

المقدمة

تعد الأنظمة الكسوفية مصدراً غنياً للمعلومات الفيزيائية والهندسية للنجوم ، فمن خلال الرصد الفوتومتري نحصل على المنحني الضوئي الذي نحصل منه على كل من (L_2, L_1, i, R_2, R_1) وغيرها من العوامل للنظام الكسوفي ، حيث (R_2, R_1) تمثل نصف القطر النسبي للنجم الأول والثاني على التوالي و (i) هي زاوية الميل للنظام الكسوفي بالنسبة للراصد و (L_2, L_1) هي النورانية النسبية للنجم الأول والثاني على التوالي (Tsesevich,1973).

لقد تم إعداد الكثير من الطرائق الحسابية لتحديد قيم تلك العوامل منها (Kopal,1982) و (Russel and Shapely,1912) و (Wilson and Devinney,1971) و (Wilson ,1990) و (Van Hamme,2003) وبعدها يتم إدخال تلك القيم في مجموعة من المعادلات لرسم المنحني الضوئي النظري ومقارنته مع المنحني الضوئي المرصود. وللحصول على منحني ضوئي أكثر دقة يتم إضافة تأثير العديد من العوامل بالإضافة إلى العوامل السابقة لمعادلات رسم المنحني الضوئي مثل معامل عتمة الطرف (u) و معامل الانعكاسية (E) و معامل العتمة التفاضلية (τ) وغيرها .

ولمعرفة تأثير تغيير قيم (L_2, L_1, i, R_2, R_1) في المنحني الضوئي النظري تم اعتماد ثلاث أنظمة مختلفة هي النظام الكسوفي (SZ Psc) و (HP Aur) و (44i Boo) تنتمي لثلاث طوائف هي (Algol) و $(\beta - Lyrae)$ و (W-UMa) على التوالي .

الحسابات المعتمدة لرسم المنحني الضوئي

لحساب إحداثيات موقع كل من النجم الأول (x_1, y_1, z_1) والنجم الثاني (x_2, y_2, z_2) في نظام ثنائي كسوفي تم اعتماد شكل المدار الدائري واعتماد المعادلات (Goldstein,1981) أو (George,2004) .

$$x = D \sin(\theta) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$y = D \cos(i) \cos(\theta) \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$z = D \sin(i) \cos(\theta) \quad \dots\dots\dots (3)$$

وينتج عن ذلك إن

$$x_1 = \frac{-x}{1 + \left(\frac{1}{q}\right)} \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$y_1 = \frac{-y}{1 + \left(\frac{1}{q}\right)} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$z_1 = \frac{-z}{1 + \left(\frac{1}{q}\right)} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$x_2 = \frac{x}{1 + q} \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$y_2 = \frac{y}{1 + q} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$z_2 = \frac{z}{1 + q} \quad \dots\dots\dots (9)$$

إذ تمثل (D) المسافة الفاصلة بين مركزي النجمين ، (q) النسبة بين كتلة النجم الثاني m_2 إلى كتلة النجم الأول m_1 ، (θ) زاوية تساوي $(2\pi \text{ phase}^*)$ و (phase) هو الطور خلال دورة مدارية كاملة .
ومن المعادلات السابقة فان (x,y) تمثل إحداثيات موقع النجوم في النظام و z تعبر عن أي النجمين في الإمام عن الأخر .

وكذلك من (Hiltner,1977)

$$F_1 = \frac{L_1}{4\pi R_1^2} \dots\dots\dots(10)$$

$$F_2 = \frac{L_2}{4\pi R_2^2} \dots\dots\dots(11)$$

$$L_{1,2} = \sigma T_{\text{eff}1,2}^4 \dots\dots\dots(12)$$

ومن المعادلات (10) و (11) و (12) نحصل

$$I = k(F_1 A_1 + F_2 A_2) = \frac{k}{4\pi} \left(\frac{L_1 A_1}{R_1^2} + \frac{L_2 A_2}{R_2^2} \right) \dots\dots\dots(13)$$

إذ تمثل $(F_{1,2})$ طاقة الفيض للنجم الأول والثاني ، $(R_{1,2})$ نصف القطر النسبي للنجم الأول والثاني ، $(L_{1,2})$ النورانية النسبية للنجم الأول والثاني ، (σ) ثابت ستيفان - بولتزمان ، $(T_{\text{eff}1,2})$ درجة الحرارة المؤثرة للنجم الأول والثاني ، (k) ثابت يتم تحديده من معرفة الخواص البصرية للتلسكوب وبعد النظام الكسوفي عن الراصد ، (I) قيمة تقريبية للنورانية النسبية للمنحنى النظري للنظام الكسوفي (تحسب للرسم مع الطور) ، $(A_{1,2})$ مساحة قرص النجم الأول والثاني للنظام الكسوفي بالنسبة إلى الراصد وتحسب قيمتها من الجدول (1).

جدول (1) مساحات القرص لحالات الكسوف للنظام (Bruton,2003) .

