى، ويَتناسب مقدار الضياء طردياً مع الحرارة، ولذا فقياس الحرارة - الذي بيناه سابقاً - يُمكننا من معرفة ضياء النجم.

**(3-7-4) الحجم :**

وأخيراً الآن نصلُ إلى المرحلة الأخيرة من هذه المتسلسلة، وهيَ الحجم. يَترتب قياس الحجم على قياس الضياء والحرارة، وسنعتمد في استخدام هذين العاملين لقياس حجم النجم على قانون يُسمَّى "قانون ستيفان-بولتزمان" (Stefan-Boltzmann)، ويُفيد هذا القانون بأن مقدار الطاقة التي يُشعِّها النجم في كل ثانية من كل متر مربَّع على سطحه يَتناسب طردياً مع حرارته السطحيَّة مرفوعة إلى القوة 4، أي باختصار وتبسيط أن مقدار الطاقة التي يُشعها النجم يعتمد على حرارته، ومن ثمَّ فإن الحرارة - التي كنا قد عرفناها سابقاً خلال متسلسلتنا - ستُعطينا ما نُريده هنا. وبمُقارنة مقدار الطاقة التي يشعها النجم يُمكننا استنتاج مساحته بمُعادلة بسيطة، وذلك بقسمة ضياء النجم على مقدار الطاقة التي يُشعها وهوَ ما يُعطينا عدد الكيلومترات المربعة التي يَتألف منها سطحه. وبعد ذلك يُمكننا بمعادلة أخرى بسيطة جداً التوصل من مساحة النجم إلى قطره .

**(3-7-5) الحراة والضياء والحجم :**

يمكن التوصل إلى هذا بالاعتماد أولاً على قانون ستيفان-بولتزمان التالي لحساب تدفق الطاقة (F):

$$F = aT^4 \qquad (3\text{-}1)$$

حيث أن F هو تدفق الطاقة، أي مقدار الطاقة التي يُشعّها النجم، وT هي درجة حرارته السطحية.

وأما العلاقة بين طاقة النجم (F) وسطوعه (L) ونصف قطره (R)، فهي كالآتي:

$$L = 4\pi R^2 \sigma T^4 \qquad (3-1)$$

حيث أن L هو سطوع النجم بالواط، وR هو نصف قطره بالأمتار، وT هي حرارته بالكلفن، و $\sigma$ هو ثابت ستيفان-بولتزمان. [8]

**(3-7-6) الجاذبية :**

وقتما تحصل على تفاعل نووى فلديك نجم , بعد ذلك حياة النجم هى معركه مستمره ,حرب متواصله ضد الجاذبيه.. فالجاذبيه هى التى كونت النجم فى البدايه هى نفس الجاذبيه التى تريد تدميره, فالجاذبيه لا تستسلم فهى تريد ان تجذب كل شىء مع بعضه , فاذا كان النجم يريد ان يعيش فعليه ان يجد طريقه ليقاتل الجاذبيه . الأندماج النووى هو وسيلة النجم لمقاومة الجاذبية فهو يعمل على هيئه ضغط للخارج .. فكمية الأندماج النووى الذى يحدث داخل النجم يتناسب طرديا مع مقدار ضغط الجاذبيه ، لذلك النجوم لديها القدره على المحافظه على الثبات النسبى فى الهيئه و الشكل لأن قوة الجاذبيه ثابته دائما ، النجم يعيش معظم حياته فى هذا الحاله من المساواه, وهذه المرحله تسمى التسلسل الرئيسى (The Main Sequence) و هى الحاله التى تعيشها شمسنا الأن و نحن سعيدون انها فى هذه المرحله , فهى تعطينا نفس كمية الطاقه طوال الوقت و تحرق نفس كمية وقودها بثبات و هذا ما يجعل الحياه ممكنه [2]

**(3 – 8 ) وقود النجوم :**

كل النجوم لا تستطيع ان تعيش فى حالة التسلسل الأساسى للأبد, فان النجم يستطيع فقط ان يعيش طالما عنده وقود ليحرقه , عندما تستهلك كل وقودها فالتفاعلات النوويه تتوقف و الجاذبيه تنتصر , فالجاذبيه لا تستسلم أبداً بينما الوقود قد ينتهى بعد فتره. حجم النجم لا يحدد فقط عمره المتوقع , لكنه أيضا يحدد كيف سيموت .. فالنجوم الضخمه تموت بطريقه صاخبه عن طريق الأنفجار, لكن النجوم الأصغر محكوم عليها بان تنطفىء ببطء تدريجياً. شمسنا ذات الكتله المتوسطه فى منتصف عمرها , قضت حتى الأن 5 مليار عام تحرق فى مخزونها من الهيدروجين بسعاده وراحة بال, لكن مهما طال الزمن فهناك نهايه حتميه واحده , العلماء يتوقعون انه بعد 5 مليارات عاماً فى المستقبل شمسنا ستصل لهذا المنعطف لخطير, فوقودها من الهيدروجين سيكون قد أستهلك و التفاعلات النوويه ستقل و الجاذبيه ستبدأ بتحطيم الشمس و عندما يحدث هذا فالموقف ميأوس منه , لكن أملها الوحيد للنجاه هو ان تجد مصدرا جديداً لأستخدامه كوقود. ان لديها هيليوم , لكن لكى تستطيع ان تحرق هيليوم يجب ان يكون درجة حرارة مركزها أكثر 10 مرات مما كان سابقا, فهى لن تستطيع ان تحرق وقودها من الهيليوم و تحوله الى كربون الى عندما تصل درجة الحراره فى مركز الشمس الى 180 مليون درجه فهرنهايت , وهذا لأنه من الصعب ان تجعل ذرات الهيليوم متقاربه لدرجة ان تتولى القوى النوويه القويه بأدماجهم معاً. بينما تستمر الشمس فى التقلص بفعل الجاذبيه تقذف الطبيعه لها طوق النجاه ,فمركز الشمس سيصبح ساخن للغايه بسبب الجاذبيه التى تحاول تدميره, فعندما يصل مركز الشمس الى 180 مليون درجه فهرنهايت ستبدأ بحرق الهيليوم و تحويله الى كاربون فى مقامره يائسه للنجاه , لكن هذا فقط يؤخر المحتم , و المحتم للنجم هو الموت. فالشمس التى قضت 10 مليار عاماً تحرق مخزونها من الهيدروجين, سوف تستهلك مخزونها من الهيليوم فى 100 مليون عاما فقط .. ثم بعد ذلك ستحاول ان تستهلك الكاربون و لكنها ستفشل , لكن كل هذه المغامرات لن تحدث الا فى آخر 10% من حياة الشمس. درجة الحراره المرتفعه الناتجه من الهيليوم المحترق ستجعل الطبقه الخارجيه من الشمس ان تنتفخ , عند هذه المرحله يكون الغلاف الخارجى للشمس متمسك بالجاذبيه بطريقه ضعيفه جدا , لذلك فالأنفجارات الشمسيه ستدفع الطبقه الخارجيه خارج نطاق جاذبية الشمس, و خلال تسلسل يسمى الولاده الكونيه (Cosmic Birth) ستقوم الشمس بقذف طبقاتها التى متماسكه بشكل ضعيف من الجاذبيه لتشكل حلقات من الغاز حول الشمس المحتضره[2].

