

## تغيير العوامل الفيزيائية والهندسية للثنائيات الكسوفية وأثره في شكل المنحني الضوئي لها

حيدر بلاسم محسن

ليث طالب هادي قدوري

كلية العلوم - جامعة بابل

### الخلاصة

تم في هذه الدراسة حساب ورسم المنحنيات الضوئية النظرية لثلاث أنظمة كسوفية هي (SZ Psc) و (HP Aur) و (44i Boo) تنتمي لثلاث طوائف هي (Algol) و ( $\beta$  - Lyrae) و (W-UMa) على التوالي ، كذلك جرى تغيير قيمة العوامل ( $L_2, L_1, i, R_2, R_1$ ) بهدف الحصول على تأثير التغيير الذي يحصل في شكل المنحني الضوئي النظري لاستعمال ذلك في استنباط اتجاه التغيير لمطابقة المنحني الضوئي المرصود للنجوم الكسوفية المشابهة لها في هذه الطائفة . وتم استنتاج إن تغيير درجة الحرارة يغير من المرتبة الطيفية للنظام ، وزاوية الميل تحدد سواء كان الكسوف كلي أو جزئي أو لا يتحقق كسوف ، ونصف القطر النسبي يؤثر في عمق الكسوف الابتدائي و الثانوي لجميع الأنظمة ، عدى النظام (SZ Psc) اظهر تغيير للمنطقة خارج الكسوف بسبب ظاهرة الانعكاسية في مثل هذه الأنظمة .

### Abstract

This study includes calculation and drawing theoretical light curves for three eclipsing systems (SZ Psc) , (HP Aur) and (44i Boo) belonging to three different types (Algol) , ( $\beta$  - Lyrae) and (W-UMa) consecutively. Of values of elements ( $L_2, L_1, i, R_2, R_1$ ) have been changed in order to obtain the influence of the change that occurs on the theoretical curve shape to use that in deducing the direction of change to match it with the observed curved for eclipsing stars of similar type. The results indicates that the temperature change effects the spectral type of the system , and the change in inclination angle shows whether the eclipse is total or partial or there is no eclipse , and the relative radius influence in the depth of the primary and secondary eclipse for all systems, except the system (SZ Psc) which shows changing in the region outside the eclipse , because the effect of reflectivity phenomena in smaller systems.

### 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 (Tsevevich,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 التتاقلية ( $\tau$ ) 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 كلٍ 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  $m_1$  ،  $(\theta)$  زاوية تساوي  $(2\pi * \text{phase})$  و  $(\text{phase})$  هو الطور خلال دورة مدارية كاملة .

ومن المعادلات السابقة فإن  $(x,y)$  تمثل إحداثيات موقع النجوم في النظام و  $z$  تعبر عن أي النجمين في الإمام عن الآخر . وكذلك من (Hiltner,1977)

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

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

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

ومن المعادلات (10) و (11) و (12) نحصل

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

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 ،  $(\sigma)$  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 للمنحني 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) .

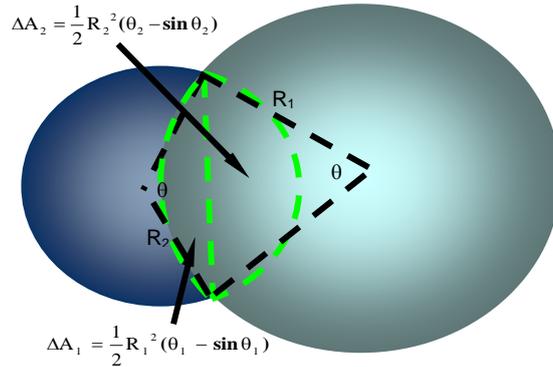
حالة الكسوف	$Z_1 > Z_2$		$Z_1 < Z_2$	
	$A_1$	$A_2$	$A_1$	$A_2$
منطقة خارج كسوف	$\pi R_1^2$	$\pi R_2^2$	$\pi R_1^2$	$\pi R_2^2$
كسوف جزئي خفيف	$\pi R_1^2$	$\pi R_2^2 - \Delta A_1 - \Delta A_2$	$\pi R_1^2 - \Delta A_1 - \Delta A_2$	$\pi R_2^2$
كسوف جزئي كبير	$\pi R_1^2$	$\Delta A_2 - \Delta A_1$	$\pi R_1^2 - \pi R_2^2 + \Delta A_2 - \Delta A_1$	$\pi R_2^2$
كسوف كلي	$\pi R_1^2$	0	$\pi R_1^2 - \pi R_2^2$	$\pi R_2^2$

حيث المعادلات من (Bruton,2003).