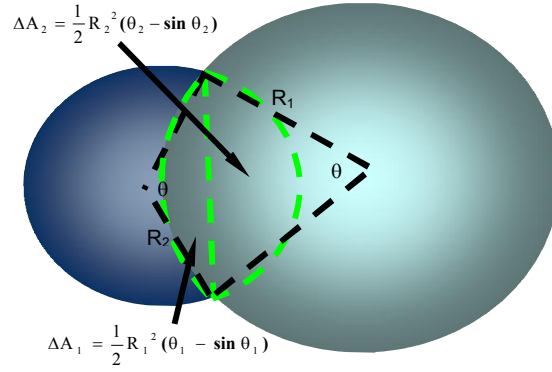
حالة الكسوف	$z_1 > z_2$		$z_1 < z_2$	
	A_1	A_2	A_1	A_2
منطقة خارج كسوف	πR_1^2	πR_2^2	πR_1^2	πR_2^2
كسوف جزئي خفيف	πR_1^2	$\pi R_2^2 - \Delta A_1 - \Delta A_2$	$\pi R_1^2 - \Delta A_1 - \Delta A_2$	πR_2^2
كسوف جزئي كبير	πR_1^2	$\Delta A_2 - \Delta A_1$	$\pi R_1^2 - \pi R_2^2 + \Delta A_2 - \Delta A_1$	πR_2^2
كسوف كلي	πR_1^2	0	$\pi R_1^2 - \pi R_2^2$	πR_2^2

حيث المعادلات من (Bruton,2003).

$$\Delta A_1 = \frac{1}{2} R_1^2 (\theta_1 - \sin \theta_1) \dots\dots\dots(14)$$

$$\Delta A_2 = \frac{1}{2} R_2^2 (\theta_2 - \sin \theta_2) \dots\dots\dots(15)$$

كما في الشكل(1).



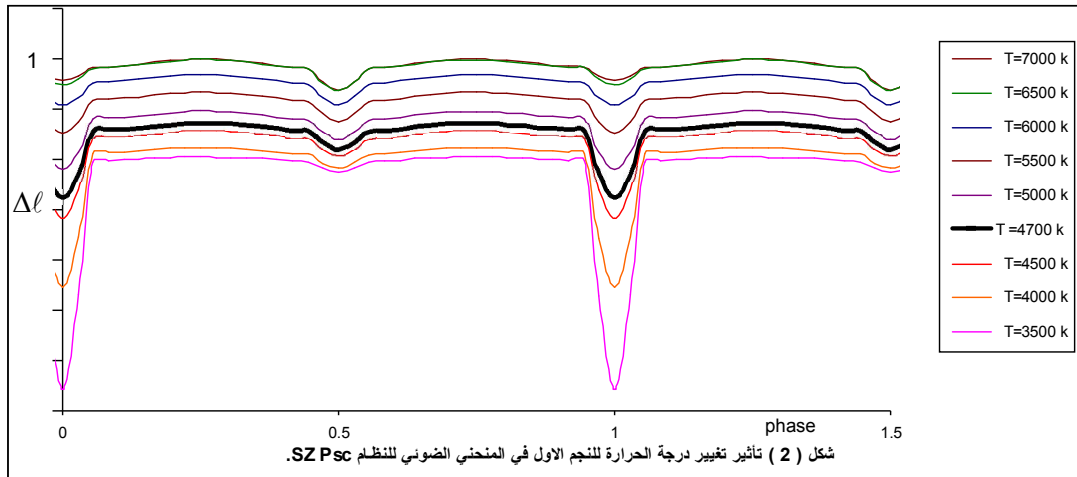
شكل (1) تحديد قيمة المساحات ΔA_1 و ΔA_2 للنظام الكسوفي (Bruton, 2004).

