مقدمة حول خصائص النجوم

د. محمد فراس الصفدي

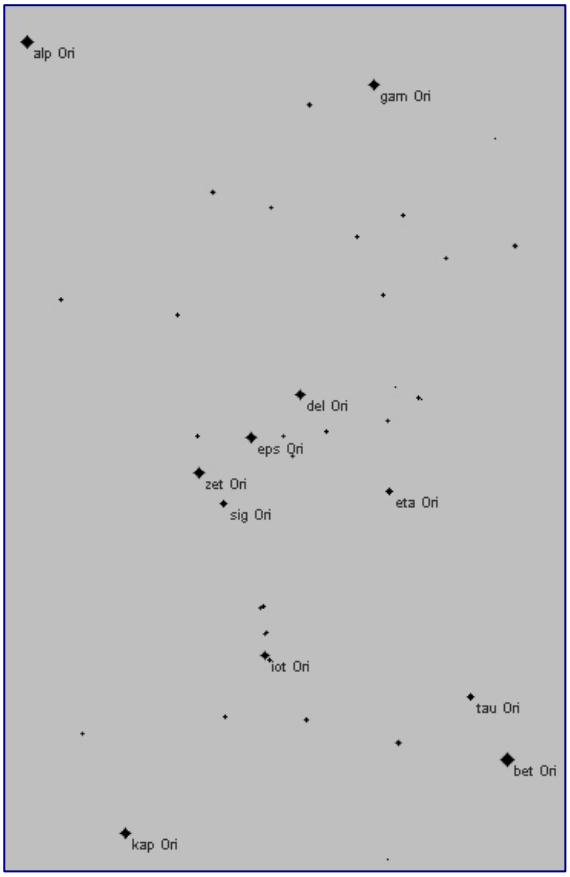
النجوم أجرام شبيهة بالشمس هائلة الحجم والبعد تنتشر من حولنا في جميع الجهات. يعيقنا ضوء الشمس عن رؤيتها نهاراً، وتغيب الشمس ليلاً فتتجلى لنا بروعتها وجمالها. سنتحدث في هذا البحث عن الطريقة التي توصف بها النجوم كما نراها من الأرض: أسماؤها، حركتها، أقدارها، أطيافها، وتصنيفها.

أولاً: أسماء النجوم

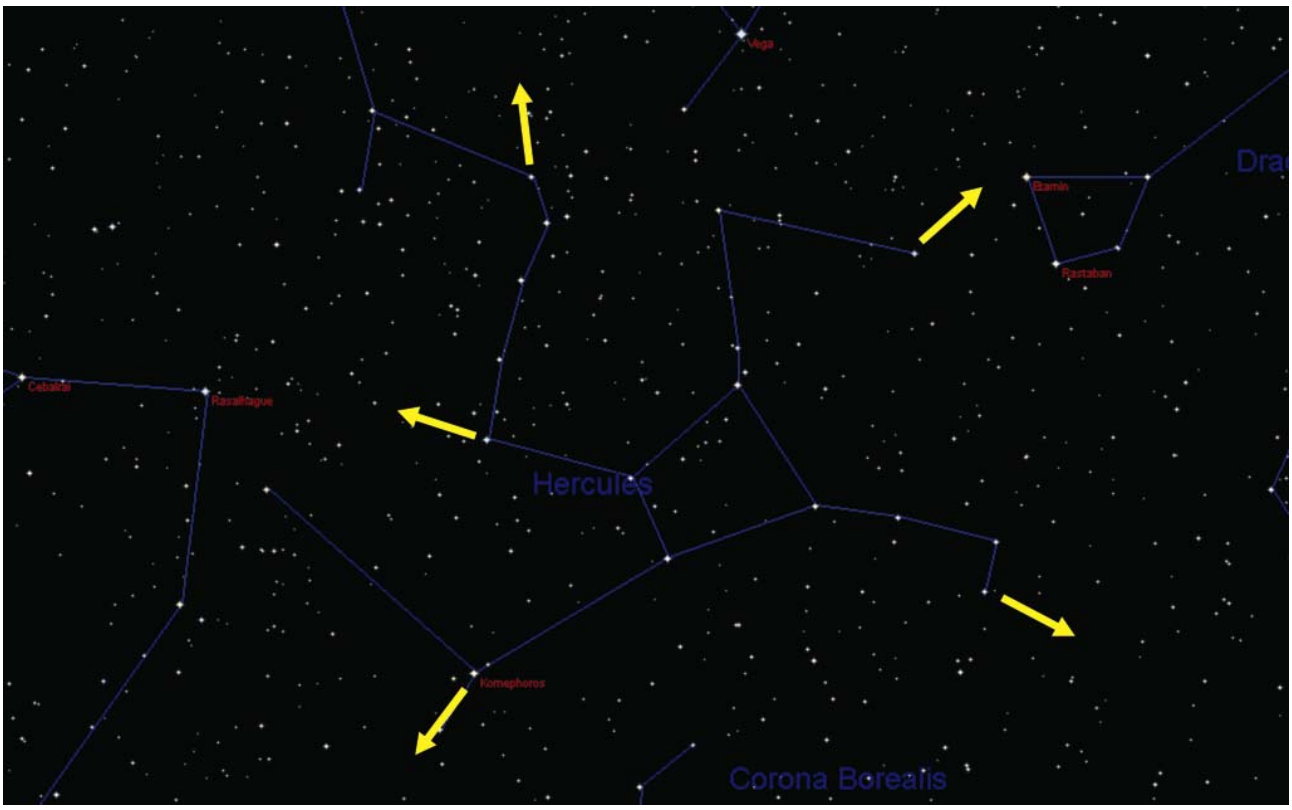
إذا نظرنا إلى السماء في ليلة صافية فسنشاهد آلاف النجوم التي تتلألأ هنا وهناك. سيكون بعض هذه النجوم ساطعاً وبعضها الآخر لا يكاد يرى. لقد اهتم الفلكيون منذ الأزل بإطلاق اسم على كل نجم من هذه النجوم في السماء. وفي الوقت الراهن تمتلك قلة من النجوم اسماً شائعاً، ولكن جميع النجوم في السماء تمتلك اسماً علمياً يمكن من خلاله الإشارة إلى هذا النجم أو ذاك عند الحديث عن أي شيء متعلق بهذا النجم.

