ورقة بحثية مجلة مفتوحة الوصول

النجوم المتغيرة

د. محمد أحمد معلا

(كلية طب الأسنان، جامعة المنارة

البريد الإلكتروني: mohammad.moualla@manara.edu.sy)

الملخص

تتطرق هذه المقالة إلى أجرام سماوية شهيرة جداً في علم فيزياء الفلك تدعى بالنجوم المتغيرة (variable stars). تتضمن مجموعة النجوم المتغيرة فيزيائيا نوعين رئيسيين وهما نجوم متغيرة بانتظام ونجوم غير متغيرة بانتظام. النجوم المتغيرة بانتظام تتضمن بدورها نوعين وهما النجوم النابضة (pulsating stars) والنجوم الدوارة (rotating stars)، وأما النجوم غير المتغيرة بانتظام فتحوي نوع واحد فقط هو نجوم الفلير (flare stars). هناك أيضاً ما يعرف بالنجوم المتغيرة بصرياً والتي تتضمن ثلاثة أنواع رئيسية.

كلمات مفتاحية – فيزياء الفلك–نجوم متغيرة–نجوم نابضة–نجوم دوارة–نجوم.

I. مقدمة

تعرف النجوم المتغيرة بأنها نجوم تتغير شدة لمعانها مع مرور الزمن نتيجة تغيرات تطرأ على النجم أثناء فترة حياته. إن دراسة هذه النجوم المتغيرة تكتسب أهمية خاصة لعلماء الفلك تتمثل في تحديد بعض الخواص الفيزيائية، التي من غير الممكن تحديدها أو قياسها بشكل مباشر وبدقة جيدة, كالكتلة أو البعد أو مرحلة التطور، لبعض هذه النجوم في بعض الحالات.

يتم تسمية النجوم المتغيرة الموجودة في نفس البرج الفلكي على النحو التالي: يتم تسمية النجم الأكبر (أكثر النجوم المتغيرة لمعاناً) باستخدام حرف يوناني يليه أسم البرج الفلكي، على سبيل المثال (β Lyra) هو ثاني أكبر نجوم مجموعة القيثارة (Lyra). بالنسبة للنجوم الجديدة المتغيرة (في نفس البرج الفلكي) والأقل لمعاناً يتم تسميتها باستخدام حرفين لاتينيين ابتداءً من الحرف الأول A انتهاءً بالحرف الأخير Z مع استثناء الحرف J من التسمية، مثل AA.....AZ, وهذا يعني 334 أسم في كل برج فلكي، يلي ذلك أسم او اختصار للبرج الفلكي، مثل RR Lyra. في حال اكتشاف نجوم متغيرة إضافية في نفس البرج الفلكي يتم التسمية باستخدام الأرقام (ابتداءً من الرقم 335) مسبوقاً بالحرف اللاتيني V (Variable) كالنجم (V335).

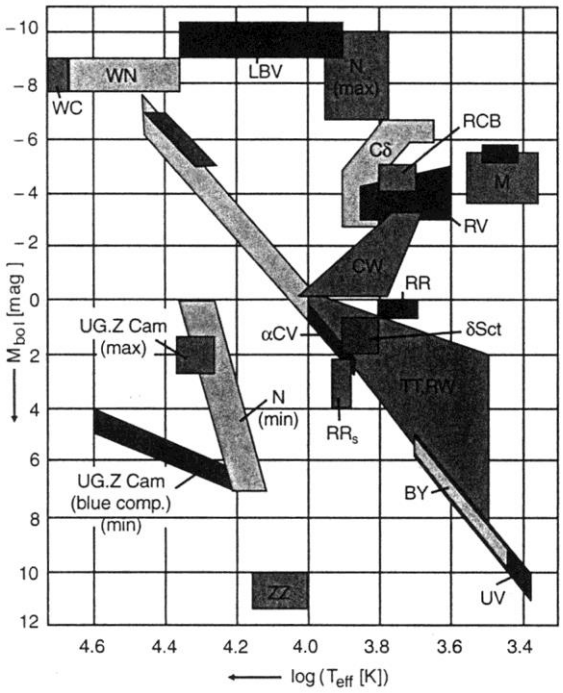
II. النجوم المتغيرة

تخضع النجوم خلال دورة حياتها إلى مجموعة من التغيرات الفيزيائية، ففي حال كانت التغيرات التي تطرأ على النجم تغيرات حقيقية، بمعنى أنها تغيرات ناتجة عن تغير الخواص الفيزيائية لهذا النجم (كدرجة الحرارة أو نصف القطر أو الكتلة) تحت تأثير ظروف خارجية معينة، يصار إلى الحديث عن نجوم متغيرة فيزيائياً (physical variable stars)، وهي موجودة في كل مكان في السماء كما هو موضح في الشكل 1.