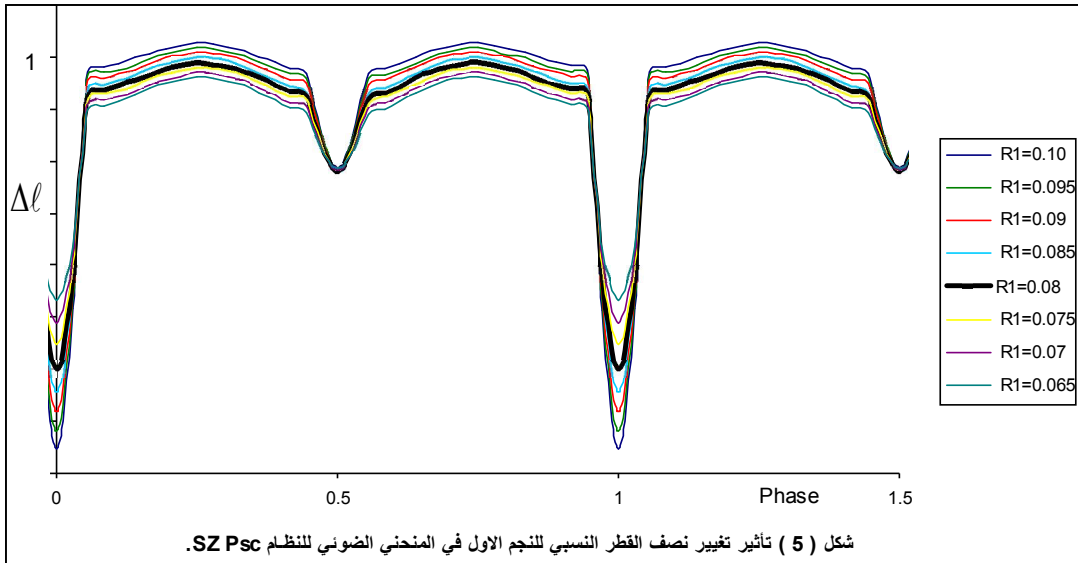
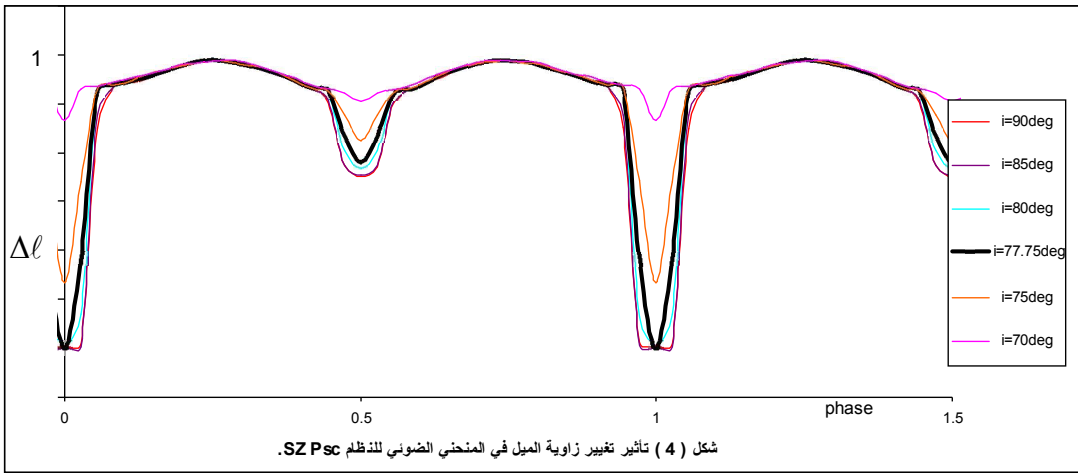
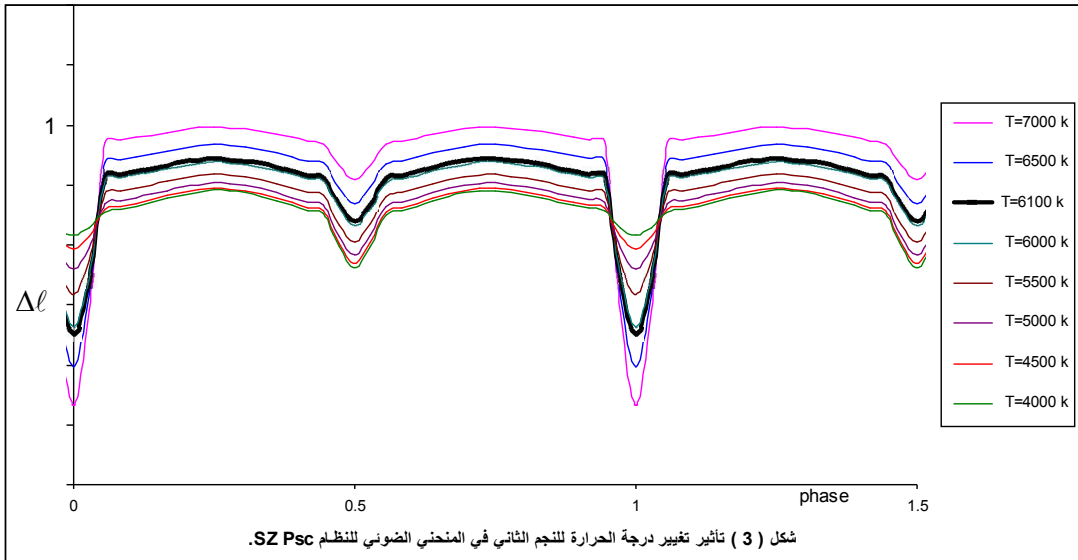
النتائج

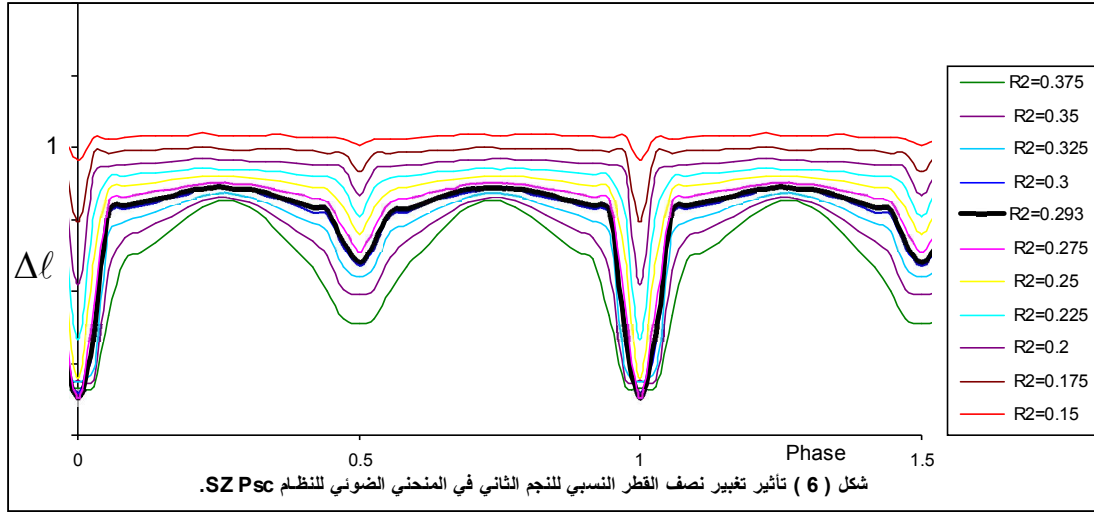
في الدراسة الحالية تم رسم المنحني الضوئي النظري باستعمال العوامل الأصلية المنشورة لتطابق جيد بين المنحني النظري والرصد العملي بخط اسود عريض للمقارنة مع المنحنيات الناتجة من تغير عامل معين كما في الإشكال من (2 - 16) باستعمال برنامج (Excel). وقد وضع الطور (phase) على المحور السيني و $(\Delta \ell)$ على المحور الصادي التي تمثل النسبة بين النورانية الواصلة إلى النورانية العظمى للنظام ولكافة الأنظمة المستعملة في الدراسة وكما يأتي:

1- النظام الكسوفي SZ Psc

في كل من الإشكال (2) و (3) و (4) و (5) و (6) تم تغيير درجة الحرارة للنجم الأول والثاني وزاوية الميل للنظام ونصف القطر النسبي للنجم الأول والثاني على التوالي.

