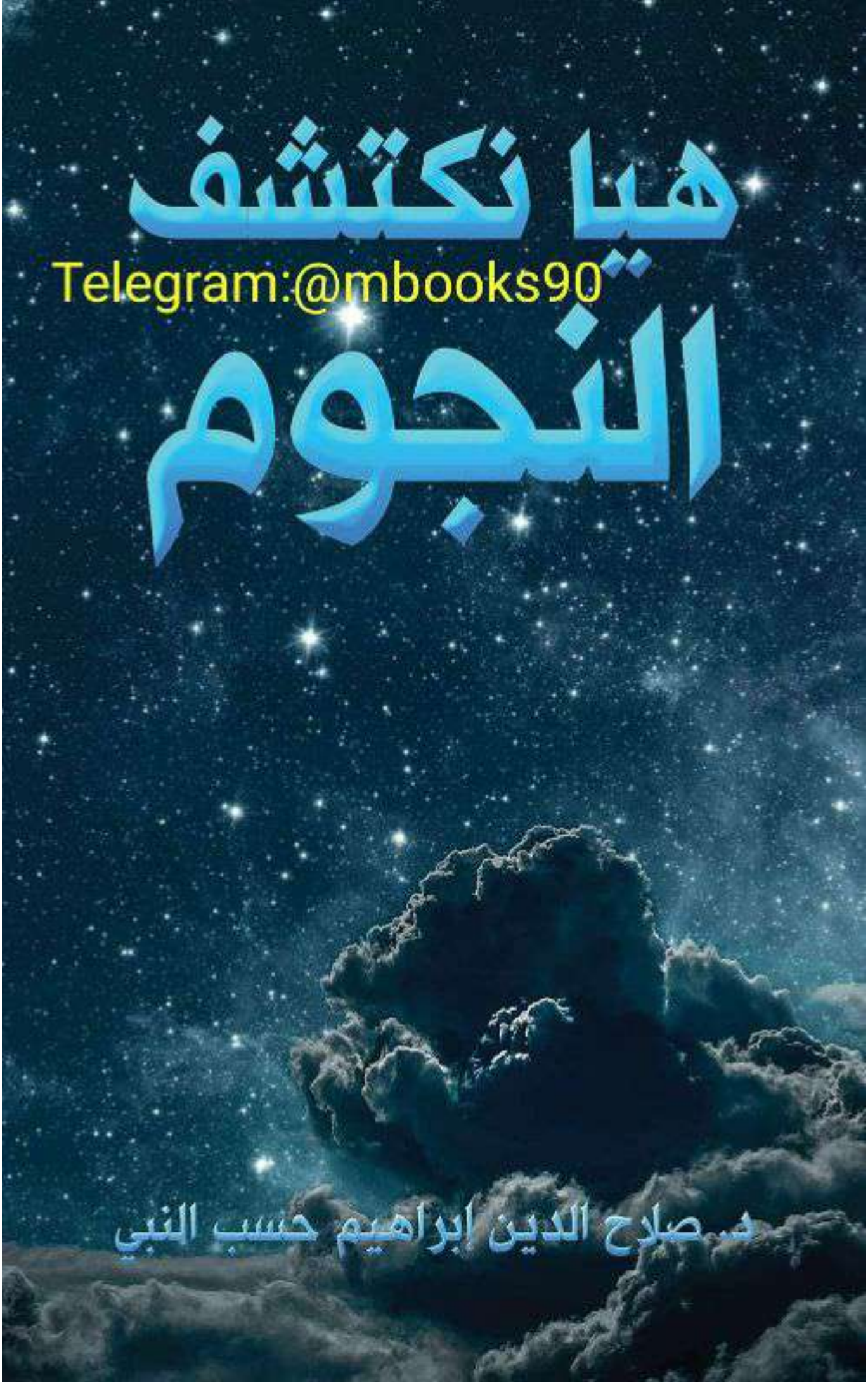
هيا نكتشف النجوم

Telegram:@mbooks90



د.صلاح الدين ابراهيم حسب النبي

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

هيا نكتشف النجوم

د. صلاح الدين إبراهيم حسب النبي

Austin Macauley Publishers

2022-09-30

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

د. صلاح الدين إبراهيم حسب النبي

الكاتب صلاح الدين إبراهيم حسب النبي؛ أستاذ متفرغ بجامعة القاهرة، حصل على الدكتوراه في الهندسة الفيزيائية عام 1980 مِن كلية البوليتكنيك في باريس، وقد حصل على بكالوريوس الهندسة الإلكترونية عام 1970، وبكالوريوس العلوم في الفيزياء التطبيقية عام 1972.

قام بالعديد مِن الأبحاث في مجالات الاستشعار عن بُعد بواسطة أشعة الليزر، وقام أيضًا بتأليف وترجمة عدد مِن الكُتب في مجال تبسيط العلوم.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الإهداء

إلى زوجتي وأولادي.

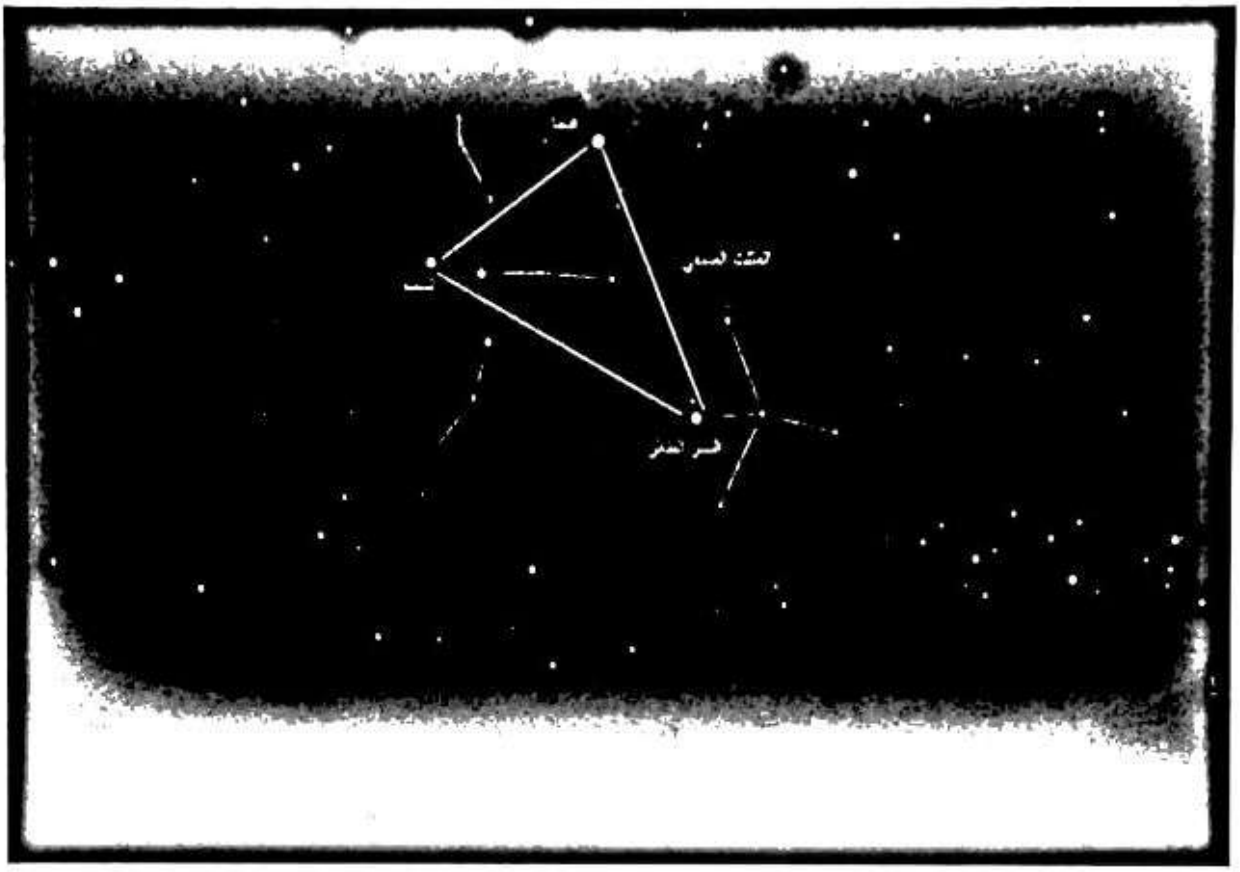
٢٧٠٥٨١٨٦٥٨

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

شكر وتقدير

إلى كل أساتذتي الذين علّموني كيف أتعلم، وإلى كلّ مَن ساعد على إخراج هذا الكتاب.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



نجوم السماء في نصف الكرة الشمالي والمثلّث الصيفي المشهور.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مقدّمة

مَن منّا لَم يرفع رأسه وينظر إلى السماء؟! خُلِقَ آدم وزوجه في الجنة، ولا نعلم مكانها ولا إذا كانت هناك نجوم يمكن رؤيتها هناك، ولكن نستطيع الادّعاء أنّه عند هبوطه إلى الأرض قد رفع رأسه وشاهد النجوم.

قد كان أجدادنا قدماء المصريين يحدّدون مواسم الزراعة، وموعد الفيضان عن طريق ملاحظة حركة النجوم ومواقعها في السماء، فمثلًا نجم الشعرى اليمانية (Sirius) يظهر كل عام قبل فيضان النيل، وكان ظهوره هو البشير بقدوم الفيضان وبداية السنة الزراعية، وقد استغرقَتِ البشرية زمنًا طويلًا حتى تعرف الفرق بين الكوكب والنجم، وأنَّ الشمس ما هي إلا إحدى هذه النجوم، وأنَّ الإنسان يعيش على أحد كواكب الشمس.

إنَّ الكون الذي يمكِننا أن نراه يمتدُّ مِن حولنا نحو 40 بليون(1) سنة ضوئية، ويحتوي على ملايين التجمُّعات الفلكية، وكلُّ تجمُّع يحتوي على ملايين المجرَّات، وكلُّ مجرَّة بها ملايين النجوم، وقد يقدِّر الفلكيُّون أنَّ هناك نحو 6 مليون مليون مليون نجم، وأنَّ الشمس ما هي إلا إحدى هذه النجوم، وأنَّها نجم دون المتوسط، فهناك نجوم أكبر منها مئات المرات، وهناك نجوم أصغر منها عشرات المرات، وسوف نحاول أن نشرح في هذا الكتيِّب قصة النجوم.

النجوم في القرآن:

وقد ورد ذِكر النجوم في القرآن في ثلاث عشرة آية:

﴿النَّجمُ الثَّاقِبُ﴾

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

[الطارق: ٣]

٠{وَهُوَ الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ النُّجُومَ لِتَهْتَدُوا بِهَا فِي ظُلُمَاتِ الْبَرِّ وَالْبَحْرِ}٠

[الأنعام: ٩٧]

٠{وَالشَّمْسَ وَالْقَمَرَ وَالنُّجُومَ مُسَخَّرَاتٍ بِأَمْرِهِ}٠

[الأعراف: ٥٤]

٠{وَالنُّجُومُ مُسَخَّرَاتٌ بِأَمْرِهِ}٠

[النحل: ١٢]

٠{وَعَلَامَاتٍ وَبِالنَّجْمِ هُمْ يَهْتَدُونَ}٠

[النحل: ١٦]

٠{وَالشَّمْسُ وَالْقَمَرُ وَالنُّجُومُ وَالْجِبَالُ وَالشَّجَرُ وَالدَّوَابُّ وَكَثِيرٌ مِنَ النَّاسِ}٠

[الحج: ١٨]

٠{فَنَظَرَ نَظْرَةً فِي النُّجُومِ}٠

[الصافات: ٨٨]

٠{وَمِنَ اللَّيْلِ فَسَبِّحْهُ وَإِدْبَارَ النُّجُومِ}٠

[الطور: ٤٩]

٠{وَالنَّجْمِ إِذَا هَوَىٰ}٠

[النجم: ١]

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

·{وَالنَّجمُ وَالشَّجَرُ يَسجُدَانِ}·

[الرحمن: ٦]

·{فَلَا أُقسِمُ بِمَوَاقِعِ النُّجُومِ}·

[الواقعة: ٧٥]

·{فَإِذَا النُّجُومُ طُمِسَتْ}·

[المرسلات: ٨]

·{وَإِذَا النُّجُومُ انْكَدَرَتْ}·

[التكوير: ٢]

مواقع النجوم في علم الفلك:

بداية عند وصف الكون والأجرام السماوية يجب أن نعلم أنَّ المسافات لا تقاس بالمتر ولا بالكيلو متر، ولكنَّها تقاس بالسنوات الضوئية أو بالفرسخ (3.26 سنة ضوئية)، وقد اتفق على تعريف السنة الضوئية فهي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة، فمثلًا الشمس تبعد عن الأرض في المتوسط 150مليون كيلو مترًا، ويقطعها الضوء في 8 دقائق و20 ثانية، إذن تبعد الأرض عن الشمس مسافة 8 دقائق ضوئية و20 ثانية، ومعنى هذا أنَّ ما يراه الفلكيُون على أنَّها أجرام سماوية الآن هي في الحقيقة حالة هذه الأجرام في الماضي، فمثلًا يصل إلينا ضوء المجرات الموجودة في أطراف الكون بعد 40 بليون سنة، وهو ضوء خرج مِن مصدره منذ 40 بليون سنة؛ ولذلك قد لا تكون هذه المجرات موجودة الآن، أو قد يكون وضعها قد تغيَّر.

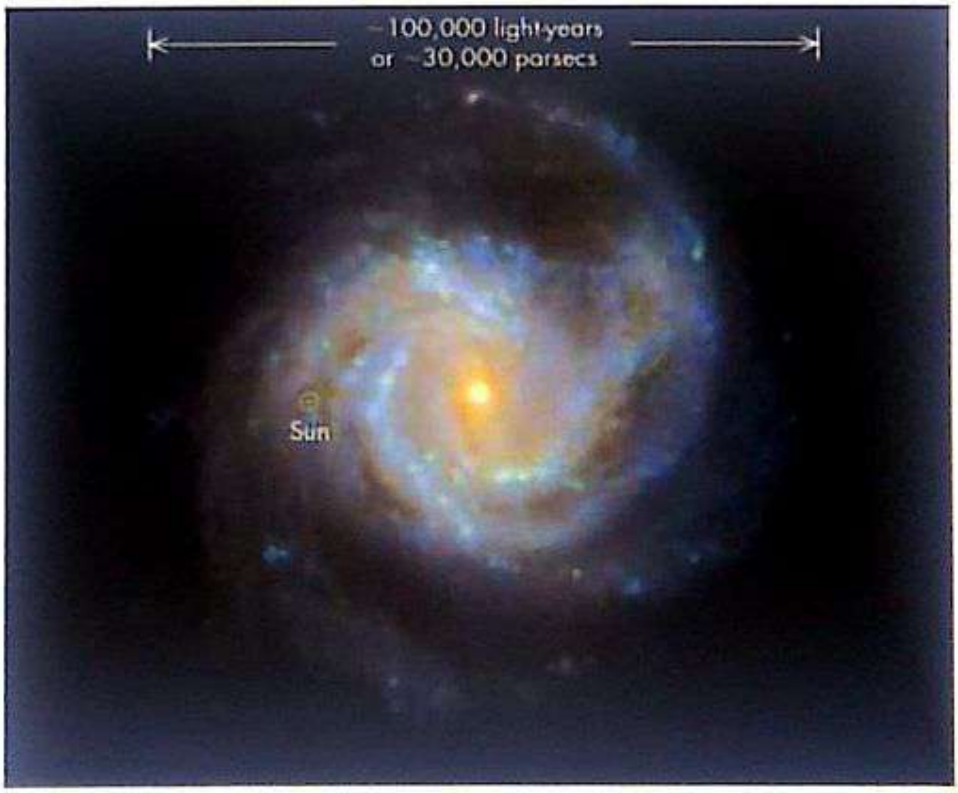
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

إذن بداية يجب أن نتَّفق أنَّ ما نراه الآن هو أجرام سماوية في أزمان ماضية، ولكن لا نعلم شيئًا عن حاضرها الآن.

أمَّا عن المسافات بين النجوم فإنَّ أقرب النجوم إلينا هو نجم القنطور (Centauri) ويبعد 4.3 سنة ضوئية، وهو في حجم الشمس، وقد اكتُشِف عام 1839 أنَّ له قرينًا أحمر لَم يكن ظاهرًا مِن قبل.

وكلُّ النجوم التي نراها بالعين المجردة تنتمي لمجرة درب التبانة(Milky Way) هذه المجرة مثل قرص ضخم قُطره نحو 100,000 سنة ضوئية، منتفخ مِن الوسط، وأطرافه على هيئة أذرع ملتفَّة بشكل حلزوني، وتقع الشمس قرب نهاية إحدى الأذرع، وتبعد عن مركز المجرَّة نحو 20,000 سنة ضوئية.

ويبين الشكل رقم(1) شكل المجرة وموقع الشمس فيها.



الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الشكل رقم (1) مجرة درب التبانة وموقع الشمس فيها.
(المصدر: EarthSky)

مِن الممكن أن نشاهد مجرَّتنا بالعين المجردة بشرط أن تكون ليلة مظلمة تمامًا، وألا يوجد أي مصدر ضوئي أرضي، وفي هذه الحالة سوف تبدو المجرة كشريط باهت جدًا يميل إلى اللون الأبيض يبدأ مِن الأفق، ويرتفع إلى سمت السماء، مرصع ببعض النجوم، هذا الشريط هو ناتج تجميع النجوم في مركز المجرة.

وتعود التسمية الإنجليزية وترجمتها "طريق اللبن" إلى الأسطورة الإغريقية التي تقول إنَّ كبير الآلهة (زيوس) أعجب بامرأة بشرية، وأنجب منها (هيركوليس)، وأراد (زيوس) أن يجعل هذا المولود إلهًا، فقرَّر أن يضعه على ثدي الإله (هيرا) وهي نائمة ليرضع منها دون أن تشعر، ولكنَّها استيقظَت فتساقط اللبن مكوِّنًا طريقًا في السماء. لا تعجب عزيزي القارئ؛ فالخرافات كانت مسيطِرة على عقلية القدماء.

يمكننا أن نرى حول الشمس نحو 63 جرمًا سماويًا في نطاق 20 سنة ضوئية، بعضها نجوم مضيئة كالشمس، وبعضها نجوم أفلَت فأصبحَت أقزامًا بيضاء أو حمراء، وهذه هي النهاية المحتومة للنجوم الصغيرة والمتوسطة ومنها الشمس، كما يوجد أقزام بنية، وهي مشاريع نجوم ولكنَّها فشلَت؛ لأنَّ كمية الهيدروجين بها لَم تكن كافية حتي تصبح نجمًا مضيئًا، ومراحل تطوُّر النجوم أو دورة حياة النجوم مِن وقت ميلادها إلى نهايتها هو ما سنتعرَّض له بعد هذه المقدمة.

لماذا نعتبر أنَّنا مركز الكون؟ إن لَم نكن نحن في المركز فأين هو مركز الكون؟

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

بدايةً، بحث الفلكيون في جميع الاتجاهات في السماء فوجدوا أنَّ أبعد الأجرام السماوية تبعد عنَّا نحو 40 بليون سنة ضوئية، وليس معنى ذلك أنَّ هذا هو الكون وأنَّه لا يوجد شيء وراءَه، ولكنَّنا نسمِّي ما نراه "الكون المنظور"، أي الذي يمكننا ملاحظته، ولذلك فنحن في مركز الكون المنظور، ولكنَّنا لا نعلم ما وراء ذلك.

ويجب أن نلاحظ أنَّه لو تواجد كائن عاقل على بعد 40 بليون سنة ضوئية سوف يعتقد أنَّه هو مركز الكون، وأنَّنا على أطراف كونه المنظور؛ ولذلك ليس مِن المحتمل أنَّنا في مركز الكون فعلًا، والسؤال عن حجم الكون الفعلي لا إجابة له، فقديمًا كان القدماء يعتبرون الأرض مركز الكون، والسماء والشمس والكواكب والنجوم تدور حول الأرض، ثم تحوَّل الاعتقاد لتصبح الشمس مركزًا للكون، ثم تبيَّنَ أنَّ المجموعة الشمسية تقع قرب طرف المجرة؛ ولذا فهذا السؤال لا نعلم له إجابة، وإذا ترجمنا نصف قُطر الكون المنظور إلى كيلو مترات فسوف يكون نحو 4 مليون مليون مليون مليون كيلو مترًا.

وتعدُّ أقرب المجرات لنا هي مجرة أندروميدا، وتبعد عنَّا نحو 1.5 مليون سنة ضوئية، ويمكن رؤيتها بالعين المجردة مِن نصف الكرة الأرضية الشمالي إذا نظرنا إلى السماء بين الشمال الشرقي والشرق في اتِّجاه مجموعة كاسيوبيا، وستبدو لنا كأحد النجوم، ولكن مع التكبير يتَّضح أنَّها مجرة لولبية مثل مجرَّتنا.

---

(1) سوف نستخدم في هذا الكتاب مصطلح البليون للدلالة على ألف مليون.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الشمس

وحيث إنَّ الشمس هي إحدى هذه النجوم، فقد يقتضي المنطق أن نبدأ بالتعرُّف عليها.. يبلغ نصف قطر الشمس نحو 696 ألف كيلو متر، وكتلتها 1.9×10^{30} كيلو جرام، وهي بذلك تُعَدُّ نجمًا أقلَّ بقليل مِن المتوسط.

يمكننا عمل نموذج بمقياس رسم تقريبي، وذلك بتصغير الشمس لتكون في حجم كرة القدم، تكون الأرض في حجم رأس دبوس يبعد عن الكرة نحو 10 أمتار، كما أنَّ أقرب نجم إلينا سوف يكون على مسافة 30 كيلو متر، وهكذا نحاول أن ندرك مدى كبر المسافات الكونية.

قلب الشمس هو مفاعل نووي اندماجي يقوم بدمج أربع نويات لذرَّات الهيدروجين (كلٌّ منها بروتون)، وينتج نواة هيليوم (2 بروتون و2 نيوترون)،وهذا التفاعل ينتج منه 2 بوزيترون(2) ، وبحساب كُتَل البروتونات الداخلة وطرح كتلة نواة الهليوم و2 بوزيترون يتبقَّى فائض في الكتلة يتحوَّل بكامله إلى طاقة.

Telegram:@mbooks90

يبلغ عمر الشمس حوالي 4 بليون سنة استهلكَت خلالها ما يقرب مِن 40% مِن مخزون الهيدروجين، أي إنَّها في منتصف العمر تقريبًا، ممَّا يعني أنَّ الحياة على الأرض لن تستمر لأكثر مِن 6 بليون سنة في حدود ما نعلم.

ومِن دراسة طيف ضوء الشمس الساقط على الأرض يمكننا التنبُّؤ بأنَّه يصدر مِن سطح درجة حرارته 5000 - 4500 درجة، ويسمَّى هذا بالإشعاع الحراري، وهو قانون تمَّت دراسته على الأرض، وتبيَّن أنَّ الأجسام الساخنة تشعُّ ضوءًا له حيِّز كبير مِن الترددات أو الأطوال الموجية (الألوان)، ولكنه

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

يتمركز حول لون محدَّد يعتمد على درجة الحرارة، كما تعتمد كمية الطاقة التي يتمُّ إشعاعها كذلك على درجة الحرارة، ولهذا فالجسم الساخن يشعُّ أكثر ممَّا يستقبل وبالتالي يبرد، والجسم البارد يستقبل أكثر ممَّا يفقد، فتزيد درجة حرارته، ومِن هنا يحدث الاتِّزان الحراري.