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

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

كما في الشكل(1).



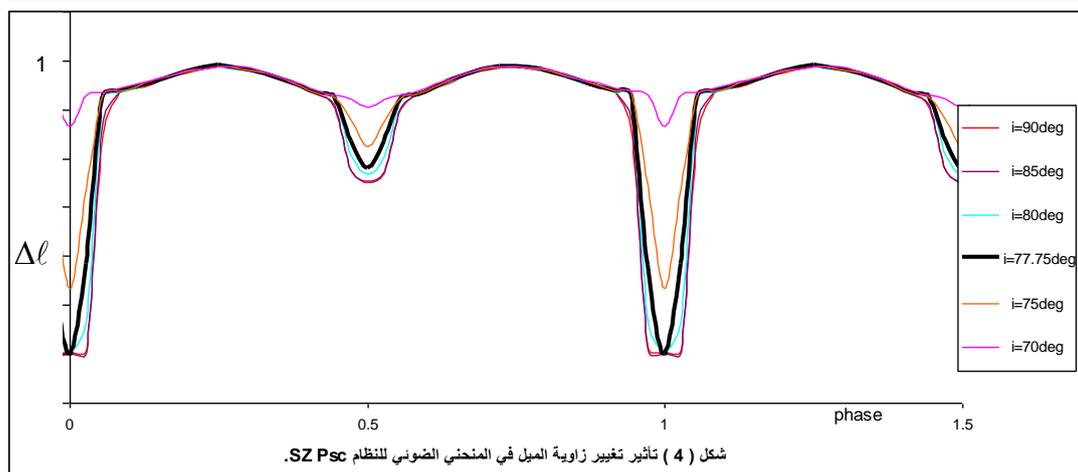
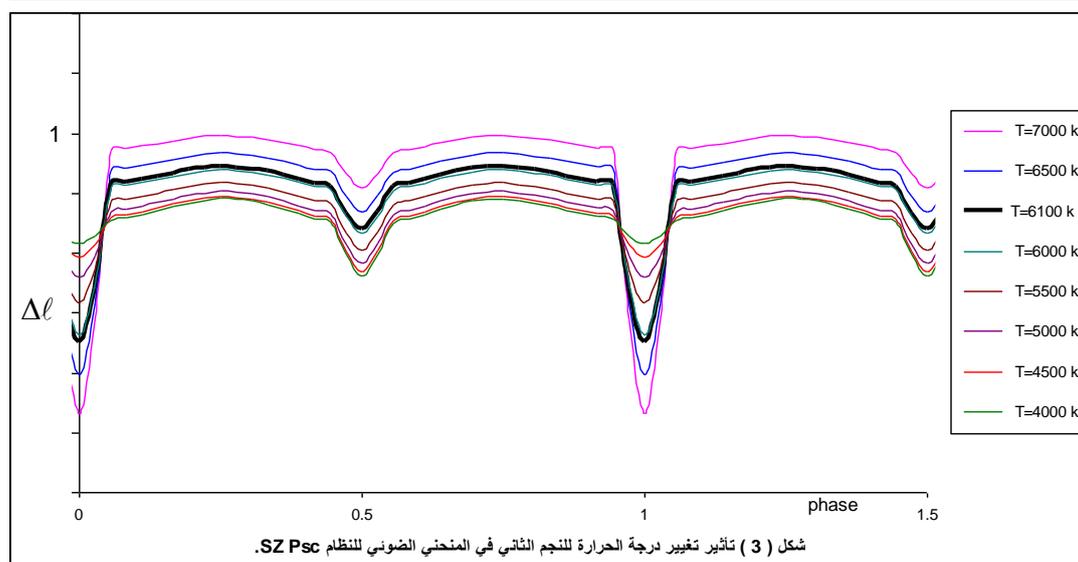
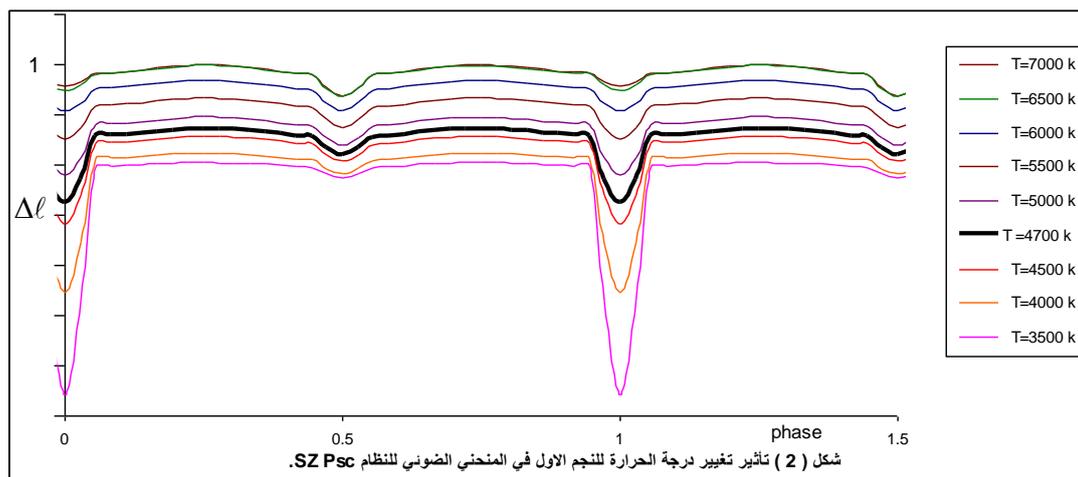
شكل (1) تحديد قيمة المساحات  $\Delta A_1$  و  $\Delta A_2$  للنظام الكسوفي (Bruton,2004) .