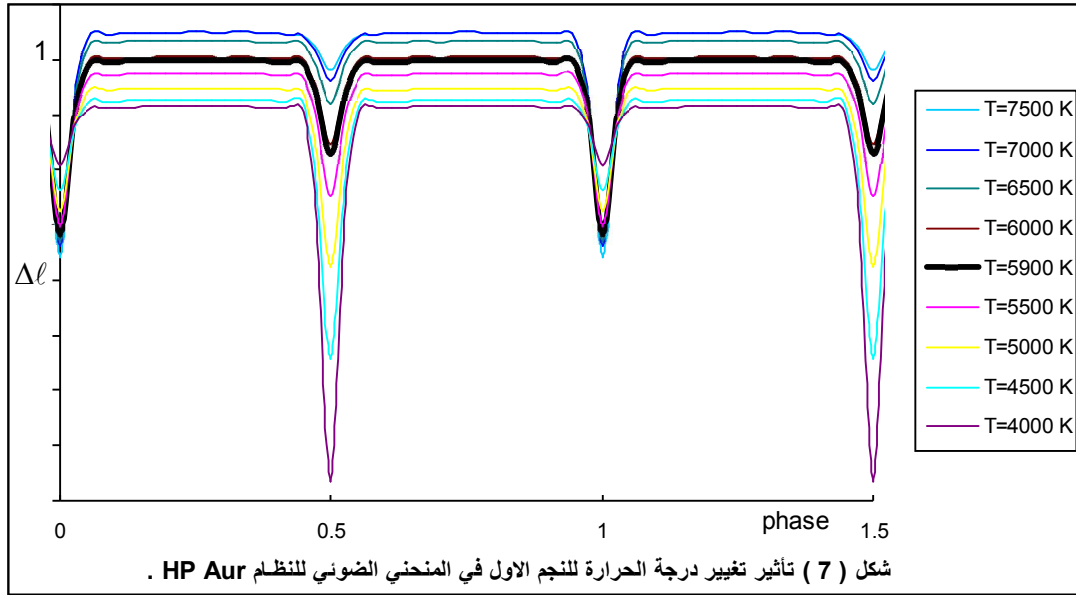


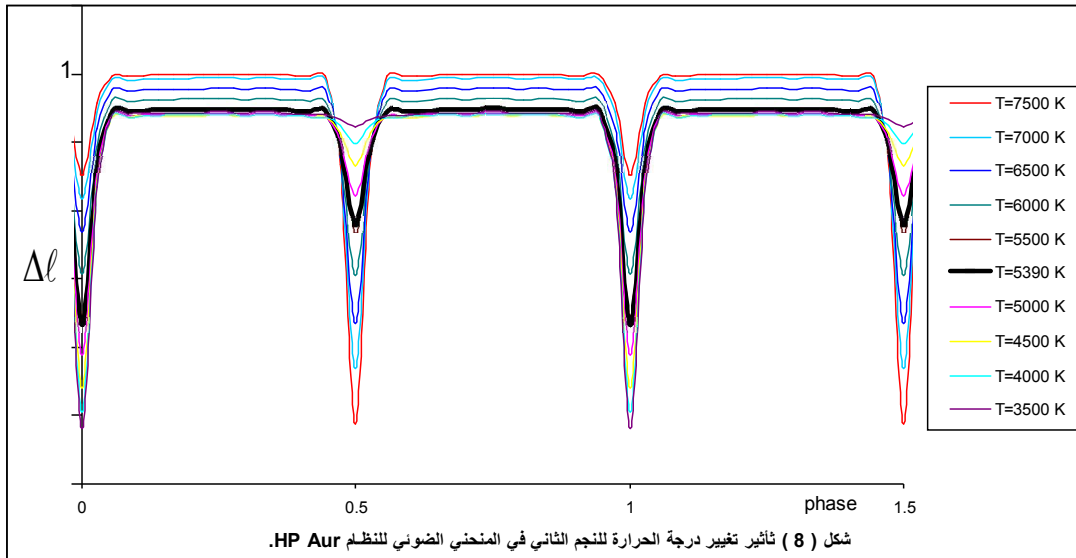




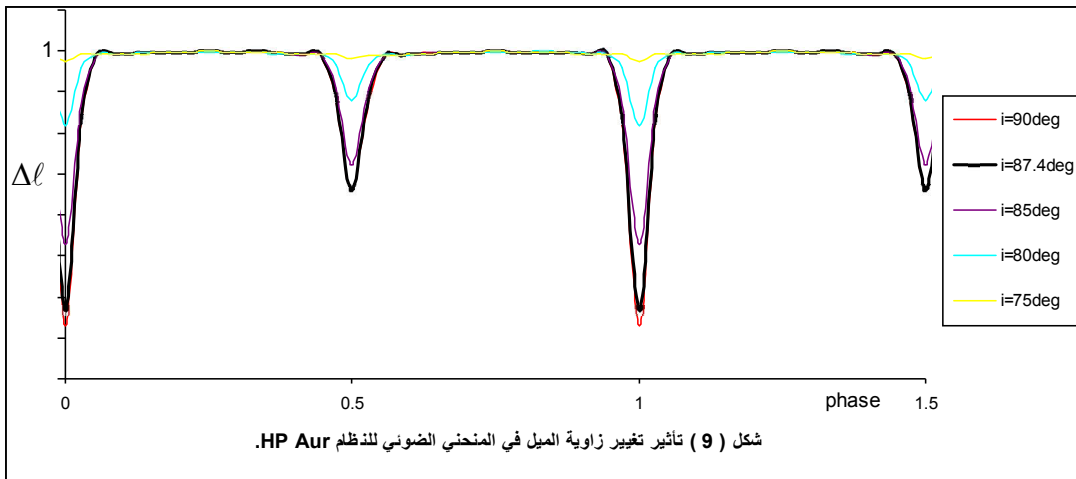
2- النظام الكسوفي HP Aur

في كل من الأشكال (7) و (8) و (9) و (10) و (11) تم تغيير درجة الحرارة للنجم الأول والثاني وزاوية الميل للنظام ونصف القطر