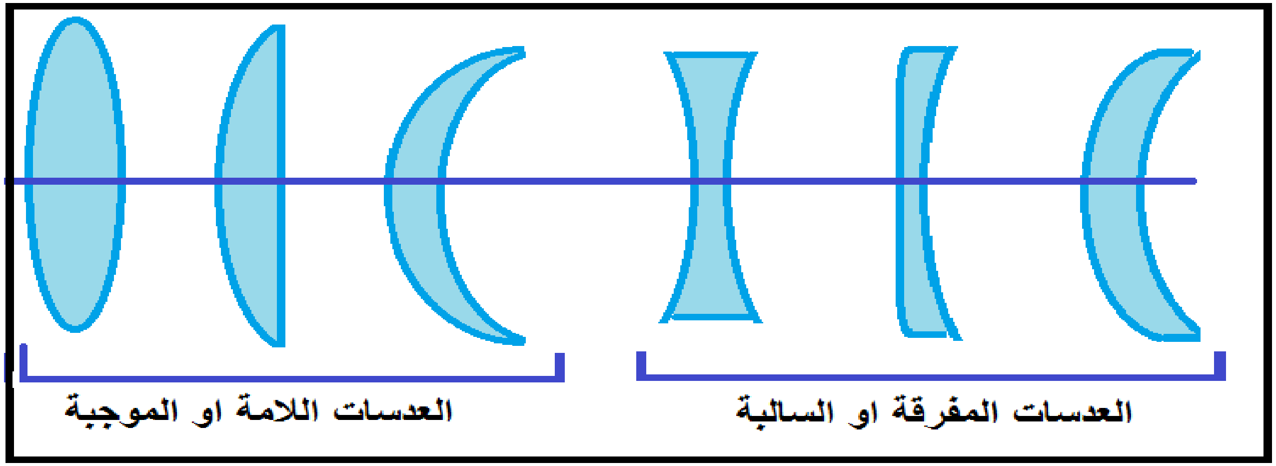
السطوح الكروية

المقدمة:

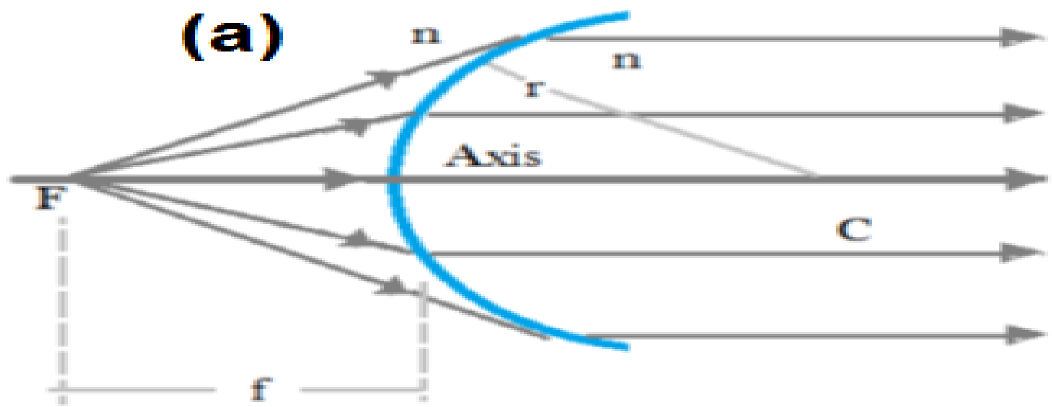
ليست المرايا و المواشير ذات السطوح المستوية هي كل ما تحتويه الادوات البصرية انما اضافة الى ذلك فانها تحتوي على العدسات التي تكون سطوحها كروية وبمدى واسع من التكور. و هناك اختلاف بين السطوح الكروية هذه و السطوح المستوية من حيث انها قادرة على تكوين صور حقيقة . و غالباً ما يكون شكل العدسة احد الاشكال الذي رسم في الشكل مقاطعها عرضية .

فالعدسات الثلاثة لامة او الموجبة تكون سميكة في الوسط من حافتها و هي العدسات المتساوية , متساوية التحدب , محدبة مستوية ,مستوية مقعرة موجبة اما العدسات الثلاثة المفرقة او السالبة والتي تكون رقيقة الوسط اكثر من حافتها فتكون متساوية التقعر, مستوية مقعرة, محدبة مقعرة سالبة . و تصنع هذه العدسات من زجاج ضوئي خالية قدر الامكان كمناطق غير متجانسة و قد تستخدم احياناً مواد شفافة اخرى مثل الكوارتز و الفلورات و الملح الصخري والبلاستيدات .ومع انه قد نجد ان الشكل الكروي لهذه السطوح لا يكون مثالياً في بعض الاحيان و لكنها تعطي صوراً جيدة كما انها لا تكون سهلة الصقل.



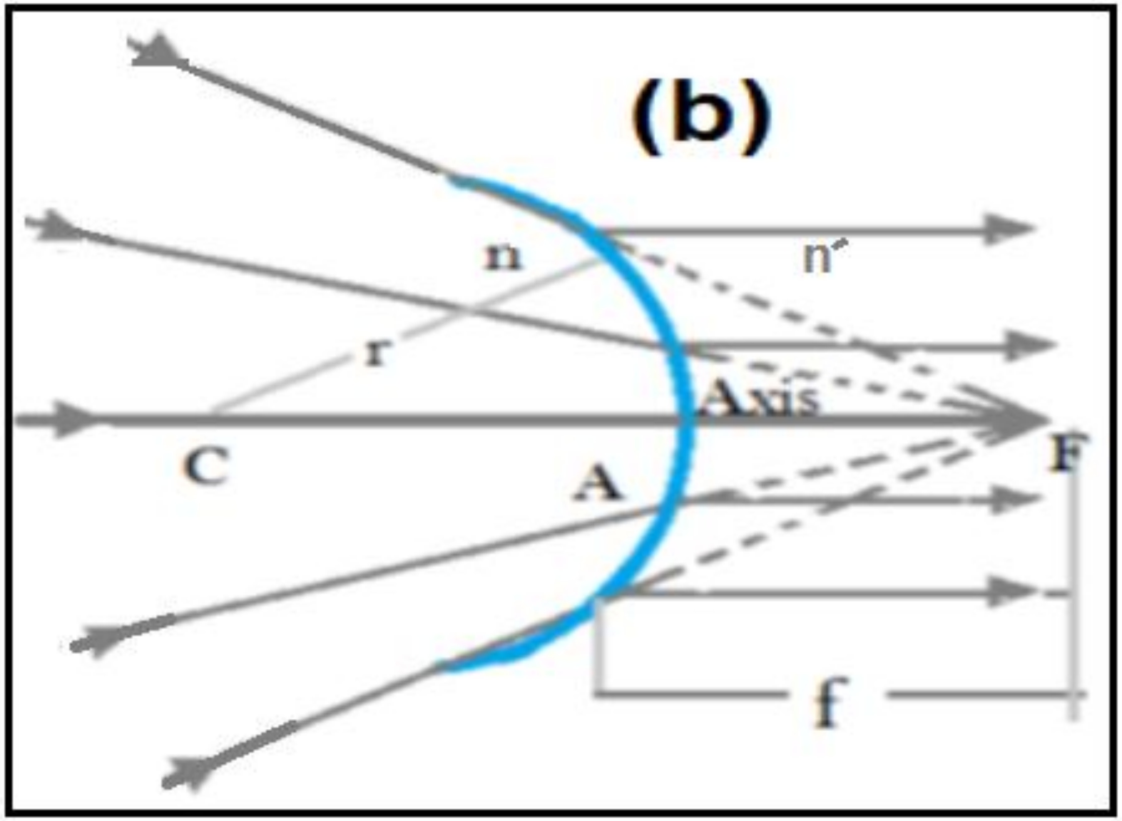
النقاط البؤرية والابعاد البؤرية

يبين الشكل رسماً لسلوك الضوء في انكساره عند السطوح الكروية (المحدبة و المقعرة) . وقد خضع كل شعاع منكسر فيه الى قانون سنل الذي سبق ذكره.