**(3-9) تسمية النجوم :**

تسمية باير( Bayer designation )هي طريقة إعطاء أسماء للنجوم في الفلك وهي طريقة ابتكرها عالم الفلك يوهان باير في بداية القرن السابع عشر وقد ظهرت لاول مرة في أطلسه الفلكي المسمى أورنمتريا. تقترح طريقته في تأشير النجم بحرف صغير من احرف اللغة اليونانية وبعدة الاسم باللاتينية للمجموعة التي ينتمي إليها النجم. التسجيل الأول لباير أحتوى على 1564 نجم ومنذ ذلك الحين طرأ على التسجيل عدة تغييرات بعد تجدد الخرائط الفلكية ودخول وإضافة مجموعات جديدة والغاء مجموعات وتغيير حدود بين المجموعات وبذلك تمة مجموعات تلقت تأشير باير معين تلقت فيما بعد تأشير باير مختلف.

تعتمد طريقة باير بشكل أساسي في إعطاء الأسماء لنجوم المجموعات هي التدرج حسب أهميتها بنظام تنازلي بمعنى إذا كانα النجم الأكثر أهمية في المجموعة يكون β الثاني من حيث الأهمية وهكذا دواليك ومع انتهاء 24 حرف اليونانية يستخدم باير أحرف صغيرة من الأحرف اللاتينية وعند الضرورة استخدم أيضا حروف كبيرة من اللاتينية تأشير نجوم بأحرف لاتينية ظهر في المجموعات الكبيرة ذوات النجوم الكثيرة مثل العقرب والسفينة وأرقو Argo التي قسمت لأربع مجموعات ولكن معظم النجوم بقيت بحروفها القديمة حتى في المجموعات الجديدة في السنوات الأخيرة وبعد التقدم الهائل في مجال خرائط الفضاء اضيفت الأرقام إلى الاحرف. مع انه أهمية النجم في المجموعة تقاس في الغالب بسطوعه ووضوح رؤيته ولكن باير أحيانا فضل الترتيب حسب مكان النجم أو بحسب ترتيب وقت سطوعه في الافق مثلا منكب الجوزاءأقل سطوعا من β رجل الجبار لكنه يتموضع في مركز المجموعة ويسطع مبكرا وكاستور في التوأمين أقل سطوعا من فلوكس ولكنه يسطع قبله.

نجوم ثنائية أشرت بحرف واحد مع رقم أعلاها لذكر الفرق بينهما (مثلا, μ1 ١-μ2 في العقرب),ولكن أحيانا أشرت بهذه الطريقة أيضا نجوم زوجية (مثلا α1 ١-α2 في الصليب الجنوبي)أو حتى العديد من النجوم التي وجدت في نفس منطقة مجموعة معينة(مثلا π1, π2, π3, π4, π5, ١-π6 في الجبار). نجوم زوجية أو منظومة نجوم لأكثر من نجمين علمت بعلامات باير المتعارف عليها مع إضافة حرف لاتيني كبير لاظهار الفرق بينهما.(مثلا α في كنتور A ١-α في كنتور B).

طرأت بعض التغييرات على تسميات باير على ضوء معطيات ومعلومات جديدة ومع التغييرات حدثت تغييرات في مجموعات النجوم مما أدى إلى لتغييرات في أسماء النجوم حسب باير. مثلا تفكيك كوكبة السفينة لأربعة أجزاء أدت إلى أن تكون المجموعات القاعدة والشراع والكوثل متقاسمة بينها الأحرف حسب التسمية الأصلية للنجوم ولذلك يظهر كل حرف في واحدة من المجموعات ، تغيير الحدود بين الثور و ممسك الأعنةغيروا اسم النجمγ في ممسك الأعنة إلى β في الثور وبشكل مشابه تحول δ في الفرس الأعظم إلى α في المرأة المسلسلة.كذلك ثمة حالات أنه على الرغم من تغيير الحدود تم الحفاظ على أسماء النجوم بدون تغيير مثلا النجم 10 في الدب الأكبر يتواجد عمليا بمكان تابع لمجموعة الوشق في حين أن النجم41 في الوشق يتواجد في مجموعة الدب الأكبر [4]

# الباب الرابع

## (4-1) المقدمة :

النجوم لها دورة حياتها الخاصـــة، حيث تمر بفترات التكوين والطفولة لتصـــبح بالغة ومن ثم تمر بمنتصـــف العمر وفي النهاية تمر بعمر الشـــيخوخة لتموت بعدها وتنفجر ليتكون منها كواكب أو تعود لتكوين نجوم أخرى. خلال هذه الفترات تمر بمراحل مختلفة في الصفات صنفها العلماء وأطلقوا عليها أسماء معينة، وسنستعرض هنا مراحل ودورة حياة النجوم.

## (4-2) مرحلة الموت :

يتكون النجم من ســحابة من غاز ت الهيدوجين والقليل من الهيليوم تبدأ بالتجمع والتكدس على بعضـها ثم بالدوران حول نفسـها، ومع هذا التكثف يَزداد الضـغط على نواتها بشـكل كبير، فيَسخن الغاز في النواة حتى يصـــبح حاراً جداً إلى درجة أن تندمج ذرات الهيدروجين لتكونّ الهليوم، وبهذه العملية يَستطيع النجم توليد ضـغط باتجاه الخارج في نواته يَمنعها من الانهيار على نفسها لكن عندما يَنفذ وقود النجم من الهيدروجين يُصـــبح مهدداً بالانهيار على نفســـه نتيجة لضـــغط كتلته، فيبدأ بحرق الهيليوم ثم الكربون وصـــولاً إلى الحديد، فحينها لا يَعود النجم قادراً على دمجه إلى عناصـــر أثقل لأن الطاقة التي يُولدها الاندماج النووي لا تعود كافية لمنعه من الانهيار، فيَنهار على نفسه في انفجار المستعر الأعظم مطلقاً طاقة هائلة.

لكن ما يُحدد مصير النجم بعد انفجاره هو ما يُسمى" حد تشاندراسيخار"، هذا الحد هو مقدار الكتلة(1.4 )كتلة شـــمســـية الذي إن لم يَتجاوزه النجم فســـيَتحول إلى قزم أبيض، وإن تجاوزه فيَتحول إما إلى نجم نيوتروني أو ثقب أســـود (مـا يُحدد أيهمـا هو حد أوبنهـايمر-فولكوف) إذا مـا كانت كتلة النجم عالية، فسيَعني هذا أنه سيَكون أكثر كثافة، ولذلك فإن النجوم الكثيفة تصبح نجوماً نيوترونية أو ثقوباً سوداء. النجوم النيوترونية هي أجســـام عالية الكثافة جداً، ولذا فعندما تتكون تندمج الإلكترونات والبروتونات لتصبح نيوترونات تستطيع تحمل الضغط الهائل في النواة (فقطر هذه النجوم لا يَتجاوز الـــ20 كم)، أما عندما تكون الكثافة أعلى من ذلك، فإن حتى النيوترونات لا تعود قادرة على تحمل الضـــغط الهائل، فيَنهار النجم متحولاً إلى ثقب أسود هائل الكثافة .

حسـب " تشـاندرا سـيخار "يمكن أن يكون حجم النجم ضـخم ويسـتطيع مقاومة جاذبيته الذاتية بعد أن يكون قد اسـتهلك كامل وقوده. فعندما يكون النجم صـغيراً تقترب جسـيمات المادة من بعضـها البعض كثيراً ووفقاً لمبدأ "باولي " في الاسـتبعاد يجب أن تكون سـرعات الجسـيمات متفاوتة جداً وهذا يجعلها تتنافر وبالتالي يتمدد النجم وهكذا يسـتقر النجم على حجم (نصـف قطره) ثابت وهكذا تتعادل الجاذبية كما كانت عند بداية النجم. أدرك (تشـاندرا سـيخار)أن هناك حدود للتنافر الذي يقدمه مبدأ الاسـتبعاد. فالنسبية تحدد الفارق الأقصى بين السرعات التي بين الجسيمات في النجم بسرعة الضوء وبذلك يصبح النجم كثيفا بما فيه الكفاية ويكون التنافر اقل من قوة الجاذبية حسب (تشاندرا سيخار)الكتلة التي لا يمكن للنجم مقاومة جاذبيته وتعرف بحدود (تشـاندرا سـيخار)وكانت هذه الأ فكار ذات أثر كبير لفهم مصـير النجوم:

- إذا كانت كتلة النجم دون حدود (تشاندرا سيخار) قد يتوقف في النهاية عن التقلص ليستقر على شكل (قزم أبيض) ويكون ذا كثافة عالية مئات الأطنان في الانش الواحد .

