دراسة تأثير الزيغ البصري على عمل النبيطات الضوئية

زيد عبد الزهرة حسن

كلية التربية ابن حيان / جامعة بابل ص ب ٤ العراق
Email:Zaid.Shimary@yahoo.com

ألخلاصـــــة
الزيغ البصري هو أحد التشوهات التي تظهر أثناء عمل النبيطات الضوئية وهو ليس ناتج عن أخطاء ناتجة في صناعة العدسات أو المرايا وإنما نتيجة قوانين الانعكاس والانكسار الحاصلة على السطوح الكروية .
تتضمن فكرة البحث استحداث منظومة بصرية تتكون من التلسكوب والكاميرة تجمع معاً في حيزٍ واحد يستفاد منها في تصوير الظواهر التي تحدث في الطبيعة وخلال عمل المنظومة ظهرت هذه التشوهات البصرية وهي الزيغ الكروي ، الزيغ اللوني ، الاستكماتزم ، التكبير الزاوي. ولقد تم توضيح أسباب حدوث هذه التشوهات وكيفية التخلص منها . ولأجل الحصول على صورة واضحة المعالم للأجسام .

When to make and design optical system is contain the Telescope and camera put in one housing to obtain better photo for the heavenly bodies, is show many aberrations (Spherical aberration, Chromatic, Astigmatism, The angular Magnification).

The laws of reflection and refraction is caused this aberrations, and not find any degradation in the lens, this search is put many solutions for this problems.

كلمات دالة: الزيغ البصري، النبيطات الضوئيه

مقدمة :- **"Introduction"**

التلسكوب هو جهاز يعمل على تكبير الصور البعيدة جداً كالنجوم والأجرام السماوية مثل الكواكب والمذنبات والنيازك ويصنف على نوعين هما التلسكوب الكاسر الذي يستخدم العدسات و التلسكوب العاكس الذي يستخدم المرآة بدلاً من العدسات للتخلص من الزيغ البصري.
لقد اكتشف أول تلسكوب من قبل العالم جان لبرسكي في عام (١٦٠٨) وفي عام (١٦٠٩) صنع غاليلو تلسكوبه لمشاهدة النجوم حيث شاهد المشتري و حلقات زحل

وفي عام (١٦١١) صنع العالم كبلر تلسكوباً هو في الأساس مشابهاً للتلسكوب الفلكي ، وفي عام (١٦٣٣) ادخل العالم جيمس كريكوري تحسينات على التلسكوب الكاسر بعد اكتشافه العدسات الشيئية المضاعفة اللالونية وفي العام نفسه اكتشف كريكوري التلسكوب العاكس (الحسون، ١٩٨٠) . هنالك تلسكوبات أخرى مثل تلسكوب نيوتن الذي واجه صعوبة في استعمال العدسات التي تكون خالية من الزيغ اللوني ولذلك تستعمل مرآة بدلاً من العدسة الشيئية لأن جميع الألوان تنعكس بنفس الاتجاه. ومن التلسكوبات العاكسة الأخرى هي تلسكوب هرشل وتلسكوب كاسيكرين وتلسكوب كاوده . تعتبر من اشهر التلسكوبات (الربيعي، ١٩٦٨)