النسبي للنجم الأول والثاني على التوالي .

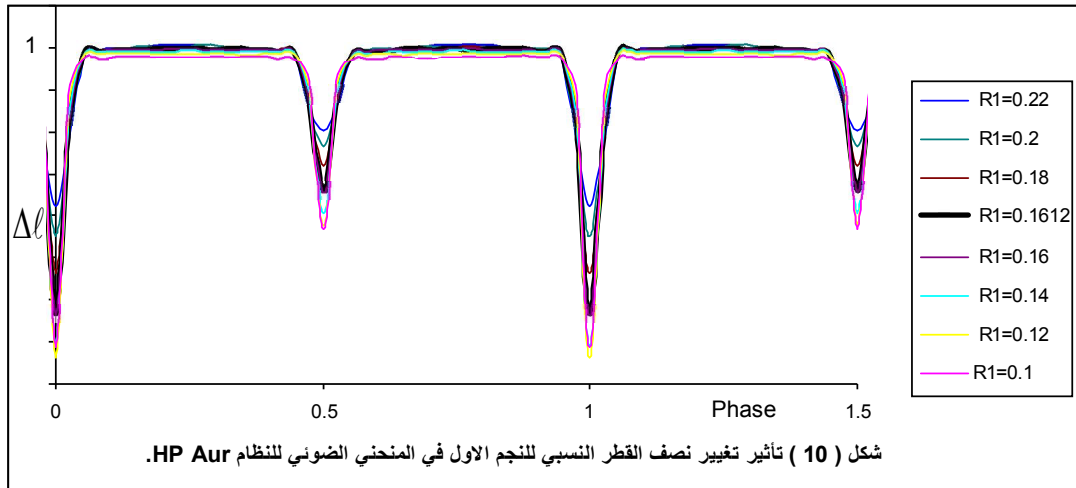




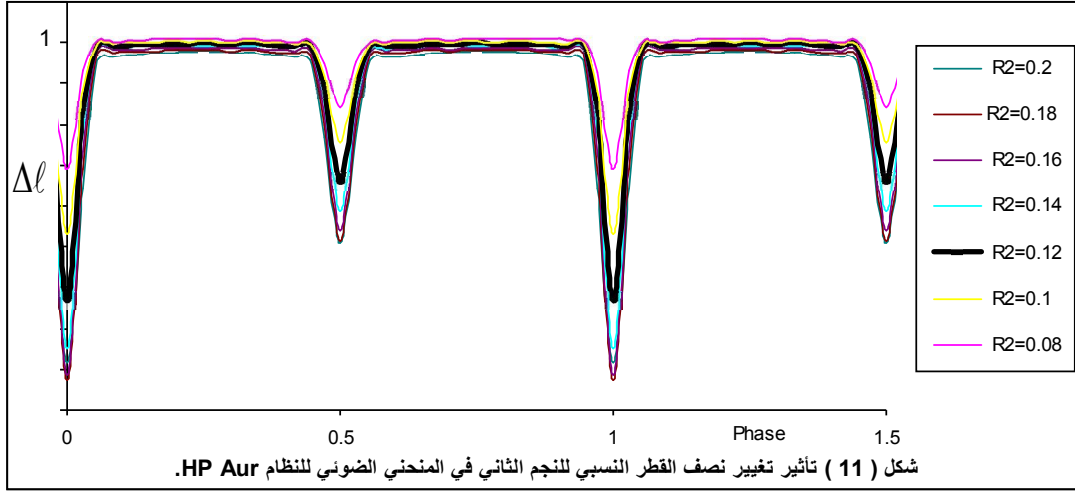
شكل (8) تأثير تغيير درجة الحرارة للنجم الثاني في المنحني الضوئي للنظام HP Aur.



شكل (9) تأثير تغيير زاوية الميل في المنحني الضوئي للنظام HP Aur.