1. **الأسماء الشائعة:** لقد أطلق اليونان والعرب أسماء على معظم النجوم الساطعة في السماء، وهي لا تزال مستخدمة حتى اليوم. وتأتي أسماء هذه النجوم من الأشكال التخيلية التي رسمها القدماء لتجمعات هذه النجوم. بعض النجوم تمتلك نفس الاسم باللغتين العربية والإنكليزية، مثل نجم النسر الطائر الذي يدعى **Altair** ونجم رجل الجبار الذي يدعى **Rigel**، وتختلف أسماء البعض الآخر بين اللغتين، مثل نجم الشعرى اليمانية الذي يدعى باللغة اللاتينية **Serius**، أي اللامع، وذلك لأن هذا النجم هو أسطع نجوم السماء.

2. **الأسماء العلمية:** تصنف جميع النجوم في السماء حسب المجموعة النجمية (الكوكبة) التي تنتمي إليها، حيث يمثل النجم بحرفٍ لاتيني يتلوه اسم المجموعة النجمية. ترتب النجوم في المجموعة الواحدة من الأشد سطوعاً إلى الأقل سطوعاً، وتعطى أسماء بالأحرف اللاتينية (α, β, γ, δ, ε, ...) حسب تسلسلها. فمثلاً يشير اسم **α-scorpii** إلى النجم الأسطع في مجموعة العقرب (**scorpion**)، والاسم الشائع لهذا النجم هو قلب العقرب باللغة العربية، و **Antares** باللغة اللاتينية. أما نجم رجل الجبار (**Rigel**) فاسمه العلمي هو **β-Ori** لأنه ثاني أسطع النجوم في مجموعة الجبار (**Orion**) بعد نجم إبط الجوزاء، والذي يصبح اسمه بالتالي **α-Ori** (الشكل 1).



الشكل (1): النجوم الرئيسية في مجموعة الجبار (Orion) حيث تظهر أسماؤها العلمية. إن النجم الساطع في الأعلى والأيسر هو إبط الجوزاء، أما النجم الساطع في الأسفل والأيمن فهو نجم رجل الجبار.



الشكل (2): إذا نظرنا باتجاه كوكبة هرقل ورافقنا موقع النجوم بالنسبة لبعضها البعض خلال ملايين السنين فسنكتشف بأن هـذه النجـوم تبـدو وكأنها تتباعد عن بعضها البعض. إن سبب ذلك في الواقع هو أن الشمس تتقدم بهذا الاتجاه، ولذلك يبدو الأمر وكأننا ندخل بين هذه النجوم.