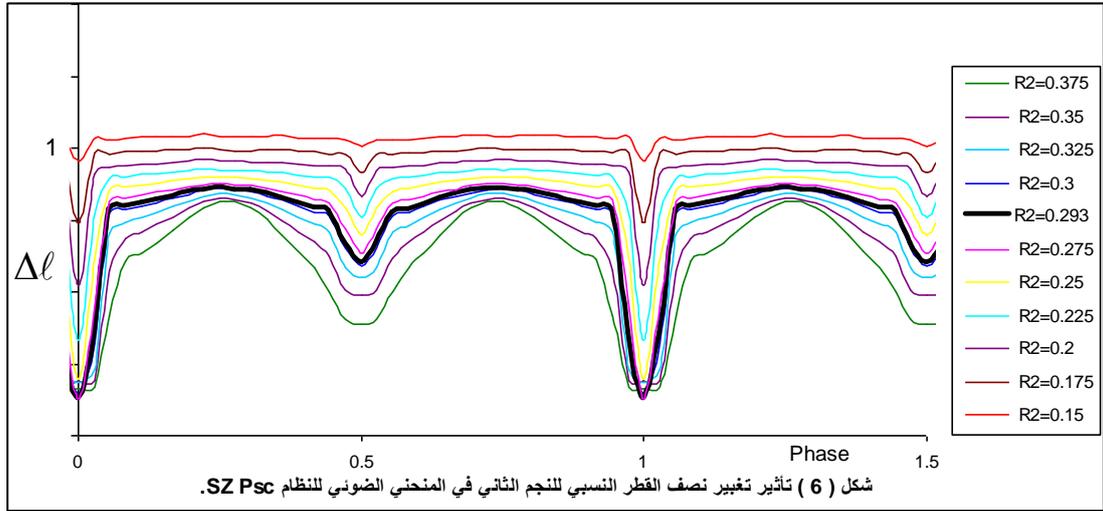
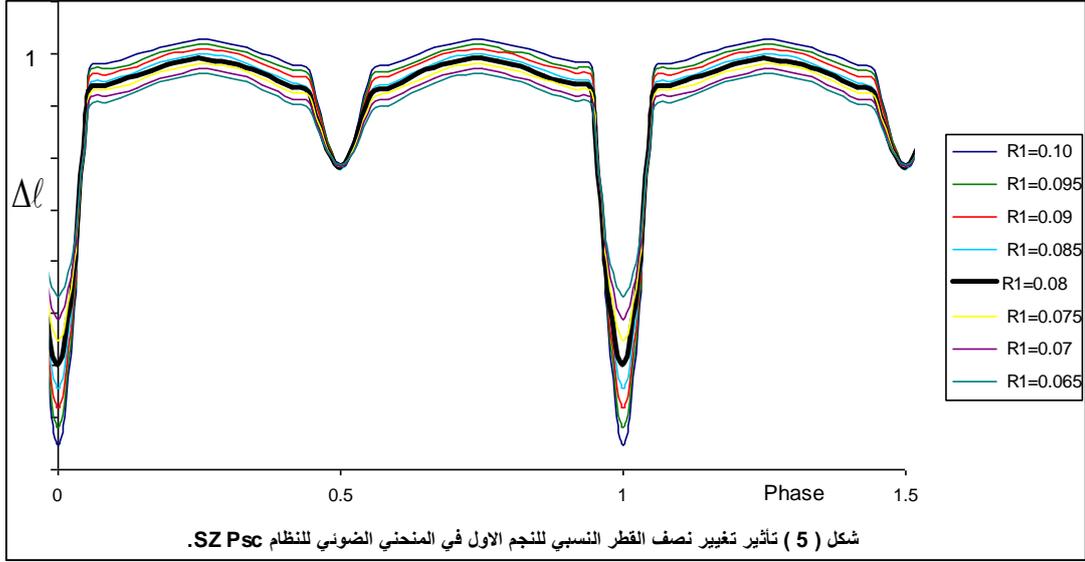
## النتائج

