الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمه لخضر-الوادي-
كلية العلوم الدقيقة
قسم الفيزياء

مذكرة تخرج مقدمة لنيل شهادة
ماستر أكاديمي في الفيزياء

مجال: علوم المادة

تخصص: فيزياء تطبيقية إشعاع وطاقة

من إعداد الطالبتين:

طريلي شفاء

قسط لبنه

تحت عنوان:

الضوء الهندسي والتقريب الفلكي
"تجسيد telescope تطبيقي"

نوقشت يوم:2025/05/28

أمام لجنة المناقشة المكونة من الأساتذة:

- ضو جمال	أستاذ تعليم العالي	جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	رئيسا
- غوقالي مبروك	أستاذ محاضر أ	جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	مناقشا
- رحال عاشور	أستاذ محاضر أ	جامعة الشهيد حمه لخضر بالوادي	مشرفـا

الموسم الجامعي: 2025/2024

الفهرس

إهداء **iii**

إهداء **iv**

شكر و عرفان **v**

قائمة الأشكال **vi**

قائمة الجداول **viii**

قائمة الرموز **ix**

قائمة المصطلحات العلمية **xii**

المقدمة العامة **2**

1 عموميات حول الضوء الهندسي **5**

1.1 تمهيد 5
2.1 الانعكاس 5
3.1 الانكسار 6
4.1 معامل الانكسار 7
5.1 الانعكاس الكلي والزاوية الحرجة 8
6.1 بعض تطبيقات الانعكاس الكلي 9
1.6.1 الموشور القائم 9
2.6.1 الألياف البصرية 9
7.1 الجمل الضوئية 10
1.7.1 تعريف الجملة الضوئية 10
2.7.1 صورة نقطة ضوئية 11
3.7.1 الجسم و الصورة بين الحقيقة و الوهم 11
8.1 دراسة الجمل الضوئية 13
1.8.1 المرايا 13
2.8.1 العدسات 19
9.1 خلاصة 26

2 أنواع المقاريب البصرية **28**

1.2 تمهيد 28
2.2 الأشعة الكهرومغناطيسية 28
3.2 المقاريب البصرية 29

4.2 المقراب الكاسر 33
1.4.2 حدود المقراب الكاسر 35
5.2 مقراب غاليليو 36
1.5.2 مكونات وتصميم مقراب غاليليو 37
2.5.2 خصائص مقراب غاليليو 37
3.5.2 المقراب العاكس 38
6.2 المقراب البصري المجمع 39
1.6.2 مبدأ العمل والمكونات الأساسية 40
2.6.2 أنواع المقاريب المجمعة 40
3.6.2 المزايا الرئيسية للمقراب المجمع 41
4.6.2 العيوب والتحديات 41
5.6.2 التطبيقات الفعلية للمقراب المجمع 41
6.6.2 مقارنة المقراب المجمع مع الأنواع الأخرى 42
7.2 مقراب هابل 42
1.7.2 مكونات مقراب هابل 43
2.7.2 مبدأ عمل مقراب هابل 44
3.7.2 مميزات مقراب هابل 45
4.7.2 أهم الاكتشافات التي قدمها مقراب هابل 46
8.2 مقراب جيمس ويب الفضائي 46
1.8.2 الخصائص التقنية لمقراب جيمس ويب 47
2.8.2 مميزات مقراب جيمس ويب 47
3.8.2 عيوب مقراب جيمس ويب 48
9.2 خلاصة 48

3 تجسيد مقراب نيوتن العاكس **50**
1.3 تمهيد 50
2.3 آلية عمل مقراب نيوتن 50
3.3 الأدوات المستعملة في صناعة مقراب نيوتن ودورها 51
4.3 خطوات تصنيع مقراب نيوتن 54
5.3 نتائج البحث ومناقشتها 58
6.3 التطبيقات الحديثة لمقراب نيوتن 59
7.3 مزايا وعيوب مقراب نيوتن 60
8.3 خاتمة 60

الخلاصة العامة **62**

المراجع **64**

إهداء

الحمدلله الذي بنعمته تتم الصالحات،وبتوفيقه تتحقق الأمنيات،الحمد لله على العلم، وعلى الصبر،وعلى كل من كان نوراً يضيء لي طريق الوصول.

إلى من كان وجودهم هو السبب الأول في كل خطوة اخطوها
إلى من لولاهما ما كنت، ولا صبرت، ولا وصلت
إلى والدي الحبيب،ووالدتي الغالية
أنتم الروح التي تسكنني،والدعاء الذي يسبقني،والنور الذي أراه في نهاية كل تعب
يامن حملتما همي،وخففتما أوجاعي،ومسحتما دموعي قبل أن تنزل
يا من علمتما قلبي معنى الحنان،وعقلي معنى الثبات
كل ما وصلت إليه اليوم هو من بركة رضاكما،ودعائكما،وصبركما عليّ
لو كانت كلماتي مطراً،لظللت أمطركما شكراً...ولو كان عمري هدية،لوهبتكما إياه بكل رضا
جزاكما الله عني خير الجزاء،وأدامكما تاجاً على رأسي مدى الحياة.

إلى إخوتي الأعزاء الذين كانوا سنداً لي في كل لحظة
يفرحون لفرحي ويصبرون معي على لحظات تعبي
فوجودهم حولي كان طاقة حب لا تنتهي.

إلى زملائي وزميلاتي،رفقاء الدرب،ومصدر الذكريات الجميلة.

اللهم اجعل هذا العمل شاهداً لي لا عليّ،ووفّ به حق كل من أحسن إلي،وبارك فيهم،كما باركت لي في هذا الإنجاز.

لبنه

إهداء

الحمد لله والشكر على كل خير أوصلني إياه وصلى الله وسلم وبارك على عبده ورسوله نبينا محمد وعلى آله وأصحابه أجمعين.اهدي هذا العمل:

إلى أهل بيتي وعائلتي الجامعية
إلى كل من علمني حرفا أستاذتي ومعلمي وأهل الفضل علي
إلى كل من يفكر ويبحث للارتقاء في كل مكان
إلى كل من كان بعيد عن العين وقريب إلى القلب
إلى كل من وضع بصمته في حياتي
دمتم سندا
-أحبكم في الله-

شفاء

شكر و عرفان

الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا أن هدانا الله
وها قد اقتربت اللحظة التي تمنيناها اللحظة التي تعبنا من أجل أن ننالها
من أجلها اجتهدنا وثابرنا وبإذن الله نقول قد وصلنا
وبعد تصادقا لقوله تعالى"وَلَأَن شَكَرْتُمْ لَأَزِيدَنَّكُمْ "
اللهم لك الشكر على توفيقنا لإتمام هذا العمل.

نتقدم ببالغ الشكر الجزيل والعرفان الجميل إلى الذي أنارنا بإشرافه على هذه المذكرة
الأستاذ الفاضل "رحال عاشور"، وعلى ماقدمه لنا من نصح وإرشاد وتوجيه
ومتابعة مكثفة طوال فترة إعدادها دون كلل أو ملل، فجزاه الله كل الخير وجعله في خدمة العلم والوطن.

كما أن الشكر موصول للأساتذة الكرام أعضاء لجنة المناقشة الأستاذ "ضو جمال" رئيسا، والأستاذ "غوقالي مبروك"
مناقشا لتفضلهم بقبول مناقشة هذه المذكرة
ونأمل أن تكون ملاحظاتهم القيمة نبراسا لنا لكي نرقى بها إلى أرفع الدرجات العلمية.

كما نتقدم بأسمى عبارات التقدير والامتنان إلى الأستاذ الفاضل "احميم رشيد" لما قدمه لنا من مساعدة
ونصائح قيمة، كما نشكره على سعة صبره معنا في كل ما احتجناه لإنجاز هذه المذكرة.

وفي هذا المقام لا يمكن أن ننسى شكر أساتذة قسم الفيزياء كل باسمه وأخص بالذكر الأستاذ إبراهيم سعد الله
والأستاذة ديلمي سامية، ولكل من قدم لنا يد العون من أساتذة وأهل وأصدقاء ولو بكلمة طيبة.

وإلى كل من سقط من قلمنا سهوا.

قائمة الأشكال

1.1 ظاهرة الانعكاس. 6
2.1 ظاهرة الانكسار. 7
3.1 الموشور القائم 9
4.1 الألياف البصرية 10
5.1 الجملة الضوئية. 11
6.1 صورة نقطة ضوئية. 11
7.1 الجسم بين الحقيقةوالوهم. 12
8.1 الصورة بين الحقيقة والوهم. 13
9.1 أنواع المرايا الكروية. 14
10.1 يوضح مكونات المرايا. 14
11.1 المحرق بين الحقيقة والوهم. 15
12.1 يوضح قانون المرايا 16
13.1 العدسة 20
14.1 العدسات الرقيقةالمقربة 21
15.1 العدسات الرقيقةالمبعدة 21
16.1 يوضح قانون العدسات. 22
17.1 يوضح قانون التكبير. 23
18.1 العدسة المركبة 24

1.2 أنواع العدسات العينية 30
2.2 عدسة عينية ذات عدستين 30
3.2 رسم توضيحي لتأثيرعدسة بارلو 32
4.2 أنواع المقاريب 33
5.2 المقراب الكاسر 34
6.2 العدسة المحدبة والعدسة المقعرة 35
7.2 مقراب غاليليو 36
8.2 مقراب غاليليو وكبلر 37
9.2 مكونات المقراب العاكس 38
10.2 المقراب العاكس 39
11.2 المقراب المجمع 40
12.2 مقراب هابل 43
13.2 مقراب جيمس ويب 46

1.3 الأجزاء المكونة للمقراب. 51
2.3 المرآة الرئيسية. 51
3.3 المرآة الثانوية. 52

4.3 العدسة العينية. 52
5.3 حلقات تثبيت المرايا والعدسات. 53
6.3 أنبوب المقراب. 53
7.3 الموجه. 53
8.3 القاعدة. 54
9.3 طلاء. 54
10.3 صورة توضح كيفية قياس البعد البؤري. 55
11.3 صورة توضح كيفية قياس البعد البؤري. 55
12.3 صورة توضح قيس البعد البؤري. 55
13.3 صورة توضح قياس أنبوب المقراب. 56
14.3 صورة توضح تحضير فتحة العدسة العينية وثقوب تثبيت المرآة الثانوية. 56
15.3 صورة توضح تحضير المرآة الثانوية. 57
16.3 صورة توضح تحضير العدسة العينية. 57
17.3 مقراب نيوتن العاكس. 58
18.3 صور للقمر بعدسات عينية ذات بعد بؤري مختلف. 58

قائمة الجداول

1.2 مقارنة المقراب المجمع مع الأنواع الأخرى 42

قائمة الرموز

θ_i زاوية السقوط.

θ_r زاوية الانعكاس.

θ_t زاوية الانكسار.

N الناظم.

n قرينة الانكسار.

c سرعة الضوء في الفراغ.

v سرعة الضوء في الوسط.

θ_{crt} الزاوية الحرجة.

s الجملة الضوئية.

A' الصورة.

A الجسم.

C مركز إنحناء المرآة.

S ذروة المرآة.

R نصف القطر الإنحناء.

F المحرق.

f البعد المحرقي.

p بعد الجسم عن المرآة.

q بعد الصورة عن المرآة.

h طول الجسم.

h' طول الصورة.

m التكبير.

O المركز البصري للعدسة.

s بعد الجسم عن العدسة.

s' بعد الصورة عن العدسة.

l المسافة بين العدستين.

f_1 البعد البؤري للعدسة الأولى.

f_2 البعد البؤري للعدسة الثانية.

d_{0A} المسافة من العدسة الأولى للجسم.

d_{iA} المسافة من العدسة الأولى للصورة.

d_{0B} المسافة من العدسة الثانية للجسم.

d_{iB} المسافة من العدسة الثانية للصورة.

h_{iA} ارتفاع الصورة الأولى.

h_{iB} ارتفاع الصورة الثانية.

h_{0A} ارتفاع الجسم أمام العدسة الأولى.

h_{0B} ارتفاع الجسم أمام العدسة الثانية.

M_A تكبير العدسة الأولى.

M_B تكبير العدسة الثانية.

M التكبير الكلي للمنظومة.

d_{12} البعد بين العدسة الأولى والثانية.

d_{23} البعد بين العدسة الثانية والثالثة.

F البعد البؤري للشيئية.

f البعد البؤري للعينية.

F التردد.

L_2 نقطة لاغرانج الثانية.

الاختصارات

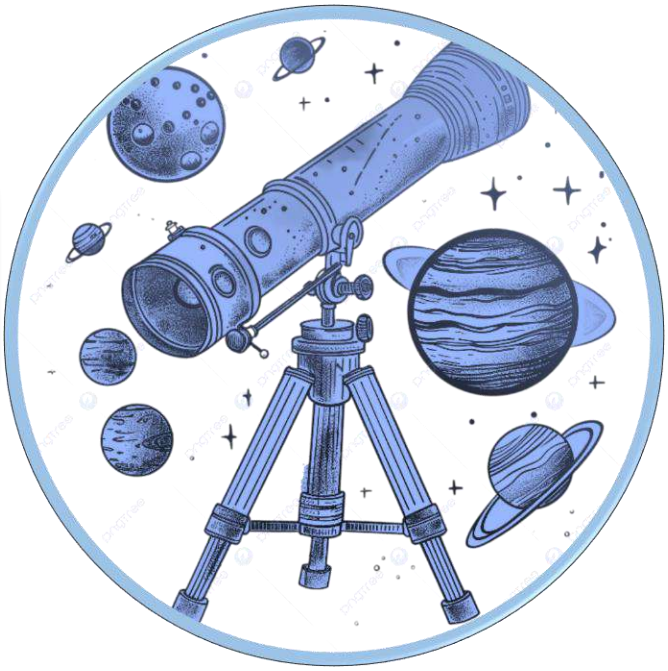
ESA	وكالة الفضاء الأوروبية	*European Space Agency*
CSA	وكالة الفضاء الكندية	*Canadian Space Agency*

قائمة المصطلحات العلمية

الضوء الهندسي	*Geometric light*
الأشعة الضوئية	*Optical rays*
الانعكاس	*Reflection*
الانكسار	*Refraction*
قانون الانكسار	*Refraction law*
قرينة الانكسار	*The index of refraction*
الزاوية الحرجة	*Critical angle*
الجملة الضوئية	*Optical sentence*
المرايا	*Mirrors*
المرآة المقعرة	*Concave mirror*
المرآة المحدبة	*Convex mirror*
العدسات	*Lenses*
البؤرة	*The focus*
البعد البؤري	*Focal length*
علم الفلك	*Astronomy*
المقاريب البصرية	*Optical telescopes*
العدسة الشيئية	*Objective lens*
العدسة العينية	*Ocular lens*
الزيغ اللوني	*Chromatic aberration*
الأجرام السماوية	*Celestial bodies*
المقراب الكاسر	*Refracting telescope*

مقراب كبلر	*Kepler telescope*
مقراب غاليلي	*Galilean telescope*
مقراب نيوتن	*Newton's telescope*
مقراب هابل	*Hubble telescope*
مقراب جيمس ويب الفضائي	*James webb space telescope*

المقدمة العامة



المقدمة العامة

خلق الله تعالى الإنسان وكرمه بالعقل وجعله ميزة تميزه عن سائر البشر،فالعقل منشأ الفكر وأداة التمييز والفهم والإدراك، كما قال تعالى:"وَلَقَدْ كَرَّمْنَا بَنِي آدَمَ وَحَمَلْنَاهُمْ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ وَرَزَقْنَاهُمْ مِنَ الطَّيِّبَاتِ وَفَضَّلْنَاهُمْ عَلَى كَثِيرٍ مِّمَّنْ خَلَقْنَا تَفْضِيلاً"(الإسراء)،وجعل للعقل القدرة على التدبر في خلق الله وقوته والتمييز بين الصواب و الخطأ،بين المستحيل والسهل.جعل الله الانسان يتعلم من البيئة التي تحيط به،لكي يزدهر ويتطور ويرسم منهاجا يساعده على الحياة والتأقلم مع الوسط والبيئة التي يعيش فيها.فأخذ يتطور ويتقدم عبر العصور خطوة بخطوة حتى توصل إلى ما توصل إليه في الوقت الحاضر [1].فقد جمع بين أطراف المعمورة من شرقها إلى غربها في دقائق،وحول هذه اليابسة الضخمة إلى قرية صغيرة بسيطة بحارها قنوات وبلدانها أحياء [2].وبما أن الإنسان يتعلم من التجربة والملاحظة لذلك توصل نيوتن إلى أن:

الأشعة الضوئية المنتشرة في كل الكون عبارة عن جسيمات صغيرة جداً تنبعث من المواد المتألقة.وكان تعريف نيوتن هذا بسبب كون مسار الضوء الظاهري في الوسط المتجانس بشكل خطوط مستقيمة.وهذا ما يدعى بقانون الإنتشار بخطوط مستقيمة وتكون الظلال مثال على صحة هذه الفرضية [3].

وفي عصر نيوتن ظهرت فرضية أخرى للضوء من قبل العالم هايجنز(1629-1695)الذي اعتبر الضوء حركة موجية تنبعث من المصدر الضوئي بجميع الاتجاهات.حيث استخدم الموجات الأساسية والموجات الثانوية الناتجة منها لتفسير القوانين الأساسية لظاهرتي الإنعكاس والإنكسار وتمكن كذلك من تفسير بعض الظواهر البصرية بالإعتماد على فرضيته الموجية مثل ظاهرة التداخل من الأغشية الرقيقة والتي تنتج عنها حزم مضيئة وأخرى مظلمة نتيجة الإنعكاس.وتمكن أيضاً من تفسير حيود الضوء عند العوائق [3]،رغم هذا لم يتوقف هنا العلم.

بل توصل ماكسويل أيضاً بفضل علاقاته (1831-1879)إلى :

إن الضوء المرئي عبارة عن شكل من أشكال الطاقة الكهرومغناطيسية التي تدعى بالموجات الكهرومغناطيسية [4].

إن الطيف الكامل للموجات الكهرومغناطيسية يشمل الموجات الراديويةوالأشعة تحت الحمراء والطيف المرئي والذي يشمل الألوان من الأحمر الى اللون البنفسجي والأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية وأشعة ڤاما ونحن نعلم كذلك من النظرية الكمية التي أنشأها رواد بلانك.أنشتاين وبوهران الطاقة الكهرومعناطيسية مكممة أي تتألف من كميات منفصلة تشع أو تمتص من قبل المجال الكهرومغناطيسي وتدعى بالفوتونات [5].

ولذلك فإن المفهوم الحديث للضوء يعتمد على أساسيات فرضيتي نيوتن وهايجنز ولهذا يقال بأن الضوء يمتلك طبيعة ازدواجية ففي تجربة التداخل مثلا يتصرف الضوء كأنه ذو طبيعة موجية بينما في ظاهرة الكهروضوئية يتصرف الضوء كأنه يتألف من جسيمات [6].

