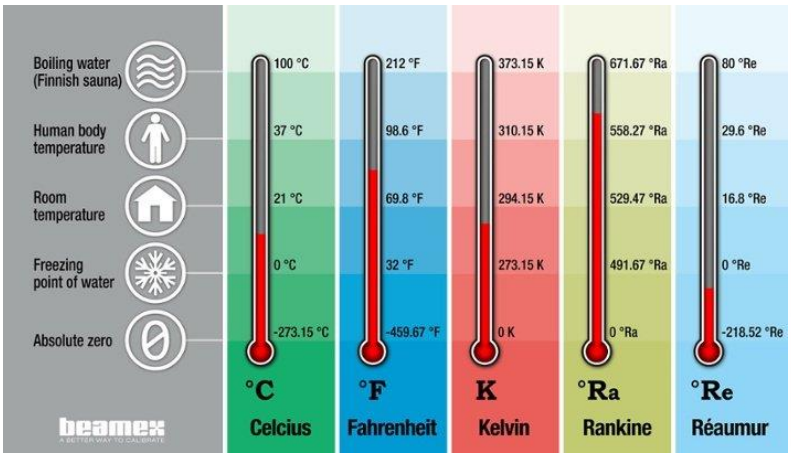
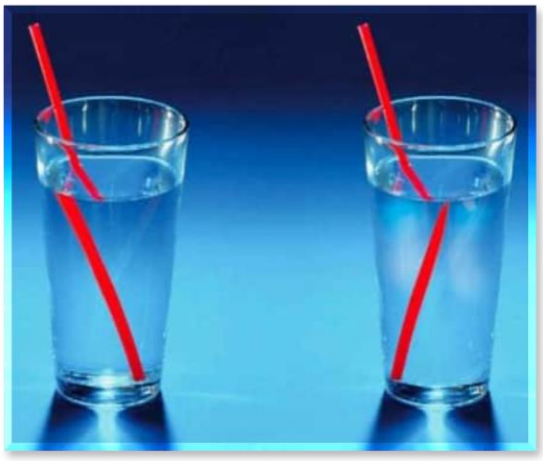
2023





مقدمة في الحرارة والبصريات الهندسية

للفرقة الأولي تعليم أساسي

إعداد

د/ علاء حسن سعيد

مدرس الفيزياء الحيوية

كلية العلوم

جامعة جنوب الوادي

المحتوي

الفصل الأول (أساسيات الحرارة) 4

1-1 درجة الحرارة Tempertuer 5

1-2- أثر الحرارة علي الأجسام Effect of heat on bodies 6

1-3 مقاييس درجة الحرارة Temperature scales 7

1-4 أمثلة 11

1-5 التعبير الرياضي للمقياس الترمومتري 14

1-5 الترمومترات Thermometers 15

أولا :الترمومترات السائلية 16

أ- الترمومتر الزئبقي 16

ب - الترمومتر الكحولي 16

ثانيا: الترمومترات الغازيه 17

الترمومتر الغازي ذي الحجم الثابت 17

ثالثا: ترمومتر المقاومة البلاتيني 20

رابعا : ترمومتر الإزدواج الحراري 22

1-5 الحرارة كطاقة Heat as an energy 24

السعة الحرارية لجسم Heat capacity 25

الحرارة النوعية لمادة Specific heat 25

الحرارة الكامنة للمادة Latent heat 27

1-6 إنتقال الحرارة Transmission of heat 31

التوصيل Conduction 31

الحمل Convection 34

الإشعاع Radiation 35

1-7 التمدد الحراري للجوامد Expansion of solids 38

1-8 تمارين على الفصل الأول 41

نماذج التقييم 45

نموذج (1) 45

الفصل الثاني (البصريات الهندسية) 46

الضـــوء وطبيعتـــه **47**

2-1 الحركة الموجية **47**

تصنيف الأمواج بناءاً على اتجاه انتشارها **50**

تصنيف الأمواج بناءاً على الوسط **52**

2-2 ماهية الضوء The nature of light **53**

2-3 مصادر الضوء Light sources **54**

2-4 قياس الضوء Light measurment **55**

الفوتومترات **57**

2-5 أسئلـــــة وتمارين **59**

2-6 انعكاس الضوء Reflection of light **60**

2-6 انكسار الضوءRefraction of light **62**

2-7 الانعكاس الداخلي الكلي Total internal reflection **67**

الأليـــاف الضـــوئية **69**

2-8 المرايا: **72**

2-9 المرايا الكرية **73**

انواع المريا الكروية **74**

2-10 أسئلـــــة وتمارين **81**

2-11 الصورة المكونة بالعدسات **84**

2-12 اسئلة وتمارين **87**

نماذج التقييم 88

نموذج (2) 88

الفصل الثالث (العين وآلات الإبصار) 89

3-1 تشريح العين **90**

3-2 آلية الإبصار **93**

3-3 عيوب الإبصار هي **95**

3-3-1 قصر النظر (Myopia) **96**

3-3-2 طول النظر (Hypermetropia) **98**

3-3-3 ضعف قدرة العين للتكيف (Presbyopia)..... **99**
3-4 آلات الإبصـــــــــار **103**
3-4-1 الميكروسكوب البسيط..... **104**
3-4-2 الميكروسكوب المركب **107**
3-3-3 التلسكوب الفلكي **110**
3-4-4 منظار فحص العين (Opthalmoscope)..... **111**
3-4 أسئلة وتمارين..... **112**
نماذج التقييم..... 115
نموذج (2)..... 115
المراجع **116**

الفصل الأول

(أساسيات الحرارة)

1-1 درجة الحرارة Tempertuer

هي المعدل الذي يدل على مقدار سخونة الجسم أو برودته مقاساً على أي مقياس اختياري لدرجات الحرارة . والحرارة تنتقل دائما من الجسم الساخن إلى الجسم البارد ، فالجسم الساخن يفقد حرارة والجسم البارد يكتسب حرارة مقارنة مع الأجسام المجاورة لكل منها . وللحرارة أهمية كبيرة في حياتنا اليومية فهي تؤثر في الحالة الجوية اليومية ، كما وأنها تساعدنا في إنجاز الكثير من الأعمال .

ومصادر الحرارة متعددة ، منها الشمس وتعد المصدر الرئيسي للحرارة على الأرض ، ومنها أيضا الاحتكاك ، وإشعال الوقود ، والوقود هو مادة قابلة للاحتراق تطلق حرارة وغالباً تطلق ضوءً عند احتراقها ، والكهرباء يعطينا الحرارة أيضاً .

الفرق بين الحرارة و درجة الحرارة:

إذا لمسنا جسم ساخن فإننا نشعر بالسخونة فإذا قسمنا هذا الجسم إلي أجزاء صغيرة فإننا نشعر بالسخونة. هذا يعني أن حاسة اللمس لا تدل علي كمية الحرارة ولكن تدل علي صفة معينة ثابتة من خواص الحرارة وهي التي لا تتغير عند تقسيم أي جسم إلي أجزاء صغيرة هذه الخاصية هي درجة الحرارة. تختلف درجة الحرارة عن كمية الحرارة (الطاقة الحرارية).

الحرارة هي الطاقة الكلية للحركة الجزيئية في المادة بما فيها الطاقة الحركة وطاقة الوضع. بينما درجة الحرارة هي مقياس لمتوسط طاقة الحركة الجزيئية في المادة.

أو بمعنى أخر

الحرارة هي الطاقة ولكن درجة الحرارة ليست الطاقة وإنما قياس لها.

تعتمد الطاقة الحرارية على:

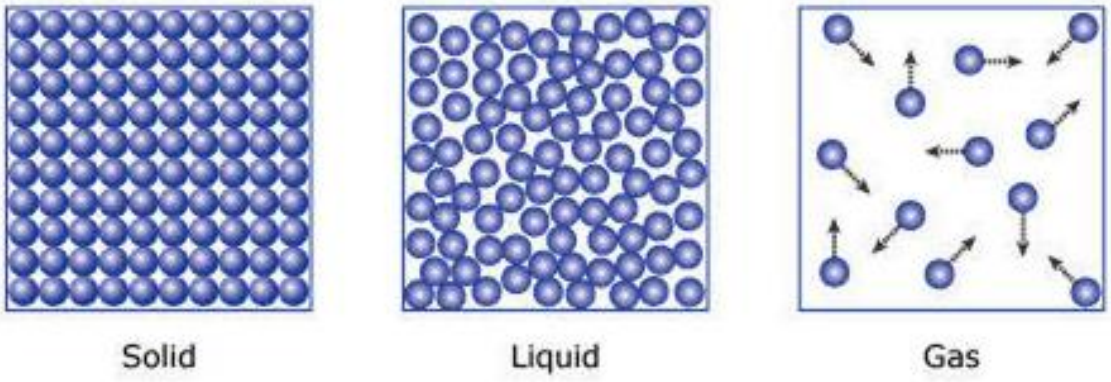
⇐ سرعة الجسيمات

⇐ عدد الجسيمات (الحجم أو الكتلة)

⇐ نوع الجسيمات في جسم.

2-1- أثر الحرارة علي الأجسام Effect of heat on bodies

تتأثر الأجسام عند تعرضها للحرارة بنسب متفاوتة وبأشكال مختلفة حسب حالة المادة وتركيبها ، شكل (1) ، حيث تختلف بعض الخواص الطبيعية للمواد باختلاف درجة حرارتها ، فمثلاً يزداد طول قضيب من الصلب بازدياد درجة حرارته .



شكل (1) التركيب الداخلي للمادة في صورها الثلاثة

هذه الزيادة في طول القضيب قد تستخدم للدلالة على درجة حرارته . وتسمى الأجهزة المستخدمة لقياس درجات الحرارة بالترمومترات . ومن أمثلة الخواص الطبيعية للمادة التي تختلف باختلاف درجة الحرارة هي ضغط الغازات عند ثبوت حجمها ، وحجمها عند ثبوت ضغطها ، ومقاومة الموصلات . وهذا هو الأساس الذي يبنى عليه عمل الترمومترات .

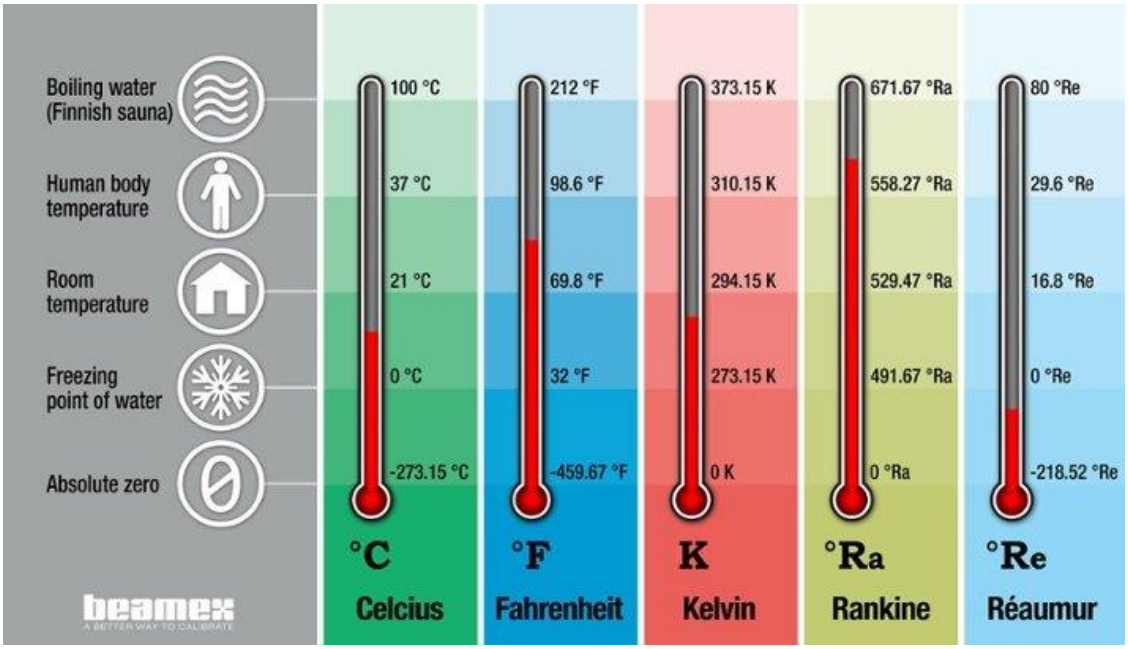
1-3 مقاييس درجة الحرارة Temperature scales

لعمل مقياس لدرجات الحرارة يجب مراعاة ما يلي:

1 – اختيار مادة ترمومترية تتغير خواصها الفيزيائية بتغير درجات الحرارة مثل تمدد السوائل أو الغازات ، أو تغير مقاومة سلك من البلاتين أو غير ذلك .

2 – يلزم اختيار درجتي حرارة ثابتتين معروفتين وتؤخذ غالباً درجتا حرارة انصهار الجليد (نقطة سفلى) وغليان الماء (نقطة عليا) في الضغط الجوي العادي (76 سم زئبق $76\ cm\ Hg$) .

3 – تقسّم المسافة بين هاتين الدرجتين إلى عدد من الأقسام المتساوية تسمى كل قسم منها درجة ، وتسمى الفترة بالدرجات بين النقطتين الثابتتين بالفترة الأساسية كم بشكل (2).



شكل (2) مقاييس درجة الحرارة

المقياس المئوي Centigrade (or Celsius) scale

وحدة السليزيوس اخترع هذا المقياس العالم السويدي أندرس سلزيوس، ويرمز لهذا المقياس بالرمز C°، ويعتمد في درجاته على **درجة تجمد المياه وغليانه**، حيث يصل الماء إلى التجمد عند درجة حرارة صفر، ويصل إلى الغليان عند درجة حرارة 100، وتتراوح بقية الدرجات بين الصفر والمئة.

يستخدم في معظم دول العالم ما عدا الولايات المتحدة الأمريكية، التي تطبق نظام الفهرنهايت.

مقياس الكلفن (K)

يعود اختراع مقياس درجة الحرارة الكلفن للعالم البريطاني وليام طومسون، وكبقية مقاييس الحرارة الأخرى المختلفة، يتميز هذا المقياس بأنّه لا يضم أيّ أرقام سالبة، ويعتبر الصفر هو أقل عدد، كما أنّه من أكثر المقاييس شعبيةً وأكثرها استخداماً في التطبيقات العلمية، ويعتبر الأنسب لقياس درجات الحرارة المنخفضة جداً من الهيليوم السائل، والنيتروجين السائل. ويتم فيه تحديد نقاط تجميد وغليان الماء بين273.15 كلفن و 373.15 كلفن على التوالي.

المقياس الفهرنهيتي Fahrenheit scale

ويعتبر هذا المقياس شائع الاستعمال في الولايات المتحدة الأمريكية، ويرمز له بالرمز F، ووفقاً لهذا المقياس فإنّ الماء يتجمد عند درجة 32 فهرنهايت، ويصل إلى حالة الغليان عند درجة 212 فهرنهايت

مقياس ريومر Reaumer

مقياس Reaumur والمعروف أيضًا باسم "التقسيم الثماني" هو مقياس لدرجة الحرارة يتم فيه تحديد نقاط تجميد وغليان الماء بين0 و 80 درجة على التوالي. تم تسمية المقياس باسم رينيه أنطوان فرتشولت دي ريومور.

الاستخدامات الرئيسية الحديثة في بعض المصانع الإيطالية والسويسرية لقياس درجة حرارة اللبن أثناء إنتاج الجبن وفي هولندا لقياس درجة الحرارة عند طهي شراب السكر للحلويات والحلويات.

العلاقة بين المقاييس الترمومترية

يمكن مقارنة هذه الأنظمة بالجدول الآتي :

جدول (1) مقارنة بين مقاييس درجة الحرارة المختلفة

النقطتين الثابتتين	(C)	(K)	(F)	(R)
انصهار الجليد Melting Point	صفر	273.15	32	صفر
غليان الماء Boiling	100	373.15	212	80
تقسيم التدريج	100	100	180	80

كما يمكن التحويل من أحد هذه المقاييس إلى الآخر باستخدام المعادلات التالية :

جدول (2) المعادلات المستخدمة للتحويل بين مقاييس درجة الحرارة المختلفة

التحويل من	نستخدم المعادلة
سليزيوس إلي فهرنهايت	$T_F=9/5T_C+32$
فهرنهايت إلي سليزيوس	$T_C=5/9(T_F-32)$
سليزيوس إلي كلفن	$T_K=T_C+273.15$
كلفن إلي سليزيوس	$T_C=T_K-273.15$
فهرنهايت إلي كلفن	$T_K=5/9(T_F-32)+273.15$
كلفن إلي فهرنهايت	$T_F=9/5(T_K-273.15)+32$
ريومر إلي سليزيوس	$T_C = 5/4\ T_R$
سليزيوس إلي ريومر	$T_R = 4/5\ T_C$
ريومر إلي كلفن	$T_K=5/4\ T_R+273.15$
كلفن إلي ريومر	$T_R = 4/5\ (T_K-273.15)$
ريومر إلي فهرنهايت	$T_F=9/4\ T_R+32$
فهرنهايت إلي ريومر	$T_R = 4/9(T_F-32)$

كما يمكن جمع هذه المعادلات في معادلة واحدة علي الصورة

$$T(c) = \frac{5}{9} T\ (F) - 32 = t(K) - 273$$

1-4 أمثلة

(١) درجة حرارة الشمس ٦٥٠٠ م ماذا تكون هذه الدرجة بالتدريج الفهرنهيتى والمطلق والريومورى ؟

الحـــل

بإستخدام هذه العلاقة يمكن حساب المطلوب

$$T(c) = \frac{5}{4}T(R) = \frac{5}{9}T(F) - 32 = t(K) - 273$$

فإذا كانت درجة الحرارة للشمس التدريج المئوى = ٦٥٠٠ م

$$T(F) = \frac{9}{5} X\, 6500 + 32 = 11732\ F$$

$$T(K) = 6500 + 273 = 6773\ K$$

$$T(R) = \frac{4}{5} X\, 6500 = 5200\ R$$

2- إحسب درجة حرارة إناء إذا كانت قيمتها مقاسة بترمومتر فهرنهيتي تساوي ضعف قيمتها مقاسة بترمومتر مئوي، ثم احسب درجة الحرارة التي تتساوى عندها القراءتان.

الحل:

أولا:

$T_F=2T_c$

$T_C=5/9(T_F-32) \rightarrow T_C=5/9(2T_C-32$

$10/9\ T_C - T_C= 17.7 \rightarrow\ 0.111T_C = 17.777$

إذن بالتعويض ينتج أن:

$T_C = 160\ ºC$ $TF = 320\ º_F$

ثانيا:

$T_F=T$

$T_C=5/9(T_F-32) \rightarrow T_C=5/9(T_C-32)$

$5/9\ T_C - T_C= 17.7 \rightarrow - 0.444T_C = 17.777$

إذن بالتعويض ينتج أن:

$T_F= T_C= -40º$

3- حول 98.6 فهرنهايت الي سليزيوس

$T_C = 5/9\ (T_F - 32)$

$T_C = 5/9\ (98.6 - 32)$

$T_C = 5/9\ (66.6)$

$T_C = 37°C$

4- حول 37 سليزيوس الي فهرنهايت

$T_F = 9/5\ T_C + 32$

$T_F = (9/5)(37) + 32$

$T_F = 66.6 + 32$

$T_F = 98.6°$

5- حول 293 كلفن إلي فهرنهايت

$T_F = 9/5(T_K - 273) + 32$

$T_F = 9/5(293 - 273) + 32$

$T_F = 9/5(20) + 32$

$T_F = 36 + 32$

$T_F = 68 °$

6- حول 60 فهرنهايت الي كلفن

$T_K=5/9(T_F−32)+273.15$

$T_K = 5/9 (60 -32) + 273.15$

$T_K = 288.71 K$

7- حول 256 كلفن الي سليزيوس

$T_C = (T_K) – 273$

$T_C = 256 - 273$

T_C = -17 °C

8- حول 27 سليزيوس الي كلفن

$T_K = T_C + 273$

$T_K = 27 + 273$

T_K = 300 K

1-5 التعبير الرياضي للمقياس الترمومتري

نفرض أن X تمثل قيمة أي خاصية طبيعية تتغير بتغير درجة الحرارة ، مثل حجم معين أو طول قضيب مثلاً أو غير ذلك ، وأنّ :

X_o هي قيمة X عند درجة الصفر المئوي (انصهار الجليد).

X_{100} هي قيمة X عند درجة $100°C$ (غليان الماء).

X_T هي قيمة X عند درجة الحرارة المجهولة (T).

وعليه فإن التغير في قيمة X لدرجة مئوية واحدة تعطى حسب العلاقة:

$$\frac{X_T - X_0}{T - 0} = \frac{X_{100} - X_0}{100 - 0}$$

$$T_C = \frac{X_T - X_0}{X_{100} - X_0} \times 100$$

وبالمثل فإن التغير في قيمة X لدرجة فهرنهيتية واحدة تعطى حسب العلاقة:

$$\frac{X_T - X_{32}}{T - 32} = \frac{X_{212} - X_{32}}{212 - 32}$$

$$T_F = \frac{X_T - X_{32}}{X_{212} - X_{32}} \times 180 + 32$$

وحيث أن الخواص الطبيعية لا تتغير جميعها بنفس الكيفية ولا بنفس المعدل فإن لكل خاصية مقياساً ترمومترياً خاصاً بها ، أي أن درجة حرارة جسم ما مقاساً على مقياس خاصية معينة تختلف عن درجة حرارة نفس الجسم لو قيست على مقياس خاصية أخرى .

1-5 الترمومترات Thermometers

يتوقف عمل الترمومترات بجميع أنواعها وأشكالها علي إستخدام خاصية من خواص المادة والتي لابد وأن تكون متغيرة بتغير درجة الحرارة. ومن هذه الخواص وأهمها إستخداما:

- ❖ خاصية التمدد الحجمي للسوائل.
- ❖ خاصية تمدد الأجسام الصلبة.
- ❖ خاصية التمدد الحجمي للغازات
- ❖ خاصية تغير المقاومة الكهربية لبعض المعادن كالبلاتين.
- ❖ خاصية التيارات الكهروحرارية كما بالمزدوج الحراري.

أولا :الترمومترات السائلية

أ- الترمومتر الزئبقي

1- يعتبر الزئبق من أنسب السوائل في صنع الترمومترات فهو يتجمد في درجة حرارة $-40C^0$ و يغلي في درجة $357C^0$. و هو يتمدد بانتظام كما أنه غير شفاف فيمكن رؤيته بسهولة خلال الزجاج و لا يعلق بالجدار الزجاجي ثم أنه يأخذ درجة حرارة ما يلامسه من الأجسام بسرعة و معامل تمدده كبير نسبيا .

2- يصنع الترمومتر من أنبوبة شعرية سميكة الجدار و منتظمة المقطع و تنتهي من أسفل بمستودع من الزجاج به زئبق و الأنبوبة مغلقة من أعلى و مفرغة من الهواء .

3- و يستخدم الزئبق في عمل الترمومتر الطبي الذي يستخدم لقياس درجة حرارة الإنسان و لذلك فهو يدرج فقط من $35C^0$ إلى $42C^0$ أو من $95F^0$ حتى $110F^0$ و يمتاز بوجود انثناء خفيف في الأنبوبة الترمومترية فوق مستودع الزئبق مباشرة فيمر الزئبق من هذا الانثناء عند ارتفاع درجة الحرارة بينما لا يستطيع الرجوع إلى المستودع إلا إذا هززنا الترمومتر.

ب - الترمومتر الكحولي

يمكن استخدامه لقياس درجات حرارة منخفضة إلى$-110\ C^0$, و يمتاز الكحول في كون معامل تمدده أكبر من معامل تمدد الزئبق و لذلك فهو أكثر حساسية و يقلل من تأثير عدم انتظام مقطع الأنبوبة الترمومترية كما أنه يساعد على اختيار مستودع صغير لنفس

الأنبوبة الترمومترية و لأن تمدده غير منتظم لذا فإنه لا يستخدم في القياسات الدقيقة و لكنه يستخدم في الأرصاد الجوية لمعرفة حرارة الجو .

و يستخدم الكحول كمادة ترمومترية عوضا عن الزئبق لقياس درجات الحرارة المنخفضة و ذلك لأن الكحول يظل في الحالة السائلة ما بين درجتي $-110\ C^0$, $78\ C^0$.

ثانيا: الترمومترات الغازيه

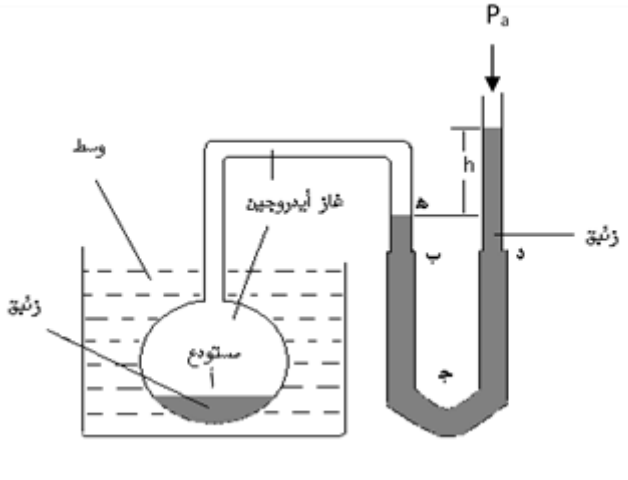
الترمومتر الغازي على نوعين:

1- نوع يحفظ فيه ضغط الغاز ثابتا ويعتبر التغير في حجمه مقياسا لدرجة الحرارة.

2- النوع الآخر وهو النوع المعتاد وفيه يحفظ حجم الغاز ثابتا بينما يتغير ضغطه تبعا لتغير درجة الحرارة، ويسمى ترمومتر الحجم الثابت.

الترمومتر الغازي ذي الحجم الثابت

هذا النوع من الترمومترات يتركب كما في الشكل (3) من مستودع متصل بأنبوبة زجاجية **ب** عن طريق أنبوبة ملتوية من الزجاج، وتتصل الأنبوبتان **ب** ، **د** بواسطة أنبوبة من المطاط **جـ**، ويوضع في قاع المستودع أ مقدارا من الزئبق حجمه يساوي $\frac{1}{7}$ حجم المستودع، ويُملأ الجزء



شكل (3) تركيب الترمومتر الغازي ذي الحجم الثابت

الباقي من الأنبوبة والمستودع حتى سطح الزئبق في الأنبوبة **ب** بغاز الأيدروجين الجاف.