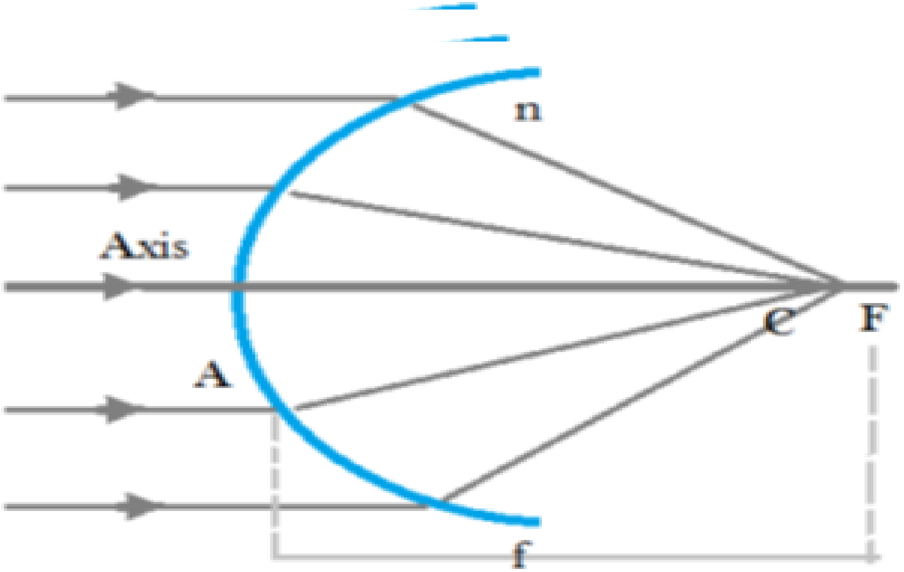


و يدعى المستقيم المار بمركز تكور السطح c بالمحور الاساسي والذي يقطع فيها السطح في نقطة مثل A تدعى بالسمت . وبنظره واحدة الى الشكل نجد ان الاشعة التي رسمت

في المخطط a تتباعد عن مصدر نقطي F واقع على المحور في الوسط الاول فانكسرت الاشعة في الوسط الثاني و اصبحت متوازية و موازية للمحور الاساسي في كل مكان .

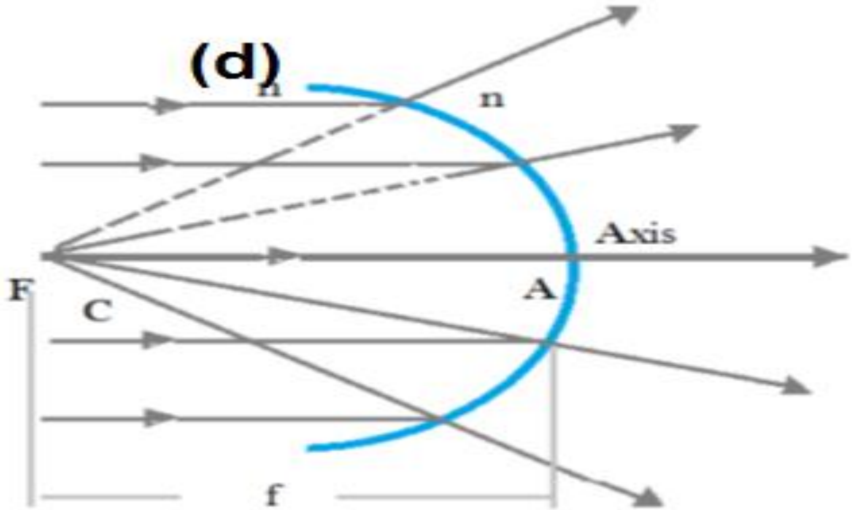


- بينما يبين المخطط b حزمة تتقارب نحو النقطة F في الوسط الاول فانكسرت واصبحت في الوسط الثاني واصبحت متوازية و موازية للمحور ايضاً ففي كل من هاتين الحالتين تسمى النقطة F بالبؤرة الاولية و تسمى المسافة f بالبعد البؤري .

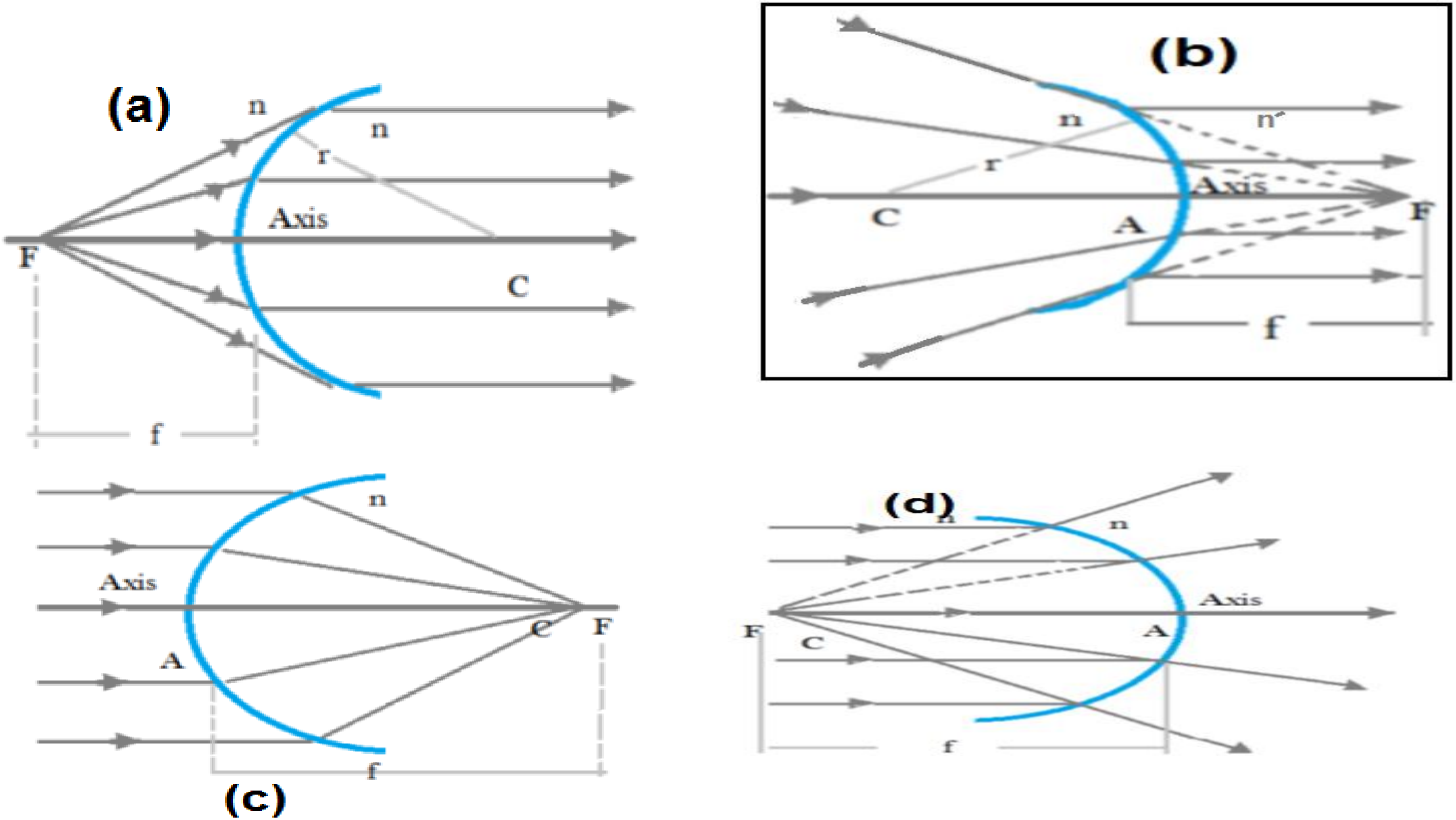


(c)