- عندما تكون كتلة النجم ضعف كتلة شمسنا ولكن اصغر بكثير من القزم الأبيض وتحقق هذه النجوم مبدأ تنافر الاستبعاد بين النيترونات والبروتونات أكثر منه بين الإلكترونات ولذلك سميت نجوم نيوترونية قد لا يتعدى نصف قطرها عشرة أميال أو نحوه مع كثافة عالية تعد بمئات الملايين من الأطنان في الانش الواحد ويتم التنبؤ بوجودها ولم يتمكن من مشاهدتها ولم تكتشف إلا بعد فترة طويلة.
- النجوم التي تتجاوز كتلتها حدود(تشاندرا سيخار) تواجه مشكلة كبيرة عند نفاذ وقودها قد تنفجر أو تقذف بعض المادة لتخفيف كتلتها إلى مادون الحدود كي تتفادى الانسحاق بالجاذبية.كانت النتيجة مذهلة حيث أن النجم يتحول إلى ثقب اسود [3]

## (4-3) النسق الأساسي Main sequence :

هو حزام نجوم تشكل نحو 80 % من مختلف النجوم في الكون، يجمعها رسم بياني بغرض تصنيفها من حيث اللون ودرجة السطوع .وتتميز نجوم ذلك النسق بأن طاقة اشعاعها ناتجة عن تفاعلات الاندماج النووي للهيدروجين في قلب النجم وتنتج الهيليوم . ويسمى الرسم البياني الذي يجمع بين لون النجم وقدر سطوعه المطلق تصنيف هرتزشبرونج-راسل .وتسمى مجموعة نجوم هذا الحزام على الرسم البياني النسق الأساسي، لأنها تشكل 80 % من أنواع النجوم الموجودة في الكون. أما تصنيفات النجوم التي تخرج عن هذا الحزام الرئيسي وتشكل 20 % من نجوم الكون فهي تتجمع على الرسم البياني في حزامين آخرين، وتختلف صفاتها كثيرا عن صفات نجوم النسق الأساسي، حيث يعود إصدارها للطاقة إلى تفاعلات أخرى غير الاندماج النووي للهيدروجين الذي يولد الهيليوم، من تلك التفاعلات أندماج عناصر أثقل من الهيدروجين، مثل الكربون والأكسجين والنتروجين ويتولد منها الحديد.

ويتغير قدر السطوع المطلق لنجم من نجوم النسق الأساسي ونوع طيفه بتقدم عمره ومقدار استهلاكه الكلي لوقوده من الهيدروجين الذي يتحول تدريجيا إلى الهيليوم، كما يتحول بعضه إلى الكربون والأكسجين وغيرهما. أي أنه بمعرفتنا للقدر المطلق لنجم في السماء ومعرفة طيفه يمكن معرفة كتلته ومعرفة التفاعلات الجارية فيه وبالتالي معرفة عمره.

ويقسم النسق الأساسي أحيانا إلى نصف علوي ونصف سفلي بحسب نوع التفاعلات التي تجري في النجم وتنتج طاقته. فالنجوم التي تكون كتلتها أقل من 5 .1 من كتلة الشمس تجري فيها تفاعلات الاندماج النووي لعنصر الهيدروجين على مراحل فيتولد الهيليوم، وتسمى تلك التفاعلات سلسلة تفاعل بروتون-بروتون .أما النجوم التي تبلغ كتلتها أكبر من 1.5من كتلة الشمس فتجري فيها تفاعل الاندماج النووي لذرات الكربون، والنتروجين والأكسجين وذلك بعد أن يكون الهيليوم قد تكون من الهيدروجين في النجم.

والنجوم التابعة للنسق الأساسي وتكون كتلتها أكثر من 10 أضعاف كتلة الشمس فيجري فيها حمل حراري بين داخلها وسطحها الخارجي، بحيث يتقلب الهيليوم المتكون حديثا في قلب النجم متيحا الفرصة لحدوث اندماج الهيدروجين ويستمر تولد الطاقة. وعنما لا يحدث الحمل الحراري في قلب النجم يتركز الهيليوم في قلب النجم طاردا الهيدروجين إلى سطح النجم.

وبالنسبة للنجوم ذات كتلة أقل ،أي تكون كتلتها مثلا ضعف كتلة الشمس ، فيقل الحمل الحراري في قلبها تدريجيا حتى يخمد الحمل الحراري. فإذا كانت كتلة النجم أصغر من ذلك يصبح قلب النجم مشعا ويحدث الحمل الحراري قريبا من سطح النجم فقط. وإذا كانت كتلة النجم صغيرة يزيد الحمل الحراري، وتُجري النجوم ذات كتلة أقل من نحو 0 .4 من كتلة الشمس الحمل الحراري عبر حجم النجم كله. [1]

## (4-4) العملاق الاحمر Red Giant :

نجم قطره يبلغ من 15 إلى 45 مرة قطر الشمس، ويعادل لمعانه أو نوره حوالي مائة مرة أو أكثر لمعان الشمس، وهو نوع من أنواع النجوم في الفضاء المحيط بمجرتنا مجرة درب التبانة، أو الطريق اللبني(Milky Way) ، وتعتبر نجوم العمالقة الحمر نجوما غير أعتيادية، لأن أعضاء هذه المجموعة من النجوم تطلق من الطاقة الضوئية أضعاف مضاعفة مما تطلقه نجمة الشمس .

وهناك من النجوم مايسمى عملاق عظيم(Super giant) ، وهو النجم الذي لمعانه يقدر بأكثر من 50 ألف مرة لمعان الشمس.

وبالرغم من أن النجوم التي نراها تبدو بيضاء بالعين المجردة، ولكنها تحمل ألوانا عديدة، وكل لون من الألوان يدل على مرتبة النجم الطيفية، ويرمز إليه الفلكيون برمز مميز(مثل G للنجوم الصفراء، و M للنجوم الحمراء)

يتكون العملاق الأحمر نتيجة لتحول أنوية ذرات الهيدروجين المكونة للنجم -مع مرور الزمن- إلى هيليوم بطريق الاندماج النووي مثل ما يحدث في باقي النجوم. ولكن يتحول النجم بالتدريج إلى عملاق أحمر قرب انتهاء الهيدروجين، وعند بدء تحول العناصر الخفيفة مثل الكربون والأكسجين والنيتروجين إلى الحديد .ولا يحدث هذا إلا عندما ترتفع درجة حرارة قلب النجم إلى نحو 2000 مليون درجة.فيتمدد النجم وعلى الأخص تتمدد طبقاته الغلافية الغازية نتيجة لأرتفاع درجة الحرارة في النجم، مكونة هالة حمراء اللون هائلة الحجم متوهجة وتشع ضياءا شديدا جدا.

### (4-4-1) خصائص العملاق الاحمر :

ينتمي العملاق الأحمر إلى التصنيف الطيفي K و M والتي تبلغ درجة حرارة سطحها من 3330 كلفن تعادل تصنيف طيفي ( M5 إلى 4750 كلفن )تعادل تصنيف طيفي . K0 ويندر وجود بينها التصنيفات الطيفيةR أو S أو N ، والتي تبلغ درجة حرارتها بين 1900إلى 5400 كلفن طبقا لتقسيم شميت-كالر لعام 1982.