الجـــــانب النظري

التلسكوب

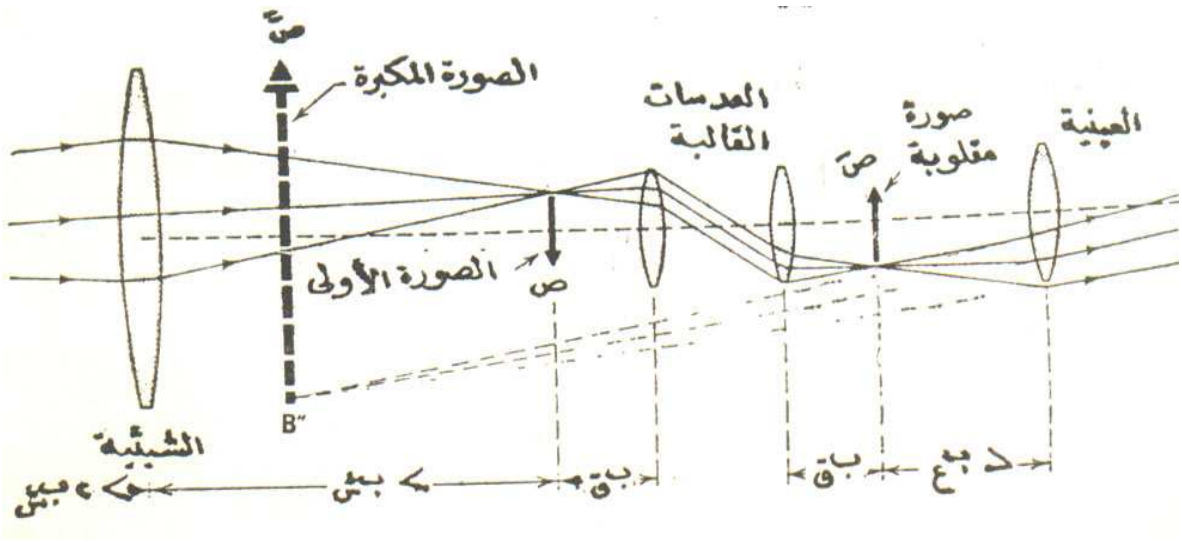
ينقسم التلسكوب إلى نوعين رئيسيين هما :-

a- **التلسكوب الكاسر**

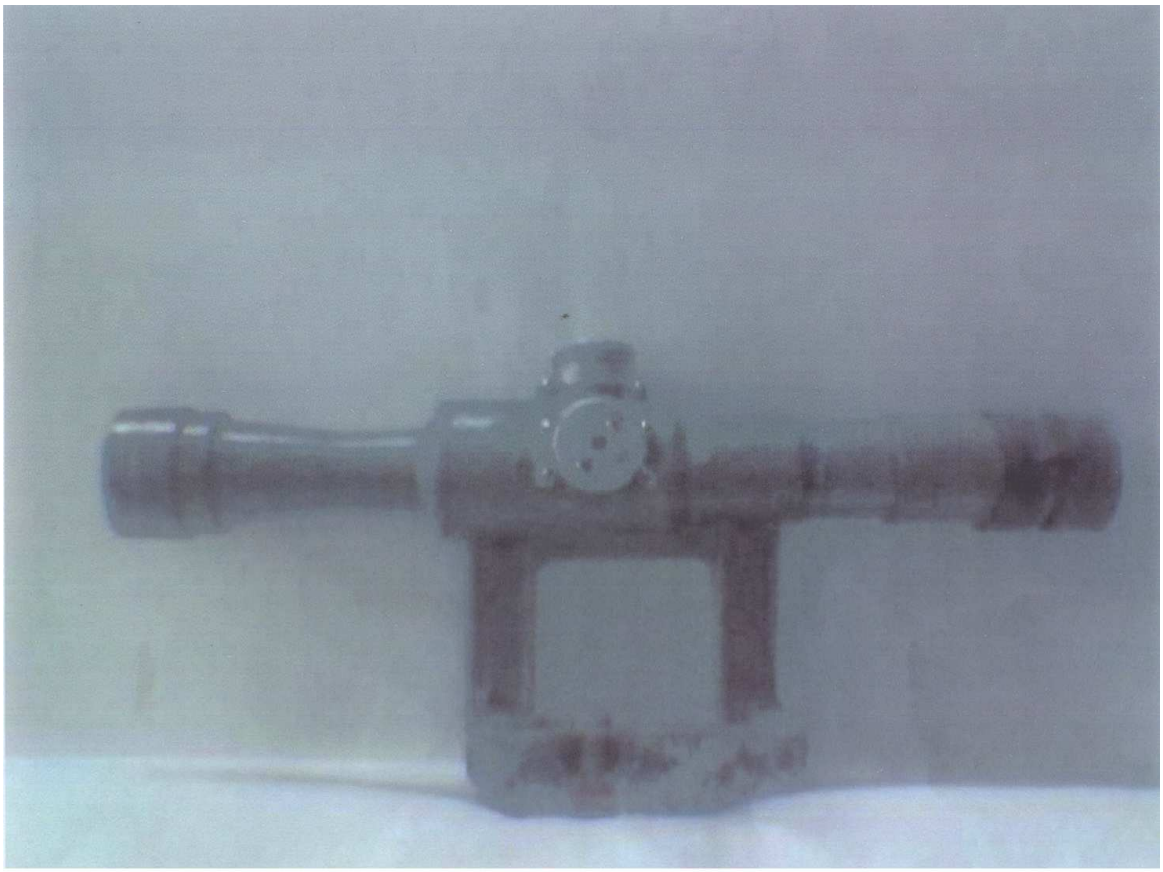
b- التلسكوب العاكس

يشتمل التلسكوب الكاسر على مجموعتين من العدسات مجموعة شيئية وأخرى عينية . والمجموعة الشيئية تكافيء عدسة لامة واحدة قطرها كبير ليسمح لكمية كبيرة من الضوء أن تدخل الجهاز وحيث إن أبعاد الأجسام التي يرصدها التلسكوب اكبر من ضعف البعد البؤري بهذه ألعدسه بكثير فأن الصورة المتكونة بواسطتها صورة حقيقية مصغرة مقلوبة وهي بمثابة الجسم بالنسبة للعدسة العينية وهي عدسة لامة أيضاً ولكن قطرها صغير وبعدها البؤري قصير فتكون صورة وهمية مكبرة معتدلة بالنسبة للحقيقة ويكون التكبير في هذا التلسكوب مساوياً للنسبة بين البعد البؤري للشيئية والبعد البؤري للعينية.

وقد يستخدم التلسكوب الفلكي كتلسكوب ارضي لان عدسات الأخير لا تختلف عن عدسات الأول ولكن تضاف أليه مجموعة عدسية تقوم بقلب الصورة الحقيقية التي تكونها الشيئية لتجعل الصورة النهائية معتدلة بالنسبة للجسم وان العدسات القالبة لاتحدث أي تكبير في الصورة لأنها موضوعة في التلسكوب بحيث أن بؤرتها منطبقة تماماً على الصورة المتكونة بالشيئية كما هو في الشكل (١) (الربيعي، ١٩٦٨)



الشكل (1(a) تكون الصور في التلسكوب الارضي



الشكل (1-b) يمثل التلسكوب الارضي