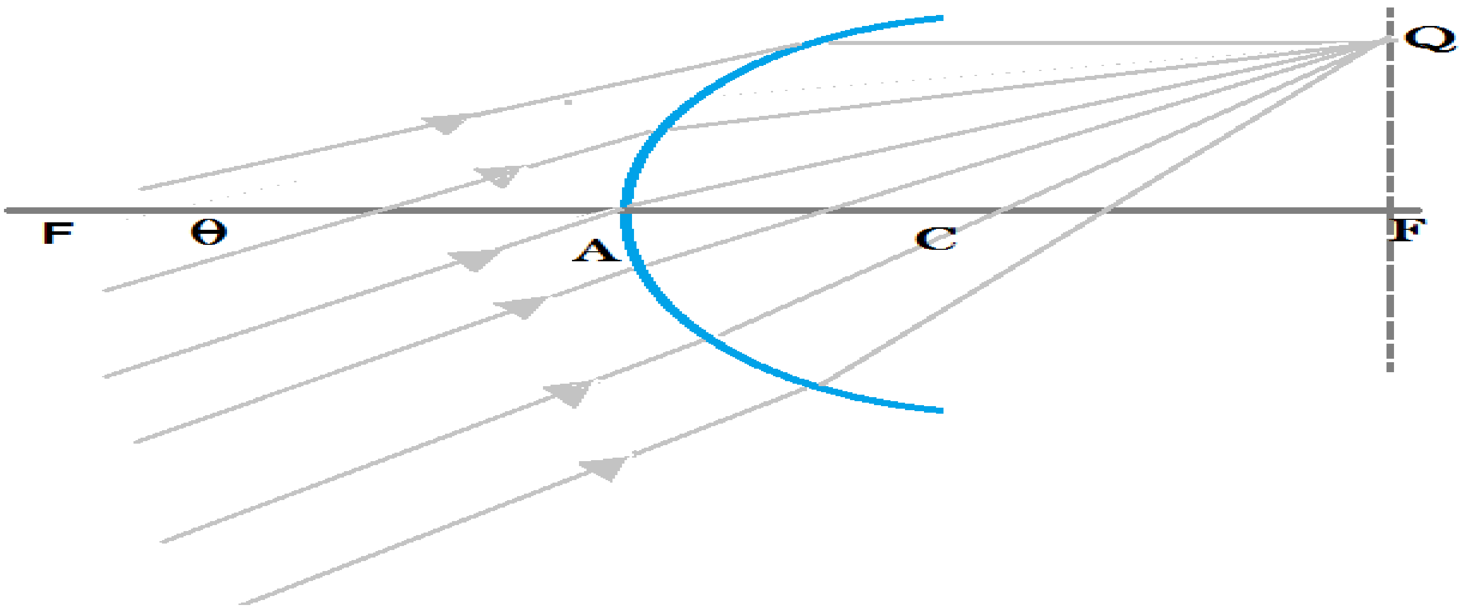
- اما في المخطط c فان الحزمة المتوازية الساقطة على السطح في الوسط الاول انكسرت و تقاربت نحو بورة في النقطة f في الوسط الثاني



- بينما تلاحظ في المخطط d ان الحزمة المتوازية الساقطة على السطح في الوسط الاول تباعدت في الوسط الثاني وظهرت كانها اتية من النقطة
- $\acute{F}$ فهذه النقطة $\acute{F}$
- تسمى في كل من هاتين الحالتين بالبؤرة الثانوية كما تسمى المسافة $\acute{f}$ بالبعد البؤري الثانوي.



لنعود الان الى المخططين a,b و نقول ان النقطة البؤرية الاولية F هي نقطه محورية تتصف بان اي شعاع يصدر منها او يسير نحوها او يبدو و كانه ات منها كل شعاع ساقط موازيا للمحور الاساسي بعد انكساره . ويدعى المستوى العمودي على المحور و المار في اي من ال نقطتين البؤرتين بالمستوى البؤري



و يظهر الشكل معنى المستوى البؤري فالاشعة المتوازية ولكنها غير موازية للمحور الاساسي انما تصنع معه زاوية قدرها θ

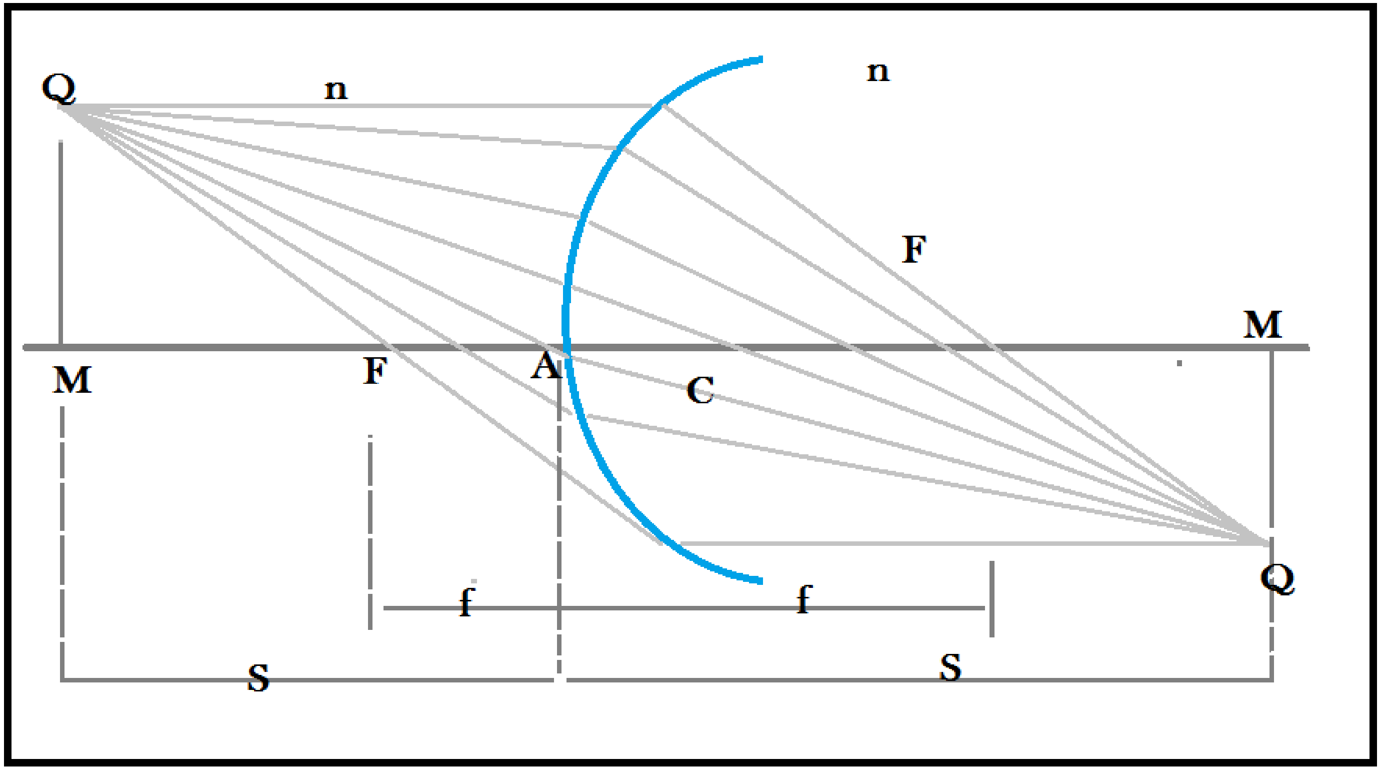
تتقارب نحو بؤرة واقعة في المستوى البؤري مثل النقطة $\acute{Q}$ لاحظ ان $\acute{Q}$ واقعة على الخط غير المنحرف و المار في مركز التكور c وان هذا هو الشعاع الوحيد الذي يخترق السطح الفاصل دون ان يعاني اي انحراف لانه يسقط عموديا على السطح . وسنثبت فيما بعد ان لنسبة بين الابعاد البؤرية $\frac{\acute{f}}{f}$ تساوي النسبة ان اي : $\frac{\acute{n}}{n}$

وهي تمثل معاملي الانكسار المناظرين . اي ان: $\frac{\acute{f}}{f} = \frac{\acute{n}}{n}$

وتكون الاشعة الساقطة عند رسم المخططات الضوئية اتية من اليسار والى اليمين .
فالسطح المحدب اذن هو السطح الذي يكون مركز تكوره C يقع الى يمين السمنت بينما السطح المقعر هو السطح الذ يقع مركزه C الى يسار السمنت .

واذا طبق مبدا الانعكاسية على الاشعة الضوئية انقلبت كل شكل اوله للأخر و يصبح الشكل a مثلاً سطحاً مقعراً له صفات اللم . بينما يصبح الشكل b سطحاً محدباً له صفات التباعد التفريق . ولكن علينا ان نلاحظ ان الاشعة الساقطة تقع الان في الوسط الاكثر كثافة اي انها في الوسط الاكبر في معامل الانكسار .

- تكوين الصورة:
- يبين الشكل تخطيطاً يوضح تكوين الصورة نتيجة الانكسار عند سطح منفرد . وقد رسم هذا الشكل للحالة التي يكون فيها الوسط الاول هواء معامل انكساره n=1 والوسط الثاني n=1.6لهذا تكون
- الابعاد البؤرية f , $\acute{f}$ بنسبة 1.6/1



- وقد لوحظ تجريبيا انه اذا تحرك الجسم مقترباً نحو المستوى
- البؤري الاولي زاد بعد الصورة المتكونة نحو اليمين $\acute{f}$
- وتكون اكبر حجما اي انها مكبرة . اما اذا تحرك الجسم نحو
- اليسار مبتعدا عن f فان الصورة تقترب $\acute{f}$ وتصغر
- في الحجم .ان جميع الاشعة الصادرة عن النقطة Q في
- الجسم تقارب الى النقطة في $\acute{Q}$ كما
- ان الاشعة من اية نقطة اخرى في الجسم مثل M تقارب ايضا الى نقطة تناظرها مثل $\acute{M}$ هي صورتها .