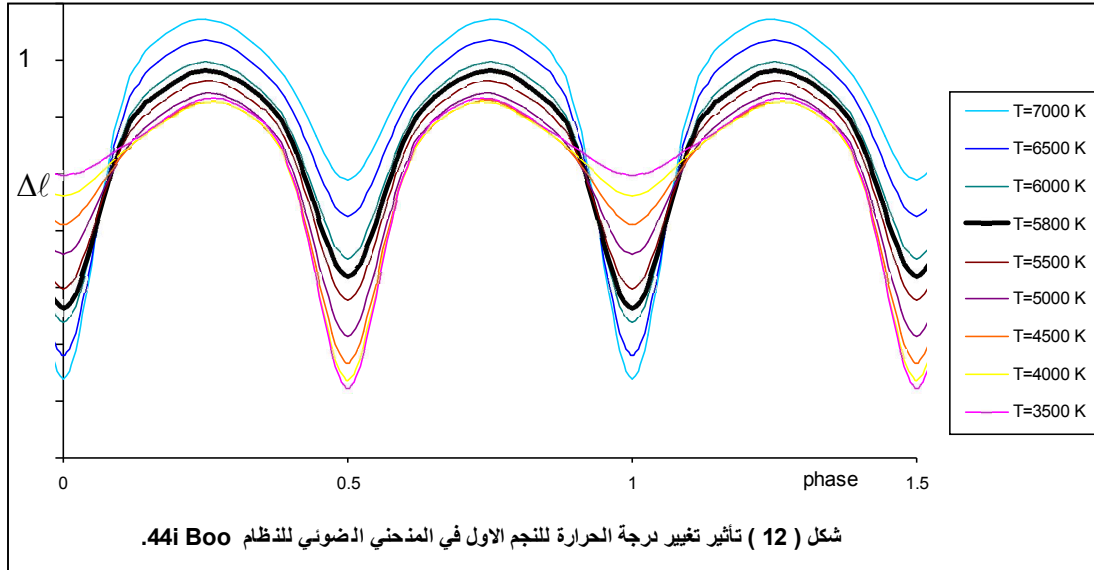


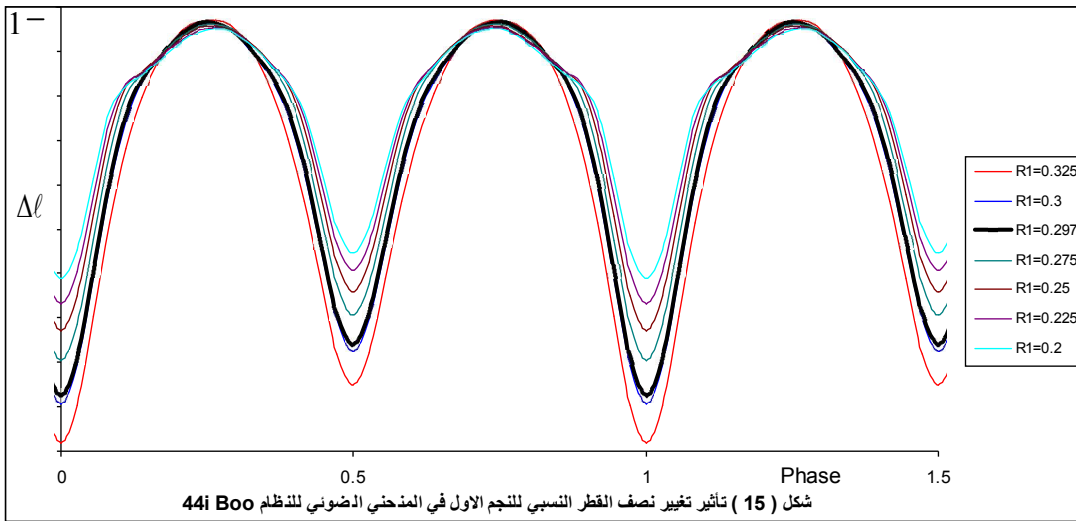
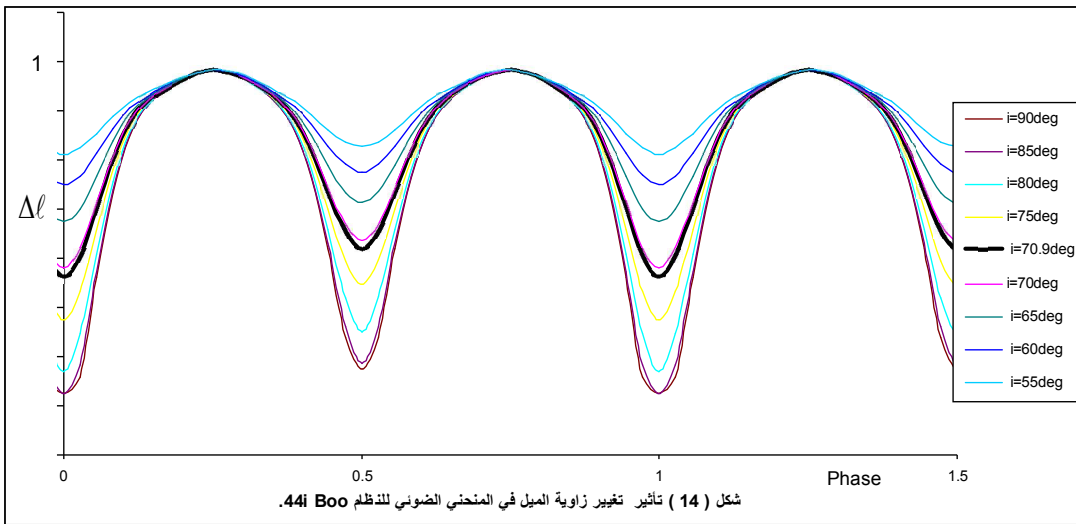
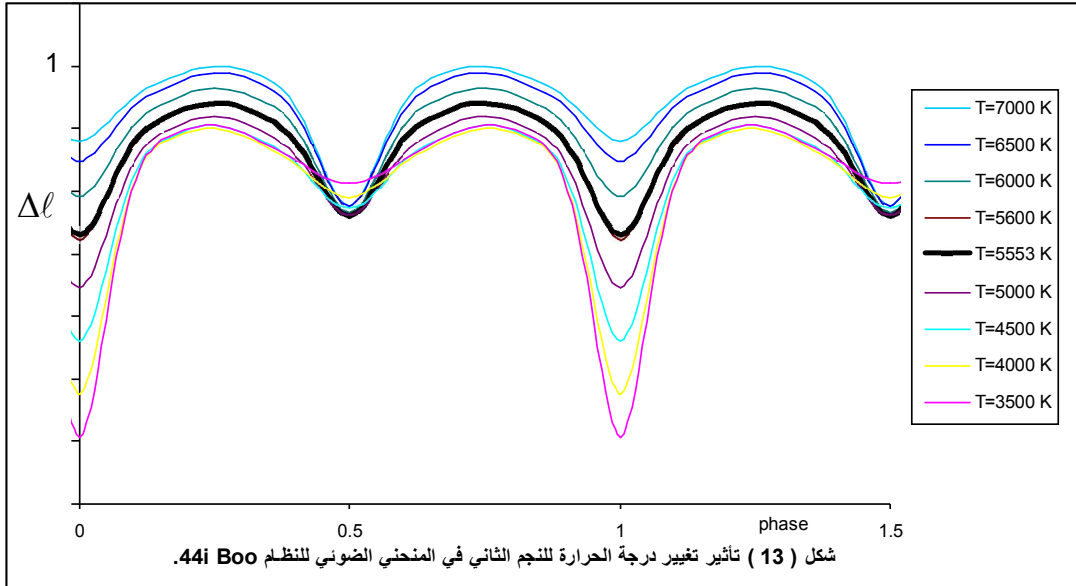
شكل (10) تأثير تغيير نصف القطر النسبي للنجم الاول في المنحني الضوئي للنظام HP Aur.