وبالمقارنة بالشـمس والتي تبلغ درجة حرارة سـطحها 5780 كلفن فإن درجة حرارة العملاق الأحمر أقل من ذلك فيكون النهاية العظمى لأشعاعها كجسم أسود في نطاق اللون الأحمر أو البرتقالي.

ونظرا إلى ضـخامة حجم العملاق الأحمر والاتسـاع الكبير لمساحة سطحه فتكون كمية الإشعاع كبيرة وبالتالي ضـياءه عالية جدا وهي تمثل نجوما ذات قدر مطلق كبير. ففي نطاق الضـوء المرئي يصـل قدرها المطلق للتصـنيفين K و M من -0,4 إلى 0,7 ، و بالمقارنة بالقدر 4.8 للشـمس فغن العملاق الأحمر يفوقها نحو 100 مرة . كما يبلغ ضـياءها الكلي عبر جميع أطوال الموجة التي تشـعها فيصـل قدر التصـنيفين K و M من -2,6 إلى 0,4 ، وبالمقارنة بالشمس والتي يبلغ قدرها 4.7 تفوق ضـياءه ضـياء الشمس بنحو 1000 مرة . وشـدة الضـياء هذه هي التي تجعلها ترى بسـهولة بالعين المجردة في صـفحة السـماء المليئة بنجوم أبرد من ذلك من نجوم النسـق الأسـاسـي رغم بعدها عنا الكبير. فمن بين النجوم التي ترى بالعين المجردة نجد كثيرا من نواع نجوم العملاق الأحمر.

ونظرا لانخفاض درجة حرارة أسطح العمالقة الحمر وشدة ضياءها فغننا نجدها في الرسم البياني الذي يمثل تصنيف هرتزشبرونج-راسل في الجزء العلوي على اليمين.

وتتميز العمالقة الحمر باتسـاع كبير لغلافها الضـوئي ، مما يجعل من الازم إعادة النظر و التدقيق في تعريفات بياناتها الفيزيائية مثل تعريف درجة حرارة السطح لها ، وكثافة السطح ، و نصف القطر.

## (4-4-3) نجوم لاتصل مرحلة العملاق الاحمر :

النجوم صـــغيرة الكتلـة لا يكون فيهـا حمل حراري وبـالتـالي لا يتجمع في قلبه هيليوم ، ولكن يستمر في مزاولة اندماجة النووي من دون أن يصبح عملاقا أحمرا وتسمى مثل تلك النجوم قزم أحمر .ويقدر عمر تلك النجوم بأعمار تفوق عمر الكون نفسـه ولذلك فلا توجد مشـاهدات تبين أن تلك النجوم الصغيرة الكتلة تتقدم في العمر يسير فيها الاندماج النووي بمنتهى البطأ

ومن جهـة أخرى نجد نجوما بالغة الكتلة ويتطور كل منها حتى يصـــبح عملاقا عظيما ، تلك العمالقة العظام (كتلة النجم منها أكبر من الشـــمس 50 أو 100 مرة ) نجدها تنتقل خلال تطورها على الرســم البياني ل تصـنيف هرتزشبرونج-راسل أفقيا إلى اليمين واليسار حتى تصل إلى اليمين على الرسم حتى تصبح عملاقا عظيما أحمرا ، وينتهي عمر النجم منهم في صورة انفجار من نوع مستعر أعظم

[4]

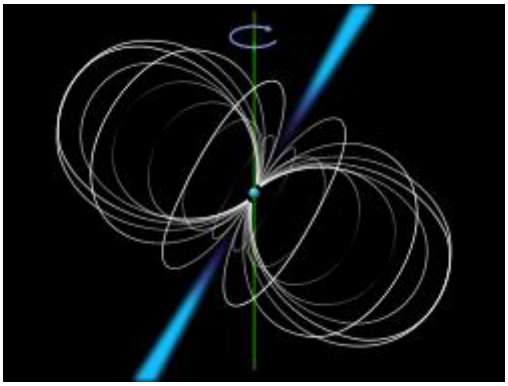
**( الجدول 1-4 ) بعض العمالقة الحمراء**

| الاسم | كتلته | نصـــــف القطر | شدة الضوء |
|---|---|---|---|
| الدبران | 2,5 $M_\odot$ | 25 $R_\odot$ | 156 $L_\odot$ |
| حارس السماء | 5و1 $M_\odot$ | 25 $R_\odot$ | 210 $L_\odot$ |
| جاما صليب الجنوب | 3 $M_\odot$ | 133 $R_\odot$ | 1.500 $L_\odot$ |
| الأنف | 10–11 $M_\odot$ | 150 $R_\odot$ | 6.700 $L_\odot$ |
| جاما السلوقيان | 3 $M_\odot$ | 215 $R_\odot$ | 4.400 $L_\odot$ |
| منخر الحوت | 3 $M_\odot$ | 84 $R_\odot$ | 1.800 $L_\odot$ |
| Miraميرا | 1,2 $M_\odot$ | 400 $R_\odot$ | 8.400 $L_\odot$ |
| رأس الجاثي | 7–8 $M_\odot$ | 300 $R_\odot$ | 17.000 $L_\odot$ |

## ( 4-5) النجوم النيترونية Neutron Star :

هو جرم سماوي ذو قطر متوسط يقدر بحوالي 20 كم وكتلته تتراوح ما بين 1,44 و 3 كتلة شمسية، وهو نوع من البقايا ينتج عن الانهيار الجاذبي لنجم ضخم في مستعر أعظم من نوع "II" :أو "Ib" أو "Ic".يتكون هذا النجم بشكل خاص من مادة مكونة من النيترونات، وكثافته كبيرة فقد تصل إلى أكثر من $10^{12}$في مركزه، أي أن سـنتيمترا مكعباً من هذه المادة يعادل كيلومتراً مكعباً من الجليد ذو كثافة 1 غرام لكل سـنتيمتر مكعب. والنجم النيوتروني يتمتع بخصـائص أخرى غير كثافته الكبيرة، مثل الحقل المغناطيسي المحيط به، ودرجة حرارته العالية.

- بعد نفاذ الوقود الذري في النجم وهو عنصـر الهيدروجين تتغلب قوى الجذب في النجم على قوى التشـتت، وتنقلب مناطقه الغازية الخارجية لتصـب في الداخل، وتزيد كثافة النجم شـيئاً فشـيئاً بتزايد انكماش الذرات داخله تحت تأثير الجاذبية. ويظل انكماش الذرات داخله مع فقدانه المتزايد للحرارة، حتي يأتي الوقت الذي تبتلع فيه نوى الذرات الإلكترونات المحيطة بها، وشيئاً فشيئاً يُصبح النجم عبارة عن نواة واحدة عظيمة الكبر، وبامتصاص البروتونات للإلكترونات تتحول بالتفاعل النووي إلى نيوترونات، وتصـبح كل تلك المادة الغريبة للنجم مادة النيوترونات. ولهذا يسمى النجم النيوتروني.
- يحدث هذا التحول للنجوم حيث تنقلب إلى نجوم نيوترونية عندما تكون كتلتها في الحدود بين 1.44و 3 كتلة شمسية .أما إذا كانت كتلة النجم أكبر من هذا الحد، فإن النجم يتحول في آخر عمره إلى ثقب أسود.

