جامعة السودان المفتوحة
برنامج التربية

الفيزياء العامة(١)

رمز المقرر ورقمه: فيز ١٠١

إعداد المادة العلمية: د.عبد الله سيد أحمد محجوب

التحكيم العلمي: أ.د. محمد حسن أحمد سناده

التصميم التعليمي :أ. مناهل محمد بحر الدين عمر

أ. خالد محمد هارون

التصميم الفني و التنضيد الطباعي: أماني الأمين مبارك

منشورات جامعة السودان المفتوحة ٢٠٠٥

جميع الحقوق المحفوظة لجامعة السودان المفتوحة، لا يجوز إعادة إنتاج أىّ جزء من هذا الكتاب، وبأى وجه من الوجوه، إلاّ بعد الموافقة المكتوبة من الجامعة.

مقدمة المقرر

الحمد لله والصلاة والسلام على رسول الله محمد وعلى اله وصحبه وسلم.

وبعد ،

عزيزي الدارس،

يسرني أن أضع بين يديك مقرر الفيزياء العامة (1) وفقا لمنهج الجامعات المفتوحة وقد سعينا أن يكون واضح التعبير وسهل المادة من غير تعقيد بطريقة علمية منطقية ومتدرجة حتى يسهل فهمها .

عزيزي الدارس،

يتضمن هذا المقرر خمس وحدات أساسية هي:-

الوحدة	اسم الوحدة	الصفحة
الوحدة الأولي (الميكانيكا)	الكينماتيكاkinematics	١
الوحدة الثانية (الميكانيكا)	الديناميكا Dynamics :القوة والحركة	٣٧
الوحدة الثالثة	الحرارة ومفاهيمها الأساسية	٦٥
الوحدة الرابعة	الخواص الميكانيكية للمادة	١١٩
الوحدة الخامسة	البصريات الهندسية	١٧١

نجد أن الوحدتين الأولى والثانية تتحدثان عن الميكانيكا ولكن الوحدة الأولى تناولت مفهوم المسافة والإزاحة وتعريف السرعة ثم دراسة العلاقة بين مقومات الحركة . وأما الوحدة الثانية فقد تناولت مفهوم القوة والحركة؛ حيث أن القوة هي المؤثر الخارجي الذي يعمل على تغيير حالة الجسم من حركة إلى سكون أو العكس ثم تناولت قوانين الحركة للعالم الفيزيائي إسحاق نيوتن وتطبيقاتها.

أما من خلال الوحدة الثالثة فنتعمق في معرفة الخواص الميكانيكية للمادة، ونتعرف خلالها على المرونة، والتوتر السطحي، و الكثافة، و اللزوجة، وضغط الموائع، و حركتها.

و في الوحدة الرابعة نستعرض مفهوم الحرارة، و درجة الحرارة والطاقة الحرارية، والتأثيرات الناتجة من الطاقة الحرارية، و العلاقة بين كمية الطاقة الحرارية ودرجة الحرارة، كما ندرس أجهزة قياس درجة الحرارة و تدريجاتها، ونتعرف أيضا على الحرارة الكامنة للانصهار، و الكامنة للتصعيد ثم التمدد الحراري .

أما الوحدة الأخيرة فتتناول المفاهيم الأساسية للضوء مع قياس سرعة الضوء، ودارسة انعكاس الضوء و الانكسار، و معرفة بعض التطبيقات العلمية في الحياة اليومية من خلال دراسة الأجهزة البصرية

الأهداف العامة للمقرر:

عزيزى الدارس، بعد اطلاعك علي هذا المقرر بتمعن نتوقع منك ان:

- تشرح مفهوم المسافة والإزاحة والسرعة، والعجلة، مع ذكر معادلات الحركة.
- تصف الحركة والقوة ثم تشرح قوانين نيوتن .
- تبّين أهمية الخواص الميكانيكية للمادة.
- تعرّف درجة الحرارة، وكمية الطاقة الحرارية، مع معرفة أثر الحرارة على الأجسام
- تشرح مفهوم الضوء مع شرح الأجهزة البصرية

وقد استخدمنا في هذا المقرر إطاراً شاملاً لرموز النظام الدولي. ثم:

- التعريفات.
- المعادلات.
- الملاحظات.

هذا وقد رقمنا الأشكال والرسومات التوضيحية والجداول كما أن هناك سردا كاملا للمصطلحات العلمية التي وردت في النص الرئيسي في نهاية كل وحدة، وقد حاولنا في هذا المقرر تبسيط المادة المقدمة وترتيبها بالصورة التي يستطيع بها الدارس فهم ما نرمي إليه .

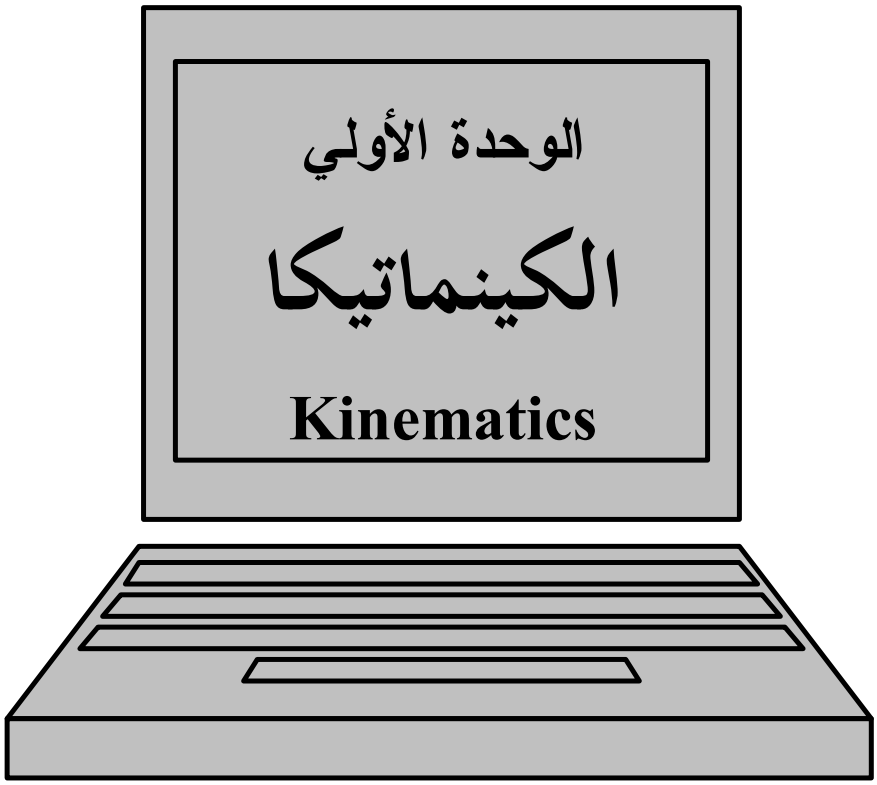
ثم زيلنا نهاية كل وحدة بأسئلة للتقويم الذاتي، ونشاطات وتدريبات كفيلة بتلبية احتياجاتك التعلمية الخاصة بالوحدة.

عزيزي الدارس،

ينبغي عليك أن تطلع على هذه الوحدات بتأنٍ لفهم ما يرمي إليه هذا المقرر. ثم القيام بحل أسئلة التقويم، و أداء النشاطات التجريبية بالإمكانيات البسيطة المتوفرة لديك، والتي تقدمها لمرشدك الميدانى ، كما سيكون مع هذه المقرر شريطا سمعيا وآخر بصريا نرجو أن تستفيد منهما وان تضيف إلى معلوماتك المزيد من المعرفة.

عزيزى الدارس،

أهلا بك مرة أخرى إلى هذا المقرر والذي نرجو أن تستمتع بدراسته، وان تستفيد منه، وان تشاركتا في نقده وتقييمه .


الوحدة الأولي
الكينماتيكا
Kinematics

محتويات الوحدة

الموضوع	الصفحة
مقدمة	**٣**
أهداف الوحدة	**٤**
الحركة	**٥**
1.المسافة والإزاحة	**٦**
2. السرعة	**٩**
2.2. أنواع السرعات	١٠
3. متجه السرعة	**١٤**
4.التسارع (العجلة)	**١٧**
٤,١ وحدة قياس التسارع	١٨
4.2 إشارتا التسارع	١٨
4.3.التسارع المنتظم والتسارع المتوسط والتسارع اللحظي	١٨
5. الحركة في خط مستقيم بتسارع منتظم	**٢١**
١,٥ معادلات الحركة في خط مستقيم بتسارع منتظم	٢١
٢,٥ السقوط الحر (Free Fall)	٢٧
الخلاصة	**32**
اجابات التدريبات	**33**
مسرد المصطلحات	**35**

مقدمة

عزيزي الدارس،

مرحباً بك إلى الوحدة الأولى من مقرر الفيزياء العامة(1)، و هي بعنوان الكينماتيكا، و تتألف من خمسة أقسام رئيسية، يزودك القسم الأول بتعريف المسافة والإزاحة،

أما القسمان الثاني والثالث فيساعدانك على فهم مفهوم السرعة وأنواعها ووحدة قياسها؛ ثم ننتقل إلى القسم الرابع والذي نتعرف خلاله على تعريف التسارع وأنواعه.

أما القسم الخامس فيتضمن الحركة في خط مستقيم ثم استنتاج العلاقات الرياضية بين مقومات الحركة الأساسية؛ المسافة، والزمن، والسرعة، والعجلة، أما في الجزء الأخير فسنتناول معادلات الحركة في الخط المستقيم، وتطبيقها على ظاهرة السقوط الحر المألوف لدينا والمشاهدة في حياتنا اليومية (حركة الأجسام تحت تأثير الجاذبية).

ثم ذيلنا هذه الوحدة بسرد شامل للمصطلحات العلمية التي وردت في النص الرئيسي، وقد حرصنا في هذه الوحدة على معرفة العلاقات الرياضية، مع تقديم أمثلة متنوعة، و أنشطة وأسئلة تقويم ذاتي، وتدريبات كفيلة بتلبية احتياجاتك التعليمية والتي تقدمها لمرشدك الميداني.

عزيزي الدارس،

أهلاً بك مرة أخرى إلى هذه الوحدة ونرجو أن تستمتع بدراستها وأن تستفيد منها وأن تشاركنا في نقدها وتقييمها.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس بعد فراغك من دراسة هذه الوحدة يتوقع منك أن تكون قادراً على أن:

- **تعّرف** كلاً من الإزاحة والمسافة مع توظيف الرسم لحساب الإزاحة.
- **تفّرق** بين السرعة المتوسطة والسرعة المنتظمة والسرعة اللحظية.
- **تشرح** الرسم البياني للمسافة والزمن لوصف الحركة الخطية لجسم، وتوجد السرعة من الرسم البياني.
- **توضّح** مفهوم متجهه السرعة.
- **تعرّف** كل من التسارع المتوسط والتسارع اللحظي لفظيا ورياضيا.
- **تشرح** العلاقات الرياضية بين مقومات الحركة: المسافة، الزمن، السرعة، العجلة.
- **تتقن** بعد استنتاج المعادلات الأربع للحركة بتسارع منتظم تطبيقاتها الرياضية.

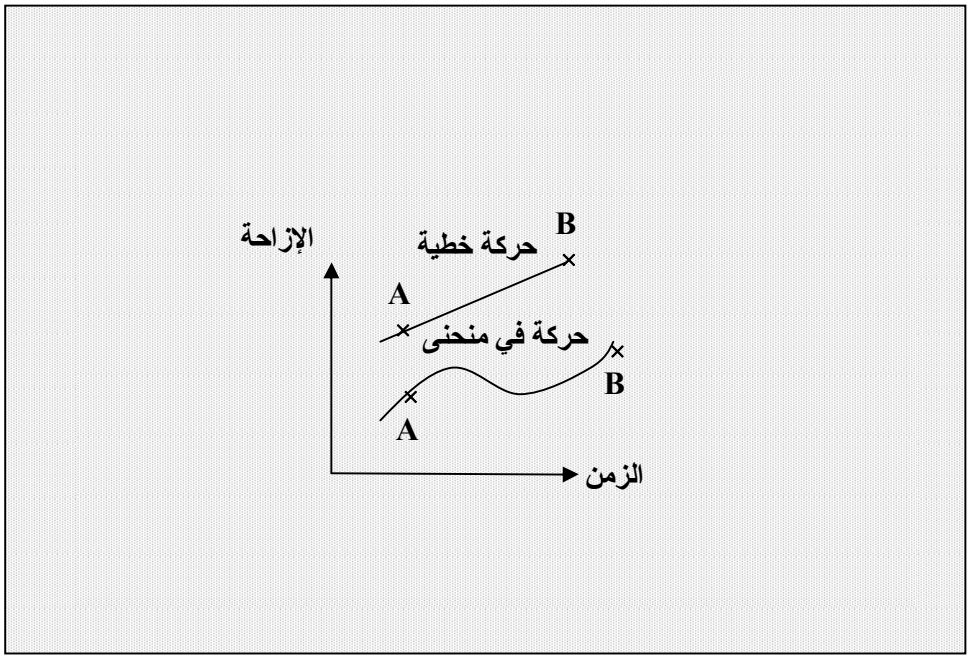
الحركة:

عزيزي الدارس،

إن مفهوم الحركة يرتبط بتغيير موضع الجسم بمرور الزمن، فإذا تغيّر موضع جسم خلال فترة زمنية بالنسبة لموضع جسم آخر، فإن الجسم يكون قد تحرك.

إذا كان مسار الحركة مساراً مستقيماً فإن حركة الجسم تسمى حركة خطية (Linear Motion)

وفي الغالب يكون مسار الحركة مساراً منحنياً أو تركيبياً من المسار المنحني والمسار المستقيم. (أنظر الشكل(1-1))



الشكل (1-1)

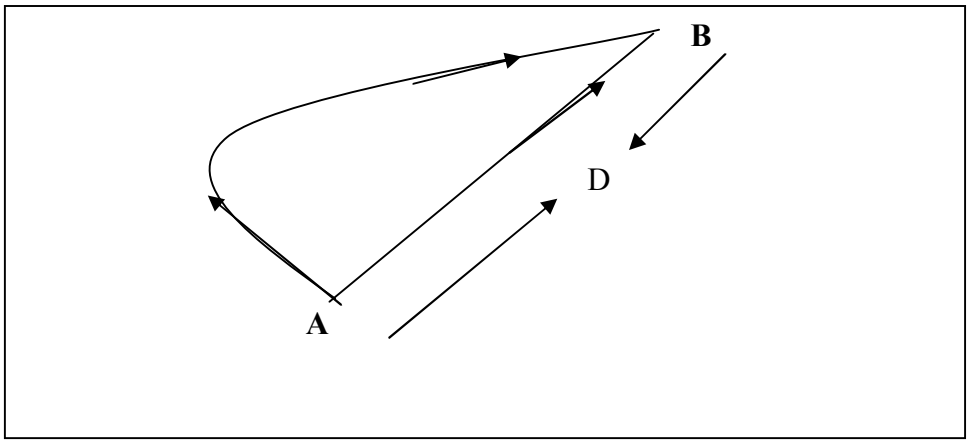
عزيزي الدارس، سوف تقتصر دراستنا علي الحركة الخطية لأنها أبسط أنواع الحركة و دراستها تساعدنا على معرفة المتغيّرات الأساسية للحركة (المسافة، الزمن، السرعة، التسارع).

1. المسافة والإزاحة (Distance and Displacement)

إذا تحرك جسم من الموضع (A) إلى الموضع (B) كما في الشكل (١-٢)، وسلك المسار المنحني الموضح بالأسهم ، فإن التغير في موضع الجسم يمثله الخط المستقيم الذي بدأ من (A) وانتهي عند (B) وهذا يعني:

أن التغير في الموضع لا يعتمد على مسار الجسم المتحرك وإنما يعتمد على أقصر مسار بين النقطة (A) والنقطة (B) .

التغير في الموضع يسمى بالإزاحة Displacement ويرمز لها بالرمز $\vec{D}$



شكل (١-٢):المسافة والإزاحة

وعليه تكون:

الإزاحة:
هي أقصر مسافة بين نقطة بداية الحركة ونقطة نهايتها واتجاهها من نقطة بداية الحركة نحو نقطة الموضع النهائي لها.
المسافة Distance : هي طول المسار الفعلي الذي يسلكه الجسم المتحرك من نقطة بداية الحركة إلى نقطة نهايتها .

ونلاحظ أنه في حالة الحركة في اتجاه ثابت (الحركة الخطية) تتطابق المسافة مع مقدار الإزاحة.

ملاحظة:

- **الإزاحة لها مقدار واتجاه؛ فهي تعتبر من المتجهات (vectors)**
- **أما المسافة، فهي من الكميات العددية التي يتم تحديدها بمعرفة مقدارها فقط.**
- **تمثل الإزاحة بيانياً برسم خط مستقيم به سهم في نهايته، يشير لاتجاه الإزاحة ويتناسب طول الخط المستقيم مع مقدار الإزاحة .**

➢ مثال

لكي ينتقل الدارس من المنزل إلى مركز جامعة السودان المفتوحة فانه يتحرك مسافة (24Km) شمالاً، ثم (12Km) شرقاً ثم (16 Km) جنوباً .

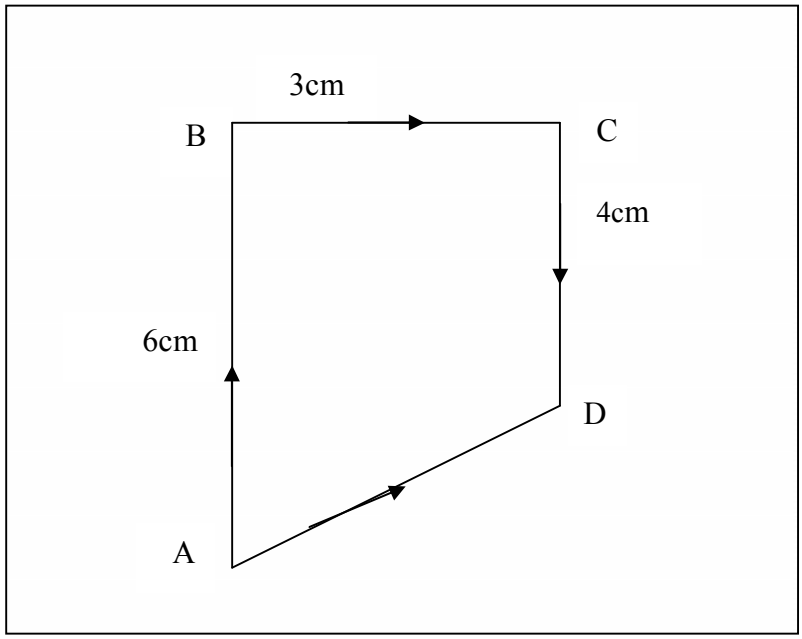
1 – أستعن بالمسطرة والمنقلة لرسم مسار حركة الدارس.

2– أوجد الإزاحة واتجاهها.

الحل

1– لرسم مسار حركة الدارس اتبع خطوات التالية

- نأخذ مقياس رسم مناسب مثلاً (1cm ≡ 4Km).
- نرسم مستقيما $\left(\vec{AB}\right)$ طوله (12cm) في اتجاه الشمال .
- باستخدام المنقلة ارسم مستقيما $\left(\vec{BC}\right)$ طوله (3cm) في اتجاه الشرق حيث يصنع زاوية (90^0) مع المستقيم الأول
- من نهاية المستقيم الأول ارسم مستقيماً ثالثاً $\left(\vec{CD}\right)$ يبدأ من نهاية المستقيم الثاني طوله (4cm) باتجاه الجنوب، شكل (١–٣).



✪ ملاحظة

أي إن مقدار الإزاحة هو طول المسافة المستقيمة من نقطة بداية الحركة (A) إلى نقطة النهاية (D) .

(٢) لإيجاد مقدار الإزاحة

- قس المسافة AD بالمسطرة بالسنتيمترات.
- حول المسافة إلى أمتار باستخدام مقياس الرسم.

(٣) لإيجاد الاتجاه

- قس الزاوية $B\hat{A}D$ وهي الزاوية التي يصنعها متجه الإزاحة مع اتجاه الشمال.

أسئلة تقويم ذاتي

عزيزي الدارس،

١. ما الفرق بين الإزاحة والمسافة؟

٢. كيف يمكن استخدم الرسم الهندسي لحساب الإزاحة؟

نشاط



عزيزي الدارس

هب إنك قمت برحلة بالسيارة من الخرطوم إلى بور تسودان

أولاً: بالطريق الذي يمر بمدني، ثم منها إلى القضارف ثم إلى كسلا، ثم هيا وإلى بورتسودان، ما المسافة التي قطعتها السيارة في هذه الحالة؟

ثانياً: إذا كان السفر بالقطار من الخرطوم إلى عطبرة ومنها إلى بورتسودان، فما المسافة التي يقطعها القطار؟

ثالثاً: استخدم الخريطة الجغرافية المناسبة لإيجاد إزاحة بورتسودان عن الخرطوم.

رابعاً: ثم قارن هذه الإزاحة بالمسافة التي تقطعها الطائرة من الخرطوم إلى بور تسودان. تنبيه: يمكنك الاستعانة بالأطلس.

2. السرعة

إذا تحركت سيارتان على مسار (طريق) منحنى، أو مسار مستقيم وإذا:

- استغرقت الأولى مدة زمنية أقل من السيارة الثانية للوصول إلى نقطة النهاية، فإننا نقول أن السيارة الأولى أسرع من الثانية.
- وإذا كانت حركة السيارتين على مسارين مختلفين في الطول، واستغرقت كل من السيارتين نفس الزمن، فالسيارة التي قطعت مساراً أطول تكون أسرع من الأخرى.

وهكذا فإن طول المسار والزمن اللازم لقطعه عاملان أساسيان في تحديد السيارة الأسرع، وسوف نعرف هنا كمية فيزيائية سميت بالسرعة (speed) اعتماداً على هذين العاملين كالأتي:

تعريف السرعة = طول المسار ÷ الزمن اللازم لقطع المسار

فإن كان طول المسار هو (Δ S) (تقرأ دلتا S) والزمن اللازم لقطعه هو(Δ t) (تقرأ دلتا t) فإن سرعة الجسم المتحرك (υ) خلال الفترة الزمنية (Δ t) هي:

$$\upsilon = \frac{\Delta S}{\Delta t} \qquad (١-١)$$

٢,١ وحدة قياس السرعة

في النظام الدولي للوحدات الذي تقاس فيه المسافة بالمتر(meter) ويرمز له بالرمز m والزمن بالثانية (second)، ويرمز له بالرمز s ، فإن السرعة تقاس

١ – بوحدة (m/s). أو

2– بوحدة (km/hr) عندما تقاس المسافة بالكيلومتر(kilometer) والزمن بالساعة (hour) كما في حالة السيارات والسفن والقطارات والطائرات .

2.2. أنواع السر عات

أولاً: السرعة المنتظمة(Uniform velocity)

السرعة المنتظمة هى أن يقطع الجسم المتحرك مسافات متساوية في أزمنة متساوية

فإن سرعة الجسم من المعادلة(1-1) تكون سرعة ثابتة (سرعة منتظمة)

ثانياً:السرعة المتوسطة (Average velocity)

فمثلاً إذا كانت السيارة تتحرك بسرعة منتظمة خلال السفر على طريق طويل فإننا سنلاحظ أن عداد قراءة السرعة ثابت على قراءه واحده فتره طويلة ولان الحركة بسرعة منتظمة يصعب تحقيقها عملياً وإذا تحققت لا تستمر إلا لثوان أو لدقائق معدودة لأن السرعة تتغير فتزداد أحياناً وتتناقص أحياناً بحسب أحوال الطريق ، لذلك يستخدم مصطلح أخر للسرعة هو السرعة المتوسطة.

السرعة المتوسطة تعرف بأنها جملة المسافة المقطوعة (S) مقسومة على الــزمن (t)المستغرق لقطع تلك المسافة وسوف نرمز لها بالرمز υ_m

$$\upsilon_m = \frac{s}{t} \qquad (٢-١)$$

وتمثل السرعة المتوسطة مقدار السرعة الثابتة التي لو سار عليها الجــسم المتحــرك لقطع المسافة نفسها في نفس الزمن المستغرق لقطع تلك المسافة وهو يسير بتلك الــسر عــات التي متوسطها السرعة المتوسطة

في حالة الحركة المنتظمة فان **السرعة المتوسطة تتساوى مع السرعةالمنتظمة** ($\upsilon_m = \upsilon$) .

➢ مثال (2)

قطع عداء مسافة (200m) في مضمار سباق مستقيم جرياً في (20s)، ثم رجع مــشياً لنقطــة بدء السباق فأستغرق (160 s) أوجد:

(1) السرعة المتوسطة للعداء وهو جار في رحلة الذهاب .

(2) السرعة المتوسطة للعداء وهو راجع مشياً.

(3) السرعة المتوسطة للعداء خلال الرحلة كلها.

الحل

نستخدم العلاقة $\upsilon_m = \frac{S}{t}$ لحساب السرعة المتوسطة

(1) السرعة المتوسطة وهو ذاهب جرياً $\upsilon_m = \frac{200}{20} = 10 \ m/s$

(2) السرعة المتوسطة وهو راجع مشياً $\upsilon_m = \frac{200}{160} = 1.25 \ m/s$

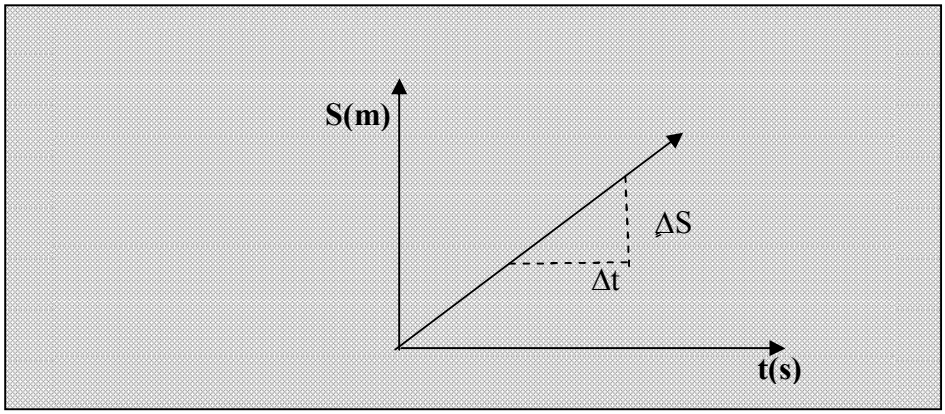
(3) مسافة الرحلة = $200 + 200 = 400 \ m$

زمن الرحلة =٢٠+١٦٠=١٨٠ ثانية

السرعة المتوسطة لكل الرحلة $\upsilon_m = 400/180 = 2.22 m/s$

ثالثاً: السرعة اللحظية (Instantaneous Velocity)

أفرض أن جسماً يتحرك بسرعة منتظمة على خط مستقيم ثابت. وافرض أننا قسنا المسافة التي يقطعها الجسم و سجلنا الزمن اللازم لقطع المسافة وقمنا بتكرار هذه العملية عددا من المرات لمسافات مختلفة وحصلنا على قراءات مضبوطة للمسافة (S) والزمن (t)، فإذا قمنا بعمل رسم بياني للمسافة (S) على محور الصادات، والزمن (t) على محور السينات كما في شكل (١-٤) سنجد أن الرسم البياني عبارة عن خط مستقيم يمر بنقطة الأصل ميله($\frac{\Delta s}{\Delta t}$) يساوي السرعة المنتظمة.



شكل (١-٤) رسم بياني لتمثيل الحركة بسرعة منتظمة في خط مستقيم

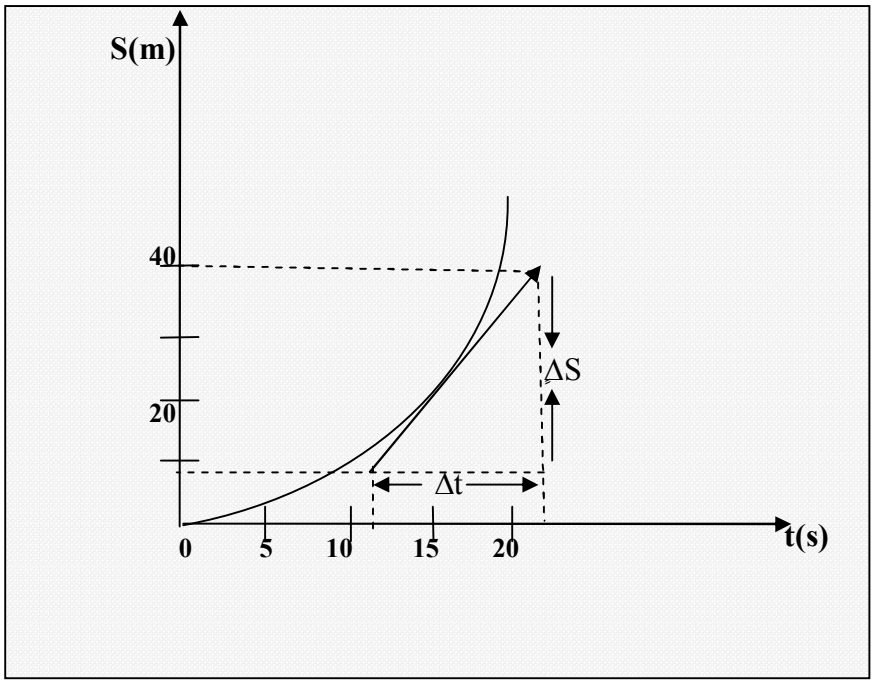
نشاط

عزيزي الدارس،

جرب هذه التجربة التي من الممكن القيام بها في المنزل؛ وذلك باستخدام سيارة صغيرة تعمل بالبطارية (لعبة أطفال) تتحرك على سطح ناعم ثم قس المسافات بالمسطرة، والزمن لكل مسافة بساعة إيقاف (ساعة يد إلكترونية)، ثم ارسم بيانيا العلاقة بين المسافة والزمن (بافتراض أن سرعة هذه اللعبة ثابتة)

ماذا تلاحظ؟

إذا كانت حركة الجسم على خط مستقيم بسرعة متغيرة، وإذا قمنا بإجراء التجربة الفرضية المذكورة في الفقرة السابقة ورسمنا الرسم البياني للمسافة مع الزمن سنجد أن الرسم االبياني قد يكون منحني كما في شكل (١-٥)، أي ميله غير ثابت لأن السرعة غير ثابتة وفى تزايد.



شكل (١-٥)

عزيزي الدارس؛

لمعرفة سرعة الجسم عند لحظة معينة، لنفرض عند الثانية (t= 15s) مـــثلا، تـــسمى **بالسرعة اللحظية.**

السرعة اللحظية هي ميل المماس لمنحنى المسافة والزمن عند اللحظة المعينـــة
مثلا (t = 15s)

وبرسم مماس المنحنى عند النقطة ($t = 15s$)، فإن:

ميل هذا المماس= $(\Delta S / \Delta t)$ = مقدار السرعة اللحظية

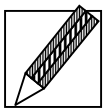
أسئلة تقويم ذاتي



1 .عرف كلاً من: السرعة المنتظمة، السرعة المتوسطة، السرعة اللحظية.

2 . بالرسم البياني فقط مثل الحركة بسرعة منتظمة في خط مستقيم.

تدريب(1)



قطع دارس مسافة (5km) في طريقه إلي مركز الجامعة بالعربة في٢٠ دقيقه، ثم رجع مشياً لنقطة البداية في١٠٠ دقيقه. أوجد بعد تحويل الزمن إلى ثوان:

(1) السرعة المتوسطة للدارس في رحلة الذهاب.

(2) السرعة المتوسطة له هو راجع مشياً.

(3) السرعة المتوسطة له خلال الرحلة كلها.

٣. متجه السرعة (Velocity)

عزيزي الدارس لقد وضحنا سابقا الفرق بين الإزاحة التي هي كمية متجهه والمسافة التي هي كمية عددية، ولقد رأينا أنه في الحالة الخاصة عندما يتحرك الجسم على خط مستقيم في اتجـــاه ثابت يتطابق مفهوم الإزاحة مع مفهوم المسافة.

ولما كانت الحركة في خط مستقيم يصعب تحقيقها عملياً إلا في حالات نادرة، فإنـــه من الضروري تعريف كمية فيزيائية أخرى بجانب السرعة بعد الأخذ بعـــين الاعتبـــار اتجـــاه الحركة، وتسمى **متجه السرعة**(velocity Vector).

ويعرف متجه السرعة بأنه النسبة بين الإزاحة وهي متجه يرمز له بالرمز $\vec{D}$ والفترة الزمنية (Δ t) التي تمت فيها الإزاحة أو التغيير في الموضع.

أو يمكن كتابة المعادلة الآتية:

$$\vec{\upsilon} = \frac{\vec{D}}{t} \qquad \textbf{(1-3)}$$

السهم على الأحرف يشير إلى السرعة المتجهة والإزاحة وهما متجهان بينما الزمن كمية قياسية أي لا اتجاه لها. ويكون اتجاه متجه السرعة في نفس اتجاه الإزاحة.

وإذا تحرك الجسم إزاحات متساوية في فترات زمنية متساوية (مهما صغر مقدارا الإزاحة والزمن)؛ فإن متجه السرعة يكون سرعة متجهة منتظمة والحركة في هذه الحالة تكون في خط مستقيم باتجاه ثابت.

أما إذا تحرك الجسم إزاحات غير متساوية خلال فترات زمنية متساوية (أو العكس) ؛ فإن الحركة تكون بسرعة متجهة غير منتظمة وفي هذه الحالة يتم تعريف:

متجه السرعة المتوسطة $\left(\vec{\upsilon}_m \right)$ بأنه النسبة بين محصلة الإزاحات والزمن الكلي الذي تمت فيه الإزاحات.

فإذا كان لدينا عدد من متجهات الإزاحة تمت بواسطة جسم ما في زمن كلي(t)، حيث كانت الإزاحة الأولى $\vec{D}_1$ والإزاحة الثانية $\vec{D}_2$ و الإزاحة الثالثة $\vec{D}_3$ وهكذا ، فإن محصلة الإزاحات هي:

$$\vec{D} = \vec{D}_1 + \vec{D}_2 + \vec{D}_3 + \vec{D}_4 \ldots$$

فإن متجه السرعة المتوسطة (υ_m) هو:

$$\vec{\upsilon}_m = \frac{\vec{D}}{t}$$

➢ مثال (٣)

قطع شخص مسافة(60 m) شرقاً خلال (20 s) ثم (100 m) شمالاً خلال (25 s) ثم (60 m) غرباً خلال (10 s) . أوجد السرعة المتوسطة و متجه السرعة المتوسطة للحركة ؟

الحل

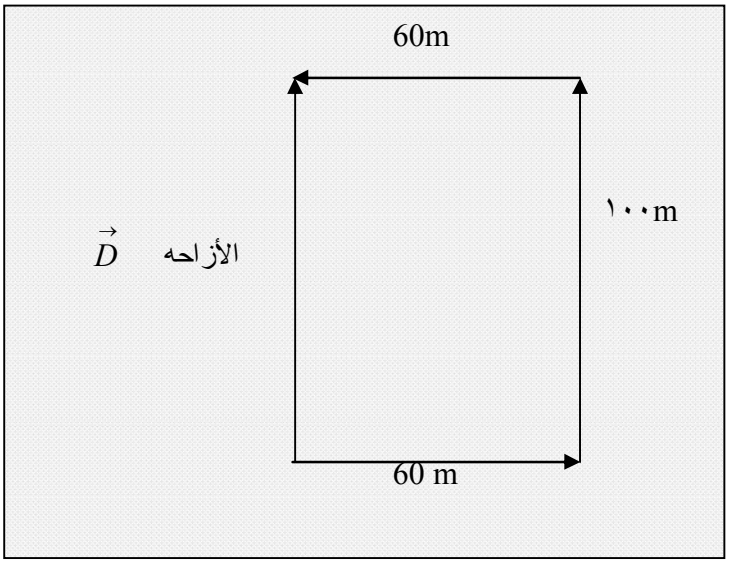
لحساب السرعة المتوسطة (υ_m) نحسب المسافة الكلية (S) والزمن الكلي (t) ،

$$S = 60 + 100 + 60 = 220\, m$$

$$T = 60 + 25 + 10 = 55\, s$$

السرعة المتوسطة: $\upsilon_m = \frac{220}{55} = 4\ m/s$

ولحساب متجه السرعة المتوسطة نستخدم طريقة الرسم البياني لإيجاد الإزاحة المحصلة كما في المثال(١) . الشكل (١-٦) مستطيل يمثل سير حركة الشخص



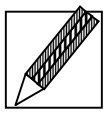
شكل (١-٦)

∴ مقدار الإزاحة

المحصلة: D = 100 m في اتجاه الشمال .

ومقدارمتجه السرعة المتوسطة : $\upsilon_m = \frac{100}{55} = 1.8\,m/s$ واتجاهها شمالاً

تدريب (٢)



تحركت طائرة مسافة (500Km) في اتجاه الجنوب ثم غيرت اتجاهها وتحركت مسافة (200Km) شرقا ثم (200Km) شمالاً. أستعن بالمسطرة والمنقلة لرسم مسار حركة الطائرة وإيجاد الإزاحة. ما السرعة المتوسطة إذا استغرقت الرحلة ساعتين ؟

4. التسارع (العجلة): Acceleration

عزيزي الدارس

إذا راقبنا حركة سيارة على طريق مستقيم نلاحظ عند النظر إلى عداد السرعة أن سرعتها تتغير حسب أحوال الطريق، فإذا كانت سرعة السيارة (30 km / hr) ثم أصبحت (٦٠ km/hr) خلال 5 ثوان فإن التغير في السرعة الذي حدث خلال تلك الفتره يساوي (30km/ hr) ، ويكون مقدار التغير في السرعة هو (6km/hr) في كل ثانية .

∴ التغير في السرعة في وحدة الزمن يسمى التسارع أو العجلة (acceleration).

التسارع (a) = التغير في السرعة ÷ الفترة الزمنية التي حدث فيها التغير

فإذا كانت السرعة الابتدائية للجسم المتحرك هي υ_0 والسرعة النهائية بعد مرور فترة زمنية قدرها (Δt) هي υ فإن تسارع الجسم هو:

$$a = \frac{\upsilon - \upsilon_0}{\Delta t} \quad (٥-١)$$

4.1 وحدة قياس التسارع (العجلة)

في النظام الدولي للوحدات فان وحدة القياس:

تساوي وحدة قياس السرعة (متر/ثانيه) $\left(\frac{m}{s}\right)$ مقسّومة على وحدة قياس الزمن (s)

$$\frac{m}{s} \div s = m / s^2$$

4.2. إشارتا التسارع

- إذا كانت السرعة النهائية أكبر من السرعة الابتدائية ($\upsilon_o < \upsilon$)، فإن التسارع (العجلة) يكون موجباً وينطبق عليه مفهوم التسارع فعلاً، ويسمى تسارعاً أو عجلة تزايدية ويكون اتجاهه في اتجاه الحركة.
- أما إذا كانت السرعة النهائية أصغر من السرعة الابتدائية ($\upsilon_o > \upsilon$) فإن التسارع يكون سالبا ويسمى تباطؤ (deceleration) أوعجلة تناقصية، ويكون اتجاهه في اتجاه معاكس لاتجاه الحركة .

4.3 التسارع المنتظم والتسارع المتوسط والتسارع اللحظي

إذا كانت سرعة الجسم تتغير بمقادير متساوية في أزمنة متساوية مهما صغر الزمن، فإننا نقول إن الجسم يتحرك بتسارع منتظم أو بعجلة منتظمة، وإذا قمنا برسم منحنى العلاقة بين السرعة والزمن سنجده عبارة عن خط مستقيم ميله مقدار ثابت يساوي التسارع.

✪ ملاحظة

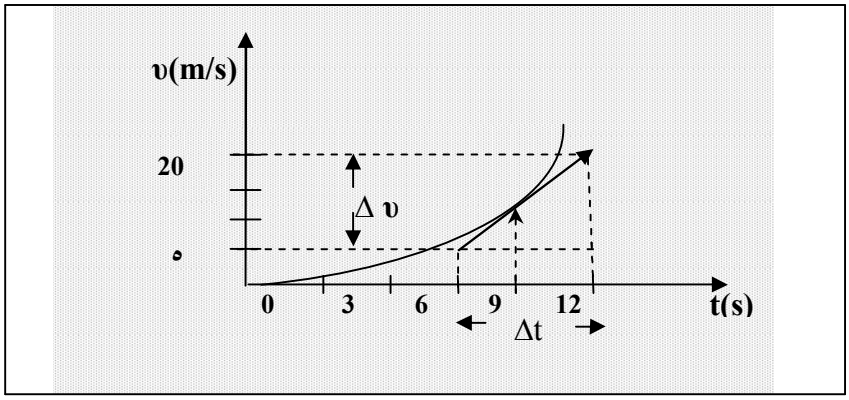
التسارع المنتظم أو الثابت لا يتحقق إلا في بعض الحالات الخاصة فقط وفي الغالب تكون الحركة بتسارع غير منتظم.

والتسارع الذي نحصل عليه من المعادلة (١– ٥) هو **متوسط التسارع** خلال فترة زمنيـــة (t).

التسارع المتوسط يساوي التسارع المنتظم في حالة الحركة في خط مستقيم بتسارع منتظم .

إذا كانت سرعة جسم لا تتغير بمقادير متساوية في أزمنة متساوية، وإذا كنا نرغب في الحصول على تسارع هذا الجسم عند لحظة بعينها فإننا نلجأ لرسم منحنى (السرعة – الزمن) الذي لا يكون خطاً مستقيماً بل منحنياً ميله غير ثابت كما في الشكل (١–٧)[فى هذا الشكل تتزايد السرعة بإستمرار ولكن فى الواقع يمكن أن تتزايد تم تتناقص وهكذا]. تسارع الجسم عند لحظة معينة يسمى **التسارع اللحظي**(Instantaneous acceleration)

التسارع اللحظي يساوي ميل المماس لمنحنى (السرعة – الزمن) عند اللحظة المعينة.



الشكل((1-7)

➢ **مثال**

من الشكل (١–٧) أوجد التسارع اللحظي

∵ التسارع = ميل المماس = $\frac{\Delta\ \upsilon}{\Delta\ t}$

$$\therefore\ \Delta\ \upsilon\ =\ \frac{20\ -\ 5}{15\ -\ 9}\ =\ \frac{15}{6}$$

∴ ميل المماس عند ($t = 12\ s$) هو ($2.5\ m/s^2$)

وبالتالي فالتسارع اللحظي عند ($t = 12s$) هو ($2.5\ m/s^2$) .

أسئلة تقويم ذاتي

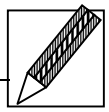


١. عرف التسارع المنتظم ثم اذكر أنواع التسارع.

٢. اكتب الصيغة الرياضية للتسارع ثم بين وحدات التسارع .

٣. بالرسم البياني فقط وضح أن التسارع اللحظي يمثل ميل المماس للمنحنى

تدريب (3)



الجدول التالي يعطي السرعة عند الزمن المقابل لحركة جسم ما:

السرعة m/s	0	2	4	6	8	10	10	10	8	6	4	2	0
الزمن (s)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60

عزيزي الدارس: ارسم منحنى (السرعة – الزمن) ثم أجب على الأسئلة التالية:

١. ما الفترة الزمنية التي تحرك فيها الجسم بتسارع تزايدي؟ ما تسارع الجسم خلال هذه الفترة ؟

٢. ما الفترة الزمنية التي تحرك فيها الجسم بتباطؤ (تسارع سالب) ؟ وما تسارع الجسم خلال هذه الفترة ؟

٣. ما الفترة الزمنية التي تحرك فيها الجسم بسرعة منتظمة ؟

٤. ما المسافة التي قطعها الجسم خلال (60 s) ؟

٥. الحركة في خط مستقيم بتسارع منتظم

عزيزي الدارس

إن الحركة بتسارع منتظم في خط مستقيم هي أبسط أنواع الحركة وليس أبسط منها الا الحركة بسرعة منتظمة(ثابتة) في خط مستقيم حين لا يوجد تسارع. والمثال للحركة بتسارع منتظم هو:

- السقوط الحر للأجسام بالقرب من سطح الأرض حيث تزيد السرعة بمعدل ثابت كل ثانية يعادل تسارع الجاذبية الأرضية (عجلة السقوط الحر) وسندرس ذلك لاحقا

١,٥ معادلات الحركة في خط مستقيم بتسارع منتظم

للحركة في خط مستقيم أربع معادلات أساسية تربط بين متغيرات الحركة [المسافة(S) والزمن(t) والسرعة (υ) والتسارع(a)]، و سوف نستنتجها فيما يلي:

أولاً: العلاقة بين السرعة والزمن

أفرض أن جسماً يتحرك على خط مستقيم بتسارع منتظم (a) وكانت سرعته عند بداية حركته أو عند بداية مراجعتنا لحركته عند اللحظة t = صفر هي υ_o ، حيث υ_o تسمى السرعة الابتدائية، فإذا واصل الجسم حركته بالتسارع المنتظم (a) لفترة زمنية (t) فإن الزيادة في السرعة الابتدائية هي(التسارع × الزمن) أي (a× t) (لان التسارع هو السرعة على الزمن) وتصبح سرعة الجسم بعد نهاية الزمن t هي:

$$\upsilon = \upsilon_o + at \qquad (6\text{-}1)$$

حيث(υ) هي السرعة النهائية بعد نهاية الفترة الزمنية (t) .

أولاً: العلاقة بين المسافة والتسارع والزمن

السرعة المتوسطة خلال الفترة الزمنية (t) نرمز لها بالرمز(υ_m)؛ وهي تساوي متوسط السرعتين υ و υ_o نسبة لأن الحركة بتسارع منتظم أي أن:

$$\upsilon_m = \left(\frac{\upsilon + \upsilon_0}{2} \right)$$

أما المسافة المقطوعة (S) خلال فترة (t) تساوي حاصل ضرب السرعة المتوسطة ×الزمن،أى :

$$S = \upsilon_m . t = \left(\frac{\upsilon + \upsilon_0}{2} \right) . t \qquad \textbf{(7-1)}$$

وبالتعويض عن (υ) من المعادلة(١-٦) نحصل على:

$$\mathbf{S = \upsilon_o t + (½)\, a\, t^2 \qquad (8\text{-}1)}$$

وفي الحالة الخاصة عندما تكون السرعة الابتدائية = صفر($\upsilon_o = 0$) فإن:

$$\mathbf{S = (½)\, a\, t^2}$$

أي أن:

المسافة التي يقطعها جسم متحرك بتسارع منتظم مبتدئاً من السكون ($\upsilon_o = 0$) وفي خط مستقيم، تتناسب طردياً مع مربع الزمن المستغرق في قطع هذه المسافة؛ ونلاحظ ذلك في السقوط الحر للأجسام بالقرب من سطح الأرض .

وفي الحالة الخاصة عندما يكون التسارع = صفر (a=0) فإن:

$$\mathbf{S = \upsilon_o t}$$

أي أن الحركة في هذه الحالة ثابتة السرعة أى حركة بسرعة منتظمة حيث سرعتها هي السرعة الابتدائية .

ثانياً: العلاقة بين المسافة والتسارع والسرعة

من العلاقة (١-٦) نجد أن $\upsilon - \upsilon_0 = at$

∴ **الزمن** من المعادلة أعلاه هو $t = \frac{(\upsilon - \upsilon_0)}{a}$

وإذا عوضنا قيمة الزمن (t) في المعادلة (١-٧) نحصل علي:

$$S = \left(\frac{\upsilon + \upsilon_0}{2}\right)\left(\frac{\upsilon - \upsilon_0}{a}\right)$$

اى أن:

$$\upsilon^2 - \upsilon_o{}^2 = 2\,a\,S \qquad (9\text{-}1)$$

وهذه هى المعادلة الرابعة والأخيرة من معادلات الحركة في خط مستقيم بتسارع منتظم وتوضح أن مقدار التغير في مربع السرعة ($\upsilon^2 - \upsilon_o{}^2$) لجسم يتحرك بتسارع منتظم في خط مستقيم يتناسب طردياً مع المسافة المقطوعة .

➢ **مثال (4)**

بدأت سيارة حركتها من السكون في خط مستقيم بتسارع ثابت ($2m/s^2$) لمدة (10 s) ، ثم أخذت تسير بسرعة ثابتة لمدة 15s، ثم أخذت تتباطأ بمقدار ثابت ($4m/s^2$) حتى توقفت عن الحركة .

(1) أحسب المسافة التي قطعتها السيارة خلال حركتها إلى أن توقفت .

(2) أرسم منحنى (السرعة – الزمن) لحركة السيارة .

الحل

(1) نوجد المسافات في الحالات الثلاث

أولاً: المسافة التي قطعتها السيارة خلال حركتها بتسارع ($2m/s^2$)

$$S_1 = \upsilon_o\,t + \tfrac{1}{2}\,a\,t^2$$

ولأن السيارة بدأت الحركة من السكون ، فإن : ($\upsilon_o = 0$)

$$S_1 = \tfrac{1}{2}\, a\, t^2 = \tfrac{1}{2} \times 2 \times (10 \times 10) = 100 \text{ m}$$

ثانياً: المسافة التي قطعتها السيارة خلال الحركة بسرعة منتظمة لمدة ١٥ s :

$$S_2 = \upsilon t$$

السرعة المنتظمة (υ) ؛ هي سرعة السيارة بعد 10 S من بداية الحركة ($\upsilon_o = 0$) :

$$\upsilon = at = 2 \times 10 = 20 m/s$$

$$S_2 = 20 \times 15 = 300 \ m$$

ثالثاً: لحساب المسافة التي قطعتها السيارة خلال الحركة بتباطؤ (عجلة تناقصية) نستخدم العلاقة:

$$\upsilon^2 - \upsilon_0^{\ 2} = 2aS \qquad \textbf{(9-1)}$$

التسارع إشارته سالبة(تباطؤ) $a = -4 m/s^2$ ، والسرعة النهائية $\upsilon = 0$ والسرعة الابتدائية $\upsilon_0 = 20 \ m/s$.

$$\therefore \ 2(-4)S = 0 - (20)^2$$

أي أن

$$S_3 = \frac{400}{8}$$

$$S_3 = 50m$$

رابعاً: المسافة الكلية التي قطعتها السيارة =

$$S = S_1 + S_2 + S_3$$

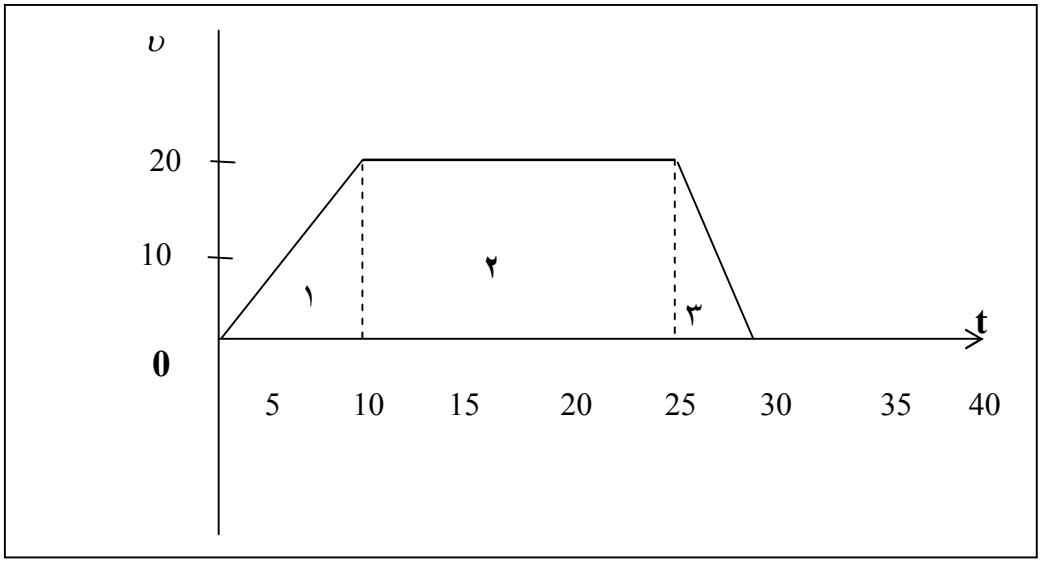
$$S = 100 + 300 + 50 = 450 \ m$$

(2) لرسم منحنى (السرعة و الزمن) نحتاج لمعرفة زمن الحركة بتسارع تناقصي ونستخدم لذلك المعادلة (١-٦):

$$\upsilon = \upsilon_0 + at$$

$$0 = 20 + (-4)t \quad \therefore$$
$$4t = 20$$
$$t = 5\ s \quad \therefore$$

لاحظ أن المسافة الكلية التي قطعتها السيارة تساوي المساحة تحت المنحني؛ أي تساوي مجموع مساحات المثلث(١)، والمستطيل(٢)، والمثلث(٣) انظر الشكل: نوجد المساحات تحت المنحنى



شكل (١-8)

أولا: مساحة المثلث الأول $\frac{1}{2}\times 10\times 20 = 100m$

ثانيا: مساحة المستطيل الثاني $15\times 20 = 300m$

ثالثا: مساحة المثلث الثاني $\frac{1}{2}\times 5\times 20 = 50m$

رابعاً: المساحة تحت المنحني = المسافة الكلية $450m$

وهي نفس الإجابة التي حصلنا عليها سابقاً. (ولكن لماذا أيها الدارس أصبحت المساحات تساوي المسافة المقطوعة ؟).