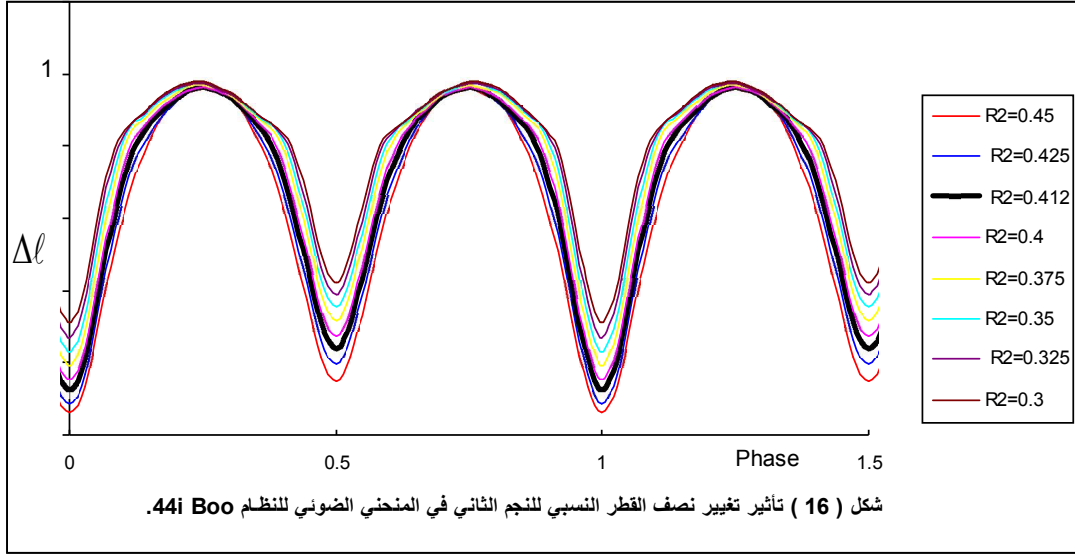


3- النظام الكسوفي 44i Boo

في كل من الإشكال (12) و(13) و(14) و(15) و(16) تم تغيير درجة الحرارة للنجم الأول والثاني وزاوية الميل للنظام ونصف القطر النسبي للنجم الأول والثاني على التوالي .







النتائج والمناقشة

1- تغيير درجة الحرارة للنجم الأول للنظام:

(SZ Psc) - زيادة عمق الكسوف الابتدائي عند انخفاض درجة الحرارة والعكس عند الارتفاع ، بقاء شكل الكسوف الثانوي دون تغيير .

(HP Aur) - زيادة عمق الكسوف الابتدائي بشكل بسيط عند زيادة درجة الحرارة ، زيادة عمق الكسوف الثانوي عند انخفاض درجة الحرارة والعكس عند الارتفاع .

(44i Boo) - زيادة عمق الكسوف الابتدائي عند زيادة درجة الحرارة والعكس عند الانخفاض ، يقل عمق الكسوف الثانوي عند ارتفاع درجة الحرارة وبالعكس .

2- تغيير درجة الحرارة للنجم الثاني للنظام:

(SZ Psc) - انخفاض عمق الكسوف الابتدائي عند انخفاض درجة الحرارة والعكس عند الارتفاع ، بقاء شكل الكسوف الثانوي دون تغيير .

(HP Aur) - زيادة عمق الكسوف الابتدائي عند انخفاض درجة الحرارة ، زيادة العمق مع زيادة درجة الحرارة للكسوف الثانوي .

(44i Boo) - نقصان عمق الكسوف الابتدائي عند ارتفاع درجة الحرارة والعكس عند الانخفاض ، تغيير بسيط عند انخفاض درجة الحرارة بشكل كبير جداً عند الكسوف الثانوي مع بقاءه دون تغيير لبقية درجات الحرارة .

