

## Study the effect of the Aperture on Cassegrain Telescopes

### دراسة تأثير فتحة الإدخال على التلسكوب الكاسكرويني

(\*) أ. م. د. رجاء عبد الأمير مدلول (\*\*) الباحثة مروه جواد حزام الجبوري

(\*)-(\*\*) جامعة كربلاء - كلية العلوم - قسم الفيزياء - العراق

#### الخلاصة:-

تم في هذا البحث دراسة تأثير فتحة الإدخال (Aperture) على بعض المعلمات البصرية التي تتحكم بجودة الصورة المتكونة بواسطة التلسكوب الكاسكرويني لغرض تقييم أداء هذا التلسكوب إن دراسة مساحة البقعة المضيئة (RMS) Root Mean Square وشكل توزيع الأشعة فيها وكمية الطاقة المتجمعة (Enc) Encircled Energy والزيغ الكروي spherical Aberration تعتبر من أهم العوامل المؤثرة على تكوين الصورة في إي تلسكوب والتي من خلالها يمكن تقييم عمل التلسكوب ولقد تم دراسة هذه المعلمات من خلال استخدام برنامج Zemax حيث أظهرت النتائج أن زيادة فتحة الإدخال يؤدي إلى زيادة الزيغ الكروي في الصورة (أو المنظومة البصرية)، كذلك يؤدي في نفس الوقت إلى زيادة مساحة البقعة المضيئة (RMS)، أما الطاقة المتجمعة فإنها تقل بزيادة فتحة الإدخال للمركبة اللاكروية وتزداد للمركبات الكروية وهذا دليل جودة التصميم البصري لهذه الحالة المدروسة للتلسكوب الكاسكرويني.

#### Abstract:-

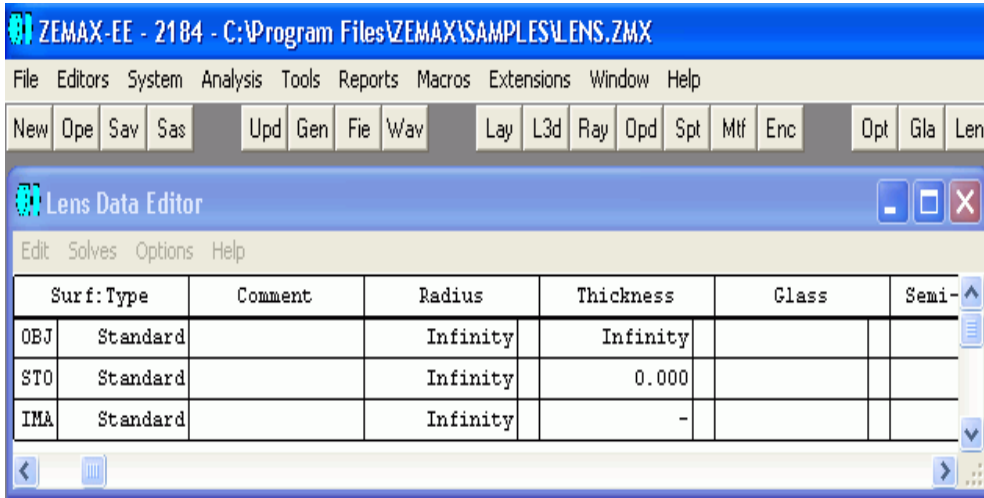
In this research study the effect of (Aperture) on some of the parameters that control the visual quality of the image formed by Cassegrain telescope for the purpose of evaluate the performance of this telescope that study (RMS) Root Mean Square.

The form of the distribution of the rays Encircled Energy (Enc) and A spherical Aberration is one of the most important factors affecting the composition of the image in the telescope and by which they can evaluate the work of the telescope. I have been studying these parameters through the use of program Zemax where the results showed that an increase in Aperture lead to increased A spherical Aberration in the image or visual system also leads at the same time to increase the area of the bright spot (RMS).

The Encircled Energy they increase less Aperture System spherical and non-spherical system increases and this evidence quality optical design for the case study of this topic telescope Cassegrain.