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 تغيير 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

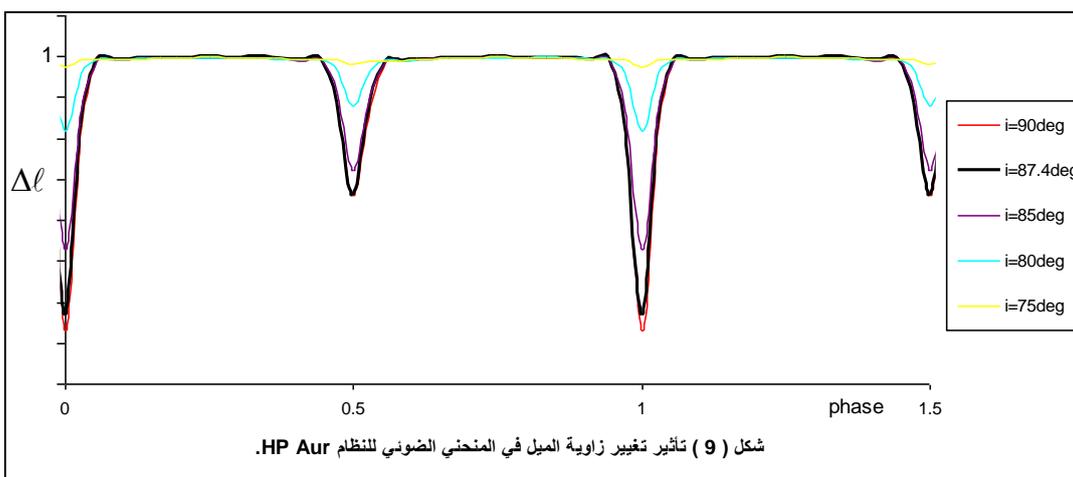
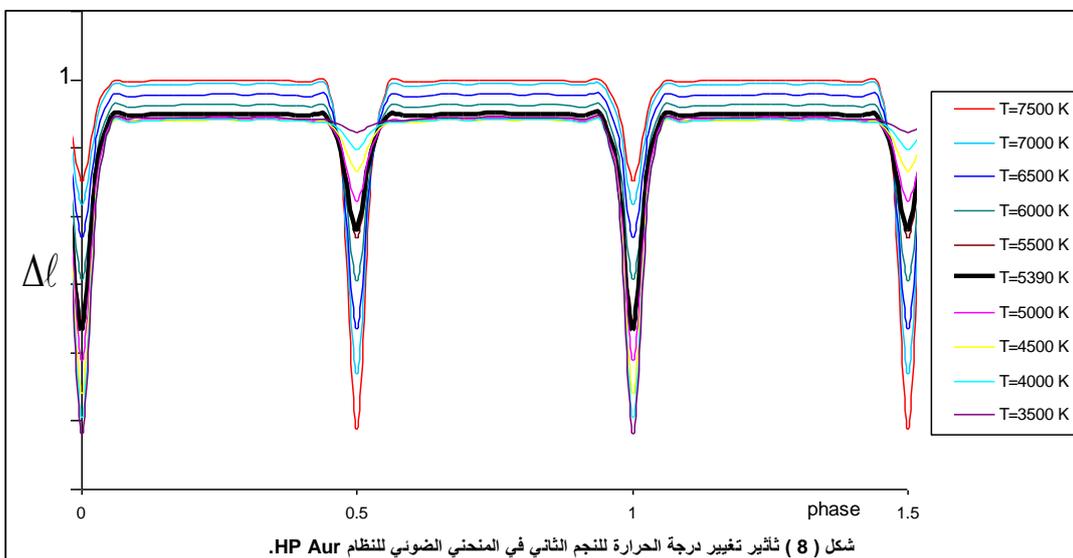
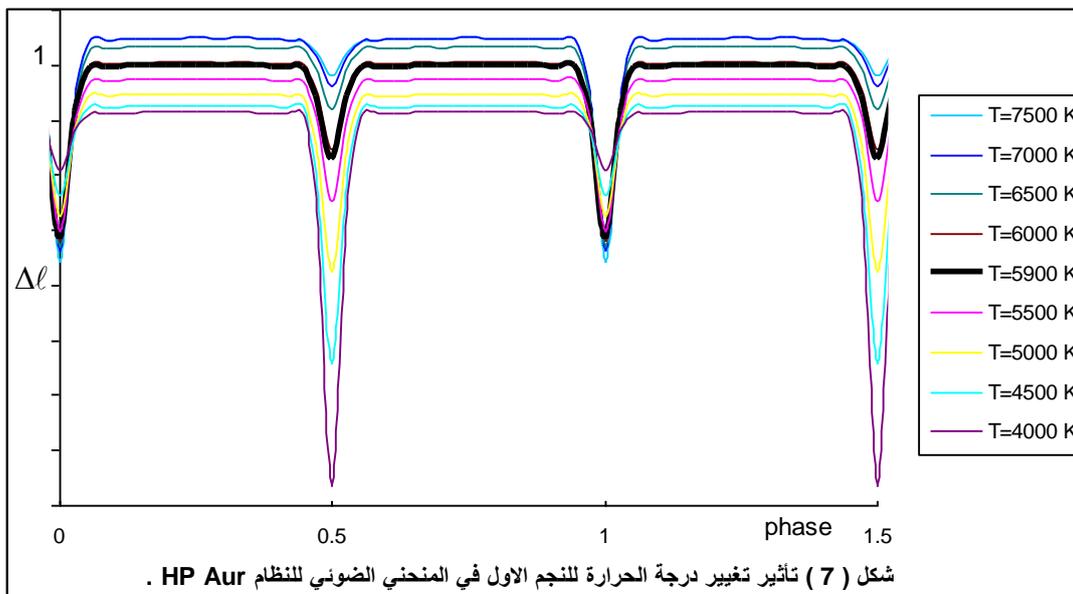
في كل من الإشكال (2) و(3) و(4) و(5) و(6) تم تغيير درجة الحرارة للنجم الأول والثاني وزاوية الميل للنظام ونصف القطر النسبي للنجم الأول والثاني على التوالي.