3- تغيير زاوية الميل للنظام:

(SZ Psc) - تحول منطقة الكسوف الابتدائي من منطقة مستوية تشير إلى كسوف كلي عند زيادة زاوية الميل ، اختفاء الكسوف الثانوي مع نقصان زاوية الميل مما يشير إلى خروج النظام من صنف الأنظمة الكسوفية ولكن بقاءه نظام ثنائي . تغيير منطقة بداية الكسوف الابتدائي من حافة حادة إلى حافة منحدرية نتيجة زيادة زاوية الميل .

(HP Aur) - زيادة عمق الكسوف الابتدائي مع زيادة زاوية الميل .

(44i Boo) - زيادة عمق الكسوف مع زيادة زاوية الميل للكسوف الابتدائي والثانوي معاً والعكس عند نقصاً زاوية الميل .

4- تغيير نصف القطر النسبي للنجم الأول للنظام:

(SZ Psc) - عرض نطاق منطقة الكسوف الابتدائي لم يتغير وحصول زيادة في عمق الكسوف نتيجة زيادة نصف القطر والعكس ، عدم حصول أي تغيير في شكل الكسوف الثانوي نتيجة الزيادة أو النقصان.
(HP Aur) - زيادة عمق الكسوف الابتدائي والثانوي عند نقصان نصف القطر النسبي والعكس للانخفاض.
(44i Boo) - زيادة عمق الكسوف الابتدائي والثانوي بشكل بسيط عند زيادة نصف القطر النسبي والعكس للزيادة.

5- تغيير نصف القطر النسبي للنجم الثاني للنظام:

(SZ Psc) - شكل للكسوف الابتدائي يتحول من مستوي إلى مدبب ناتج من نقصان نصف القطر للنجم الثاني زيادة نصف القطر يعمل على حصول كسوف كلي ، خروج النظام عن كونه كسوفي كما هو واضح في اختفاء الكسوف الثانوي عند نقصان قيمة نصف القطر للنجم الثاني.
(HP Aur) - زيادة نصف القطر يحصل نقصان عمق الكسوف الابتدائي والثانوي والعكس عند النقصان.
(44i Boo) - زيادة كلاً من عمق الكسوف الابتدائي والثانوي بشكل بسيط عند زيادة نصف القطر النسبي والعكس عند النقصان.
ويستفاد من التحليل السابق للمنحنيات الضوئية النظرية في عملية إجراء التطابق الجيد مع المنحني المرصدي ومعرفة كيفية تغيير العوامل (الزيادة أو النقصان) للوصول إلى ذلك التطابق.

الاستنتاجات

1- تؤثر درجة الحرارة على عمق الكسوف الابتدائي والثانوي مع تغيير مستوى النورانية النسبية لجميع أطوار المنحني الضوئي ولكافة الأنظمة ، مما يشير إلى تغيير المرتبة الطيفية لنجوم النظام عند زيادة درجة الحرارة أو نقصها ويتوافق ذلك مع ما ورد في (Al-Sadouny , 1998).
2- تأثير تغيير زاوية الميل انحصر في تغيير عرض منطقة الكسوف إي تغيير نوع الكسوف عبور أو استتار أو كلي (Tsevevich,1973) ، وفي حالة وصول زاوية الميل إلى اقل من خمسه وثلاثون درجة لا يمكن من الكشف عن الكسوف (Kadouri , 1982) .
3- يؤثر تغيير نصف القطر النسبي على عمق الكسوف الابتدائي والثانوي بشكل طفيف ، مع بقاء منطقة خارج الكسوف دون تغيير لجميع الأنظمة الدراسة الحالية عدى النظام (SZ Psc) الذي يؤدي فيه تغيير نصف القطر النسبي إلى تغيير في منطقة خارج الكسوف من الحالة المستوية إلى حالة انحناء ناتج عن تقارب النجمين وتأثير الانعكاسية على شكل المنحني الضوئي للنظام (Hiltner, 1977) .

المصادر

Al-Sadouny, A.A. , 1998, “The Spectroscopic Study of BD Andromeda Star”, M.Sc. Thesis, University of Babylon.

Bruton, D. , 2004 , Lecturer notes in Modeling Close Binary Stars , Department of Physics and Astronomy , Austin State University , USA.

Bruton, D. , 2003 , Eclipsing Binary Stars, A Simple Model for Computing Light Curves , <http://www.physics.sfasu.edu/astar/ebstar/ebstar01.gif>.

- George, W. , and Western, C. , 2004,“The Foundations of Celestial Mechanics“ , The Pachart Foundation , Pachart Publishing House .
- Goldstein, H. , 1981, "Classical Mechanics", Second Edition, Addison-Wesley.
- Hiltner, W.A. , 1977, “Astronomical Techniques”, Chicago University Press.
- Kadouri, T.H. , 1982, “Active Short Period Binary Systems”, Ph.D. Thesis, The Victoria University of Manchester.
- Kopal, Z. , 1982, *Astrophys. Space Sci.*, Vol. 81, P. 123.
- Russel, H.N. and Shapley, H. , 1912, *Astrophys. J.*, Vol. 36, P.239.
- Tseovich, V.P., 1973, "Eclipsing Variable Stars", Halsted Press Book, Toronto,New York.
- Van Hamme, W., and Wilson, R. E. , 2003, ASP Conf. , GAIA Spectroscopy, Science and Technology, ed. U. Munari , San Francisco ASP.
- Wilson, R.E. , 1990, *Astrophys. J.*, Vol. 356, P.613.
- Wilson, R.E. and Devinney , E.J. , 1971, *Astrophys. J.*, Vol. 166, P.605.