كلية التربية بالغردقة
جامعة جنوب الوادى

الحرارة والبصريات الضوئية

د/ محمود ابراهيم السمان

لطلبة الفرقة الاولى
(اساسي)

الجزء الأول: الحرارة

مفهوم الحرارة

وفقًا لتعريف الحرارة، فهو أحد الأشكال الأساسية للطاقة لبقاء الحياة على الأرض. يحدث نقل الحرارة من جسم إلى آخر بسبب الاختلافات في درجة الحرارة حسب الديناميكا الحرارية. نستخدم الطاقة الحرارية لأنشطة مختلفة مثل الطهي والكي والنقل والاستجمام وما إلى ذلك. يلعب هذا الشكل من الطاقة أيضًا دورًا حيويًا في الطبيعة. كما يعتمد حدوث الرياح والأمطار وتغير الفصول وما إلى ذلك على التدرج الناتج عن التدفئة غير المتكافئة في مناطق مختلفة. في هذه المقالة، لنتعلم ما هي الحرارة وتصنيفها.

ما هى الحرارة ؟

مع زيادة درجة حرارة الجسم، تزداد اهتزازات الجزيئات أو الذرات. ثم يتم نقل هذه الاهتزازات من جزء من الجسم إلى آخر. يُطلق على مقياس الطاقة التي تهتز بها الجزيئات في نظام ما اسم الحرارة المخزنة في هذا الجسم.

وفقًا لتعريف الحرارة، يتم تعريفها على أنه تدفق الطاقة من جسم دافئ إلى جسم أكثر برودة. يأخذ اتجاه تدفق الطاقة الحرارية من مادة لها درجة حرارة مرتفعة إلى مادة لها درجة حرارة منخفضة. وذلك لأن الجزيئات تهتز بشكل أسرع وتنقل طاقتها إلى الجزيئات التي تهتز بشكل أبطأ. يُطلق على الطاقة الاهتزازية أيضًا اسم محتواها الحراري. محتوى الحرارة في الجسم يجعله ساخنًا أو باردًا. كلما زاد محتوى الحرارة، زاد سخونة الجسم.

قد تمتص المادة الحرارة دون زيادة في درجة الحرارة عن طريق التغيير من حالة مادية إلى أخرى. في عملية الذوبان، يتم تغيير المادة من صلب إلى سائل. في عملية التسامي، يتم تحويل الصلب إلى حالة بخار. في عملية الغليان، يتم تحويل السائل إلى بخار. الحرارة هي شكل من أشكال الطاقة التي يمكن تحويلها إلى عمل. يتم التعبير عن كمية الطاقة بوحدات العمل. يتم التعبير عنه بالجول أو القدم أو الكيلوواط/ساعة أو السعرات الحرارية.

يمكن تحويل الحرارة كشكل من أشكال الطاقة إلى أشكال أخرى من الطاقة. على سبيل المثال، في المركبات الآلية، يتم تحويل الحرارة إلى طاقة ميكانيكية. في المصابيح الكهربائية، يتم تحويلها إلى طاقة ضوئية. في محطات الطاقة الحرارية، يتم تحويلها أخيرًا إلى طاقة كهربائية.

تصنيف الحرارة

يمكن تصنيف الحرارة على النحو التالي:

1- حار

يتم تعريف الأشياء ذات المحتوى الحراري العالي على أنها ساخنة.

تشمل الأمثلة على الأشياء الساخنة من حولنا الشمس والنار والمقالي الساخنة والهواء من مجفف الشعر والحمم البركانية من الانفجارات البركانية وما إلى ذلك.

2- بارد

يتم تعريف الأشياء ذات المحتوى الحراري المنخفض على أنها أشياء باردة.

تشمل الأمثلة على الأشياء الباردة من حولنا الثلج والهواء من مكيف الهواء والمشروبات الباردة والأوعية المعدنية التي تظل مفتوحة في أيام الشتاء الباردة وما إلى ذلك.

مصادر الحرارة

هناك العديد من مصادر الحرارة، ولكن فيما يلي المصادر الرئيسية للحرارة:

- الشمس
- مادة كيميائية
- كهربائية
- نووي

درجة الحرارة

تطور مفهوم درجة الحرارة من المفاهيم الشائعة للحرارة والبرد. التعريف العلمي لدرجة الحرارة يفسر أكثر من حواسنا الساخنة والباردة. كما تعلمت بالفعل، يتم تعريف العديد من الكميات الفيزيائية فقط من حيث كيفية ملاحظتها أو قياسها، أي أنها محددة من الناحية التشغيلية. يتم تعريف درجة الحرارة عمليًا على أنها كمية ما نقيسه بمقياس الحرارة. تحافظ الاختلافات في درجة الحرارة على انتقال الحرارة أو نقل الحرارة

في جميع أنحاء الكون. نقل الحرارة هو حركة الطاقة من مكان أو مادة إلى أخرى نتيجة لاختلاف درجة الحرارة. (ستتعلم المزيد عن نقل الحرارة لاحقًا في هذا الفصل.)

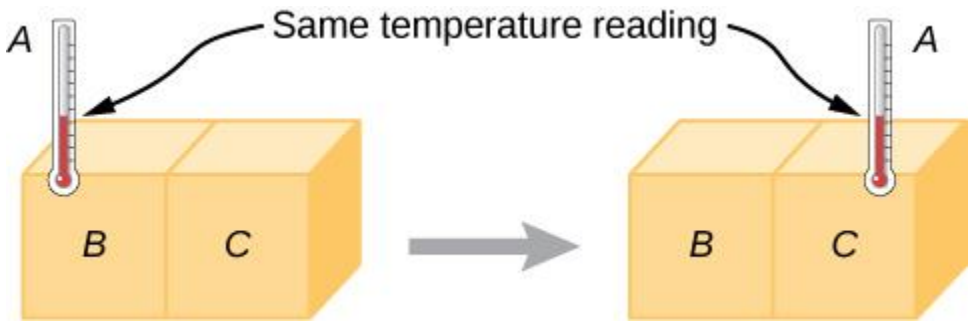
دعونا نأخذ ثلاثة أكواب، أولاً بالماء البارد، والثاني بالماء الساخن والثالث بالماء في درجة الحرارة العادية. إذا غمسنا أصابعنا في الدورق 1 ثم في الدورق 3، فسنلاحظ أن الماء الموجود في الدورق 3 ساخن مقارنة بالماء الموجود في الدورق 1. بينما، إذا غمرنا أصابعنا في الدورق 2 ثم في الدورق 3، فسنلاحظ أن الماء الموجود في الدورق 3 أكثر برودة مقارنة بالماء الموجود في الدورق 2. يوضح هذا أنه لا يمكننا الاعتماد على حاسة اللمس لدينا للحكم على سخونة أو برودة شيء ما، ولهذا السبب يتم قياس درجة حرارة أو برودة أي شيء من حيث درجة الحرارة.

درجة الحرارة هي مقياس حرارة الجسم أو برودته. مقياس Celsius (C) أو Fahrenheit (F)، أو في Kelvins (K). يتم إنشاء العلاقات على مقدار الحرارة المضافة إلى إخراجها من الجسم.

التوازن الحراري

أحد المفاهيم المهمة المتعلقة بدرجة الحرارة هو التوازن الحراري. يوجد جسمان في حالة توازن حراري إذا كانا على اتصال وثيق يسمح لأي منهما باكتساب الطاقة من الآخر، ولكن مع ذلك، لا يتم نقل الطاقة الصافية بينهما. حتى عندما لا يكونون على اتصال، يكونون في حالة توازن حراري إذا، عندما يتم وضعهم على اتصال، لا يتم نقل طاقة صافية بينهم. إذا ظل جسمان على اتصال لفترة طويلة، فإنهما عادة ما يصلان إلى التوازن. بعبارة أخرى، هناك جسمان في حالة توازن حراري لا يتبادلان الطاقة.

من الناحية التجريبية، إذا كان الكائن A في حالة توازن مع الكائن B، والجسم B في حالة توازن مع الكائن C، فإن الكائن A (كما قد تكون قد خمنت بالفعل) يكون في حالة توازن مع الكائن C. هذا البيان الانتقالي يسمى قانون zeroth للديناميكا الحرارية. (تم اقتراح الرقم «zeroth» من قبل الفيزيائي البريطاني رالف فاولر في الثلاثينيات. تم بالفعل تسمية القوانين الأولى والثانية والثالثة للديناميكا الحرارية وترقيمها في ذلك الوقت. نادرًا ما تم ذكر قانون الصفر، ولكن يجب مناقشته قبل الآخرين، لذلك أعطاه فاولر عددًا أقل). ضع في اعتبارك الحالة التي يكون فيها A مقياس حرارة. يخبرنا قانون الصفر أنه إذا قرأ A درجة حرارة معينة عندما يكون في حالة توازن مع B، ثم يتم وضعه على اتصال مع C، فلن يتبادل الطاقة مع C ؛ ولذلك ستظل قراءة درجة حرارته كما هي (الشكل 1-2). بعبارة أخرى، إذا كان هناك جسمان في حالة توازن حراري، فلديهما نفس درجة الحرارة.



إذا كان مقياس الحرارة A في حالة توازن حراري مع الجسم B، و B في حالة توازن حراري مع C، فإن A في حالة توازن حراري مع C. لذلك، تظل القراءة على A كما هي عندما يتم نقل A لإجراء اتصال مع C.

يقيس مقياس الحرارة درجة حرارته الخاصة. من خلال مفاهيم التوازن الحراري وقانون الصفر للديناميكا الحرارية يمكننا القول أن مقياس الحرارة يقيس درجة حرارة شيء آخر، ولفهم العبارة القائلة بأن جسمين في نفس درجة الحرارة.

العلاقة بين الحرارة ودرجة الحرارة

الحرارة ودرجة الحرارة مفهومان مختلفان ولكنهما مرتبطان ارتباطًا وثيقًا. لاحظ أن لديهم وحدات مختلفة: تحتوي درجة الحرارة عادةً على وحدات درجات مئوية أو كلفن، والحرارة لها وحدات طاقة، جول. درجة الحرارة هي مقياس لمتوسط الطاقة الحركية للذرات أو الجزيئات في النظام. تتمتع جزيئات الماء في فنجان من القهوة الساخنة بمتوسط طاقة حركية أعلى من جزيئات الماء في فنجان من الشاي المثلج، مما يعني أيضًا أنها تتحرك بسرعة أعلى. درجة الحرارة هي أيضًا خاصية مكثفة، مما يعني أن درجة الحرارة لا تتغير بغض النظر عن مقدار المادة التي لديك (طالما أنها كلها في نفس درجة الحرارة!). هذا هو السبب في أن الكيميائيين يمكنهم استخدام نقطة الانصهار للمساعدة في تحديد مادة نقية - ناقص درجة الحرارة التي تذوب فيها هي خاصية للمادة مع عدم الاعتماد على كتلة العينة. على المستوى الذري، تكون الجزيئات في كل جسم متحركة باستمرار وتتصادم مع بعضها البعض. في كل مرة تصطدم فيها الجزيئات، يمكن نقل الطاقة الحركية. عندما يكون النظامان على اتصال، سيتم نقل الحرارة من خلال الاصطدامات الجزيئية من النظام الأكثر سخونة إلى النظام الأكثر برودة. ستتدفق الطاقة الحرارية في هذا الاتجاه حتى يصبح الجسمان في نفس درجة الحرارة. عندما يكون النظامان في نفس درجة الحرارة، نقول إنهما في حالة توازن حراري.

الفرق بين الحرارة ودرجة الحرارة

فيما يلي الجدول الذي يشرح الاختلاف بين الحرارة و درجة الحرارة

معامل	الحرارة	درجة الحرارة
التعريف	يتم تعريف الحرارة على أنها الطاقة الإجمالية لجسم له حركة جزيئية بداخله.	يتم تعريف درجة الحرارة على أنها مقياس الطاقة الحرارية لجسم ما.
الوحدة	الجول	كلفن
الرمز	Q	T

تدريج درجات الحرارة

يوجد العديد من تدريج خاص بدرجات الحرارة مثل:

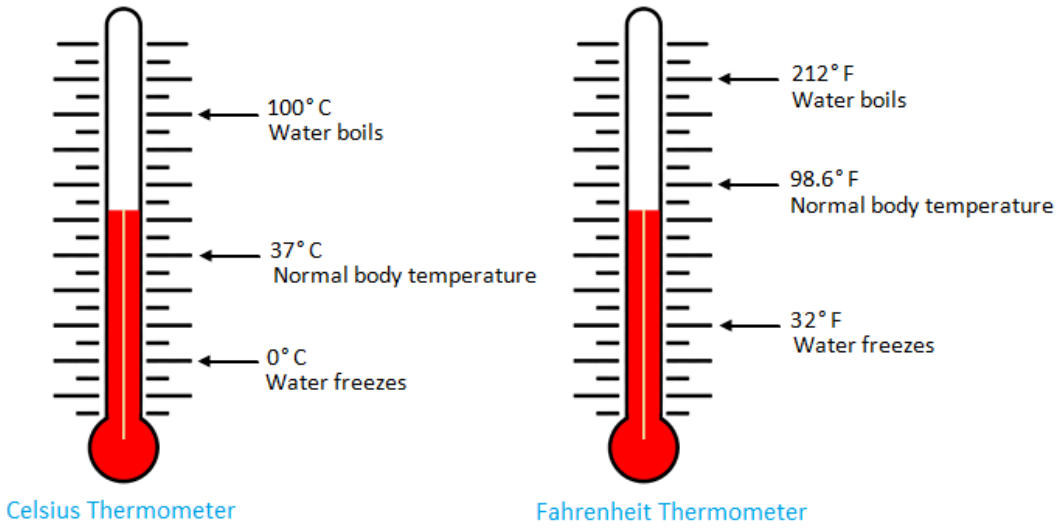
- **مقياس كلفن**
- **مقياس مئوي**
- **مقياس فهرنهايت**
- **مقياس رانكين**
- **مقياس ديليسل**
- **مقياس نيوتن**
- **مقياس ريومور**
- **مقياس رومر**

المقياس المئوي

المقياس المئوي، المعروف أيضًا باسم مقياس المئوية، هو مقياس درجة حرارة يعتمد على 0° لنقطة تجمد الماء و 100° لنقطة غليان الماء. تم تقديم هذا المقياس لأول مرة (وسمي على اسم) الفيزيائي السويدي وعالم الفلك والمهندس أندرس سيلسيوس. في البداية، استخدم المقياس المئوي 0° درجة من أجل الإشارة

إلى نقطة غليان الماء و 100° من أجل الإشارة إلى نقطة تجمد الماء. تم عكس هذه القيم لاحقًا إلى 0° لنقطة تجمد الماء و 100° لنقطة غليان الماء. اكتسب هذا الشكل من المقياس المئوي استخدامًا واسع النطاق.

تلتزم درجات الحرارة المئوية بنظام النطاق النسبي أو الفاصل الزمني، بدلاً من نظام الحجم أو النسبة المطلق. تشمل أنواع جداول النسب تلك المستخدمة لحساب المسافة أو الوزن. فعلى سبيل المثال، عندما تتضاعف الكتلة (على سبيل المثال من 10 كيلوغرامات إلى 20 كيلوغراما)، عادة ما تكون مصحوبة بزيادة في الحجم، وهو ما يمثل ضعف كمية المادة. والزيادة في كمية المادة من 10 كيلوغرامات إلى 20 كيلوغراماً هي نفس الزيادة في كمية المادة من 50 كيلوغراماً إلى 60 كيلوغراماً. ومع ذلك، من المهم ملاحظة أن المقياس المئوي لا يعمل مع الطاقة الحرارية بهذه الطريقة. التفاوت بين 10 درجات مئوية و 20 درجة مئوية وأن ما بين 20 درجة مئوية و 30 درجة مئوية هو 10 درجات لأن درجة الحرارة 20 درجة مئوية لا تحتوي على ضعفي الطاقة الحرارية التي تمارسها درجة حرارة 10 درجات مئوية.



مقياس فهرنهايت

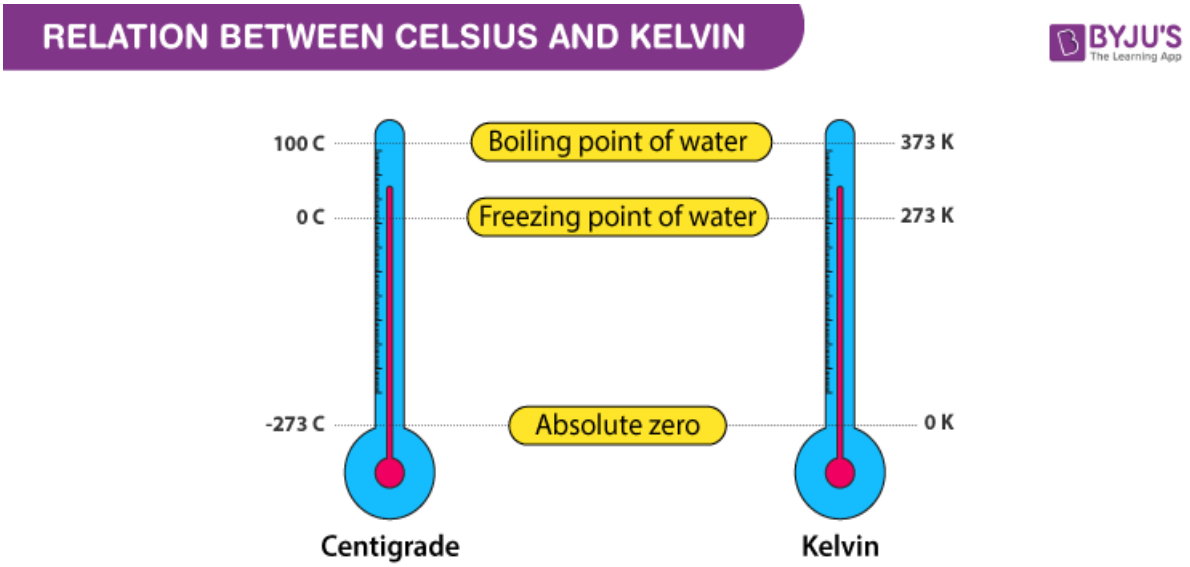
مقياس على أساس 32 درجة لنقطة تجمد الماء و 212 درجة لنقطة غليان الماء، يتم تقسيم الفاصل بين الاثنين إلى 180 جزءًا متساويًا. أخذ الفيزيائي الألماني دانيال غابرييل فهرنهايت في القرن الثامن عشر درجة حرارة خليط ملح جليدي متساوي كصفر من مقياسه واختار قيم 30 درجة و 90 درجة لنقطة تجمد الماء ودرجة حرارة الجسم الطبيعية، على التوالي ؛ تم تنقيحها لاحقًا إلى 32 درجة و 96 درجة، لكن الجدول النهائي تطلب تعديلًا إلى 98.6 درجة للقيمة الأخيرة.

يستخدم مقياس درجة حرارة فهرنهايت في الولايات المتحدة ؛ يتم استخدام المقياس المئوي في معظم البلدان الأخرى ولأغراض علمية في جميع أنحاء العالم. صيغة التحويل لدرجة الحرارة التي يتم التعبير عنها على مقياس درجة مئوية (° C) إلى تمثيلها فهرنهايت (° F) هي:

$$°F = (^{9}/_{5} \times °C) + 32.$$

مقياس كلفن

في عام 1848، حدد اللورد كلفن مقياس درجة الحرارة المطلقة بناءً على دورة كارنو التي سميت لاحقًا باسمه على أنها مقياس درجة الحرارة المطلق لكلفن. في مقياس كلفن، تبلغ نقطة الصفر 273.15 أقل من مقياس الدرجة المئوية. لا يزال الأصل الحقيقي للكون، إذا كان له واحد، لغزًا للحاضر ومن المحتمل أن يظل بعيدًا في المستقبل.



كل قسم في مقياس كلفن يسمى كلفن (K) يساوي درجة على مقياس درجة الحرارة المئوية، ولكن الفرق هو مكان الصفر. في المقياس المئوي 0° هي نقطة التجمد للماء بينما في مقياس كلفن تكون نقطة الصفر عند الصفر المطلق. لذلك، 0°K يساوي -273.15°C ، 0°K يساوي 273.15 كلفن. يستخدم مقياس كلفن لدرجات حرارة منخفضة جدًا أو عالية جدًا عندما لا يشارك الماء. يختلف مقياس كلفن لقياس الحرارة عن مقياس سنتيجراد وفهرنهايت من حيث أنه يبدأ من الصفر المطلق، وهي أدنى درجة حرارة ممكنة. حيث لا توجد طاقة على الإطلاق. يخصص المقياس المئوي 0 درجة لدرجة الحرارة التي يتجمد فيها الماء و 100 درجة لدرجة الحرارة التي يغلي فيها، بينما يتجمد الماء في مقياس فهرنهايت عند 32 درجة ويغلي عند 212

درجة. مقياس كلفن يتبع مقياس المئوية. الصفر المطلق هو 273.15°C-و459.67°F- يتجمد الماء عند 273.15°K ويغلي عند 373.15°K

صيغة مقياس كلفن

معادلة رياضية تعطي العلاقة بين مقاييس المئوية وكلفن:

$$K = °C + 273$$

أنواع موازين الحرارة واستخداماتها

تستخدم موازين الحرارة أي خاصية فيزيائية لمادة تختلف بطريقة معروفة مع درجة الحرارة ، ويمكن قياسها بسهولة كوسيلة لقياس درجة الحرارة. تعرف المادة التي تستخدم خصائصها الفيزيائية باسم مادة قياس الحرارة. يمكن أن تعطينا حاسة اللمس لدينا انطباعا عاما عن درجة حرارة أو برودة الجسم. ومع ذلك ، فهذه ليست طريقة موثوقة لتقدير أو قياس درجة الحرارة ، لأن استجابة حاسة اللمس البشرية لتغير درجة الحرارة تميل إلى التأثر بتجربتها السابقة. وبالتالي فإن الماء الدافئ سيشعر بالبرودة إذا تم نقل اليد المغموسة في البداية في الماء الساخن إليها. ومن ثم من أجل قياس درجة الحرارة بدقة ، يتم استخدام أداة تسمى مقياس الحرارة. موازين الحرارة هي أدوات أكثر موثوقية لقياس درجات الحرارة.

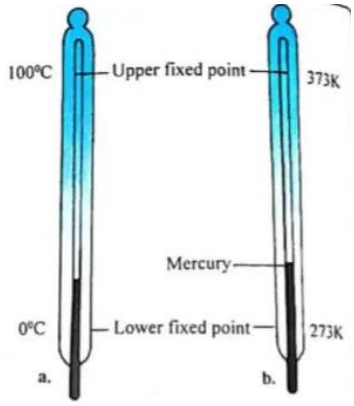
أنواع ميزان الحرارة

أنواع ميزان الحرارة	مادة حرارية	Physical property
سائل في زجاج ترمومتر	الزئبق أو الكحول	تغير في حجم السائل مع درجة الحرارة
ميزان حرارة الغاز	غاز	تغير ضغط الغاز عند حجم ثابت مع درجة الحرارة
Change in the electrical resistance of wire with temperature	سلك المقاومة	Resistance thermometer

ترمومتر المقاومة	معدنان مختلفان (e.g. copper and constantan)	التغير في فرق الجهد الكهربائي (أو التيار) بين تقاطعين معدنيين عند درجات حرارة مختلفة
ميزان حرارة ثنائي المعدن	اثنين من المعادن المختلفة (e.g. iron and copper)	The differential expansion of the two metals of the bimetallic strip

ترمومتر سائل في زجاج

السوائل الأكثر شيوعا المستخدمة في موازين الحرارة هي الزئبق والكحول. يقيس مقياس الحرارة درجة الحرارة عن طريق قياس التغير في حجم كتلة ثابتة من السائل بسبب التغير في درجة الحرارة.