تتضمن مجموعة النجوم المتغيرة فيزيائياً نوعين رئيسيين وهما نجوم متغيرة بانتظام ونجوم غير متغيرة بانتظام ([1], [2]). النجوم المتغيرة بانتظام تتضمن بدورها نوعين رئيسين، وهما النجوم النابضة (pulsating stars) والنجوم الدوارة (rotating stars)، وأما النجوم غير المتغيرة بانتظام فتحوي نوع واحد فقط هو نجوم الفلير (flare stars).

أما في حال كون النجم المتغير موجود في نظام ثنائي (شبيه بنظام الشمس – الأرض) مما ينجم عنه حجب جزء من الضوء نتيجة مرور أحدها أمام الأخر (شبيه بكسوف الشمس أو خسوف القمر الناتج عن وقوع الثلاثة على نفس الاستقامة) وهو ما يمكن مشاهدته في المنحني الضوئي لهذا النظام, أي أن هذا التغير

ليس له أي سبب فيزيائي وإنما يتعلق بهندسة المدار الذي يدور عليه هذا النجم المتغير حول النجم المركزي أو ما يسمى النجم الأم (host star), وعليه تدعى هذه النجوم بالنجوم المتغيرة بصرياً (optical variable stars) أو أنظمة ثنائية الكسوف (EB: Eclipsing Binaries). هذا النوع من النجوم المتغيرة غير مدرج في الشكل 1 كونها لا تتضمن أي تغيرات في خواصها الفيزيائية.

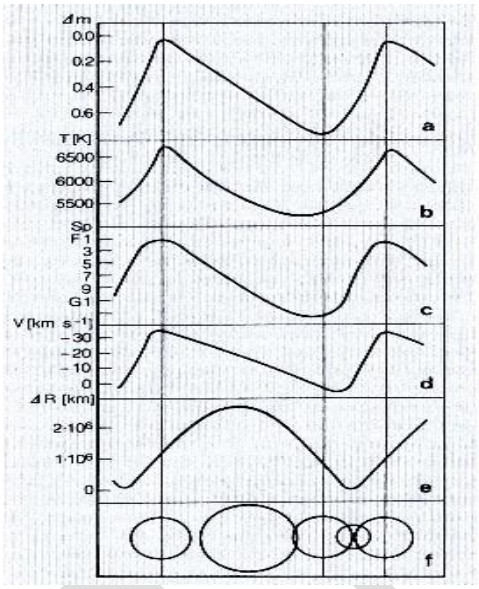


الشكل 1 . مخطط هرتز– شبرونغ–راسل (HRD), درجة الحرارة الفعالة T_{eff} مقابل شدة لمعان النجم M_{bol} لكافة أنواع النجوم المتغيرة فيزيائياً [3].

1) النجوم النابضة (Pulsating stars)

في هذا النوع من النجوم المتغيرة يكون التغير في الخواص الفيزيائية للنجم ناجم عن انقباض وانبساط النجم (كقلب الإنسان) بشكل مستمر ودوري. تم في الشكل 1 عرض أهم أنواع هذه النجوم النابضة وهي: Cδ, CW, RR Lyrae, RRs, δSct, (M stars), RV Tau stars, α CV, ZZ stars.

جميع هذه النجوم متغيرة فيزيائياً (نجوم نابضة) ولكنها تمتلك خواص مختلفة كالكتلة، نصف القطر، درجة الحرارة، الطيف، السعة والدور (زمن نبضة واحدة، أي زمن انقباض وانبساط واحد). كما ذكرنا سابقاً يكون النجم في الأحوال الطبيعية مستقر أي تسود حالة توازن هيدروستاتيكي بسبب تساوي القوتين الرئيسيتين المؤثرتين على النجم، قوة الجاذبية المتجهة نحو الداخل وقوة الإشعاع النووي المتجهة نحو الخارج. يؤدي حدوث اختلال في حالة التوازن هذه، نتيجة عوامل خارجية، إلى مشاهدة تغيرات في خواص النجم كما هو الحال في النجوم النابضة مثلاً.



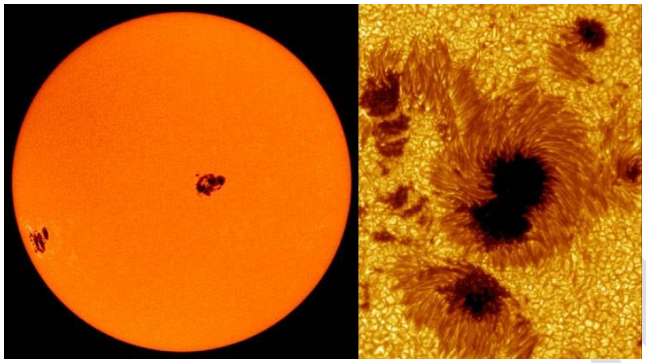
الشكل 2 . التغيرات الدورية في نجم نابض. تغير (a) شدة الإضاءة، (b) درجة الحرارة، (c) نوع الطيف، (d) السرعة، (e) نصف القطر، (f) الشكل الخارجي لقرص النجم [1].