ثانياً: حركة النجوم

ليست النجوم ثابتة بالنسبة لبعضها البعض، وإنما تتبعثر في المجرة في جميع الاتجاهات مقتربة من بعضها البعض أو مبتعـدة عن بعضها. وتتجلى هذه الحركة للراصد على الأرض بتبدل طفيف وبطيء للغاية في مواقع النجوم علـى الكـرة الـسماوية. وينبغي أن نميز بين حركة النجوم بالنسبة لبعضها وبين حركة النجوم اليومية والسنوية. فالنجوم، مثلها مثل الشمس، تشرق في كل يوم من الشرق وتغرب من الغرب، وتتحرك في الليلة الواحدة كما تتحرك الشمس في النهار. أما الحركة التي نتحدث عنها فهي حركة النجوم بالنسبة لبعضها البعض وتبدل مواقعها نسبة لبعضها البعض. وسنصف في هذا المجال حركة النجـوم كمـا يراها الراصد من الأرض، حركة الشمس في الفضاء (والتي لا نراها وإنما نستطيع تقديرها)، وحركة النجوم في الكوكبات.

حركة النجوم:

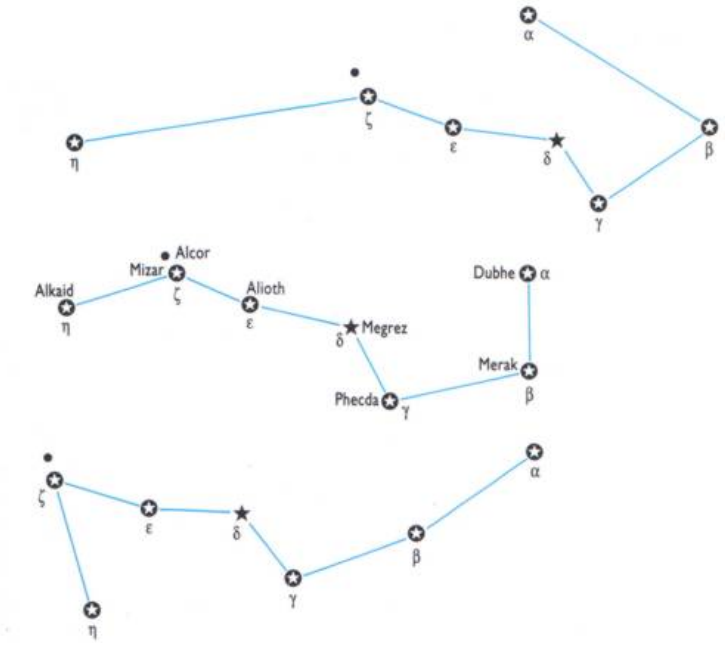
1. الحركة القطرية (**radial motion**): وهي حركة النجم باتجاه الشمس أو بعكس اتجاه الشمس، أي أن النجم إما أن يقترب من الشمس أو أن يبتعد عنها، وهي المركبة العمودية على الكرة السماوية بالنسبة للمراقب الأرضي. يمكن تحديد هذه الحركـة من خلال دراسة طيف النجم.
2. الحركة الظاهرية (**proper motion**): وهي حركة النجم كما تبدو لنا على خلفية النجوم، أي أن النجم يمكن أن يتحرك بأي اتجاه على سطح الكرة السماوية، وهي المركبة التي تنطبق على الكرة السماوية بالنسبة للمراقب الأرضي.
3. الحركة الحقيقية (**actual motion**): هي الحركة الواقعية للنجم في الفراغ ثلاثي الأبعاد والتي تنتج عـن دمـج المـركبتين السابقتين.

حركة الشمس:

لمعرفة اتجاه حركة الشمس لنفترض أن الشمس تسير في خط مستقيم. إن النجوم الواقعة في اتجاه حركة الشمس سوف تبـدو متباعدة عن بعضها بالنسبة للناظر كلما اقترب منها، أما النجوم الواقعة بعكس اتجاه حركة الشمس فسوف تبدو متقاربـة مـن بعضها بالنسبة للناظر كلما ابتعدنا عنها. وبذلك اكتشف وليم هرشل في عام 1783 أن الشمس تتحرك باتجـاه كوكبـة هرقـل الجاثي (**Hercules**) (الشكل 2).