أسئلة تقويم ذاتي

1 . اذكر متغيرات الحركة.

2. اكتب الصيغة الرياضية لمعادلات الحركة في الخط المستقيم.

3 . وضح أن المسافة المقطوعة لجسم بدأ الحركة من السكون تعطى بالعلاقة:

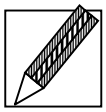
$$S = \left(\frac{1}{2}\right) at^{2}$$

4. بدأت سيارة حركتها من السكون في خط مستقيم بتسارع ثابت ($5m/s^2$) لمدة (50 s)، ثم أخذت تسير بسرعة ثابتة لمدة ١٠٠ s، ثم أخذت تتباطأ بمقدار ثابت ($2m/s^2$) حتى توقفت عن الحركة .

(1)أحسب المسافة التي قطعتها السيارة خلال حركتها إلى أن توقفت .

(2) أرسم منحنى (السرعة – الزمن) لحركة السيارة .

تدريب(4)



1.تغيرت سرعة سيارة من (100 km/h) إلى (40 km/h) بانتظام على خط مستقيم خلال دقيقة . احسب تسارع هذه السيارة والمسافة التي قطعتها خلال هذه الفترة الزمنية ؟

2. تسير سيارة بسرعة ابتدائية (20 m/s) وتبطئ سرعتها بمقدار ($2\ m/s^2$) بالضغط على الفرامل. أوجد:

أولا: الزمن الذي تأخذه للوقوف.

ثانيا: المسافة التي تقطعها في هذا الزمن.

3. تتحرك رصاصة حركة أفقية بسرعة(520 m/s) ، فتصيب شجرة وتتحرك(تغوص) فيها مسافة (5 cm) قبل وقوفها . أوجد تباطؤ الرصاصة، داخل الشجرة والزمن الذي استغرقته حتى توقفت .

4. تحرك جسم من السكون بتسارع منتظم في خط مستقيم، فقطع مسافة (14m) خلال الثانية الرابعة من بداية حركته. أوجد تسارع الحركة، وسرعة الجسم بعد نهاية الثانية الرابعة.

٢,٥ السقوط الحر (Free Fall)

الأجسام الساقطة في الفضاء بالقرب من سطح الأرض سقوطاً حراً (مقاومة الهواء مهملة)، تتحرك نحو الأرض بتسارع منتظم، يساوي تسارع الجاذبية الأرضية ويسمى أيضاً تسارع السقوط الحر. وتبلغ قيمة تسارع الجاذبية الأرضية عند مستوى سطح البحر وعند المستويات القريبة من سطح الأرض نحو ($9.8\ m/s^2$) تقريباً ، ويرمز له بالرمز (g) .

✪ ملاحظة

- **يكون هذا التسارع تسارع تزايدي عندما تكون الحركة راسيا (حركة سقوط حر) نحو الأرض.**
- **يكون تسارع تناقصي(تباطؤ)، وإشارته سالبة عندما يقذف الجسم رأسياً إلى أعلى.**

تنطبق معادلات الحركة في خط مستقيم بتسارع منتظم على الحركة الرأسية بتسارع الجاذبية الأرضية وذلك باستبدال التسارع (a) في المعادلات الأربع للحركة في خط مستقيم بتسارع منتظم ، بالتسارع (g) في حالة السقوط ، وبالتسارع (g-) في حالة قذف الجسم رأسياً إلى أعلى .

حيث تصبح معادلات الحركة تحت تأثير الجاذبية هي:

$$\upsilon = \upsilon_o + gt \qquad (10\text{-}1)$$

حيث υ_0 هي السرعة الإبتدائية

و υ النهائية بعد نهاية الفترة الزمنية (t) .

والمسافة المقطوعة (S) خلال فترة (t) :

$$S = \upsilon_0 t + \left(\frac{1}{2}\right) g t^2 \qquad \textbf{(11-1)}$$

وفي الحالة الخاصة عندما تكون ($\upsilon_o = 0$) أي عند سقوط الأجسام من السكون فإن:

$$S = \left(\frac{1}{2}\right) g t^2$$

المعادلة الرابعة والأخيرة من معادلات الحركة في حالة السقوط الحر هي:

$$\upsilon^2 - \upsilon_o{}^2 = 2g\,S \qquad (12\text{-}1)$$

➢ مثال (٥)

أسقط حجر بسرعة ابتدائية (20 m/s) نحو الأرض من ارتفاع (100 m) . أحسب:

(١) سرعة وصول الحجر إلى الأرض .

(٢) زمن سقوط الحجر .

الحل:

لدينا المعطيات : $\upsilon_o = 20$ m/s ، $S = 100$ m ، $g = 9.8$ m/s^2

(١) المعادلة (9-1) : $\upsilon^2 = \upsilon_o^2 + 2\,g\,S$

$$\therefore \upsilon^2 = 20^2 + 2 \times 9.8 \times 100 = 400 + 1960 = 2360$$

وعليه تكون سرعة الوصول إلى سطح الأرض = 48.6 m/s و اتجاهها نحو الأرض

(٢) المعادلة (6-1) : $\upsilon - \upsilon_0 = gt$

$$\therefore\ t = \left(\frac{\upsilon - \upsilon_0}{g}\right) = \left(\frac{48.6 - 20}{9.8}\right) = 2.9\ s$$

وهو زمن وصول الحجر إلى الأرض .

➢ مثال (٦)

قذف حجر رأسياً إلى أعلى من سطح الأرض بسرعة 20m/s ، أحسب:

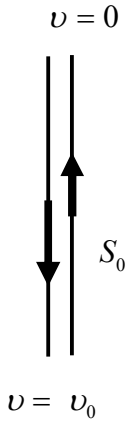
1. أعلى ارتفاع يصله الحجر.
2. زمن وصوله إلى الأرض من بداية الحركة.
3. سرعته عندما يعود إلى الأرض. (اعتبر $g = 10$ m/s^2)

الحل:

[أثناء حركة الحجر إلى أعلى يكون التسارع في عكس اتجاه الحركة (عكس اتجاه جاذبية الأرض)].

1. عند أقصى ارتفاع تصبح سرعة الجسم مساوية للصفر(υ=0)، لأنه يتوقف لحظيا ثم يعود ساقطا نحو الأرض ، ويمكن استخدام المعادلة:

$$\upsilon^2 = \upsilon_o^2 + 2\,g\,S$$



وبالتعويض عن $(\upsilon = 0)$ نحصل على أقصى ارتفاع (S_o)

$$0 = \upsilon_0^{\,2} + 2gS_0$$

$$= \frac{\upsilon^{\,2}}{2g} = \frac{400}{-20}$$

$$S_0 = 20m \qquad \therefore$$

2. زمن وصوله إلى الأرض يساوى زمن صعوده إلى أقصى ارتفاع زائدا زمن هبوطه من أقصى ارتفاع إلى الأرض.

زمن الصعود يمكن حسابه بالمعادلة:

$$\upsilon = \upsilon_o + g\,t$$

بالتعويض عن ($\upsilon = 0$) نحصل على: $0 = 20 - 10t$

$$t = \frac{20}{10} = 2 \text{ sec} \qquad \therefore$$

ونلاحظ أن زمن الصعود يساوي زمن الهبوط ،ويكون الزمن الكلي للصعود والهبوط:

(2+2=4 s)

3. لحساب سرعة الحجر عندما يعود للأرض ، نأخذ حركة هبوطه من أقصى ارتفاع إلى الأرض مسافة $(S_0 = 20\,m)$ وباستخدام المعادلة نجد أن:

$$\upsilon^2 = \upsilon_o^2 + 2\,g\,S$$

حيث ($\upsilon_o = 0$) والتسارع g موجب وبالتعويض في المعادلة

$$\upsilon^2 = 0 + 2\times10\times20 = 20\times20 \quad \therefore$$

$$\upsilon = 20 \text{ m/s} \quad \therefore$$

ونلاحظ أن السرعة التي عادت بها الكرة إلي نقطة القذف تساوي السرعة التي قذفت بها .

أسئلة تقويم ذاتي



1.من المثال السابق نلاحظ أن زمن الصعود يساوي زمن الهبوط (لماذا ؟)

2. اذكر العوامل التي تتوقف عليها إشارة تسارع الجاذبية الأرضية(g).

3. اكتب معادلات حركة الأجسام في حالة السقوط الحر

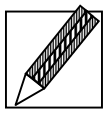
4. قذف حجر رأسياً إلى أعلى من سطح الأرض بسرعة 40m/s . احسب:

1 –أعلى ارتفاع يصله الحجر.

2– زمن وصوله إلى الأرض.

3– سرعته عندما يعود إلى الأرض. (خذ $g = 10 \text{ m/s}^2$)

تدريب (5)



1. قذف طفل كرة رأسيا إلى أسفل من قمة مبنى بسرعة(8m/s) ، فوصلت إلى الأرض بعد ثانيتين. ما هو ارتفاع المبنى ؟ وما سرعة الكرة قبل أن تصطدم بالأرض؟

2 . سقط حجر من السكون سقوطاً حراً في مجال الجاذبية الأرضية، واكتسب سرعة قدرها (50m/s) خلال خمس ثوان أحسب:

١- تسارع الجاذبية الأرضية في المكان الذي سقط فيه.

٢- المسافة التي قطعها خلال الخمس ثوان.

٣- سرعته في نهاية الثانية الثالثة.

٤- المسافة التي قطعها خلال الثانية الرابعة.

الخلاصة

عزيزي الدارس،

في نهاية هذه الوحدة، نؤكد ما أكدناه في تمهيد هذه الوحدة عن ضرورة تقويم هذا المقرر، وإبداء الملاحظات للاستفادة منها.

ولكن ما الذى ناقشناه؟

بدأنا بتعريف المسافة والإزاحة وعرفنا أن المسافة كمية غير متجهة، والإزاحة كمية متجهة، وعرفنا السرعة بأنها معدل التغير في المسافة بالنسبة إلى الزمن، وعرفنا أنواع السرعة ووحدة قياسها، ثم انتقلنا إلى تعريف التسارع وأنواعه حيث إن التسارع هو معدل تغير السرعة فى الزمن، أما في القسم الخامس فتناولنا مفهوم الحركة في الخط المستقيم أولاً حيث تعرفنا على معادلات الحركة، والعلاقات بين مقومات الحركة الأساسية، (المسافة والزمن، والسرعة والتسارع).

أما في الجزء الأخير فقد ستعرضنا مفهوم حركة الأجسام تحت تأثير الجاذبية والذى يسمى بالسقوط الحر، ووجدنا أن معادلات الحركة هى نفس معادلات الحركة في الخط المستقيم. وهناك عدة أمثلة وتطبيقات عليها. مع نهاية هذا القسم نكون قد انهينا هذه الوحدة ونأمل أن تكون قد أضافت الكثير إلى معلوماتك وأن تسعد للوحدة القادمة.

لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية

عزيزى الدارس، بعد أن فرغت من دراسة هذه الوحدة، أصبح لديك حصيلة كبيرة من المعلومات المفيدة فيما يتعلق بالحركة، ومعادلات حركة الاجسام في الخط المستقيم بصفة عامة.

أما الآن فسوف نتعرف على وحدة أخرى؛ هي الدفع والقوه وقوانين نيوتن وهناك عدة أمثلة وتطبيقات عليها.

نرجو أن تكون وحدة مفيدة لك وأن تساهم معنا في نقدها وتقييمها.

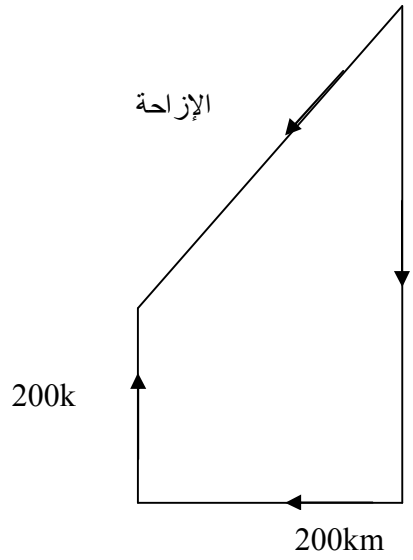
إجابات التدريبات

تدريب (١)

(١)4.17 متر/الثانية أو ٢٥٠ متر في الدقيقة

(٢)٠,٨٣متر/ثانيه أو ٥٠ متر في الدقيقة

(٣) ١,٤متر/ثانيةأو ٨٣,٣ مترفي الدقيقة.



تدريب (٢)

(١) الازاحة =km ١٧٣,٢

في اتجاه الجنوب الغربي تصنع زاوية

ظلها = ٢/٣

السرعة المتوسطة =Km/hr ٨٦,٦

تدريب (٣)

(١) الفترة الزمنية بتسارع هى ٢٥ ثانية والتسارع = $0.4\ m/s^2$ (موجب)

(٢) الفترة الزمنية التى يتحرك فيها الجسم بتسارع سالب (تباطؤ)هي ٢٥ ثانية والتسارع $-\ 0.4\ m/s^2$

(٣) الفترة بسرعة منتظمة = ١٠ ثوان

(٤) المسافة = ١٢٥ + ١٢٥ + ١٠٠ =350 m

تدريب (٤)

(١) التسارع = $-1km/mit^2$ ، المسافة = ١,٣٣ km

(٢) الزمن =10 S، المسافة =١٠٠m

(٣) تسارع الرصاصة($-2.7\times10^{6}m/S^2$) ، الزمن =$2x10^{-4}$

(٤) تسارع الجسم ٦,٤ ، سرعته بعد نهاية الثانية الرابعة = Km ١٢,٨

تدريب (٥)

١. ارتفاع المبنى = ٣٦m ، السرعة= 28m/S

٢. ١. تسارع الجاذبية = $10m/s^2$

2. المسافة = ١٢٥m.

٣. سرعة بعد نهايته الثانية الثالثة ٣٠ m/s.

٤. المسافة التي قطعتها في خلال الثانية الرابعة = ٣٥m. (مساعده: هي الفرق بين المسافة بعد ٤ ثواني والمسافة بعد ٣ثواني)

مسرد المصطلحات

المسافة (Distance)

هى طول المسار العقلى الذي يسلكه الجسم المتحرك من نقطه البداية إلى نقطة النهاية

الإزاحة (Displacement)

هى أقصر مسافة بين نقطة بدايةالحركة ونقطة نهايتها وباتجاه من نقطة البداية للحركة نحو نقطة الموضع النهائى لها.

السرعة(Velocity)

معدل طول المسار بالنسبة للريف اللازم لقطع المسار.

متجه السرعه(Velocity Vector)

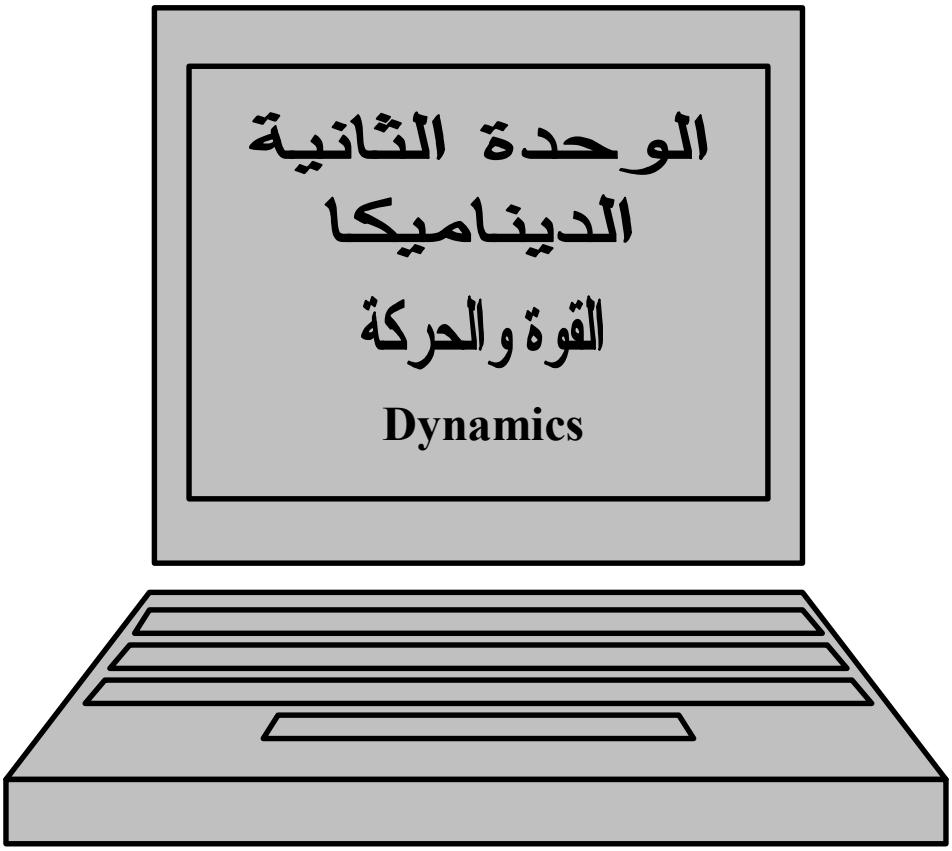
هى النسبة بين الإزاحة وهى متجهه يرمز له بالرمز $\vec{D}$ ، والفترة الزمنية Δt التى تم فيها الازاحة أو التغير في الوضع.

التسارع (العجلة)(Acceleration)

معدل التغير في السرعة بالنسبة للفترة الزمنية التي حدث فيها التغير.

التسارع اللحظى(Instantaneous acceleration)

هو ميل المماس لمنحنى عند اللحظة المعنية.


الوحدة الثانية
الديناميكا
القوة والحركة
Dynamics

محتويات الوحدة

الموضوع	الصفحة
مقدمة	٣٩
أهداف الوحدة	٤٠
١. القوة	٤١
٢. الكتلة	٤١
٣. كمية التحرك	٤٢
٤. قوانين نيوتن للحركة	٤٤
١,٤ قانون نيوتن الأول للحركة	٤٤
٢,٤ قانون نيوتن الثانى للحركة	٤٦
٣,٤ قانون نيوتن الثالث للحركة	٥٢
٥. قوة الاحتكاك	٥٣
١,٥ تعريف قوة الاحتكاك	٥٤
٢,٥ معامل الاحتكاك	٥٥
٣,٥ تطبيقات على قوانين نيوتن و الإحتكاك	٥٦
الخلاصة	٦٣
لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية	٦٣
إجابات التدريبات	٦٤

مقدمة

عزيزي الدارس،

مرحباً بك إلى الوحدة الثانية من المقرر.

تحتوى هذه الوحدة على خمسة أقسام، ونتناول في هذه الوحدة القوة والحركة، حيث إن القوة هى عبارة عن المؤثر الذي يجعل الأجسام تتحرك، أو تتوقف عن الحركة، وذلك ما سنتعرف عليه في القسم الأول، أما في القسمين الثاني والثالث فسنتعرف على مفهوم الكتلة، ووحدة قياس الكتلة، ثم مفهوم كمية التحرك.

أما القسم الرابع فسيزودك بمعرفة قوانين نيوتن للحركة، وعلاقتها بكمية التحرك، والتطبيقات العملية لذلك، ثم ننتقل إلى القسم الأخير ونتعرف على قوة الاحتكاك وفوائدها.

وقد حرصـــنا على أن نزودك ونوفر لك العـــدد المناســـب من الأمثلة والتطبيقات بهدف ترسيخ المفاهيم الفيزيائية، وتعزيزها لديك بصفة عامة، ومســـاعدتك في إنماء مقدرتك على توظيف المـــفاهيم السابقة في حل بعض المسائل ثم استنتاج العلاقات الرياضية بينها، وذلك بتطبيق المعادلات والقوانين الفيزيائية الخاصة بقوانين نيوتن للحركة.

وتتخلل الوحدة الكثير من الأمثلة والأنشطة والتدريبات وأســـئلة التقويم الذاتي.

أهلا بك مرة ثانية إلى هذه الوحدة ونتمنى أن تشاركنا في نقدها وتقيميها.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس، بعد دراسة هذه الوحدة يتوقع منك أن تكون قادرا على أن:

- توضح العلاقة بين القوة والحركة.
- تعرّف كلاً من الكتلة و مفهوم القصور الذاتي.
- تعرّف كمية التحرك الخطي وعلاقته بالقوة.
- تذكر نص قانون نيوتن الأول، مع إعطاء أمثلة لتوضيح كل جزء منه.
- تلخص صيغة قانون نيوتن الثاني، مع توضيح مفهوم القوة مع ذكر الوحدات التي تقاس بها.
- تشرح نص قانون نيوتن الثالث مع ذكر أمثلة لقوة الفعل، وقوة رد الفعل.
- تستخدم قوانين نيوتن لحل تمارين متنوعة لحساب القوة والكتلة والتسارع.
- تعرّف مفهوم قوة ومعامل الاحتكاك مع ذكر فوائد ومضار الاحتكاك.

مدخـــــــــل

عزيزي الدارس،

لقد عرفنا سابقا الحركة، وناقشنا العلاقة بين المسافة والـــزمن والـــسرعة والتـــسارع للأجسام المتحركة ولقد إقتصرت دراستنا على الحركة في خط مستقيم بتسارع منتظم.

ولقد عرف العلماء ارتباط القوة بالحركة منذ زمن طويل، فمنذ عصر أرســـطو كـــان العلماء يعرفون أن القوة ضرورية لتحريك الجسم وكانوا يعتقدون أنه لابد من بقاء القوة مؤثرة على الجسم لكي يظل متحركاً فإذا زال تأثير القوة توقف الجسم عن الحركة، وعرفـــوا القـــوة كالآتي

1. القوة

هي المؤثر الذي يجعل الأجسام الساكنة تتحرك أو يغير الحالة الحركية للأجسام المتحركة.

توصل العالم جاليلو وبعده نيوتن في القرن السابع عشر إلى أن:

الجسم المتحرك بسرعة منتظمة في خط مستقيم يظل متحركاً في اتجاهه وبسرعته المنتظمة ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالة حركته.

وفي هذا الفصل سوف نناقش قوانين نيوتن الثلاثة للحركة التي تشرح المفاهيم الجديدة وتوضح كيف تتسبب القوى في تسارع الأجسام.

٢ الكتلة (Mass) والقصور الذاتي (Inertia)

عزيزي الدارس، عرفنا سابقاً أن:

الكتلة هي مقدار ما يحتويه الجسم من مادة.

ووحدة الكتلة فى النظام الدولى للوحدات هى الكيلوجرام Kg

هذه المادة الموجودة في الجسم (أي الكتلة) تجعل الجسم خاملاً أو قاصراً لا يستطيع أن يتحرك من تلقاء نفسه إذا كان ساكناً ولا أن يغير من حالته الحركية التي هو عليها اذا كان متحركا، إلا إذا أثّرنا عليه بقوة خارجية، وهذا القصور الذاتي للمادة وعجزها على أن تغير حالتها بنفسها نشاهده في حياتنا اليومية، فالجسم الساكن يجب أن تؤثر عليه بقوة لكي تحركه، وكذلك الجسم المتحرك يجب أن تؤثر عليه بقوة لكي توقفه، على سبيل الأمثلة:

راكب البص مثلاً يندفع إلى الأمام إذا توقف البص فجأة؛ لأن البص أوقفه السائق بالضغط على الفرامل بينما الراكب لم تؤثر عليه قوة الفرامل بصورة مباشرة فيستمر في حركته. لذلك يجب لبس أحزمة الأمان في السيارات لضمان سلامة الركاب وبالذات في المقاعد الأمامية.

أما إذا كان الجسم ساكناً فإن القوة اللازمة لتحريكه تعتمد على كتلته، فإذا كانت الكتلة كبيرة نحتاج لقوة كبيرة لتحريك الجسم، وكذلك بالنسبة للجسم المتحرك فإن القوة اللازمة لإيقافه تعتمد على كتلته، فإذا كانت الكتلة كبيرة نحتاج لقوة كبيرة لإيقاف الجسم، إذن:

الكتلة تعتبر مقياساً لخاصية القصور الذاتي (Inertia) للجسم.

3. كمية التحرك الخطي (Linear Momentum)

هناك كمية فيزيائية مرتبطة بالكتلة والحالة الحركية للجسم تسمى كمية التحرك الخطي أو الاندفاع(Linear Momentum).

كمية التحرك كمية ميكانيكية تساوي حاصل ضرب الكتلة ×السرعة

مقدار كمية التحرك لجسم كتلته (m) متحرك بسرعة مقدارها (υ) يساوي:

$$\vec{p} = m\,\vec{\upsilon} \qquad \textbf{(1-2)}$$

كمية التحرك $\vec{P}$ كمية متجهة، ولأن الكتلة كمية قياسية ليس لها اتجاه فإن اتجاه كمية التحـــرك يكون في اتجاه السرعة.

كمية التحرك يقاس بوحدة الكتلة×السرعة أي (kg m/s).

✪ ملاحظة:

١. بالنسبة للجسم الساكن فإن كمية التحرك تساوي صفراً.
٢. أما بالنسبة للجسم المتحرك بسرعة منتظمة في خط مستقيم فإن كمية التحـــرك تكون مقداراً ثابتاً.

وكمية التحرك تزيد بزيادة السرعة، وتكون كبيرة جداً للأجسام ذات السرعات العالية والكتـــل الكبيرة ولذلك فإن حوادث التصادم بين السيارات ذوات الكتلة الكبيرة والسرعات العالية تكـــون ذات نتائج كارثية ويقل الخطر كلما قلت الكتلة وقلت السرعة.

وكمية التحرك كمية فيزيائية مهمة جداً وبالذات في حالة التـــصادم ســـواء علـــى المـــستوى المنظور أو التصادم بين الجسيمات الأولية في الفيزياء الذرية والنووية.

عند دراسة قوانين نيوتن للحركة سوف نتعرف على العلاقة بين كمية التحرك والقوى المؤثرة على الجسم.

➢ مثال

جسم كتلته 30kg متحرك بسرعة 10 m/s أوجد مقدار كمية تحركه.

الحل

باستخدام المعادلة الآتية(٢-١) $\vec{P} = m\vec{\upsilon}$

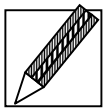
$$\vec{P} = 30 \times 10 = 300\ kgm\ /\ s$$

أسئلة تقويم ذاتي



١. عرف كلاً من: القوة ، كمية التحرك مع ذكر وحدات قياسها.
٢. وضح أن كمية التحرك للجسم الساكن = صفر.
٣. اختر الإجابة الصحيحة فيما يلي
كمية التحرك كمية:
(أ) قياسية (ب) متجهة
٤. جسم كتلته 3kg متحرك بسرعة (12 m/s) أوجد مقدار كمية تحركه

تدريب(1)



علل: لبس حزام الأمان عند قيادة السيارة أو الجلوس في المقعد الأمامي بجوار سائق السيارة ضروري للسلامة.

4. قوانين نيوتن للحركة (Newton's lows of Motion):

١,٤ قانون نيوتن الأول للحركة(Newton's First Law of Motion)

استطاع العالم أسحق نيوتن وصف حالة القصور الذاتي للأجسام في قانونه الأول للحركة الذي يسمى قانون القصور الذاتي (Law of Inertia) وينص على أنّ:

كل جسم يظل على حالته من السكون أو الحركة بسرعة منتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة تغير من حالته الحركية.

ونفهم من هذا القانون أن الجسم لا يستطيع أن يغير من حالته الحركية بدون قوة خارجية.

وكما نعلم فإن أي جسم في الكون يقع تحت تأثير عدد من القوى والتي لا تقل عن قوتين. والجسم يظل ساكناً أو متحركاً بسرعة ثابتة في خط مستقيم إذا كانت محصلة القوى المؤثرة عليه تساوي صفراً.

فالقوة المحصلة (Resultant force) : هي القوة التي تستطيع تغير حالة السكون أو حالات حركة الأجسام في خط مستقيم بسرعة منتظمة.

فعلى سبيل المثال، إذا أثرت قوتان متساويتان ومتضادتان على جسم متحرك في خط مستقيم فإن محصلتهما تساوي صفراً وسيظل هذا الجسم متحركاً في خط مستقيم بسرعة منتظمة، أي أنه:

لا يحدث تغيير في مقدار السرعة أو اتجاهها إذا كانت القوة المحصلة معدومة

وحيث أن التسارع هو مقدار التغير فى السرعة فى وحدة الزمن أى أن التسارع ينعدم عندما تنعدم القوة المحصلة.

وعليه فإن:

حاصل ضرب الكتلة فى التسارع يساوى الصفر

ولذلك يكتب التعبير الرياضي للقانون كالأتي:

$$a = 0 \qquad (2 - 2)$$

أو

$$m\,a = 0$$

2.4 قانون نيوتن الثاني للحركة
(Newton's Second Law of Motion)

إذا كان القانون الأول لنيوتن يصف الحالة الحركية للجسم عندما تكون محصلة القوى المؤثرة على الجسم (القوة المحصلة) تساوي صفراً، فإن القانون الثاني يستكمل العلاقة بين القوة والحركة ويصف لنا الحالة الحركية عندما تؤثر على الجسم قوى محصلتها لا تساوي صفراً، ويمكننا كتاب القانون الثاني كما يلي:

إذا كانت محصلة القوى المؤثرة على جسم ما لا تساوي صفراً ، فإن هذا يغير من حالة سكونه أو حركته بسرعة منتظمة في خط مستقيم ويجعله يتحرك بتسارع، ويتناسب مقدار التسارع تناسباً طردياً مع مقدار القوة المحصلة وعكسياً مع كتلة الجسم.

يوضح هذا القانون أن التغير في السرعة يحدث إذا كانت محصلة القوى المؤثرة على الجسم لا تساوي صفراً، وحيث أن التسارع هو معدل التغير في السرعة فمن البديهي أن يتناسب طردياً مع القوة المحصلة، ولذلك فإنه:

*إذا كانت الكتلة كبيرة فإن مقاومة الجسم للتغير في السرعة سوف تكون كبيرة وبذلك يكون التسارع قليلاً.

*وإذا نقصت كتلة الجسم ولم تتغير القوة المحصلة فإن التسارع سوف يكون كبيراً.

وعليه يمكننا كتابة علاقة التناسب بين التسارع (a) والقوة المحصلة (F) والكتلة (m) كالأتي:

$$\vec{a} \propto \vec{F}$$

$$a \propto \frac{1}{m}$$

أو:

$$\vec{a} = (\text{constant})\ \frac{\vec{F}}{m} \qquad (3-2)$$

ولقد استخدمنا في المعادلة رموز المتجهات نسبة لأن التسارع كمية متجهة واتجاهها في نفس اتجاه القوة المحصلة.

*** إذا كانت القوة المحصلة في نفس اتجاه حركة الجسم (اتجاه السرعة) فإن التسارع يكون تزايديا، أو تسارعا موجبا يتسبب في زيادة سرعة الجسم.**
***أما إذا كانت القوة المحصلة فى عكس اتجاه حركة الجسم فإنها تسبب تسارعا سالبا(تباطؤ) يؤدي إلى نقصان سرعة الجسم وتوقفه.**

ولتبسيط المعادلة (٢-٣) التي تعبر عن القانون الثاني للحركة فإنه يمكننا التحكم في المقدار الثابت constant في المعادلة باستخدام الوحدات المناسبة.

(1) وحدة القوة

بما أن وحدة التسارع في النظام الدولي للوحدات هي (m/s^2) ووحدت الكتلة هي(kg)، فوحدة القوة في النظام الدولي للوحدات هي النيوتن Newton ويرمز له بالرمز N.

فالنيوتن = كجم متر/ الثانية تربيع

النيوتن: القوة التي إذا أثرت على جسم كتلته واحد kg ، أكسبته تسارعاً قدره($1\ m/\ s^2$)

وباستخدام هذه الوحدة تصبح قيمة الثابت في المعادلة(٢-٣) هي الواحد الصحيح أى (constant. = 1) وبذلك تؤول هذه المعادلة إلى:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

أي أن القوة

$$\vec{F} = m \vec{a} \qquad \textbf{(4-2)}$$

ولقد سميت وحدة القوة بالنيوتن (N) تخليداً لذكرى العالم اسحق نيوتن.

وهى تساوى ($N= kg\ m/ s^2$)

العلاقة بين قانون نيوتن الثانى وكمية التحرك

يوضح القانون الثاني أن هناك علاقة بين كمية التحرك الخطي (الاندفاع) الذي مقداره يساوي $m\ \upsilon$ للجسم المتحرك والقوة المحصلة المؤثرة عليه، يمكن معرفتها بسهولة بالرجوع لمعادلات الحركة بتسارع منتظم التي درسناها في الوحدة السابقة. فباستخدام المعادلة (١-٦) نتوصل إلى العلاقة بين التسارع والسرعة:

$\therefore$ المعادلة (١-٦) $\quad \upsilon = \upsilon_o + at$

$\therefore \quad \upsilon - \upsilon_o = at$

وبضرب طرفي المعادلة أعلاه في الكتلة m وقسمة الطرفين على الزمن t،

نحصل على المعادلة

$$\frac{m\upsilon - m\upsilon_0}{t} = ma \qquad \textbf{(5-2)}$$

لكن المقدار ($m\ \upsilon_o$) هو كمية التحرك الخطي الابتدائي للجسم P_o وأما المقدار ($m\ \upsilon$) هو كمية التحرك النهائي P ،وبقسمتهما عل الزمن t نكون قد حصلنا على معدل التغير في كمية التحرك الخطي في الطرف الأيسر للمعادلة (٢-٥). ومن قانون نيوتن الثاني حسب المعادلة (٢-٤) فإن الطرف الأيمن للمعادلة يساوي القوة المحصلة المؤثرة على الجسم.

إذا $\quad (P - P_o)/t = m\ a$

أي أن :

معدل التغير في كمية التحرك الخطي يساوي محصلة القوى المؤثرة على الجسم

وتكون كمية التحرك الخطي تساوي مقداراً ثابتاً إذا كان الجسم يتحرك بسرعة ثابتة في خط مستقيم، ومعدل التغير في كمية التحرك في هذه الحالة يساوي صفراً، وبالتالي تكون محصلة القوي المؤثرة على الجسم تساوي الصفر. وهذا هو ما نص عليه قانون نيوتن الأول للحركة.

تطبيقات على قانوني نيوتن الأول والثاني

➢ **مثال:**

عربة كتلتها طن واحد تتحرك بسرعة ثابتة (50 Km/hr) في طريق مستقيم، فإذا كانت قوى المقاومة لحركة العربة تعادل (2 N) لكل كجم من كتلها، فما هي قوة محرك العربة ؟

الحل:

هناك قوتان تؤثران على العربة هما:

أولاً: قوة المحرك تدفع العربة إلى الأمام

ثانياً: قوة المقاومة للحركة بسبب الاحتكاك + مقاومة الهواء في اتجاه معاكس لحركة العربة

وبما أن العربة تسير بسرعة منتظمة فإن محصلة القوى المؤثرة عليها تساوي صفراً.

∴ قوة المحرك = قوة المقاومة

لاحظ أن قوة المحرك في البداية لا بد أن تكون أكبر من قوة المقاومة لتحريك العربة، ثم تتساوى القوتان فتسير العربة بسرعة منتظمة.

كتلة العربة = ١ طن = 1000 kg

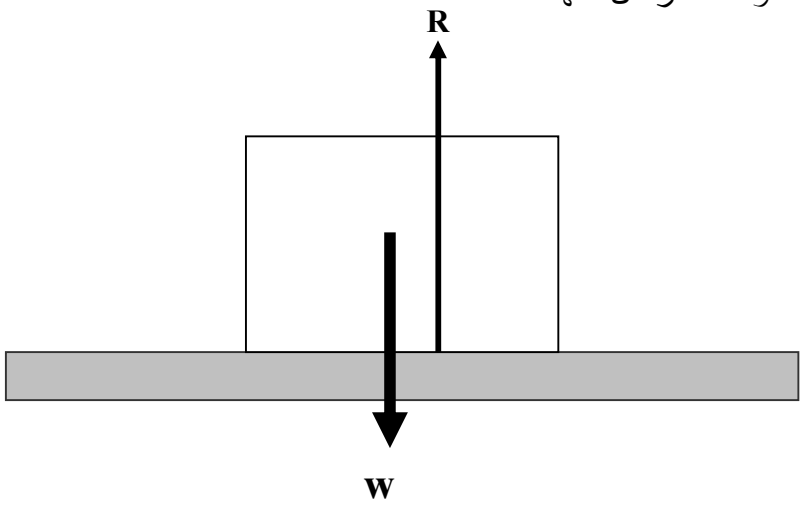
قوة المقاومة = الكتلة × مقاومة واحد كجم

∴ قوة المقاومة = $2 \times 1000 = 2000$ N

∴ قوة المحرك = قوة المقاومة = 2000 نيوتن

➢ **مثال:**

جسم كتلته (2 kg) موضوع في حالة سكون على سطح أفقي كما في الشكل. ما هي القــوى التي تؤثر عليه ؟ وما مقدار كل منها ؟



الحل

القوى التي تؤثر على الجسم هي قوة وزن الجسم (w) رأسياً إلى الأرض وقوة رد فعل السطح (R) رأسياً إلى أعلى. قوة الوزن هي قوة جذب الأرض للجسم وباستخدام قانون نيوتن الثــاني معادلة (٢-٣) وتعويض تسارع الجاذبية (g) بدلاً من (a):

$$w = m\,g$$

$$\therefore \quad W = 2 \times 9.8 = 19.6\ N$$

وبما أن الجسم في حالة سكون فإن قانون نيوتن الأول يخبرنــا أن محــصلة القــوى المؤثرة عليه تساوي صفراً، وفي هذه الحالة فإن قــوة رد الفعــل وقــوة الــوزن متــساويتان ومتضادتان في الاتجاه:

$$\therefore \quad R = w = 19.6N$$

➢ **مثال**

أحسب القوة المحصلة اللازمة للتأثير على جسم كتلته (1.5 kg) حتى تصبح سرعته (٨ m/s) في زمن قدره (2 s) ابتداءً من حالة السكون؟

الحل

بما أن السرعة قد ازدادت من الصفر إلى (8 m/s)، في زمن قدره (2 s)، فإن قيمة التسارع (a) تكون:

$$a = \frac{\upsilon - \upsilon_0}{t}$$

$$\therefore a = \left(\frac{8 - 0}{2} \right) = 4 m / s^2$$

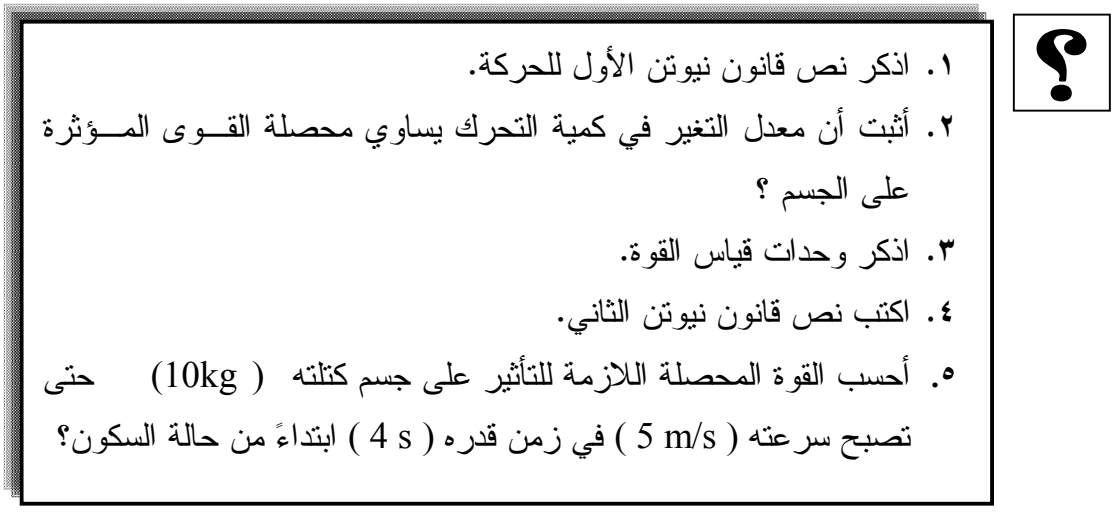
ولإيجاد القوة المحصلة نستخدم قانون نيوتن الثاني:

$$\therefore \quad F = m\,a$$

$$F = 1.5 \times 4 = 6\ N$$

إذا فمقدار القوة = 6 N (وفي نفس اتجاه التسارع)

أسئلة تقويم (2)



١. اذكر نص قانون نيوتن الأول للحركة.

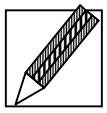
٢. أثبت أن معدل التغير في كمية التحرك يساوي محصلة القوى المؤثرة على الجسم ؟

٣. اذكر وحدات قياس القوة.

٤. اكتب نص قانون نيوتن الثاني.

٥. أحسب القوة المحصلة اللازمة للتأثير على جسم كتلته (10kg) حتى تصبح سرعته (5 m/s) في زمن قدره (4 s) ابتداءً من حالة السكون؟

تدريب(2)



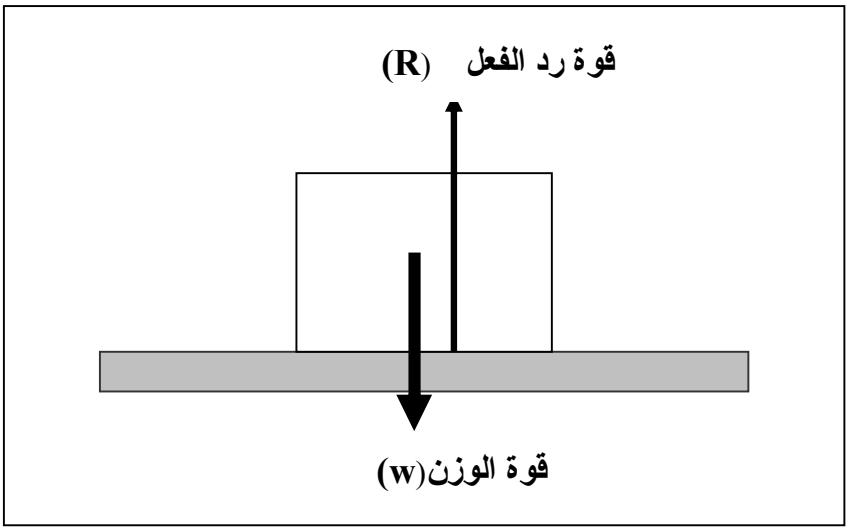
١. علل:التغير في كمية التحرك الخطي يساوي محصلة القوى المؤثرة على الجسم.
٢. عربة كتلتها طن واحد تتحرك بسرعة ثابتة في طريق مستقيم، فإذا كانت قوى المقاومة لحركة العربة تعادل (3 N) لكل كجم من كتلها. فما هي قوة محرك العربة ؟

٣,٤ قانون نيوتن الثالث للحركة(Newton's Third Law of Motion)

يتناول هذا القانون طبيعة القوى التي تؤثر على الأجسام ويوضح أن القوى تكون دائماً متبادلة، وينص على ما يلي:

لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومضاد له في الاتجاه.

ومعنى هذا أنه إذا أثر جسم بقوة على جسم ثان، فإن الجسم الثاني يؤثر على الأول بقوة مساوية لها في المقدار، ومضادة لها في الاتجاه، وتسمى إحدى هاتين القوتين بقوة الفعل والأخرى بقوة رد الفعل. ويلاحظ أن قوة الفعل وقوة رد الفعل هما قوتان تؤثران على جسمين مختلفين وبالتالي فإنه لا يجوز القول بأن محصلتهما تساوي صفراً؛ لأن الفعل يؤثر على جسم ورد الفعل يؤثر على جسم آخر. (أنظر الشكل (2-2))



شكل (2-2):قوة الفعل وقوة رد الفعل

نلاحظ في مشاهداتنا اليومية عدة أمثلة للقانون الثالث فمثلاً:

* في لعبة شد الحبل يبدأ فريقا اللعبة الشد في وقت واحد فيؤثر كل فريق على الحبل بقوة شد مساوية لقوة الفريق الأخر في المقدار ومضادة لها في الاتجاه، فإذا تراجع أحد الفريقين يتساقط الفريق الأخر إلى الخلف و تنعدم قوة الشد في الحبل لأن القوى تكون دائماً متبادلة بين جسمين.

٥. قوة الاحتكاك (Force of Friction):

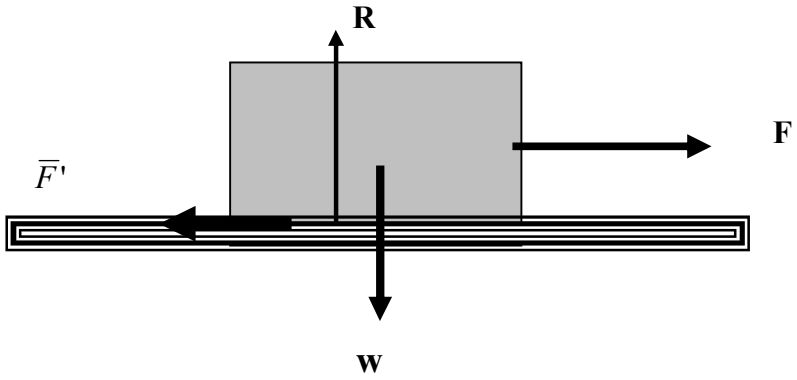
عزيزي الدارس تعلم من ممارستك اليومية أنه إذا أردنا أن نجذب جسم أو ندفعه لكي نحركه على الأرض فإننا نؤثر عليه بقوة لمعادلة قوة الاحتكاك التي تنشأ بين سطح الجسم وسطح الأرض و نلاحظ الأتي:

- كلما كانت كتلة الجسم كبيرة، احتجنا لقوة أكبر لتحريكه.
- وكذلك إذا كانت الأرض التي يتحرك عليها الجسم خشنة فإننا نحتاج لقوة كبيرة لجذب الجسم.

1.5 تعريف قوة الاحتكاك

قوة الاحتكاك هي قوة تنشأ بين الأجسام المتلامسة عند حركتها وتعمل على إيقافها. ويكون اتجاهها موازياً للسطحين المتلامسين وفي عكس اتجاه الحركة.

ولدراسة طبيعة قوة الاحتكاك التي تعوق حركة الجسم على سطح ما، ولمعرفة العوامل التي تؤثر عليها يمكنك أن تقوم بإجراء تجربة بسيطة في المنزل (أو في مختبر المدرسة التي تعمل بها) بان تضع جسما خشبيا على شكل مكعب أو متوازي مستطيلات على سطح منضدة أفقية وتستخدم خيط خفيف مثبت في الجسم في وضع أفقي موازيا لسطح المنضدة لتحرك به الجسم على المنضدة كما في الشكل(٢-٣).



شكل (٢-٣)

عزيزي الدارس إذا بدأت في زيادة قوة الشد في الخيط فستلاحظ:

- أن قوة الاحتكاك بين الجسم وسطح المنضدة تزيد كلما ازداد الشد في الخيط
- وأن قوة الإحتكاك تحاول منع الجسم من الحركة
- ولا يستطيع الجسم أن يتحرك في البداية إلى أن تصل قوة الشد في الخيط لقيمة معينة (تسمى القيمة النهائية) عندها يبدأ الجسم في الحركة.

و بمجرد أن يبدأ الجسم في الحركة ستلاحظ أنك سوف تحتاج لقوة شد أصغر من القيمة النهائية لقوة الشد لكي يستمر الجسم في الحركة، وهذا يوضح أن قوة الاحتكاك التي تعوق

حركة الجسم المتحرك اقل من قوة الاحتكاك التي تعوق حركة الجسم عندما يكون على وشك الحركة.

وعند القيام بتكرار التجربة السابقة مع وضع كتل مختلفة على الجسم الخشبي ستلاحظ أن قوة الاحتكاك تزداد بزيادة الكتلة و في هذه الحالة من الضروري استخدام ميزان زنبركي لقياس الشد في الخيط. و هذا يعني أن:

مقدار قوة الاحتكاك يتناسب طرديا مع القوة العمودية التي يؤثر بها الجسم على السطح أو رد فعل هذه القوة العمودية التي يدفع بها السطح الجسم.

٢,٥ معامل الاحتكاك (Coefficient of Friction)

إذا رمزنا لقوة الاحتكاك بالرمز (F')، ولقوة رد الفعل العمودي بالرمز (R) انظر الشكل (3-2) ، فان علاقة التناسب بينها تكون كالأتي:

$$F' \propto R$$

$$F' = \mu R \qquad (6\text{-}2)$$

حيث الرمز μ (يقرأ ميو) ثابت التناسب، وهو مقدار ثابت يعتمد على طبيعة كل من السطحين المتلامسين ويسمى معامل الاحتكاك بين السطحين.

وبالرغم من أن قوة الاحتكاك تعوق حركة الأجسام، وتعتبر قوة غير مفيدة لابد من التخلص منها أو تقليل آثارها، باستخدام السطوح الأقل خشونة وباستعمال الزيوت والشحوم في حالات الماكينات مثلا، إلا أن وجودها مهم في حالات كثيرة.

فوائد قوة الاحتكاك

- بدون وجود قوة الاحتكاك لا نستطيع أن نمشي على الأرض.
- و أيضا لا يستطيع السائق أن يوقف السيارة.

٣,٥ تطبيقات على قوانين نيوتن والاحتكاك

عزيزي الدارس، الآن سنتناول بعض التطبيقات وحل الأمثلة المتنوعة ومن خلال مناقشة هذه الأمثلة سوف نستعرض بعض أنواع القوى التي تؤثر على جسم فتسبب اتزانه أو حركته المتسارعة، مثل: قوة الوزن، وقوة رد الفعل، وقوة الشد، وقوة الاحتكاك وغيرها من القوى المختلفة.

مثال

جسم كتلته (4 kg) موضوع في حالة سكون على سطح أفقي خشن، أثرت عليه قوة أفقية ثابتة مقدارها (20 N) فحرّكته مسافة (50 m)، في زمن قدره(5s). أوجد قوة الاحتكاك بين الجسم والسطح الخشن . ما معامل الاحتكاك بين سطح الجسم والسطح الخشن؟

الحل:

أولاً: قوة الاحتكاك هي قوة تنشأ بين الأجسام المتلامسة عند حركتها وتعمل على إيقافها، ويكون اتجاهها موازياً للسطحين المتوازيين وفي عكس اتجاه الحركة،

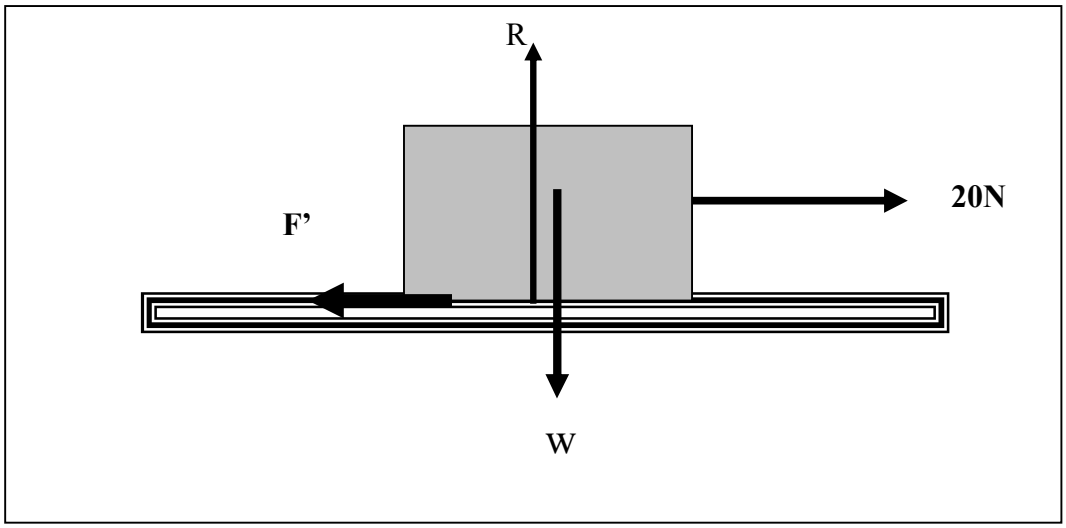
وبما أن الجسم تحرك من السكون ($\upsilon_o = 0$) بتسارع منتظم (a)خلال زمن قدره (5s) وقطع مسافة 50m فإنه يمكن استخدم المعادلة الآتية لإيجاد التسارع (a):

$$S = \frac{1}{2} a t^2$$

$$\therefore \ a = \frac{25}{t^2}$$

$$a = \frac{2 \times 50}{25} = 4 \ m / s^2$$

القوة التي أكسبت الجسم هذا التسارع هي القوة المحصلة للقوة الخارجية (20 N) وقوة الاحتكاك (F').(أنظر الشكل (2-4).



الشكل (٢- ٤)

ومن قانون نيوتن الثاني

$$\mathbf{20 - F' = ma}$$

$$20 - F' = 4 \times 4 = 16$$

$$F' = 20 - 16 = 4\ N$$

إذن قوة الاحتكاك ($F' = 4\ N$) في اتجاه معاكس لاتجاه الحركة.