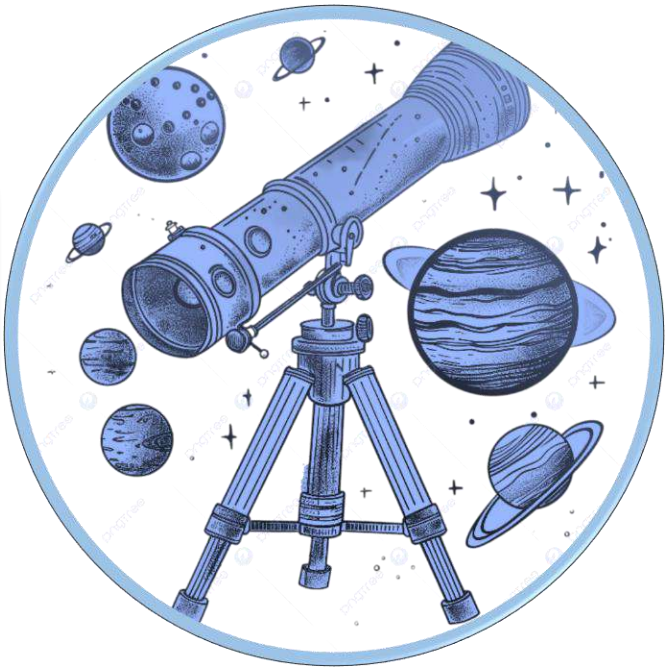
توجد في الحياة أضواء خاصة بأنها ذات مصدر متحرك وسرعتها عالية وبعيدة،وهي الأضواء الصادرة عن النجوم بما فيها أقرب نجم وهو الشمس وكذلك الأجرام السماوية مثل القمر و الكواكب والأجسام الأخرى إذن لرصد هذه الأضواء لابد من تقريبها بواسطة جهاز يدعى المقراب.

والآن إذا سأل سائل:ماهو المقراب؟وماهي أنواعه؟وكيف تتم صناعته،وماهوالهدف منه؟

ستتم الإجابة عن كل هذه الأسئلة من خلال هذه المذكرة التي تحت عنوان(الضوء الهندسي والتقريب الفلكي"تجسيد مقراب tèlescope تطبيقي")والتي تتضمن مقدمة عامة لتقديم العمل وما نهدف إلى تحقيقه وثلاثة فصول لنختمها بخاتمة بمثابة خلاصة نبين من خلالها مختلف النتائج المتوصل إليها:

- تم تخصيص الفصل الأول لشرح المفاهيم العامة عن الضوء الهندسي.
- يهتم الفصل الثاني بدراسة أنواع المقاريب البصرية ومكوناتها ومبادئ عملها.
- أما في الفصل الثالث و الأخير تم التطرق إلى الجانب التجريبي للمشروع حيث تمت صناعة المقراب.

الفصل الأول



عموميات حول الضوء الهندسي

الفصل 1

عموميات حول الضوء الهندسي

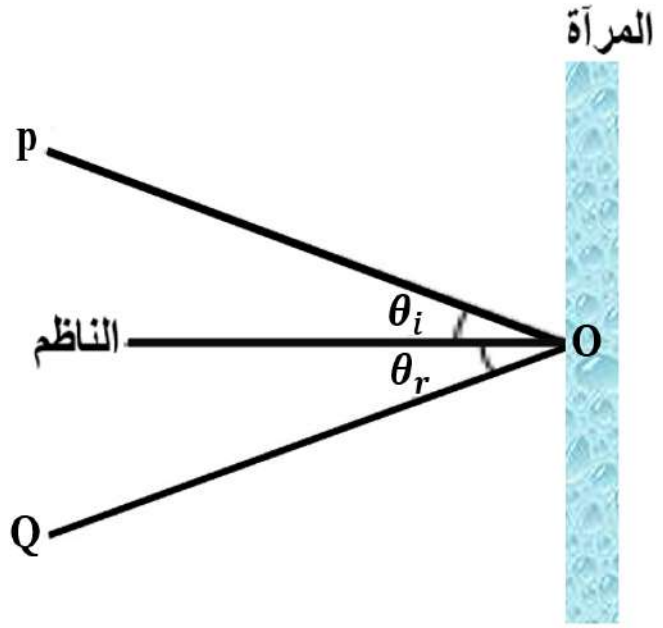
1.1 تمهيد:

يهدف الضوء الهندسي إلى دراسة انتشار الأشعة الضوئية في الأوساط المختلفة، قد تكون هذه الأوساط متجانسة أو غير متجانسة،وقد تحد هذه الأوساط سطوح عاكسة كلياً أو جزئياً. ينتشر الضوء في الأوساط المتجانسة وفق خط مستقيم إلى أن يبلغ السطوح الفاصلة بين وسطين مختلفين، حيث يتعرض للانعكاس أو الانكسارأو كليهما معاً.وعلى هذا يمكن معالجة انتشار الضوء ضمن جملة ضوئية باستخدام نتائج الهندسة،ومن هنا أتت تسمية هذه الطريقة في دراسة الضوء بالضوء الهندسي،وهي دراسة في غاية الأهميّة عند النظر في تصميم الأجهزة البصرية على اختلاف أنواعها كالمقاريب والمجاهر وغيرها كثير [7,5].

2.1 الانعكاس:

الانعكاس هو تغير اتجاه موجة ضوئية ساقطة على سطح عاكس (الشكل(1.1)).ينص قانون الانعكاس على أن زاوية سقوط الشعاع على السطح العاكس تكون مساوية لزاوية الانعكاس.ويوضح الشكل تعريف تلك الزاويتين،حيث تقاس كل زاوية منهما بالنسبة إلى العمود المقام على السطح .الشعاع الساقط على المرآة هو PO والشعاع المرتد(المنعكس) من المرآة هو OQ فتكون زاوية السقوط(θ_i)تساوي زاوية الانعكاس (θ_r). كذلك هنالك قانون ثاني للانعكاس،ينص على أن الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام يقعون جميعا في مستوي واحد [8].

ويتكون الضوء من موجات كهرومغناطيسية كذلك ينطبق قانون الانعكاس أيضا على جميع أنواع الموجات الكهرومغناطيسية مثل الأشعة تحت الحمراء و الأشعة فوق البنفسجية والأشعة السينية وأشعة ڤاما.



شكل 1.1: ظاهرة الانعكاس.

3.1 الانكسار:

انكسار الضوء هي ظاهرة فيزيائية عبرت عنها الفيزياء الكلاسيكية بأنها ظاهرة حياد الشعاع الضوئي عن مساره عند عبوره السطح الفاصل بين وسطين شفافين مختلفين (الشكل(2.1)).كما أنها تغير في موجات الضوء و نظام الحركة التي تحدثها الموجات في الوسط المادي وجزيئات هذا الوسط فتحدث الحركة ذات نظام معين تنتقل عبرها الطاقة وعندما تنتقل إلى وسط آخر مختلف في الكثافة فتغير الإتجاه بسبب تغير سرعتها وتغير سرعة موجتها بسبب تقيد حركة الموجات في الوسط الأكثر كثافة فتباطأ سرعتها وزيادة الحرية في الإنتقال عبر الوسط الأقل.وهو يحصل عن انتقال الموجة من وسط ذي معامل انكسار ما إلى وسط ذي معامل انكسار مختلف.ويحصل الانكسار عند الحد بين الوسطين.وعند الانكسار يتغير الطول الموجي. ومن الأمثلة على الانكسار الموجي تغير اتجاه الضوء عند مروره عبر قطعة زجاجية [8,4].

ظاهرةالانكسار هي احدى الظواهر الفيزيائية الهامة التي يتعرض لها الضوء،ولهاأهمية بالغة تسهم في فهمنا لبعض الظراهر الطبيعة المحيطة بنا.كما أن لها استخدامات تقنية بأجهزة علمية عديدة.إن العلاقة التي تربط بين الضوء الساقط والضوء المنكسر وضعها العالم سنيل(snell).والذي أشار إلى أن النسبة بين جيب زاوية السقوط إلى جيب زاوية الانكسار تساوي كمية ثابتة والتي تمثل النسبة بين معامل انكسار الوسط الثاني إلى معامل انكسار الوسط الأول،ويسمى هذا النص بقانون الانكسار الأول (أو قانون سنيل) وصيغته الرياضية هي [9]:

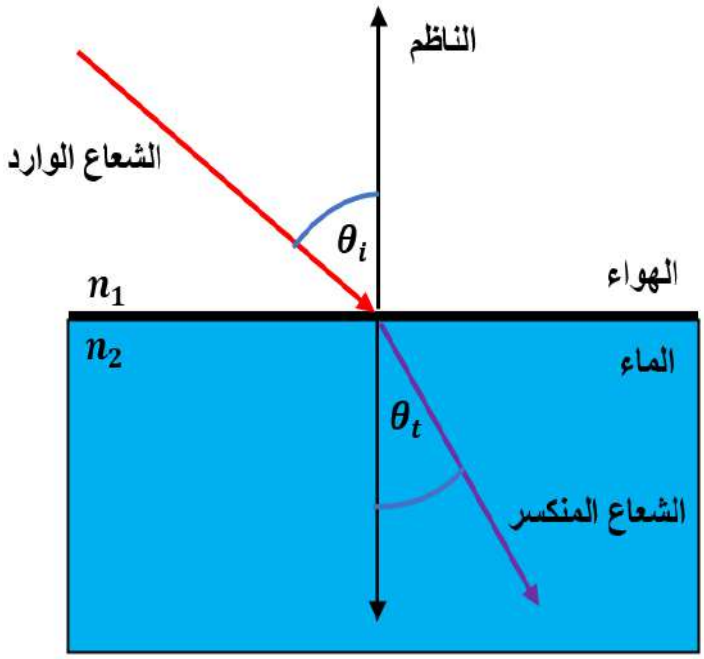
$$\sin\theta_i/\sin\theta_t = n_2/n_1 = constant \qquad (1.1)$$

حيث(θ_i)تمثل زاوية السقوط وهي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام(N)،(θ_t) تمثل زاوية الانكسار وهي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود المقام،(n_2,n_1) تمثل معاملات انكسار الوسطين

الأول و الثاني تواليا.ويمكن كتابة قانون سنيل بالصورةالتالية:

$$n_1 \sin\theta_i = n_2 \sin\theta_t \qquad (2.1)$$

يوجد قانون ثاني للانكسار يشير إلى أن الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والعمود المقام يقعون جميعا في مستوي واحد [8].



شكل 2.1: ظاهرة الانكسار.

4.1 معامل الانكسار:

هي نسبة سرعة الضوء في الفراغ إلى سرعته في هذا الوسط.وهو معامل يبين مدى تأثر المادة بالأمواج الكهرومغناطيسية. ليس لمعامل الانكسار وحدة تميزه. كلما ازدادت الكثافة البصرية زاد معامل الانكسار للمادة.معامل الانكسار يعتمد على طول الموجة ويمكن مشاهدة ذلك في الموشور الزجاجي.إن زيادة معامل الانكسار يؤدي إلى نقصان سرعة الضوء c في الوسط [8].

على العموم فإنّ معامل الانكسار غير ثابت ويعتمد على طول الموجة الكهرومغناطيسية،بالإضافة فلبعض المواد يختلف معامل الانكسار وفق اتجاه تقدّم الموجة الكهرومغناطيسية في المادة .

معظم المواد ذوات الشفافية للضوء المرئي لديها معاملات انكسار ما بين (1-2)،والغازات عند الضغط الجوي القياسي لديها معامل انكسار مقارب للواحد بسبب كثافتها المنخفضة، تقريباً جميع الجوامد و السوائل لديها معامل

انكسار أكبر من (1.3)ويستثنى من ذلك الهلام الهوائي.إن الماس من أعلى المواد في قيمة معامل الانكسار (2.42).أعظم المواد البلاستيكية لديها معاملات انكسار ما بين (1.7-1.3)،ولكن بعض البوليمرات ذات معامل الانكسار الكبير تصل قيمة معامل انكسارها إلى (1.76)للأشعة تحت الحمراء.إن مفهوم معامل الانكسار هو مفهوم نسبي متعلق بالطول الموجي،فتكون المادة شفافة(اي تسمح بمرور الإشعاع خلالها) للأطوال موجية معينة،فنحن حين نتحدث عن الزجاج أو البلاستيك بإعتبارها مواد شفافة نقصد الأطوال الموجية لضوء المرئي،بينما الجرمانيوم يعتبر غير شفاف في مدى الضوء المرئي ولديه معامل انكسار حوالي (4) ، في المقابل يكون الجرمانيوم شفاف لمدى الأشعة تحت الحمراء مما يجعله مادة مهمة لصناعة الخلايا [9,8].يحسب معامل الانكسار للمواد الشفافة من خلال العلاقة التالية:

$$n = c/\upsilon \tag{3.1}$$

حيث (υ)هي سرعة الضوء في الوسط [3].

5.1 الانعكاس الكلي والزاوية الحرجة:

عند سقوط الضوء من وسط معامل انكساره كبير (n_1)إلى وسط معامل انكساره صغير (n_2)،فستكون زاوية الانكسار أكبر من زاوية السقوط (والعكس صحيح)،وبزيادة زاوية السقوط تزداد زاوية الانكسار إلى أن تصل إلى مقدار $(90°)$ أي يصبح الشعاع المنكسر بتماس مع الحد الفاصل بين الوسطين .حينها تسمى زاوية السقوط بالزاوية الحرجة (θ_{crt}) والتي تعرف بأنها زاوية السقوط التي تصنع زاوية انكسار مقدارها $(90°)$.وبزيادة زاوية السقوط بمقدار أكبر من الزاوية الحرجة فنحصل على ضوء منعكس كليا (أي لا يحدث انكسار في الوسط الثاني)وهذه الظاهرة تسمى بالانعكاس الكلي [8].

لحساب العلاقة الخاصة بالزاوية الحرجة،تكون:

$$\theta_i = \theta_{crt} \rightarrow \theta_t = 90°$$

$$\sin 90 = 1$$

بتطبيق قانون سنيل على المعطيات أعلاه يكون:

$$n_1 \sin\theta_i = n_2 \sin\theta_t \rightarrow n_1 \sin\theta_{crt} = n_2 \sin 90$$

$$n_1 \sin\theta_{crt} = n_2$$

$$\sin\theta_{crt} = n_2/n_1 \rightarrow \theta_{crt} = \arcsin n_2/n_1 \tag{4.1}$$

ولتوضيح ظاهرة الإنعكاس الكلي أكثر نأخذ المثالين التاليين:

6.1 بعض تطبيقات الانعكاس الكلي:

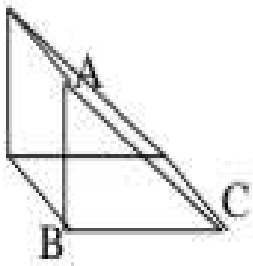
من أجل انعكاس كلي لا يوجد ضياع في شدة الضوء،لذا يستعمل هذا المبدأ في صناعة الأجهزة البصرية(المناظر الفلكية و آلات التصوير)،ومن بين التطبيقات الهامة لمبدأ الانعكاس الكلي الموشور القائم والألياف البصرية.

1.6.1 الموشور القائم:

هو كتلة من الزجاج العادي(n=1.5)على شكل موشور قائم متساوي الساقين.

- يسقط الشعاع الضوئي عموديا على الوجه(AB)فيصل إلى الوجه(AC) بزاوية ورود تساوي (45°)أي أكبر من الزاوية الحرجة (42°)بالتالي ينعكس الشعاع كله.

ويمكن استعمال الموشور كمرآة بإستعمال الوجه(AC)،حيث تنعكس كل الأشعة الواردة [7].



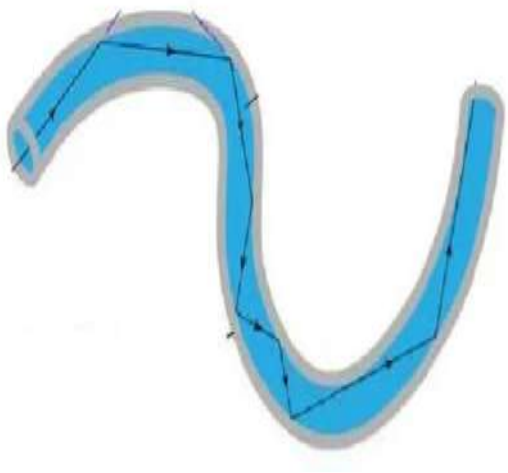
شكل 3.1: الموشور القائم [4].

2.6.1 الألياف البصرية:

تعتبر الألياف البصرية من أحد التطبيقات الهامة لظاهرة الانعكاس الكلي حيث يقوم"ليف"في سمك شعرة الرأس من الزجاج أو البلاستيك بنقل الضوء من مكان إلى آخر ويتكون الليف البصري من القلب اسطواني وهو الذي يحمل الضوء مغلف بغلاف على شكل اسطوانة متحدة المحور مع القلب ويصنع القلب من الزجاج أو

البلاستيك ذو قرينة انكسار أكبر من قرينة انكسار مادة الغلاف التي تكون عادة أيضا من نوع آخر من الزجاج أو البلاستيك.وبذلك فإن الضوء الذي يدخل من أحد طرفي الليف الضوئي بحيث يسقط على السطح الفاصل بين قلب الليف والغلاف بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة ينعكس انعكاسا كليا ويرتد إلى القلب مرة أخرى ويسقط على السطح الفاصل في نقطة أخرى بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة [4].

وهكذا فإن الضوء يعاني انعكاسات كلية متعاقبة حتى يخرج من الطرف الأخر من الليف [7] .



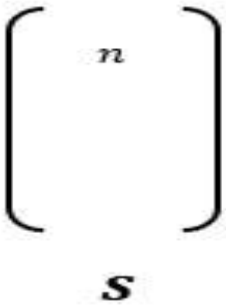
شكل 4.1: الألياف البصرية [7].

7.1 الجمل الضوئية:

1.7.1 تعريف الجملة الضوئية:

الجملة الضوئية هي عبارة عن مجموعة من الأوساط الشفافة في الحالة العامة تكون متجانسة،ومحدودة بسطوح عاكسة أو كاسرة للأشعة الضوئية ونرمز لها بالرمز S. تنقسم الجمل الضوئية إلى ثلاثة أنواع هي [10]:

1. العاكسة.
2. الكاسرة.
3. جمل ضوئية عاكسة و كاسرة في آن واحد.

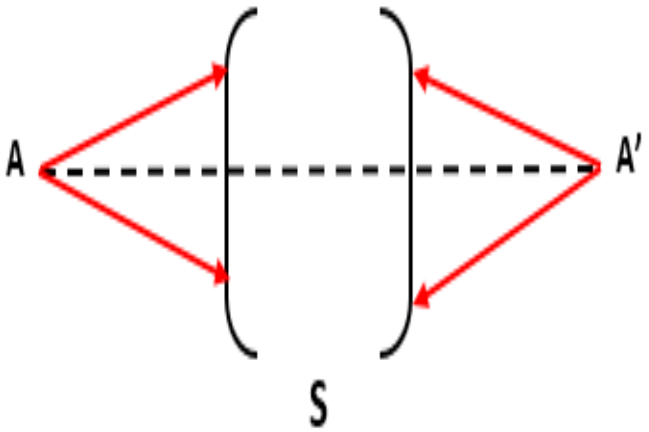


شكل 5.1: الجملة الضوئية.

2.7.1 صورة نقطة ضوئية:

بفرض أن لدينا الجملة الضوئية S ومنبع ضوئي عند النقطة A يبث أشعة ضوئية في كل الإتجاهات بعد قطعها للجملة الضوئية ستتقارب عند النقطةA'.

نقول عندها أن:A' هي صورة الجسم A بواسطة الجملة الضوئية S.