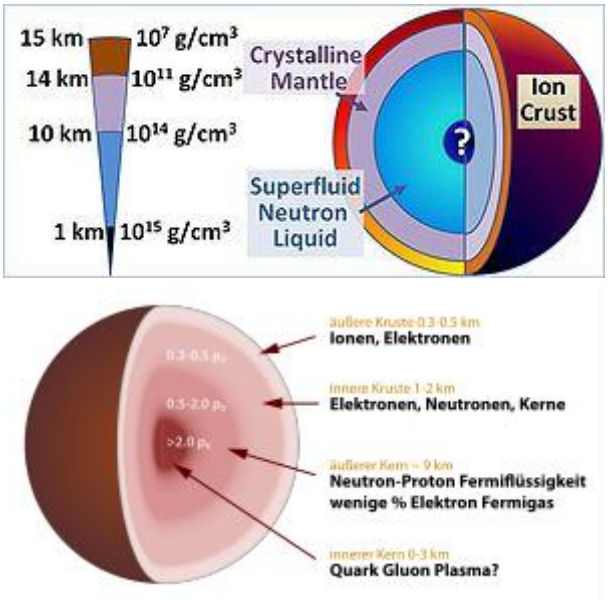


**(الشكل 1-4 ) رسم تخطيطي للسوبرنوفا**

## (1-5-4) اكتشافها :

في عام 1932 اكتشف السير جيمس شادويك James Chadwick النيترون كجزيء للمادة ولذلك حصل على جائزة نوبل في الفيزياء عام 1935. في العام 1931,أي قبل اكتشاف النيترون بعام، طرح ليو دافيدوفيتش لنداو Lew Dawidowitsch Landau بشكل نظري وجود النجوم النيترونية. وفي العام 1933 بحث فالتر بادي وفريتز زفيكي النجوم النيترونية. ووصفوها، بشكل نظري على أساس نظرية ولادة النجوم، على أنها الشكل النهائي لتطور النجم.

## (2-5-4) تركيبها :




**الشكل ( 2- 4 ) تركيب السوبر نوفا**

عن طريق معلوماتنا عن خواص الجسيمات المشتركة في تكوين النجم النيوتروني التي نعرفها من علم الجسيمات الأولية فيمكن تقسيم باطن نجم نيوتروني قطره 20 كيلومتر إلى الطبقات الآتية:

يبلغ الضغط على سطحه صفر ، وحيث أن النيوترونات الحرة غير مستقرة فيوجد على السطح أنوية الحديد وإلكترونات .وتكون تلك الأنوية في العادة بلورات إلا أنه نظرا لقوى الجاذبية البالغة الكبر فهي

تمنع تكون بلورات ترتفع فوق السطح أكثر من عدة مليمترات. وإذا فرض وكان على السطح جو من البلازما الساخنة فلن يزيد سمكها عن عدة سنتيمترات.

ويقدر سمك الطبقة المتكونة من بلورات أنوية الحديد نحو 10 متر .وتتزايد متوسط كثافة البلولورات إلى نحو 1000/1 من كثافة الأنوية نفسها مع زيادة العمق حتى عمق 10 متر. كما تتزايد نسبة النيوترونات في الأنوية وتتكون أنوية حديد غنية بالنيوترونات ، و تكون مستقرة في تلك الظروف المحيطة المتناهية الصعوبة.

وعلى عمق 10 متر يكون الضغط عالي جدا بحيث تتواجد نيوترونات حرة. ومن هنا تبدأ طبقة وسطية قد تصل إلى 1 أو 2 كيلومتر تتكون من أنوية الحديد المتبلورة بجانب سائل من النيوترونات. وفيها تتناقص نسبؤة الحديد من 100% إلى 0% بينما تتزايد نسبة النيوترونات . كما يرتفع متوسط الكثافة إلى أن تصل إلى كثافة أنوية الذرة وقد تزيد عنها.

يتبع الطبقة المتوسطة من النجم النيوتروني نيوترونات بحيث يصبح مكونا من نيوترونات وقليل من البروتونات والإلكترونات في حالة توازن حراري .وبحسب درجة الحرارة فإذا كانت منخفضة نسبيا فيمكن للنيوترونات ان تكون في حالة ميوعة فائقة وأن تكون البروتونات فائقة التوصيل. ويتميز النجم النيوتروني بدرجة حرارة حرجة عند درجة 10 [11]كلفن ، أي أن النجم النيوتروني يصل إلى حالة الميوعة الفائقة خلال فترة وجيزة من بعد تكونه.

وفي أعماق أكبر حيث ترتفع الكثافة إلى ثلاثة أضعاف كثافة النواة الذرية ولا نعرف ماهي صفات تلك الحالة الغريبة تماما عن ما نعهده ، حتى أن تمثيلها في معجل جسيمات لدراستها ليس ممكنا.

وقد تتكون على ذلك العمق منطقة مركزية من بيونات أو كايونات .وبما أن تلك الجسيمات من نوع البوزونات ولا تتبع مبدأ استبعاد باولي فإنهم جميعا يمكن ان يشغلوا نفس مستوى الطاقة الكمومي المنخفض وتكوين تكاثف بوز-اينشتاين ، وعندئذ فقد لا تستطيع تحمل الضغط الكبير جدا الواقع عليها بحيث قد يعتريها انهيار وتقلص ثاني وتصبح ثقبا أسودا.

وقد تكون إمكانية أخرى وهي تكوّن كواركات حرة ويسمى نجم كواركات .ومادة كتلك قد تتآثر بالتآثر القوي وتستقر رغم وجود الجاذبية. وحيث أن نجم كواركات يكون أكثر كثافة وبذلك يكون أصغر فمن المفروض أن يكون دوران نجم الكواركات حول محوره أسرع من النجم اليوتروني. ونجد بعض النجوم المرصودة في هيئة النباض لها دورات حول محورها أقل من 1.4 مللي ثانية إلى 30 ثانية وقد يكون النباض علامة على وجود تلك المادة الغريبة. بسبب انضغاطية النجم النيوتروني فإن جاذبية سطحها قد تفوق جاذبية الأرض حوالى مائة ألف مليون مرة.

وقد شوهد لأربعة من النباضات ارتفاع مفاجئ في تردد الدوران ويتبعه فترة ينخفض فيها تردد الدوران ، فقد يكون ذلك ناتجا عن زلزال ناشئ عن تبادل الزخم الزاوي بين الطبقة الحديدة العليا في النجم النيوتروني والطبقة التي تحتها المكونة من دوامات دوارة للسائل النيوتروني ذو الميوعة الفائقة. [2]

## (4-6) الثقوب السوداء :

هو منطقة في الفضاء تحوي كتلة كبيرة في حجم صغير يسمى بالحجم الحرج لهذه الكتلة الذي عند الوصول إليه تبدأ المادة بالانضغاط تحت تأثير جاذبيتها الخاصة، ويحدث فيها انهيار من نوع خاص بفعل الجاذبية ينتج عن القوة العكسية للانفجار، حيث أن هذه القوة تضغط النجم وتجعله صغيرًا جدًا وذا جاذبية قوية خارقة. وتزداد كثافة الجسم (نتيجة تداخل جسيمات ذراته وانعدام الفراغ البيني بين الجزيئات)، تصبح قوّة جاذبيته قوّية إلى درجة تجذب أي جسم يمر بالقرب منه، مهما بلغت سرعته. وبالتالي يزداد كمّ المادة الموجودة في الثقب الأسود، وبحسب النظرية النسبية العامة لأينشتاين، فإن الجاذبية تقوّس الفضاء الذي يسير الضوء فيه بشكل مستقيم بالنسبة للفراغ، وهذا يعني أن الضوء ينحرف تحت تأثير الجاذبية.

في النسبية يعرف الثقب الأسود بصورة أدق على أنه منطقة من الزمكان تمنع فيها جاذبيته كل شيء من الإفلات بما في ذلك الضوء .