حركة النجوم في الكوكبات:

المجموعات النجمية أو الكوكبات (**constellations**) هي عبارة عن مجموعات اصطلاحية تضم النجوم المتجاورة التي نراهـا على القبة السماوية ضمن نماذج مسطحة ثنائية الأبعاد. وتحتوي كل كوكبة على عدد يزيد أو ينقص من النجوم، مثـل كوكبـة الجبار وكوكبة الدب الأكبر وكوكبة الميزان. وبذلك يفترض هذا التصنيف بأن النجوم تتوضع على سطح واحد دون أن يأخـذ بعين الاعتبار أن بعض هذه النجوم قريب منا والبعض الآخر بعيد جداً، وبالتالي لا علاقة لها ببعضها البعض. وبما أن النجوم تتبعثر في اتجاهات مختلفة فمن المنطقي أن تتبدل الكوكبات بشكل بطيء مع مرور الزمن نظراً لأن النجوم المؤلفة لها ليس لها علاقة ببعضها البعض، ولكن هذا التبدل يحتاج إلى وقت طويل يصل إلى آلاف السنين حتى يصبح مرئياً (الشكل 3).



الشكل (3): تتغير مواقع النجوم بالنسبة لبعضها الـبعض خلال فترات طويلة جداً. فمثلاً يظهر الشكل في الأعلى كيف كانت كوكبة الدب الأكبر منـذ حـوالي 100,000 سـنة. وتظهر كوكبة الدب الأكبر في الوسط كما هي الآن. أما في الأسفل فنشاهد هذه الكوكبة كمـا سـتكون بعـد حـوالي 100,000 سنة من اليوم. إن سبب هذا التغير هـو عـدم وجود علاقة أصلاً بين هذه النجوم، فكـل منهـا يتحـرك بسرعة مختلفة عن الآخر وباتجاه مختلـف عـن الآخـر مقترباً أو مبتعداً من الشمس. تظهر الصور أيضاً تـسمية النجوم في مجموعة الدب الأكبر حسب الأسـماء الـشائعة وحسب الأسماء العلمية. لاحظ أن جميـع هـذه الأسـماء الشائعة مشتقة من اللغة العربية.

ثالثاً: أقدار النجوم

تختلف النجوم في درجة سطوعها، فبعضها يظهر لعين الإنسان بمجرد غياب الشمس تحت الأفق بسبب لمعانـه ووضـوحه، وبعضها الآخر بالكاد نستطيع تمييزه في ليلة صافية بعيداً عن أضواء المدينة. وقدر النجم (**magnitude**) هو مقدار سطوع هذا النجم مشاراً إليه برقم يعبر عن هذا المقدار. وسنتحدث هنا عن كل من القدر الظاهري، القدر المطلق، والسطوع.

1. القدر الظاهري (**apparent magnitude**): هو قوة إضاءة النجم كما يرى من الأرض، ومن خلاله يمكننا أن نقارن بين شدة إضاءة النجوم بالنسبة لمراقب أرضي. وأول من وضع مقياس القدر الظاهري هو **Hipparcus** الذي قسم نجوم السماء بشكل تقديري بالعين المجردة إلى ست مجموعات من 1 إلى 6، بحيث تكون النجوم من القدر الأول هي أشـد النجـوم إضـاءة،

وبالكاد يمكن رؤية نجوم المجموعة السادسة بالعين المجردة. إن الأجرام السماوية التي تفوق إضاءتها أشد النجوم سـطوعاً يمكن أن تأخذ أرقاماً سلبية، حيث يصل القدر الظاهري للزهرة في أشد سطوع لها إلى قيمة -4. وباستخدام منظار عـادي تشاهد النجوم التي يبلغ قدرها الظاهري 10، أما بالتلسكوبات الأرضية الكبيرة فيمكن مشاهدة نجوم يصل قدرها إلى 24.

2. القدر المطلق (**absolute magnitude**): إن مشكلة القدر الظاهري هي أنه يعتمد على كيفية رؤيتنا للنجم، فقد يكـون قـدر النجم الأول 4 وقدر النجم الثاني 6 كما نراهما من الأرض لأن النجم الأول أقرب من النجم الثـاني، ولكـن إذا وضـعنا النجمين على نفس المسافة منا فسيصبح قدر النجم الأول أقل من قدر النجم الثاني. ومن هنا جاء القدر المطلق، هـو شـدة إضاءة النجم حين يوضع (افتراضياً) على مسافة 10 بارسك من الأرض، وهو يعكس السطوع الحقيقي للنجم حين توضـع جميع النجوم على مسافة واحدة، ويمكن عندئذ مقارنتها ببعضها البعض بشكل صحيح.