#### المقدمة -:-Introduction

العين البشرية حساسة لجزء الطيف الكهرومغناطيسي وهو ضمن المدى الطيفي  $(0.4-0.7)\mu\text{m}$  (الجزء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي) ولهذا السبب لا يمكن رؤية الأجسام الباعثة لأطوال موجية أطول أو أقصر من هذا المدى. وتعد الصور المرئية للأجسام المرصودة التي تشكلها العين في إثناء النهار مثالية، ولكون العين غير حساسة لشعاع الطول الموجي الطويل فلا يمكن الرؤية ليلاً. لذلك ظهرت الحاجة إلى كواشف أو مجسات خاصة لتسجيل هذه الأطوال الموجية الطويلة كذلك هناك أجسام وإجرام سماوية من البعد بحيث لا يمكن تمييزها والكشف عن لمعانها بشكل دقيق وذلك لبعدها الكبير جداً عن الراصد ولمحدودية العين البشرية في استيعاب الأجسام البعيدة جداً لذا تم استخدام أدوات تساعد في الكشف وتحديد ماهية هذه الإجرام وهذه الأدوات البصرية يطلق عليها التلسكوبات. ويعتبر التلسكوب أداة جيدة لتقريب وتكبير صورة الأجسام التي لا يمكن العين البشرية من توضيح التفاصيل الدقيقة لبعض الأجسام البعيدة وتشكل التلسكوبات تحد للباحثين والمصممين من أجل الحصول على أفضل دقة للصورة الناتجة بأقل تكاليف وأقل وزن وحجم للتلسكوب، لذا ظهرت عدة أنواع من التلسكوبات كل نوع له ميزة محددة ويحل مشكلة ما كانت موجودة في التصميم الذي ظهر قبله. يتناول البحث موضوع تأثير المعلمات البصرية بفتحة الإدخال وتم هذا من خلال استخدام برنامج Zemax وهو برنامج قادر على تصميم الأجهزة والمنظومات البصرية، إذا يحقق ZEMAX جميع المتطلبات التصميم، والعمليات المثالية Optimization، والسماحية tolerance ويعطي ZEMAX لأي منظومة بصرية ميزات يمكن للمستعمل إدراكها فضلاً عن ميزات أخرى مثل السرعة، وسهولة الاستعمال، وسرعة إعطاء النتائج. إن معظم معالم ZEMAX نستدل عليها عن طريق اختبارات موجودة على هيئة صناديق حوارية أو قوائم واختبارات مستندة.



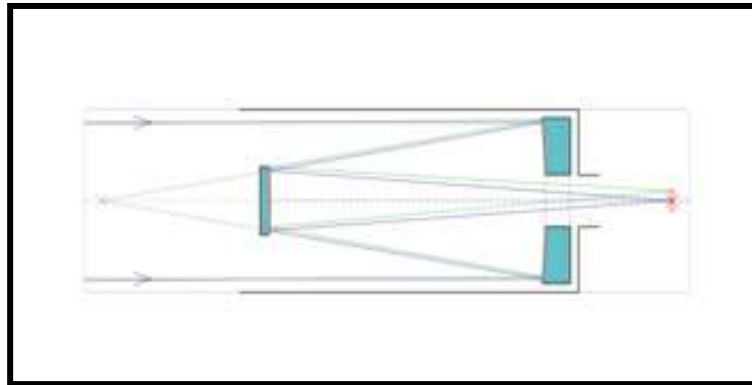
الشكل (1) يوضح قائمة Zemax الرئيسية

### الجزء النظري:-

التلسكوب الكاسكريني هو من التلسكوبات العاكسة المكون من مرآة ابتدائية ذو قطع مكافئ، ومرآة ثانوية ذو قطع زائد هذا التصميم يعطي تصحيح جيد للصورة باستثناء الزيغ الهالي، وزيغ تكور المجال. ومن مميزات هذا التصميم:-

- \* ينتج عنة بعد بؤري طويل مع طول الأنبوب القصير.
- \* التخلص من الزيغ الكروي بسبب استخدام القطع المكافئ.
- \* تقليص الزيغ الهالي إلى حد كبير.
- \* عمق تبنىر عالي.

اكتشف هذا التلسكوب عام 1672 من قبل Guillaspe Cassegrain في الوقت الذي كان لا يمكن أن تستخدم التلسكوبات الحقيقية لأن كل من المرآة الأولية والثانوية عبارة عن مرايا غير كروية الأسطح. تم صنع عدد من التلسكوبات البصرية التي تقتصر على أسطح كروية. ففي نفس الوقت تقريبا صنع إسحاق نيوتن تلسكوب نيوتن الذي يتكون من مرآة أولية شبه كروية ومرآة ثانوية مسطحة، ووضعت الاختلافات في نظام Cassegrain لتحسين الصورة وجعل إنتاج السطوح البصرية أسهل.[1].



الشكل (2) التلسكوب الكاسكريني

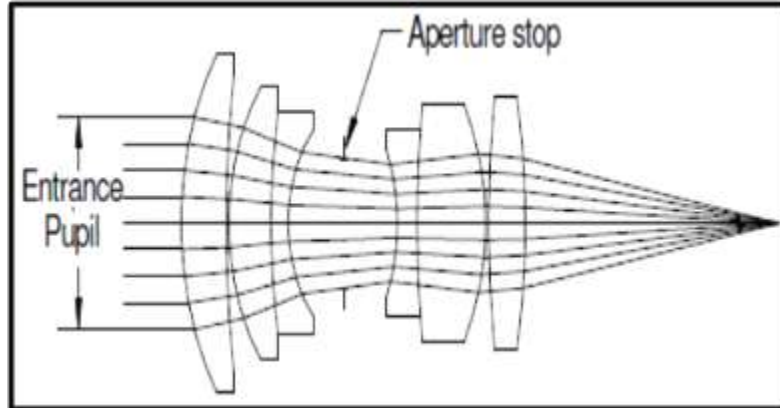
أما معادلة التلسكوب الكاسكريني فهي:-[2]

$$P = (F + b)/(X + 1) \quad P, \dot{P} = PX, \quad B = \dot{P} - b, \quad C = DP / (F + Bi), \quad i = (CF - DP)/B$$