إن التفاعلات النووية في مركز النجم هي المصدر الرئيس للطاقة، ولكن نتيجة الكثافة العالية في داخل النجم لا يتم وصول كامل الطاقة إلى السطح بواسطة الحمل الحراري (convection) وبشكل مباشر، إنما يتم بعثرته. خاصية النفاذية هذه في بنية النجم يشار إليها باستخدام الحرف اليوناني (κ). نتيجة ظروف خارجية، كتأثير حقول مغناطيسية قوية، يتم انضغاط المواد (H, He) الموجودة في منطقة من غلاف النجم

مما يؤدي إلى تحرك هذه الطبقة وبالتالي الطبقات الواقعة تحتها باتجاه مركز النجم وهذا يؤدي بدوره إلى ارتفاع شدة الضغط المؤثر على المركز ودرجة الحرارة، بالتالي فإن كمية قليلة من الإشعاع تستطيع النفاذ نحو الخارج (بفعل ازدياد الكثافة) مما يؤدي إلى تولد ضغط قوي جداً في المركز ينتج عنه تمدد النجم، أي أن النجم ينبسط. بعد فترة زمنية تنخفض درجة حرارة الطبقات المتمددة وتقل شدة الضغط مما يؤدي إلى ازدياد النفاذية أي انخفاض الكثافة، بالتالي يستطيع الإشعاع في المركز النفاذ بسرعة نحو الخارج مما يؤدي إلى انخفاض شدة الضغط الإشعاعي في المركز وبالتالي رجحان قوة الجاذبية التي تؤدي إلى تقلص النجم (انقباضه). وهكذا تتكرر الآلية طالما أن المؤثرات الخارجية موجودة، بالمحصلة فإن النجم ينبض (pulsates).

2) النجوم الدوارة (rotating stars)

كما نعلم فإن كافة النجوم تدور حول محور دورانها بسرعات مختلفة، ابتداءً بسرعات عالية جداً للنجوم الفتية وانتهاءً بسرعات منخفضة مع تقدم العمر. في هذا النوع من النجوم يكون السطح الخارجي للنجم غير منتظم، بمعنى أنه توجد مناطق صغيرة سوداء على السطح الخارجي للنجم تدعى باللطخ أو الكلف النجمي (Star spots) كما هو موضح في الشكل 3. وسميت كذلك لأنها شبيهة بالكلف الشمسي (Sun spots). ويعود السبب الفيزيائي لوجود هذه اللطخ إلى تأثير حقول مغناطيسية شديدة القوة على مناطق معينة من سطح النجم مما يؤدي إلى عدم السماح بإيصال كامل الطاقة المتولدة في المركز عن سلاسل التفاعلات النووية إلى هذه المنطقة من السطح, إذ أن الحقل يكون قوي جداً لدرجة أنه يقوم بعكس المادة أي الطاقة قبل وصولها إلى السطح وبالتالي فإن هذا الجزء من سطح النجم يحصل على كمية طاقة أقل من باقي مناطق السطح الأخرى كون تأثير الحقل في هذه المنطقة يكون أكبر, بالتالي تكون درجة حرارة هذا الجزء أقل بحوالي 200 – 300 K من درجة حرارة باقي المناطق وهذا ما يفسر كون هذه المنطقة سوداء (كناية عن انخفاض درجة الحرارة الناجم عن انخفاض كمية الطاقة المنقولة حرارياً بواسطة كرات الحمل الحراري convective zones إلى السطح). الجدير بالذكر أن هذه اللطخ السوداء تظهر وتختفي من حين إلى أخر بحسب شدة الحقول المغناطيسية المؤثرة. فترة حياتها تمتد من بضع دقائق إلى عدة سنين ومن غير الممكن مراقبتها بشكل مباشر نظراً لصغر حجمها بالإضافة إلى بعد النجم وعدم توفر التكنولوجيا اللازمة.