قياس درجة حرارة وسط بواسطة الترمومتر الغازي ذي الحجم الثابت

عندما يُراد معرفة درجة حرارة وسط ما يُوضع المستودع في هذا الوسط وبعد مدة كافية نجد أن مستوى الزئبق في الأنبوبة **ب** قد تغير عن موضع النقطة الثابتة **هـ** قبل وضع المستودع في الوسط، ولكي يبقى الحجم ثابت (أي حجم غاز الأيدروجين المحبوس) تُرفع الأنبوبة **د** أو تُخفض حتى يصل سطح الزئبق في الأنبوبة **ب** إلى العلامة الثابتة **هـ**، فيكون الفرق بين مستويي الزئبق في الأنبوبتين **ب** ، **د** هو الارتفاع h كما بالشكل, ويكون ضغط الغاز المحبوس عند أي درجة حرارة T**:**

$$P_T = P_a + h_T$$

حيث أن:

P_T هو ضغط الغاز عند درجة الحرارة T

P_a هو الضغط الجوي atmospheric pressure

h_T هو ارتفاع الزئبق عند درجة الحرارة T (الفرق بين مستويي الزئبق)

وإذا فرضنا أن P_0 هو الضغط عند درجة حرارة صفر درجة مئوية، P_{100} هو الضغط في درجة حرارة $100°C$، – ويمكن الحصول على قيمتيهما بوضع المستودع داخل جليد منصهر وبخار ماء على الترتيب– فإن درجة الحرارة المطلوبة تكون:

$$T°\text{C} = \frac{P_T - P_0}{P_{100} - P_0} \times 100$$

وحيث أن

$$P_T = P_a + h_T$$

$$P_0 = P_a + h_0$$

$$P_{100} = P_a + h_{100}$$

$$\therefore T = \frac{h_T - h_0}{h_{100} - h_0} \times 100$$

ملاحظة: من أهم مميزات الغازات كمواد ترمومترية أنها تظل غازية في مدى واسع جدا من درجات الحرارة (ابتداء من درجة السيولة إلى $1500°C$).

مثال:

باستعمال الترمومتر الغازي ذي الحجم الثابت لقياس درجة الحرارة كان ضغط الغاز 80cm، 109.3cm عند درجات الحرارة $0C^0$ ، $100C^0$ على الترتيب. فإذا كان الضغط 83cm عند درجة حرارة الغرفة، 100cm عند وضع مستودع الترمومتر في ماء ساخن. أوجد درجة حرارة كل من الغرفة والماء الساخن.

الحل:

$$T°\text{C} = \frac{P_T - P_0}{P_{100} - P_0} \times 100$$

∴ درجة حرارة الغرفة

$$T = \frac{83 - 80}{109.3 - 80} \times 100$$

$$T = \frac{3}{29.3} \times 100 = 10.2C^0$$

درجة حرارة الماء الساخن

$$T = \frac{100 - 80}{109.3 - 80} \times 100$$

$$T = \frac{20}{29.3} \times 100 = 68.3C^0$$

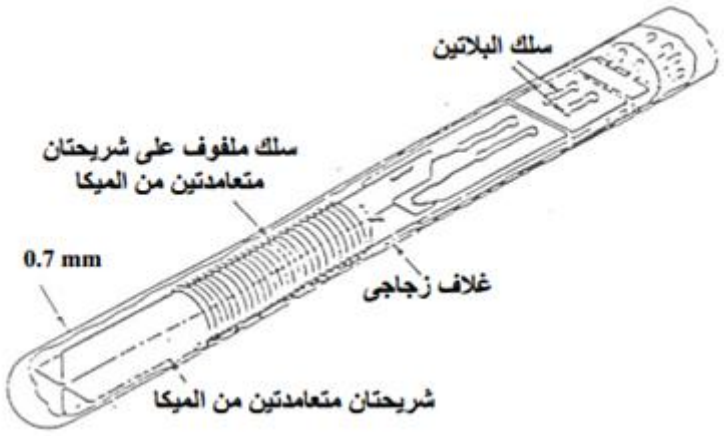
ثالثا: ترمومتر المقاومة البلاتيني

تعتمد طريقة القياس على تغير مقاومة ملف من البلاتين بتغير درجة الحرارة ويعتبر الترمومتر البلاتيني أدق وسيلة عملية لقياس درجة الحرارة. ويتكون من سلك بلاتيني رقيق ملفوف حول اسطوانة مصنوعة من الميكا محتواة على أنبوب من الزجاج الصلب كما بشكل (4).

يستخدم العلماء ترمومترات المقاومة البلاتينية لضبط جميع أنواع الترمومترات الأخرى والتأكد من دقتها. كما تُستخدم للأغراض العلمية مثل : قياس درجات الحرارة المنخفضة جدا.

فاذا كانت مقاومة السلك البلاتيني R_{100} في درجة الحرارة 100 و في الصفر المئوي هي R_o فإن درجة الحرارة T يمكن حسابها بمعلومية R_t من العلاقة:

$$\frac{R_t - R_o}{R_{100} - R_o} = \frac{t}{100}$$



شكل (4) تركيب الترمومتر البلاتيني

مثال:

مقاومة سـلك بلاتيني لترمومتر المقاومة البلاتيني في نقطة الصـفر 5 Ω و في نقطة الغليان 5.93Ω و عند وضعه في سائل تصبح مقاومته 5.795Ω جد درجة حرارة السائل.

الحل:

$R_o = 5\ \Omega$, $R_{100} = 5.93\ \Omega$, $R_t = 5.795\ \Omega$, $t = ?$

$$\frac{R_t - R_o}{R_{100} - R_o} = \frac{t}{100}$$

$$\frac{5.795 - 5}{5.93 - 5} = \frac{t}{100}$$

$t=85.48\ ^\circ C$

رابعا : ترمومتر الإزدواج الحراري

تأثير بلتييه Peltier Effect

هي ظاهرة اكتشـــفها العالم الفرنســـي جيان بلتييه عام 1834 , حيث أنه عند مرور تيار كهربي في وصـــلة بين معدنين مختلفين ,فإن درجة حرارة هذه الوصـــلة ترتفع أو تنخفض تبعاً لاتجاه مرور التيار الكهربي . وفكرة عمل بعض أجهزة التبريد (كالمبرد الصـــغير الموجود في بعض السيارات الحديثة) مبنية على تأثير بلتييه.

لنفرض أنه لدينا معدنين (أ , ب) نفرض أنه: لو انتقل التيار من المعدن (أ) إلى المعدن (ب) فإن درجة حرارة الوصـــلة المعدنية ترتفع , أما إذا انتقل التيار من (ب) إلى (أ) فإن درجة حرارة الوصلة المعدنية تنخفض ، شكل (5).

ظاهرة تأثير سيبك The Seebeck Effect

في سنة 1836 اكتشف توماس سيبك في برلين الظاهرة العكسية لظاهرة بلتييه. حيث وجد أنه عند اتصـــال معدنين مختلفين في وصـــلتين بحيث تحفظ درجة حرارة إحدى الوصـــلتين منخفضـــة . وتحفظ الأخرى في درجة حرارة مرتفعة , فأنه يتولد بين الوصـــلتين قوة دافعة كهربائية تتوقف على الفرق بين درجتي حرارة الوصلتين . وفكرة عمل ترمومتر الازدواج الحراري Thermocouple مبنية على ظاهرة سيبك.

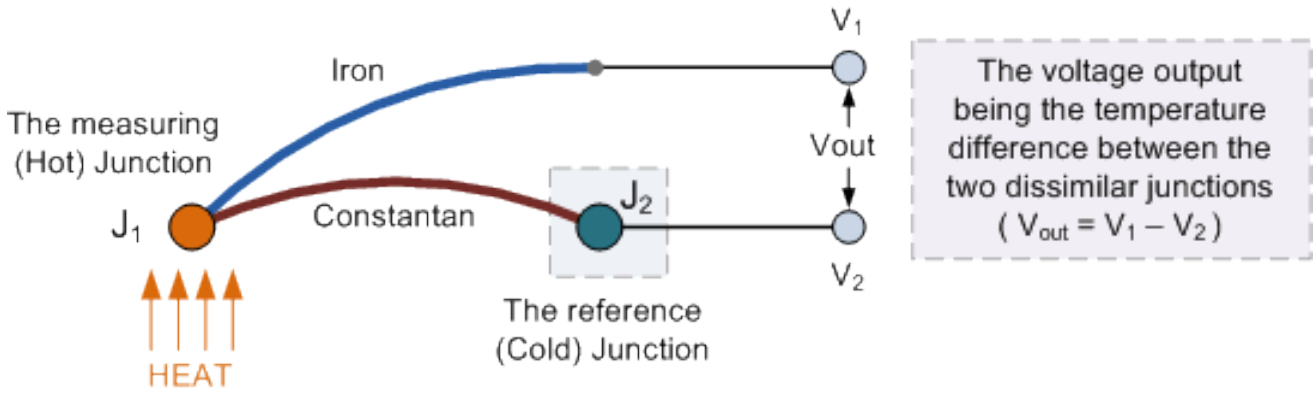
المزدوج الحراريThermocouple

يقيس الترمومتر الحراري الكهربائي درجة الحرارة باستخدام القوة الدافعة الكهربية التي تتولد في مزدوج حراري , والمزدوج الحراري عبارة عن اتحاد معدنين مختلفين لتوليد قوة دافعة كهربية حراريا . وكما يظهر في الشكل التالي تكون دائرة واحدة مقفلة باستخدام أسلاك معدنية من معدنين مختلفين . ونتيجة اختلاف درجات الحرارة للجزاين المتصلين $T_2>T_1$, تتولد قوة دافعة كهربية وتسبب مرور تيار . وتسمي هذه الظاهرة بـــ " التأثير الكهرو – حراري " والقوة الدافعة الكهربية الناتجة في هذا الوقت تسمي " القوة الكهرو – حرارية " . ويتحدد مقدار هذه القوة الدافعة تبعاً لأنواع المعدنين المستخدمين والفرق في درجة الحراة للوصلتين المتصلتين ببعضهما وتسمي احداهما الوصلة المرجعية) وصلة باردة , (Cold joint والوصلة تسمي وصلة قياس الحرارة) الوصلة الساخنة Hot Joint) .

فكرة عمل المزدوج الحراري

عندما تتغيّر حرارة معدن ما، تتحرك إلكتروناته بطريقة أسرع. وعند اختلاف سرعة الإلكترونات في المعدنين المتصلين ببعضهما البعض في المزدوج الحراري، تتداخل الإلكترونات ببعضها حيث التقاء المعدنين. وهنا يحصل فائض إلكترونات في جهة، ونقص إلكترونات في الجهة الأخرى (يتكون فرق جهد).

هذا الاختلاف يولّد تيارا كهربائيا متعلق بنوع المعدنين من جهة، وبالحرارة من جهة أخرى. ويُسمى هذا التيار بالتيار الكهرو-حراري". يتم إيصال هذين التيارين بدائرة إلكترونية حيث يتم قياس فرق الجهد بالـ ,,ميكرو فولت" اعتمادا على فرق حراري قيمته واحد كلفن فتكون قيمة التيار الكهرو- حراري بالميكروفولت لكل 1 كيلفن فرق حرارة.



شكل (5) تركيب المزدوج الحراري

1-5 الحرارة كطاقة Heat as an energy

هل الحرارة صورة من صور الطاقة؟

إذا دلكت يديك في بعضهما ستلاحظ أنهما تدفآن، وكنتيجة لتحريك يديك إحداهما على الأخرى ضد قوى الاحتكاك تتحول طاقة الحركة التي أعطيتها لهما إلى حرارة. وباعتبار أن الطاقة لا تفنى أبدا، فيمكننا القول بأن اختفاء طاقة الحركة وظهور الحرارة يمكن تفسيره على أساس واحد فقط وهو أن الحرارة صورة من صور الطاقة.

ماذا يحدث إذا أُعطِيَت هذه الطاقة الحرارية إلى مادة ما؟

من الواضح أن هذه المادة سوف تصبح أكثر سخونة، أي أن درجة حرارتها سوف ترتفع، وربما تنصهر أو تتبخر، أي أنه قد يحدث تغير في الحالة.

السعة الحرارية لجسم Heat capacity

نفرض أن لدينا جسـما ما ونريد رفع درجة حرارة الجسـم كله درجة مئوية واحدة، فإن كمية الحرارة التي يُزَوَد بها الجسـم تسـمى السـعة الحرارية للجسـم ويرمز لها بالرمز C ووحدة قياسها في النظام c.g.s هي الكالوري لكل درجة *Calorie/degree* أما في النظام العالمي m.k.s فهي الجول لكل درجة *Joule/degree* حيث $1Cal=4.186$ *Joule*.

تعريف السعة الحرارية لجسم

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم درجة مئوية واحدة.

$C = \frac{\Delta Q}{\Delta T}$ حيث Q هي كمية الحرارة.

الحرارة النوعية لمادة Specific heat

يلاحظ أن السـعة الحرارية لجسـم تختلف باختلاف كتلته. أي أن هذه الكمية الحرارية غير مُمَيِزة للمادة وليسـت صـفة من صـفاتها. لذا فكر العلماء في اختيار كمية من الحرارة تلزم لرفع درجة حرارة وحدة الكتل من المادة درجة واحدة وسـميت "السـعة الحرارية النوعية" أو "الحرارة النوعية" ويرمز لها بالرمز S.

تعريف الحرارة النوعية لمادة

هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتل من المادة درجة واحدة.

$$S = \frac{\Delta Q}{m\Delta T}$$

من المعادلة السابقة نجد أن $S = \frac{C}{m}$

من المعادلة السابقة نلاحظ أن وحدة قياس الحرارة النوعية هي Cal/gmC^0، فمثلا الحرارة النوعية للماء والثلج هي على الترتيب كالتالي:

$$S_{water} = 1Cal/gC^0 = 4.186J/gC^0$$

$$S_{ice} = 0.5Cal/gC^0 = 2.1J/gC^0$$

إذا أُعطي الجسم كمية حرارة dQ لرفع درجة حرارة كتلة m من المادة بمقدار dT فإن:

$$dQ = SmdT$$

$$\int_0^Q dQ = \int_{T_i}^{T_f} SmdT = mS\int_{T_i}^{T_f} dT$$

$$Q = mS(T_f - T_i) = mS\Delta T$$

$$Q = mS\Delta T$$

$$Q = C\Delta T$$

حيث Q هي كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة مقدرة بوحدة الكالوري في النظام c.g.s أو بوحدة الجول في النظام m.k.s.

العلاقتين السابقتين يمكن من خلالهما حساب كمية الحرارة التي تكتسبها أو تفقدها كتلة m *من المادة عندما تتغير درجة حرارتها من* T_i إلى T_f بشرط عدم تغير حالة المادة من صورة إلى أخرى.

الحرارة الكامنة للمادة Latent heat

إذا تغيرت حالة المادة من صورة إلى أخرى فإن العلاقة السابقة لا يمكن استخدامها أثناء عملية التحول وذلك لأن درجة الحرارة خلال هذه العملية ستبقى ثابتة كما بشكل (6) ويمكن حساب كمية الحرارة المكتسبة أو المفقودة خلال عملية التحول من العلاقة التالية:

$$Q = mL$$

حيث L هي الحرارة الكامنة ووحدة قياسها في النظام c.g.s هي Cal/gm.

تعريف الحرارة الكامنة Latent heat

هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل جرام واحد من المادة من حالة إلى أخرى.

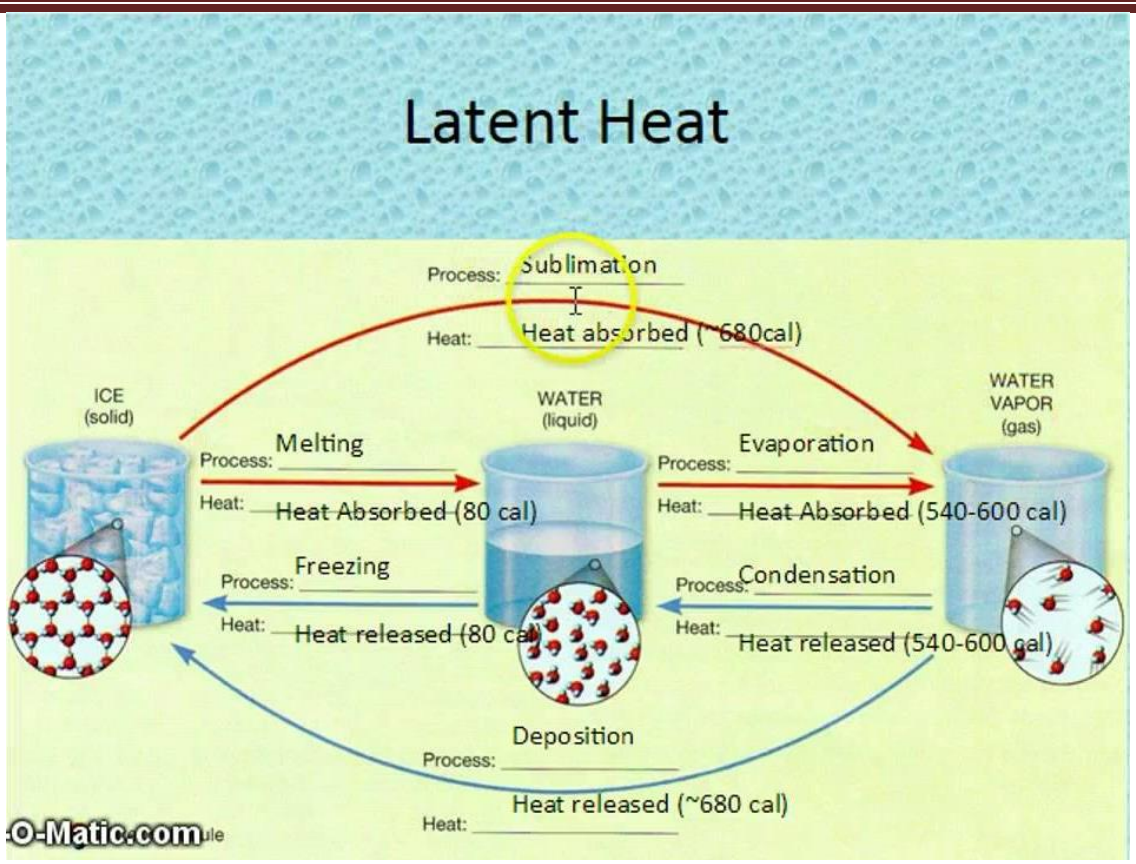
ملاحظة:

1- الحرارة الكامنة للمادة الواحدة غير ثابتة في تغير الحالات فمثلا

- الحرارة الكامنة لتحول الماء إلى بخار أو العكس $= 540Cal/gm$
- الحرارة الكامنة لتحول الماء إلى ثلج أو العكس $= 80Cal/gm$

2- عند انتقال الحرارة من جسم إلى آخر فإن:

كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة



شكل (6) الحرارة الكامنة والتحولات الطورية للمادة

بشرط ألا يكون هناك فقد في الطاقة الحرارية خلال الوسط المحيط بمعنى عزل الجسمين عن الوسط المحيط بهما.

مثال:

- ما هي كمية الحرارة اللازمة لتحول قطعة من الثلج كتلتها 720gm ودرجة حرارتها $10C^0$ إلي الحالة السائلة عند درجة حرارة $15C^0$ ؟ مع العلم أن

$$S_{ice} = 2220J/kg.k^0, L = 333KJ/Kg$$

$$S_{water} = 4190J/kg.k^0$$

الحل:

المرحلة الأولى: التحول من ثلج عند $-10C^0$ إلى ثلج عند $0C^0$

$$Q_1 = msΔT = ms(T_c - T_i)$$

$$T_i = -10C^0$$

$$T_f = 0C^0$$

$$Q_1 = .72 \times 2220 \times (0 - (-10)) = 15984J$$

المرحلة الثانية: التحول من ثلج عند $0C^0$ إلى ماء عند $0C^0$

$$Q_2 = ml$$

$$Q_2 = 0.72 \times 333 \times 10^3 = 239760J$$

المرحلة الثالثة: التحول من ماء عند $0C^0$ إلى ماء عند $15C^0$

$$Q_3 = ms(T_f - T_i)$$

$$T_i = 0C^0$$

$$T_f = 15C^0$$

$$Q_3 = 0.72 \times 4190 \times (15 - 0) = 45252J$$

$$\therefore Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 300996J$$

مثال:

كرة من النحاس كتلتها $m=75gm$ سخنت إلى درجة حرارة $T=312\ C°$. أسقطت الكرة داخل كأس زجاجي يحتوي علي ماء كتلته $m=220gm$ وكانت السعة الحرارية للكأس

الزجاجي $c=45\ cal/k$ ودرجة الحرارة الابتدائية للماء والزجاج $T=12^0C$. جد درجة الحرارة النهائية T لكرة النحاس والكأس الزجاجي والماء عند الوصول الى حالة الاتزان الحراري مع العلم أن:

$$s = 0.092\ cal/g.k, sw = 1cal/g.^0 k$$

$$m_{copper} = 75gm, \quad T_{copper} = 3120c$$

$$m_{water} = 220gm, \quad C0_{beaker}$$

$$T_i = 12$$

الحل:

كمية الحرارة المكتسبة =كمية الحرارة المفقودة

$$Q_{copper} = Q_{water} + Q_{beaker}$$

$$m_c s_c(T_i - T_f) = m_w s_w(T_f - T_i) + c_b(T_f - T_i)$$

$$75 \times 0.092(312 - T_f) = 220 \times 1(T_f - 12) + 45(T_f - 12)$$

$$2152.8 - 6.9T_f = 220T_f - 2640 + 45T_f - 540$$

$$5332.8 = 271.9Tf$$

$$\therefore T_f = 19.61^0c$$

1-6 إنتقال الحرارة Transmission of heat

يوجد ثلاثة طرق مختلفة تنتقل فيها الحرارة من مكان إلي أخر , وهذه الطرق هي :-

التوصيل والحمل والإشعاع كما بشكل (7).

شكل (7) طرق إنتقال الحرارة

التوصيل Conduction

إذا أمسكت قضيبا معدنيا من أحد طرفيه ثم وضعت الطرف الآخر في لهب ستشعر بعد قليل بسخونة القضيب المعدني وهذا يدل على أن الحرارة قد انتقلت خلاله، شكل (8) . أما إذا أمسكت شريحة من الخشب من أحد طرفيها ثم وضعت الطرف الآخر في النار فلن تنتقل الحرارة داخلها ولو بمقدار ضئيل

شكل (8) إنتقال الحرارة بالتوصيل

حتى ولو بدأ الطرف الموضوع في النار بالاشتعال. أي أن المعدن جيد التوصيل للحرارة في حين أن الخشب رديء التوصيل للحرارة. وتستعمل كلمة "التوصيل" لتعني الانتقال الحراري في المواد الصلبة.

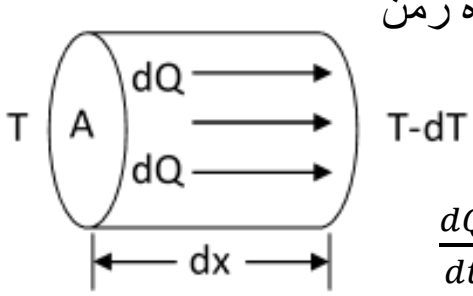
ويعرف التوصيل الحراري كالتالي:

هي تلك العملية التي يتم فيها انتقال الحرارة من نقطة إلي أخري خلال المواد الصلبة دون أن تنتقل جزئيات المادة نفسها .

ففي المثال السابق نجد أنه عندما يسخن طرف القضيب المعدني الذي عرضة للهب فإن جزيئات هذا الطرف سوف تهتز بسعة من جزيء إلي جزيء آخر مجاور وهكذا تستمر العملية إلي أن تنتقل الحرارة من الطرف الساخن إلي الطرف البارد .

نفترض أن لدينا مقطعا من قضيب معدني سمكه dx ومساحة مقطعة A ودرجة حرارة احد طرفيه T والطرف الأخر $T\text{-}dT$ كما هو موضح في الشكل المجاور .

معدل سريان الحرارة (كمية الحرارة التي تسري خلال وحده زمن تتناسب:



شكل (9) التوصيل الحراري داخل قضيب معدني

1- طرديا مع مساحة المقطع العرضي للقضيب A $\frac{dQ}{dt} \propto A.$ A

2- طرديا مع الفرق في درجتي حرارة الطرفين $\frac{dQ}{dt} \propto -dT$

3- عكسياً مع السمك dx $\frac{dQ}{dt} \propto \frac{1}{dx}$

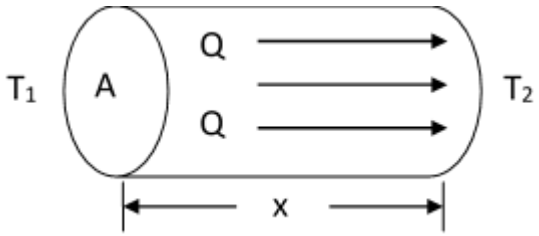
مما سبق نستنتج أن

$$\frac{dQ}{dt} \propto -A\frac{dT}{dx}$$

$$\frac{dQ}{dt} = -kA\frac{dT}{dx}$$

حيث k مقدار ثابت يعرف بمعامل التوصيل الحراري (the coefficient of thermal conductivity) ووحدة قياسه $cal\ cm^{-1}\ sec^{-1}\ c^{0-1}$

الكمية dT/dx تمثل معدل تغير درجة الحرارة بالنسبة للمسافة0 فعندما تقل درجة الحرارة بزيادة المسافة من الطرف الساخن للقضيب فإن الكمية dT/dx سالبة وتسمي تدرج درجة الحرارة .



شكل (10) معدل تغير درجة الحرارة داخل قضيب معدني

والآن إذا كان القضيب المعدني طوله x ودرجة حرارة طرفيه هما T_1, T_2 كما هو موضح بالشكل (10) فإنه في حالة الاستقرار نجد إن:

$$\frac{dQ}{dt} = -kA\frac{T_2 - T_1}{x}$$

$$\frac{dQ}{dt} = kA\frac{T_1 - T_2}{x}$$

يمكن الوصول إلي حالة الاستقرار وذلك بعزل القضيب المعدني عن الوسط الخارجي كي لا يكون هناك فقد في الطاقة الحرارية وأيضا عندما نصل إلي درجتي حرارة ثابتتين عند

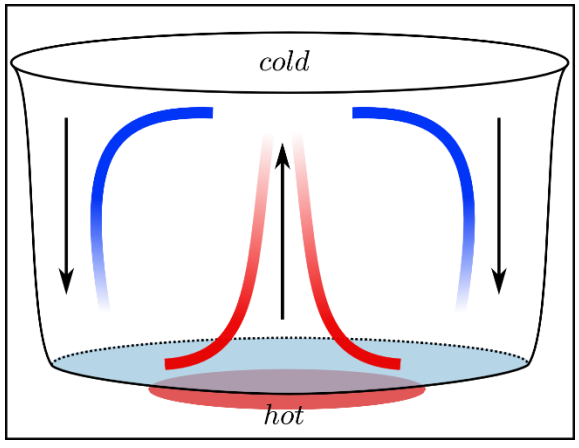
طرفي القضيب عليه يكون الفرق بين درجتي الحرارة T_2,T_1 مقدارا ثابتا وهذا الشرط لا يتحقق إلا بتحقق الشرط الأول (شرط العزل عن الوسط المحيط) .

يمكن حساب كمية الحرارة المارة في القضيب خلال فترة زمنية من العلاقة

$$Q = kA\frac{T_1 - T_2}{x}t$$

الحمل Convection

تنتقل الحرارة أيضا خلال الماء ، ويسمي انتقال الحرارة في السوائل "بالحمل" فعند تسخين كمية من الماء في وعاء فإن الماء القريب من قاع الوعاء يصبح أكثر سخونة مما فوقه ، وحيث أن الماء يتمدد بالحرارة (يزيد حجمه) في حين أن كتلته ثابتة فإن كثافته تكون أقل من كثافة الماء البارد ، وتكون النتيجة أن الماء الساخن يرتفع إلي اعلي بينما يهبط الماء البارد إلي أسفل أي أن الحرارة تنتقل إلي أجزاء السائل الأخرى في الإناء بحركة السائل الساخن . أذن الحمل عبارة عن حركة السائل ، ولكن من الممكن ملاحظة انتقال الحرارة بالحمل في الغازات نتيجة لحركة الغاز السائل كما بالشكل (11) .