3. سطوع النجم (**luminosity**): هي الكمية الإجمالية من الطاقة التي يشعها النجم في وحدة الزمن، وهي لا تشير فقـط إلـى الأشعة المرئية وإنما كافة أطوال موجات الطيف الكهرطيسي.

رابعاً: أطياف النجوم

النجوم هي مصنع للطاقة يتم فيها إنتاج كميات هائلة من الأشعة الكهرطيسية على كامل طيفها. لقد أتاحت دراسة أطياف النجوم خلال القرن الماضي كشف الكثير من الأسرار التي لم يكن الإنسان يحلم بالحصول عليها في يوم من الأيام نظراً للأبعاد الهائلة لهذه الأجرام عنا. سنتحدث فيما يلي عن قوانين كيرشهوف الضرورية لفهم كيف نفسر طيف النجم، ثم سنتحدث عن تـصنيف النجوم حسب أطيافها.

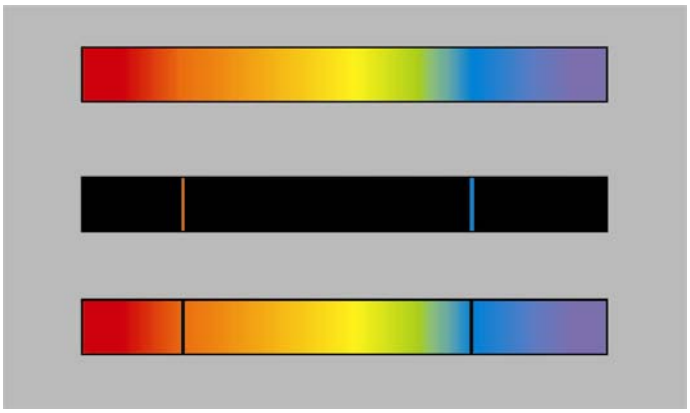
قوانين كيرشهوف (Kirchhoff's laws):

وضع كيرشهوف ثلاثة قوانين تصنف الأطياف الصادرة عن الأجسام إلى طيف مستمر، طيف إصدار، وطيف امتصاص:

1. إن الجسم الصلب، السائل، أو الغازي الكثيف المسخن يصدر عنه طيف مستمر (**continous spectrum**) يحتوي علـى جميع أطوال الموجات.

2. إن الغاز الساخن منخفض الكثيفة يصدر عنه طيف إصدار (**emission spectrum**) يحتوي على خطوط ملونة رفيعة ذات أطوال موجية معينة تفصل بينها مناطق سوداء عريضة.

3. إذا مررنا طيفاً مستمراً عبر غاز بارد نحصل على طيف امتصاص (**absorption spectrum**) يتألف من طيف مـستمر يحتوي على خطوط قاتمة رفيعة ذات أطوال موجية معينة (الشكل 4).



الشكل (4): إذا قمنا بتحليل الضوء الصادر عـن مـصباح كهربائي عادي بواسطة مقياس الطيـف فسنـشاهد طيفـاً مستمراً يشمل على جميع أطوال الموجات كما في الـشكل العلوي. إذا قمنا بتحليل الضوء الصادر عن نوع خاص من المصابيح يحتوي فقط على غاز الهيدروجين (غاز سـاخن منخفض الكثافة) فسنشاهد خطوط الإصدار التي تـصدرها ذرات الهيدروجين فقط، ولن تكون بقية أطوال الموجـات موجودة كما نشاهد في الشكل المتوسط. وأخيراً إذا كـان غاز الهيدروجين موجوداً بين المصباح المضيء العـادي وبين المنظار فإن الغاز سيمتص أطـوال موجـات معينـة مؤدياً إلى ظهور طيف الامتصاص كما في الأسفل.

التصنيف الطيفي للنجوم:

تمكن العلماء من خلال دراسة أطياف النجوم بواسطة المقياس الطيفي من تحديد العناصر الكيميائية الموجودة في هذه النجـوم من خلال مقارنة الأطياف التي تم الحصول عليها مع أطوال الموجات المعروفة لإصدار وامتـصاص العناصـر الكيميائيـة الشائعة على كوكب الأرض. كما تمكن العلماء من تحديد درجة حرارة النجم من خلال بعض التبدلات التي تطرأ علـى هـذه الخطوط مع تبدل درجة حرارة النجم.