اما التلسكوب العاكس فهو يعد من اكبر التلسكوبات المستخدمة اليوم في شتى أنحاء العالم هنا تستخدم مرآة مقعرة تتسع لاستلام حزمة عريضة من الضوء ولمها في بؤرة . أما الأسباب التي دعت إلى صنع التلسكوبات الكبيرة من النوع العاكس الذي يستخدم المرايا المقعرة بدلاً من النوع الكاسر الذي يستخدم العدسات فهي أن صنع

المرآة أسهل من صنع العدسات ، لان المرآة تحتاج إلى صقل وجه واحد بينما تحتاج صناعة العدسات الشيئية للتلسكوب الكاسر إلى صقل أربعة وجوه لأنها مركبة من عدستين . كما ان صنع العدسة يتطلب أنقى أنواع الزجاج واصفاه وأفخره مما لا يتوفر في قطعه كبيرة بينما لا تحتاج المرآة في التلسكوب إلى ذلك النوع من الزجاج . ويكون تركيب العدسة أصعب من تركيب المرآة لآن العدسة لايمكن إسنادها الا من حافتها بينما يسهل إسناد المرآة من حافتها وخلفها ، وحيث إن العدسة ثقيلة وتركب في أعلى التلسكوب الكاسر والمرآة ثقيلة أيضاً ولكنها تركب أسفل التلسكوب العاكس فمن الواضح إن يكون التلسكوب العاكس أكثر ثباتاً واستقراراً من التلسكوب الكاسر . كما أن العدسة تمتص الضوء ولاسيما إذا كانت سميكة ، بينما لا يوجد امتصاص في المرآة (savage, 1971) اما الزيغ الكروي الموجود في المرايا والعدسات على السواء يمكن التخلص منه بسهولة في التلسكوب العاكس بجعل المرآة المقعرة مجسم قطع مكافيء . ثم أن المرايا خالية من عيب مهم جداً هو الزيغ اللوني يصعب تخليص العدسات منه بشكل نهائي (الربيعي، ١٩٦٨) .