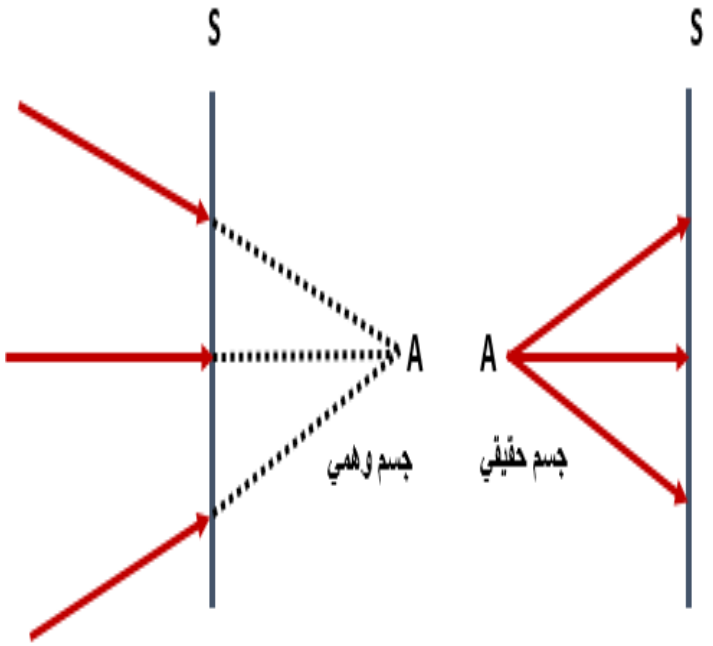
شكل 6.1: صورة نقطة ضوئية.

3.7.1 الجسم و الصورة بين الحقيقة و الوهم:

في جملة ضوئية(S)تكون النقطة الضوئية (A):

-جسما حقيقيا:عندما تصدر من (A) كل الأشعة التي تتلقاها لجملة (S).

-جسما وهميا :عندما تجتمع كل الأشعة عند (A) لو لم تعترضها الجملة (S).

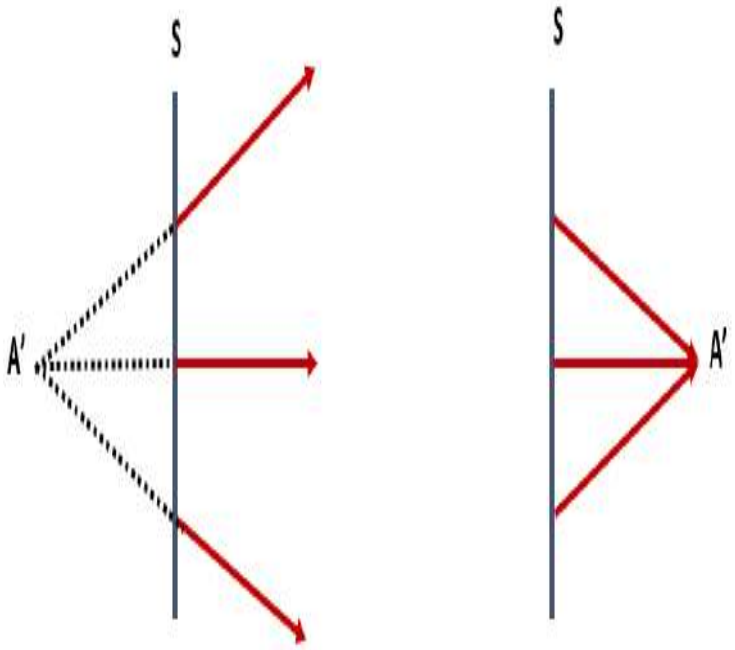


شكل 7.1: الجسم بين الحقيقةوالوهم.

تشكل الجملة(S)للجسم النقطي (A) صورة نقطية (A'):

-الصورة (A') حقيقية:عندما تتقارب كل الأشعة الخارجة من الجملة(S)في النقطة (A').

-الصورة (A') وهمية :عندما تبدو كل الأشعة الخارجة من الجملة(S)وكأنها آتية من النقطة (A').



شكل 8.1: الصورة بين الحقيقة والوهم.

ويمكن لهذه الصورة (A') أن تصبح جسما (حقيقيا أو وهميا) لجملة ضوئية ثانية (S').

8.1 دراسة الجمل الضوئية:

1.8.1 المرايا:

المرايا المستوية:

تعرف المرآة المستوية بأنها كل سطح مستوي أملس على درجة عالية من النعومة عاكس لمعظم الأشعة الساقطة عليه وقد تصل نسبة ما يعكسه من الضوء إلى 98٪ أو أكثر.

تملك المرآة المستوية الخواص التالية:

- لكل جسم نقطي صورة نقطية دقيقة مناظرة له بالنسبة لسطح المرآة.

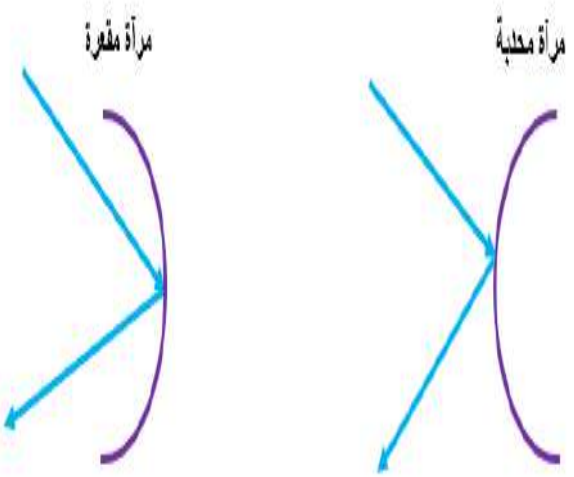
- يكون الشعاع المنعكس في مستوي الورود ويتقاطع مع الناظم على مرآة في نقطة تبدو وكأن الشعاع المنعكس منطلق منها [10].

المرايا الكروية:

تعرف المرآة الكروية بأنها كل سطح كروي عاكس للأشعة الضوئية يحدد بمركزه و نصف قطره.

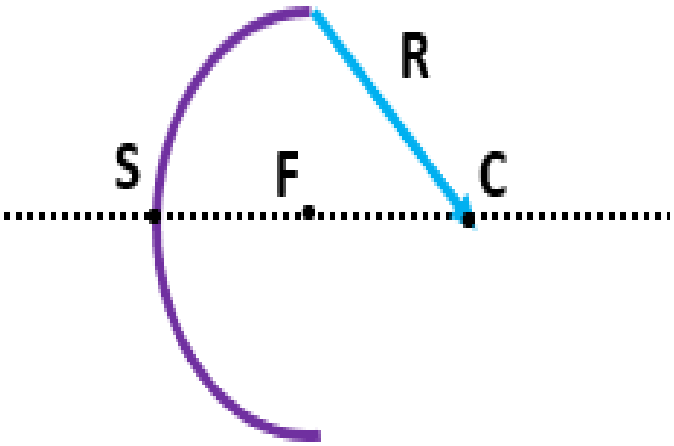
هناك نوعان من المرايا الكروية وذلك حسب السطح العاكس:مرايا محدبة ومرايا مقعرة.

1. تكون المرآة محدبة إذا كانت الأشعة الضوئية الواردة تنعكس نحو خارج التكور.
2. تكون المرآة مقعرة إذا كانت الأشعة الضوئية الواردة تنعكس نحو داخل التكور.



شكل 9.1: أنواع المرايا الكروية.

مصطلحات و تعاريف:



شكل 10.1: يوضح مكونات المرايا.

-مركز تكور المرآة(C): وهو مركز الكرة التي تكون المرآة جزء منها.

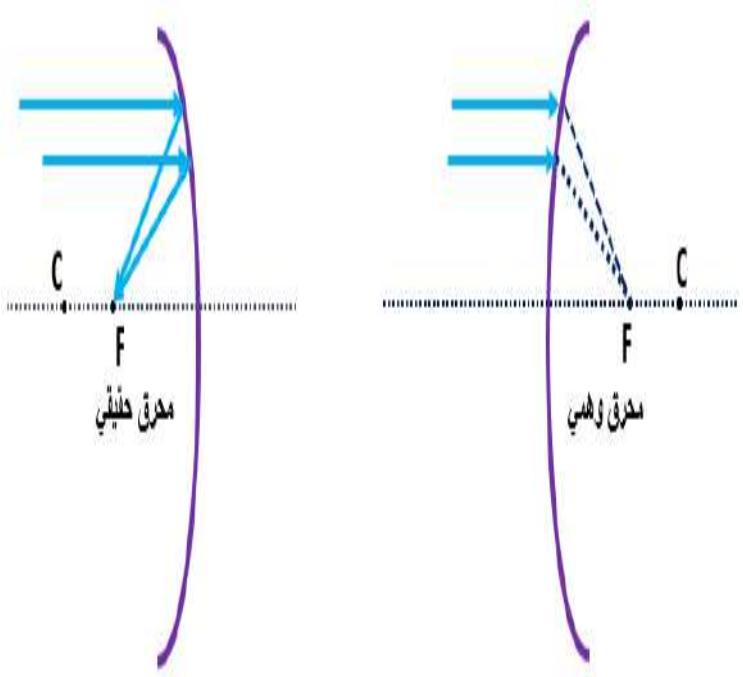
-ذروة المرآة(S): هي النقطة التي تتوسط السطح العاكس للمرآة الكروية.

-نصف قطر تكور المرآة(R): هو المسافة بين مركز تكور المرآة و أي نقطة على سطحها.

-المحور الرئيسي للمرآة: هو المستقيم المار بمركز تكور المرآة و ذروة المرآة.

-محرق المرآة(F): إذا سقطت على المرآة حزمة من الأشعة المتوازية و الموازية لمحورها الرئيسي و قريبة منه فإنها تنعكس بحيث تتجمع في نقطة على المحور الرئيسي في حالة المرآة المقعرة أو بحيث تتجمع امتداداتها خلف السطح العاكس على المحور الرئيسي في حالة المرآة المحدبة، وتسمى المحرق الرئيسي للمرآة.

ويكون المحرق حقيقيا في حالة المرآة المقعرة و وهميا في حالة المرآة المحدبة.



شكل 11.1: المحرق بين الحقيقة والوهم.

-البعد المحرقي(f): وهو المسافة بين المحرق و ذروة المرآة و يساوي نصف تكور المرآة [4].

$$f = R/2 \tag{5.1}$$

قانون المرايا الكروية:

تربط معادلات المرايا الكروية مميزات الجسم والصورة(بعداهما عن المرآة) بمميزات المرآة (بعدها المحرقي ونصف قطر تكورها).

$$1/p + 1/q = 1/f = 2/R \tag{6.1}$$

حيث:

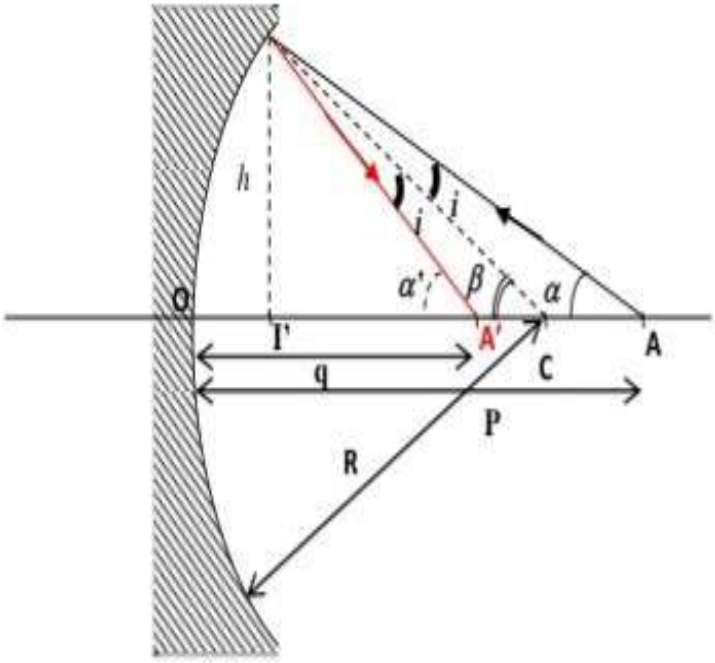
p:بعد الجسم عن المرآة.

q:بعد الصورة عن المرآة.

R:نصف قطر تكور المرآة.

f:البعد المحرقي للمرآة.

ويمكن إثباته كما يلي:



شكل 12.1: يوضح قانون المرايا [10].

C:مركز إنحناء المرآة.

R:نصف قطر إنحناء المرآة.

ليكن لدينا جسم نقطي A يبعد بمسافة p عن المرآة ونبحث عن صورته A'.

من الجسم A نسقط أشعة ضوئية ونقطة تقاطع الأشعة الضوئية تعطينا الصورة A' التي تبعد بمسافة q عن المركز البصري للمرآة O.

أي شعاع يمر من C فهو ناظمي على سطح المرآة.

الزاوية β هي زاوية خارجية بالنسبة للمثلث CIA ومنه:

$$\beta = \alpha + i \qquad (7.1)$$

أيضاً الزاوية α' هي زاوية خارجية بالنسبة للمثلث $A'IC$ ومنه:$\alpha' = \beta + i$ وعليه:

$$\beta = \alpha' - i \tag{8.1}$$

بجمع المعادلتين السابقتين نجد:

$$2\beta = \alpha + \alpha' \tag{9.1}$$

من جهة ثانية لدينا:

$$\tan\alpha = h/I'A$$
$$\tan\beta = h/I'C$$
$$\tan\alpha' = h/I'A'$$

معتبر أن الزوايا صغيرة وهذا يعني يمكن استعمال التقريب:

$$\tan\alpha = \alpha$$
$$\tan\beta = \beta$$
$$\tan\alpha' = \alpha'$$

وعليه:

$$\alpha = h/I'A$$
$$\beta = h/I'C$$
$$\alpha' = h/I'A'$$

بالتعويض في المعادلة السابقة نجد:

$$2h/I'A = h/I'C + h/I'A'$$

$$2/I'A = 1/I'C + 1/I'A' \tag{10.1}$$

• كون الزوايا صغيرة فإنه بالإمكان إهمال البعد OI' أمام كل من $I'A'$ و $I'C$ و IA وعليه:

•

$$OA = OI' + I'A \approx I'A$$

$$OA' = OI' + I'A \approx I'A'$$

$$OA = OI' + I'C \approx I'C$$

بالتعويض في المعادلة السابقة نجد:

$$2/OC = 1/OA + 1/OA' \qquad (11.1)$$

أي:

$$1/p + 1/q = 2/R \qquad (12.1)$$

وهو قانون المرآة الكروية [10].

قانون التكبير:

هو نسبة طول الصورة إلى طول الجسم.

إذا كان طول الجسم هو(h) وطول الصورة هو(h') فإن التكبير (m) يعبر عنه بالعلاقة:

$$m = h'/h = -q/p \qquad (13.1)$$

حيث إذا كانت:

$m > 0$:فإن الصورة قائمة.

$m < 0$:فإن الصورة مقلوبة.

$|m| = 1$:صورة لها نفس حجم الجسم.

$m > 1$:فإن الصورة مكبرة.

$m < 1$:فإن الصورة مصغرة. [4]

2.8.1 العدسات :

تعريف :

هي جملة ضوئية تضم كاسرين كرويين أو كاسرين أحدهما كروي و الآخر مستوٍ يشكلان جملة متمركزة بحيث يمر محور الجملة من مركزي الكاسرين.

حيث أن السطحين الكاسرين يحصران بينهما وسط شفاف ذو قرينة انكسار n تختلف عن قرينة انكسار الوسط الخارجي.

تنقسم العدسات حسب شكلها إلى نوعين رئيسيين:العدسات الرقيقة و العدسات السميكة.

العدسات الرقيقة:

يقال عن عدسة أنها رقيقة إذا تحققت الشروط التالية:

$$\overline{S_1S_2} < R_1$$

$$\overline{S_1S_2} < R_2$$

$$\overline{S_1S_2} < |R_1 - R_2|$$

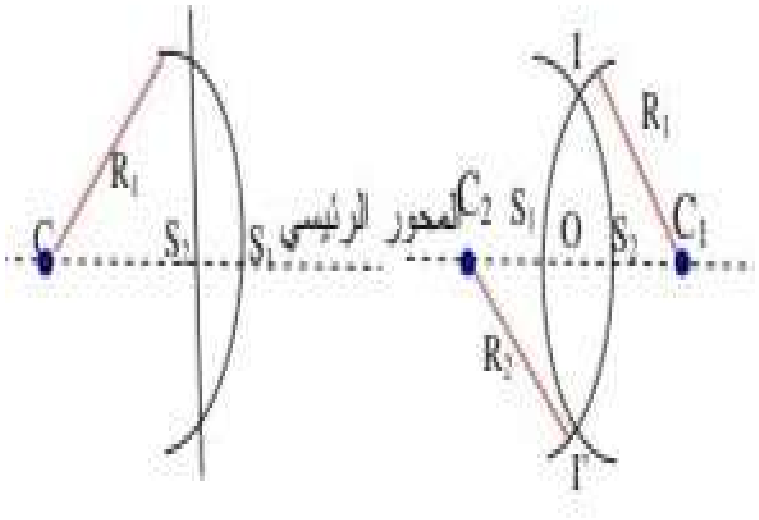
أي لما تنطبق النقطة S_1 على S_2 عند النقطة O . بحيث تسمى O بالمركز البصري للعدسة،ولها خاصية تميزها وهي:أن أي شعاع ضوئي يسقط على العدسة ويمر من O لا يحدث له أي انحراف عن منحاه الأصلي [10].

في حين أن العدسات السميكة تكون شروطها عكس ذلك.

مصطلحات وتعاريف:

-العدسة:هي وسط شفاف متجانس محدود بوجهين كرويين أو بوجه كروي وآخر مستوي.

-المحور الرئيسي:هو المستقيم المار من مركزي التكور أو المستقيم المار بمركز التكور والعمودي على الوجه المستوي.



شكل 13.1: العدسة [5].

-المركز البصري(O):وهو منتصف القطعة المستقيمة(S_1S_2).

-البؤرة(F):وهي النقطة التي تتجمع فيها الأشعة الموازية للمحور الأصلي.

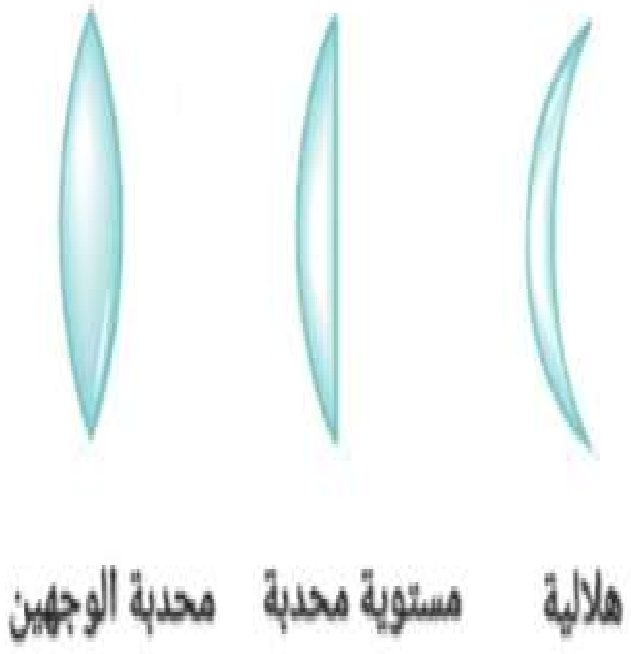
-البعد البؤري(f):هو المسافة بين بؤرة العدسة والمركز البصري لها.

-R_2R_1:يمثلان نصفي قطري الكرتين اللتين يشكل تقاطعهما العدسة [4].