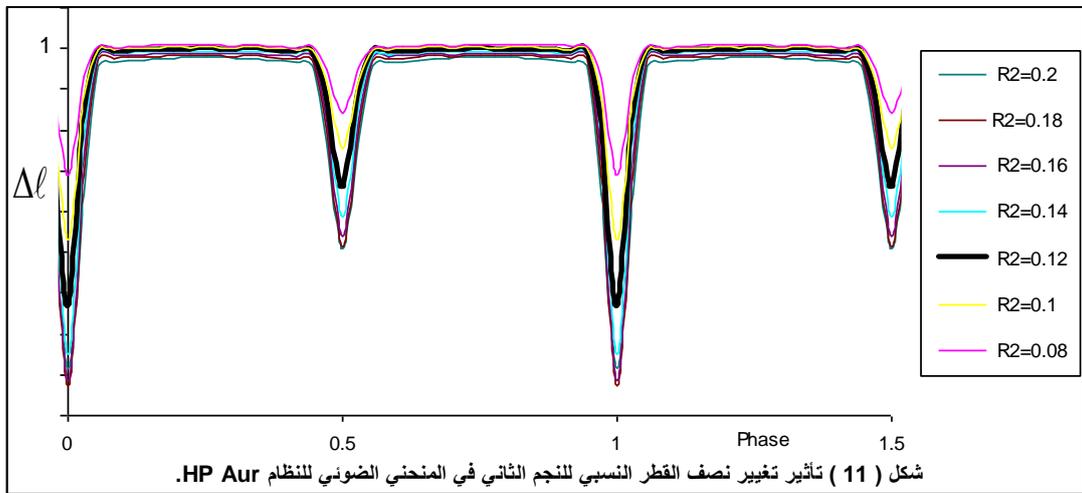
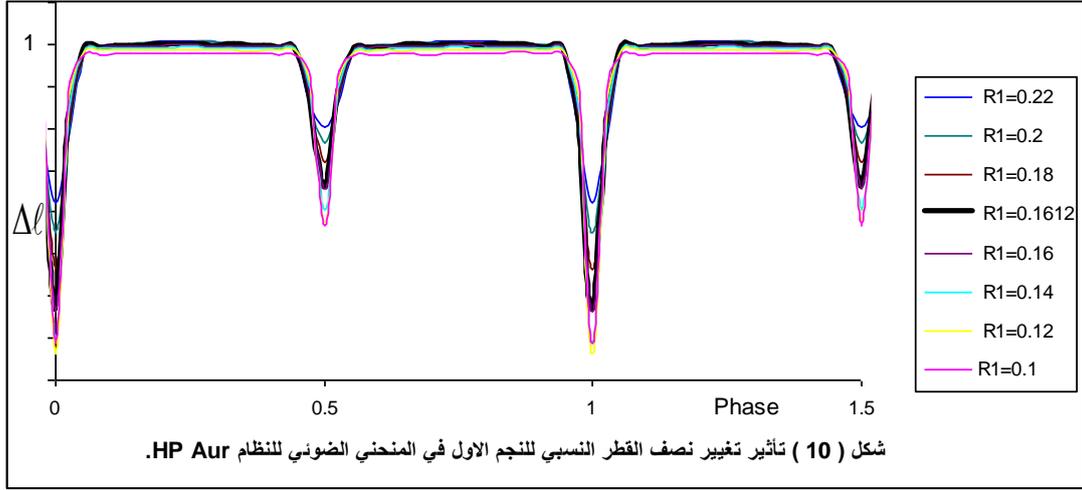