ولا تنطبق هذه الحالة المثالية في واقع الحال و يؤدي الابتعاد عن هذه الحالة المثالية الى عيوب طفيفة في الصورة تعرف بالزيغ .والتغلب على هذا الزيغ وحذفه من الصورة المتكونة هو المشكلة الكبرى في البصريات الهندسية .

ومن الممكن تكوين صورة جيدة بالضوء الاحادي اللون اذا ما جعلنا الاشعة المرسومة هي شبه محورية . وتعرف الاشعة شبه المحورية بانها الاشعة التي تصنع زوايا صغيرة جداً مع المحور وتقع قريبة منه خلال المسافة الجسم الى الصورة . وستكون علاقتنا المشتقة في هذا الفصل تنطبق على الصور المتكونة بالأشعة شبه المحورية فقط.

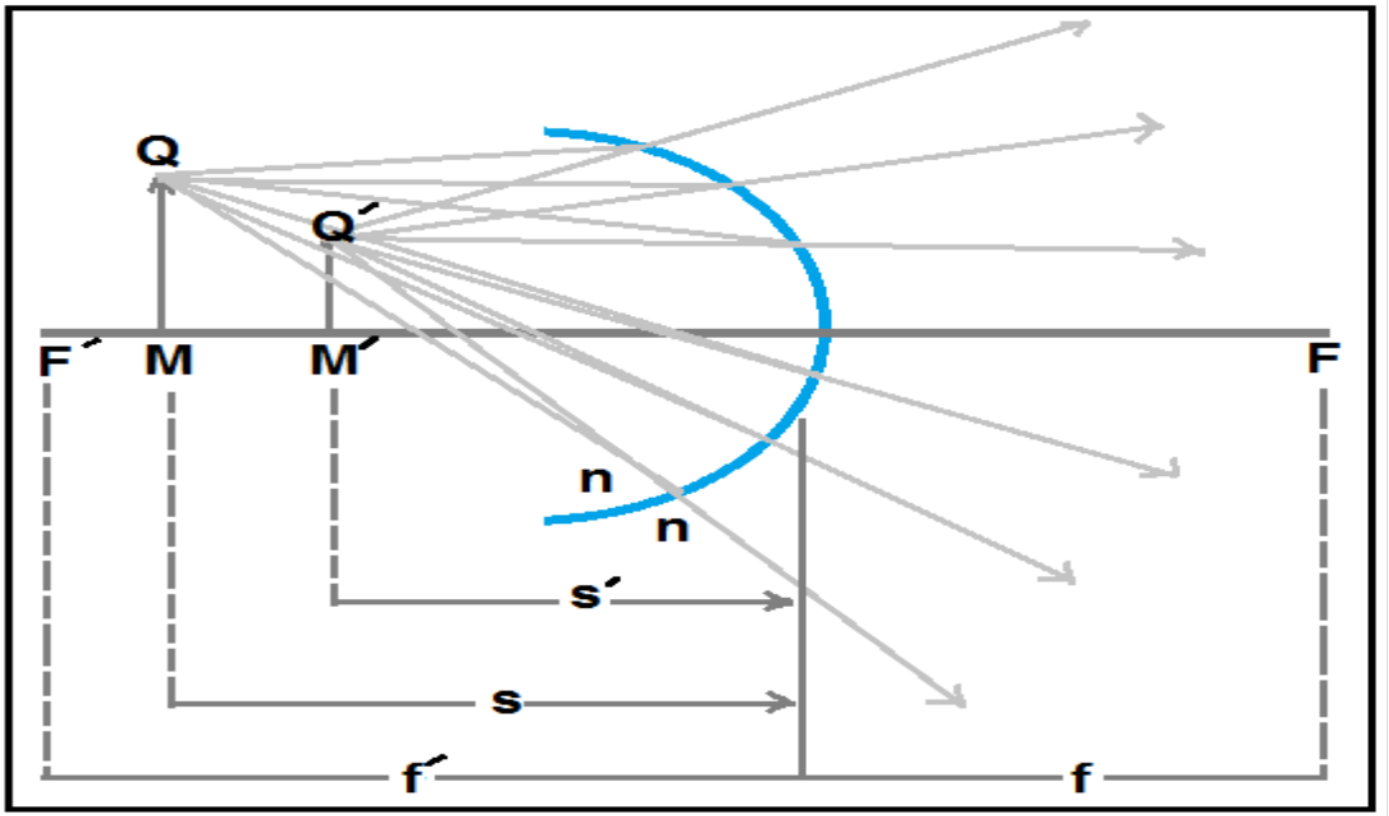
الصورة الحقيقة والصورة الخيالية :

ان الصورة $\acute{Q}\acute{M}$ في الشكل صورة حقيقة

. بمعنى اخر اذا وضع حاجز في $\acute{M}$ تتكون

صورة واضحة المعالم للجسم QMعلى الحاجز. ولكن لا يمكن

التقاط جميع الصور المتكونة على الحاجز ويوضح الشكل ذلك.



ان الاشعة الضوئية الصادرة عن النقطة Q في الجسم تتكسر عند السطح المقعر الذي يفصل وسطين معامل انكسارهما $n=1$, $n=1.5$ على التوالي .لهذا فان نسبة الابعاد البؤرية هي $1.5/1$. وحيث ان الاشعة تتباعد بعد انكسارها لهذا فانها لا تتلاقى في اية نقطة . فعين المشاهد واقعة نحو اليمين تظهر هذه الاشعة نحو اليمين وكانها اتية من نقطة مشتركة $\acute{Q}$

- وبكلمة اخرى ان $\acute{Q}$ هي نقطة صورية تناظر الجسم النقطي Q .
- وكذلك $\acute{M}$ هي صورة نقطية تناظر Mوبما ان الاشعة المنكسرة لا تاتي
- من النقطة $\acute{Q}$ حقيقية ولكنها تظهر و كأنها اتية منها لذا لا يمكن التقاط
- الصورة على حاجز وضع في $\acute{M}$. ولهذا السبب تدعى الصورة التي من هذا
- النوع بالصورة الخيالية .
- **النقاط المترافقة والمستويات المترافقة :**
- ينتج من مبدأ الانعكاسية للأشعة الضوئية اذا كان QM يمثل جسم فان صورته
- ستتكون في Q $\acute{M}$. لذا فان يحتله الجسم . من هذا نستنتج ان الجسم
- والصورة قابلا التبادل او نقول انهما مترافقان . اي ان زوج من نقاط الجسم
- والصورة مثل M , $\acute{M}$ تسمى بالنقاط المتبادلة
- . وتسمى المستويات المارة من هاتين النقطتين و عمودية على المحور بالمستويات المترافقة .
- الان اذا فرضنا بان نصف قطر φ سطح كروي يفصل وسطين معامل انكسارهما n ,ń
- على التوالي قد علم و كذلك تعين موقع الجسم ان هناك ثلاثة طرق يمكن استخدم اي منها لتعين موقع و حجم الصورة المتكونة و هي :

- الطريقة الحسابية : باستخدام العلاقة :
- $\frac{n}{s}+\frac{\acute{n}}{\acute{s}}=\frac{\acute{n}-n}{r}$
- ان s هي بعد الجسم , $\acute{s}$ بعد الصورة . وسنشتق هذه العلاقة والتي تدعى
- بعلاقة جاوس فيما بعد.
- كلما قرب الجسم M من النقطة البؤرية الاولية زاد بعد الصورة عن السمنت ويزداد AḾ باستمرار و في النهاية عندما يبح الجسم في النقطة F تصبح الاشعة
- المنكسرة متوازية فتتكون عندئذ في اللانهاية وعندئذ تصبح a=s وتصبح المعادلة كما يلي
- $\frac{n}{S}+\frac{\acute{n}}{\infty}=\frac{\acute{n}-n}{r}$
- وحيث ان بعد الجسم الان هو البعد البؤري الاولي f, لذا يمننا ان نكتب العلاقة
- $\frac{n}{f}=\frac{\acute{n}-n}{r}$
- كذلك اذا ازيد بعد الجسم تدريجياً حتى اصبح في اللانهاية فان بعد الصورة يتناقض و يصبح مساوياً الى $\acute{f}$ اي عندما $\alpha = S$