أنواع العدسات الرقيقة:

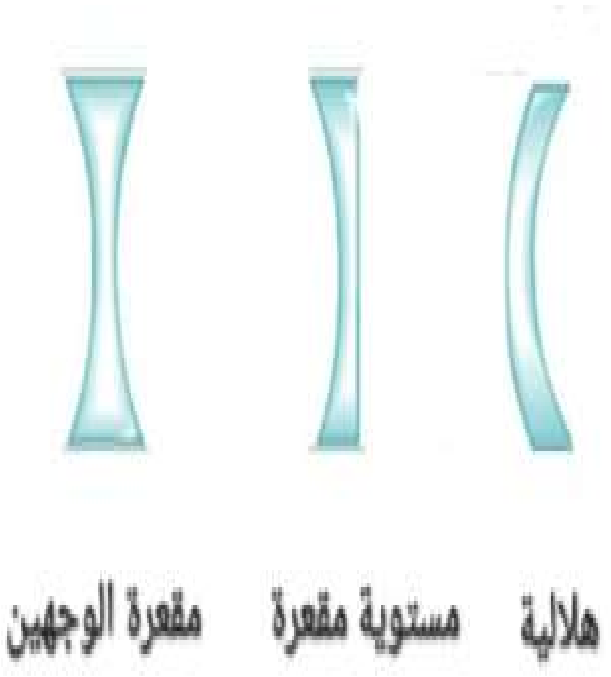
تنقسم العدسات الرقيقة إلى نوعين:عدسات مقربة وعدسات مبعدة.

•العدسات المقربة:وهي رقيقة الحافة ولها ثلاثة أشكال:



شكل 14.1: العدسات الرقيقةالمقربة [11].

•العدسات المبعدة:وهي غليظة الحافة ولها أيضا ثلاثة أشكال:



شكل 15.1: العدسات الرقيقةالمبعدة [11].

قوانين العدسات:

أ-قانون البعد المحرقي:

رأينا سابقا أن العدسة تتميز ببعدها المحرقي (f)،إن هذا البعد المحرقي مرتبط بالمادة التي صنعت منها العدسة أي قرينتي الانكسار للوسط الخارجي والعدسة من جهة و شكل العدسة أي بنصفي قطري الانحناء(التقوس) لوجهي العدسة الآخرى من جهة.

فيكون البعد المحرقي لعدسة ذات قرينة انكسار n موضوعة في الهواء:

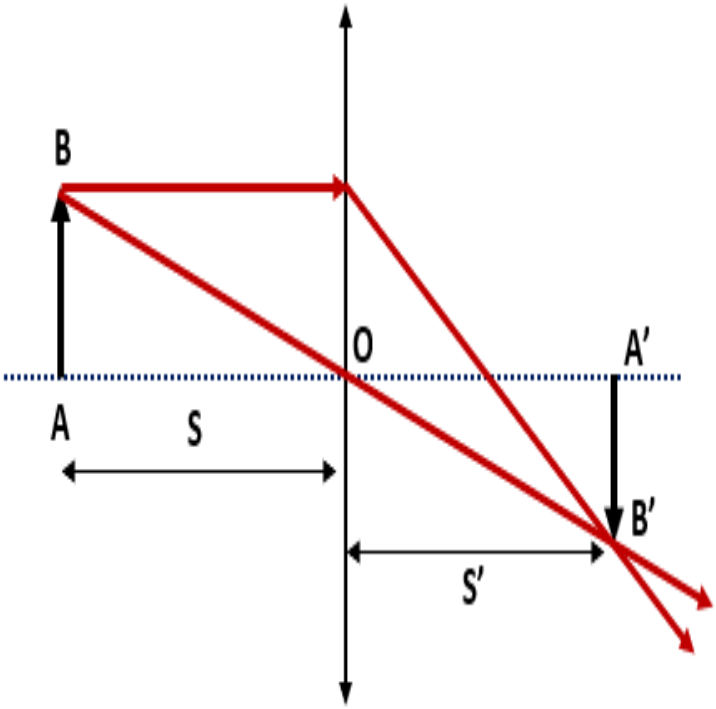
$$1/f = (n-1)(1/R_1 + 1/R_2) \qquad (14.1)$$

وهو ما يدعى ب(قانون صانع العدسات).

ب-قانون ديكارت:

هذا القانون هو العلاقة الجبرية التي تعطي وضعية ونوع الصورة بمعرفة وضعية ونوع الجسم.

ليكن الجسم (AB) موضوع أمام عدسة مقربة (L) قبل بعدها المحرقي الجسمي على مسافة (S) تتشكل له صورة (A'B') على بعد (S') كما هو موضح في الشكل.



شكل 16.1: يوضح قانون العدسات.

يعطى قانون ديكارت بالعلاقة العامة التالية:

$$1/f = 1/S + 1/S' \qquad (15.1)$$

f:البعد البؤري.

S:بعد الجسم عن العدسة.

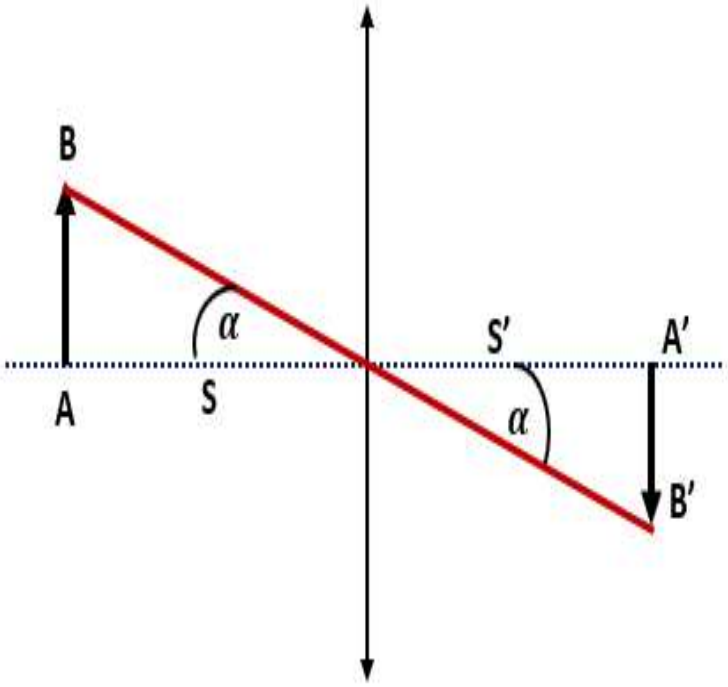
S':بعد الصورة عن العدسة.

ج-قانون التكبير:

تكبير العدسة هو نسبة طولي الصورة و الجسم ونرمز له بالرمز (m).

$$m = |A'B'|/|AB| = h'/h \qquad (16.1)$$

من الشكل:



شكل 17.1: يوضح قانون التكبير.

$$\tan\alpha = AB/OA = A'B'/OA'$$

ومنه التكبير:

$$m = |S'|/|S| \qquad (17.1)$$

وهو أيضا نسبة بعدي الصورة والجسم عن العدسة.

حيث إذا كان التكبير:

m:موجبا،تكون الصورة قائمة.

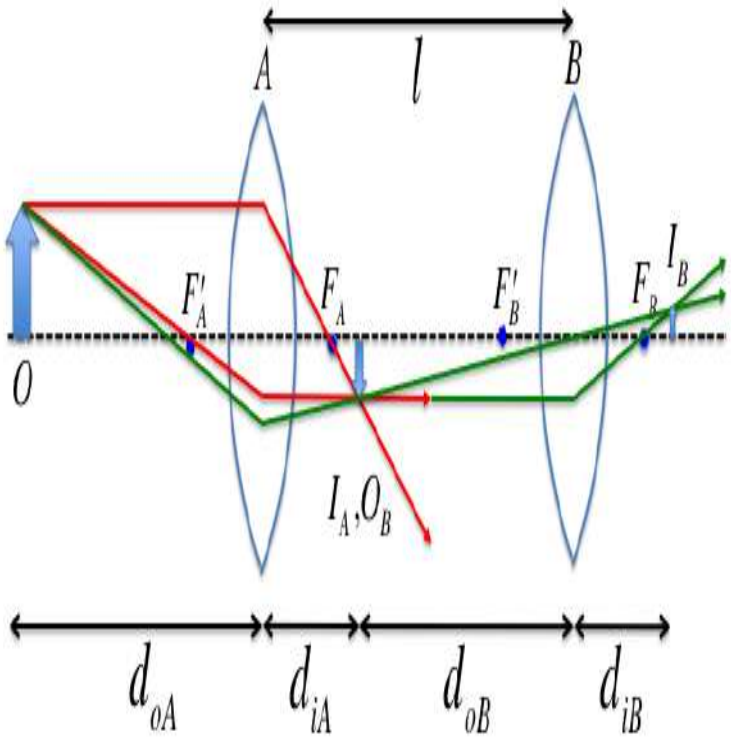
m:سالبا،تكون الصورة مقلوبة.

ولذا نكتب علاقة التكبير كالتالي [4]:

$$m = -S'/S \qquad (18.1)$$

•إذا استخدمت عدستان لتكوين الصورة فالمنظومة يمكن أن تعامل كما يلي:

1. يتم حساب بعد الصورة للعدسة الأولى وكان العدسة الثانية غير موجودة.
2. الصورة المتكونة بواسطة العدسة الأولى تعامل كجسم بالنسبة للعدسة الثانية.
3. الصورة المتكونة بواسطة العدسة الثانية هي الصورة النهائية للمنظومة.
4. التكبير الكلي للمنظومة = التكبير للعدسة الأولى * التكبير للعدسة الثانية.



شكل 18.1: العدسة المركبة [11].

l:المسافة بين العدستين.

f_1:البعد البؤري للعدسة الأولى.

f_2:البعد البؤري للعدسة الثانية.

d_{0A}:المسافة من العدسة الأولى للجسم.

d_{iA}:المسافة من العدسة الأولى للصورة التي تكونها.

d_{0B}:المسافة من العدسة الثانية للجسم (والذي هو الصورة التي كونتها العدسة الأولى).

d_{iB}:المسافة من العدسة الثانية للصورة التي تكونها.

h_{iA}:ارتفاع الصورة الأولى(التي كونتها العدسة الأولى).

h_{iB}:ارتفاع الصورة الثانية(التي كونتها العدسة الثانية).

h_{0A}:ارتفاع الجسم أمام العدسة الأولى.

$h_{iA} = h_{0B}$:ارتفاع الجسم أمام العدسة الثانية وهو نفسه الصورة التي كونتها العدسة الأولى.

M_A:تكبير العدسة الأولى.

M_B:تكبير العدسة الثانية.

M:التكبير الكلي للمنظومة.

لحساب بعد الصورة نستخدم معادلة العدسات:

$$1/f = 1/d_0 + 1/d_i \qquad (19.1)$$

الصورة المتكونة من العدسة الأولى ستحسب وتعتبر جسم بالنسبة للعدسة الثانية لذلك يكون:

$$d_{0B} = l - d_{iA} \qquad (20.1)$$

$$1/f_2 = 1/l - d_{iA} + 1/d_{iB} \qquad (21.1)$$

وتكبير العدسات يمكن أن يحسب من إحدى المعادلتين:

$$m = -d_i/d_0 \qquad (22.1)$$

أو

$$m = h_i/h_0 \qquad (23.1)$$

وبما أن الصورة المتكونة من العدسة الأولى ستحسب وتعتبر جسم بالنسبة للعدسة الثانية فيكون:

$$h_{iA} = h_{0B} \qquad (24.1)$$

التكبير الكلي للمنظومة:

$$M = M_A * M_B \quad (25.1)$$

وعليه يمكن أن يكون:

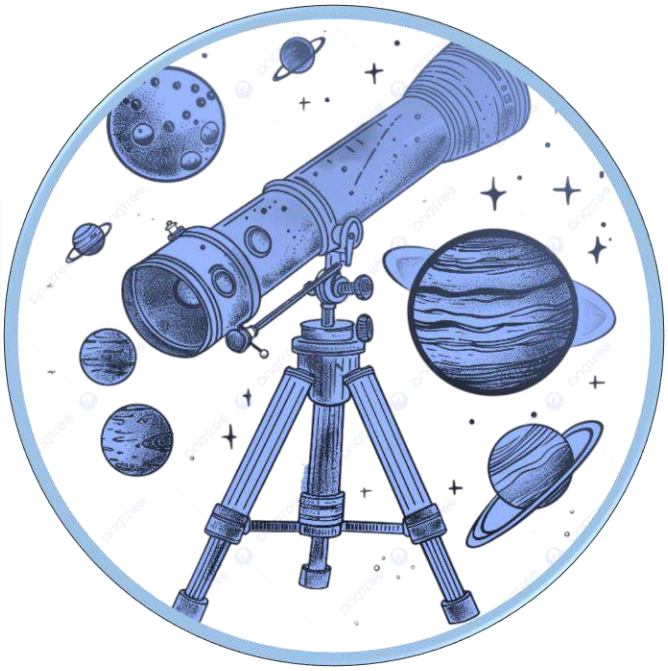
$$h_{iB} = M_A * M_B * h_{0A} \quad (26.1)$$

9.1 خلاصة:

تم التعرف في هذا الفصل على الضوء الهندسي و الظواهر الطبيعية التي تحدث له والمتمثلة في الانعكاس و الانكسار والتي تشكل أساسا جوهريا لفهم سلوك الأمواج الضوئية وتفاعلها مع الأسطح البصرية المختلفة، كما تم التطرق إلى الجمل الضوئية (المرايا و العدسات) والتعرف على أنواعها المختلفة بالإضافة إلى دراسة خصائصها والمتمثلة في التكبير وتأثيراتها على مسارات الأشعة الضوئية.

وسنهتم في الفصل الثاني بدراسة أنواع المقاريب البصرية حيث ستستثمر المبادئ الفيزيائية والهندسية التي تم استيعابها هنا لفهم مكونات هذه الأجهزة وآلية عملها، مما يؤكد الترابط العضوي بين الأسس النظرية والتطبيقات التكنولوجية في حقل البصريات.

الفصل الثاني



أنواع المقاريب البصرية

الفصل 2

أنواع المقاريب البصرية

1.2 تمهيد:

يتميز علم الفلك عن غيره من العلوم التجريبية بأن معظم أبحاثه تعتمد بشكل أساسي على الرصد والمراقبة بإستخدام المقاريب الفلكية ومع التطور التقني بدأ علم الفلك في الآونة الأخيرة يتوسع ليشمل إجراء تجارب مباشرة على بعض الأجرام السماوية فقد تم إرسال مركبات فضائية إلى القمر ومعظم كواكب المجموعة الشمسية حيث نزلت على سطح بعض تلك الكواكب وأسهمت هذه البعثات بشكل كبير في فهم نشأة وتطور نظامنا الشمسي [12] بالإضافة إلى ذلك ساهمت دراسة الأشعة الكونية والرياح النجمية والشمسية القادمة من الفضاء الخارجي في تعزيز فهمنا للكون وتطوره مما أدى إلى تحسين الدراسات المتعلقة بالنجوم وتطوير تقنيات البحث الفلكي [13].

الرصد الفلكي يعد أداة أساسية لفهم الكون ودراسة مصادر الإشعاع الكونية ومن أبرز الأهداف التي يحققها الرصد الفلكي مايلي:

1. تحديد الموقع الدقيق لمصدر الإشعاع في الكون.
2. تحليل الإشعاع الصادر من المصدر من خلال دراسة توزيع الطاقة وفقا لأطوال الموجات المختلفة.
3. قياس درجة استقطاب الضوء الناتج عن المصدر.
4. دراسة التغيرات التي تطرأ على هذه الخصائص بمرور الزمن.

من خلال هذه العمليات يمكن للفلكيين استخراج معلومات جوهرية حول مصدر الإشعاع مثل التركيب الكيميائي،الحركة الديناميكية في الفضاء،شدة واتجاه المجال المغناطيسي وكذلك الظروف الفيزيائية المحيطة بالمصدر.

2.2 الأشعة الكهرومغناطيسية:

تتمثل الأشعة الكهرومغناطيسية في ظاهرة فيزيائية تفسر من خلال نظريتين رئيسيتين:

النظرية الجسيمية التي تفترض أن هذه الأشعة تتكون من جسيمات صغيرة تعرف بالفوتونات،والنظرية الموجية التي تصفها أمواج تتميز بطول موجي وترددمحدد F.تنتقل هذه الأشعة بسرعة ثابتة تقدر $3 * 10^8$ متر/ثانية وتتراوح

أطوالها الموجية من 10^{-18} كيلومتر إلى أكثر من 100 كيلومتر [14].

تشمل الأشعة الكهرومغناطيسية القادمة من النجوم نطاقا واسعا من الأطوال الموجية والطاقات المختلفة والتي قد تكون موجودة في جميع أجزاء الطيف الكهرومغناطيسي ومع ذلك فإن دراسة هذه الأشعة تتطلب استخدام أجهزة متخصصة قادرة على الكشف عنها حيث أن العين البشرية لا تستطيع إدراك سوى جزء محدود من هذاالطيف وهو الجزء المرئي وبالتالي يعتمد علماء الفلك بشكل كبير على الأدوات التكنولوجية المتقدمة لتحليل وفهم الإشعاعات الكهرومغناطيسية القادمة من الأجرام السماوية [15].

3.2 المقاريب البصرية:

تعتبر المقاريب البصرية من الأدوات الأساسية في مجال علم الفلك حيث تستخدم لرصد الأجزاء المرئية من الطيف الكهرومغناطيسي وكماهو معروف تختلف خصائص الموجات الكهرومغناطيسية بإختلاف أطوالها الموجية مما يستلزم تصميم أجهزة متخصصة لكل نطاق من نطاقات الطيف.على سبيل المثال الأجهزة المصممة لرصد الأشعة تحت الحمراء لا تكون فعالة في رصد الضوء المرئي مما يؤدي إلى وجود أجهزة مخصصة لكل جزء من أجزاء الطيف الكهرومغناطيسي وعلى الرغم من اختلاف هذه الأجهزة من حيث التصميم والتقنية إلا أنها تشترك في المبدأ الأساسي لعملها وهو تجميع الطاقة الكهرومغناطيسية ثم تحليلها وتسجيلها.

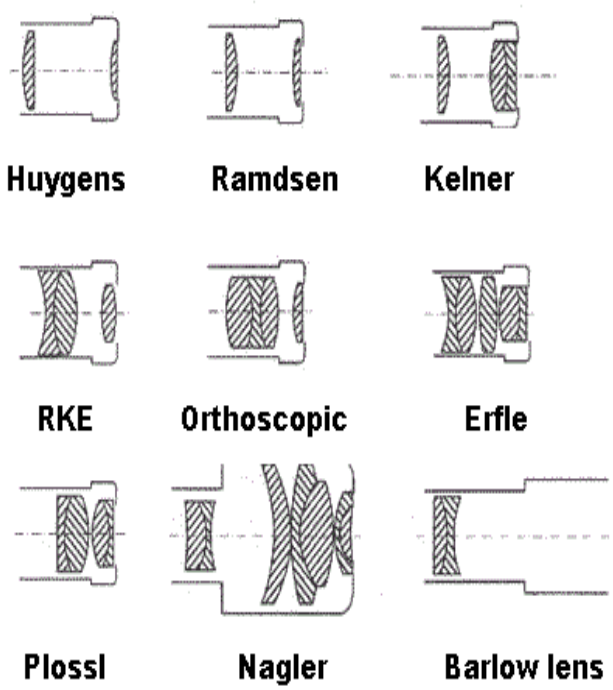
ونتيجة لهذا التخصص ظهرت فروع مختلفة في علم الفلك مثل الفلك البصري والفلك الراديوي والفلك تحت الأحمر والفلك السيني وذلك وفقا للجزء من الطيف الذي يتم دراسته.ومن الجدير بالذكر أن الغلاف الجوي للأرض يمتص معظم الأشعة الكهرومغناطيسية القادمة من الفضاء بإستثناء النافذتين البصرية و الراديوية مما يسمح بإستخدام المقاريب البصرية و الراديوية وبعض المقاريب تحت الحمراء من على سطح الأرض أما بالنسبة للأشعة الأخرى مثل الأشعة السينية والفوق بنفسجية فإنها تتطلب وضع المقاريب خارج الغلاف الجوي لضمان فعالية الرصد [13].