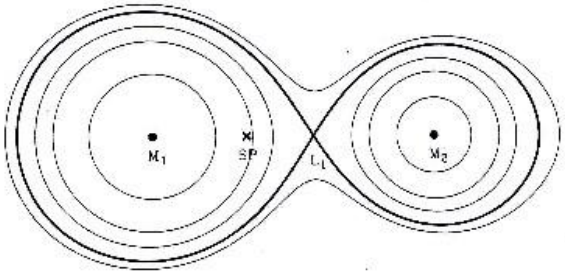
الشكل 3 . صورتين من البقع (اللطخ) الشمسية المختلفة .الصورة على اليسار تظهر قرص الشمس مع بعض مجموعات من البقع الشمسية الكبيرة بحجم كوكب المشتري العملاق (أكبر كواكب مجموعتنا الشمسية). الصورة على اليمين هي تقريب لبعض البقع الشمسية الأخرى، أصغرها أكبر من كوكب الأرض [4].

من الممكن تصميم موديل للطخة السوداء باستخدام تقنية حديثة جدا تدعى Doppler Imaging وهي مبنية بشكل رئيسي على دراسة أطياف (Spectroscopy) هذا النجم.

3) الأنظمة ثنائية الكسوف (EB: Eclipsing Binaries)

تتألف هذه الأنظمة من نجمين يدور كل منهما حول نفسه وحول مركز ثقل (Centre of Gravity) هذا النظام والذي يكون أقرب إلى النجم الأكبر (الكتلة الأكبر) كما هو موضح في الشكل 4 بواسطة الاختصار SP. هذه الحركة الدورانية حول مركز الثقل تعني أن كل منهما سيغطي الأخر (عملية كسوف) بشكل دوري, هذه التغطية المتبادلة تؤدي إلى نقصان في شدة

الضوء الوارد من كلا النجمين معاً وهو ما يشاهد في المنحني الضوئي لهذا النظام الثنائي عندما يكون مستوي الدوران (أي المدار) متعامد مع خط نظر المراقب, لذلك تدعى هذه النجوم (الأنظمة) بالنجوم المتغيرة بصرياً وليس فيزيائياً.



الشكل 4 . سطوح تساوي الكمون في نظام ثنائي (مكون من نجمين) حيث $M_2 = 0.5M_1$. L_1 تمثل نقطة لاغرانج الداخلية وتشير SP إلى مركز الثقل المشترك. الخط الأسود العريض يمثل حدود روش الحرجة لكل نجم [1].

إذا كانت مركبتي النظام الثنائي (النجمين) قريبتين من بعضهما البعض يكون هناك تأثير قوي متبادل لحقلي جاذبيتهما مما قد ينجم عنه تبادل في الكتلة بين المركبتين وبالتالي تغير في الشكل الخارجي لهما.

إن سطوح تساوي الطاقة أو الكمون والتي تمتلك نقاطها نفس الطاقة (الكمون) هي تقريباً دائرية الشكل (كما هو موضح في الشكل 4) تبدأ بالانتفاخ كلما ابتعدنا عن المركز إلى أن تتقاطع دائرة (سطح كمون) خاصة بالنجم الأول مع دائرة أخرى خاصة بالنجم الثاني في نقطة L_1 تدعى نقطة لاغرانج الداخلية (Interior Lagrange Point)، المنطقة الناتجة تدعى بحدود روش الحرجة (Critical Roche Border). بعد هذه الحدود تتصل السطوح مع بعضها في سطح واحد يحيط بالنجمين.

يستطيع كل نجم التمدد أثناء فترة تطوره ضمن حدود روش الحرجة الخاصة به فقط. في حال امتلاء هذه الحدود فإن المادة (غازات وسوائل) تبدأ بالانتقال عبر نقطة لاغرانج الداخلية إلى النجم الأخر.

استناداً إلى شكل المنحني الضوئي الخاص بهكذا نظام يمكن التمييز بين ثلاثة أنواع رئيسية وهي:

1.3 Algol stars (EA stars)

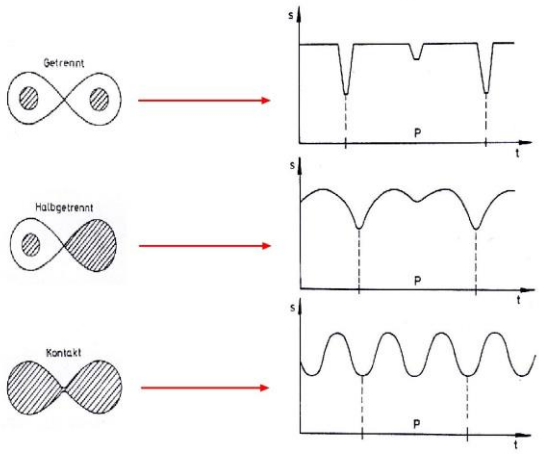
تكون في هذا النوع (نجوم الغول، أسم **عربي**) من الأنظمة الثنائية كلا المركبتين منفصلتين عن بعضهما البعض وتقريباً كروية. كلا المركبتين لا تزال ضمن حدود روش الحرجة (كما هو موضح في الشكل 5) ولذلك يدعى هذا النظام بالنظام المنفصل (Separated System) ([1], [2]).