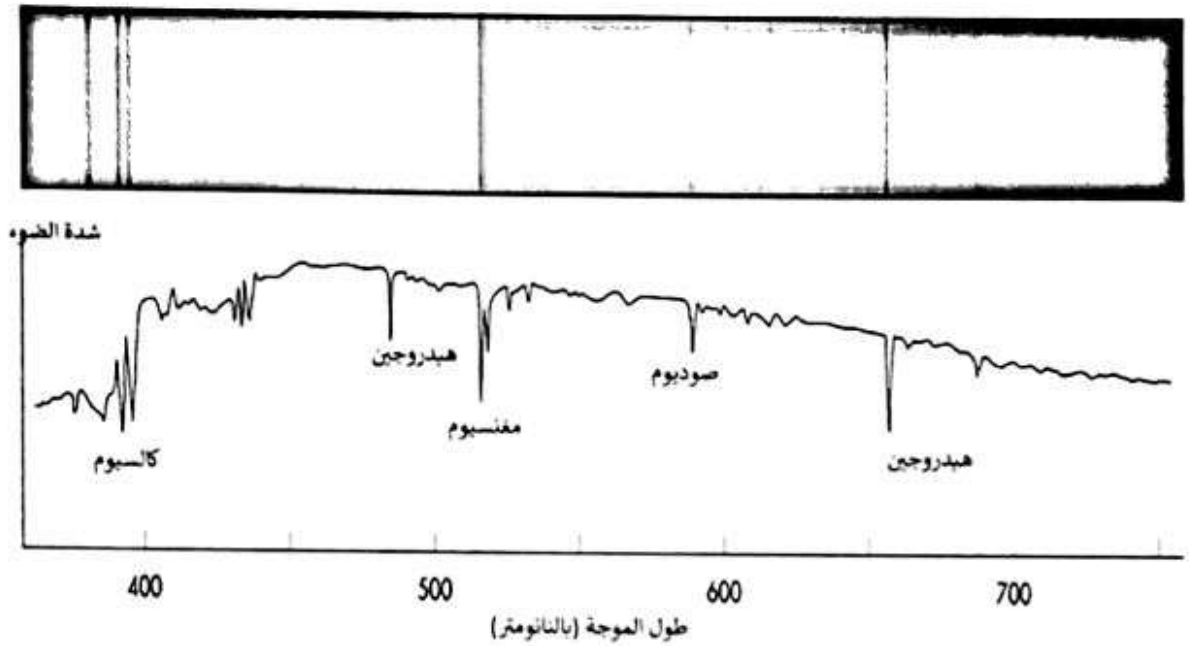
فمثلًا عندما يقوم العامل في المسبك بتسخين قطعة الحديد تشعُّ لونًا أحمر، ومع ارتفاع درجة حرارتها تتَّجه إلى اللون الأصفر، وهكذا حتى تشمل كل الألوان فتشع لونًا أبيضَ. على أنَّ باطن الشمس تزيد درجة حرارته عن عدة ملايين درجة إلا إنَّنا لا نرى باطن الشمس، ولكن ما يصل إلينا مِن ضوء هو مِن السطح الخارجي.

الشكل رقم (2) يبيِّن صورة للتحليل الطيفي لضوء الشمس، وهذا التحليل يوفِّر كمية هائلة مِن المعلومات.

وباستخدام التحليل الطيفي الدقيق لضوء الشمس أمكنَ ملاحظة خطوط نتيجة امتصاص المواد الموجودة بالشمس.

في هذا الشكل يمثِّل المحور الأفقي الطول الموجي، والذي يحدِّد اللون والمحور الرأسي شدة الإضاءة، وفي الأصل يكون الطيف خاليًا مِن الخطوط الرأسية.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



شكل رقم(2) الطيف الشمسي.

أما الخطوط الرأسية فتظهر نتيجة مرور الضوء خلال المادة، وتمثّل هذه الخطوط أطوال الموجات التي تمَّ امتصاصها في المواد المختلفة، وبدراسة هذه الخطوط ومقارنتها بما نعرفه عن امتصاص المواد (طيف المواد) يمكن معرفة المواد الموجودة على سطح الشمس، وهو ما يعطينا فكرة عن تركيب الشمس.

يتمُّ التحليل الضوئي باستخدام منشور زجاجي، ومِن خصائص الضوء الناتج عن الإشعاع الحراري ألَّا يكون به أي خطوط سوداء، إنَّما تظهر هذه الخطوط نتيجة امتصاص المواد التي يمرُّ مِن خلالها الضوء، وهذا الامتصاص يكون لأطوال موجية محدَّدة تختلف مِن مادة إلى أخرى، فهي كبصمة اليد تمامًا دالة على هذه المواد، وقد أمكن تحديد مكوِّنات السطح الخارجي للشمس كما في الجدول التالي.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

العنصر	النسبة المئوية %
الهيدروجين	71.1
الهليوم	27.4
الأكسجين	0.65
الكربون	0.25
الحديد	0.14
النيون	0.13
السيليكون	0.06

ونتيجة للدراسات المختلفة أمكن وضع نموذج فيزيائي ورياضي لتركيب الشمس، وكيف نشأت وكيف تطوَّرَت مع الزمن، وكيف سينتهي بها الحال بعد ذلك.

ويبين الشكل رقم(3) مخطَّطًا لتركيب الشمس، ومنه يبدو أنَّ هناك أربع مناطق أساسية يمكن تمييزها، على أنَّه كما في الطبيعة دائمًا لا توجد حدود فاصلة، فهذه المناطق تتداخل فيها بدايات كلِّ منطقة مع نهايات المنطقة السابقة لها.

أولًا: قلب الشمس: ونصف قُطره نحو 120,000 كيلو متر، وهو مصدر الطاقة والتي تنتج مِن اندماج نويات الهيدروجين، فهو مفاعل نووي اندماجي درجة حرارته نحو 15 مليون درجة مطلقة (درجات الحرارة المطلقة تزيد عن درجات الحرارة المئوية بمقدار 273 درجة؛ ولذا في هذا الكتاب وحيث درجات الحرارة دائمًا بالمليون فلا يوجد فارق يُذكَر بينهما، وسوف نسقِط كلمة مطلقة في هذا الكتاب).

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وقد نتساءل: ما كمية الطاقة المتولدة في هذا المفاعل؟ يمكن حساب ذلك بدقة؛ حيث إنَّ هذه الطاقة تنتشر في الفضاء في كل الاتجاهات، فلو تصوَّرنا أنَّنا رسَمنا كرة تحيط بالشمس نستطيع أن نحسب مساحة سطح هذه الكرة، ولو عرَفنا مقدار الطاقة التي تسقط في الثانية الواحدة على المتر المربع مِن سطح هذه الكرة التخيُّليَّة يمكننا أن نحسب الطاقة الكلية الخارجة مِن الشمس في الثانية الواحدة بضرب المساحة الكلية للكرة في الطاقة التي تسقط على المتر المربع في الثانية، وهكذا عرفنا أنَّ السطح الخارجي للشمس يشع طاقة قدرها 4×10^{26} وات، ولكن هل هذه هي كل الطاقة المتولدة في قلب الشمس؟ بالقطع لا، فهناك طاقة كبيرة تحافظ بها الشمس على نفسها مِن الانهيار كما سنكتشف ذلك في الفصول التالية.

وقلب الشمس مكوَّن مِن غاز الهيدروجين المضغوط ضغطًا عاليًا، حيث كثافته 180جرام للسنتيمتر المكعب (تقترب مِن كثافة الحديد)، وهو ليس تمامًا في الحالة الغازية، ولكنَّه في حالة البلازما، وهي الحالة الرابعة للمادة حيث لا تكون الذرات مترابطة، ولكنَّها خليط هائج هادر مِن الإلكترونات ونويات الذرات.

وقد نتعجَّب كثيرًا عندما نعلم أنَّ الأشعة الكهرومغناطيسية تظلُّ تسير في مسارات متعرِّجة داخل الشمس حتَّى تصل إلى السطح في زمن قد يصل إلى عشرات الآلاف مِن السنين في حين يصل الضوء مِن سطح الشمس إلى الأرض خلال ثماني دقائق ونصف؛ لأنَّه يسير في الفضاء في خط مستقيم.

ذكَرنا أنَّ قلب الشمس يقوم بدمج نويات الهيدروجين في سلسلة من الاندماجات تنتهي بنواة ذرة الهليوم وعدد كبير مِن الجسيمات النووية

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وأشعة جاما، ولا ينتج ضوء مرئيٌ في قلب الشمس، والقلب كثافة المادة فيه عالية جدًا تصل إلى 180 جرام للسنتيمتر المكعَّب، بينما كثافة الطبقات الخارجية ضئيلة في حدود 0.00001 جرام للسنتيمتر المكعب.

ثانيًا: الحلقة المشعَّة: وهي حلقة تصل إلى نحو 410,000 كيلو مترًا مِن المركز.. كثافة المادة في هذه الحلقة أقلُّ مِن المركز، وكذلك درجة حرارتها، وهي تمتص أشعة جاما المتولدة في المركز، وتعيد إشعاعها في صورة أشعة إكس وضوء، ومِن الطبيعي أنَّها تستهلك أيضًا جزءًا مِن الطاقة في حركتها لتحافظ على بِنيتها.

ثالثًا: طبقة التبادل الحراري: وتصل إلى مسافة 600,000 كيلو مترًا مِن المركز، وهي الطبقة التي تقوم بتوصيل الحرارة إلى سطح الشمس عن طريق حركة الغازات بها.

رابعًا: سطح الشمس الخارجي: ويصل إلى نحو 700,000 كيلو مترًا مِن المركز، وهو طبقة غازية درجة حرارتها 5000 - 4500 درجة، وتقوم بإعادة إشعاع الطاقة الشمسية على هيئة ضوء في الفضاء، وكثافة الغاز بها نحو 0.08 جرام للسنتيمتر المكعب في المتوسط، وبالتالي فالجزء المضيء مِن الشمس هو السطح الخارجي فقط.

وتفاصيل عمليات الاندماج النووي تخرج عن نطاق هذا الكتاب، ويمكن لمن يرغب مطالعتها في أحد المراجع المذكورة في نهاية الكتاب.

كيف تحافظ الشمس على نسقها وشكلها؟

هناك قوَّتان تتحكَّمان في شكل النجم ومراحله المختلفة مِن لحظة ولادته إلى أفوله في النهاية، وهما قوة الجاذبية، وقوة الضغط الناشئة مِن حركة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الذرات؛ أمّا الجاذبية فقد درسنا في المدرسة الثانوية قوانين الحركة، ومنها قانون نيوتن للجاذبية والذي ينصُّ على أنَّ كلَّ جسمَين يجذب كلٌّ منهما الآخَر بقوة تتناسب مع حاصل ضرب كتلتَيهما، وعكسيًا مع مربع المسافة بينهما، وعلى هذا فإن كان الجسمان أو أحدهما حُرَّ الحركة وليس مقيَّدًا فسوف يتحرك نتيجة قوة الجاذبية إلى الجسم الآخَر، وبهذه الحركة تقلُّ المسافة فتزداد قوة الجاذبية كلَّما اقترب الجسمان مِن بعضهما.

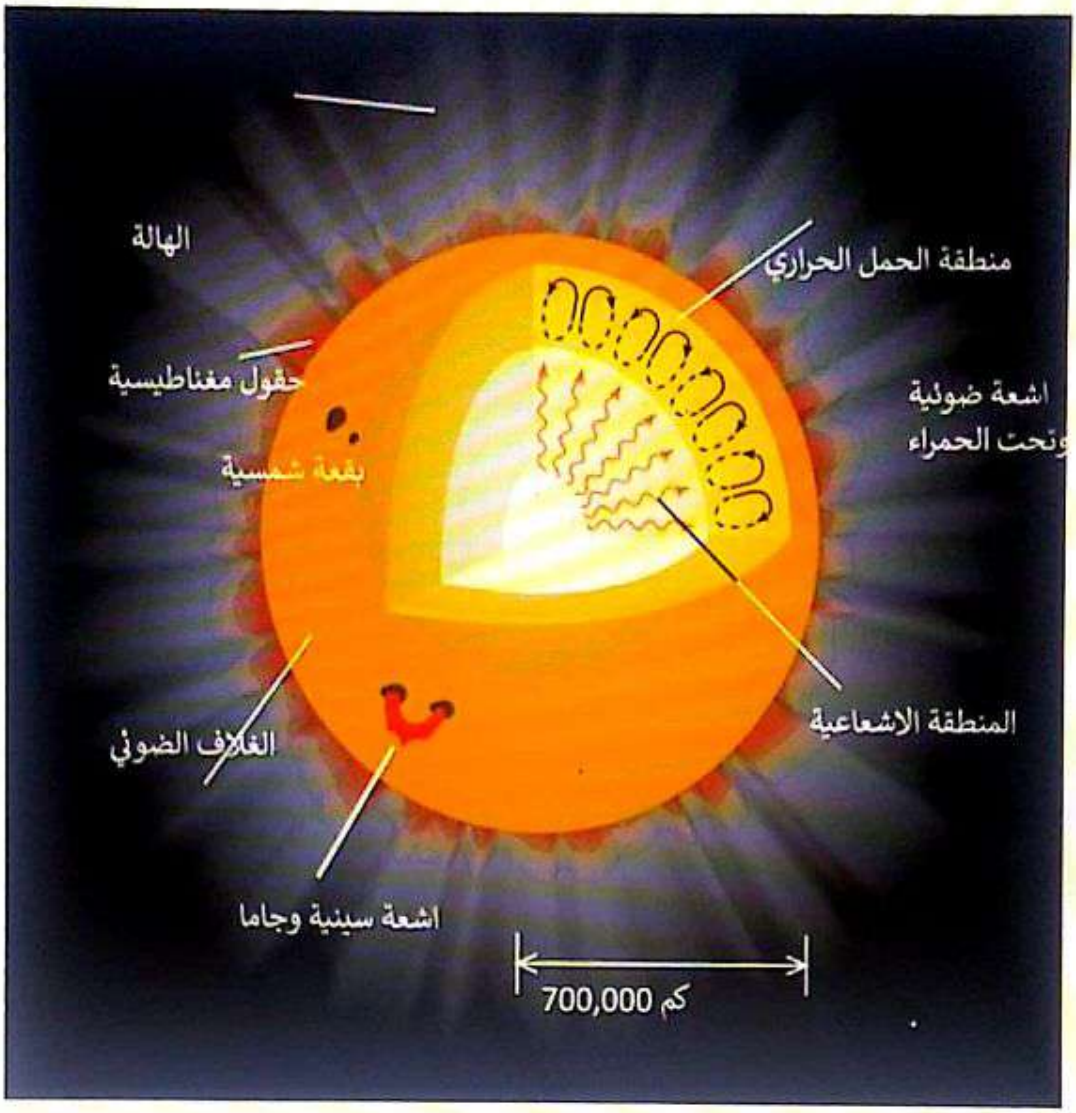
على أنَّ الله اقتضَت حكمته أن تكون قوة الجاذبية هي أضعف القُوَى المعروفة وإلَّا لانتهى أمر الكون في أقلّ مِن ثانية.

داخل الذرة تكون قوة التجاذب بين الإلكترونات سالبة الشحنة والنواة موجبة الشحنة أكبر ألف مرة مِن قوة الجاذبية، ولكنَّها تتعادل مع قوة الطرد الخارجي للإلكترونات نتيجة حركتها حول النواة (طِبقًا لتفسير الفيزياء الكلاسيكية والذي يختلف تمامًا عن تفسير الفيزياء الحديثة، وهذا يخرج عن نطاق هذا الكتاب).

أمّا في حالة الشمس فهناك قوة أخرى للخارج نتيجة الطاقة المتولدة، وهذه القوة هي التي استُخدِمت في الآلات البخارية، وقانون الغازات يقول: إن ضغط الغاز يتناسب مع درجة حرارته، إذن هناك قوة تدفع مكونات الشمس إلى الخارج، ونسمِّيها الضغط إلى الخارج.

وفي نفس الوقت تعمل قوة الجاذبية للداخل؛ لذا يحدث تعادل بين هاتين القوَّتَين، وهو ما يحفظ للشمس شكلها وأبعادها التي ذكرناها، ويجب أن نذكر أنَّ كتلة الشمس الكبيرة تجعل قوة الجاذبية فيها هائلة، وهو ما يسبِّب الضغط الكبير في مركز الشمس.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



شكل رقم(3) تركيب الشمس.

(المصدر: NASA)

قديمًا كان الناس يظنُّون أنَّ الشمس ما هي إلا فرن كبير وكتلة ملتهبة مِن النار، ولكن لَم تكن هذه النظرية معتمَدة مِن العلماء؛ نظرًا لأنَّ الوقود الشمسي في هذه الحالة ينفد خلال 10 مليون سنة، وهو عمر قصير جدًّا بالنسبة إلى عمر الأرض والشمس والذي تجاوز 4 بليون سنة، ولكن مع ازدياد المعرفة في الطاقة النووية والتفاعلات الانشطارية (أتوهان) والاندماجية(هانز بيث 1930) أمكن تطوير نظرية عمل الشمس الحالية، وهي تتنبَّأ بأنَّ طاقة الشمس يمكن أن تنفد خلال 10بليون سنة مضى منها 4 بليون سنة، ويتبقَّى

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

6 بليون سنة طِبقًا للتقديرات الحالية.

مستقبل الشمس:

بعد 6 بليون عام تقريبًا سينتهي وقود الشمس مِن الهيدروجين، وستبدأ الشمس بعملية حرق الهليوم وتتمدَّد لتتحوَّل بذلك إلى عملاق أحمر (هذا ما سوف يتَّضح كلَّما تقدَّمنا في الكتاب)، وعندما تتمدَّد ستبتلع طبقاتها الخارجية كلًّا مِن عطارد والزهرة، وقد تصل إلى الأرض، يدور الغلاف الخارجي للشمس حول محورها دورة كاملة كل 25 يوم. وتدور الشمس ومعها المجموعة الشمسية حول مركز المجرة دورة كاملة مرة كل 230 مليون سنة" لكن العلماء لا زالوا غير متأكِّدين ما إذا كان سيتِمُّ ابتلاع كوكبنا، أم سيَستمر بالدوران عند مسافة قريبة جدًّا مِن النجم الخافت (الشمس في ذلك الوقت).

ومهما كانت النتيجة فإنَّ الحياة – كما نعرفها الآن – لن تكون موجودة في ذلك الوقت.

قد تُقدِّم الشمس المتحولة أملًا جديدًا بالنسبة للكواكب الأخرى، فعندما تتحوَّل النجوم إلى عمالقة حُمر فإنَّها تقوم بتغيير المناطق السكنية الصالحة للحياة حولها.

تُعَدُّ المنطقةُ الصالحة للسكن المحيطة بالنجم هي التي تكون عند مسافة تسمح للماء السائل بالوجود فوق سطح الكواكب، وهي ما يعتبرها العلماء أنسب المناطق لتطورُ الحياة، ولأنَّ النجوم تبقى على هيئة عمالقة حُمر لفترة قد تصل إلى بليون عام تقريبًا، فمِن الممكن أن تظهر الحياة فوق كواكب في الجزء الخارجي مِن النظام الشمسي، حيث ستقترب تلك الكواكب مِن الشمس

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

في ذلك الوقت.

على أي حال.. ستكون تلك الفرصة متاحة لفترة قصيرة مِن الزمن، فعندما تتقلّص الشمس والنجوم الأخرى الأصغر لتصبح أقزاماً بيض سيختفي كل ضوء ولا تصبح الظروف مواتية للحياة. ما ذكرناه عن الشمس هو ما يحدث في النجوم، ولكن بدرجات متفاوتة طِبقًا لحجم النجم وكُتلته.

(2) تتكون الذرة مِن نواة بها عدد مِن جسيمات موجبة تسمي بروتونات، وجسيمات متعادلة كهربيًا تسمّي نيوترونات، ويدور حول النواة جسيمات خفيفة شحنتها سالبة متساوية في العدد مع البروتونات الموجبة، وهكذا تكون الذرّة متعادلة كهربيًا.

البوزيترون جسيمات شبيهة بالإلكترونات إلا إنّها موجبة، وهي لا توجد أبدًا في المواد، ولكن تخرج مِن بعض التفاعلات النووية.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

المراحل المختلفة للنجوم

ليستِ النجوم خالدة وثابتة، ولكنّها مثل كلّ شيء في الكون تمرُّ بمراحل ولادة، ثم نموٍّ، ثم فترة شباب، يكون فيها نجمٌ لامعٌ، وتتميّز بالثبات ثم الشيخوخة والضعف والانطفاء، وتنتهي إمّا بنهاية النجم في هدوء وسكينة، أو بانفجارات هائلة ومدوية في الفضاء السحيق.

العامل الذي يحدّد مصير النجم هو كتلته، النجوم الصغيرة جدًا تموت أثناء ولادتها، وتتفكّك إلى غازات وصخور وشُهُب ونيازك تسبح في الفضاء.

النجوم المتوسطة تعيش فترة طويلة تصل إلى عدة بلايين السنين، وتشعُّ ضوءًا أصفر أو يميل إلى الأحمر قليلًا، وتموت في هدوء، أمّا الكبيرة فتعيش فترة حياة قصيرة، وتشع ضوءًا أبيض يميل إلى الزرقة، وتستمر لملايين السنين، وتنتهي بنهايات انفجارية مدوِّية.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ولادة النجوم

تطور النجوم:

يعجُّ الفضاء الكوني بكميات هائلة مِن السُحب التي تتحرك في الفضاء حاملة معها غازات وجسيمات صلبة، وتقدَّر أعدادها بملايين الملايين، كما أنَّها ضخمة جدًا، حيث تمتدُّ لعدة سنوات ضوئية، وكتلتها مِن 10 إلى 100 ضعف كتلة الشمس، وتتحرَّك هذه السُحب – ومفردها سحابة أو سديم – بين المجرَّات أو داخل المجرات، ويحدُث تحت تأثير قوة الجاذبية أن تبدأ بعض أجزاء منها في التجمع حول نويات، وترتفع درجة حرارة هذه التجمُّعات ارتفاعًا كبيرًا، وهنا يبدأ عمل القوَّتين التي عرفناهما في الصفحات السابقة، الجاذبية إلى الداخل والضغط إلى الخارج، وينتج الضغط عن فَرق درجة الحرارة بين مراكز التجمع وما يحيط بها، ويمكن إيجاز مراحل تطوُّر النجوم في الشكل رقم(4).

إذا كانت كتلة السحابة أو الجزء المتجمع منها أكبر مِن حدٍّ معيَّن (يقدَّر بنحو 7.5% مِن كتلة الشمس) تزداد كثافة المادة في المركز، وتتكوَّن مِن الهيدروجين في الغالب، ومع زيادة الجاذبية ينمو المركز، وتزيد درجة حرارته وكثافته.

إذا تغلَّبت قوة الضغط إلى الخارج على قوة الجاذبية تفشل ولادة النجم، ويظلُّ السديم كما هو، وقد يتحوَّل إلى كوكب إذا قام أحد النجوم باجتذابه وإجباره على الدوران في فلكه، وعمومًا.. ليست كلُّ الكواكب هي نجوم فاشلة، ولكن تتكوَّن الكواكب بطُرق مختلفة أخرى.

القزم البني:

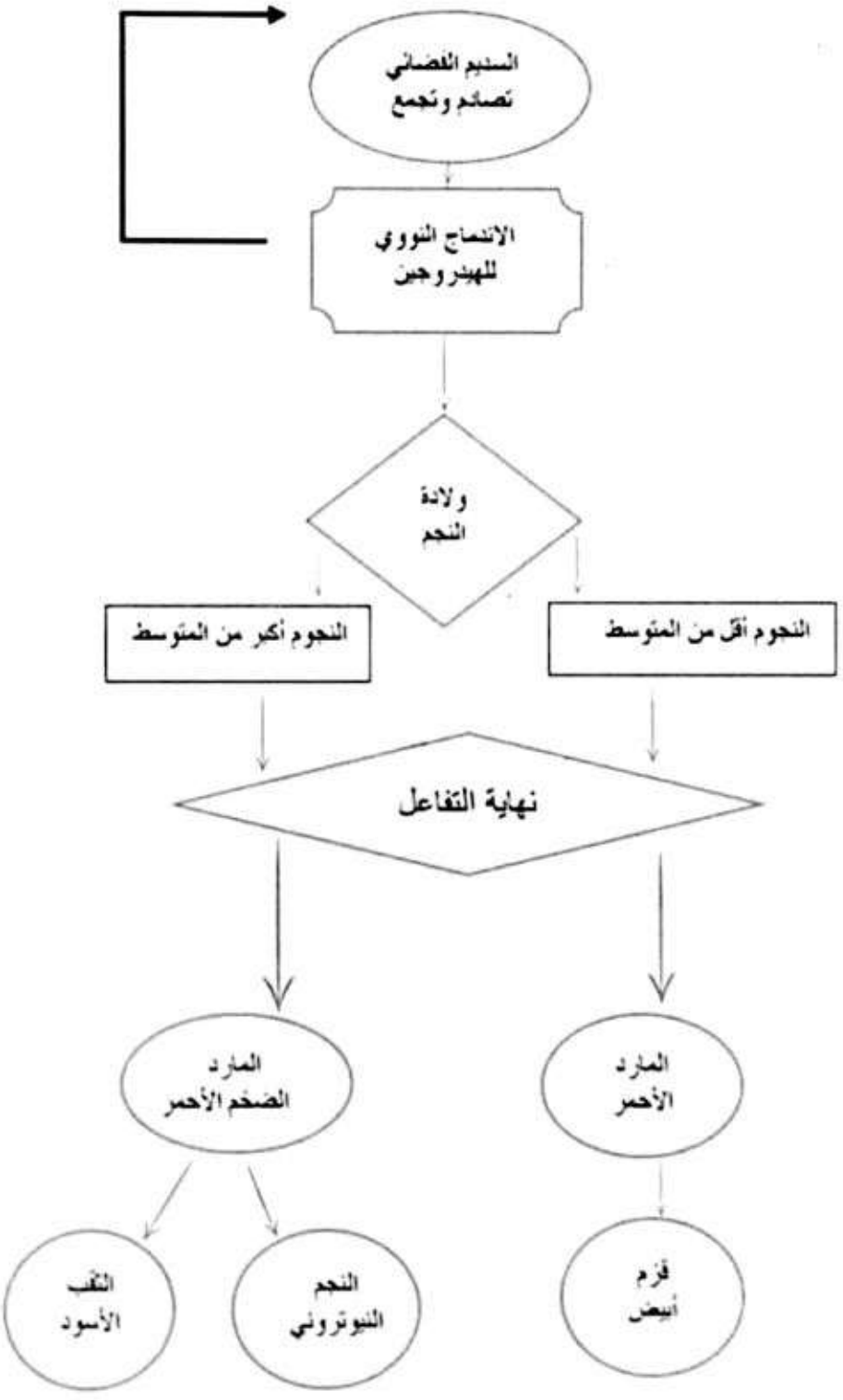
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

هو جرم سماوي أكبر مِن الكواكب، ولكنّه أصغر مِن أن يبدأ التفاعل النووي في قلبه ودرجة حرارته أقلُّ مِن 2500 درجة؛ ولذلك فهو يشعُّ إشعاعًا حراريًا خافتًا، ويبدو بنيّ اللون، وحتّى الآن تمّ اكتشاف ما لا يقلُّ عن 2200 قزم بني.