شكل (11) إنتقال الحرارة بالحمل

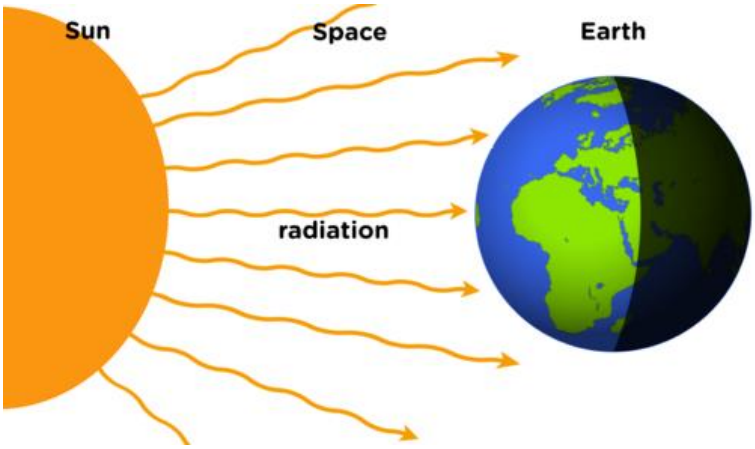
الإشعاع Radiation

يمكن أن تنتقل الحرارة في المواد بطريقة ثابتة وهي الإشعاع فحرارة الشمس تصل ألينا بانتقالها خلال الفراغ الموجود بين الأرض والشمس فنشعر بالدف وفي الحقيقة فإن الحرارة تنتقل الينا من الشمس بنفس طريقة انتقال الضوء لذلك فعندما يحدث كسوف الشمس ينقطع الضوء والحرارة في نفس اللحظة . هذه الطريقة لانتقال الحرارة تسمي "الإشعاع" وعندما تجلس أمام مدفأة كهربية فانك تحس بالاشعاع علي عاكس معدني خلف عنصر التدفئة ، وذلك لأن العاكس المعدني يعكس بنفس الطريقة التي يعكس بها الضوء تماما .

والسؤال هنا هو كيف تصل الينا أشعة الشمس وما تحمله من حرارة ؟

تنتقل هذه الأشعة علي هيئة موجات كهرومغناطيسية وهي ذات طاقة ولا تحتاج الي وسط مادي لانتقالها بل تنتقل في الفراغ اضافة الي انتقالها في بعض الأوساط المادية .

ومن هنا ندرك أن الحرارة تنتقل بما يسمي بالإشعاع أي علي هيئة موجات كهرومغناطيسية كما بشكل (12).

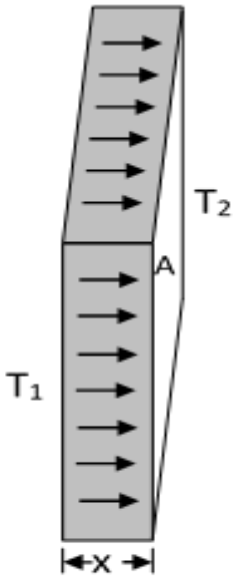


شكل (12) إنتقال بالإشعاع

مثال:

الشكل (13) يمثل شريحة معدنية سمكها 2.0 cm ومساحة سطحها $200\ cm^2$ فإذا كان الفرق في درجات الحرارة بين السطحين المتقابلين يساوي $100\ ^0C$ جد كمية الحرارة التي ستنتقل خلال الشريحة في زمن قدره دقيقة واحدة علما بان k=0.2 c.g.s units

الحل:



شكل (13) إنتقال الحرارة خلال شريحة

$$k = .2cgs$$

$$A = 200cm^2$$

$$x = 0.2cm$$

$$T_1 - T_2 = 100^0$$

$$t = 1\,min = 60sec$$

$$Q = kA\frac{T_1 - T_2}{x}t$$

$$Q - 0.2 \times 200 \times \frac{100}{0.2} \times 60$$

$$Q = 12 \times 10^5 cal$$

مثال

قضيب طوله 30cm ومساحة مقطعه العرضي $5cm^2$ يتكون من جزئيين متساويين في الطول . الجزء AB من النحاس والجزء BC من الحديد ونقطة اتصالهما هي النقطة B الطرف A محفوظ عند درجة حرارة $200\ ^0C$ والطرف C عند درجة حرارة $0\ ^0C$. إذا كانت جوانب القضيب معزولة حراريا احسب معدل سريان الحرارة على طول القضيب وذلك عند الوصول إلي حالة الاستقرار علما بأن:

$$\mathbf{K_1 = K_{copper} = 0.9 \quad c.g.s \quad unit}$$

$$\mathbf{K_2 = K_{iron} = 0.12 \quad c.gs \quad unit}$$

الحل:

$$x_1 = 15cm, \quad x_2 = 15cm$$

$$A = 5cm^2$$

$$(\Delta T)_1 = 200 - T, \quad (\Delta T_2) = T - 0$$

$$K_1 = 0.9 \quad c.g.s \quad copper$$

$$K_2 = 0.12 \quad c.g.s \quad iron$$

بما أن حالة الاســـتقرار قد تم الوصـــول إليها فان معدل ســـريان الحرارة خلال الجزء الأول AB يساوي معدل سريان الحرارة خلال الجزء الثاني BC وعليه فإن:

$$(\frac{dQ}{dT})_1 = (\frac{dQ}{dT})_2$$

$$\frac{k_1 A(200 - T)}{x_1} = \frac{k_2 A(T - 0)}{x_2}$$

$$0.9(200 - T) = 0.12(T)$$

$$T = 176.47^0 c$$

بعد الوصول إلى حالة الاستقرار فان معدل سريان الحرارة يكون متساوي في كلا الجزأين وعليه فان

$$(\frac{dQ}{dT}) = k_1 A \frac{(T_1 - T)}{x_1}$$

$$= \frac{0.9 \times 5 \times (200 - 176.47)}{15} = 7.059 cal/sec$$

1-7 التمدد الحراري للجوامد Expansion of solids

إذا سخنت مادة سواء كانت جامدا، أم سائلا، أم غازا، فإنه بوجه عام سوف تتمدد. وهناك ثلاثة أنواع من التمدد وهي التمدد الطولي، والتمدد السطحي، والتمدد الحجمي وسوف تدرس هنا التمدد الطولي بشكل مختصر

التمدد الطولي للجوامد :-

وجد بالتجربة انه أذا سخن سلك معدني طوله الأصلي L_1 من درجة حرارة T_1 إلي درجة حرارة T_2 فإنه سوف يتمدد وتكون الاستطالة الناتجة للسلك تتناسب تناسبا طرديا مع ارتفاع درجة حرارته $(T_2\text{-}T_1)$ وكذلك طرديا مع الطول الأصلي للسلك أي أن:

$$\Delta L \propto T_2 - T_1$$

$$\Delta L \propto L_1$$

$$\Delta L = \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

$$, \Delta L = L_2 - L_1$$

$$\therefore L_2 - L_1 = \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

$$L_2 = L_1 + \alpha L1 (T_2 - T_1)$$

$$L_2 = L_1[1 + \alpha(T_2 - T_1)]$$

حيث ΔL تمثل الاســـتطالة في الســـلك أي طوله الجديد بعد التمدد مطروحا منه طوله الأصلي قبل التمدد وαهو معامل التمدد الطولي للسلك ووحدة قياسه $^0C^{-1}$.

حالة خاصـة : باعتبار أن طول السـلك عند درجة حرارة $0\ ^0C$ هو L_0 وطوله عند درجة حرارة T هو L_T فإن:

$$L_T = L_0[1 + \alpha T]$$

الجدول التالي يوضح المعاملات الطولية للتمدد الحراري لبعض المواد:

جدول (3) المعاملات الطولية للتمدد الحراري لبعض المواد

المادة	$\alpha C^{0-1} x10^{-6}$	المادة	$\alpha C^{0-1} x10^{-6}$
الألمنيوم	25	قرميد وخرسانة	**10**
شبة	18	حديد	**12**
نحاس أصفر	19	بلاتين	**9**
زجاج (لين)	9	فضة	**18**
زجاج (بيركس)	3	كوارتز	**0.4**
ماس	1.2	خشب الصنوبر (على طول عروق الخشب)	**5**

ذهب	14	خشب الصنوبر (على اتجاه عمودي على عروق الخشب)	30

مثال:

عمود زجاج بيركس مجلخ ومصـــقول طوله 10cm عندما كانت درجة حرارة الغرفة $20\ ^0C$. إذا رفعت درجة حرارة هذا العمود إلى $420\ ^0C$، احسب

1- قدر الاستطالة.

2- الطول الجديد للسلك بعد رفع درجة حرارته من $20\ ^0C$ إلى $420\ ^0C$.

الحل:

-1

$$\Delta L = \alpha L_1[T_2 - T_1]$$

$$\Delta L = 3 \times 10^{-6} \times (420 - 20)$$

$$= 3 \times 10^{-6} \times 10 \times 400$$

$$\Delta L = 0.012cm$$

-2

$$L_2 = L_1[1 + \alpha(T_2 - T_1]$$

$$L_2 = 10[1 + 3 \times 10^{-6}(420 - 20)]$$

$$L_2 = 10.012cm$$

1-8 تمارين على الفصل الأول

1- إذا كانت قراءة ترمومتر مئوي $35\ ^0C$، فما هي قراءة ترمومتر فهرنهيتي في نفس الغرفة ؟

2- ما هي درجات الحرارة علي المقياس المئوي التي تكافئ الدرجات التالية:

$-40\ ^0F, 85\ ^0F, 95\ ^0F, 77\ ^0F, 50\ ^0F$

3- ما هي درجة الحرارة علي التدريج الفهرنهيتي في يوم تكون فيه درجة الحرارة $10-\ ^0C$ ؟

4- احسب درجة حرارة غرفة إذا كانت قيمتها مقاسة بترمومتر مئوي تساوي ثلث قيمتها مقاسة بترمومتر فهرنهيتي.

5- احسب درجة الحرارة التي تتساوي عندها قراءة الترمومتر المئوي والترمومتر الفهرنهيتي.

6- عند قياس درجة حرارة ماء ساخن باستخدام الترمومتر الغازي ذو الحجم الثابت وجد أن ضغط الغاز عند $0\ ^0C$ يساوي 80cm وضغطه عند $100\ ^0C$ يساوي 109.3cm، فإذا كانت درجة حرارة الماء الساخن تساوي $68.3\ ^0C$، فما هو ضغط الغاز عند درجة الحرارة هذه ؟ (الجواب $h_T=100cm$)

7- باستعمال الترمومتر الغازي ذو الحجم الثابت لقياس درجة الحرارة كان الضغط عند $0\ ^0C$ يساوي 80cm، وكان ضغطه عند $20\ ^0C$ يساوي 85.8cm، احسب ضغطه عند درجة حرارة غليان الماء ؟ (الجواب $h_{100}=109cm$)

8- ما هي كمية الحرارة المنطلقة عندما يبرد 20gm من الماء من درجة حرارة $90\ ^0C$ إلى $30\ ^0C$ ؟ علما بأن الحرارة النوعية للماء هي $1cal/g.^0C$ ؟ (الجواب - $Q=-1200cal$)

9- يحتوي إبريق ترموس علي 300gm من القهوة (ماء أساسا) عند درجة $90\ ^0C$. صب في هذا الإبريق 50gm من اللبن (ماء أساسا أيضا) عند درجة حرارة $15\ ^0C$. ما هي درجة الحرارة النهائية للقهوة ؟ (الجواب $T= 79.3\ C$)

10- وعاء معزول من الألمنيوم وزنه 20gm يحتوي علي 150gm من الماء عند درجة $20\ ^0C$. سخنت قطعة من المعدن كتلتها 30gm الي درجة $100\ ^0C$ ثم أسقطت في الماء. فإذا كانت درجة الحرارة النهائية للماء والعلبة والمعدن هي $25\ ^0C$, جد السعة الحرارية النوعية للمعدن علما بأن الحرارة النوعية للألمنيوم هي $S=0.21\ cal/g\ ^0C$ وللماء $S_{water}=1\ cal/g\ ^0C$ ؟ ($S_{metal}=1\ cal/g\ ^0C$ الجواب)

11- احسب كمية الحرارة اللازمة لتغير درجة حرارة 10gm من الرصاص ($S=0.031\ cal/g\ ^0C$) من $20\ ^0C$ الي $100\ ^0C$ ؟

12- ما هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل 30 gm من الثلج عند $-5\ ^0C$ الي ماء درجة حرارته $20\ ^0C$ ؟ علما بأن $S_{ice}= 0.5cal/\ g\ ^0C$, $S_{water}=1cal/g\ ^0C$ ، $L=80cal/$.

13- اسقط مكعب من الثلج درجة حرارته 0^0c وكتلته 18gm في كوب يحتوي علي 150gm من الماء درجة حرارتها 25^0c . ما هي درجة الحرارة النهائية للماء بعد انصهار الثلج بفرض أن التبادل الحراري مع الكوب مهمل ؟ $L=80cal/gm$

14- مســـعر من النحاس ($S=0.2cal/g^0C$) كتلته 70g يحتوي علي 400g من الماء و 100g من الثلج في حالة توازن حراري . أضيف إلى محتويات المسعر قطعة ساخنة من المعدن ($S=0.1cal/g^0C$) كتلتها 300g ودرجة حرارتها مجهولة, وكانت درجة الحرارة النهائية 10^0C . ما هي درجة الحرارة الابتدائية للمعدن . مع العلم أن الحرارة الكامنة للثلج هي $L=80cal/g$ وأن $S_{water}=1cal/g\ ^0C$.

15- قضيب من النحاس الأصفر مساحة مقطعه $A=2cm^2$ وطوله $x=1m$. وضع أحد طرفي هذا القضيب في ماء يغلي ($T_1=100^0C$) ووضع الطرف الأخر علي لوح من الثلج $T_2=0^0C$. احسب كمية الحرارة المنتقلة من الطرف الساخن للقضيب إلى الطرف البارد في زمن قدره 10min . مع العلم أن معامل التوصيل الحراري للنحاس هو $k=0.2cal/cm\ sec\ ^0C$ (الجواب Q=240 cal).

16- وضع أحد طرفي قضيب من النحاس الأصفر طوله 0.5m ونصف قطره 0.5cm في درجة حرارة 100^0C ووضع الطرف الأخر في درجة 20^0C. ما هي كمية الحرارة التي تسري في القضيب في زمن قدره 1sec ؟ علما بأن $k= 0.2\ cal/cm\ sec.\ ^0C$. (افترض أن جوانب القضيب معزولة)

17- استخدم لوح من ورق الاسبستوس سمكه 2mm كفاصل بين لوحين من النحاس الأصفر درجة حرارة أحدهما $100^0\ C$ ودرجة حرارة الأخر $20^0\ C$. ما هي كمية الحرارة المارة خلال مساحة مقدرها $40cm^2$ من أحد اللوحين إلي الأخر خلال ساعة

واحدة (t=1h) ؟ علما بأن معامل التوصيل الحراري للاسبستوس هو $k=5\times10^{-4}$. $cal/cm\ sec\ ^0C$

18- وضعت شريحة من المطاط سمكها 0.1cm بين لوحين من النحاس الأصفر سمك كل منها 0.5cm، وحفظ السطح الخارجي لأحد اللوحين في درجة 0^0C, بينما حفظ السطح الخارجي للأخر في درجة 100^0C. جد درجتي حرارة سطحي شريحة المطاط . مع العلم أن $k=0.2cal/cm\ sec\ ^0C$ للنحاس وأن $k=5\times10^{-4}cal/cm\ sec\ ^0C$ للمطاط.

19- قضيب مصنوع من الفضة , طوله 5cm تماما عند درجة حرارة 20^0C. احسب طوله عندما تكون درجة الحرارة $30^0\ C$ علما بأن معامل التمدد الطولي للفضة هي $\alpha=18\times10^{-6}\ ^0C^{-1}$، ثم احسب الاستطالة ألناشئه نتيجة هذا التغير في درجة الحرارة.

20- عصا مترية من خشب الصنوبر طولها 100cm تماما عند درجة 32^0C . احسب طولها الحقيقي عندما تكون درجة الحرارة 77^0C، علما بأن معامل التمدد الطولي للخشب هو $\alpha=5\times10^{-6}\ C^{-1}$ (الجواب $L_2=100.0125\ cm$)

21- قضيب متري عياري من البلاتين في مركز المعياريات , تم تدريجه بدقة عند درجة $27^0\ C$. جد المسافة بين العلامتين عند طرفيه عندما تكون درجة الحرارة 37^0C. ما هي مقدار الاستطالة الناتجة علما بأن معامل التمدد الطولي للبلاتين هو $\alpha=9\times10^{-6}$. C^{-1}

نماذج التقييم

نموذج (1)

الكلية:	
القسم:	
الشعبة:	
الإسم :	
التاريخ:	

التقييم عن الفصل الأول

1- فرق بين الحرارة ودرجة الحرارة؟

2- إشرح بالتفصيل طرق إنتقال الحرارة؟

3- ناقش أنواع الترمومترات؟

يرجي إرفاق النموذج مع الإجابات

Alaa Hassan

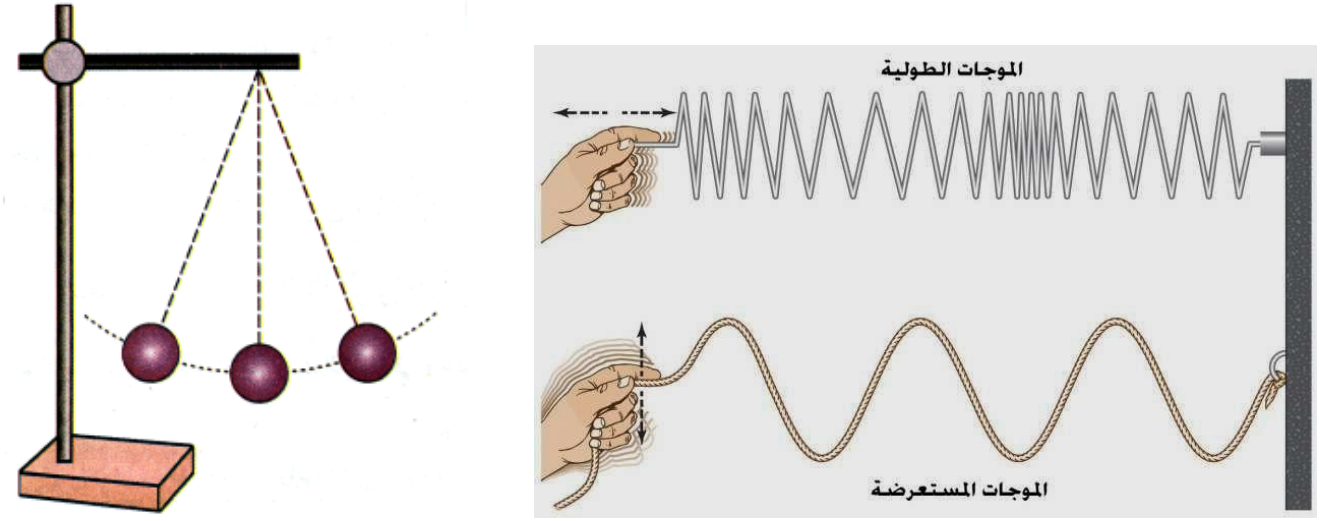
الفصل الثاني

(البصريات الهندسية)

الضـــوء وطبيعتـــــه

2-1 الحركة الموجية

يمكن تعريف الحركة الموجية بأنها الاضطراب الذي يحدث في وسط ما عندما يتحرك كل جزء من أجزاء هذا الوسط حركة اهتزازية تسري من نقطة الى نقطة أخرى، ومن أمثلة هذه الحركة: حركة موج البحر، وحركة الأرجوحة، وحركة بندول الساعة، والصوت، والضوء، وحركة الزلازل وغيرها من أنواع الحركات الموجية كما بالشكل (14).



شكل (14) أنواع الحركات الموجية

الحركة الاهتزازية: عبارة عن حركة دورية يتحرك بها الجسم المُهتز إلى جانبي موضع استقراره بالتناوب بينهما وبالتساوي أي زمن الحركة إلى أحد الجانبين هو نفس زمن الحركة للجانب الآخر، والقوة التي تؤثر بالجسم المهتز تعمل بالاتجاه المعاكس لاتجاه الازاحة ولهذا تسمى قوة الاسترداد.

الموجات الدورية: هي الموجات التي تتكرر بصورة مُنتظمة وبكيفية واحدة وخلال فترات زمنية متساوية، فإذا كان الاضطراب الذي يقوم بتكوين الموجة ينتُج عن الاهتزاز الذي يتم

تكريره كل فترة زمنية معينة ففي هذه الحالة تُعرف الموجة أنها موجة دورية ويمكن وصفها بالطول الموجي والتردد.

الموجة

الموجة عبارة عن اضطراب لحظي يقوم بالانتقال بالوسط المُحيط بمصدر الاضطراب باتجاه مُعين وبسرعة مُعينة وينقل الطاقة في نفس اتجاه انتشاره، الموجة لا تُعتبر مادة بل تسري الموجة خلال المادة، وتقوم الموجة بحمل الطاقة من نقطة الى أخرى، وتنتقل الطاقة عن طريق تحريك نقاط الوسط المتموج لكن جزيئات الوسط لا تتحرك لمكان آخر.

خصائص الموجات

الشكل (15) يوضح الخصائص العامة للموجات وهي كالتالي:

الطول الموجي: هو المسافة بين قاعين متتاليين أو المسافة بين قمتين متتاليتين وهذا بالنسبة للأمواج المستعرضة، أما الأمواج الطولية فالطول الموجي لها عبارة عن المسافة بين تخلخلين متتاليين او المسافة بين تضاغطين متتاليين، ويتم قياس هذا الطول الموجي بالمتر وبالجزء من المتر.

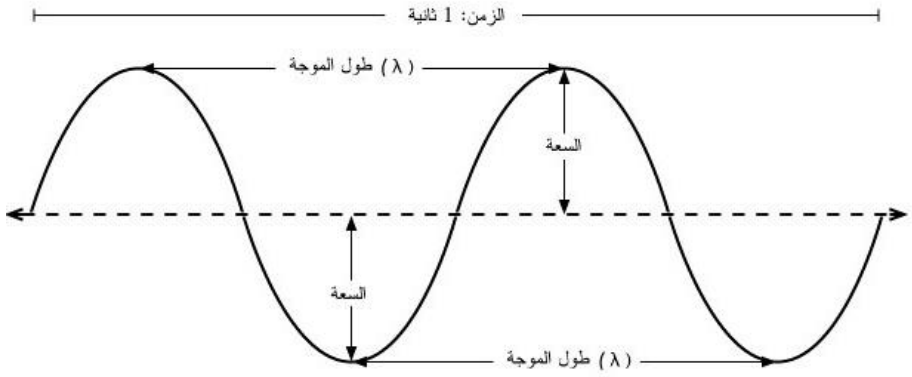
الزمن الدوري: أي الزمن اللازم لعبور موجة كاملة لنقطة ما، ويتم قياس هذا الزمن الدوري بالثواني، وبمعنى آخر هو الزمن الذي يقوم باستغراقه الجسم المهتز حتى يمر بنقطة واحدة أثناء مسار حركة الجسم مرتين متتاليتين في نفس الاتجاه، وزمن استغراق الجسم المهتز حتى يُكمل اهتزازه كاملة.

التردد: أي نسبة تكرار الموجة لنفسها خلال وحدة الزمن، أي زمن استغراق الجسم حتى يُكمل اهتزازة أو دورة واحدة، والتردد مرتبط بالطول الموجي للموجة ومرتبط بسرعتها أيضاً، وهناك علاقة عكسية بين التردد والطول الموجي وكلما يزيد الطول الموجي يقل التردد، أما وحدة قياس التردد فهي الهيرتز.

السعة: سعة الموجة تؤثر على مقدار طاقتها، والسعة هي المسافة بين قمة الموجة أو قاع الموجة مع المستوى الصفري وهذا هو المستوى الذي تختفي به الحركة الموجية، أو بمعنى آخر هو مستوى الاتزان للوسط الذي يقوم بنقل الموجة، ويتم قياس سعة الموجة بوحدات الطول.

سرعة انتشار الموجة: هي سرعة تحرك الموجة سواء في الوسط الناقل أو في الفراغ، ويمكن القول إنها السرعة التي تقوم الموجة بها بإعادة توليد نفسها، ويتم قياس سرعة انتشار الموجة بوحدات قياس السرعة وهي عبارة عن وحدات قياس الطول مقسومة على وحدات قياس الزمن أي متر / الثانية.

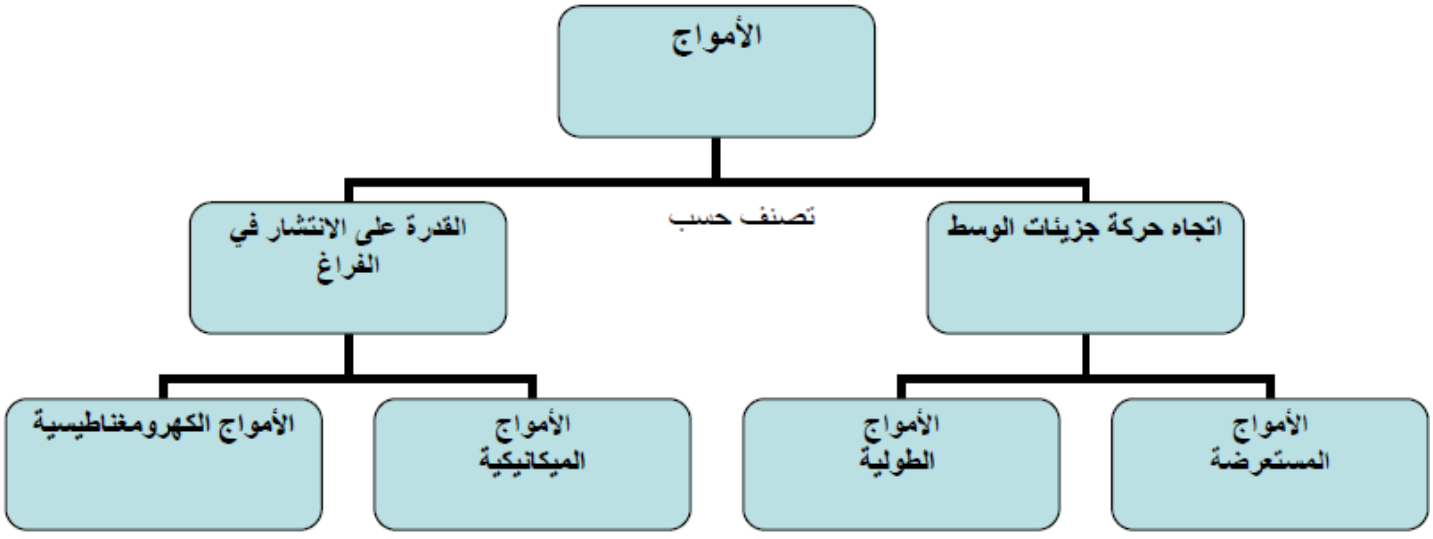
طاقة الموجة: وتعتبر من أهم خصائص الموجات حيث تجعلنا نستطيع معرفة الطاقة التي تنتقل من الموجة لأي شيء آخر وتناسب هذه الطاقة التي تنتقل من الموجة مع مربع السعة ومع مربع التردد ومع سرعتها.