من الصفات المميزة لهذه الأنظمة الثنائية أن المنحني الضوئي يكون دائماً ثابت (Constant light) خارج فترات مرور أحد النجمين أمام الأخر وحجبه عن المراقب (Eclipse)، والدور (الزمن اللازم كي يتم أحدهما دورة كاملة حول مركز الثقل) يكون دوماً أكبر من يوم واحد. كون قوى التجاذب المتبادلة بين مركبتي هذا النظام لا تؤدي إلى أي تغير في بنيتهما الخارجية (نظام منفصل) فإن حجب كل منهما لضوء الأخر بشكل دوري هو السبب الرئيس والوحيد لمشاهدة التغيرات في المنحني البياني لهذا النظام.

2.3 β Lyrae stars (EB stars)

على العكس من النظام السابق (EB stars) فإن إحدى المركبتين في هذا النظام تكون قد ملأت حدود روش الحرجة الخاصة بها في حين أن الثانية لا تزال ضمن حدودها الحرجة ولذلك يطلق على هذه الأنظمة الثنائية أسم أنظمة نصف منفصلة (Semi-Separated System).

كون المركبتان قريبتان من بعضهما بشكل كافي فإن قوى التجاذب المتبادل تؤدي إلى تغير في شكل المركبتين, فبدلاً من أن تكونا كرويتين تقريباً, كما في النظام السابق, فإنهما تأخذان شكل اهليجي (Ellipsoid). المنحني الضوئي الخاص بهكذا نظام لا يظهر أي أجزاء ثابتة (الشكل 5) والدور يكون دوماً بحدود يوم واحد.



الشكل 5. المنحنيات الضوئية التقليدية للأنواع الثلاثة الرئيسية للأنظمة الثنائية الكسوف. في الأعلى نظام منفصل (EA star), في الوسط نظام نصف منفصل (EB star) وفي الأسفل نظام متصل (EW star) ([1], [2]).

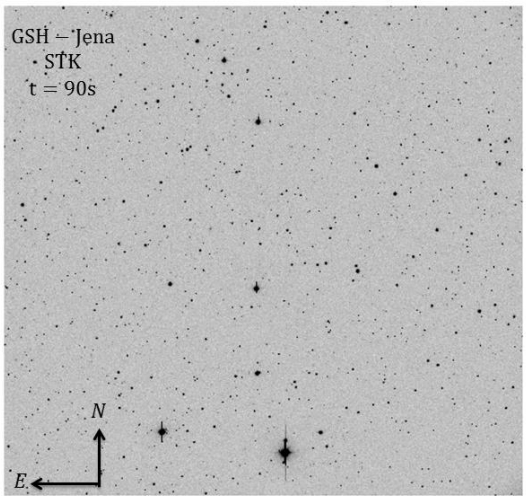
3.3 W Ursae–Maioris stars (EW stars)

يتم في هذا النظام الحديث عما يعرف بالنظام المتصل (Contact System) كون كلا المركبتين قد ملأتا حدودهما الحرجة بشكل كامل. المنحني الضوئي الخاص بهذه الأنظمة يشابه إلى حد ما ذاك الخاص بالنظام السابق (EW stars) مع الفارق بأن كلا الانخفاضين (كل انخفاض يدل على حجب ضوء أحدهما بواسطة الأخر) يكونان متساويان (الشكل 5) مما يعني أن كلا المركبتين (النجمين) تمتلكان نفس درجة الحرارة الفعالة, إن اتصال المركبتين مع بعضهما البعض وملأهما لحدودهما الحرجة يؤدي إلى حدوث تبادل في المادة ما بين هاتين المركبتين (Material Exchange) عن طريق نقطة لاغرانج الداخلية (الشكل 4) وهذا يؤدي بدوره إلى خلط المواد بشكل جيد جداً في كلا المركبتين مسبباً بالتالي هذا التعادل الحراري. إن الدور في هذه الأنظمة يكون دوماً أصغر من يوم واحد.

III. النتائج

تعطي تقنية قياس شدة الضوء (Photometry) ما يعرف بالمنحنيات الضوئية, وهي عبارة عن رسم بياني يعطي شدة إشعاع نجم ما بتابعية الزمن. تعتبر هذه التقنية إحدى الطرق المستخدمة لدراسة تغيرات نجم ما أثناء دورة حياته.