وقد حظيت المقاريب البصرية بإهتمام كبير في تاريخ علم الفلك نظرا لإعتمادها على الجزء المرئي من الطيف الكهرومغناطيسي الذي يمكن للإنسان إدراكه مباشرة وتعتبر العين البشرية أول كاشف طبيعي لهذا الجزء من الطيف حيث يمكن وصفها بأنها مقراب مثالي يصعب تقليده ومع ذلك فإن العين البشرية محدودة في مدى رؤيتها بينما تتميز المقاريب الفلكية بقدرتها الفائقة على تجميع الطاقة الضوئية وتسجيلها مما يمكنها من رصد أجرام سماوية بعيدة وخافتة لا يمكن للعين البشرية رؤيتها.

يتكون المقراب البصري من جزأين رئيسيين:الشيئية (العدسة أو المرآة) والكاشف.تتمثل وظيفة الشيئية في تجميع أكبر كمية ممكنة من الطاقة الضوئية وتكوين صورة واضحة للجسم السماوي المرصود.وتعتمد كمية الطاقة المتجمعة وقوة التلسكوب التحليلية بشكل أساسي على قطر الشيئية حيث أن زيادة قطرها يؤدي إلى تحسين أداء المقراب ومع ذلك فإن زيادة قطر الشيئية تزيد من تكلفة المقراب وصعوبة تصنيعه وتركيبه مما حد من إمكانية صنع مقاريب بمرايا واحدة يزيد قطرها عن 6 أمتار.

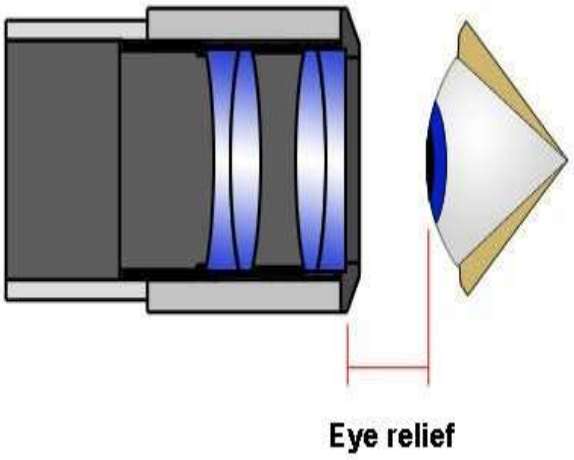
أما الكاشف فيستخدم لمراقبة الأجرام السماوية وتصويرها وقياس شدة الطاقة الضوئية وتحليل الأطياف الضوئية.وتتنوع الكواشف المستخدمة في المقاريب البصرية بين العينيات،الكاميرات والفوتوميترات لقياس شدة الضوء والمطياف لتحليل الأطياف الضوئية [15,12].

من بين أنواع العدسات العينية نجد:



شكل 1.2: أنواع العدسات العينية [16].

حيث يتم حساب بعدها البؤري في حالة عدستين بالطريقة التالية:



شكل 2.2: عدسة عينية ذات عدستين [17].

$$1/f_{eq} = 1/f_1 + 1/f_2 - d12/f_1 f_2 \qquad (1.2)$$

$$1/f_{eq} = f_1 + f_2/f_1 * f_2 - d_{12}/f_{12}$$
$$1/f_{eq} = ((f_1 + f_2) - d_{12})/f_1 * f_2$$

وعليه نجد:

$$f_{eq} = f_1 * f_2/((f_1 + f_2) - d_{12}) \quad (2.2)$$

ومنه نجد قيمة التكبير بالعلاقة التالية:

$$M = F/f_{eq} \quad (3.2)$$

أما في حالة ثلاثة عدسات فيصبح البعد البؤري يحسب بالشكل:

$$1/f = 1/f_3 + 1/f_{eq} - d23/f_3 f_{eq} \quad (4.2)$$

بعد توحيد المقام والقلب نجد:

$$f = f_3 * f_{eq}/((f_3 + f_{eq}) - d_{23}) \quad (5.2)$$

وعليه تصبح قيمة التكبير تعطى حسب القانون التالي:

$$M = F/f \quad (6.2)$$

حيث:

f_1:البعد البؤري للعدسة الأولى.

f_2:البعد البؤري للعدسة الثانية.

f_3:البعد البؤري للعدسة الثالثة.

d_{12}:البعد بين العدسة الأولى والثانية.

d_{23}:البعد بين العدسة الثانية والثالثة.

M:التكبير.

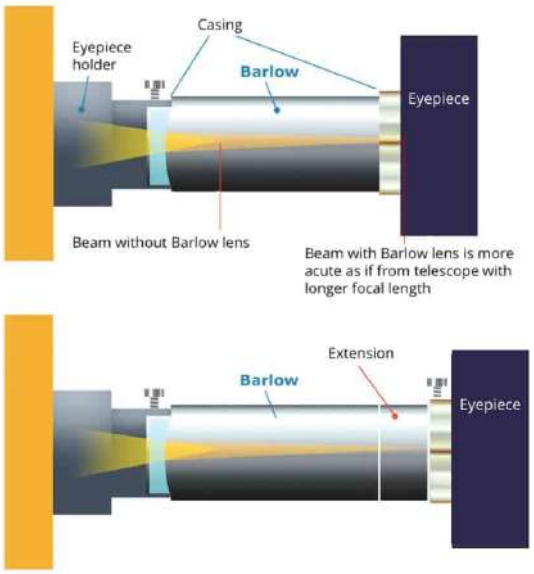
F:البعد البؤري للشيئية.

f:البعد البؤري للعينية.

من بين أشهر أنواع العدسات العينية نجد عدسة بارلو وهي عدسة توضع بين العدسة الشيئية والعدسة العينية تقوم

بتفريق أشعة الضوء الخارجة من العدسة الشيئية،مما يزيد من البعد البؤري لها،وبالتالي يؤدي إلى زيادة التكبير الذي يوفره المقراب.

الصورة التالية توضح تأثير عدسة بارلو على الأشعة الضوئية.



شكل 3.2: رسم توضيحي لتأثيرعدسة بارلو [18].

تتراوح قدرات عدسة بارلو في التكبير عادة بين $X2$ إلى $X3$،أي أنها تضاعف التكبير الأصلي للمقراب بمقدار الضعف أو أكثر.فمثلا إذا كان لدينا مقراب ببعد بؤري 1000 مم والعدسة العينية ببعد بؤري 10 مم فينتج تكبيراً بمقدار 100 مرة،وعند إدخال عدسة بارلو $X2$ ستجعل البعد البؤري للمقراب مساوٍ 2000 مم ويصبح التكبير مساوٍ 200 مرة وبذلك تعطى الصورة التي يرصدها المقراب بدقة عالية وأكثر وضوحاً.

تنقسم المقاريب البصرية إلى ثلاثة أنواع رئيسية:المقاريب الكاسرة والعاكسة والمركبة.

شكل 4.2: أنواع المقاريب [19].

4.2 المقراب الكاسر:

يعد المقراب الكاسر أحد الأنظمة البصرية الأساسية التي تعتمد على مبدأ انكسار الضوء عبر العدسات لتكبير الأجسام البعيدة. يتكون هذا الجهاز بصورة أساسية من أنبوبة بصرية تحتوي على عدستين رئيسيتين:العدسة الشيئية والعدسة العينية، توجه العدسة الشيئية ذات البعد البؤري الطويل نحو الجسم المرصود، بينما تستخدم العدسة العينية ذات البعد البؤري القصير كمنظار للمشاهدة من خلالها.

عند سقوط الأشعة الضوئية الصادرة عن الجسم المرصود على العدسة الشيئية تقوم الأخيرة بتجميع هذه الأشعة عبر ظاهرة الانكسار وتكوين صورة حقيقة مقلوبة عند نقطة البؤرة الخلفية داخل الأنبوب البصري.تعد هذه الصورة ناتجا عن تركيز الحزمة الضوئية وتقاطعها بعد مرورها بالعدسة الشيئية.

تأتي بعد ذلك وظيفة العدسة العينية التي تعمل كعنصر بصري مكبر حيث تعيد تركيز الصورة المشكلة بواسطة العدسة الشيئية وتضخيم أبعادها الزاوية يؤدي هذا التضخيم إلى زيادة الدقة الظاهرية للجسم المرصود مما يتيح رؤية تفاصيله البعيدة وكأنها أقرب إلى المراقب. وبذلك تظهر الصورة النهائية خصائصا مكبرة للجسم مستفيدة من المبادئ الفيزيائية لانكسار الضوء وتشكيل الصور عبر العدسات.

تجدر الإشارة إلى أن كفاءة المقراب الكاسر تعتمد على جودة العدسات المستخدمة وقدرتها على تقليل التشوهات البصرية(مثل الإنحرافات الكروية واللونية) مما يضمن وضوحا دقيقا للصورة المراقبة [13].

شكل 5.2: المقراب الكاسر [20].

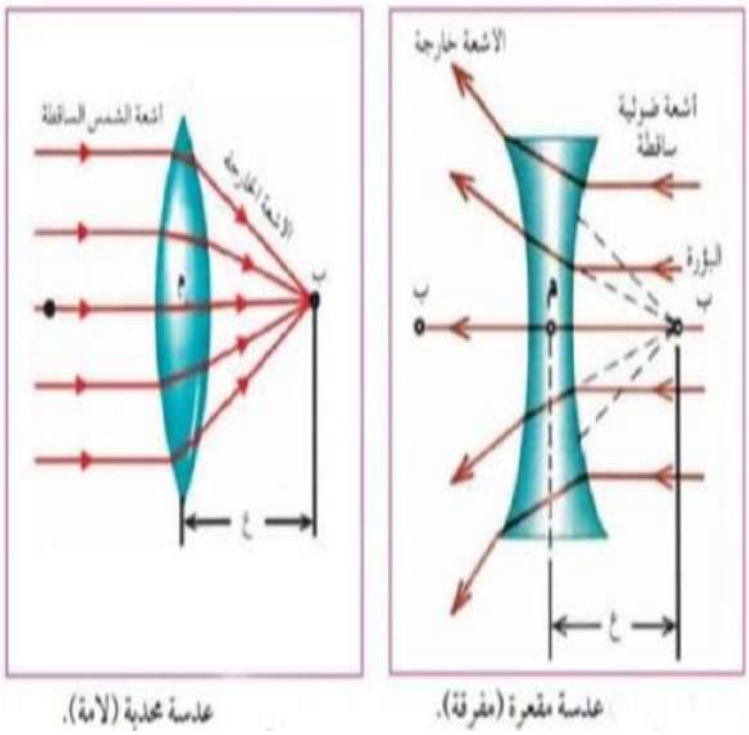
يعتمد عمل المقراب على تكبير الصورة نتيجة انحناء وانكسار الأشعة الضوئية التي تدخل المقراب من المصدر المراقب.ينسب اختراع العدسات الأساسية المستخدمة في المقاريب إلى صانع العدسات الألماني هانس ليبرشي في عام 1608.

أما أول من استخدم المقراب الكاسر للكشف عن الظواهر العلمية فهو العالم غاليليو غاليلي.

يعمل المقراب الكاسر باستخدام عدسات تشكل الصور من خلال الانكسار.تصنع هذه العدسات عادة من الزجاج أو البلاستيك، ويتم صقلها بأشكال مختلفة مثل المحدبة،المقعرة أو المستوية. في حالة العدسة المحدبة الوجهين فإنها تجمع الأشعة الضوئية المتوازية القادمة من الأجسام البعيدة في نقطة تعرف بالبؤرة، وتسمى المسافة بين العدسة ونقطة البؤرة بالبعد البؤري.

العدسة المحدبة لها جانب واحد على الأقل منحني للخارج وتعرف أيضا بالعدسة الموجبة وهي تعمل على تجميع الضوء وتركيزه ويمكنك التعرف بسهولة على العدسات المحدبة من خلال النظر إلى شكلها مع انتفاخ أحد جانبيها للخارج. هذه النقطة تسمى أيضا النقطة البؤرية.

فإذا كانت العدسات مقعرة فهي تستلم الأشعة المتوازية ثم تحنيها وبعد ذلك تفرقها إلى الخارج ثم تظهر الأشعة كأنها نابعة من نقطة أمام العدسة [14].



شكل 6.2: العدسة المحدبة والعدسة المقعرة [21].

يعتبر المقراب الكاسر من أكثر الأنواع استعمالا فضلا عن العديد من مقاريب الهواة، العدسات تجمع مزيد من الضوء إلى العين البشرية والتي ستجمعها من تلقاء ذاتها فهي تجمع الضوء وتجعل الأشياء قريبة وأكثر إشراقا وأكثر تضخيما يسمى هذا النوع من المقاريب مقراب الانكسار.

تتكون معظم المقاريب الانكسارية من عدستين رئيسيتين:العدسة الشيئية ذات القطر الكبير والتي تعد العنصر البصري الأساسي لجمع الضوء، والعدسة العينية الأصغر حجما والمخصصة لملاحظة الصورة المكبرة، تتناسب أبعاد الصورة الناتجة عن العدسة الشيئية طرديا مع البعد البؤري الخاص بها ،حيث تؤدي زيادة الطول البؤري إلى تضخيم حجم الصورة المشكلة. يعد وضوح الصورة في المقاريب معتمدا بشكل جزئي على قدرة تجميع الضوء وهي خاصية فيزيائية تتناسب طرديا مع المساحة السطحية للعدسة الشيئية [15].

وكلما كانت مساحة العدسة كبيرة كلما كان جمعها للضوء أكبر وإن مضاعفة قطر العدسة الشيئية يؤدي إلى المزيد من جمع الضوء على المقراب ويكون مضاعفة ذلك بمعامل قدره 4 . ويعتمد كذلك وضوح الصورة على كبر مساحة ضوء الصورة المنشور عليها فالمساحة الصغيرة تعطى وضوحا أكبر.

1.4.2 حدود المقراب الكاسر:

تعد العدسات من العناصر البصرية التي تعاني من بعض العيوب أبرزها التشويش المعروف بالزيغ اللوني. تنشأ هذه الظاهرة نتيجة لانكسار الضوء أثناء مروره عبر العدسة مما يؤدي إلى تشتت الألوان عند زاويا مختلفة على غرار تأثير المنشور البصري ونتيجة ذلك تتركز الألوان في نقاط بؤرية مختلفة مما يتسبب في ظهور النجوم محاطة بهالة ملونة تشبه ألوان قوس قزح عند النظر إليها عبر العدسة البسيطة ولتلافي هذه المشكلة يتم دمج عدسة رقيقة مصنوعة من مادة مختلفة خلف العدسة الأساسية مما يساهم في تصحيح الزيغ اللوني وتحسين جودة الصورة.

بالإضافة إلى ذلك فإن تصنيع عدسات بصرية عالية الجودة وخالية من العيوب يعد عملية معقدة ومكلفة. فالزجاج المستخدم في العدسات يمتص نسبة كبيرة من الأشعة فوق البنفسجية كما يؤدي إلى إنخفاض شدة الضوء المرئي أثناء مروره عبر العدسة. علاوة على ذلك فإن الوزن الكبير للعدسة وإطارها الخارجي قد يساهمان في تشويه الصورة مما يؤثر سلبا على دقتها ووضوحها وبالتالي فإن هذه العوامل مجتمعة تمثل تحديات رئيسية تؤثر على أداء المقراب الكاسر وكفاءته في الرصد الفلكي [13].

5.2 مقراب غاليليو:

يعد مقراب غاليليو أحد أهم الاختراعات العلمية في التاريخ حيث ساهم في تغيير نظرة البشرية إلى الكون وأرسى أسس علم الفلك الحديث. كان هذا المقراب أول أداة استخدمت لمراقبة السماء بتفصيل غير مسبوق مما يساعد في إثبات نموذج مركزية الشمس (النموذج الكوبرنيكي) ودحض العديد من الأفكار القديمة حول الفضاء.

لم يكن غاليليو أول من اخترع المقراب لكن في عام 1609 قام بتطوير نسخة محسنة بناء على الأخبار الواردة من هولندا عن جهاز يمكنه تكبير الأجسام البعيدة حيث قام غاليليو بصنع عدة مقاريب محسنة كان أفضلها يملك قدرة تكبير تصل إلى 20 مرة.

بعكس المقاريب الحديثة كان مجال رؤية غاليليو ضيقا جدا كان كافيا لإحداث ثورة في علم الفلك [22].

شكل 7.2: مقراب غاليليو [23].

1.5.2 مكونات وتصميم مقراب غاليليو:

مقراب غاليليو هو مقراب انكساري يعتمد على استخدام العدسات لتكبير الصور.

يتكون مقراب غاليليو من عدة أجزاء رئيسية وهي:

•العدسة الشيئية:مصنوعة من الزجاج وتعمل على تجميع الضوء وتركيزه بلغ قطرها حوالي 37 ملم.

•العدسة العينية:بحيث تعمل على تكبير الصورة الناتجة عن العدسة الشيئية.

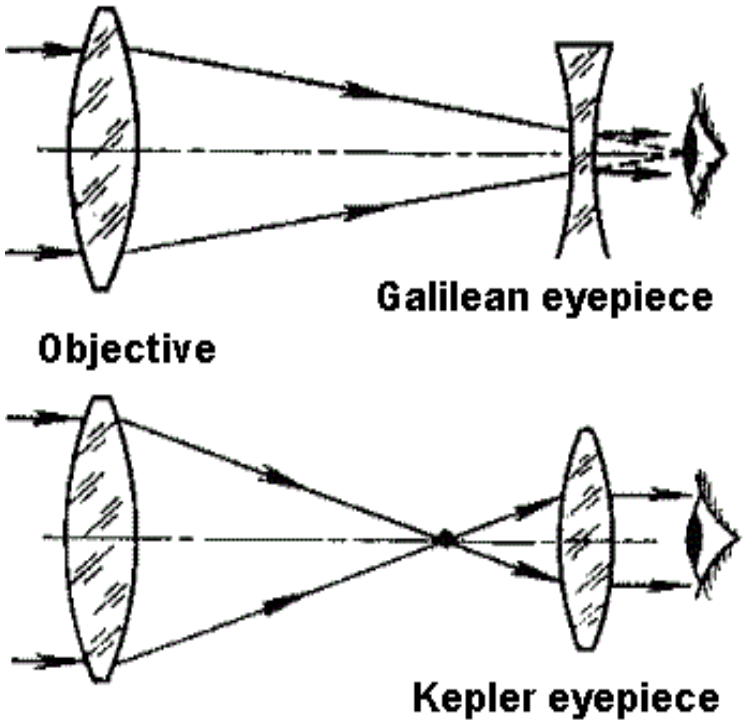
استخدم غاليليو عدسة مقعرة مما أدى إلى ظهور صورة معتدلة(غير مقلوبة).