نجوم النسق الأساسي:

عند بلوغ درجة الحرارة عدة ملايين درجة، وكثافة المادة أكثر مِن 150 كجم للسنتيمتر المكعب، تحدث الشرارة الأولى للنجم، ويبدأ التفاعل النووي في قلب النجم حديث الولادة، وتلتفُّ بواقي السحابة حوله مكوِّنة أجزاء النجم المختلفة، وهي السطح الخارجي، ثمّ منطقة التبادل الحراري، ثمّ منطقة الإشعاع حول قلب النجم.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

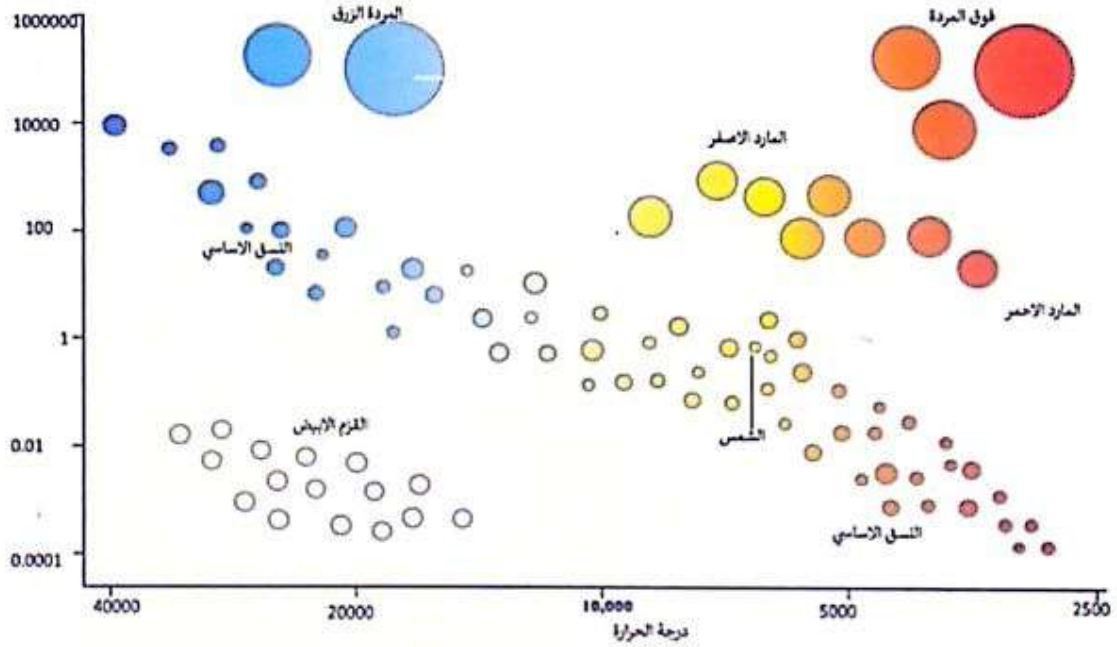


الشكل رقم (4) مخطط توضيحي لبداية ونهاية النجوم

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تقسيمات النجوم:

ليسَت كلُّ النجوم متشابهة، بل كلُّ نجم له شخصية متميزة، وتتحدَّد هذه الشخصية بكُتلة النجم، ومقدار غاز الهيدروجين، وسرعة التفاعل ولونه، ومقدار لمعانه، والشكل رقم(5) يبيِّن بعض تقسيمات النجوم طِبقًا لشدَّة اللمعان ودرجة حرارة السطح، وهو ما يحدِّد طيف النجم ولونه.



شكل رقم (5) رسم بياني تصنيف هرتزشبرونج - راسل، ويبين النسق الأساسي في تصنيف النجوم، ومكان الشمس بينها.

المحور الأفقي يبين فئات الطيف، وبالتالي درجات حرارة سطح النجم، والمحور الرأسي لمعان النجم بالنسبة للشمس.

نلاحظ في الشكل رقم(5) أنَّ هناك مجموعة مِن النجوم تشكِّل نِطاقًا يبدأ مِن درجة حرارة 3000 وشدة لمعان ضعيفة، وتتَّجه إلى الركن العلوي

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الأيسر، حيث درجة حرارة 40,000 وشدة لمعان عالية نحو 1000.

وتسمَّى هذه المجموعة بالنسق الأساسي للنجوم، ومصدر الطاقة بها التفاعل النووي، وكلَّما زادت درجة حرارة السطح زادَت شدة لمعان النجم في هذا النسق.

عندما يُولَد النجم يمثل بنقطة في النسق الأساسي، أمَّا النجوم خارج النسق الأساسي العمالقة (جمع عملاق) والأقزام فهي تدخل ضمن أطوار شيخوخة النجم المتوسط والصغير.

أمَّا فوق العمالقة فهي نجوم كبيرة هرمَت وشاخَت وفي طريقها للانفجار، حيث تترك نجمًا نيوترونيًا أو ثقبًا أسود مكانها.

التقسيم طِبقًا لشدَّة اللمعان والحجم (تقسيم إم-كي)

بجانب التقسيم الطيفي تقسَّم النجوم طِبقًا لشدة اللمعان والحجم، يرجع تصنيف أطياف النجوم طِبقًا لنظام MK-System إلى العالمَين وليام مورجان، وفيليب كينان (Morgan/Keenan) حيث كانا يقارنان أطياف النجوم بأطياف نجوم مرجعية، وكان التصنيف آنذاك تقريبيًا بسبب عدم حساسية الأجهزة، ولكن منذ ذلك الحين طرأت تحسينات كثيرة، وعدلَت الأجهزة، وتطوَّرَت حساسيتها، وازدادَت دقَّة التفرقة بين الخطوط الطيفية المتقاربة، فتعدَّل بالتالي نظام إم - كي عدَّة مرات.

وقد زادت عدد النجوم المستخدمة أطيافها كمراجع، وفي نفس الوقت أزيلت بعض أطياف النجوم المرجعية مِن النظام القديم نظرًا لعدم جدواها.

ويبين الشكل رقم(6) مقارنة بين كُتَل النجوم وأطيافها في التصنيف، ويبلغ اتِّساع نطاق الطيف المستخدَم في التصنيف إم/كي بين طول الموجة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

390 إلى 500 نانومتر، وذلك يرجع إلى النظام القديم الذي كان يستخدم ألواح التصوير الفوتوغرافي لتسجيل الأطياف..

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

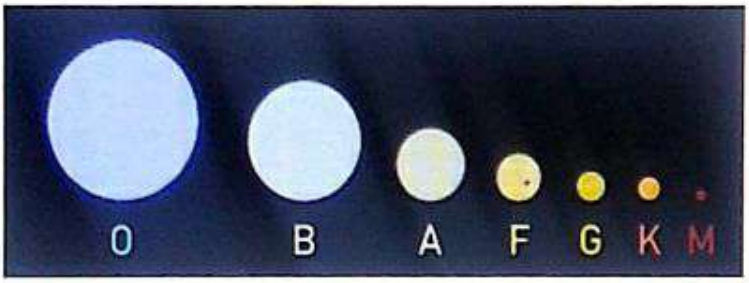
التقسيم الطيفي للنجوم

Star Type	اللون	درجة حرارة السطح	متوسط الكتلة بالنسبة للشمس	متوسط نصف القُطر بالنسبة للشمس	درجة اللمعان بالنسبة للشمس	أمثلة
O	أزرق	over 25,000 K	60	15	1,400,000	10 Lacertea
B	أزرق	11,000 - 25,000 K	18	7	20,000	Rigel Spica
A	أزرق	7,500 - 11,000 K	3.2	2.5	80	Sirius, Vega
F	أزرق -أبيض	6,000 - 7,500 K	1.7	1.3	6	Canopus, Procyon

G	أبيض – أصفر	5,000 - 6,000 K	1.1	1.1	1.2	Sun, Capella
K	برتقالي – أحمر	3,500 - 5,000 K	0.8	0.9	0.4	Arcturus, Aldebaran
M	Red	under 3,500 K	0.3	0.4	0.04 (very faint)	Betelgeuse, Antares

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الكود	شدة اللمعان
Ia	عملاق ضخم لامع جدًا
Ib	عملاق ضخم أقلُ لمعانًا
II	عملاق لامع
III	عملاق
IV	تحت العملاق
V	نجوم النسق الأساسي
VI	فوق القزم
VII	قزم أبيض



شكل رقم (6) مقارنة بين كُتَل النجوم، النجم، أو ينطبق مع التصنيف O في الشكل، وتصنَّف الشمس بالتصنيف G، ويميل لونها إلى الأصفر.

بالإضافة للتقسيم الطيفي يتمُّ تصنيف النجوم بناءً على الحجم ودرجة اللمعان طِبقًا للجدول التالي:

النجوم الصغيرة:

هي النجوم الصفراء والحمراء في النسق الأساسي (انظر الشكل رقم5)، وهي قد تصل إلى 10 أضعاف كتلة الشمس، وتصنَّف في المجموعات G ;K ;M.

والقاعدة أنَّه كلَّما زادت كتلة النجم زادت سرعة التفاعل ونفد الهيدروجين

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

بشكل سريع.

ويتحدَّد حجم النجم عند نقطة الاتزان بين قوَّتَي الجاذبية للداخل والضغط إلى الخارج، وتصنَّف الشمس بأنَّها G2V أي إنَّها نجم أصفر في النسق الأساسي، وطيفها في المجموعة G، أمَّا الرقم 2 فيُستخدَم لمقارنة النجوم داخل التصنيف الواحد(GV مثلًا)، والعاملان الأساسيان في دراسة النجوم هما طيف النجم وشدة لمعانه، ومنهما يمكن استنتاج درجة حرارة سطح النجم، وبمقارنتهما مع النجوم الأخرى يمكن تقدير بُعد النجم عنَّا.

تستمدُّ النجوم الصغيرة في الإشعاع، وتستهلك الهيدروجين الموجود في قلب النجم في زمن يقدَّر ببلايين السنين، وفي حالة الشمس فيقدَّر هذا الزمن بنحو 10 آلاف مليون سنة.

أمَّا الهيدروجين الموجود خارج قلب النجم فلا يدخل في التفاعل؛ لأنَّ الضغط ودرجة الحرارة أقلُّ مِن أن تبدأ الاندماج النووي.

عندما يستهلك النجم الهيدروجين تبدأ مرحلة الشيخوخة والأفول والانهيار، ويتحوَّل النجم إلى عملاق أحمر، ويخرج مِن النَّسق الأساسي للنجوم.

العملاق الأحمر:

كما يبدو مِن الشكل رقم (5) العمالقة الحُمر توجد في الركن العلوي الأيمن خارج النسق الأساسي.

في بداية مرحلة الأفول ينكمش قلب النجم، وترتفع درجة حرارته، وبالتالي فإنَّ القوة الثانية – وهي الضغط إلى الخارج – تزيد، ويزداد بالتالي حجم النجم، ولكنَّ زيادة حجمه تؤدِّي إلى برودة سطحه، وبالتالي تحوَّل

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

طيف النجم إلى الأحمر بدلًا مِن الأصفر، وهنا يجب أن نتذكَّر أنَّ طيف النجم (تحليل لونه) وكذلك لمعانه مصدره الإشعاع الحراري لسطح النجم وليس التفاعل بداخله، فالتفاعل في الداخل لَم ينطفئ بعد، ولكنَّ سطح النجم بعُد عن المركز، وتمدَّد حجم النجم.

في حالة الشمس يُتوقَّع أنَّها في هذه المرحلة تكبر لتبتلع كواكب عطارد والزهرة والأرض، ويقدَّر عُمر هذه المرحلة بنحو ألف مليون سنة، يزيد فيها انضغاط قلب النجم، وتزيد درجة حرارته إلى 100مليون درجة، فيبدأ عندها تفاعل نووي جديد وقوده الهليوم الذي تندمج نوياته مكوِّنةً الكربون، وهنا يبدأ العملاق الأحمر في التحوُّل إلى عملاق أصفر، على أنَّ تفاعل الهليوم ليس مستقِرًّا، بل هو يزيد ويقل بحيث يبدو العملاق الأصفر لامعًا ثم خافتًا عدة مرات كمَن يترنَّح قبل السقوط، وقد أمكن ملاحظة هدا التذبذب في حالة النجم (الجول Algol)، وهي ذبذبات تتراوح بين ذبذبة كل عدة ساعات إلى عدة أيام.

مع نقص الهليوم يزيد معدَّل التفاعل قليلًا، ويزيد الضغط إلى الخارج، ويزداد حجم النجم لتبدأ درجة حرارة سطح النجم في الانخفاض، وبالتالي يعود النجم إلى حالة العملاق الأحمر ثانيًا، ولكن بحجم أكبر ممَّا يجعل أغلب مكوِّنات النجم تنفصل عن قلب النجم، وتبدأ في الانتشار في الفضاء.

القزم الأبيض:

تتحرَّك معظم طبقات النجم مبتعِدةً في الفضاء، تترك وراءَها قلبًا صغيرًا يُسمَّى بـــ (القزم الأبيض) يسبح في الفضاء بدون وقود.

النجوم الكبيرة:

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

هذه النجوم وكُتلَتها تبدأ مِن 18 ضعف كتلة الشمس، وقد تصل في حالات نادرة إلى 100 ضعف كتلة الشمس. تُصنَّف هذه النجوم في مجموعات O , B,A وميلادها مشابِه لميلاد النجوم الصغيرة؛ فهي تولَد مِن سحابات غازية هائلة ولكنها أكبر مِن تلك التي تتولد منها النجوم الصغيرة.

قلب النجم هو المفاعل النووي الاندماجي، ولكن في وجود كميات أكبر مِن الهيدروجين.

علم الكيمياء مِن أقدم العلوم الطبيعية، ويهتمُّ بدراسة التفاعلات بين المواد المختلفة.

إنَّ ملاحظات ودراسة التفاعلات قد أسفرَت عن قوانين حساب سرعة التفاعلات، ومنها يظهر أنَّ معدَّل التفاعل يعتمد على كُتَل المواد الداخلة في التفاعل، وبِلُغة الرياضيات تُسمَّى هذه العلاقة بالدالَّة الأُسيَّة، وهذا بالتالي يعني أنَّ النجوم الكبيرة الحجم – وبالتالي الكتلة – تستهلك وقودها بمعدَّل عالٍ جدًّا بالنسبة للنجوم الصغيرة، وبالتالي فإنَّ معدَّل استهلاك الهيدروجين أسرع بكثير، والطاقة المتولِّدة مِن التفاعل أكبر، وهذا يفسِّر أنَّ لمعان النجوم الكبيرة أكبر.

طيف النجم الكبير يميل إلى اللون الأزرق، وقد بيَّنَت حسابات معدَّل التفاعل أنَّ الهيدروجين يستنفد بمعدَّلات كبيرة في هذه النجوم.

إنَّ الفَرق بين القنبلة وعود الكبريت ليس في نوع المادة، ولكن في معدَّل سرعة التفاعل؛ ولذا فإنَّهم يتحدَّثون دائمًا عن الكتلة الحرجة للقنابل النووية، وهي كتلة اليورانيوم اللازمة لجعل سرعة التفاعل تصل إلى حدِّ الانفجار، على أنَّه في النجوم تختلف الصورة كثيرًا، فحمدًا لله أنَّ النجوم لا تصل إلى

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

حدّ الانفجار النووي، وذلك نتيجة لظروف الضغط الهائل ودرجة الحرارة التي تتعدّى عشرات الملايين مِن الدرجات.

إذن المعدّل العالي لاستهلاك الهيدروجين يجعل عمر هذه النجوم لا يتجاوز 100مليون سنة (قارِن هذا بعمر النجوم الصغيرة) أي 1% مِن عمر النجوم الصغيرة، على أنَّ قِصَر العمر ليس كل شيء، بل إنَّ نهاية هذه النجوم الكبيرة سوف تكون مأساوية كما سنرى.

سلسلة التفاعلات النجمية:

• اندماج الهيدروجين ينتج عنه الهليوم، وعندما يصبح تفاعل الهيدروجين قليلًا تصبح الجاذبية أقوي، فيزداد الضغط على المركز، فيبدأ الهليوم في الاندماج.

• اندماج الهليوم يحوّله إلى كربون، ثم يزداد الضغط.

• ويتحوّل الكربون إلى أكسجين، ثم يزداد الضغط.

• ويتحوّل الأكسجين إلى سيليكون، ثم يزداد الضغط.

• ويتحوّل السيليكون إلى حديد.

بذلك تنتهي سلسلة التفاعلات إلى الحديد والذي يُعتبَر أكثر الذرّات صلابة، فهي لا تندمج ولا تنشطر؛ ولذلك عندما تنتهي يخلو قلب النجم مِن الكربون ثم السيليكون، ولا يتبقّى إلا الحديد في النواة، ويكون حجم النجم قد انكمش إلى درجة كبيرة، ويصبح في حجم الكرة الأرضية، عندئذ ينهار النجم، وتندفع الذرّات مِن الطبقات الخارجية بفعل الجاذبية، وهو اندفاع عنيف جدًا ينتج عنه كردّ فعل انفجارٌ هائلٌ يقذف بالمواد الثقيلة كأعنف البراكين إلى

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الفضاء.

قلب النجم تحت تأثير الضغط الهائل والحرارة يجعل البروتونات تندمج مع الإلكترونات مكوّنة النيترونات، ويصبح القلب كتلة مِن النيوترونات حجمها لا يزيد عن 20 كيلو مترًا.

يتحوَّل النَّجم مِن تصنيف O نتيجة ما استهلكه مِن الهيدروجين وما يفقده مِن كتلته، فيتغيَّر مِن نجم - O (ذي كتلة أكبر مِن 75 كتلة شمسية) إلى نجم تتغيَّر شدَّة إضاءته يُسمَّى المتغيِّر الأزرق، وهو نجم شديد الضياء ومرحلة في تطوُّر النجوم العملاقة العظيمة تحتُّهم كُتلتهم فائقة الكبر وشدة حرارتهم على فقد جزء باستمرار مِن كتلتهم في عملية إيجاد توازن بين ضغط الإشعاع الناتج في قلبها نحو الخارج وبين قُوَى الجاذبية التي تعمل على تجميع المادة مِن الخارج إلى الداخل، وخلال تلك العملية يمرُّ بمرحلة نجم (ولف- رايت(3))، فإذا لَم يفقد النجم قدرًا كافيًا مِن كُتلته فقد ينفجر في صورة مستعِر أعظم، نوع سي 1، أمَّا إذا كانت كتلته بين 40 و75 كتلة شمسية فيَمرُّ خلال عمره بمرحلة نجم (ولف-رايت) فقيرة بالهيدروجين، ثم ينفجر كمستعِر هائل سي 1.

Telegram:@mbooks90

وإذا كانت الكتلة الأولية للنجم -O أصغر مِن 40 كتلة شمسية فهو يتحوَّل قرب نهاية استهلاكه للهيدروجين (بعدما يكون قد استهلك 90 % مِن الهيدروجين) إلى عملاق أحمر، ثم ينفجر في هيئة مستعِر هائل ب 1، ويتبقَّى منه قزم أبيض.

---

(3) (**نجم ولف - رايت** في الفلك (بالإنجليزية:(Wolf–Rayet stars) أو بالاختصار

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

"نجم WR "هي نوع مِن النجوم بالغة الكتلة، حيث تكون كتلة النجم منها أكبر مِن 20 كتلة شمسية، تتميز تلك النجوم بفقد كبير في كتلتها يخرج منها في هيئة ريح نجمية تبلغ سرعتها 2000 كيلو مترًا في الثانية، بينما تفقد شمسنا نحو 10^{-14} مِن كتلتها كل سنة، فإنَّ نجمًا مِن نوع نجوم ولف - رايت يفقد سنويًا نحو 10^{-5} كتلة شمسية.

تتميز نجوم ولف - رايت بأنَّها ساخنة جدًا، فبينما تبلغ درجة حرارة سطح شمسنا 5700 درجة مئوية، تبلغ درجة حرارة سطح نجم ولف - رايت بين 25.000 إلى 50.000 درجة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أمثلة مِن النجوم وبقايا النجوم السديم (Nebula)

كان أدوين هابل أول مَن يستعمل مفرد سديم للدلالة على أي جسم منتشر المظهر، ومنذ ذلك الوقت صار يستعمل هذا المصطلح للإشارة إلى أي منطقة مِن الوسط البين- نجمي غنية بالغازات المؤينة مثل الهيدروجين عادة بنسبة 76%، والهيليوم بنسبة 23 %، والغبار الكوني بنسبة 1% أو أقلّ.

توجد عدة أنواع مِن السدم منها:

السدم المظلمة:

هي سدم مكوَّنة مِن غبار وغاز كوني تمنع الضوء مِن العبور مِن خلالها بسبب كثافتها الشديدة، وتحجب بذلك كلّ ما وراءَها، وهي مظلمة؛ لأنَّه لا يوجد قربها ما يمكنها أن تعكس ضوءه، وهي لا تُنتج ضوءًا كالسدم الانبعاثية، ولا يمكن مشاهدتها مرئيًا إلا بواسطة التباين الحادث على أطرافها التي تعكس بعضًا مِن ضوء نجوم قريبة.

ينبع ظلام سحابة السديم مِن الكثافة العالية نسبيًا للغاز والغبار الكوني فيه، وهو يشكّل بذلك ظروفًا مواتية يمكن أن تنشأ فيها نجومٌ جديدة تحت فعل الجاذبية، مثال على ذلك نجده في أبراج التخليق في سديم النسر.