التلسكوب العاكس يكون على العموم اقصر بكثير من التلسكوب الكاسر الذي له نفس القطر ، ولذلك يوفر استخدامه في المرصد مبلغاً كبيراً من المال والجهد لآن التلسكوب يتطلب مرصداً كبيراً .

صنعت مرايا التلسكوبات العاكسة القديمة من سبيكة خاصة لماعة جداً مؤلفة من النحاس والقصدير ، ثم تحول صناعة هذه المرايا إلى صنعها من الزجاج وطلائها بالفضة . أما اليوم فتصنع من الزجاج البايركس الذي يصقل فيه وجه مقعر ويغطي بطبقة لماعة من الألمنيوم الذي يكون على هيئة بخار ويكشف على وجه المرآة (Goodman, 1969).

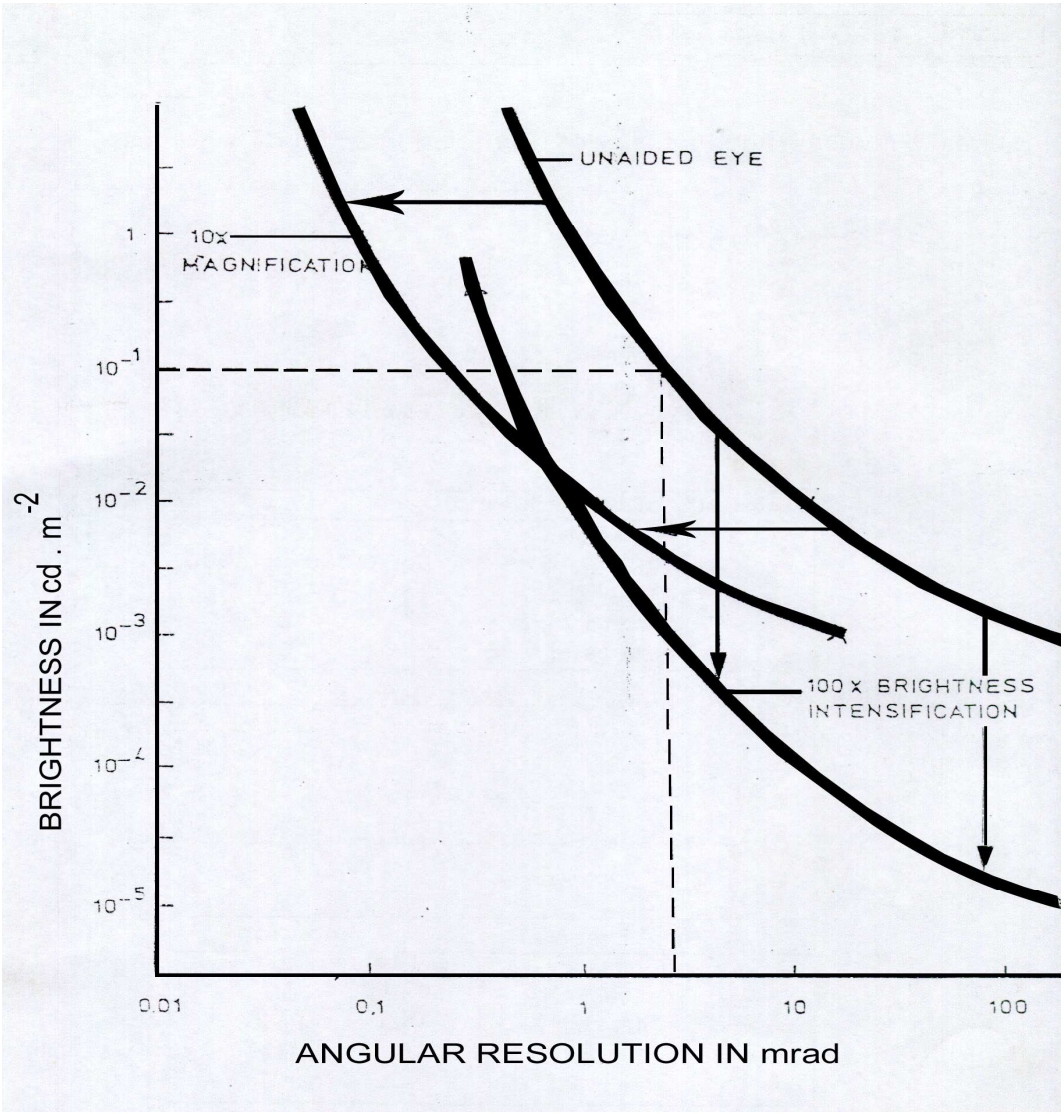
العين وتقوية الإضاءة :-

أن ثابت التقوية يختلف حسب نوع النظام حيث يتغير من بضع مئات إلى بضع الآلاف من المرآت حسب مجال التطبيق فافتراضاً (1000X) معدل التقوية وحسب القاعدة إن اقل إضاءة للعين هي بحدود ($0.1\ cd.\ m^{-2}$) كما مبين في الشكل (٢) (Ery, 1970). فأن مستوى الإضاءة لتقوية الصورة يجب أن تكون ($0.1\text{-}4\ cd.\ m^{-2}$) وهذه على الأكثر تساوي إضاءة النجوم كما أن قدرة العين السليمة للتحليل الزاوي هي بحدود ($0.3\ m.\ rad$). أن هذه القيمة هي دالة لشدة إنارة الجسم وتكون بحدود ($3\ m\ .\ rad$) عند إنارة قدرها ($0.1cd.\ m^{-2}$) (Ruechardt, 1958) وهنالك شروط عامة لتقوية الإضاءة هي :