## 2- النظام الكسوفي HP Aur

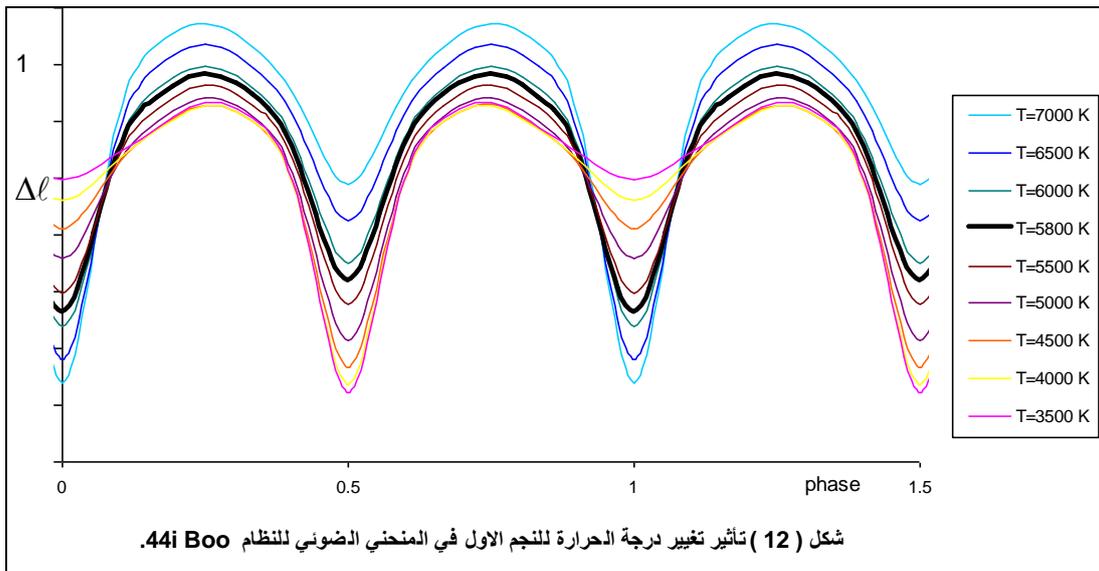
في كل من الأشكال (7) و(8) و(9) و(10) و(11) تم تغيير درجة الحرارة للنجم الأول والثاني وزاوية الميل للنظام ونصف القطر النسبي للنجم الأول والثاني على التوالي .