للحصول على حساسية عالية ، يجب أن يحتوي مقياس الحرارة السائل في الزجاج على:

• السائل الموجود فى انتفاخ مصنوع من الزجاج الرقيق. وهذا يمكن السائل من تحمل درجة حرارة محيطه بسرعة

• أنبوب شعري ضيق مع تجويف موحد. وهذا يجعل من الممكن للتغيرات الصغيرة في درجات الحرارة أن تسبب تغيرات كبيرة في طول عمود الزئبق.

• سائل ذو مدى وايع للتغير لاستخدامها كسائل قياس حراري ، مثل هذا السائل يجب ان يكون:

1- تمدد أو تقلص بشكل موحد مع درجة الحرارة

2- لها درجة غليان عالية ونقطة انصهار منخفضة

3- يمكن رؤيتها بسهولة في الزجاج

• الماء ليس له أي من الخصائص المذكورة أعلاه. لديها مجموعة صغيرة من التوسع. يتجمد عند 0 درجة ويغلي عند 100 درجة. لا يتوسع بشكل موحد (يتقلص أيضا من 0 درجة إلى 4 درجات). إنه يبلل الزجاج وعديم اللون ، مما يجعل من الصعب قراءة الغضروف المفصلي في الزجاج. الأسباب المذكورة أعلاه تجعل الماء غير مناسب كسائل حراري.

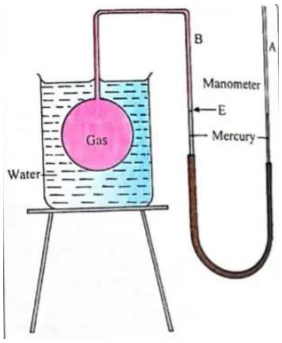
• تستخدم موازين الحرارة الزئبقية في مختبرات المدارس والمستشفيات بشكل أكثر شيوعا من الكحول. ميزان الحرارة الزئبقي في الزجاج رخيص وبسيط ، لكنه غير موثوق بما يكفي للعمل الدقيق.

ميزان الحرارة الطبي

هذا شكل من أشكال مقياس الحرارة الزئبقي في الزجاج المستخدم في المستشفى لقياس درجة حرارة جسم الإنسان. تبلغ درجة حرارة الشخص السليم الطبيعي حوالي 37 درجة مئوية ولكنها قد ترتفع إلى حوالي 41 درجة في حالة ارتفاع درجة الحرارة. وبالتالي فإن نطاق درجة حرارة مقياس الحرارة الطبي يتراوح بين 35 درجة إلى 43 درجة مئوية.

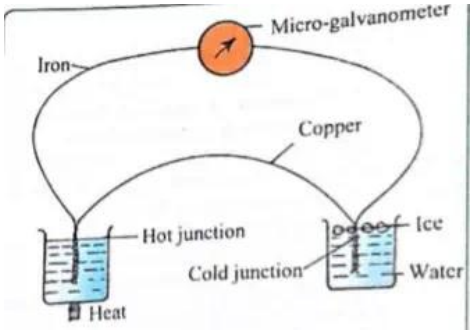
موازين الحرارة الغازية

لذلك تستخدم موازين الحرارة الغازية لقياسات دقيقة لدرجة الحرارة. يعتمد مبدأ مقياس حرارة الغاز على حقيقة أنه عند الحجم الثابت ، يزداد ضغط الغاز خطيا مع زيادة درجة الحرارة. يتكون مقياس حرارة الغاز ذو الحجم الثابت من انتفاخ زجاجى كبير تحتوي على غاز (مثل الهيدروجين أو الهيليوم). المصباح متصل بأنبوب زجاجي ضيق متصل بمقياس ضغط زئبقي.



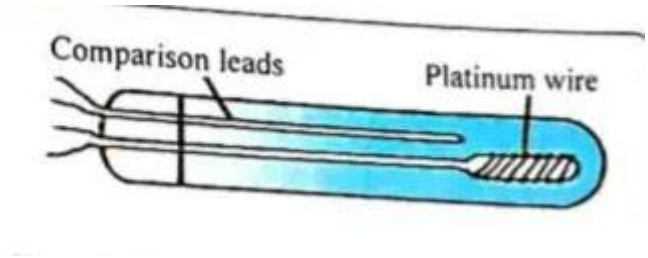
ميزان الحرارة الكهروحراري

تستخدم موازين الحرارة هذه لقياس درجات الحرارة العالية جدا. تعمل على مبدأ الازدوجية الحرارية. عندما يتم ربط معدنين مختلفين (مثل النحاس والتنجستين) في النهايات ويتم تسخين أحد طرفيه (الوصلة الساخنة) ، بينما يظل الطرف الآخر (الوصلة الباردة) ثابتا في ذوبان الجليد ، يتدفق تيار كهربائي على طول المعادن. هذا هو التأثير الكهروحراري ويسمى الإعداد المزدوج الحراري.



ترمومتر المقاومة

هذا هو أحد أنواع موازين الحرارة ويستخدم حقيقة أن المقاومة الكهربائية للموصل المعدني تتغير بشكل متناسب مع درجة حرارته. كلما ارتفعت درجة الحرارة زادت المقاومة. يتكون من سلك بلاتيني رفيع طويل ملفوف حول بكرة صغيرة مصنوعة من الميكا أو السيليكا. موازين الحرارة المقاومة مفيدة في القياس الدقيق لدرجات الحرارة المنخفضة جدا أو العالية جدا.



موازين الحرارة الرقمية:

تقيس موازين الحرارة الرقمية درجة الحرارة باستخدام مستشعر إلكتروني وتعرض النتائج على شاشة رقمية. وغالبا ما تستخدم للأغراض الطبية لقياس درجات حرارة الجسم من البشر والحيوانات. فهي سهلة الاستخدام وسريعة وبأسعار معقولة ودقيقة. تعد خطورة الزئبق أحد الدوافع الكبيرة لسبب استخدام موازين

الحرارة الرقمية الآن بشكل شائع بدلا من الترميات السريرية. نتيجة لذلك ، يستخدم الناس الآن موازين الحرارة الرقمية بدلا من موازين الحرارة الزئبقية القديمة.

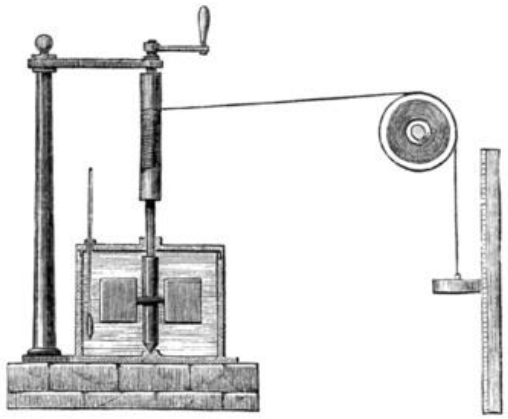
الاستخدامات المختلفة لميزان الحرارة:

يمكنك استخدام هذا الجهاز في مختلف التطبيقات الطبية والصناعية والعلمية. فيما يلي بعض الأمثلة:

- تستخدم موازين الحرارة في المنزل للتحقق من سلامة الغذاء والطهي ودرجات حرارة الغرفة. يمكن لموازين الحرارة الرقمية أيضا قياس درجة حرارة الجسم لنزلات البرد أو الحمى.
- تستخدم موازين الحرارة في المختبر لقياس درجات الحرارة المختلفة في التجارب ومراقبة التغيرات أثناء التفاعلات الكيميائية. يمكنك أيضا استخدامها لمعايرة الأدوات أو الأجهزة الأخرى. يعد تحديد درجة حرارة المحلول أثناء المعايرة بالتحليل الحجمي استخداما شائعا آخر.
- يمكن استخدام موازين الحرارة في السيارات لقياس درجة حرارة المحرك وأداء نظام التبريد. كما أنها توجد بشكل شائع على لوحة القيادة في السيارة ، بحيث يمكن للسائقين مراقبة درجة الحرارة الخارجية عند السفر.
- تستخدم موازين الحرارة الصناعية في تطبيقات مختلفة ، مثل مراقبة درجات الحرارة في عمليات الإنتاج واختبار جودة المنتجات للتحقق من معايير السلامة. كما أنها تستخدم لقياس درجات الحرارة المحيطة في البيئات الصناعية.
- في المطاعم وغيرها من مؤسسات إعداد الطعام ، تستخدم موازين الحرارة لقياس درجات حرارة الطعام المطبوخ أو المكونات لضمان ظروف التخزين المناسبة وسلامة الأغذية.

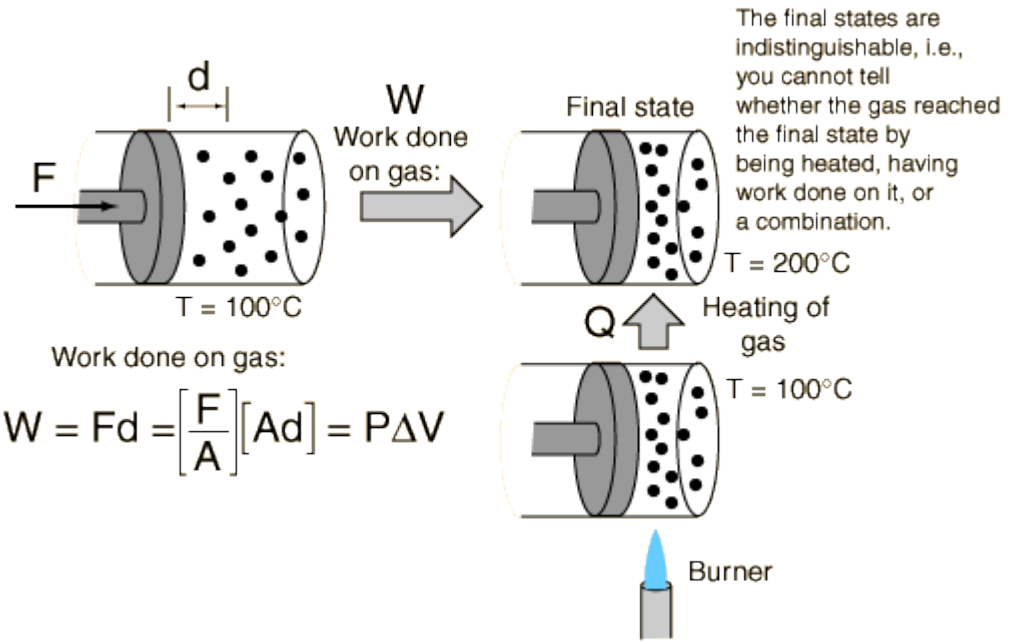
بشكل عام ، يعد فهم كيفية استخدام أنواع مختلفة من موازين الحرارة أمرا ضروريا لقياس درجة الحرارة بدقة والحفاظ على معايير السلامة. توفر موازين الحرارة أداة لا تقدر بثمن في الحياة اليومية ومجموعة متنوعة من الإعدادات.

المكافئ الميكانيكي للحرارة



تجربة جيمس جول الشهيرة التي أظهرت التكافؤ الميكانيكي للحرارة

يمكن تحويل الطاقة الميكانيكية إلى حرارة ، ويمكن تحويل الحرارة إلى بعض اشكال الطاقة الميكانيكية. تعرف هذه الملاحظة الفيزيائية المهمة بالمكافئ الميكانيكي للحرارة. هذا يعني أنه يمكن للمرء تغيير الطاقة الداخلية للنظام إما عن طريق القيام بشغل للنظام ، أو إضافة حرارة إلى النظام. هذا المفهوم أساسي للديناميكا الحرارية التي تطبق أفكار الحرارة والشغل من أجل إنشاء أنظمة مفيدة مثل المحركات ومحطات الطاقة والثلاجات. تم اختبار هذا التكافؤ بين الحرارة والحركة في تجربة كلاسيكية قام بها جيمس جول في عام 1843 ، الذي استخدم التغير في الطاقة الكامنة للكتل المتساقطة لتحريك الماء. زادت درجة حرارة الماء ، تماما كما لو كان عند وضعه على اللهب. أظهر هذا أن الحركة الهبوطية للكتل التي تسببت في تحريك الماء (شكل من أشكال الحركة الميكانيكية) يمكن في الواقع مساواتها بزيادة في درجة حرارة الماء - أو زيادة في الحرارة ، تم ذكر فكرة الشغل والتكافؤ الحراري هذه في القانون الأول للديناميكا الحرارية ، والذي ينص على **أن التغير في الطاقة الداخلية للنظام هو مجموع الشغل المبذول** والحرارة المضافة إلى أي نظام. من هذا ، إذا لوحظ نظام في أي حالة ، فمن المستحيل معرفة ما إذا كان قد وصل إلى هذه الحالة من مدخلات الشغل أو مدخلات الحرارة أو مزيج من الاثنين. يظهر هذا في الشكل أدناه



من المستحيل التمييز بين الشغل والحرارة عند مراقبة الحالة النهائية للنظام

الطاقة الميكانيكية

هي مجموع الطاقة الحركية والطاقة الكامنة داخل النظام. بالنسبة للأنظمة التي تحتوي على قوى محافظة فقط (لا توجد قوى غير محافظة ، مثل الاحتكاك ، للتسبب في تحويل الطاقة إلى طاقة حرارية) ، تظل الطاقة الميكانيكية كما هي. عند وجود قوى غير محافظة ، تميل الطاقة الميكانيكية إلى الانخفاض. في حالة الاحتكاك ، هذا بسبب تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة حرارية (مما يجعل النظام أكثر دفئا).

الطاقة الحرارية

الطاقة الحرارية للجسم هي الطاقة الموجودة في حركة واهتزاز جزيئاته. يتم قياس الطاقة الحرارية من خلال درجة الحرارة.

يمكن تقسيم الطاقة الموجودة في الحركات الصغيرة لجزيئات الجسم إلى مزيج من الطاقة الحركية المجهرية والطاقة الكامنة. الطاقة الكلية للجسم تساوي:

$$E_T = E_K + E_P$$

- E_T هي الطاقة الكلية في جسم ما.
- E_K هي الطاقة الحركية لجسم ما.

• E_P هي الطاقة الكامنة لجسم ما.

درجة الحرارة هي قياس مباشر للطاقة الحرارية ، مما يعني أنه كلما كان الجسم أكثر سخونة ، زادت طاقته الحرارية. الحرارة هي مقياس لمقدار الطاقة الحرارية التي يتم نقلها بين نظامين. من السهل تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة حرارية ، على سبيل المثال باستخدام الاحتكاك. من الممكن أيضا تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية باستخدام محرك حراري ، ولكن سيكون هناك دائما حرارة مهدرة بهذه الطريقة.

الحرارة النوعية

الحرارة النوعية للمادة هي كمية الطاقة المطلوبة لرفع درجة حرارة كيلوغرام واحد من تلك المادة بمقدار درجة كلفن واحدة (أو سلزي).

الحرارة الكامنة (المحتوى الحراري)

الحرارة الكامنة للمادة هي الحرارة اللازمة لتغيير حالة الجسم ، وتسمى أيضا تغيير الطور. بشكل عام ، تكون قيم درجات الحرارة الكامنة أعلى بكثير من قيم الحرارة المحددة. ويشار إلى هذا أيضا باسم المحتوى الحراري.

يحتوي الثلج والماء على درجات حرارة كامنة هائلة مرتبطة بهما ، وهذا هو السبب في أن الثلج يستغرق وقتا طويلا ليذوب ويستخدم الماء في الطهي. هذا مهم أيضا في الحفاظ على كوكبنا مريحا للعيش عليه ، ويوفر قدرا لا بأس به من المقاومة لتغير المناخ.

تكنولوجيا تحويل الطاقة

تشير تقنية تحويل الطاقة إلى أي نظام يحول الطاقة من شكل إلى آخر. تأتي الطاقة بأشكال مختلفة ، بما في ذلك الحرارة والشغل والحركة. علاوة على ذلك ، يمكن أن تكون الطاقة الكامنة في شكل طاقة نووية أو كيميائية أو مرنة أو جاذبية أو مشعة (تعرف أيضا باسم الضوء). كل هذه يمكن تحويلها إلى طاقة مفيدة ، مع واحدة من أكثر الأشكال شيوعا وتنوعا هي الكهرباء.

الهدف الرئيسي لمحطات الطاقة هو أخذ وقود مثل الفحم أو الغاز الطبيعي أو اليورانيوم وتحويله إلى كهرباء. هذا يجعل محطات توليد الطاقة تقنية تحويل الطاقة ، وهي أكبر تقنيات تحويل الطاقة حتى الآن. وتشمل

تكنولوجيات التحويل الأخرى السيارات والبطاريات والسخانات والمولدات. يجب على محطات توليد الطاقة الاستفادة من العديد من تحويلات الطاقة من أجل الوصول إلى الهدف النهائي - الكهرباء. يقدم مصنع الفحم مثالا جيدا:

1. يتم تخزين الطاقة الكيميائية في جزيئات الهيدروكربون في الفحم. عندما يتم حرق الفحم ، تتحول هذه الطاقة الكيميائية إلى حرارة. (الطاقة الكيميائية → الحرارة)
2. يتم استخدام غازات العادم الساخن من تفاعل الاحتراق لتسخين الماء إلى بخار ، والذي ينتقل عبر الأنابيب بضغوط وسرعات عالية. (الحرارة → الحرارة)
3. ثم يتمدد البخار من خلال التوربينات ، مما ينتج طاقة ميكانيكية للحركة. (الحرارة → الحركة)
4. تقوم حركة التوربين بتدوير مولد كهربائي ، مما يؤدي إلى تدفق الكهرباء. (الحركة → الكهرباء)

في الواقع ، أجسادنا هي تقنيات تحويل معقدة للغاية. إنهم يأخذون الطاقة الكيميائية من الطعام ويحولونها إلى أشكال مختلفة من الطاقة الكيميائية التي نحتاجها للعمل. يمكن لجسمنا بعد ذلك استخدام هذه الطاقة للتحول إلى العديد من الأشكال الأخرى: الحرارة والحركة والصوت وطاقة وضع الجاذبية والمزيد.

المزيد من الأمثلة

- المحركات الحرارية (الطاقة الكيميائية → الحرارة → الطاقة الميكانيكية)
- النار (الطاقة الكيميائية → الحرارة والضوء)
- دائرة كهربائية ببطارية (الطاقة الكيميائية → الكهرباء → خدمة طاقة مثل الضوء)
- توربينات الرياح (حركة الرياح → الكهرباء)
- الهواتف المحمولة (الصوت ↔ الكهرباء ↔ الإشعاع الكهرومغناطيسي)

الحرارة

الحرارة هي حركة طاقة ، يتم قياسها بنفس وحدات الطاقة: جول (J). وتجدر الإشارة أيضا إلى أن العمل والحرارة مرتبطان ارتباطا وثيقا (انظر الحرارة مقابل العمل لمزيد من المعلومات). كلاهما يمكن أن يغير درجة حرارة المادة ، ويمكن تحويل الحرارة إلى عمل (ليس بشكل مثالي) ويمكن تحويل العمل إلى حرارة. هذا التكافؤ هو أساس كيفية تشغيل المحركات الحرارية للمجتمع الحديث.

يفسر القانون الثاني للديناميكا الحرارية سبب تدفق الحرارة دائما تلقائيا من درجات حرارة أعلى إلى درجات حرارة منخفضة. يمكن تسخير تدفق الطاقة هذا بواسطة محرك حراري للقيام بعمل مفيد. يمكن للمضخات الحرارية أيضا إجبار الطاقة الحرارية على التدفق للخلف (من البارد إلى الساخن) ، ولكن هذه تتطلب مدخلات الطاقة.

طرق نقل الحرارة

هناك ثلاث آليات لنقل الحرارة:

• يحدث التوصيل بين الأشياء التي تلامس بعضها البعض. تسمح التصادمات بين الجسيمات الصغيرة للجسيمات سريعة الحركة أو الاهتزاز بإعطاء بعض طاقتها الحركية المجهرية لجسيمات أبطأ.

• الحمل الحراري هو انتقال الحرارة الناجم عن تحريك السوائل. في السائل ، يمكن للجسيمات أن تختلط معا ، وتتحرك بشكل أسرع ، وتنتشر ، وبالتالي توزع طاقتها الحرارية. يعد الهواء الدافئ القادم من فتحة التدفئة للتدفق حول غرفة باردة مثالا على الحمل الحراري.

• يحدث الإشعاع دون حركة المادة. يتكون الإشعاع الحراري من موجات كهرومغناطيسية تنبعث من الجسيمات المتحركة. يمكن أيضا امتصاص هذه الموجات بواسطة المواد. تعمل أفران الميكروويف عن طريق الإشعاع ويتم تسخين سطح الأرض بالكامل بواسطة الإشعاع الشمسي للشمس.

الشغل

الشغل هو نقل الطاقة الميكانيكية من كائن إلى آخر. نظرا لأن الشغل هو حركة طاقة ، فإنه يقاس بنفس وحدات الطاقة: جول (J). يختلف تعريف الشغل في سياق الفيزياء تماما عن كيفية استخدامه في الحياة اليومية للشخص وهو كما يلي:

يتم الشغل عند تطبيق قوة على جسم عبر مسافة.

هذا يعني أنه عند تأثير قوة على جسم عبر مسافة، ستتأثر الطاقة الكلية للجسم. إما أن يسرع الجسم أو يتباطأ ، مما يؤدي إلى تغيير في طاقته الحركية (كما هو موضح في الشكل) ، أو سيكون له طاقة وضع متغيرة إذا ، على سبيل المثال ، تم رفعه على ارتفاع معين تحت قوة الجاذبية.

يعمل الرامي على كرة بيسبول من أجل زيادة طاقته الحركية. تعود ذراعه إلى الوراء قدر الإمكان ثم إلى الأمام قدر الإمكان من أجل زيادة المسافة التي تم تطبيق القوة عليها.

يمتد العمل أيضا إلى ما هو أبعد مما يمكن للشخص رؤيته جسديا. يمكن أن يؤثر أيضا على الخصائص المجهرية للنظام ، مثل درجة الحرارة. في عام 1843 بدأ العلماء في استكشاف هذه الفكرة ، وأدت نتائجها إلى صياغة ما يعرف الآن باسم الديناميكا الحرارية. يمكن أن يؤثر القيام بالعمل على نظام ما على طاقته الداخلية ، تماما مثل إضافة الحرارة. ومع ذلك ، فإن العمليتين مختلفتان اختلافا جوهريا ، ويمكن استكشافهما في صفحة الحرارة مقابل العمل. يمكن تلخيص جميع الحالات الموصوفة حتى الآن حول كيفية تأثير العمل على النظام في معادلة واحدة:

$$W=\Delta K+\Delta U+\Delta E_{th}$$

تنص هذه المعادلة على أن الشغل (W) يمكن أن يغير (Δ) الطاقة الحركية للنظام (K) أو الطاقة الكامنة (U) أو الطاقة الحرارية (E_{th}) أو أي مزيج من الثلاثة.

يمكن حساب الشغل الفعلي المنجز باستخدام الصيغة التالية:

$$W=\vec{F}\cdot\vec{d}\quad W=F\rightarrow\cdot d\rightarrow$$

W هو شغل ، أو تغير في الطاقة الميكانيكية ، يقاس بالجول(J)

Fهي القوة المقاسة بالنيوتن(N)

Dهو إزاحة الجسم

تشير الأسهم فوق القوة والإزاحة إلى أنها متجهات. هذا يعني أن لديهم اتجاها مرتبطا بهم ، مما له آثار مهمة على مقدار العمل المنجز لكائن ما. إذا كان كلا الاتجاهين متماثلين، كما هو الحال في الشكل ، فستزداد طاقة النظام مما يعني إنجاز شغل إيجابي. إذا كانت الاتجاهات معاكسة ، مثل القوة المؤثرة عن طريق الاحتكاك وسحب الهواء إلى سيارة متحركة ، فستنخفض طاقة النظام مما يؤدي إلى بذل شغل سلبي.