شكل (15) خصائص الموجة

تصنيف الأمواج بناءاً على اتجاه انتشارها

تنقسم الأمواج من حيث اتجاه الانتشار الى موجة طولية، وموجة مُستعرضة كما بالشكل (16):



شكل (16) تصنيف الموجات حسب إتجاه إنتشارها

الموجة الطولية: تتكون الموجة الطولية الواحدة من تخلخل واحد وتضاغط واحد، فمثلاً بالنسبة للموجة الصوتية فالتضاغط الموجود بها عبارة عن تضاغط جزيئات الهواء وقُربها

من بعضها البعض، أما التخلخل فهو عبارة عن بُعد جزيئات الهواء عن بعضها، وكذلك بالنسبة لأي مثال آخر. من أمثلة الموجات الطولية موجات الصوت، وبالنسبة لانتقال موجات الصوت في الهواء أو أي غاز غير الهواء وتنتقل على هيئة موجات طولية يتم تكوينها من خلال التخلخلات والتضاغطات.

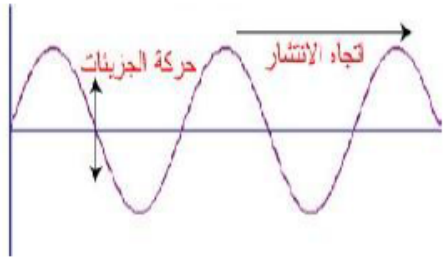
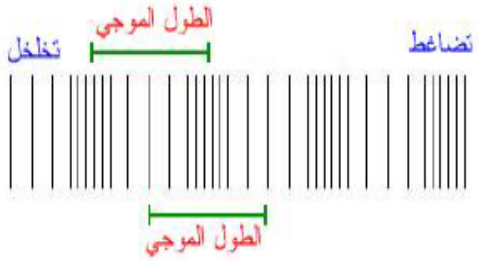
الموجة المُستعرضة: وتتكون الموجة المستعرضة من قمة وقاع، فمثلاً بالنسبة للموجة المائية في البحار فهذه الموجة تبدو على شكل ارتفاع وهبوط في مستوى المياه، وهذا هو ما يعرف بالقمة والقاع، أي الارتفاع والانخفاض في مستوى المياه عن طريق ارتفاع وانخفاض الموجة.

يمكن تعريف القمة بالموجة المستعرضة أنها أعلى نقطة يتم الوصول اليها عن طريق الاضطراب الموجي، أو النهاية العظمى للإزاحة بالاتجاه الموجب.

أما القاع فهو عكس القمة أي النهاية العظمى للإزاحة بالاتجاه السالب، أو أقل نقطة يصل لها الاضطراب الموجي، وتتكون الموجة المستعرضة من عدة قمم وعدة قيعان.

بالنسبة للموجة الطولية تتحرك في شكل متوازي مع تموج الوسط أي تنتشر بنفس اتجاه الموجة، والموجة المُستعرضة تنتشر على شكل عامودي على تموج الوسط، وهناك نوع ثالث وهو الموجة السطحية والتي تكون الحركة بها عبارة عن حركة دورانية بسطح الوسط وهذه الأمواج تقل كلما اتجهنا للوسط.

جدول (4) مقارنة بين الأمواج الطولية والمستعرضة

من حيث	الأمواج المستعرضة	الأمواج الطولية
التعريف	تتحرك جزيئات الوسط عموديا على خط انتشار الموجة	تتحرك جزيئات الوسط باتجاه مواز لخط انتشار الموجة
المكونات	قمم وقيعان	تضاغطات وتخلخلات
الطول الموجي	المسافة بين قمتين متتاليتين أو قاعين متتاليين .	المسافة بين مركزي تضاغطين متتاليين أو مركزي تخلخلين متتاليين.
أمثلة	أمواج البحر والضوء	أمواج النابض والصوت
الرسم		

تصنيف الأمواج بناءاً على الوسط

الأمواج الكهرومغناطيسية: وهذا النوع من الأمواج لا تحتاج الى وسط كي تنتقل فيه، ويمكن لهذه الموجات أن تنتشر في الفراغ، وتنشأ عن طريق اهتزاز مجالات كهربائية ومجالات مغناطيسية، ومن أمثلة الحركة الموجية الكهرومغناطيسية: الضوء، وأشعة جاما، وموجات الراديو كما بشكل (16).

الأمواج الميكانيكية: وهي الموجات التي تتكون عن طريق مصدر مُهتز مثل الوتر المهتز، أو الشوكة الرنانة، وهذه الأمواج تحتاج لوسط مادي حتى تنتقل وتهتز جزيئات الوسط بنفس مقدار تردد المصدر المهتز وتنقل الطاقة باتجاه انتشارها، ولا تستطيع أن تنتشر بالفراغ. للحصول على الموجات الكهرومغناطيسية هناك شروط معينة لابد من توافرها وهي: وجود

المصدر المهتز، وحدوث اضطراب يقوم بالانتقال من المصدر المهتز الى الوسط المادي، وأيضاً وجود وسط مادي مرن وهذا الوسط المادي هو الذي يحمل هذا الاهتزاز.

2-2 ماهية الضوء The nature of light

الضوء نوع من الطاقة كالطاقة الحرارية والكهربية والأجسام المضيئة -كالشمس مثلًا- ترسل إشعاعها لتتأثر به العين عن طريق مباشر أو عن طريق انعكاس تلك الأشعة على الأجسام. ويكون الضوء جزءًا من الطيف الكهرومغناطيسي، ويقع في منطقة بين الأشعة فوق البنفسجية وأشعة تحت الحمراء.

تنشأ الأمواج الكهرومغناطيسية عندما يثار إلكترون ذرة ما إلى مستويات طاقة أعلى، ثم بعودته إلى مستواه الأصلي تنبعث الطاقة الزائدة على شكل كمات من الطاقة أو فوتونات لتكون الطيف الكهرومغناطيسي. ويتوقف طول موجة الفوتون المنبعث من الذرة على كمية الطاقة التي يحتويها الفوتون. وتقع أمواج الضوء المنظور فيما بين أطوال الموجات ٣٨٠٠، 7500 إنجستروم حيث يحد هذه المنطقة من الطيف المنظور الاشعاع البنفسجي من ناحية الموجات القصيرة والإشعاع الأحمر من ناحية الموجات الطويلة.

وللضوء صفات عامة يمكن تلخيصها فيما يلي:

1- ينتقل الضوء بسرعة كبيرة تساوي $3x10^8$ متر/ث .

2- تتحرك فوتونات الضوء في خطوط مستقيمة وهي التي ستمثل بالأشعة .

3- لا يحتاج الضوء لوسط ناقل له إذ يمكن للفوتونات الانتقال في الفراغ .

4- يمكن للضوء أن ينعكس على السطوح المصقولة، كما يمكن له أن ينكسر عند انتقاله من وسط إلى آخر .

5- للضوء طبيعة موجية، ولذلك يمكن أن يتداخل كما تظهر له ظاهرتا الحيود والاستقطاب.

6- لا يتأثر الضوء بالمجالات الكهربية أو المغناطيسية .

7- طاقة فوتون الضوء hf حيث f تردده، h ثابت بلانك ويرتبط التردد f بطول موجة الفوتون λ بسرعة الضوء بالعلاقة

$$C = f . \lambda$$

2-3 مصادر الضوء Light sources

تنقسم المصادر الضوئية إلى:-

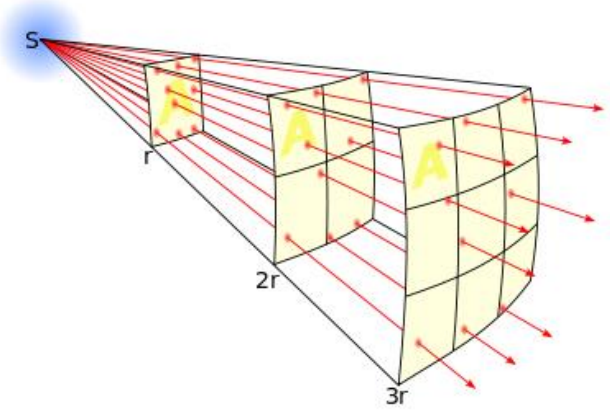
١- المصادر الضوئية الطبيعية للضوء هي الشمس والنجوم وتشع الشمس ضوء لأنها ساخنة نتيجة للتفاعلات الذرية التي تحدث بداخلها، وتبلغ درجة حرارة سطحها حوالي ٦٠٠٠°م وتعتبر هي المصدر الطبيعي الرئيسي للحرارة .

٢- (أ) المصادر الضوئية الصناعية فتشع ضوءًا نتيجة لأن درجة حرارتها عالية ولكن هذه الطريقة لحدوث الضوء ليست ذو فائدة كبيرة. إذ أن الجزء الأكبر من الطاقة التي يحصل عليها الجسم الساخن تكون على شكل اشعاع غير مرئي (حرارة). والجزء الأكبر من الطاقة تظهر كإشعاع مرئي (ضوء). وكلما زادت درجة حرارة الجسم كلما زادت نسبة الطاقة المرئية (الضوء) إلى الطاقة الغير مرئية وهي الحرارة مثل اللهب.

(ب) مصادر ينبعث منها الضوء كنتيجة تحول الطاقة الكهربية إلى طاقة ضوئية كما يحدث في المصابيح الكهربائية وهي إحدى المصادر الصناعية التي تشع ضوءًا. ويتكون المصباح الكهربائي من أنبوبة زجاجية تحتوي على غاز خامل مثل الأرجون ويوجد بداخل الأنبوبة سلك مصنوع من معدن ذات درجة انصهار عالية جدًا مثل مادة التنجستين. ويلحم نهايتي السلك في الأنبوبة الزجاجية بحيث يكون هناك عازلًا بين نهايتي السلك، وفائدة الغاز الخامل هو التقليل من تبخر المعدن. فإذا وصلنا طرفي السلك الموجود في المصباح الكهربائي بمصدر كهربي فإن تيارًا كهربيًا يسري في السلك ويكتسب بذلك طاقة كهربائية تتحول إلى طاقتين وهما طاقة غير مرئية وهي الطاقة الحرارية وطاقه مرئية وهي الطاقة الضوئية. ويوجد مصادر أخرى للضوء مثل القوس الكهربي وغير ذلك.

2-4 قياس الضوء Light measurment

<u>الفيض الضوئى:-</u> يعرف الفيض الضوئي بكمية الضوء التي تنبعث من مصدر الضوء في الثانية، ويقدر الفيض الضوئي بوحدة تسمى "اللومن" وهو الفيض الذي ينبعث في الثانية في زاوية مجسمة من مصدر قوة اضاءته شمعه عيارية. والشمعة العيارية تبعث في جميع الاتجاهات فيضًا قدره 4π لومن في الثانية.



شكل (17) الفيض الضوئي المنبعث من مصدر في زاوية مجسمة

شدة الاستضاءة:- تعرف شدة استضاءة سطح بالفيض الضوئي الذي يسقط عموديًا على وحدة المساحات في الثانية، فإذا فرضنا مصدرًا قوة اضاءته f شمعة عيارية فإن كمية الضوء F المنبعث منه في الثانية تعطى بالمعادلة

$$F = 4\pi f \qquad (6)$$

وإذا تصورنا كرة جوفاء مركزها المصدر ونصف قطرها R فإن شدة الاستضاءة عند أي نقطة من سطح الكرة تعطى بهذه المعادلة

$$I\left(\text{شدة الأستضاءة}\right) = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{4\pi f}{4\pi r^2}$$

$$= \frac{f}{r^2} \qquad (\text{لومن/سم}^2)$$

والوحدة العملية لقياس شدة استضاءة سطح هي "اللاكس" وهو الفيض الضوئي لكل متر مربع أي أن:

اللومن / سم^2= 10^{-4} لاكس .

قوة الإضاءة :- تعرف قوة إضاءة مصدر ضوئي بأنها الفيض الضوئي المنبعث منه في زاوية مجسمة مقدارها الوحدة و "الشمعة" هي وحدة قياس قوة إضاءة مصدر الضوء.

قانون التربيع العكسي

سبق أن ذكرنا أن الفيض الضوئي المنبعث في جميع الاتجاهات من مصدر قوة اضاءته F يعطى بالعلاقة $F=4\pi f$

واذا تصورنا كرتين مركزهما المصدر الضوئي ونصف قطرهما R_1 ، R_2 فإن شدة الاستضاءة على سطح الكرة الأولى يعطى بالمعادلة

$$I_1 = \frac{4\pi f}{4\pi R_1^2} = \frac{f}{R_1^2} \qquad (7)$$

وشدة الاستضاءة على سطح الكرة الثانية

$$I_2 = \frac{4\pi f}{4\pi R_2^2} = \frac{f}{R_2^2} \qquad (8)$$

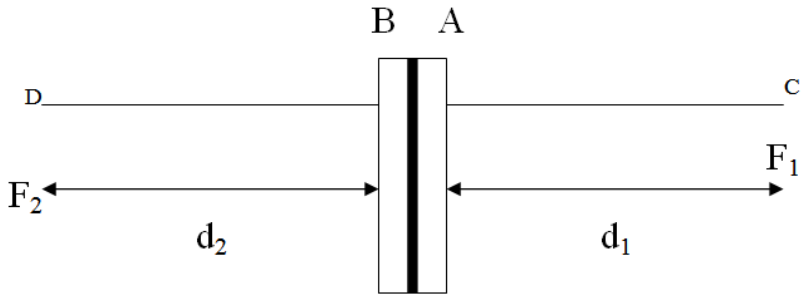
ومن هذا نرى أن شدة الاستضاءة على سطح مضاء عموديًا إضاءة منتظمة تتناسب عكسيًا مع مربع بُعد السطح عن المصدر وطرديًا مع قوة إضاءة.

الفوتومترات

الفوتومترات هي أجهزة يمكن استخدام سطحها للمقارنة بين قوتي إضاءة مصدرين وذلك بتغيير بعدهما عنه حتى تصبح شدة الاستضاءة الناتجة عنهما متساوية. يوجد أنواع مختلفة من الفوتومترات وستقتصر دراستنا علي فوتومتر "جولي".

فوتومتر "جولي":-

يتركب فوتومتر "جولي" من لوحين متماثلين A ، B من شمع البرافين يفصلهما صفيحة من القصدير كما بشكل (18).



شكل (18) تركيب فوتومتر جولي

فإذا وضع المصدران المراد مقارنة قوة استضاءتهما على جانبي الفوتومتر عند النقطتين C، D مثلا فإن اللوح A يصبح مضاء بالمصدر F_1 واللوح B يصبح مضاء بالمصدر F_2 وبتغيير بعد المصدرين عن الفوتومتر حتى تصبح شدة استضاءة اللوحين واحدة يكون

$$I_1=\frac{F_1}{d_1^2} \quad , \qquad I_2=\frac{F_2}{d_2^2}$$

$$\frac{F_1}{F_2}=\frac{d_1^2}{d_2^2}$$

حيث d_1 ، d_2 بعدا المصدرين على الترتيب.

2-5 أسئلـــــــة وتمارين

1- عرف "اللومن"، "اللاكس" واذكر العلاقة بينهما؟

2- اذكر قانون التربيع العكسي واشرح كيف يمكن تطبيقه في المقارنة بين قوة اضاءة مصدرين ضوئيين؟

3- اشرح كيف يمكن المقارنة بين قوة إضاءة مصدرين باستخدام فوتومتر جولي؟

4- وضع على أحد جانبي فوتومتر جولي وعلى مسافة 25 سم منه مصدر ضوء قوته 50 شمعة ووضع على الجانب الثاني وعلى مسافة 5 سم من الفوتومتر مصدر قوته 100 شمعة ففي أي جانب وعلى أي بعد من الفوتومتر يوضع مصدر قوته 25 شمعة حتى تتساوى شدة استضاءة سطحي الفوتومتر؟

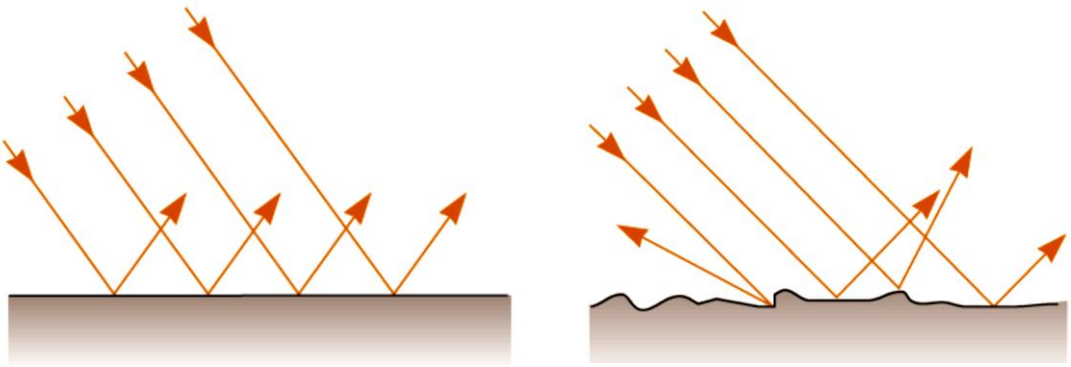
5- وضع حائل صغير على بعد 60 سم من منبع ضوئي بحيث كانت أشعة المنبع عمودية علي الحائل، ثم أبعد الحائل حتى صار بعده عن المنبع 100 سم وأدير حتى صارت زاوية سقوط الأشعة عليه 60 درجة. قارن بين شدتي استضاءة الحائل في الحالتين؟

6- مصبحان قوة أحدهما 27 شمعة وقوة الآخر 48 شمعة والبعد بينهما 84 سم. عند أي نقطة بين الخط الواصل بينهما يجب أن يوضع فوتومتر جولي لكي يُضاء جانباه بشدة واحدة؟

2-6 انعكاس الضوء Reflection of light

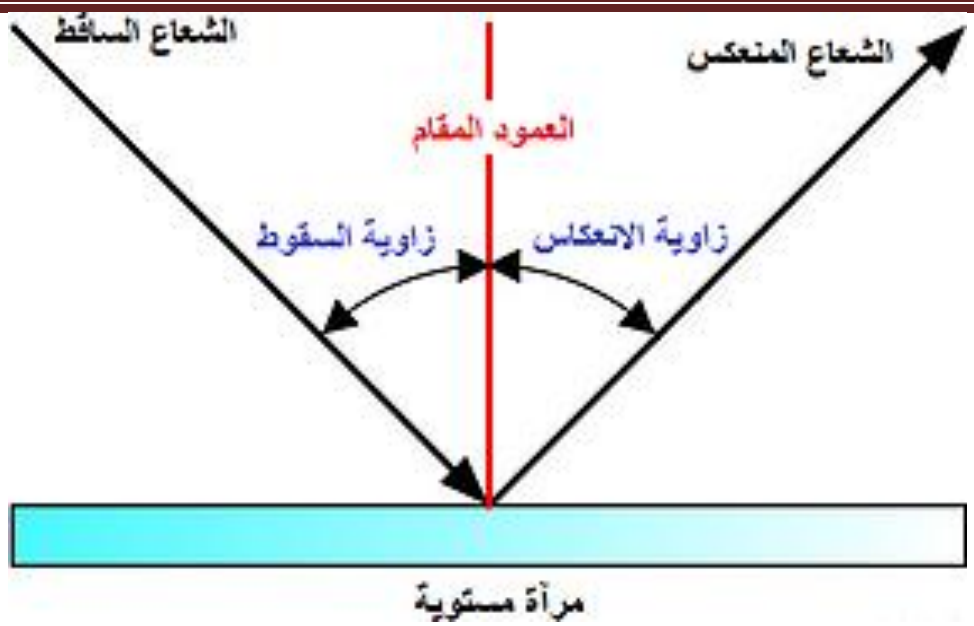
عند سقوط أشعة ضوئية على سطح يفصل بين وسطين فإن قدرا من الطاقة الضوئية يرتد وينعكس في الوسط الذي سقط منه وتتوقف نسبة ما ينعكس من ضوء على طبيعة السطح العاكس كما بالشكل (19). فسطح الزجاج مثلا يعكس ٥٪ من الأشعة الساقطة ويمتص ما بقي منها. والمرآة التي تستعمل بكثرة في حياتنا اليومية عبارة عن سطح أملس مفضض، يصنع بترسيب طبقة رقيقة من الفضة على السطح الخلفي للوح زجاجي .

وقد يكون الانعكاس منتظما عند الأسطح المصقولة، بينما يكون غير منتظم عند الأسطح الخشنة، حيث تنتشر الأشعة المنعكسة في جميع الاتجاهات الممكنة لتكون ما يعرف بظاهرة التشتت كماباشكل (20).



شكل (20) الإنعكاس المنتظم والغير منتظم

وجدير بالذكر أن جميع الأشياء التي نراها في حياتنا اليومية، كالزهور والكتب والملابس وغيرها من المرئيات، إنما ترى نتيجة لتشتت الضوء الساقط عليها بسبب خشونة السطح، إلا أن زاوية سقوط الأشعة عند نقطة ما تختلف عنها عند نقطة أخرى، بخلاف ما يحدث عند سطح مستو مصقول.



شكل (19) ظاهرة الإنعكاس في الضوء

وتعرف الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط والعمود المقام عند نقطة السقوط علىالسطح الأملس المستوي بزاوية السقوط. وكذلك تعرف الزاوية بين الشعاع المنعكس والعمود عند نقطة السقوط بزاوية الانعكاس.

لقد بينت التجارب أنه عندما ينعكس شعاع ضوئي عند سطح مستو فانه يمكن وصف طبيعة الضوء المنعكس في صورة قانون مكون من جزأين ويسمى بقانون الانعكاس.

قانون الانعكاس Law of reflection

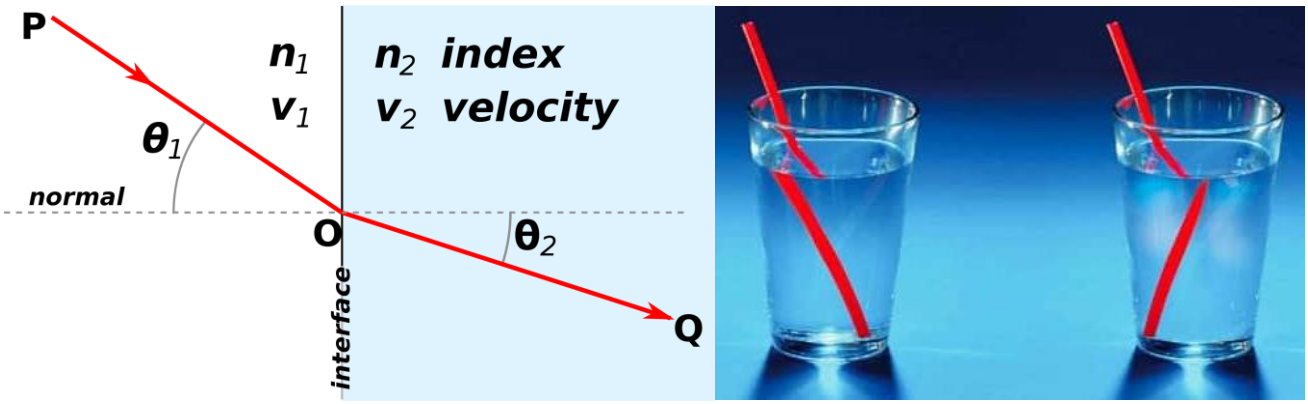
ينص على أنه إذا سقط شعاع ضوئي على سطح عاكس فان:

1- زاوية السقوط تساوي زاوية الانعكاس.

2-الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام على السطح العاكس تقع جميعها في مستوى واحد.

2-6 انكسار الضوء Refraction of light

عندما يسقط شعاع ضوئي على سطح أملس لمادة شفافة كالماء أو الزجاج فإنه سوف ينعكس جزء منه تبعا لقانون الانعكاس وينكسر الجزء الباقي خلال الوسط مغيرا اتجاهه كما بالشكل (21).



شكل (21) إنكسار الضوء بين وسطين

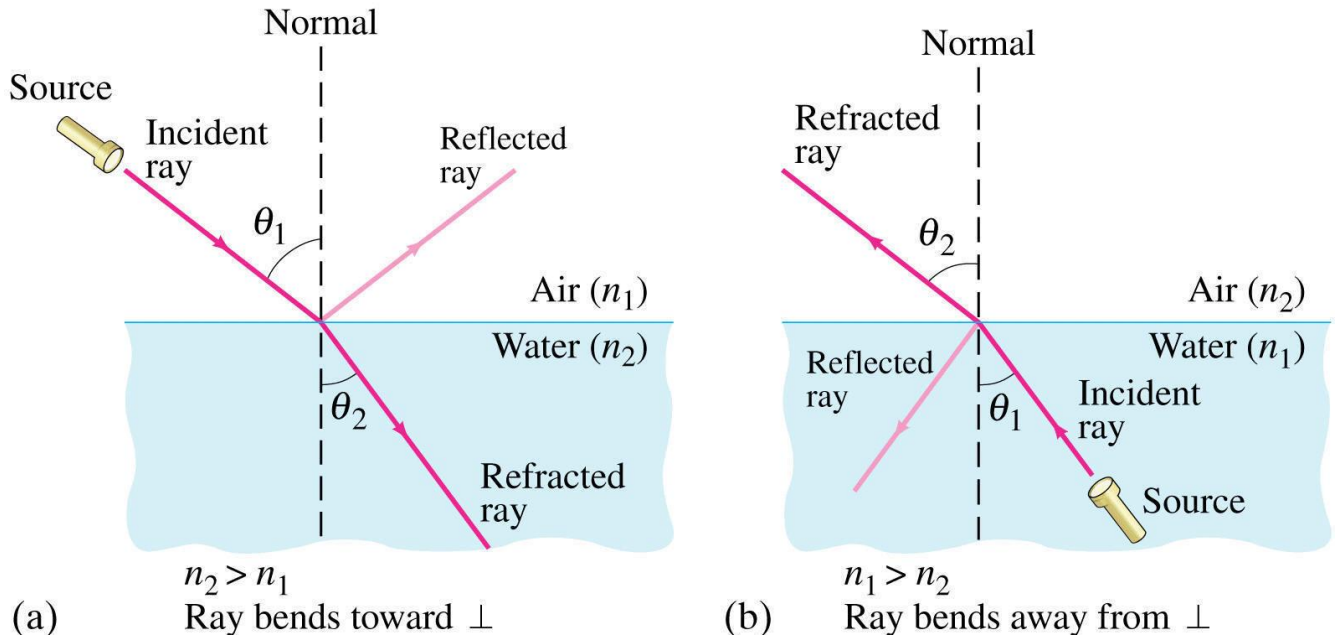
ما هو سبب انكسار الضوء؟

ينتج انكسار الضوء في الوسط الثاني بسبب التغير في سرعة الضوء إثر دخوله في هذا الوسط. (أي بسبب اختلاف كثافة الوسطين)، فإذا كانت سرعة الضوء في الوسط الثاني أقل من سرعته في الوسط الأول (أي أن الوسط الثاني أكبر كثافة من الوسط الأول) فإن الضوء سينكسر مقتربا من العمود المقام كما بالشكل (22). ويمكن تلخيص ذلك كما يلي:-

- إذا سقط الضوء من وسط أقل كثافة إلى وسط أكبر كثافة فإنه سينكسر مقتربا من العمود المقام.