•أنبوب المقراب:المصنوع من الخشب أو المعدن ويستخدم لحمل العدسات وضبط المسافة بينها [14].

2.5.2 خصائص مقراب غاليليو:

التكبير حتى 20 مرة في أفضل نسخة صنعها غاليليو. وكذلك مجال الرؤية ضيق جدا مما يصعب استخدامه لرصد مناطق واسعة من السماء وأيضا نوع الصورة مستقيمة(غير مقلوبة).

كما يشكل الإختلاف في تركيبة العدسات بين مقرابي غاليليو وكبلر محوراً أساسياً لفهم المقاريب البصرية ففي حين اعتمد غاليليو على عدسة عينية مقعرة تنتج صوراً قائمة بمجال رؤية ضيق في حين أن كبلراستخدم عدستين محدبتين لتعظيم التكبير وتوسيع مجال الرؤية رغم كون الصورة مقلوبة مما أسهم في تحسين الدقة وتمهيد الطريق لتصميمات مقاريب أكثراً تطوراً.



شكل 8.2: مقراب غاليليو وكبلر [24].

3.5.2 المقراب العاكس:

يمكن تقسيم التطور التاريخي للمقاريب العاكسة إلى ثلاث مراحل رئيسية تعكس كل منها تقدما تقنيا وعلميا ملموسا في مجال الرصد الفلكي هذه المراحل تشمل:

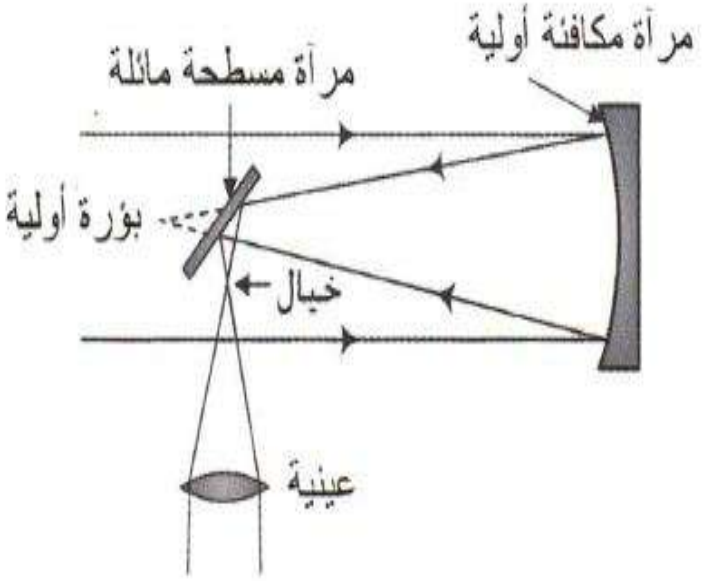
1.مرحلة ما قبل نيوتن:

في المراحل الأولى لتطوير المقاريب واجه العلماء صعوبات تقنية كبيرة في تصنيع عدسات بصرية عالية الجودة نتيجة ذلك كانت المقاريب الكاسرة الأولية تعاني من قصور في إنتاج صور واضحة ودقيقة مما حد من فعاليتها في الرصد الفلكي.

2.مرحلة إسحاق نيوتن:

في عام 1668 قدم العالم إسحاق نيوتن تصميما ثوريا للمقراب العاكس حيث استبدل العدسة الشيئية بنظام مرايا. يعتمد مبدأ عمل هذا المقراب على مسار ضوئي يتكون من :

- مرآة مقعرة رئيسية في قاعدة الأنبوب تعكس الضوء نحو الأعلى.
- مرآة ثانوية مسطحة مائلة بزاوية $45°$ تعكس الضوء نحو العدسة العينية.
- عدسة عينية محدبة لتكبير الصورة.



مسار الضوء في مقراب نيوتوني.

شكل 9.2: مكونات المقراب العاكس [25].

3.المرحلة الحديثةما بعد نيوتن حتى الوقت الحاضر:

استمر تطوير تصميم نيوتن عبر القرون حيث يشكل الأساس التقني لأغلب المقاريب الحديثة بما في ذلك المقاريب العملاقة مثل مقراب هابل الفضائي. تتميز المقاريب العاكسة المعاصرة ب:

•قدرة فائقة على تجميع الضوء:المقاريب العاكسة قادرة على تجميع كميات كبيرة من الضوء مما يمكنها من رصد الأجرام السماوية البعيدة والخافتة التي كانت ستكون غير مرئية بالمقاريب الأقل تطورا هذه القدرة على تجميع الضوء تعتمد بشكل كبير على حجم المرآة.

•توفير بيانات دقيقة عن الخصائص الفيزيائية للأجرام المرصودة: المقاريب الحديثة لا تقتصر على تقديم صور للأجرام السماوية بل توفر أيضا بيانات دقيقة عن الخصائص الفيزيائية لهذه الأجرام مثل الكتلة والحجم والتركيب الكيميائي هذه البيانات تساعد العلماء على فهم طبيعة هذه الأجرام وتطورها.

•القدرة على تحليل الأنظمة النجمية المعقدة: المقاريب الحديثة قادرة على تحليل الأنظمة المعقدة مثل النجوم الثنائية أو الأنظمة المتعددة.هذه القدرة تسمح للعلماء بدراسة التفاعلات بين النجوم في هذه الأنظمة وفهم ديناميكياتها.

هذه المقاريب توفر قدرات متقدمة في تجميع الضوء وتحليل البيانات وفهم الخصائص الفيزيائية للأجرام السماوية [15].

شكل 10.2: المقراب العاكس [26].

6.2 المقراب البصري المجمع:

ظهور أول مقراب في القرن العشرين مثل تصميم برنهارد شميدت في ثلاثينيات القرن الماضي والذي أدخل لوح التصحيح لتحسين جودة الصورة.لاحقا طور دميتري ماكسوتوف تصميما مشابها يعتمد على عدسة زجاجية

مصححة مما أدى إلى ظهور مقاريب ماكسوتوف-كاسيجرين أصبحت هذه المقاريب أساسية في المراصد الأرضية و الفضائية مثل مقراب هابل ومقراب جيمس ويب الفضائي الذي يستخدم مرايا متطورة لرصد الأجرام البعيدة.

المقراب البصري المجمع هو نوع من المقاريب الفلكية التي تجمع بين مزايا المقاريب الكاسرة(التي تعتمد على العدسات) والعاكسة(التي تعتمد على المرايا) مما يسمح بتصحيح التشوهات البصرية وتحسين جودة الصورة.ويعرف هذا النوع من المقاريب بالمقراب "المركب" أو "الهجين" ويستخدم في تطبيقات فلكية متقدمة [27].

شكل 11.2: المقراب المجمع [28].

1.6.2 مبدأ العمل والمكونات الأساسية:

الجمع بين العدسات والمرايا:يعتمد المقراب المجمع على استخدام مرآة رئيسية لتجميع الضوء نحو العدسة العينية هذا المزيج يقلل من التشوهات مثل الانحراف اللوني(الذي تسببه العدسات)والانحراف الكروي(الذي تسببه المرايا).

التصميم المضغوط:على عكس المقاريب الكاسرة الطويلة يتميز المقراب المجمع بأنبوب قصير نسبيا مما يجعله مناسبا للإستخدام في المراصد المحمولة أو المنزلية.

2.6.2 أنواع المقاريب المجمعة:

من أشهر أنواع المقاريب المجمعة لوح شميدت-كاسيجرين يستخدم "لوح شميدت" المصنوع من الزجاج الرقيق لتصحيح الإنحرافات مع مرآة رئيسية مقعرة ومرآة محدبة.

يتميز بحقل رؤية واسع وجودة صورة عالية مما يجعله مثاليا لتصوير الأجرام البعيدة مثل المجرات والسدم(هي سحب ضخمة من الغبار والغاز الكوني المنتشرة في الفضاء) وكذلك مقراب ماكسوتف-كاسيجرين حيث يعتمد على

عدسة سميكة مقعرة(تسمى الموشور الزجاجي) لتصحيح التشوهات مع مرآة ثانوية غلقة السطح الداخلي للعدسة فهو يستخدم لرصد الكواكب والأقمار بسبب دقته العالية [15].

3.6.2 المزايا الرئيسية للمقراب المجمع:

•تصحيح التشوهات البصرية:حيث بفضل الجمع بين العدسات والمرايا يوفر جودة صورة عالية من خلال الحد والتخلص من الإنحراف اللونية و الكروية.

•تصميم مضغوط:يسمح الطول البؤري الطويل داخل أنبوب قصير بتوفير مساحة مما يجعله خيارا مثاليا للهواة و المحترفين ومقارنة بالمقاريب الكاسرة فهو أقصر طولا وأكثر سهولة في النقل.

•تنوع الاستخدامات:يمكن استخدامه لرصد الأجرام القريبة(مثل القمر) وكذلك الأجرام البعيدة مثل المجرات وكذلك التصوير الفلكي.

•إمكانية التوجه الآلي:العديد من النماذج الحديثة تدعم التوجه المحوسب مما يسهل العثور على الأجرام السماوية.

4.6.2 العيوب والتحديات:

•التكلفة العالية: بسبب التعقيد البصري فهو أغلى من المقاريب العاكسة البسيطة.

•الصيانة الدورية: تتطلب العدسات والمرايا تنظيفا دوريا وإعادة ضبط المحاذاة بين الحين والآخر.

•الوزن الثقيل: بعض النماذج مثل المقراب ماكسوتف- كاسيجرين ثقيل بسبب العدسات السميكة.

•امتصاص الضوء: وجود عدة عناصر بصرية يمكن أن يقلل من كمية الضوء التي تصل إلى العدسة العينية مقارنة بالمقاريب العاكسة.

5.6.2 التطبيقات الفعلية للمقراب المجمع:

•علم الفلك الهواة: يستخدم في مراقبة الكواكب والقمر بفضل دقته البصرية العالية.

•البحوث الفلكية: تستخدم المقاريب المجمعة الكبيرة في المراصد لدراسة الأجرام البعيدة مثل مقراب هابل الفضائي(الذي يعتمد على تصميم مشابه) وكذلك مقراب جيمس ويب لدراسة الكون.

•التصوير الفلكي: يفضل هذا النوع لإلتقاط صورة مفصلة بفضل حقل الرؤية الواسع وتقليل التشويش [22].

6.6.2 مقارنة المقراب المجمع مع الأنواع الأخرى:

جدول 1.2: مقارنة المقراب المجمع مع الأنواع الأخرى [29].

العنصر	المقراب الكاسر	المقراب العاكس	المقراب المركب
الوسط البصري الأساسي	عدستان محدبتان	مرآة مقعرة + مرآة مسطحة	مرآة+ عدسة
الانحراف اللوني	كبير	معدوم	شبه معدوم
الوزن	خفيف	متوسط	خفيف نسبياً
سهولة الصيانة	سهل	سهل	معقد
السعر	مرتفع	متوسط	مرتفع
الإستخدام النموذجي	رصد الكواكب	رصد الأجسام البعيدة	تصوير ورصد دقيق

وفي الأخير يعد المقراب المجمع مزيجا مثاليا بين المقاريب العاكسة و الكاسرة مما يجعله خيارا متوازنا بين الجودة والمرونة مما يجعله أداة مثالية للهواة و العلماء على حد سواء رغم تحديات التكلفة والتعقيد فإن قدرته على تقديم صور دقيقة مع تصميم عملي تضعه في صدارة الأدوات الفلكية الحديثة.

7.2 مقراب هابل:

مقراب هابل هو مقراب فضائي تابع لوكالة ناسا ووكالة الفضاء الأوروبية(ESA) ويدور حول الأرض على ارتفاع حوالي 547 كيلو مترا في مدار منخفض.أطلق في 24 أبريل 1990 على متن مكوك "ديسكفري" ويعد أحد أهم الأدوات الفلكية التي غيرت نظرة العلماء للكون سمي على اسم عالم الفلك الأمريكي إدوين هابل الذي قدم أدلة على توسع الكون وهو أحد الأسس التي أدت إلى تطوير نظرية الانفجار العظيم.

شكل 12.2: مقراب هابل [30].

1.7.2 مكونات مقراب هابل:

يتكون مقراب هابل من عدة أجزاء رئيسية تساهم في عمله بكفاءة ودقة:

1.المرآة الرئيسية:

يبلغ قطرها 2.4 متر وهي مصنوعة من الزجاج ومغطاة بطبقة رقيقة من الألمنيوم لتعزيز انعكاس الضوء تعمل على جمع وتركيز الضوء القادم من الأجرام السماوية ونقله إلى أجهزة المراقبة المختلفة.

عند إطلاق المقراب كان هناك خطأ في تشكيل المرآة مما أدى إلى تشوه في الصور ولكن تم إصلاح ذلك في مهمة إصلاح عام 1993 بإستخدام عدسات تصحيحية.

2.الأجهزة العلمية:

هابل مزود بمجموعة من الأجهزة المتطورة والتي تمكنه من دراسة الكون بمستويات مختلفة من التحليل:

أ.الكاميرات:

• كاميرا المجال الواسع:

قادرة على التقاط صور فائقة الدقة لمختلف الأجرام السماوية.

تغطي نطاقا واسعا من الأطوال الموجية من الأشعة فوق البنفسجية إلى الأشعة تحت الحمراء القريبة.

• كاميرا الأشعة تحت الحمراء القريبة:

تستخدم لدراسة الأجرام البعيدة جدا والتي لا يمكن رؤيتها في الضوء المرئي بسبب امتصاصه من قبل الغبار الكوني.

ب.المقاييس الطيفية:

•المطياف التصويري للأشعة فوق البنفسجية القريبة:

يفصل الضوء القادم من النجوم والمجرات إلى أطيافه المختلفة مما يساعد في تحديد التركيب الكيميائي ودرجات الحرارة وسرعات الأجسام السماوية.

•المطياف المتعدد الأجسام:

مصمم لدراسة الأشعة فوق البنفسجية القادمة من الكون البعيد مما يساعد على فهم تطور المجرات.

ج.أجهزة الاستشعار الدقيقة:

تساعد في توجيه المقراب نحو الأجرام السماوية المستهدفة بثبات ودقة عالية مما يسمح له بإلتقاط صور واضحة.

3.الألواح الشمسية:

تزود المقراب بالطاقة عن طريق امتصاص أشعة الشمس وتحويلها إلى كهرباء.

تمت ترقيتها في مهام الصيانة لزيادة كفاءتها وتحسين أداء المقراب.

4.نظام التوجيه والتثبيت:

يستخدم عجلات تفاعل وأجهزة استشعار فلكية للحفاظ على استقرار المقراب أثناء التصوير.

يسمح له بالتركيز على نفس الهدف لفترات طويلة دون اهتزاز مما يعزز دقة الملاحظات.

5.الهيكل الخارجي:

يتكون من مواد خفيفة وقوية لتحمل الظروف القاسية في الفضاء مثل الإشعاع ودرجات الحرارة المتغيرة.

يضم دروعا حرارية تحمي الأجهزة الداخلية من تغيرات الحرارة الحادة [31].

2.7.2 مبدأ عمل مقراب هابل:

يعتمد المقراب على جمع الضوء القادم من الأجرام السماوية بواسطة المرآة الرئيسية ثم يعكسه إلى الأجهزة العلمية المختلفة لتحليله وتصويره. عملية الرصد تتم وفق الخطوات التالية:

1.تحديد الهدف:

يختار العلماء الجرم السماوي المراد دراسته ثم يوجه المقراب نحوه بإستخدام أجهزة التوجيه.

2.جمع الضوء:

تعمل المرآة الرئيسية على جمع أكبر قدر ممكن من الضوء القادم من الفضاء ثم تعكسه نحو الأجهزة العلمية.

3.تحليل البيانات:

تستخدم الكاميرات والمقاييس الطيفية لتحليل الضوء مما يساعد في دراسة التركيب الكيميائي ودرجات الحرارة والحركة النجمية.

4.إرسال المعلومات إلى الأرض:

ترسل البيانات والصور الملتقطة إلى مركز عمليات هابل في وكالة ناسا حيث يتم تحليلها واستخدامها في الأبحاث العلمية.

3.7.2 مميزات مقراب هابل:

مقراب هابل قدم العديد من الفوائد و الإنجازات المهمة بفضل مميزاته الفريدة:

•وضوح صور استثنائي:

بسبب وجوده خارج الغلاف الجوي لا يتأثر بالإضطرابات الجوية مثل المقاريب الأرضية مما يسمح له بإلتقاط صور أكثر وضوحا ودقة.

•مجال رؤية واسع:

يمكنه التقاط صور لمناطق واسعة من الفضاء مما يسهل دراسة تطور المجرات والسدم والنجوم.

•إلتقاط صور بأطوال موجية مختلفة:

يمكنه رصد الأشعة فوق البنفسجية،الضوء المرئي والأشعة تحت الحمراء القريبة مما يساعد في دراسة النجوم والمجرات في مراحلها المختلفة.

•مساهمات علمية ضخمة:

ساعد في قياس معدل توسع الكون مما أدى إلى اكتشاف الطاقة المظلمة.

قدم بيانات حول أعمار المجرات وتكوين النجوم والسدم.

ساهم في فهم تكوين الكواكب الخارجية والبحث عن المياه في الفضاء.

•إمكانية الصيانة والتحديث:

على عكس العديد من المقاريب الفضائية صمم هابل ليكون قابلا للصيانة والتحديث من قبل رواد الفضاء وقد تمت عدة مهمات لإصلاحه وترقيته مما جعله يعمل لعقود طويلة [22].

4.7.2 أهم الاكتشافات التي قدمها مقراب هابل:

•تأكيد توسع الكون من خلال قياسات دقيقة لمعدل التوسع.

•اكتشاف مجرات بعيدة جدا تعود إلى بداية الكون مما يساعد على فهم نشوء المجرات .

•تصوير سديم"عين القطة"وسديم"رأس الحصان"وسديم أخرى بدقة مذهلة.

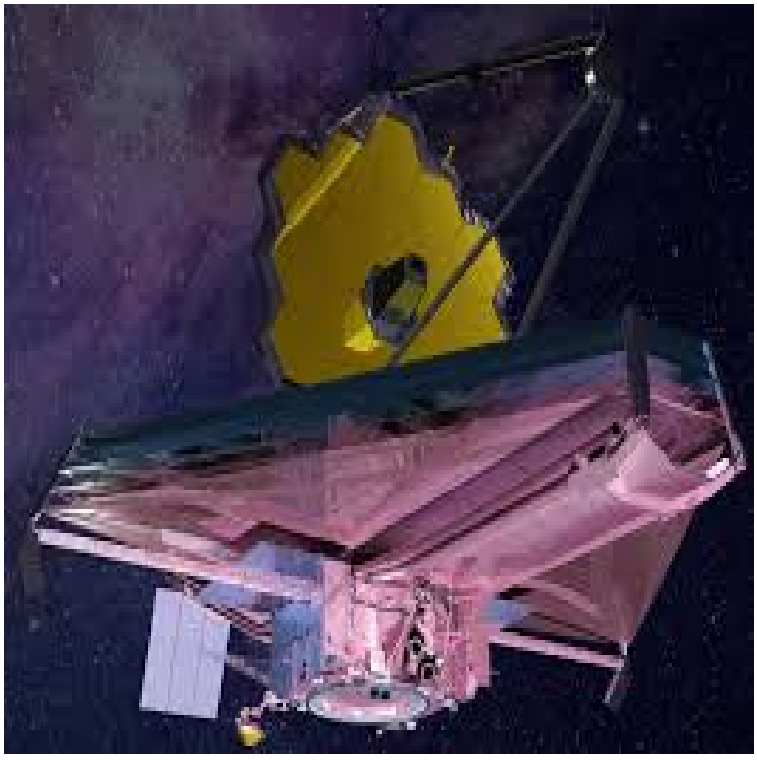
•تحديد عمر الكون بدقة أكبر حيث قدر بحوالي 13.8 مليار سنة.