بالمعنى الفيزيائي ، العمل ليس أبدا شيئا يمتلكه الجسم. إنه فقط شيء يفعله كائن بآخر. يغير العمل كمية الطاقة الميكانيكية والداخلية التي تمتلكها الأشياء. عندما يتم العمل على نظام أو كائن ، تتم إضافة الطاقة إليه. عندما يتم الشغل بواسطة نظام أو كائن ، فإنه يعطي بعض طاقته لشيء آخر.

رمي الكرة يعني أن اليد تطبق قوة بينما تتأرجح الذراع للأمام. من خلال تطبيق قوة على الكرة على هذه المسافة، تبذل اليد شغلا على الكرة، وتكتسب الكرة طاقة حركة. هذا ما يعطيها السرعة.

يتم وصف العلاقات الرياضية بين إجمالي الشغل والطاقة الكلية من خلال نظرية الشغل والطاقة والحفاظ على الطاقة. يمكن للآلات البسيطة تغيير مقدار القوة اللازمة لتحريك جسم ما ، ولكن يجب تطبيق القوة من خلال مسافة أكبر ؛ لا يغيرون مقدار العمل المنجز.

العلاقة بين حجم و الضغط

يقوم الرسم البياني الكهروضوئي بنمذجة العلاقة بين الضغط (P) والحجم (V) للحصول على غاز مثالي. الغاز المثالي هو الذي لا يتكثف أبدا بغض النظر عن التغييرات المختلفة التي تمر بها متغيرات حالته (الضغط والحجم ودرجة الحرارة). بالإضافة إلى ذلك ، فإن العمليات المرسومة على المخططات الكهروضوئية تعمل فقط لنظام مغلق (في هذه الحالة الغاز المثالي) ، لذلك لا يوجد تبادل للمادة ، ولكن لا يزال هناك تبادل للطاقة.

يظهر الضغط والحجم علاقة سببية ، مما يعني أن تغيير أحد المتغيرات سيؤدي إلى التغيير في الآخر. لفهم كيفية تأثير الضغط بشكل مباشر على الحجم (والعكس صحيح) - تخيل حاوية محكمة الغلق ، تحتوي على غاز مثالي (النظام) ، يحتوي على مكبس متحرك. إذا تم تطبيق قوة ، يتحرك المكبس لأسفل ، وسوف ينضغط الغاز - مما يقلل من الحجم في النظام ويسبب زيادة في الضغط. علاوة على ذلك ، إذا تحرك المكبس لأعلى ، فسيزداد حجم النظام ، مما يقلل من ضغط النظام. لذلك ، فإن الزيادة في أحد المتغيرات ستؤدي إلى انخفاض في الآخر ، والعكس صحيح. ومع ذلك ، إذا كانت هناك رغبة في زيادة (أو نقصان) الضغط و / أو الحجم ، فيجب إضافة مصدر حرارة خارجي (أو مصدر تبريد) من محيطه.

بالإضافة إلى ذلك ، لا تقوم هذه المخططات بنمذجة العلاقة بين الضغط والحجم للغاز المثالي فحسب ، بل يمكن استخدامها أيضا لحساب الشغل المنجز (على النظام أو بواسطته). يتم ذلك عن طريق حساب سالب المنطقة تحت المنحنى والتي يمكن القيام بها هندسيا أو عن طريق التكامل. الصيغة العامة لحساب الشغل المبذول بواسطة غاز مثالي هي التكامل: حيث

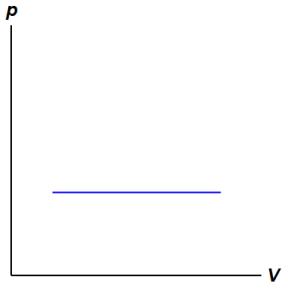
يعني أن الشغل يدخل على النظام (ضغط)

يعني أن الشغل يتم بواسطة النظام (التوسع)

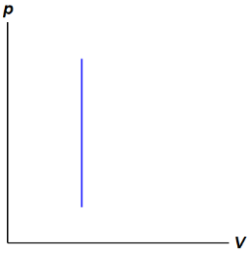
لم يتم إنجاز أي شغل (عملية متساوية - انظر الشكل أدناه)

نتبع جميع العمليات الديناميكية الحرارية الأساسية المصممة على غرار المخططات الكهروضوئية (العمليات متساوية الضغط ، متساوية الضغط ، ومتساوية الحرارة) قانون الغاز المثالي باستثناء العمليات الكاظمة للحرارة - والتي سيتم مناقشتها بالتفصيل على صفحتها الرئيسية. فيما يلي أمثلة لكل عملية على غرار الرسم البياني الكهروضوئي. ستصف كل صفحة من صفحاتها خصائصها الفريدة بالتفصيل:

- أربع عمليات رئيسية لقانون الغاز المثالي على غرار المخططات الكهروضوئية

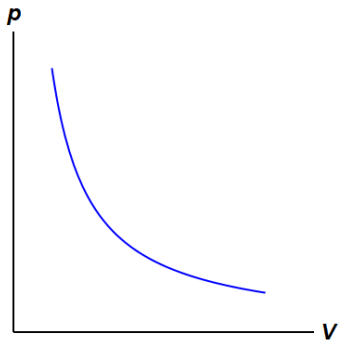


عملية متساوية الضغط: هي الأحداث التي يتغير فيها حجم النظام (الناجم عن مصادر التدفئة أو التبريد الخارجية) ولكن الضغط يظل ثابتا.



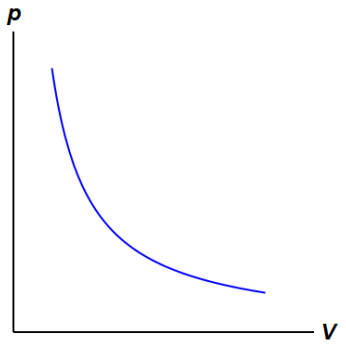
عملية متساوي الحجم:

هذا نموذج لنظام حيث يبقى الحجم ثابتا (على سبيل المثال ، قفل المكبس في مكانه) ولكن الضغط يتغير. سيتطلب ذلك مصدر تدفئة / تبريد خارجي لزيادة / تقليل الضغط. .



عملية متساوي الحرارة:

يوضح هذا الشكل غازا مثاليا يظهر درجة حرارة ثابتة. هذا ممكن لأن الحرارة يتم تبادلها مع محيطها.



عملية أديباتيك:

على غرار العملية متساوية الحرارة للوهلة الأولى ، يمثل adiabats غازا مثاليا يظهر تغيرا في درجة الحرارة ، لأنه لا يوجد تبادل حراري بين النظام والمناطق المحيطة. يمثل الخط الأرجواني adiabat ، بينما يمثل الخط المتقطع (--) متساوي الحرارة.

تطبيقات الرسم البياني الكهروضوئي

يمكن دمج العمليات المختلفة الموضحة أعلاه لإنشاء دورات موجودة في معظم محركات الاحتراق الداخلية والخارجية. توضح هذه الرسوم البيانية كيف تقوم المكابس في المحركات (التي تعمل بالوقود) أو العمليات المختلفة في محطة توليد الكهرباء ، بتغيير حجم وضغط سائل العمل (مثل الماء البخاري للتوربينات ، وخليط الوقود والهواء للمحركات) لإنشاء عمل. ثم يمكن استخدام هذا العمل لتوليد الكهرباء أو تحريك السيارة.

سيتم حساب الشغل المنجز من خلال إيجاد المنطقة داخل الدورة المغلقة (على سبيل المثال ، المنطقة المظللة الصفراء لدورة رانكين أدناه).

تأثير تغير درجة الحرارة على المادة.

الطاقة الداخلية: جميع أنواع الطاقات التي يمكن أن تمتلكها الذرات أو الجزيئات. مثل الطاقة الحركية والاهتزاز والنووية والكيميائية وغيرها

الطاقة الحرارية: إذا انتقلت الطاقة من جسم عالي الحرارة إلى جسم منخفض الحرارة ونتيجة اختلاف درجة الحرارة بينهما تسمى هذا الطاقة الحرارية.

التمدد الحراري للمواد الصلبة والسوائل

المواد الصلبه

أن درجة حرارة المادة مقياس للطاقة الكامنة في جزيئاتها. وعند رفع درجة حرارة سائل أو جامد تزداد طاقة جزيئاته، وبالتالي تزداد سعة اهتزازها. ونتيجة لهذه الزيادة في سعة اهتزاز الجزيئات سوف يزداد متوسط المسافة بين كل جزئ والجزيئات المجاورة. أي ان السائل أو الجامد يتمدد عند رفع درجة حرارته. وبالرغم من وجود بعض الاستثناءات الواضحة من هذه القاعدة في مدى صغير من درجات الحرارة (فالماء على سبيل المثال ينكمش* عند رفع درجة حرارته من 0°C إلى 4°C). فإن المواد عموماً تتمدد بزيادة درجة الحرارة ، بشرط عدم حدوث تغير في الطور.

من الواضح ان التمدد الحراري للمعدن في بناية أو قنطرة يمكن أن يكون أمراً ذا أهمية عملية كبيرة. فإذا لم يؤخذ التمدد الحراري في الاعتبار فإن قضبان السلك الحديدية والطرق الخرسانية السريعة سوف تنبعج تحت تأثير حرارة الشمس في الصيف. وعليه فإن من الضروري أن نعرف بدقة كيف تتمدد المادة مع درجة الحرارة.

لنفرض أن درجة حرارة قضيب طوله الابتدائي L_0 قد تغيرت بمقدار ΔT. فإذا كانت ΔL تمثل التغير الناتج في طول القضيب، فإن التغير النسبي في الطول سيكون $\Delta L/L_0$. وقد وجد عملياً ـ لمعظم الجوامد ـ أن التغير النسبي في الطول يتناسب خطياً مع تغير درجة الحرارة في مدى

معين من درجات الحرارة. ولوصف التمدد الحراري في هذه الحالة يمكننا تعريف معامل التمدد الحراري الطولي α للمادة بالمعادلة:

$$\alpha = \frac{\text{التغير النسبي في الطول}}{\text{التغير في درجة الحرارة}} = \frac{\Delta L / L_0}{\Delta T}$$

التي يمكن كتابتها على الصورة :

$$\Delta L = \alpha L_0 \, \Delta T$$

من الواضح أن وحدات α ، طبقاً للتعريف، هي وحدات مقلوب درجة الحرارة، أي 1/°C أو 1/K، ويمكنك أن تجد القيم النموذجية لمعامل التمدد الطولي α لبعض المواد في الجدول (1).

وكمثال لاستخدام معامل التمدد الطولي، لنفرض أن درجة حرارة قضيب من النحاس الأصفر طوله 75 cm قد تغيرت بمقدار +50°C عندئذ ستكون الزيادة في طول القضيب (استخرج قيمة α من الجدول (1):

$$\Delta L = \alpha L_0 \, \Delta T = (19 \times 10^{-6}/\text{C}^\circ)(0.75\ \text{m})(50\ \text{C}^\circ) = 7.1 \times 10^{-4}\ \text{m}$$

جدول (1) معامل التمدد الطولي والحجمي لبعض المواد

(لكل درجة سيليزية عند 20°C)

المادة	$\alpha \times 10^6$	$\gamma \times 10^6$
ماس	1.2	3.5
زجاج (مقاوم للحرارة)	~3	~9
زجاج (رخو)	~9	~27
حديد وصلب	12	36
قرميد وخرسانة	~10	~30
نحاس أصفر	19	57
ألمنيوم	25	75
زئبق		182
مطاط	~80	~240
جلسرين		500
جازولين (وقود البنزين)		~950
ميثانول (كحول ميثيلي)		1200
بنزين (عطري)		1240
أسيتون		1490

وحيث أن هذا التغير في الطول صغير جداً، فإن قيمة L_0 المستخدمة لتعيين ΔL ليست حساسة لدرجة الحرارة بدرجة كبيرة كافية لأن نهتم بدرجة الحرارة التي يقاس عندها. ولكن الحقيقة أن α يتغيراً تغيراً طفيفاً مع درجة الحرارة، ولذلك يجب استخدام القيمة المناسبة لكل مدى معين من درجات الحرارة في الحسابات عالية الدقة. ومع ذلك فإن من النادر أن يكون لهذا التعقيد أية أهمية في التطبيقات العملية.

هناك نظير مفيد للتمدد الحراري وهو التكبير الفوتوغرافي . ففي كلتا الحالتين نجد أن كل بعد طولي للجسم يعاني نفس التغير النسبي كغيره من الأبعاد، بما في ذلك الثقوب الموجود بالمادة. ويستخلص من ذلك أن محيط الثقب سوف يتغير في الطول بنفس المقدار سواء كان مليئاً بالمادة أو فارغاً. وعليه الزيادة في درجة الحرارة تسبب تمدد الثقوب. وليس انكماشها.

يعتبر التمدد الحجمي للمادة ظاهرة هامة أيضاً، وخاصة في حالة السوائل. وقياساً على استخدامها في تعريف معامل التمدد الطولي، يمكن تعريف معامل التمدد الحراري والحجمي γ بانه التغير النسبي في الحجم نتيجة لتغير درجة الحرارة بمقدار يساوي الوحدة:

$$\gamma = \frac{\Delta V / V_0}{\Delta T}$$

ومنه نجد مباشرة أن :

$$\Delta V = \gamma V_0 \Delta T$$

وبالمثل، فإن وحدات γ هي وحدات مقلوب درجة الحرارة.

وكمثال لتطبيق هذه المعادلة، افترض أن $100\ cm^3$ من البنزين قد سخنت من درجة 20^oC إلى 25^oC إذن، سنجد أن التغير في حجم هذه الكمية من البنين يساوي (استخرج قيمة γ من الجدول (1)) .

$$\Delta V = (1.24 \times 10^{-3}\ /C^o)(100\ cm^3)(5\ C^o) = 0.62\ cm^3$$

وهذا التغير في الحجم يمثل 0.6 في المائة من الحجم الأصلي، وهو تغير كبير في V في كثير من التطبيقات. من الضروري إذن تحديد درجة الحرارة المقاسة عندها V إذا أريد استخدام

قيم γ المدرجة بالجدول (1). لاحظ أن القيم المعطاة تمثل γ عند 20°C. وبالطبع يمكن حساب ΔV نتيجة للتغيرات الصغيرة في درجة حرارة واقعة في هذا المدى الصغير.

يبين الجدول (1) أن معامل التمدد الطولي للجوامد يساوي ثلث معامل التمدد الحجمي تقريباً، وهذه قاعدة عامة للجوامد التي تتمدد بنفس القدر في مختلف الاتجاهات.

تزداد المساحة ضعف زيادة الأطوال.

$$\Delta A = 2\alpha A_0 \Delta T$$

تزداد الأحجام ثلاثة أضعاف زيادة الأطوال.

$$\Delta V = 3\alpha V_0 \Delta T$$

التطبيقات

•التواء

• فجوة التوسع / المفصل

• صمام مضاد للحروق

• شريط ثنائي المعدن، ترموستات

• توسيع الثقوب (تركيب إطارات القطار)

• "ما هو أكثر من ذلك ، تتوسع الطائرة بمقدار 15-25 سم أثناء الطيران بسبب الحرارة الحارقة الناتجة عن الاحتكاك بالهواء. استخدم المصممون بكرات لعزل المقصورة عن الجسم ، بحيث لا يؤدي التمدد إلى تمزيق الطائرة

• يبلغ طول الكونكورد 204 قدما - يمتد بين ست وعشر بوصات أثناء الطيران بسبب تسخين هيكل الطائرة. وهي مطلية بطلاء أبيض مطور خصيصا لاستيعاب هذه التغييرات وتبديد الحرارة الناتجة عن الطيران الأسرع من الصوت".

السوائل

تتمدد السوائل فقط في الحجم.

$$\Delta V = \beta V \Delta T$$

السوائل لها مساحات أعلى من المواد الصلبة

$$\beta \sim 10^{-3}/K,\ 3\alpha \sim 10^{-5}/K$$

التطبيقات

سائل في ميزان حرارة زجاجي

• تحتوي السيارات على خزانات فائض سائل التبريد.

1. **وصف نوعي التمدد الحراري للمواد الصلبة والسوائل والغازات.**

عندما يتم تسخين المادة ، تكتسب جزيئاتها الطاقة ، والتي تمارس كطاقة حركية.

في المواد الصلبة ، تهتز الجسيمات بشكل أقوى وأسرع ، مما يخلق مساحة أكبر بين الجسيمات ، مما يؤدي إلى تمددها. هذا هو الأكثر وضوحا في المعادن. هذه العملية هي التمدد الحراري.

في السوائل ، تتحرك الجسيمات بشكل أسرع ، مما يضعف قوى الجذب بين الجزيئية ، وبالتالي يتم ربطها بشكل أقل ارتباطا ببعضها البعض. يتمدد السائل. إذا كنت ترغب في

ذلك ، يمكنك اختبار ذلك بنفسك ، عن طريق قياس ومقارنة حجم نفس كتلة الماء ، قبل وبعد التسخين. ومن الأمثلة الشائعة على ذلك مقياس الحرارة التقليدي - عندما ترتفع درجة حرارة لمبة مقياس الحرارة ، يتم توصيل الحرارة إلى السائل. يؤدي هذا إلى تمدد السائل ، مما يجبره على رفع مقياس الحرارة.

في الغازات ، تتحرك الجسيمات بشكل أسرع أثناء تسخينها. إذا تم تسخينها تحت ضغط ثابت ، فإن جزيئات الغاز تصطدم بقوة أكبر بأسطح الحاوية ، مما يجبرها على الخروج ، ويسمح للغاز بالتمدد. يمكن ملاحظة ذلك عند تسخين الغاز في حقنة غاز.

ومع ذلك ، إذا تم تسخين الغازات بحجم ثابت ، فإنها لا تتمدد -ولكن يزداد ضغط الغاز ببساطة.

لاحظ أن تبريد المواد يميل إلى أن يكون له تأثير معاكس - تفقد الجسيمات الطاقة الحركية ، وتقترب من بعضها البعض ، وبالتالي تتقلص.

2. شرح من حيث الحركة وترتيب الجزيئات الترتيب النسبي لحجم تمدد المواد الصلبة والسوائل والغازات.

عند التفكير في التمدد الحراري ، تتمدد الغازات أكثر من غيرها ، تليها السوائل ، و تتمدد المواد الصلبة أقل. وذلك لأن الغازات لها أضعف قوى جذب بين الجزيئية، مما يسمح لجزيئاتها بالتحرك بعيدا عن بعضها البعض، والمواد الصلبة لها أقوى قوى بين جزيئية، مما يحد من نطاق حركة الجسيمات.

3. تحديد وشرح بعض التطبيقات اليومية وعواقب التمدد الحراري.

- غالبا ما نستخدم الماء الساخن لتسخين غطاء البرطمان. يؤدي ذلك إلى توسيع الغطاء (تتمدد المعادن أكثر من الزجاج) ، مما يسهل إزالته.

• يتمدد السائل الموجود في موازين الحرارة ويتقلص مع تغير درجة الحرارة. حجم السائل عند درجة حرارة معينة هو الطريقة التي نقرأ بها درجة حرارة الترمومتر.

• يجب أن تكون الكابلات العلوية متراخية بحيث لا تنفصل أو تنفصل في الأيام الباردة عندما تنقبض.

• فواصل التمدد - توجد على معظم الجسور الكبيرة. تبدو وكأنها مشط معدني ، أسنانهما متشابكة ، ولها فجوات صغيرة بين بعضها البعض. عندما تتسبب الحرارة في تمدد الجسر ، يتحرك جانبا مفصل التمدد نحو بعضهما البعض. عندما تبرد درجة الحرارة ، فإنها تتراجع تدريجيا. هذا يعطي الجسر مساحة للتوسع والانكماش ، مما يمنع تكسير / تشوه الجسر. تحتوي فواصل التمدد على "أسنان" متشابكة لأن هذا يقلل من النتوء الذي يشعر به راكبو الدراجات النارية أثناء ركوبهم.

منظمات الحرارة هي أجهزة تستخدم لضبط درجة حرارة نظام التدفئة أو التبريد. لفهم كيفية عملها ، ستحتاج إلى معرفة القليل عن معاملات التمدد. يتم التعبير عن التمدد الحراري ، بالأرقام ، مع تغير التغير في الطول أو المساحة أو الحجم لكل وحدة درجة حرارة. بالنسبة للأسلاك ، نظرا لأن مساحة المقطع العرضي غالبا ما تكون صغيرة وبالتالي لا تذكر ، فلا يتعين علينا أن نهتم بحساب المساحة أو تغير الحجم - يمكننا فقط قياس التغير في طول السلك لكل وحدة تغير في درجة الحرارة. ستكون هذه القيمة معامل التمدد الخطي . بالنسبة للصفائح ، مثل الصفائح المعدنية ، فإن سمكها لا يكاد يذكر عند مقارنتها بمساحتها ، لذلك لا يتعين علينا حساب تغير حجمها. نستخدم عادة التغير في المساحة لكل وحدة درجة حرارة. هذا هو معامل التوسع السطحي. بالنسبة للمواد الأخرى ، مثل المواد ذات الأشكال ثلاثية الأبعاد ، أو السوائل أو الغازات ، نستخدم معامل التمدد التكعيبي. هذا هو التغير في المساحة لكل وحدة تغير في درجة الحرارة.

منظمات الحرارة ثنائية المعدن لها شريط ثنائي المعدن. هذا شريط يوجد فيه معدنان ، بمعاملات مختلفة للتمدد الخطي ، موضوعة جنبا إلى جنب. لذلك ، عندما تسخن الشرائط ، يتمدد أحد المعادن خطيا أكثر من الآخر ، مما يتسبب في ثني الشريط ثنائي المعدن. عندما يصبح الجو حارا بدرجة كافية ، ينحني الشريط بدرجة كافية لإغلاق الدائرة ، ويتم تشغيل مكيف الهواء ، مما يؤدي إلى تبريد الغرفة. بمجرد وصول الغرفة إلى درجة الحرارة المطلوبة ، ينفصل الشريط ببطء ، ويفتح الدائرة ويطفئ مكيف الهواء. يمكن استخدام نفس الآلية للسخانات - عندما يكون الجو دافئا ، ينحني الشريط بعيدا عن الدائرة ، ويزداد برودة ، ويستقيم الشريط حتى يغلق الدائرة ويمكن تشغيل السخان مرة أخرى. ولذلك عندما تقوم بضبط درجة الحرارة على منظم الحرارة ، فأنت تقوم بضبط مدى ثني / تقويم الشريط ثنائي المعدن لسد الفجوة.

4- وصف تأثير تغير درجة الحرارة على حجم الغاز عند ضغط ثابت وصفا نوعيا

وقد سبق شرح ذلك في النقطة 1. مع ارتفاع درجة الحرارة ، تكتسب جزيئات الغاز طاقة حركية وتتحرك بشكل أسرع. هذا يجعلها تصطدم بأسطح الحاوية بقوة أكبر ، مما يجبر الأسطح على الخارج ويسمح للغاز بالتمدد. بمعنى آخر ، عند الضغط المستمر ، يتناسب الحجم طرديا مع درجة الحرارة بالكلفن (K). في شكل صيغة ،

$$PV/T = k;$$

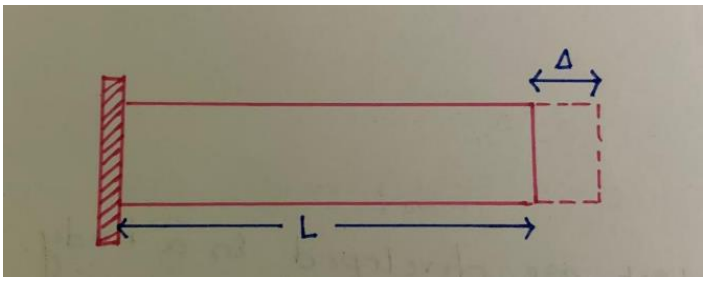
حيث P هو الضغط بالباسكال (P_a) ، V هو الحجم بالمتر المكعب ، T هي درجة الحرارة في كلفن (K) و k ثابت . إذا أعدنا ترتيب الصيغة إلى $PV = kT$ ، يصبح من الواضح أنه مع زيادة T تزداد V.