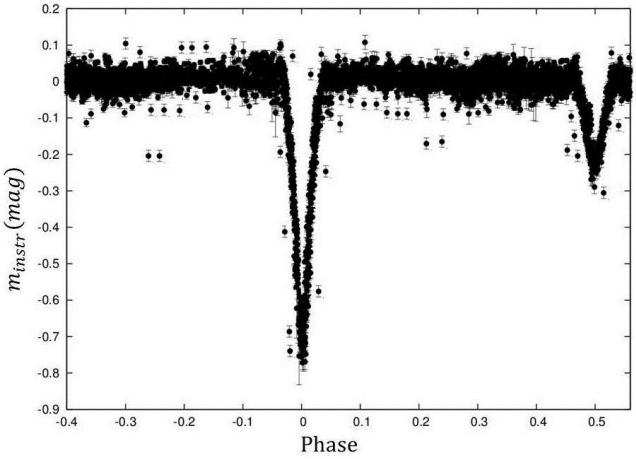
أثناء رصدي لحقل من النجوم (الشكل 6)، يقع على أطراف مجموعة نجوم الثريا الشهيرة (Pleiades)، باستخدام تلسكوبات مرصد جامعة فريدريش شيللر في ألمانيا قمت باكتشاف العديد من النجوم المتغيرة ضمن هذا الحقل. بعضها نجوم متغيرة فيزيائياً وبعضها نجوم متغيرة بصرياً.



الشكل 6. حقل من النجوم على أطراف مجموعة نجوم الثريا. الصورة مأخوذة بواسطة الكاميرا STK المركبة على تلسكوب الجامعة GSH في مدينة يينا (Jena) وبزمن إضاءة قدره 90s. الاتجاهان شمال N وشرق E في أسفل الصورة [5].

يعتبر النجم (V1=2MASS J03402625+2527220) من النجوم المتغيرة المكتشفة في الحقل المدروس، حيث يشير المنحني الضوئي الخاص بهذا النجم (الشكل 7) إلى أننا نتعامل مع نجم مضاعف (نظام نجمي مكون من نجمين) [6].

تم قياس شدة الإشعاع باستخدام برمجيات خاصة بالتعامل مع الصور الفلكية (MIDAS, GAIA) ([7]–[9]). يشمل المنحني الضوئي الخاص بهذا النظام أكثر من 5000 قيمة، تمثل كل قيمة شدة إشعاع مأخوذة من صور تم التقاطها على مدار عدة سنوات من الرصد الفلكي المتواصل للحقل المدروس.



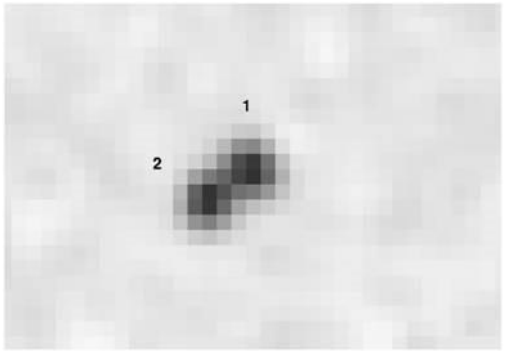
الشكل 7. المنحني الضوئي للنجم المتغير V1. كل نقطة هي عبارة عن صورة تم التقاطها بواسطة كاميرا التلسكوب الرئيسي STK. جميع الصور تم التقاطها في نفس المجال الضوئي R ولكن بأزمنة إضاءة مختلفة. المحور Y مضروب بالقيمة 1− [6].

تم بالاعتماد على هذا المنحني الضوئي والقوانين الفيزيائية المناسبة حساب كافة البارامترات الفيزيائية للنجمين المكونين لهذا النجم المضاعف بالإضافة إلى تحديد بعد وعمر هذا النجم، حيث أن هذا النجم المضاعف هو مرشح لأن يكون عضو في مجموعة نجوم الثريا.

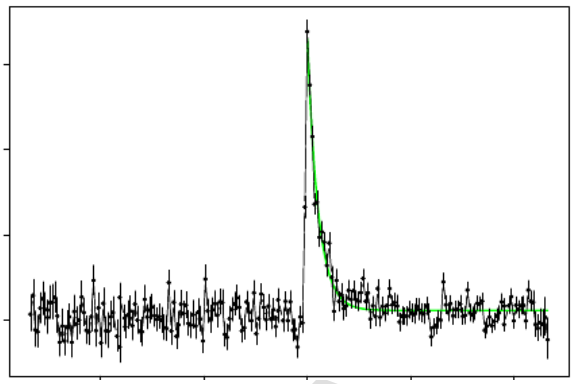
من النجوم الجديدة المتغيرة المكتشفة ضمن الحقل المدروس نجم متغير بصورة غير منتظمة، وهو ما يعرف بنجم الفلير. يظهر نجم الفلير شدة إضاءة ثابتة طوال فترة المراقبة ولكنه يظهر فجأةً، وبدون سابق إنذار، ازدياد واضح في شدة الإضاءة يمكن مشاهدته في المنحني الضوئي الخاص بهذا النجم كما هو واضح في الشكل 9.