حيث أن: P=التبئير الابتدائي لنقطة التقاطع. B=تفريق المرآة. p=التبئير الثانوي لنقطة التقاطع.  
 C=وضوح الفتحة الثانوية. F=البعد البؤري الابتدائي. i=حجم الصورة النهائي.  
 X=التكبير الثانوي. D=القطر الابتدائي. b=التبئير الخلفي.

### فتحة الإدخال Aperture :-

هي نقطة محورية تتكون من تقاطع الأشعة في النظام البصري، تقع في إي مكان من النظام البصري للسيطرة على الزيوغ المحورية وهذا واضح في التصوير الفوتوغرافي حيث تكون الفتحة واقعة بين مجموعتين من العدسات.. تولد حدود حادة للصورة وتقيها من الشعاع المستطار وغير المرغوب فيه وكذلك تحدد مجال الرؤية.[3]



الشكل (3) فتحة الإدخال.[4]

وتوصف وفق المعادلة :-

$$F/\# = f/D \dots \dots \dots (1)$$

F/#: الفتحة.

F: العدد البؤري.

D: القطر.

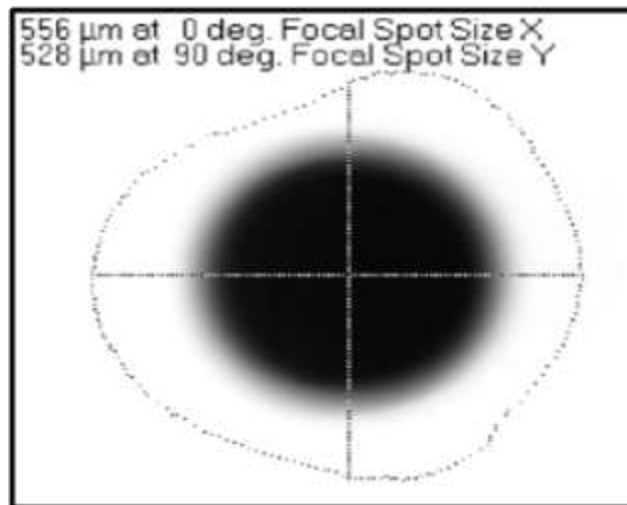
NA: الفتحة العددية.

$$NA = 1/2 (F/\#) \dots \dots \dots (2)$$

### المعلومات البصرية:-

#### مساحة البقعة المضيئة (Spot Size(RMS) :-

هي المسافة بين الأشعة ونقطة المصدر وتعطي فكرة تقريبية عن انتشار الأشعة لأنها تعتمد على شكل الشعاع.. ويعتبر حساب مساحة البقعة ذات أهمية كبيرة في تصميم البرمجيات البصرية لأنها تعتبر الجذر التربيعي لتباين التوزيع وهي تمثل توزيع الطاقة بدقة وتعتمد على الفتحات المستخدمة سواء كانت دائرية أو مستطيلة.[5]



الشكل (4) مساحة البقعة المضيئة

### الطاقة المتجمعة Encircled Energy:-

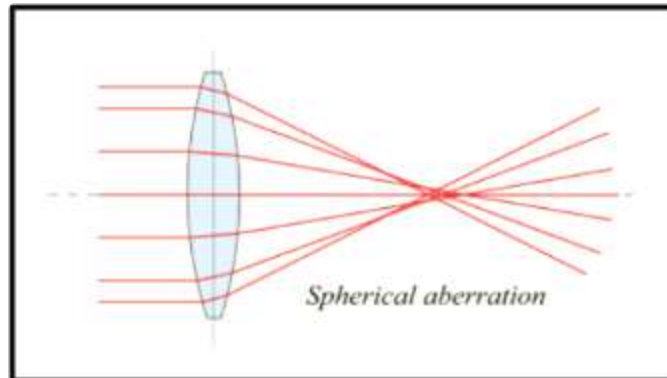
تعتبر دالة الطاقة المتجمعة من المعايير المهمة التي يعتمد عليها تعيين كفاءة المنظومة البصرية وهي مقياس لتركز الطاقة في الصورة البصرية وهي نتيجة هامة لدالة الانتشار النقطية (Point Spread function) حيث تمثل جزء صغير من الطاقة الكلية لهذه الدالة في مستوي الصورة وتعتبر من المقاييس المهمة في تحديد كفاءة النظام في تركيز ونقل الطاقة من مستوي الجسم الى مستوي الصورة على طول المحور البصري.[6]



الشكل (5) الطاقة المتجمعة

### الزيغ الكروي Spherical aberration:-

هو من الزيوغ المحورية (on-Axis) يحدث عندما يكون الجسم واقعا على المحور البصري. وهو يعد من الزيوغ المتناظرة (Symmetric) حيث يكون توزيع شدة للصورة متناظرة مع المحور العمودي لمستوى الصورة وعادة ينتج عنه تغير في البعد البؤري.[7].