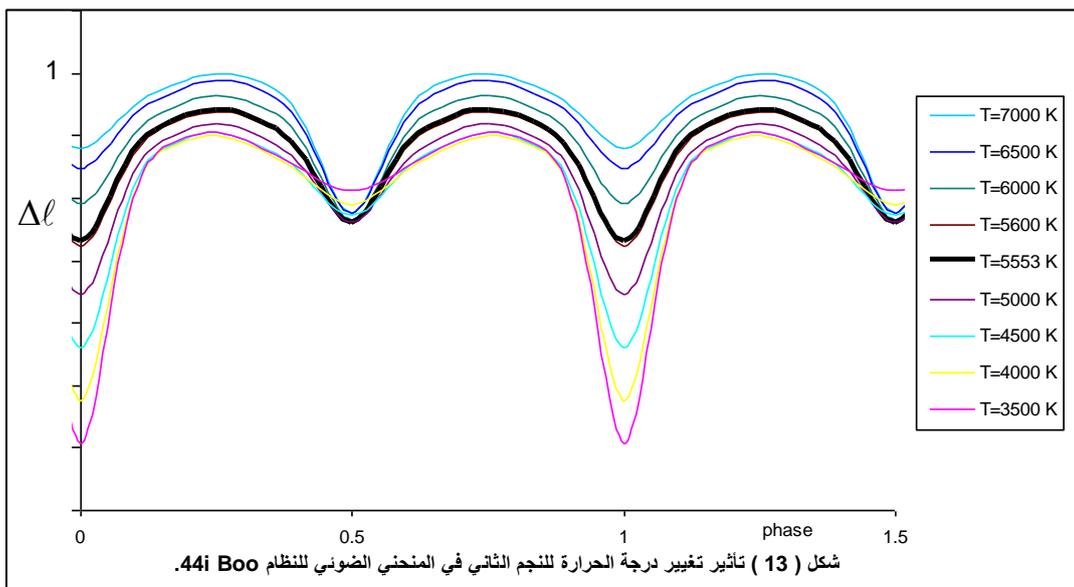




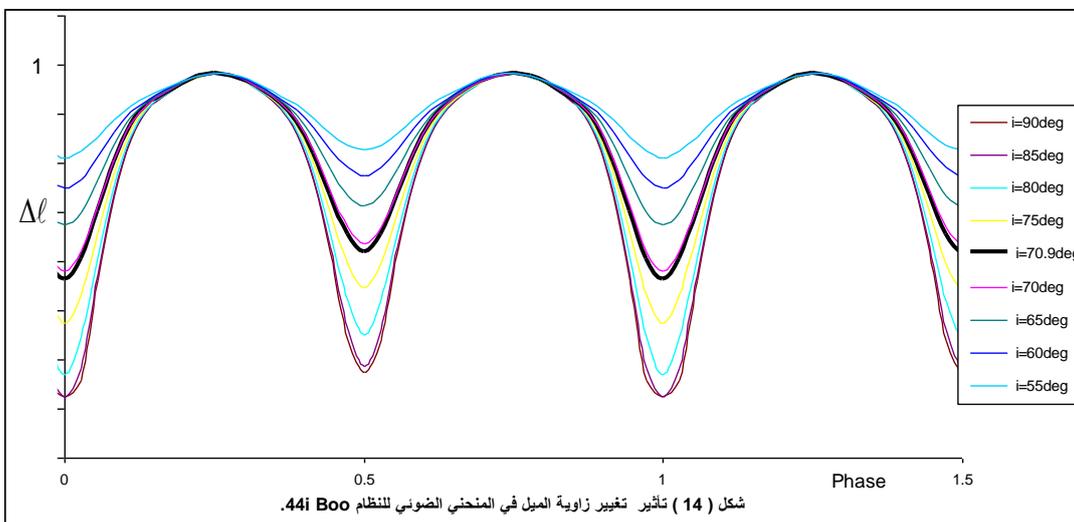
### 3- النظام الكسوفي 44i Boo

في كل من الأشكال (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 .