السدم العاكسة:

هي سدم تشبه السدم المظلمة مِن حيث طبيعتها، لكنَّها تلمع نتيجة الضوء المعكوس عليها مِن النجوم المحيطة بها مثل الشكل رقم(8)، حيث تقوم النجوم المضيئة والقريبة مِن السدم بعكس الضوء في المنطقة التي يتواجد فيها الغبار بكمية كبيرة، وبما إنَّ ذرَّات الغبار المحتوية على نسبة عالية

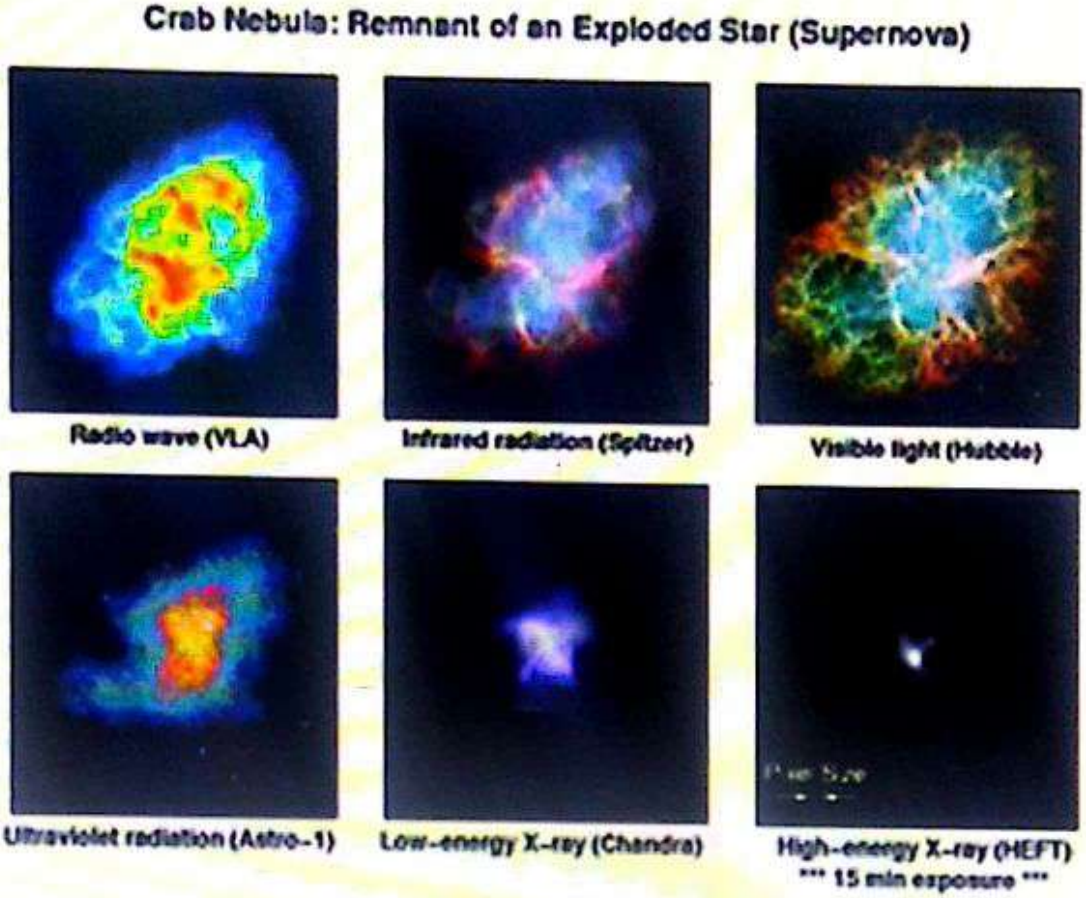
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مِن الكربون تعكس الضوء الأزرق بكفاءة أكثر مِن الضوء الأحمر؛ لذلك فإنَّ السديم العاكس يغلب عليه اللون الأزرق.

الشكل رقم (8) (سديم الجبار).

(المصدر: Wikipedia)

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



شكل رقم (9) سديم السرطان كمخلَّفات نجم منفجر، الصور للضوء المرئي، وصور لأشعة إكس ذات أطوال موجية مختلفة تدلُّ على شدة ارتفاع درجة حرارة المصدر التقطَتها تلسكوبات مختلفة، كلٌّ منها يرى حيِّزًا ضيِّقًا مِن أشعة إكس.

(المصدر: wikipedia)

نجوم النسق الأساسي:

نجم نوع O:

هو نجم مِن نجوم النسق الأساسي والذي يندمج فيها الهيدروجين كوقود في قلب النجم، ويَنتمي إلى النوع الطيفي O وفئة لمعانه V، وهي نجوم بالغة الكتلة، حيث تتراوح كتلتها بين 15 و90 مِن كتلة الشمس، وتبلغ درجة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

حرارة سطحها بين 30.000 و52.000 درجة (بالمقارنة بالشمس تبلغ درجة حرارة سطح الشمس نحو 5.700 درجة فقط)؛ ولذلك فإنَّ درجة سطوع تلك النجوم أعلى مِن الشمس بين 30.000 مرة إلى 1مليون مرة، تلك النجوم ضخمة الكتلة قليلة الوجود، ويقدَّر عددها في مجرتنا – مجرة درب التبانة – بنحو 20.000 نجم مِن هذا النوع.

مِن أمثلتها النجم سيجما أوريونيس أيه σ Orionis A والنجم لاسيرتيا 10(10 Lacertae).

على أنَّ كتلتها الضخمة تعمل على سريان الاندماج النووي للهيدروجين بمعدَّل سريع، ممَّا يجعلها قصيرة العمر، وتقدَّر أعمار تلك النجوم بين 50 مليون وعدة مئات الملايين مِن السنين فقط؛ ولهذا يتطور النجم مِن نوع نجم O تبعًا لكتلته الابتدائية مع الزمن، وطِبقًا لمقدار استهلاك الوقود النووي وهو الهيدروجين، ويتحوَّل إلى عملاق ضخم أحمر، ثم ينفجر ويتبقى منه إمَّا نجم نيوتروني أو ثقب أسود هائل يبتلع أي شيء يقترب منه.

يبين الجدول الآتي الخواص الرئيسة للنجوم مِن نوع O ونوع B.

أثقل النجوم المعروفة يسمَّى RMC 136a1 على مسافة 163,000 سنة ضوئية مِن الأرض، وتقدَّر كتلته بنحو 315 ضعف كتلة الشمس، وقد نشأ منذ نحو مليون سنة، ومع ذلك يُعَدُّ في منتصف العمر، ويمتدُّ نصف قُطره 1700 ضِعف.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

التصنيف	الخواص	اللون	درجة الحرارة	الكتلة بالنسبة للشمس	أمثلة
O	هيليوم متأين(He II)	أزرق	30.000–50.00	60	منطقة (δ Ori)ناوس ζ) Pup)
B	هيليوم متعادل(He I) مجموعة خطوط بالمر الهيدروجين	أزرق-أبيض	10.000–28.000	18	رجل الجبار، سبيكا

نصف قُطر الشمس ودرجة حرارة سطحه ودرجة لمعانه 8.7 مليون ضعف الشمس، أمَّا درجة حرارة السطح فتصل إلى نحو 53,000 درجة، كما يوجد

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

عدد قليل مَن هذه العمالقة مثل:

- R136c: 230 solar masses
- BAT99-98: 226 solar masses
- R136a2: 195 solar masses
- Melnick 42: 189 solar masses
- R136a3: 180 solar masses
- Melnick 34: 179 solar masses

وتقع هذه النجوم في سحابة ماجلان الكبرى.

نجوم النسق الأساسي نوع B:

نجم النوع -B هو نجم مِن النسق الأساسي يستخدم الهيدروجين كوقود، يَنتمي إلى النوع الطيفي B، وفئة لمعانه V، تبلغ كتلته مِن 2 إلى 16 ضعفَ كتلة الشمس، وتبلغ درجة حرارة سطحه بين 10.000 و30.000 درجة، ومثال لها الشكل رقم(10).

هذه النجوم مضيئة للغاية وزرقاء اللون، يحتوي ضوءها على طيف الهليوم المتعادل، ويكون واضحًا في الفئة الفرعية B2، كما يحتوي على خطوط الهيدروجين المتعادل، ومِن الأمثلة على ذلك نجم المليك ورأس الغول.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

شكل رقم (10)صورة فنية لنجم العذرة أو إيتا الكلب الأكبر، نوع B-

(المصدر: wikimedia)

جميع التصنيفات الطيفية بما في ذلك أطياف نوع B- تشتمل على ملايين النجوم، وهي ليست متطابقة تمامًا، فبينها اختلافات في الحجم واللمعان وإن كانت في نفس المجموعة الطيفية؛ ولذا قام الفلكيُون بتقسيمها بإضافة رقم يدلُّ على درجة حرارة النجم داخل فئته، فمثلًا نجم B2 درجة حرارة السطح 20.000 درجة، بينما B5 درجة حرارة سطحه 13.000 درجة.

في وقت لاحق أظهرَت تحاليل دقيقة للأطياف وجود خطوط الهليوم المتأيِّن للنجوم صنف B0، كما أنَّ النجوم مِن صنف A0 عرضَت أيضًا خطوطًا ضعيفة مِن الهيليوم غير المؤيّن، وقد أدَّى هذا إلى إعادة التصنيف النجمي بالاعتماد على نقاط القوة لخطوط الامتصاص في تردُّدات محدَّدة،

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أو بمقارنة نقاط القوة بين الأطياف المختلفة، ويدلُّ ذلك على تركيبة المواد الموجودة في الطبقات الخارجية للنجم، فمثلًا بعض نجوم الفئة B0 الطيفية لدَيها خط في الطول الموجي 438.7 نانومتر كونها أقوى مِن خط 420.0 نانومتر، ويُستنتَج مِن ذلك أنَّ خطوط الهيدروجين تزداد قوة مِن خلال فئة B، ثم تصل إلى ذروتها في صنف A2.

وتُستخدَم خطوط السيليكون المتأيِّن لتحديد الفئة الفرعية مِن نوع B- للنجوم، في حين تُستخدَم خطوط الماغنيسيوم للتمييز بين طبقات درجة الحرارة.

نجوم نوع - B لا تمتلك كروموسفير(إكليل الشمس)، وتفتقر لمنطقة الحمل الحراري في الغلاف الجوي الخارجي، ولدَيها معدَّل لخسارة الكتلة أعلى مِن النجوم الصغيرة كالشمس، وسرعة الرياح النجمي نحو 3000 كم/ ثانية، ويتمُّ توليد الطاقة فيها مِن الاندماج النووي الحراري (دورة كربون – نيتروجين - أكسجين- CNO)، ولأنَّ هذه العملية حسَّاسة جدًّا للحرارة يتركَّز توليد الطاقة بشكل كبير في مركز النجم، والذي ينتج منه منطقة حمل حراري حول النواة، وهذا يؤدِّي إلى خلط مستمر بين عنصرَي الهيدروجين والهليوم المنتج مِن الاندماج النووي.

إنَّ العديد مِن نجوم نوع - B تدور سريعًا، وتصل السرعة في خط الاستواء إلى 200 كم/ ث.

نجوم A:

نجم النَّسق الأساسي **نوع -A (A V)** نجم أكبر قليلًا مِن الشمس، ولكن بداية مِن هذه الفئة تُعتبَر هذه النجوم أقزامًا إذا ما قُورِنَت بالمجموعتين

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

السابقتين أو بالعمالقة الحمراء، وهي نجوم مِن النسق الأساسي تستخدم الهيدروجين كوقود، وتنتمي إلى النوع الطيفي A، وفئة لمعانه V، هذه النجوم لديها طيف كهرومغناطيسي معرف بخطوط الامتصاص للهيدروجين القوي، وكتلتها مِن 1.4 إلى 2.1 مِن كتلة الشمس، وتمتلك حرارة سطحية ما بين 7600 و11500 درجة، وقد تكون مضيئة وقريبة مثل: نجوم النسر الطائر، الشعرى اليمانية، النسر الواقع.

نجوم النوعF :

مِن النسق الأساسي FV هي نجوم تستخدم الهيدروجين في الاندماج النووي، وتَنتمي إلى النوع الطيفي F، وفئة لمعانه V، هذه النجوم لها 1.0إلى 1.4 ضعف كتلة الشمس، ودرجة الحرارة السطحية بين 6000 و7600 درجة، هذه الحرارة تعطي لهذا الصنف لونًا أصفر - أبيض؛ لأنَّ حزام النسق الأساسي يصنِّفه كقزم، هذه الفئة مِن النجوم يمكن أيضًا أن تُسمَّى قزمًا أصفر- أبيض.

ومن الأمثلة الشعرى الشامية، وهناك ما يصل إلى 303 أو أكثر مِن النجوم، نوع طيف F قد تكون موجودة في نطاق ضمن 100 سنة ضوئية مِن الشمس، ويوجد فقط نحو 37 منها ضمن 50 سنة ضوئية، ممَّا يوحي بأنَّ علماء الفلك قد رصدوا تقريبًا جميع هذه النجوم التي تقع على بعد 100 سنة ضوئية مِن الشمس.

نجوم نوع G:

نجوم النسق الأساسي مِن النوع - G أو جي، وكثيرًا ما يُسمَّى القزم الأصفر أيضًا، وهو نجم مِن النسق الأساسي يَنتمي إلى النوع الطيفي جي(G)

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ودرجة الضياء في(V).

الكتلة النموذجية لمثل هذه النجوم تتراوح مِن 0.8 إلى 1.2 كتلة شمسية، وتملك حرارة سطحية بين 5,300 و6,000 درجة، مثل نجوم النسق الأساسي الأخرى.

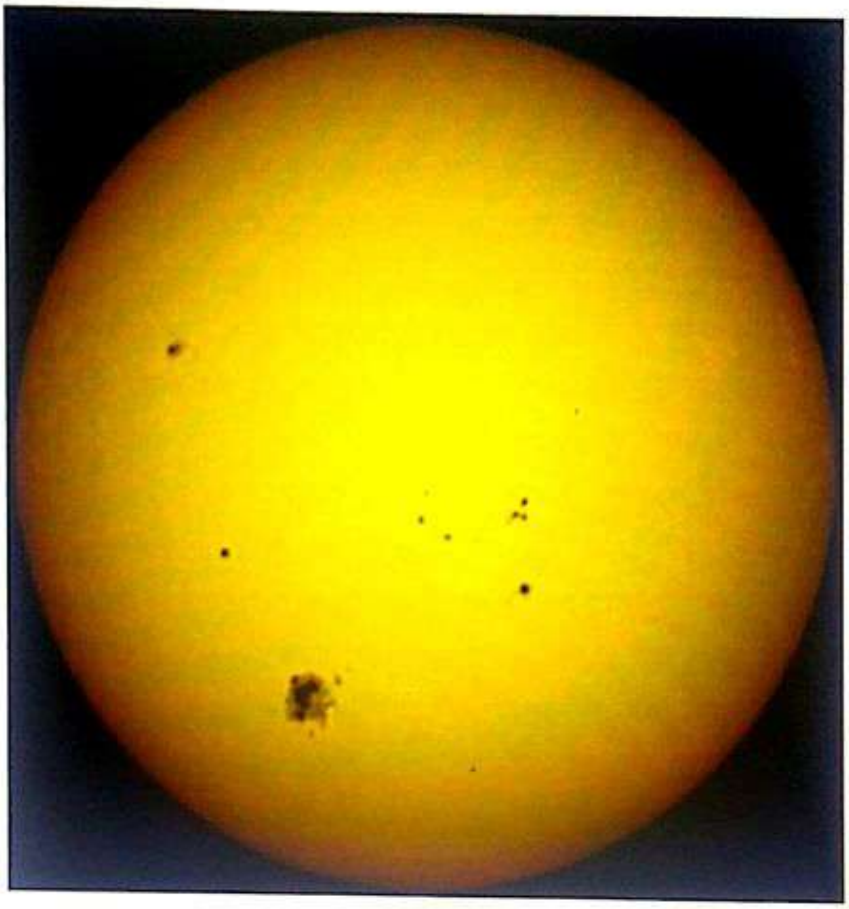
نجوم GV هي في مرحلة تحويل الهيدروجين إلى هيليوم عن طريق عملية الاندماج النووي، كما في الشكل رقم(11).

الشمس هي أفضل مثال معروف (والأكثر وضوحا) لنجم GV.

تقوم كل ثانية بدمج ما يُقارب 600 مليون طن مِن الهيدروجين إلى هيليوم، محوّلة نحو 4 ملايين طن مِن المادة إلى طاقة.

تتضمَّن قائمة نجوم GV مثلًا نجوم رجل القنطور، وتاو قيطس، والفرس الهائل.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



شكل رقم(11)صورة للشمس، وهي أفضل مثال معروف على نجوم النوع GV.

(المصدر: wikimedia)

النجوم نوع G تشعُّ ضوءًا أبيض يميل إلى الأصفر، وهي لذلك تتراوح ألوانها مِن الأبيض (للنجوم الأكثر ضياءً مثل الشمس) إلى لون أصفر شاحب (للنجوم GV الأقل ضياءً).

انظر تصنيف جدول ألوان النجوم حسب النوع الطيفي.

شمسنا في الحقيقة بيضاء، لكنَّها تبدو صفراء عبر غلاف الأرض الجوي الذي يقوم بتشتيت الضوء بدرجات مختلفة، وإضافة إلى ذلك، بالرغم مِن أنَّ مصطلح (قزم) يُستخدَم للتفريق بين نجوم النسق الأساسي الصفراء

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

والنجوم العملاقة، إلا إنَّ نجوم GV الصفراء مثل الشمس تشع 90% مِن ضوء النجوم في المجرَّة.

سيَحرق نجم GV الهيدروجين في نواته لـــ 10 بلايين سنة تقريبًا حتى يَنفد أخيرًا مِن مركزه، عندما يَحدث هذا يَتمدَّد النجم لأضعاف حجمه السابق، ويُصبح عملاقًا أحمرَ مثل نجم الدبران، ثم أخيرًا يَقذف العملاق الأحمر طبقاته الخارجية مِن الغاز مُكوِّنًا سديمًا كوكبيًا، في حين أنَّ النواة تبرد وتنكمش إلى قزم أبيض كثيف.

نجم نوع K:

كما يُعرَف بِاسم القزم البرتقالي أو قزم K، وهو نجم مِن حزام النسق الأساسي يَستخدِم الهيدروجين كوقود، يَنتمي إلى النوع الطيفي K، وفئة لمعانهV، هذه النجوم متوسطة الحجم بين نوع-M الأحمر ونوع-G الأصفر مِن النسق الأساسي.

يمتلك كتلة ما بين 0.45 و0.8 ضعف كتلة الشمس، ودرجة حرارة السطح بين 3900 و5200 درجة، ومِن الأمثلة لهذه النجوم الدبران.

النجوم المزدوجة:

تتكوَّن مِن نجمين قريبين مِن بعضهما البعض، وتُسمَّى بالثنائية إذا كانا يدوران حول محور مشترَك، وأشهر مثال للثنائي النجم القطبي، فهو في الحقيقة أحد نجمَي ثنائية.

أحيانًا لا يمكن تمييز النجمين، ويظهران لنا كنجم واحد، ولكن بريقه يختلف بشكل دَوري منتظم، وقد لا يكون النجمان متشابهَين بل يكون أحدهما نجمًا في النسق الأساسي والآخر قزمًا أبيض.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

توجد ثنائيات نجمية أحدهما نجم نيوتروني، والآخر نجم مِن النسق الأساسي، ويلاحَظ في هذه الحالة أنَّ النجم النيوتروني يكون في مركز الدوران.

نتيجة للأبعاد السحيقة يجب أن تكون المسافة بين النجمين كبيرة نسبيًا حتَّى يمكن تمييزهما في حدود قدرة التلسكوبات على التحليل؛ ولذا فإنَّ مثل هذه النجوم تُسمَّى الثنائيات المرئية.

نوع آخر مِن الثنائيات يُسمَّى بالثنائيات الطيفية، وهي التي نستنتج وجودها نظرًا للتغييرات الطيفية التي تصل إلينا مِن الثنائي.

النجم المنفرد يكون طيفيًا ثابتًا، أمَّا الثنائي فالطيف يكون متذبذبًا بشكل يمكِّن الفلكِيُّون مِن التنبُّؤ بوجود الثنائي.

النجوم الثنائية الكسفية: هو نظام نجمي ثنائي، حيث يقع مستوى دوران النجمين قريبًا جدًّا مِن خط النظر للمراقب ممَّا يؤدِّي إلى حدوث كسوف مشترَك.

في حالات كون النجمين طيفيَّين أيضًا بالإضافة إلى معرفة مقدار يزيح النظام فإنَّ هذا النجم الثنائي يكون مهمًّا جدًّا للتحليل النجمي.

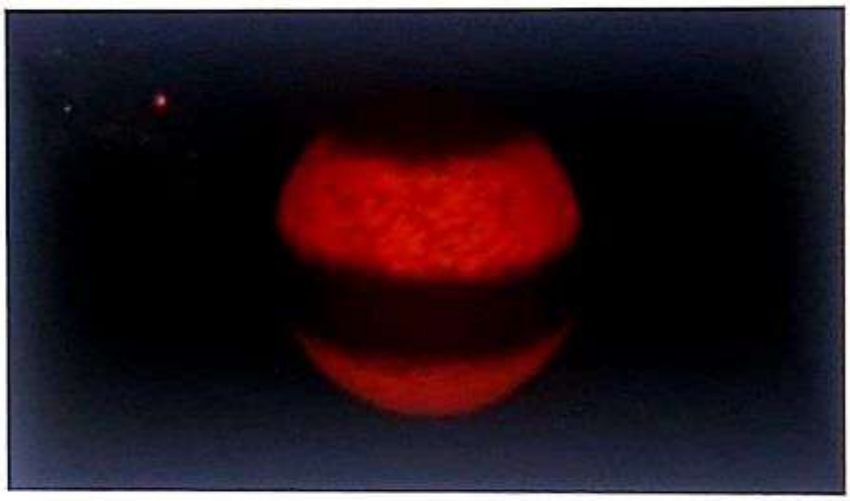
نجم رأس الغول: هو نظام نجمي ثلاثي في كوكبة حامل رأس الغول، يحتوي على أفضل مثال معروف لنجم ثنائي كسفي.

النجوم خارج النسق الأساسي

القزم البني:

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

اكتشف مجموعة مِن الفلكيّين القزم البني لوهمان 16(الشكل رقم12)، وهو لا ينتمي إلى النجوم ولا الكواكب، ويحيط به نطاقات كما في حالة كوكَبَي زحل والمشتري، وله قرين يبعد عنه 6.5 سنة ضوئية، وكتلتهما نحو 30 ضعفَ كوكب المشتري، وتبلغ درجة حرارته نحو 1000 درجة.



شكل رقم(12) قزم بني لوهمان (Luhman 16 A).

العملاق الأحمر:(Red giant)

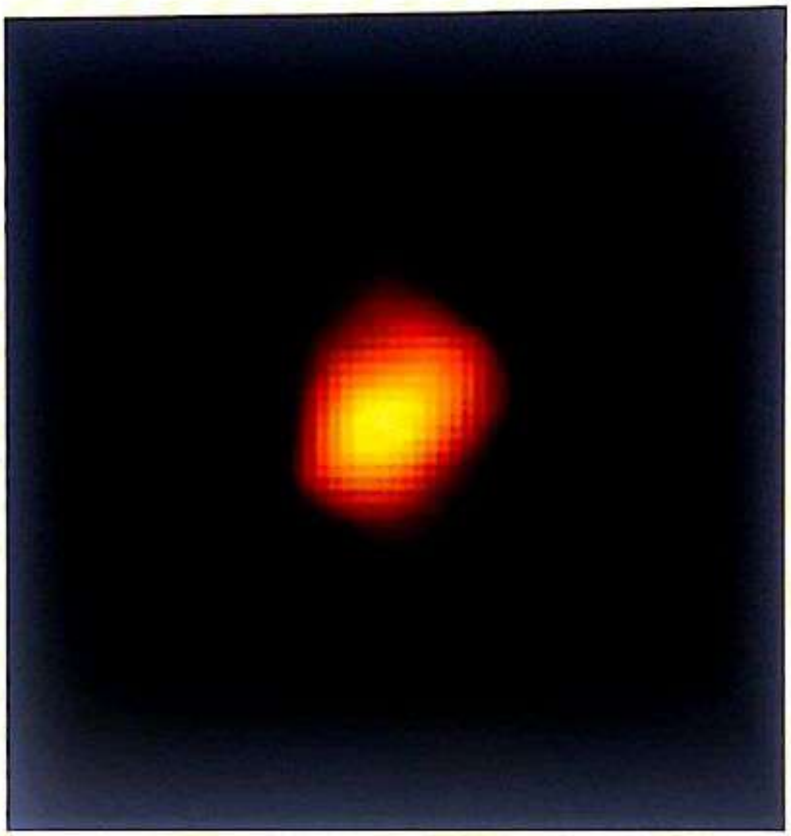
العملاق الأحمر هو نجم يبلغ قطره مِن 15 إلى 45 مرة قُطر الشمس، ويعادل لمعانه أو نوره نحو مائة مرة أو أكثر لمعان الشمس، وهو نوع مِن أنواع النجوم في الفضاء المحيط بمجرّتنا.. مجرة درب التبانة، أو الطريق اللبني.

وتُعتبَر نجوم العمالقة الحمر نجومًا غير اعتيادية؛ لأنَّ أعضاء هذه المجموعة مِن النجوم تطلِق مِن الطاقة الضوئية أضعافًا مضاعفة ممَّا تطلقه نجمة الشمس.

ومِن النجوم مِن نوع العملاق الأحمر نجد نجم الدبران، ويظهر في الشكل

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

رقم(13) النجم الأحمر ميرا.



شكل رقم(13) العملاق الأحمر ميرا في كوكبة قيطس.