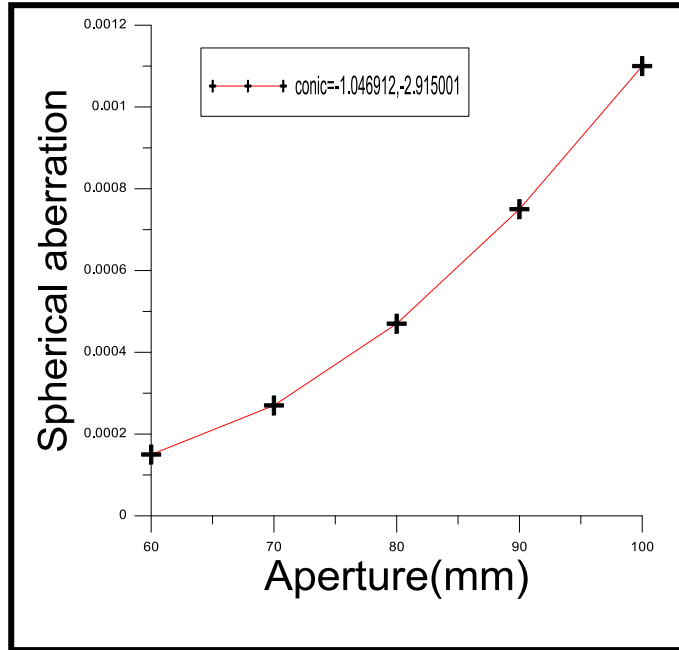


الشكل (6) الزيغ الكروي

**النتائج والمناقشة - Result Discussion :-**

تأثير فتحة الإدخال على الزيغ الكروي.

يوضح الشكل (7) والجدول (1) والشكل (8) والجدول (2) تأثير فتحة الإدخال على الزيغ الكروي لمنظومة لاقروية ومنظومة كروية على التوالي، وقد بينت الإشكال أن زيادة فتحة الإدخال للنظام البصري يؤدي الى زيادة الزيغ الكروي لكل مركبة بصرية كما و عند المقارنة بين الشكلين يلاحظ من حيث قيم الزيغ الكروي لكل حالة نجد إن مقدار الزيغ للمنظومة اللاكروية اقل منه للمنظومة الكروية هذا يعني إن وجود المرآة اللاكروية قلل من تأثير الزيغ الكروي في النظام البصري. [9]، [8].

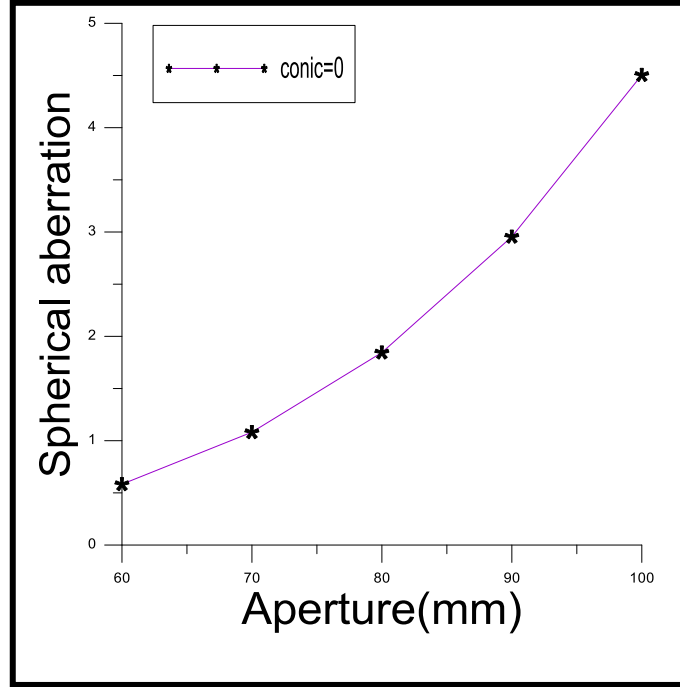


الشكل (7) يوضح تأثير فتحة الإدخال على الزيغ الكروي لمنظومة لاقروية.

الجدول (1) تغير فتحة الإدخال مع الزيغ الكروي عند مجال رؤيا=0،  
طول موجي  $\lambda=0.55\mu\text{m}$ ،  $\text{conic}=-1.046912,-2.915001$

Aperture(mm)	60	70	80	90	100
Spherical aberration	0.00015	0.00027	0.00047	0.00075	0.0011

نلاحظ إن إدخال العناصر البصرية اللاكروية في التصميم يقلل من تأثير زيادة قطر فتحة الدخول على كمية الزيوغ المرافقة للمنظومة البصرية وهذا ما يُمكن المصمم من استخدام فتحات كبيرة نسبياً لتجميع أكبر كمية من الضوء الصادر من الجسم وبالتالي الحصول على صورة واضحة أكثر.