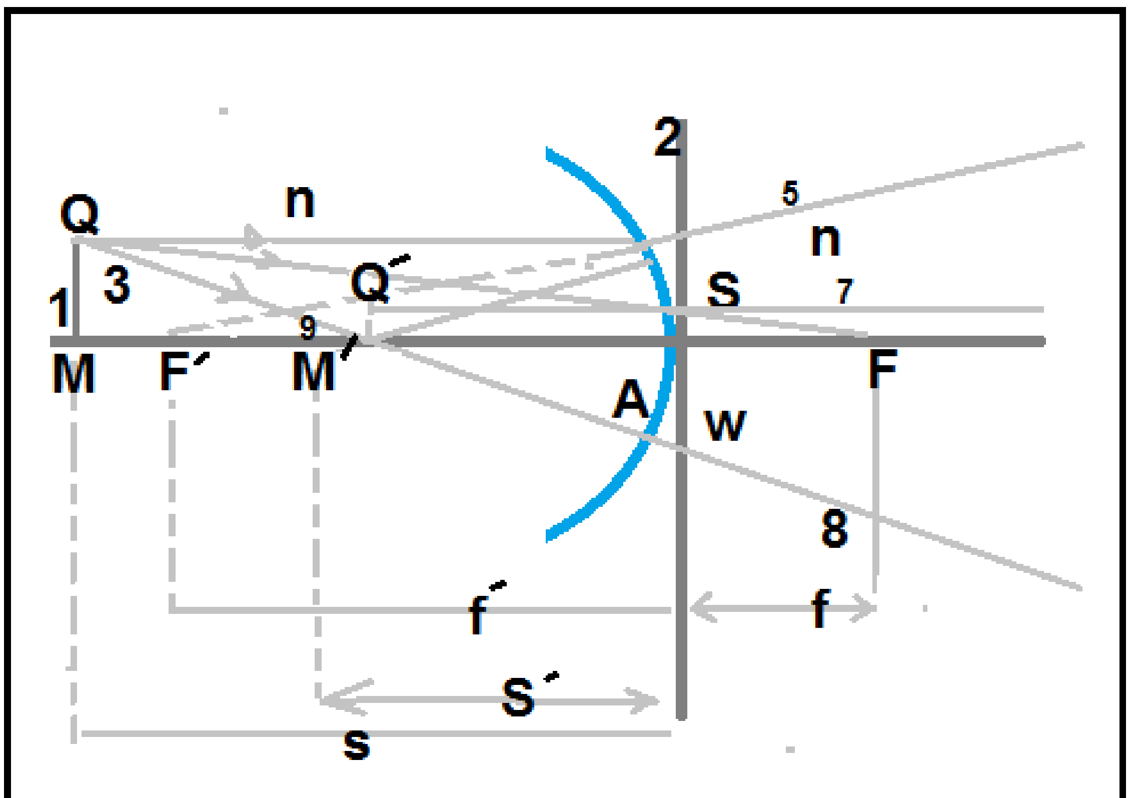
- $\frac{n}{\alpha}+\frac{\acute{n}}{\acute{s}}=\frac{\acute{n}-n}{r}$
- وحيث ان قيمة $\acute{s}$ تمثل الان البعد البؤري الثانوي $\acute{f}$ اذن :
- $\frac{\acute{n}}{\acute{f}}=\frac{\acute{n}-n}{r}$
- وبتساوي الطرفين في اليسار من المعادلة نحصل على :
- $\frac{\acute{n}}{n}=\frac{\acute{f}}{f}$ او $\frac{\acute{n}}{\acute{f}}=\frac{n}{f}$
- وذا استبدل الحد $\frac{n\acute{}-n}{r}$ اما بالمقدار $\frac{n}{f}$ او $\frac{\acute{n}}{\acute{f}}$ كما ورد في المعدلتين وينتج:
- $\frac{\acute{n}}{\acute{s}}+\frac{n}{s}=\frac{\acute{n}}{\acute{f}}$ او $\frac{n}{f}\frac{\acute{n}}{\acute{s}}+\frac{n}{s}$غ
- وتعطي هاتان المعادلتين الابعاد المترافقة لسطح كروي منفرد .

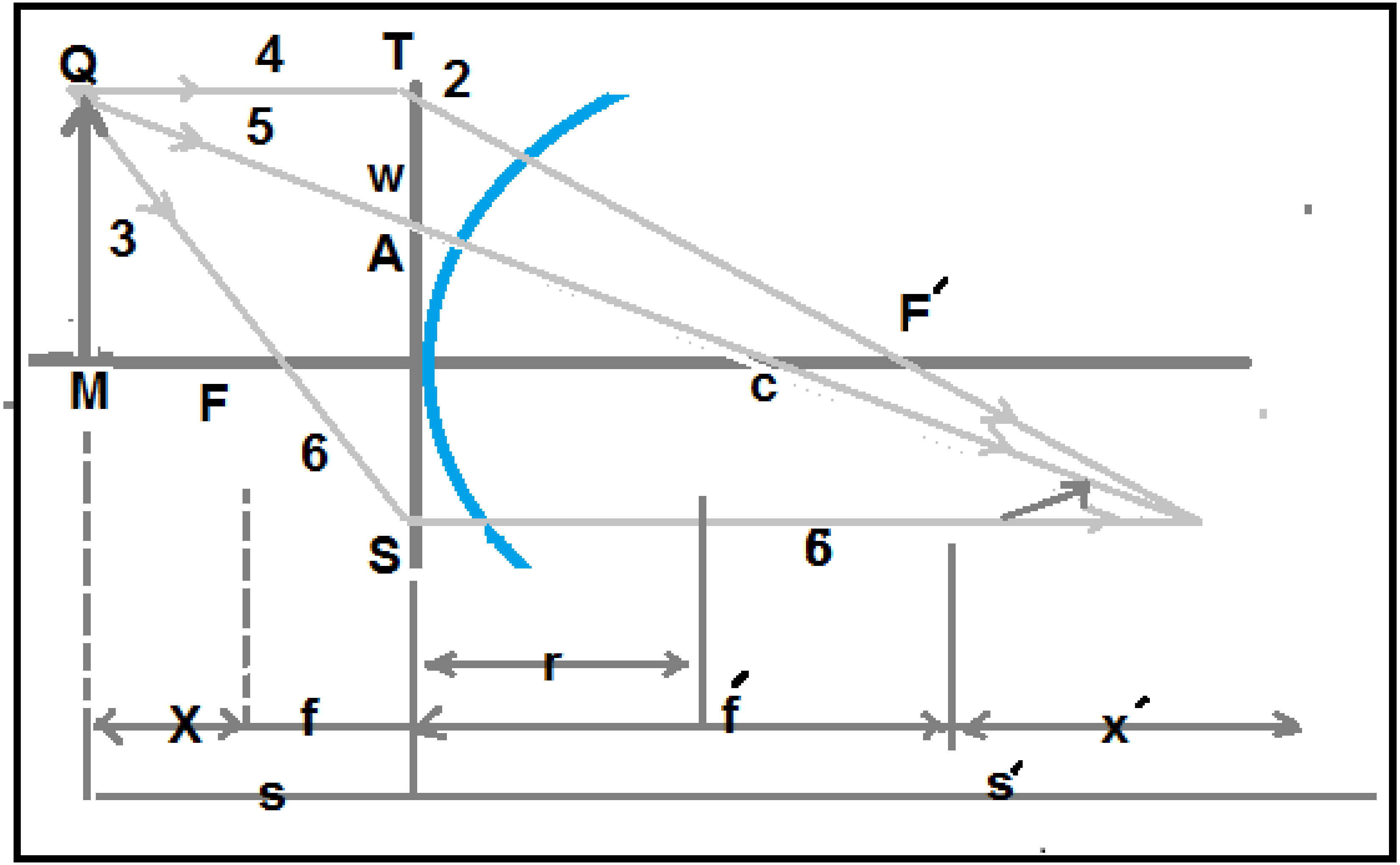
- مصطلح الاشارات :
- سنتبع في دراستنا البصريات الهندسية مجموعة من اصطلاحات الاشارات لهذا يجب ان نتفهما جيداً .
- 1 - ترسم جميع الاشكال بحيث يكون مسار الضوء من اليسار الى اليمين .
- 2- تعتبر مسافة الجسم S موجبة اذا قيست الى يسار السمت وسالبة اذا قيست الى يمينه .
- 3- تعتبر مسافة الصورة Ś موجبة اذا قيست الي يمين السمت و سالبة الى
- يساره
- 4-يعتبر كل من البعدين البؤرين موجبا اذا تقاربت الاشعة وسالبا اذا تباعدت.
- ابعاد الجسم والصورة موجباً اذا قيست نحو اعلى الجسم وسالبا نحو اسفله.
- 6-يعتبر نصف القطر لجميع السطوح المحدبة التي يصادفها الشعاع الضوئي موجباً بينما يعتبر نصف قطر السطوح المقعرة سالباً

- مثال :
- سطح مقعر نصف قطره 4 سم يفصل و سطين معامل انكسارهما 1=n , 1.5=n . وضع جسم في الوسط الاول على بعد 10سم من السمت .
- أ-اوجد البعد البؤري الاولي ,ب-البعد البؤري الثانوي ,جـ- بعد الصورة
- الحل :
- أ $\frac{n}{f} = \frac{-1+1.5}{-4}$
- F=-8cm
- ب- $\frac{1.5}{\acute{f}} \quad \frac{1.5-1}{-4}$
- $\acute{f} = -12cm$
- جـ
- $\frac{1}{10} + \frac{1.5}{\acute{S}} = \frac{1.5}{-12}$ او $\acute{S} = 6.66cm \quad \frac{1}{10} + \frac{1.5}{\acute{S}} \ \frac{1}{-8}$
- اذن تقع الصورة على بعد 6.66 م عن السمت A وتدل على انه نحو يسار السمت A فهي اذن خيالية .