١- التقوية يجب أن تكون كبيرة تكفي لاتساع الصورة بحدود($0.1cd.\ m^{-2}$) إضاءة عند الليل .

٢- للإضاءة الكاملة من مسرد الإضاءة لتقوية الصورة يجب أن يكون مغلقاً قدر الامكان لقدرة تحليل العين عند مستوى الإضاءة.

٣- لأفضل تمييز يجب ان تكون فتحة الخروج لأنبوب تقوية الإضاءة يساوي على الأقل قطر بؤبؤ العين عند إضاءة الصورة الناتجة لذلك نجد أن المنظار الذي يستعمل فتحتة الخروج لأنبوب التقوية قطرها (8 mm) مساوياً لقطر كامل لبؤبؤ العين يكون جيد التكبير والتمييز.



شكل (٢)

يبين العلاقة البيانية بين التحليل الزاوي ومستوى إضاءة الأجسام

(Ruechardt, 1958)

القيم العملية لشدة اللمعان والإضاءة

عند مناقشتنا للعين ومدى استجابتها للإضاءة وجدنا إن اقل قيمة اعتبرت هي بحدود ($0.1cd. m^{-2}$) وفيما يلي جدول بالقيم المأخوذة خلال (٢٤) ساعة دورياً لشدة اللمعان على سطح الأرض. (Ruechardt, 1958)

Intensity of Illumination at	Lux
Full Sun	100,000
Over cast sky	10,000-50,000
Sun set	1000
Moon Light	10^{-1}
Star light	10^{-3}