الإجهاد الحراري

الإجهاد الحراري هو الإجهاد الناجم في الجسم عندما يخضع هذا الجسم لتغيرات في درجة الحرارة ، أي عندما يتمدد الجسم بسبب ارتفاع درجة الحرارة أو يتقلص بسبب انخفاض درجة

الحرارة. يعتمد الإجهاد الحراري بشكل كبير على معامل التمدد الحراري (α) للمادة التي يتكون منها الجسم. كلما زاد معامل التمدد الحراري (α) ، زاد التمدد والعكس صحيح.

افترض شريطا قابل للتمدد. النظر في الشكل أدناه ؛ افترض أن مساحة المقطع العرضي A ، وطول الشريط L ، ومعامل التمدد الحراري هي α ،t هو التغير في درجة الحرارة ، Δ هو قيمة التمدد الحراري .



تكون قيمة التمدد الحراري الحر للحالة المذكورة أعلاه بالعلاقة:

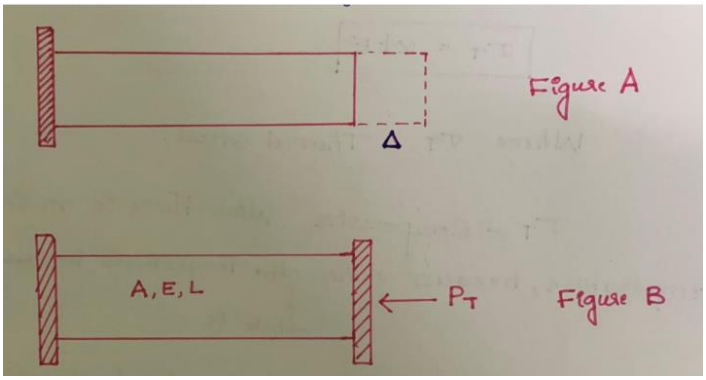
$$\Delta = L\alpha t$$

إذا انخفضت درجة الحرارة ، فسيكون هناك انكماش يعطى بالعلاقة:

$$\Delta = L\alpha t$$

الإجهاد الحراري في ساق معدنى

الحالة 1: عندما تكون الحدود ثابتة - ضع في اعتبارك الشكل أ ، حيث لا يوجد قيود على التمدد أو الانكماش عندما يكون هناك تغير في درجة الحرارة ، **فإن الإجهاد الحراري المتطور هو صفر والتمدد الحر هو Lαt**. فى الشكل B ، نظرا لأن كلا الطرفين ثابتان ، فإن حرية الحركة غير ممكنة عندما يكون هناك تغيير في درجة الحرارة ، وهذا يؤدي إلى تطور الإجهاد الحراري في الجسم.



تشوه بسبب القوة

$$P_T = P_T L / AE$$

تشوه بسبب القوة

$$\Delta = P_T$$

$$P_T L/AE = L\alpha t$$

$$\sigma_T = \alpha t E$$

حيث = σ_T الإجهاد الحراري ، σ_T هو إجهاد ضاغط عندما تكون هناك زيادة في درجة الحرارة لأنه عندما يكون هناك ارتفاع في درجة الحرارة ، يحاول الجسم التمدد ولكن الحدود ستحاول إبقائه في موضعه الأصلي ، وبالتالي فإن القوى الحرارية ستكون ضاغطة. σ_T هو الشد عندما يكون هناك انخفاض في درجة الحرارة لأنه عندما يكون هناك انخفاض في درجة الحرارة ، يحاول الجسم الانقباض ، لكن الحدود ستحاول إبقائه في موضعه الأصلي ، وبالتالي فإن القوى الحرارية ستكون قابلة للشد.

النظرية الحركية للغازات

تصف النظرية الحركية الغاز بأنه عدد كبير من الجسيمات (الذرات أو الجزيئات) ، وكلها في حركة عشوائية. تصطدم الجسيمات سريعة الحركة باستمرار مع بعضها البعض ومع جدران الحاوية. تشرح النظرية الحركية الخصائص الفيزيائية للغازات ، مثل الضغط ودرجة الحرارة واللزوجة والتوصيل الحراري والحجم ، من خلال النظر في تركيبها الجزيئي وحركتها. تفترض النظرية أن ضغط الغاز يرجع إلى التأثيرات ، على جدران الحاوية ، للجزيئات أو الذرات التي تتحرك بسرعات مختلفة.

النموذج

المبادئ الأساسية الخمسة للنظرية الحركية الجزيئية هي كما يلي:

1. يتكون الغاز من جزيئات مفصولة بمسافات متوسطة أكبر بكثير من أحجام الجزيئات نفسها. الحجم الذي تشغله جزيئات الغاز لا يكاد يذكر مقارنة بحجم الغاز نفسه.

2. جزيئات الغاز المثالي لا تمارس قوى جذب على بعضها البعض ، أو على جدران الحاوية.

3. الجزيئات في حركة عشوائية ثابتة ، وكأجسام مادية ، فإنها تطيع قوانين نيوتن للحركة. هذا يعني أن الجزيئات تتحرك في خطوط مستقيمة حتى تصطدم ببعضها البعض أو بجدران الحاوية.

4. الاصطدامات مرنة تماما. عندما يصطدم جزيئان ، يغيران اتجاهاتهما وطاقاتهما الحركية ، ولكن يتم الحفاظ على الطاقة الحركية الكلية. الاصطدامات ليست "لزجة".

5. متوسط الطاقة الحركية لجزيئات الغاز يتناسب طرديا مع درجة الحرارة المطلقة. لاحظ أن مصطلح "متوسط" مهم جدا هنا ؛ ستمتد السرعات والطاقات الحركية للجزيئات الفردية على نطاق واسع من القيم ، وسيكون لبعضها سرعة صفرية في لحظة معينة. هذا يعني أن كل الحركة الجزيئية ستتوقف إذا انخفضت درجة الحرارة إلى الصفر المطلق.

وفقا لهذا النموذج ، فإن معظم الحجم الذي يشغله الغاز هو مساحة فارغة. هذه هي الميزة الرئيسية التي تميز الغازات عن الحالات المكثفة للمادة (السوائل والمواد الصلبة) التي تتلامس فيها الجزيئات المجاورة باستمرار. جزيئات الغاز في حركة سريعة ومستمرة. في درجات الحرارة والضغوط العادية ، تكون سرعاتها في حدود 0.1-1 كم / ثانية ويتعرض كل جزيء لما يقرب من 1010 تصادم مع جزيئات أخرى كل ثانية.

إذا كانت الغازات تتكون في الواقع من جسيمات منفصلة على نطاق واسع ، فيجب أن تكون الخصائص التي يمكن ملاحظتها للغازات قابلة للتفسير من حيث الميكانيكا البسيطة التي تحكم حركات الجزيئات الفردية. تسهل النظرية الجزيئية الحركية معرفة سبب تأثير الغاز على جدران الحاوية. يتم قصف أي سطح ملامس للغاز باستمرار بواسطة الجزيئات.

عند كل تصادم ، يصطدم جزيء يتحرك بزخم mv بالسطح. وبما أن التصادمات مرنة، فإن الجزيء يرتد للخلف بنفس السرعة في الاتجاه المعاكس. هذا التغيير في السرعة ΔV يعادل تسارع a ؛ وفقا لقانون نيوتن الثاني ، يتم ممارسة القوة f = ma على سطح المنطقة A التي تمارس ضغطا P = f / A.

التفسير الحركي لدرجة الحرارة

وفقا للنظرية الجزيئية الحركية ، فإن متوسط الطاقة الحركية للغاز المثالي يتناسب طرديا مع درجة الحرارة المطلقة. الطاقة الحركية هي الطاقة التي يمتلكها الجسم بحكم حركته:

$$KE = \frac{mv^2}{2}$$

مع ارتفاع درجة حرارة الغاز ، سيزداد متوسط سرعة الجزيئات ؛ مضاعفة درجة الحرارة ستزيد هذه السرعة بمعامل أربعة. سيؤدي الاصطدام بجدران الحاوية إلى نقل المزيد من الزخم ، وبالتالي المزيد من الطاقة الحركية ، إلى الجدران. إذا كانت الجدران أكثر برودة من الغاز ، فسوف تصبح أكثر دفئا ، وتعيد طاقة حركية أقل إلى الغاز ، وتتسبب في تبريده حتى الوصول

إلى التوازن الحراري. نظرا لأن درجة الحرارة تعتمد على متوسط طاقة الحركة ، فإن مفهوم درجة الحرارة ينطبق فقط على عينة ذات مغزى إحصائي من الجزيئات. سيكون لدينا المزيد لنقوله عن السرعات الجزيئية والطاقات الحركية الأبعد.

• التفسير الحركي لقانون بويل: يمكن تفسير قانون بويل بسهولة من خلال النظرية الجزيئية الحركية. يعتمد ضغط الغاز على عدد المرات التي تصطدم فيها الجزيئات بسطح الوعاء في الثانية. إذا ضغطنا الغاز إلى حجم أصغر، فسنجد أن العدد نفسه من الجزيئات يؤثر الآن على مساحة سطح أصغر؛ ومن ثم فإن العدد الذي يضرب لكل وحدة مساحة، ومن ثم الضغط، يصبح أكبر الآن.

• التفسير الحركي لقانون تشارلز: تنص النظرية الجزيئية الحركية على أن الزيادة في درجة الحرارة ترفع متوسط الطاقة الحركية للجزيئات. إذا كانت الجزيئات تتحرك بسرعة أكبر ولكن الضغط ظل كما هو، فيجب أن تبقى الجزيئات متباعدة؛ بحيث يتم تعويض الزيادة في معدل تصادم الجزيئات مع سطح الوعاء بزيادة مقابلة في مساحة هذا السطح مع تمدد الغاز.

• التفسير الحركي لقانون أفوجادرو: إذا قمنا بزيادة عدد جزيئات الغاز في حاوية مغلقة ، فسوف يصطدم المزيد منها بالجدران لكل وحدة زمنية. إذا كان الضغط سيبقى ثابتا ، فيجب أن يزداد الحجم بالتناسب ، بحيث تضرب الجزيئات الجدران بشكل أقل تكرارا ، وعلى مساحة سطح أكبر.

• التفسير الحركي لقانون دالتون: "كل غاز هو فراغ لكل غاز آخر". هذه هي الطريقة التي ذكر بها دالتون ما نعرفه الآن بقانونه للضغوط الجزئية. هذا يعني ببساطة أن كل غاز موجود في خليط من الغازات يعمل بشكل مستقل عن الآخرين. هذا منطقي بسبب أحد المبادئ الأساسية لنظرية KMT بأن جزيئات الغاز لها أحجام ضئيلة. إذن، يعمل الغاز (أ) في خليط من (أ) و(ب) كما لو أن الغاز (ب) غير موجود على الإطلاق. يساهم كل منها بضغطه الخاص في الضغط الكلي داخل الحاوية ، بما يتناسب مع جزء الجزيئات التي يمثلها.

الجزء 2: الضوء الهندسي

البصريات الهندسية

Light and Optics

1- مقدمة: Introduction

ما هو الضوء؟

- هل هو تدفق من الجسيمات؟
- هل هو موجة؟
- هل هو تدفق من الجسيمات وموجة؟ إن الضوء ... هذا الذي تستقبله العين.

إن علم الضوء هو إحدى فروع الفيزياء الذي يهتم بدراسة الظواهر الضوئية.

إن مجال الضوء واسع جداً، نذكر على سبيل المثال:

1- الإدراك الحس ي للعالم الذي يُحيط بنا (تشكيل الصور والأخيلة).

2- الأجهزة الضوئية [مناظير، راصدة)تلسكوب(لرصد الأجرام السماوية وتقريبها، مجاهر.

3- انتشار ونقل المعلومات بوساطة الضوء (ليف بصري).

4- منابع ضوئية (ليزر، مصباح صوديوم).... ،

5- كواشف كاميرا تعمل على الأشعة ما تحت الحمراء، كاشف فوتوني، مواد نصف ناقلة.

2- مصادر الضوء

تسمى مصادر الضوء بالجسم المضيء ، في حين أن الأجسام غير المضيئة لا تتبعث منها الضوء. تسمى المواد التي تسمح بانتقال الضوء من خلالها بالأجسام الشفافة ، بينما تسمى المواد التي تمتص الضوء تماما بالأجسام غير الشفافة ، فهي لا تسمح بنقل الضوء من خلالها. تسمح بعض المواد الأخرى مثل الزجاج الملون الفاتح جزئيا بنقل الضوء وتسمى الأجسام الشفافة.

ندرج هنا مصادر مختلفة للضوء ، سواء المصادر الطبيعية أو الاصطناعية والعمليات والأجهزة التي تتبعث منها الضوء. في هذه القائمة ، يعتبر الضوء إشعاعا كهرومغناطيسيا

مرئيا للعين البشرية ، وليس إشعاع الجسم الأسود بالمعنى العام. تقتصر القائمة أيضا على مصادر الضوء ، على عكس الأجسام مثل القمر التي توفر الضوء عن طريق الانعكاس.

i. الأجسام الفلكية - الشمس ، ضوء النجوم (النجوم التي تشكل مجموعات مثل مجموعات النجوم والمجرات. أجسام السماء العميقة بما في ذلك الكوازارات ، وأقراص التراكم حول الثقوب السوداء ، والبلازار ، والمغناطيسية ، والنجوم النابضة ، والمستعر الأعظم / نوفا ، ودرب التبانة ، والأشعة الكونية.

ii. دخول الغلاف الجوي (عن طريق التأين و/أو التسخين) - الشهب، زخات الشهب، البوليد/كرة النار، كرة نارية ترعى الأرض

iii. البرق (فيزياء البلازما) – البرق بأشكال مختلفة ، البرق الجاف ، الشفق القطبي ، إشعاع سيرينكون (من الأشعة الكونية التي تضرب الغلاف الجوي).

iv. الأرضية - (أ) التلألؤ البيولوجي - الديدان المتوهجة ، اليراعات ، وبعض البكتيريا ، كريل أنتاركتيكا ، دودة الرق ، Foxfire ، الفطريات المضيئة ، إلخ. (ب) الوهج - الحمم البركانية ، البركانية ، الثوران البركاني (البرق ، المواد الساخنة). (ج) التلألؤ المشع (د) التلألؤ الثلاثي (ه) اللمعان العضلي (و) ضوء الزلازل.

v. الطاقة النووية / عالية الطاقة - تلألؤ صوتي ، إبادة ، Bremsstrahlung ، سيكلوترون التلألؤ ، السنكروترون ، سيرينكوف ، إلخ.

vi. الكيميائية المباشرة - التلألؤ الكيميائي ، اللومينول ، الفلور ، الفسفرة ، المتفجرات الكيميائية ، حرائق الاحتراق ، إلخ.

vii. المصابيح المتوهجة - مصباح زر الكربون ، المصابيح المتوهجة التقليدية ، المصابيح الكهربائية ، مصابيح الهالوجين ، إلخ.

viii. التحفيز الإلكتروني - التلألؤ الكاثودي ، أنابيب أشعة الكاثود ، التلألؤ المحفز بالإلكترون ، أنبوب كروكس ، المصابيح الكهربائية - (أ) الثنائيات الباعثة للضوء (LED) (ب) مصابيح LED العضوية ، (ج) مصابيح LED البوليمرية ، (د) مصابيح LED ذات الحالة الصلبة ،

(xi) الخلايا الكهروكيميائية الباعثة للضوء (LECs) ، صفائح الإضاءة الكهربائية ، الأسلاك الكهروضوئية ، البوليمر الكهربائي المستحث بالمجال (FIPEL) ، إلخ.

(xii) مصابيح تفريغ الغاز - البرق التعريفي ، مصابيح الفلورسنت - مصابيح الفلورسنت المدمجة ، مصباح الدباغة ، مصباح الخشب ، أنبوب جيسلر ، أنبوب مور ، أنبوب الكاثود المجوف ، مصباح الإكسيمر ، مصابيح النيون والأرجون والزينون ، أنبوب نيكسي ، مصباح البلازما ، إلخ.

xiii. الليزر - ليزر غاز روبي ليزر ، ليزر أشباه الموصلات ، ليزر كيميائي ، ليزر صبغ ، ليزر بخار معدني ، ليزر الحالة الصلبة ، ليزر أيون ، ليزر بئر كمي ، ليزر إلكترون حر ، ليزر ديناميكي للغاز ، إلخ.

2- طبيعة الضوء: The Nature of Light

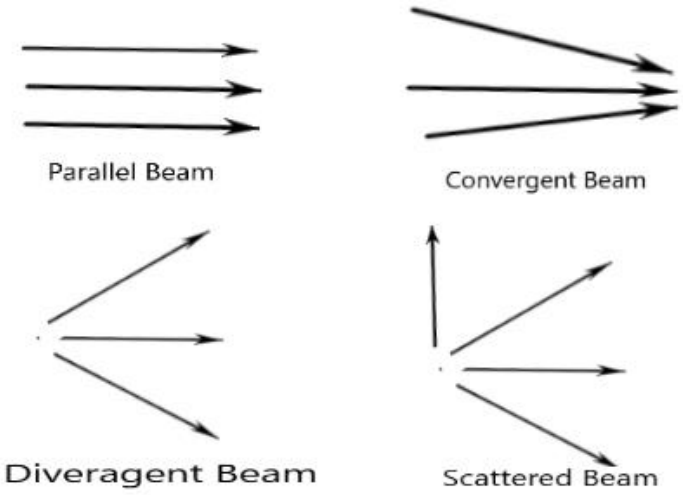
الضوء : هو عبارة عن أمواج كهرو مغناطيسية تنتقل في الفراغ وفق خطوط مستقيمة بسرعة عالية جدا.

البصريات الهندسية ، تصف انتشار الضوء من حيث أشعة الضوء. الشعاع في البصريات الهندسية هو تجريد (صياغة رياضية) يمكن استخدامه لنمذجة كيفية انتشار الضوء تقريبا. تعرف أشعة الضوء بأنها تنتشر في مسار مستقيم (خط مستقيم) أثناء انتقالها في وسط متجانس (كثافة واتجاه موحد). تنحني الأشعة (وقد تنقسم إلى قسمين) عند الواجهة بين وسيطين مختلفين ، وقد تنحني في وسط يتغير فيه معامل الانكسار ، وقد يتم امتصاصها وانعكاسها. . يشار عموما إلى انكسار الضوء وانعكاسه وامتصاصه وتشتيته بواسطة الوسط الذي ينتشر من خلاله باسم التشتت. توفر البصريات الهندسية قواعد ، والتي قد تعتمد على لون (الطول الموجي / التردد) للشعاع ، لنشر هذه الأشعة من خلال نظام بصري. هذا التبسيط الرياضي لبصريات الأشعة يفشل في تفسير التأثيرات البصرية مثل الحيود والتداخل. إنه تقريب ممتاز عندما يكون الطول

الموجي صغيرا جدا مقارنة بحجم الهياكل التي يتفاعل معها الضوء. يمكن استخدام البصريات الهندسية لوصف الجوانب الهندسية للتصوير ، بما في ذلك الانحرافات البصرية.

عندما ينتقل الضوء عبر الفضاء ، فإنه يتذبذب في السعة. في هذا الوصف للصورة الناتجة عن انتشار الضوء ، يتم تمييز كل قمة سعة قصوى بمستوى لتوضيح مقدمة الموجة. الشعاع هو السهم العمودي على هذه الأسطح المتوازية. شعاع الضوء هو خط أو منحنى عمودي على جبهات موجات الضوء. يتبع التعريف الأكثر صرامة لشعاع الضوء مبدأ فيرما ، الذي ينص على أن المسار الذي يسلكه شعاع ضوئي بين نقطتين هو المسار الذي يمكن اجتيازه في أقل وقت. غالبا ما يتم تبسيط البصريات الهندسية عن طريق جعل التقريب المحوري ، أو "تقريب الزاوية الصغيرة". ثم يصبح السلوك الرياضي خطيا ، مما يسمح بوصف المكونات والأنظمة البصرية بواسطة مصفوفات بسيطة (معادلات خطية). وهذا يؤدي إلى تقنيات تتبع الأشعة الباراكسية (أشعة 7 ضوء موازية للمحور الرئيسي) ، والتي تستخدم للعثور على الخصائص الأساسية للأنظمة البصرية ، مثل الصور التقريبية ومواضع الكائن والتكبير.

شعاع الضوء هو بناء رياضي للمساعدة في التحليل الهندسي لانتشار الضوء. يمكن اعتباره أيضا خطا مرسوما في الفضاء يتوافق مع اتجاه تدفق الطاقة المشعة (الضوء). هندسيا ، إنه خط مستقيم مع سهم يشير إلى مسار واتجاه انتشار الضوء. تسمى مجموعة من أشعة الضوء شعاع الضوء. هناك حزم مختلفة من الضوء (i) شعاع متوازي (ii) شعاع متقارب (iii) شعاع متباعد (iv) شعاع مبعثر.



الضوء = أمواج وفوتونات إن الفوتون هو جسيم معدوم الكتلة، وسرعته تساوي سرعة الضوء التي نرمز لها بـ c وتساوي:

$$c = 299792456\ (m.s^{-1}) \approx 3 \times 10^{8}\left(\frac{m}{s}\right)$$

وطاقة الفوتون تُعطى بالعلاقة الآتية:

$$E = h.\nu\ (\text{joule})$$

حيث h ثابت يُدعى بثابت بلانك "Called Planck's constant" الذي يساوي:

$$h = 6,626 \times 10^{-34}\ (J.s)$$

التردد ويقدر بمقلوب الثانية (1/s)، الذي يُدعى بالهرتز Hertz (Hz).

وكون الضـ وء له طبيعة مزدوجة: جسـ يمية وموجية، فلن الموجة المرافقة للفوتون (الموجة الضـ وئية) تتميز بـ :

- موجة دون حامل،
- تنتشر في الخلاء بسرعة (c)سرعة الضوء.

الآتية:

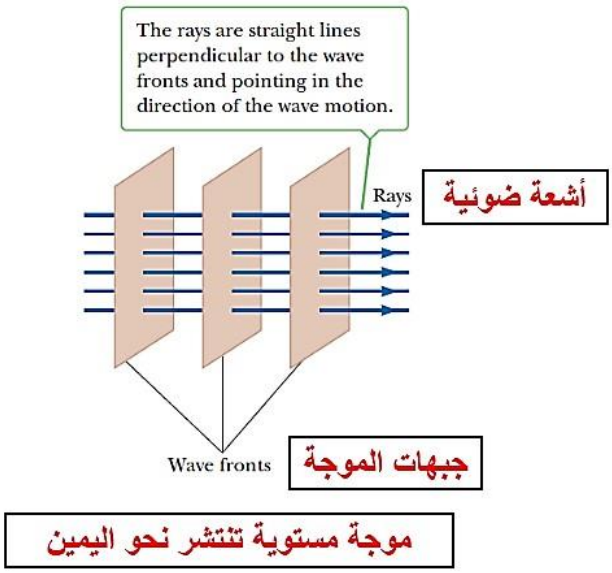
إن طول الموجة يُعطى بالعلاقة $\lambda = \frac{c}{\nu} = c.T$

حيث T يرمز لطول الموجة، ويُقدر بواحدة طول.