وقد وجد أن هناك علاقة بين درجة حرارة النجم، لون النجم، خصائص طيف النجم، والطاقة الصادرة عن النجم. وبذلك أمكن تصنيف النجوم من الناحية الطيفية إلى 7 أنماط يرمز لكل منها بحرف أجنبي. وتقسم كل مجموعة إلى تحت أنماط ترقم من 0 إلى 9. وبذلك فإن الشمس تعتبر من النمط **G2**. يمثل الجدول التالي الأنماط الطيفية السبعة للنجوم وخصائصها.

الأنماط الطيفية للنجوم

النمط	درجة الحرارة (كلفن)	اللون	الطيف
O	25,000	أزرق	يحتوي على خطوط الهليوم، الأوكسجين، والنتروجين.
B	25,000-11,000	أزرق- أبيض	تزداد شدة خطوط الهدروجين وتبدأ خطوط الهليوم بالخفوت.
A	11,000-7,500	أبيض	تسيطر خطوط الهدروجين.
F	7,500-6,000	أبيض- أصفر	تظهر خطوط الكالسيوم إضافة إلى خطوط الهدروجين.
G	6,000-5,000	أصفر	تبرز خطوط الكالسيوم ويظهر الحديد وتخفت خطوط الهدروجين.
K	5,000-3,500	أصفر- برتقالي	تبرز خطوط الكالسيوم إضافة إلى خطوط المعادن الأخرى.
M	3,500	أحمر	تظهر حزم عريضة نتيجة وجود الأكاسيد المعدنية.

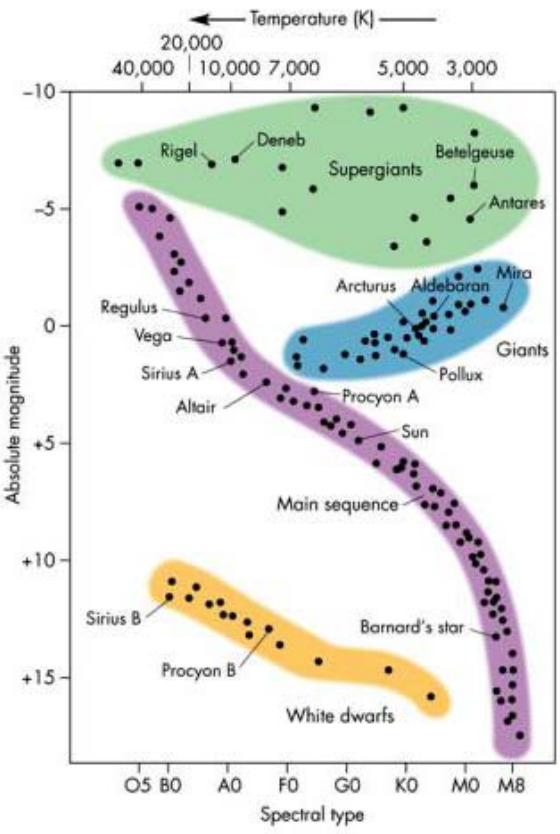
خامساً: تصنيف النجوم حسب مخطط هرتز – روسل

تم وضع هذا المخطط بشكل مستقل من قبل الفلكي الدانماركي **Einar Hertzsprung** في عام 1905 والفلكي الأميريكي **Henry Russell** في عام 1913. ويعتبر هذا المخطط مفيداً للغاية في فهم طبيعة النجوم وتطورها. يتم الحصول على مخطط هرتـز – روسل (**H-R Diagram**) بتمثيل النجوم على خط بياني. يمثل المحور الأفقي النمط الطيفي للنجم (أو درجة حرارة النجم مـن الأسخن إلى الأبرد)، أما المحور العمودي فهو يمثل سطوع النجم (أو القدر المطلق للنجم).

لقد تم التوصل إلى هذا المخطط حين فكر هذان الفكليان بالصدفة بتمثيل النجوم على مخطط بياني حـسب درجـة حرارتهـا وسطوعها، وقد وجدا أن هناك علاقة واضحة بين درجة الحرارة وبين القدر المطلق: كلما ازدادت درجة حرارة الـنجم كلمـا ازداد القدر المطلق له، أو بكلمة أخرى: إذا كان لدينا نجم ساخن ونجم بارد ووضعنا كلي النجمين على نفس المسافة منا فسنجد أن النجم الأسخن أكثر سطوعاً من النجم الأبرد، أي أن القدر المطلق له أكبر، أي النجوم الساخنة هي إجمالاً أشد سطوعاً.