لحساب معامل الاحتكاك نستخدم المعادلة

$$\mathbf{F' = \mu R}$$

قوة رد الفعل R وقوة الوزن w متساويتان في المقدار ومتضادتان في الاتجاه

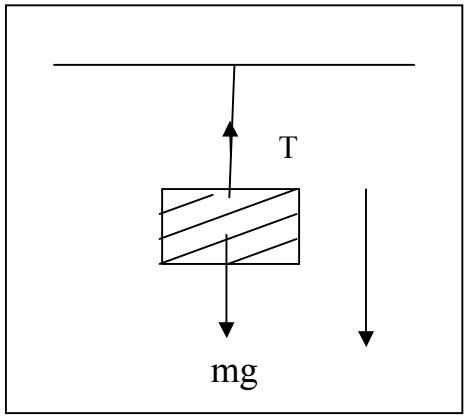
$$R = w = mg = 4 \times 9.8 = 39.2N$$

معامل الاحتكاك $$\mu = \frac{F'}{R} = \frac{4}{39.2} = 0.1$$

وهو مقدار لا تمييز له لأن كل من البسط والمقام قوى.

➢ مثال

جسم كتلته (10 kg) معلق بحبل كما في الشكل (2-5).أحسب قوة الــشد (Tension) فــي الحبل (T) عندما يبدأ الجسم الحركة إلى أسفل بتسارع ($3.5\ m/s^2$).



الشكل (٢-٥)

الحل

القوة المحصلة المؤثرة على الجسم عندما يبدأ حركته إلى أسفل = الوزن – الشد

$$\therefore \quad \boxed{m\,a = w - T}$$

$$T = w - m\,a$$
$$= m\,g - m\,a$$
$$= m\,(g - a) \quad \therefore$$

حيث (g) تسارع الجاذبيــة الأرضــية ($g = 9.8\ m/s^2$) بــالتعويض نجــد أن الــشد T.

$$\therefore \quad T = 10 \times (9.8 - 3.5) = 10 \times 6.3 = 63\ N$$

➢ مثال

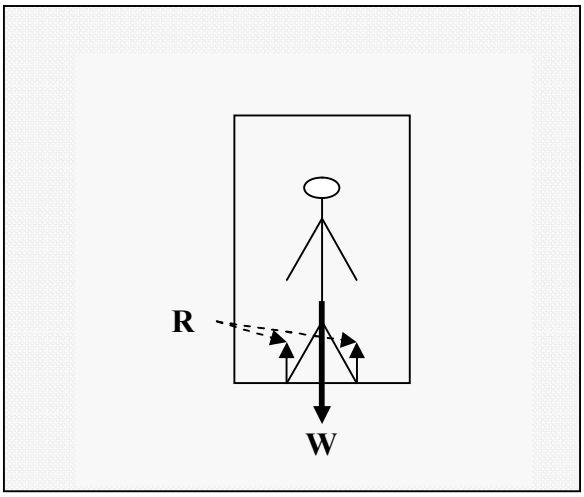
يقف رجل كتلته (80 kg)على أرضية مصعد. ما القوة التي يؤثر بها هذا الرجل على أرضية المصعد عندما يكون المصعد:

(1) ساكناً.

(2) صاعداً بسرعة منتظمة (ثابتة) = 2.5 m/s؟

(3) صاعداً بتسارع ثابت = $1.25\ m/s^2$.

(4) هابطاً بعجلة ثابتة = $1.25\ m/s^2$.



شكل (٢-٦)

الحل

أولاً: في الحالتين (1) – (2) **سواء كان المصعد ساكناً أو متحركاً بسرعة منتظمة إلى أعلى أو أسفل.**

فإن تسارع المصعد يساوي صفراً، وبذلك فإن:

قوة وزن الرجل = قوة رد الفعل وهي قوة دفع الأرضية للرجل

طبقاً لقانون نيوتن الأول:

$$\therefore \quad R = w = m\,g$$

$$R = w = m\,g = 80 \times 9.8 = 784\ N$$

وطبقاً لقانون نيوتن الثالث

القوة التي يؤثر بها الرجل على الأرضية = قوة رد الفعل (R) للأرضية على الرجل.

∴ القوة التي يؤثر بها الرجل على الأرضية = 784 نيوتن

ثانياً: **الحالة (3)** عندما يكون المصعد صاعداً بعجلة ثابتة ($1.25\ m/s^2$) فإننا نتوقع قوة رد الفعل تزيد لأن المصعد يتحرك الى أعلى ضاغطا على أرجل الرجل.

و لكن القوة المحصلة المسببة للحركة =(R – w).

ومن قانون نيوتن الثاني:

$$R - w = m\,a$$

$$\therefore \quad R = m\,a + m\,g$$

$$\therefore \quad R = 80 \times 1.25 + 784 = 884\ N$$

∴ القوة التي يؤثر بها الرجل على أرضية المصعد تساوي = 1084 نيوتن.

أي أن قوة رد الفعل زادت عند حركة المصعد الي الاعلى وهذا يحدث لرجال الفضاء عند اطلاق الصاروخ الحامل لهم للسفر إلى الفضاء وتصل الزيادة في رد الفعل حتى ١٦ مرة قدر وزن الجسم مما يؤثر تأثيراً سيئاً على هؤلاء الرواد ويحس الرواد بانجذاب المعدة والأمعاء إلى أسفل بصورة كبيرة جداً ويمكنك أيها الدارس تخيل الألم الذي يعانونه ولكنه ينتهي بمجرد وصول الرواد إلى المدار.

ثالثاً: الحالة (4) عندما يكون المصعد متحركاً إلى أسفل بعجلة($1.25\ m/s^2$)، فإن:

القوة المسببة للحركة =w – R

$$\therefore \quad w - R = m\,g$$

$$\therefore \quad R = w - m\,g$$

$$R = 784 - 80 \times 1.25 = 684\ N$$

∴ القوة التي يؤثر بها الرجل على أرضية المصعد في هذه الحالة = 884 نيوتن.

أي أن هذه القوة تقل في حالة الحركة إلى أسفل وإذا كان المصعد يتحرك إلى أسفل بتسارع 9.8 فإن R = صفر، وهنا يحس من في المصعد أنه لا وزن له وهي الحالة التي تسمى حالة انعدام الوزن وإذا حدث ذلك فعلاً فإن الشخص الذي داخل المصعد سيجد نفسه

طائراً في فراغ المصعد وهي الحالة التي يعايشها رجال الفضاء في السفن الفضائية حينما تدور في مدارها وهذه الحالة ستدرسها لاحقاً حيث أن حركة سفينة الفضاء في مدارها يعني أنها في حالة سقوط دائم بتسارع (g) ولهذا تدور في مدارها وإلا لكانت انطلقت مبتعدة عن الأرض لولا هذا الدوران الذي هو في حد ذاته سقوط.

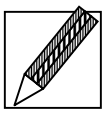
أسئلة تقويم ذاتي(٣)



١. عرف قانون نيوتن الثالث ثم وضح اتجاه تأثير القوة بالرسم.
٢. بين قوة الفعل وقوة رد الفعل في حالة اصطدام كرة التنس بالمضرب.
٣. اذكر العوامل التي تتوقف عليها قوة الاحتكاك.
٤. اكتب نص قانون معامل الاحتكاك.
٥. يقف دارس كتلته (50 kg) على أرضية مصعد. ما القوة التي يؤثر بها هذا الدارس على أرضية المصعد عندما يكون المصعد:
(1) ساكناً؟
(2) صاعداً بسرعة منتظمة (ثابتة)(4.m/s)؟
(3) صاعداً بعجلة ثابتة($2m/s^2$)؟
(4) هابطاً بعجلة ثابتة($2\ m/s^2$)؟

اعتبر تسارع الجاذبية الأرضية=$10\ m/s^2$.

تدريب(٣)



١. قوة الاحتكاك تساعد على السير على الأرض. علل ذلك.
٢. استخدام واستعمال الزيوت والشحوم في الآلات، علل ذلك.
٣. يقف رجل كتلته (95 kg) على أرضية مصعد يهبط بتسارع قدره ($1.2\ m/s^2$). ما هي القوة التي يؤثر بها على أرضية المصعد ؟
٤. يتحرك جسم كتلته (3Kg) في خط مستقيم على سطح أفقي خشن، ما هي القوة الخارجية الأفقية التي نؤثر بها على الجسم لكي يتحرك بسرعة منتظمة، إذا كانت قوة الاحتكاك بين الجسم والسطح (25 N) ؟ وما هي القوة اللازمة لجعل الجسم يتحرك بتسارع ($2\ m/s^2$) ؟
٥. جسم كتلته (500 gm) موضوع في حالة سكون على سطح أفقي خشن. أثرت عليه قوة خارجية أفقية مقدارها (8N) وحركته بتسارع ($12\ m/s^2$) أوجد أولاً قوة الاحتكاك. وما معامل الاحتكاك بين الجسم والسطح الخشن؟
٦. قفص شحن كتلته (120 kg) يتدلى من حبل.أوجد قوة الشد في الحبل عندما يكون القفص :

أ- ساكناً،

ب- متحركاً بتسارع ($1.5\ m/s^2$) إلى أعلى،

ج- متحركاً بتسارع ($1.5\ m/s^2$) إلى أسفل.

الخلاصة

عزيزي الدارس،

في النهاية، نؤكد على ما أكدنا عليه في التمهيد عن ضرورة تقويم هذه الوحدة، وإبداء ملاحظاتك للاستفادة منها.

ولكن ما الذي ناقشناه ؟

بدأنا بتعريف القوة، ووصلنا إلى أنها المؤثر الخارجي الذي يعمل على تحريك الأجسام الساكنة وتغير الحالة الحركية للأجسام المتحركة، ثم تعرفنا على الكتلة وتأثير القوة عليها، و أيضا على كمية التحرك بأنها كمية ميكانيكية تساوي ضرب الكتلة × السرعة.

كما تعرفنا على قوانين نيوتن الثلاثة للحركة في القسم الثالث ومع التطبيقات المشاهدة للقوانين في حياتنا اليومية مع ذكر أمثلة لتطبيق القوانين الثلاث.

أما في القسم الأخير فقد استعرضنا قوة الاحتكاك والعوامل التي تتوقف عليها، وفوائد قوة الاحتكاك وأمثلة وتطبيقات على هذه القوة.

ومع نهاية هذا القسم نكون قد انهينا هذه الوحدة، ونأمل أن تكون قد أضافت الكثير إلى معلوماتك الثرة وان تسعد بالوحدة القادمة.

لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية

عزيزي الدارس، بعد أن فرغت من دراسة هذه الوحدة الآن، أصبح لديك حصيلة كبيرة من المعلومات المفيدة فيما يتعلق بالحركة، والقوة، وقوانين نيوتن للحركة بصفة عامة.

و الآن سوف نتعرف على وحدة أخرى والتي ستزودك بمفاهيم أساسية عن الخواص الميكانيكية للمادة، والتى تتعلق بتعريف المرونة، و الانفعال، والإجهاد، ثم قانون هوك، وعلى معاملات المرونة، كما تستعرض مفهوم الكثافة والتوتر السطحي، والخاصية الشعرية، وضغط المائع، و أيضا اللزوجة وفوائدها، وكيفية قياس لزوجه للسائل، وتنتهي الوحدة بدراسة معادلة الاستمرارية، ومعادلة برنولي لحركة الموائع.

نرجو إن تكون وحدة مفيدة لك وان تساهم معنا في نقدها وتقييمها.

إجابات التدريبات

تدريب (١)

لضمان السلامة للراكب حتى لا يندفع إلى الأمام في حالة توقف السيارة فجأة.

تدريب (2)

(١) قوة المحرك = ٣٠٠٠ N.

تدريب (٣)

(١) لأن الاحتكاك يساعد على السير ويمنع الانزلاق (٢) لتقليل قوة الاحتكاك (٣) 817 N.

(٤) 3N/ 25 N

(٥) قوة الاحتكاك = 2N، ومعامل الاحتكاك = ٠,٤ .

(٦) (أ) ١١٧٦N، (ب) ١٣٥٦ N (ب)٩٩٦.

الوحدة الثالثة
الخواص الميكانيكية للمادة



محتويات الوحدة

الموضوع	الصفحة
مقدمة	٦٧
أهداف الوحدة	٦٨
١. المرونة (Elasticity)	٦٩
١,١ حد المرونة	٦٩
٢,١ قانون هوك	٧٠
٣,١ معاملات المرونة	٧٢
٢. الكثافة	٧٨
٣. التوتر السطحى	٨٠
٤. الخاصية الشعرية	٨٣
٥. ضغط الموائع	٨٨
١,٥ ضغط السوائل	٨٩
٢,٥ قاعدة أرخميدس	٩٢
٦. اللزوجة	٩٥
١,٦ قانون نيوتن للزوجة	٩٧
٢,٦ قياس اللزوجة بطريقة الكرة الساقطة	٩٩
٣,٦ فوائد اللزوجة	١٠١
٧. حركة الموائع	١٠٢
١,٧ معادلة الاستمرار (معادلة الاتصال)	١٠٣
٢,٧ معادلة برنولى	١٠٥
الخلاصة	١١٣
لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية	١١٤
إجابات التدريبات	١١٥
مسرد المصطلحات	١١٧

مقدمة

عزيزي الدارس،

مرحباً بك إلى الوحدة الثالثة من مقرر الفيزياء العامة (١)، وهي بعنوان خواص المادة، والتي تتألف من ستة أقسام رئيسة، القسم الأول يبدأ بتعريف المرونة، ومن خلالها نتعرف على قانون هوك؛ وهو عبارة عن النسبة بين الانفعال والإجهاد، ثم نتعرف على معاملات المرونة والصيغ الرياضية لإيجادها، ثم ننتقل معا إلى القسم الثاني حيث نتعرف على مفهوم الكثافة، ووحدة قياسها، ومعرفة الكثافة لبعض المواد.

أما القسمان الثالث والرابع فنتعرف خلالهما على التوتر السطحي، والخاصية الشعرية، ثم استخدام الخاصية الشعرية لحساب التوتر السطحي، وتطبيقات أخرى.

القسم الخامس يتناول ضغط الموائع، وأمثلة لقياس ضغط السائل. أما القسم السادس فيبحث في اللزوجة وفوائدها وكيفية قياس اللزوجة للسائل.

وتنتهي الوحدة بالقسم السابع والأخير وهي دراسة معادلة الاستمرارية، ومعادلة برنولي لحركة الموائع. وقد حرصنا على توفير العدد المناسب من التطبيقات، والأمثلة الرياضية لهدف ترسيخ التعلم وتعزيزه لديك بصفة عامة.

وقد زودت هذه الوحدة بمجموعة من الأسئلة والتدريبات والأنشطة. التي تساعدك في فهم المادة التعليمية والتي تقدمها لمرشدك الميداني.

أهلاً ومرحباً بك عزيزي الدارس مرة أخرى إلى هذه الوحدة ونرجو أن تستمتع بدراستها وان تستفيد منها وان تشاركنا في نقدها وتقيميها.

أهداف الوحدة

عزيزي الدارس، عند اكتمال هذه الوحدة يتوقع أن تكون قادراً على أن:

١. تفرق بين الجسم المرن والجسم غير المرن (الجسم اللدن).
٢. تعرّف الإجهاد والانفعال، وترسم العلاقة البيانية بينهما لمادة تتبع قانون هوك.
٣. تعرّف معاملات المرونة في كل حالة، وتكتب المعادلة الرياضية لكل منها.
٤. تعرّف الكثافة والضغط، وتذكر وحدات كل منهما، ثم تعرف حساب ضغط عمود من مائع معلوم الكثافة.
٥. تشرح قاعدة أرخميدس، وتستخدمها لحساب الكثافة لمادة صلبة أو سائلة.
٦. تفسر ظاهرة التوتر السطحي والخاصية الشعرية، ونستخدم الخاصية الشعرية لإيجاد معامل التوتر السطحي للماء.
٧. تذكر مقدار الضغط الجوي عند سطح البحر.
٨. تشرح معنى اللزوجة، و تعرف معامل اللزوجة، وتذكر وحداته.
٩. تشرح طريقة الكرة الساقطة لحساب لزوجة سائل.
١٠. توضح مفهوم المائع المثالي.
١١. تكتب الصيغة الرياضية لمعادلة الاستمرار.
١٢. تكتب الصيغة الرياضية لمعادلة بيرنولي، وتعرف الرموز المستخدمة فيها.
١٣. تذكر بعض تطبيقات معادلة بيرنولي.
١٤. تحل معظم التمارين.

المادة: هي كل ما يشغل حيز من الفراغ ولها كتلة، ولها ثلاث حالات هي الصلابة، والسيولة والحالة الغازية، ونتعرف الآن على تأثير القوة على المادة.

1. المرونة (Elasticity):

عندما تتعرض بعض الأجسام لضغط أو شد بفعل مؤثر خارجي فإن أشكالها قد تتغير، حيث تزيد أبعاد الجسم بالشد أو تتقلص بالضغط، وإذا عاد الجسم إلى شكله الأول بعد زوال المؤثر فإنه يقال أن **الجسم مرن**، أما إذا لم يعد الجسم لحالته الأولى، وبقى فيه بعض التشوه بعد زوال المؤثر فعندئذ يقال أن **الجسم** غير مرن أو **لدن**.

المرونة: هي خاصية عودة الجسم إلى حالته الأولى بعد زوال المؤثر.

وتعود خاصية المرونة إلى القوى الداخلية بين جزيئات المادة، هذه القوى تجعل الجزيئات تستقر على مسافات ثابتة يتزن عندها كل جزئ تحت تأثير قوى الترابط والتنافر بينه وبين الجزيئات الأخرى، وعندما يتعرض جسم ما لقوة شد خارجية، تبتعد جزيئاته عن بعضها البعض قليلا في منطقة الشد حتى تتساوى قوة الشد الخارجية مع قوى التجاذب الداخلية بين الجزيئات، ويؤدي الشد لزيادة بعد الجسم في اتجاه الشد، وعند زوال القوة المؤثرة تعود الجزيئات إلى وضعها الأصلي بسبب قوى التجاذب الداخلية ويعود الجسم إلى شكله الأصلي. مثال لذلك الأسلاك والسيخ وأيضاً المطاط الذي يزيد طوله عند مطه بينما يقل سمكه.

1.1 حد المرونة (elasticity limit) :

إن هناك حدا معينا إذا زادت المسافة بين الجزيئات عنه بسبب زيادة قوة الشد، تتمزق فيه الروابط بين الجزيئات، وتفقد قدرتها على جذب بعضها البعض، ولذلك فعند زوال القوة المؤثرة على الجسم نجد أنه لا يعود إلى شكله الأصلي ويفقد مرونته، ويسمى هذا الحد المعين (حد المرونة) (elasticity limit).

1.2. قانون هوك (Hooke's Law):

الإجهاد (stress): هو قــوة الشــد التي تؤثر على وحدة المساحة من جسم ما وتحاول تغيير شكل الجسم.

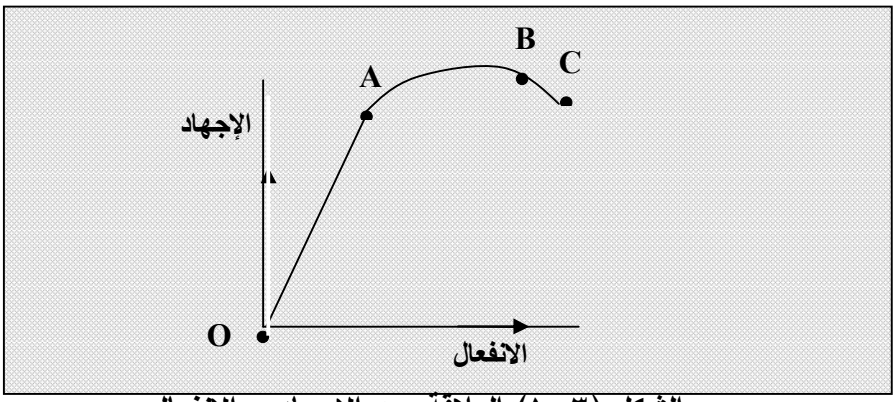
الانفعال (strain): هو التغيّر أو التشوّه النسبي الذي يحدث لشكل الجسم.

لقد قام العالم روبرت هوك بدراسة العلاقة التي تحدث لبعض المــواد نتيجــة لتعرضــها لإجهاد وصاغ هذه العلاقة على شكل قانون سمي باسمه ينص على أن :

الانفعال يتناسب تناسباً طردياً مع الإجهاد ما لم يتعدى الجسم حد المرونة.

ثابت التناسب في قانون هوك يسمى معامل المرونة، ويمكن التعبيــر عــن القــانون رياضيا بالمعادلة :

الإجهاد÷ الانفعال = ثابت المرونة



الشكل (٣-١):العلاقة بين الإجهاد و الانفعال

ويوضح شكل (٣-١) المنحنى البياني بين الإجهاد والانفعال لأغلب المواد الصلبة، ونرى من الشكل أن:

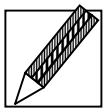
- ♦ الانفعال (التغير في أبعاد المادة) يتناسب تناسبا طرديا مع الإجهاد (القوة) في المنطقة من O إلى A ، حيث يتحقق قانون هوك ، و يتلاشى الانفعال تماما بزوال الإجهاد، ويعود الجسم إلى شكله الأصلي، وتسمى هذه المنطقة المدى المرن.
- ♦ وإذا زاد الإجهاد عن القيمة التي تناظر النقطة A ، فإن الانفعال الناتج تزداد قيمته عن تلك التي تنتج عن نفس الزيادة في الإجهاد قبل النقطة A.
- ♦ وباستمرار زيادة الإجهاد تفقد المادة تدريجيا خاصية المرونة حيث تصل النقطة B التي تسمى نقطة الاستسلام (yield point)، وتتميز المرحلة بعد النقطة B بأن انفعال المادة يكون بدرجة كبيرة إذا زاد الإجهاد بدرجة صغيرة.
- ♦ ويستمر الحال على ذلك حتى يصل الجسم مرحلة لا يتحمل الإجهاد الواقع علية ويتصدع وينشطر لقسمين عن النقطة C (تسمي نقطة القطع).

أسئلة تقويم ذاتي



١. عرف كل من: المادة – المرونة – الإجهاد – الانفعال.
٢. اذكر قانون هوك، ثم اذكر الملاحظات العامة للشكل (٣-١).

تدريب(١)



١. ناقش نص قانون هوك ثم وضح ما المقصود بحد المرونة.
٢. علل: لا يمكن أن يعود الجسم إلى حالته الأصلية عند تأثير قوة كبيرة عليه.

1.3 معاملات المرونة

عزيزي الدارس ذكرنا في الفقرة السابقة صورة عامة لقانون هوك توضح أن النسبة بين الإجهاد والانفعال مقدار ثابت لأي جسم مرن، وهذا الثابت سمى معامل المرونة.

❖ ملاحظة

لا يتوقف معامل المرونة على شكل أو حجم الجسم و انما يتوقف فقط على خواص المادة التي يتكون منها الجسم.

ونجد أن الانفعال أو التغير في شكل الجسم يمكن أن يحدث للطول أو السطح أو الحجم، و هنا يمكن تعريف ثلاثة معاملات للمرونة كالآتي:

أولاً: معامل مرونة الطول

نفرض أن المادة في صورة سلك أو قضيب طوله (L_0) ومساحة مقطعه (A)، أثرت على طرفيه قوة مقدارها (F) وأدت إلى استطالته بمقدار (Δ L) { أنظر الشكل(٣-٢) } ومن تعريف الإجهاد الذي هو قوة الشد التي تؤثر على وحدة المساحة نجد أن:

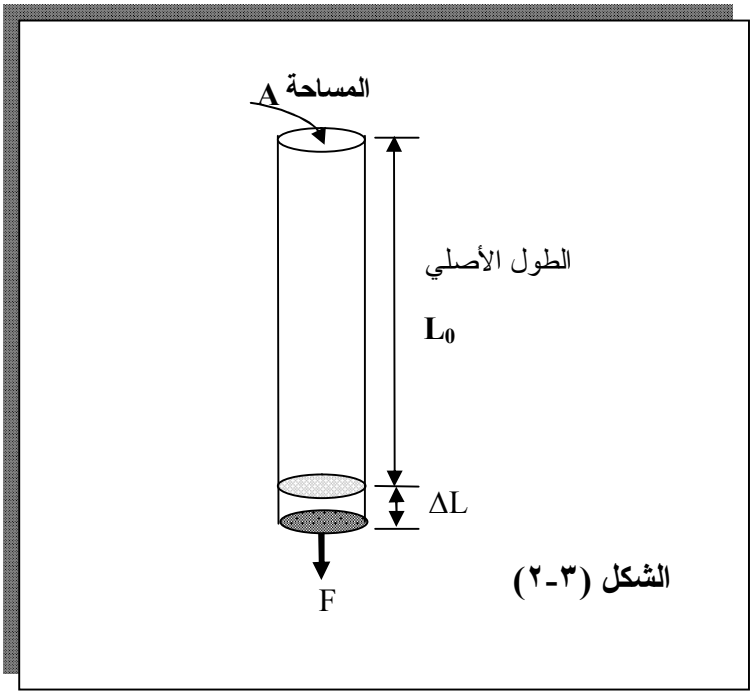
$$\text{الإجهاد الطولي} = \left(\frac{F}{A}\right)$$

(قوة الشد التي تؤثر على وحدة المساحة)

ومن تعريف الانفعال الذي هو التغير أو التشوه النسبي الذي تحدث بشكل الجسم نجد أن:

$$\text{الانفعال الطولي} = \left(\frac{\Delta L}{L_0}\right)$$

(التغير النسبي في طول الجسم)



الشكل (٣-٢)

معامل المرونة الطولي يسمى معامل يونق للمرونة (Young's Modulus) ونرمز له بالرمز (Y) ويساوي الانفعال الطولي على الإجهاد الطولي :

$$Y = \left(\frac{F}{A}\right) / \left(\frac{\Delta L}{L_0}\right) \qquad \textbf{(1-3)}$$

ومن (٣-١) نجد أن:

وحدة معامل مرونة الطول هي وحدة القوة على وحدة المساحة (N / m^2)

وهي وحدة الإجهاد إذ أن الانفعال نسبة لا وحدة له، ويستفاد من معرفة معامل يونق للمواد المختلفة في حساب الاستطالة التي تحدث لسلك أو قضيب من المادة تحت تأثير قوة شد معينة.

عزيزي الدارس، عادةً في مقرر الفيزياء العملية تجرى تجربة لحساب معامل يونق لمادة سلك معدني للتدرب على استعمال القانون.

➢ مثال (١)

علق جسم كتلته (4 kg) في طرف سلك من الحديد الصلب طوله (1.5 m) وقطره (0.6) mm. ما مقدار استطالة السلك تحت تأثير هذا الحمل؟ معامل يونج للحديد الصلب (2×10^{11} N/m^2) ؟

الحل

باستخدام المعادلة (٣-١) نجد ان : الاستطالة ΔL تساوي

$$\Delta L = \frac{F \times L_0}{Y \times A}$$

طول السلك: $L_o = 1.5$ m،

القوة $mg = F =$

$$\therefore F = 4 \times 9.8 = 39.2 N$$

ولكن مساحة المقطع $A = \pi r^2 =$

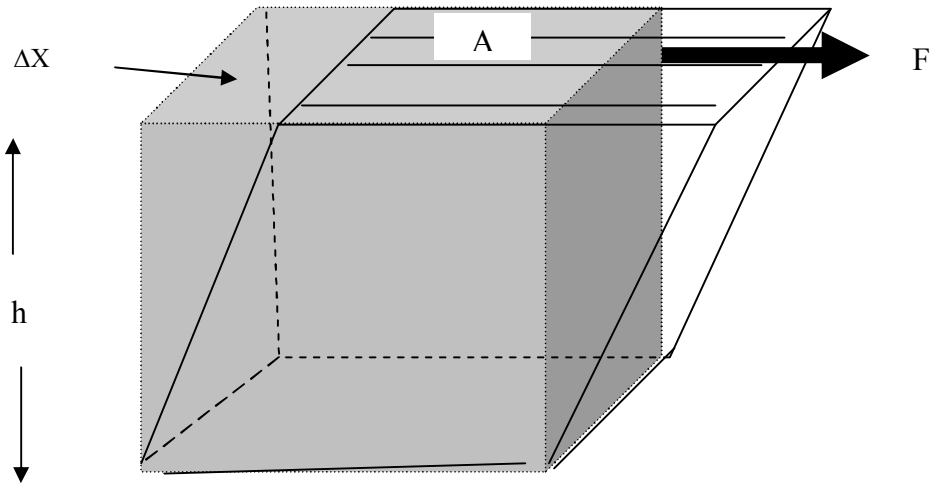
$$\therefore A = \pi r^2 = 3.14 \times \left(\frac{0.6}{2} \times 10^{-3} \right)^2 m^2$$

الاستطالة: $\Delta L = (39.2 \times 1.5)/(2 \times 10^{11} \times 3.14 \times 0.09 \times 10^{-6})$

∴ استطالة السلك: $\Delta L = 1.04$ mm

ثانياً: معامل مرونة السطح

يسمى معامل مرونة السطح بمعامل القص السطحي(Shear modulus)، ويحدث الانفعال القصي عندما يتأثر الجسم بقوة مماسه لسطحه كما في الشكل (3-3



شكل (3-٣)

حيث اقترضنا أن الجسم على شكل متوازي مستطيلات سطحه الأسفل مثبت، وأثرنا على سطحه العلوي بقوة مماسه له (F)، فأحدث ذلك إزاحة للوجه الأعلى بمقدار ΔX ، كما موضح في الشكل. وإذا كانت مساحة سطح الوجه العلوي(A) فإن:

$$\text{إجهاد القص السطحي} = \frac{F}{A}$$

$$\text{وانفعال القص السطحي} = \frac{\Delta x}{h}$$

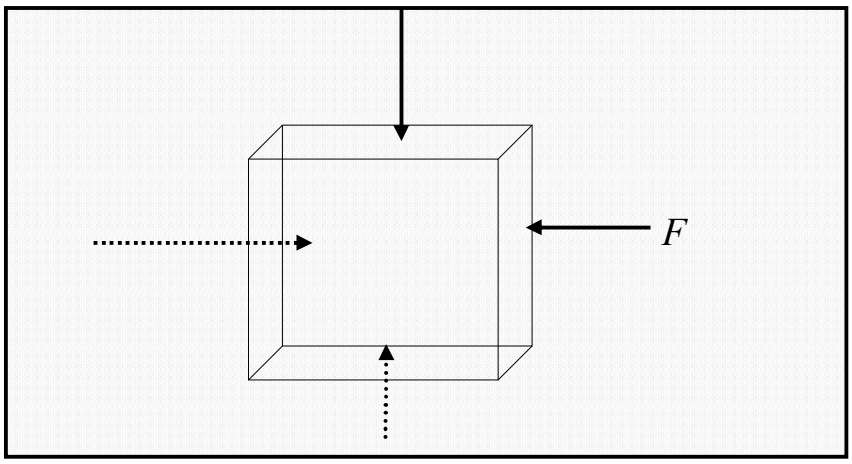
حيث (h) هي ارتفاع الوجه العلوي.

ومعامل القص السطحي نرمز له بالرمز (S).

$$\therefore\ S = \frac{\left(\frac{F}{A}\right)}{\left(\frac{\Delta X}{h}\right)} \qquad (3\text{-}2)$$

ثالثاً: معامل مرونة الحجم (Bulk Modulus) :

إذا أثرت قوة ضاغطة (F) من جميع الجهات على جسم على شكل مكعب حجمه (V) كما في الشكل (٣-٤)، فأحدثت القوة تغيراً في حجم الجسم ΔV ، فيكون الإجهاد الحجمي $\left(\frac{F}{A}\right)$ حيث إنّ A مساحة سطح الوجه، وانفعال الحجم $\frac{-\Delta V}{V}$ والإشارة السالبة لأن التغير في الحجم فى هذه الحالة هو نقصان فى الحجم.



شكل (٣-٤)

معامل المرونة الحجمي ν (تنطق نيو) هو:

$$\nu = \frac{\left(\frac{F}{A}\right)}{-\frac{\Delta V}{V}} \qquad (3\text{-}3)$$

➢ مثال (2)

إذا كان معامل مرونة الحجم لمادة ما هو (5×10^5 N/cm^2) ، فما النقص في حجم 1000 cm^3 من تلك المادة إذا تعرضت لقوة ضغط مقدارها (500 N/cm^2) ؟

الحل:

باستخدام المعادلة (٣-٣) اعلاه

$$\Delta V = (500 \text{ N/cm}^2)(1000 \text{ cm}^2) / (5 \times 10^5 \text{ N/cm}^2)$$

∴ مقدار النقصان في الحجم : $\Delta V = 1 \text{ cm}^3$

أسئلة تقويم ذاتي

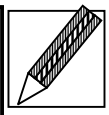


١. عرف: معاملات المرونة :الطولي والسطحي والحجمي، ثم اكتب الصيغة الرياضية لكل معامل.

٢. علق جسم كتلته (10 kg) في طرف سلك من الحديد الصلب طوله (2m) وقطره (0.42 mm). ما مقدار استطالة السلك تحت تأثير هذا الحمل ؟ خذ معامل يونق للحديد الصلب (2×10^{11} N/m) .

٣. إذا كان معامل مرونة الحجم لمادة (5×10^5 N/cm^2)، فما النقص في حجم 2000 cm^3 من المادة إذا تعرضت لقوة ضغط (5000 N/cm^2) ؟

تدريب(2)



١. **في المعادلة (3-3)** $\mathcal{V} = (F / A) / (- \Delta V / V_0)$

كيف تستطيع أن تثبت أن معامل المرونة الحجمي يعطى بالعلاقة أعلاها مع توضيح كل رمز.

٢.علق جسم كتلته (500 kg) في طرف سلك من مادة صلبة طوله (3m) ومساحة مقطعه cm^2 (0 .15) ، فاستطال السك بمقدار (5mm). ما مقدار معامل مرونة الطول (معامل يونق) للسلك ؟ [عجلة الجاذبية = ١٠متر/ثانية^٢]

٣. إذا كان معامل مرونة الحجم لمادة (٦×10^5 N/cm^2) ، فما النقص في حجم $1000\ cm^3$ من المادة إذا تعرضت لقوة ضغط ($1200\ N/cm^2$) ؟

2. الكثافة Density

الكثافة من خواص المادة التي لها أهمية كبيرة في حياتنا العملية، والتي تستخدم للتمييز بين المواد المختلفة وتقدير نقاوتها ولحساب كتلتها ومعرفة صلاحيتها للاستخدامات المختلفة في الصناعة وبناء الجسور والطرق والمنازل.

تعريف الكثافة

تعرف بأنها كتلة وحدة الحجوم من المادة ويرمز لها بالرمز (θ) (يقرأ رو)

وبذلك فإن:

الكثافة (ρ) = الكتلة ÷ الحجم

$$\rho = m / V \quad (4\text{-}3)$$

وحدة الكثافة (θ) في النظام الدولي للوحدات هي(kg / m^3)

أحيانا تقاس الكثافة بوحدة (gm / cm^3).

❖ ملاحظة

- تتفاوت المواد المختلفة في كثافتها.
- تكون قيمة الكثافة ثابتة للمادة في درجة الحرارة المعينة فقط،
- عند رفع درجة الحرارة لمادة صلبة أو سائلة، فإن المسافات البينية بين الجزيئات تزداد، فتشغل المادة حجماً أكبر دون أن تتغير كتلتها، ولذلك فإن كثافة المواد الصلبة والسائلة تقل بزيادة درجة الحرارة بسبب زيادة الحجم.
- بالنسبة للغازات فإن الغاز يستطيع أن يملأ أي حجم يوضع فيه، ولهذا يجب عند قياس كثافته أن نحدد الضغط الذي تم عنده قياس الكثافة، وكذلك نحدد درجة حرارة الغاز.

ويوضح الجدول التالي كثافة بعض المواد الشائعة الاستعمال عند درجة حرارة ($0^{\circ}C$) وتحت الضغط الجوي المعياري الذي يعادل ($1.013\times10^5\ N/m^2$):

المادة	الكثافة kg / m^3	المادة	الكثافة kg / m^3
البلاتين	21400	الماء (عند $4\ ^{o}C$)	1000
الذهب	19300	زيت المحركات	800
الزئبق	13600	الخشب (متوسط)	650
الرصاص	13000	الفلين	240
الفضة	10500	الهواء	1.29
الصلب	7900	ثاني أكسيد الكربون	1.98
الألمونيوم	2700	الأكسجين	1.43

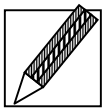
عزيزي الدارس: هذه البيانات الموجودة في الجدول ليست للحفظ (ما عدا كثافة الماء) ولكن الهدف منها معرفة كثافة المواد المختلفة، والمقارنة بينها ومعرفة أكثر المواد كثافة وأقلها كثافة، ومعرفة مدى صلاحية مادة معينة أو عدم صلاحيتها لبعض الاستخدامات.

أسئلة تقويم ذاتي



١. عرف الكثافة ثم اذكر وحدة قياسها.
٢. اكتب الصيغة اللفظية والرياضية لإيجاد الكثافة.
٣. قارن بين كثافة الماء وبقية السوائل.

تدريب(3)

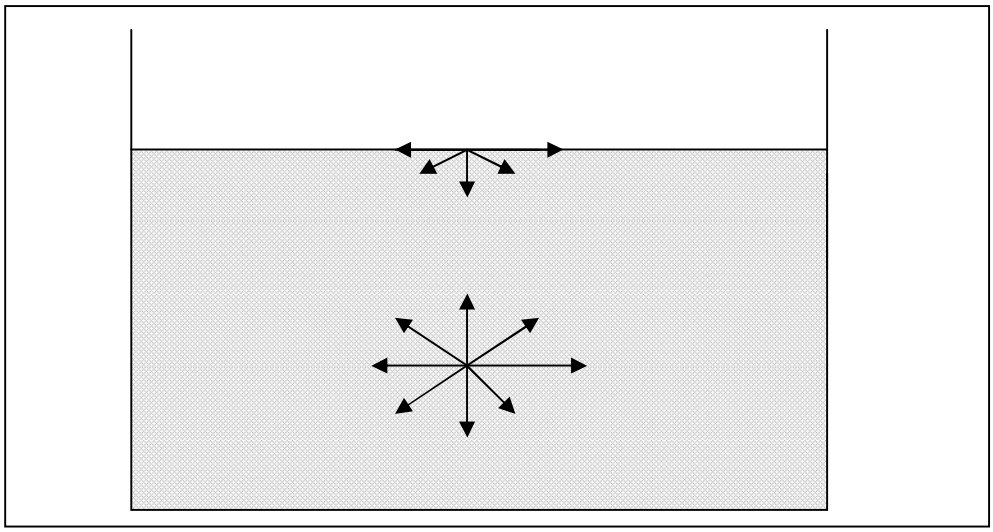


عزيزي الدارس،
١. لماذا تصنع أجسام الطائرات من سبائك الألمنيوم؟
٢. ولماذا يطفو الخشب فوق الماء؟
٣. سبيكة ذهبية حجمها $3\ cm^3$.كم تكون كتلتها باعتبار أن كثافة الذهب $(١٩٣٠٠\ Kg/m^3)$؟

3. التوتر السطحي (Surface Tension)

يبدو للناظر أن سطح الماء في وعاء متماسكا كأنه مشدود ، و تسمى هذه الظاهرة بظاهرة التوتر السطحى.

❖ وتنشأ ظاهرة التوتر السطحي على سطح السوائل بسبب وجود قوى التماسك بين جزيئات السائل نفسه كما موضح بالشكل (٣-٥):



الشكل (٣-٥)

نلاحظ أن:

* الجزيء في باطن السائل يكون واقعاً تحت تأثير قوى التماسك مع جزيئات السائل الأخرى من جميع الجهات وبنفس الصور تقريباً، مما يعني أن محصلة القوى المؤثرة عليه تساوي صفراً.(انظر الشكل).
* أما بالنسبة للجزيء عند سطح السائل فإنه يكون متأثراً بقوى التماسك مع جزيئات السائل أسفله، وقوى التلاصق مع جزيئات الهواء، ونظراً لأن قوى التماسك أكبر بكثير من قوى التلاصق فإن محصلة هذه القوى تكون إلى أسفل وتنجذب الجزيئات إلى داخل السائل، ويتعرض سطح السائل لقوى شد تجذب السطح في اتجاه مماس له مما يجعل السطح يبدو وكأنه مشدود، وتسمى هذه القوى الموجودة عند السطح والتي تشده وتؤدي لتقليص مساحته بقوى التوتر السطحي.

ولهذه القوى يعزى السبب

- في أن دبوس إبرة أو موس حلاقة معدنية جافة يمكن أن تطفو عندما توضع بعناية فوق سطح الماء، على الرغم من أن كثافة المعدن أكبر من كثافة الماء.
- وأن الحشرات الصغيرة يمكن أن تمشي على سطح الماء.

- وأيضاً نلاحظ أن الزئبق يتجمع في قطرات صغيرة عند أراقته.
- وكذلك الماء إذا سكب فوق سطح طبقة من الزيت يفعل نفس الشيء.

تعريف التوتر السطحي

التوتر السطحي لسائل : هو القوة المؤثرة على وحدة الأطوال من أي خط من خطوط سطح السائل.

وسوف نرمز للتوتر السطحي بالحرف الإغريقي γ (ينطق قاما gama)(يسمى أحياناً معامل التوتر السطحي).

ويتضح من هذا التعريف أن وحداته التي يقاس بها هي (N/m) .

المادة	التوتر السطحي
الماء	0.073 N/m
الزئبق	0.455 N/m

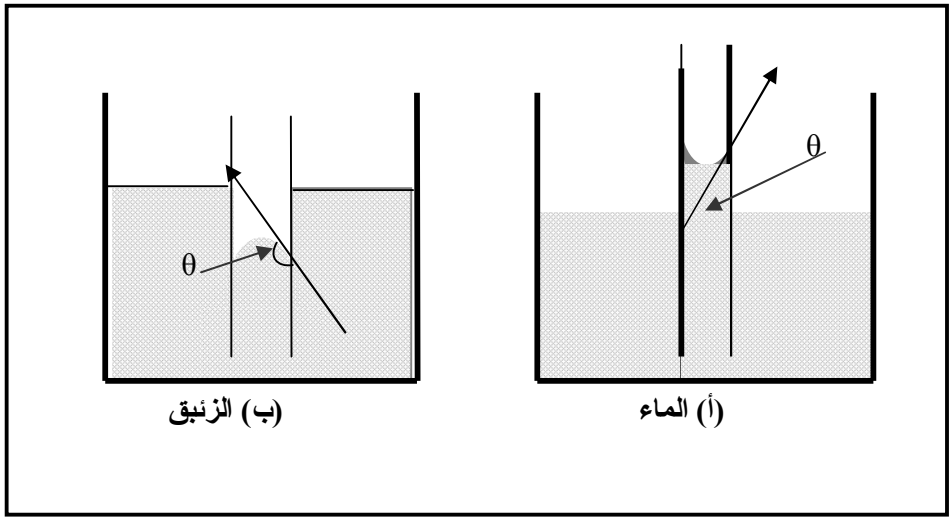
وذلك عند درجة حرارة (20^oC). ويعتمد التوتر السطحي على درجة حرارة السائل، ويقل بزيادة درجة الحرارة لأن زيادة درجة الحرارة تؤدي لزيادة المسافات البينية بين الجزيئات وبالتالي تكون قوى التماسك بين الجزيئات أقل.

(قوى التلاصق قوية جداً في المواد اللاصقة التي تستعمل للصق مادتين معاً)

يلاحظ أن الماء بالرغم من مقدرته على التنظيف إلا أنه غير فعال في حالات كثيرة بسبب قوى التماسك بين جزيئاته ويقوم الصابون والمواد المنظفة الأخرى بتفكيك جزيئات الماء من بعضها وتقليل قوى التماسك بينها كما ان قوى التلاصق بين هذه المواد و الأوساخ كبيرة مما يمكن من الغسيل الفعال.

4. الخاصة الشعرية (Capillarity):

إذا غمرنا طرف أنبوب قطره الداخلي صغير جداً (أنبوب شعري رفيع) في الماء، سنلاحظ ارتفاع السائل داخل الأنبوب الشعري كما في الشكل (٦-٣)(أ) أدناه.



شكل (٦-٣)

عند تلامس سطح السائل مع جدار الأنبوب نجد أن هناك قوتان هما:

قوى التلاصق: **هي قوى التجاذب بين جزيئات السائل مع جزيئات الأنبوب**

قوى التماسك : هي قوى التجاذب بين جزيئات السائل فيما بينها

❖ **ملاحظة**

*** قوى التلاصق: تؤدي إلى ارتفاع السائل في الأنبوب وقوى التماسك (التجاذب الثاني بسبب قوى الترابط) تؤدي إلى توتر سطح السائل وتقعره.**

و بسبب قوة التلاصق يستمر ارتفاع الماء في الأنبوب حتى يصل مرحلة يكون فيها وزن الماء المرتفع يعادل قوى الالتصاق بين جزيئات الماء وجزيئات جدار الأنبوب الداخلي، فيتوقف ارتفاع الماء عند هذا الحد، وكلما كان قطر الأنبوب صغيراً كان ارتفاع الماء أكبر، ولهذا سميت هذه الظاهرة **بالخاصة الشعرية وهى:**

تعرف بأنها ظاهرة ارتفاع الماء والسوائل في الأنابيب الرفيعة

وبسبب هذه الخاصية

- يرتفع الماء في الأشجار والنباتات الأخرى عن طريق الساق حاملاً الغذاء للنبات ثم إلى الأوراق والثمار.
- ويرتفع الكيروسين من مستودع المصباح البلدي إلى الفتيلة القطنية ليظل المصباح مضيئاً على الرغم من انخفاض مستوى الكيروسين في المستودع.

عزيزي الدارس نلاحظ أن الخاصة الشعرية للزئبق تشذ عن بقية السوائل إذ ينخفض الزئبق في الأنابيب الشعرية، والسبب في ذلك هو أن قوى التماسك بين جزيئات الزئبق أكبر من قوى الالتصاق بين جزيئات الزئبق وجزيئات الإناء، بخلاف السوائل الأخرى التي تكون فيها قوى الالتصاق مع الجدار أكبر من قوى التماسك بين الجزيئات، ويكون سطح الزئبق في الأنبوب الشعري محدباً بينما يكون سطح الماء مقعراً [انظر الشكل (٣-٦)].

إذا رسمنا مماساً لسطح السائل عند النقطة التي تلمس جدار الأنبوب فإن هذا المماس سيحصر في السائل زاوية بينه وبين الجدار تسمى زاوية التلامس **(angle of contact)** ، نرمز لها بالرمز (θ) (تنطق ثيتا). ويوضح الشكل (٣-٦) أن هذه الزاوية:

- حادة بالنسبة لسطح الماء المقعر
- ومنفرجة بالنسبة لسطح الزئبق المحدب.

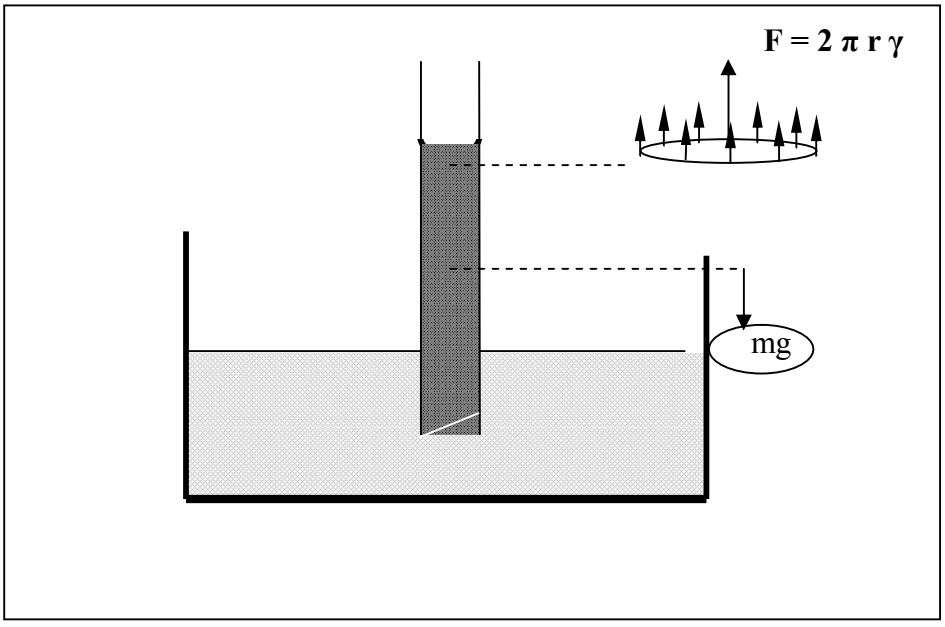
قياس التوتر السطحي باستخدام الأنابيب الشعرية

إذا غمرنا أنبوب شعري نصف قطره الداخلي (r) في سائل كثافته (ρ) ، وتوتره السطحي (γ)، فإن السائل سوف يرتفع في الأنبوب بمقدار محدد (h) يعتمد

- على نصف قطر الأنبوب. (r)
- وعلى التوتر السطحي للسائل. (γ)

قوى التوتر السطحي تؤثر على كل وحدة طول من خط التلامس بين السائل وجدار الأنبوب وتصنع مع الجدار زاوية تساوي زاوية التلامس (θ) ، وهي التي تسبب ارتفاع السائل في الأنبوب، وعندما يستقر السائل على ارتفاع معين، تتزن قوي التوتر السطحي مع قوة وزن عمود السائل المرتفع في الأنبوب إلى ارتفاع (h) ، نلاحظ أن هذه الزاوية كما ذكرنا سابقا حادة بالنسبة لسطح الماء المقعر، و منفرجة بالنسبة لسطح الزئبق المحدب.

زاوية التلامس بالنسبة للماء صغيرة جداً، ويمكن اعتبار قوة التوتر السطحي تؤثر رأسياً إلى أعلى على كل وحدة طول من خط التلامس بين السائل وجدار الأنبوب الذي هو عبارة عن محيط دائرة نصف قطرها (r) كما في الشكل (٣-٧).



شكل (٣-٧) مسطح الماء في الأنبوب الشعري

مجموع قوى التوتر السطحي = محيط الدائرة×التوتر السطحي

$$F = 2 \pi r \gamma$$

وزن عمود السائل(mg) = كتلة السائل × حجم السائل × g

= مساحة قاعدة الأنبوبة الداخلية × الارتفاع × كثافة السائل × g

أي أن : $mg = \pi r^2 h \rho g = 2 \pi r \gamma = F$

وبذلك فإن التوتر السطحي (γ) يساوي:

$$\gamma = \frac{1}{2} \rho h g r \qquad (5\text{-}3)\ (a)$$

وإذا كانت قيمة الزاوية (θ) لا يمكن إهمالها فإن القوة الناشئة عن التوتر السطحي تساوي :

$$F = 2 \pi r \gamma / \cos \theta$$

ومنها التوتر السطحي يساوي:

$$\gamma = \frac{1}{2} \rho h g / \cos \theta \quad \text{--------} \quad (5\text{-}3)\ (b)$$

فإذا كانت θ = صفر ، فإن $\cos \theta$ = ١، أي لا يوجد انحناء وتصبح عند ئذ:

$$F = 2 \pi r \gamma$$

➢ **مثال**

لإيجاد التوتر السطحي للماء، غمر أنبوب شعري نصف قطره (0.25 mm) فارتفع الماء فيه بمقدار (6cm) . أحسب التوتر السطحي للماء علماً بأن كثافة الماء ($1000\ kg/m^3$) وتسارع الجاذبية الأرضية ($9.8\ m/s^2$) .

الحل

من المعادلة:

$$\gamma = r\, h\, \rho\, g\, /\, 2$$

باعتبار أن زاوية التلامس للماء صغيرة جداً و ($\cos\theta = 1$) .

نصف قطر الأنبوب: $r = 0.25 \times 10^{-3}\ m$

ارتفاع السائل في الأنبوب : $h = 6 \times 10^{-2}\ m$

$$\gamma = (0.25 \times 10^{-3} \times 6 \times 10^{-2} \times 1000 \times 9.8) / 2$$

∴ التوتر السطحي للماء $\gamma = 0.0735\ N/m$

نشاط



1. أملا كوباً بالماء تماما ثم ضع دبوس إبرة جافا افقيا برفق على السطح فماذا تلاحظ؟
2. اسكب ماءً فوق سطح طبقة من الزيت فماذا تلاحظ؟
3. اسكب زئبق فوق سطح أملس فماذا تلاحظ؟

أسئلة تقويم ذاتي



عزيزي الدارس من خلال دراستك لما سبق:

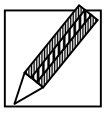
١. عرف كلاً من التوتر السطحي و الخاصية الشعرية.

٢. عرف زاوية التلامس ثم حدد نوعها بالنسبة للماء وللزئبق مع الرسم.

٣. اذكر عدة حالات في الطبيعة توضح الخاصية الشعرية.

٤. وضح مفهوم معامل التوتر السطحي، ثم اكتب وحدته.