كذلك الأمر بالنسبة لهذا النجم فهو مكون أيضاً من نجمين قريبين من بعضهما البعض (الشكل 8) بحيث أننا نعجز عن تحديد أي النجمين هو المسؤول عن هذا التغير في شدة الإضاءة.

قمنا بحساب كافة البارمترات الفيزيائية الخاصة بكل من النجمين المكونين لهذا النجم المتغير، وذلك بالاعتماد على المنحني الضوئي الخاص به (الشكل 9), حيث أن أحدها يصلح لأن يكون مرشح لعضوية مجموعة نجوم الثريا [10].



الشكل 8. النجمين المكونين لنجم الفلير المتغير [10].



الشكل 9. المنحني الضوئي الخاص بنجم الفلير المتغير، حيث يبدوا واضحاً ازدياد شدة الإضاءة بشكل مفاجئ ومن ثم عودتها إلى الشدة الطبيعية [10].

شكر

أتوجه بالشكر لجامعة تشرين لإيفادها لي إلى جمهورية ألمانيا الاتحادية من أجل الحصول على درجة الدكتوراه في الفيزياء باختصاص فيزياء الفلك.

كما أتوجه بالشكر لمعهد فيزياء الفلك ومرصد الجامعة الفلكي في مدينة بينا–ألمانيا على تعاونهم العلمي المميز أثناء دراساتي العليا.

كما أتوجه بالشكر لإدارة جامعة المنارة المحترمة ولإدارة مجلة جامعة المنارة المحترمة على إعطائهم لي فرصة تقديم مواضيع فلكية تغني هذه المجلة العلمية، مع كل تمنياتي لهذه المجلة

العلمية بالنجاح والوصول إلى مرتبة علمية عالمية مرموقة كما تستحق.

المراجع

[1]. Weigert, A., Wendker, H. J., Wisotzki, L.: *Astronomie und Astrophysik*. Auflage 4. WIELY-VCH, 2009

[2]. Weigert, A.; Wendker, H. J.; Wisotzki, L.: Astronomie und Astrophysik. Auflage 5. WIELY-VCH, 2009

[3]. Unsöld, A.; Baschek, B.: Der neue Kosmos. Auflage 7. Springer, 2009

[4]. محمد معلا, محي الدين نظام, نزيه حيدر. " فيزياء الفلك", كتاب جامعي لطلاب السنة الرابعة فيزياء. منشورات جامعة تشرين 2021

[5]. M. Moualla, "Variability of the Pleuades," PhD. thesis, Astrophysical Institute and University Observatory, Jena, Germany, May. 2011

[6]. Moualla, M. Photometric Variability of a field of stars in the Pleiades cluster (A new founded Algol star in the selected field). Tishreen University Journal-Basic Sciences Series: Vol. 42 No. 5 (2020).

[7]. Bertin, E., *SExtractor, User's manual*, Edition 2.5, 1997, Institut d'Astrophysique, Observatoire de Paris.

[8]. European Southern Observatory, *MIDAS, ESO Operating Manual No.1*, May 1990. – Volume A: System

[9]. European Southern Observatory, *MIDAS, ESO Operating Manual No.1*, May 1990. – Volume B: Data Reduction

[10]. Moualla, M., Schmidt, T. O. B., Neuhäuser, R., Hambaryan, V. V., Errmann, R., Trepl, L. and Broeg, Ch., *a new flaring star member candidate in the Pleiades cluster*, AN, 2011. No. 7. 661 – 667

منشورات المؤلف:

[1]. Moualla, M. (2021). The telescopes of Manara Astronomy Club. Manara University Journal (JMU), Vol. 1, Issue 4.

[2]. Moualla, M. (2021). New variable stars in the Pleiades cluster. *Tartous University Journal for Research and Scientific Studies*, Vol. 5 No. 3 (2021).

[3]. Moualla, M. (2021). Studying the Pulsating Star 2MASS J03424676+2529504 in the Pleiades open cluster, *Tishreen University Journal -Basic Sciences Series*, Vol. 43 No. 5.

[4]. Moualla, M. (2021). Variable stars. *Manara University Journal (JMU)*, Vol. 1, Issue 1.

[5]. Moualla, M. (2020). Photometric variability of a field of stars in the Pleiades cluster, *Tishreen University Journal for Research and Scientific Studies*, Vol. 42, issue 4.