بعض القيم المرجعية:

- يقدر عمر الكون بـ (31,7) مليار سنة،
- تعد الشمس نجماً عمره (4,)5 مليار سنة، ويسغرق ضؤها لكي يصل إلينا زمناً قدره 8 دقائق تقريباً. بعبارة أخرى تحتاج الموجة الضوئية (الفوتون) المسافة بين الأرض والشمس بزمن قدر يساوي 8 دقائق تقريباً ،
- تدور الموجة الضوئية (الفوتون) حول الأرض 7 مرات في الثانية الواحدة.

إن الأشعة الضوئية هي عبارة عن خطوط مستقيمة عمودية على جبهات الموجة وتتجه باتجاه حركة الموجة، انظر الشكل المرفق.



3- الانعكاس والانكسار: Reflection and Refraction

الانعكاس

الانعكاس: ارتداد ألشعة الى الوسط نفسه عندما تعترض مسرها جسم ما.

العمودي : خط وهمي عمودي على سطح المرآة عند نقطة سقوط ألشعة عليها.

زاوية السقوط : هي الزاوية بين العمودي و الشعاع الساقط على المرآة.

زاوية االنعكاس : هي الزاوية بين الشعاع المنعكس عن المرآة و العمودي.

الانعكاس العشوائي : انعكاس ألشعة الساقطة في جميع االتجاها حتى ولو كانت متوازية قبل إلنعكاس.

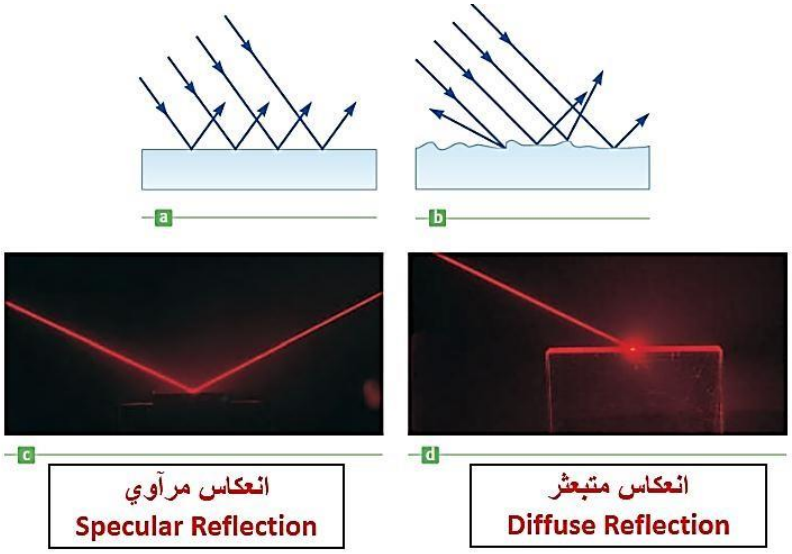
الانعكاس المنتظم: انعكاس االشعة بحيث تتبع نمط معين بعد انعكاسها حيث ان االشعة المتوازية الساقطة على سطح مرآتي مستوي تنعكس بكل متوازي.

ملحوظة:

- السطح نفسه قد يكون مصقوال بالنسبة ألشعة وخشن بالنسبة ألشعة أخرى.

- يعد السطح مصقوال اذا كانت تعرجاته صغيرة مقارنة بالطول الموجي للضوء المستخدم

تعكس الأسطح الملساء والمصقولة واللامعة مثل المرايا الضوء بطريقة بسيطة ويمكن التنبؤ بها. وهذا يسمح بإنتاج الصور المنعكسة التي يمكن ربطها بموقع فعلي (حقيقي) أو استقرائي (افتراضي) في الفضاء. مع مثل هذه الأسطح ، يتم تحديد اتجاه الشعاع المنعكس من خلال الزاوية التي يصنعها الشعاع الساقط مع السطح الطبيعي ، وهو خط عمودي على السطح عند النقطة التي يصطدم فيها الشعاع بالحدود بين الوسطين.

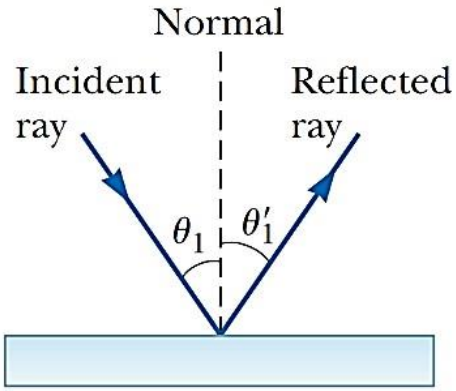


قانونا إلانعكاس:

1- زاوية السقوط تساوي زاوية اإلنعكاس ($\Theta_1 = \Theta'_1$)

2- الشعاع الساقط والشعاع المنعكس و العمودي يقعون في مستوي واحد.

شعاع الورود	الناظم	شعاع الانعكاس



$$\theta'_1 = \theta_1$$

-

المرايا

المرآة : هي أداة لها القدرة على عكس الضوء بحيث يحافظ على معظم خواصه.

المرآة المستوية : سطح مستوي عاكس للضوء.

الشعاع الضوئي الساقط على المرآة المستوية بشكل عمودي عليها ينعكس على نفسه.

يصدر كل جسم ملايين الاشعة الضوئية (أو تتعكس عنه) مما يجعلنا نرى هذه الاجسام.

لتحديد مكان الصورة يكفي اختيار شعاعين ضوئيين منطلقين من الجسم لتحديد مكان تشكل الصورة.

صفات الصورة المتشكلة على المرآة المستوية:

1- خيالية (تقديرية): وهي الصورة التي تتكون نتيجة تلاقي امتدادات الاشعة المنعكسة ولا يمكن استقبالها على شاشة عرض.

2- قائمة (معتدلة) : غير مقلوبة.

3- مساوية ومطابقة للجسم ($h_1 = h_0$)

4- معكوسة جانبيا: اذا نظرت إلى مرآة فإن يمينك يكون يسار الصورة.

5- بعد الصورة عن المرآة يساوي بعد الجسم ($x_i = x_o$)

المرايا الكروية: هي مرايا سطحها العاكس جزء من سطح الكرة.

- **إذا كان السطح الداخلي للكرة هو السطح العاكس تسمى مرآة مقعرة وهى تعطي صور مكبرة لذلك تستخدم في:**

مثل المرآة التي يستخدمها الحالق لتكبير الصورة.

المرايا المستخدمة في التلسكوبات.

تشكيل الصور بواسطة المرايا الكروية

في نتبع مخطط الأشعة للحصول على الصورة التي تشكلها المرايا الكروية ، يتم استخدام أربعة أشعة مهمة ، تقاطع أي اثنين من هذه الأشعة ، يصف طبيعة وموضع الصورة التي يشكلها الجسم. الأشعة هي

i- تتعكس جميع أشعة المتوازية من المرآة من خلال البؤرة الرئيسي.

ii- تتعكس جميع الأشعة التي تمر عبر البؤرة الرئيسي من المرآة الموازية للمحور الرئيسي

iii- يسقط الشعاع على القطب مما يجعل زاوية T مع المحور الرئيسي ، وينعكس من المرآة بزاوية T من المحور الرئيسي.

iv- ينعكس شعاع الضوء الذي يمر عبر مركز الانحناء غير المنحرف عن المرآة.

- إذا كان السطح الخارجي للكرة هو السطح العاكس تسمى مرآة محدبة وهى تعطي مجال واسع للرؤية لذلك تستخدم في:

المريا الجانبية في السيارة.

والمرايا المستخدمة في مواقف السيارات عند المفارق.

لكل مرآة كروية:

1- مركز تكور(C): وهو مركز الكرة التي اقتطعت منها المرآة.

2- نصف قطر التكور(r): هو نصف قطر المرة التي اقتطعت منها المرآة.

3- البؤرة(F): وهي نقطة تجمع الاشعة المنعكسة عن المرآة المقعرة وتقع في منتصف المسافة بين مركز التكور وسطح المرآة.

4- البعد البؤري(f): هو البعد بين البؤرة وسطح المرآة (f = r/2)

الصور

نتشكل الصور بسبب تقاطع حقيقي أو ظاهر لأشعة الضوء. هناك نوعان من الصور

(ط) صور حقيقية

نتشكل الصور الحقيقية من خلال التقاطع الحقيقي لاثنين أو أكثر من أشعة الضوء. يمكن أن تركز على الشاشة.

(ii) الصور الافتراضية.

نتشكل الصور الافتراضية من خلال التقاطع الواضح لأشعة الضوء ، ولا يمكن تركيزها على الشاشة. في الأدوات البصرية المعقدة التي تتكون من أكثر من جهاز بصري واحد ، تشكل صورة جهاز واحد (سواء كان حقيقيا أو افتراضيا) كائن الجهاز الثاني. على سبيل المثال ، الصورة الافتراضية التي تشكلها النظارات هي الكائن الذي ركزت عليه العين لتشكيل صورة.

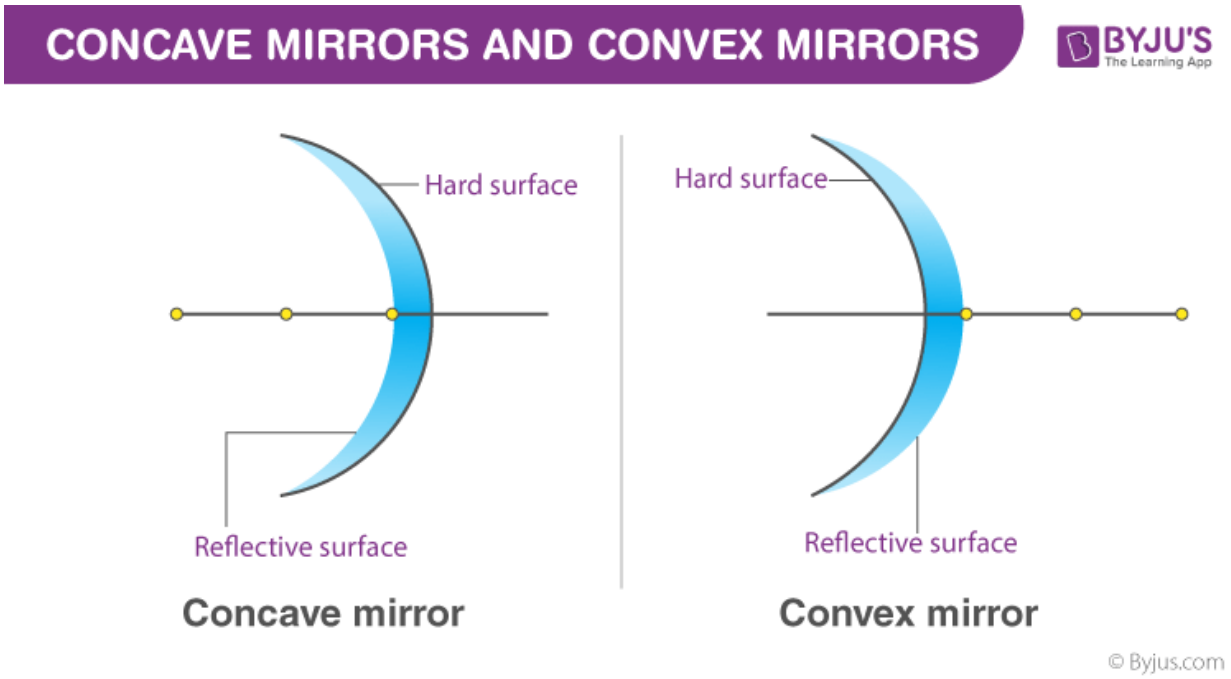
المرايا الكروية من نوعين على النحو التالي:

- **مرآة مقعرة**
- **مرآة محدبة**

في الأقسام القليلة التالية، دعونا نتعرف بعمق على خواص المرايا المحدبة والمقعرة، والصور التي تكونت بواسطتها عند الاحتفاظ بالجسم في مواضع مختلفة.

مرايا كروية

المرايا الكروية هي مرايا لها أسطح منحنية مطلية على أحد الجانبين. تعرف المرايا الكروية التي يتم فيها رسم الأسطح الداخلية بالمرايا المحدبة ، بينما تعتبر المرايا الكروية التي يتم فيها رسم الأسطح الخارجية مرايا مقعرة



مرآة مقعرة

إذا تم قطع كرة مجوفة إلى أجزاء وتم طلاء السطح الخارجي للجزء المقطوع ، فإنها تصبح مرآة بسطحها الداخلي كسطح عاكس. يعرف هذا النوع من المرايا بالمرآة المقعرة.

خصائص المرايا المقعرة

• يتقارب الضوء عند نقطة عندما يصطدم وينعكس مرة أخرى من السطح العاكس للمرآة المقعرة. ومن ثم ، يعرف أيضا باسم المرآة المتقاربة.

• عندما يتم وضع المرآة المقعرة بالقرب من الكائن ، يتم الحصول على صورة مكبرة ومنتصبة وافتراضية.

• ومع ذلك ، إذا قمنا بزيادة المسافة بين الجسم والمرآة ، فإن حجم الصورة يقل وتتشكل صورة حقيقية ومقلوبة.

• يمكن أن تكون الصورة التي تشكلها المرآة المقعرة صغيرة أو كبيرة ويمكن أن تكون حقيقية أو افتراضية.

مرآة محدبة

إذا تم طلاء الجزء المقطوع من الكرة المجوفة من الداخل ، فإن سطحه الخارجي يصبح السطح العاكس. يعرف هذا النوع من المرايا باسم المرآة المحدبة.

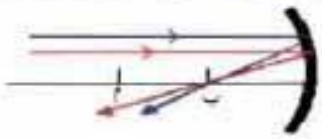
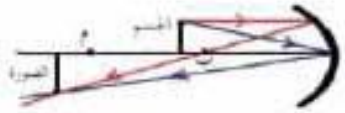
خصائص المرايا المحدبة

• تعرف المرآة المحدبة أيضا بالمرآة المتباعدة؛ حيث تعمل هذه المرآة على تباعد أشعة الضوء عندما تصطدم بسطحها العاكس.

• تتشكل الصور الافتراضية والمنتصبة والمتضائلة دائما باستخدام مرايا محدبة ، بغض النظر عن المسافة بين الكائن والمرآة

أنواع الصور المشكلة بواسطة المرآة المقعرة

حالات تكون الصورة في المرآة المقعرة

الحالة	موقع الجسم	موقع الصورة	صفات الصورة	الشكل الموضح للصورة
1	في مكان بعيد نسبيا ما لانهاية	في بؤرة المرآة	حقيقية مقلوبة ومصغرة جدا	
2	ابعد من مركز التكور	بين البؤرة ومركز التكور	حقيقية مقلوبة ومصغرة	
3	في مركز التكور	في مركز التكور	حقيقية مقلوبة بقد طول الجسم	
4	بين البؤرة ومركز التكور	خلف مركز التكور	حقيقية مقلوبة مكبرة	
5	في البؤرة	في اللانهاية	لا تتكون الصورة	
6	بين البؤرة وقطب المرآة	خلف المرآة	تخيلية مكبرة	

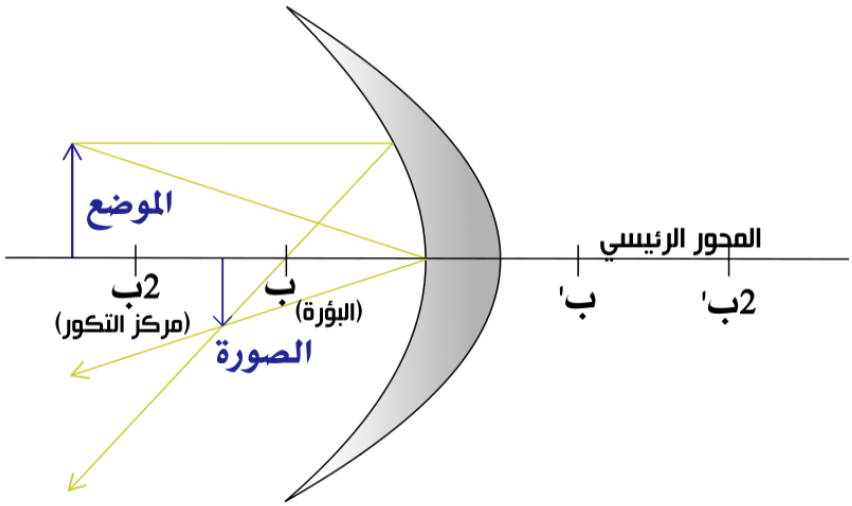
يعتمد تكوين الصورة على موضع الجسم من المرآة ، وهناك ستة احتمالات لموقف الجسم في حالة المرآة المقعرة.

1- عندما يوضع الجسم في اللانهاية

نظرًا لأن الأشعة المتوازية القادمة من الكائن تتلاقى عند المركز الأساسي ، للمرآة المقعرة ، وبالتالي ، عندما يكون الكائن في ما لا نهاية ، فإن الصورة سوف تتشكل عند المركز ، و هنا تكون الصورة حقيقية ولكن مقلوبة ، كما يتضائل الحجم.

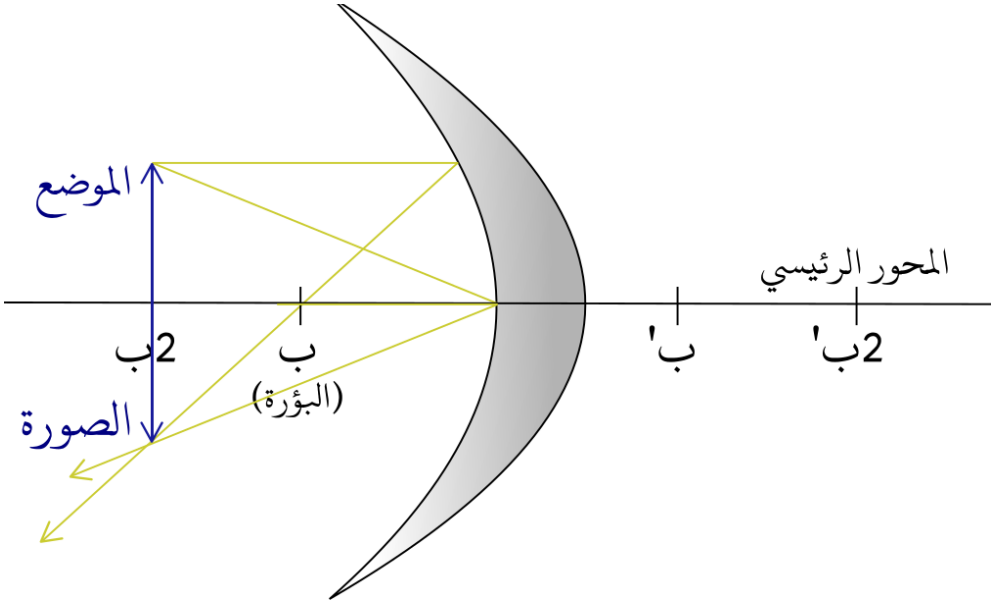
2- عندما يوضع الجسم بين اللانهاية ومركز الانحناء

عندما يتم وضع الكائن بين اللانهاية ومركز انحناء المرآة المقعرة ، تكون الصورة بين مركز الانحناء و المركز ، و تكون الصورة حقيقية ومقلوبة ، ويتقلص حجمها بمقارنة بالحجم الحقيقي للجسم.



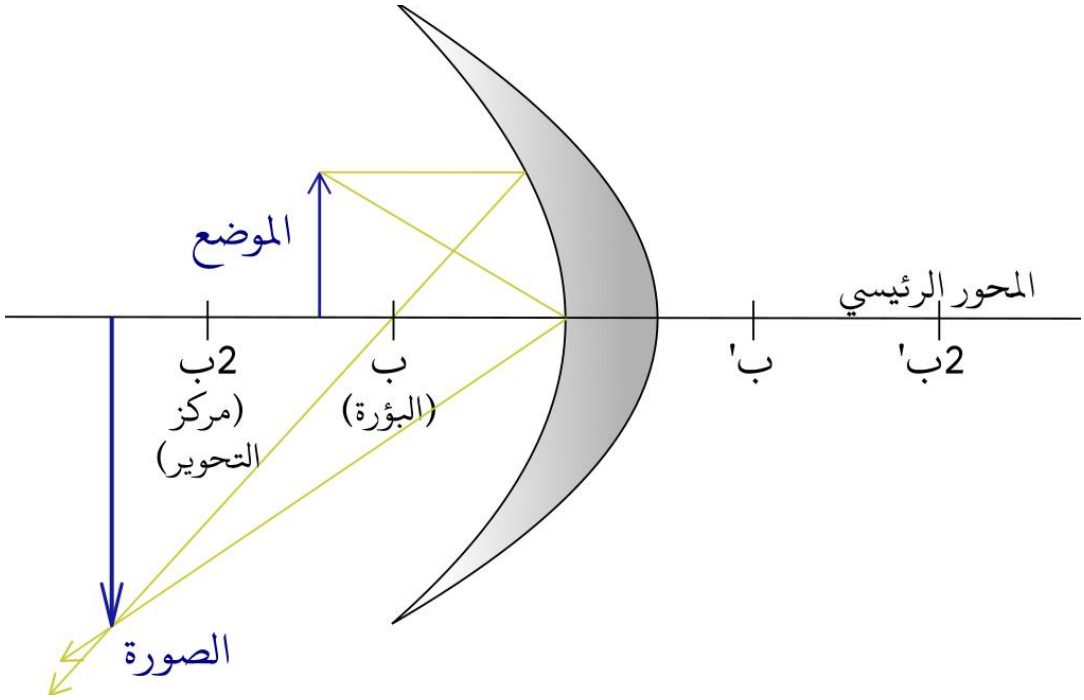
3- عندما يوضع الجسم في مركز الانحناء

عندما يتم وضع الجسم في منتصف انحناء المرآة المقعرة ، يتم تكوين صورة حقيقية ومقلوبة ، مع نفس حجم الجسم.



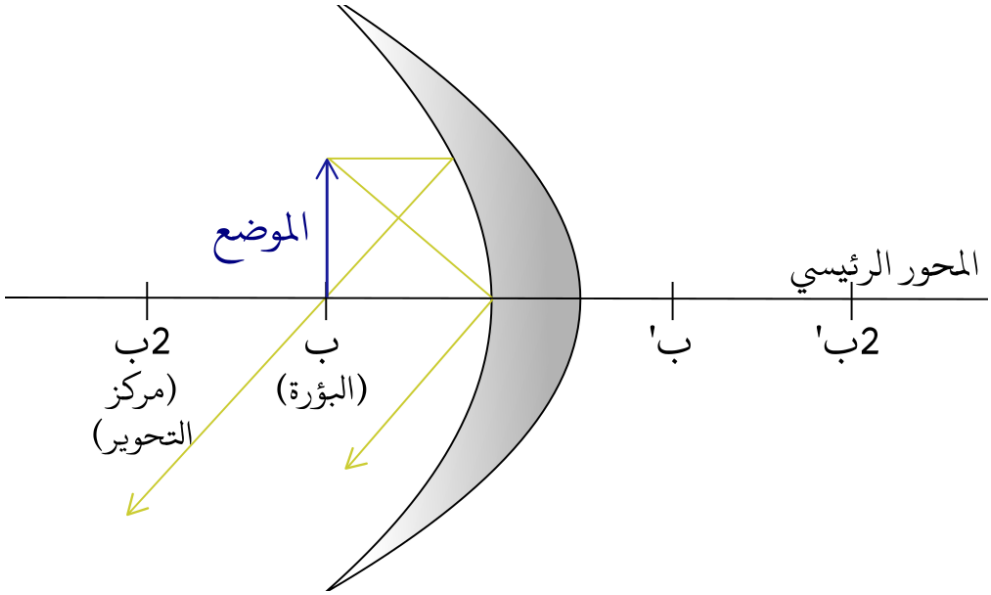
4- عندما يوضع الجسم بين مركز الانحناء و المركز الرئيسي

عندما يتم وضع الكائن بين مركز الانحناء و المركز الرئيسي للمرآة المقعرة ، يتم تكوين صورة حقيقية خارج مركز الانحناء ، بحجم أكبر من الحجم الطبيعي ومقلوبة.