الشكل (8) يوضح تأثير فتحة الإدخال على الزيغ الكروي للمنظومة الكروية.

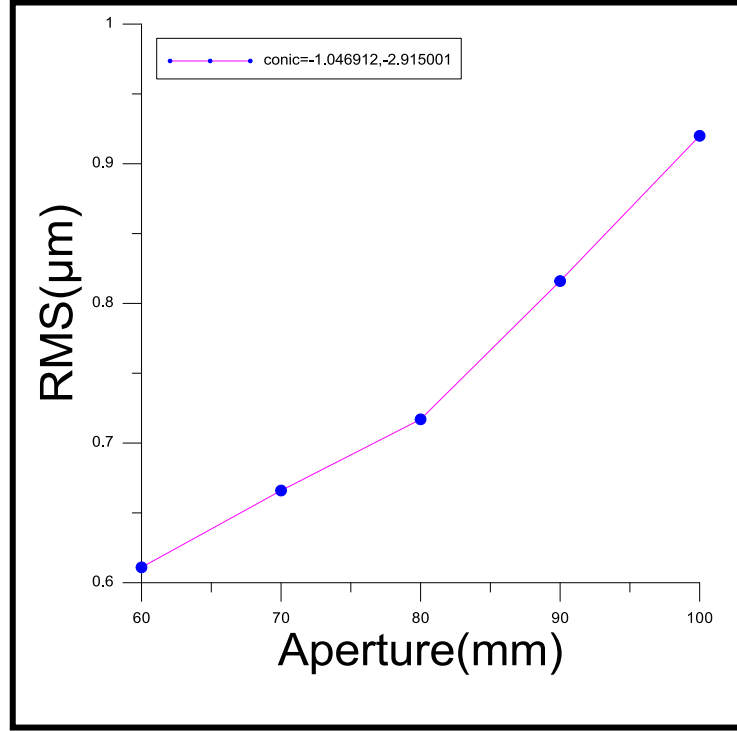
الجدول (2) تغير فتحة الإدخال مع الزيغ الكروي عند مجال رؤيا=0،

طول موجي  $\lambda=0.55\mu\text{m}$ ،  $\text{conic}=0$

Aperture(mm)	60	70	80	90	100
Spherical aberration	0.583	1.0817	1.845	2.955	4.505

تأثير فتحة الإدخال على مساحة البقعة المضئية:-

تُشير الأشكال (9) و(10) والجدول (3) و(4) إلى تأثير فتحة الإدخال على مساحة البقعة (RMS) للتصميم الكروي والتصميم اللاكروي على التوالي ومن هذين الشكلين يتضح أن مساحة البقعة المضئية (RMS) تزداد عندما تتغير قيمة فتحة الإدخال من (60-100) ويتضح ذلك من خلال الأشكال (11) و(12)، ومن خلال الجدول يتبين إن قيم RMS قلت من 74.650 للتصميم الكروي إلى 0.611 للتصميم اللاكروي هذه نتيجة إدخال الشكل اللاكروي على سطوح العدسات (2و3). حيث إن المركبات اللاكروية تقلل من مساحة البقعة عن طريق معالجة الزيوغ الكروية. [10]، [11].

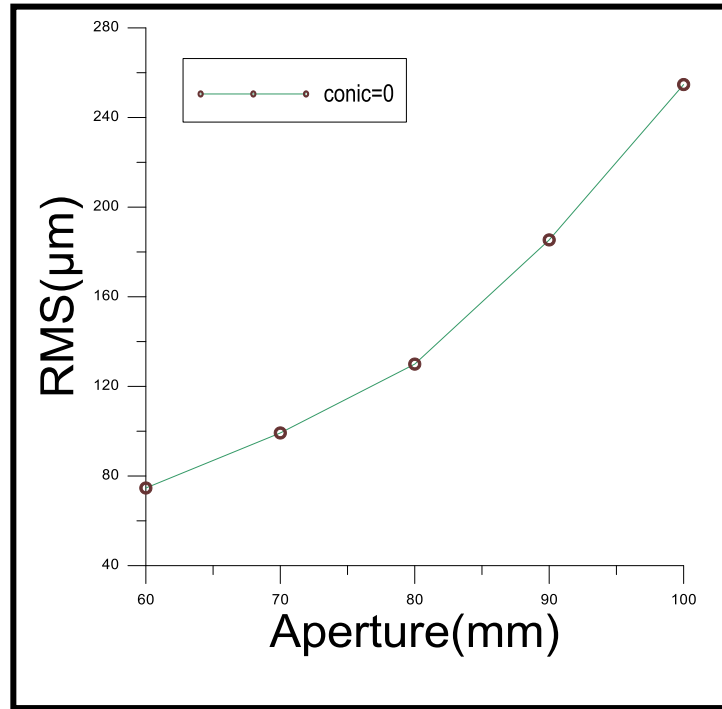


الشكل (9) يوضح تأثير فتحة الإدخال على مساحة البقعة المضينة لمنظومة لاسكروية.