- وإذا سقط الضوء من وسط أكبر كثافة إلى وسط أقل كثافة فإنه سينكسر مبتعدا عن العمود المقام.

- الزاوية$\theta 2$ تعرف بزاوية الانكسار.



شكل (22) إختلاف إنحراف الشعاع الضوئي بين وسطين حسب إختلاف الكثافة الضوئية بين الوسطين

زاوية الانكسارِ Angle of refraction

هي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود المقام على السطح الفاصل بين الوسطين. لقد بينت التجارب أنه عندما ينكسر شعاع ضوئي عند سطح فاصل بين وسطين فإنه يمكن وصف طبيعة الضوء المنكسر في صورة قانون مكون من جزأين ويسمى بقانون الانكسار أو(قانون سنل).

قانون الانكسار (قانون ســــــنل)

ينص قانون الانكسار على أنه إذا سقط شعاع ضوئي على سطح فاصل بين وسطين مختلفين فإن:

1- النسبة بين جيبي زاوية السقوط في الوسط الأول وزاوية الانكسار في الوسط الثاني تساوي معكوس النسبة بين معاملي انكسار الوسطين على الترتيب.

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=\frac{n_2}{n_1}$$

أو إن

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

وهو ما يعرف بقانون سنل .

حالة خاصة:

إذا سقط الضوء من الهواء ($n_1=1$) إلى وسط معامل انكساره ($n_2=n$) فإن:

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}=n$$

2- الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والعمود المقام على السطح الفاصل تقع جميعها في مستوى واحد.

مثال:

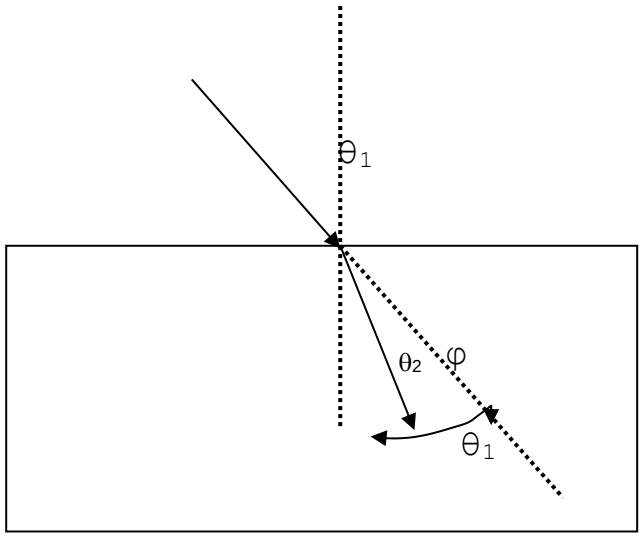
سقط ضوء في الهواء بزاوية 45 درجة على سطح لوح من الزجاج معامل انكساره 1.5 كما بالشكل (23)

أ- احسب زاوية انكسار الضوء نتيجة لانكساره عند السطح العلوي.

ب- هل ينكسر الشعاع مقتربا أم مبتعدا عن العمود المقام؟

ج- احسب الزاوية التي ينحرفها الضوء.

الحل: (أ)



شكل (23)

$$\theta_1 = 45^0, n = 1.52$$

$$\theta_2 = ?$$

$$n = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$

$$\sin\theta_2 = \frac{\sin 45}{1.52} = 0.4652$$

$$\theta_2 = \sin^{-1}(0.4652) = 27.72^0$$

ب- بما أن $\theta_2 < \theta_1$ فإن الشعاع سوف ينكسر مقترباً من العمود المقام، وهذا صحيح لان الشعاع سقط من وسط أقل كثافة (الهواء) إلى وسط أكبر كثافة (الزجاج).

ج- واضح من الشكل أن زاوية الانحراف هي

$$\varphi = \theta_1 - \theta_2 = 45 - 27.72 = 17.28^0$$

الزاوية φ تلفظ (فاي Phi)

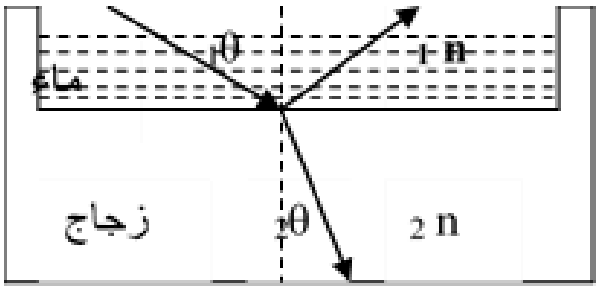
مثال:

سقط شعاع ضوئي من الماء (n_1=1.33) بزاوية (θ_1=600) على سطح لوح من الزجاج (n_2=1.52) كما يالشكل (24) أوجد:

أ- اتجاه الشعاع المنعكس (θ_r = ?)

ب- اتجاه الشعاع المنكسر (θ_2= ?)

الحل:



شكل (24)

$$\theta_r = \theta_1$$
$$\theta_r = 60^0$$
$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$
$$1.33 \sin 60 = 1.52 \sin\theta_2$$
$$\sin\theta_2 = 0.7577$$
$$\theta_2 = \sin^{-1}(0.7577) = 49.27^0$$

نلاحظ أن الشعاع المنكسر اقترب من العمود المقام وذلك لأن كثافة الزجاج أكبر من كثافة الماء، أي لأن الضوء انتقل من وسط أقل كثافة إلى وسط أكبر كثافة.

معامل الانكسار Refractive index

تسمى النسبة بين سرعة الضوء في الفراغ وسرعته في وسط بمعامل الانكسار او معامل انكسار الوسط ، ويرمز له بالرمز n

$$n = \frac{c}{v}$$

حيث v هي سرعة الضوء في الوسط.

يلاحظ من هذا القانون أن معامل الانكسار ليس له وحدة وذلك لأنه عبارة عن حاصل قسمة سرعتين.

مثال:

احسب سرعة الضوء في ثاني كبريتيد الكربون إذا علم أن معامل انكساره 1.63

بفرض أن سرعة الضوء في الفراغ تساوي 3×10^8m/s .

الحل:

$$n = \frac{c}{v}$$

$$v = \frac{c}{n}$$

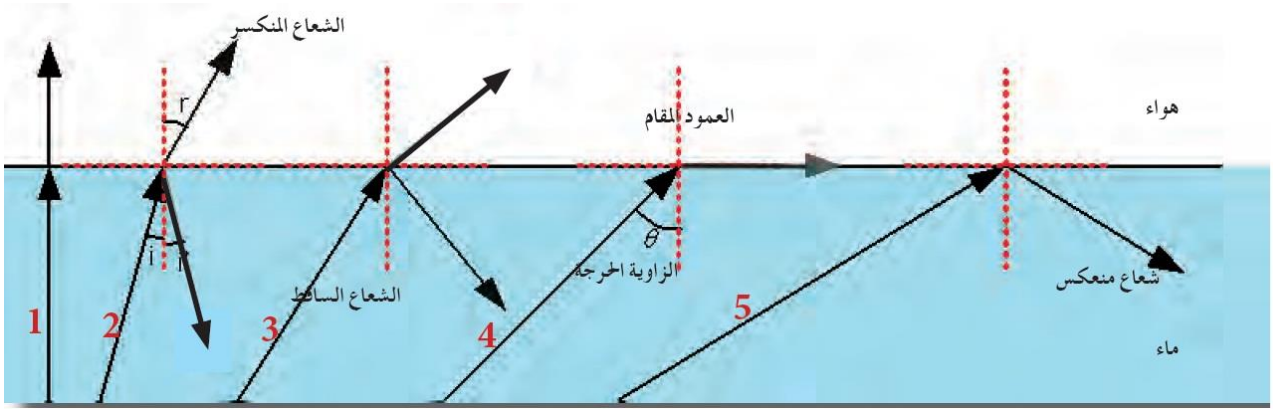
$$v = \frac{3\times10^8}{1.63} = 1.84\times10^8\, m/s$$

2-7 الانعكاس الداخلي الكلي Total internal reflection

عندما ينتقل الضوء من وسط أكبر كثافة إلى وسط أقل كثافة تكون زاوية الانكسار دائما أكبر من زاوية السقوط ، بمعنى أن الشعاع ينكسر مبتعدا عن العمود المقام . وكلما زادت زاوية

السقوط سوف تزداد زاوية الانكسار كما هو موضح بالشكل (25) ، وأكبر زاوية انكسار ممكنة في الوسط الأقل كثافة هي 90 درجة.

زاوية السقوط (في الوسط الأكبر كثافة) المناظرة لأكبر زاوية انكسار ممكنة (90 درجة) تسمى بالزاوية الحرجة (critical angle). وإذا زادت زاوية السقوط عن الزاوية الحرجة فإن الشعاع سوف ينعكس كليا في داخل الوسط نفسه الذي سقط منه الشعاع ، وهذا ما يعرف بالانعكاس الداخلي الكلي.



شكل (25) الإنعكاس الكلي

ويمكن حساب الزاوية الحرجة(θ_C) بوضع $\theta_2 = 90^o$ في قانون سنل:

$$n_1 \sin\theta_1 = n_2 \sin\theta_2$$

$$n_1 \sin\theta_c = n_2 \sin 90$$

$$n_1 \sin\theta_c = n_2$$

$$\sin\theta_c = \frac{n_2}{n_1}$$

فعلى سبيل المثال إذا سقط الضوء من داخل مياه البحر ($n_1=1.33$) إلى الهواء الخارجي ($n_2=1$) فإن :

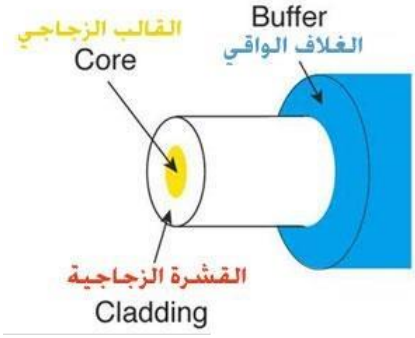
$\sin\theta_c=1\div1.33=0.75188$

$\therefore\theta_c=\sin^{-1}(0.75188)=48.70$

بعض التطبيقات على ظاهرة الانعكاس الكلى

الألياف الضوئية

تعتبر الألياف الضوئية من أحد التطبيقات الهامة لظاهرة الانعكاس الكلى حيث تقوم "الليفة" فى سمك شعرة الرأس من الزجاج أو البلاستك بنقل الضوء من مكان إلى آخر و تسمى الليفة الضوئية Optical Fiber و تتكون الليفة الضوئية من قلب core اسطوانى و هو الذى يحمل الضوء مغلف بغلاف cladding على شكل اسطوانة متحدة المحور مع القلب و يصنع القلب من الزجاج أو البلاستك ذو معامل انكسار أكبر من معامل انكسار مادة الغلاف التى تكون عادة أيضا من نوع آخر من الزجاج أو البلاستك كما هو موضح بالشكل (26).



شكل (26) تركيب الألياف الضوئية

بذلك فإن الضوء الذى يدخل من أحد طرفى الليفة الضوئية بحيث يسقط على السطح الفاصل بين قلب الليفة والغلاف بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة ينعكس انعكاسا كليا ويرتد إلى القلب مرة أخرى و يسقط على السطح الفاصل فى نقطة أخرى بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة .

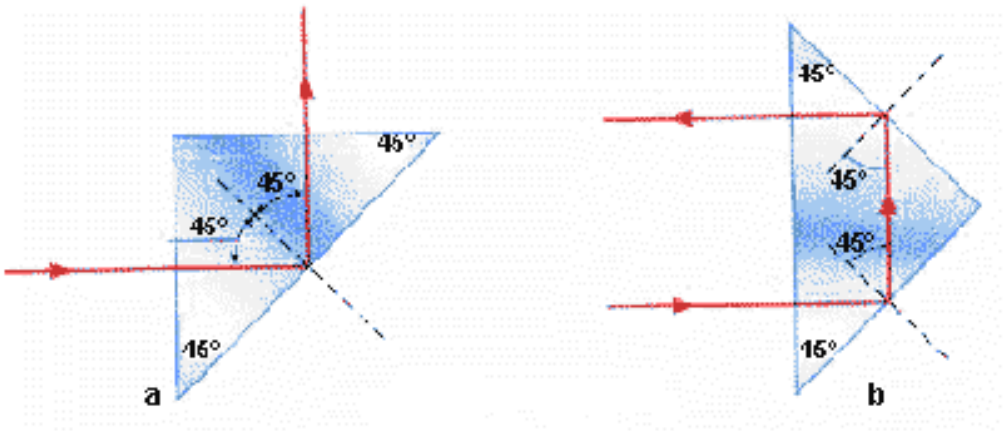
وهكذا فإن الضوء يعانى انعكاسات كلية متعاقبة حتى يخرج من الطرف الآخر من الليفة الضوئية. وفى الأنواع الجيدة من الألياف الضوئية تكون كمية الضـوء المفقودة بالامتصاص فى قلب الليفة الضوئية قليلة جدا و بذلك يمكن نقل الضوء لمسافة قد تبلغ بضعة كيلومترات دون أن تقل شدته بكمية كبيرة .

وعادة يوضع عدد كبير من الألياف الضوئية مع بعضها لتكون حزمة مرنة (كابل) . و تستخدم كابلات الألياف الضوئية فى مجال الاتصالات حيث يحمل الضوء المعلومات خلال الألياف الضوئية تماما كما يحملها التيار الكهربى خلال الأسلاك مع مميزات هامة للألياف الضوئية منها أن الضوء المحمول لا يتأثر بتداخلات المجالات الكهربية بالإضافة إلى السعة العالية لنقل المعلومات . فشعاع الليزر الذى ينتقل فى ليفة ضوئية واحدة يمكنه نقل بضعة عشرات من المكالمات التلفونية وبضعة برامج تلفزيونيــة فى وقت واحد . ولقد لاقت تطبيقات الألياف الضوئية فى مجال الطب نجاحا منقطع النظير وعلى سبيل المثال فى مجال المناظير التى تستخدم فى التشخيص لأمراض الرئة والمعدة والأمعاء وغيرها و كذلك فى مجال الجراحة لمعظم أعضاء الجسم و التى أصبحت تتم بفتحات صغيرة للغاية . وهناك مجالات كثيرة أخرى تستخدم فيها الألياف الضوئية علمية كانت أو تطبيقية .

المنشور العاكس:

فى كثير من الآلات البصرية مثل البيروسكوب و التليسكوب يستخدم منشور ثلاثى فى وضع تستغل فيه ظاهرة الانعكاس الكلى لتغيير مسار الضوء بمقدار 90° أو 180° كما بالشكل (27). و المعروف أن معامل انكسار الزجاج 1.5 و معامل انكسار الهواء 1 و بذلك تكون

الزاوية الحرجة من الزجاج إلى الهواء 42 درجة . الشكل التالي يوضح مسار شعاع ضوئى يسقط على منشور ثلاثى 90 ° ، 45 ° ، 45 ° من زجاج معامل انكسار مادته 1.5 . يسقط الضوء عموديا على أحد الأوجه المجاورة للقائمة فيمردون أن يعانى انكسارا ليسقط بزاوية 45 درجة مع العمود على الوجه المقابل للقائمة . و هذه الزاوية أكبر من الزاوية الحرجة زجاج / هواء فيعانى الشعاع انعكاسا كليا و يرتد بزاوية انعكاس 45 درجة مع العمود و يسقط عموديا على الوجه الآخر المجاور للقائمة و يخرج إلى الهواء دون أن يعانى انكسارا على هذا الوجه . و بذلك يكون مسار الضوء قد تغير بمقدار 90 درجة . أما الشكل (b) فيوضح كيفية استخدام المنشور العاكس لتغيير مسار الضوء بمقدار 180 درجة حيث يحدث الانعكاس الكلى مرتين فى هذه الحالة .



شكل (27) الإنعكاس الكلي بالمنشور الثلاثي

ومن المعروف أن تغيير مسار شعاع الضوء يمكن أن يتم أيضا باستخدام المرآة المستوية حيث توضع المرآة مائلة بزاوية 45 درجة على اتجاه الشعاع فيتغير اتجاه الشعاع بعد انعكاسه على المرآة بمقدار 90 درجة.

باستخدام مرآتين يمكن تغيير مسار الشعاع بمقدار 180 درجة. ولكن قد يفضل المنشور على المرآة حيث يكون الانعكاس فى المنشور كليا بمعنى أن 100% من الأشعة الساقطة تنعكس بينما يصعب الحصول على مرآة تعكس 100% من الأشعة الساقطة عليها . بالإضافة إلى أن هناك بعض العوامل التى قد تؤثر على السطح العاكس و تقل كفاءته مع مرور الزمن و لا يحدث هذا فى المنشور.

2-8 المرايا:

سطوح ناعمه عاكسة مصنوعة من معدن لامع أو من زجاج طلي أحد سطوحه بماده مثل التين أو الزئبق أو الفضة

المرأة المستوية: عندما يكون السطح العاكس مستويا تسمى المرايا بالمرأة المستوية (شكل 28)

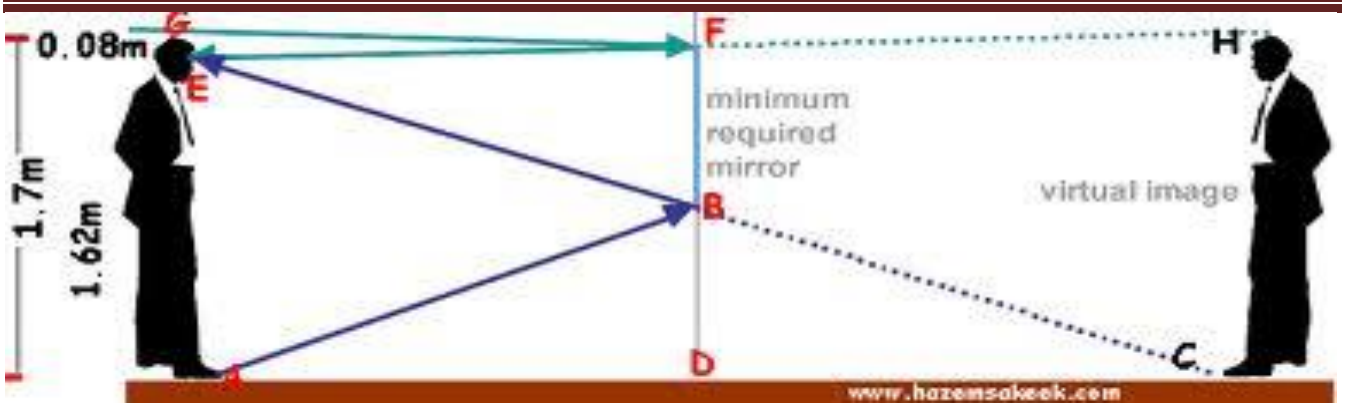
صفات الصورة المتكونة في المرآة المستوية:

⇐صورة تقديرية وهمية

⇐معتدلة غير مقلوبة

⇐مساوية في قياسها للجسم و متماثلة معه بالنسبة إلى سطحها

⇐انعكاس (انقلاب) اليسار و اليمين



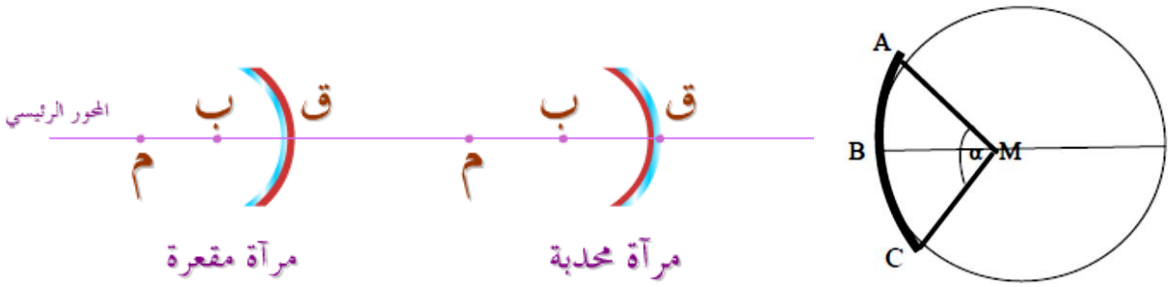
شكل (28) المرايا المستوية

قانون التكبير في المرايا المستوية:

$$M = \frac{\text{طول الصورة}}{\text{طول الجسم}}$$

2-9 المرايا الكرية

يمكن تعريف المرآة الكرية بأنها السطح الناتج من تقاطع كرة بمستوى. و تكون المرآة مقعرة إذا كان سطحها الداخلى عاكسا و تكون محدبة إذا كان سطحها الخارجى عاكسا كما بالشكل (29).



شكل (29) المرايا الكرية

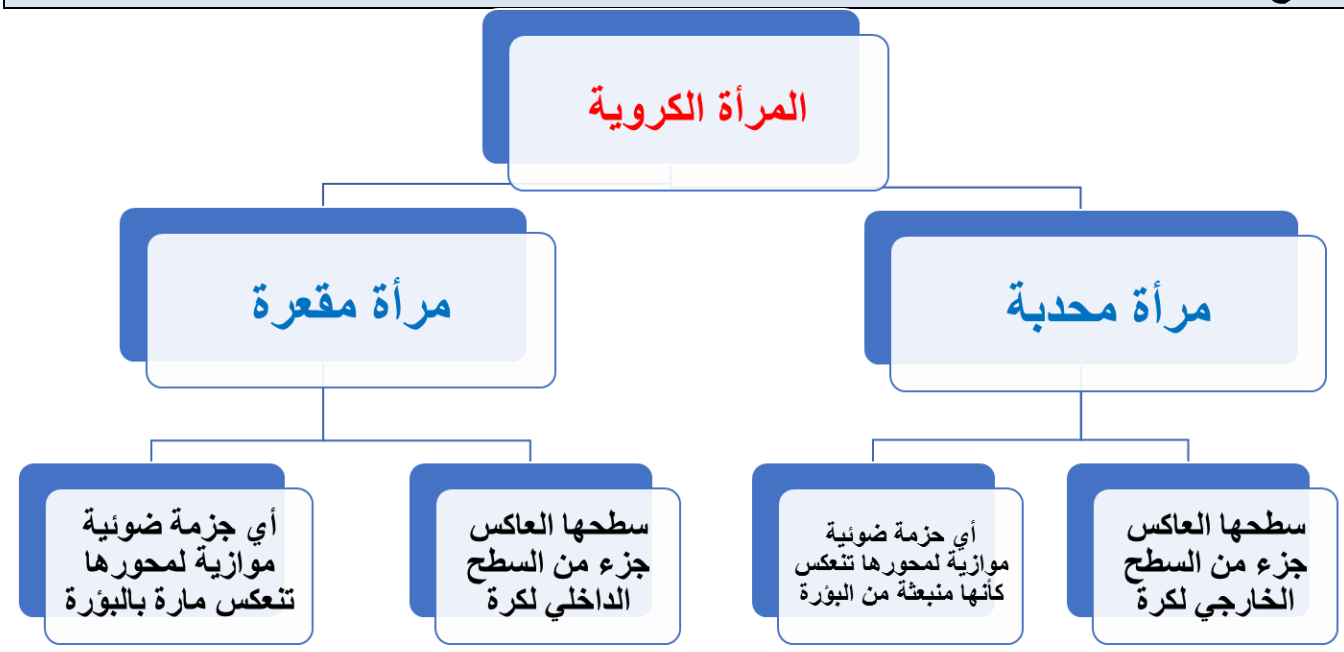
و يسمى قطر دائرة تقاطع الكرة بالمستوى بالاتساع الخطى للمرآة، أما الاتساع الزاوى فتقدر قيمته بمقدار الزاوية α كما بالشكل. و يسمى المستقيم الواصل بين قطب المرآة B و مركز تكورها M بالمحور الرئيسى للمرآة.

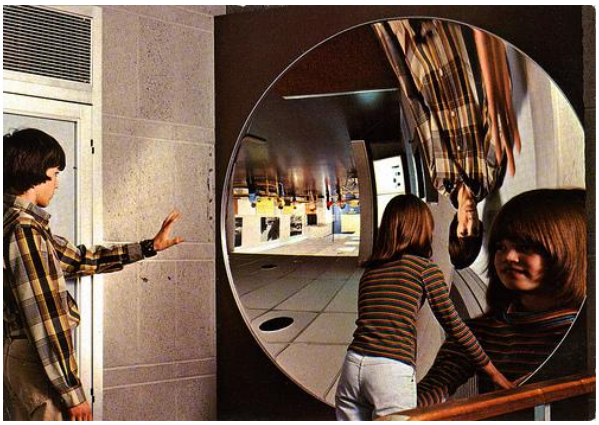
بعض التعريفات الهامة

- ✓ **المحور الأساسي :** الخط الحامل لنصف القطر و المار بمركز الكرة ويتقاطع مع سطح المرآة بالقطب.s
- ✓ **نصف قطر الكرة** (نصف قطر التكور : r) المسافة بين القطب و مركز الكرة .
- ✓ **بؤرة المرآة : f** نقطة الوسط بين القطب و مركز الكرة.
- ✓ **البعد البؤري :** المسافة من قطب المرآة إلى البؤرة

$$f = \frac{r}{2}$$

انواع المريا الكروية





شكل (29) أنواع المريا الكرية

مصطلح الإشارات

1. جميع المسافات – مقاسة من قطب المرآة - تكون سالبة في اتجاه انتشار الضوء و موجبة في الاتجاه المضاد لانتشار الضوء.
2. يكون البعد البؤرى موجبا للمرآة المقعرة و سالبا للمرآة المحدبة.

البعد	الرمز	اشاره موجبة	اشارة سالبة
بعد الجسم	**U**	**جسم حقيقي**	**جسم تقديري**
بعد الصورة	**V**	**صورة حقيقية**	**صوره تقديرية**
البعد البؤري	**f**	**مرأة مقعرة**	**مرآة محدبة**
التكبير	**M**	**صورة معتدلة**	**صورة مقلوبة**

رسم الأشعة المنعكسة على المرايا الكروية:-

في المرايا المقعرة	في المرايا المحدبة
(1) الشعاع الساقط موازيًا للمحور الأصلي ◆ ينعكس مارًا بالبؤرة الأصلية لها	(1) الشعاع الساقط موازيًا للمحور الأصلي ◆ ينعكس بحيث يمر امتداده بالبؤرة الأصلية لها
(2) الشعاع الساقط مارًا بالبؤرة الأصلية ◆ ينعكس موازيًا للمحور الأصلي لها	(2)الشعاع الساقط مارًا بالبؤرة الأصلية ◆ ينعكس بحيث يمر امتداده بالمحور الأصلي
(3) الشعاع الساقط المار بمركز التكور ◆ ينعكس على نفسه	(3) الشعاع الساقط مارًا بمركز التكور ◆ ينعكس على نفسه

القانون العام للمرايا

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{V}+\frac{1}{U}$$

حيث أن f البعد البؤري ، V بعد الصورة ، U بعد الجسم عن المرآه .

قانون التكبير

$$\boldsymbol{M=\frac{L'}{L}=\frac{A'B'}{AB}=-\frac{V}{U}}$$

حيث أن M التكبير في الصورة ، L` طول الصورة ، L طول الجسم ، A`B` بعد الصورة، AB بعد الجسم . والإشارة السالبة تعني أن الصورة مقلوبة.