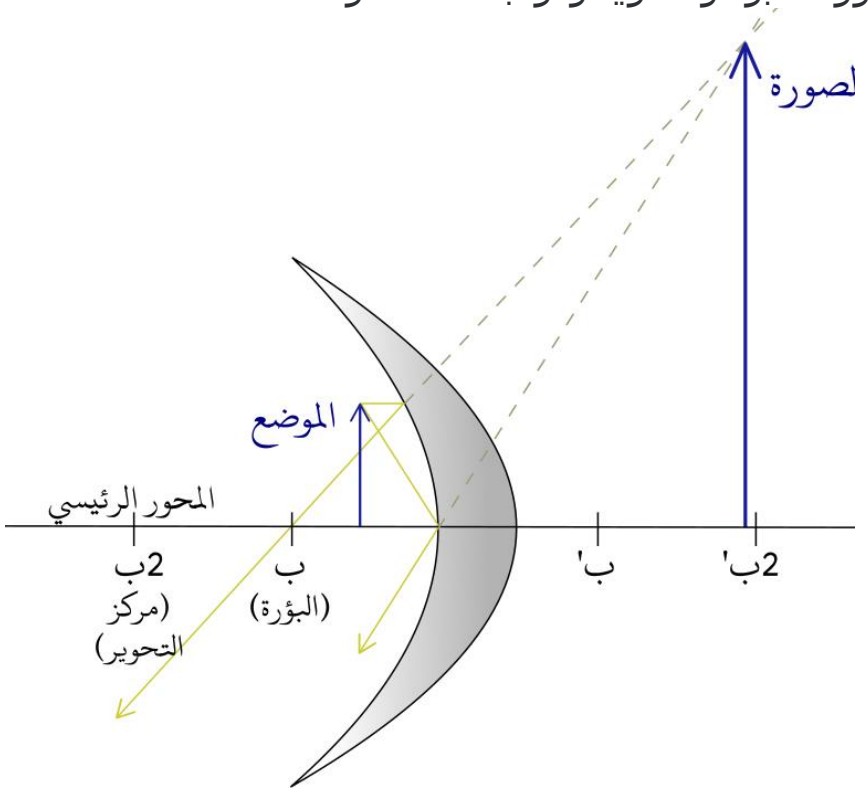
5- عندما يوضع الجسم في المركز الرئيسي

عندما يتم وضع الجسم في المركز الرئيسي للمرآة المقعرة ، يتم تكوين صورة مكبرة للغاية عند اللانهاية.



6- <u>عندما يتم وضع الجسم بين المركز الرئيسي وأعمدة المرآة المقعرة</u>

يتم تكوين صورة مكبرة وظاهرية ومركبة خلف المرآة .



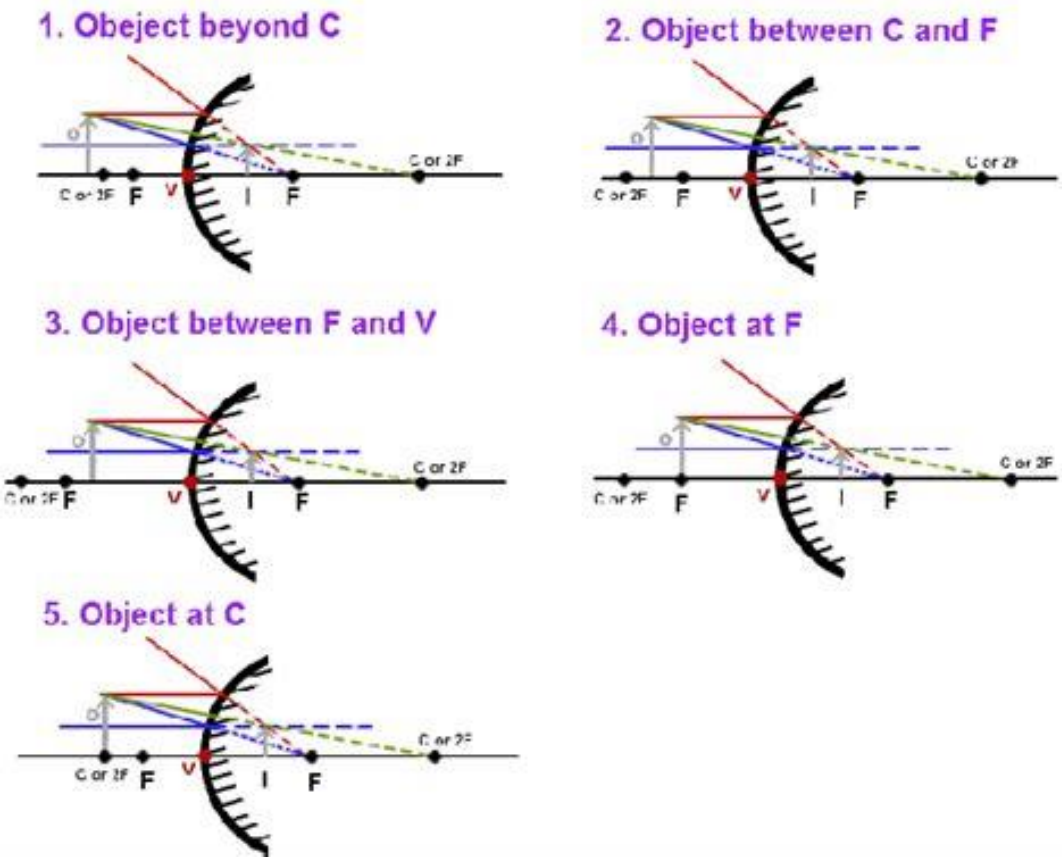
مرآة محدبة

- إذا تم تمييز الجزء المقطوع من الكرة المجوفة من الداخل ، يتم تشكيل مرآة محدبة ، وتعمل الطبقة الخارجية كسطح انعكاس للمرآة.
- تسمى المرآة المحدبة المرآة المتباعدة لأنه إذا تم الضغط على سطحها العاكس ، فسوف يتسبب ذلك في تباعد الضوء ، ونجد دائمًا أن صورتها افتراضية وغير كاملة.
- بالإضافة إلى المسافة بين المرآة والجسم ، وجدنا أن المرآة المحدبة غالبًا ما تستخدم على خلفية السيارة ، لأنها تتمتع برؤية واضحة في ذلك المكان.

نوع الصورة التي شكلتها مرآة محدبة

الصورة التي تشكلها المرآة المحدبة حقيقية في أي موقف وأي موضع من الجسم ، وفيما يلي أهم أمثلة التصوير على المرآة المحدبة:

1- إذا وضعنا الكائن في المنطقة اللانهائية على المرآة المحدبة ، فإن الصورة المتكونة في وسط المرآة تكون افتراضية ، وحجمها أصغر بكثير من حجم الجسم الحقيقي.
2- إذا تم وضع كائن على مسافة معينة من المرآة المحدبة ، فسيتم تكوين صورة بين المركز الرئيسي للمرآة المحدبة وقطبها. وهذا يشبه الصورة الافتراضية ، وحجمها أصغر بكثير من حجم الصورة الطبيعية مفعول. لذلك نفهم وضع الصورة في المرآة المقعرة والمرآة المحدبة.



* مقارنة بين صفات الصورة الحقيقية والتقديرية:

الصورة الحقيقية	الصورة التقديرية
يمكن استقبالها على حائل	لا يمكن استقبالها على حائل
تكون مقلوبة بالنسبة للجسم	تكون معتدلة بالنسبة للجسم
تنتج عند تلاقي أشعة متجمعة	تنتج عن تلاقي امتدادات أشعة متفرقة
أمام المرآة	خلف المرآة

مقارنة بين أنواع المرايا

وجة المقارنة	المرآة المستوية	المرآة المقعرة	المرآة المحدبة
وجود البؤرة		بؤرة حقيقية	بؤرة تقديرية
اشارة البعد البؤري		موجبة	سالبة
صفات الصورة المتكونة	قائمة طول الجسم = طول الصورة بعد الجسم عن المرآة = بعد الصورة عن المرآة معكوسة جانبا تقديرية	تعتمد على بعد الجسم عن المرآة : *تكون مكبرة ومعتدلة وتقديرية عندما يكون الجسم بين المرآة وبؤرتها •لا تتكون صورة عندما يكون الجسم في البؤرة •تكون حقيقية ومكبرة ومقلوبة عندما يكون الجسم بين البؤرة ومركز التكور •تكون مساوية لطول الجسم عندما يكون الجسم في مركز التكور •تكون حقيقية ومصغرة ومقلوبة عندما يكون الجسم أبعد من مركز التكور •تكون الصورة حقيقية ومصغرة جدا ومقلوبة عندما يكون الجسم عند المالانهاية	دائما تكون الصورة مصغرة تقديرية ومعتدلة
تجميع الاشعة المنعكسة		تجمع الأشعة المنعكسة في البؤرة (مجمعة)	لا تجمع الاشعة المنعكسة (مفرقة)
قواعد الرسم	الشعاع الساقط عموديا ينعكس على نفسه زاوية السقوط = زاوية الانعكاس	*الشعاع الساقط موازي للمحور الاساسي ينعكس مارا بالبؤرة •الشعاع الساقط مارا بالبؤرة ينعكس موازي للمحور الاساسي •الشعاع المار في المركز ينعكس على نفسة	الشعاع الساقط امتداده مارا بالبؤرة ينعكس موازي للمحور •الشعاع الساقط موازي للمحور ينعكس بحيث يكون امتداده يمر بالبؤرة •الشعاع المار امتداده بالمركز ينعكس على نفسه
تطبيقاتها	المرايا الداخلية في السيارة	مرايا التزين – الأجهزة البصرية كالمقراب العاكس	المرايا الجانبية للسيارة المحلات التجارية

قانون المرآة

إذا كان الجسم على مسافة u من مرآة منحنية (مقعرة أو محدبة) ، ذات بعد بؤري f ، ونصف قطرها r ، وتتشكل الصورة على مسافة من المرآة ، فيمكن إظهار ذلك (سنطور لاحقا معادلة صانع العدسة) ، ترتبط المسافات ب

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{\upsilon} = \frac{2}{r}$$

يتم تعريف التكبير m على أنه (هنا h1 هو ارتفاع الصورة و h0 هو ارتفاع الكائن)

$$m = \frac{h1}{h0} = \frac{\upsilon}{u} + \frac{\upsilon}{\mathrm{f}} - 1 - - - - - - \frac{1}{m} = \frac{\upsilon}{\mathrm{f}} - 1$$

Example 2.1

An object is placed (i) 15 *cm* (ii) 5 cm in front of a concave mirror of radius of curvature 20 cm Calculate the position, nature and magnification of the image in each case.

Solution

$f = \frac{20}{2} = 10\ cm$, from $f = \frac{2}{r}$, u = 15 cm;

$\frac{1}{f} = \frac{1}{10} + \frac{1}{15} = \frac{2}{30}$ then $\upsilon = 30;\ m = \frac{30}{10} = 3$

Image is real, magnified and inverted

(ii) u = 5 cm , $\frac{1}{f} = \frac{1}{u} + \frac{1}{\upsilon} = \frac{2}{r}$ then , $\frac{1}{\upsilon} = \frac{1}{10} - \frac{1}{5} = -\frac{1}{10};\ \upsilon = -10$

M = $\frac{\upsilon}{u} = -\frac{10}{5} = -2$

Image is virtual, magnified and erect.

الانكسار على الأسطح المستوية

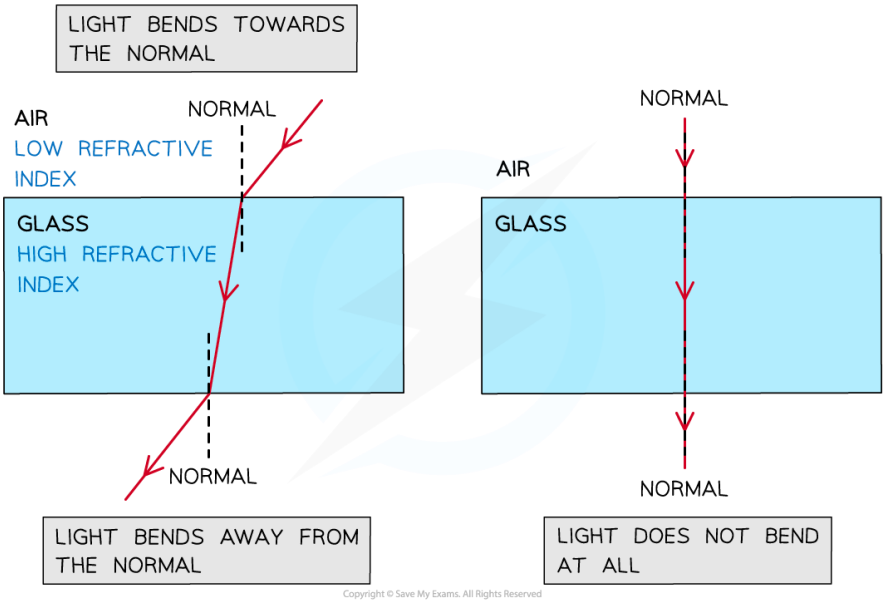
تقصير واضح لملعقة موضوعة داخل كوب من الماء ؛ الانخفاض الواضح في عمق حمامات السباحة ؛ ارتفاع حروف الكلمة عند وضع كتلة من الزجاج فوق الحرف ، إلخ. هي مظهر واضح لانكسار الضوء أثناء انتشاره من كثافة بصرية متوسطة إلى أخرى. عندما تنتشر أشعة الضوء من وسط بصري أقل كثافة إلى وسط أكثر كثافة ، فإنها تنكسر نحو الطبيعي ، ولكن إذا انتشرت من الكثافة الضوئية إلى الأقل كثافة ، فإنها تنكسر بعيدا عن الطبيعي.

معامل الانكسار

- يحدث الانكسار عندما يمر الضوء بحدود بين وسيطين شفافين مختلفين
- عند الحدود ، تخضع أشعة الضوء لتغيير في الاتجاه
- يتم أخذ الاتجاه كزاوية من خط افتراضي يسمى العادي

* هذا الخط عمودي على سطح الحدود ويمثله خط منقط مستقيم

- يعتمد التغيير في الاتجاه على الوسائط التي تمر بها أشعة الضوء بين:
- من الهواء إلى الزجاج (أقل كثافة إلى أكثر كثافة): ينحني الضوء نحو الطبيعي
- من الزجاج إلى الهواء (أكثر كثافة إلى أقل كثافة): ينحني الضوء بعيدا عن الطبيعي
- عند المرور على طول العادي (عمودي) لا ينحني الضوء على الإطلاق
- يحدث التغيير في الاتجاه بسبب التغير في السرعة عند السفر في مواد مختلفة
- عندما يمر الضوء إلى مادة أكثر كثافة ، ستتباطأ الأشعة ، وبالتالي تنحني نحو الطبيعي
- الخصائص الوحيدة التي تتغير أثناء الانكسار هي السرعة والطول الموجي - تردد الموجات لا يتغير
- من الناحية الفنية ، تقل شدة الموجة وسعتها أيضا قليلا عند الانكسار نظرا لأن جزءا صغيرا من الموجة ينعكس أيضا ولكن هذا ليس ملحوظا مثل التغير في السرعة والطول الموجي



انكسار الضوء من خلال كتلة زجاجية

حساب معامل الانكسار

• معامل الانكسار ، n ، هو خاصية للمادة التي تقيس مقدار الضوء الذي يتباطأ عند المرور عبره

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

حيث:

C = سرعة الضوء في الفراغ ($m\ s^{-1}$)

c_s = سرعة الضوء في مادة ($m\ S^{-1}$)

• ينتقل الضوء بسرعات مختلفة داخل مواد مختلفة اعتمادا على معامل الانكسار

• تسمى المادة ذات معامل الانكسار العالي كثيفة بصريا ، وتتسبب هذه المادة في انتقال الضوء بشكل أبطأ

• نظرا لأن سرعة الضوء في مادة ما ستكون دائما أقل من سرعة الضوء في الفراغ ، فإن قيمة n تكون دائما أكبر من 1

• في العمليات الحسابية ، يمكن اعتبار معامل الانكسار للهواء حوالي 1

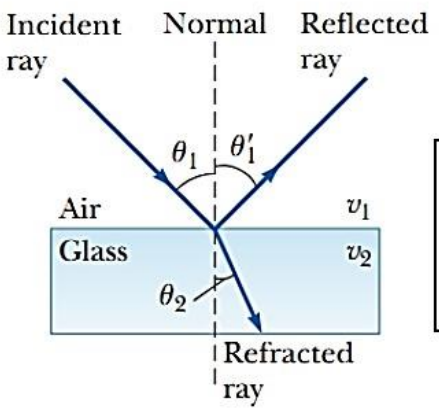
• هذا لأن الضوء لا يتباطأ بشكل كبير عند السفر عبر الهواء (على عكس السفر عبر الفراغ)

قانون الانكسار: The Law of Refraction

يحدث الانكسار عندما ينتقل الضوء عبر منطقة من الفضاء بها مؤشر انكسار متغير (من وسط إلى آخر). تحدث أبسط حالة انكسار عندما يكون هناك واجهة بين وسيط موحد مع مؤشر الانكسار TG۞ ووسيط آخر مع مؤشر الانكسار μ1. في مثل هذه الحالات، يصف قانون سنيل الانحراف الناتج لشعاع الضوء عن خط انتشاره الأصلي

$$\text{The Refractive Index } \mu = \frac{speed\ of\ the\ light\ in\ vacum}{\text{speed of light in medium}} = \frac{c}{\upsilon_m}$$

شعاع الورود الناظم شعاع الانعكاس



شعاع الانكسار

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

c سرعة الضوء في الخلاء
V سرعة الضوء في الوسط
n قرينة الانكسار
n : Index of refraction

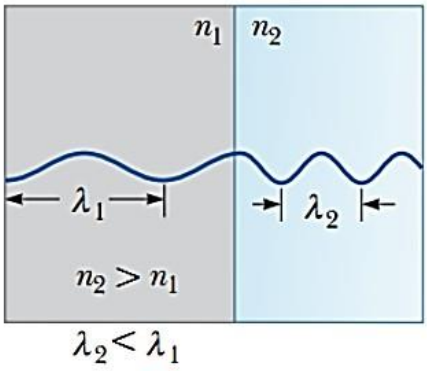
إن قانون الانكسار أو قانون سنيل يُعطى بالعلاقة الآتية، انظر الأشكال المرفقة:

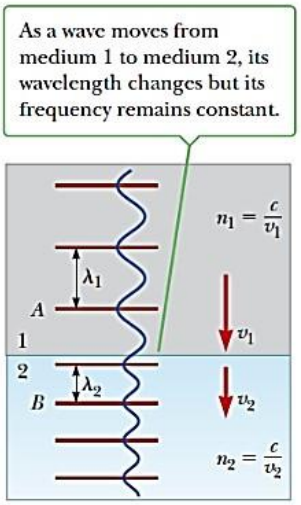
$$n_1 . sin\theta_1 = n_2 . sin\theta_2$$

حيث Θ1 و Θ2 هما الزوايا بين العادي (إلى الواجهة) والموجات الساقطة والانكسارية ، على التوالي. ترتبط هذه الظاهرة أيضا بتغيير شعاع متوازي شعاع متباعد شعاع متقارب شعاع

مبعثر الشكل 1.1 حزم مختلفة من الضوء 1_0 سرعة الضوء أثناء انتشاره من وسط إلى آخر ، كما يتضح من تعريف مؤشر الانكسار المذكور أعلاه والذي يعني:

والأشكال المرفقة توضح تغير طول الموجة وثبات التردد عند الانتقال من وسط إلى آخر مختلفي قرينة الانكسار.





موجة تتحرك من الوسط ١ إلى الوسط ٢، طول الموجة يتغير بينما ترددها يبقى ثابتاً

$$n = \frac{\lambda_0}{\lambda_n}$$

λ0 طول موجة الضوء في الخلاء
λn طول موجة الضوء في الوسط

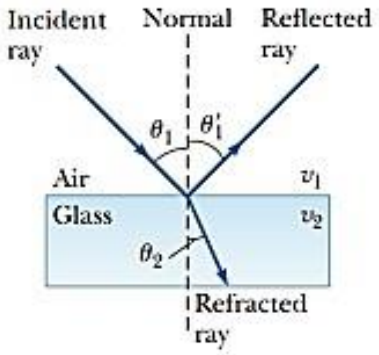
The law of refraction, or Snell's law
قانون الانكسار أو قانون سنيل

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

(مثال 1):
إيجاد قرينة الانكسار عند السطح الفاصل بين الهواء والزجاج.

Find the angle of refraction at the air-glass interface.
أوجد قرينة الانكسار عند السطح الفاصل بين الهواء والزجاج.

$$n_1 = 1,31, \theta_1 = 27^o$$
$$n_2 = ?, \theta_2 = 23^o$$



الحل:

من أجل ذلك نستخدم قانون سنيل:

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

$$n_1 sin\,\theta_1 = n_2 sin\,\theta_2$$
$$1,31\ sin\ 27^o = n_2\ sin\ 23^o$$
$$n_2 = \frac{1,31\ sin\ 27^o}{sin\ 23^o} = \frac{0,595}{0,391} \cong 1,52$$

مثال) 2(:

شعاع ضوئي ينتقل من وسط الهواء إلى وسط هجاجي قرينة انكسار 52(,1) علماً أن هاوية ورود الشعاع تساوي 30 درجة مع الناظم. المطلوب إيجاد أوجد هاوية الانكسار؟

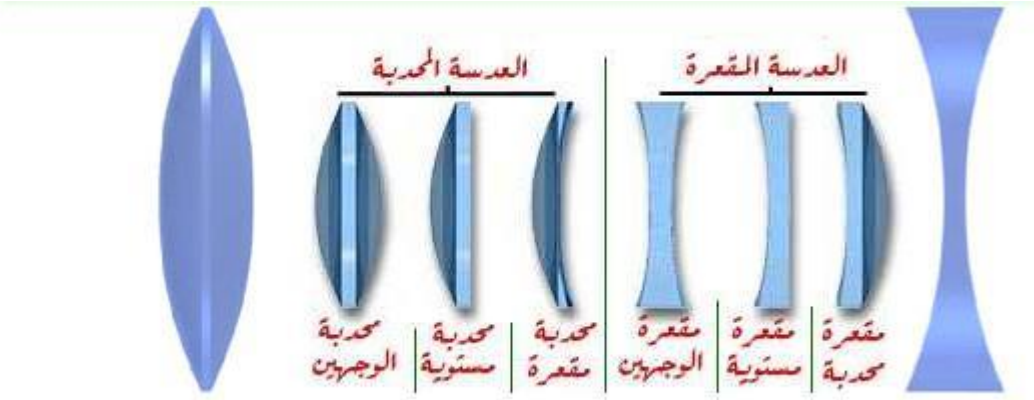
الحل:

من أجل ذلك نستخدم قانون سنيل:

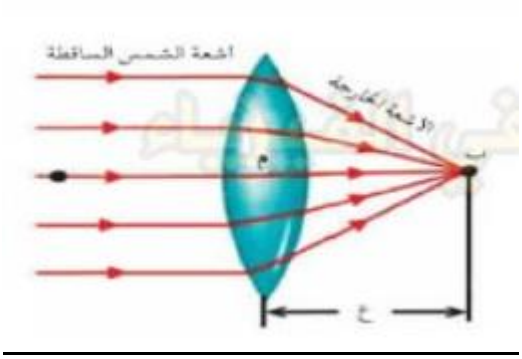
$$n_1\ sin\,\theta_1 = n_2\ sin\,\theta_2 \rightarrow\ sin\,\theta_2 = \frac{n_1}{n_2} sin\,\theta_1$$
$$\theta_2 = sin^{-1}\left(\frac{n_1}{n_2} sin\,\theta_1\right)$$
$$\theta_2 = sin^{-1}\left(\frac{1}{1,52} sin\,30,0^o\right) = sin^{-1}\left(\frac{0,50}{1,52}\right)$$
$$= sin^{-1}\,(0,329) = 19,2^o$$

العدسات

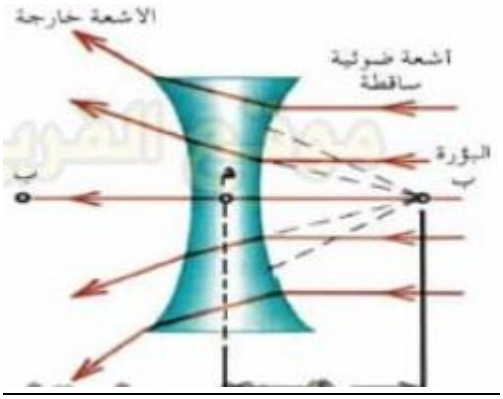
تعتبر العدسات من اهم الاجهزة البصرية فتجد العدسات في النظارات الطبية والكاميرات والتيليسكوب والمجهر والبريجيكتور، هناك نوعان من العدسات النوع الاول هو العدسة المحدبة convex lens وتسمي ايضا بالعدسة المجمعة converging lens والنوع الثاني هو العدسة المقعرة concave lensاو العدسة المفرقةdiverging lens ، في هذه المحاضرة سندرس فقط العدسات الرقيقة وكيف تكون الصورة.