تدريب (4)



١. علل: تحدب وتقعر أسطح السوائل.
ارتفاع الماء في الأنابيب الرفيعة.
٢. أحسب قوة التوتر السطحي لسائل كثافته $1070\ kg/m^3$ إذا ارتفع في أنبوب شعري زجاجي نصف قطره (2 mm) لمسافة (6.5 mm).
٣. غمر أنبوب شعري قطره (0.40 mm) في ماء فارتفع فيه بمقدار 8cm أحسب التوتر السطحي للماء علماً بأن كثافة الماء($1000kg/m^3$) خذ تسارع الجاذبية الأرضية ١٠متر/ث.

٥. ضغط الموائع (Fluid' s Pressure)

تعريف الضغط

هو القوة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحة.

فإذا كانت القوة (F) تؤثر عمودياً على المساحة (A) فإن الضغط هو:

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{---------- (5-3)}$$

ووحدة الضغط **هي(N/m^2)،و تسمى باسكال pa.**

تعريف الموائع:

هي السوائل والغازات التي تمتاز على المواد الصلبة بخاصية الجريان ولا تمتلك شكلاً ثابتاً بل تأخذ شكل الإناء الذي تشغله

ويختلف ضغط المائع عن الضغط على الجسم الصلب في أنه قد يكون في كل الاتجاهات.

الضغط الجوي

الغلاف الهوائي المحيط بالكرة الأرضية يؤثر على الأرض وعلى الأجسام التي عليها بقوة وزن تساوي وزن عمود من الهواء الذي مساحة قاعدته ($1m^2$) وطوله من سطح الأرض إلى نهاية الغلاف الجوي، ويسمى الضغط الجوي (**Atmospheric Pressure**) المعياري، ونرمز له بالرمز(P_a).

يقل الضغط الجوي كلما ارتفعنا عن سطح البحر إلى الأماكن المرتفعة؛ لأن طول عمود الهواء الذي يمتد من الأرض إلى نهاية الغلاف الهوائي ينقص، وكثافة الهواء تقل كلما ارتفعنا عن سطح البحر، ويمثل الضغط الجوي على سطح البحر أعلى قيمة للضغط الجوي.

الضغط الجوي المعياري يعادل وزن عمود من الزئبق له مساحة قاعدة ($\mathbf{1\ cm^2}$) وطوله (**76 cm**)

ويمكن حساب وزن هذا العمود للحصول على قيمة الضغط الجوي باستخدام

- كثافة الزئبق ($\mathbf{13600\ kg/m^3}$)
- وحجم هذا العمود يساوي مساحة القاعدة في طول العمود

الضغط الجوي المعياري:

$$P_a = (76 \times 10^{-2}\ m^2) (1 \times 10^{-4}\ m^2) (13600\ kg/m^3) (9.8\ m/s^2)$$

$$P_a = 1.013 \times 10^5\ N/m^2$$

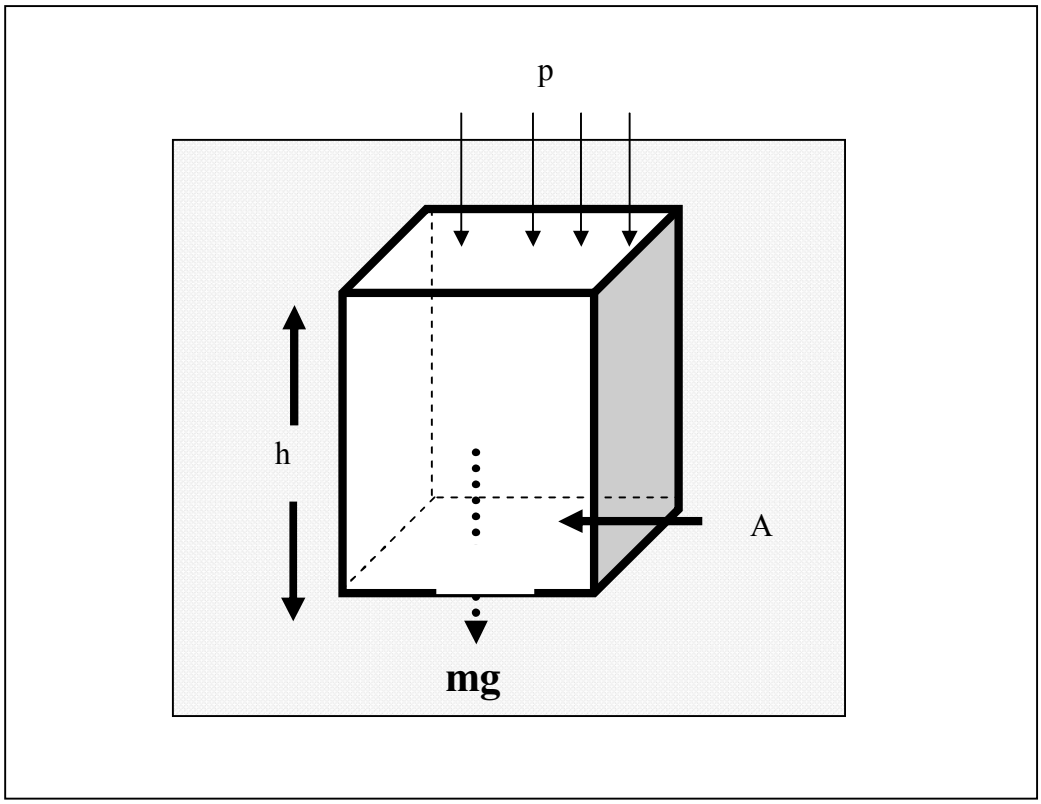
١,٥ ضغط السوائل

عندما يكون السائل في حالة سكون فإن ضغط السائل يؤثر عمودياً على أي سطح يكون بداخل السائل، كما أن الضغط عند نقطة في السائل يؤثر في جميع الجهات بالتساوي وليس إلى الأسفل فقط، ولإيجاد ضغط السائل عند نقطة داخل السائل على عمق محدد(h)، نأخذ مساحة (A) موازية لسطح السائل وتقع عند هذا العمق(h).

وزن عمود السائل الذي يعلو هذه المساحة = القوة التي يؤثر بها السائل على المساحة(A)

انظر الشكل(٣-٨)

∴ وزن عمود السائل (w) = الكتلة (m) × تسارع الجاذبية الأرضية (g).



شكل ٣-٨

ولكن:

الوزن w = الحجم (V) × الكثافة (ρ)×تسارع الجاذبية

∴ **وزن عمود السائل**= مساحة القاعدة × الارتفاع × الكثافة × تسارع الجاذبية

$$w = A\,h\,\rho\,g$$

مقدار ضغط السائل عند النقطة التي عمقها (h) هو:

$$P = \frac{w}{A} = \frac{Ahpg}{A}$$

∴ $\mathbf{P = h\,\rho\,g}$

وإذا وضعنا في الاعتبار الضغط الجوي (Pa) المؤثر على سطح السائل فإن الضغط الكلي عند نقطة في السائل على عمق h هو: الضغط الجوي + ضغط السائل

$$P = P_a + h\,\rho\,g \qquad (6\text{-}3)$$

➢ مثال (3)

إذا كانت كثافة ماء البحر**($1150\ kg/m^2$)**. احسب الضغط عند نقطة تقع على عمق**(50 m)**.

(اعتبر $g = 10\ m/s^2$).

الحل:

باستخدام المعادلة (٣-٦)

$$\mathbf{P = P_a + h\,\rho\,g}$$

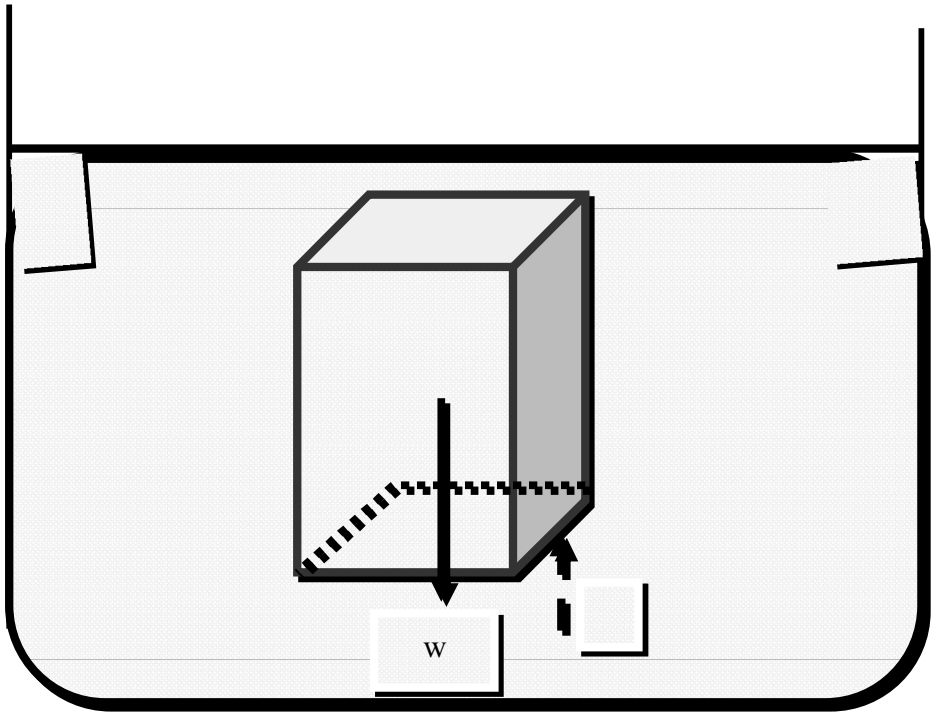
$$\mathbf{P = 1.013 \times 10^5 + 50 \times 1150 \times 10 = 6.763 \times 10^5\ N/m^2}$$

أى ان ضغط المياه لوحدها على هذا العمق اكثر من خمسة اضعاف الضغط الجوى (P_a) ولذلك لا يتحمل جسم الإنسان الغوص الى اعماق كبيرة تحت سطح الماء

5.2 قاعدة أرخميدس (Archimedes Principle)

عندما نغمر جسماً صلباً كلياً أو جزئياً في سائل (أو في غاز) فإن الجسم يتعرض لتأثير قوة تدفعه إلى أعلى، ويمكننا ملاحظة ذلك بسهولة عندما نحاول غمر قطعة خشبية تحت سطح الماء، ستقابل القطعة قوة تدفعها إلى أعلى تسمى قوة دفع ارخميدس {انظر الشكل (٣-٩)} لأن العالم الإغريقي أرخميدس كان أول من فسر هذه الظاهرة ووضع لها قاعدة سميت باسمه تنص على أنه:

> إذا غمر جسم كلياً أو جزئياً في سائل فإنه يدفع إلى أعلى بقوة تساوي وزن السائل الذي يزيحه الجسم



شكل (٣-٩)

وقوة دفع ارخميدس التي سنرمز لها بالرمز(F_a) يكون اتجاهها رأسياً من أسفل إلى أعلى كما في الشكل (٣-٩)، وتؤدي إلى نقصان وزن الجسم المغمور في السائل. ومن الممكن أن نحسبها عملياً بأن نوجد وزن الجسم أولاً في الهواء(**w**)، ثم نزنه ثانياً وهو مغمور في السائل (w_a) ويعطينا الفرق بين الوزنين ($w - w_L$) قوة الدفع. ومن الممكن التأكد من أنها تساوي وزن السائل المزاح ($F_a = w - w_L$) إذا حصلنا على حجم السائل المزاح(V).

∴ **وزن السائل المزاح = قوة الدفع = النقصان في وزن الجسم.**

إذا كانت كثافة السائل (ρ) فإن وزن السائل المزاح

=الكتلة × تسارع الجاذبية

= الكثافة × الحجم × التسارع

$$W_L = \rho V g$$

ونعبر رياضياً عن قاعدة أرخميدس كالآتي:

:

$$w_L = F_a = w - w_a \qquad (7\text{-}3)$$

مثال (4)

قطعة معدنية وزنها في الهواء (20N) ووزنها في ماء نقي كثافته $1000kg/m^3$ يساوي **17.5 N** ما كثافة القطعة المعدنية؟

الحل:

بما أن النقصان في الوزن يساوي وزن السائل المزاح حسب قاعدة أرخميدس.

$$w_L = w - w_a = 20 - 17.5 = 2.5\ N$$

$$w_L = \rho V g = 2.5N$$

∴ حجم السائل المزاح =حجم القطعة المعدنية

= وزن السائل المزاح ÷ (الكثافة× تسارع الجاذبية)

$$\therefore\ V = \frac{w_L}{\rho g} = \frac{2.5}{1000 \times 10} = 2.5 \times 10^{-5} m^3$$

∴ كثافة القطعة المعدنية = وزنها في الهواء / الحجم × تسارع الجاذبية الأرضية

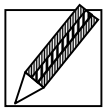
$$\sigma = \frac{w}{V \times g} = \frac{20}{25 \times 10^{-5} \times 10} = 8000 Kg/m^3$$

أسئلة تقويم ذاتي



١. عرف المصطلحات الآتية: الضغط، الضغط الجوي المعياري، الموائع.
٢. اذكر نص قاعدة أرخميدس وما المقصود بقوة دفع أرخميدس.
٣. اكتب الصيغة الرياضية للضغط الجوي المعياري.
٤. اكتب قيمة الضغط الجوي على سطح البحر، ثم قارن ذلك مع قيمة الضغط الجوي في أي مكان آخر.
٥. اثبت أن وحدة الضغط الجوي تساوي N/m^2

تدريب(5)



١- علل:

أ) يقل الضغط الجوي كلما ارتفعنا عن سطح البحر إلى الأماكن المرتفعة.

ب) تقل كثافة الموائع بزيادة درجة الحرارة.

ج) وزن الأجسام الصلبة في الهواء أكبر من وزنها في الماء.

د) تظل بعض الأجسام طافية على الماء برغم أن كثافة مادتها أكبر من كثافته ثم أعطي مثال لذلك.

٢- إذا كانت كثافة ماء البحر($1100\ kg/m^2$). أحسب ضغط الماء على نقطة تقع على عمق (100 m) ، (خذ $g = 10\ m/s^2$).

٣- قطعة معدنية وزنها في الهواء(12.5 N) ووزنها في ماء نقي كثافته 1000kg / m3 يساوي 10N. ما كثافة القطعة المعدنية؟

6. اللزوجة (Viscosity)

تختلف السوائل في قابلية كل منها على الحركة والانسياب، ويعتمد ذلك على قوة الاحتكاك بين طبقات السائل:

- الماء ينساب بسهولة.
- بينما الجليسرين بطيء التدفق.

ومن هنا يمكن تعريف اللزوجة

اللزوجة هي الخاصية التي تميز السائل من حيث استجابته للحركة

وتعتبر اللزوجة مقياساً لمقدار القوة التي تعوق انزلاق طبقة من السائل على طبقة أخرى. .

❖ ملاحظة

بسبب خاصية اللزوجة يلقى أي جسم متحرك في السائل قوة تقاوم حركته نتيجة الاحتكاك بين الجسم وطبقات السائل، وتكون هذه القوة كبيرة في السوائل اللزجة، وتنخفض اللزوجة بدرجة كبيرة في الغازات.

عندما ينساب سائل على سطح أفقي فإن طبقة السائل التي تلامس السطح تبقى في مكانها دون أن تتحرك بسبب التجاذب بينها وبين السطح، أما الطبقة التي تليها فسوف تنزلق عليها، والطبقة الثالثة من السائل يمكنها أن تتحرك بسرعة أكبر من الثانية، وهكذا، ولكي نعطي معناً كمياً للزوجة، يمكننا اعتبار السائل كما لو كان يتعرض لحالة إجهاد قص سطحي.

وإذا افترضنا أن سرعة الطبقة العليا تزيد عن سرعة الطبقة التي أسفلها بمقدار (υ) وإن المسافة بين الطبقتين (h) فإن:

- الانفعال القصي السطحي يساوي $\left(\frac{\upsilon}{h}\right)$ {لاحظ أن υ هي الفرق في السرعة وليست مسافة كما في حالة الإنفعال الطولي}.
- والإجهاد القصي يساوي القوى التي تؤثر على وحدة المساحات من السطح العلوي ويمثل بالمقدار $\left(\frac{F}{A}\right)$.

ولقد أوضحت التجارب العملية أن قانون هوك ينطبق على هذه الحالة، كما هو الحال في الأجسام الصلبة، أي أن:

الإجهاد يتناسب طردياُ مع الانفعال، وثابت التناسب يسمى بمعامل المرونة، ويرمز له عادة بالحرف اليوناني (η) (يقرأ إيتا).

$$\frac{F}{A} = \eta\left(\frac{\upsilon}{h}\right)$$

$$\eta = \frac{Fh}{A\upsilon} \qquad (٨-٣)$$

و من المعادلة (٣–٨) تجد أن:

وحدة معامل اللزوجة في النظام الدولي للوحدات هي ($N\ s / m^2$)

وفي أحيان كثيرة تستخدم وحدة أخرى تسمى البوازي **(Poise)** ، ونرمز لها بالرمز **.(p)**

$1\ Ns/m^2 = 10$ poise

وقد وجد عملياً أن لزوجة السوائل تقل بارتفاع درجة الحرارة.

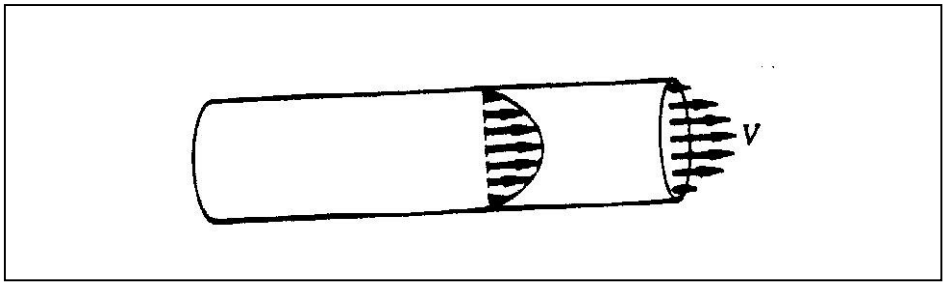
الجدول (3-3) يوضح معامل اللزوجة لبعض لسوائل عند درجة حرارة **(30^o C)**

معامل اللزوجة	**القيمة بوحدة Poise**
الماء	**0.008**
الجليسرين	**6.3**
زيوت المحركات	**2**

6.1 قانون نيوتن للزوجة

قام العالم اسحق نيوتن بدراسة لزوجة السوائل، وشبه الاحتكاك بين طبقات السائل بالاحتكاك بين سطحين صلبين وتوصل لمعادلة شبيهة بالمعادلة (٣–٨).

عزيزي الدارس: افرض أن لدينا سائل ينساب في أنبوب انسيابا مستقراً؛ بمعنى أن جزيئات السائل تتحرك في مسارات متوازية. والشكل (٣–١٠) يوضح حركة طبقات السائل، والأسهم تشير إلى اتجاه سرعات الطبقات، وأطوال الأسهم تمثل مقادير السرعات، فالطبقة التي تلامس سطح الأنبوب تتحرك ببطء شديد ويمكن اعتبارها ساكنة فالطبقة المتحركة في مركز الأنبوب تتحرك بسرعة أكبر من بقية الطبقات الأخرى.



شكل (٣-١٠)

الأسهم تناسب مع مقدار سرعة السائل وبالتالي فالسرعة عالية في الوسط الانبوب ومعدومة على الجدار.

هذا الاختلاف في السرعة بين طبقات السائل المختلفة يؤدي إلى نشوء قوة احتكاك بين الطبقات المتجاورة تعوق انسياب السائل، وينص قانون نيوتن للزوجة على أن:

قوة الاحتكاك (F') تتناسب طردياً مع مساحة سطح الاحتكاك (A) وكذلك مع انحدار السرعة (velocity gradient) في اتجاه عمودي على اتجاه انسياب السائل.

انحدار السرعة بين طبقتين متجاورتين بسرعة أحدهما (υ_1) وسرعة الأخرى (υ_2) والمسافة بينهما (h) يساوي $[(\upsilon_2 - \upsilon_1)/h]$ حيث $(\upsilon_2 - \upsilon_1)$ تمثل السرعة النسبية وسوف نرمز لها بالرمز υ، ويصبح قانون نيوتن للزوجة كالأتي:

$$F' \propto \frac{A \times \upsilon}{h}$$

أو $$F' = \eta \times \frac{A \times \upsilon}{h}$$

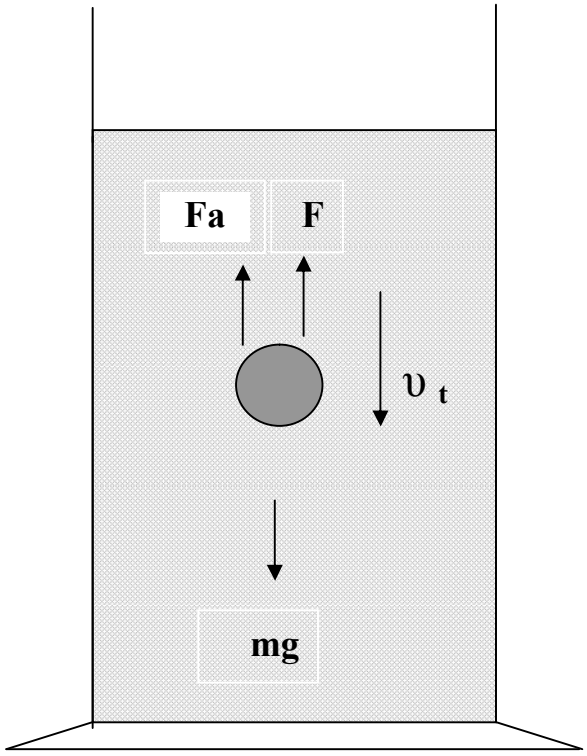
حيث أن ثابت التناسب (η) { ينطق ايتا} هو معامل اللزوجة، وهي نفس المعادلة التي توصلنا إليها في القسم السابق. أى

$$\eta = \frac{F' h}{A \upsilon}$$

٦,٢ . قياس اللزوجة بطريقة الكرة الساقطة

نفرض أن كرة صغيرة نصف قطرها (r) تسقط خلال سائل لزوجته (η).

نلاحظ أن سرعة الكرة تتزايد تحت تأثير تسارع الجاذبية الأرضية (g)، وبالتالي فإن قوة الإعاقة F بسبب لزوجة السائل سوف تتزايد حتى تتزن مع قوة الوزن mg ، وقوة دفع السائل للكرة F_a ، وعندئذ تبدأ الحركة في السقوط بسرعة ثابتة (منتظمة) تسمى السرعة النهائية (V_t) (Terminal Velocity).



الشكل (٣-١١)

وبقياس زمن هبوط الكرة خلال السائل بسرعة ثابتة ومسافة معينة، يمكن تقدير قيمة (υ_t)، وبمعرفة باقي الكميات في المعادلة (٣-٩) يمكن حساب اللزوجة (η).

ويجب أن نلاحظ أن لزوجة السوائل تختلف باختلاف درجة الحرارة لذلك يجب المحافظة على درجة حرارة السائل ثابتة خلال إجراء التجربة لتعيين اللزوجة.

قوة الوزن = الحجم × الكثافة × g

$$F_m = mg = \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g$$

حيث (ρ) كثافة مادة الكره.

قوة دفع السائل (قوة أرخميدس):

$$F_a = \frac{4}{3}\Pi r^3 69$$

حيث σ (حرف يوناني ينطق سقما) هو كثافة السائل.

قوة الإعاقة بسبب لزوجة السائل تعطي تبعاً لقانون يسمى قانون استوك (Stoke's Law) بالعلاقة:

$$F = 6\,\pi\,\eta\,r\,\upsilon_t$$

وعندما تتحرك الكره بسرعة ثابتة فإن محصلة القوى الثلاث تساوي تبعاً لقانون نيوتن الأول :

$$\mathbf{F = F_m - F_a}$$

$$6\,\pi\,\eta\,r\,\upsilon_t = 4/3\,\pi\,r^3\,g\,(\rho - \sigma)$$

$$\eta = \frac{2}{9} g r^2 \left(\frac{p-a}{\upsilon_t} \right) \qquad (٩\text{-}٣)$$

➢ مثال(٤)

في تجربة لتعيين معامل لزوجة الجليسرين اسقط في حوض منه كرة من الحديد نصف قطرها (٢×١٠^{-٣}m)، فوجد أن السرعة النهائية لها (٧٤×١٠^{-٣} m/s). احسب معامل لزوجة الجليسرين علما بأن كثافة الحديد (8000 kg/m^3) وكثافة الجليسرين (1200 kg/m^3) وتسارع الجاذبية الأرضية (9.8 m/S^2).

الحل:

باستخدام المعادلة (٣-٩) $$\eta = \left(\frac{2}{9}\right) g r^2 \left(\frac{p-a}{V_t}\right)$$

$$\eta = \frac{\left(\frac{9}{2}\right) \times 9.8 \times \left(2 \times 10^{-3}\right)^2 \{8000 - 1200\}}{74 \times 10^{-3}} = \frac{1.1 \times 4 \times 10^{-6} \times 6800}{74 \times 10^{-3}}$$

معامل لزوجة السائل = $0.404 \frac{Ns}{m^2}$

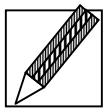
٣,٦ فوائد اللزوجة

شاءت قدرة الله الخالق أن تكون لزوجة الماء قليلة تساوي (0.008 Poise) حتى يتمكن من الجريان في الأنهار والوديان وينتقل مسافات طويلة من الأماكن التي تهطل فيها الأمطار إلي المناطق الصحراوية الجافة، وكذلك الدم الذي يتحرك في الأوعية لزوجته قليلة جدا.والمواد ذات اللزوجة العالية لها تطبيقات هامة ومفيدة مثل زيوت المحركات لزوجتها حوالي (2poise)، وتعتبر اللزوجة من المواصفات الهامة للزيت وعند استخدام الزيت في محرك السيارة تقلل اللزوجة من احتكاك أجزاء الآلة مع بعضها وتمنع تآكلها وتفل اللزوجة بالاستعمال ولا بد من استبداله بعد مدة مناسبة. كما أن ارتفاع درجة حرارة المحركات تقلل اللزوجة ولذلك لا بد من ملاحظة حرارة المحركات حتى لا تصل إلى الحرارة الحرجة للزيت المستعمل.

أسئلة تقويم ذاتي

١. عرف اللزوجة.
٢. اذكر وحدة معامل اللزوجة في النظام الدولي للوحدات.
٣. اذكر نص قانون نيوتن للزوجة.
٤. عدد بعض المواد ذات اللزوجة العالية والتي لها تطبيقات هامة ومفيدة.
٥. وضح تجربة عملية لقياس اللزوجة، مع توضيح المعادلات الرياضية.
٦. عرف معامل اللزوجة.

تدريب (٦)



١- علل

أ) لزوجة الماء قليلة ولزوجة الدم قليلة.

ب) زيوت المحركات لزوجتها عالية.

ت) تسقط كل قطرات المطر بسرعة ثابتة.

٢- فى تجربة لتعيين معامل لزوجة الجليسرين اسقطت في حوض كرة من الحديد نصف قطرها (٤٢×١٠^{-٤} m)، فوجد أن السرعة النهائية لها (٨٤×١٠^{-٣} m/s). احسب معامل لزوجة الجليسرين، علماً بأن كثافة الحديد ($8000\ kg/m^3$)، وكثافة الجليسرين ($1200\ kg/m^3$)، وتسارع الجاذبية الأرضية ($9.8\ m/s^2$).

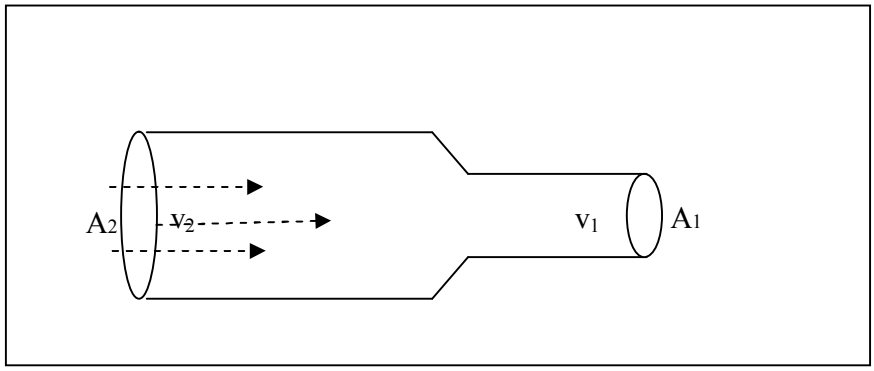
٧. حركة الموائع

عزيزي الدارس: لكى يسهل العلماء على انفسهم دراسة حركة الموائع افترضوا أنها تتميز بخواص مثالية تسهل دراسة حركتها، من هذه الخواص:

- ثبوت الكثافة الذي يجعل السائل غير قابل للانضغاط.
- وانعدام اللزوجة الذي يساعد على عدم وجود احتكاك بين طبقات السائل المتجاورة
- وأن تكون خطوط جريان السائل ثابتة ولا تتداخل مع بعضها خلال حركة السائل في أنبوب، أي أن يكون جريان السائل جرياً مستمراً (جريان صفائحي Laminar Flow) كما في الشكل (٣-12).

السائل الذي يحقق هذه الشروط يسمى السائل المثالي، ويعتبر الماء والدم سوائل مثالية،نسبة لأن لزوجة كل منهما قليلة وكثافة كل منها ثابتة.

١,٧ معادلة الاستمرار(معادلة الاتصال) Equation of Continuity



الشكل (٣-12)

الشكل (٣-١٢) يوضح سائلاً مثالياً يمر في أنبوب مقطعة غير منتظم.

نفرض أن مساحة المقطع عند النقطة الأولى هي A_1 وعند النقطة الثانية هي: A_2، حيث: A_1 أصغر من A_2.

بما أن مبدأ حفظ الكتلة ينص على أن:

كتلة السائل الداخلة تساوي الكتلة الخارجة من الأنبوب في نفس الزمن

وكتلة السائل المارة عبر المقطع عند النقطة الأولى= الكتلة المارة عبر المقطع عند النقطةالثانية.

الكتلة = الكثافة × الحجم = الكثافة × مساحة المقطع × المسافة المقطوعة في ثانية

حيث المسافة المقطوعة في الثانية هي السرعة.

وسنفرض أن السرعة:

- عبر المقطع عند النقطة الأولى هي υ_1.
- وعبر المقطع النقطة الثانية هي υ_2.

كتلة السائل المارة في الثانية عند النقطة ١ = الكتلة المارة عند النقطة ٢ في الثانية.

$$\therefore \quad \rho A_1 \upsilon_1 = \rho A_2 \upsilon_2$$

$$\therefore \quad A_1 \upsilon_1 = A_2 \upsilon_2$$

وبما أن A_1 أصغر من A_2 فإن:

السرعة عند النقطة الأولى تكون أكبر منها عند النقطة الثانية

تسمى العلاقة أعلاه **معادلة الاستمرار** وتكتب عادة كالآتي:

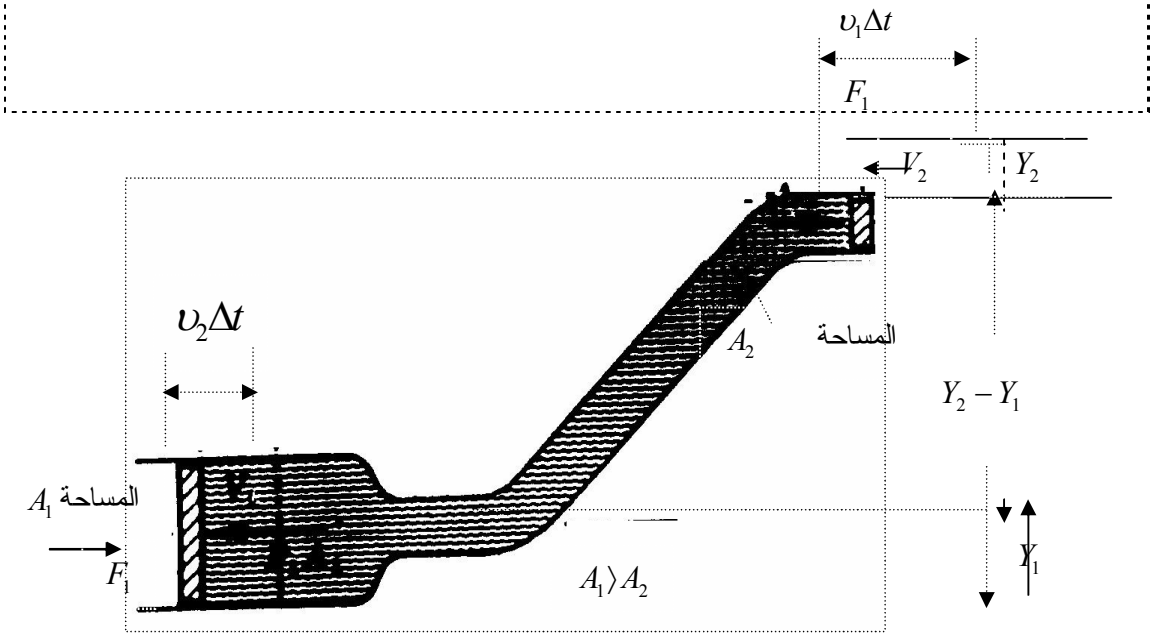
∴ المقدار $A \upsilon$ (مساحة المقطع × السرعة) يبقي ثابت خلال انسياب السائل في الأنبوب، ويسمى هذا المقدار **معدل التدفق** (rate of flow) ونرمز له بالرمز **Q**.

معدل التدفق **Q** يعرف بأنه مساحة المقطع × السرعة

و يمكن إيجاد التدفق من العلاقة التالية:

$$Q = A \upsilon \quad m^3 / s$$

٢,٧ معادلة برنولي Bernoulli's Equation



شكل (3-١٣)

في الشكل (3-١٣) يمر سائل مثالي في أنبوب مقطعة غير منتظم، فإذا مرت كمية صغيرة كتلتها m من السائل في المنطقة التي ارتفاعها Y_1 حيث إن مساحة المقطع A_1 والسرعة υ_1 والضغط P_1 فإن السائل يقطع مسافة $\Delta S_1 = \upsilon_1 \Delta t$، خلال الزمن Δt ، ويعطي حجماً مقداره $\Delta V_1 = A_1 \Delta S$ وعندما يصل السائل إلى المنطقة التي ارتفاعها Y_2 حيث مساحة المقطع A_2 والسرعة υ_2 والضغط P_2 فإنه يقطع مسافة $\Delta S_2 = \upsilon_2 \Delta t$ خلال نفس الزمن Δt ويغطي حجماً مقداره $\Delta V_2 = A_2 \Delta S_2$

وحسب معادلة الاستمرار فإن:

كمية السائل التي تمر عبر المنطقة الأولى = نفس الكمية السائل التي تمر عبر المنطقة الثانية

أي أن:

$$\rho \Delta V_1 = \rho \Delta V_2 = \rho A_1 \Delta S_1 = \rho A_2 \Delta S_2$$

حيث أن ρ كثافة السائل مقدار ثابت ولذلك فإن:

$$A_1\Delta S_1 = A_2\Delta S_2 = \Delta V$$

الآن ننظر إلى الشغل المبذول لرفع السائل من (١) إلى (٢).

وحيث أن الشغل = القوة x المسافة

*** الشغل المبذول بواسطة قوة الجاذبية = (Y1 –Y2) mg =Wg [الشغل=الوزن في الإرتفاع]**

***** الشغل المبذول بواسطة قوة الضغط : $W_p = F_1 \Delta S_2$

حيث: F_1 قوة الضغط في المنطقة الأولى : $F_1 = P_1 A_1$

أما: F_2 قوة الضغط في المنطقة الثانية : $F_2 = P_2 A_2$ **[لأن الضغط = القوة ÷المساحة]**

ج فرق الشغل المبذول في المنطقتين هو

$$W_p = P_1 A_1 \Delta S_1 - P_2 A_2 \Delta S_2 = \Delta V (P_1 - P_2)$$

∴ الشغل الكلي

$$W = Wg + W_p = mg(Y_1 - Y_2) + \Delta V (P_1 - P_2) \quad (١)$$

وبما أن:

الشغل = التغير في الطاقة الحركية خلال الانتقال من المنطقة الأولى إلى الثانية

$$W = KE_2 - KE_1 = \tfrac{1}{2} m \upsilon_2^{\,2} - \tfrac{1}{2} m \upsilon_1^{\,2} \quad (٢)$$

بتعويض الكتلة $m = \rho \Delta V$

ومساواة معادلتى الشغل الكلي (١) و (٢) نحصل على معادلة برنولي :

$$\frac{1}{2}\Delta V\left(\upsilon_2^2-\upsilon_1^2\right)=\mathrm{P}\Delta Vg\left(Y_1-Y_2\right)+\Delta V\left(P_1-P_2\right)$$

$$\frac{1}{2}P\upsilon_2^2-\frac{1}{2}P\upsilon_1^2=PgY_1-PgY_2+P_1-P_2$$

معادلة برنولي

$$P_2+\tfrac{1}{2}\rho\,\upsilon_2^{\,2}+\rho g y_2=P_1+\tfrac{1}{2}\rho\,\upsilon^{2}+\rho g y_1 \quad \text{----------(٣-١١)}$$

أي أن: طاقة الضغط + طاقة الحركة + طاقة الوضع في النقطة النهائية

= مجموع نفس الطاقات في النقطة الأولى.

والمعادلة في الحقيقة تمثل مبدأ حفظ الطاقة بعد إضافة الضغط لأن الضغط أيضاً شكل من أشكال الطاقة.

وينص مبدأ حفظ الطاقة على أن:

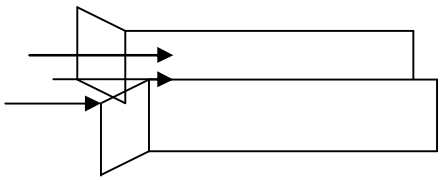
الطاقة للسائل في الأنبوب [طاقة الحركة وطاقة الوضع وطاقة الضغط] محفوظة،أي تساوي مقداراً ثابتاً في أي مقطع داخل أنبوب.

أهم نتائج معادلة برنولى:

زيادة سرعة السائل (أو المائع) في نقطة ما يعنى نقصان الضغط في تلك النقطة

نشاط ١ :عزيزى الدارس: أجر هذه التجربة البسيطة بنفسك الآن.الهواء

انفخ بين الورقتين



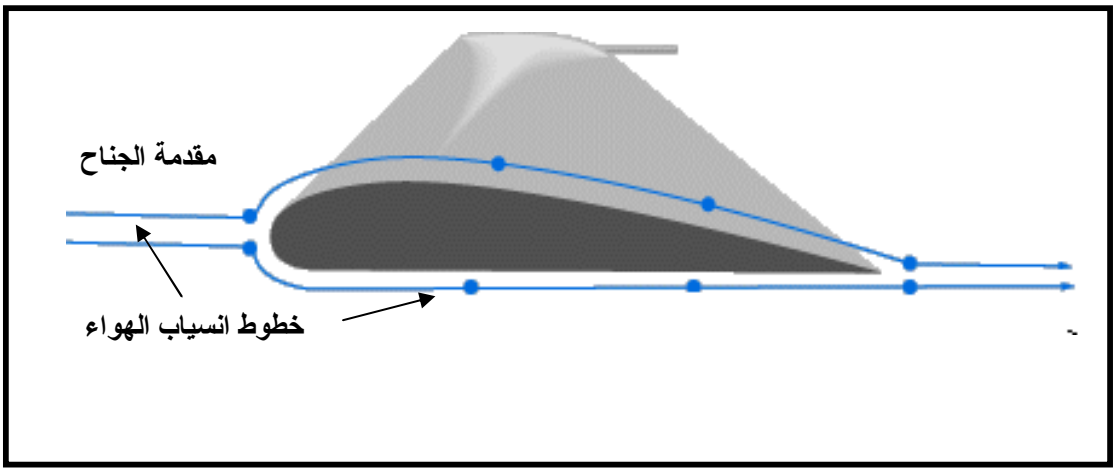
اقطع قطعتين مستطيلتين من الورق طول الواحدة ٢٠ سم وعرضه لا يزيد عن ١٠ سم ثم جهز طريفهما كما في الشكل بحيث تسطيع الإمساك بالأطراف بسهولة ثم امسك الورقتين بحيث يكونا متوازيتين وبينهما مسافة لا تقل عن ٥ سنتمترات وقرب الأطراف التى تمسكها الى فمك ثم انفخ بينهما. ماذا تلاحظ ؟

اذا اجريت التجربة كما يجب فستجد ان الورقتين يقتربان من بعضهما اثناء النفخ . ما السبب ؟

السبب من معادلة بيرنولى: زادت سرعة الهواء بين الورقتين بسبب النفخ وحسب المعادلة قل الضغط .

تطبيقات مفيدة لمعادلة برونولى:

ولقد صمم العلماء أجنحة الطائرات – مطبقين نظرية بيرنولي فى نفس الوقت مستفيدين من قدرة الله في خلق أجنحة الطيور – بحيث يكون الضغط أعلى الجناح أقل من الضغط أسفل الجناح، وهذا الفارق في الضغط تنتج عنه قوة إلى أعلى تمكن الطائرة من الارتفاع.



الشكل يوضح جزءا من جناح طائرة و مقطعا عرضيا لذلك الجزء مع توضيح شكل خطوط انسياب الهواء حول الجناح

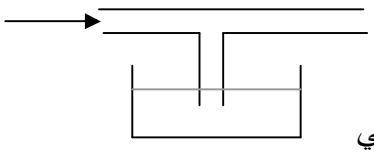
عند النظر إلى شكل جناح الطائرة (**الشكل يوضح مقطعا عرضيا**)الذي صمم بحيث يكون شكله محدباً أي أن المسافة التي يقطعها الهواء أعلى الجناح أطول من المسافة التي يقطعها أسفل الجناح وبالتالي لا بد أن تكون سرعة انسياب الهواء أعلى الجناح أكبر من

سرعته تحت الجناح بحيث يصل الاثنان في نفس اللحظة إلى مؤخرة الجناح حسب قانون الإستمرارية. ولأن سرعة الهواء أعلى فوق الجناح فإن الضغط أعلى الجناح يكون أقل من الضغط أسفل الجناح حسب معادلة بيرنولى ويرفع فرق الجهد هذا الجناح إلى أعلى وكلما زادت السرعات زاد فرق السرعة وزاد فرق الضغط. ولهذا فمهمة المحركات فى الطائرات لا تتعدى اكساب الطائرة السرعة اللازمة لخلق الفرق فى الضغط اللازم لجعل الطائرة تطير وبالتالى لايهم موقع المحرك فى الطائرة بشرط ان يكون هذا الموقع متينا بحيث يتحمل ثقل المحرك.وعادة ما يكون فى مؤخرة الجناح إضافات بحيث تقلل السرعة فوق الجناح او تزيدها حسب الحاجة عند الصعود أو الهبوط. ولذلك كان لابد للطائرة من الجري على مدرج المطار حتى تكتسب الأجنحة السرعة اللازمة لجعل فرق الضغط قادرا على رفع الطائرة مثلها مثل الطيور الكبيرة مثل الصقور التى لابد لها من الجرى أولا.

ومن الممكن أن تلاحظ أحد الآثار الناجمة عن تطبيق هذه المعادلة عندما تكون واقفا في محطة القطار ويأتي قطار سريع عابرا المحطة فنجد أن الهواء المندفع بسرعة بينك وبين القطار سيسبب انخفاضا في الضغط ويحدث فرقا في الضغط بين المنطقة التي أمامك والتي خلفك وينتج عن ذلك قوة تدفعك نحو القطار.

سؤال: إذا مرت رياح سريعة فوق سطح منزل ألا ترى أنه حسب معادلة بيرنولي ولأن الضغط منخفض فوق سطح المنزل مقارنة بداخله فلا بد أن ينقلع السقف. هل رأيت هذا يحدث؟ ما السبب في أن هذه الظاهرة غير واضحة؟

نشاط ٢ :عزيزى الدارس : قم بإجراء التجربة التالية : إصنع انبوبا رفيعا على شكل حرف T (موضح بالشكل) من أي أنابيب مطاطية أو بلاستيكية رفيعة (يمكنك بعناية صناعتها من انابيب اقلام الحبر الجاف)



ثم قم بوضع الأنبوب العمودي فى كوب أو وعاء به ماء ثم انفخ فى أي من طرفي الأنبوب الآخر. ماذا تلاحظ ؟ هل حصلت على بخاخ ؟ ولكن لماذا ارتفع السائل في الأنبوب؟ من معادلة بيرنولى يمكنك الأجابة

أيضا المثال التالي يوضح تطبيق هام آخر لمعادلة بيرنولي.

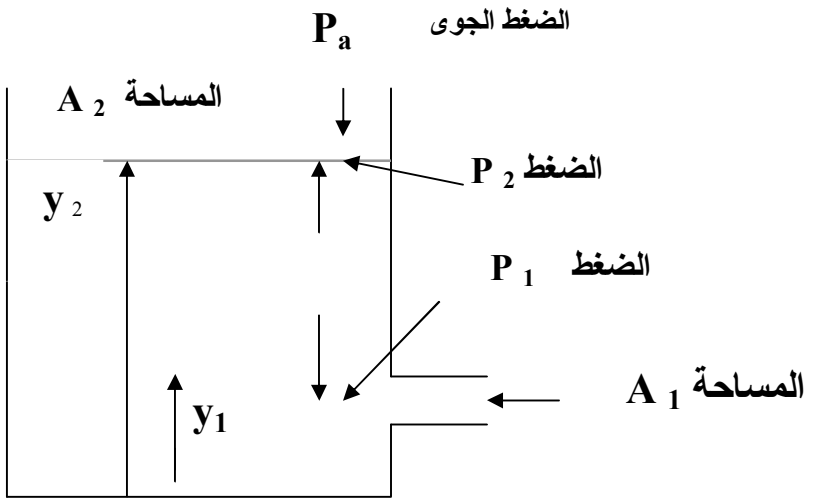
➢ مثال

وعاء كبير مساحة مقطعه A_1 مملوء بسائل ارتفاعه h وتوجد أسفل الوعاء فتحة ضيقة مساحتها A_2. ما سرعة خروج السائل من الفتحة الضيقة ؟

الحل

نستخدم معادلة بيرنولي:

$$P_2 + ½ \rho \upsilon_2^2 + \rho g y_2 = P_1 + ½ \rho \upsilon_2^2 + \rho g y_1$$



إرتفاع السائل بين السطح والفتحة $y_2 - y_1 = h$

ولأن الارتفاع قليل فيمكن إعتبار أنه لا يوجد فرق في الضغط سواءً مع الضغط الجوي أو بين P_1 و P_2

و لذلك فإن الضغط

$$P_1 = P_2 = P_a$$

حيث P_a الضغط الجوي [أنظر الشكل]

وإذا فرضنا أن السائل يهبط ببطء وأخذنا سرعة السائل الخارج من الفتحة $\upsilon^2 = 0$ (لأن مقطع الوعاء A_2 أكبر بكثير من A_1) فإن المعادلة تؤول إلى:

$$\mathbf{(1/2)\ \rho\ \upsilon^2 + \rho\ g\ y_1 = \rho\ g\ y_2}$$

و عليه

$$\frac{1}{2}v_2^2 = g(y_2 - y_1) = gh$$

$$\therefore \upsilon = \sqrt{2gh}$$

وهى سرعة خروج السائل من فتحة الإناء

وهذه النتيجة الأخيرة تسمى بنظرية توريشيلي وتطبق على خزانات المياه مثلاً.

نص بنظرية توريشيلي

سرعة خروج السائل تكافئ السرعة التي يسقط بها جسم حر في مجال الجاذبية من ارتفاع **h** .

أسئلة تقويم ذاتي



١. عرف السائل المثالي

٢. اكتب نص معادلة الاستمرار ثم الصيغة الرياضية لها مع تعريف كل رمز.

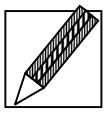
٣. ماذا نعني بمعدل التدفق ثم اذكر وحدة القياس.

٤. اكتب نص معادلة بيرنولي ثم اذكر أهم النتائج و التطبيقات.

٥. اكتب نص نظرية توريشيلي.

٦. برهن نظرية توريشيلي.

تدريب (7)



علل

١. شكل جناح الطائرة صمم بحيث يكون محدباً.

٢. أثبت أن سرعة خروج السائل من أسفل الإناء = الجذر التربيعي للمقدار $\upsilon_2 = \sqrt{2gh}$.

الخلاصة

عزيزي الدارس،

في نهاية هذه الوحدة نؤكد ما أكدنه في التمهيد ما يخصك بمراجعة الأهداف التعليمية الواردة في البداية والتأكد من انك استطعت تحقيقها جميعها، بعد ذلك يمكنك قراءة الملخص التالي:

بدأنا بتعريف المرونة، والتي هي خاصية عودة الأجسام إلى حالتها الأصلية بعد زوال المؤثر، ثم تعرفنا على مفهوم الإجهاد، والانفعال، وذلك عند ثاتير القوة على هذه الأجسام ثم شرحنا قانون هوك بأنه عبارة عن نسبة بين مفهومي الانفعال و الإجهاد، ثم عرفنا معاملات المرونة الطولي والحجمي.

ثم انتقلنا إلى تعريف الكثافة والتي هي كتلة وحدة الحجوم من المادة ووحدة قياسها ثم معرفة الكثافة لبعض المواد.

وأيضاً انتقلنا بعد ذلك إلى مفهوم التوتر السطحي الذي هو عبارة عن قوة الشد التي تظهر علي أسطح السوائل. وأيضا مفهوم الخاصية الشعرية الذي يعني ارتفاع السوائل في الأنابيب الرفيعة ثم استخدام الخاصية لحساب التوتر السطحي وتطبيقات أخرى.

كما عرفنا الموائع بصورة عامة، وأيضا الضغط وهو القوة المؤثرة عموديا على وحدة الكتل و أخذنا أمثلة لضغط السائل. وعرفنا النتيجة التي توصل إليها العالم ارخميدس.

ثم انتقلنا إلى تعريف اللزوجة وفوائدها وكيفية قياس اللزوجة للسائل.

وتنتهي الوحدة بدراسة حركة الموائع ثم تعرفنا على معادلة الاستمرارية ومعادلة برنولي وبعض تطبيقات عليها.

نرجو أن تكون الوحدة مفيدة لك، وقد أضافت إلى معلوماتك و نتمنى لك التوفيق.

لمحة مسبقة عن الوحدة التالية

عزيزي الدارس تحتاج منك الوحدة القادمة إلى اهتمام بالغ، فهي تبحث في أهم المفاهيم الفيزيائية المحسوسة لدي الجميع، ألا وهي مفهوم الحرارة.

أولا ما هي الحرارة؟ وها نحن الآن بصدد معرفة ذلك.

نرجو أن تكون وحدة مفيدة لك وان تسهم معنا في نقدها وتقييمها.

إجابات التدريبات

تدريب (١)

١- ما لم تتعدى القوة المؤثرة على الأجسام حد المرونة فإن مقدار الاستطالة تتناسب طردياً مع مقدار القوة المؤثرة حيث أن ثابت المرونة = الاجهاد ÷ الانفعال.

٢- حد المرونه هو الحد الذي لا يعود فيه الجسم إلى حالته الطبيعيه بسبب أن القوة المؤثرة كانت أكبر من حد المرونة.

تدريب (٢)

١- بما أن معامل المرونة = الانفعال الحجم ÷ الاجهاد الحجمي وعند التعويض نجد معامل المرونة الحجمي

٢- $٢ \times ١٠^{7} N/cm^{2}$.

٣- $٢\ cm^{٣}$.

تدريب (٣)

١- من الجدول نجد أن كثافة الالمنويوم أقل المعادن كثافة أي أنه خفيف لذا يستخدم الألمونيوم في صناعة أجسام الطائرات.

٢- لأن الخشب ذو كثافة أقل من كثافة الماء.

٣- الكتلة = ٠,٠٥٧٩ kg.

تدريب (٤)

١- يتحدب الزئبق لأن قوة التماسك أكبر من قوة الالتصاق في حالة الزئبق بينما يتقعر سطح الماء لأن قوة التماسك أقل من قوة الالتصاق.

٢- بسبب الخاصية الشعرية.

٣- $٠,٠٦٩٦ N/m$.

٤- $٠,٠٨ N/m$.

تدريب (٥)

٢. الضغط الضعط على عمق ١٠٠ متر = $12.013 \times 10^5 \ N/m^2$

كثافة القطعة $5000 \ Kg / m^3$

تدريب (٦)

١. حتى تساعد انتقالها عبر الأوعية والشريان بسرعة فائقة في حالة الدم.

اما الماء فتساعدها على الانتقال لمسافات طويلة

٢. باستخدام المعادلة (٩,٣) نجد أن: $\eta = 28 Ns/m^2$

مسرد المصطلحات

الإجهاد (stress)

هو قــوة الشــد التي تؤثر على وحدة المساحة من جسم ما وتحاول تغيير شكل الجسم

التوتر السطحي (Surface Tension)

هو القوة المؤثرة على وحدة الأطوال من أي خط من خطوط سطح السائل.