(المصدر: NASA)

وبالرغم مِن أنَّ النجوم التي نراها تبدو بيضاء بالعين المجردة، ولكنَّها تحمل ألوانًا عديدة، وتختلف شدة إضاءة كل لون باختلاف درجة حرارة سطح النجم، وذلك يدل على مرتبة النجم الطيفية، ويرمز إليه الفلكيُون برمز مميز(مثل G للنجوم الصفراء، وM للنجوم الحمراء).

فمِن النجوم التي لونها أحمر نجم منكب الجوزاء في كوكبة الجبار، وكذلك نجم قلب العقرب.

يتكوَّن العملاق الأحمر نتيجة تحوُّل نويات ذرات الهيدروجين المكوِّنة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

للنجم مع مرور الزمن إلى ذرات هيليوم عن طريق الاندماج النووي مثلما يحدث في باقي النجوم، ولكن يتحوَّل 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 فيتمدَّد النجم، وعلى الأخصّ تتمدَّد طبقاته الغلافية الغازية نتيجة لارتفاع درجة الحرارة في النجم مكوِّنةً هالة حمراء اللون هائلة الحجم متوهِّجة، وتشعُّ ضياءً شديدًا.

ويعتقد علماء الفلك أنَّ هذا سيكون مصير الشمس أيضًا، فقد مضى على الشمس نحو 4.5 مليار سنة منذ تكوُّنها مِن سحابة مِن عنصرَي الهيدروجين والهيليوم: 76 % هيدروجين، و23 % مِن الهيليوم، ونحو 1 % مِن عناصر أخرى، وهي لا زالت تحرق الهيدروجين بالاندماج النووي، وتحوِّله إلى هيليوم وكربون وأكسجين وعناصر أخرى خفيفة، ويحسب لها العلماء أنَّ استهلاكها للهيدروجين والهيليوم والكربون والأكسجين سينتهي بعد نحو 5 مليارات مِن السنين، ولكنَّها ستبدأ في الكبر بارتفاع درجة حرارة قلبها مِن 30 مليون درجة إلى 50 مليون، ثم إلى 100 مليون درجة، وتتحوَّل إلى عملاق أحمر يتَّسع نصف قُطره حتَّى يصل إلى مدار كوكب عطارد، ثم مدار كوكب الزهرة، ثم مدار الأرض، وعندما يصل نصف قُطر الشمس كعملاق أحمر إلى مدار الأرض تكون عندها الحياة على الأرض قد انتهَت قبل ذلك بملايين السنين نظرًا للحرارة المتزايدة الصادرة مِن الشمس.

ويقدِّر العلماء أنَّه بعد نحو مليار سنة مِن الآن تبدأ البحار تتبخَّر مِن شدة الحرارة، وبعد 3 مليارات مِن السنين تصبح الأرض جافَّة تمامًا، وتصبح كوكبًا ميتًا لا حياة فيه.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ينتمي العملاق الأحمر إلى التصنيف الطيفي K وM والتي تبلغ درجة حرارة سطحها مِن 3330 درجة (تعادل تصنيف طيفي M5) إلى 4750 درجة (تعادل تصنيف طيفي K0)، ويندر وجود التصنيفات الطيفية بينها Rأو S أو N، والتي تبلغ درجة حرارتها بين 1900 إلى 5400 درجة طبقًا لتقسيم شميت -كالر لعام 1982.

وبالمقارنة بالشمس والتي تبلغ درجة حرارة سطحها 5780 درجة فإنَّ درجة حرارة العملاق الأحمر أقلُّ مِن ذلك، فتكون النهاية العظمى لإشعاعها كجسم أسوَد في نطاق اللون الأحمر أو البرتقالي.

ونظرًا إلى ضخامة حجم العملاق الأحمر والاتِّساع الكبير لمساحة سطحه فتكون كميَّة الإشعاع كبيرة، وبالتالي لمعانه يكون عاليًا جدًّا، وهي تمثِّل نجومًا ذات لمعان كبير، ففي نطاق الضوء المرئي يصل لمعانها للتصنيفَين K وM مِن 0.4 إلى 0.7، وبالمقارنة بلمعان 4.8 للشمس فإنَّ العملاق الأحمر يفُوقها نحو 100 مرة، كما يبلغ ضياؤها الكلي عبر جميع أطوال الموجة التي تشعُّها فيصل قدر التصنيفين K وM مِن 2.6 إلى 0.4، وبالمقارنة بالشمس والتي يبلغ لمعانها 4.8 تفوق ضياؤه ضياء الشمس بنحو 1000 مرة، وشدة الضياء هذه هي التي تجعلها ترى بسهولة بالعين المجردة في صفحة السماء المليئة بنجوم أبرد مِن ذلك مِن نجوم النسق الأساسي، وذلك رغم بُعدها الكبير، فمِن بين النجوم التي ترى بالعين المجردة نجد كثيرًا مِن نوع نجوم العملاق الأحمر.

ونظرًا لانخفاض درجة حرارة أسطح العمالقة الحمر وشدة ضيائها فإنَّنا نجدها في الرسم البياني الذي يمثِّل تصنيف هرتزشبرونج - راسل في الجزء العلوي على اليمين.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وتتميز العمالقة الحمر بأنساع كبير لغلافها الضوئي، مما يجعل من اللازم إعادة النظر والتدقيق في تعريفات بياناتها الفيزيائية، مثل تعريف درجة حرارة السطح لها، وكثافة السطح، ونصف القطر.

عمالقة حمر معروفة:

الشكل رقم (14) يبين نجم الدبران وهو عملاق ضخم أحمر، وذلك مقارنة بحجم الشمس.

شكل رقم(14) مقارنة بين حجم عملاق الدبران والشمس، في حين أن كتلته تبلغ 2.5 من كتلة الشمس.

(المصدر: wikimedia)

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

النجم	كتلته بالنسبة للشمس	نصف القطر بالنسبة للشمس	شدة الضوء بالنسبة للشمس
الدبران	2.5	25	156
حارس السماء (نجم)	1.5	25	210
عاما صليب الجنوب	3	133	1.500
الأنف (نجم)	10-11	150	6.700
عاما السلوقيان	3	215	4.400
منظر الحوت	3	84	1.800
دالاميرا (نجم)	1.2	400	8.400
رأس الجاثي	7-8	300	17.000

القزم البارد أو القزم الأحمر

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

النجوم صغيرة الكتلة لا تكون حركة الهليوم للداخل كبيرة، وبالتالي لا يتجمع في قلبها عنصر هيليوم، ولكن يستمر التفاعل الاندماجي النووي مِن دون أن يصبح عملاقًا أحمر، وتسمَّى مثل تلك النجوم قزمًا أحمر، ويُقدَّر عمر تلك النجوم بأعمار تفوق عمر الكون الافتراضي نفسه؛ ولذلك فلا توجد مشاهدات تبيِّن أنَّ تلك النجوم صغيرة الكتلة تتقدَّم في العمر، حيث يسير فيها الاندماج النووي بمعدَّل بطيء جدًا.

إذن هو نوع مِن النجوم صغيرة وباردة نسبيًا، ذات تصنيف طيفي مِن نوعM أو نوع K المتأخِّر.

معظم النجوم قزمية وذات درجة حرارة أقلَّ مِن 3.500 درجة، ولها كتلة أقل مِن نصف كتلة الشمس، وتصل حتى 0,075 مِن كتلة الشمس في حالة النجوم الهزيلة، فإذا كانت كمية المادة المتجمِّعة فيه صغيرة فلا يحدث فيه اندماج الهيدروجين، ويصبح النجم نجمًا هزيلًا، وتبلغ كتلة قزم بارد مِن نوع الطيف في العادة نحو 10% مِن الكتلة الشمسية، ويكون قطره نحو 15% مِن قُطر الشمس.

ويسمَّى القزم بالبارد نظرًا لبرودة حرارة سطحه، وهو ما يجعله أحمر اللون، وهدوء تطوُّره الذي يستغرق مليارات السنين حتَّى يتحوَّل مِن قزم بارد إلى قزم واقد، غير أنَّ عمر الكون لَم يسمح بَعد باختبار صحة هذا القول، ولَم يرصد العلماء أقزامًا وقادة حتَّى الآن.

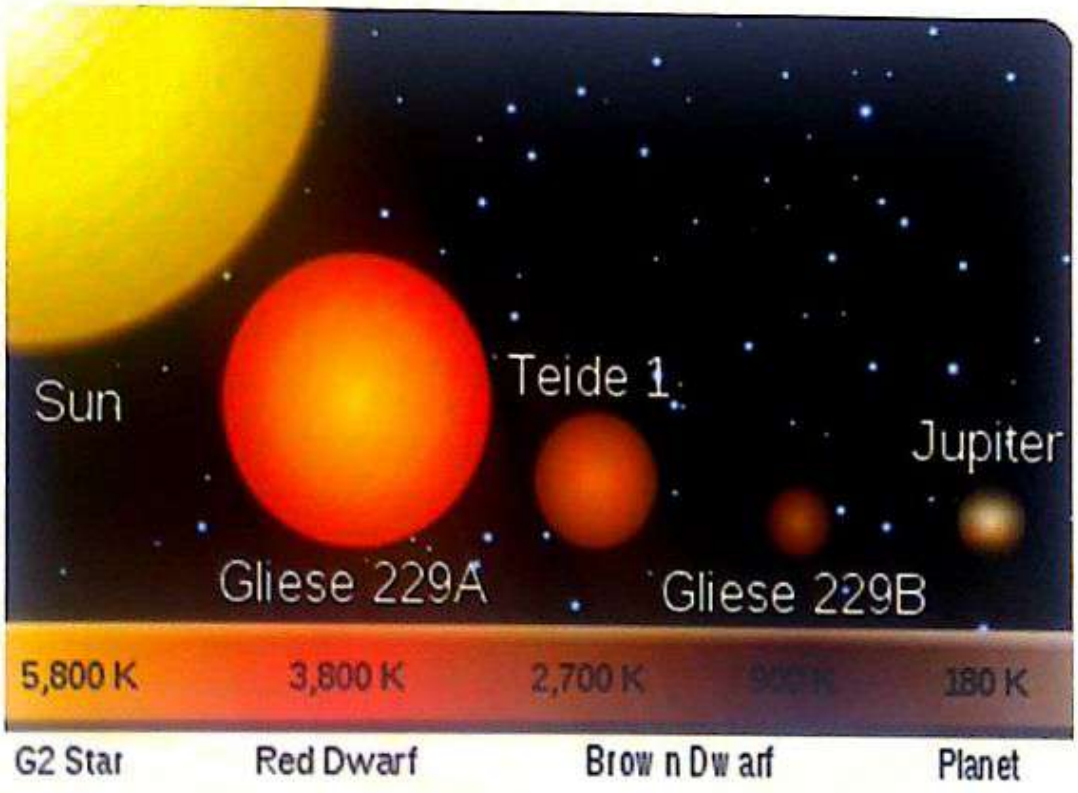
توجد نجوم الأقزام الباردة بكثرة في مجرة درب التبانة، وكذلك قريبًا مِن الشمس، ونظرًا لضعف ضوئها فليس مِن السهل مشاهدتها مِن الأرض؛ فهي لا تُرى بالعين المجردة، ولا بدَّ مِن الاستعانة بتلسكوب لرؤيتها أو رصدها.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أحد تلك الأقزام الباردة قنطور الأقرب، وهو أقرب النجوم إلى الشمس وبالتالي أقرب النجوم إلى الأرض، ويبعد عنّا نحو 4.22 سنة ضوئية.

نوع طيف القنطور الأقرب مِن فئة M5، ويبلغ لمعانه 11 قدرًا ظاهريًا.

أقزام باردة أخرى قريبة مِن الشمس تجدها في قائمة أقرب النجوم إلينا، ويبين الشكل رقم(15) بعض الأقزام الحمراء القريبة مقارنة بالشمس، وكذلك كوكب المشتري أكبر الكواكب المعروفة.



شكل رقم(15) مقارنة الأحجام ودرجة الحرارة للشمس والأقزام الحمراء Gliese 229 و Teide 1 وكوكب المشتري.

(المصدر: Wikimedia)

ونظرًا لقلّة المادة في القزم البارد فيجرَى فيه تحوُّل الهيدروجين إلى

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الهيليوم عن طريق سلسلة تفاعل بروتون - بروتون، وهذا يجري بطيئًا، ويكون انتقال الطاقة فيه بالحمل الحراري مِن القلب إلى السطح؛ ولهذا تبقَى درجة حرارة سطحه بين 2200 و3800 درجة بالمقارنة بالشمس، فتبلغ درجة حرارة سطحها 5800 درجة، أمَّا درجة حرارة قلبها حيث يحدث الاندماج النووي فتبلغ نحو 14 مليون درجة؛ ولهذا يُصدِر نوع القزم البارد ضوءًا في نطاق الأشعة ذات طول موجة طويلة (أي أشعة حمراء وأشعة تحت الحمراء)، ويكون ضياؤها ضعيفًا بين 0.01 % إلى 5% مِن ضياء الشمس.

عملاق أحمر ضخم: ((Red supergiant

ومِن جهة أخرى نجد نجومًا بالغة الكتلة وتعمُّر كل منها حتَّى تصبح عملاقًا ضخمًا، تلك أضخم العمالقة؛ فكتلة النجم منها أكبر مِن الشمس بنحو 50 أو 100 مرة، ونجدها تنتقل خلال عمرها على الرسم البياني لتصنيف هرتزشبرونج - راسل أفقيًا إلى اليمين واليسار حتَّى تصل إلى اليمين في الرسم حتَّى تصبح عملاقًا ضخمًا أحمر، وينتهي عمر النجم منها في صورة انفجار مِن نوع مستعر هائل II.

إذن هو نجم عملاق ضخم يحتل المركز الأول مِن حيث اللمعان في التصنيف النجمي مِن الفئة الطيفية K أو M، وهو أكبر النجوم مِن حيث الحجم وليس الكتلة، ومِن أمثلته منكب الجوزاء، ونجم قلب العقرب، وتتميَّز هذه النجوم بأنَّها شديدة البرودة، وتصل درجة الحرارة على السطح 3500-4500 درجة.

أشهر خمسة نجوم كبيرة في المجرة هي: في واي الكلب الأكبر، في الملتهب، في 354 الملتهب، آر دبليو الملتهب، وبرج الرامي كي دبليو.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تُصنَّف النجوم كعملاقة ضخمة على أساس تصنيفها الضوئي الطيفي، ويستخدم هذا النظام خطوطًا طيفية تشخيصية معيَّنة لتقدير الجاذبية السطحية لنجم ما، وبالتالي تحديد حجمه بالنسبة إلى كتلته.

تكون أكبر النجوم أكثر إضاءة عند درجة حرارة معيَّنة، ويمكن الآن تجميعها في نطاقات مختلفة مِن السطوع.

يكاد يكون نظام تصنيف يركس أو مورغان - كينان «إم-كي» عالميًا، يجمع النجوم في خمس مجموعات سطوع أساسية محدَّدة بالأرقام الرومانية:

- I عملاق ضخم.
- II عملاق ساطع.
- III عملاق.
- IV شبه عملاق.
- V قزم «نسق أساسي».

تُقسم فئة اللمعان خاصةً بالعملاق الضخم إلى عملاق ضخم عادي مِن الفئة « Ib»، عملاق ضخم ساطع مِن الفئة «Ia»، وتُستخدَم أيضًا الفئة الوسطى «Iab».

تُحدد النجوم اللمَّاعة بشكل استثنائي ذات الجاذبية السطحية القليلة مع دلائل قوية على خسارة في الكتلة مِن خلال فئة السطوع 0 «صفر»، وهذا نادرًا ما نشاهده.

في كثير مِن الأحيان سيُستخدَم التصنيف Ia-، والأكثر شيوعًا هو Ia +

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

نادرًا ما تُطبّق هذه التصنيفات الطيفية العملاقة الهائلة على العملاق الأحمر الضخم على الرغم مِن أنَّ المصطلح «عملاق هائل» يُستخدَم أحيانًا للعملاق الأحمر الضخم الأكثر امتدادًا وغير المستقر.

يشير الجزء «أحمر» مِن «العملاق الأحمر الضخم» إلى درجة الحرارة الباردة، ويُعتبَر العملاق الأحمر الضخم الأبرد، ويكون مِن النمط M، وبعضها على الأقل مِن النمط K، رغم عدم وجود توزيع دقيق.

تُعتبر العملاقة الضخمة مِن النوع K غير شائعة مقارَنةً بالنوع M؛ لأنَّها مرحلة انتقالية قصيرة الأمد وغير مستقرَّة إلى حدٍّ ما.

في بعض الأحيان توصف النجوم مِن النوع K، خاصةً أنواع K المبكرة أو الأكثر سخونة، بكونها عملاقة برتقالية، مثال: «زيتا الملتهب»، أو حتى صفراء مثل «العملاق الفائق الأصفر إتش آر 5171 إيه».

العملاق الأحمر الضخم منكب الجوزاء (شكل رقم16).

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

شكل رقم (16) كوكبة الجبار، ويظهر بها العملاق الأحمر الضخم نجم منكب الجوزاء (بالأعلى يسارًا).

(المصدر: wikipedia)

هذه النجوم لها أنماط طيفية مِن نمط K وM، وبالتالي درجات الحرارة السطحية أقل مِن 4100 درجة، وعادةً ما يتراوح حجمها بين عدة مئات إلى أكثر مِن ألف مرة مِن نصف قُطر الشمس، مع أنَّ الحجم ليس العامل الرئيسَ في تصنيف النجم إلى عملاق ضخم، ويمكن بسهولة أن يكون النجم العملاق الساطع البارد أكبر مِن عملاق ضخم أكثر سخونة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

على سبيل المثال، صُنّف رأس الجاثي كنجم عملاق بنصف قُطر ما بين 264 إلى 303 نصف قُطر شمسي، بينما نجم الأنف هو عملاق ضخم K2 وبنصف قطر فقط 185 نصف قُطر شمسي.

برغم أنَّ العمالقة الضِّخام الحُمر أبرد بكثير مِن الشمس فهي أكبر بكثير؛ ولذا فهي ساطعة للغاية، وعادةً ما تكون درجة لمعانها عشرات أو مئات الآلاف مِن اللمعان الشمسي.

هناك حدٌّ أعلى للمعان العملاق الضخم الأحمر بنحو نصف مليون وحدة لمعان شمسي، والنجوم فوق هذا اللمعان ستكون غير مستقرة للغاية، وبيساطة لا تتشكَّل.

العملاق الأحمر الضخم لدَيه كتلة بنحو 10 كُتَل شمسية و40 كتلة شمسية.

لا تتوسع النجوم ذات النسق الأساسي بتسلسل أكبر مِن نحو 40 كتلة شمسية، وتبرد لتصبح عمالقة حُمرًا ضخامًا، وتُعَدُّ العمالقة الضخام الحمر في الحد الأعلى المحتمل مِن نطاق الكتلة والسطوع هي النجوم الأكبر، وتسبِّب جاذبيتها السطحية المنخفضة واللمعان العالي فقدانًا كبيرًا للكتلة أعلى بملايين المرات مِن الشمس، ما ينتج سديمًا ملحوظًا يحيط بالنجم، وبحلول نهاية حياتهم قد تفقد النجوم العملاقة الضخمة الحمراء جزءًا كبيرًا مِن كتلتها الأولية.

Telegram:@mbooks90

تفقد العملاقة الأكثر ضخامة كتلتها بسرعة أكبر بكثير، ويبدو أنَّ كل النجوم العملاقة الضخمة الحمراء تصل إلى كتلة مماثلة بنحو 10 كُتَل شمسية، في الوقت الذي تنهار فيه النَّوى، وتعتمد القيمة الدقيقة على

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

التركيب الكيميائي الأولي للنجم ومعدّل دورانه.

تُظهِر معظم النجوم العملاقة الضخمة الحمراء درجة مِن التغيُّر المرئي، ولكن غالبًا ما يكون ذلك خلال فترات طويلة قد تكون غير منتظمة أو شبه منتظمة، وحتَّى لدَيها فئات فرعية خاصَّة بها مثل فئة «إس آر سي» و«إل سي» للنجوم العملاقة الضخمة المتغيرة البطيئة، شبه المنتظمة، والبطيئة غير المنتظمة على التوالي.

عادة ما تكون المتغيرات بطيئة وذات سعة صغيرة، لكنَّ السعة التي تصل إلى أربعة أحجام معروفة.

يُظهِر التحليل الإحصائي للعديد مِن النجوم العملاقة الضخمة الحمراء المتغيرة المعروفة عددًا مِن الأسباب المحتملة للتغيُّر، فقط عدد قليل مِن النجوم تُظهِر سعة كبيرة وضوضاء قوية تشير إلى التباين في العديد مِن التردُّدات، ويُعتقَد أنَّها تشير إلى رياح نجمية قوية تحدث قرب نهاية حياة العملاق الأحمر الضخم، والأكثر شيوعًا هي تغيرات الوضع الاشعاعي في وقت واحد على مدى بضع مئات مِن الأيام، وربَّما تغيُّرات في الوضع غير الاشعاعي على مدى بضعة آلاف مِن الأيام.

يبدو أنَّ عددًا قليلًا فقط مِن النجوم تظهر حقًّا غير منتظمة بسعات صغيرة، على الأرجح بسبب التحبيب في الغلاف الضوئي.

يحتوي الغلاف الضوئي للعملاق الأحمر الضخم على عدد صغير نسبيًا مِن خلايا الحمل الحراري الكبيرة مقارنةً بنجوم مثل الشمس، ويسبِّب هذا اختلافات في اللمعان السطحي يمكن أن تؤدِّي إلى تغيُّرات سطوع مرئية أثناء دوران النجم.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

انبعاث إشعاع ميكروويف مركز «ميزر» مِن المواد المحيطة بالعملاق الضخم الأحمر، في الغالب يكون هذا ناتجًا عن الماء «H2O» و«SiO»، لكن انبعاث الهيدروكسيل «OH» يحدث أيضًا مِن المناطق الضيقة.

دراسة هذا الإشعاع يتيح رسم خريطة عالية الدقة للمواد حول النجوم العملاقة الحمراء الضخمة.

عندما ينضب الهيدروجين في قلب النجم يقف التفاعل النووي، وبذلك يقلُّ الضغط للخارج، وينكمش النجم بفعل الجاذبية، ممَّا يرفع درجة حرارة القلب درجات أعلى بكثير، فتندمج نويات الهليوم التي تكوَّنَت مِن التفاعل السابق؛ وذلك لأنَّ الهليوم يحتاج درجات حرارة أعلى مِن الهيدروجين ليندمج، وينتج عن ذلك نويات الكربون، وهكذا يستعيد النجم نشاطه مِن جديد ولكن إلى حين، ويعود النجم ليتمدَّد مِن جديد تحت تأثير الطاقة المتولِّدة في قلب النجم، وعندما يفنى كل الهليوم ويتحوَّل إلى كربون ينطفئ النجم، ويعود لينكمش، وتتكرَّر الدورة ولكن مع تفاعل الكربون تحت تأثير درجات حرارة أعلى وأعلى.

وقد تستمر هذه الدورات حتى يتكون الحديد ولكن الحديد يستعصي على التفاعل فينفجر العملاق الأحمر الضخم.

يسيطر الهيدروجين على أغلب سطح النجوم العملاقة الضخمة الحمراء بالرغم مِن استهلاك الهيدروجين في القلب بالكامل.

في المراحل الأخيرة لفقدان الكتلة قبل انفجار النجم، قد يصبح الهيليوم السطحي غنيًا بمستويات مماثلة للهيدروجين.

في النماذج النظرية لفقدان الكتلة القصوى قد تُفقَد كمية كافية مِن

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الهيدروجين؛ إذ يصبح الهيليوم أكثر العناصر وفرة على السطح.

عندما تترك النجوم ما قبل العملاقة الحمراء الضخمة النسق الأساسي، يكون الأكسجين أكثر وفرة مِن الكربون الموجود على السطح، والنيتروجين أقلُّ وفرة مِن الاثنين، ما يعكس غزارة في تكوين النجم.

يُستنفَد الكربون والأكسجين بسرعة، ويُلاحَظ أنَّ النجوم العملاقة الحمراء الضخمة تدور ببطء أو ببطء شديد.

تشير النماذج إلى أنَّه حتَّى النجوم ذات النسق الأساسي التي تدور بسرعة يجب أن تُكبَح بفقدان كتلتها حتَّى يمكن أن تدور عندما تصبح عملاقة حمراء.

قد تكون تلك النجوم العملاقة الحمراء الضخمة مثل "منكب الجوزاء" التي لها معدَّلات متواضعة مِن الدوران قد اكتسبَتها بعد بلوغ مرحلة العملاق الأحمر الضخم، ربَّما خلال التفاعل الثنائي.