تأتي العدسات بالنوعين السابقين في عدة اشكال حسب تحدب او تقعر سطحي العدسة والشكل التالي يوضح انواع العدسات الرقيقة. وكما كان للمرايا مركز للتقعر وبؤرة كذلك الحال بالنسبة للعدسات حيث ان سطح العدسة هو سطح كروي فله ايضا مركز تقعر وبؤرة، وحيث ان للعدسة سطحين فإن لكل سطح مركز تقعر وبؤرة.لايجاد بؤرة العدسة نقوم بتسليط اشعة ضوئية متوازية من مصدر بعيد جداً مثل اشعة الشمس فنجد ان تلك الاشعة تتجمع في الجانب الأخر من الهدسة ونقطة التجمع هي بؤرة العدسة focus pointويرمز لها بالرمز f وبعدها عن مركز العدسة يسمى البعد البؤري للعدسة.focal length



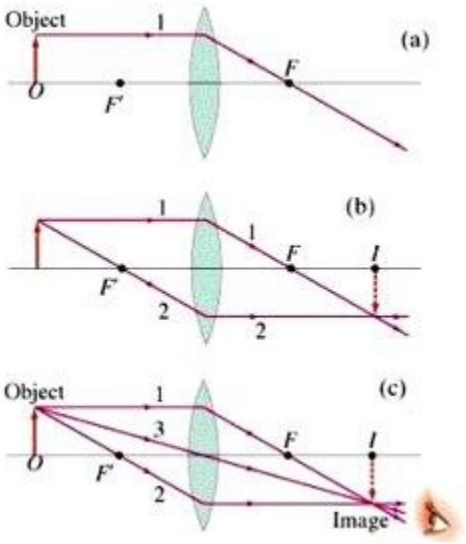
يبين الشكل المقابل سقوط حزة من الأشعة المتوزية على عدسة محدبة convex lens تتجمع في البؤرة وكل شعاع يسقط على العدسة يحدث له انكسار عند سطح العدسة ويحدث انكسار عندما ينفذ الضوء من العدسة محققاً قانونSnell



في حالة العدسة المقعرة concave lens تسقط الأشعة المتوازية على سطح العدسة ولكن تخرج من السطح المقابل متفرقة ولا تتجمع في نقطة كما سبق، ولكن امتداد الاشعة النافذة في اتجاه السطح الأول للعدسة (الخطوط المنقطة في الشكل) تتلاقي في نقطة F وهي بؤرة العدسة في هذه الحالة، وتكون المسافة fوهي البعد البؤري.focal length

ملاحظة :تم الاصطلاح على ان يكون البعد البؤري للعدسة المحدبة موجباً والبعد البؤري للعدسة المقعرة سالباً.

الطريقة البيانية لتحديد مواصفات الصورة المتكونة بواسطة العدساتيمكن تحديد مواصفات الصورة الناتجة عن العدسات المحدبة أو المقعرة عن طريق الرسم وذلك من خلال تقاطع ثلاث أشعة ضوئية رئيسية كما في الشكل التالي:



افترض جسم موجود على مسافة اكبر من البعد البؤري لعدسة محدبة كما في الشكل المقابل، ولتحديد مواصفات الصورة نتبع ما يلي:

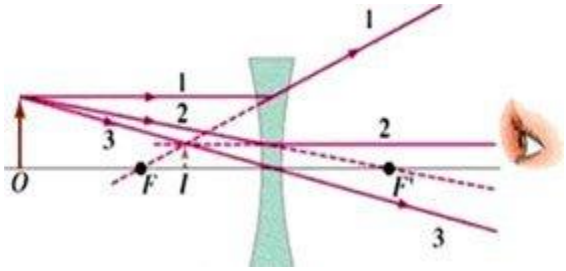
(a) نرسم شعاع من الجسم موازي للمحور الضوئي للعدسة ليسقط على العدسة وينفذ منكسراً ماراً بالبؤرة F. (الشعاع رقم 1)

(b) نرسم شعاع من الجسم يمر في البؤرة ليسقط على العدسة وينفذ موازياً للمحور الضوئي. (الشعاع رقم 2)

(c) نرسم شعاع من الجسم ماراً في مركز العدسة فينفذ دون انكسار. (الشعاع رقم 3)

لاحظ أن الصورة المتكونة I هي صورة مصغرة مقلوبة وحقيقية.

تقاطع الأشعة الثلاثة يحدد موقع الصورة ويمكن تحديد اذا كانت الصورة مكبرة ام مصغرة مقلوبة ام معتدلة وحقيقة او تخيلية وفيما يلي بعض الحالات المختلفة للصورة عند تغير بعد الجسم عن المرأة.



حصل على الصورة المكونة بواسطة العدسة المقعرة بنفس الطريقة التي تكونت بها الصورة في العدسة المحدبة نتبعها. مع العلم ان الصورة تتكون من تقاطع امتداد الاشعة الثلاثة مع بعضها وبالتالي فإن الصورة تكون تخيلية.

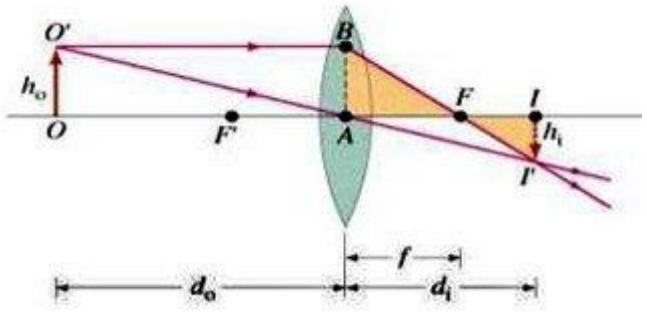
اشتقاق معادلة العدسة

افترض جسم على بعد مسافة do من عدسة محدبة بحيث تكون do بين البعد البؤري ونصف قطر التكور radius of curvature كما في الشكل التالي:تتكون صورة الجسم من خلال استخدام شعاعين احدهما يسقط موازيا للمحور الضوئي فينكسر ماراً بالبؤرة والثاني يسقط في مركز العدسة عند النقطة A فينفذ بدون انكسار . نفترض ان طول الجسم ho وطول الصورة الناتجة hi.من المثلثين FI'I و FBA الموضحان في الشكل ادناه بالمنطقة المظللة باللون البرتقالي نجد أنهما متشابهين، اذا نستنتج من ذلك أن

$$\frac{h_i}{h_o} = \frac{d_i - f}{f}$$

ومن المثلثين O'AO و I'AI المتشابهين ايضاً نحصل على

$$\frac{h_i}{h_o} = \frac{d_i}{d_o}$$



بمساواة المعادلتين وقسمة طرفي المعادلة الناتجة على di نحصل على

$$\frac{1}{f}=\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}$$

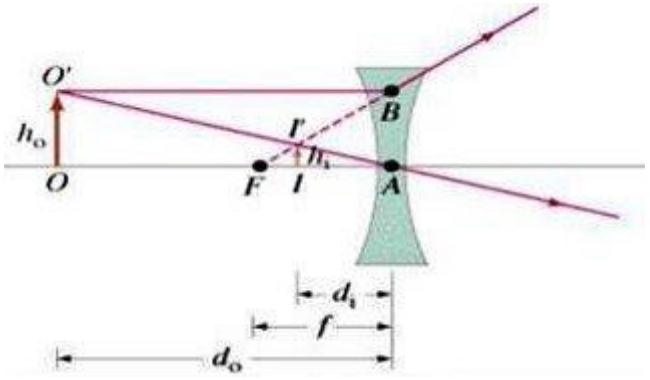
حيث ان

f = focal length (m)

d_o = distance from lens to object (m)

d_i= distance from lens to image (m)

كما يمكن اشتقاق نفس المعادلة بنفس الطريقة باستخدام عدسة مقعرة



التكبير Magnification

يعرف التكبير m للعدسة بأنه ارتفاع الصورة hi مقسوماً على ارتفاع الجسم ho، فإذا كان التكبير اكبر من واحد فإن الصورة اكبر من الجسم أما اذا كان التكبير اقل من واحد تكون الصورة اصغر من الجسم.

$$m = \frac{h_i}{h_o}$$

ولكن مما سبق وجدنا ان النسبة بين hi/ho تساوي النسبة بين di/do وبالتالي فإن التكبير يمكن ان يحسب من المعادلة التالية ايضا اذا توفرت المعلومات لذلك بحيث أن

$$m = -\frac{d_i}{d_o}$$

والأشارة السالبة اضيفت لتحقق مفهوم اصطلاح الاشارة الذي سنشرحه في الموضوع القادم. اذا التكبير يعطى بالمعادلة التالية:

$$m = \frac{h_i}{h_o} = \frac{-d_i}{d_o}$$

h_i = height of the image (m)

h_o = height of object (m)

m = magnification (how many times bigger or smaller)

اصطلاح الاشارة للعدسات Sign convention for lenses

اشارة كلا من do و di تحدد ما إذا كان الجسم او الصورة حقيقي real او تخيلي virtual، بينما تحدد اشارة التكبير اذا ما كانت الصورة معتدلة upright أو مقلوبة inverted وذلك على النحو التالي:

الجسم حقيقي real object	عندما يكون الجسم في الجانب الذي يأتي منه الضوء على العدسة	+	d_o
الجسم تخيلي virtual object	عندما يكون الجسم عكس الجانب الذي يأتي منه الضوء على العدسة	-	d_o

d_i	+	عندما تتكون الصورة عكس الجانب الذي يأتي منه الضوء على العدسة	الصورة حقيقيةreal image
d_i	-	عندما تتكون الصورة في الجانب الذي يأتي منه الضوء على العدسة	الصورة تخيليةvirtual image

فتكون على النحو التالي r و f اما بالنسبة لاشارة كلاً من

r & f	+	convex mirror عندما تكون العدسة محدبة
r & f	-	concave mirror عندما تكون العدسة مقعرة

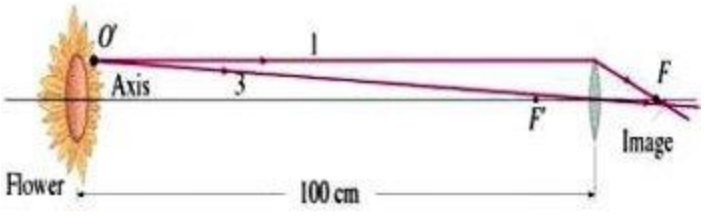
Mأما بالنسبة لأشارة التكبير

M	+	(على افتراض ان الجسم معتدل) uprightتكون الصورة معتدلة
M	-	(على افتراض ان الجسم معتدل) invertedتكون الصورة مقلوبة

سيتضح مفهوم اصطلاح الأشارة من خلال الامثلة المحلولة التالية

Example 1

What is (a) the position, and (b) the size, of a large 7.6cm high flower placed 1m from 50mm focal length camera lens?



Solution

$\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}=\frac{1}{f}$ بالاستعانة بالشكل اعلاه وباستخدام معادلة العدسات نحصل على الاتي

$$\frac{1}{d_i}=\frac{1}{d_o}-\frac{1}{f}=\frac{1}{5cm}-\frac{1}{100cm}=\frac{20-1}{100cm}$$

وعليه

$$d_i=\frac{100cm}{19}=5.26cm$$

وللحصول حجم الصورة نحسب التكبير على النحو التالي

$$m=-\frac{d_i}{d_o}=-\frac{5.26cm}{100cm}=-0.0526 \qquad h_i=mh_o=-0.0526\times 7.6cm=-0.4cm$$

أي ان ارتفاع الصورة mm4 ومقلوبة لان اشارة التكبير سالبة.

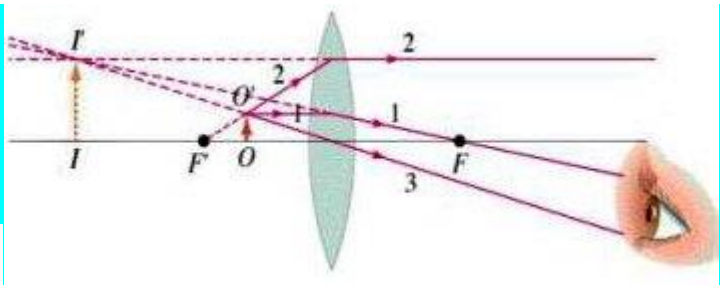
Example 2

An object is placed 10cm from a 15cm focal length converging lens. Determine the image position and size.

Solution

$\frac{1}{d_o}+\frac{1}{d_i}=\frac{1}{f}$ $\frac{1}{d_i}=\frac{1}{d_o}-\frac{1}{f}=\frac{1}{15cm}-\frac{1}{10cm}=-\frac{1}{30cm}$

$d_i=-30cm$



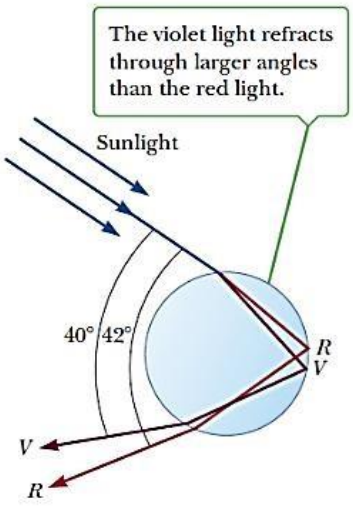
اي ان الصورة خيالية وللحصول حجم الصورة نحسب التكبير على النحو التالي

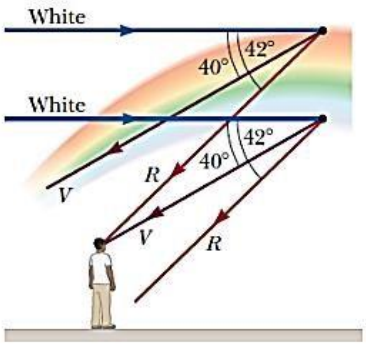
$$m = -\frac{d_i}{d_o} = -\frac{-30cm}{10cm} = 3$$

الصورة مكبرة ومعتدلة وتخيلية.

قوس قزح

قوس قزح هو ظاهرة بصرية وأرصاد جوية ناتجة عن انعكاس وانكسار وتشتت الضوء في قطرات الماء مما يؤدي إلى ظهور طيف من الضوء في السماء. يأخذ شكل قوس متعدد الألوان. تظهر أقواس قزح الناتجة عن أشعة الشمس دائما في السماء المقابل للشمس مباشرة. يمكن أن تكون أقواس قزح دوائر كاملة. ومع ذلك ، لا يرى المراقب العادي سوى قوس يتكون من قطرات مضيئة فوق الأرض ، ويتمحور حول خط من الشمس إلى عين المراقب. يمكن أن تحدث أقواس قزح بسبب العديد من أشكال المياه المحمولة جوا - المطر والضباب والرذاذ والندى المحمول جوا. في قوس قزح الأساسي ، يظهر القوس باللون الأحمر على الجزء الخارجي والبنفسجي على الجانب الداخلي. يحدث قوس قزح هذا بسبب انحناء الضوء عند دخول قطرة ماء ، ثم ينعكس في الداخل على ظهر القطرة وينكسر مرة أخرى عند تركه. في قوس قزح مزدوج ، يظهر قوس ثان خارج القوس الأساسي ، وله ترتيب ألوانه معكوس ، والأحمر مواجه للآخر في كلا قوسي قزح. يحدث قوس قزح الثاني هذا بسبب انعكاس الضوء مرتين داخل قطرات الماء.





Refraction of sunlight by a spherical raindrop.

انكسار ضوء الشمس بوساطة نقطة مطر كروية

لا يقع قوس قزح على مسافة محددة من المراقب ، ولكنه يأتي من وهم بصري ناتج عن أي قطرات ماء ينظر إليها من زاوية معينة بالنسبة لمصدر الضوء. وبالتالي ، فإن قوس قزح ليس كائنا ولا يمكن الاقتراب منه جسديا. في الواقع ، من المستحيل على المراقب رؤية قوس قزح من قطرات الماء بأي زاوية أخرى غير الزاوية المعتادة البالغة 42 درجة من الاتجاه المعاكس لمصدر الضوء. تدخل أشعة الضوء قطرة المطر من اتجاه واحد (عادة ما يكون خطا مستقيما من الشمس) ، وتنعكس على الجزء الخلفي من قطرة المطر ، وتنتشر عند مغادرتها قطرة المطر. ينتشر الضوء الخارج من قوس قزح على زاوية واسعة ، مع أقصى شدة عند الزوايا 40.89 درجة - 42 درجة. ينعكس ما بين 2 و 100٪ من الضوء على كل من الأسطح الثلاثة التي تمت مواجهتها ، اعتمادا على زاوية السقوط

تشتت الضوء الأبيض بواسطة المنشور

في المنشور ، يميل السطحان بزاوية ما تسمى زاوية الانكسار ، بحيث لا يتم إلغاء الانحراف الناتج عن السطح الأول بواسطة السطح الثاني ولكنه يزداد تعزيزا. هذا يؤدي إلى التشتت اللوني للضوء الأبيض.
دع ƶ تمثل الزاوية الكلية للانحراف ، نلاحظ المساواة التالية من علم المثلثات البسيط **(i) α + β = 180** درجة - الزاوية المقابلة لشكل رباعي. **(ii) + β γ = 180o** زاوية في خط مستقيم ، **iii) α ،α = γ**

r1 + r2 = - الزاوية الخارجية للمثلث تساوي النقيضين الداخليين. انحراف الشعاع عند السطح الأول **zd1 = i1 -r1** ، وعند السطح الثاني ، **d2 = i2 -r2** ، يعطى الانحراف الكلي بالعلاقة:

$$d = d_1 + d_2 = i_1 - r_1 + i_2 - r_2 = (i_1 + i_2) - (r_1 + r_2) = (i_1 + i_2) - \alpha$$

تظهر التجارب أنه مع زيادة زاوية السقوط ، تقل زاوية الانحراف حتى تصل إلى الحد الأدنى للقيمة قبل أن تبدأ في الزيادة مرة أخرى حيث يتم زيادة درجة الانحراف إلى 90 درجة. للحصول على الحد الأدنى من الانحراف ، نكتب من قانون سنيل

$$(\sin i_1 + \sin i_2) = \mu (\sin r_1 + \sin r_2)$$

باستخدام معادلة العلاقة المثلثية (2.7) يمكن كتابتها على الصورة:

$$\sin\left(\frac{i_1 + i_2}{2}\right) = \mu \frac{\sin\left(\frac{r_1 + r_2}{2}\right) + \cos\left(\frac{r_1 - r_2}{2}\right)}{\sin\left(\frac{i_1 + i_2}{2}\right)}$$

But $\alpha = r_1 + r_2$; $d = i_1 - r_1 + i_2 - r_2$; then $\alpha + d = i_1 + i_2$

وهكذا تصبح المعادلة (2.8)

$$\sin\left(\frac{\alpha + d}{2}\right) = \mu \frac{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right) + \cos\left(\frac{r_1 - r_2}{2}\right)}{\sin\left(\frac{i_1 + i_2}{2}\right)}$$

لكي يحدث الحد الأدنى من الانحراف ، يجب أن يمر الضوء بشكل متماثل من خلال المنشور الزجاجي ، مما يعني أن **ą i1 = i2., r_1=r_2** باستخدام هذا الشرط وإعادة ترتيب المعادلة (2.10) ، لدينا

$$\mu = \frac{\sin\left(\frac{\alpha + d_{min}}{2}\right)}{\sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}$$

تعطي المعادلة (2.11) إحدى الطرق التي يمكن للمرء استخدامها للحصول بدقة على معامل الانكسار للمنشور الزجاجي. تصبح معادلات المنشور الزجاجي أبسط بكثير عندما تصبح زاوية الانكسار صغيرة بما يكفي بحيث يمكن ضبط جيبها وجيوب زاوية الانحرافات على قدم المساواة مع الزوايا نفسها (خاصة بالنسبة للقياس الزاوي بالراديان) .بالنسبة لمثل هذا المنشور ، يتم تقليل المعادلة (2.11) إلى = (α + d) (α) /. تم إسقاط الحرف السفلي في ◌ لأن هذه المناشير تستخدم دائما عند الحد الأدنى من انحرافها. من المعتاد قياس قوة المنشور من خلال الانحراف الذي ينتجه بالسنتيمتر على مسافة 1 ◌. وحدة قوة المنشور هي المنشور Diopter ، ويعرف بأنه الانحراف 1 ◌◌ على شاشة تبعد 1

تشتت الضوء الأبيض بواسطة المنشور

عندما يسقط الضوء الأبيض على منشور زجاجي ويركز الشعاع الناشئ على الشاشة ، تظهر ألوان مختلفة تتكون من الأحمر والبرتقالي والأصفر والأخضر والأزرق والنيلي والبنفسجي. تسمى هذه المجموعة من الألوان طيف الضوء الأبيض. عادة لا يتم فصل الألوان بشكل واضح ولكنها تتداخل ، وبالتالي يتم تشكيل طيف غير نقي. باستخدام اثنين أو أكثر من المناشير الزجاجية مرتبة بشكل صحيح كما هو الحال في محلل الطيف ينتج طيفا نقيا. بالنسبة إلى المنشور الصغير الزاوية ، يمكننا الحصول على تعبير عن الانحراف. في حالة الضوء أحادي اللون ، يكون معامل الانكسار لهذا اللون من الضوء هو $\mu = \frac{\sin i}{\sin r}$= وبالنسبة للزاوية الصغيرة $\sin \Theta \approx \tan \Theta = \Theta$ بالراديان. هذا يعني أنه يمكننا كتابة ◌ $j = \mu r_j$; حيث ◌ $j = 1$ ،3،2.... تم تعريف الانحراف على أنه

$$d = i_1 - r_1 + i_2 - r_2 = r_1 + r_2 = \mu r_1 - r_1 + \mu r_2 - r_2 = (r_1 + r_2)(\mu - 1) = (\mu - 1)\alpha$$