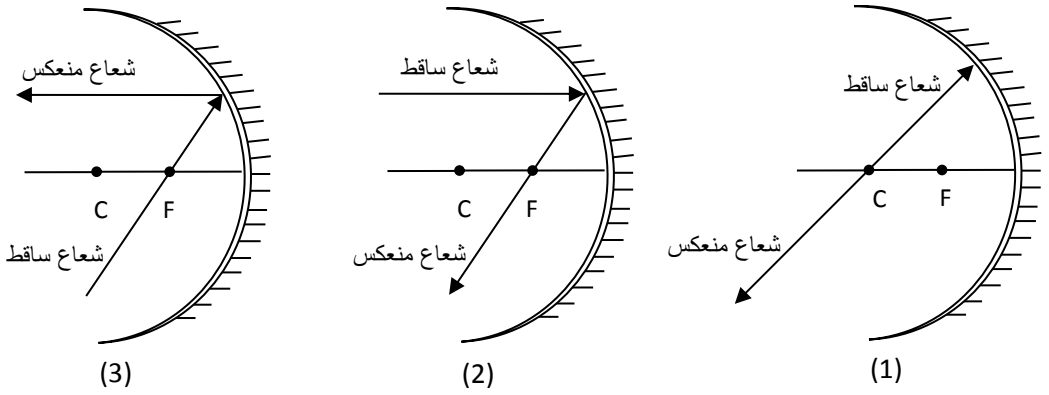
مواضع الصورة المتكونة بالمرآه المقعرة:

يمكن تحديد موقع وطبيعة الصور المتكونة بواسطة المرايا الكرية برسم اثنين من ثلاث أشعة يمكن رسمها بسهولة وهي موضحة على الترتيب بالشكل (30) كما يلي:

1- شعاع مار بمركز التكور فينعكس على نفسه.

2- شعاع موازي للمحور الأصلي فينعكس في البؤرة.

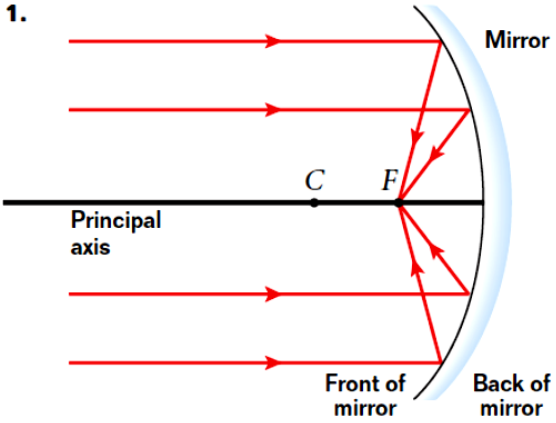
3- شعاع مار بالبؤرة فينعكس موازيا للمحور الأصلي.



شكل (30) مسارات الأشعة الضوئية

فإذا تكونت صورة لجسم أمكن استقبالها على حائل فان الصورة تكون حقيقية (الصورة الحقيقية هي التي تظهر أمام المرآة) أما إذا لم يمكن استقبالها على حائل تكون صورة تقديرية (الصورة التقديرية هي التي تظهر خلف المرآة), والأشكال التالية توضح موقع وطبيعة الصورة المتكونة بواسطة المرآة المقعرة.

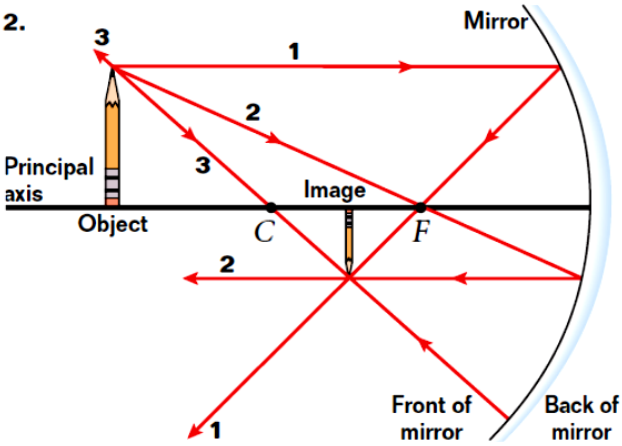
1.



Configuration: object at infinity

Image: real image at *F*

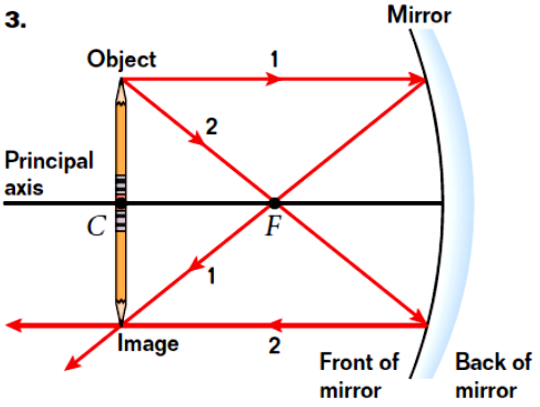
2.



Configuration: object outside *C*

Image: real image between *C* and *F*, inverted with magnification < 1

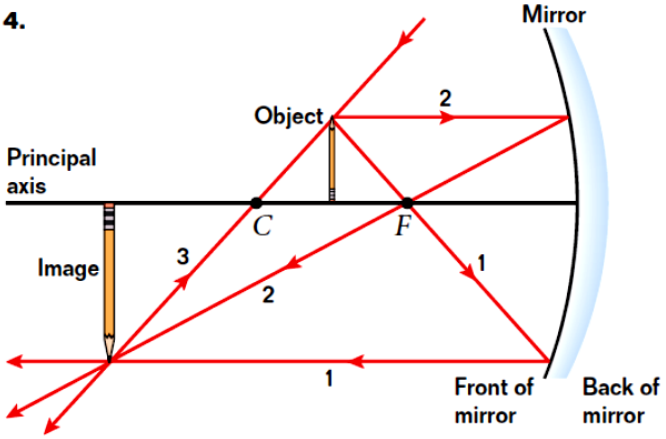
3.



Configuration: object at *C*

Image: real image at *C*, inverted with magnification = 1

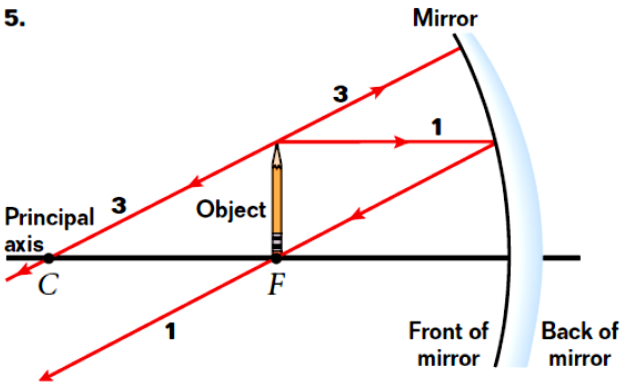
4.



Configuration: object between *C* and *F*

Image: real image at *C*, inverted with magnification > 1

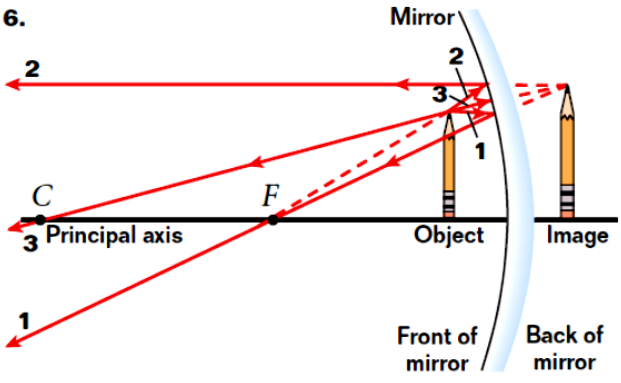
5.



Configuration: object at *F*

Image: image at infinity (no image)

6.



Configuration: object inside *F*

Image: virtual, upright image at *C* with magnification >1

شكل (31) الصور المتكونة بالمرآه المقعرة

وعندما تكون المرآة محدبة , أي أن بؤرتها تقديرية , فإن جميع الصور المتكونة للجسم تكون صورا تقديرية معتدلة ، والشكل (32) يوضح أحد هذه الحالات:

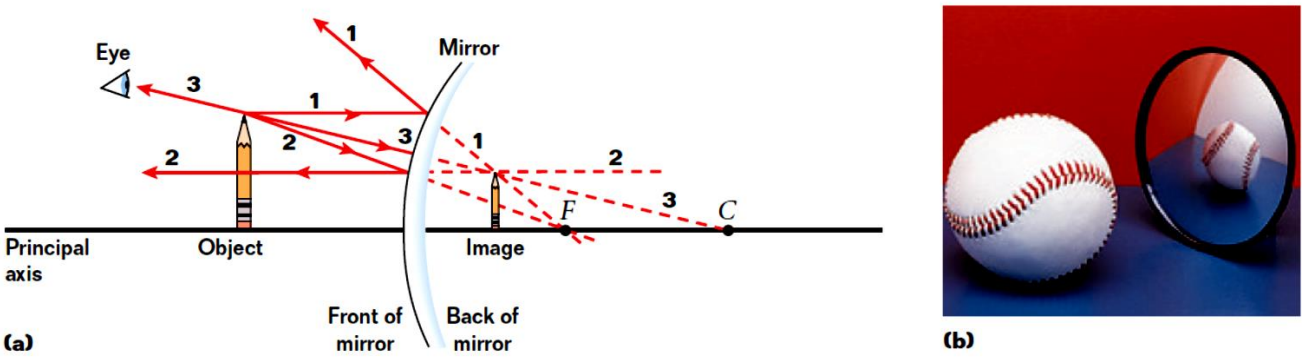


Figure 13
Light rays diverge upon reflection from a convex mirror **(a)**, forming a virtual image that is always smaller than the object **(b)**.

شكل (32) الصور المتكونة بالمرآه المحدبة

مثال

إذا وضع جسم على بعد 20 سم من قطب مرآة مقعرة قطرها 10 سم ، أوجد بعد الصورة المتكونة عن قطب المرآة و كذلك البعد البؤرى لهذه المرآة.

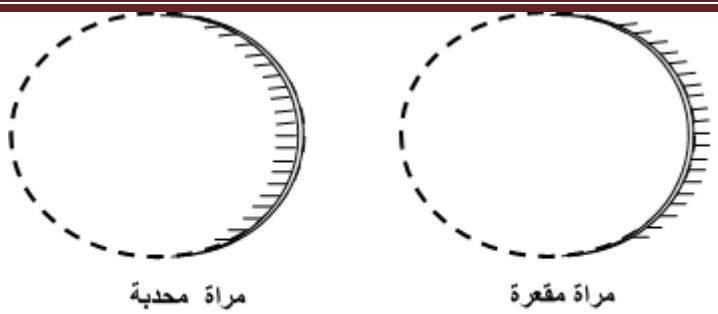
الحل

$$\frac{2}{5} = \frac{1}{20} + \frac{1}{V}$$

f = 2.5 cm(البعد البؤرى) V = 2.86 cm , (بعد الصورة)

الصور المتكونة بالمرايا المحدبة Convex mirrors

وتسمى أيضا بالمرآة المفرقة (Diverging mirror) وذلك لأنها تفرق الأشعة الساقطة عليها ويكون سطحها العاكس هو السطح المحدب.



شكل (33) أنواع المرايا الكرية

مثال

ما نوع المرآة اللازمة لتكوين صورة لفتيل مصباح موضوع على بعد ١٠ سم منها على حائط يبعد عن المرآة بمسافة قدرها ثلاثة أمتار وكم يكون ارتفاع الصورة إذا كان ارتفاع الجسم 5 مم.

الحل

$U = 10\ cm\ , V = 300cm$

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{V} + \frac{1}{U}$$

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{300} + \frac{1}{10}$$

$$R = 19.4\ cm$$

وحيث أن نصف قطر التكور موجباً فإن المرآة المطلوبة هي مرآة مقعرة.

$$m = -\frac{Y}{X} = -\frac{300}{10} = -30$$

وحيثُ أن التكبير سالب فهذا يعني أن الصورة مقلوبة وتساوي قدر ارتفاع الجسم 30 مرة.

$$\text{طول الصورة} = 5 \times 30 = 150 = 15cm$$

مثال

جسم صغير موضوع على بعد 8 سم يسار قطب مرآة مقعرة نصف قطر تكورها 24 سم.

أوجد موضع الصورة الناتجة وكذلك التكبير.

الحل

$X = 8\ cm\ .\ R = 24\ cm$

$$\frac{2}{24} = \frac{1}{Y} + \frac{1}{8}$$

$$Y = -24\ cm$$

$$m = -\frac{Y}{X} = -\frac{-24}{8} = 3$$

حيث أن التكبير موجب معنى ذلك أن الصورة تقديرية مكبرة وقدر ارتفاع الجسم ثلاث مرات.

2-10 أسئلـــــــة وتمارين

1- عرف الإنعكاس في الضوء مع ذكر القوانين الحاكمة له؟

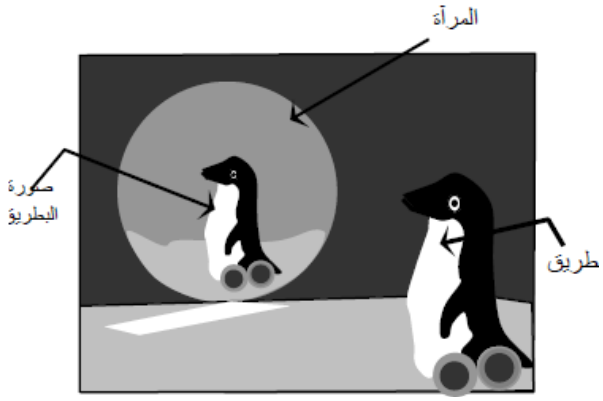
2- إشرح الإنعكاس عند السطح الكرى المقعر؟

3- إشرح الإنعكاس عند السطح الكرى المحدب؟

4- عرف كلا من : قطب المرآة - مركز المرآة - المحور الرئيسي للمرآة - بؤرة المرآة - البعد البؤري للمرآة

5- ناقش الصور المتكونة المرآة المقعرة من حيث موضع الجسم والصورة- شكل الصورة – حجم الصورة

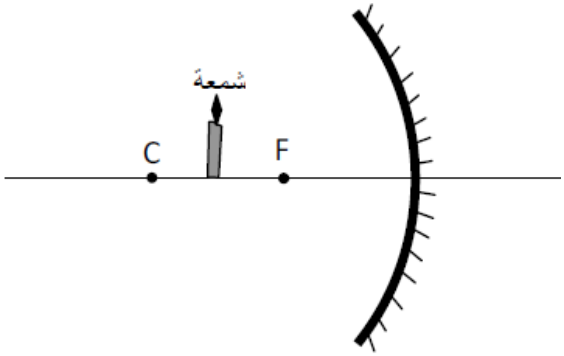
6- يبين الشكل (34) المجاور بطريقاً يقف أمام مرآة كروية وقد كونت له صورة خلفها أجب عما يلي :



شكل (34)

- ما نوع المرآة؟.....
- أكتب صفات الصورة .....
- ماذا يحصل لطول صورة البطريق إذا اقترب من المرآة.....
- هل يمكن أن تتكون للبطريق صورة أمام المرآة إذا غير موقعه ؟ ولماذا ؟

7- في الشكل المجاور إذا كان بعد الشمعة عن المرآة 30 سم وكان البعد البؤري للمرآة 20سم أجب عما يلي :



شكل (35)

- مستعيناً بمخططات الأشعة شكل (35) بين بالرسم موقع صورة الشمعة .
- احسب بعد صورة الشمعة عن المرآة .

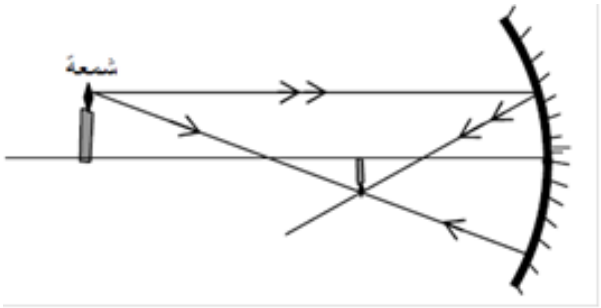
8- وضعت زجاجة ماء أمام مرآة كروية وعلى بعد 18سم منها فتكونت لها صورة أمام المرآة مكبرة ثلاث مرات احسب بعد الصورة عن المرآة ثم حدد نوع المرآة ؟

9- مرآة محدبة أخذت من كرة نصف قطر تكورها 12سم وضع أمامها جسم على بعد ضعف البعد البؤري أوجد:

- البعد البؤري للمرآة - بعد الصورة عن المرآة - صفات الصورة

10-مستعيناً بمخططات الأشعة الموضحة في الشكل (36) المجاور أجب عما يلي :

- عين على الرسم موضع كل من بؤرة المرآة ومركز تكورها ؟
- اكتب صفات الصورة .
- إذا كان بعد الشمعة عن المرآة (45سم) وبعد صورتها عن المرآة (25سم) فاحسب البعد البؤري للمرآة .



شكل (36)

11-وقف شخص أمام مرآة مستوية على بعد 4 متر احسب المسافة بينه وبين صورته؟

12-رجل يقف على بعد 10 متر أمام مرآة مستوية كبيرة – ما هى المسافة التى يجب أن يتحركها تجاه المرآة لتصبح المسافة بينه وبين صورته 5 متر.

13-وضع جسم على بعد 12 سم من مرآة نصف قطر تكورها 16 سم وضح مع الرسم مسارات الأشعة التى تكون صورة هذا الجسم مع ذكر صفاتها.

14-أوجد البعد البؤرى لمرآة نصف قطر تكورها =18 سم

15-إذا علمت أن البعد البؤرى لمرآة كرية = 8 سم أوجد نصف قطر تكورها.

16-وضع جسم على بعد 5 سم من مرآة فتكونت له صورة تقديرية مساوية للجسم – فما نوع المرآة وضح إجابتك بالرسم.

17-وضع جسم على بعد 8 سم من مرآة مقعرة بعدها البؤرى 4 سم وضح مع الرسم مسارات الأشعة التى تكون صورة هذا الجسم – مع ذكر صفاتها

18- وقف أحمد أمام مرآة مستوية على بعد 15سم – احسب المسافة بين أحمد وصورته فى المرآة . ثم إذا حركت المرآة فى اتجاه أحمد مسافة 5سم فما هو بعد أحمد عن المرآة فى هذه الحالة.

19- إذا كان البعد البؤرى لمرآة = 10 سم. فما هو نصف قطر تكورها؟

2-11 الصورة المكونة بالعدسات

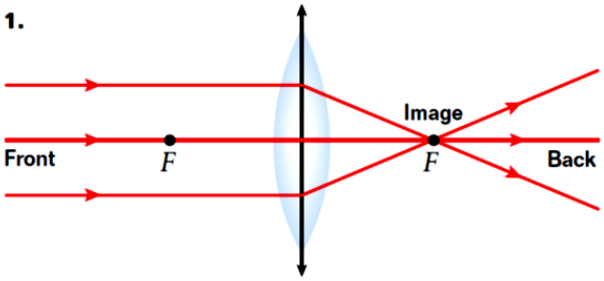
عند تعيين موضع صورة حادثة من عدسة ينتفع بقاعدتين هامتين هما:

أولًا: الشعاع الساقط على عدسة في اتجاه يوازي محورها الأصلي يمر ببؤرتها الأصلية بعد خروجه من العدسة.

ثانيًا: الشعاع الساقط على العدسة ويمر بمركزها البصري وينفذ منها دون أن يتغير اتجاهه.

كيف تتكون الصور في كل من العدسة المحدبة والعدسة المقعرة وما هي صفاتها؟

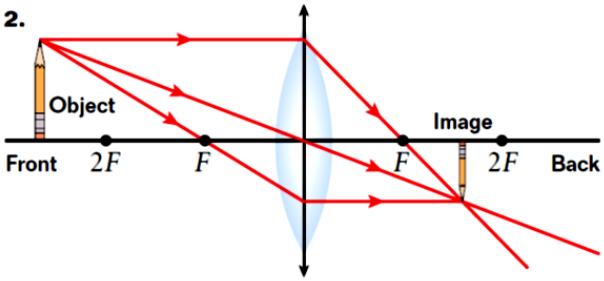
1.



Configuration: object at infinity; point image at *F*

Applications: burning a hole with a magnifying glass

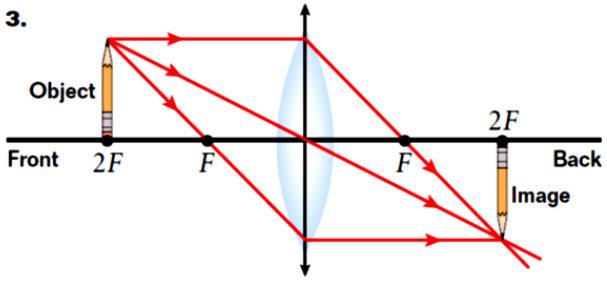
2.



Configuration: object outside 2*F*; real, smaller image between *F* and 2*F*

Applications: lens of a camera, human eyeball lens, and objective lens of a refracting telescope

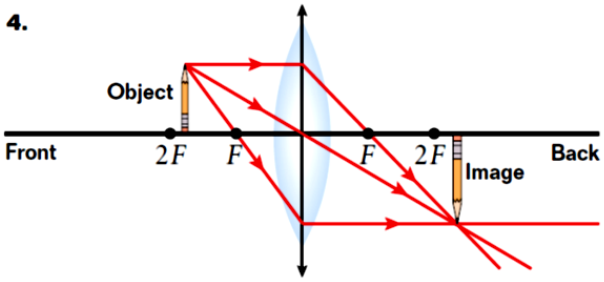
3.



Configuration: object at 2*F*; real image at 2*F* same size as object

Applications: inverting lens of a field telescope

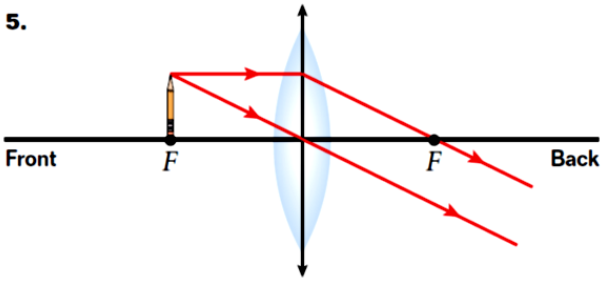
4.



Configuration: object between *F* and 2*F*; magnified real image outside 2*F*

Applications: motion-picture or slide projector and objective lens in a compound microscope

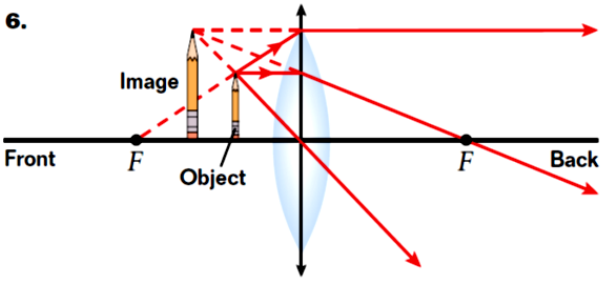
5.



Configuration: object at *F*; image at infinity

Applications: lenses used in lighthouses and searchlights

6.



Configuration: object inside *F*; magnified virtual image on the same side of the lens as the object

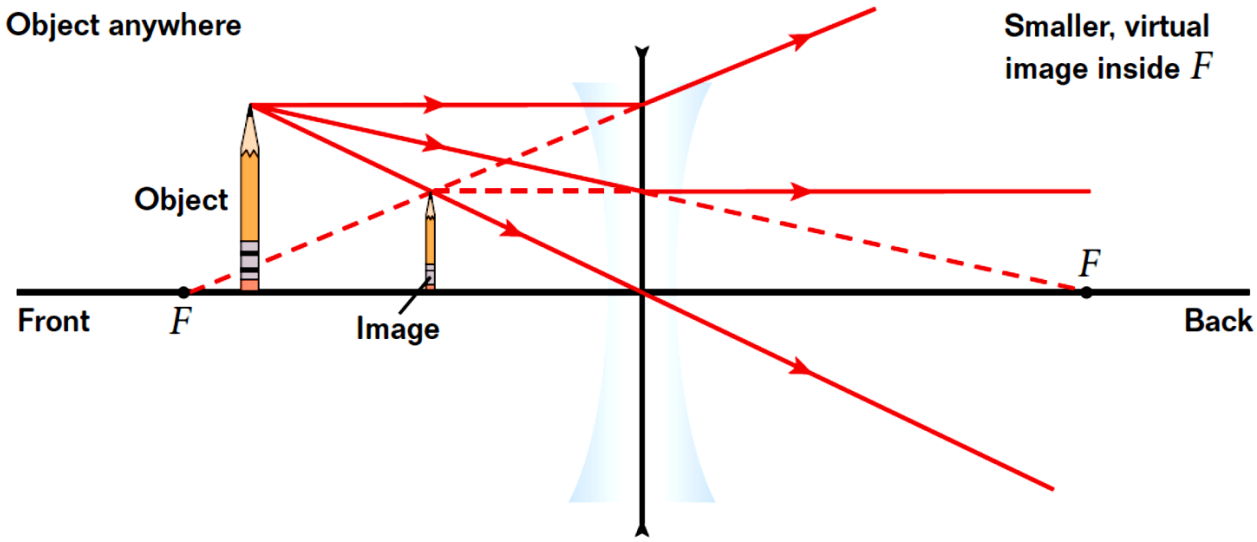
Applications: magnifying with a magnifying glass; eye-piece lens of microscope, binoculars, and telescope

شكل (37) الصور المتكونة بالعدسة المحدبة

إذا كانت العدسة محدبة، ووضع الجسم على بعد منها أقل من بعدها البؤري. تتكون صورة تقديرية معتدلة مكبرة.

وإذا كان الجسم على بعد أكبر من البعد البؤري للعدسة تكونت صورة حقيقية مقلوبة، فإذا كان البعد أقل من ضعف البعد البؤري كانت الصورة مكبرة واذا كان هذا البعد أكبر من ضعف البعد البؤري كانت الصورة مصغرة. وبدهي أنه إذا كان الجسم على بعد لانهائي من العدسة تكونت صورة صغيرة جدًا على شكل نقطة موضعها بؤرة العدسة كم هو موضح بالشكل (37).

أما إذا كانت العدسة مقعرة تكون صورة الجسم الموضوع أمامها تقديرية في جميع الحالات كم بالشكل (38).



شكل (38) الصور المتكونة بالعدسة المقعرة

2-12 اسئلة وتمارين

1- عرف كلاً من:- البعد البؤرى.- مركز التكور.- المحور الأصلى - المحور الثانوى - المركز البصرى.

2- وضح بالرسم مسار الأشعة فى الحالات الآتية:-

- الشعاع الساقط ماراً بالبؤرة.
- الشعاع الساقط ماراً بالمركز البصرى.
- الشعاع الساقط موازى للمحور الأصلى لعدسة مقعرة.