يمتص الثقب الأسود الضوء المار بجانبه بفعل الجاذبية، وهو يبدو لمن يراقبه من الخارج كأنه منطقة من العدم، إذ لا يمكن لأي إشارة أو موجة أو جسيم الإفلات من منطقة تأثيره فيبدو بذلك أسود أمكن التعرف على الثقوب السوداء عن طريق مراقبة بعض الأشعاعات السينية التي تنطلق من المواد عند تحطم جزيئاتها نتيجة اقترابها من مجال جاذبية الثقب الأسود وسقوطها في هاويته.

### (4-6-1) الثقوب السوداء :

كان طرح فرضية إمكانية وجود مثل هذه الظاهرة هو إكتشاف رومر أن للضوء سرعة محددة، وهذا الإكتشاف طرح تساؤلاً وهو لماذا لا تزيد سرعة الضوء إلى سرعة أكبر؟، فُسر ذلك على أنه قد تكون للجاذبية تأثير على الضوء، ومن هذا الإكتشاف كتب" جون مينشل " عام 1783 م، مقالاً أشار فيه إلى أنه قد يكون للنجم الكثيف المتراص جاذبية شديدة جدًا، حتى الضوء لا يمكنهُ الإفلات منها، فأي ضوء ينبعث من سطح النجم تعيده هذه الجاذبية. هناك فرضية تقول أيضًا أنه هناك نجوم عديدة من هذه النجوم، مع أننا لا يمكننا أن نرى ضوئها، لأنها لا تبعثه إلا أننا نستطيع أن نتحسس جاذبيتها، هذه النجوم هي ما نسميها بـ "الثقوب السوداء"، أي الفجوات في الفضاء، أهملت هذه الأفكار، لأن النظرية الموجية للضوء كانت سائدة في ذلك الوقت، وفي 1796 م، أعاد العالم الفرنسي بيير سيمون لابلاس هذه الفكرة إلى الواجهة في كتابه بالفرنسية: Exposition du Système du Monde مقدمة عن النظام الكوني. لكن معاصريه شككوا في صحة الفكرة لهشاشتها النظرية، [6]إلى أن جاءت نظرية النسبية العامة لالبرت اينشتاين، التي برهنت على إمكانية وجود الثقوب السوداء فبدأ علماء الفلك في البحث عن آثارها، حيث تم اكتشاف أول ثقب أسود سنة 1971 م.

وتحولت الآراء حول الثقب الأسود إلى حقائق مشاهدة عبر المقراب الفلكي الراديوي الذي يتيح للراصدين مشاهدة الكون بشكل أوضح، وجعل نظرية النسبية حقيقة علمية مقبولة عند معظم دارسي علوم الفيزياء

## (4-6-2) تركيب الثقب الاسود :

وهناك جزءان في الثقوب السوداء هما القلب وأفق الحدث، إذا استطعت أن تأخذ شريحة من مركز الثقب الأسود فهو يشبه هذا:

**الشكل ( 3- 4 ) اجزاء الثقب الاسود**

أفق الحدث (حدود منطقة من الزمان والمكان التي لا يمكن للضـــوء الإفلات منها) هو منطقة حول نقطة أو مركز جاذبية حيث تصبح قوة الجاذبية فيها لانهائية لدرجة ان الضوء لايستطيع الافلات منها إلى خارج الكون بل يسحب إلى داخل الثقب .ويعتبر جزء من الثقب الأسود. إذا أتيح لك أن تسقط في ثقب اسود، سيكون من المستحيل لك أن تعرف متى تمر من أفق الحدث (فهو ليس بالجزء الملموس).

وكذلك قلب الثقب ليس بالشـيء الملموس أيضـا، وطبقا لنظرية النسبية فإن مركز الثقب ( وهو نقطة الانهائية في الكثافة ) هو نقطة تقوس الزمن الفضائي اللانهائي. هذا يعني أن قوة الجاذبية قد أصبحت قوية بشكل لانهائي في مركز الثقب الأسود، وكل شيء سيكون مصيره السقوط في هذا الثقب إذا مر بأفق الحدث بما في ذلك الضـوء، وسـتصـل في نهاية الأمر إلى مركز الثقب ( حيث النقطة اللانهائية من الكثاقة )، وقبل أن تصله فإنه قد يكون قد مزق بفعل قوة الجاذبية الحادة، حتى الذرات نفسها سوف تتمزق بفعل تلك الجاذبية .

## (4-6-3) إشعاع الثقب الأسود

من فكرة تعريف الثقب الأسود كمجموعة من الأحداث التي لا يمكن الإفلات منها بعيداً، ويعني أن الثقب الأسـود أي أفق الحدث مكون من مسـارات أشـعة الضـوء في الزمكان وبالتالي لا يسـتطيع الضـوء الابتعاد عن الثقب الأسود بل يحوم عند أطرافه إلى الأبد. أن هذه المسارات لا يمكن أن تقترب من بعضـها البعض فإذا أقتربت فلابد أن تندمج لتصبح واحدة وفي هذه الحالة تقع في ثقب أسود، ولكن إذا أبتلع الثقب الأســود هذه الأشــعة فهذا يعني أنها لم تكن على حدوده، وهذا يعني أنه يجب أن تكون الأشــعة متوازية أو متباعدة، وإذا كانت الأشــعة التي يتألف منها أفق الحدث لا يمكنها أن تتقارب فإن مسـاحة أفق الحدث تبقى كما هي أو تتسـع مع الزمان، وفي الواقع تتسـع المسـاحة كلما وقع في الثقب الأسود مادة أو إشعاع وإذا تصادم ثقبان أسودان واندمجا معا في ثقب واحد فإن مساحة أفق حدث للثقب الجديد تسـاوي مجموع مسـاحتي الثقبين الأوليين أو أكبر وبناءً على هذا التعريف وهذه الفكرة فسـوف تكون حدود الثقب الأسود هي للثقب الأسود وأيضـا مساحتهما بشرط أن يكون الثقب الأسود صار إلى وضـع مسـتقر لا يتغير مع الزمن، كان هذا السـلوك لمسـاحة الثقب الأسـود مسـتوحى إلى حد بعيد من سلوك مقدار مادي يدعى "أنتروبيا"-وهو مقياس درجة الخلل أو اضطراب نظام ما - ويعرف تقدير أو

وصـــف هذه الفكرة الدقيقة بـالقانون الثـاني للديناميكا الحرارية فهو ينص على أن "الأنتروبيا" لنظام معزول تتزايد بـاطراد وعندمـا يندمج نظـامين معـا، تكون "أنتروبيا" النظام الموحد، أكبر من مجموع الأثنين في كل منهما، وأقترح طالب أبحاث اسمه "جاكوب بكنشتاين" إن مساحة أفق الحدث هي مقياس أنتروبيا لثقب الأسود؛ فكلما سقطت فيه مادة تحمل أنتروبيا كلما وأتسعت مساحة أفق الحدث ’بحيث أن مجموع أنتروبيا المادة خارج الثقوب السـوداء ومسـاحة الآفاق لا تنقص أبدا، فإذا كان للثقب الأسـود أنتروبيا فلابد أن تكون له حرارة كذلك كل جسـم ذي حرارة معينة لابد أن يبث إشـعاع بمعدل ما وهذا الإشعاع ضـروري لتفادي خرق القانون الثاني للديناميكا. أي أنه يجب أن تبث الثقوب السوداء إشعاعاً ولكن الثقوب السوداء بحكم تعريفها بالذات أجسام يفترض أن لا تبث شيئا.

وفي الحقيقة الثقوب السـوداء الدوارة تبث جسـيمات ذرية، ولكن عندما أجرى سـتيفن هوكنغ حسـاباته ظهرت له نتيجة مزعجة وهي أنه حتى الثقوب السـوداء غير الدوارة تبث جسـيمات ذرية وهذه النتيجة كان يعتقد سـتيفن أنها ناتجة عن اعتماده تقديرا خاطئا وأخيرا أكد له طيف هذه الجسـيمات هو بالضـبط ما قد يصدر عن جسم حار.