• طريقة الرسم –طريقة الشعاع الموازي:

- من المفيد جدا نشير هنا الى انه مع ان الصيغ الرياضية السابقة صحيحة لأية مسافة
- للجسم او الصورة لا انها صحيحة فقط اذا تكونت الصور باشعة شبه محورية و يكون الانكسار لمثل هذه الاشعة القريبة جدا من السمت للسطح الكروي ولهذا فان العلاقات الهندسية الصحيحة والتي نحصل عليها بالحلول التخطيطية تتم برسم جميع الاشعة كما لو انها منكسرة من مستو عمودياً على المحور عند السمت . و يوضح الشكل طريقة الشعاع الموازي للسطوح المحدبة والمقعرة على التوالي .





Q
4
T
2
5
W
3
A
F´
M
F
c
6
S
6
r
f´
X
f
x´
s
s´

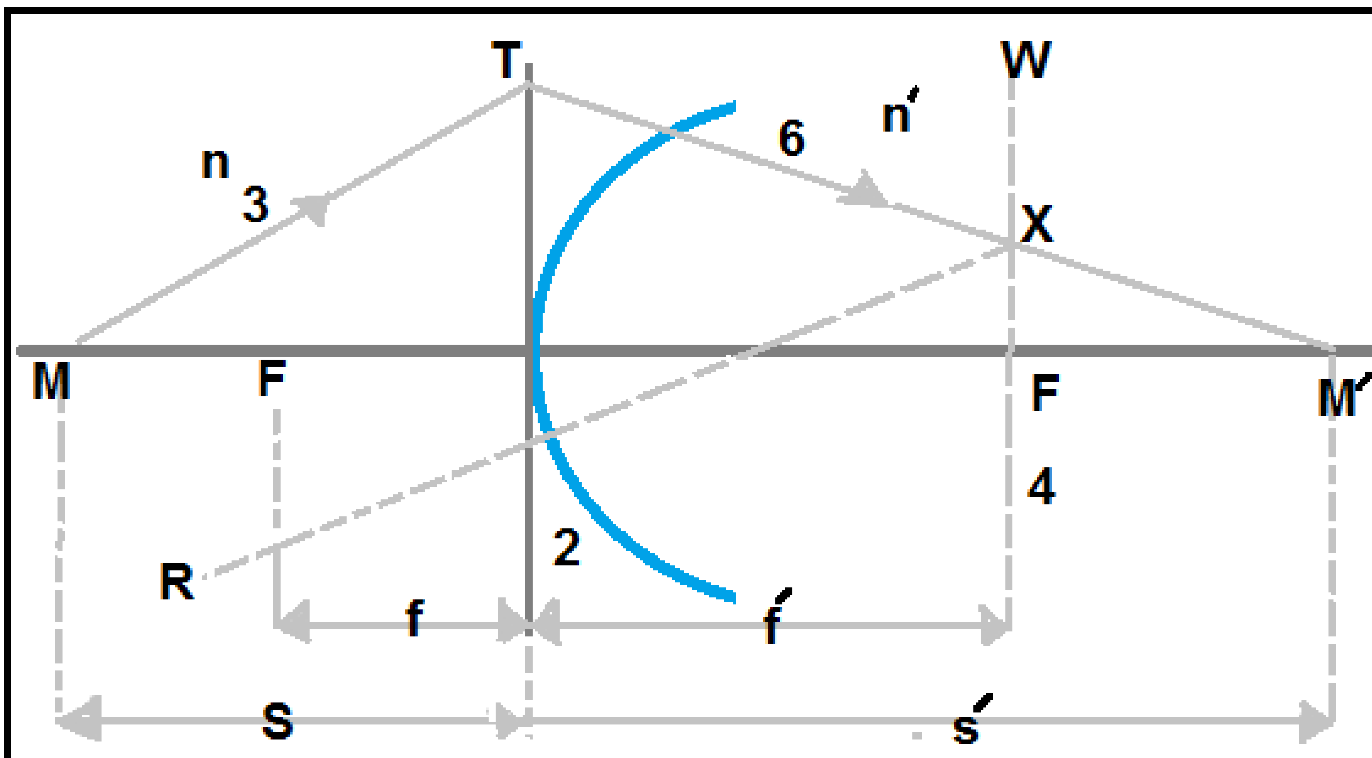
- لاحظ الضوء المنبعث من النقطة العليا Q من الجسم ,فانه من بين جميع الاشعة المنبعثة من هذه النقطة وبكافة الاتجاهات هناك شعاع واحد QT ينتقل موازياً للمحور حيث ينكسر ويمر في $\acute{f}$ حسب تعريف النقطة البؤرية . اما الشعاع QC الذي يمر في مركز
- التكور C فأنه لا ينحرف لانه يسقط على السطح عمودياً عليه . ان هذين الشعاعين يكفيان لتعيين موقع رأس الصورة $\acute{Q}$ وتقع بقية الصورة في المستوى المرافق
- المار من هذه النقطة .ان جميع الاشعة شبه المحورية الصادرة عن النقطة Q والمنكسرة عند السطح تتبار متجمعة في النقطة$\acute{Q}$. وكتحقيق على ذلك نلاحظ مثلاً ان
- الشعاع QS الذي يمر في النقطة F ينكسر و يخرج موازياً للمحور حسب التعريف

النقطة البؤرية الاولية ثم يقطع بقية في $\acute{Q}$. وتدعى هذه الطريقة باسم طريقة الشعاع الموازي . وتدل الاعداد 1,2,3 على الترتيب والتسلسل الذي رسمت به الاشعة عادة .

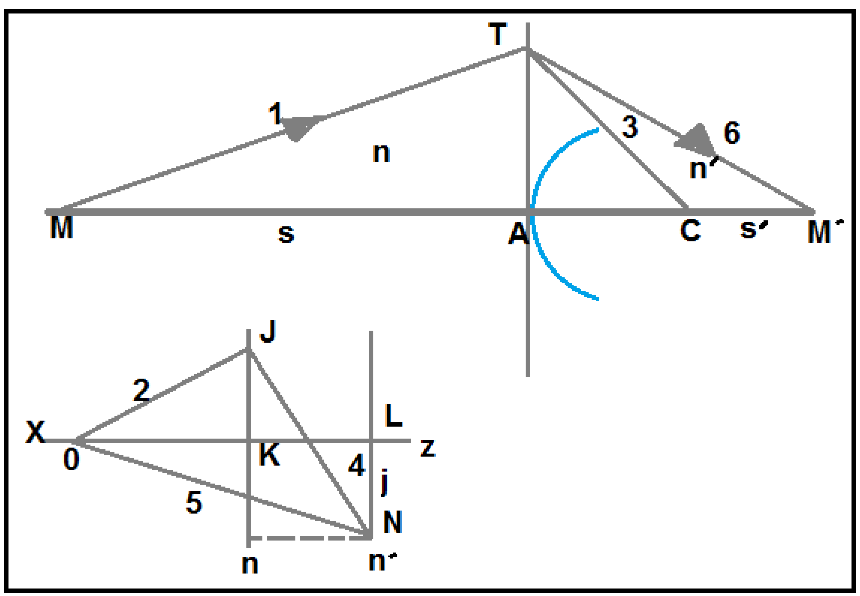
وعند تطبيق هذه الطريقة على السطح المفرق كما يتضح من الشكل فانة يتبع نفس الخطوات . فيرسم الشعاع QT موازياً للمحور حيث ينكسر و يظهر كأنه ات من $\acute{F}$. و يرسم الشعاع QS نحو F فيخرج موازياً للمحور بعد انكساره. واخيراً يمرر الشعاع QWمن المركز C حيث يستمر على استقامته دون انحراف وعند مد جميع هذه الاشعة الى الخلف نحو اليسار تتلاقى في نقطة هي $\acute{Q}$ ولهذا فان الصورة $\acute{M}\acute{Q}$ هي صورة الجسم QM.