الانفعال (strain)

هو التغير أو التشوه النسبي الذي يحدث لشكل الجسم.

الخاصة الشعرية (Capillarity)

تعرف بأنها ظاهرة ارتفاع الماء والسوائل في الأنابيب الصغيرة

الضغط الجوي (Atmospheric Pressure)

وهو وزن عمود الهواء فوق وحدة المساحة والضغط الجوي($1m^2$) يعادل وزن عمود من الزئبق له نفس مساحة القاعدة ($1\ cm^2$) (وطول 75 cm)

المرونة (Elasticity)

هي خاصية عودة الجسم إلى حالته الأولى بعد زوال المؤثر.

الموائع(Fluid's)

هي السوائل والغازات التي تمتاز على المواد الصلبة بخاصية الجريان وتأخذ شكل الوعاء الذي يحويها

الكثافة (Density)

تعرف بأنها كتلة وحدة الحجوم من المادة ويرمز لها بالرمز (ρ) (يقرأ رو)

حد المرونة (elasticity limit)

الضغط (Pressure)

هو القوة المؤثرة عمودياً على وحدة المساحة.

اللزوجة (Viscosity)

اللزوجة هي الخاصية التي تميز السائل من حيث استجابته للحركة

الوحدة الرابعة
الحرارة



محتويات الوحدة

الموضوع	الصفحة
مقدمة	**١٢٢**
أهداف الوحدة	**١٢٣**
1. الطاقة الحرارية	**١٢٤**
1.1 تعريف كمية الطاقة الحرارية	١٢٥
2.1 وحدة قياس الطاقة الحرارية	١٢٥
3.1 العلاقة بين السعر و الجول	١٢٥
٢. تأثيرات الحرارة على المادة	**١٢٦**
3. درجة الحرارة	**١٢٧**
1.3 تعريف درجة الحرارة	١٢٧
2.3 قياس درجة الحرارة	١٢٨
3.3 التدريجات الحرارية	١٣٢
٤. الطاقة الحرارية	**١٣٦**
1.4 السعة الحرارية	١٣٧
2.4 الحرارة النوعية(S)	١٣٩
5. الحرارة الكامنة	**١٤٧**
1.5 الحرارة الكامنة لانصهار المادة	١٤٧
2.5 الحرارة الكامنة للتصعيد	١٤٨
6. التمدد الحراري	**١٥٤**
1.6 التمدد الطولي	١٥٥
2.6 التمدد الحجمي	١٥٧
3.6 تطبيقات التمدد	١٦٢

الخلاصة	**١٦٦**
لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية	**١٦٦**
إجابات التدريبات	**١٦٧**
مسرد المصطلحات	**١٦٨**

مقدمة

عزيزي الدارس،

مرحباً بك إلى الوحدة الرابعة من مقرر الفيزياء العامة (1)

وهي بعنوان الحرارة ستساعدك هذه الوحدة على فهم العلاقة بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة ومعرفة وحدات قياسها وهناك تطبيقات علمية لأثر الحرارة على الأجسام.

تتألف هذه الوحدة من ستة أقسام رئيسية، يزودك القسم الأول بمفهوم الحرارة والطاقة الحرارية. أما القسمين الثاني والثالث فنتناول فيهما معرفة تأثير الحرارة على المادة ومفهوم درجة الحرارة، ومن ثم معرفة أجهزة قياس درجة الحرارة، مع معرفة أنواع التدريجات الحرارية، ثم ننتقل إلى القسم الرابع حيث نتعمق في قياس الطاقة الحرارية الذي ومن خلاله نتعرف على السعة الحرارية والحرارة النوعية ومن ثم إيجاد قانون لقياس كمية الطاقة الحرارية ومعرفة وحدة قياسها.

أما القسم الخامس فسنتناول فيه كيفية تحويل المادة من حالة إلى أخرى ومعرفة مفهوم الحرارة الكامنة للانصهار وللتصعيد.

أما القسم الأخير فيبحث عن أثر الحرارة على الأجسام والذي يسمى بالتمدد الحراري ومعرفة أنواعه، وهي (التمدد الطولي، والسطحي، والتمدد الحجمي).

عزيزي الدارس، لقد ذيلنا هذه الوحدة بسرد شامل للمصطلحات العلمية التي وردت في النص الرئيسي وترد في ثنايا هذه الوحدة تدريبات، وأنشطة، وأسئلة تقويم ذاتي، مع حلول وتعليقات، وأسئلة التعيين الخاص بها والتي تقدمها لمرشدك الميداني.

وقد حرصنا على توفير العدد المناسب منها بهدف ترسيخ التعلم وتعزيزه لديك بصفة عامة.

مرحباً بك إلى الوحدة مرة أخرى ونرجو أن تشاركنا في نقدها وتقييمها.

أهداف الوحدة



عزيزي الدارس بعد فراغك من دراسة هذه الوحدة يتوقع منك أن تكون قادراً على أن:

١. تعّرف مفهوم الحرارة ومفهوم درجة الحرارة وتذكر أهم أثار الحرارة على المادة.
٢. تشرح مفهوم الاتزان الحراري.
٣. تعرف وحدات الطاقة الحرارية الجول والسعر.
٤. تعدد أنواع الترمومترات مع توضيح الخواص الفيزائية التي بنيت عليها هذه الترمومترات.
٥. تذكر مقاييس درجة الحرارة مع تبين مفهوم الصفر المطلق والتحويل من مقياس معين إلى المقياس الآخر.
٦. تعريف السعة الحرارية والحرارة النوعية مع إيجاد كمية الحرارة ثم تذكر وحدات قياسها.
٧. تشرح الحرارة الكامنة مع حل المسائل المتعلقة بقياس كمية الحرارة.
٨. تميز بين معاملات التمدد الطولي والحجمي ثم كيفية حساب التمدد الحراري مع ذكر بعض التطبيقات العلمية.

الحرارة (Heat)

الحرارة هي شكل من أشكال الطاقة. والدليل على ذلك أن أشكال الطاقة الأخرى يمكن أن تتحول إلى حرارة، كما أن الطاقة الحرارية تتحول إلى أشكال الطاقة الأخرى، فمثلاً:

1. **الأجسام المتحركة عندما تصطدم مع بعضها البعض أو عندما يحدث بينها احتكاك خارجي أو داخلي فإن جزء من طاقتها الميكانيكية يتحول إلى حرارة**
2. **الطاقة الكهربائية تتحول إلى طاقة حرارية في بعض الأجهزة الكهربائية مثل السخان الكهربائي وجزئيا في المصباح الكهربائى التقليدى**
3. **بعض التفاعلات الكيميائية بين المواد ينتج عنها حرارة دلالة على تحول الطاقة الكيميائية إلى طاقة حرارية كما في تفاعلات الاحتراق.**

1. الطاقة الحرارية

الطاقة الحرارية تتحول إلى صور الطاقة الأخرى فعندما تكتسب المادة مقداراً معيناً من الطاقة الحرارية فإن طاقة الحركة لجزيئاتها تزداد ونلاحظ ذلك بوضوح في المواد الغازية التي تزداد حركة جزيئاتها ويزداد تبعا لذلك حجم الغاز عندما يكتسب حرارة، فإذا حافظنا على حجم الغاز الأصلي فإننا نجد أن ضغط الغاز قد زاد بسبب هذه الحركات للجزيئات، وهذا يحدث أيضاً في السوائل والمواد الصلبة.

عزيزي الدارس: من المعروف أن جميع المواد تتكون من جزيئات وهي في حالة حركة مستمرة ويكون لكل جزئ طاقة حركة وله طاقة وضع نتيجة لموضعه بالنسبة للجزيئات الأخرى فلذلك فإن:

الطاقة الداخلية للمادة= مجموع طاقات الحركة + طاقات الوضع لجزيئات المادة

1.1 تعريف كمية الطاقة الحرارية

كمية الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة تعادل التغير الذي يحدث في الطاقة الداخلية الكلية للجسم.

فعندما يكتسب جسم ما طاقة حرارية تزداد طاقته الداخلية وإذا فقد الجسم مقداراً من الطاقة الحرارية تنقص طاقته الداخلية.

2.1 وحدة قياس الطاقة الحرارية

أولاً: ولما كانت الحرارة صورة من صور الطاقة فإن الوحدة التي تقاس بها الطاقة الحرارية هي الجول (Joule) ويرمز لها بالرمز **J** وهي وحدة قياس الطاقة في النظام الدولي للوحدات (الجول = Nm)

ثانياً: هناك وحدة تاريخية لقياس الحرارة مازالت تستخدم في بعض المجالات هي السعر (Calorie) ويرمز لها بالرمز (cal).

٣,١ العلاقة بين السعر و الجول

وحدة السعر أكبر في قيمتها من الجول حيث أن:

$$1\ cal = 4.18\ J$$

ويستخدم وحدة السعر الآن بكثرة في التغذية، حيث تقاس كمية الطاقة التي يكتسبها الإنسان مثلاً من طعام ما بالسعرات الحرارية.

٢. تأثيرات الحرارة على المادة

عزيزي الدارس، أن الحرارة تنتقل من جسم إلى آخـــر وأن اكتـــساب المـــادة للطاقـــة الحرارية أو فقدانها لها له عدة آثار على المادة نذكر هنا أهم هذه الآثار:

١. زيادة حركة جزيئات المادة بامتصاصها للحرارة وبالتالي زيادة الطاقة الداخلية وهذا التغير في الطاقة الداخلية نلاحظه كزيادة في سخونة المادة أو العكس كالزيادة في برودتها عندما تفقد حرارة.
2. زيادة أبعاد المادة أو تمددها عندما تكتسب الحرارة وانكماشها عندما تفقد الحرارة.
3. تغير حالة المادة من الصلابة إلى السيولة، ومن السيولة إلى الغازية وذلك عندما تكتسب طاقة حرارية، ويحدث تحول عكسي للمادة عندما تفقد حرارة.
4. زيادة حركة جزيئات الغاز بتسخينه يؤدي إلى زيادة الضغط بسبب التصادم بين الجزيئات.

وهناك تأثيرات فيزيائية أخرى تحدث لبعض المواد بفعل الحرارة مثل:

1. زيادة المقاومة الكهربية لبعض الموصلات.
2. زيادة ضغط الغازات بالتسخين.
3. وتأثيرات كيميائية مثل تفاعلات بعض المعادن مع الأكسجين التي تحتاج للحرارة وينتج عنها أكسيد المعدن،
4. وتأثيرات فسيولوجية مثل الإحساس بالبرد أو بالدفء أو الحروق.

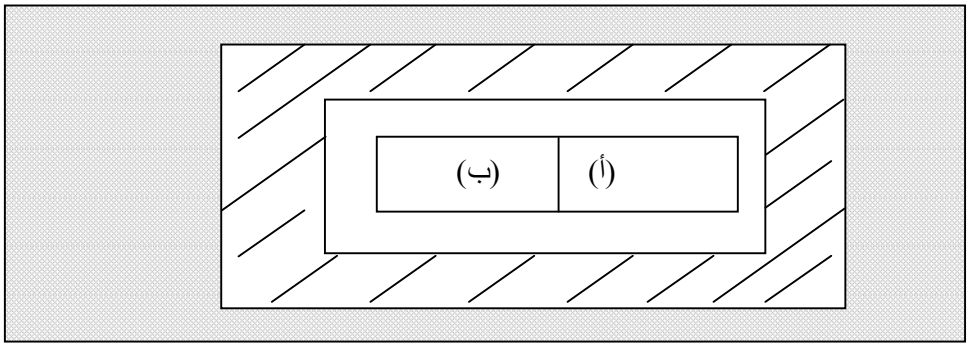
3. درجة الحرارة (Temperature)

عزيزي الدارس، ذكرنا سابقاً أن اكتساب الجسم للحرارة أو فقدها يغير من سرعة حركة جزيئات المادة وبذلك يغير من الطاقة الداخلية للمادة مما يؤدي إلى زيادة سخونة الجسم أو إلى زيادة برودته ولقياس درجة سخونة الجسم أو برودته بدقة تم تعريف كمية فيزيائية سميت درجة الحرارة.

1.3 تعريف درجة الحرارة

عزيزي الدارس أن الحرارة تنتقل من الجسم الساخن (درجة حرارته أعلى) إلى الجسم البارد (درجة حرارته ادني) مثلاً:

لو لامسنا الجسمين (أ) و(ب) المختلفين في درجة الحرارة وعزلناهما عن الوسط الخارجي للحيلولة دون تسرب الحرارة منهما إلى الوسط الخارجي أو دخول الحرارة إليهما من الوسط الخارجي [الشكل(4-1)]



شكل (4-1)

وإذا كانت درجة حرارة الجسم الأول (أ) هي T_1 أعلى من درجة حرارة الجسم الثاني (ب) والتي هي T_2 فإن الطاقة الحرارية سوف تنتقل من الجسم الساخن (أ) إلى الجسم البارد (ب)، وعندما يكتسب الجسم (ب) طاقة حرارية ترتفع درجة حرارته وعندما يفقد الجسم(أ)

طاقة حرارية تنخفض درجة حرارته، ويستمر انتقال الحرارة من الجسم (أ) إلى (ب) أو العكس إلى أن تتساوى درجة حرارة الجسمين وحينئذ يتوقف انتقال الحرارة بينهما ويقال أن الجسمين أصبحا في حالة اتزان حراري (Thermal Equilibrium) عملاً بمبدأ حفظ الطاقة وحينها فإن:

مقدار الطاقة الحرارية التي فقدها الجسم (أ) يساوي مقدار الطاقة الحرارية ا كتسبها الجسم (ب).

ويتضح مما ذكرناه أن درجة الحرارة هي عدد:

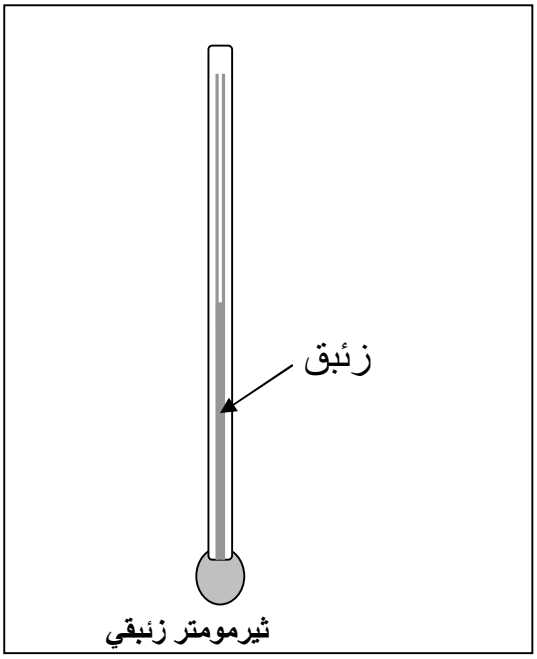
- يدل على حالة الجسم من حيث السخونة أو البرودة
- ويدل أيضاً على سرعة حركة جزيئات الجسم من حيث الارتفاع أو الانخفاض وهذا العدد يأخذ نفس القيمة بالنسبة لجسمين في حالة اتزان حراري

2.3 قياس درجة الحرارة (Thermometry)

تقاس درجة الحرارة بأجهزة تسمى الترمومترات (Thermometers)، وقد بنيت الترمومترات على بعض الخواص الفيزيائية للمادة التي تتغير تغيراً منتظماً وملموساً مع تغير درجة الحرارة وهناك عدة أنواع للترمومترات؟

الترمومترات السائلة

مثل الترمومتر الزئبقي الذي يستخدم خاصية تمدد سائل الزئبق وانكماشه عندما تتغير درجة حرارته ويتكون من مستودع زجاجي رقيق الجدار تتصل به قناة شعرية مدرجة ومفرغة من الهواء ويملأ المستودع وجزء من القناة الشعرية بسائل الزئبق وكلما كانت قناة الترمومتر ضيقة ومستودعه كبير كلما كان أكثر حساسية لقياس درجة الحرارة انظر الشكل (4-2).



الشكل(4-2)

الترمومترات الغازية

هناك نوعان من الترمومترات الغازية

(1) الترمومتر الغازي ذو الحجم الثابت الذي يستخدم خاصية تغير ضغط الغاز مع تغير درجة الحرارة عند ثبوت حجم الغاز، وكما هو معروف من قوانين الغاز المثالي.

إن الضغط يتناسب طردياً مع درجة الحرارة عند ثبوت الحجم

(2) الترمومتر الغازي ذو الضغط الثابت الذي يستخدم خاصية تغير الحجم مع تغير درجة الحرارة عند ثبوت حجم الغاز فيزداد الضغط مع زيادة درجة الحرارة ويقل عند نقصانها

❖ **ملاحظة**

يمتاز هذا النوع من الترمومترات بقياساته الدقيقة لدرجة الحرارة لذلك:

- يستخدم في القياسات العلمية التي تحتاج إلى درجة عالية من الدقة.
- ويستخدم أيضاً كمرجع لتدريج الترمومترات الأخرى والتأكد من دقة قياسها.

الترمومترات المصنوعة من مواد صلبة

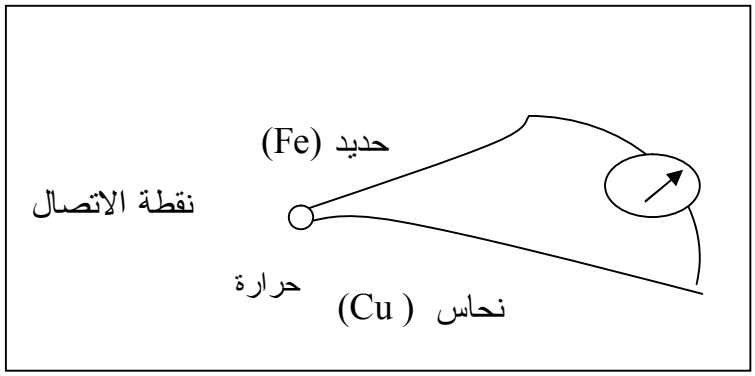
مثل ترمومتر المقاومة الكهربية الذي يستخدم خاصية تغير المقاومة الكهربية لبعض الموصلات المعدنية مع تغير درجة الحرارة ومن أشهر أنواعه الترمومتر الذي يستخدم فيه معدن البلاتين. حيث يوصل المعدن مع مقياس للمقاومة ولكنه مدرج لقياس درجة الحرارة، فإذا سخن المعدن تغيرت مقاومته وبالتالي يعطي التدريج درجة الحرارة.

المزدوج الحراري

يتكون هذا النوع من معدنين مختلفين كالحديد والنحاس، متصلين عند نقطة اتصال ومكونين لدائرة كما في شكل (4-3) ويستخدم المزدوج الحراري خاصية تولد قوة دافعة كهربية (وبالتالى تيار كهربى) عند تغير درجة حرارة نقطة اتصال المعدنين.

ويستخدم المزدوج الحراري لقياس:

- درجات الحرارة العالية جداً مثل درجات حرارة الأفران وانصهار المعادن.
- المنخفضة جداً ايضاً.



شكل(4-3) المزدوج الحراري

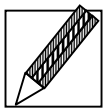
ومن الترمومترات الصلبة الترمومتر الصوتي الذي يستخدم خاصية تغير سرعة الصوت في الهواء مع تغير درجات الحرارة فتزداد بزيادة درجة الحرارة وتنخفض بانخفاضها ويصلح هذا الترمومتر في المناطق القطبية الباردة التي لا يمكن استخدام الترمومتر الزئبقي بسبب تجمد سائل الزئبق.

أسئلة تقويم ذاتى



1. عرف الطاقة الحرارية
2. اذكر وحدة قياس الطاقة الحرارية
3. عرف درجة الحرارة
4. اذكر قانون مبدأ حفظ الطاقة.
5. عدد تأثيرات الحرارة على المادة.
6. اذكر أنواع الترمومترات.
7. مم يتكون المزدوج الحراري، وأذكر استخداماته.
8. أين يستخدم الترمومتر الصوتي.

تدريب (1)



علل:

1. تستخدم الترمومترات الغازية كمرجع لتدريج الترمومترات الأخرى والتأكد من دقة قياسها.
2. يستخدم الجول لقياس الطاقة الحرارية.
3. تغير المادة من حالة إلى أخرى.

٣,٣ التدريجات الحرارية (Temperature scales)

عزيزي الدارس، عرفنا أن درجة الحرارة هي مقياس لمدى سخونة الجسم أو برودته وهي عدد يبينه الترمومتر للدلالة على ذلك وفقاً لتدريج حراري متفق عليه، وتستخدم عدة تدريجات حرارية (مقاييس درجة الحرارة) لقياس درجة الحرارة وهي:

أولاً: التدريج المئوي (Celsius Scale)

لهذا النظام نقطتان (درجتان) ثابتتان، هما نقطة تجمد الماء ونقطة غليان الماء تحت الضغط الجوي العياري الذي يعادل $(1.0\times10^5 P_a)(76cmHg)$ وتعتبر نقطة تجمد الماء صفراً ($0\ ^0C$) في هذا التدريج، كما أن درجة الحرارة التي يغلي فيها الماء تحت الضغط العياري تعتبر $(100\ ^\circ C)$ أي أن المسافة بين النقطتين قسمت إلى مائة جزء كل جزء يعادل (درجة مئوية واحدة) كما هو موضح الشكل (4-3) (أ). حيث أن:

وحدة قياس التدريج المئوي هي درجة مئوية ^{o}م (centigrade= ^oC)
وتسمى ايضا باسم العالم سلسيوس(Celsius). ويقال درجة درجة سلسيوس

ثانياً: التدريج الفهرنهايتي (Fahrenhity Scale)

وحدة قياس درجة الحرارة في هذا النظام هي درجة فهرنهايت(^0F)

وهذا النظام لايستخدم الآن الا فى بعض البلدان مثل الولايات المتحدة وهو غير معتمد فى النظام الدولى للوحدات ولهذا النظام أيضاً نقطتان ثابتتان، هما نقطة تجمد الماء(32^0F) ونقطة غليانه(212^0F) تحت الضغط الجوي العياري السابق. وقيمت المسافة بين النقطتين إلى مائة وثمانون جزء كل جزء يعادل (درجة فهرنهايت واحدة) كما هو موضح الشكل(4-5) (ب). حيث أن: درجة مئوية واحدة = $\left(\frac{9}{5}\right)$ درجة فهرنهايت.

$$1^0\,C=\left(\frac{9}{5}\right)\ {}^0F \quad (١-٤)$$

وعند التحويل من التدريج المئوي إلى التدريج الفهرنهايتى نستخدم المعادلة التالية.

$$T^o\,F = {}^0C \times \frac{9}{5} + 32 \qquad (٢\text{-}4)$$

وعند التحويل من التدريج الفهرنهايتى إلى التدريج المئوي نستخدم المعادلة **(2−4)**.

$$T\ {}^oC = ({}^0F - 32) \times \frac{5}{9} \qquad (2\text{-}4)b$$

ثالثاً: التدريج المطلق (Absolute Scale)

وحدة قياس درجة الحرارة في النظام المطلق هي الدرجة المطلقة (Kelvin = K)وتسمى **كلفن** على اسم العالم كلفن. وهى المعتمدة لقياس درجة الحرارة فى النظام الدولى للوحدات

- وفي هذا التدريج نقطة تجمد الماء تحت الضغط العياري هي (273.15K)
- ونقطة غليان الماء تحت الضغط العياري (373.15 K)

أي أن المسافة بين النقطتين قسمت إلى (100) جزء كل جزء يساوي واحد درجة مطلقة ويتضح من ذلك أن الدرجة المطلقة تساوي الدرجة المئوية وعند التحويل من الدرجات المطلقة إلى درجات مئوية نطرح منها 273.15 وعند تحويل الدرجات المئوية إلى درجات مطلقة نضيف إليها 273.15 والعلاقة بين التدريجيين هي:

$$T\,K = T^0\,C + 273.15 \qquad (3\text{-}4)$$

ويعتبر التدريج المطلق هو التدريج العلمي لدرجة الحرارة. و(Kelvin) هي وحدة درجة الحرارة المستخدمة في النظام الدولي للوحدات (System International) ويختصر (SI).

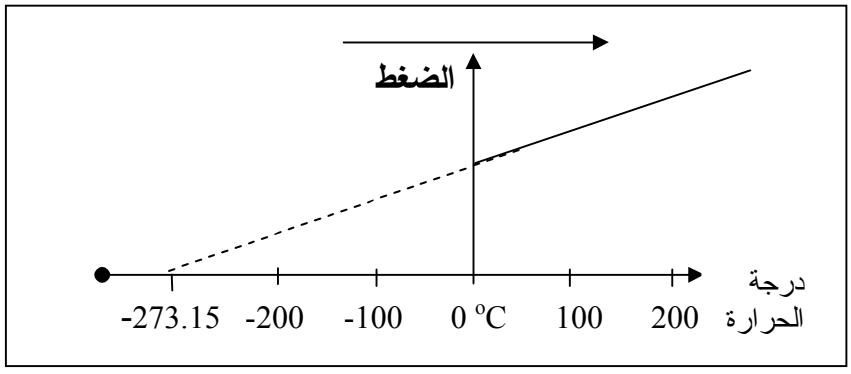
ملاحظة

الرقم 273.15 في المعادلة (4-3) تم الحصول عليه عملياً وبيانياً من التجارب التي أجريت لدراسة تغير الضغط مع تغير درجة الحرارة لغاز ثابت كثافته منخفضة كالهليوم أو الهيدروجين باستخدام الترمومتر الغازي ذي الحجم الثابت،

وتم رسم بياني للعلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة المئوية كما في الشكل (4-4) ووجد أن العلاقة خطية ، ونلاحظ انه:

- إذا تم مد هذا الخط المستقيم لدرجات الحرارة المنخفضة فإنه يقطع (المحور الأفقي) محور درجة الحرارة عند النقطة $-273.15^{\circ}c$
- وهذا يعني أن درجة الحرارة $-273.15^{\circ}c$ هي الصفر المطلق لقياس درجة الحرارة وهي أقل درجة حرارة يمكن الوصول إليها من الناحية العملية والنظرية.

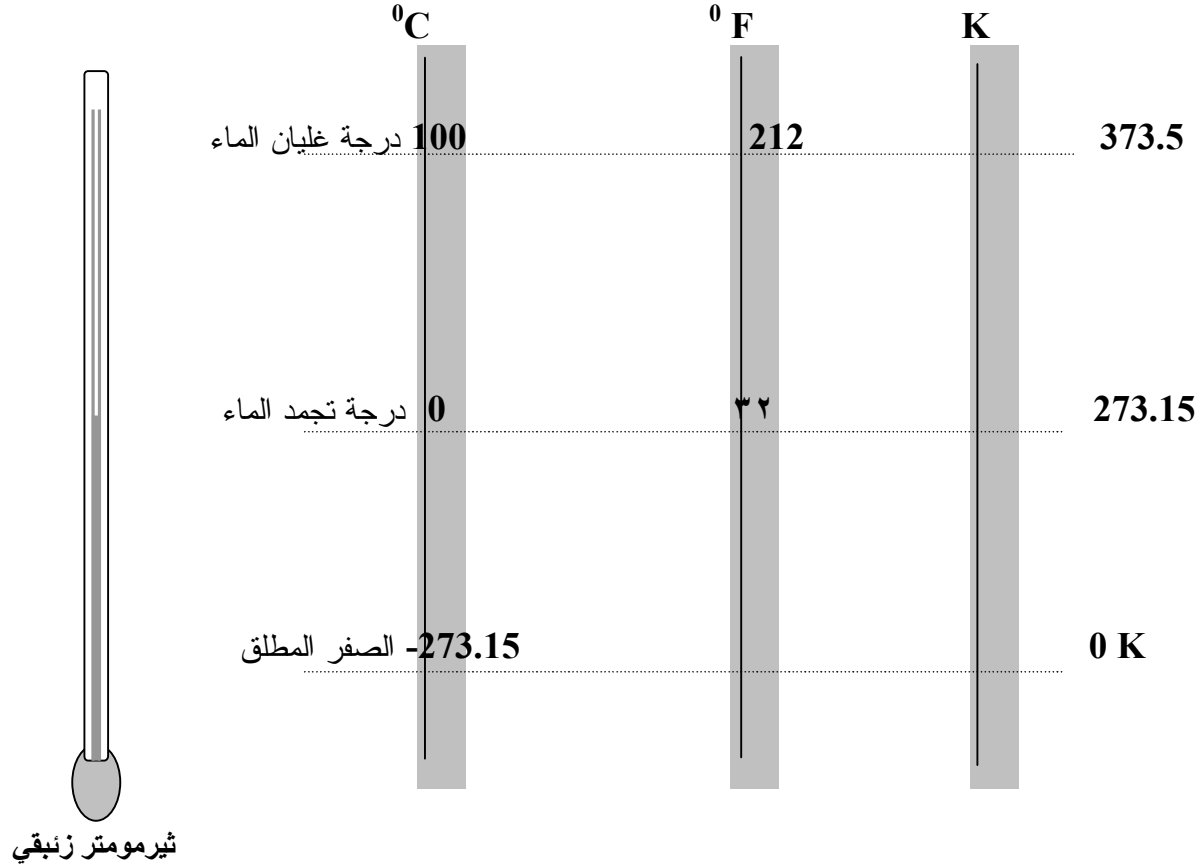
ولا يمكن تبريد مادة إلى درجة حرارة أقل منها لأن الضغط في هذه الحالة سوف يكون سالباً (أنظر الرسم البياني) وهذا غير ممكن. ولهذا تم اختيار التدريج المطلق لكي تكون درجة الحرارة (**C** $^{\mathbf{0}}$ 273.15-) هي الصفر المطلق (0 K).



شكل (4-4) يوضح العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة.

وكما تعلم أيها الدارس فإن درجة الحرارة مقياس لحركة جزيئات المـــادة، لـــذلك فمـــن المتوقع أن تتوقف حركة الجزيئات عند الصفر المطلق وتصبح الذرات والجزيئات كلهـــا فـــي حالة سكون.

شكل (4-5) يوضح التدريجات الحرارية الثلاثة



شكل (4-5)

➢ مثال

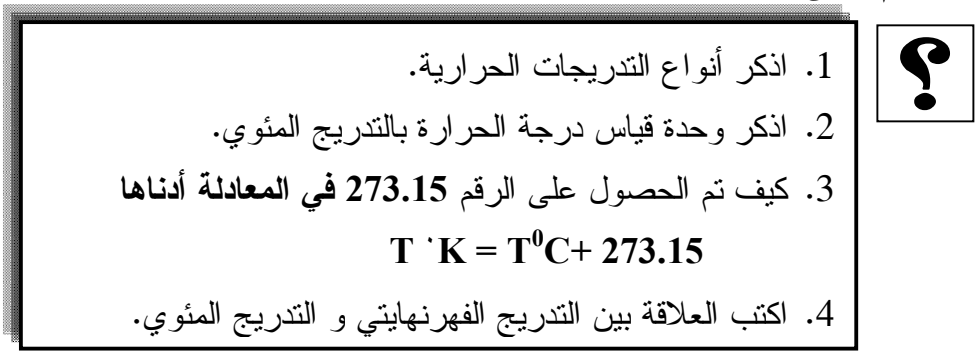
إذا كانت درجة تجمد الكحول الإثيلي تحت الضغط العياري $-117^{\circ}C$، كم تكون الدرجة بالتدريج المطلق؟

الحل

$$T^0K = T^0C + 273.15 = -117 + 273.15$$
$$T^0K = 156.15\ ^0K$$

وهي نقطة تجمد الكحول في التدريج المطلق.

أسئلة تقويم ذاتى

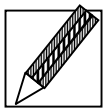


1. اذكر أنواع التدريجات الحرارية.
2. اذكر وحدة قياس درجة الحرارة بالتدريج المئوي.
3. كيف تم الحصول على الرقم **273.15 في المعادلة أدناها**

$$T\ ^{\cdot}K = T^0C + 273.15$$

4. اكتب العلاقة بين التدريج الفهرنهايتي و التدريج المئوي.

تدريب (2)



عزيزي الدارس،

1. في الرسم البياني شكل (4-4) الضغط يساوي صفر عند درجة الصفر المطلق،أي عندما تتوقف حركة الجزيئات. وضح علاقة الضغط بالحركة ولماذا ينعدم الضغط عندما تختفي الحركة؟
٢. إذا كانت درجة تجمد سائل تحت الضغط العياري هي $(-120^{\circ}C)$، كم تكون الدرجة بالتدريج المطلق؟

4. قياس الطاقة الحرارية (Calorimetery)

عزيزي الدارس، علمت مما سبق أن انتقال الحرارة من جسم أو إليه أو إلى جسم آخر يلامسه أو يخالطه يعتمد على وجود فرق في درجة الحرارة بين الجسمين، وأن:

- انتقال الطاقة الحرارية بين الجسمين يستمر ما دام هناك فرق بين درجتي حرارتيهما

- ويتوقف انتقال الطاقة الحرارية عندما يصبحان في حالة اتزان حراري.

فإذا كانت درجة حرارة الجسم الساخن T_2 ودرجة حرارة الجسم البارد T_1 فإن الطاقة الحرارية (كمية الحرارة) تنتقل من الجسم الساخن إلى الجسم البارد عندما يتلامس الجسمان فترتفع درجة حرارة الجسم البارد وتنخفض درجة حرارة الجسم الساخن وعندما يصلان لدرجة حرارة مشتركة (T) يتوقف انتقال الحرارة بينهما، ولذلك فإن:

$$(T_1 < T < T_2)$$

عندئذ فان كمية الحرارة (ΔQ) التي اكتسبها الجسم البارد هي نفس الكمية التي فقدها الجسم الساخن (إذا افترضنا أن الجسمين معزولين تماماً عن الوسط الخارجي).

وعليه فإن:

كمية الحرارة تتناسب طردياً مع فرق درجات الحرارة ($T = T_2 - T_1$)

أي أن:

$$\Delta Q \propto (T_2 - T_1)$$

أو

$$\Delta Q = c \times (T_2 - T_1) \text{ --------(4-4)}$$

حيث c مقدار ثابت يسمى السعة الحرارية للجسم (Heat Capacity).

1.4 السعة الحرارية (Heat Capacity)

السعة الحرارية (c) للجسم هي الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم واحد درجة سليوس (أو درجة مطلقة واحدة).

فإذا كان فرق درجة الحرارة $(T_2 - T_1) = 1^\circ$ **فإن:**

$$(c = \Delta Q)$$

وهذا يعني أن السعة الحرارية تساوي كمية الطاقة الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم درجة سلسيوس (أو مطلقة) واحدة.

وحدة السعة الحرارية

تقاس السعة الحرارية بوحدة:

$(J/^\circ C)$ جول لكل درجة مئوية

ذلك لان:

- وحدة Q أو ΔQ هي الجول J
- و وحدة فرق درجات الحرارة $^\circ C = (T_2 - T_1)^0$

وواضح جداً أن تعريف السعة الحرارية هذا لا يذكر نوع الجسم أو كتلته أو أي خواص أخرى وإنما ينطبق على أى جسم ومن أي نوع.

➢ مثال

ما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين جسم من الدرجة (30^0C) إلى الدرجة (90^0C)، علماً بأن السعة الحرارية للجسم (250 J/^{0}C) ؟

الحل

نستخدم العلاقة $\mathbf{\Delta Q = c \times (T_2 - T_1)}$

فرق درجة الحرارة $\mathbf{T_2 - T_1 = 90\text{-}30 = 60}$

الطاقة الحرارية اللازمة $\mathbf{\Delta Q = 250x60 = 15000J = 15\ k.\ J}$

2.4 الحرارة النوعية (s) (Specific Heat Capacity)

من البديهي أن السعة الحرارية أو كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جسم درجة واحدة تعتمد على كتلة الجسم فالكتلة الكبيرة تحتاج لكمية حرارة أكبر من الكتلة الصغيرة ونكتب التناسب بين (c) وكتلة الجسم (m) كالأتي :

$$c \propto m$$

أي أن :

$$c = s \times m \qquad (5\text{-}4)$$

حيث (**s**) مقدار ثابت يسمى **السعة الحرارية النوعية** أو **الحرارة النوعية**.

تعريف الحرارة النوعية

هي الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتلة من الجسم واحد درجة سليوس (أو درجة مطلقة واحدة).

وإذا عوضنا في المعادلة (4-4) قيمة (c) نحصل على معادلة أخرى للطاقة الحرارية (**ΔQ**)

$$\Delta Q = s\ m\ (T_2 - T_1) \text{-------(6-4)}$$

إذا افترضنا أن كتلة الجسم ($m = 1\ kg$) والتغير في درجة الحرارة ($T = 1\ ^oC$) فإن ($\Delta Q = s$)،

أي أن الحرارة النوعية: (s)

هى الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة كيلوجرام واحد من مادة الجسم درجة سليوس واحدة وتسمى بالحرارة النوعية أو السعة الحرارية النوعية.

العلاقة بين الحرارة النوعية و السعة الحرارية

الحرارة النوعية = السعة الحرارية لوحدة الكتلة (أي للكيلو جرام واحد)

وحدة الحرارة النوعية

تقاس الحرارة النوعية بوحدة:

جول لكل كجم درجة مئوية = $\left(J/Kg.^{\circ}C\right)$

ونظراً لاختلاف تركيب المواد فإن لكل مادة حرارة نوعية معينة والجدول التالي يبين السعة الحرارية النوعية أو الحرارة النوعية لبعض المواد كثيرة الاستخدام في حياتنا.

المادة		الحرارية النوعية ($J/kg.^{o}C$)
صلبة	المونيوم	900
	نحاس	387
	زجاج	840
	جليد (عند $-15\ ^{o}C$)	2000
	حديد	452
	رصاص	128
	فضة	235
سائلة	ماء (عند $15\ ^{o}C$)	4186
	كحول إيثيلي	2450
	جليسرين	2410
	زئبق	139

الجدول(4-1) يبين السعة الحرارية النوعية أو الحرارة النوعية لبعض المواد كثيرة الاستخدام في حياتنا

✪ ملاحظة

ويلاحظ من الجدول ما يلي:

- الحرارة النوعية للسوائل (عدا الزئبق) بصفة عامة أكبر من الحرارية النوعية للمواد الصلبة.
- الحرارة النوعية للماء بصفة خاصة أكبر من السعة الحرارية النوعية لأية مادة، أخرى سواء أكانت صلبة أو سائلة، ولهذا الأمر أهمية كبيرة في حياتنا، وتأثيرات كثيرة. (أذكر بعض التأثيرات أو الفوائد).
- لم نذكر درجة الحرارة التي قيست فيها السعة الحرارية إلا للجليد والماء، وذلك لأن التغير في قيمة السعة الحرارية النوعية للمواد الصلبة والسائلة بتغير درجة الحرارة تكون تغيراً طفيفاً، بحيث يمكن اعتبار قيم السعة الحرارية النوعية لهذه المواد ثابتة في مدى واسع من درجة الحرارة.

من المعادلة (٤-٦) نلاحظ أنه باستخدام الكتلة m ولنفس الطاقة الحرارية ΔQ يكون الارتفاع في درجة الحرارة (T_2-T_1) قليلاً إذا كانت الحرارة النوعية كبيرة (مثلاً في حالة الماء) بينما يكون الارتفاع في درجة الحرارة كبيراً إذا كانت الحرارة النوعية قليلة (كما في حالة المعادن) ولذلك نجد أن المعادن تحت الشمس تكون ساخنة (درجة حرارة كبيرة) بينما الماء يظل فاتراً. فكتلة من الماء (m) تحتاج إلى طاقة حرارية كبيرة لتصل إلى درجة معينة بينما نفس الكتلة m في معدن تحتاج إلى طاقة حرارية أقل لتصل لنفس درجة الحرارة.

- لم نذكر في الجدول أياً من المواد الغازية وذلك بسبب اختلاف هذه المواد عن المواد الصلبة والسائلة فأنت تعلم عزيزي الدارس أن:

> الغاز ليس له حجم ثابت ولا شكل ثابت وأنه إذا تغيرت درجة حرارة الغاز فإن كلاً من حجمه وضغطه يتغيران تغيراً كبيراً.

ولذلك ينبغي تثبيت أحد المقدارين (الضغط أو الحجم) عندما نريد قياس السعة الحرارية النوعية للغاز وبذلك يكون للغاز قيمتان للسعة الحرارية النوعية إحداهما

(1) عند تثبيت الضغط.

(2) الأخرى عند تثبيت الحجم.

وعلى سبيل المثال فإن السعة الحرارية لبخار الماء

- عند تثبيت الضغط وعند درجة حرارة $(100^{\circ}C)$ تساوي $(2020J/Kg.^{\circ}C)$
- وعند تثبيت الحجم وعند درجة حرارة ($100\ ^0$C) تساوي (1520 J/Kg. C^0)

➢ مثال

ما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين (500 gm) من الماء من درجة حرارة (35^0 C) إلى الدرجة (85^0 C)، علماً بأن الحرارة النوعية للماء $4186J/Kg.^{\circ}C$ ؟

الحل

نستخدم العلاقة (6-4)

$$\Delta Q = s\ m\ (T_2 - T_1)$$

$$Q = 4186 \times 500 \times 10^{-3} \times (85\text{-}35)$$

$$= 4186 \times 0.5 \times 30 = 62790\ J$$

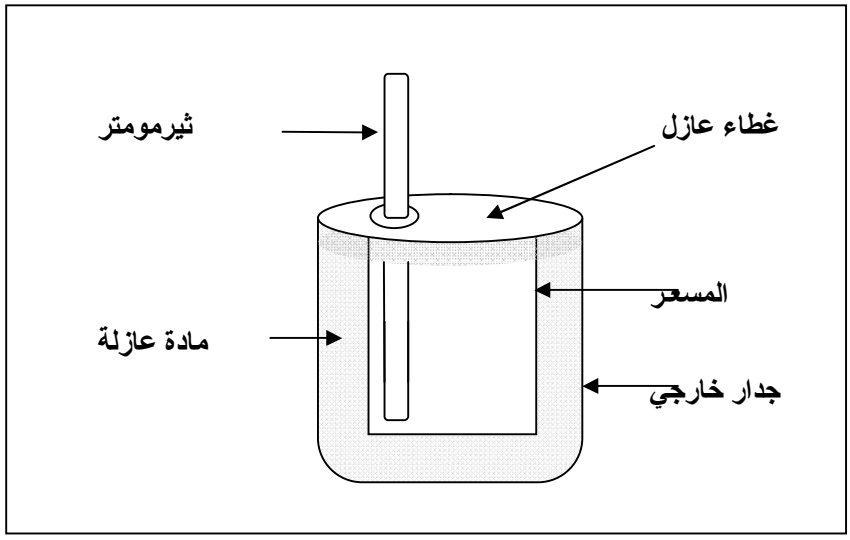
$$\Delta Q = 62.79\ k\ J$$

مثال

وعاء من الألمونيوم معزول كتلته (250gm) يحتوي على (400 gm) من الماء عند درجة حرارة (30^0C)، سخنت قطعة من رصاص كتلتها (gm1500) إلى درجة حرارة (١٠٠^{o}C) ثم ألقيت في الماء، ما درجة الحرارة النهائية للماء والوعاء علماً بأن الحرارة النوعية للماء$(4186J/Kg.^{\circ}C)$ **وللألمونيوم** $(900J/Kg.^{\circ}C)$ **وللرصاص**$(128J/Kg.^{\circ}C)$

الحل

الوعاء المعدني المعزول يسمى بالمسعر (calorimeter) وسوف نستخدمه لإجراء التجـــارب المعملية لقياس كمية الحرارة أنظر الشكل (4-6).



الشكل (4-6):المسعر Calorimeter

المسعر والماء يكتسبان الحرارة وترتفع درجة حرارتها بينما القطعة المعدنية تفقد حرارة وتنخفض درجة حرارتها، ولهذا فإن:

وحسب قانون حفظ الطاقة:

الحرارة المفقودة بواسطة القطعة المعدنية =
الحرارة المكتسبة بواسطة الماء + الحرارة المكتسبة بواسطة الوعاء

نفرض أن درجة الحرارة النهائية هي $(\theta\ ^0C)$، ونستخدم العلاقة **(4-6)** لحساب الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة بواسطة أي جسم نوجد كمية الطاقة الحرارية.

- يكتسب الماء {عندما ترتفع درجة حرارته من$(\theta\ ^0C)$ إلى $(30\ ^0C)$} طاقة حرارية مقدارها:

$$\Delta Q_1 = 4186 \times 0.4 \times (\theta - 30)$$

- كذلك يكتسب وعاء الألمونيوم طاقة حرارية مقدارها:

$$\Delta Q_2 = 900\times0.25\times(\theta - 30)$$

- وتفقد القطعة المعدنية طاقة حرارية مقدارها:

$$\Delta Q_3 = 128\times1.5\times(100 - \theta)$$

إذن باستخدام قانون حفظ الطاقة الحرارية فإن

$$\Delta Q_1 + \Delta Q_2 = \Delta Q_3$$

بالتعويض عن القيم نتحصل على

$$4186\times0.4\times(\theta - 30) + 900\times0.25\times(\theta - 30) = 128\times1.5\times(100 - \theta)$$

$$1274.4\,\theta + 225\,\theta + 192\,\theta = 1920 + 38232 + 6750$$

$$1691.4\,\theta = 46902$$

$$\theta = \frac{46902}{169.4} = 27.7^{\circ}C \therefore$$

$\therefore$ درجة الحرارة النهائية = $27.7\ {}^{0}C$

أسئلة تقويم ذاتى



عرف كلاً من:

1. السعة الحرارية – الحرارة النوعية ثم اذكر وحدة قياس كل منهما.
٢. اذكر قوانين كل من السعة الحرارية – الحرارة النوعية مع توضيح الرموز.
3. بالرسم وضح المسعر الحراري.
4. **أكتب** قانون حفظ الطاقة الحرارية.
5. عند لمس قطعة من الحديد وقطعة من الخشب موجودتين في مكان معرض للشمس تحس بأن قطعة الحديد أسخن من قطعة الخشب، لماذا؟
٦. ما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين (100 gm) من الماء من درجة حرارة ($15\ ^0C$) إلى الدرجة (^0C ٥٠)، علماً بأن الحـــرارة النوعية للماء $\left(4186 J/Kg.^\circ C\right)$ ؟

تدريب (3)

١- علل ما يلي:

(١) الحرارة النوعية للماء بصفة خاصة أكبر من الحرارة النوعية لأية مادة، سواء أكانت صلبة أو سائلة.

(٢) الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكن يمكن تحويلها من شكل إلى آخر.

(٣) يمكن اعتبار قيم السعة الحرارية النوعية للمواد الصلبة ثابتة في مدى واسع من درجات الحرارة.

(٤) يكون للغاز قيمتان للسعة الحرارية.

٢- ما مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لتسخين جسم من الدرجة (9^0c) إلى الدرجة (90^0C)، علماً بأن السعة الحرارية للجسم ($250\ J/^0C$)؟

٣- إذا اكتسب واحد كجم من معدن كمية حرارة معينة واكتسب واحد كجم من الماء نفس الكمية من الحرارة، ماذا تستنتج من الجدول السابق بشأن درجة حرارة المعدن مقارنة بدرجة حرارة المـــاء؟ ما علاقة ذلك بما يحدث في الحياة اليومية؟

٤- (١) اكتب قانون بقاء الطاقة الحرارية.

(٢) وعاء معزول من النحاس (مسعر) سعته الحرارية $40J/^\circ C$ يحتوي على (٠,١٥ kg) من الماء في درجة حرارة $30^\circ C$ أسقطت فيه قطعة معدنية سعتها الحرارية $80J/^\circ C$ ودرجة حرارتها $100^\circ C$ أحسب درجة الحرارة النهائية؟ خذ الحرارة النوعية للماء ($4200J/kg^0c$).

ه. الحرارة الكامنة (Latent Heat)

عزيزي الدارس علمت مما سبق أن للحرارة تأثيرات مختلفة على المواد منها تحول المادة من حالة إلى حالة أخرى، فعند

1- تسخين كمية من مادة صلبة كالشمع مثلاً قد يؤدي إلى انصهاره.

2 - تسخين الماء قد يؤدي إلى تبخره.

عزيزي الدارس لنفرض أننا أخذنا كمية من مادة صلبة وبدأنا في تسخينها تدريجياً وسنلاحظ أن درجة حرارتها سترتفع بانتظام إلى أن تصل إلى نقطة تحول المادة من حالة الصلابة إلى حالة السيولة أي نقطة الانصهار. عندها تبدأ المادة في التحول من حالة الصلابة إلى السيولة ويتوقف ارتفاع درجة الحرارة خلال عملية التحول هذه على الرغم من استمرار تزويد المادة بالطاقة الحرارية وتسمى هذه الحرارة بالكامنة.

1.5 الحرارة الكامنة لانصهار المادة (Latent Heat of Fusion)

هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل (1 kg) من مادة من الحالة الصلبة إ
إلى الحالة السائلة عند النقطة الانصهار دون تغير في درجة الحرارة
(وسنرمز لها بالرمز L_f)

وبعد إتمام عملية التحول من الصلابة إلى السيولة تبدأ درجة الحرارة في الارتفاع مرة أخرى بصورة شبه منتظمة حتى تصل إلى نقطة تحول السائل إلى غاز (هي نقطة الغليان) وتبدأ المادة السائلة في الغليان (التبخر) دون أن ترتفع درجة حرارتها على الرغم من استمرار تزويدها بالطاقة الحرارية أي تكون هناك كمية حرارة مختفية، وعندما تتحول كل المادة السائلة إلى غاز يبدأ ارتفاع درجة الحرارة مرة أخرى.

من هنا عزيزي الدارس يمكن تعريف الحرارة الكامنة للتصعيد

2.5 الحرارة الكامنة للتصعيد (Latent Heat of Vaporization)

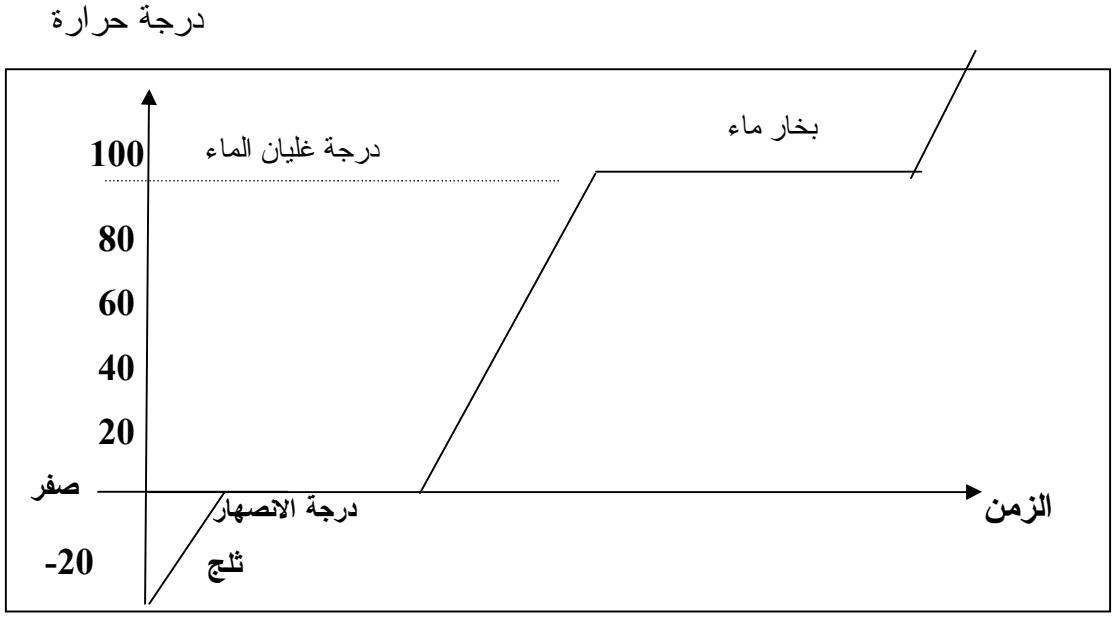
هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل وحدة الكتلة (kg) من المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند نقطة الغليان دون تغير في درجة الحرارة وسوف نرمز لها بالرمز (L_v).

وحدة قياس الحرارة الكامنة

في النظام الدولي للوحدات تقاس الحرارة الكامنة بوحدات (J/kg) وذلك حسب التعريفات أعلاه.

ويوضح الشكل (4-7) المنحنى البياني للعلاقة بين درجة الحرارة والزمن بالنسبة للماء الذي يكون في حالة الصلابة (ثلج) عند درجات حرارة أقل من ($\mathbf{0\ ^0C}$).

- ونقطة انصهار الثلج تحت الضغط العياري هي ($\mathbf{0\ ^0C}$).
- ونقطة تحول الماء إلى بخار ماء تحت الضغط العياري هي ($\mathbf{100\ ^0C}$).



الشكل (4-7)

عزيزي الدارس، نستنتج مما سبق أن اكتساب المادة للطاقة الحرارية:

- لا يؤدي إلى رفع درجة حرارتها في حالة التحول من حالة (تسمى طور) إلى حالة (طور) أخرى.
- درجة حرارة الثلج كانت ثابتة خلال فترة التحول إلى ماء عند درجة حرارة الانصهار.
- وكذلك كانت درجة حرارة الماء ثابتة خلال فترة التحول إلى بخار ماء، هذه الطاقة الحرارية التي تكتسبها المادة خلال عملية تحولها من حالة إلى حالة أو من طور phase إلى طور، ولا تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة المادة تسمى بالحرارة الكامنة (Latent Heat).