كيف يبدو أن الثقب الأسود يمكنه بث جسيمات مادمنا نعرف أن لا شي يمكنه الإفلات من أفق الحدث؟ الجواب كما تفيد نظرية الكم هو إن الجسيمات لا تصدر من داخل الثقب الأسود بل من (الفراغ) الفضاء الفارغ خارج أفق الحدث للثقب الأسود مباشرة؛ وكي تتضـح الصـورة لابد من إعادة فكرة إن ما نخاله فضـــاء فـارغـا، لا يمكن أن يكون فراغـا تمـامـا لأن ذلـك يعني إن جميع الحقول من الجـاذبيـة وكهرومغنطيسـية سـتكون صـفرا بالضـبط إلا أن قيمة الحقل ومعدل تغيره مع الزمن يشـبهان موقع وسـرعة الجسـم :فمبدأ عدم التأكد يحتم أنه كلما قمنا بقياس واحدة من هاتين الكميتين بدقة عالية كلما تناقصت دقة قياس الكمية الأخرى. ففي فضاء فارغ لا يمكن تحديد الحقل صفرا بدقة لأنه تكون له قيمة صـفر ومعدل تغير صـفر، وهذا مخالف لمبدأ عدم التاكد. إذاً لابد أن تكون هناك جسـيمات أولية في الفضـــاء تظهر تـارة وتختفي تارة، وهي حينما تفعل ذلك فهي تظهر على هيئة زوجا من الجســيمات أحدهما الجسـيم والآخر نقيضـه. ولا يلبثان طويلا بل يفني كل منهما الآخر ثانيا (من هنا ظهرت فكرة طاقة الصفر حاول البحث عن أعمال وحياة العالم نيكول تسلى)

ولا يمكن رؤية هذه الجسـيمات أو اكتشـافها بالكشـافّات لان تأثيراتها غير مباشـرة ويتنبأ مبدأ الارتياب بوجود أزواج أفتراضـية متشـابهة من جسـيمات المادة بحيث يكون أحد الزوجين من المادة والأخر من المادة المضـادة. وتخيل هذه الجسـيمات على حدود الثقب الأسـود أي على حدود أفق الحدث من الممكن جدا أن يسقط الجسم الافتراضي الذي يحمل الطاقة السالبة وينجو الجسم ذو الطاقة الموجبة.

بالنسبة لراصد من بعيد يبدو وكان الجسيم صـادر عن الثقب الأسود ومع دفق الطاقة السالبة إلى داخل الثقب الأسـود سـوف تنخفض كتلة الثقب الأسـود ولفقد الثقب الأسـود لبعض كتلته تتضـاءل مسـاحة أفق حدثه فكلما صـغرت كتلة الثقب الأسـود أرتفعت درجة الحرارة ومع ارتفاع درجة الحرارة يزداد معدل بثه الإشعاع فيتسارع نقصان كتلة أكثر فأكثر ولكن لا أحد يعلم ماذا يحدث للثقب الأسود إذا تقلصت أو انكمشـــت كتلتـه إلى درجـه كبيرة ولكن الاعتقاد الأقرب أنه ســـوف ينتهي إلى انفجار نـهائي هائل من الإشعاع يعادل انفجار ملايين من القنابل الهيدورجينية. فالثقب الأسود الأولى ذو الكتلة البدائية من ألف مليون طن يكون عمره مقـاربـا لعمر الكون. أمـا الثقوب الســـوداء البدائية ذات الكتلة دون هذه الأرقام فتكون قد تبخرت كليا. وتلك التي لها كتله أكبر بقليل تسـتمر في بث إشـعاعات على شـكل أشـعة سـينية أشـعة غاما وهذه الإشـعاعات من سينيه وغاما تشبه الموجات الضوئية ولكن بطول موجي أقصر وتكاد

هذه الثقوب لا تستحق صفة سوداء فهي حارة في الواقع إلى درجة (الاحمرار- أبيض) وتبث طاقة بمعدل يقارب عشرة آلاف ميغا الواط.

## (4-6-4) أنواع الثقوب السوداء

حيث أن الجاذبية تزيد بنسبة عكسية مع الحجم فإن الثقوب السوداء يمكن أن تتكون وتتطور بكتل مختلفة، فأي كمية من المادة والتي تضغط بما فيه الكفاية ستصبح ثقب أسود، وهناك بعض التصنيفات لتشكل الثقوب طبيعيا.

- **الثقوب السوداء العملاقة**

الثقوب السوداء العملاقة هي ثقوب ذات كتلة تقدر بين مئات آلاف وعشرات البلايين من الكتلة الشمسية، وهناك عدة طرق لتشكل الثقوب السوداء العملاقة منها نمو الثقب عن طريق زيادة المادة التي يسحبها من المحيط من حوله، وقد يكون تشكل الثقوب العملاقة حدث مباشرة وبتأثير الضغط الخارجي عند بداية الكون وفي المرحلة الأولى من الانفجار العظيم.

- **الثقوب السوداء المتوسطة الكتلة**

هي ثقوب ذات كتلة أكبر من الثقوب النجمية (عشرات من كتلة الشمس) وأقل بكثير من الثقوب السوداء العملاقة (بضعة ملايين كتلة الشمس). وأدلة وجود هذا النوع قليلة مقارنة مع النوعين الاخرين العملاقة والنجمية، كما أن كيفية تشكل تلك الثقوب مازال ليس واضحا ، فمن ناحية يري العلماء أن تلك الثقوب هائلة جدا لأن تكون قد تشكلت بإنهيار نجم واحد (وهذا تفسير تشكل الثقوب السوداء النجمية)، ومن الناحية الأخرى فإن بيئة تلك الثقوب تفتقر إلى الظروف القاسية مثل الكثافة العالية والسرعة الملاحظة في مراكز المجرات التي تؤدي إلى تشكيل الثقوب العملاقة، ولكن العلماء قد فسروا طرق التشكل بإحتمالين، الطريقة الأولى هو إندماج الثقوب السوداء النجمية مع أجسام مضغوطة أخرى بواسطة الإشعاع الجذبي، والطريقة الثانية هو إصطدام لنجوم هائلة مع تجمعات نجمية كثيفة وإنهيار نتائج هذا الإصطدام متحولا إلى ثقب أسود متوسط.

في نوفمبر 2004 تم إكتشاف ثقب أسود متوسط إطلق عليه GCIRS 13E، وهو الاكتشاف الاول لمثل هذا النوع في مجرتنا درب التبانة، ويقع مداره على بعد ثلاث سنوات ضوئية من النجم Sagittarius A ، ويصل كتله الثقب حوالي 1,300 كتلة شمسية ضمن تجمع من سبعة نجوم، الذي من المحتمل أنه بقايا تجمع نجمي هائل والذي تفكك بفعل جذب من مركز المجرة، إلا أن هناك بعض العلماء قد شككوا في وجود مثل تلك الحفر بالقرب من مركز المجرة.

وفي يناير 2006 أعلن فريق من الفلكيين في جامعة آيوا عن إكتشاف جديد وهو مرشح أن يكون ثقب أسود متوسط الكتلة اطلق عليه M82 X-1 ، ويدور حوله نجم أحمر عملاق أحمر ويجذب محتوياته اليه

ومازال النقاش حول الوجود الحقيقي للثقوب السوداء المتوسطة مفتوحا وتختلف أراء العلماء حوله.