الجدول (3) تغير فتحة الإدخال مع الزيغ الكروي عند مجال رؤيا=0،  
 طول موجي  $\lambda=0.55\mu\text{m}$ ،  $\text{conic}=-1.046912,-2.915001$

Aperture(mm)	60	70	80	90	100
RMS(μm)	0.611	0.666	0.717	0.816	0.920

يتضح من الشكل (10) إن زيادة فتحة الدخول يزيد من حجم البقعة المضيئة وهذا ناتج من دخول مراتب زيوغ إلى البقعة وبالتالي زيادة حجمها وبما إن استخدام العناصر اللاكروية يقلل الزيغ الكروي وبما إن الأشعة تسقط بزواوية صفر مع المحور البصري (paraxial approximation) لذلك فإن استخدام السطوح اللاكروية يقلل من حجم البقعة المضيئة.

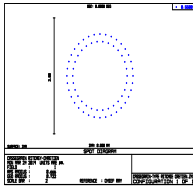


الشكل (10) يوضح تأثير فتحة الإدخال على مساحة البقعة المضيئة لمنظومة كروية.

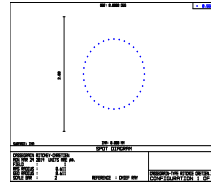
الجدول (4) تغيير فتحة الإدخال مع الزيغ الكروي عند مجال رؤيا=0،  
طول موجي  $\lambda=0.55\mu\text{m}$ ،  $\text{conic}=0$

Aperture(mm)	60	70	80	90	100
RMS(μm)	74.650	99.218	129.949	185.375	254.714

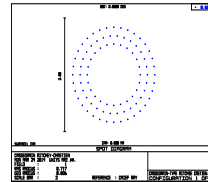
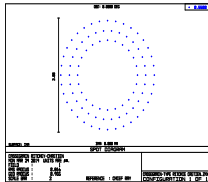




Aperture(70)

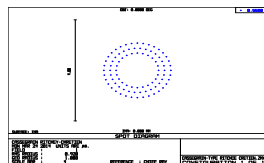


Aperture(60)



Aperture(90)

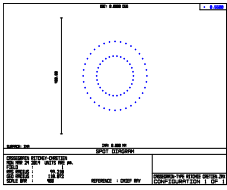
Aperture(80)



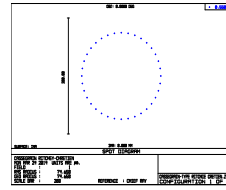
Aperture(100)

Wave=0.55 , field=0 ,conic=-1.046912 ,-2.915001

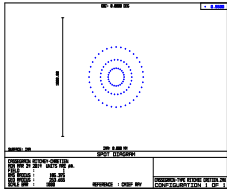
الشكل (11) تأثير الفتحة على مساحة البقعة



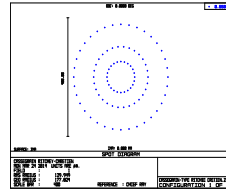
Aperture(70)



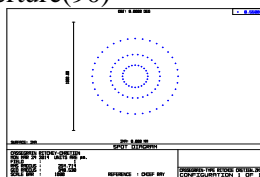
Aperture(60)



Aperture(90)



Aperture(80)



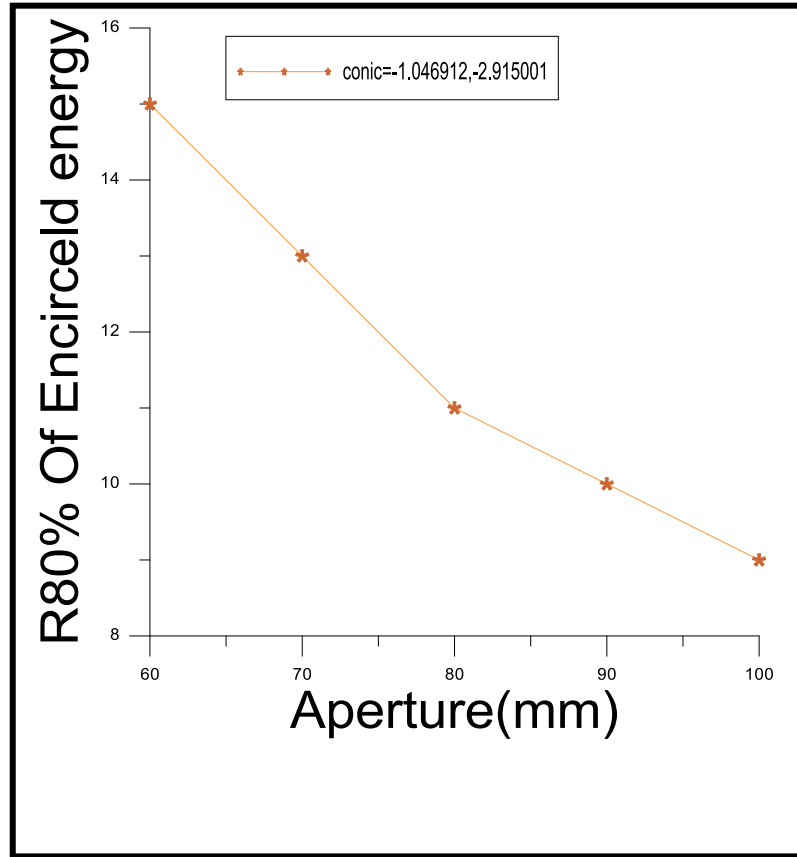
Aperture(100)  
Wave=0.55 , field=0 , conic=0