- لاحظ ان الصورة $\acute{Q}\acute{M}$ هي الصورة ليست حقيقة طالما لا يمكن التقاطها على
- حاجز . ان الوسط الذي يمين السطح الفاصل في كل من هذين الشكلين هو
- الوسط الابر في معامل الانكسار اي ان $\acute{n} > \mathrm{n}$ فاذا كان وسط
- الذي في يسار السطح هو الاكبر في معامل الانكسار فالسطح يصبح له صفة التفريغ
- وتقع كل من النقطتين البؤريتين F, $\acute{F}$ في
- الجهة المخالفة لتلك موجودة في الشكل اي تصبح تماما كما في الشكل .
- وكذلك الحال فالشكل الثاني فأنه اذا جعلنا n>ǹ يصبح السطح لاماً بدل ان
- يكون مفرقاً و حيث ان اي شعاع يمر خلال مركز التكور لا يعاني اي انحراف
- ويكون له نفس صفات المحور الاساس لذا يمكن ان يدعى هذا الشعاع
- بالمحور المساعد .
- **طريقة الشعاع المائل :**
- الطريقة الاولى : في الاجهزة الضوئية المعقدة والتي سنعالجها في الفصول القادمة
- من الانسب ان نكون قادرين على تخطيط مسار اي شعاع عند السطح الكروي الفاصل بين وسطين مهما كانت زاوية السقوط .ويكون المرء حراً باستعمال هذه الطريقة في ان يختار اي شعاعين اثنين من نقطة في الجسم ويعد تتبع سيرها في النظام المعين فان نقطة التلاقي هذه هي الصورة .

- ففي الشكل لنفرض ان MTيمثل اي شعاع يسقط من اليسار . وقد رسم الخط المنقط RC من مركز التكور C موازيا الى MTثم مد حتى قطع المستوى البؤري الثانوي . ثم يرسم الخط TX ممثلا الخط المنكسر ويمد الى النقطة $\acute{M}$ التي يقطع فيها المحور
- الاساسي . وحيث انه من الممكن ان يعتبر المحور وكأنه شعاع ضوئي اخر لذا فان M تمثل جسم نقطي محوري وان $\acute{M}$ صورة نقطية مرافقة . ان المبدأ الذي تبنى
- عليه هذه الطريقة هو ما يلي :- اذا كان كل من MT , RAاشعة متوازية ساقطة فانها بعد انكسارها ستلتقي في نقطة مثل X على المستوى البؤري الثانوي حسب تعريفه. وحيث ان RA يتجه نحو المركز Cفالشعاع المنكسر ACX يبقى دون انحراف عن اتجاهه الاصلي .



- الطريقة الثانية :
- في هذه الطريقة رسم المحور MḾ والقوس الذي يمثل السطح الكروي مركزه C .يرسم اي شعاع مثل الشعاع 1 ليمثل اي شعاع مائل . ثم نرسم شكل مساعد برسم XZموازياً للمحور. ويجعل oنقطة الاصل نرسم الفترات الخطية OK ,OL متناسبة مع على n-ń التوالي ثم نرسم الاعمدة من K ,L والنقطة A . من هنا يستكمل الشكل حسب تسلسل الارقام .1,2,3,4,5,6 فالخط 2 يرسم من o موازياً الخط 1 , ويرسم الخط U من 1
- موازياً الخط 3 والخط6 رسم من T موازياً الخط 5. ويمكن اثبات صحة هذا الرسم بان نكتب التناسب من ثلاثة ازواج من المثلثات المتشابهة ي الشكلين .هذه التناسبات هي :-



- $\frac{h}{s}=\frac{i}{n}\frac{h}{s}=\frac{J}{\acute{n}}\frac{h}{r}=\frac{i+J}{\acute{n}+n}$

- ثم تنقل ń ,n الى اليسار في المعادلات الثلاثة فنحصل :
- i+j =$\frac{hn}{s} = i, \frac{h\acute{n}}{\acute{s}} - J\,\frac{h(\acute{n}-n)}{r}$

ومن هذا نحصل :

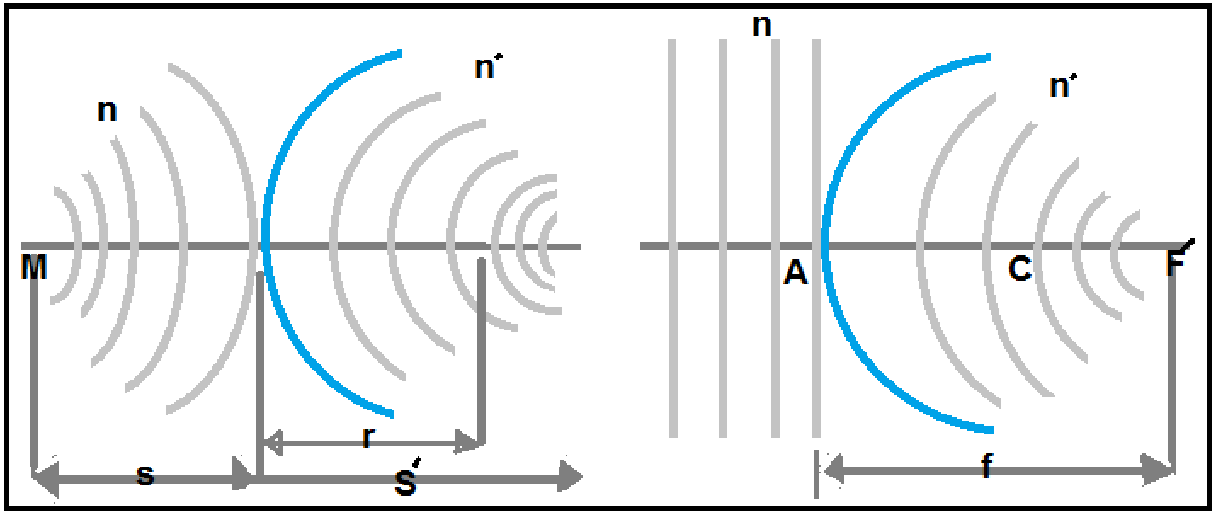
$$\frac{hn}{s} + \frac{h\acute{n}}{\acute{s}} = \frac{h(\acute{n}-n)}{r} \therefore \frac{n}{s} + \frac{\acute{n}}{\acute{s}} = \frac{\acute{n}+n}{r}$$

ومن المهم ان نلاحظ انه لكي نستخدم الطريقة الاولى فانه يجب معرفة البعد البؤري الثانوي f او يجب حسابه اولاً من نصف قطر تكور الذي يكون معروفاً عاد ومن معامل الانكسار $(\acute{n}-n)$. اما الطريقة الثانية فمن الممكن استخدامها دون الحاجة الى معرفة اي من الابعاد البؤرية .

- **التكبير:**
- تسمى النسبة بين البعد المستعرض للصورة النهائية و البعد المناظر له من الجسم الاصلي في اي نظام ضوئي بالتكبير العرضي . ولتعيين حجم الصورة المتكونة بسطح كروي نرجع الى هندسة الشكل . حيث نجد ان الشعاع غير المنحرف o قد كون مثلثين قائمين الزاوية متشابهين هما QMC , Q́ḾĆ ومن التشابه نحصل على :-
- $\frac{\acute{Q}\acute{M}}{QM} = \frac{\acute{C}\acute{M}}{CM} \rightarrow \frac{\acute{Y}}{Y} = \frac{\acute{s}+\acute{r}}{s+r}$
- ونعرف الان ان $\frac{\acute{Y}}{Y}$ = التكبير العرضي m عندئذ:
- $\frac{\acute{s}+\acute{r}}{s+r}$= m = $\frac{\acute{Y}}{Y}$
- فاذا كانت mموجبة كانت الصورة خيالية و معتدلة بينما اذا كانت سالبة فالصورة حقيقية و مقلوبة.

- **التقارب المصغر:-**
- تظهر المسافات S, $\acute{s}$, f, $\acute{f}$
- في جميع المعادلات السابقة في المقام دائماً
- ويمثل مقولبات هذه الكميات اي.
- 1ls,1ls”
- التكور الذي انصاف اقطاره هي لمسافات S, $\acute{s}$,

- واذا لاحظنا الشكل نجد انه اذا تصورنا ان M في الرسم على اليسار هي مصدر نقطي للامواج فان انكسارها على السطح الكروي يجعلها تتقارب نحو الصورة النقطة $\acute{M}$.
- اما الرسم على اليمين فالموجات المستوية تنكسر متقاربة نحو النقطة البؤرية الثانوية $\acute{F}$. لاحظ ان هذه الخطوط المنحنية تمثل قمم الامواج الضوئية وهي عمودية اينما كانت على الاشعة الضوئية النظرة والتي من الممكن رسمها من نقطة الجسم الى نقطة الصورة .