الجانب العملي

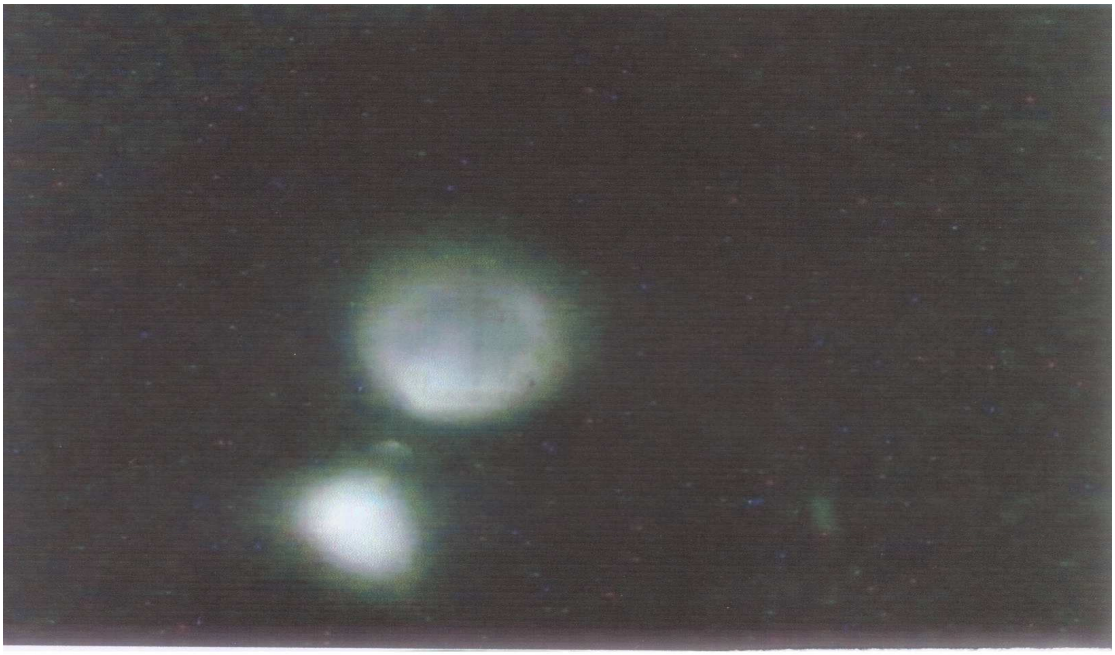
عند تصميم منظومة بصريه متكونه من كاميرة تصوير مضافةً اليها تلسكوب كاسر يصل تقريبه الى (٢ كم) كما موضح في الشكل(b-١)، تم أخذ صوراً بها الى القمر بتاريخ ٢٠٠٦/٩/٧ في الساعة العاشرة ليلاً لتوثيق ظاهرة الخسوف الجزئي الذي حصل فيه فظهر في بعض هذه الصور تشوهات بصرية (زيوغ)، لقد تم تحديد نوع هذه الزيوغ ودراستها كما وضعت في هذا البحث سبل التقليل منها ان التشوه يحدث في الصور الناتجة من النبيطات البصرية مثل (التلسكوب ، الكاميره ، العين ، .....) وهذا التشوه ليس بسبب أخطاء ناتجة عن صناعة العدسات أو المرايا ولكن يحدث نتيجة لقوانين الانكسار والانعكاس الحاصلة على السطوح الكروية . ويمكن التقليل من هذه التشوهات البصرية بعدة أساليب تختلف حسب نوع الزيغ البصري الحاصل والتي هي على أنواع منها (الزيغ الكروي ، اللون الاستكماتزم) (Jenkin, et. al., 1957)، عند أخذ صورة بالة تصوير في يوم يسطع فيه نور الشمس يسد حاجب الضوء في العدسة بكاملة فلا يبقى منه إلا ثقب صغير إذا نفذ منه الضوء ساقط على القسم الوسطي من عدسة آلة التصوير وعندها تكون الصورة المأخوذة واضحة المعالم حادة التقاطيع.

أما إذا كان اليوم غائماً يستوجب أن يمر في العدسة ضوء كافٍ فلابد من فتح الحاجب في هذه الحالة إلى أخره (وينطبق هذا في أثناء التصوير الليلي) وعندها سيمر قسم من الضوء من المناطق القريبة من حافة العدسة والباقي من وسطها وتتكون صورة ولكنها ليست من الجودة في شيء ، فتقاطيعها غير حادة ومعالمها ليست بذلك الوضوح الذي يتوخاه المصور والسبب في ذلك يرجع إلى أن الأشعة التي تمر بالقرب من حافة العدسة لا تلتقي أو تتجمع في نفس النقطة التي تلتقي وتتجمع بها الأشعة الساقطة على وسط العدسة ، وهذا عيب من عيوب العدسات ويسمى بالزيغ الكروي (The Spherical Aber.)(الربيعي ١٩٦٨) كما هو موضح بالشكل (٣)

((شكل رقم (٣) يوضح ظاهرة الزيغ الكروي))