الشكل (12) تأثير الفتحة على مساحة البقعة

تأثير فتحة الإدخال على الطاقة المتجمعة:-

أن الشكل (13) يوضح مقدار الطاقة المتجمعة في مستوي الصورة ونلاحظ من الجدول (5) إن مقدار الطاقة المتجمعة يقل بزيادة فتحة الإدخال، ومن خلال منحنى الطاقة نستطيع إن نستدل على جودة وعدم جودة التصميم البصري، فكلما كان ميل المنحنى صغيراً كانت الطاقة المتجمعة أعظم ما يمكن، حيث نلاحظ من الإشكال (15) إن نصف القطر عند قيمة الطاقة المتجمعة 80% يقل بتأثير فتحة الإدخال للمركبة اللاكروية.

إما بالنسبة للمنظومة الكروية حيث نلاحظ من الشكل (14) والجدول (6) زيادة مقدار الطاقة المتجمعة مع زيادة فتحة الإدخال وذلك بسبب إن قيمة نصف القطر عند الطاقة المتجمعة 80% تزداد بتأثير الفتحة بالتالي فان الطاقة تتجمع في نقطة أكبر وهذا يعني مساحة البقعة الضوئية أكبر (RMS) وهذا يتضح في الشكل (16) وحسب المساحة المختارة في البحث. [12]، [13].

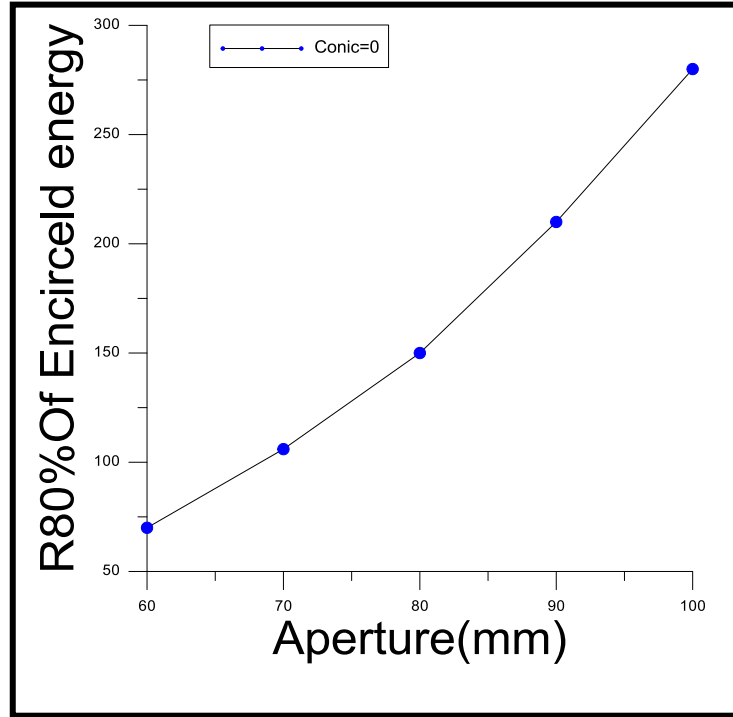


الشكل (13) يوضح تأثير فتحة الإدخال على الطاقة المتجمعة لمنظومة لأكروية.

الجدول (5) تغير فتحة الإدخال مع الزيغ الكروي عند مجال رؤيا=0،

طول موجي  $\lambda=0.55\mu\text{m}$ ،  $\text{conic}=-1.046912,-2.915001$

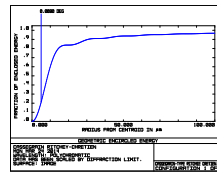
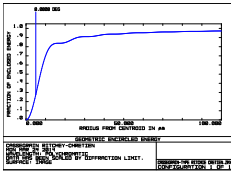
Aperture(mm)	60	70	80	90	100
Encircled energy	15	13	11	10	9



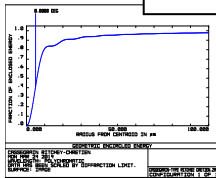
الشكل (14) تغير فتحة الدخول مع الطاقة المتجمعة لمنظومة كروية.