- فعندما تصطدم الموجة الصادرة من M بالسمت A يكون لها نصف قطر قدره S وتكور $\frac{1}{s}$ وعند تركها A تتقارب هذه الموجة نحو $\acute{M}$ويكون لها نصف قطر $\acute{S}$ وتكور $\frac{1}{\acute{s}}$ كذلك تكون للاشعة الساقطة والواصله الى A في الشكل الثاني نصف قطر قدره ∞ وتكور قدره $\frac{1}{\infty}$ اي صفر .ولكن عندما تغادر هذه الاشعة عند السمت السطح

- يكون نصف قطر الموجات المنكسرة مساوياً ل $\acute{f}$ وتكور $\frac{1}{\acute{f}}$.
- من هذا يمكننا ان نعتبر ان صيغة جاوس تحتوي على جمع و طرح كميات تتناسب مع تكورات السطوح الكروية . فاذا استخدمت هذه التكورات بدلاً من انصاف الاقطار تصبح الصيغة الرياضية اكثر سهولة و مناسبة لبعض الاغراض .
- فتصبح هذه المعادلات بالشكل:

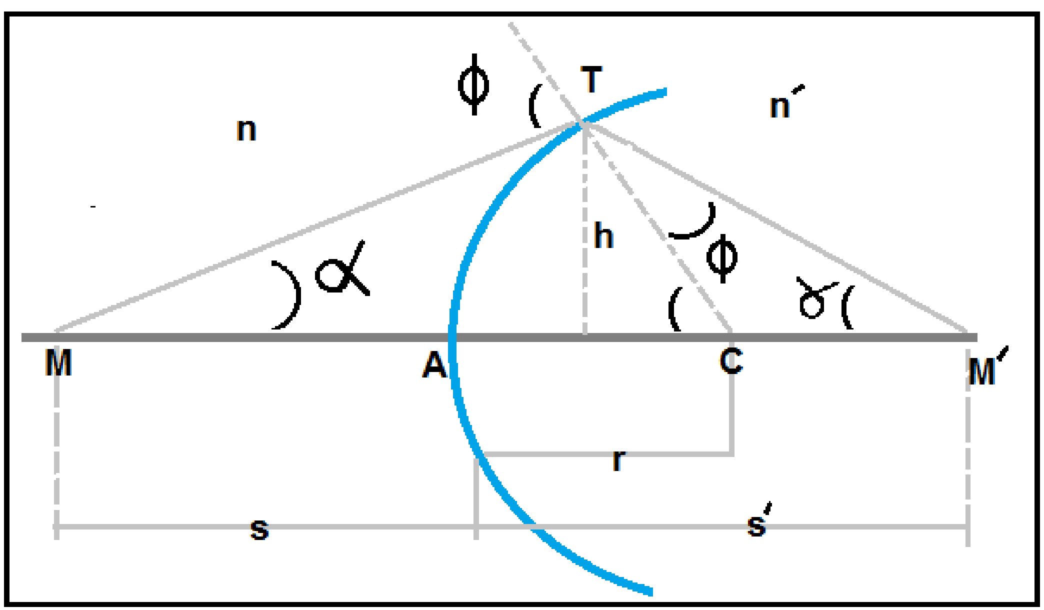
$$v=\frac{n}{s},\acute{v}=\frac{\acute{n}}{\acute{s}},K=\frac{\acute{1}}{r},p=\frac{n}{f},\acute{p}=\frac{\acute{n}}{\acute{f}}$$

وتسمى الكميتانv,v́ بالتقارب المصغر لانها تمثل بقياس مباشر لتقارب او تباعد جبهات موجات الجسم والصورة . فالموجة المتباعدة من الجسم تكون Sسالبة للموجة وكذلك تكون V . من جهة ثانية تكون S للموجة المتقاربة وكذلك يكون تقاربها V. بيما تكون جبهة الموجة المتقاربة نحو الصورة موجبة وكذلك V لكن تكون للموجة المتباعدة عن V́ الصورة السالبة . لاحظ ان معامل الانكسار في كل حالة هو معامل الوسط لذي تقع فيه جبهة الوسط .اما لكمية الثالثة K فهي تكور السطح الي يحدث عنده الانكسار و هو مقلوب نصف قطره . اما الكمية الرابعة P فهي تمثل قدرة العدسة على كسر الاشعة حسب ما جاء بالمعادلة .فاذا قيست جمع المسافات بالمتر فان التقارب المصغر V, V́ والتكور K والقدرة P مقاسة بوحدة تعرف بالديوبتر.

- ويمكننا ان نعتبر ان v تمثل القدرة لجبهة الموجة الجسم عند لامستها السطح الذي يكسر الاشعة وان $\acute{v}$ تمثل قدرة جبهة موجة الصورة المناظرة والمماسة لذلك السطح .
- وبهذه المقادير تصبح المعادلة بالصيغة التالية :
- $v + \acute{v} = p$
- حيث ان :
-
- $p = \frac{n}{f} = \frac{\acute{n}}{\acute{f}} = \frac{\acute{n}-n}{r}$ و $p = (\acute{n} - n)\mathrm{k}$
-

- مثال :
- صقلت احدى نهايتي قضيب زجاجي معامل انكساره 1.5 حتى اصبحت بشكل سطح كروي محدب نصف قطره 10 سم. فاذا وضع جسم في الهواء على المحور وعلى بعد 40 سم الى يسار السمت اوجد 1-قدرة السطح ,2- موقع الصورة .
- الحل :
- لحل الجزء 1 نستفيد من المعادلة الاول, نجد بعد التعويض عن الكميات ان :
- $\frac{1.5-1}{0.1} = p$=+5
- ولكي نحصل على جواب الجزء 2 نستفيد من المعادلة الثانية حيث نجد اولاً قيمة V
- $v = \frac{1}{0.4}$=+2.5D
- ثم نحصل :
- $\acute{v} = 2.5D \ldots\ldots v = 5$ 2.5+
- $\acute{s} = \frac{\acute{n}}{\acute{v}}=\frac{1.5}{2.5}$=0.6=60cm

- **اشتقاق صيغة جاوس:**
- تعتبر المعادلة ذات اهمية اساسية بحيث يستحسن اشتقاقها بشيء من التفصيل . ومع ان هناك طرق مختلفة في اشتقاق هذه المعادلة فأننا سنستخدم طريقة الاشعة المائلة . ففي الشكل , رسم الشعاع المائل من الجسم النقطي المحوري M ساقطاً على السطح بزاوية $\emptyset$ فانكسر بزاوية $\acute{\emptyset}$



- وان الشعاع المنكسر هذا قد قطع المحور في نقطة $\acute{M}$ التي هي صورة M.
- فاذا كان كل من الشعاعين الساقط والمنكسر MT , $T\acute{M}$ اشعة شبه محورية فأن
- الزاويتين $\emptyset,\acute{\emptyset}$ تكونان صغيرتان بحيث يمكن ابدال جيب كل منهما
- بالزاوية نفسها و بذلك يصبح قانون سنل بالشكل :
- $\frac{\acute{n}}{n} = \frac{\emptyset}{\acute{\emptyset}}$
- وحيث ان $\emptyset$ هي زاوية خارجية في المثلث MTC وتساوي مجموع الزاويتين
- الداخلتين المقابلتين لها اذن
- $\emptyset = \beta + \alpha$
- كذلك $\emptyset$ هي زاوية خارجية للمثلث $T\acute{M}C$ لذا فان :
- $\beta = \delta + \acute{\emptyset}$
- وبتعويض قيم $\emptyset,\acute{\emptyset}$ في المعادلة و ضرب الطرفين بالوسطين نحصل :
- $\acute{n} = (\beta - \delta) = n(\alpha - \beta)$
- $n\alpha + n\delta = (\acute{n} - n)B$

- وفي حالة الاشعة شبه المحورية تكون الزوايا δ, β صغيرة جداً حيث يمكن
- التعويض عنها بالقيم :
- $\delta = \frac{h}{\acute{s}} \qquad \beta = \frac{h}{r} \qquad \alpha = \frac{h}{s}$
- ولهذا نحصل :
- $n\frac{h}{s} + \acute{n}\frac{h}{\acute{s}} = (\acute{n} - n)\frac{h}{r}$
- وبحذف h من المعادلة نحصل على :
- $\frac{n}{s} + \frac{\acute{n}}{\acute{s}} = \frac{\acute{n} - n}{r}$
- وهي المعادلة المطلوبة .