•التقاط صور تفصيلية لكواكب المجموعة الشمسية مثل زحل والمشتري والمريخ.

يعتبر مقراب هابل من أعظم الأدوات العلمية في تاريخ البشرية حيث غير بشكل جذري فهمنا للكون من خلال صوره الدقيقة واكتشافاته العميقة ورغم تقدمه في العمر لا يزال يقدم بيانات قيمة حتى اليوم وسيتم استبداله مستقبلا بمقاريب أحدث مثل مقراب جيمس ويب الفضائي الذي سيوفر رؤية أكثر تفصيلا للكون المبكر [27].

8.2 مقراب جيمس ويب الفضائي:

هو مرصد فضائي يعمل بالأشعة تحت الحمراء طورته ناسا بالتعاون مع وكالة الفضاء الأوروبية ووكالة الفضاء الكندية(CSA).يعتبر خلفية لمقراب هابل لكنه أكثر تطورا وقدرة على رصد الأجسام البعيدة والخفية في الكون مثل المجرات الأولى والكواكب الخارجية وزيادة على ما شوهد في مقراب هابل نذكر الخصائص التقنية الآتية في مقراب جيمس ويب.



شكل 13.2: مقراب جيمس ويب [32].

1.8.2 الخصائص التقنية لمقراب جيمس ويب:

1.المرآة الأساسية:

-مكونة من 18 قطعة سداسية من"البيريليوم"المغطى بطبقة رقيقة من الذهب لتعكس الأشعة تحت الحمراء .

-قطرها 6.5 متر(أكبر بثلاث مرات من مرآة هابل).

2.الواقي الشمسي:

- 5 طبقات رقيقة من مادة"كابتون"مغطاة بالألمنيوم والسيليكون.

-يحمي المقراب من حرارة الشمس ويحافظ على درجة حرارته عند $-233°$.

3.الأدوات العلمية:

- كاميرا الأشعة تحت الحمراء القريبة: لرصد المجرات الأولى وتشكل النجوم.

-أداة الأشعة تحت الحمراء المتوسطة: تعمل في درجات حرارة منخفضة جدا $-266°$ لدراسة الغبار الكوني والكواكب الخارجية.

-مطياف الأشعة تحت الحمراء: قادر على تحليل ضوء 100 جسم كوني في وقت واحد.

-نظام التوجيه والتحليل الطيفي: يساعد في توجيه المقراب ورصد الكواكب الصغيرة .

4.الهيكل الفضائي:

-يحتوي على أنظمة الطاقة والإتصالات والتحكم الحراري.

5.نظام تبريد:

-يحافظ على برودة أداة الأشعة تحت الحمراء المتوسطة لتعمل بكفاءة [31].

2.8.2 مميزات مقراب جيمس ويب:

•رؤية غير مسبوقة بالأشعة تحت الحمراء:

يكشف عن أجرام خلف سحب الغبار الكوني ويصور المجرات التي تشكلت بعد الانفجار العظيم ب 200 مليون سنة فقط.

•دقة عالية:

بسبب حجم المرآة الكبير وتقنيات التصوير المتطورة.

•موقع استراتيجي:

يدور حول نقطة لاغرانج الثانية ($L2$) على بعد 1.5 مليون كم من الأرض مما يوفر بيئة مستقرة وباردة.

3.8.2 عيوب مقراب جيمس ويب:

•التكلفة العالية والتأخيرات:

تجاوزت ميزانيته 10 مليارات دولار (بعد أن كان مخططا له ب1 مليار) مع تأخير إطلاقه لأكثر من14 عاما.

•تعقيد النشر:

تمت عمليات نشر دقيقة للواقي الشمسي والمرآة دون إمكانية إصلاح يدوي(بخلاف هابل الذي كان في مدار قريب).

•عمر محدود:

يعتمد على وقود للبقاء في مدار، متوقع أن يعمل $10 - 20$ سنة.

•حساسية للأضرار:

تعرض لإصدامات نيزكية دقيقة أثرت على جزء من مرآته(رغم تصميمه لتحمل ذلك).

•عدم تغطيته للأشعة فوق البنفسجية:

على عكس هابل مما يحد من دراسة بعض الظواهر الكونية.

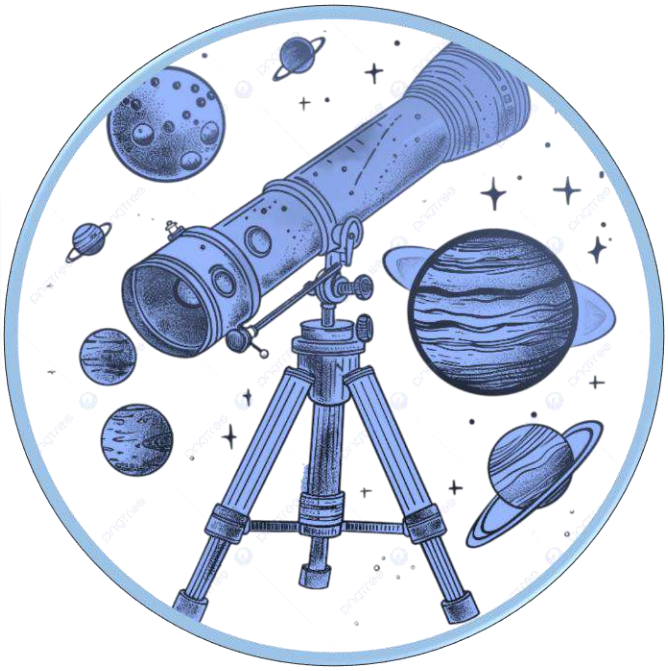
جيمس ويب يمثل قفزة في استكشاف الكون لكنه يوازن بين إمكاناته الثورية وتحديات التكلفة والمخاطر التقنية يتوقع أن يغير فهمنا للكون من الإنزياح الأحمر العالي إلى أسرار الكوكب الخارجية [33].

9.2 خلاصة:

وفي ختام هذا الفصل قد تم استعراض الأنواع المختلفة من المقاريب البصرية وكلا حسب ميزته بما في ذلك المقاريب الكاسرة التي تعتمد على العدسات والمقاريب العاكسة التي تستخدم المرايا بالإضافة إلى المقاريب المركبة (الكاسرة-العاكسة) التي تجمع بين التقنيتين. كما سلط الضوء على نماذج بارزة في تاريخ المقاريب بدءاً من مقراب غاليلي ذات الأهمية التاريخية في تطوير الرصد الفلكي المبكر مع الإشارة إلى مقراب كبلر ومروراً بمقراب هابل الفضائي الذي أحدث نقلة نوعية في فهم البنى الكونية عبر تقنيات التصوير عالية الدقة وصولا إلى مقراب جيمس ويب الفضائي الذي يعد نقلة حاسمة في استكشاف الأطياف تحت الحمراء والكشف عن الأجرام البعيدة بدقة غير مسبوقة.

تعكس هذه المقاريب تطور التقنيات الفلكية واهتمام العلماء عبر الزمن حيث ساعدت في توسع فهم الكون وما زال تطويرها مستمرا لتحقيق اكتشافات جديدة في المستقبل.

الفصل الثالث



تجسيد مقراب نيوتن العاكس

الفصل 3

تجسيد مقراب نيوتن العاكس

1.3 تمهيد:

تعد المقاريب من أهم الأدوات التي ساعدت في تقدم علم الفلك وتوسيع معرفتنا بالكون.من بين هذه الأدوات المبتكرة يعتبر مقراب نيوتن واحداً من أبرز الإنجازات في مجال الفلك البصري. تم تطوير هذا المقراب في عام 1668 على يد الفلكي الإنجليزي إسحاق نيوتن، ويعتمد على مبدأ الانعكاس بدلا من الانكسار، مما يعزز دقته وكفاءته في جمع الضوء. يتميز مقراب نيوتن بتصميمه الذي يتكون من مرآة رئيسية مقعرة تعكس الضوء نحو مرآة ثانوية ومن ثم يتم عرض الصورة من خلال العدسة العينية [6].هذا النظام البصري المبتكر ساهم بشكل كبير في تحسين القدرة على دراسة الأجرام السماوية بوضوح عالٍ.في هذا الفصل سنستعرض كيفية تجسيد مقراب نيوتن وهذا حسب الأدوات المتوفرة كما سنتعرف على آليةعمله و مكوناته وأثره في تطور علم الفلك،بالإضافة إلى بعض التطبيقات الحديثة لهذا المقراب.

2.3 آلية عمل مقراب نيوتن:

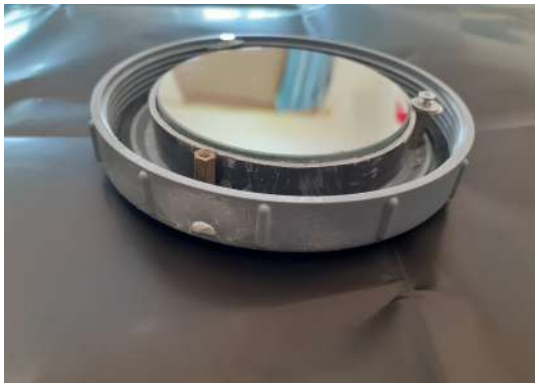
مقراب نيوتن يعتمد على مبدأ الانعكاس الضوئي.يحتوي المقراب على مرآة رئيسية مقعرة تقوم بتجميع الضوء الساقط عليها وتركيزه في نقطة معينة،هذه النقطة يتم توجيهها نحو مرآة ثانوية صغيرة تعكس الصورة وتعرضها للمراقب.يتميز هذا النظام بكونه خاليا من التشوهات اللونية التي عادة ما تحدث في المقاريب التي تستخدم العدسات (كما في مقراب غاليليو)، مما يتيح مشاهدة أكثر دقة للأجرام السماوية [11].

3.3 الأدوات المستعملة في صناعة مقراب نيوتن ودورها:

شكل 1.3: الأجزاء المكونة للمقراب.

يستخدم في صناعة مقراب نيوتن المكونات الرئيسية التالية:

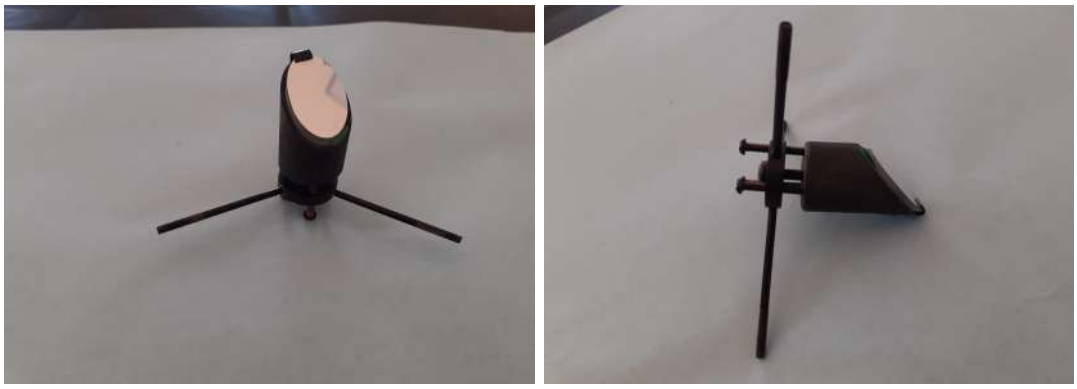
- المرآة الرئيسية:



شكل 2.3: المرآة الرئيسية.

هي مرآة مقعرة كبيرة تقع في الجزء السفلي من أنبوب المقراب، وظيفتها هي تجميع الضوء من السماء وتركيزه حيث يبلغ قطرها 76 ملم وبعدها البؤري 700 ملم.

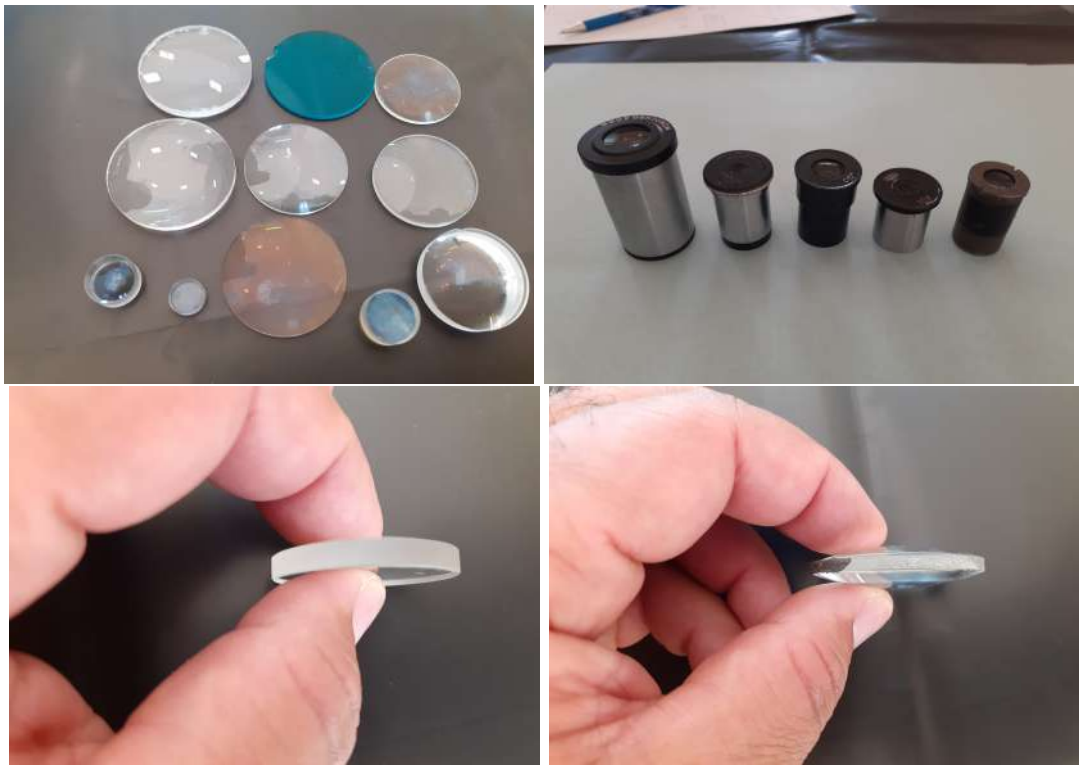
- المرآة الثانوية:



شكل 3.3: المرآة الثانوية.

مرآة صغيرة تقع بالقرب من فوهة المقراب وهي مائلة بزاوية 45° ودورها هو توجيه الضوء المركز نحو العدسة العينية حيث تبعد عن المرآة المقعرة بمسافة 565 ملم وعن العدسة العينية بمسافة 135 ملم.

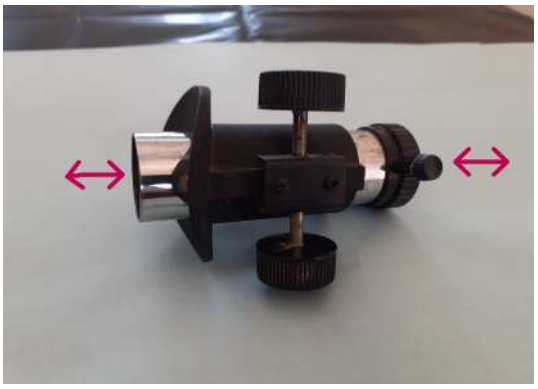
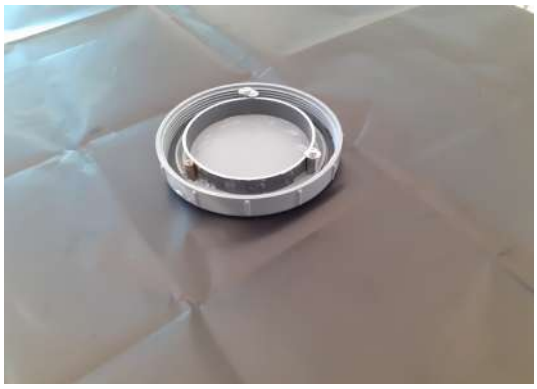
- العدسة العينية:



شكل 4.3: العدسة العينية.

تقع في الجزء العلوي من أنبوب المقراب، حيث تقوم بتكبير الصورة التي تم جمعها بواسطة المرايا وتعرضها للمشاهد، بعدها البؤري يتراوح بين 10 ملم إلى 40 ملم.

- حلقات تثبيت المرايا و العدسات:

شكل 5.3: حلقات تثبيت المرايا والعدسات.

هي الأداة التي توضع فيها المرايا و العدسات دورها هو حمايتها من الكسر.

- أنبوب المقراب:

شكل 6.3: أنبوب المقراب.

هو الهيكل الذي يحتوي على المرايا والعدسات ويعمل على تنظيم دخول الضوء يبلغ طوله 645 ملم وقطره 110 ملم.

- الموجه:

شكل 7.3: الموجه.

هو مقراب صغير يركب أعلى أو جانب أنبوب المقراب الرئيسي يعرف عادة باسم الباحث أو المنظار يستخدم لتسهيل توجيه المقراب نحو الأجرام السماوية.

- القاعدة:

شكل 8.3: القاعدة.

وهي الجزء الذي يثبت عليه المقراب دورها توفر الثبات والدقة في توجيه الأداة.

- طلاء:

شكل 9.3: طلاء.

هي مادة ملونة سوداء تستعمل لطلي أنبوب المقراب من الداخل لتجنب الإنعكاسات الداخلية.

4.3 خطوات تصنيع مقراب نيوتن:

تحديد البعد البؤري للمرآة:

• في يوم مشمس وجه المرآة نحو الشمس وابحث عن النقطة التي يتركز فيها الضوء على الورقة.

•المسافة بين المرآة والنقطة التي يتركز فيها الضوء تعد البعد البؤري للمرآة.

شكل 10.3: صورة توضح كيفية قياس البعد البؤري.

قياس البعد البؤري:

• استخدم شريط القياس لتحديد المسافة من سطح المرآة إلى نقطة التركيز الضوئي على الورقة.

شكل 11.3: صورة توضح كيفية قياس البعد البؤري.

• دون هذا الطول بدقة.

شكل 12.3: صورة توضح قيس البعد البؤري.

تجهيز أنبوب المقراب:

• ابحث عن أنبوب من البلاستيك بحيث يكون قطره في حدود قطر المرآة المقعرة وطوله كذلك في حدود البعد البؤري لها.

شكل 13.3: صورة توضح قياس أنبوب المقراب.

تحضير فتحة العدسة العينية وثقوب تثبيت المرآة الثانوية:

• على بعد 135 ملم تقريباً قبل نقطة البؤرة حدد موقعاً على جانب الأنبوب.

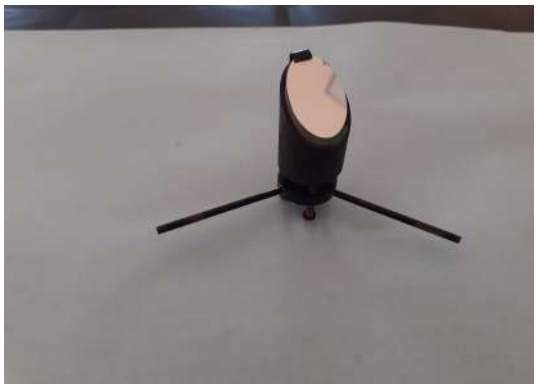
• اصنع ثقباً صغيراً هناك فهذا هو الموضع الذي ستثبت فيه العدسة العينية.