ما تزال نوى النجوم العملاقة الحمراء الضخمة تدور، ويمكن أن يكون معدَّل الدوران التفاضلي كبيرًا جدًّا.

المستعر الهائل:(Supernova)

عندما يستهلك عملاق أحمر ضخم كلَّ ما لدَيه مِن وقود (الهيدروجين - الهليوم – الكربون...الخ) ينفجر الغلاف الخارجي للنجم على هيئة مستعر هائل، حيث يتبعثر غالبية مادة النجم في الفضاء مُكوِّنًا سحابة هائلة مِن البلازما، وينهار قلب النجم نحو مركزه، ويتحوَّل إلى نجم نيوتروني أو ثقب أسود.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وهناك أمران يتسبَّبان في ذلك: إمَّا أن تكون كتلة النجم أكثر مِن 8 أضعاف كتلة شمسية حين ينتهي الاندماج النووي فيه فجأة بسبب نفاد الهيدروجين، وتتغلَّب قوة الجاذبية، فينهار النجم بتأثير الجاذبية بأن يلتقط قزم أبيض مادة إضافية مِن إحدى النجوم المجاورة إلى أن يصل إلى كتلة نجمية حرجة، فيخضع لانفجار نووي حراري.

يؤدي انفجار المستعر الهائل إلى قذف معظم أو كل المادة النجمية بسرعة تبلغ أكثر مِن 1% مِن سرعة الضوء، أي بسرعة 3000 كيلو مترًا في الثانية، وحين تحتكُّ هذه المادة بالغاز والغبار الكوني الواقع بين النجوم ترتفع حرارة الغبار إلى ما يزيد عن عشرة ملايين درجة، مِمَّا يتسبب في تكوُّن البلازما في المنطقة حول الانفجار، وهو ما يظهر كهالة ضخمة.

ربما واحد مِن أشهر بقايا المستعر الهائل حديثة العهد هو مستعر هائل N49 شكل رقم (17) الذي حدث في سحابة ماجلان الكبرى، والذي شوهد في عام 1987م، كذلك يمكن مشاهدة البقايا القديمة الناتجة عن المستعر الهائل (كيبلر) (م أ 1604) والمستعر (تايكو) (م أ 1572).

تمرُّ بقايا المستعر الهائل بعدة مراحل خلال الانفجار وبعده:

1- تنقذف المادة النجمية بسرعة هائلة تصل إلى 3000 كيلو مترًا في الثانية.

2- تسبِّب ارتفاعًا هائلًا في درجة الحرارة حول النجم ربما يصل إلى 10 ملايين درجة بسبب احتكاكها بالغبار الكوني والغاز الموجود بين النجوم.

3- بعد أن تبرد هذه المواد يتكوَّن ما هو أشبه بقوقعة حول موقع النجم القديم، وتكون مُكوَّنة مِن الغازات وبقايا مادة النجم، وتكون ذات كثافة عالية

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

نسبيًا، ولكنَّ الحرارة داخلها تكون مرتفعة قليلًا، حيث تصل إلى بضعة ملايين درجة.

شكل رقم(17) بقايا المستعر الهائل N49 في سحابة ماجلان الكبرى..
صورة مكوَّنة مِن عدة أطوال للموجة، أي إنَّ الألوان غير حقيقية.

(المصدر: wikimedia)

4- ثم تبدأ درجة الحرارة في الانخفاض داخل القوقعة، وتزيد كثافته، ويقل الضوء الصادر مِن القوقعة.

5- يتحول قلب النجم المنفجِر إلى نجم نيوتروني أو ثقب أسود، وتنتشر القوقعة، وتتفكَّك تدريجيًا، وتنطلق المادة سابحة في الفضاء.

تعتبَر بقايا المستعرات العظمى مصادر الأشعة الكونية المجرية.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الأقزام البيضاء: (White dwarf)

القزم الأبيض هو نوع مِن أنواع النجوم المعروفة في مجرتنا (مجرة درب التبانة أو الطريق اللبني) نظرًا لأنّه يصعب جدًا ملاحظته، وله حجم صغير في حدود حجم الكواكب؛ ولذلك أُطلِق عليه اسم قزم مقارنةً بأحجام النجوم، ولكنّ كثافته عالية تصل إلى مليون مرة قَدر كثافة الشمس، وألوانها ما بين اللون الأبيض والأصفر.

وتُعتبَر الأقزام البيضاء نجومًا تحتضر، وسطوحها ساخنة بدرجة غير اعتيادية بسبب انكفائها على نفسها تحت تأثير الجاذبية، وهي تفقد حرارتها رويدًا رويدًا عن طريق الإشعاع.

والأقزام البيضاء نجوم قليلة اللمعان في السماء، وبالرغم مِن كونها داكنة وصغيرة الحجم كحجم كوكب الزهرة، فهي تحوي كثافة مادية عالية جدًا، وهذه المادة في داخل القزم الأبيض مكدّسة بشكل مضغوط؛ حيث تكون كثافة السنتيمتر المكعب ما بين طن إلى عشرة أطنان مِن المادة تقريبًا، ولا تولد الطاقة النووية بداخلها، ولكنّها تشعُّ بقايا الطاقة الحرارية المخزونة فيها؛ إذ إنّها تبدأ بنجم متوسط الحجم كشمسنا، وتنتهي حياته في هيئة القزم الأبيض، فيكون النجم قد استنفد معظم الهيدروجين فيه، ويتوقّف الاندماج النووي فينكفئ على نفسه، وتتكدّس كل كتلته في قلبه الذي يصبح شديد الكثافة.

يصل قُطر النجم القزم الأبيض عدة آلاف الكيلو مترات فقط إلى عشرة آلاف كيلو مترًا، أي إنّ حجمها يقرب مِن حجم الأرض، وتبلغ درجة حرارة سطحها في البداية مِن 10000 إلى 100.000 درجة، ممّا يجعلها تبدو ذات ضوء أبيض، ثم يبدأ القزم الأبيض يفقد حرارته بسبب قلّة التفاعلات

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الداخلية فيه وقلّة وقوده النووي، فيبرد ويصبح بعد مليارات السنين قزمًا أسود، ويبيّن الشكل رقم(18) مقارنة لحجم القزم الأبيض والشمس ونجم تصنيف A.

تتكوَّن معظم الأقزام البيضاء مِن عنصرَي الكربون والأكسجين التي تكون قد تكوَّنَت أثناء الاندماج النووي فيه لنويات الهيليوم بعد أن استنفد وقوده النووي مِن الهيدروجين.

وهو ينتج مِن بقايا النجوم المتوسطة والصغيرة، وتحدث عندما ينتهي عمر النجم بفناء الهيدروجين بداخله، ولا تكفي كتلة النجم لتحقيق شروط تفاعل الهليوم والذي يتطلب درجة حرارة تصل إلى مليون درجة، وفي هذه الحالة ينطفئ القلب، ويشتّت الغلاف الخارجي وبعض الطبقات الوسطى، ويتبقَّى قلبٌ صغيرٌ ساخنٌ يبرد تدريجيًا عبر ملايين السنين.

السؤال الذي قد يتبادر إلى ذهن القارئ هو لماذا لا يتحول هذا القزم الأبيض تحت تأثير الجاذبية إلى ثقب أسود طالما أنَّ قوة الدفع إلى الخارج تتلاشى نتيجة عدم وجود تفاعل؟

وتثبت النماذج الرياضية لدراسة الثقوب السوداء أنَّ المادة في درجات الحرارة العالية تكون في شكل جُسيمات أوَّلية مثل الإلكترونات والبروتونات والنيوترونات، وهذه الجسيمات وخاصة المشحونة منها سوف تتنافر، كما أنَّها طِبقًا لقوانين الفيزياء (قانون باولي) لا يمكنها أن تتشارك في نفس مستويات الطاقة بعكس الفوتونات؛ ولذا فإنَّ الأمر يتطلَّب كتلة كبيرة جدًا حتَّى تتغلَّب الجاذبية على كل هذه القُوَى، وتؤدِّي في النهاية إلى انصهار جميع الجزيئات مكوِّنة حالة غير معروفة للمادة وهي التي تشكِّل نواة الثقب الأسوَد كما سوف يتَّضِح فيما بعد.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ومِن العجيب أنَّ قُطر القزم الأبيض يعتمد على كتلة الإلكترون، أي إنَّ أحد المقاييس الكونية متعلِّق بأحد المقاييس الذرية أو تحت الذرية مباشرة.

كذلك يعتمد التوازن في النجوم النيوترونية على سريان مبدأ استبعاد باولي، والذي فيه تشغل النيوترونات مستويات الطاقة في النجم بدلًا عن الإلكترونات في القزم الأبيض، حيث تمتص البروتونات الإلكترونات، وينتج عنها نيوترونات هي بمفردها مكوّنات النجم النيوتروني.

القزم الأبيض والنسبية العامة:

ونظرًا لكثافة الأقزام البيضاء العالية (1طن سنتيمتر مكعب) فيُعتبَر إحدى الكُتل الضخمة التي تؤثر في هيئة نسيج الزمكان حولها، ويمكن أن تطبَّق عليه النظرية النسبية العامة، فهو يُبدي ظاهرة انزياح أحمر تجاذبي في مجال جاذبيَّته، وقد تمَّ رصد ذلك عمليًا في خمسينيات القرن العشرين.

ويتطلَّع العلماء بأمل كبير في العثور على نجم مزدوج مِن الأقزام البيضاء، حيث تنتج عنهما موجات جاذبية لَم تشاهَد بعد، ولكن يبذل العلماء جهودًا لمشاهدتها عمليًا؛ ولهذا قرَّرَت إنجلترا وألمانيا توحيد الجهود، والعمل على تنفيذ بناء مرصد بالأقمار الصناعية يسمَّى ليزا (LISA Laser Interferometer Space Antenna) لتحسُّس موجات الجاذبية وإثبات تواجدها، حيث تنبَّأ بها أينشتاين في النظرية النسبية العامة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

شكل رقم(18) مقارنة بين أحجام القزم الأبيض بيجازي B(في الوسط) والشمس (إلى اليمين)، والنجم بيجازي A، وتبلغ درجة حرارة سطح بيجازي B نحو 35.500 درجة، بينما تصل درجة حرارة سطح الشمس 6.500 درجة فقط.

(المصدر: Wikimedia)

النجوم متغيرة اللمعان:

هذه النجوم شوهِدَت بشكل غير مستقر، فتارةً يزيد حجمها ويقلُّ لمعانها، وتارةً أخرى يحدث العكس، ومِن أمثلتها بولاريس وميرا، وهي تنتمي للعملاق الأحمر، وهي غير النجوم النابضة النيوترونية.

النجم النيوتروني (النابض):

النجم النيوتروني هو جرم سماوي ذو قُطر متوسط يقدَّر بنحو 20 كم،

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وكتلته تتراوح ما بين 1,44 و3 كتل شمسية، وهو نوع مِن البقايا ينتج عن الانهيار الجاذبي لنجم ضخم في مستعر هائل مِن نوع:(II) أو(Ib)أو(Ic).

يتكوَّن هذا النجم بشكل خاص مِن مادة مكوَّنة مِن النيترونات، وكثافته كبيرة، فقد تصل إلى أكثر مِن }\100{2}1{}^10 displaystyleبليون كيلو جرامًا في السنتيمتر المكعب في مركزه، أي إنَّ سنتيمترًا مكعَّبًا مِن هذه المادة يعادل كيلو مترًا مكعَّبًا مِن الجليد.

والنجم النيوتروني يتمتع بخصائص أخرى غير كثافته الكبيرة، مثل الحقل المغناطيسي المحيط به، ودرجة حرارته العالية.

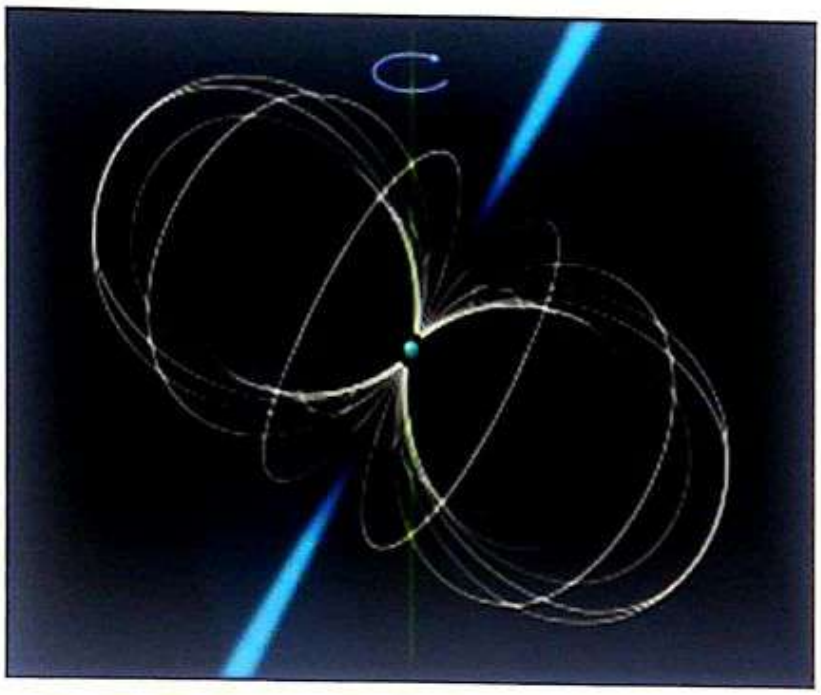
النجوم النيوترونية هي أصغر وأكثر أنواع النجوم المعروفة كثافةً كما في الشكل التوضيحي رقم(19).

• بعد نفاد الوقود الذَّري في النجم (وهو عنصر الهيدروجين) تتغلَّب قُوَى الجذب في النجم على قُوَى التشتُّت، وتنقلب مناطقه الغازية الخارجية لتصبَّ في الداخل، وتزيد كثافة النجم شيئًا فشيئًا بتزايد انكماش الذرَّات داخله تحت تأثير الجاذبية، وإذا كانت كتلة أكبر مِن حدٍّ معيَّن يقدِّره الفلكيُّون بثلاثة أضعاف كتلة الشمس يظلُّ انكماش الذرات داخله مع فقدانه المتزايد للحرارة، حتى يأتي الوقت الذي تبتلع فيه نوى الذرات الإلكترونات المحيطة بها، وشيئًا فشيئًا يُصبح النجم عبارة عن نواة واحدة عظيمة الكبر، وبامتصاص البروتونات للإلكترونات تتحوَّل بالتفاعل النووي إلى نيوترونات، وتصبح كل تلك المادة الغريبة للنجم مادة النيوترونات؛ ولهذا يُسمَّى النجم النيوتروني.

• يحدث هذا التحوُّل للنجوم، حيث تنقلب إلى نجوم نيوترونية عندما

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تكون كتلتها في الحدود بين 1.44 و3 كُتَل شمسية، أمَّا إذا كانت كتلة النجم أكبر مِن هذا الحدّ فإنَّ النجم يتحوَّل في آخِر عمره إلى ثقب أسود.



شكل رقم (19) رسم توضيحي لنبَّاض، ويعتقد وجود نجم نيوتروني في وسطه كما تبين خطوط المجال المغناطيسي ونفاثاتي إطلاق الطاقة في هيئة مخروطَين ضيِّقَين.

(المصدر: wikipedia)

في عام 1932 اكتشف السير جيمس شادويك James Chadwick النيترون كجسيم صغير مِن مكوِّنات الذرة؛ 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 النيوترونية.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وفي العام 1933 بحث فالتر بادي وفريتز زفيكي النجوم النيوترونية، ووصفوها بشكل نظري على أساس نظرية ولادة النجوم على أنها الشكل النهائي لتطوُّر النجم.

عن طريق معلوماتنا عن خواص الجسيمات المشتركة في تكوين النجم النيوتروني التي نعرفها مِن علم الجسيمات الأولية، فيمكن تقسيم باطن نجم نيوتروني قُطره 20 كيلو مترًا إلى الطبقات الآتية:

يبلغ الضغط على سطحه صفر، وحيث إنَّ النيوترونات الحرة غير مستقرة فيوجد على السطح نويات الحديد وإلكترونات، وتكون تلك النويات في العادة بلورات إلا إنَّه نظرًا لقُوَى الجاذبية البالغة الكبر فهي تمنع تكون بلورات ترتفع فوق السطح أكثر مِن عدة مليمترات، وإذا فُرِضَ وكان على السطح جو مِن البلازما الساخنة فلن يزيد سُمكها عن عدة سنتيمترات.

ويقدَّر سُمك الطبقة المكوَّنة مِن بلورات نويات الحديد نحو 10 أمتار تحت السطح، وتتزايد متوسط كثافة البلورات إلى نحو ألف ضعف مِن كثافة النويات نفسها مع زيادة العمق عند عمق 10أمتار، كما تتزايد نسبة النيوترونات في النويات، وتتكوَّن نويات حديد غنية بالنيوترونات، وتكون مستقرَّة في تلك الظروف المحيطة متناهية الصعوبة.

وعلى عمق 10 أمتار يكون الضغط عاليًا جدًّا بحيث تتواجد نيوترونات حرة، ومِن هنا تبدأ طبقة وسطية قد تصل إلى 1 أو 2 كيلو مترًا تتكوَّن مِن نويات الحديد المتبلورة بجانب سائل مِن النيوترونات، وفيها تتناقص نسبة الحديد مِن 100% إلى 0 %، بينما تتزايد نسبة النيوترونات، كما يرتفع متوسط الكثافة إلى أن تصل إلى كثافة نويات الذرة، وقد تزيد عنها.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

يلي الطبقة المتوسطة مِن النجم النيوتروني طبقة مكوَّنة مِن نيوترونات وقليل مِن البروتونات والإلكترونات في حالة توازن حراري، وبحسب درجة الحرارة فإذا كانت منخفضة نسبيًا فيمكن للنيوترونات أن تكون في حالة ميوعة فائقة، وأن تكون البروتونات فائقة التوصيل.

ويتميز النجم النيوتروني بدرجة حرارة حرجة عند درجة 10^{11} درجة، أي أن النجم النيوتروني يصل إلى حالة الميوعة الفائقة خلال فترة وجيزة مِن بعد تكوُّنه، وفي أعماق أكبر حيث ترتفع الكثافة إلى ثلاثة أضعاف كثافة النواة الذرية ولا نعرف صفات تلك الحالة الغريبة تمامًا عمَّا نعهده، حتى إنَّ تمثيلها في معجل جسيمات لدراستها ليس ممكنًا.

وقد تتكوَّن على ذلك العمق منطقة مركزية مِن بيونات أو كايونات، وبما إنَّ تلك الجسيمات مِن نوع البوزونات (مشابِهة للفوتونات)، ولا تتبع مبدأ استبعاد باولي، فإنَّهم جميعًا يمكن أن يشغلوا نفس مستوى الطاقة الكمومي المنخفض وتكوين تكاثف بوز - أينشتاين، وعندئذ قد لا تستطيع تحمُّل الضغط الكبير جدًا الواقع عليها، بحيث قد يعتريها انهيار وتقلُّص ثانٍ، وتصبح ثقبًا أسوَدَ.

وقد تتكوَّن بطريقة أخرى، وهي تكوّن كواركات حرة، ويُسمَّى نجم كواركات، ومادة كتلك قد يمكنها أن تقاوم وتستقر رغم وجود الجاذبية؛ وحيث إنَّ نجم كواركات يكون أكثر كثافة وبذلك يكون أصغر، فمِن المفروض أن يكون دوران نجم الكواركات حول محوره أسرع مِن النجم النيوتروني.

ونجد بعض النجوم المرصودة في هيئة النابض لها دورات حول محورها أقل مِن 1.4 مللي ثانية إلى 30 ثانية، وقد يكون النابض علامة على وجود

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تلك المادة الغريبة بسبب انضغاطية النجم النيوتروني، فإنَّ جاذبية سطحها قد تفوق جاذبية الأرض نحو مائة ألف مليون مرة.

وقد شوهد لأربعة مِن النابضات ارتفاع مفاجئ في تردُّد الدوران، ويتبعه فترة ينخفض فيها تردُّد الدوران، فقد يكون ذلك ناتجًا عن زلزال الطبقة الحديدية العليا في النجم النيوتروني والطبقة التي تحتها المكوَّنة مِن دوَّامات دوارة للسائل النيوتروني ذي الميوعة الفائقة.

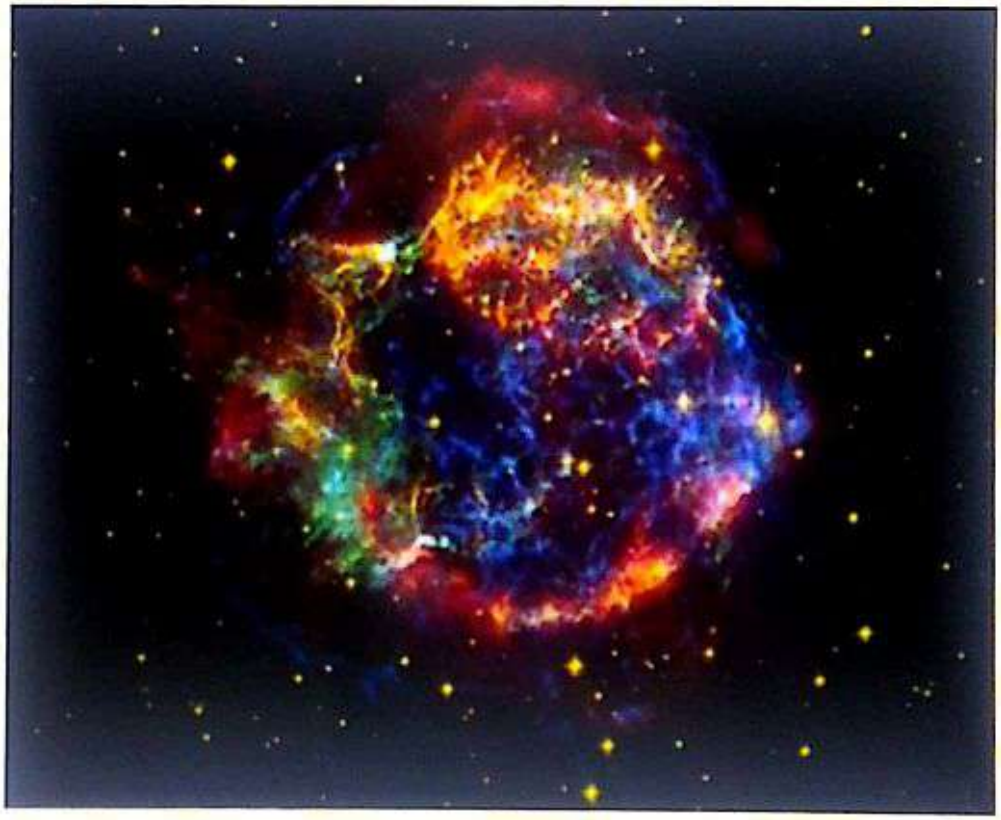
خواص النجوم النيوترونية الفيزيائية معقَّدة وغير مفهومةٍ بشكلٍ كافٍ، لكن مِن الممكن أن توفِّر موجات الجاذبية معلومات فريدة مِن نوعِها، كمِثال: تميلُ الجاذبية العالية جدًا على أسطح النجوم النيوترونية بجعلها كروية الشكل على نحوٍ مثالي، لكنَّ بعض الباحثين قد قاموا بوضع نظرية تفيدُ بأنَّه مِن الممكن وجود نتوءات والتي يبلغ ارتفاعها على أقصى تقدير بعض المليمترات والتي تكون السبب في جعل هذه الأجسام تبلغ عشرة كيلو مترات في قُطرها، وذلِك غير متماثِل قليلًا.

في العادة تدور النجوم النيوترونية بسرعة عاليةٍ جدًا؛ لذلك يشوّه التوزيع غير المتماثل لكتلة الزمكان، وينتج إشارة موجة جاذبية مستمرة على شكل موجة جيب الزاوية(sine)، والتي تبعث وتُشعُّ الطاقة، وتُبطئ مِن سرعة دوران النجم. أزواج النجوم النيوترونية التي تكون في مسار حول بعضها البعض تقوم أيضًا بإنتاج إشارةٍ مستمرة، كما يحدث في الثقوب السوداء، فتقوم هذه النجوم بالدوران بشكلٍ حلزوني حول بعضها البعض إلى أن تتداخل في النهاية محدِثةً في بعض الأحيان صوتًا قويًا مسموعًا، لكنَّ لحظاتها الأخيرة تختلفُ بشكلٍ كبير عن مثيلاتها في الثقوب السوداء.