الجدول (6) يوضح تأثير فتحة الدخول على الطاقة المتجمعة عند مجال رؤيا=0،  
طول موجي  $\lambda=0.55\mu\text{m}$ ،  $\text{conic}=0$

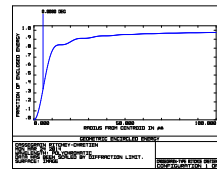
Aperture(mm)	60	70	80	90	100
Encircled energy	70	106	150	210	280



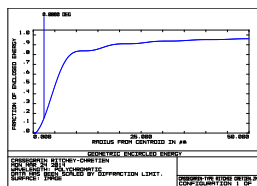
Aperture(70)



Aperture(60)



Aperture(90)

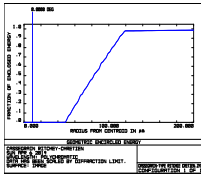


Aperture(80)

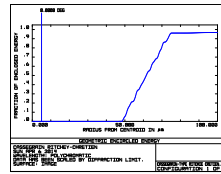
Aperture(100)

Wave=0.55 , field=0 ,conic=-1.046912 ,-2.915001

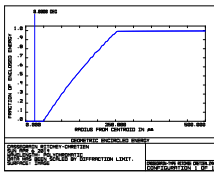
الشكل (15) تأثير الفتحة على الطاقة المتجمعة



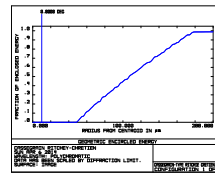
Aperture(70)



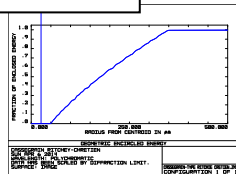
Aperture(60)



Aperture(90)



Aperture(80)



Aperture(100)

Wave=0.55 , field=0 ,conic=0

الشكل (16) تأثير الفتحة على الطاقة المتجمعة

### الاستنتاجات Conclusions:-

1. يزداد الزيغ الكروي بزيادة فتحة الإدخال ولوحظ أن استخدام المركبات اللاكروية قلل من تأثير الزيغ الكروي.
2. مساحة البقعة المضئية تقل بتأثير فتحة الإدخال ونلاحظ إن إدخال المركبات اللاكروية تقلل من الزيوغ المتولدة لذلك سوف تقل قيمة مساحة البقعة المضئية.
3. إن مقدار الطاقة المتجمعة يقل بزيادة مساحة فتحة الإدخال للمنظومة اللاكروية، إما بالنسبة للمنظومة الكروية فأنه يزداد مع زيادة مساحة فتحة الإدخال وان بسبب ذلك هو إن قيمة نصف القطر عند 80% من الطاقة المتجمعة تزداد بتأثير الفتحة وذلك لان الطاقة تتجمع في نقطة أكبر تعني إن مساحة البقعة الضوئية تصبح أكبر.

### المصادر References:-

- [1] Shrooq Mahdi Ali (Optical Study on Adaptive Cassegrain Telescope), M.Sc. Thesis, University Baghdad, College of Science, Iraq (2001).
- [2] Jeffrey D. Beish, (Cassegrain Telescopes for Amaterurs), (2013).
- [3] Robert E. Fischer, Biljana Tadic-Galeb and Paul R. Yoder, (Optical System Design), Second Edition, (2008).
- [4] Peter Ceravolo, (The Wide Field Cassegrain: Exploring Solution Space), (2011).
- [5] H. F. AL-Baldwi (A Computational Investigation On The Effect Of An Infrared Optical System), M.Sc. thesis, AL- nahrain University, Iraq (2006).
- [6] C. Vijender, A. Srisailam, M.V. Ramana Murthy (Encircled Energy Factor in the PSF of Amplitude Apodised Optical System), vol.3, Issue 3, (2013).
- [7] Luděk Matyska, (Simulation of optical aberrations in confocal Microscopy), (2012).
- [8] A. H. Abbas, (Studying the Optical aberration effect on the Optical System Design), M.Sc. thesis, AL-nahrain University, Iraq (2008).
- [9] S. alaa aldeen, (Study the image quality of the reflected telescope "cassegriain Telescope"), M.Sc. thesis, AL-nahrain University, Iraq (2009).
- [10] Joseph M. Geary, (introduction to lens Design), center for Applied Optics, (2002)
- [11] Dr. Frank Melsheimer and Dr. Malcolm J, (A Very Wide Field, Very Fast Telescope), USA (2014).
- [12] Yajun Li (Encircled energy of diffracted Converging spherical Waves), JOSA, Vol.73, Issue 9, pp. 1101-1104 (2014).
- [13] R.S. AL-Zubaidy, (Design and Evaluation for Laser Focus System for Medical Uses), M.S.c. University of Baghdad College of Education Ibn AL-Haitham, (2007).