[6]. Raetz, St., Schmidt, T. O. B., Czesla, S., Klocová, T., Holmes, L., Errmann, R., Kitze, M., Moualla, M. et al. (2016). YETI observations of the young transiting planet candidate CVSO 30 b. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, Vol. 460, issue 3, pp. 2834-2852.

[7]. Errmann, R., Torres, G., Schmidt, T. O. B., Seeliger, M., Howard, A. W., Maciejewski, G., Neuhäuser, R., Moualla, M. et al. (2014). Investigation of a transiting planet candidate in Trumpler 37: An astrophysical false positive eclipsing spectroscopic binary star. *Astronomische Nachrichten*, Vol. 335, Issue 4, p.345.

[8]. Chen, W. P., Hu, S. C. L., Errmann, R., Adam, Ch., Baar, S., Berndt, A., Bukowiecki, L., Moualla, M. et al. A Possible Detection of Occultation by a Proto-planetary Clump in GM Cephei. *The Astrophysical Journal*, Vol. 751, Issue 2, article id. 118, 5 pp. (2012).

[9]. Berndt, A., Errmann, R., Maciejewski, G., Raetz, St., Marka, C., Ginski, Ch., Mugrauer, M., Moualla, M. et al. *Observation of Young Stars at the University Observatory Jena. 16th Cambridge Workshop on Cool Stars, Stellar Systems, and the Sun*. ASP Conference Series, Vol. 448.

[10]. Moualla, M., Schmidt, T. O. B., Neuhäuser, R., Hambaryan, V. V., Errmann, R., Trepl, L. and et al. (2011). A new flare star member candidate in the Pleiades cluster. *Astronomische Nachrichten*, Vol. 332, Issue 7, p.661.

[11]. Raetz, S., Mugrauer, M., Schmidt, T. O. B., Roell, T., Eisenbeiss, T., Vaňko, M., Moualla, M. and et al. *Observations of planetary transits at the University Observatory Jena. Research, Science and Technology of Brown Dwarfs and Exoplanets:* Proceedings of an International Conference held in Shangai on Occasion of a Total Eclipse of the Sun, Edited by E.L. Martin; J. Ge; W. Lin; EPJ Web of Conferences, Vol.16, id.01003 (2011).

[12]. Neuhäuser, R., Errmann, R., Berndt, A., Maciejewski, G., Takahashi, H., Chen, W. P., Moualla, M., et al. (2011). Young Exoplanet Transit Initiative (YETI). *Astronomische Nachrichten*, Vol. 332, Issue 6, p.547.

[13]. Maciejewski, G.- Neuhäuser, R., Errmann, R., Mugrauer, M., Adam, Ch., Berndt, A., Moualla, M., et al. (2011). Towards the Rosetta Stone of planet formation Detection and Dynamics of Transiting Exoplanets, *St. Michel l'Observatoire*, Vol. 11, id.04006

[14]. Hohle, M., Eisenbeiss, T., Mugrauer, M., Freistetter, F., Moualla, M. and et al. (2011). Photometric study of the OB star cluster NGC 15025 and NGC 2169 and mass estimation of their members at the University Observatory Jena. *Astronomische Nachrichten*, Vol. 330, Issue 5, p.511.

[15]. Raetz, S., Vaňko, M., Mugrauer, M., Schmidt, T. O. B., Roell, T., Eisenbeiss, T., Hohle, M. M., Moualla, M. and et al. (2009). Photometric analysis of the eclipsing binary 2MASS 19090585+4911585, *Asteonomische Nachrichten*, Vol. 330, Isuue 8, p 504.

[16]. Neuhäuser, R., Koeltzsch, A., Raetz, St., Schmidt, T. O. B., Mugrauer, M., Moualla, M. and et al. (2009). Photometric monitoring of the young star Par 1724 in Orion. *Astronomische Nachrichten*, Vol. 330, Issue 5, p.493.

[17]. Koeltzsch, A, Mugrauer, M., Raetz, St., Schmidt, T. O. B., Roell, T., Eisenbeiss, T., Moualla, M. and et al. (2009). Variability of young stars: Determination of rotational periods of weak-line T Tauri stars in the Cepheus-Cassiopeia star-forming region. *Astronomische Nachrichten*, Vol. 330, Issue 5, p.482-492.

[18]. Raetz, St., Mugrauer, M., Schmidt, T. O. B., Roell, T., Eisenbeiss, T., Moualla, M. and et al. (2009). Planetary transit observations at the University Observatory Jena: TrES-2. *Astronomische Nachrichten*, Vol. 330, Issue 5, p.459.

[19]. Eisenbeiss, T., Moualla, M., and et al. (2009). New brown dwarf candidates in the Pleiades. *Astronomische Nachrichten*, Vol. 330, Issue 5, p.439.

JMU