ويظهر الشكل رقم (20) نجمًا نيوترونيًا يُصدِر أشعة إكس في وسط

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مستعر هائل يُسمَّى (ذات الكرسي Cassiopeia A)، ويقع هذا المستعر الهائل في مجرتنا على مسافة 11000 سنة ضوئية، والأشعَّة الصادرة منه حمراء خافتة ولكن له إشعاع راديوي قويٌ جدًا؛ ولذلك أمكن ملاحظته بالتلسكوبات الراديوية الموجودة بالمحطات الفضائية، كما بيَّنت تلسكوبات أشعة إكس أنَّ هناك نقطة في وسطه تشعُّ أشعة إكس بغزارة، ممَّا يشير إلى كونها نجمًا نيوترونيًا.



شكل رقم (20) مستعر هائل ذات الكرسي (أ) في وسطه نجم نيوتروني يُصدر أشعة إكس.

(المصدر: wikipedia)

الثقب الأسود: (Black hole)

الثقب الأسود هو منطقة موجودة في الزمكان(الفضاء بأبعاده الأربعة،

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وهي الأبعاد الثلاثة بالإضافة إلى الزمن) تتميز بجاذبية قوية جدًا بحيث لا يمكن لأي شيء – ولا حتَّى الجسيمات أو موجات الإشعاع الكهرومغناطيسي مثل الضوء – الإفلات منها.

تنبَّأتِ النظرية النسبية العامة بأنَّه يمكن لكتلة مضغوطة بقدر معيَّن أن تشوِّه الزمكان لتشكيل الثقب الأسود.

يُطلَق على حدود المنطقة التي لا يُمكن الهروب منها اسم أفق الحدث، وذلك يعني أن تفصل بين داخل الثقب وخارجه، فلا أحد يمكنه أن يعلم ما يحدث داخل هذا النطاق، ولا أحد – على فرض وجوده – داخل هذا النطاق يمكن أن يعلم شيئًا عمَّا هو موجود خارجه.

ممَّا سبق يتبيَّن أنَّ السمة المميزة للثقب الأسود هي ظهور أفق الحدث، وهو الحدود ضمن الزمكان والتي مِن خلالها يمكن للمادة والضوء المرور فقط إلى الداخل نحو كتلة الثقب الأسود، ولا شيء ولا حتَّى الضوء يمكنه الإفلات مِن داخل أفق الحدث.

يشار إلى استعمال عبارة "أفق الحدث" على هذا النحو؛ لأنَّه وفي حالة حدوث حدث ما داخل حدوده، فإنَّه مِن المستحيل للمعلومات الناتجة عن هذا الحدث أن تصل إلى مراقب خارج تلك الحدود، ممَّا يجعل مِن المستحيل التعرُّف على حدوث حدث مِن ذاك القبيل.

وعلى الرغم مِن أنَّ عبور حدود أفق الحدث له تأثيرات هائلة على مصير وظروف أي جسم يعبُره، إلا إنَّه لا تظهر أي خصائص يُمكن ملاحظتها لهذه المنطقة.

يعمل الثقب الأسود بصفته جسمًا أسود مثاليًا؛ لأنَّه لا يعكس أي ضوء.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

علاوة على ذلك تتنبأ نظرية المجال الكمّي في الزمكان المنحنِي بانبعاث إشعاع هوكينج آفاق الحدث بنفس الطيف الذي يتَّسم به الجسم الأسود لدرجة حرارة تتناسب عكسيًا مع كتلته، درجة الحرارة هذه في حدود جزء مِن مليار مِن الدرجة للثقوب السوداء مِن الكتلة النجمية، ممَّا يعني استحالة ملاحظتها.

أبسط الثقوب السوداء هي الساكنة، وهي ثقوب بكتلة، ولكنَّها لا تحمل شحنة كهربائية، ولا يدور الثقب حول نفسه، وغالبًا ما يشار إلى هذه الثقوب السوداء بِاسم ثقوب شوارزشيلد السوداء، وذلك تقديرًا لكارل شوارزشيلد الذي اكتشف هذا الحلَّ الرياضي عام 1916.

وفقًا لنظرية بيرخوف، فذلك هو الحلُّ الفراغي الوحيد المتناظر كرويًا، وهذا يعني أنَّه لا يوجد فرق ملحوظ بين مجال الجاذبية لهذا الثقب الأسود وأي مجال كروي آخر يحمل نفس الكتلة، وبالتالي فإنَّ الفكرة الشائعة عن امتصاص الثقب الأسود لكل شيء هي فقط صحيحة ضمن محيط الثقب الأسود بالقرب مِن أفقه، أمَّا بعيدًا.. فإنَّ حقل الجاذبية الخارجي مطابق لحقل أي جسمٍ آخَر له نفس الكتلة.

تاريخها:

في القرن الثامن عشر أشار كلٌّ مِن جون ميشيل، وبيير سيمون لابلاس إلى وجود أجسام تمتلك حقول جاذبية قوية بحيث لا يمكن للضوء أو أيّ شيء ماديٌ أن يهرب منها.

اقترح الفلكي ورجل الدين الإنجليزي جون ميشيل تصوُّره لوجود جسم ضخم جدًا لدرجة أنَّه لا يسمح للضوء بأن يفلت منه، وذلك في بحث نشرَه

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

في نوفمبر 1784.

افترضَت حسابات ميشيل أنَّ مثل هذا الجسم قد يملك نفس كثافة الشمس، وخَلُص إلى أنَّ مثل هذا الجسم سوف يتشكَّل عندما يتجاوز قُطر النجم قطر الشمس بـ 500 مرة، محتسبًا أنَّ سرعة الهروب مِن سطحه ستتجاوز سرعة الضوء المعتادة.

أشار ميشيل إلى أنَّه يمكن اكتشاف هذه الأجسام فائقة الحجم ولكن غير المرئية مِن خلال آثارها الجاذبية على الأجسام المرئية القريبة.

كان الباحثون في ذلك الوقت متحمِّسين للاقتراح القائل بأنَّ هنالك نجومًا عملاقة ولكن غير مرئية أمام أنظارهم، ولكنَّ ذلك الحماس تضاءل عندما أصبحَتِ الطبيعة الموجية للضوء معروفة في أوائل القرن التاسع عشر، فأصبح الطرح وقتها أنَّ الضوء عبارة عن موجة وليس جُسَيمًا، وعليه فتأثير الجاذبية على الموجات لن يقاس بنفس أسلوب القياس المتَّبع على الجُسيمات، هذا إن وُجد تأثير للجاذبية على الأمواج الضوئية.

النسبية الحديثة خطَّأت تصوُّر ميشيل لإمكانية انطلاق شعاع ضوئي مرتفعًا مِن سطح نجم ضخم، ويبدأ بالتباطؤ بسبب جاذبية النجم، ويتوقف بعدها، ثم يسقط مرة أخرى على سطح النجم وكأنَّه كرة.

استخدم جون ميشيل مصطلح (النجم المظلم)، وفي أوائل القرن العشرين استخدم الفيزيائيون مصطلح (الجسم المنهار بتأثير الجاذبية).

تتبَّعَت كاتبة العلوم مارسيا بارتوسياك مصطلح (الثقب الأسود) للفيزيائي روبرت هـ. ديكي، الذي قيل إنَّه قارَن في أوائل الستينيات مِن القرن الماضي هذه الظاهرة بالثقب الأسود في كلكتا، وهو سجن مشهور يدخله الناس

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أحياءً، ويخرجون منه أمواتًا.

عثر كارل شوارزشيلد على أول حلٍّ رياضي حديث للنسبية العامة التي تُميِّز الثقب الأسود في عام 1916، إلا إنَّ تفسير الحل الرياضي نشره لأول مرة ديفيد فينكلشتاين في عام 1958.

ظلَّت الثقوب السوداء مجرَّد خيال وفضول لدى علماء الرياضيات لفترة طويلة، لكن خلال ستينيات القرن العشرين أظهرَ العمل النظري أنَّ نظرية النسبية العامة تتنبأ بالثقوب السوداء.

ثم أثار اكتشاف نجوم نيوترونية بواسطة جوسلين بيل بورنيل في عام 1967 الاهتمام بالأجسام المدمجة المنهارة بالجاذبية بصفتها حقيقة فيزيائية فلكية ممكنة، وقد أُعلِن اكتشاف أول ثقب أسوَد وتصويره عام 2019، وتبدو صورته في الشكل رقم(21).

وقد تمَّ استخدام مصطلح (الثقب الأسوَد) في المجلات ضِمن مجلَّتي الحياة وأخبار العلوم عام 1963، وأيضًا استعملَتها الصحافية آن يوينغ في مقالها «الثقوب السوداء في الفضاء» بتاريخ 18 يناير عام 1964، حيث كتبَت تقريرًا عن اجتماع للرابطة الأمريكية لتقدُّم العلوم في كليفلاند - أوهايو.

يُقال إنَّ أحد الطلاب أثناء محاضرة لجون ويلر في ديسمبر 1967 اقترحَ عبارة «الثقب الأسود»، ثم تبنَّى ويلر المصطلح وسرعان ما انتشر استعماله، ممَّا دفع البعض إلى إعطاء الفضل لويلر على صياغة العبارة.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

شكل رقم(21) الثقب الأسود الفائق داخل نواة المجرة الإهليلجية العملاقة مسييه 87 التابعة لكوكبة العذراء.

(المصدر: wikipedia)

تعدُّ هذه الصورة أول صورة حقيقية لثقب أسود، وتعود لشبكة تلسكوبات أفق الحدث، وتظهر فيها بقعة مظلمة أمام حلقة تضيء بشكل خافت، وعُرِضَت لأول مرة خلال ستة مؤتمرات صحفية متزامنة تمَّت في العاشر مِن إبريل عام 2019.

الخصائص الفيزيائية:

عندما يسقط جسم في ثقب أسود يتمُّ توزيع المعلومات المرتبطة بشكله أو توزيع الشحنة عليه بالتساوي على طول أفق الثقب الأسود، ويتمُّ فقد أثرها مِن قِبَل أي مراقب مِن الخارج.

إنَّ سلوك الأفق في هذه الحالة يمكن تفسيره على أنَّه نظام تبديد بسلوك يشابه إلى حدٍّ بعيد سلوك غشاء قابل للتمدُّد له مقاومة لكلٍّ مِن الاحتكاك والتوصيل الكهربائي.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

نموذج الغشاء هذا يختلف عن نظريات المجال الأخرى، مثل الكهرو مغناطيسية التي لا تحتوي على أي احتكاك أو مقاومة على المستوى المجهري؛ لأنّها قابلة للانعكاس ضمن الوقت.

ونظرًا لأنّ الثقب الأسود يصل في النهاية إلى حالة مستقرة مع ثلاث خصائص فقط، فهذا يعني أنّه لا توجد طريقة لتجنُّب فقدان المعلومات التي وصلَته.

تُوفِّر حقول الجاذبية والكهرباء في الثقب الأسود معلومات قليلة جدًا عن الأجسام التي تعبر إلى الداخل، وتتضمَّن المعلومات المفقودة كل كمية لا يمكن قياسها بعيدًا عن أفق الثقب الأسوَد.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

تصنيف الثقوب السوداء		
صنف	الكتلة التقديرية بالنسبة لكتلة الشمس	نصف القطر التقديري
ثقب أسود عملاق	10^{5} - 10^{10}	0.2 – 60000 مليون كم
ثقب أسود متوسط الكتلة	10^{3}	10^{3} كم
ثقب أسود نجمي	10	30 كم
الثقب الأسود الصغير	حتى كتلة القمر	حتى 0.1 مم

بالنسبة للمراقب البعيد ستظهر نبضات الساعات القريبة مِن الثقب الأسود أكثر بطئًا مِن الساعات البعيدة عن الثقب الأسود، ونتيجة لهذا التأثير والمعروف بِاسم تمدُّد وقت الجاذبية، سيبدو أنَّ الجسم الذي يسقط في ثقب

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أسود يتباطأ كلّما اقترب مِن أفق الحدث، وسيستغرق وقتًا لا نهائي للوصول إليه.

في الوقت نفسه، تتباطأ جميع العمليات على هذا الجسم مِن وجهة نظر مراقب خارجي ثابت، ممّا يؤدّي إلى ظهور أي ضوء منبعِث مِن الجسم بشكل أغمق وأكثر احمرارًا، وهو تأثير يُعرَف بِاسم الانزياح نحو الأحمر التثاقلي.

في النهاية يتلاشى الجسم الساقط حتّى لا يعد بالإمكان رؤيته، وعادةً ما تحدث هذه العملية بسرعة كبيرة عند اختفاء الجسم وخلال أقل مِن ثانية.

مِن ناحية أخرى لا يلاحظ المراقب – إذا افترَضنا أنّه غير قابل للتدمير – أثناء عبوره لأفق الحدث إلى داخل الثقب الأسوَد أيًّا مِن هذه الآثار، فوفقًا لساعاته الخاصة والتي تبدو له أنّها تعمل بشكل طبيعي، هو سيعبر أفق الحدث بعد فترة زمنية محدودة دون ملاحظة إلى أي معالم دالّة على وجود تفرُّد في النسبية العامة الكلاسيكية، ومِن المستحيل تحديد موقع أفق الحدث اعتمادًا على الملاحظات المحلية، بسبب مبدأ التكافؤ لأينشتاين.

شكل أفق الحدث حول الثقب الأسود قريب جدًا مِن الكروية، بالنسبة للثقوب السوداء التي لا تدور(الثابتة) يكون أفق الحدث كرويًا تمامًا، بينما بالنسبة لأفق الثقوب السوداء التي تدور يكون أفق الحدث ملتزمًا بالشكل الكروي.

في وسط الثقب الأسود كما هو مطروح في النسبية العامة تكون قوة الجاذبية هي الملك المسيطِر، ولا يمكن لنا تخيُّلها، وتُسمَّى منطقة تفرُّد أو نقطة متفردة (singularity)، وهي المنطقة التي يصبح ضمنها انحناء الزمكان لا نهائي.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

بالنسبة للثقب الأسود غير الدوراني، تتَّخذ هذه المنطقة شكل نقطة واحدة، أمَّا بالنسبة لثقب أسوَد دوار فيتمُّ تشويه المنطقة لتشكل تفرُّد حلقي يقع في مستوى الدوران، وفي كلتا الحالتين سيكون لمنطقة التفرُّد حجم صفري.

يمكن أيضًا إثبات أنَّ منطقة التفرُّد تحتوي على كامل كتلة الثقب الأسود، وبالتالي يمكن اعتبار منطقة التفرُّد مجرَّد نقطة لكنَّها ذات كثافة لا حصر لها.

لا يمكن للمراقب الذي يسقط في ثقب أسود أن يتجنَّب وصوله إلى نقطة التفرد بمجرد عبوره لأفق الحدث، يمكنه إطالة وجوده مِن خلال تسارعه بعيدًا عن نقطة التفرد لإبطاء سرعة نزوله، ولكن فقط إلى حدٍّ معيَّن، وعندما يصل إلى نقطة التفرد سيتمُّ سحقه إلى كثافة لا يمكن تخيُّلها، وتضاف كتلته إلى إجمالي كتلة الثقب الأسود، ولكن قبل أن يحدث ذلك سيكون جسمه قد تمزَّق بسبب قُوَى المدّ والجزر المتنامية في عملية يشار إليها بِاسم تأثير المكرونة.

التكوين والتطور

نشأتها:

يُعتقَد أنَّ الثقوب السوداء ذات الكتلة النجمية تتشكَّل عند انهيار النجوم الضخمة جدًا في نهاية دورة حياتها، وبعد أن يتشكل الثقب الأسود يمكن أن يستمر في النمو عن طريق امتصاص الكتلة مِن محيطه، وذلك عن طريق امتصاص النجوم الأخرى والاندماج مع الثقوب السوداء الأخرى، الأمر الذي قد يؤدِّي إلى تشكُّل الثقوب السوداء الهائلة والتي تحمل كتلة تعادِل ملايين الكُتَل الشمسية.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

هناك إجماع عام على وجود ثقوب سوداء هائلة في مراكز معظم المجرات كما تنبَّأتِ النسبية العامة، فإنَّ وجود جسم بكتلة يُحدِث تشوُّهًا بالزمكان بحيث تنحرف المسارات التي تتَّخذها الجزيئات نحو الكتلة، وفي أفق الحدث لثقب أسود يصبح هذا التشوُّه قويًا جدًا بحيث تؤدي جميع المسارات إلى الثقب الأسود بحيث لا يمكن الابتعاد عن مركز الثقب الأسود.

الانهيار الجاذبي:

كما ذَكَرنا آنفًا يتحوَّل النجم الكبير (المعتمِد على الهيدروجين) إلى عملاق ضخم أحمر (يعتمد على الهليوم والكربون وتفاعلات أخرى تنتهي بالحديد)، عندئذٍ يحدُث انهيار الجاذبية عندما يكون الضغط إلى الخارج داخل النجم.

الناتج مِن الحرارة الشديدة المتولِّدة نتيجة التفاعل النووي غير كافٍ لمقاومة جاذبية مكوِّناته، ويحدث هذا للنجوم عادة إمَّا لأنَّ النجم لديه القليل مِن الوقود المتبقِّي للحفاظ على درجة حرارته مِن خلال الاندماج النووي النجمي، أو لأنَّ النجم الذي كان مستقرًا تلقَّى مادة إضافية بطريقة لَم ترفع درجة حرارته الأساسية.

في كلتا الحالتين لا تُعتبَر درجة حرارة النجم مرتفعة بما فيه الكفاية لمنعه مِن الانهيار تحت تأثير كتلته.

يعتمد الشكل النهائي على كتلة بقايا النجم الأصلية التي بقيَت بعد أن تمَّ تفجير الطبقات الخارجية.

مثل هذه الانفجارات والنبضات تؤدي إلى تكوين السديم الكوكبي، وهذه الكتلة يمكن أن تكون أقل بكثير مِن النجم الأصلي.

البقايا التي تتجاوز 5 أضعاف كتلة الشمس تَنتج مِن النجوم التي كانت

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أضخم مِن 20 ضعف كتلة الشمس قبل حدوث الانهيار، ولن يكون هناك ضغط، فتنكُس النيوترونات كافٍ لوقف الانهيار، وسيؤدّي انهيار النجم لتشكيل حتمي لثقب أسود.

قد يكون تكوين النجوم في بداية الكون قد أدّى إلى نجوم ضخمة للغاية، والتي عند انهيارها كانت تنتج ثقوبًا سوداء تصل إلى ألف ضعف كتلة الشم، ويمكن أن تكون هذه الثقوب السوداء هي ما شكّلَتِ الثقوب السوداء الهائلة الموجودة في مراكز معظم المجرّات.

كما قد أقتُرِح كذلك أنَّ الثقوب السوداء الهائلة ذات الكُتَل نحو 100 ألف ضعف كتلة الشمس يمكن أن تكون قد تكوَّنَت بسبب الانهيار المباشر لسحب الغاز بداية تكوُّن الكون.

معظم الطاقة المنبعثة خلال انهيار الجاذبية تنبعث بسرعة كبيرة، لكن المراقب الخارجي لا يرى فعليًا نهاية هذه العملية، فعلى الرغم مِن أنَّ الانهيار يستغرق وقتًا محدودًا مِن الإطار المرجعي للمواد المنهارة، فإنَّ المراقب البعيد سيرى أنَّ المادة المنهارة بطيئة، وتتوقَّف فوق أفق الحدث مباشرةً بسبب الإبطاء الزمني المكاني نتيجة انحناء الفراغ.

يستغرق ضوء المادة المنهارة وقتًا أطول للوصول إلى المراقب، والضوء الذي انبعث لحظة تشكُّل أفق الحدث سيأخذ وقتًا لا نهائيً ليصل، وبالتالي فإنَّ المراقب الخارجي لن يرى أبدًا لحظة تشكُّل أفق الحدث، وبدلًا مِن ذلك سيَبدو أنَّ المواد المنهارة أصبحَت أكثر خفوتًا، وتحوَّلَت بشكل متزايد إلى اللون الأحمر، ثم تلاشَت في النهاية.

الثقوب السوداء البدائية والانفجار الكبير:

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

يتطلَّب حدوث انهيار الجاذبية كثافة كبيرة جدًا، في العصر الحالي للكون توجد هذه الكثافة العالية فقط داخل النجوم، ولكن في الكون المبكر وبعد فترة وجيزة مِن الانفجار الكبير كانت الكثافات أكبر بكثير، ممَّا سمح بإحداث ثقوب سوداء.

الكثافة العالية وحدها لا تكفي للسماح بتكوين الثقب الأسود؛ لأنَّ توزيع الكتلة بشكل متوانٍ لَم يكن ليسمح للكتلة بالتجمُّع، ولكي تتشكَّل الثقوب السوداء البدائية في مثل هذا الوسط الكثيف كان يجب أن يكون هناك اضطرابات في الكثافة الأولية (أو نقط صغيرة أكثر كثافة مِن غيرها) يمكن لها أن تنمو بعد ذلك بواسطة الجاذبية.

تختلف النماذج المختلفة للكون المبكِّر اختلافًا كبيرًا في تنبُّؤاتها بحجم التقلُّبات، تتنبَّأ نماذج مختلفة بتكوين ثقوب سوداء بدائية تتراوح في الحجم مِن كتلة بلانك إلى مئات الآلاف مِن الكُتَل الشمسية.

على الرغم مِن أنَّ الكون في وقت مبكر كثيفًا للغاية – كثيف جدًا أكثر ممَّا هو مطلوب عادةً لتشكيل ثقب أسود – إلا إنَّه لَم يتحوَّل إلى ثقب أسود خلال الانفجار الكبير.

اصطدامات عالية الطاقة:

انهيار الجاذبية ليس هو العملية الوحيدة التي يمكن أن تخلق ثقوبًا سوداء، فمِن حيث المبدأ يمكن تشكيل الثقوب السوداء بسبب تصادمات عالية الطاقة تحقِّق كثافة كافية، وكان هذا هو الدافع لبناء المعجلات الضخمة مثل معجل الهادرونات الضخم في سويسرا لمحاولة توليد ثقوب سوداء متناهية الصغر مِن تصادم الجسيمات عالية الطاقة، ولكن منذ عام 2002 لَم يتمَّ الكشف

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

عن مثل هذه الأحداث سواء بشكل مباشر أو غير مباشر بسبب نقص في توازن الكتلة في تجارب معجل الجسيمات، وهذا مِن شأنه أن يجعل مِن فكرة تصنيع ثقوب سوداء غير محتمل على الكرة الأرضية أو بالقرب منها، ومع ذلك تشير بعض التطوُّرات في دراسات الجاذبية الكمية إلى إمكانية تكوين ثقوب سوداء دقيقة في تصادمات الطاقة العالية التي تحدث عندما تضرب الأشعة الكونية الغلاف الجوي للأرض، أو ربَّما ضمن مصادم الهادرون الكبير في سيرن.

هذه النظريات هي تخمينية للغاية، ونشوء الثقوب السوداء في العديد مِن هذه العمليات مستبعَد جدًّا حتَّى لو تمَّ تشكيل ثقوب سوداء صغيرة، فمِن المتوقَّع أن تتبخَّر لحظيًّا بدون أن تشكِّل أيَّ تهديد للأرض.

النمو:

بمجرَّد تشكيل ثقب أسود يمكن أن يستمرَّ في النمو عن طريق امتصاص مادة إضافية.

أي ثقب أسود سوف يقوم بامتصاص الغبار، والغبار بين النجوم مِن المناطق المحيطة به.

هذه هي العملية الأساسية التي مِن خلالها يبدو أنَّ الثقوب السوداء الهائلة قد نمَت إلى أحجامها الحالية.

تمَّ اقتراح عملية مماثلة لتكوين ثقوب سوداء متوسطة الكتلة تمَّ العثور عليها في بعض المجموعات الكروية.

يمكن أيضًا أن تندمج الثقوب السوداء مع أجسام أخرى مثل النجوم أو حتى الثقوب السوداء الأخرى، ويُعتقَد أنَّ هذا الأمر كان مهمًّا، لا سِيَّمَا في

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

مرحلة النمو المبكر للثقوب السوداء فائقة الكتلة والتي يمكن أن تتشكّل مِن تجميع العديد مِن الأجسام الأصغر، وقد اقترح أيضًا أنّ هذه العملية كانت سببًا لنشوء بعض الثقوب السوداء متوسطة الكتلة.

التبخُّر:

تساءَلَ الفيزيائي الإنجليزي ستيفن هوكينج عمّا إذا كانت الثقوب السوداء خالدة لا تفنَى؛ حيث كان المعتقَد أنّها تجذب إليها كل شيء، ولا تفقد شيئًا، ولكن بعد بحث نظري متعمّق في عام 1974 تنبأ هوكينج أنّ الثقوب السوداء ليست سوداء تمامًا، وإنّما ينبعث منها كمّيات صغيرة مِن الإشعاع الحراري، وأصبح هذا التأثير معروفًا بإشعاع هوكينج.