3- وضح بالرسم مع البيانات صفات الصورة المتكونة فى كل حالة:

- الصورة المتكونة بعدسة محدبة بعدها البؤرى 5 سم إذا وضع الجسم على بعد 7سم
- الصورة المتكونة بعدسة محدبة بعدها البؤرى 20 سم إذا وضع الجسم على بعد 40سم

4- عدسة محدبة بعدها البؤري 15سم فعلى أي بعد منها يوضع جسم حتى تتكون له صورة: حقيقية مكبرة 3 مرات- خيالية مكبرة 3

5- عدسة مقعرة بعدها البؤري 30سم وضع جسم طوله 6سم على بعد 60سم منها أوجد بعد الصورة وصفاتها.

6- وضع جسم أمام عدسة بعدها البؤري 20 سم فتكونت صورة مصغرة إلى النصف أوجد البعد بين الجسم وصورته في الحالتين:

أولاً: إذا كانت العدسة لامة. ثانياً: العدسة مفرقة.

نماذج التقييم

نموذج (2)

الكلية:	
القسم:	
الشعبة:	
الإسم :	
التاريخ:	

التقييم عن الفصل الثاني

1- فرق أنواع الموجات المختلفة؟

2- إشرح ظاهرة الإنعكاس الكلي ؟

3- ناقش مع الرسم الصور المتكونة بالمرايا المقعرة؟

يرجي إرفاق النموذج مع الإجابات

Alaa Hassan

الفصل الثالث

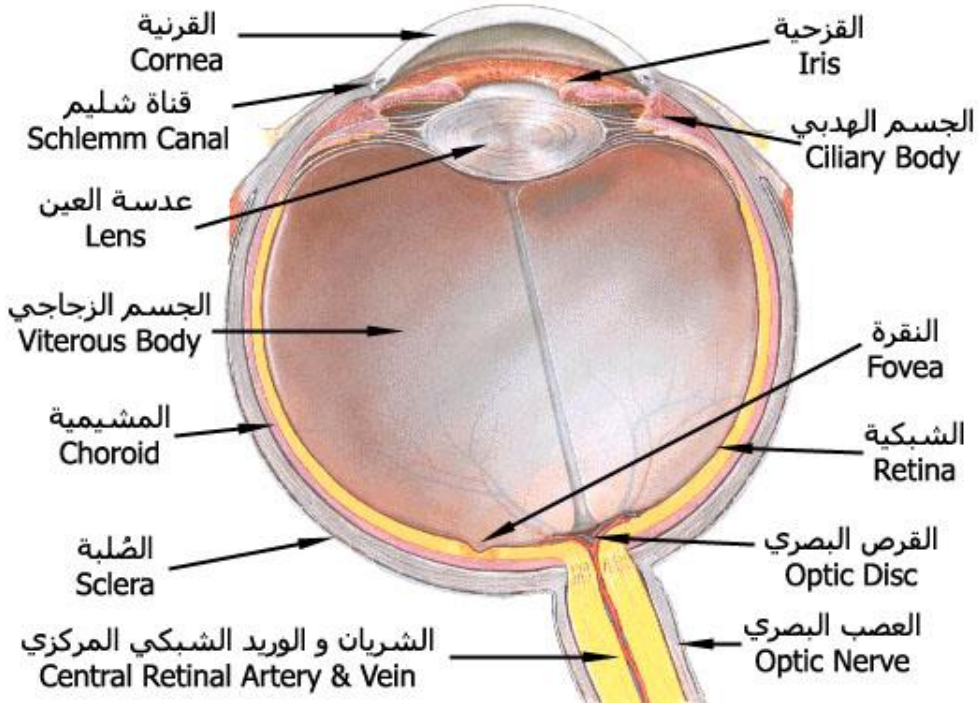
(العين وآلات الإبصار)

3-1 تشريح العين

تتكون العين (كرة العين) من ثلاث طبقات و هى من الخارج للداخل:

الصُلبة (Sclera):

و هي الطبقة الخارجية للعين **و تتكون من نسيج ضام قوي غير شفاف لحماية العين** , الصُلبة لا تمتص الضوء بل تعكسه و لهذا لونها أبيض. تلف الصُلبة معظم كرة العين إلا الجزء الأمامي الذي هو قرنية العين الشفافة.



المشيمية (Choroid):

و هي الطبقة التي تقع بين صُلبة العين و شبكية العين , و **المشيمية تحتوي على شبكة غنية من الأوعية الدموية و وظيفتها الأساسية هي دعم شبكية العين و توفير الغذاء و الأوكسجين لها**. المشيمية تغطي ثلثي كرة العين فقط الجزء الخلفي.

الشبكية (Retina):

و هي الطبقة الداخلية للعين و تغطي ثلثي كرة العين من الداخل الجزء الخلفي. الشبكية هي الطبقة التي تحتوي على المُستقبلات الضوئية **Photoreceptors** و المسؤولة عن البصر , **حيث أنها تستقبل الضوء الواقع عليها و تحوله لإشارات كهربائية تنتقل عن طريق الألياف العصبية البصرية** و التي تتجمع في القرص البصري **Optic Disc** أو الذي يُسمى كذلك بالبقعة العمياء (حيث أن القرص البصري لا يحتوي على مستقبلات ضوئية) لتكوين العصب البصري.و تحوي الشبكية على **النُقرة Fovea** و هي عبارة عن بقعة مقعرة في الشبكية تحتوي على كميات كبيرة من المُستقبلات الضوئية و تستخدمها العين للبصر الحاد , **أي بأن العين تلتف ليقع الضوء على هذه البقعة.**

مركز الإبصار:

هو الجزء الذي يحتوي على خلايا حساسة للضوء، ومهمتها مساعدة الإنسان على رؤية التفاصيل الدقيقة بوضوحٍ كبيرٍ، ومكانها في الشبكية، وتعتبر من الأجزاء المهمّة في العين، فأيُّ تغييرٍ بسيطٍ عليها يؤدي إلى خلل في الرؤية.

العصب البصري:

يعتبر الطريق التي تربط العين بالمخ، ومن خلاله يتم التقاط الصور التي تقع على الشبكية، ونقلها للمخ، وترجمتها فيه.

يملأ كرة العين الجسم الزجاجي **Vitreous Body** و هو عبارة عن جسم هلامي شفاف يُحافظ على كرويتها.

و يتصل من الأمام بالجسم الهدبي **Ciliary Body** و هو عبارة عن عضلات تتحكم في شكل عدسة العين بحيث إذا تقلصت يقل تحدب العدسة و إذا ارتخت يزيد تحدب العدسة و هذه العملية هي التي تُركز الضوء على الشبكية للإبصار على حسب بعد الجسم عن العين.

أمام عدسة العين تكون **القزحية Iris** و هي التي تُعطي العين لونها , و تتكون القزحية من عضلات دائرية و عضلات شعاعية و في الوسط الفتحة التي تُسمى **بؤبؤ العين** (حدقة العين) , **Pupil** العضلات الدائرية تضيق بؤبؤ العين و الشعاعية تُوسع بؤبؤ العين حسب كمية الضوء , **ففي الظلام يتوسع بؤبؤ العين للسماح لأكبر كمية من الضوء الدخول للعين لتسهيل الرؤية , و عندما يكون الضوء ساطع يتضيق بؤبؤ العين لتكون الرؤية واضحة و ليست مشوشة.**

بعد القزحية و في مقدمة العين تكون **القرنية Cornea** و هي شفافة و لا تحتوى على أوعية دموية حيث أنها تأخذ ما تحتاجه من الأكسجين مباشرة من الهواء و الغذاء عن طريق الترشيح من الخلط المائي **Aqueous Humour** , و هو المحلول الذي يملأ الغرفة الأمامية و الغرفة الخلفية.

العدسة:

هي عدسةٌ صغيرةٌ وصافيةٌ، وظيفتها توضيح الصور المتكوّنة على شبكة العين، وتوصيلها بالعصب البصري في المخ، من أجل ترجمتها، وإظهارها بشكلٍ حقيقيٍّ.

الجفون:

تعمل الجفون كواقي بصري للعين، وتحافظ على قوة الرؤيا من خلال المحافظة على رطوبة العين الداخلية، فبدون هذه الجفون فإنّ العين تجف، وتتعرض للخطر بسبب إمكانية دخول الحجارة والأتربة للعين.

الجهاز الدمعي:

يعمل هذا الجهاز كنظام صرفٍ مائيٍّ، وظيفته منع دموع العين من الانسكاب على الخدود باستمرار.

القزحية:

تعتبر من أكثر أجزاء العين وضوحاً، وتتكوّن من عضلةٍ طويلةٍ تساعد على التحكّم في كمية الضوء الذي يصل إلى الشبكية، كما أنّ لونها هو الذي يميّز لون العين، فمنها الأزرق، والأسود، والبني.

3-2 آلية الإبصار

1- صدور أشعة على الجسم المرئي.

2- تمر هذه الأشعة من خلال القرنية والتي هي عبارة عن غشاء شفاف يغطي القزحية من الأمام وبؤبؤ العين.

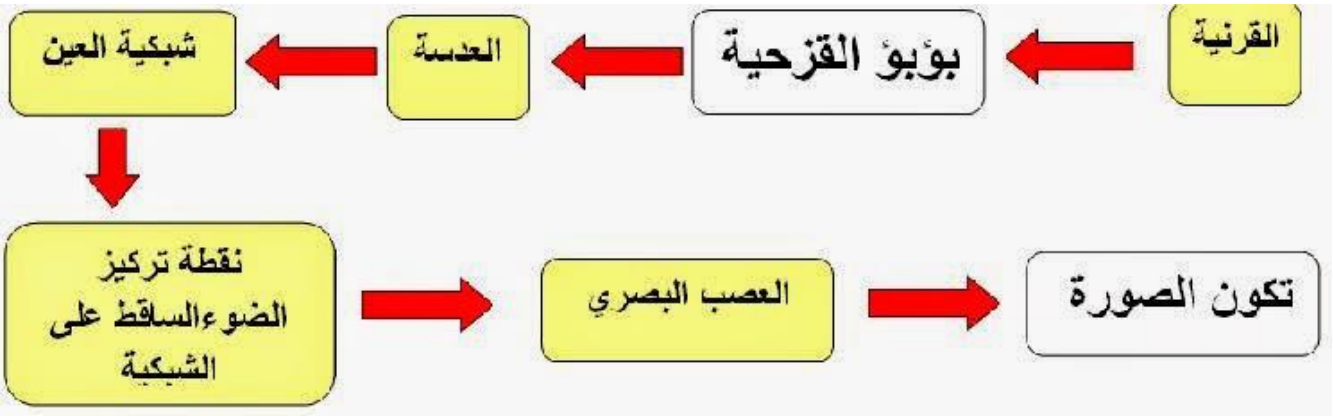
3- تخترق الأشعة البؤبؤ حيث يتحكم البؤبؤ بكمية الأشعة الداخلية للعين فتتكيف عدسة العين والبؤبؤ حسب شدة الضوء.

تتسع قرنية العين حيث تتضيق حسب كمية الضوء الداخل إلى العين, حيث تتناسب عكسياً مع شدة الضوء.

5- تمتد الأشعة من البؤبؤ إلى العين حيث تعمل تجمعها ثم تمر بالسائل الشفاف داخل العين.

6- تصل الأشعة إلى الشبكية حيث تسقط عليها مقلوبة

7- تصل الأشعة إلى العصب البصري الذي عن طريقه يتم نقل الصورة إلى المخ حيث يقوم بتفسيرها

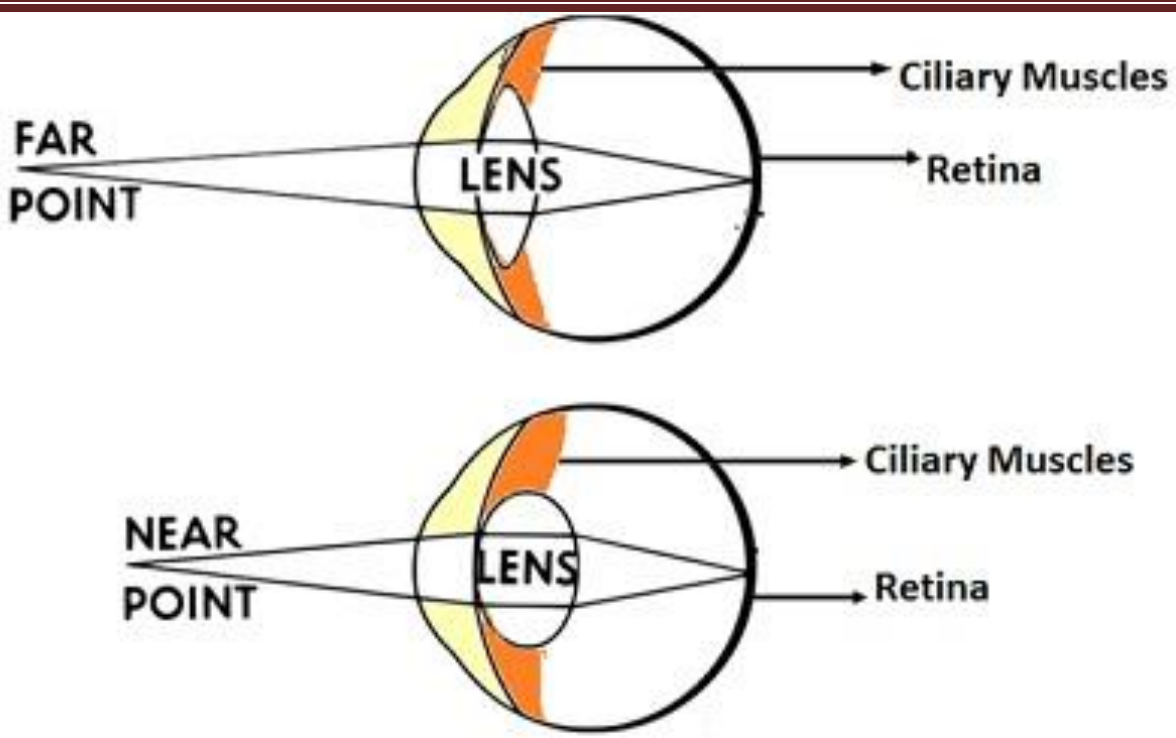


النقطة القريبة للعين

- هي أقرب نقطة للعين بحيث يمكن وضع جسم وتتكون له صورة واضحة تنتج على شبكية العين.
- للعين الطبيعية ، تقع النقطة القريبة على بعد 25 سم من العين.

النقطة البعيدة للعين

- هي أبعد موقع للجسم يمكن أن تراه العين بالكامل التركيز في حالة الاسترخاء التام.
- للعيون الطبيعية ، تقع النقطة البعيدة في ما لا نهاية.



3-3 عيوب الإبصار هي

⇐ قصر النظر (ميوبيا).

⇐ طول النظر (هيبروبيا).

⇐ ضعف قوة التكييف (برسبيوبيا).

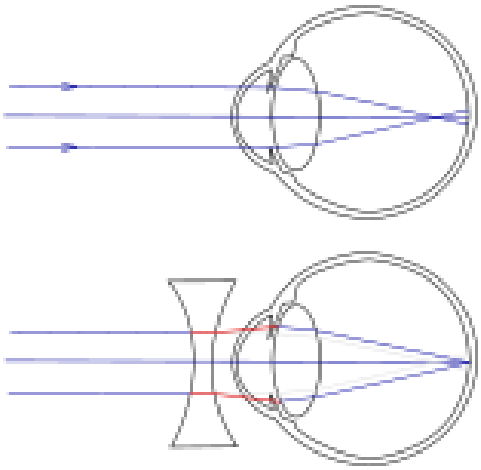
⇐ اللانقطية أو اللابؤرية (استجماتيزم).

يمكن التغلب على هذه العيوب بتصميم عدسات رقيقة مناسبة لكل حالة، وهذه قد تكون عدسات لاصقة من مواد تعرف بالبلمرات، أو قد تكون زجاجية فيما يعرف بالنظارات الطبية.

3-3-1 قصر النظر (Myopia)

ينشأ قصر النظر نتيجة لزيادة قوة عدسة العين أو لزيادة قطر كرة العين مما يسبب تجمع الأشعة المتوازية أمام الشبكية كما بالشكل (42) .

وواضح أنناإذا قربنا الجسم من ما لانهاية تجاه العين فإننا نصل إلى بعد تتكون فيه الصورة الشبكية وعندئذ ترى الصورة واضحة، أي أن النقطة البعيدة لمثل هذه العين المصابة بقصر بالنظر تكون أقل من ما لانهاية, وكذلك تكون النقطة القريبة لها أقل من 25سم.



شكل (42) قصر النظر وطريقة تصحيحة

ولإصلاح قصر النظر نستخدم عدسة مفرقة تعمل على زيادة البعد البؤري لعدسة العين بالقدر الذي يجعل صورة الأشياء تنطبق على شبكية العين كما في الشكل

نفرض أن قوة العدسة المفرقة اللازمة لتصحيح قصر النظر هي F, وأن النقطة البعيدة للعين المصابة هي ρ. وظيفة العدسة المفرقة هي تكوين صورة للجسم في ما لانهاية في موضع النقطة البعيدة للعين، أي أن تمايل أشعة الجسم تساوي صفرًا، وتمايل الأشعة المكونة للصورة $L^{\backslash} = 1/\rho$ ومن قانون العدسات:

$$0 + F = -L^{\backslash}$$

والتمايل النهائي سالب حيث أن الصورة تقديرية.

أما في حالة تصحيح قصر النظر بالنسبة للنقطة القريبة, فتكون وظيفة العدسة هي تكوين صورة الجسم على بعد 25سم, عند موضع النقطة القريبة للعين المصابة وليكن بعدها عن العين ρ ومن قانون العدسات:

$$-L + F = L\backslash$$

$$-\frac{100}{25} + F = \frac{100}{\rho}$$

ويلاحظ أن كلا من التمايل الابتدائي والنهائي سالب, حيث أن الأشعة تخرج من الجسم متفرقة, والصورة التقديرية تتكون في نفس جانب العدسة الموجود به الجسم.

مثال:

النقطة البعيدة لعين قصيرة النظر هي 5 متر والنقطة القريبة لها 20سم, أوجد قوة كل من العدستين اللازمتين لكي يرى بوضوح الجسم البعيدة والقريبة.

الحل:

بالنسبة للأجسام البعيدة: $-\frac{100}{\infty} + F_1 = -\frac{100}{500}$

$$F_1 = -\frac{1}{5}\Delta$$

ويكون البعد البؤري لعدسة اللازمة هو 500 cm-.

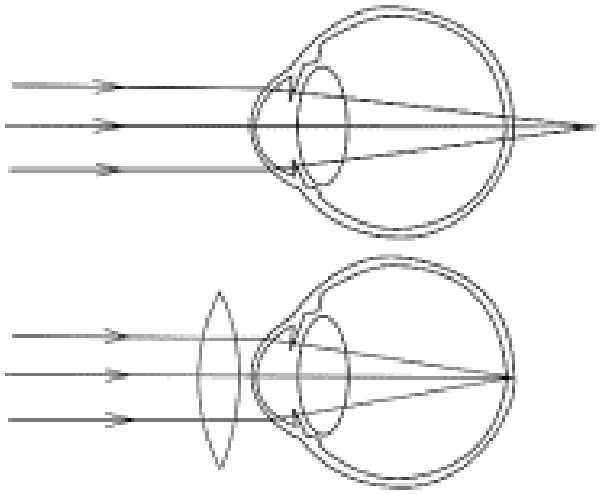
وبالنسبة للأجسام القريبة

$$-\frac{100}{25}+F_2=-\frac{100}{20}$$

$$F_2=-1\Delta$$

ويكون البعد البؤري لعدسة القراءة هو 100 سم.

3-3-2 طول النظر (Hypermetropia)



شكل (43) قصر النظر وطريقة تصحيحة

إذا تجمعت الأشعة المتوازية في مكان أبعد من الشبكية يسمى ذلك طول نظر, ويحدث ذلك العيب في الإبصار نتيجة لنقص انحناء القرنية, أو عدسة العين أو نقص في قطر كرة العين, ولإصلاح هذا العيب نستخدم عدسة لامة تزيد في تجمع الأشعة, مما يجعل الصورة تقع على شبكية العين فترى واضحة, ويظهر طول النظر أيضا بالنسبة للنقطة القريبة فتصبح على مسافة من العين أكبر من 25سم, ويصحح ايضا باستخدام عدسة لامة كما بالشكل (43).

ولإيجاد قوة العدسة نستخدم قانون العدسات:

$$-L+F=-L^{\backslash}$$

ويلاحظ أن التمايل الابتدائي والنهائي يكونا دائمًا سالبين في مسائل تصحيح عيوب الإبصار.

مثال:

النقطة القريبة لعين مصابة بطول نظر عند 50 سم, أوجد قوة ونوع العدسة اللازمة للقراءة.

الحل:

للقراءة يجب أن يوضع الكتاب على بعد 25 سم من العين لتظهر صورته، مع استعمال عدسة التصحيح عند نقطة وضوح الرؤية القريبة بالنسبة للعين المصابة, أي أن

$$-\frac{100}{25}+F=-\frac{100}{50}$$

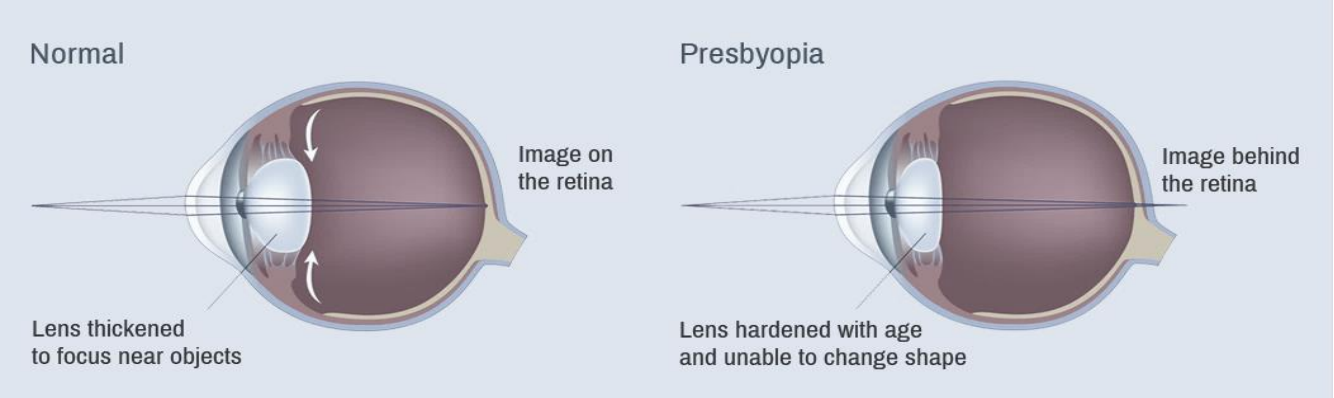
$$\therefore F=2\Delta$$

أي أن العدسة موجبة بعدها البؤري 50 سم.

3-3-3 ضعف قدرة العين للتكيف (Presbyopia)

عندما يؤثر كبر السن على مرونة عدسة العين ويصعب استجابتها للعضلات المتصلة بها تفقد العين قدرتها على التكيف ، انظر الشكل (44). فإذا لم تكن تعاني أصلا من قصر النظر فإن نقطتها البعيدة تكون في ما لانهاية، بينما تحتاج لعدسة لامة للقراءة، أما إذا كانت العين تعاني من قصر النظر بالإضافة إلى ضعف القدرة على التكيف فإن العين تحتاج عندئذ إلى عدسة مفرقة عند النظر إلى أجسام أبعد من نقطتها البعيدة وتحتاج أيضا لعدسة لامة لرؤية الأجسام القريبة الموجودة على مسافات أقل من نقطتها البعيدة. وتستخدم عادة في هذه الحالة

عدسة مركبة ذات قوتين، الجزء العلوي منها عدسة مفرقة ينظر خلالها لرؤية الأجسام البعيدة بينما جزؤها السفلي عدسة لامة ينظر خلالها عند القراءة.



شكل (44) ضعف قدرة العين علي التكيف وكيفية تصحيحة

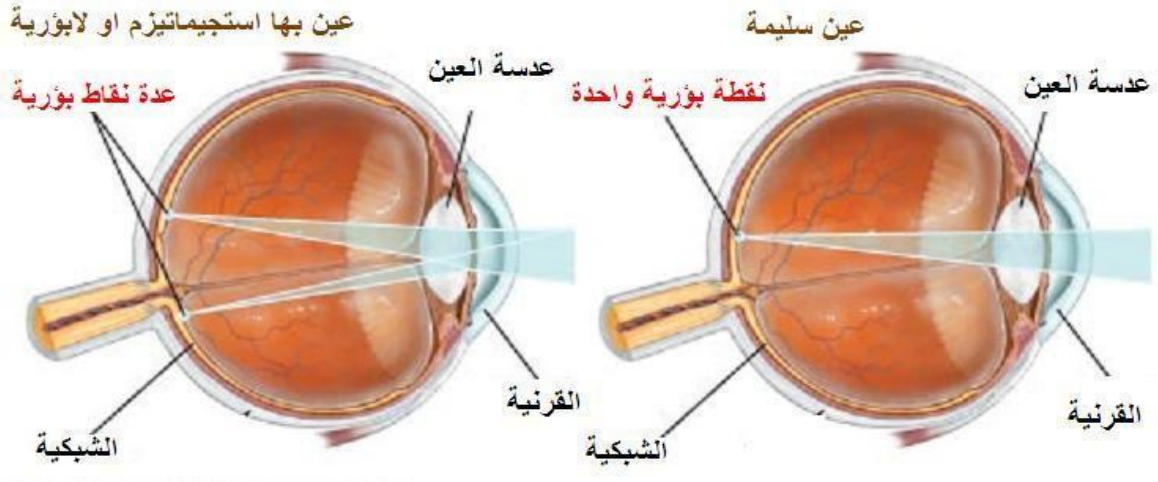
وقوة التكييف تبلغ مداها في عيون الأطفال، ثم تتناقص كلما أمد العمر ويعزي ذلك إضافة إلـى مـاسبق ذكره من فقد عضلات العدسة مرونتها فقدا تاما أو جزئيا إلى أنه يحدث مع كبر السن أن يزداد معامل انكسار الطبقات الخارجية لهذه العدسة. وبذلك تقل القوة المركبة للمجموعة، وتـصبح العـين بذلك طويلة النظر، مما يترتب عليه أن تنعدم أو تقل قوة تكييف العين.

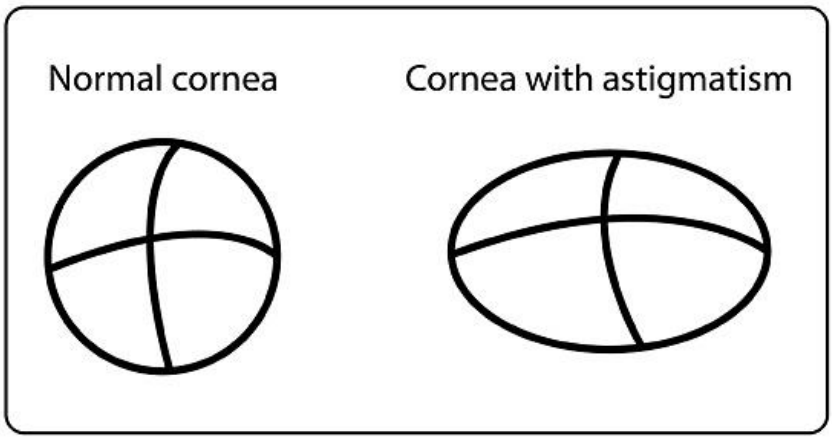
3-3-4 الإستجمية (Astigmatism)

ينشأ هذا العيب في الإبصار عند وجود عيب خلقي في تكور كرة العين، أو عندما يكون انحناء سطح القرنية غير منتظم، ينتج عن ذلك أن قوة العين تختلف بالنسبة للمستوى الأفقي عن المستوى الرأسي أي أن بعض أجزاء الجسم ترى بوضوح في حين أن الأجزاء الأخرى تظهر غير واضحة كما بالشكل (45).