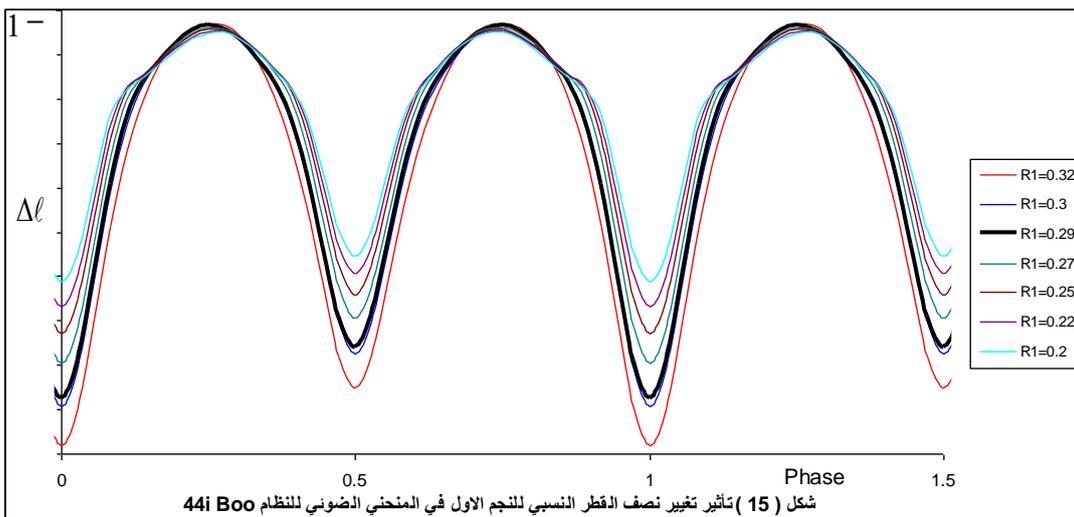




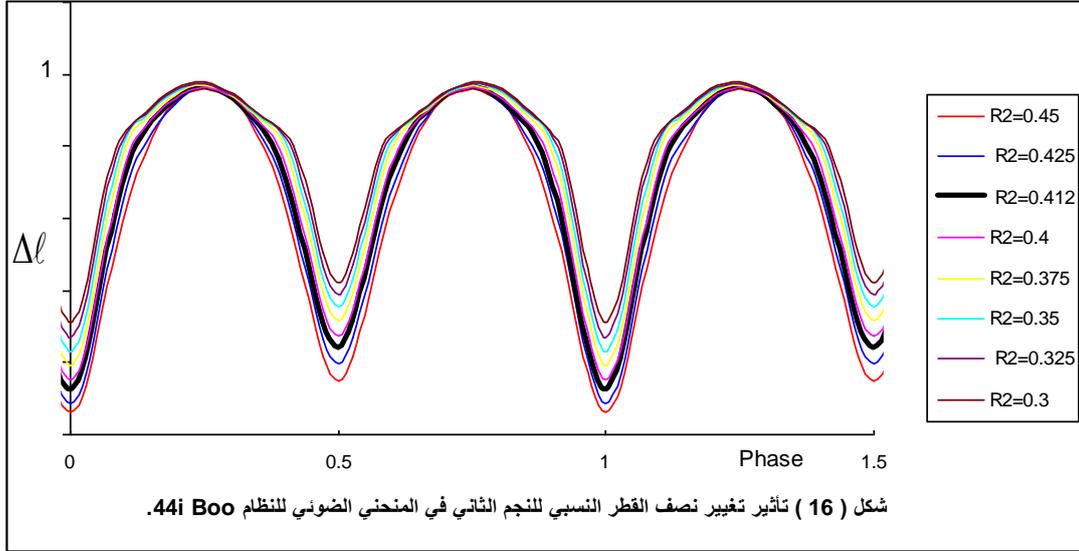
شكل ( 13 ) تأثير تغيير درجة الحرارة للنجم الثاني في المنحني الضوئي للنظام 44i Boo.



شكل ( 14 ) تأثير تغيير زاوية الميل في المنحني الضوئي للنظام 44i Boo.



شكل ( 15 ) تأثير تغيير نصف القطر النسبي للنجم الاول في المنحني الضوئي للنظام 44i Boo.



## النتائج والمناقشة

### 1- تغير درجة الحرارة للنجم الأول للنظام:

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

(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- تغير درجة الحرارة للنجم الثاني للنظام:

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

(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 ، تغير بسيط عند انخفاض درجة الحرارة بشكل كبير جداً عند الكسوف الثانوي مع بقاءه دون تغير لبقية درجات الحرارة .

### 3- تغير 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 بقاءها نظام ثنائي . تغير منطقة بداية الكسوف الابتدائي من حافة حادة إلى حافة منحدرة 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- تغير 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 تغير 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- تغير 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 الرصدي 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 تغير المرتبة الطيفية لنجوم النظام عند زيادة درجة الحرارة أو نقصها ويتوافق ذلك مع ما ورد في ( Al-Sadouny , 1998 ).
- 2- تأثير تغيير زاوية الميل انحصار في تغير عرض منطقة الكسوف إي تغير 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 تغير 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.
- Tsesevich, 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.