وهذه الطاقة الحرارية (الحرارة الكامنة) تستنفذ في:

- عملية تفكك الجزيئات وإعادة ترتيبها وانتقال المادة إلى الحالة الجديدة (أو الطور الجديد) التي تكون فيها الجزيئات أكثر تباعداً من الحالة الأولى.

لقد وجد أن:

الحرارة الكامنة لانصهار الثلج عند (0^0 C) هي (3.33×10^5 J/kg)
الحرارة الكامنة للتصعيد للماء عند ($100\ ^0$C) هي (2.26×10^6 J/kg)

وتستطيع الآن عزيزي الدارس من التعريف الذي ذكرناه أن تحسب مقدار الطاقة الحرارية اللازمة لإمداد الجسم بها حتى يتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة وذلك باستخدام العلاقة:

$$Q = m L_f \quad (7\text{-}4)$$

حيث(m) كتلة الجسم و L_f الحرارة الكامنة لانصهاره. وهذه الطاقة (Q) تتحرر إلى الوسط المحيط بالمادة عندما تتحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الصلبة أي عندما يحدث العكس.

أما بالنسبة لتحول المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية نستخدم العلاقة:

$$Q = m L_u \quad (8\text{-}4)$$

حيث **(L_u)**الحرارة الكامنة للتصعيد.

وتطلق المادة نفس الحرارة إذا تحولت من غاز إلى سائل.

➢ مثال

أسقطت قطعة ثلج كتلتها (0.2 kg) ودرجة حرارتها (-10^0 C) في إناء معزول (مسعر) كتلته (0.15 kg) ويحتوي على (1.5 kg) ماء درجة حرارته (25^0 C). ما درجة الحرارة النهائية بعد ذوبان الثلج، علماً بأن الحرارة النوعية للجليد (2000 J/Kg. ^{0}C) وللماء

(4186 J/Kg. ^{0}C) ولمادة الإناء (840 J/Kg. ^{0}C) والحرارة الكامنة لانصهار الثلج (J/Kg 3.33×10^5) ؟

الحل

إذا افترضنا أن درجة الحرارة النهائية بعد ذوبان الثلج هي(θ^0C) فإن كلاً من الإناء والماء يفقد حرارة وتنخفض درجة حرارتها من (25^0 C) **إلى**(θ^0 C)، هذه الحرارة يكتسبها الثلج وترتفع درجة حرارته من(-10^0 C) **إلى**(0^0 C)، ثم يتحول إلى ماء عند (0^0c)، وبعد ذلك ترتفع درجة حرارته إلى(θ^0c).

كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الثلج لترتفع درجة حرارته من(-10^0 C) **إلى** (0^0 C):

$$Q_1 = m\, s\, \Delta T$$

حيث s الحرارة النوعية للجليد

$$= (0.2)\,(2000)\,(0 - \{-10\})$$

$$= 0.2 \times 2000 \times 10 = 4000\ J$$

الحرارة المكتسبة بواسطة الثلج لتحوله إلى ماء عند(0^0 C) وهي الحرارة الكامنة للانصهار :

$$Q_2 = mL_f$$

$$= 0.2 \times 3.33 \times 10^5 = 6.66 \times 10^4 = 66600\ J$$

كمية الحرارة المكتسبة بواسطة(0.2 kg) ماء (كان ثلجاً) لترتفع درجة حرارته من (0^0 C) **إلى** (θ^0C)

= الكتلة × الحرارة النوعية للماء × الفرق في درجة الحرارة

$$Q_3 = (0.2)\,(4186)\,(\theta - 0) = 837.2\,\theta$$

كمية الحرارة المفقودة بواسطة الإناء عندما انخفضت درجة حرارته من (25^0 C) **إلى**(θ^0C) :

$$Q_4 = (0.15) (840) (25 - \theta) = 126.0 (25 - \theta)$$

كمية الحرارة المفقودة بواسطة الماء عندما انخفضت درجة حرارته من (25^0 C) إلى(θ^0 C):

$$Q_5 = (1.5) (4186) (25 - \theta) = 6279 (25 - \theta)$$

كمية الحرارة المكتسبة = كمية الحرارة المفقودة

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5$$

بالتعويض عن الكميات تتحصل على

$$4000 + 66600 + 837.2 = 126.0 (25 - \theta) + 6279 (25 - \theta)$$

$$89525 = 7242.2 \theta$$

$$\theta = 89525 \div 7242.2 = 12.3616$$

درجة الحرارة النهائية بعد ذوبان الثلج θ = **12.362 ^{0}C**

نشاط (٢)



عزيزى الدارس

الآن بعد فراغك من هذا القسم يمكنك عمل الآتى:

خذ قطعة من الشمع في حالة صلابة وقم بتسخينها إلى درجة الانصهار، ثم أدخل تيرمومتر داخل السائل وقم بأخذ درجات الحرارة بعد كل 2s إلى إن تتجمد مـــرة أخرى. ثم ارســـم العلاقة بين الزمن ودرجـــة الحرارة.

من الرسم البياني ماذا تلاحظ ؟ ثم أوجد درجة انصهار الشمع.

أسئلة تقويم ذاتي



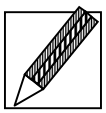
1.عرف كلاً من:

الحرارة الكامنة للانصهار – الحرارة الكامنة للتصعيد ثم اذكر وحدة قياسهما.

2. بالرسم البياني المسمى وضح كل من الحرارة الكامنة للانصهار – الحرارة الكامنة للتصعيد وذلك عند تسخين قطعة من الجليد في درجة $-5^{\circ}C$.

٣. أكتب قانون الحرارة الكامنة للانصهار (L_f) والكامنة للتصعيد (L_u).

تدريب (4)



عزيزي الدارس،

١. علل ما يلي:

أ) ثبات درجة حرارة الثلج خلال فترة التحول إلى ماء عند درجة حرارة الانصهار

ب) وكذلك ثبات درجة حرارة الماء خلال فترة التحول إلى بخار ماء

٢. اسقطت قطعة ثلج درجة حرارتها **(0^{o} C)** وكتلتها (50gm) في كوب يحتوي على ماء كتلته (200gm) ودرجة حرارته **(25 ^{o} C).** ما هي درجة الحرارة النهائية للماء بعد انصهار الثلج بفرض أن التبادل الحراري مع الكوب والوسط المحيط مهمل؟ علماً بأن الحرارة النوعية للجليد (2000 J/kg ^{0}C) وللماء (4180 J/kg ^{0}C).

٦. التمدد الحراري (Thermal Expansion)

عزيزي الدارس علمنا من دراستنا السابقة أن جزيئات المادة السائلة والمادة الصلبة في حالة حركة اهتزازية مستمرة، ولهذه الحركة موضع اتزان ولها اتساع حيث أن:

الاتساع هو أقصى إزاحة عن موضع الاتزان

وقد عرفنا من دراستنا أن درجة الحرارة هي مقياس لسرعة حركة جزيئات المادة من حيث الارتفاع أو الانخفاض.لذلك:

١. فإذا ارتفعت درجة حرارة السائل أو الجامد تزداد سرعة اهتزازها، ويؤدي ذلك إلى زيادة المسافات بين الجزيئات وهذا يعني زيادة أبعاد المادة أو تمددها.
2. وعند انخفاض درجة الحرارة تقل سرعة حركة الجزيئات وتقل سعة الاهتزازات وتتقلص أبعاد المادة وتنكمش.

حيث أن معظم المواد تتمدد بارتفاع درجة الحرارة وتنكمش بانخفاضها ولا يشذ عن هذه القاعدة سواء بعض الحالات النادرة كالماء مثلاً الذي ينكمش عند درجة الحرارة في المدى من (0^0C) إلى (4^0C).

نشاط (2)



عزيزي الدارس الآن يمكنك عمل الآتي للتأكد أن:

١. معظم المواد تتمدد بارتفاع درجة الحرارة وتنكمش بانخفاضها. وذلك بإدخال مسطرة رفيعة من المعدن معلومة الطول داخل فرن ثم قياس طولها بعد التسخين ماذا تلاحظ.
٢. شذوذ تمدد المـــاء مثلاً ينكمـــش عند درجة حـــرارة في المدى من(0^0C) إلى (4^0C). وذلك بإدخال وعاء شفاف ملي بالماء تماما داخل ثلاجة ثم تركه ليبرد فترة 10 s، ومرة أخرى لمدة ثلاث ساعات. ماذا تلاحظ.

١,٦ التمدد الطولي (Linear Expansion)

إذا كان لدينا قضيب من مادة ما طوله L_o عند درجة حرارةT_o، وإذا ارتفعت درجة الحرارة إلىT فإن القضيب سوف يتمدد ويصبح طوله L.

التمدد في القضيب أي الزيادة في الطول =($L - L_o$) يعتمد:

- على الطول الأصلي للقضيب(L_o).
- ويعتمد على الارتفاع في درجة الحرارة($T - T_o$).

❖ ملاحظة

- **فكلما كان الطول L_o كبيراً نتوقع أن يكون التمدد كبيراً.**
- **كذلك إذا كان الارتفاع في درجة الحرارة($T-T_o$) كبيراً نتوقع أن يكون التمدد كبيراً.**

ونعبر عن هذا التناسب بين التمدد والطول الأصلي والارتفاع في درجة الحرارة بالعلاقة:

$$(L - L_o) \propto L_o (T - T_o)$$

$$\Delta L=(L - L_o) = \alpha \; L_o (T - T_o) \quad (9\text{-}4)$$

حيث α ثابت {ينطق ألفا (alpha)} يعتمد على نوع مادة القضيب وقد أطلق عليه اسم معامل التمدد الحراري الطولي: ومن المعادلة أعلاه نجد أن:

$$\alpha = \frac{\Delta L}{L_0 \left(T - T_0\right)} \qquad (10\text{-}4)$$

ومعامل التمدد الطولي (α) يعرف

هو الزيادة في الطول لوحدة الأطوال من المادة نتيجة لارتفاع درجة الحرارة بمقدار درجة واحدة.

ونلاحظ من المعادلة (4-9) أن وحدة α هي مقلوب درجة الحرارة أي:

1. $(1/^0K)$
2. $(1/^0C)$

➢ **مثال**

خاتم ذهبي قطره(1.5 cm) عند درجة حرارة **($28\ ^oC$)**. فإذا اسقط الخاتم في ماء ساخن درجة حرارته **($58\ ^oC$)**. أحسب التغير في قطره علماً بأن معامل التمدد الطولي للذهب هو $١٤\times١٠^{-٦}/^0C$.

الحل:

لحساب التمدد الطولي نستخدم المعادلة:

$$\Delta L=(L - L_o) = \alpha\ L_o (T - T_o) \quad (9\text{-}4)$$

$$\Delta L = 14 \times 10^{-6} \times 1.5 \times (58 - 28)$$
$$= 0.00063\ cm$$

∴ التغير في قطر الخاتم = 0.00063 cm

$٦,٣\times١٠^{-٦}$ m

2.5 التمدد الحجمي (Volume Expansion)

نعرف معامل التمدد الحجمي لمادة ما بنفس الطريقة التي عرفنا بها معامل التمدد الطولي.

معامل التمدد الحجمي نرمز له بالرمز γ (ينطق قاما).

يعرف معامل التمدد الحجمي

بأنه الزيادة في الحجم لوحدة الحجوم من المادة عندما ترتفع درجة حرارة المادة **بمقدار درجة واحدة.**

ونعبر عن معامل التمدد الحجمي γ في صورة معادلة رياضية كما يلي:

$$\gamma = \frac{(V - V_0)}{V_0 (T - T_0)} \quad \text{---------- (11-3)}$$

حيث **(V)** الحجم بعد زيادة درجة الحرارة و**(V_o)** الحجم الابتدائي، و**($T - T_o$)** الزيادة في درجة الحرارة.

∴ التمدد أو الزيادة في الحجم ($\Delta V = V - V_o$) يساوي:

$$\Delta V = (V - V_o) = \gamma V_o (T - T_o) \text{ ---------- (12-3)}$$

وحدة معامل التمدد الحجمي (γ)

هي نفس وحدات معامل التمدد الطولي (α) تساوي مقلوب درجة الحرارة.

والجدول (4-2) يبين قيم (α) و(γ) لبعض المواد الصلبة والسائلة.

المادة	معامل التمدد الطولي (α) $\times 10^{-6} / {}^0C$	معامل التمدد الحجمي (γ) $\times 10^{-6} / {}^0C$
ألماس	1.2	3.5
زجاج بايركس	3.3	9.9
زجاج عادي	8.5	26
حديد	12	36
ذهب	14	42
نحاس	17	51
المونيوم	23	69
زئبق	–	182
الماء	–	207
جلسرين	–	590
بنزين	–	1240

جدول (٤-٢) ومعاملات التمدد الحراري عند 20^0 C لبعض المواد.

ويلاحظ من الجدول أن:

معامل التمدد الحجمي للمواد الصلبة = تقريباً ثلاثة أضعاف معامل التمدد الطولي

$$3\,\alpha \cong \gamma$$

وهذه قاعدة عامة لمعظم الجوامد المتجانسة.

نلاحظ فىالجدول (4-2) أيضاً أن α مقدار صغير بالنسبة للمواد الصلبة ويكون في السوائل أكبر منه في الغازات.

✪ ملاحظة

بالنسبة للمواد السائلة يتم كتابة قيم معامل التمدد الحجمي فقط لأن معامل التمدد الطولي ليس له معنى بالنسبة للسوائل، فالسائل ليس له شكل ثابت بل يأخذ شكل الإناء الذي يحتويه. وعندما ترتفع درجة الحرارة يتمدد السائل والإناء معاً، والتمدد الذي نشاهده للسوائل لا يمثل التمدد الحقيقي للسائل ولذلك يسمى التمدد الظاهري.

(Apparent Expansion) وهو يمثل تمدد السائل والإناء معاً.

التمدد الحقيقي للسائل= التمدد الظاهري – التمدد الحجمي للإناء

وسوف نوضح ذلك في المثال القادم.

➢ مثال:

إناء من الألمونيوم سعته **($1500\ cm^3$)** مملوء بماء درجة حرارته**($20^0\ C$)**. أحسب حجم الماء الذي سوف يتدفق من الإناء عندما ترتفع درجة الحرارة إلى**(40^0C)** ؟

الحل:

من الجدول (٤– ٢) نجد أن:

- معامل التمدد الحجمي للألمونيوم $69 \times 10^{-6}/^0\ C$.
- وللماء ($207 \times 10^{-6}/^0C$) عند درجة حرارة**($20^0\ C$)**.
- وسوف نفترض أن معامل التمدد الحجمي سيظل ثابتاً حتى درجة حرارة **(40^0C)** على الرغم من أن هذا الفرض غير صحيح ويؤدي لعدم دقة طفيف في النتائج. وفي الحقيقة فإن معاملات التمدد تتغير قليلاً مع تغير درجة الحرارة، لذلك يجب استخدام القيم المناسبة ل (γ) لكل مدى معين من درجات الحرارة في حالة الحسابات عالية الدقة.

ولحساب التمدد الحجمي نستخدم المعادلة:

$$\Delta V = (V - V_o) = \gamma V_o (T - T_o) \text{ ---------- } (12\text{-}4)$$

التمدد الحجمي للماء: $\Delta V_1 = 207 \times 10^{-6} \times 1500 \times (40 - 20) = 6.21\ cm^3$

التمدد الحجمي للإناء: $\Delta V_2 = 69 \times 10^{-6} \times 1500 \times (40 - 20) = 2.07\ cm^3$

$\Delta V = V_1 - V_2 = 6.21 - 2.07 = 4.14\ cm^3$

∴ حجم الماء الذي يدفق خارج الإناء $= 4.14\ cm^3$

نشاط (3)



عزيزي الدارس الآن بعد فراغك من تعريف التمدد الحجمي يمكنك عمل الآتي:

خذ زجاجة مليئة بماء ملون تماماً ثم ضع أنبوب رفيع في داخل السائل (أنبوبة قلم الحبر الجاف) وقم بتسخين الزجاجة في حمام مائي، ماذا تلاحظ؟

أسئلة تقويم ذاتى



١.عرف: معامل التمدد الطولي و معامل التمدد الحجمي.

٢. أكتب قانون ايجاد معامل التمدد الطولي و معامل التمدد الحجمي.

٣.ما العلاقة بين معامل التمدد الحجمي للمواد الصلبة و معامل التمدد الطولي.

٤.**خاتم ذهبي قطره(2 cm) عند درجة حرارة (28 ^{o} C)**. **إذا اسقط** في ماء ساخن درجة حرارته (98 ^{o} C). أحسب التغير في قطره؟

٥.إناء من الألمونيوم سعته (1500 cm^3)مملوء بماء درجة حرارته (20^0C). أحسب حجم الماء الذي سوف يتدفق من الإناء عندما ترتفع درجة الحرارة إلى(100^0C)؟ {خذ معاملات التمدد من الجدول (٤-٢).

تدريب (5)

1. علل كل ما يلي:

(أ) معامل التمدد الحجمي للمواد الصلبة يساوي ثلاثة امثال معامل التمدد الطولي.

(ب) التمدد الذي نشاهده لسائل ما وهو في أناء عند التسخين لا يمثل التمدد الحقيقي.

٢. زجاجة سعتها ($1000\ cm^3$) مليئة بالبنزين عند درجة حرارة (20^oC). ما مقدار السائل الذي سوف ينساب عندما ترتفع درجة الحرارة إلى($40\ ^oC$) علماً بأن معامل التمدد الحجمي للبنزين ($1240 \times 10^{-6}/\ ^oC$) وللزجاج ($٢٦ \times 10^{-6}/\ ^oC$)

3. مررت كمية من بخار الماء الجاف الذي درجة حرارته ($100\ ^oC$) في وعاء معزول سعته الحرارية ($100\ J/^oC$) ويحتوي على ($250\ gm$) من الماء درجة حرارته ($20\ ^oC$)، فارتفعت درجة حرارة الماء والوعاء إلى ($45\ ^oC$). ما كتلة البخار الذي تكثف بفرض أن الحرارة الكامنة لتصعيد الماء عند درجة حرارة ($100\ ^0C$) هي ($٢,٢٦ \times ١٠^٦\ J/kg$) والحرارة النوعية للماء ($٤١٨٦\ J/kg\ ^\cdot C$).

٣,٦ تطبيقات التمدد

التمدد الحراري للمواد على الرغم من قيمته الصغيرة يمكن أن يكون أمراً ذو أهمية عملية كبيرة:

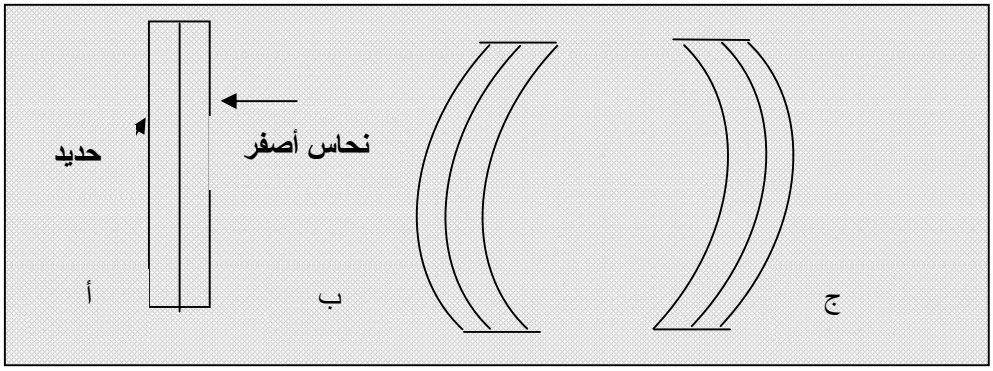
- **فإذا لم يؤخذ التمدد في الاعتبار فإن قضبان السكك الحديدية والجسور وخرسانة الطرق السريعة سوف تتلف تحت تأثير شمس الصيف الساخنة، وقد يكون كثيراً منا قد لاحظ الفجوات التي تترك عند تشييد خطوط السكك الحديدية والجسور وتتيح للمادة حيزاً للتمدد (expansion gaps) عندما ترتفع درجة الحرارة.**
- **ويراعى التمدد أيضاً عند تعبئة المشروبات والسوائل فلا يتم ملئ الإناء كاملاً بل يترك حيز للتمدد سواء التمدد عند ارتفاع درجة الحرارة أو التمدد عند تجمد السائل عند درجة الصفر أو تحتها.**

ولهذه الأسباب من الضروري معرفة معاملات التمدد للمواد المختلفة بدقة قبل استخدام المواد في التطبيقات المختلفة. ويسعى العلماء والباحثون والمهندسون للحصول على مواد ذات تمدد حراري منخفض.

وفي الجدول (٤-٢) نجد أن بعض المواد الجديدة مثل الزجاج البايركس المقاوم للحرارة معامل تمدده أقل من الزجاج العادي ولهذا لا ينكسر بسهولة عند تغير درجة الحرارة فجأة بصب سائل ساخن فيه مثلما يحدث للزجاج العادي. وللتمدد الحراري تطبيقات مفيدة وعديدة نتناول واحدة من هذه التطبيقات هي منظمات الحرارة (Thermostats).

منظمات الحرارة (Thermostats)

وتستخدم بكثرة في الثلاجات والسخانات وغيرها للتحكم في امداد الكهرباء اليها حسب الحاجة وهي أنواع عدة نذكر منها التي تستخدم فيها الصفائح المعدنية المزدوجة (**imetallic Strips)**. وتتكون الصفيحة المزدوجة من شريحتين معدنيتين مختلفتين كالنحاس الأصفر والحديد ملتصقتين كما في شكل (4-8).

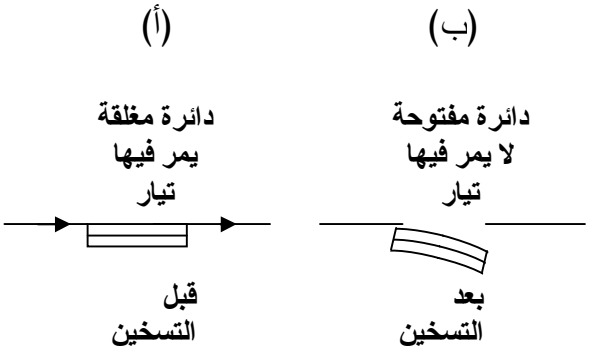


❖ ملاحظة (1)

- عندما ترتفع درجة الحرارة تتمدد الصفيحتان. لكن النحاس الأصفر الذي معامل تمدده ($19 \times 10^{-6}/^{o}C$) يتمدد أكثر من تمدد الحديد الذي معامل تمدده $/10^{-6}$ ($12 \times {}^{o}C$) ويؤدي ذلك إلى تقوس الصفيحة المزدوجة كما في شكل (4-8) (ب). وإذا كانت الصفيحة موضوعة كجزء من دائرة كهربية لتوصيل الكهباء الى جهاز تسخين كالمكواة فإن الدائرة سوف تنفصل ويتوقف مرور التيار الكهربي فيها وبذلك يتم التحكم في عمل الجهاز وترشيد استهلاكه للكهرباء.

❖ ملاحظة (2)

- اما عندما تنخفض درجة الحرارة تتقوس الصفيحة المزدوجة في الاتجاه الأخر كما في شكل (4-8) (ج) ويؤدي ذلك لتوصيل التيار الكهربائي إذا كانت الصفيحة المزدوجة موصلة في دائرة جهاز تبريد كالثلاجة مثلاً الشكل (4- 9) يؤدي ذلك لقطع التيار الكهربى أيضا.



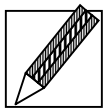
منظم الحرارة
لجهاز تسخين
الشكل (4- 9)

أسئلة تقويم ذاتى



١. عرف الصفائح المعدنية المزدوجة.
٢. اذكر تطبيقات التمدد الحراري للمواد.
٣. بالرسم وضح أن الصفائح المعدنية المزدوجة يمكن استخدامها كمفتاح للدائرة الكهربية.

تدريب (6)



عزيزي الدارس، الآن بعد فراغك من دارسة القسم الاخير

1.علل ما يلي: ا- عند تعبئة المشروبات والسوائل لا يتم ملئ الوعاء كاملاً بل يترك حيزاً للتمدد.

ب- تترك حيزاً من الفراغ بين قطع الحديد المختلفة عند تشييد خطوط السكك الحديدية والجسور الحديدية

ج- استخدام زجاج البايركس أكثر من الزجاج العادي.

٢. جسر من الحديد الصلب طوله(200 m) عند درجة حرارة (20^{o} C)، كم يصبح طوله عندما ترتفع درجة الحرارة إلى (45^{o} C)، علماً بأن معامل التمدد الطولي للحديد الصلب ($12x\ 10^{-6}$ / ^{o}C)؟ ما الذي يجب عمله للجسر حتى لا يتعرض للتلف بسبب ارتفاع درجة الحرارة؟

الخلاصة

عزيزي الدارس،

في نهاية هذه الوحدة، نؤكد على ما أكدنا عليه في المقدمة عن ضرورة التقويم لهذه الوحدة ونعني بذلك أهميتها، وإبداء ملاحظاتك للاستفادة منها.

ولكن ما الذي ناقشناه؟

أنها مفاهيم كثيرة ومهمة جداً :

بدأنا بتعريف مفهوم الحرارة وعرفنا أنها شكل من أشكال الطاقة ثم شرحنا كل من درجة الحرارة و كمية الطاقة الحرارية والعلاقة بينهما. ثم تعرفنا على أجهزة قياس درجة الحرارة والتي تسمى بالترمومترات وأيضا التدريجات الحرارية.

وتعرفنا أيضا على أن المادة يمكن أن تتحول من طور إلى طور، ولحظة التحول من الصلابة إلى السيولة تكون هناك حرارة كامنة أي مختفية وهي التي تقوم بالتحويل. وتسمى هذه الحرارة بالحرارة الكامنة للانصهار، أما عند التحول من حالة السيولة إلى الغازية تسمى هذه بالحرارة الكامنة للتصعيد.

أخيراً بحثنا اثرالحرارة على الأجسام وهذا يؤدي إلى ثلاث أنواع من التمددات ثم تعرفنا على اثنين منهما وذكرنا التطبيقات العملية لهما.

وبهذا نكون قد انهينا هذه الوحدة ونامل أنها قد أضافت لك الكثير إلى معلوماتك الثرة وأن تسعد بالوحدة القادمة.

لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية القادمة

عزيزي الدارس، بعد أن فرغت من دراسة هذه الوحدة اصبح لديك الآن حصيلة كبيرة من المعلومات المفيدة فيما يتعلق بمفهوم الحرارة.

و الآن سوف نتعرف على وحدة أخرى هي الخواص الهندسية للضوء.

آمل أن تكون قادرا بعد دراسة الوحدة التالية أن تعرف مفهوم الضوء والانعكاس والانكسار والتطبيقات العلمية لهما.

نرجو أن تكون وحدة مفيدة لك وأن تساهم معنا في نقدها وتقيمها.

إجابات التدريبات

تدريب (١)

ب –لأن الطاقة الحرارية شكل من اشكال الطاقة ولذا تقاس كمية الطاقة الحراريه بالجول.

ج– السبب هو أن اكتساب الطاقة الحرارية يمكن أن يحول المادة الصلبة إلـــى الـــسائله أو السائله إلى الغازية والعكس صحيح عند فقدان المادة للطاقه الحراريه.

د– من الرسم البيانى (٤–٤) الاجابة ص ١٠٧

تدريب (٢)

– $T^0K = 273.15 - 120 = 153.15\ ^0K$

تدريب (٣)

١– الحرارة النوعية للماء أكبر في الحرارة النوعية لأية مادة وذلك في مـــن نعـــم الله لأن الحرارة النوعية الكبيرة تعني الارتفاع الأقل في درجة الحرارة وبما أن الماء يغطي أكثـــر من ثلثي مساحة الكره الأرضية فلو كانت حرارة الماء النوعية أقل مما هي عليه لارتفعت درجة حرارة الماء أكثر مما هي عليه الآن في البحار والأنهار ولزاد التبخر فيها ولتغيـــر طقس الأرض بصورة مريعة ولترتب على ذلك الكثير جداً فيما يتعلق بالحياة مـــع ســـطح الأرض.

٢– 20250 J.

٤– $37.5\ ^0C$.

تدريب(٤)

٢- $4.2\ ^0C$

تدريب (٥)

(٢) $22.76cm^3$

(٣) $0.0115\ Kg$

تدريب (٦)

إجابة (٢) $200.06\ m$

مسرد المصطلحات

الحرارة (Heat)

الحرارة هي شكل من أشكال الطاقة. والدليل على ذلك أن أشكال الطاقة الأخرى تتحول إلى حرارة

درجة الحرارة (Temperature)

أولاً: هي متوسط سرعة حركة جزئيات الجسم.

ثانياً: تظهر في شكل ارتفاع أو انخفاض في درجة حرارة الجسم يكون مصحوبا بزيادة أو نقاصان في سرعة حركة جزئيات الجسم.

الترمومترات (Thermometers)

عبارة عن أجهزة قياس درجة الحرارة، وقد بنيت الترمومترات على بعض الخواص الفيزيائية للمادة التي تتغير تغيراً منتظماً وملموساً مع تغير درجة الحرارة.

التدريجات الحرارية (Temperature scale)

هي تقسيم اتفق عليه لقياس درجة الحرارة.

الطاقة الحرارية (Heat Energy)

كمية الطاقة الحرارية المكتسبة أو المفقودة تعادل التغير الذي يحدث في الطاقة الداخلية الكلية للجسم

السعة الحرارية (Heat Capacity)

السعة الحرارية (c) للجسم هي الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم واحد درجة مئوية (أو درجة مطلقة واحدة).

الحرارة النوعية (s) (Specific Heat Capacity)

الحرارة النوعية هي الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة وحدة الكتل من الجسم واحد درجة مئوية (أو درجة مطلقة واحدة).

المسعر (calorimeter)

الوعاء المعدني المعزول وسوف نستخدمه لإجراء التجارب المعملية لقياس كمية الحرارة {أنظر الشكل(4-6)}.

الحرارة الكامنة (Latent Heat)

الحرارة الكامنة لانصهار المادة (Latent Heat of Fusion):

هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل وحدة الكتلة من مادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند نقطة الانصهار دون تغير في درجة الحرارة (ويرمز لها بالرمز L_f).

الحرارة الكامنة للتصعيد(Latent Heat of Vaporization)

هي كمية الطاقة الحرارية اللازمة لتحويل وحدة الكتلة من المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند نقطة الغليان دون تغير في درجة الحرارة {ويرمز لها بالرمز (L_V)}.

التمدد الحراري(Thermal Expansion)

جزيئات المادة السائلة والمادة الصلبة في حالة حركة اهتزازية مستمرة، ولهذه الحركة موضع اتزان وكلما زادت تلك الحركة زادت أبعاد المادة.

التمدد الطولي (Linear Expansion)

أي قضيب من مادة ما طوله L_o عند درجة حرارةT_o ، يتمدد إذا ارتفعت درجة حرارته إلىT فإن القضيب سوف يتمدد ويصبح طولهL.

التمدد الحجمي (Volume Expansion)

أي قضيب من مادة ما حجمهV_o عند درجة حرارة T_o ، تتمدد إذا ارتفعت درجة حرارته إلى **T** ويصبح حجمه **V** .

معامل التمدد الحجمي نرمز له بالرمزγ (ينطق قاما).

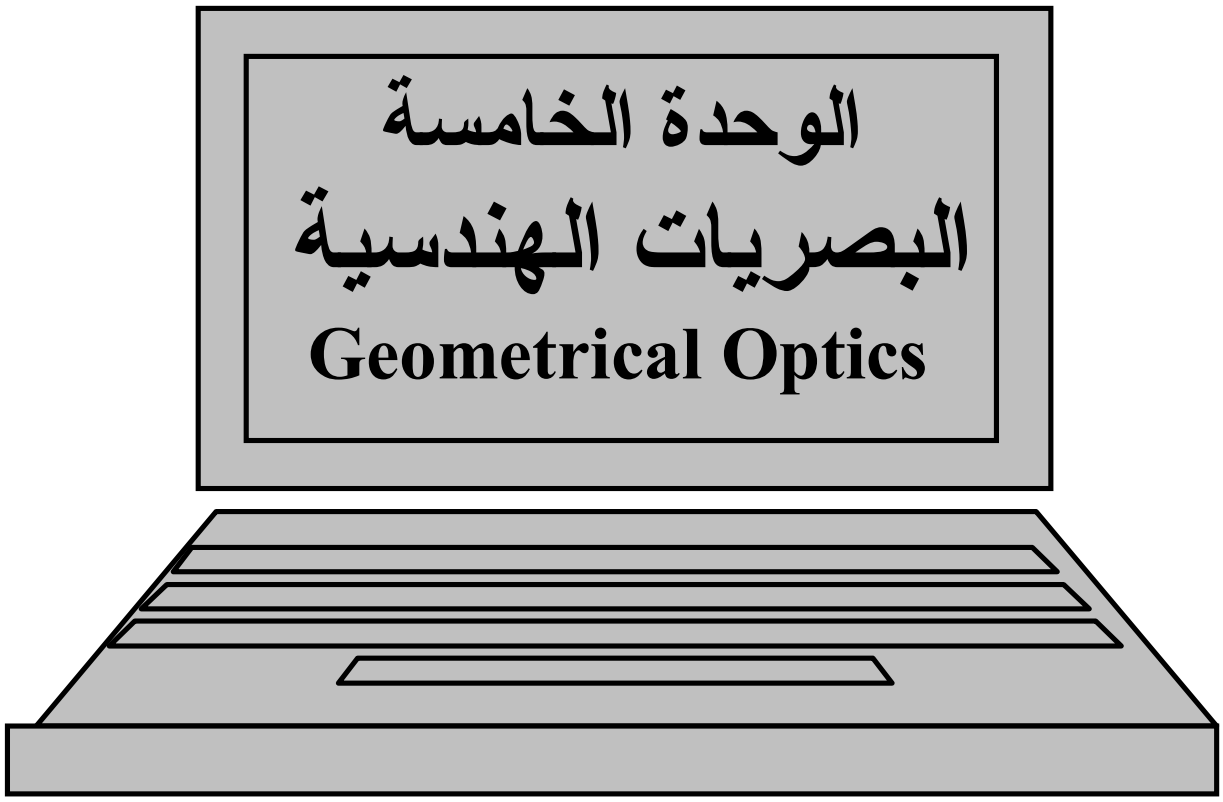
التمدد الظاهري (Apparent Expansion)

والتمدد الذي نشاهده للسوائل لا يمثل التمدد الحقيقي للسائل إنما يمثل تمدد السائل والإناء الذ ي يحويه معاً حيث أن:

التمدد الظاهري =التمدد الحجمي الحقيقي للسائل- التمدد الحجمي للاناء

الصفائح المعدنية المزدوجة (imetallic Strips)

تتكون الصفيحة المزدوجة من شريحتين معدنيتين مختلفتين كالنحاس الأصفر والحديد ملتصقتين كما في شكل (4-8).


الوحدة الخامسة
البصريات الهندسية
Geometrical Optics

محتويات الوحدة

الموضوع	الصفحة
مقدمة	**١٧٤**
أهداف الوحدة	**١٧٥**
الضوء الهندسي	**١٧٦**
1.تعريف الضوء	**١٧٦**
1.1 سرعة الضوء	١٧٨
2.1 قياس سرعة الضوء	١٧٨
2.انعكاس الضوء	**١٨١**
2.1 الانعكاس في المرآة المستوية	١٨١
2.2 المرايا الكريه	١٨٦
3. انكسار الضوء	**١٩٥**
3.1 مصطلحات الانكسار	١٩٥
3.2 . معامل الانكسار	١٩٧
3.3العمق الحقيقي والعمق الظاهري	٢٠٠
3.4 الزاوية الحرجة	٢٠٢
3.5 الانعكاس الكلي الداخلي	٢٠٤
3.6 . بعض تطبيقات الانعكاس الكلي الداخلي:	٢٠٥
3.7 الألياف الضوئية	٢٠٧
4.العدسات الرقيقة	**٢١٠**
4.1 أنواع العدسات	٢١٠
4.2 مصطلحات العدسات	٢١١
4.3حالات الصور المكونة بواسطة العدسات :	٢١٢

4.4 التكبير	٢١٤
5.الأجهزة البصرية	٢١٨
١,٥ العين البشرية	٢١٨
٢,٥ المجهر البسيط (العدسة المكبرة)	٢٢٢
٣,٥ المجهر المركب	٢٢٣
٤,٥ المنظار الفلكي	٢٢٥
٥,٥ منظار نيوتن:	٢٢٧
٦. التلسكوب الراديو	**٢٢٩**
٦,١ انكسار الضوء في المنشور الثلاثي	٢٣٦
الخلاصة	**٢٤٨**
لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية	**٢٤٩**
إجابات التدريبات	**٢٥٠**
مسرد المصطلحات	**٢٥٢**
المراجع	**٢٥٤**

مقدمة

عزيزي الدارس،

مرحبا بك إلى الوحدة الخامسة من مقرر الفيزياء العامة(١).

و تحتوي هذه الوحدة على خمسة أقسام حيث سنتعرض في القسمين الأول والثاني إلى مفهوم الضوء ثم كيفية قياس سرعته و تفسير ظاهرة انعكاس الضوء، وقانوني الانعكاس على المرآة المستوية، والانعكاس على المرايا الكريه وخواص الصورة المتكونة بواسطتهما

أما القسم الثالث فيبحث في ظاهرة الانكسار وقوانينها، ومن ثم أيجاد صيغ لمعامل الانكسار، وتعريف الزاوية الحرجة وماذا يحدث للشعاع إذا سقط بزاوية اكبر من الزاوية الحرجة وذلك ما يسمى بالانعكاس الكلي الداخلي ثم معرفة بعض التطبيقات العلمية وفي الحياة اليومية لهذه الظاهرة.

ثم ننتقل إلى القسمين الرابع والخامس حيث سنستعرض العدسات المحدبة والمقعرة ونعرج في ثنايا هذا القسم إلى دارسة الانكسار في العدسات الرقيقة، ثم تطبيقات واستخدامات العدسات في الأجهزة البصرية. ثم نتطرق إلى تحليل الضوء بواسطة المنشور.

عزيزي الدارس

هناك سرد كامل فى نهاية هذه الوحدة للمصطلحات العلمية التي وردت في النص الرئيسي حتى تستطيع عزيزي الدارس فهم ما ترمي إليه هذه الوحدة. و لقد ذيلنا نهاية كل قسم بأسئلة للتقويم الذاتي ، ونشاطات وتدريبات كفيلة بتلبية احتياجاتك التعليمية .

عزيزي الدارس،

أهلا بك مرة أخرى في هذا المقرر ونرجو أن نستمتع بدراسته وأن تستفيد منه وأن تشاركنا في نقده وتقويمه.

أهداف الوحدة

عزيزي الدارس،

بعد فراغك من دراسة هذه الوحدة يتوقع منك أن تكون قادراً علي أن:-

1. تمييز أنواع المصادر المضيئة
2. تصف تجربة لقياس سرعة الضوء
3. تذكر صفات الصورة المتكونة بواسطة المرآة المستوية
٤. تحسب طول المرآة اللازم لرؤية رجل صورته كاملة في مرآة مستوية.
5. تتعرف على القانون العام للمرايا الكرية
6. تشرح قانون إسنل Snell
7. تناقش ظاهرة الانعكاس الكلي الداخلي
8. تتعرف على مبدأ فيرما
9. تعدد أنواع العدسات
10. تثبت القانون العام للعدسات
11. تصف المجهر البسيط و كيف يقوم بألتكبير
12. تصف المجهر المركب وطريقة عمله

١١. تصف المنظار الفلكي و طريقة عمله

١٢. تصف منظار نيوتن الفلكى وطريقة عمله

١٣. تتعرف على التلسكوب الراديوى

١٤. تتعرف على تحليل الضوء الى الوان بواسطة المنشور الثلاثى

1.تعريف الضوء

الضوء هو شكل من أشكال الطاقة و يمكن أن يتحول إلى أشكال الطاقة الأخرى مثال:

- الخلايا الشمسية التي تحول الطاقة الشمسية (والضوء جزء منها) إلى طاقة كهربية.
- أشكال الطاقة الأخرى تتحول إلى طاقة ضوئية أيضا، وتوجد عدة أمثلة لذلك كتحويل الطاقة الكيميائية المختزنة في وقود المصباح إلى ضوء وتحول الطاقة الكهربية إلى ضوء كما في المصابيح الكهربائية وكذلك تحول الطاقة النووية إلى ضوء كما يحدث في الشمس والنجوم

عزيزي الدارس

إن طبيعة الطاقة الضوئية وكيفية انتقالها وتفاعلها مع المادة كانت مدار بحث العلماء على مر العصور ونتج عن ذلك عدة مفاهيم ونظريات وكان قبول أي نظرية واستمرارها يعتمد على مقدرتها على تفسير خواص الضوء وسلوكه.

كان الاعتقاد السائد عند علماء الإغريق أن العين مصدر للضوء ويسقط منها على الأجسام وبذلك تتم الرؤيا إلى أن صحح العالم الإسلامي الحسن بن الهيثم هذا المفهوم حيث أوضح أن الضوء ينتقل في خطوط مستقيمة وأن مصادر الضوء تنقسم إلى قسمين:

القسم الأول: مصادر مضيئة بذاتها مثل الشمس والمصباح وهي تنتج الضوء من نفسها.

القسم الثاني: مصادر مضيئة بغيرها مثل القمر وهي التي تعكس الضوء الساقط عليها من مصادر أخرى، لذلك فرق الله عز وجل بين طبيعة ضوء الشمس وضوء القمر إذ قال تعالى :﴿ هُوَ ٱلَّذِى جَعَلَ ٱلشَّمْسَ ضِيَآءً وَٱلْقَمَرَ نُورًا وَقَدَّرَهُۥ مَنَازِلَ لِتَعْلَمُواْ عَدَدَ ٱلسِّنِينَ وَٱلْحِسَابَ ۚ مَا خَلَقَ ٱللَّهُ ذَٰلِكَ إِلَّا بِٱلْحَقِّ ۚ يُفَصِّلُ ٱلْأَيَٰتِ لِقَوْمٍ يَعْلَمُونَ ﴾ (٥) ، سورة يونس.

ولقد أوضح ابن الهيثم كيفية حدوث الرؤيا بواسطة العين، ووضع قوانين الانعكاس على السطوح المستوية والمرايا الكريه.

وفي نهاية القرن السادس عشر ظهرت **النظرية الجسمية** لنيوتن إذ اعتبر أن:

> الضوء عبارة عن جسيمات متناهية الصغر تنبعث من الأجسام المضيئة وتنتشر في خطوط مستقيمة

واستخدم هذه النظرية في تفسير ظاهرة انعكاس الضوء. وفي القرن السابع عشر اكتشف العلماء سلوكا جديدا للضوء لا يمكن تفسيره بالمفهوم السائد وهو أن الضوء ينتقل في خطوط مستقيمة – وهذا السلوك الجديد هو أن الضوء عندما يمر خلال فتحة ضيقة ينتشر خلفها في مساحة أكبر مما تسمح به الخطوط المستقيمة. وسميت هذه الظاهرة بظاهرة الحيود (Diffraction) وهي تعني أن الضوء قد حاد عن السير في خطوط مستقيمة. وقادت هذه الظاهرة إلى ظهور نظرية جديدة هي **النظرية الموجيه** والتي تنص على أن:

> كل نقطة على جبهة موجة يمكن اعتبارها مصدرا جديدا لموجات ثانوية يمكن إن تنتشر بنفس سرعة الموجة الأصلية

عزيزي الدارس

لقد افترض العالم هايجنز فى القرن السابع عشر إلى أن الضوء حسب هذه النظرية ينتقل في شكل موجات مثل موجات الماء حيث أمكن باستعمال هذه النظرية تفسير ظواهر جديدة أخرى اكتشفت لاحقا كالتداخل (Interference) والاستقطاب (Polarization) والتي ستوضح بالتفصيل فى مقرر البصريات الفيزيائية .

وفي بداية القرن العشرين لوحظت ظواهر جديدة أخرى مثل الأثر الكهروضوئي (Photoelectric Effect) وهو مقذزة الضوء على بعث تيار كهربائي فى ألواح بعض المعادن عندما يسقط عليها. ولم يكن ممكناً تفسير هذه الظاهرة باستخدام النظرية الموجيه فظهرت **النظرية الكمية** للضوء والتي تنص على أن:

الضوء مكون من جسيمات متناهية في الصغر كل واحد منها يسمى فوتون (photon) أو كم الطاقة(quantum) وان هذه الفوتونات في حركتها تأخذ مسار الحركة الموجية

ومن هنا ظهر فى القرن العشرين فرع جديد فـــى الفيزيـــاء يـــسمى ميكانيكـــا الكـــم Quantum Mechanics ستدرسه عزيزى الدارس بالتفصيل إذا تخصصت فى الفيزياء فـــى المستوى الرابع.

وحتى يومنا هذا يعتبر الضوء ذو طبيعة معقدة فأحيانا يظهر سلوكا موجيا وأحيانـــا أخرى يظهر سلوكا جسيميا لذلك يعتبر الضوء ذو طبيعة مزدوجة جسيميه وموجيه.

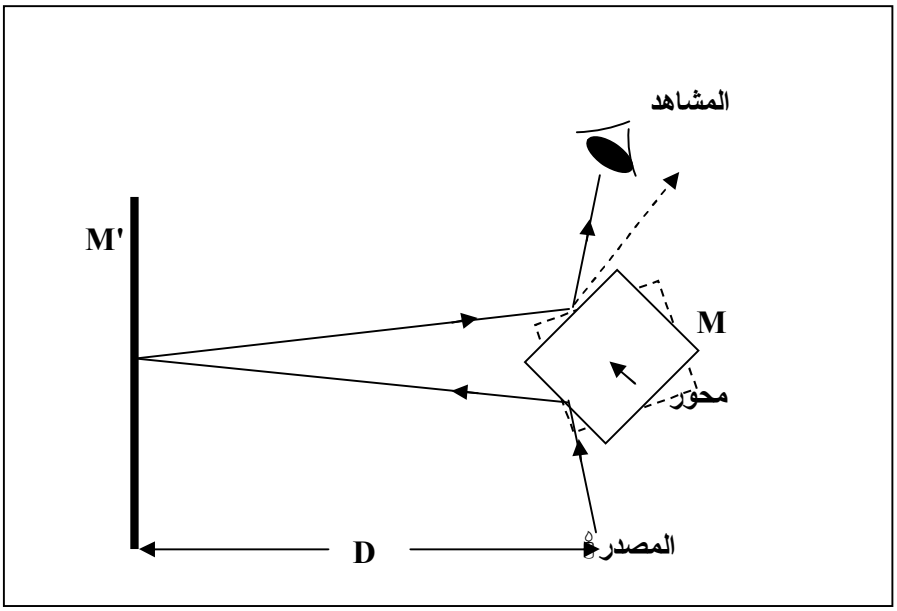
1.1 سرعة الضوء speed of light

للضوء سرعة عالية جداً إذ تبلغ سرعة الضوء في الفراغ (2.99725×10^8 m/s) وهي أعلى سرعة في الكون معروفة حتى الآن،(وهى تقريبا ≅ 3×0^8m/s أي حوالي ٣٠٠٠٠٠ كم/ثانية).[يصل إلينا ضوء القمر بعد ثانية وثلث بينما يصل إلينا ضوء الشمس بعد ثمانية دقائق من انطلاقه منها] والمهم معرفة أن سرعة الضوء تقل في الأوساط الأخرى (فى غير الفراغ) وتختلف من وسط إلى آخر أي تعتمد على نوع الوسط الشفاف أو ما يسمى بالكثافة الضوئية للوسط (فالماء أو الزجاج أكثر كثافة ضوئية مقارنة مع الفراغ)، ويمكن اعتبار سرعة الضوء في الهواء مساوية تقريباً لسرعته في الفراغ.

2.1 قياس سرعة الضوء

عزيزي الدارس

هناك عدة طرق لتعين سرعة الضوء من اشهرها طريقـــة مايكلـــسون Michelson، ويستخدم في هذه الطريقة الجهاز الموضح في الشـــكل (5-1) ، حيث ينعكـــس شعاع ضوئي من المصدر إلى أحد جوانب المكعب M الذي جوانبه عبارة عن مرايا ثم ينعكس الشعاع مـــن المرأة 'M عائداً إلى المكعب حيث ينعكس مرة أخرى إلى عين المشاهد كما هو مـــبين فـــى الشكل.



الشكل (5-1) :تجربة مايكلسون

فإذا كان المكعب في المكان الصحيح بالضبط فإن الشعاع سيصل إلى عين المشاهد كما هو موضح . فإذا افترضنا أن المكعب يدور حول محور يخترق مركزه كما موضح بالشكل (5-1) فإن الشعاع ينعكس إلى المرآة 'M ثم يعود إلى المكعب فيجده عند الوضع المبين بالخطوط المتقطعة وبالتالي لا ينعكس نحو عين المشاهد ولكي يكون المكعب في المكان الصحيح بالضبط يجب أن يدور ربع دورة وهذا يمثل الزمن اللازم للشعاع كي ينتقل إلى'M ثم يعود لينعكس نحو عين المشاهد قاطعاً مسافة قدرها 2D .

هذه الطريقة تعتمد على الإسراع بحركة المكعب حتى ينعكس الشعاع بالطريقة الصحيحة، وبمعرفة سرعة دوران المكعب يمكن معرفة الزمن الذي يستغرقه الضوء لقطع مسافة قدرها 2D وبالتالي يمكن معرفة سرعة الضوء [كانت المسافة فى تجربة مايكلسون الأصلية– بين جبلين – حوالى ٣٠ كم].

المثال التالي يوضح كيفية حساب سرعة الضوء بطريقة مايكلسون.

➢ مثال

استخدم طالب جامعي طريقة مايكلسون لقياس سرعة الضوء فاستطاع أن يشاهد المصدر المضيء عندما دار المكعب 2500 دورة في الثانية فإذا كانت المسافة الفاصلة بين المكعب والمرآة العاكسة التي استخدمها هي 15km فما هي سرعة الضوء التي تحصل عليها ؟

الحل

الزمن اللازم لإكمال المكعب ربع دورة هو

$t = ¼ \times 1/2500 = 1/10000$ sec

المسافة التي يقطعها الضوء ذهاباً وإياباً هي $2D = 2 \times 15 = 30km = 30000$ m

∴سرعة الضوء

$c = 2D / t = 30000 /(1/10000) = 300000000\ ms^{-1}$

$= 3 \times 10^8$

أسئلة تقويم ذاتي



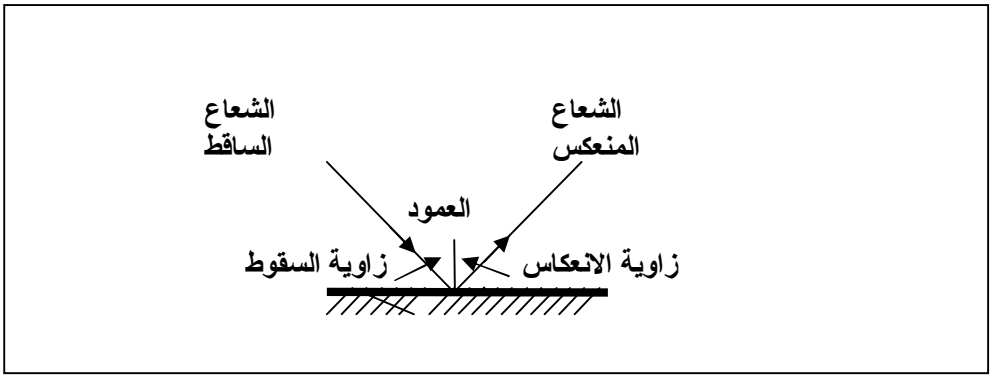
١. عرف كل من الآتي: الضوء- النظرية الجسيمية- النظرية الموجية

٢. يقال أن الضوء ذو طبيعة مزدوجة. وضح ذلك.

٢. انعكاس الضوء Light Reflection

عندما يرتد الضوء عن سطح نقول أنه انعكس فعندما تنظر في المرآة ترى انعكاس صورتك فيها، وتكون نسبة الضوء المنعكس أكبر كلما كان السطح مصقولا وأملسا فلذلك المرآة تعكس المرآة الضوء بصورة أفضل من لوح فلزي واللوح الفلزي يعكس الضوء بصورة أفضل من لوح مطاطي.

2.1 الانعكاس في المرآة المستوية



الشكل (5-2)

المرآة المستوية: عبارة عن لوح زجاجي أملس طلي أحد سطحيه بمادة فضية فأصبح السطح الآخر عاكساً للضوء بصورة كبيرة.