مِن خلال تطبيق نظرية المجال الكمومي على خلفية ثقب أسود ثابت، رأى هوكينج أنّ الثقب الأسود يجب أن يُصدِر جزيئات تعكس طيف جسم الأسود المثالي.

ومنذ نشر هوكينج لتنبؤاته تحقَّقَ الكثيرون الآخَرون مِن تلك النتائج، وذلك مِن خلال أساليب مختلفة، وإذا كانت نظرية هوكينج لإشعاع الثقب الأسود صحيحة، فهذا يعني أنّ الثقوب السوداء ستتقلَّص وتتبخَّر بمرور الوقت؛ لأنّها تفقد الكتلة بسبب انبعاث الفوتونات والجزيئات الأخرى.

تتناسب درجة حرارة هذا الطيف الحراري (درجة حرارة هوكينج) عكسيًا مع الكتلة، وبالتالي فإنّ الثقوب السوداء الكبيرة تنبعث منها إشعاعات أقلُّ مِن تلك المنبعثة مِن الثقوب السوداء الصغيرة.

إذا كان الثقب الأسود صغيرًا جدًا فمِن المتوقَّع أن يصبح تأثير الإشعاع قويًا جدًا.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

ثقب أسود بوزن يقارب وزن الإنسان سوف يتبخر في لحظة، فيبلغ قطر الثقب الأسود بكتلة السيارة نحو 10^{-24} مترًا، ويحتاج نانو ثانية ليتبخر، وخلال هذه الفترة سيكون له لمعان أكثر مِن 200 مرة مِن لمعان الشمس.

مِن المعتقَد أن تبخُّر الثقوب السوداء منخفضة الكتلة يحدث بشكل أسرع، كما أنَّ ثقبًا أسود بكتلة الشمس سوف يتبخر على مدى 10^{46} سنة، وثقبًا أسود هائل بكتلة 100 مليار ضعف كتلة الشمس سيتبخَّر في نحو 2×10^{100} سنة، ويتوقَّع لبعض الثقوب السوداء العملاقة في الكون أن تستمرَّ في النموّ حتَّى تصل إلى 10^{14} ضعف *كتلة الشمس*، وحتى هذه سوف تتبخَّر على مدى زمني يصل إلى 10 سنوات.

الأدلة الرصدية:

على الرغم مِن أنَّ محتواها غير مرئي، يمكن استنتاج وجود ثقب أسود مِن خلال تأثيرها على المواد الأخرى والإشعاع الكهرومغناطيسي مثل الضوء المرئي.

يمكن للمادة التي تسقط في الثقب الأسود أن تُشكِّل قرص تراكم خارجيًا يتمُّ تسخينه عن طريق الاحتكاك، ممَّا يؤدِّي إلى تشكيل بعضٍ مِن أشدّ الأجسام بريقًا في الكون.

إذا كان هناك نجوم أخرى تدور حول ثقب أسود، فيمكن استخدام كلٍّ مِن مَداراتها وكتلتها لتحديد كتلة الثقب الأسود وموقعه.

يمكن استخدام هذه الملاحظات لاستبعاد البدائل المحتمَلة مثل النجوم النيوترونية، وبهذه الطريقة تحقَّق علماء الفلك مِن العديد مِن حالات توقُّعات

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وجود الثقب الأسود النجمي ضمن الأنظمة الثنائية، وأثبتوا أنَّ مصدر الراديو المعروف بِاسم الرامي A في قلب مجرَّة درب التبانة يحتوي على ثقب أسود هائل يحمل كتلة تقارب 4.3 مليون كتلة شمسية.

لاحِظِ التشوُّهات الفراغية الناتجة مِن الثقب الأسود كما يبيِّنها الشكل التوضيحي رقم(22).

في 11 فبراير 2016 أعلن تحالف مرصد ليجو عن أول اكتشاف مباشر لموجات الجاذبية والتي تعكس فكرة العثور على لحظة اندماج الثقوب السوداء.

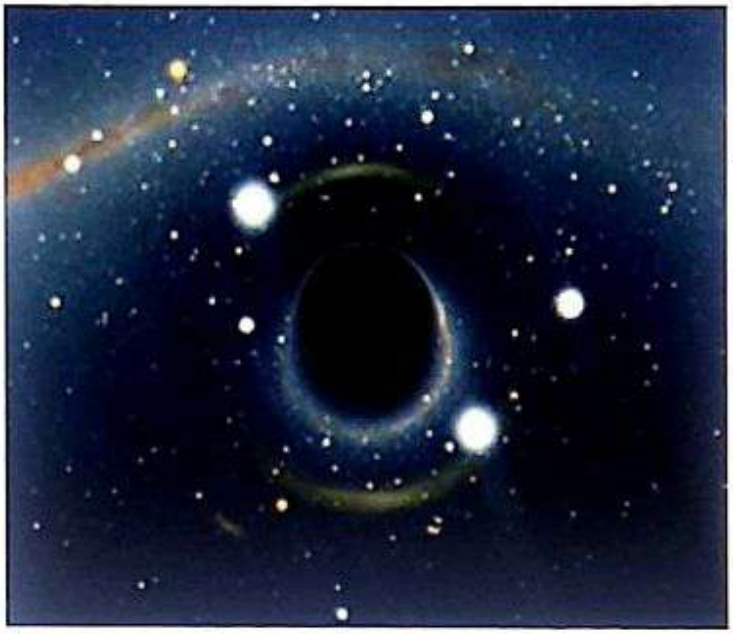
اعتبارًا مِن ديسمبر 2018 عُثِر على إحدى عشرة موجة مِن موجات الجاذبية التي نشأت مِن اندماج عشرة ثقوب سوداء وموجة جاذبية واحدة ناتجة عن اندماج نجم نيوتروني ثنائي.

في 10 إبريل 2019 تمَّ نشر أول صورة على الإطلاق لثقب أسوَد وما بجواره، وذلك في أعقاب القراءات التي حصل عليها تلسكوب أفق الحدث في عام 2017 والمتعلقة بالثقب الأسود الهائل في مركز المجرة (مسييه).

بحكم طبيعتها لا ينبعث مِن الثقوب السوداء مباشرة أي إشعاع كهرومغناطيسي بخلاف إشعاع هوكينج الافتراضي؛ لذلك يتوجَّب على علماء الفيزياء الفلكية الذين يبحثون عن الثقوب السوداء الاعتماد عمومًا على الملاحظات غير المباشرة.

على سبيل المثال.. يمكن في بعض الأحيان الاستدلال على وجود ثقب أسود مِن خلال مراقبة تفاعلاتها الجاذبية مع محيطها.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner



شكل رقم(22) عرض محاكاة لثقب أسوَد أمام سحابة ماجلان الكبرى.

(المصدر: wikipedia)

لاحظ تأثير عدسة الجاذبية الذي يُنتِج منظرَين مكبرَين، ولكنَّهما مشوّهان للغاية للسحابة، ويظهر شكل قرص درب التبانة عبر الجزء العلوي، مشوّهًا على شكل قوس.

في 10 إبريل 2019 تمَّ نشر أول صورة لثقب أسوَد تمَّت رؤيته بصورة مكبَّرة؛ لأنَّ مسارات الضوء بالقرب مِن أفق الحدث شديدة الانحناء.

ينتج الظل الداكن في الوسط عن مسارات الضوء التي يمتصُّها الثقب الأسود.

محتوى الصورة مِن اللون كان مضافًا، فهالة الضوء المكتشفة في هذه الصورة ليست في الطيف المرئي، ولكن ضمن موجات الراديو غير المرئية.

يُعَدُّ تلسكوب أفق الحدث(EHT) الذي يديره مرصد هايستاك في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا، برنامجًا نشِطًا يلاحظ بشكل مباشر البيئة

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

المباشرة لأفق أحداث الثقوب السوداء، مثل الثقب الأسود في وسط درب التبانة.

في إبريل 2017، بدأ التلسكوب بمراقبة الثقب الأسود في وسط (مسييه 87)، وفي المجمل راقبت ثمانية مراصد راديوية تقع على ستة جبال ضمن أربع قارات المجرة في برج العذراء بشكل متقطع لمدة 10 أيام في إبريل 2017، موفرة البيانات التي أدت لتوليد الصورة بعد عامين في إبريل 2019، فبعد عامين من معالجة البيانات أصدرت EHT أول صورة مباشرة لثقب أسود، وتحديدًا الثقب الأسود الهائل الذي يقع في وسط مجرة (مسييه 87) الشكل رقم (20).

ما هو مرئي ليس الثقب الأسود الذي يظهر باللون الأسود، بل الغازات على حافة أفق الحدث والتي تظهر باللون البرتقالي أو الأحمر، وبالتالي تحدد مكان الثقب الأسود.

الكشف عن موجات الجاذبية من دمج الثقوب السوداء:

في 14 سبتمبر 2015 تمكّن مرصد ليجو للموجات الجاذبية من رصد أول ملاحظة مباشرة تشير إلى موجات الجاذبية.

كانت الإشارة متسقة مع التنبؤات النظرية للموجات التثاقلية الناتجة عن اندماج ثقبين أسودَين: ثقب بكتلة تقارب 36 كتلة شمسية، والآخر بكُتلة تقارب 29 كتلة شمسية، وقد وفّر ذلك الرصد أفضل الأدلة الأكثر إثباتًا على وجود ثقوب سوداء حتى تاريخه، فعلى سبيل المثال تشير إشارة موجة الجاذبية إلى أنّ المسافة الفاصلة بين الثقبين قبل الاندماج كان 350 كم أو ما يقرب من 4 أضعاف نصف قُطر شوارزشيلد المقابلة للكُتل المحتسبة؛ لذلك

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

وجب أن تكون تلك الأجسام مضغوطة للغاية، ممّا يترك الثقوب السوداء كالتفسير المنطقي الوحيد لتلك الكُتَل.

في 15 يونيو 2016 تمَّ الإعلان عن اكتشاف ثانٍ لحدث موجة الجاذبية مِن تصادم الثقوب السوداء، ومنذ ذلك الحين تمَّ التقاط موجات جاذبية أخرى.

يوجد مصدر راديوي شديد في مركز مجرتنا – مجرة درب التبانة – يشعُّ أشعة راديوية غزيرة، وهو يسمَّى الرامي أ*(أو مختصرًا Sgr A)، وتبلغ كتلته نحو 4.3 مليون كتلة شمسية، وكان تقدير كتلته قبل سنوات معتمدًا على مشاهدات سحب غازات بالقرب منه أدَّت إلى أن تبلغ كتلته 2.7 مليون كتلة شمسية، ولكن استخدام تلسكوبات ذات تباين أعلى وحساسية أشد استطاع العلماء استنتاج كتلته في مركز المجرة عن طريق مشاهدة مدارات نجوم قريبة منه وسرعاتها، وقد بيَّنَتِ المشاهدات الحديثة أنَّ كتلته أكبر بكثير؛ فهي تبلغ 4.3 مليون كتلة شمسية.

في وقتنا هذا تمَّ رصد أحجام مختلفة للثقوب السوداء بعد اكتشاف أكبر خمسة ثقوب سوداء في الفضاء الخارجي، ويُعَدُّ S50014+81 أكبر ثقب أسود مكتشَف؛ حيث تصل الكتلة الشمسية لهذا الثقب إلى 40,000,000,000 كتلة شمسية.

الثقوب السوداء الصغيرة موجودة في مجرتنا وفي جميع المجرات، وقد تمَّ اكتشاف أقرب ثقب أسوَد إلينا، ويبعد ألف سنة ضوئية، ويدور حوله نجمان يمكن رؤيتهما بالعين المجرَّدة، وحيث إنَّ الثقب الأسوَد لا يصدر منه ضوء فقد افتضح أمره بعد ملاحظة دوران النجمين حول مركز واحد. (انظر الشكل رقم23)، وتبيِّن الحسابات أنَّ هذا المركز هو ثقب أسوَد صغير كتلته

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

4 أضعاف كتلة الشمس، وقُطره نحو 15 كم.

شكل رقم (23) نجمان يدوران حول ثقب أسوَد.

(المصدر: wikipedia)

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

أسماء بعض النجوم بالعربية

نذكر فيما يلي بعض أسماء النجوم المعروفة عند الفلكيين العرب، وقد احتفظ الكثير منها بالاسم العربي.

العمود الأول اسم النجم في الأصل العربي، والعمود الثاني تسمية باير(Bayer designation)، وهي طريقة ابتكرَها عالِم الفلك يوهان باير في بداية القرن السابع عشر.

تقترح طريقته في تأشير النجم بحرف صغير مِن أحرف اللغة اليونانية، وبعده الاسم باللاتينية للمجموعة التي ينتمي إليها النجم، علمًا بأنَّ القوائم الحديثة تشمل نجومًا لَم تكن معروفة مِن قبل يربو عددها على عشرة آلاف نجم.

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

اسم النجم	تسمية باير	الاسم التقليدي	الكوكبة
آخِر النهر	Theta Eridani	Acamar	النهر
الصافي	Sigma Draconis	Alsafi	التنين
الأرنب	Alpha Leporis	Arneb	الأرنب
أزهى	Eta Eridani	Azha	النهر
الأنف	Epsilon Pegasi	Enif	الفرس الهائل
الإزار	Epsilon Boötis	Izar	العواء
الإلية	Epsilon Ursae Majoris	Alioth	الدب الأكبر
بطن القيطس	Zeta Ceti	Baten Kaitos	القيطس
بيض	Omicron¹ Eridani	Beid	النهر

الدب الأكبر	Benetnash	Eta Ursae	بنات النعش
الحمل	Botein	Delta Arietis	بطين
قنطور	Birdun	Epsilon Centauri	البردون
الكوكبة	الاسم التقليدي	تسمية باير	اسم النجم
الدلو	Albali	Epsilon Aquarii	البالع
العواء	Nekkar	Beta Boötis	البقار
الكوثل	Tau Pup	Tau Pup	بلقين
الرامي	Albaldah	Pi Sagittarii	بلدة
التنين	Altais	Delta Draconis	التيس
التنين	Thuban	Alpha Draconis	الثعبان

الجدي	Alpha Capricorni	Algedi	الجدي
الجنب	Gamma Pegasi	Algenib	الفرس الهائل
جبهة الأسد	Gamma Leonis	Algieba	الأسد
جبار	BEta Orionis	Algjebbah	الجبار
جدي الجدي	Alpha Capricorni	Algedi	الجدي
جناح الغراب الأيمن	Gamma Corvi	Gienah	الغراب
الجناح	Epsilon Cygni	Gienah	الدجاجة
حضار	Beta Centauri	Hadar	قنطور
حارس السماء	Alpha Boötis	Arcturus	العواء

Page 103 / 123
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

اسم النجم	تسمية باير	الاسم التقليدي	الكوكبة
الدبران	Alpha Tauri	Aldebaran	الثور
ذنب الدلفين	Epsilon Delphini	Deneb Dulfim	الدلفين
ذنب القيطس الشمالي	Iota Ceti	Deneb Kaitos Shemali	قيطس
ذنب القيطس الجنوبي	Itha Ceti	Deneb Kaitos janobi	قيطس
الذيخ	Iota Draconis	Edasich	التنين
ذيل الأسد	Beta Leonis	Denebola	الأسد
ذنب الدجاجة	Alpha Cygni	Deneb	الدجاجة
ذنب الجدي	Delta Capricorni	Deneb Algedi	الجدي
الذراع اليُمنى	Alpha Cephei	Alderamin	الملتهب
الذيل	Xi Andromedae	[1] Adhil	المرأة المسلسلة

الغراب	Alchiba	Alpha Corvi	الخباء
الكوكبة	الاسم التقليدي	تسمية باير	اسم النجم

الجبار	Algebar	Beta Orionis	رجل الجبار
حامل رأس الغول	Algol	Beta Persei	رأس الغول
التنين	Alrakis	Mu Draconis	الر اقص
الملتهب	Erakis	Mu Cephei	ر اقص الملتهب
الملتهب	Errai	Gamma Cephei	الراعي
الكوكبة	الاسم التقليدي	تسمية باير	اسم النجم
الأسد	Ras Elased Alshemali	Mu Leonis	رأس الأسد الشمالي
الأسد	Ras Elased Algenubi	Epsilon Leonis	رأس الأسد الجنوبي
الجاثي	Rasalgethi	Alpha Herculis	رأس الجاثي
الحواء	Ras Alhague	Alpha Ophiuchi	رأس الحواء
التنين	Rastaban	Beta Draconis	رأس الثعبان

Page 105 / 22 ... 2015
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

القنطور	Rigil Kentaurus	Alpha Centauri	رجل القنطور
الحوت	Alrescha	Alpha Piscium	الرشاء
ذات الكرسي	Ruchbah	Delta Cassiopeiae	الركبة
الرامي	Ar-Rukbah	Alpha Sagittarii	ركبة الرامي
التوءمان	Castor	Alpha Geminorum	رأس التوءم المقدم
التوءمان	Pollux	Beta Geminorum	رأس التوءم المؤخر
السرطان	al zubanāh,Acubens	Alpha Cancri	الزبانى
الدلو	Zubeneschamali	Beta Librae	الزبان الشمالي
الدلو	Zubenelgenubi	Alpha Librae	الزبان الجنوبي
العذراء	Zaniah	Eta Virginis	زاوية العذراء
الكوكبة	الاسم التقليدي	تسمية باير	اسم النجم

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

اسم النجم	تسمية باير	الاسم التقليدي	الكوكبة
سابق	Eta Ophiuchi	Sabik	الحواء
سعد الأخبية	Gamma Aquarii	Sadachbia	الدلو
سعد بارع	Mu Pegasi	Sadalbari	الفرس الهائل
سرة الفرس	Alpha Andromedae	Alpheratz	المرأة المسلسلة
سعد البهام	Theta Pegasi	Baham	الفرس الهائل
سعد الذابح	Beta Capricorni	Dabih	الجدي
سعد الهمام	Zeta Pegasi	Homam	الفرس الهائل
سعد الملك	Alpha Aquarii	Sadalmelik	الدلو
سعد السعود	Beta Aquarii	Sadalsuud	الدلو
سيف	Kappa Orionis	Saiph	الجبار

زاوية العواء	Beta Virginis	Zavijava	العذراء
سعد المطر	Eta Pegasi	Matar	الفرس الهائل
سعد ناشرة	Gamma Capricorni	Nashira	الجدي

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الساعد	Beta Pegasi	Scheat	الفرس البائل
اسم النجم	تسمية باير	الاسم التقليدي	الكوكبة
الساق	Delta Aquarii	Scheat	الدلو
السلحفاة	Gamma Lyrae	Sulafat	القيثارة
سهيل	Canopus	Suhayl	القاعدة
الشولة	Lambda Scorpii	Shaula	العقرب
الشرطان	Beta Arietis	Sheratan	الحمل
الشلياق	Beta Lyrae	Shelyak	القيثارة
الشعرى اليمانية	Sirius	Sirius	الكلب الأكبر
صدر الدجاجة (نجم)	Gamma Cygni	Sadr	الدجاجة
صدر ذات الكرسي	Alpha Cassiopeiae	Schedar	ذات الكرسي

الضفدع الأول	Beta Ceti	addafda	قيطس
الضفيرة	Zeta Leonis	ad-Dhafīrah	الأسد
طرف السرطان	Beta Cancri	Tarf	السرطان
الطرف	Lambda Leonis	Alterf	الأسد
ظهر الناقة	Eta Cassiopeiae	Achird	ذات الكرسي
ظهر الدب الأكبر	Alpha Ursae Majoris	Dubhe	الدب الأكبر
عنق الحية	α Serpentis	Unukalhai	الحية
العواء	δ Virginis	Auva	العذراء
اسم النجم	تسمية باير	الاسم التقليدي	الكوكبة
عقرب	β Scorpii	Akrab	العقرب
العذارى	ε Canis Majoris	Adhara	الكلب الأكبر

الثور	Ain	ε Tauri	العين
الكلب الأكبر	Aludra	η Canis Majoris	العذرة
النهر	Angetenar	Tau2 Eridani	عرجة النهر
العنقاء	Ankaa	α Phoenicis	العنقاء
الرامي	Arkab	β1 Sagittarii's	العرقوب
حامل رأس الغول	Atik	o Persei	عاتق الثريا
المرأة المسلسلة	Almach	γ1 And / γ2 And	عناق الأرض
الكلب الأصغر	Gomeisa	β Canis Minoris	الغميصاء
الغراب	Algorab	δ Corvi	الغراب
الملتهب	Alfirk	Beta Cephei	الفرق
الحوت الجنوبي	Fomalhaut	α Piscis Austrini	فم الحوت

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

الشجاع	Alphard	α Hydrae	الفرد
الكلب الأكبر	Furud	Zeta Canis Majoris	فرد الكلب الأكبر(نجم)
مجموعة الدب الأكبر المتحركة	Phad	Gamma Ursae Majoris	الفخذة
الحمامة	Phact	Alpha Columbae	فاخذة
الدب الأصغر	Pherkad	Gamma Ursae Minoris	فرقد

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

اسم النجم	تسمية باير	الاسم التقليدي	الكوكبة
القائد	Eta Ursae Majoris	Alkaid	الدب الأكبر
القفزة الأولى الجنوبية	Xi Ursae Majoris	Alula Australis	الدب الأكبر
القفزة الأولى الشمالية	Nu Ursae Majoris	Alula Borealis	الدب الأكبر
القفزة الثانية الشمالية	Lambda Ursae Majoris	Tania Borealis	الدب الأكبر
القفزة الثانية الجنوبية	Mu Ursae Majoris	Tania Australis	الدب الأكبر
القفزة الثالثة الشمالية	Iota Ursae Majoris	Talitha Borealis	الدب الأكبر
القفزة الثالثة الجنوبية	Kappa Ursae Majoris	Talitha Australis	الدب الأكبر
قطعة الفرس	Alpha Equulei	Kitalpha	قطعة الفرس
القوس الجنوبي	Epsilon Sagittarii	Kaus Australis	الرامي
القوس الشمالي	Lambda Sagittarii	Kaus Borealis	الرامي

Page 112 / 123
الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

القوس المتوسط	Delta Sagittarii	Kaus Media	الرامي
القرحة	Xi Cephei	Kurhah	الملتهب
قلب العقرب	α Scorpii	Antares	العقرب
القيض	40 Eridani	Keid	النهر
كلب الراعي	Beta Ophiuchi	Kelb Alrai	الحواء
الكعب ذو العنان	Iota Aurigae	Kabdhilinan	ممسك الأعنة
الكف الخضيب	Beta Cassiopeiae	Caph	ذات الكرسي

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

اسم النجم	تسمية باير	الاسم التقليدي	الكوكبة
الكأس	Alpha Crateris	Alkes	الباطية
الكرسي	Beta Eridani	Cursa	النهر
كف الجذماء	Gamma Ceti	Kaffaljidhma	قيطس
كوكب	Beta Ursae Minoris	Kochab	الدب الأصغر
ماعز	ε Aurigae	[1]Almaaz	ممسك الأعنة
المحلفون	γ Canis Majoris	Muliphein	الكلب الأكبر

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner

اسم النجم	تسمية باير	الاسم التقليدي	الكوكبة
المرزم	γ Orionis	Bellatrix	الجبار
الميسان	Lambda Orionis	Meissa	الجبار
المنطقة	Delta Orionis	Mintaka	الجبار
المراق	Beta Ursae Majoris	Merak	الدب الأكبر
منكب الجوزاء	Alpha Orionis	Betelgeus	الجبار
المرفق	Alpha Persei	Mirfak	حامل رأس الغول
مرفق الجاثي	Kappa Herculis	Marsic	الجاثي
المليك	Alpha Leonis	Regulus	الأسد
المحلف	Alpha Eridani	Achernar	النهر

Page 115 / 123
CamScanner الممسوحة ضوئيا بـ

النطاق	Zeta Orionis	Alnitak	الجبار
النياط	Sigma Scorpii	Alniyat	العقرب
النظام	Epsilon Orionis	Alnilam	الجبار
النسر الطائر	Alpha Aquilae	Altair	العقاب
النصل	Gamma² Sagittarii	Alnasl	الرامي
الناطح	Alpha Arietis	Hamal	الحمل
النهال	Beta Leporis	[1] Nihal	الأرنب
النير	Alpha Gruis	[1] Alnair	الكركي

تم الرفع بواسطة
Telegram:@mbooks90

الممسوحة ضوئيا بـ CamScanner