- **الثقوب السوداء النجمية**

وهي التي تشكلت بإنهيار نجم هائل (3 أو أكثر من الكتل الشمسية) في نهاية عمره. وهذه العملية تلاحظ كإنفجار سوبرنوفا أو كإنفجار شعاع غاما، مثل تلك الحفر يكون كتلتها على الاقل 1.44 كتلة شمسية ، وأكبر ثقب معروف لهذا النوع هو بكتلة 14 كتلة شمسية.

- **الثقوب السوداء الدقيقة**

وتسمى أيضا الثقوب السوداء الكمومية، وهو ثقب أسود صغير جدا تلعب تأثيرات ميكانيكا الكم دور مهم في تفسيره .وحاليا يجهز العلماء لإطلاق تليسكوب فضائي جديد وحساسا بدرجة عالية لإكتشاف نظرية وجود الثقوب السوداء الدقيقة التي قد تكون ضمن نظامنا الشمسي، ويقول العلماء أن ذلك يمكن أن يختبر نظرية جديدة تفترض وجود البعد الخامس للجاذبية والتي تنافس نظرية النسبية إذا تواجدت تلك الثقوب الدقيقة في الحقيقة

**(4-6-5) حجام ودرجة حرارة الثقب الاسود**

تكون الثقوب السوداء الأكبر هي الأبرد من حيث درجة الحرارة لأن ما تسمى بدرجة حرارة هوكنج تقاس بالبلايين درجة فوق الصفر المطلق. وعلى العكس الاشد حرارة هي الثقوب السوداء المجهرية او الصغيرة والتي لها أقل من تريليون غرام من الكتلة ودرجات حرارة تزيد من مليون درجة إلى التريليونات من الدرجات حتى تتلاشى.

الثقوب السوداء الكمية التي لها كتلة 0.00001 غرام وحجم يساوي $10^{33}$سنتيمترات ودرجات حرارة تبخيرهم تساوي $10^{23}$ درجة، يجعل من تلك الأجسام المحتملة الأشد حرارة في الكون. هذا إذا وجدت.

**(4-6-6) اشعاع هوكنج :**

طبق ستيفن هوكينج نظريات الترموديناميكا والنظرية النسبية العامة وميكانيكا الكم وتوصل إلى أن الثقب الأسود يمكن أن يصدر أشعة. وافترض حدوث إنتاج زوجي عند أفق الحدث للثقب الأسود ينتج عنه إشعاع سُمي "إشعاع هوكينج". كما أستطاع استنتاج أن كتلة الثقب الأسود تتبخر مع الوقت، وقدر عمر تبخر الثقب الأسود بنحو $10^{67}$ سنة

**(4-6-7) رصد الثقب الأسود**

ثقب أسود يمر بين المشاهد ومجرة تقع خلفه، ويرى تشوه ضوء المجرة القادم إلينا (محاكاة تشبيهية)

قد نفتش عن أشعة غاما التي تبثها الثقوب السوداء الأولية طوال حياتها مع إن إشعاعات معظمها سوف تكون ضعيفة بسبب بعدها عنا بعدا كبيرا، ولكن اكتشافها من الممكن. ومن خلال النظر إلي خلفية أشعة غاما لا نجد أي دليل على ثقوب سوداء أولية ولكنها تفيد بأنه لا يمكن تواجد أكثر من 300 منها في كل سنه ضوئية مكعبة من الكون .فلو كان تواجدها مثلا أكثر بمليون مرة من هذا العدد فإن أقرب ثقب

أسود إلينا يبعد ألف مليون كيلومتر، وكي نشاهد ثقبا أسودا أوليا علينا أن نكشف عدة كمات من أشعة غاما صادرة في اتجاه واحد خلال مدى معقول من الزمن كأسبوع مثلا، ولكن نحتاج إلى جهاز استشعار كبير لأشعة غاما وأيضا يجب أن يكون في الفضاء الخارجي لأن الغلاف الجوي للأرض يمتص قدرا كبيرا من أشعة غاما الآتية من خارج الأرض.. إن أكبر مكشاف أشعة غاما يمكنه التقاطها وتحديد نقطة الثقوب السوداء موجود لدينا هو الطبقة الهوائية للأرض بكاملها. فعندما يصطدم كم عالي من الطاقة من أشعة غاما بذرات جو الأرض يُولد أزواجا من الإلكترونات والبوزيترونات) نقيض الإلكترون) ونحصل على وابل من الإلكترونات السريعة التي تُشع ضوءاً يدعى إشعاع شيرنكوف .إن فكرة إشعاع الثقوب السوداء هي من أمثلة التنبؤ الفيزيائي المبني على النظريتين الكبيرتين المُكتشفتان في هذا القرن : النظرية النسبية العامة وميكانيكا الكم .وهذه أول إشارة إلى أن ميكانيكا الكم قادرة على حل بعض التفردات الثقالية التي تنبأت بها النسبية العامة.

وعلى الرغم من عدم تمكننا من رؤية أو تصوير الثقوب السوداء، فهناك سبل لمعرفة مكانها. وقد استطاع العلماء الالمان في السنوات القليلة الماضية اكتشاف حقيقة تواجد أحد تلك الثقوب السوداء في مركز المجرة .بالطبع لم يروه رؤية مباشرة، ولكنهم دئبوا على مراقبة حركة نجم كبير قريب من مركز المجرة لمدة سنوات عديدة، ويدور هذا النجم في مدار حول مركز خفي.

وعلى أساس معرفة كتلة النجم ونصف قطر فلكه، استطاع العلماء استنتاج وجود الثقب الأسود في مجرتنا وحساب كتلته التي تبلغ نحو 2 مليون ضعف لكتلة الشمس.

[2] [3]

## الخاتمة

تظل النجوم عائشـــة في الفضـــاء لمليارات الســـنيين تشـــع الضـــوء وتنتج الطاقة من التفاعل المتسلسل للهيدروجين حيث تندمج الذرات لتولد طاقة هائلة تكون وقود النجم طيلة حياته ، وعندما تنفد هذه الطـاقة يبداء النجم مرحلـة الموت البطئ حيث يتحول الي عملاق احمر ثم ينفجر فيتحول الي نجم نيوتروني او ثقب اسود او قزم ابيض حسب حجم النجم الاول ، تعج السماء من فوقنا بالنجوم التي تزين لســماء ليلا منها ما هو قريب ومنها ما هو بعيد ولكن يظل ضــوء تلك النجوم يســبح الينا عبر الفضــاء الشـاسع لملايين السنيين حتي يصل الينا مما يعني اننا عندما ننظر الي السماء لاننظر الي النجم في تلك اللحظة وانما ننظر الي النجم في الماضــي حســب بعده فقد يكون قبل ثواني او دقائق او ســاعات او ايام اوسنيين .

**التوصيات :**

التركيز علي علم الفلك في المنـاهج بـاعتباره من اهم العلوم اليوم وتشـــجيع البحث العلمي في مجال علوم النجوم لانه علم اليوم

المراجع :

[1] د.عبد العزيز بكرى أحمد ، 2010 ، مبادئ علم الفلك الحديث ،

[2] د.كارل ساغان ، 1978 ، الكون ،

[3] ميشيو كاكو ، 2012 ، كون انيشتاين

[4] د.حسن بن محمد بصارة ، 2007 ، الاستدلال بالنجوم

[5] Michael Hoskin ، 1999 ، *History of Astronomy* ، ISBN 0-521-57600-8.

[6] Arthur Berry ، 1961 ، *A Short History of Astronomy*.

[7] A planetary system around the millisecond pulsar ، PSR1257+12145 – 147 ، 1992 ،Wolszczan, A.; Frail, D. A

[8] الكون ، 1971 ، دافيد برجاميني ،

[9] الكون ، كولين رونان ، 1980

[10] Hanes، Dave ، 2006 ، Star Formation The Interstellar Medium

[11] NASA ، 2006 ، Active Galaxies and Quasars..