• اثقب 3 ثقب صغيرة لتثبيت المرآة الثانوية المائلة بزاوية $45°$.

شكل 14.3: صورة توضح تحضير فتحة العدسة العينية وثقوب تثبيت المرآة الثانوية.

تحضير المرآة الثانوية:

• نقوم بقص قطعة صغيرة من الزجاج وباستخدام شريطاً لاصقاً مزدوج الوجه نقوم بتثبيتهاعلى حامل مائل بزاوية $45°$.



شكل 15.3: صورة توضح تحضير المرآة الثانوية.

صناعة العدسة العينية:

• استخدم عدسة مكبرة صغيرة وضعها داخل أنبوب ثانٍ قصير.

• تأكد من تثبيت العدسة جيدا داخل الأنبوب بحيث يمكن إدخاله وتحريكه داخل حلقة تثبيت العدسات لضبط التركيز.

شكل 16.3: صورة توضح تحضير العدسة العينية.

تجميع المقراب:

• يتم تثبيت المرآة الرئيسية في قاعدة أنبوب المقراب بعد تثبيتها على حلقة تثبيت المرايا.

• يتم تثبيت المرآة الثانوية بحيث تعكس الضوء نحو العدسة العينية.

• يتم إدخال أنبوب العدسة العينية داخل الفتحة الجانبية للأنبوب الرئيسي.

• يوضع فوق أنبوب المقراب موجه لضبط صورة الجسم المرصود.

• وفي الأخير يوضع المقراب فوق قاعدة لتوفير الثبات والدقة في توجيه الأداة.

شكل 17.3: مقراب نيوتن العاكس.

5.3 نتائج الرصد ومناقشتها:

شكل 18.3: صور للقمر بعدسات عينية ذات بعد بؤري مختلف.

صورة القمر بعدسة عينيةf=30mm:

بعد الرصد للقمر تحصلنا على الصور الموضحة في الشكل أعلاه.حيث نلاحظ أنه عندما رصدنا بعدسة عينية ذات بعد بؤري 30 ملم حيث أظهرت صورة مكبرة بحوالي 23 مرة وذلك بدون فقدان التفاصيل المركزية بفضل عمق المجال الكبير تظهر الصورة العناصر الأمامية والخلفية بوضوح متوازن ومع أن بعض التشوهات الطفيفة قد تظهر على الأطراف إلا أن الاستخدام المدروس لها يعزز من القيمة السردية للصور جامعا بين الوظيفة العلمية والجمالية.

صورة القمر بعدسة عينيةf=20mm:

ومن الملاحظ أيضا أنه عند استعمالنا لعدسة عينية ذات بعد بؤري 20 ملم تحصلنا على صورة مكبرة بمقدار 35 مرة وذلك في طور الأحدب المتزايدة،إذ تظهر الصورة إضاءة واضحة لنسبة كبيرة من سطح القمر مما يسمح بتحديد المرحلة القمرية بدقة،وإن كانت التفاصيل الطبوغرافية كالفوهات والتضاريس الدقيقة غير مرئية بوضوح بسبب قصر البعد البؤري.تعتبر هذه الصورة مناسبة للرصد التوثيقي العام وتبرز الحدود المضيئة والمظلمة بشكل مميز،مما يعكس الإضاءة الشمسية الجانبية.

صورة القمر بعدسة عينيةf=10mm:

ولكن عندما رصدنا بعدسة عينية ذات بعد بؤري 10 ملم وذلك في طور الإبدار إزدادت قيمة التكبير ب 70 مرة،حيث أظهرت العدسة في هذا السياق قدرة محدودة على إظهار التفاصيل السطحية الدقيقة نظراً إلى الزاوية الواسعة التي توفرها هذه الفئة من العدسات.وعلى الرغم من محدودية التكبير إلا أن الصورة تعكس بوضوح طور القمر،ويمكن تمييز الحد الفاصل بين المناطق المضيئة والمظلمة بشكل كافٍ، مما يوفر مرجعاً بصريا دقيقاً لتحديد المرحلة الزمنية ضمن الدورة القمرية.

صورة القمر بعدسة عينيةf=10mm مع عدسة بارلو $X2$:

عندما قمنا بالرصد بعدسة عينية ذات بعد بؤري 10 ملم إضافة إلى عدسة بارلو $X2$ مما أدى إلى مضاعفة البعد البؤري النظري وتحسين درجة التكبير البصري لتصل إلى مقدار 140 مرة،حيث أسهم هذا الدمج في تحسين القدرة على ملاحظة بعض المعالم السطحية الرئيسية للقمر مثل البحار القمرية والحدود النسبية للفوهات الكبيرة.

بالمقارنة مع الصورة الملتقطة بعدسة عينية $f = 10mm$ فقط،تظهر هذه الصورة تفاصيل أوضح وأكثر قرباً من حيث المظهر البصري،إلا أن جودة الصورة قد تأثرت جزئياً من حيث الحدة وذلك نتيجة عوامل مثل اهتزاز الجهاز أو الانعكاسات الناتجة عن زيادة العناصر البصرية في مسار الضوء.

لنستنتج في الأخير أنه يوجد تناسباً طردياً بين البعد البؤري للعدسة الشيئية وقيمة التكبير ويوجد كذلك تناسباً عكسياً بين البعد البؤري للعدسة العينية وقيمة التكبير وهذا وفق العلاقة التالية $M = F/f$.

6.3 التطبيقات الحديثة لمقراب نيوتن:

لا يزال مقراب نيوتن يستخدم على نطاق واسع في الأبحاث الفلكية، خاصة في المقاريب الصغيرة التي يستخدمها الفلكيون الهواة. تستخدم هذه المقاريب لمراقبة السماء الليلية ودراسة الأجرام السماوية مثل النجوم والكواكب. ومن التطبيقات الحديثة أيضا لمقراب نيوتن:

- مراقبة الكويكبات والمذنبات:

بفضل دقته العالية يتمكن مقراب نيوتن من رصد الأجرام السماوية الصغيرة مثل الكويكبات والمذنبات التي تدور حول الشمس.

- دراسة النجوم المتغيرة:

يستخدم المقراب لمتابعة النجوم المتغيرة ورصد التغيرات في سطوعها.

- **البحث في الظواهر الفلكية الغامضة:**

مثل دراسة السدم والمجرات البعيدة [11,6].

7.3 مزايا وعيوب مقراب نيوتن:

- **المزايا:**

خلوه من التشوهات اللونية:

بفضل استخدام المرايا لا يعاني مقراب نيوتن من التشوهات اللونية التي تظهر في المقاريب التي تعتمد على العدسات.

كفاءة في تجميع الضوء:

يمكن لمقراب نيوتن جمع كمية أكبر من الضوء مقارنة بالمقاريب الأخرى من نفس الحجم.

سهولة التصنيع:

أدوات بسيطة ومتوفرة.

- **العيوب:**

المرآة الثانوية قد تسبب تشويشاً:

في بعض التصميمات يمكن أن تؤثر المرآة الثانوية على جودة الصورة بشكل طفيف.

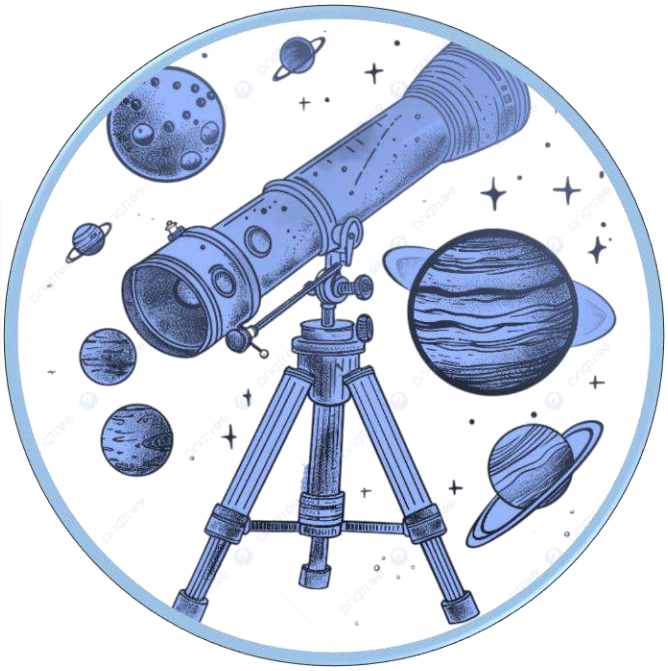
الحاجة إلى تعديل:

يحتاج المقراب إلى تعديلات دقيقة وصيانة دورية لضمان أفضل أداء [6].

8.3 خاتمة:

في الختام يعتبر مقراب نيوتن واحداً من أهم الابتكارات في تاريخ علم الفلك،حيث قدم بديلاً فعالاً لمقاريب الانكسار التقليدية وساهم في تحسين دقة الرصد الفلكي.من خلال استخدام مبدأ الانعكاس وتطوير تصميمه المتميز استطاع هذا المقراب أن يقدم صوراً دقيقة وواضحة للأجرام السماوية، مما أثر بشكل كبير في فهمنا للكون وتطور العلم الفلكي.على الرغم من مرور قرون على اختراعه، لا يزال مقراب نيوتن يعد من الأدوات الأساسية في مجال الفلك، ويعكس عبقرية نيوتن في تطوير تقنيات جديدة للإستكشاف العلمي.إن هذا الاختراع لم يسهم فقط في تطور أدوات الرصد الفلكي، بل فتح آفاقاً جديدة لدراسة الفضاء واستكشافه.

الخلاصة العامة



الخلاصة العامة

وفي خاتمة هذا البحث الذي تناولنا فيه موضوع الضوء الهندسي وأنواع المقاريب البصرية مع تسليط الضوء على تجسيد مقراب نيوتن، تتجلى أمامنا عظمة التكامل بين النظرية والتطبيق بين الفكر الإنساني المتأمل في أسرار الطبيعة والعقل العلمي الساعي إلى تحويل تلك الأسرار إلى أدوات تمكننا من استكشاف ما وراء الحجاب الكوني.

لقد استعرضنا في البداية الضوء الهندسي بإعتباره أحد المرتكزات الأساسية في علم البصريات ذلك العلم الذي يعتمد على النماذج الشعاعية لفهم كيفية إنتقال الضوء وتفسير الظواهر البصرية كالانعكاس والانكسار والتقارب والتباعد بأسلوب رياضي دقيق يعكس مدى براعة الإنسان في تحليل ما تراه العين المجردة وتحويله إلى معادلات ترسم بها خريطة الضوء.وهذا الفهم لم يكن هدفاً نظرياً فحسب بل كان اللبنة التي بنيت عليها أعظم الأدوات العلمية التي غيرت نظرتنا إلى الكون.

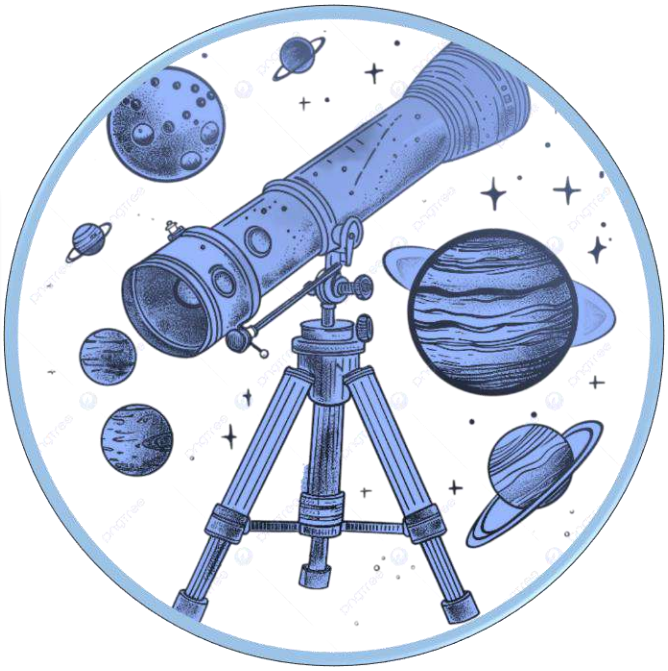
ومن خلال هذه الأسس النظرية وصلنا إلى الحديث عن المقاريب البصرية تلك العيون التي مدت البصر البشري إلى أعماق الفضاء السحيق وكشفت عن مجرات ونجوم وكواكب لم يكن للبشر أن يدركوها لولا تطور هذه الأجهزة.وقد بينا أنواعها من المقاريب الكاسرة التي تعتمد على العدسات إلى المقاريب العاكسة التي تستخدم المرايا مروراً بالمقراب المجمع كما أشرنا إلى مقراب كل من غاليليو وكبلر وهابل وجيمس ويب مشيرين إلى مزايا كل نوع ومجالات استخدامه ومدى إسهام هذه الأدوات في نقل البشرية من حدود الأرض إلى آفاق السماء اللامتناهية.

وقد تركز اهتمامنا بشكل خاص على مقراب نيوتن الذي لم يكن مجرد أداة بصرية بل تجسيداً حياً لعقل عبقري أعاد صياغة الفهم البشري لقوانين الطبيعة.لقد صممه إسحاق نيوتن ليتغلب على العيوب التي كانت تعاني منها المقاريب الكاسرة في ذلك الحين. فجاء تصميمه بسيطاً في تركيبه عظيماً في أثره حيث استخدم مرآة مقعرة لجمع الضوء ومرآة مستوية مائلة بزاوية $45°$ لنقل الصورة إلى العدسة العينية ليحقق بذلك رؤية أوضح وأدق للأجرام السماوية ويصبح بذلك نموذجاً يحتذى به في عالم البصريات والرصد الفلكي.حيث تم التوصل في نهاية هذا العمل إلى أهم النتائج التالية:

- ✓ كلما كان البعد البؤري للعدسة الشيئية أكبر نحصل على تكبير أكثر.
- ✓ وكلما قل البعد البؤري للعدسة العينية كذلك تزداد قيمة التكبير وهذا إستناداً للعلاقة $M = F/f$ وعند إضافة عدسة بارلو تصبح قيمة التكبير أكثر مضاعفة.

إن تأملنا في هذا التدرج من المبادئ الفيزيائية المجردة إلى أعقد الآلات البصرية يجعلنا ندرك أن العلم ليس فقط تراكماً معرفياً بل هو استكشاف لرحلة الفكر البشري في محاولته فهم الكون من حوله والتأمل في جمال النظام الذي يسير به.وما كانت هذه الرحلة لتتحقق لولا شغف الإنسان بالمعرفة وسعيه الدائم لتوسيع آفاق الإدراك.

المراجع



المراجع

[1] إ.ع.ا.قطب،أسرار الطيران.مكتبة الملك فهد الوطنية:المملكة العربية السعودية.

[2] L.Gipson,Bernouli's Principle.NASA:USA,2017.

[3] ح.م.ج الشربتي وآخرون،البصريات الفيزيائية، كلية التربية،جامعة بغداد.

[4] م.بوترية،الضوء الهندسي،المدرسة العليا للأساتذة،القبة-الجزائر.

[5] S.A.BELDJILALI,2015-2016,optique géométrique,universite des sciences et de la technologie d'oran.

[6] ح.ر.نزال،البصريات الهندسية،اليازوري،عمان(2015).

[7] Introduction to Modern optics,by Grent R.Fowles,Hot,Rine hart and winston INC.U.S.A.

[8] س.الغنزي،محاضرات في البصريات الفيزيائية،جامعة الأنبار العراق(2019-2020).

[9] Fundament of optics and Modern physics Hugh.D,Young.Mc.Garw.Hill.Book company.U.S.A.

[10] م.ميموني،محاضرات في البصريات الفيزيائية،جامعة الشهيد حمه لخضر، الوادي - الجزائر.

[11] Max Born and Emil wolf,principles of optics,CAMBRIDGE.

[12] Roger D Blandford, MP Haynes,JP Huchra, MJ Rieke,et al.New worlds,new horizons in astronomy and astrophysics. National Research Council,The National Academies Press,Washington,DC(2010).

[13] Geoff Cottrell. Observational Astronomy:A Very short Introdution.Oxford University Press(2023).

[14] David JGrfiths.Introduction to electrodynamics.Cambridge University Press(2023).

[15] Eugene Hecht. Optics,global edition.Essex,UK:Pearson(2016).

[16] https://2u.pw/aWCbj

[17] https://2u.pw/asf22

[18] https://2u.pw/HAZjY

[19] https://2u.pw/1BYfo

[20] https://2u.pw/dHzzi

[21] https://2u.pw/sW9k

[22] Henry C King.The history of the telescope.Courier Corporation(2003).

[23] https://2u.pw/5J95w

[24] https://2u.pw/QmOTS

[25] https://2u.pw/mgx4u

[26] https://2u.pw/LOlds

[27] Xinyue Hu.principle and applications of telescopes:Refracting reflecting and catadioptric telescopes.

[28] https://2u.pw/AKI3E

[29] George Rieke.Detection of Light:from the UItrviolet to the Submillimeter.Cambridge University Press(2006).

[30] https://2u.pw/TFExs

[31] E Hecht.optics.always learning(2016).

[32] https://2u.pw/4H8gR

[33] Michael Zeilik and stephen Gregory.Intrductory astronomy and astrophysics(1998).

الملخص

يعد علم البصريات من أهم فروع الفيزياء التي ساهمت في تقدم العلوم وخاصة في مجال استكشاف الفضاء.وقد مكنت المقاريب البصرية العلماء من دراسة الأجرام السماوية بدقة عالية وهو ما أدى إلى تحقيق اكتشافات فلكية عظيمة.

وفي هذه المذكرة تم التعرف على أنواع هذه المقاريب ومكوناتها ومبدأ عملها بالإضافة إلى مزايا وعيوب كل نوع واستخداماتها.ومن بين أبرز أنواع المقاريب يبرز مقراب نيوتن العاكس الذي تم تجسيده عملياً بإستخدام أدوات بسيطة متمثلة في مرآة مقعرة وأخرى مسطحة مائلة بهدف توضيح كيفية عمله وتعزيز الفهم التطبيقي للمفاهيم البصرية وتوضيح فائدته في تكبير صور الأجسام البعيدة، مما يجعل من هذا البحث جسراً بين النظرية والتجريب في علوم الضوء والفلك.

الكلمات المفتاحية: علم البصريات، الضوء الهندسي، المرايا، العدسات، الانعكاس، الانكسار، المقاريب البصرية، مقراب نيوتن العاكس.

Abstract

Optics is one of the most important branches of physics that has contributed to the advancement of science, especially in the field of space exploration.Optical telescopes have enabled scientists to study celestial objects with high precision, leading to great astronomical discoveries.

This note identifies the types of these telescopes, their components, and operating principles, in addition to the advantages and disadvantages of each type and their uses.Among the most prominent types of telescopes Newton's reflecting telescope stands out.It was embodied practically using simple tools,consisting of a concave mirror and a flat,inclined mirror,with the aim of clarifying how it works,enhancing practical understanding of optical concepts,and demonstrating its usefulness in magnifying images of distant objects.This makes this research a bridge between theory and experimentation in the sciences of light and astronomy.

Keywords: Optics, Geometric light, Mirrors, Lenses, Reflection, Refraction, Optical telescopes, Newton's reflecting telescope.