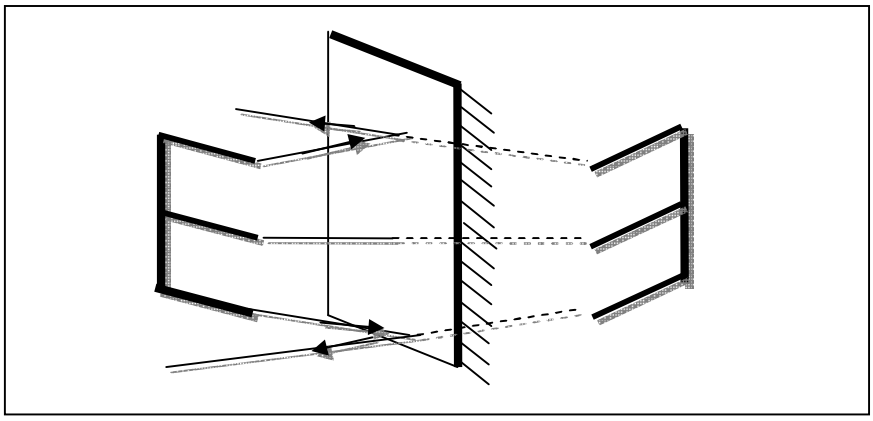
١,٢,١ قوانين الانعكاس :

القانون الأول: زاوية السقوط = زاوية الانعكاس
القانون الثاني: الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود المقام عند نقطة الـــسقوط تقع جميعها على مستوى (سطح) واحد عمودي على السطح العاكس.

قانونا الانعكاس في المرآة المستوية يمكن إثباتهما عملياً بسهولة، ولكن يجب ملاحظة أن هذين القانونين ينطبقان على جميع أنواع الانعكاس سواء كانت هذه السطوح مستوية أو غير مستوية.

٢,٢,٢ تكوّن الصور بواسطة المرآة المستوية

لو تتبعنا مسار الأشعة الساقطة على المرآة المستوية فيمكننا أن نلاحظ أن الصورة المتكونة بواسطة المرآة المستوية تتمتع بالصفات التالية:

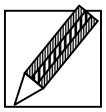


الشكل (5-3)

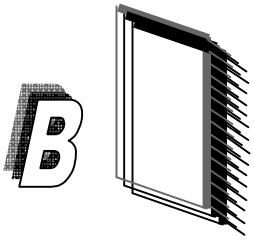
أولاً: صورة خيالية . **ثانياً** : مساوية للجسم. **ثالثاً:** معتدلة.

رابعاً : معكوسة الجوانب. **خامساً:** بعدها عن المرآة مساوٍ لبعد الجسم عن المرآة.

تدريب(1)

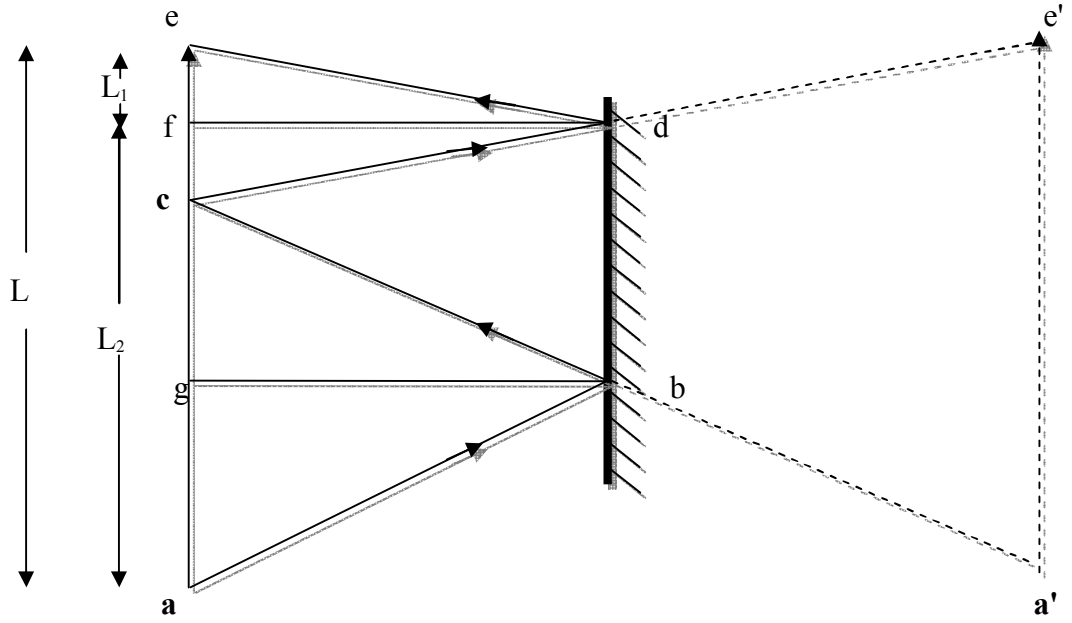


عزيزي الدارس ارسم صورة للحرف B برسم الأشعة المنعكسة



(3) إيجاد طول المرآة اللازم لرجل لرؤية صورته كاملة

إذا افترضنا أن رجلا طوله L يقف أمام مرآة مستوية طويلة وأن مستوى نظره يقع على ارتفاع معين بحيث يقسم طول الرجل إلى قسمين L_1 و L_2 كما في الشكل (5-4) لكي يرى الرجل قمة رأسه يجب أن يسقط شعاع من قمة رأسه في نقطة مناسبة من المرآة لينعكس على عينيه، هذه النقطة المناسبة تحدد أعلى نقطة مستخدمة من المرآة، ولكي يرى الرجل أسفل قدميه يجب أن يسقط شعاع من قدميه في نقطة مناسبة من المرآة ليـنعكس على عينيه، وهذه النقطة تحدد أدنى نقطة مستخدمة من المرآة.



الشكل (5-4)

من الشكل نلاحظ أن المثلثين

Δ abg و Δ cbg متطابقان

ag = gc

$$ac = 2gc \qquad (i)$$

كذلك Δ cdf وΔ edf متطابقان

$cf = fe$

$ce = 2cf$ (ii)

من (i) و (ii)

$ae=2gf$

لكن $bd = gf$

$\therefore ae = 2bd$

$bd = ½\ ae$

لكن bd هى طول المرآة، و ae هى طول الرجل

∴.طول المرآة = نصف طول الرجل

➢ مثال

رجل طوله 1.8m يقع مستوى نظره على ارتفاع 1.7m أوجد أقل طول لمرآة مستوية عمودية تمكّن الرجل من رؤية صورته كاملة وما هو أدنى ارتفاع لهذه المرآة عن سطح الأرض.

الحل

من الشكل (5-5)

النقطة c تمثل مستوى نظر الرجل وهى تقسم طول الرجل إلى قسمين:

الأسفل $ac=1.7m$

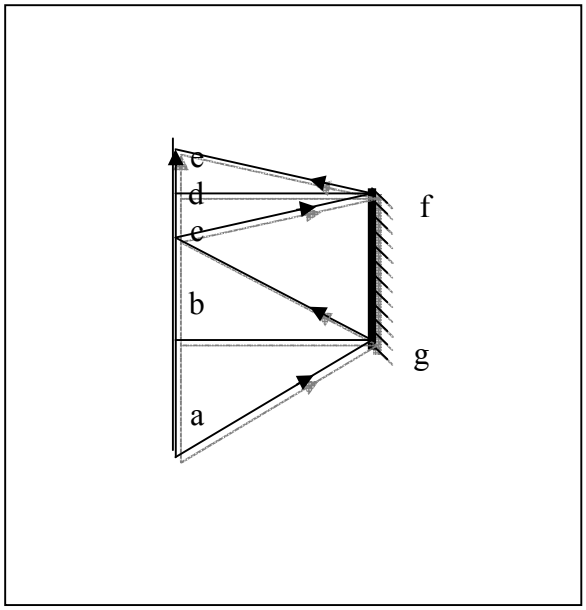
والأعلى $ce=1.8-1.7=0.1m$

Δ abg و Δ cbg متتطابقان

$ab = bc = \frac{1}{2}\ ac=0.85m$

كذلك Δ cdf و Δ edf متتطابقان

$cd = de = \frac{1}{2} ce=0.05m$



الشكل (٥-٥)

لكن طول المرآة $gf = bd = bc + cd = 0.85 + 0.05 = 0.9m$

أدنى ارتفاع للمرآة عن سطح الأرض هو $ab = 0.85m$

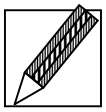
$ab = bc = 1.6 /2 = 0.8\ m$

نشاط (1)



عزيزي الدارس قف أمام مرآة مستوية كبيرة فماذا تلاحظ ؟

تدريب(2)



1 . استخدم طالب جامعي طريقة مايكلسون لقياس سرعة الضوء فاستطاع أن يشاهد المصدر المضيء عندما دار المكعب 5000 دورة في الثانية فإذا كانت المسافة الفاصلة بين المكعب والمرآة العاكسة التي استخدمها هي 20km فمـــا هي سرعة الضوء التي تحصل عليها

2. من هندسة الشكل(5-4) إثبت أن بعد الصورة عن المرآة يساوي بعد الجسم عن المرآة

3.مرآة مستوية عمودية طولها 70 cm وحافتها السفلي على ارتفاع 65cm عن سطح الأرض، وقف أمامها رجل طوله180 cmومستوى نظره على ارتفاع 170 cm، احسب طول ما يراه من جسمه وطول الجزء المستخدم من المرآة.

2.2 الانعكاس على المرايا الكريه

تعريف المرآة الكريه:

هي عبارة عن جزء من كرة زجاجية جوفاء طلي أحد سطحيها فأصبح السطح الآخر عاكساً للضوء.

أنواع المرايا الكريه

النوع الأول: **المرآة المقعرة (اللامة) (concave mirror)**

وهي التي طلي سطحها الخارجي فأصبح سطحها الداخلي عاكساً للضوء وسميت لامة لأنها تجمّع الأشعة المتوازية الساقطة عليها في مكان معين يسمى البؤرة focus

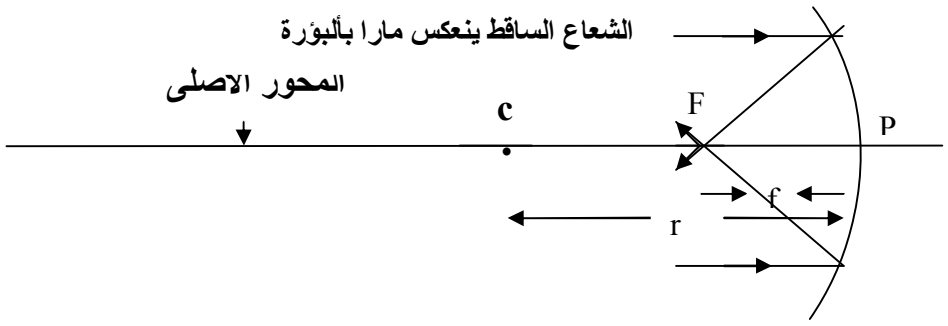
النوع الثاني : **المرآة المحدبة (المفرّقة)(convex mirror)**

وهي التي طلي سطحها الداخلي فأصبح سطحها الخارجي عاكساً للضوء وسميت مفرّقة لأنها تفرّق الأشعة المتوازية الساقطة عليها بحيث تتجمع امتداداتها في مكان معين يسمى البؤرة focus

٢,٢,٢ مصطلحات المرايا الكريه

القطب(p): هو نقطة في منتصف المرآة
مركز التكور (c): هو مركز الكرة التي كانت المرآة جزءاً منها
المحور الأصلي: هو الخط الواصل بين المركز والقطب
البؤرة (F): هي نقطة تجمع الأشعة الساقطة موازية للمحور الأصلي بعد انعكاسها كما في المرآة المقعرة أو امتدادتها كما في المرآة المحدبة
البعد البؤري (f): هو المسافة بين البؤرة والقطب
نصف قطر التكور(r): هو المسافة بين المركز والقطب وهو يساوي ضعف البعد البؤري أي أن

$$2f = r \qquad (١-٥)$$

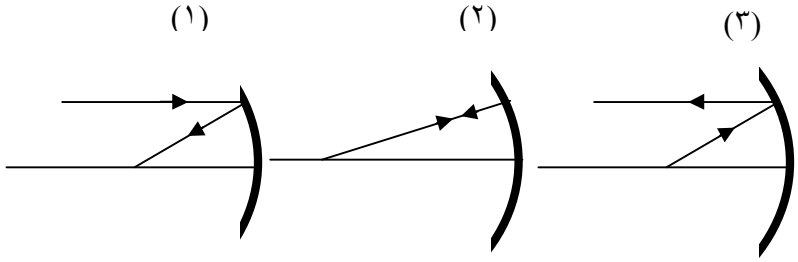


مصطلحات المرايا الكرية (للمرآة المقعرة)

(3) خصائص الأشعة الساقطة على المرآة الكريه

أولاً: المقعرة

(١):الشعاع الساقط موازياً للمحور الأصلي ينعكس ماراً بالبؤرة
(٢): الشعاع الساقط ماراً بمركز التكور ينعكس على نفسه
(٣): الشعاع الساقط ماراً بالبؤرة ينعكس موازياً للمحور الأصلي



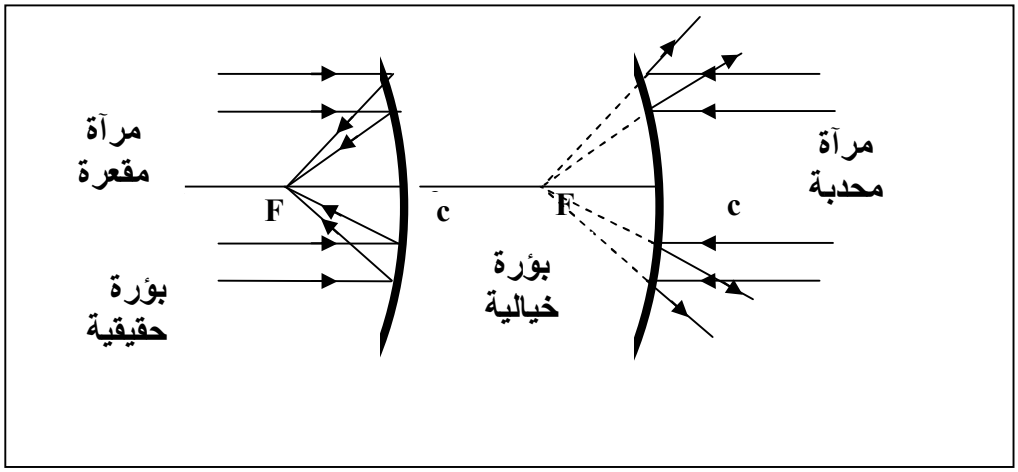
الشكل (٥-٦) خصائص الأشعة الساقطة على المرآة المقعرة

ثانياً: خصائص الأشعة الساقطة على المرآة المحدبة

الشعاع الساقط موازياً للمحور الأصلي ينعكس بحيث يمر امتداده بالبؤرة
الشعاع الساقط بحيث يمر امتداده بالبؤرة ينعكس موازياً للمحور الأصلي
الشعاع الساقط بحيث يمر امتداده بمركز التكور ينعكس على نفسه

❖ ملاحظة

من هنا عزيزي الدارس نجد أن بؤرة المرآة المقعرة حقيقية بينما بؤرة المرآة المحدبة خيالية (تسمى أيضاً تقديرية) ويمكن ملاحظ ذلك من خلال الرسم التالي:



الشكل (٥-٧)

أسئلة تقويم (2)

١. عرف كل من المرآة المحدبة والمقعرة ثم وضح بالرسم المسمى كل من البؤرة – مركز التكور – قطب المرآة – المحور الأصلي.
٢. وضح بالرسم مسار شعاع سقط على مرآة محدبة بحيث كان موازيا للمحور الأصلي

تدريب(3)

علل الآتي :

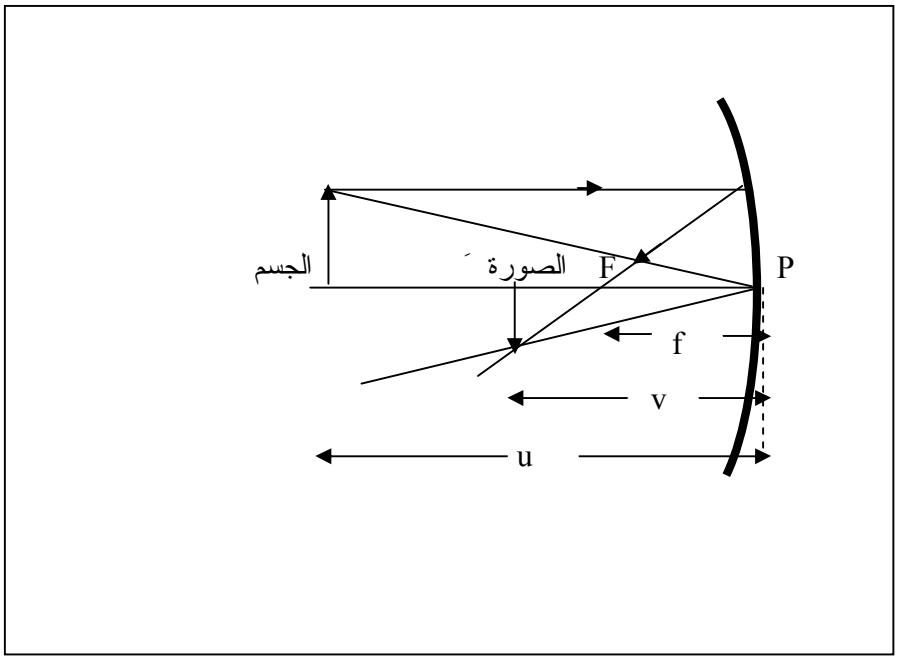
٢. بؤرة المرآة المحدبة بؤرة تقديرية.
٣. بؤرة المرآة المقعرة بؤرة حقيقية

(4)كيفية تكوين الصور بواسطة المرآة

تكوّن المرآة المقعرة صوراً حقيقية وخيالية مصغرة ومكبرة حسب بعد الجسم عن المرآة بينما تكوّن المرآة المحدبة صوراً خيالية للجسم أينما كان موقعه.

لرسم الصورة المتكونة بواسطة المرآة الكريه نتبع الخطوات الآتية:

- ارسم المرآة أولا والمحور الأصلي ثم نوضح عليه النقاط C،P,F
- ارسم الجسم عموديا علي المحور الأصلي.
- اسقط شعاعا من رأس الجسم موازيا للمحور الأصلي بحيث ينعكس ماراً بالبؤرة.
- اسقط من راس الجسم شعاعا مارا بقطب المرآة P بحيث ينعكس بزاوية انعكاس =زاوية السقوط.



الشكل (5-8)

- نقطة تلاقى الشعاع المنعكس والمار بالبؤرة مع الشعاع المنعكس من قطب المرآة تمثل رأس صورة الجسم. أقم عمود من نقطة التلاقي على المحور الأصلي وهذا يمثل الصورة

لاحظ أن f البعد البؤري، للمرآة و v بعد الصورة عن المرآة و u بعد الجسم عن المرآة ويمكن استخدام هذه الخواص لمعرفة موقع وصفات الصور المتكونة بواسطة المرايا الكريـــه، كما يمكن استخدام القانون العام وهو ينص على أن:

$$(1/f) = (1/u) + (1/v) \qquad (2\text{-}5)$$

أي أن :

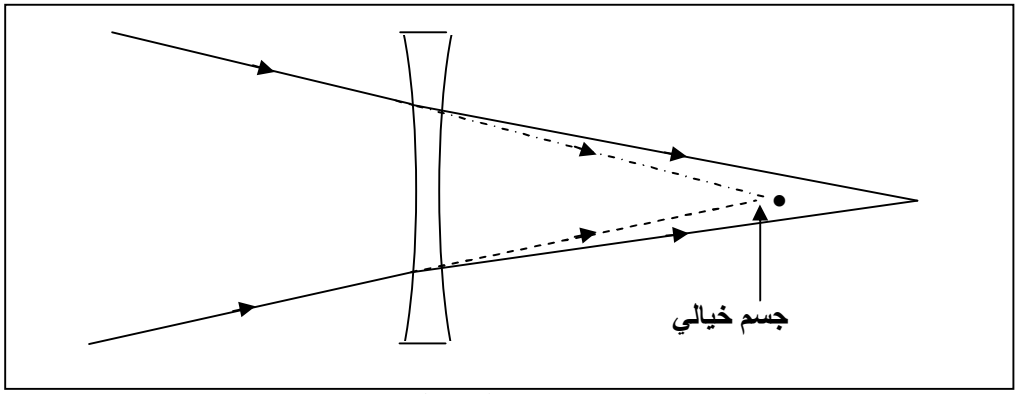
مقلوب البعد البؤري = مقلوب بعد الجسم + مقلوب بعد الصورة

عند تطبيق هذه العلاقة عزيزي الدارس يجب مراعاة قاعدة الإشارات وهي تنص على أن:

- البعد البؤري للمرآة المقعرة موجب والبعد البؤري للمرآة المحدبة سالب
- يعتبر بعد الصورة الحقيقية موجب وبعد الصورة الخيالية سالب
- يعتبر بعد الجسم الحقيقي موجب وبعد الجسم الخيالي سالب

ولكن ما هو الجسم الخيالي؟

الجسم الخيالي هو عبارة عن صورة حقيقية لم تتكون إذ اعترضت طريق الأشعة المكونة لهـــا قطعة بصرية (عدسة أو مرآة أو غيرها) انظر الشكل (٥-٩)



شكل (٥-٩)

(٥) قانون التكبير

التكبير هو النسبة بين طول الصورة وطول الجسم

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

ولكن طول الصورة إلى طول الجسم أيضاً يساوى بعد الصورة إلى بعد الجسم

M =(طول الصورة /طول الجسم)=(بعد الصورة)/(بعد الجسم)

$$M=(v/u) \qquad (٣-٥)$$

➢ مثال

مرآة مقعرة نصف قطر تكورها 30cm أين يوضع جسم أمامها حتى تتكون له

I. صورة حقيقية مكبرة مرتين

II. صورة خيالية مكبرة مرتين

الحل: القانون العام $(1/f) = (1/u) + (1/v)$

$f = (r/2) = (30/2) = 15$ cm

بالنسبة للوضع الأول $M = (v/u) = 2$

$\therefore v = 2u$

$(1/15) = (1/u) + (1/2u) = (3/2u)$

$\therefore u = (3 \times 15) =$ **22.5 cm**

بالنسبة للوضع الثاني بما أن الصورة خيالية

$\therefore v = -2u$

بالتعويض عن قيمة v في القانون العام نتحصل على

$(1/15) = (1/u) - (1/2u) = (1/2u)$

$\therefore u = (1 \times 15)/2 =$ **7.5 cm**

(6)استخدامات المرايا

للمرايا استخدامات كثيرة في حياتنا اليومية فمثلاً:

- نستخدم المرآة المستوية في المنزل لرؤية أجسامنا
- كما تستخدم في بعض المحلات التجارية لإضفاء زينة عليها ولمراقبة حركة الزبائن وكما للمرآة المستوية استخدامات فان للمرايا الكريه استخدامات كل حسب خواصها ، فمثلاً **المرآة المقعرة** يمكنها تكوين صور حقيقية ويمكنها أيضاً تكوين صور خيالية مكبرة و لذلك فهي تستخدم:
- في محلات الحلاقة.
- كما يستخدمها طبيب الأسنان فى الكشف على فم المريض
- وكذلك تستخدم المرآة المقعرة لتجميع الضوء من الأجسام البعيدة كما في التلسكوب الفلكي كما سنرى لاحقا.
- كذلك تستخدم في مصابيح السيارات حيث تكون فتيلة المصباح قي بؤرة المرآة فترتد الأشعة الصادرة من الفتيلة متوازية لتسقط على الطريق(لماذا؟).

أما **المرآة المحدبة** فلها مجال إبصار واسع ولذلك فهي تستخدم في السيارات

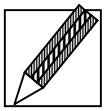
لتمكن السائق من إبصار ما خلفه من الأشياء عن طريق مرايا على جوانب السيارة وأمام السائق.

أسئلة تقويم ذاتي



١. ما هو الجسم الخيالي؟ وضح بالرسم.
٢. اذكر استخدامات كل من المرآة المقعرة والمحدبة
٣. مرآة مقعرة نصف قطر تكورها 20 cm كونت صورة حقيقية لجسم موجود أمامها مكبرة 3 مرات، احسب بعد الجسم عن المرآة
٤. اعترضت مرآة محدبة أشعة متجمعة ساقطة عليها، فإذا كانت نقطة تجمع الأشعة تقع على بعد 10cm خلف المرآة صف الصورة النهائية المتكونة بواسطة هذه المرآة.

تدريب(4)



1. علل:
يستخدم طبيب الأسنان المرآة المقعرة في رؤية حشوه في أسنان المريض.
استخدام المرآة المقعرة في مصابيح السيارات.
٢. مرآة مقعرة نصف قطر تكورها 30cm أين يوضع جسم أمامها حتى تتكون له
صورة حقيقية مكبرة ٣ مرات
صورة خيالية مكبرة مرتين ؟

3. انكسار الضوء Refraction of Light

عزيزي الدارس

عندما تضع قلماً أو مسطرة بصورة مائلة في كأس بـــه مـــاء ســـتلاحظ إن القلـــم أو المسطرة يعانى انكساراً عند السطح الفاصل بين الهواء والمـــاء (انظـــر الـــشكل (5-10)(أ) وكذلك عند إسقاط حزمة ضوئية ضيقة على متوازي مستطيلات زجاجي فإن الضوء سينكـــسر في اتجاه معين عند مروره من الهواء إلى متوازي المستطيلات وسينكسر عند خروجه بحيـــث يكون الشعاع الخارج موازيا للشعاع الداخل (انظر الشكل (5-10)(ب)

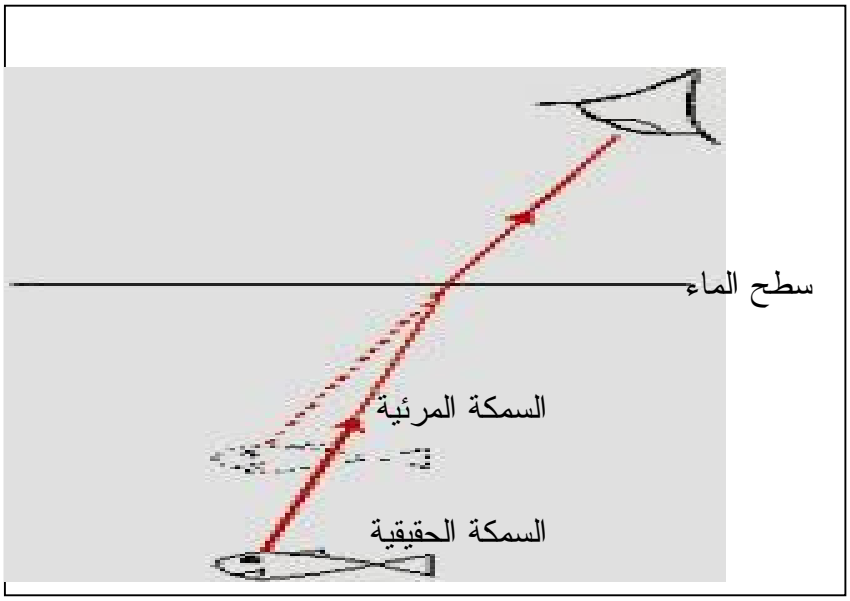
هذه الظاهرة تسمى الانكسار Refraction وهي تحـــدث نتيجـــة لاخـــتلاف الكثافـــة الضوئية للأوساط وذلك لاختلاف سرعة الضوء من وسط إلى آخر

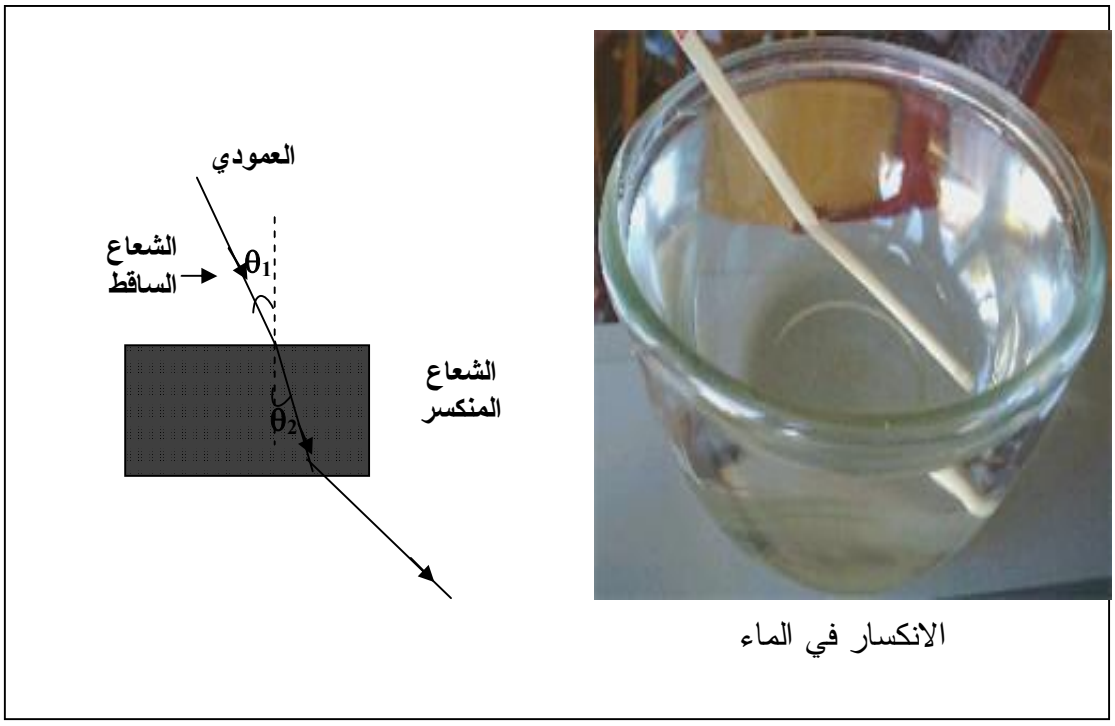
الانكسار : هو انحراف الشعاع الضوئي عن مساره عند الانتقال من وسط إلى آخر

٣,١ مصطلحات الانكسار (٥-١٠)(ب)

- زاوية السقوط هي الزاوية المحصورة بين الشعاع الساقط و العمود المقام عند السقوط θ_1 .
- زاوية الانكسار هي الزاوية المحصورة بين الشعاع المنكسر والعمود θ_2 .

(انظر الشكل(5-10)(ب)





الانكسار في الماء

الشكل (٥-١٠)

٢,٣ معامل الانكسار : index of refraction

تختلف سرعة الضوء من وسط شفاف إلى آخر وهذا يسبب انكسار الضوء ويعرف معامل الانكسار والذي يرمز له بالرمز n بأنه :

هوالنسبة بين سرعة الضوء في الفراغ (c) إلى سرعة الضوء في الوسط (v)

$$n = c/v \qquad (4\text{-}5)$$

كذلك يمكن إثبات أن معامل الانكسار n يساوي النسبة بين جيب زاوية السقوط إلى جيب زاوية الانكسار(انظر الشكل (٥-١٠)) :

$$n = \sin\theta_1 / \sin\theta_2 \qquad (5\text{-}5)$$

أما إذا كان الوسط المنتقل منه الضوء غير الفراغ فيسمى معامل الانكسار في هذه الحالة بمعامل الانكسار النسبي

معامل الانكسار النسبي: هو النسبة بين سرعة الضوء في الوسط الأول إلى سرعة الضوء في الوسط الثاني (المنتقل إليه الضوء) ويرمز له بالرمز : $^2n_1$

$$^2n_1 = v_1 / v_2 \qquad (6\text{-}5)$$

حيث v_1 هي السرعة فى الوسط الأول و v_2 هي السرعة فى الوسط الثاني

وعليه يكون

$$\sin\theta_1 / \sin\theta_2 = {}^2n_1 = v_1 / v_2$$

وبقسمة الطرف الأيمن بسطاً ومقاماً على c نصل إلى :

$$\sin\theta_1 / \sin\theta_2 = (v_1 / c) / (v_2 / c) = n_2 / n_1$$

أي أن :

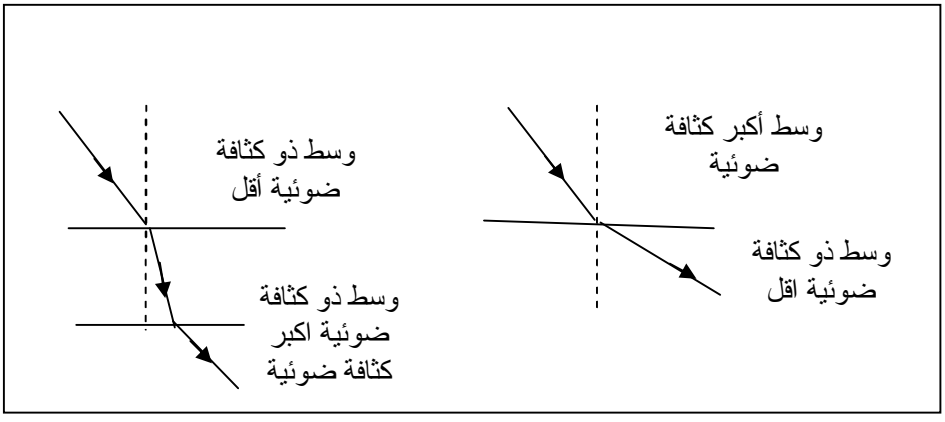
$$\sin\theta_1 \, n_1 = \sin\theta_2 \, n_2 \quad (7-5)$$

وهذا ما يعرف بقانون إسنل Snell's law

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

ولقد لوحظ عملياً وكذلك في استنتاجات قانون اسنل أن الضوء:

- عندما ينتقل من وسط ذي كثافة ضوئية اقل (مثلا الهواء) إلـــى وســـط ذي كثافة ضوئية اكبر (مثلا الماء أو الزجاج) فإنه ينكسر مقترباً من العمود عند نقطة الانكسار.
- وعندما ينتقل الضوء من وسط ذي كثافة ضوئية اكبر إلى وسط ذي كثافـــة ضوئية اقل فإنه ينكسر مبتعداً من عمود الانكسار.(أنظر الشكل (٥-١١)



الشكل (5-11)

➢ مثال

سقط شعاع بزاوية سقوط مقدارها 60^0 من وسط معامل انكساره n وانكسر في الوسط الآخر بزاوية انكسار مقدارها 45^0 فإذا كأن معامل انكسار الوسط $\sqrt{2}$ فأوجد معامل انكسار الوسط الأول

الحل : باستخدام قانون اسنل (Snell's law)

$$\sin\theta_1\ n_1 = \sin\theta_2\ n_2 \qquad (5\text{-}7)$$

$$\sin 60 \times n_1 = \sin 45 \times \sqrt{2}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \times n_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \times \sqrt{2}$$

$$n_1 = \frac{2}{\sqrt{3}}$$

قاعدة فيرما Firmat's Principle

توصل عالم الرياضيات الفرنسي بيير فيرما في العام ١٦٥٠م إلى قاعدة هامة جداً وهى أن الضوء دائما يسلك الطريق الذي يستغرق المرور فيه اقل زمن ممكن.

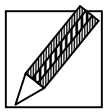
أي أن الضوء عند سقوطه من وسط اقل كثافة إلى وسط أكثر كثافة ضوئية تقل سرعته بسبب وجود الوسط الأكثف فينكسر حتى يقلل الزمن اللازم للمرور فى الوسط الجديد لأنه إذا مر بدون انكسار سيستغرق وقتا أطول للمرور خلال ذلك الوسط (انظر للشكل (٥-١١) .وهذه القاعدة مفيدة عند تطبيقها رياضيا حيث يمكن استنتاج كل قوانين الانكسار و الانعكاس منها

أسئلة تقويم ذاتي



١. عرف ما هو الانكسار ثم وضح ذلك بالرسم.
٢. عرف كل من زاوية السقوط وزاوية الانكسار.
٣. اذكر صيغ معامل الانكسار.
٤. عرف معامل الانكسار النسبي ثم اكتب الصيغة الرياضية
٥. اكتب الصيغة الرياضية لقانون إسنل

تدريب(5)



1. بالرسم المسمى فقط حدد مسار الشعاع في الحالات آلاتية:

- عندما ينتقل من وسط أقل كثافة ضوئية إلى وسط أكبر كثافة ضوئية
- عندما ينتقل من وسط أكبر كثافة ضوئية إلى وسط أقل كثافة ضوئية

2. سقط شعاع بزاوية سقوط مقدارها 30^0 من وسط معامل انكساره n_1 وانكسر في الوسط الآخر بزاوية انكسار مقدارها 45^0 فإذا كان معامل انكسار هذا الوسط $\sqrt{2}$ فأوجد معامل انكسار الوسط الأول

٣,٣ :العمق الحقيقي والعمق الظاهري

إذا افترضنا أن هنالك مصدرا مضيئا في قاع إناء به سائل، فعند النظر إليه من أعلى سيبدو للشخص الناظر إليه في موقع أقرب من موقعه الحقيقي أي سيكون عمقه بالنسبة للناظر (أي العمق الظاهري) أقل من عمقه الحقيقي.

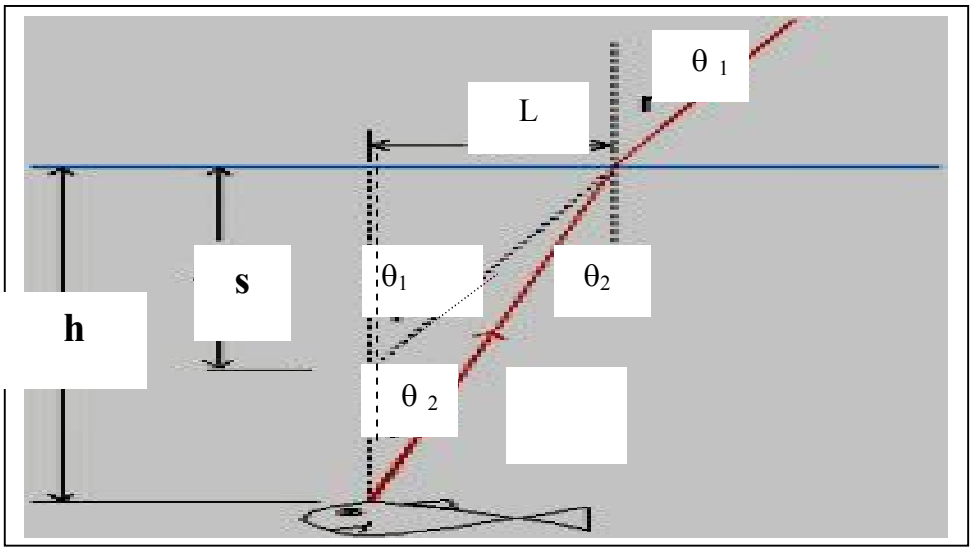
الشكل(٥-١٢) أدناه يوضح العمق الحقيقي (h) والعمق الظاهري (S).ومن هندسة الشكل نجد أن :

$$\tan\theta_1 = L / h \qquad \tan\theta_2 = L / s$$

(الضلع L موضح في الرسم)

فإذا افترضنا أن الناظر للمصدر المضيء ينظر من الهواء في اتجاه شبه عمودي فإن الزاوية θ_1 والزاوية θ_2 ستكونان زاويتين صغيرتين جداً ويمكن اعتبار أن:

$$\sin\theta_1 = \tan\theta_1 = L / h \qquad \sin\theta_2 = \tan\theta_2 = L / S$$



الشكل (٥-١٢)

إذاً باستخدام المعادلة(5-5) نحصل على علاقة أخرى لمعامل الانكسار (n) :

$$n = \sin\theta_1 / \sin\theta_2 = (L/S)/(L/h) = h/S \qquad /(٨-٥)$$

أى أن: معامل الانكسار = النسبة بين العمق الحقيقي والعمق الظاهري

➢ مثال

رجل طوله 184cm نظر إلى قاع حوض سباحة فبدا له ضحلاً، وعندما نزل إلى قاع الحوض فوجئ بأن الحوض قد ابتلعه تماماً، ما هو عمق الحوض كما بدا للرجل علماً أن معامل انكسار الماء 1.33.

الحل

العمق الحقيقي للحوض = طول الرجل = 184cm

بفرض أن الرجل نظر عمودياً وباستخدام المعادلة(٥-٨)، معامل الانكسار $n = h/S$

∴عمق الحوض كما بدا للرجل أي العمق الظاهري (S) يساوي:

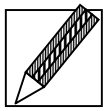
$$S = h/n = 184/1.33 = 138.3cm$$

أسئلة تقويم ذاتي



1. اذكر صيغة معامل الانكسار للسائل.
2. عرف كل من العمق الحقيقي والعمق الظاهري

تدريب(6)



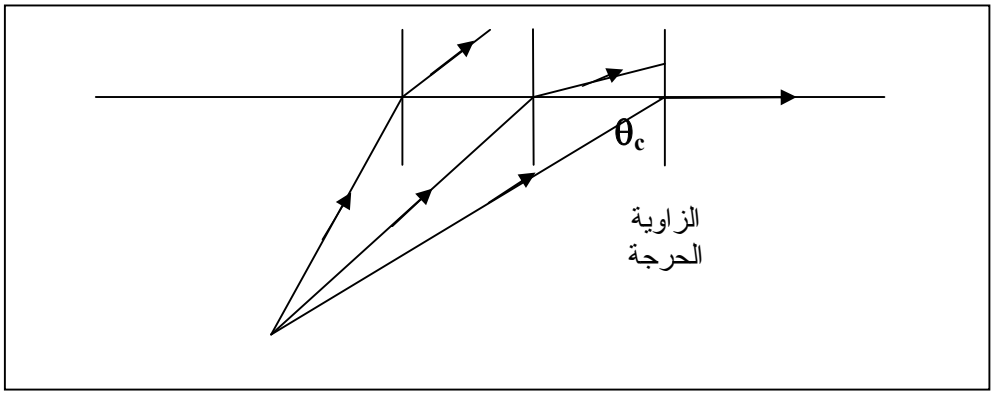
١. علل ظهور قاع إناء ملئ بالماء تماما في وضع اقرب من الوضع الحقيقي

٢. نظر رجل من أعلى إلى نقش في قعر إناء به سائل معامل انكساره 1.4 ، فإذا كان ارتفاع لسائل في الإناء 18cm فما هو العمق الظاهري للنقش كما يظهر للرجل

٣,٤ الزاوية الحرجة (critical angle)

عندما ينتقل الضوء من الماء مثلاً إلى الهواء فإنه ينكسر مبتعداً عن عمود الانكسار، وكلما كبرت زاوية السقوط تكبر زاوية الانكسار إلى أن تصبح زاوية الانكسار (90^o) وينكسر الضوء في اتجاه موازي لسطح الماء كما في (الشكل (5-13).تسمى زاوية السقوط في

الماء التي تقابلها زاوية الانكسار($\mathbf{90^o}$)في الهواء بالزاوية الحرجة للوسط الثـــاني(critical angle).



الشكل (5-13) : الزاوية الحرجة

من قانون إسنل: $\sin\theta_1\, n_1 = \sin\theta_2\, n_2$

عندما يكون الوسط الثاني هواء($n_2 = 1$) $\therefore$ $\sin\theta_2 = \sin\theta_1\, n_1$

عند الزاوية الحرجة تكون $\theta_2 = 90$

وإذا رمزنا لمعامل الانكسار المطلق للماء بالرمز n فإن :

$$\therefore \quad \sin 90 = \sin\theta_c\, n$$

حيث θc هي زاوية السقوط الحرجة أو باختصار الزاوية الحرجة

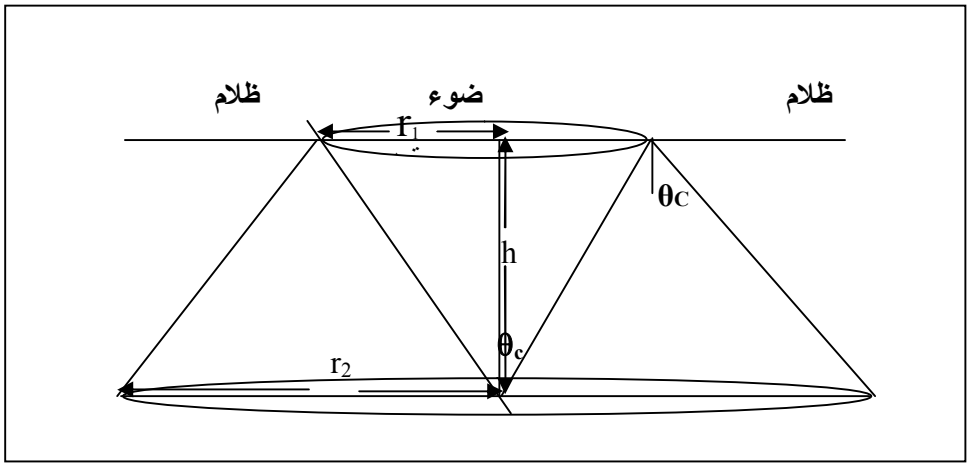
$$\therefore \quad \mathbf{n = 1 / \sin\theta_c} \qquad \mathbf{(9\text{-}5)}$$

3.5 :الانعكاس الكلي الداخلي Total Internal Reflection

عزيزي الدارس

إذا سقط الشعاع الضوئي بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة للوسط فإنه لا ينتقل إلى الهواء بل ينعكس داخلياً كليا ويصبح السطح الفاصل كأنه مرآة عاكسة إذا نظرت إليه من أسفل. فإذا افرضنا أن مصدرا ضوئيا موجودا على عمق h من سطح بحيرة كما في الشكل (١٤-٥) فسنلاحظ أن :

المصباح يرسل الضوء على شكل مخروط زاوية رأسه $2\theta c$.



الشكل (١٤-٥)

- هنالك دائرة مضيئة على سطح البحيرة يمكن برهان أن نصف قطرها

$$(١) \qquad r_1 = h / \sqrt{(n^2 - 1)}$$

- وهنالك دائرة مظلمة على قاع البحيرة حيث يمكن من الرسم ملاحظة أن نصف قطرها ضعف قطر الدائرة المضيئة. أي أن:

$$r_2 = 2\, r_1$$

$r_2 = 2h / \sqrt{(n^2 - 1)}$	(٢)

➢ **مثال**

وضع مصدر مضيء في قاع حوض سباحة فتكونت نتيجة ذلك دائرة مضيئة على سطح الحوض نصف قطرها 2m فما هو عمق الحوض إذا كان معامل انكسار الماء 1.33

الحل

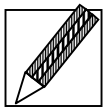
$$r = h / \sqrt{(n^2 - 1)}$$
$$h = r \times \sqrt{(n^2 - 1)} = 2 \times \sqrt{(1.33^2 - 1)} = 1.754m$$

نشاط (2)



عزيزي الدارس : ضع كوز ماء داخل برميل ملي بالماء تماما ثم حاول إخراج الكوز ماذا تلاحظ ؟

تدريب(7)



١. عزيزي الدارس: برهن صحة العلاقتين (١) و (٢) أعلاه.
٢. وضع مصباح مضيء في قاع بحيرة عمقها 3m ما هو نصف قطر الدائرة المضيئة المتكونة على سطح البحيرة (معامل انكسار الماء 1.33)

3.6 بعض تطبيقات الانعكاس الكلي الداخلي

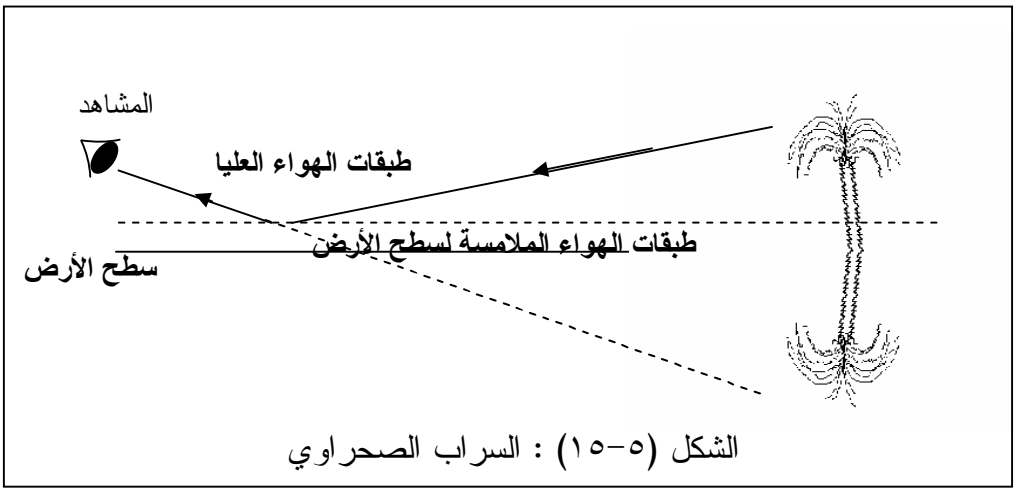
أولاً: السراب الصحراوي

تحدث هذه الظاهرة عزيزي الدارس في المناطق الحارة ولعلك قد لاحظتها يوماً ما ، حيث تظهر للأجسام البعيدة صوراً مقلوبة كأنها في بركة ماء .

تحدث هذه الظاهرة نتيجة الانعكاس الكلي الداخلي فى الهواء:

وذلك لأن طبقات الهواء الملامسة لسطح الأرض في الأيام الحارة تكون أسخن من طبقات الهواء الأعلى منها وبالتالي تكون أقل كثافة ضوئية حيث أن الكثافة الضوئية تقل بزيادة درجة الحرارة وتزيد بنقصانها.

- وعندما ينتقل الضوء من الطبقات العليا (الأكبر كثافة ضوئية) إلى الطبقات الأسفل الساخنة (أقل كثافة ضوئية) فإنه ينكسر مبتعداً عن عمود المقام (الناظم) أي تزيد زاوية انكساره كل مرة ينتقل فيها من طبقة إلى طبقة أسفل منها
- و تستمر هذه الزيادة فى زاوية الانكسار حتى تصبح زاوية سقوطه على السطح الفاصل أكبر من الزاوية الحرجة و عندها ينعكس الضوء انعكاساً كلياً داخلياً.
- ونتيجة لذلك تظهر صورة السماء على سطح الأرض كأنها بركة ماء وتظهر للأشجار وللأجسام البعيدة صوراً تحتها كأنها منعكسة من سطح بركة ماء انظر الشكل (5-15)

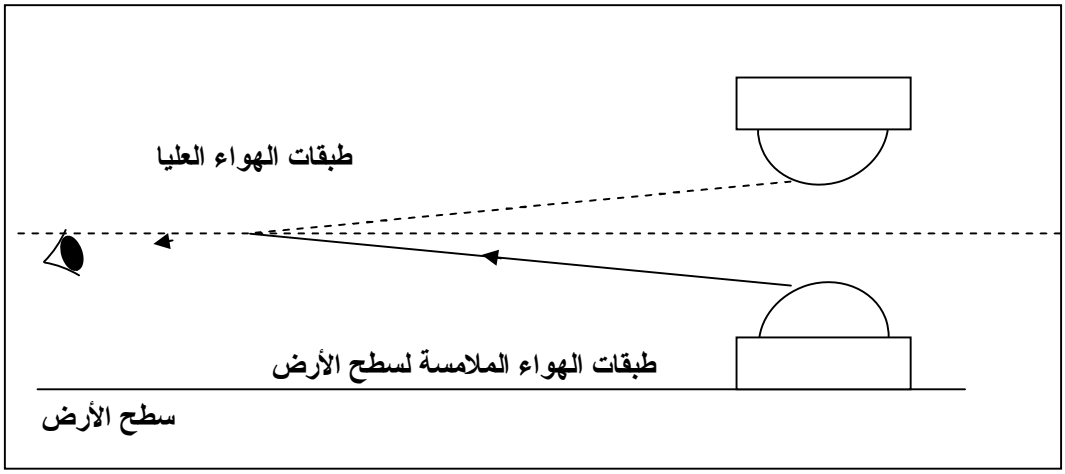


الشكل (٥-١٥) : السراب الصحراوي

ثانيا: السراب القطبي

تحدث هذه الظاهرة في المناطق القطبية الباردة حيث:

- تكون طبقات الهواء الملامسة لسطح الأرض أقل درجة حرارة من الطبقات العليا لذلك تشكل وسطاً أكبر كثافة ضوئية
- وعندما ينتقل الضوء من الطبقات السفلي (أكبر كثافة ضوئية) إلى الطبقات العليا (أقل كثافة ضوئية) فإنه ينكسر مبتعداً عن عمود الانكسار



الشكل (٥-١٦) السراب فى المناطق الباردة

وإذا كان زاوية سقوطه على السطح الفاصل (سطح تخيلي) أكبر من الزاوية الحرجة فإن الضوء يعاني انعكاساً كلياً داخلياً ونتيجة لذلك تظهر صورة الأجسام التي على الأرض كأنها معلقة في السماء بالمقلوب (انظر الشكل(**5-16**))

٣,٧ الألياف الضوئية Optical Fibers

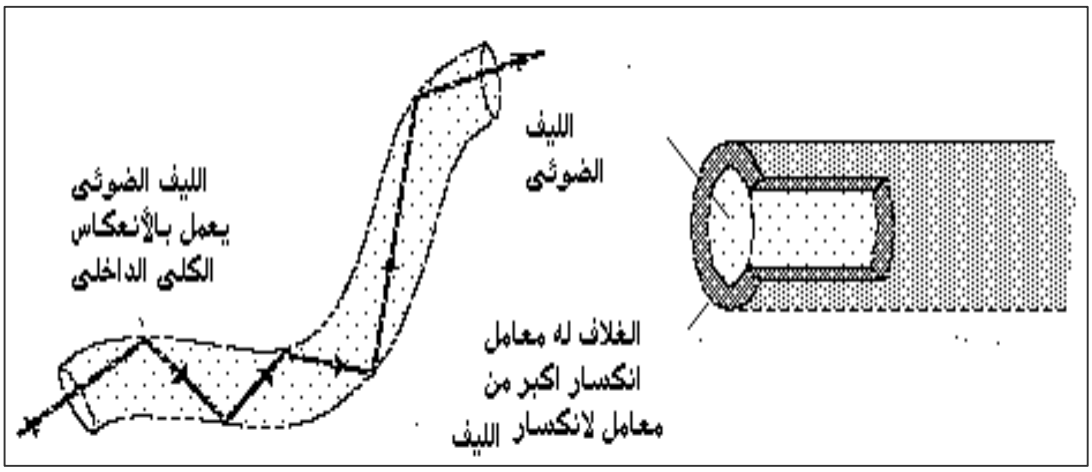
الألياف الضوئية تعتبر إحدى تطبيقات الانعكاس الكلي الداخلي الهامة جدا.