لايمكن حذف الزيغ الكروي كلياً من عدسة لها سطحان كرويان إذا كان كل من الجسم والصورة حقيقيين ولكن إذا كان الجسم أو الصورة خيالياً فيمكن تصميم عدسة سميكة لها زيغاً كروياً مساوياً للصفر كحالة خاصة لجسم نقطي أو صورة نقطية . وذلك باختيار مناسب لإنصاف أقطار التكور السطحي للعدسة ، أو بعبارة أخرى وكقاعدة عامة إن الزيغ الكروي سيقل إذا صمت أو استخدمت طريقة بحيث أن الانحراف للأشعة المارة خلال العدسة تكون مقسمة بين السطحين . (Bueche,1998)

اما الاستكماتزم هو زيغ الصورة المتكونة بواسطة عدسة لجسم نقطي مرئي واقع خارج محور العدسة ، وتظهر الصورة المتكونة في زيغ الاستكماتزم واقعة على امتداد محور العدسة . أن الحزمة الضوئية المنكسرة بواسطة العدسة تنقسم إلى قسمين حزمة أشعة ضوئية منكسرة تلتقي عمودياً على محور العدسة في نقطة تمثل موقع الصورة الثانية ، أما حزمة الأشعة المنكسرة الثانية فتلتقي أفقيا على محور العدسة مكونة موقع الصورة الابتدائية . وان المسافة بين الصورتين يعطي مقطعاً لدائرة تسمى دائرة التشويش(الحسون، ١٩٨٠) الصغرى كما في الشكل.



شكل رقم (٤) يوضح زيغ الاستكماتزم

إذا كان سطح الصورة الابتدائية على يسار سطح الصورة الثانية يقال بأن الاستكماتزم موجب وبالعكس .

للتخلص من هذا التشويه تكون المعالجة معتمدة على شكل العدسة وموضع الحاجب ، وباستخدام عدستان محدبة ومقعرة لهما أبعاد بؤرية مناسبة وتقعان على بعد معين على المحور يمكن تقليل الاستكماتزم مثل هذه المجموعة من العدسات تسمى العدسة المصححة للاستكماتزم. (Burns, et.al., 1975)

تعمل العدسة اللامة عمل موشورين مشتركين بقاعدة واحدة عند المركز البصري للعدسة ، فإذا سقط ضوء ابيض على وجه أحد هذه المواشير يتحلل إلى مجموعة ألوان الطيف بسبب تغير معامل الانكسار لمادة العدسة مع الطول ألموجي حيث ستمر أشعة اللون الأحمر في نقطة على المحور الأساسي ابعد من النقاط التي ستمر منها أشعة الألوان الأخرى وتكون أشعة اللون البنفسجي في اقرب نقطة تقع على المحور الأساسي وهذه الظاهرة تسمى الزيغ اللوني (Chromatic Aberration) ، فالزيغ اللوني هو عدم تجمع ألوان الضوء الأبيض النافذ من العدسة في نقطة واحدة عند سقوط الضوء الأبيض عليها (حزم الضوء عند الإطراف) . إن الزيغ اللوني عيب يشوه الصور فتظهر بأهداب وحافات ملونة (Bueche, 1998) كما في الشكل (٥)

شكل رقم (٥) يوضح ظاهرة الزيغ اللوني

للتخلص من ظاهرة الزيغ اللوني تستخدم عدسة تسمى (العدسة اللالونية) وهي عدسة مركبة مكونة من عدسة لامة (محدبة) مصنوعة من الزجاج التاجي (Crown) وأخرى مقعرة مصنوعة من الزجاج الصيواني (Flint) تختلف عن الأولى في معامل الانكسار وتكونان مفصولتين بمسافة مساوية لمعدل البعد البؤري للعدستين وظيفتها تكوين صورة للجسم بنفس ألوانه تماماً.(serway, 1987)