إذا نظرت مثل هذه العين إلى خطين متعامدين في مستوى واحد فإن صورة أحد الخطين لا تنطبق على صورة الخط الآخر. وواضح أن العين لا تستطيع التكيف بقوتين مختلفين في وقت واحد لترى الخطين معا في وضوح، ولكن يمكن إصلاح عيب الاستجمية باستخدام عدسة استجمعية تعمل على تلاشي عدم التماثل في تكور القرنية، وتصبح قوة العين والعدسة مكافئة لمجموعة ذات قوة واحدة في الاتجاهين المتعامدين، أي أنه بواسطة العدسة الاستجمية يمكن تعويض ما ينقص من انحناء قرنية العين في المقطع الأفقى أو المقطع الرأسي.

العدسة الاستجمعية أو الاسطوانية هي مقطع في اسطوانة زجاجية، مواز للمحور ويمكن أن تكون موجبة أو سالبة.





شكل (45) الإستجمية وكيفية تصحيحها

قوة العدسة الاسطوانية في اتجاه محور الاسطوانة تساوي صفرًا بينما تكون قوتها في الإتجاه العمودي على المحور هي:

$$F = R(\mu - 1)$$

حيث R انحناء السطح، μ معامل انكسار مادة العدسة. عندما يكون المقطع الأفقي للقرنية أقل تحدبًا من المقطع الرأسي توضع العدسة الاسطوانية بحيث يكون محورها رأسيًا وبذلك يعوض انحناؤها ما ينقص من انحناء المقطع الأفقي للقرنية.

مثال:

ما نوع وقوة العدسة اللازمة للقراءة لعين نقطتها القريبة تقع على بعد 40سم بالنسبة لخط أفقى وتقع على بعد 50سم بالنسبة لخط رأسي.

الحل:

$$-\frac{100}{40} + F_1 = -\frac{100}{50}$$

$$\therefore F_1 = +0.5\Delta$$

وهذه العدسة اسطوانية لتصحيح خطأ الاستجمعية، وتصبح النقطة القريبة بالنسبة للخطين الأفقي والرأسي واحدة وعلى بعد 40سم من العين.

لتصحيح طول النظر نستخدم عدسة كرية لامة F_2

$$-\frac{100}{25} + F_2 = -\frac{100}{40}$$

$$\therefore F_2 = +1.5\Delta$$

أي أننا نستخدم عدسة مركبة من سطح كري قوته 1.5 ديوبتر مع سطح اسطواني قوته 0.5 ديومتر بحيث يكون محور أفقيًا.

3-4 آلات الإبصـــــــــار

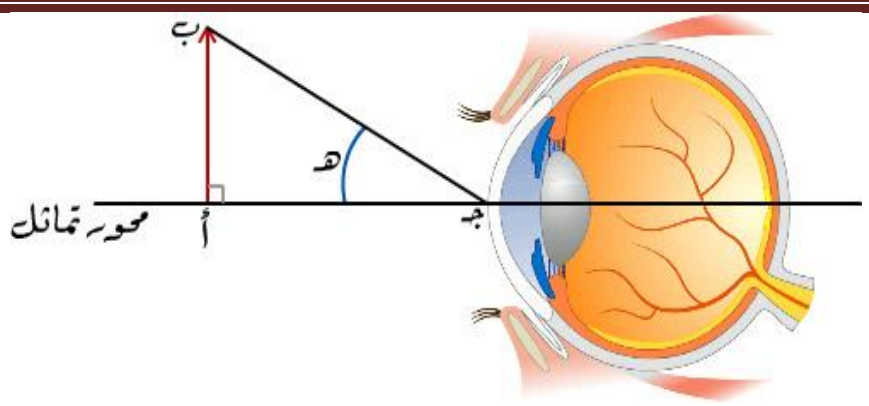
آلات الإبصار هي أجهزة تهدف عادة إلى مساعدة العين في الرؤية الواضحة للأجسام. ويعتمد وضوح الرؤية على زاوية الإبصار. وهي الزاوية التي يصنعها الجسم عند العين .

<u>زاوية الإبصار:</u>

نفرض جسمًا AB موضوعًا عند نقطة O أمام العين، تتكون للجسم صورة $A\backslash B\backslash$ على شبكية العين. نفرض أن θ هي الزاوية التى يصنعها الجسم عند العين.

إذا كان قطر كرة العين a. من هندسة الشكل نجد أن: $\theta = \frac{A\backslash B\backslash}{a}$ حيث θ مقاسه بالتقدير الدائري.

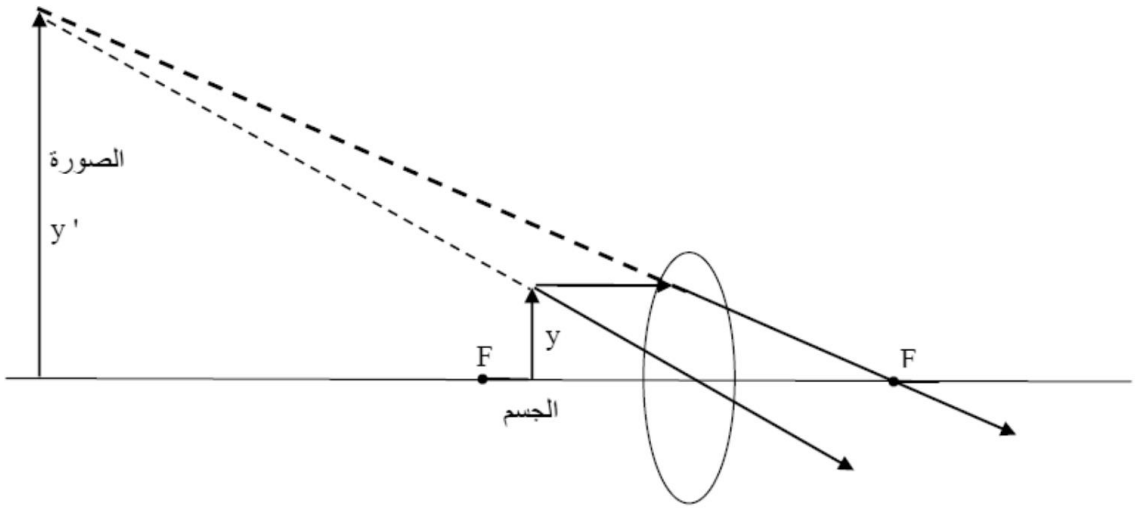
أي أن طول الصورة $A\backslash B\backslash$ على شبكية العين تتناسب مع زاوية الابصار θ.



إذ أن قطر كرة العين مقدار ثابت. وواضح أنه كلما ازدادت زاوية الإبصار كلما ازداد حجم الصورة المكونة على الشبكية، وبالتالي ازداد وضوح رؤية الجسم. وذلك ما يحدث عندما نقترب من الجسم لزيادة وضوح رؤيته، إذ أن زاوية الإبصار تزداد بالرغم من عدم تغير حجمه .

3-4-1 الميكروسكوب البسيط

إذا وضع جسم امام عدسة لامة وكان على بعد أقل من بعدها البؤري فإن العدسة تحدث للجسم صورة تقديرية مكبرة معتدلة. فإذا نظرت العين من خلال العدسة فأنها ترى الصورة مكبرة للجسم. وتسمى العدسة عندئذ ميكرسكوبًا بسيطًا. ويتوقف الحجم الظاهري للجسم على الزاوية البصرية التي يحدثها عند العين. وتزداد هذه الزاوية كلما اقترب الجسم منها، ولكن هناك حدًا لا يستطيع الجسم عن تقريبه من العين أن يتعداه، إذ أن تكبير الصورة بتقريب الجسم للعدسة يستمر حتى هذا الحد وبعده لا تستطيع العين أن تتكيف لتحدث صورة واضحة للجسم. ويصل التكبير إلى هذا الحد عندما تكون الصورة على بعد من العين يساوي أقصر مسافة للرؤية الواضحة D كما في شكل (46) . أي أنها تكون عند النقطة القريبة للعين بفرض أن العدسة L ملاصقة للعين.



شكل (46) رسم تخطيطي لتكون الصور بالميكرسكوب البسيط

ولإيجاد تكبير الميكروسكوب البسيط نفرض طول الجسم y. يكون التكبير هو:

$$\therefore m = \frac{y`}{y} \qquad (1)$$

ويساوي ذلك التمايل الابتدائي مقسومًا على التمايل النهائي، أي أنه يساوي بعد الصورة مقسومًا على بعد الجسم. ومن قانون العدسات:

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\ell} + \frac{1}{\ell`}$$

لكن الصورة عند النقطة القريبة للعين، أي على بعد D منها، أي أن $\ell` =$D. ويكون بذلك التكبير هو:

$$m = \frac{\ell}{f} = \frac{y`}{y} = \frac{D}{f} - 1 \qquad (2)$$

ويستخدم الميكروسكوب البسيط عادة عند صناع الساعات الآلات الدقيقة والحفارين على المعادن.

مثال:

عدسة محدبة بعدها البؤري 3 سم، تستخدم كميكروسكوب بسيط لشخص نقطته القريبة للعين على بعد 24 سم . أوجد قوة التكبير وموضع الجسم.

الحل:

التكبير m هو

$$m = (\frac{D}{f} - 1)$$

الصورة تقديرية لذلك

$$f = -3. \ell = D = -24$$

$$\therefore m = \frac{-24}{+3} - 1$$

$$m = -9$$

ولإيجاد بعد الجسم عن العدسة تستخدم قانون العدسات

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{\ell} + \frac{1}{\ell`}$$

وبوضع $\ell = -24$ $f = +3$ نحصل على

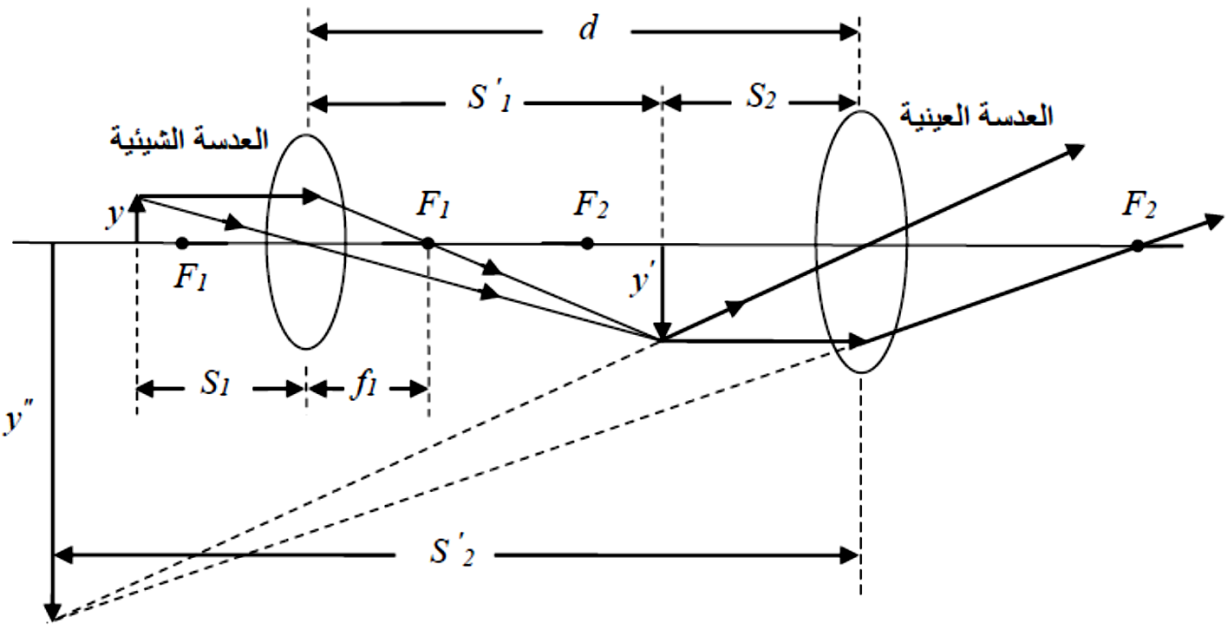
$$\ell` = 2.67\ cm$$

3-4-2 الميكروسكوب المركب

يتركب هذا الميكروسكوب من عدستين $F_1 \& F_2$ الأولى ذات بعد بؤري صغير جدا، وهي التى تواجه الجسم y عند الموضع o وتسمى هذه العدسة لذلك بالشيئية. أما العدسة الثانية F_2 فبعدها البؤري أطول قليلا، وهي التي تنظر العين خلالها ولذلك تسمى بالعينية.

يتكون للجسم y بواسطة العدسة الأولى صورة y' حقيقية مكبرة، ومقلوبة بالنسبة إليه توجد عند الموضع S'_1، وذلك عندما يكون الجسم المراد رؤيته على بعد من الشيئية أكبر قليلًا من بعدها البؤري.

يعدل موضع العينية بحيث تكون هذه الصورة y' على بعد منها أقل من بعدها البؤري فتتكون للصورة y' صورة تقديرية مكبرة معتدلة y'' عند الموضع S'_2 كما في شكل (47). ويجب أن يكون موضع الصورة النهائية S'_2 عند النقطة القريبة للعين D. (أي على بعد 25سم من العينية إذا كانت العين سليمة).



شكل (47) رسم تخطيطي لتكون الصور بالميكرسكوب المركب

لإيجاد قوة تكبير الميكروسكوب توجد قوتي تكبير الشيئية والعينية $m_1 \& m_2$ فتكون قوة التكبير الكلية m هي:

$$m = m_1 \times m_2 \qquad (3)$$

ولايجاد m_1 نفرض أن بعد الجسم عن الشيئية S_1 وبعد الصورة $\acute{S}_1$ والبعد البؤري للعدسة الشيئية f_1، وبتطبيق قانون العدسات يكون:

$$-\frac{1}{S}+\frac{1}{f_1}=\frac{1}{\acute{S}_1}$$

ويكون التكبير m_1 هو النسبة بين بعد الصورة إلى بعد الجسم:

$$m_1 = \frac{\acute{S}_1}{S_1} = \left(\frac{S_1}{f_1} - 1\right) \qquad (4)$$

ويمكن تقريب المعادلة السابقة باعتبار ان بعد الجسم S_1 لا يزيد إلا قليلًا عن البعد البؤري للشيئية. ولذلك يمكن اعتباره مساويًا f_1 تقريبًا. كما أن البعد البؤري للعينية صغيرًا أيضًا وبعد الصورة الحقيقية S_1 عن العينية أصغر من بعدها البؤري. لذلك يمكن اعتبار S_1 مساويًا للبعد بين العدستين، أي لطول أنبوبة الميكروسكوب d. وبذلك يكون تكبير الشيئية

$$m_1 = \frac{d}{f_1} \qquad (5)$$

وباعتبار أن العدسة العينية تعمل عمل ميكروسكوب بسيط لتكبير الصورة y' المكونة واسطة الشيئية، يكون تكبير العينية هو:

$$m_2 = \left(\frac{D}{f_2} - 1\right) \qquad (6)$$

حيث D هو بعد النقطة القريبة للعين، f_2 هو البعد البؤري للعينية.

وعلى ذلك تكون قوة تكبير الميكروسكوب المركب هي:

$$m = \left(\frac{S_1}{f_1} - 1\right)\left(\frac{D}{f_2} - 1\right) \qquad (7)$$

وهذه تساوي تقريبًا:

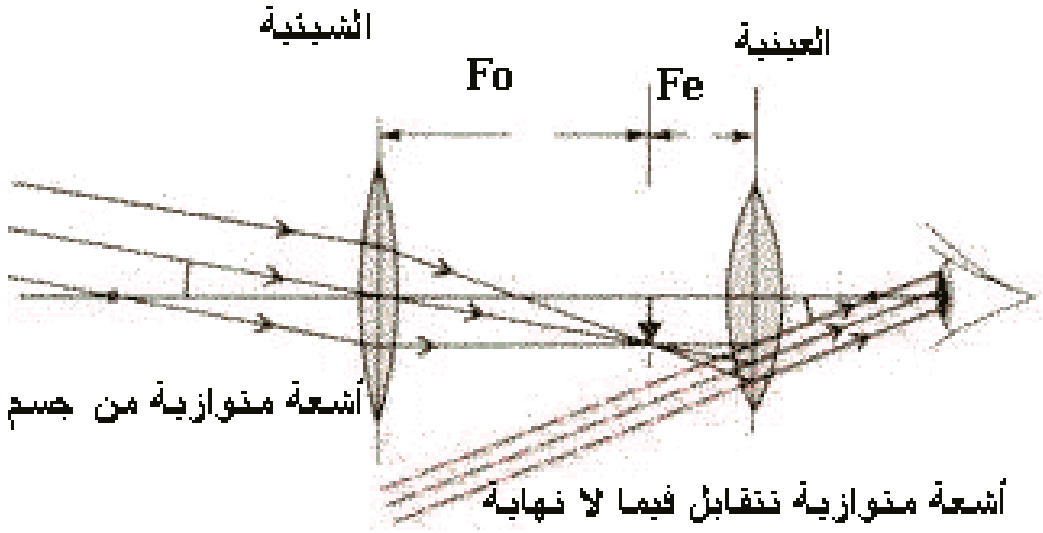
$$m = \frac{d}{f_1}\left(\frac{D}{f_2} - 1\right) \qquad (8)$$

حيث d طول قصبة الميكروسكوب.

ويلاحظ من هذه المعادلة أن قوة التكبير تزداد كلما ازداد قرب الجسم من الشيئية حتى يكاد يساوي بعدها البؤري. وذلك يزداد التكبير كلما صغر البعد البؤري للعينيةٍ.

3-3-3 التلسكوب الفلكي

يستخدم التلسكوب الفلكي لتكبير رؤية المرئيات البعيدة. ويترتب من عدسة لامة تسمى بالشيئية، تحدث للجسم البعيد صورة حقيقية I_1 في بؤرتها. وتُرى هذه الصورة مكبرة بواسطة عدسة أخرى لامة تسمى بالعينية، ويكون موضع العينية بحيث تتكون الصورة الأولى على بعد منها أقل قليلا من بعدها البؤري، أي أن المسافة بين العينية والشيئية -وهي طول قصبة التلسكوب- تساوي تقريبًا مجموع البعدين البؤريين للعدستين. وتعمل العينية عمل الميكروسكوب البسيط، فتكون للصورة المكونة بالعدسة الشيئية صورة تقديرية مكبرة I_2 وهي التي تراها عين الراصد، شكل (48)



شكل (48) رسم توضيحي للتلسكوب الفلكي

لإيجاد قوة تكبير التلسكوب الفلكي نفرض أن زاوية إبصار الجسم هي α، وزاوية إبصار الصورة β، تكون قوة التكبير m هي النسبة بينهما.

$$m = \frac{\beta}{\alpha}$$

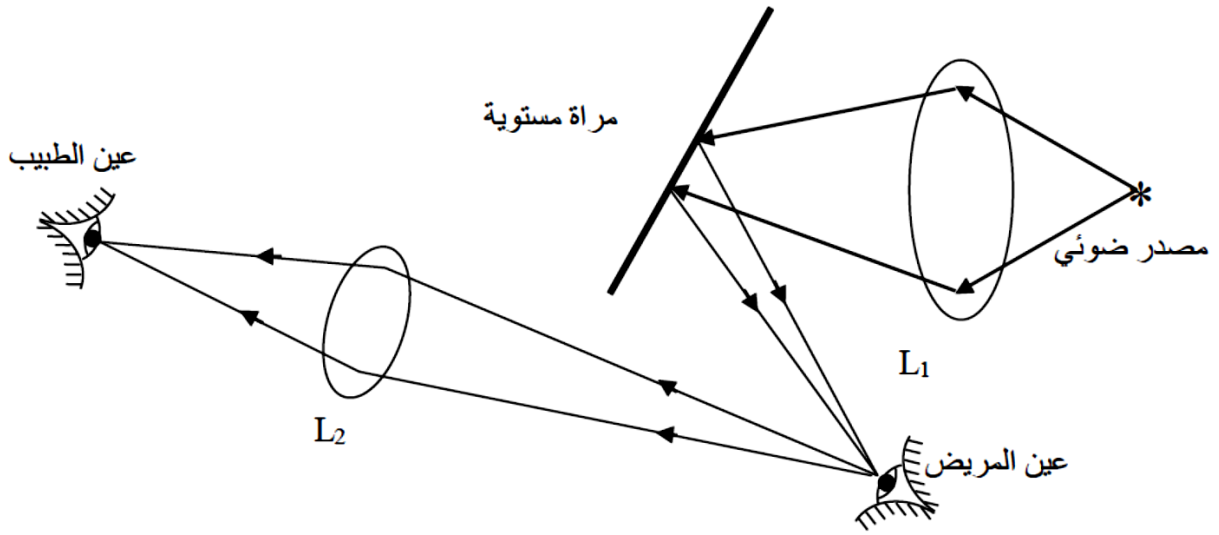
$$= (h_1/f_2)/(h_1/f_1)$$

$$m = \frac{f_1}{f_2} = \frac{F_2}{F_1} \qquad (9)$$

أي أن قوة تكبير التلسكوب تساوي النسبة بين قوة العدسة العينية وقوة الشيئية، وكلما زادت قوة العينية وقلت قوة الشيئية زادت قوة تكبير التلسكوب.

3-4-4 منظار فحص العين (Opthalmoscope)

هو منظار يستخدمه أطباء العيون لفحص قاع العين، والكشف عن حالة الإبصار وتصحيح عيوبها. ويتكون من مصدر ضوء s موضوع أمام عدسة لامة L على بعد أكبر قليلًا من بعدها البؤري، فتتجمع الأشعة لتسقط على مرآة M جزؤها الأوسط نصف مفضض، ليسمح بالرؤية خلاله. تنعكس الأشعة على المرآة لتسقط على عدسة العين وتتجمع في نقطة داخل العين. إذا كانت هذه النقطة على شبكية العين ترتد عليها الأشعة، وتخرج من العين على شكل حزمة متوازية وتنفذ من الجزء الغير مفضض، من وسط المرآة إلى عين الطبيب فيرى صورة الشبكية واضحة مكبرة. شكل (49)



شكل (49) رسم تخطيطي لمنظار فحص العين

إذا كانت العين غير سليمة, تتجمع الأشعة في نقطة قبل الشبكية في حالة قصر النظر، وتتجمع بعدها في حالة طول النظر، وفي كلتا الحالتين لا تبدو صورة الشبكية واضحة لعين الطبيب. ولإصلاح عيوب الإبصار يضع الطبيب ما يلزم من عدسات أمام عين المريض حتى يرى أن الأشعة قد تجمعت تمامًا على الشبكية, ويدل ذلك على أن صور المرئيات أيضًا سوف تتكون عليها إذا استخدم المريض هذه العدسات. وبذلك ترى المرئيات واضحة.

3-4 أسئلة وتمارين

1- يستخدم إنسان عدسة بعدها البؤري 33 سم لكي يقرأ كتابًا على بعد 20 سم من عينيه. ما هو أقرب بعد لجسم يستطيع أن يراه بوضوح بدون استعمال لنظارته.

2- شخص يمكنه أن يرى بوضوح الأجسام التي يتراوح بعدها عنه بين 20 سم و30 متر. احسب قوة العدسة التي تمكنه من رؤية الأجسام البعيدة، وبين تأثير هذه العدسة على النقطة القريبة له.

3- احسب قوة العدسة التي يمكن أن يستخدمها شخص للقراءة إذا كانت النقطة القريبة له 26 سم في المستوى الأفقي، وعادية في المستوى الرأسي.

4- شخص مصاب بالاستجمية. النقطة القريبة له في مستوى أفقي40 سم وفي مستوى رأسي 80 سم. احسب قوة العدسة اللازمة له ليرى بوضوح على بعد 25سم.

5- شخص عنده طول نظر نقطته القريبة على بعد 100سم. ما نوع وقوة العدسة اللازمة له للقراءة؟ وبين تأثير هذه العدسة على نقطته البعيدة.

6- شخص قصير النظر نقطته البعيدة على بعد 5 أمتار ونقطته القريبة على بعد 20سم. فأوجد العدسة اللازمة له للمشي. ماذا تكون أقصر مسافة للرؤية الواضحة باستعمال هذه العدسة.

7- إذا استخدمت عدسة لامة كميكروسكوب بسيط. فأثبت أن التكبير يتناسب عكسيًا مع بعدها البؤري.

8- كيف ترتب عدستين لامتين لنستخدمهما:

- كميكروسكوب.
- كتلسكوب.

وقارن بين فعل الشيئية في الحالتين. وارسم أشكالا توضح إجابتك.

9- عدستان محدبتان بعدهما البؤري 16، 4 سم وقد استعملتا كتلسكوب لرصد جسم بعيد جدًا. ما قوة التكبير عندما تبدو الصورة عند بعد لانهائي تقريبًا.

10- البعد البؤري لشيئية ميكروسكوب 1.35 سم ولعدسة العينية 2.5 سم، وقد استخدمه شخص لفحص جسم صغير على بعد 1.87 سم من الشيئية. فإذا كانت أقصر مسافة للرؤية الواضحة له هي 30 سم. فما يكون البعد بين عدستي الميكروسكوب؟ وما مقدار التكبير الذى يحدثه؟.

11- اشرح عمل منظار فحص العين وبين كيف يمكن بواسطته تصحيح قصر النظر وطول النظر لعين مريضة؟.

12- وضع جسم على بعد (50)سم، من عدسة، وتكونت لهُ صورة حقيقية مكبرة ثلاث مرات، ما نوع العدسة؟ وما قوتها؟ وما بعد الصورة عنها؟

نماذج التقييم

نموذج (2)

الكلية:	
القسم:	
الشعبة:	
الإسم :	
التاريخ:	

التقييم عن الفصل الثالث

1- إشرح تركيب العين

1- ناقش قصر النظر مع ذكر كيفية تصحيحة؟

2- إشرح فكرة عمل الميكرسكوب المركب ؟

يرجي إرفاق النموذج مع الإجابات

Alaa Hassan

المراجع

1- البصريات تاليف د. احمد فؤاد باشا و د. شريف احمد خيرى دار الفكر العربى للطبع والنشر طبعة سنة 2005م

2- اساسيات البصريات ترجمة أ.د.عبد الفتاح احمد الشاذلى و د. سعيد بسيونى الجزيرى مراجعة أ.د. محمد عبد المقصود النادى، الدار الدولية للنشر والتوزيع طبعة سنة 1998م

3- اساسيات الفيزياء الكلاسيكية والمعاصرة تاليف د. رأفت كامل واصف، دار النشر للجامعات مصر طبعة سنة 1997م.

4- كتاب الضوء تاليف د. امنية عبد الرحيم .

5- أساسيات الفيزياء لفريدريك ج.بوش , جامعة دايتون ,الطبعة العربية الاولى للدار الدولية للاستثمارات الثقافية , ترجمة د سعيد الجزيرى , د محمد امين سليمان , د احمد فؤاد باشا.