تحدد المعادلة (2.12) مقدار الانحراف المعطى بواسطة المنشور لأي زاوية صغيرة من السقوط. نلاحظ أن الانحراف مستقل عن قيمة زاوية الحادث. يعرف التشتت الزاوي بين الضوء الأحمر والأزرق الناشئ بأنه الزاوية المحصورة بين الشعاعين، ويعطى بالعلاقة:

$$\Theta = (\mu_b - 1)\alpha - (\mu_r - 1)\alpha = (\mu_b - \mu_r)\alpha$$

حيث **μ_b** و **μ_r** هي مؤشرات الانكسار للضوء الأزرق والضوء الأحمر على التوالي. بالنسبة للضوء الأبيض ، فإن متوسط الانحراف هو انحراف الضوء الأصفر ، لأنه اللون الموجود في منتصف الطيف تقريبا. يتم أيضا تحديد متوسط معامل الانكسار للمادة للضوء الأصفر. يتم قياس كمية تشتت أي مادة من خلال قوة التشتت التي تعرف بأنها

$$w = \frac{angular\ dispration\ between\ blue\ and\ red\ rays}{mean\ diviation} = \frac{d_b - d_r}{(\mu - 1)\alpha} = \frac{\mu_b - \mu_r}{(\mu - 1)`}$$

الأدوات البصرية

مقدمة

تقوم الأداة البصرية إما بمعالجة موجات الضوء لتحسين صورة للعرض ، أو تحليل موجات الضوء (أو الفوتونات) لتحديد واحدة من عدد من الخصائص المميزة للضوء. العين كونها أداة بصرية طبيعية ، فهي الأكثر تعقيدا ، ولا يمكن لأي أداة بصرية اصطناعية أن تضاهي قدرتها على التكيف والنطاق الديناميكي. كانت الأدوات البصرية الأولى هي النظارات المكبرة والتلسكوبات. تم استخدام التلسكوب لتكبير الصور البعيدة ، والمجاهر المستخدمة لتكبير الصور الصغيرة جدا. منذ أيام غاليليو ، تم تحسين هذه الأدوات بشكل كبير وامتدت إلى أجزاء أخرى من الطيف الكهرومغناطيسي. جهاز مجهر هو أداة مدمجة بشكل عام لكلتا العينين مصممة للاستخدام المحمول. يمكن اعتبار الكاميرا نوعا من الأدوات البصرية ، مع كون الكاميرا ذات الثقب أمثلة بسيطة جدا على هذه الأجهزة. تشمل الفئات الأخرى من الأدوات البصرية المستخدمة لتحليل خصائص الضوء أو المواد البصرية

i. مقياس التداخل لقياس خصائص التداخل (انتشار الموجة) لموجات الضوء

ii. مقياس ضوئي لقياس شدة الضوء

iii. مقياس الاستقطاب لقياس تشتت أو دوران الضوء المستقطب

iv. مقياس الانعكاس لقياس انعكاسية السطح أو الجسم.

v. مقياس إنكسار لقياس معامل الانكسار للمواد المختلفة

vi. مطياف أو أحادي اللون لتوليد أو قياس جزء من الطيف البصري ، لغرض التحليل الكيميائي أو المادي

Vii Autocollimatorالذي يستخدم لقياس الانحرافات الزاوية

viii. مقياس الصوت الذي يستخدم لتحديد القوة الانكسارية للعدسات مثل النظارات والعدسات اللاصقة والعدسات المكبرة

ix. وحدة تحكم الاستقطاب

x. يمكن اعتبار أجهزة تسلسل الحمض النووي أدوات بصرية لأنها تحلل لون وشدة الضوء المنبعث من فلوروكروم متصل بنوكليوتيدات معينة من شريط الحمض النووي

xi. تستخدم الأدوات القائمة على رنين البلازمون السطحي قياس الانكسار لقياس وتحليل التفاعلات الجزيئية الحيوية

العين البشرية

العين البشرية هي عضو يتفاعل مع الضوء وله عدة أغراض. كعضو حسي ، تسمح العين بالرؤية. تسمح الخلايا المخروطية والمخروطية في شبكية العين بإدراك الضوء الواعي والرؤية والتفسير ، بما في ذلك تمايز الألوان وإدراك العمق. يمكن للعين البشرية التمييز بين حوالي 10 ملايين لون ، لأولئك الذين يمكنهم الاستمتاع برؤية "طبيعية" بقوة إجمالية مثل $p \sim 58.64$ ، ومع ذلك ، في بعض الحالات مثل الوهم البصري ، لا يمكن الاعتماد على إدراكنا للرؤية. على الرغم من أي نقص في الرؤية البشرية ، يمكننا إدراك الجمال والشكل والحركة مع الإضاءة من الضوء الأبيض والألوان المكونة له.

تشبه العين الكاميرا الدقيقة ، مع مصراع وقزحية ونظام عدسة على جانب واحد وفيلم حساس للضوء يسمى شبكية العين على الجانب الآخر. تركز العدسة الصورة الحقيقية ولكن المقلوبة المتناقصة للجسم على شبكية العين ، وتعمل القزحية مثل الحجاب الحاجز الذي يفتح على مصراعيه للضوء الخافت ويقلل من فتحته للضوء الساطع. تحدد القزحية أيضا لون العينين. تحتوي شبكية العين على مئات الأعصاب الحساسة للضوء تسمى المخاريط والقضبان التي تغير نبضات الضوء إلى إشارة كهربائية لنقلها إلى الدماغ لتفسيرها. بينما تستجيب المخاريط للضوء الساطع وهي مسؤولة عن التمييز في الألوان ، فإن القضبان حساسة للضوء الخافت والحركات والاختلاف في الشدة. يمكن تقسيم إدراكنا للضوء إلى قسمين - (i)

المكونات البصرية التي تؤدي إلى تكوين صورة على شبكية العين و (**ii**) خاصية القناة العصبية والدماغ لتفسير النبضة الكهربائية الناتجة.

التركيب

لا تتشكل العين ككرة مثالية ، بل هي وحدة منصهرة من قطعتين. ترتبط الوحدة الأمامية الأصغر ، الأكثر انحناءا ، والتي تسمى القرنية بالوحدة الأكبر التي تسمى الصلبة. عادة ما يكون جزء القرنية حوالي 8 ◌ً في دائرة نصف قطرها. تشكل الغرفة المتصلبة الجزء الأكبر المتبقي من العين مع نصف قطر عادة حوالي 12 ◌ًً. ترتبط القرنية والصلبة بحلقة تسمى الليمبوس. يتم رؤية القزحية - لون العين - ومركزها الأسود ، التلميذ ، بدلا من القرنية بسبب شفافية القرنية. تظهر المنطقة المقابلة للتلميذ والتي تسمى قاع العين القرص البصري الشاحب المميز ، حيث تمر الأوعية التي تدخل العين وتغادر الألياف العصبية البصرية الكرة الأرضية. تحتوي العين على عدسة مشابهة للعدسات الموجودة في الأدوات البصرية مثل الكاميرات ويمكن تطبيق نفس المبادئ. بؤبؤ العين البشرية هو فتحتها. القزحية هي الحجاب الحاجز الذي يعمل كحاجز للفتحة. يؤدي الانكسار في القرنية إلى اختلاف الفتحة الفعالة (بؤبؤ المدخل) قليلا عن قطر التلميذ المادي. يبلغ قطر تلميذ المدخل عادة حوالي 4 ◌ًً ، على الرغم من أنه يمكن أن يتراوح من 2 ◌ً في مكان مضاء بشكل مشرق إلى 8 ◌ً في الظلام. تنخفض القيمة الأخيرة ببطء مع تقدم العمر ؛ تتوسع عيون كبار السن في بعض الأحيان إلى ما لا يزيد عن 5 - 6 مم.

بإيجاز ، العين كونها واحدة من أكثر الأعضاء تعقيدا وحساسية لديها الهياكل الأساسية التالية

i. عدسة العين - هذا هو ما يركز الضوء الداخل إلى العين.

ii. العضلات الهدبية - يتم ربطها بأسطح عدسة العين وتستخدم في تغيير البعد البؤري لعدسة العين

iii. شبكية العين - المنطقة الحساسة للضوء في العين حيث تتشكل صورة الجسم.

iv. البقعة الصفراء - البقعة الأكثر حساسية على شبكية العين.

Iris -v الدائرة الملونة حول عدسة العين.

vi. القرنية - الغطاء الواقي الشفاف السميك أمام العدسة والذي يعمل أيضا كوسط انكساري

vii. الفكاهة الزجاجية والفكاهة المائية - سائل خلف وأمام عدسة العين التي تطفو فيها عدسة العين.

viii. النقطة العمياء - هذه هي المنطقة التي تدخل فيها الأعصاب البصرية إلى العين وغير حساسة للضوء. لا يمكن إدراك الصورة المتكونة في النقطة العمياء.

ix. التلميذ - الفتحة الدائرية أو الحجاب الحاجز في القزحية التي يمر من خلالها الضوء.

//الحجم

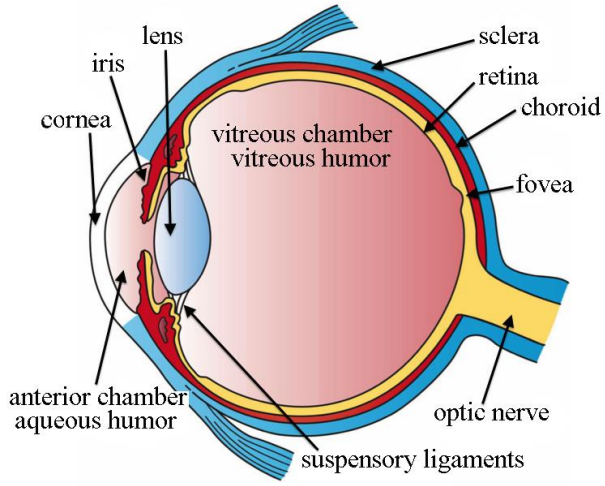
تختلف الأبعاد بين البالغين بمقدار واحد أو ملليمترين فقط. إنه متسق بشكل ملحوظ عبر الأعراق المختلفة. المقياس الرأسي ، بشكل عام أقل من المسافة الأفقية ، حوالي 24 ملم بين البالغين ، عند الولادة حوالي 16-17 ملم. تنمو مقلة العين بسرعة ، وتزداد إلى 22.5-23 ملم ، بعمر ثلاث سنوات. في سن 13 ، تصل العين إلى حجمها الكامل. يبلغ قطر العين البالغة النموذجية من الأمام إلى الخلف 24 مم ، وحجمها 6 ◌ِ cm3 وكتلة 7.5 جرام.

مكونات

يتكون مكون العين من ثلاثة معاطف ، تضم ثلاثة هياكل شفافة. تتكون الطبقة الخارجية ، المعروفة باسم السترة الليفية ، من القرنية والصلبة. تتكون الطبقة الوسطى ، المعروفة باسم سترة الأوعية الدموية ، من المشيمية والجسم الهدبي والقزحية. الأعمق هو شبكية العين ، داخل هذه المعاطف هي الخلط المائي ، والجسم الزجاجي ، والعدسة المرنة. الخلط المائي هو سائل واضح موجود في منطقتين: الغرفة الأمامية بين القرنية والقزحية ، والغرفة الخلفية بين القزحية والعدسة. يتم تعليق العدسة على الجسم الهدبي بواسطة الرباط المعلق ، المكون من ألياف شفافة دقيقة. الجسم الزجاجي عبارة عن هلام شفاف أكبر بكثير من الفكاهة المائية الموجودة خلف العدسة ، والباقي تحده الصلبة والعدسة. يتم توصيلها عبر التلميذ

مجال الرؤية

مجال الرؤية التقريبي للعين البشرية الفردية هو 95 درجة بعيدا عن الأنف ، و 75 درجة لأسفل ، و 60 درجة باتجاه الأنف ، و 60 درجة لأعلى ، مما يسمح للبشر بالحصول على مجال رؤية أفقي مواجه للأمام بزاوية 180 درجة تقريبا. مع دوران مقلة العين بحوالي 90 درجة ، يصل مجال الرؤية الأفقي إلى 270 درجة. حوالي 12-15 درجة زمنية و 1.5 درجة تحت الأفقي هو العصب البصري أو النقطة العمياء التي يبلغ ارتفاعها حوالي 7.5 درجة وعرضها 5.5 درجة.



النطاق الديناميكي

تحتوي شبكية العين على نسبة تباين ثابتة تبلغ حوالي 100: 1 (ضمنيا يمكن أن تفرق بين كائنين أكثر سطوعا 100 مرة من بعضهما البعض). بمجرد أن تتحرك العين ، فإنها تعيد ضبط تعرضها كيميائيا وهندسيا عن طريق ضبط القزحية التي تنظم حجم التلميذ. العملية غير خطية ومتعددة الأوجه ، لذا فإن الانقطاع بالضوء يبدأ عملية التكيف من جديد. يمكن للعين البشرية اكتشاف نطاق نصوع يبلغ 1014. في الطرف المنخفض من النطاق توجد العتبة المطلقة للرؤية للحصول على ضوء ثابت عبر مجال رؤية واسع ، حوالي 6-10 cdm-2 . بينما يتم إعطاء الطرف العلوي من النطاق من حيث الأداء البصري العادي على أنه 108 CDM-2 (يتم تعريف CDM-2 على أنه كانديلا لكل متر مربع - وحدة الإنارة).

استيعاب العدسة

يتم تحقيق الإقامة عن طريق تغيير انحناء العدسة بواسطة العضلات الهدبية المحيطة بالعدسة. إنها تضيق قطر الجسم الهدبي ، وترخي ألياف الرباط المعلق ، وتسمح للعدسة بالاسترخاء في شكل محدب أكثر. تعمل العدسة الأكثر حدبا (أكثر تقلصا وأكثر سمكا) على كسر الضوء بقوة أكبر وتركز أشعة الضوء المتباينة على شبكية العين مما يسمح بالتركيز على الأشياء الأقرب. من ناحية أخرى ، يتم التركيز على الأشياء البعيدة عن طريق إرخاء انحناء العدسة بجعلها أكثر امتدادا وأرق.

3.2.8 رؤية مجهر

يبدو لنا العالم ثلاثي الأبعاد لأن الصور التي تراها أعيننا مختلفة قليلا. ترى العين اليسرى الجانب الأيسر من الكائن أكثر من الجانب الأيمن ، والعكس صحيح ، مما يتيح تقدير صلابة الكائن. يساعد امتلاك عينين

أيضا في الحكم على المسافات. عند النظر إلى الأشياء القريبة ، يجب أن تتقارب خطوط رؤية العينين ويساعد الجهد العضلي المبذول في إعطاء فكرة عن المسافة

3.2.9 التكيف المظلم

واحدة من الخصائص البارزة للعين هي النطاق الهائل لحساسيتها للضوء. عندما ندخل غرفة مظلمة ، من ضوء النهار ، تستغرق أعيننا بعض الوقت لتعتاد على الظلام وقد لا نتمكن تماما من العثور على أي شيء دون مساعدة في البداية. تعرف عملية التعود على الظلام باسم التكيف الداكن للعين ويعتقد أنها تنطوي على تصنيع كميات إضافية من اللون الأرجواني البصري. يكون بطيئا خلال أول 10 دقائق وسريعا في الدقائق 20-30 القادمة. الأشخاص المكفوفون ليلا بطيئون جدا في التكيف وقد يستغرقون ما يصل إلى ساعة للتكيف.

تأثير بوركينجي

في عام 1825 ، لاحظ **J.E. Purkinje** أنه في الشفق ، تبدو الأزهار الحمراء أغمق من الزهور الزرقاء ، على الرغم من أنها قد تبدو مشرقة بنفس القدر في ضوء الشمس. في النهاية ، عند الغسق ، تبدو الأزهار الحمراء سوداء والزهور الزرقاء رمادية. يعرف هذا التغيير في الحساسية الطيفية للعين مع انخفاض في شدة الضوء باسم تأثير **Purkinje**. تعرف الرؤية بكثافة منخفضة ، عندما تختفي كل الألوان ، باسم الرؤية المنظارية. تعرف الرؤية عالية الكثافة بالرؤية الضوئية

3.2.11. تكيف اللون

إذا تعرضت العين لضوء أحمر ساطع (كمثال) لبضع دقائق ، فإن حساسيتها للضوء الأحمر تكون منخفضة. وبالتالي ، تبدو ألوان الأشياء مختلفة عن العين 41 التي تعرضت للعين العادية أكثر من تلك التي تتعرض لها. تعرف هذه الظاهرة باسم تكيف الألوان

3.2.12 بعد الصورة

إذا نظر المرء لمدة ثانية أو ثانيتين إلى جسم ساطع ثم أغلق عينيه ، فستظهر صورة ساطعة للجسم ، تعرف باسم الصورة الإيجابية اللاحقة. قد يتغير لون الصورة اللاحقة وتكون الظاهرة معقدة للغاية. إذا نظر المرء إلى مصدر أحمر ساطع للضوء لفترة قصيرة ثم نقل نظره إلى ورقة بيضاء مضاءة بشكل مشرق ، فستظهر صورة زرقاء وخضراء لمصدر الضوء. يعرف هذا باسم الصورة اللاحقة السلبية. ولونه مكمل للون الصورة الأصلية. عادة ، يتم تفسيره بافتراض أن حساسية المستقبلات الحمراء ، في ذلك الجزء من شبكية العين حيث تشكلت الصورة الأصلية ، تكون منخفضة ، وبالتالي فإن الورقة البيضاء تحفز بشكل رئيسي

المستقبلات الزرقاء والخضراء التي تؤدي إلى صورة زرقاء خضراء. تسمى هذه الظاهرة أحيانا التباين المتتالي. ظاهرة أخرى تسمى تحسين ألوان كائن ما عند وضعها بجانب كائنات ملونة أخرى التباين المتزامن. بشكل عام ، يميل كل كائن ملون إلى تعديل وتعزيز ألوان الكائنات المجاورة في اتجاه لونه المكمل الخاص ..

3.3. عيوب العين

هناك العديد من الأمراض والاضطرابات والتغيرات المرتبطة بالعمر التي قد تؤثر على العينين والهياكل المحيطة. مع تقدم عمر العين ، تحدث بعض التغييرات التي يمكن أن تعزى فقط إلى عملية الشيخوخة. معظم عيوب العين هذه وهي عمليات تشريحية وفسيولوجية تتبع انخفاضا تدريجيا. مع تقدم العمر ، تزداد جودة الرؤية سوءا لأسباب مستقلة عن أمراض شيخوخة العين. في حين أن هناك العديد من التغييرات ذات الأهمية في العين غير المريضة ، يبدو أن التغييرات الأكثر أهمية وظيفيا هي انخفاض حجم حدقة العين وفقدان الإقامة. تشمل عيوب العين الأخرى طول النظر الشيخوخي ، مد البصر ، الاستجماتيزم.

3.3.1 قصر النظر

قصر النظر المعروف باسم قصر النظر أو قصر النظر هو حالة من العين حيث لا يركز الضوء الذي يأتي مباشرة على شبكية العين ولكن أمامها ، مما يتسبب في أن تكون الصورة التي يراها المرء عند النظر إلى كائن بعيد خارج نطاق التركيز ، ولكن في التركيز عند النظر إلى كائن قريب. يمكن أيضا تصحيحه عن طريق الجراحة الانكسارية ، على الرغم من وجود حالات من الآثار الجانبية المرتبطة بها أو مع العدسات التصحيحية التي لها قوة بصرية سلبية (العدسات المقعرة) التي تعوض عن التقارب المفرط للعين قصر النظر.

3.3.2 مد البصر

مد البصر أو مد البصر المعروف باسم طول النظر أو طول النظر هو عيب في الرؤية ناتج عن نقص في العين. يحدث عندما تكون مقلة العين قصيرة جدا 42 أو لا يمكن أن تصبح العدسة مستديرة بما فيه الكفاية ، مما يسبب صعوبة في التركيز على الأشياء القريبة ، وفي الحالات القصوى يتسبب في عدم قدرة المصاب على التركيز على الأشياء على أي مسافة. عندما يتحرك الجسم نحو العين ، يجب أن تزيد العين من قوتها البصرية للحفاظ على الصورة في التركيز على شبكية العين. إذا كانت قوة القرنية والعدسة غير كافية ، كما هو الحال في مد البصر ، فستظهر الصورة غير واضحة. عادة ما تكون أسباب مد البصر وراثية وتتضمن عينا قصيرة جدا أو قرنية مسطحة جدا ، بحيث تركز الصور على نقطة خلف الشبكية. يمكن

تصحيحه باستخدام العدسات المحدبة في النظارات أو العدسات اللاصقة. العدسات المحدبة لها قيمة طاقة موجبة ، مما يجعل الضوء يركز أقرب من نطاقه الطبيعي.

3.3.3 نقص الإقامة أو طول النظر الشيخوخي

طول النظر الشيخوخي هو حالة مرتبطة بالشيخوخة حيث تظهر العين قدرة متناقصة تدريجيا على التركيز على الأشياء. آليات طول النظر الشيخوخي ليست مفهومة تماما. تدعم الأدلة البحثية بقوة فقدان مرونة العدسة البلورية ، على الرغم من أن التغيرات في انحناء العدسة من النمو المستمر وفقدان قوة العضلات الهدبية (العضلات التي تتحني وتصويب العدسة) قد تم افتراضها أيضا كسبب لها. عادة ما يتم ملاحظة العلامات الأولى لطول النظر الشيخوخي - إجهاد العين ، وصعوبة الرؤية في الضوء الخافت ، ومشاكل التركيز على الأشياء الصغيرة و / أو الطباعة الدقيقة - لأول مرة بين سن 40 و 50. تستخدم العدسات التصحيحية التي توفر مجموعة من تصحيح الرؤية في العلاج ، بما في ذلك العدسات متغيرة البؤرة أو ثنائية البؤرة للتخلص من الحاجة إلى زوج منفصل من نظارات القراءة ، وتحاول عدسات النظارات ثنائية البؤرة أو متغيرة البؤرة الأحدث تصحيح الرؤية القريبة والبعيدة بنفس العدسة.

3.3.4 الاستجماتيزم

الاستجماتيزم هو عيب بصري تكون فيه الرؤية غير واضحة بسبب عدم قدرة بصريات العين على تركيز كائن نقطي في صورة مركزة حادة على شبكية العين. يسبب الاستجماتيزم صعوبات في رؤية التفاصيل الدقيقة مما يؤدي إلى عدم وضوح الرؤية ، على سبيل المثال ، قد تركز الصورة بوضوح على شبكية العين في المستوى الأفقي ، ولكن ليس في المستوى الرأسي. قد يكون هذا بسبب انحناء غير منتظم للقرنية أو العدسة. ينبع الخطأ الانكساري للعين اللابؤرية من اختلاف في درجة انكسار الانحناء بين خطي الطول المختلفين (أي أن العين لها نقاط بؤرية مختلفة في مستويات مختلفة). نوعان من الاستجماتيزم منتظمان وغير منتظمين. توجد ثلاثة خيارات لعلاج الاستجماتيزم: النظارات والعدسات اللاصقة (إما العدسات اللاصقة الصلبة أو العدسات اللاصقة الحيدية) والجراحة الانكسارية. غالبا ما يحدث الاستجماتيزم غير المنتظم بسبب ندبة القرنية أو التشتت في العدسة البلورية ، ولا يمكن تصحيحه بواسطة عدسات النظارات القياسية ، ولكن يمكن تصحيحه بواسطة العدسات اللاصقة. يمكن تصحيح الاستجماتيزم المنتظم الأكثر شيوعا الناشئ عن القرنية أو العدسة البلورية بواسطة النظارات الأسطوانية أو العدسات الحيدية.

3.3.5 عمى الألوان

هذا هو غياب أو شلل ألياف شبكية العين الحساسة للون الذي يعمى عنه المرء. هناك أنواع مختلفة: **(i) Protanopia** - غياب / فشل المستقبلات الحمراء **Deuteranopia (ii)** - الأحمر والأخضر **(iii) Tritanopia** - الأزرق والأخضر مرتبك **(iv)** أحادي اللون - عمى الألوان الكلي **(v)** داء المشعرات الشاذ - على الرغم من أنه قد يبدو طبيعيا ولكنه يتطلب كميات مختلفة من اللون الأخضر والأحمر في خليط الألوان مقارنة بالأشخاص العاديين.