حين درس هذا المخطط بشكل جيد وجد أن النجوم تتجمع في ثلاث مناطق (الشكل 5):

1. نجوم التسلسل الرئيسي (**main sequence stars**): توجد معظم النجوم في هذه المنطقة، حيث وجد أن النجوم الواقعة في هذه المنطقة تتميز بأنه كلما كانت حرارتها أعلى كلما كان سطوعها أشد، فهناك علاقة تناسب نظامية ومتوقعـة بـين درجة الحرارة وبين سطوع النجم. إن الشمس تقع في هذه المجموعة، وسنجد عند الحديث عن حياة النجوم وتطورهـا أن هذه المرحلة تشكل الفترة المستقرة من حياة النجم.



الشكل (5): يعتبر مخطط هرتز- روسل تمثيلاً بسيطاً للنجوم على خط بياني بحيث يشكل المحور الأفقي درجة حرارة النمط (النجوم الباردة في الأيمن والساخنة في الأيسر) ويشكل المحور العمودي القدر المطلق أو سطوع النجم (النجوم الساطعة في الأعلى والنجوم الخافتة في الأسفل). وبتأمل هذا المخطط سنشاهد أن معظم النجوم (بما فيها الشمس) تتوضع في منطقة التسلسل الرئيسي ذات اللون البنفسجي، وفي هذه المنطقة يزداد سطوع النجم كلما ازدادت درجة حرارته، أي كما هو متوقع. ولكن وجد أن هناك مجموعات أخرى من النجوم لا تبدي هذا السلوك. فمجموعة الأقزام البيض الممثلة بلون أصفر مثلاً تتميز بدرجات حرارة مرتفعة دون أن يكون سطوعها كبيراً. أما مجموعة العمالقة الحمر (اللون الأزرق) ومجموعة العمالقة الفائقة (اللون الأخضر) فهي تتميز بسطوع كبير دون أن تكون درجة حرارتها مرتفعة بشكل متناسب مع هذا السطوع. يعتبر هذا المخطط مفيداً للغاية في فهم تطور النجوم وحياتها.

2. الأقزام البيضاء (**white dwarfs**): لقد وجد عند دراسة هذا المخطط أن هناك مجموعة من النجوم ذات درجة حرارة مرتفعة رغم أن سطوعها منخفض جداً، أي أن السطوع غير متناسب على الإطلاق مع درجة الحرارة العالية. توجد هذه المجموعة من النجوم في أسفل وأيسر مخطط التسلسل الرئيسي، وهي تحتوي على نسبة صغيرة من النجوم. وقد أطلقت تسمية الأقزام البيضاء على هذه المجموعة نظراً لأنها ذات درجة حرارة مرتفعة جداً فتظهر بلون أبيض، ولكنها أيضاً صغيرة للغاية (أقزام) ولذلك فإن سطوعها منخفض جداً. وسنجد عند الحديث عن حياة النجوم بأن هذا النوع من النجوم يشكل المرحلة النهائية في حياة النجوم ذات الحجم الصغير والمتوسط.

3. العمالقة الحمر (**red giants**): أظهرت دراسة هذا المخطط أيضاً أن هناك مجموعة أخرى من النجوم غير الطبيعية ذات درجة الحرارة المنخفضة رغم أن سطوعها مرتفع جداً، أي أن السطوع غير متناسب على الإطلاق مع درجة الحرارة المنخفضة. توجد هذه المجموعة من النجوم في أعلى وأيمن مخطط التسلسل الرئيسي، وهي تحتوي على نسبة صغيرة من النجوم كذلك. وقد أطلقت تسمية العمالقة الحمر على هذه المجموعة نظراً لأنها ذات درجة حرارة منخفضة جداً فتظهر بلون أحمر، ولكنها أيضاً كبيرة للغاية (عمالقة) ولذلك فإن سطوعها مرتفع جداً. وسنجد عند الحديث عن حياة النجوم بأن هذا النوع من النجوم يشكل إحدى المراحل التي يمر بها النجم في طريقه إلى نهايته المحتومة.