تأثير التكبير الزاوي

عند دراسة عامل التكبير الزاوي في عملية التمييز الجيد وجد أن قيمة التكبير في المنظومة البصرية يلعب دوراً مهماً وفعالاً حيث أنه يؤثر تأثيراً مباشراً على خصوصية معالم صورة الأجسام المرئية ، أن قيمة التكبير في المنظومة البصرية (التلسكوب) هي النسبة : (الحسون، ١٩٨٠)

$$M = \frac{Fobj}{Feye}$$

حيث أن :-

Fobj البعد البؤري للعدسة الشيئية

Feye البعد البؤري للعدسة العينية

وهنالك عامل أخر هو العدد البؤري (F *) الذي يأخذ حيزاً مهماً في درجة وضوحية صورة الجسم والذي يعطي بالمعادلة :

$$F^* = \frac{Fobj}{Dobj}$$

حيث أن :-
Fobj البعد البؤري للعدسة الشيئية
Dobj قطر العدسة الشيئية

لقد وجد أنه من الأفضل استخدام قيمة العدد البؤري يتراوح مابين (١) إلى (١.٨) عملياً . آن لهذا العامل تأثير كبير على درجة وضوحية الصورة ولا يفضل استخدام قيمة اكبر من (١.٨) لأنها تكون غير مجدية من ناحية وضوحية صورة الجسم حيث تكون مشوهة المعالم عند هذه القيمة (الشمري ، ٢٠٠٠) كما في الشكل (6 (a , b , c)) كما أن لمعان الصورة يقل عن لمعان الجسم عندها يكون التكبير اكبر من التكبير الطبيعي وذلك لكون بؤبؤ الخروج لفتحة التلسكوب يجب أن تكون مساوية لفتحة بؤبؤ العين (8 mm) (serway, 1987) وذلك لأنها تمثل اكبر قيمة مسموح بها لكي نتجنب التضحية باللمعان كما وتعتبر هذه القيمة الصغرى اللازمة لإدراك القدرة التحليلية التامة للأداة (النبيطات الضوئية) .

(6 – a)

(6 - b)

(6 - c)

الشكل ((6 (a , b , c) يمثل تأثير التكبير على وضوحية معالم الصورة

الاستنتاجات

لقد تم استنتاج عدة نقاط مهمة نستخلص فيها سبل تذليل العيوب البصريه وهي:

١- لايمكن التخلص من الزيغ الكروي كلياً، ولكن يمكن التقليل منه ففي مثل هذه المنظومه البصريه يجب تقليل فتحة العدسة الشيئيه وذلك لمنع الاشعة البعيدة عن المحور من انكسارها بواسطة عدسة الكاميره.

٢- للتخلص من الزيغ الاستكماتزم الذي حصل في صور المنظومه البصريه هو بجعل الجسم يقع ضمن المحور البصري لها وذلك لان احد اسباب حدوث هذا الزيغ هو وقوع الجسم خارج المحور البصري لعدسة كاميرة التصوير.

٣- بتقليل فتحة عدسة التصوير فأننا نعمل على منع الاشعة البعيدة عن محورها من السقوط عليها وبالتالي فأن هذه الطريقه تمنع حدوث ظاهرة الزيغ اللوني.

٤- ان زيادة تكبير الصورة يسبب تشوهاً في معالمها ولاجل تقليل هذه الظاهرة يتم تحديد العدد البؤري لعدســـة الكاميره الذي يتراوح بين (١,٨-١)

References

1- D.M. Burns, Etal, "Physics Biology and pre- Medical Students" , second edition, Addison- Weseley Pub. LTD., (1975).
2- F. Bueche, "Principles of Physics", seven edition, Inter. Pub Home, Cairo, Egypt, (1998).
3- Ery, G,A, "The Optical Performance of Human", Progress in Optics Vol.8, E.Wolg, editor, American Elsevier pub. Company, (1970).
4- Jenkins and White, "Fundamentals of Optics", third edition, Inter. Stud., Mc Graw- Hall, LTD. (1957).
5- GoodMan, J. W. , Appl. Opt., Vol.8, 158 (1969).
6- Ruechardt, "Light Visible and Invisible", University of Michigan press, Ann Arbor, (1958).
7- Savage, C. M. and Maker, Appl. Opt., Vol10, No 4 , 965 (1971).
8- Serway , " Physics for Scientsts and Eneginerrs, " fifth edition , Harcourt College Pub., (1987).

- البصريات ، د. عباس محمد الحسون ، جامعة بغداد (١٩٨٠) .
- البصريات والكهربائية ، د. نور الدين الربيعي ، جامعة بغداد (١٩٦٨).
- الاطروحة- حسابات المدى لمنظومات الرؤية الليلية، زيد الشمري(٢٠٠٠)