تعريف الليف الضوئي

عبارة عن أنبوب (غير مفرغ) رفيع جدا و مرن يصنع من مادة زجاجية ذات معامل انكسار أعلى من معامل انكسار الطبقة الخارجية للأنبوب(الغلاف) وبالتالي تكون الزاوية الحرجة له صغيرة.

عند إمرار شعاع ضوئي داخل الليف المثنى فإن الشعاع يسقط على جدران الليف بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة وبالتالي ينعكس انعكاسا كليا داخليا على جدار الليف وهكذا تتكرر عملية الانعكاس هذه حتى يصل الشعاع إلى الطرف الآخر.

(انظر الشكل أدناه)



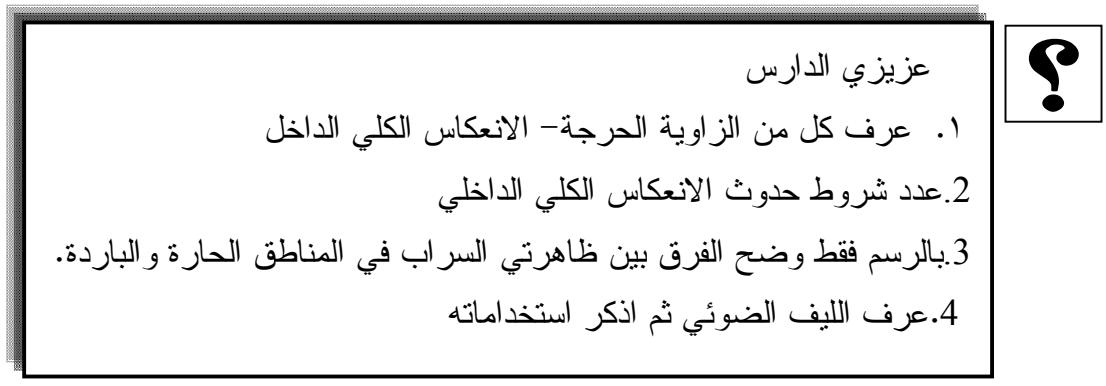


{الليف الضوئي بين إصبعين و هذه الألياف قد تكون ارفع مما تراه فى الصورة. لآحظ أن الشكل اللامع فى نهاية الأنبوب ماهى إلا صورة ضوء أرسل خلال الليف من طرفه الآخر.}

استخدامات الألياف الضوئية

- تستخدم في نقل الصورة مهما كانت المنحنيات كما في المناظير الطبية حيث تمكن من الرؤية الواضحة لما بداخل جسم المريض بدون جراحة. وفى نفس الوقت يمكن الاستعانة بهذه الصور لإجراء جراحة بملحقات مع المنظار نفسه.
- كما تستخدم في الاتصالات فكل خطوط الهاتف والاتصالات الآن هي من الألياف الضوئية حيث ترسل الإشارات فيها في صورة ضوء وليس في صورة إشارة كهربية كما كان في الماضي حيث تحول الإشارات الكهربائية إلى ضوء ينقل بواسطة الليف ثم يحول عند وصوله إلى الطرف الآخر إلى اشارات كهربائية مرة أخرى. ويمكن نقل عدد كبير جدا من المحادثات خلال الليف الضوئي الواحد فى نفس الوقت

أسئلة تقويم ذاتي



عزيزي الدارس

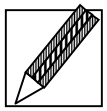
١. عرف كل من الزاوية الحرجة– الانعكاس الكلي الداخل

2.عدد شروط حدوث الانعكاس الكلي الداخلي

3.بالرسم فقط وضح الفرق بين ظاهرتي السراب في المناطق الحارة والباردة.

4.عرف الليف الضوئي ثم اذكر استخداماته

تدريب(8)



علل :

1. ترى السمكة الأشياء الموجودة فوق سطح الماء وهي بداخل الماء في شكل مخروط زاوية رأسه تساوي ضعف الزاوية الحرجة للماء.

2.استخدام الألياف البصرية في الاتصالات.

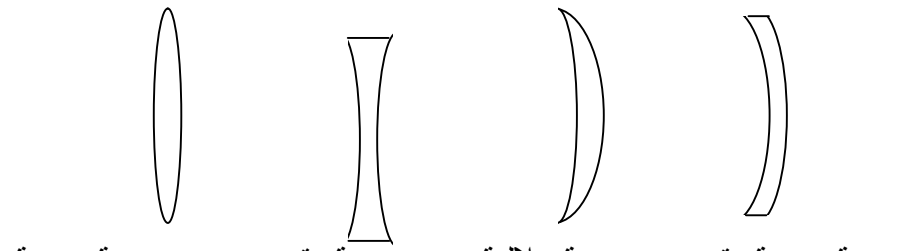
٤. العدسات الرقيقة : Thin lenses

العدسات عبارة عن أجسام رقيقة تحد بسطحين كرويين أو سطح كروي والآخر مستو

عندما يسقط الضوء على أحد وجهي العدسة فإنه ينكسر داخلها وعندما يخرج من الوجه الأخر ينكسر مرة أخرى، وتكون النتيجة انحراف الضوء عن مساره الأول.

4.1 أنواع العدسات

العدسة الرقيقة عبارة عن عدسة ذات سمك صغير بحيث يمكن تجاهل تأثير سمكها في انكسار الأشعة ويكون التأثير فقط لوجهي العدسة وهي عدة أنواع كما في الشكل (٥-١٧)



الشكل(٥-١٧)

وسوف نقتصر دراستنا هنا على نوعين فقط من العدسات المذكورة أعلاه وهى:

أولاً: العدسات المحدبة

هي سميكة في الوسط ورفيعة في الأطراف

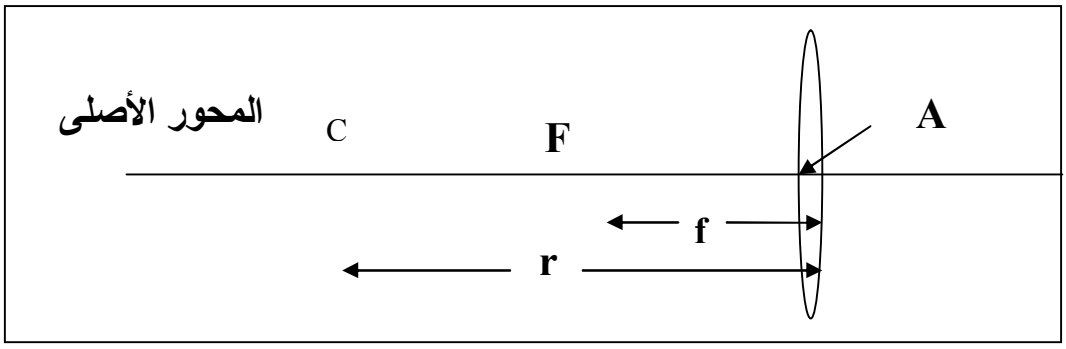
ثانياً :العدسات المقعرة

هي رقيقة في الوسط و سميكة في الأطراف

وسنقوم فى البداية بتعريف بعض المصطلحات الضرورية المستخدمة في دراسة العدسات .

4.2 مصطلحات العدسات

المركز البصري A : هو نقطة في منتصف العدسة بحيث يخرج الشعاع الساقط عليها على استقامته .
البـــؤرة F : هي نقطة تتجمع فيها الأشعة الساقطة على العدسة والموازية للمحور الأصلي والقريبة منه كما في العدسة المحدبة أو تتجمع فيها امتدادات هذه الأشعة كما في العدسة المقعرة . بؤرة العدسة المحدبة حقيقية و بؤرة العدسة المقعرة خيالية
مركز التكور C : هو مركز الكرة التي كانت العدسة جزء منها .
المحور الأصلي : هو الخط الواصل بين المركز البصري ومركز التكور .
البعد البؤري f : هو المسافة بين البؤرة والمركز البصري .
نصف قطر التكور r : هو المسافة بين المركز البصري ومركز التكور .



مصطلحات العدسات(للعدسة المحدبة)

عزيزي الدارس ،

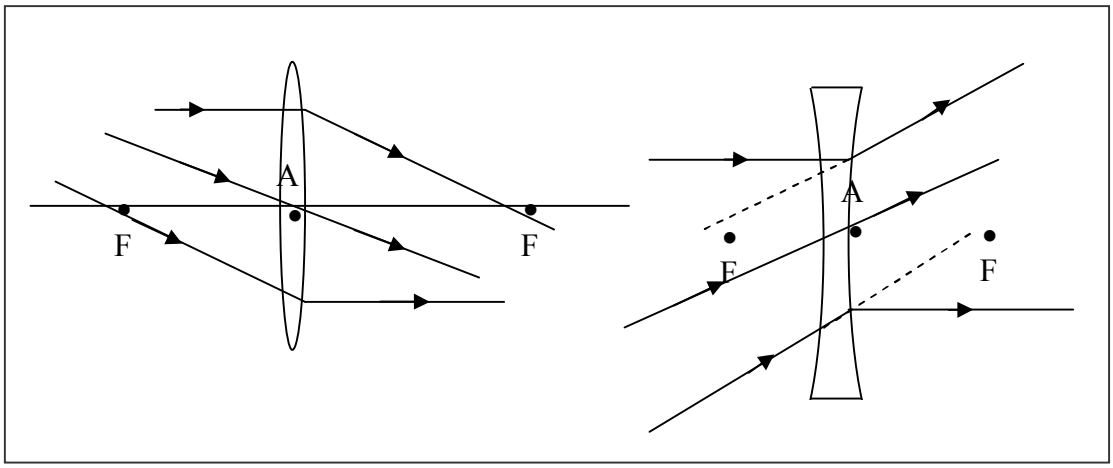
في ما يلي بعض الخصائص الهامة للأشعة الساقطة على العدسات:

(١) الشعاع الساقط موازياً للمحور الأصلي وقريب منه ينكسر بحيث يمر بالبؤرة أو يمر امتداده بالبؤرة في حالة العدسة المقعرة .

(٢)الشعاع الساقط ماراً بالبؤرة (أو يمر امتداده بالبؤرة) ينكسر موازياً للمحور الأصلي.

الشعاع الساقط على المركز البصري ينفذ دون أن يعاني انكسار .

والشكل (5-18) يوضح هذه الخصائص

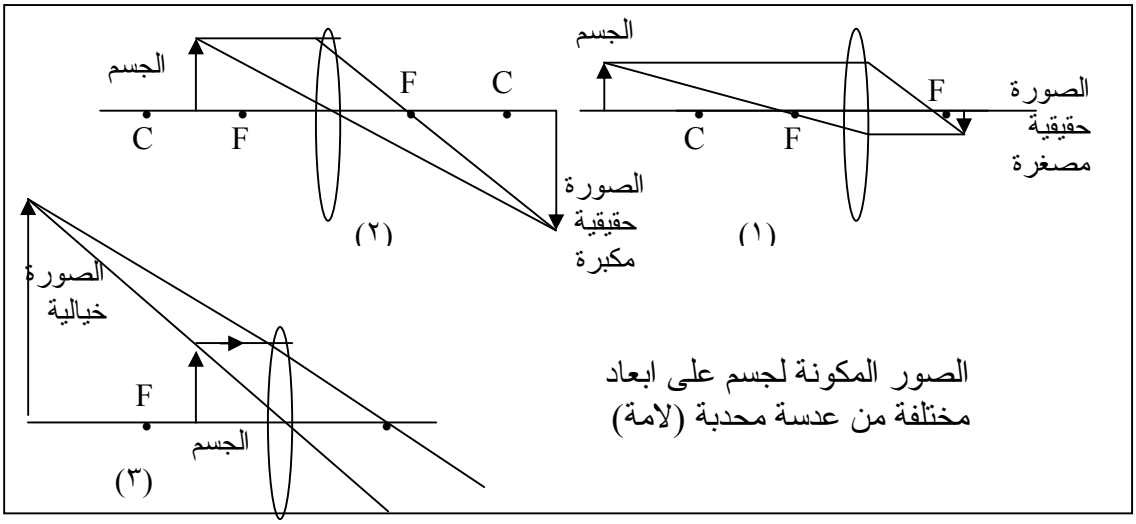


الشكل (5-18)

٤,٣ :حالات الصور المكونة بواسطة العدسات

يمكن تتبع الأشعة الثلاثة السابقة لمعرفة موقع وصفات الصورة المكونة بواسطة العدسات.

عزيزي الدارس سوف نتبع نفس الخطوات التى اتبعناها فى حالات المرايا الكريه وذلك باستبدال المرأة بالعدسة



الآن و بعد دارسة حالات الصور المتكونة بواسطة العدسات وذلك برسم الصور المتكونة لجسم موجود في أوضاع (ابعاد) مختلفة من العدسة. نجد أن:

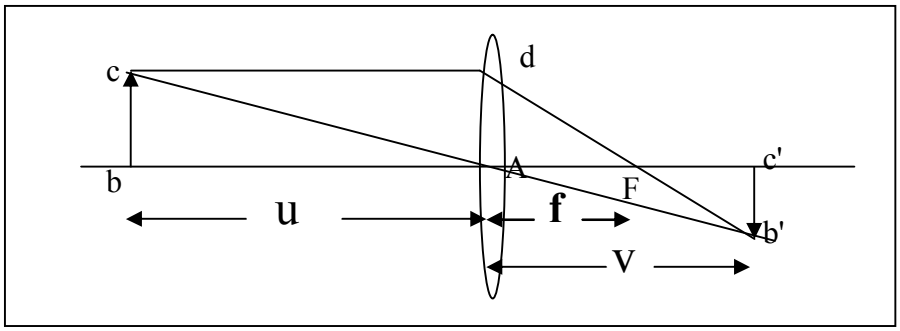
- **العدسة المحدبة** يمكن لها أن تكون **صوراً مصغرة أو مكبرة، حقيقية أو خيالية** للجسم حسب موقعه من العدسة
- **العدسة المقعرة** يمكنها أن تكون **صوراً خيالية مصغرة فقط** أينما كان موقع الجسم.

وهناك علاقة تربط بين موقع الجسم والصورة والبعد البؤري للعدسة هي:

$$\mathbf{(1/f) = (1/u) + (1/v)} \qquad \mathbf{(10\text{-}5)}$$

وهذا هو **قانون العدسات** وكم تلاحظ انه نفس قانون المرايا الكرية

سنثبت هذه العلاقة بالنسبة للعدسة المحدبة باستخدام الشكل (5-19)



الشكل (5-19)

ΔbcA و $\Delta b'c'A$ متشابهان

$$\therefore \quad \frac{\bar{bc}}{\bar{bc}} = \frac{v}{u} \qquad (1)$$

كذلك ΔdAF و $\Delta \bar{b'c'}F$ متشابهان

$$\therefore \quad \frac{\bar{bc}}{\bar{dA}} = \frac{v - f}{f}$$

لكن $bc \approx dA$ ومن (١)

$$(v/u) = (v - f)/f$$

بالقسمة على v وترتيب الحدود نحصل على المعادلة (5−10) أي

$(1/f) = (1/u) + (1/v)$ وهذه العلاقة تسمى **القانون العام للعدسات**

4.4 التكبير : Magification

التكبير :هو النسبة بين طول الصورة إلى طول الجسم وهو النسبة بين بعد الصورة إلى بعد الجسم .

التكبير = طول الصورة ÷ طول الجسم	أي أن	M = u/ v

ملاحظة

تكبير الصورة النهائية لجسم موجود أمام مجموعة من العدسات =
تكبير العدسة الأولي × تكبير العدسة الثانية × تكبير العدسة الثالثة× .....

$$M = M_1 \times M_2 \times M_3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

حيث M رمز للتكبير Magnification

➢ مثال(1)

وضع جسم أمام عدسة محدبة فتكونت له صورة حقيقية مكبرة مرتين ، ثم حركت العدسة مسافة 10 cm نحو الجسم فتكونت للجسم صورة خيالية مكبرة مرتين . أحسب البعد البؤري للعدسة ؟

الحل

نستخدم القانون العام (5-10)

$$1 / f = (1 / u) + (1 / v)$$

في الوضع الأول : التكبير 2=(v/u)، ∴ v = 2 u

$$\mathbf{1 / f = (1 / u) + (1 / 2u)}$$

$$\therefore\ 1 / f = \mathbf{3} / 2u$$

$$\therefore\ f = 2\ u/ 3 \qquad (1)$$

في الوضع الثاني أصبح بعد الجسم : u - 10

∴ التكبير $v / (u - 10) = 2$ ∴

$v = 2 (u - 10)$

$\therefore 1 / f = 1 / (u - 10) - 1 / 2 (u - 10) = 1 / 2 (u - 10)$

$f = 2(u - 10)$ (2)

من (1) و (2) نجد أن $\therefore u = 15$ cm

عوض في (1) أو فى (٢) تجد أن: $\therefore f = 10$ cm

➢ مثال (2)

وضع جسم على بعد 15 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 10 cm ، ثم وضعت عدسة مقعرة بعدها البؤري 12 cm على بعد 6cm من العدسة المحدبة وعلى الجانب الأخر من موقع الجسم . صف الصورة النهائية المتكونة ؟

الحل

بالنسبة للعدسة المحدبة : $(1 / f) = (1 / u) + (1 / v)$

$\therefore (1 / 10) = (1 / 15) + (1 / v)$ $v = 30$ cm

تكبير العدسة الأولي $v/u = 30/15 = 2$

∴ العدسة المحدبة ستكون صورة حقيقية مكبرة مرتين هذه الصورة تعتبر بمثابة جسم خيالي للعدسة المقعرة وعلى بعد سالب ويساوي

$30-6 = 24$ cm

$(1 / f) = (1 / u) + (1 / v)$

منها :

$- (1 / 12) = - (1 / 24) + (1 / v)$ $v = - 24$ cm

تكبير العدسة الثانية $v/u = 24/24 = 1$

العدسة المقعرة ستكون صورة خيالية مساوية للجسم.و بما أن:

تكبير الصورة النهائية = تكبير العدسة الأولي × تكبير العدسة الثانية

∴ تكبير الصورة النهائية = $(-1)\times 2 = -2$

∴ هي صورة خيالية مكبرة مرتين.

أسئلة تقويم ذاتي



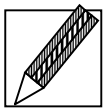
عزيزي الدارس،

١. عرف العدسة المحدبة والعدسة المقعرة مع رسم كل منهما

٢. عدد استخدامات العدسات في حياتنا اليومية

٣. بالرسم فقط وضح الفرق بين البؤرة الخيالية (التقديرية) والبؤرة

تدريب(9)



علل :

1. بؤرة العدسة المحدبة بؤرة حقيقية بينما بؤرة العدسة المقعرة بؤرة خيالية (تقديرية)

2. تناول بالرسم وصف الصورة المتكونة بواسطة العدسة المحدبة لجسم وضع في الأبعاد آلاتية (تقرأ من الشمال):

$u = f,\ u < f\ ,\ f < u < r,\ u > r\ ,\ u \to \infty$

حيث u –بعد الجسم وf–البعد البؤرى ،r–نصف قطر تكور العدسة

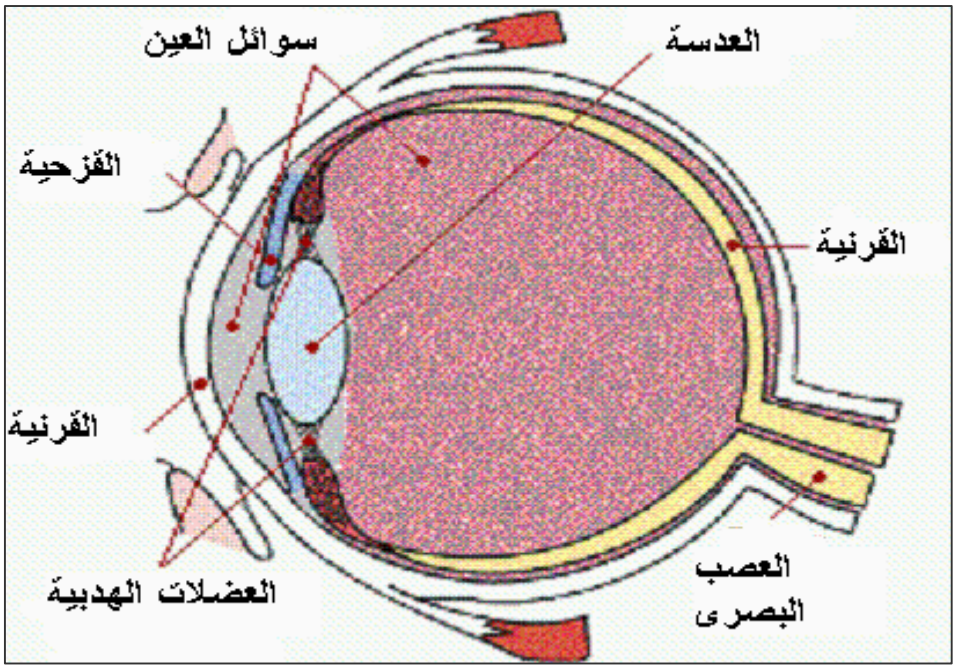
3. وضع جسم على بعد 20 cm من عدسة محدبة بعدها البؤري 10 cm ، ثم وضعت عدسة مقعرة بعدها البؤري 10 cm على بعد 12cm من العدسة المحدبة وعلى الجانب الأخر من موقع الجسم . صف الصورة النهائية المتكونة ؟

5. الأجهزة البصرية

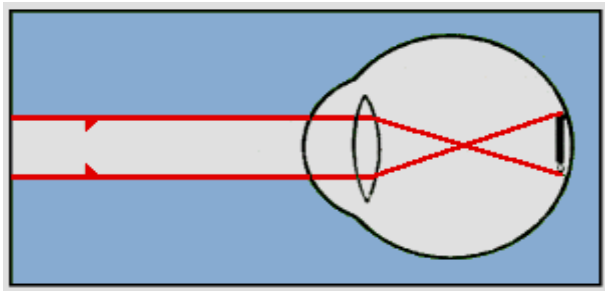
٥. ١ العين البشرية

العين من أعظم نعم الله على مخلوقاته وهى مخلوق دقيق جدا مطبق فيها علم البصريات بدقة متناهية وبأكثر مما نعرف. وتقوم القرنية والعدسة(أنظر الشكل أدناه) بكسر الأشعة الضوئية الواصلة مما يوجد أمامها بحيث تتكون الصورة على الشبكية فى مؤخرة العين وهى تتكون من ملايين الخلايا الحساسة للضوء (أكثر من ١٣ مليون خلية) مما يمكنها من تكوين صور فى غاية الوضوح بأكثر من أي جهاز اخترعه الإنسان حتى الآن. و تكون هذه الصورة مقلوبة حيث يقوم المخ بعد أن ينقلها إليه العصب البصري بتحويلها إلى صورة معتدلة. وهناك الكثير من التفاصيل الدقيقة ولكن ما يهمنا هنا هو لماذا يحدث طول النظر وقصر النظر للإنسان

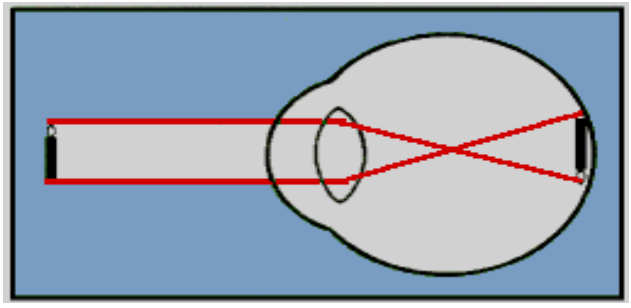
الشكل (٥-٢٠) التركيب الفيزيائي للعين البشرية



في الشكل (٥-٢٠): القزحية هي التى تتحكم في كمية الضوء الداخل العين حيث تتسع و تضيق حسب كمية الضوء المناسب للرؤية بينما تقوم العضلات الهدبية بالتحكم فى سمك العدسة حيث أن البعد البؤري للعدسات السميكة(لأن الإنكسار يكون أكبر) اصغر من البعد البؤري للعدسات الرفيعة. لاحظ إننا لكي نرى الأجسام البعيدة جدا حيث تتكون الصورة في البؤرة لا بد أن يكون البعد البؤري للعين يساوى سمك العين حتى تتكون الصورة بوضوح على الشبكية في مؤخرة العين ولذلك تعمل تلك العضلات على أن يقل سمك العدسة حتى يزيد بعدها البؤري. (أنظر الشكل الشكل(٥-٢١) (أ)). وتقوم نفس العضلات بزيادة سمك العدسة إذا كان الجسم قريبا (أنظر الشكل الشكل(٥-٢١) (ب)



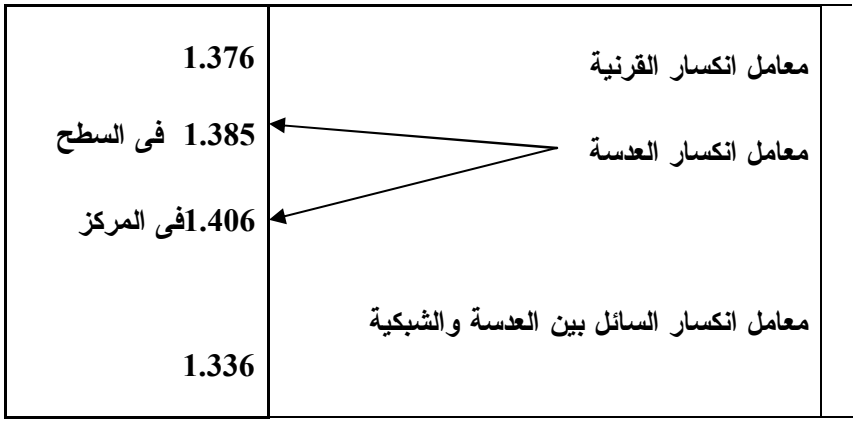
الشكل(٥-٢١) (أ) يقل سمك العدسة لرؤية الأجسام البعيدة



الشكل(٥-٢١) (ب) يزيد سمك العدسة لرؤية الأجسام القريبة

العجيب في العين أن كل من القرنية والعدسة والسائل بين العدسة والشبكية تعمل كوحدة واحدة.

فمعاملات انكسار الثلاثة قريبة من بعضها جداً كما يوضح الجدول (٥-١)



الجدول (٥-١)

قصر النظر :

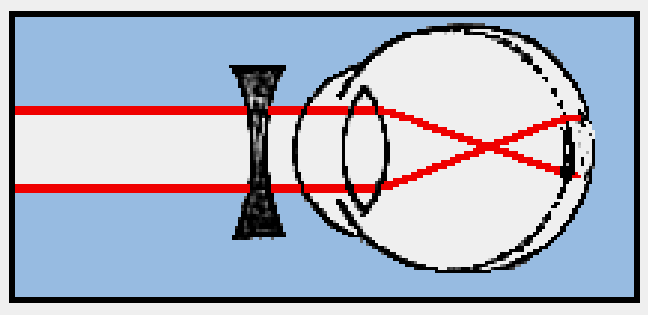
فإذا أصبح الإنسان لا يرى الأشياء البعيدة بوضوح فهذا يعني أن العدسة لا تستطيع أن تصبح رفيعة بالقدر المناسب و أن الصورة تتكون في السائل ولا تصل إلى الشبكية ويقال عن الشخص الذي لا يرى الأشياء البعيدة أن عنده قصر النظر.

كيفية معالجة قصر النظر:

لتصحيح هذا الوضع تصنع نظارة بها عدسة أو عدسات مقعرة حسب الحاجة (عين واحدة أو العينين) الشكل (٥-٢٢)(أ) حتى تزيد البعد البؤري وتتكون الصورة على الشبكية وتقاس العدسة المطلوبة فى هذه الحالات بوحدة **قوة العدسة**

قوة العدسة : تساوى مقلوب البعد البؤري .

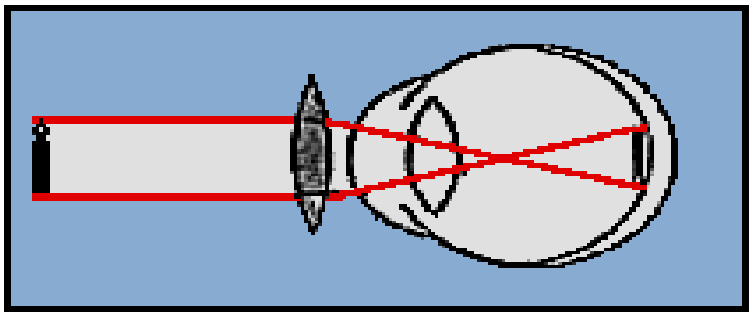
فإذا كان البعد البؤري للعدسة المقعرة المطلوبة هو نصف متر فإن قوة العدسة المطلوبة هي سالب ٢(بالسالب لأن بؤرة العدسة المقعرة تقديرية)



الشكل (٥-٢٢) (أ) تصحيح قصر النظر باستعمال العدسة المقعرة

طول النظر:

أما إذا أصبح الشخص لا يرى الأشياء القريبة كأن لا يستطيع القراءة ولكن يستطيع رؤية



الشكل (٥-٢٢) (ب) تصحيح طول النظر باستخدام العدسة المحدبة

الأشياء البعيدة بوضوح فيقال أن عنده بعد نظر أي أن الصورة الواضحة تتكون خلف الشبكية ولتصحيح النظر لهذا الشخص تصنع نظارة بها عدسة أو عدسات محدبة (لامة) حتى تتكون الصورة الواضحة على الشبكية. لاحظ أن قوة العدسة اللامة موجبة.

5. ٢ المجهر البسيط (العدسة المكبرة):Simple Microscope

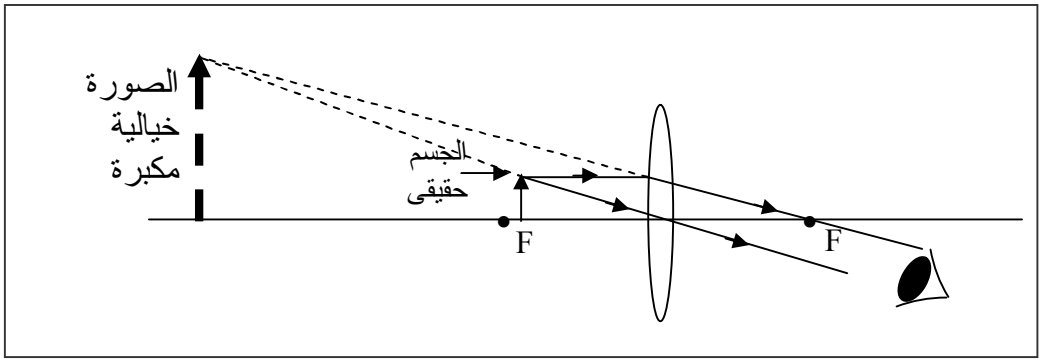
تركيب المجهر البسيط

يتكون من عدسة ذات بعد بؤري صغير نسبياً ، انظر الشكل (٥-٢٣) ،
يوضع الجسم أمام العدسة وداخل بعدها البؤري فتكون له صورة خيالية

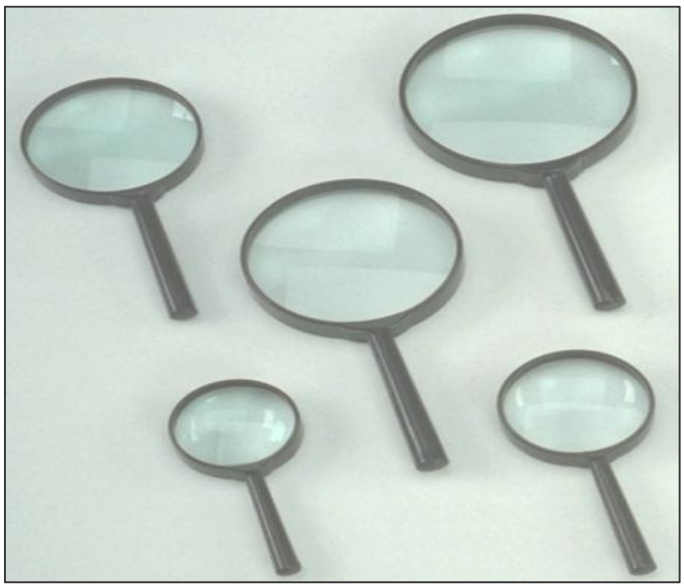
ويستخدم لتكبير الأجسام الصغيرة الغير واضحة للعين المجردة

تكبير هذه العدسة يعتمد على موقع الجسم أمام العدسة وموقع العين خلف العدسة ولكن كتقريب مناسب نفترض أن الجسم في مكان أقرب لبؤرة العدسة وأن العين ملتصقة مع العدسة ولكي ترى صورة واضحة يجب أن تكون الصورة النهائية عند كثب العين أي على بعد 25 cm تقريبا وهى اقرب مسافة مناسبة للرؤية المجردة الواضحة.

تكبير المجهر البسيط= M = v / u = 25 / f



الشكل (٥-٢٣) :**المجهر البسيط**



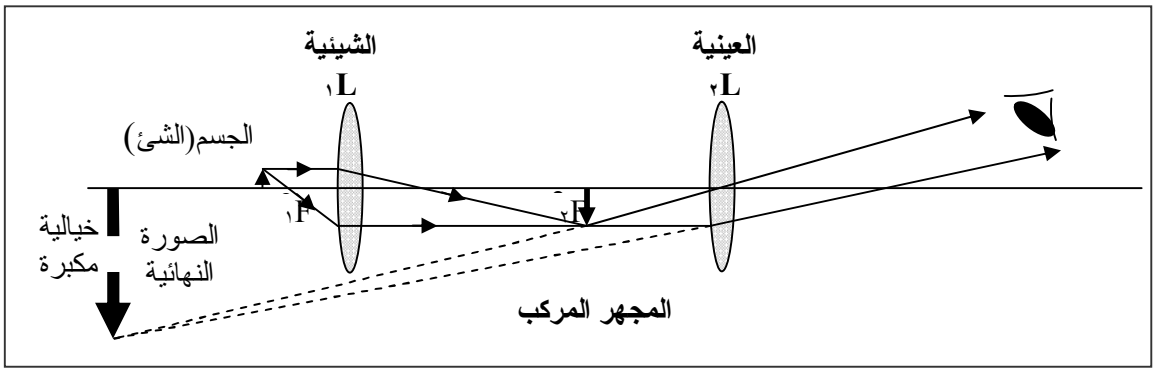
المجهر البسيط فى صورته الحقيقية – خمسة مجاهر بسيطة

٣,٥ المجهر المركب

يستخدم لرؤية الأجسام التي لا ترى بالعين المجردة .

تركيبه

يتكون من عدسة تسمى شيئية (حيث ينظر من خلالها للشئ) ذات بعد بؤري صغير نسبياً وعدسة تسمى عينية (حيث ترى بها العين الصورة) ذات بعد بؤري كبير. انظر الشكل **(٥-٢٤)**



الشكل (٥-٢٤)



مجهر مركب به شيئية واحدة و عينيتان بالاضافة الى عينية ثاالثة منفصلة

طريقة عمله

يوضع الجسم أمام العدسة الشيئية وعلى بعد أكبر بقليل من البعد البؤري لها فتتكون له صورة حقيقية و تقع داخل البعد البؤري(وأمام) العدسة العينية التي تعمل كعدسة مكبرة لهذا الجسم.

تكبير المجهر

التكبير = تكبير الشيئية × تكبير العينية

وكتقريب مناسب نعتبر الجسم عند بؤرة الشيئية فيكون تكبيرها هو :

$$M_1 = v / f$$

أما تكبير العينية فهو كما أسلفنا :

$$M_2 = 25 / f$$

إذن التكبير :

$$M = M_1 \times M_2 = (v/f_1) \times (25/f_2)$$

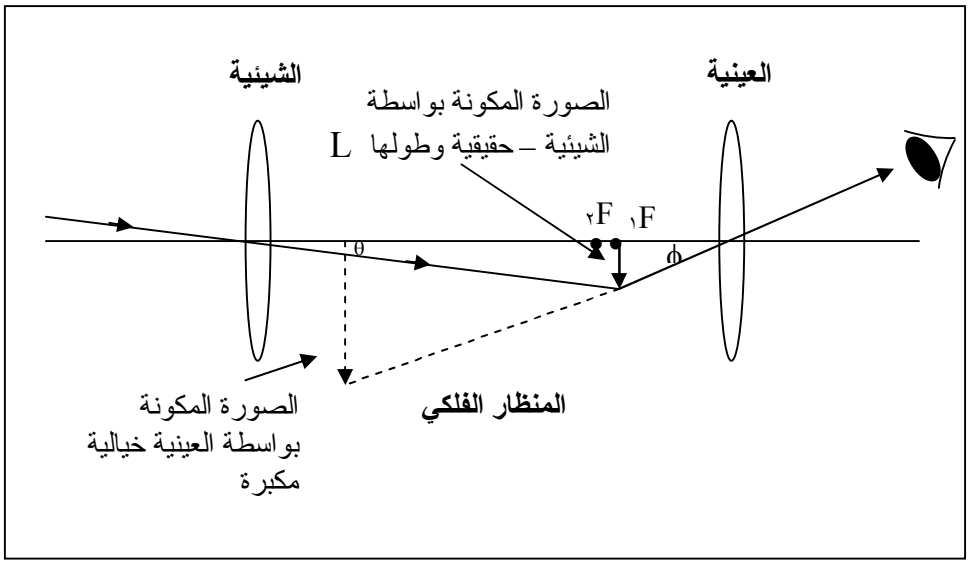
أو

$$M = (25v)/(f_1 f_2)$$

٤,٥ المنظار الفلكي : Telescope

هو جهاز يستخدم لرؤية الأجسام البعيدة كالنجوم والكواكب .

تركيبه : **يتكون من عدسة شيئية ذات بعد بؤري كبير نسبياً وعدسة عينية ذات بعد بؤري صغير وقصبة متغيرة الطول تثبت عند طرفيها العدستان .**



الشكل(٥-٢٥)

طريقة عمله

تكون العدسة الشيئية صورة للجسم البعيد جدا عند بؤرتها(F_1) و هذه الصورة تعتبر بمثابة جسم خيالي للعدسة العينية والتي تكون له صورة أخرى.

وكتقريب تعتبر صورة الشيئية عند بؤرة العينية والتي بدورها تكون لها صورة عند كثب العين . يحسب التكبير هنا بدلالة زاوية الإبصار ϕ (تنطق فاى) وزاوية الرؤيا θ(تنطق ثيتا)

التكبير = زاوية الإبصار ϕ
زاوية الرؤيا θ

$$M = \phi / \theta$$

من الشكل ϕ و θ زوايا صغيرة

$$\theta = \tan\theta = L/f_1$$

و

$$\phi = \tan\phi = L/f_2$$

$$\theta = L/f_1 \quad \text{و} \quad \phi = L/f_2$$

$$\therefore M = f_1 / f_2$$

ويلاحظ أن

طول قصبة المنظار = $f_1 + f_2$
تقريبا



منظار فلكى صغير نوعا ما » مربوط معه كالعادة منظار فلكى صغير جدا يستعمل لتحديد المنطقة الأوسع التى يراد استخدام المنظار الأكبر لتكبير الجزء الصغير منها أو النجم أو الكوكب المطلوب دراسته

منظار الميدان :Binocular

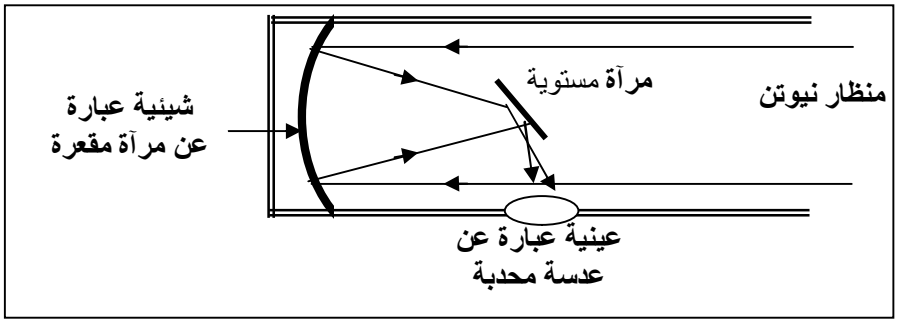


وهو مكون من منظارين فلكيين مثل المشروح أعلاه صغيرين مثبتين معاً للاستعمال بواسطة كلتا العينين . وهو يستخدم بواسطة العسكريين فى الميدان و بواسطة الصيادين وفي كل الحالات التي يريد حامله فيها تقريب صور الأجسام التى تبعد عنه حتى عدة كيلـــومترات. و يمكـــن ضـــبط التلسكوبين معا حتى تتمكن العينان معا من رؤية الصورة بوضوح

٥,٥ **منظار نيوتن:** Newton's Telescope

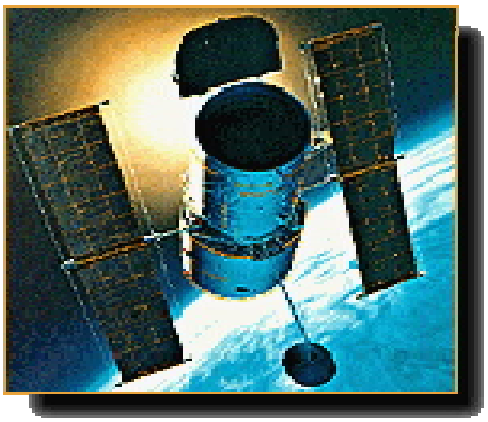
هو منظار فلكي أيضاً ولكن استبدلت فيه العدسة الشيئية بمرآة مقعرة ووضعت مرآة مـــستوية صغيرة لعكس الأشعة نحو العينية

تركيبه : يوضح الشكل (٥-٢٦) أجزاء هذا المنظار مع ملاحظة أن حجم المرآة المستوية يكون أصغر مما موضح بالشكل.



الشكل (٥-٢٦): منظار نيوتن

هذا النوع من المناظير هو الذي يستخدم لصنع المناظير الفلكية الكبيرة التي تصل أقطارهـــا إلى ٥ أمتار أو أكثر و ذلك لتفادي المشاكل المتعلقة باستعمال العدسات للتكبير و التلسكوب الفضائي المشهور هابل Habble و الذي يدور حول الأرض على ارتفاع حوالى ٦٠٠ كيلومتر و قد تمكن بفضل وجوده فوق الغلاف الجوى (الذي يعيق التصوير الجيد) من إرسال عدد ضخم من الصور الجيدة للمجرات والكواكب و أقمارها بصورة تفوق في الوضوح نلك الصور الـــتي تم أو يـــتم الحصول عليها بواسطة التلسكوبات الكبيرة على سطح الأرض.



المنظار الفضائي هبل Habble
وهو يدور حول الأرض



في الصورة نوع صغير مـــن الأنـــواع المختلفة لمنظار نيـــوتن حيـــث يمكـــن مشاهدة الصورة من خلال عدسات في آخر القصبة و التي تصلها الصورة عن طريق ثقب فى المرآة المقعـــرة نفـــسها وهـــذا النـــوع يـــسمى كاســـيقرين **Cassegrain**

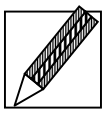
أسئلة تقويم ذاتي



عزيزي الدارس،

1. ما لفرق بين المجهر المركب والمجهر البسيط؟
2. عدد الفروقات بين منظار نيوتن و المنظار الفلكي
3. ما الغرض من المجهر المركب مع رسم مسار الأشعة لصورة جسم موجود أمام المجهر
4. بالرسم فقط وضح منظار نيوتن
٥. ما الغرض من المنظار الفلكي ثم تناول بالرسم وصف الصورة المتكونة.

تدريب(١٠)



1. جسم أمام شيئية مجهر مركب فتكونت له صورة داخل قصبة المجهر وعلى بعد 1.8cm من الشيئية، ما هو تكبير هذا المجهر إذا كان البعد البؤري للشيئية 1.5cm وللعينية 2.5cm.

2.منظار فلكي البعد البؤري للشيئيه 95cm وللعينيه 5cm، احسب تكبير هذا المنظار وكذلك طوله.

٥,٦ التلسكوب الراديو Radio Telescope

لقد اكتشف العلماء في النصف الأول من القرن العشرين أن الأجرام السماوية من نجوم ومجرات وعددها بالبلايين لا تصدر ضوء فقط (والذي نراه عبر التلسكوبات الفلكية مثل تلسكوبات العدسات أو التلسكوبات من نوع نيوتن) وإنما تصدر أيضاً موجات مختلفة من الطيف الكهرومغناطيسي والذي يعتبر الضوء المرئى جزء صغير منه.

فالطيف الكهربي المغناطيسي والذي يسمى أيضا بالموجات الكهرومغناطيسية يتكون من موجات كهربية وموجات مغناطيسية مشتركة تتراوح أطوال موجاتها فى الطول بين القصيرة جدا و الطويلة جدا والمعروف كقاعدة عامة لكل أنواع الأمواج أن:

السرعة التى تنتشر بها اى موجة = طول الموجة × ترددها

اى أن سرعة الموجة :

$$c = \lambda f$$

حيث λ طول الموجة بالأمتار و f ترددها

التردد :

هو مرات تكرار الموجة في الثانية الواحدة والوحدة هي الهيرتز (Hertz)(ويساوى ١/ثانية) و يرمز له بالرمز Hz

فإذا كان تردد موجة ما ١٠٠٠Hz فان هذا يعنى أن هنالك ١٠٠٠ موجة طولها λ تمر كل ثانية (ستدرس الأمواج بالتفصيل إذا تخصصت فى الفيزياء فى مقرر الاهتزازات و الأمواج و الصوت)

وقد تم تصنيف الموجات الكهرومغناطيسية إلي مجموعات حسب الأطوال الموجيه و بالتالي حسب الترددات لكل مجموعة كما هو موضح فى الجدول (٥-٢)و الذي يوضح أن الضوء المرئي و الذي يقع فى وسط هذا الطيف من حيث التردد هو عبارة عن جزء صغير جدا من هذا الطيف الواسع جدا.

الموجات الكهرومغناطيسية (الطيف الكهرومغناطيسي)

أشعة γ (تنطق قاما (gama موجات كهرومغناطيسية عالية التردد- (قصيرة الموجات جدا)- ضاره بالصحة	أشعة X موجات كهرومغناطيسية عالية التردد- (قصيرة الموجات).تسخدم فى التصوير الطبي -ضاره	الأشعة فوق البنفسجية -ضاره- يحجبها الغلاف الجوى عن الأرض	الضوء المرئي- (كل الألوان) من البنفسجي- وحتى الأحمر>	الأشعة دون الحمراء- وهى الأمواج الكهرومغناطبيية التى تنقل الحرارة (الطاقة لحرارية)	موجات المايكرويف والتلفزيون و الراديو (أمواج كهرومغناطيسية منخفضة التردد- طويلة الموجات)

بالنسبة للموجات الكهرومغناطيسية فان السرعة c ثابتة حيث c= ٣٠٠٠٠٠ كيلومتر/ثانية فى الفراغ لكل مجموعات الطيف الكهرومغناطيسي (بترددانه المختلفة) و بالطبع هي نفسها سرعة الضوء لأن الضوء هو جزء من هذا الطيف والعين البشرية عندها القدرة فقط على رؤية هذا الجزء الصغير من الطيف الكهرومغناطيسي ولا ترى باقي الطيف.

لكن تمكن الإنسان بطرق مختلفة من بينها التصوير من التعرف على الأجزاء ذات الترددات العالية والأطوال الموجية القصيرة مثل:

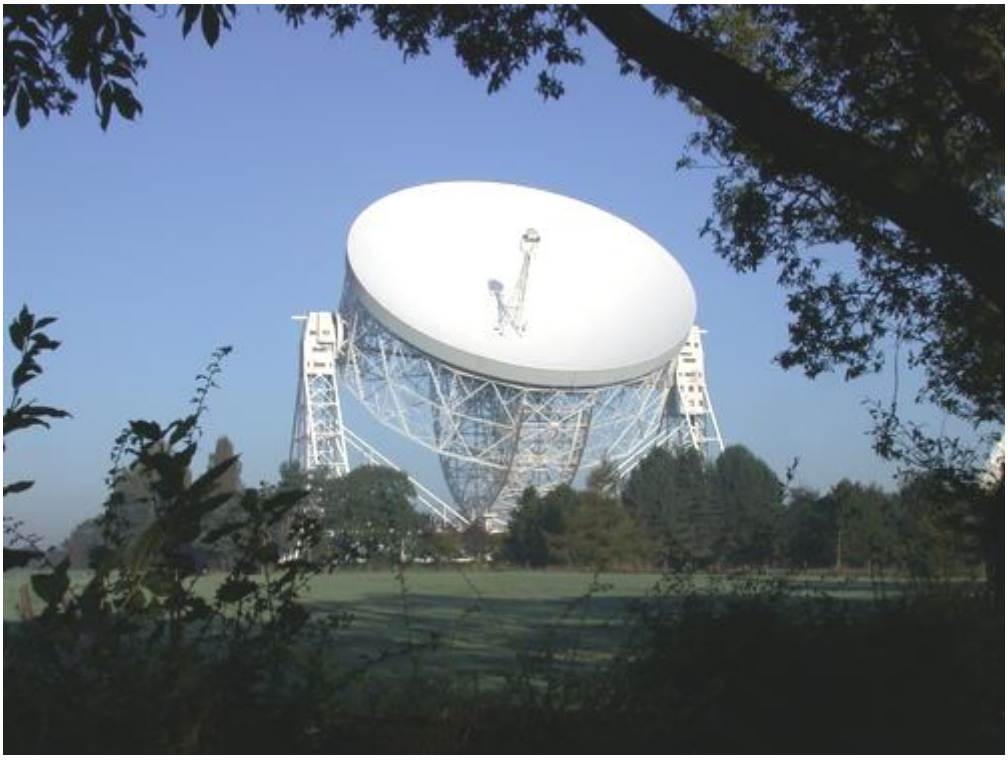
أشعة X وأشعة γ (تنطق gama) حيث تستعمل أشعة X في التصوير الطبي بصورة مكثفة كما أن هناك كاشفات Detectors تكشف أشعة X وأشعة γ أما الأشعة دون الحمراء في الجانب الآخر من الطيف الضوئي فهي أشعة حرارية حيث أن كل الحرارة الموجودة فى الكون مركزة في هذا الجزء من الطيف ولأن الأجسام المادية عموماً تشع حرارة و بصورة متفاوتة فإن هذا الجزء من الطيف الكهرومغناطيسي يستخدم حالياً في الحصول على الصور وعلى الرؤية ليلا حيث تلتقط الأشعة دون الحمراء المشعة من الأجسام والتي تتفاوت أجزاوها (أو هي ككل) فى إشعاعها للحرارة ،حيث نحصل على الصور أو نرى مباشرة باستعمال الأجهزة المناسبة، بسبب وجود هذا التباين علماً بأن الأجسام الحية كالإنسان والحيوان تشع حرارة متنوعة حسب جزء الجسم وأكثر من الأجسام الجامدة، كما

تستخدم هذه الطريقة في اكتشاف بعض الأشياء تحت سطح الأرض مثل المـــاء كمـــا يمكنهـــا التمييز حتى بين النبات الصحيح والنبات المريض و لها تطبيقات كثيرة جداً .

أما الجزء من الطيف ذو الترددات الأقل والطول الموجي الأكبر فهو الطيف الراديـــو من إرسال إذاعي أو تلفزيوني أو تلك القادمة عبر الأقمار الاصطناعية وشبكات المـــايكروويف Microwave.

والآن لو آخذنا الشمس كمثال نجد أنها إلى جانب الضوء الذي تشعه أيـــضا تـــشع ً الحرارة كما أن لها اشعاعات في أجزاء من بقية الطيف الكهرومغناطيسي.وكذلك بقية الأجرام السماوية من نجوم ومجرات ولكنها تختلف عن بعضها في كثافة اشعاعاتها وفي الأجزاء التـــي تشعها من الطيف الكهرومغناطيسي بل أن هناك أجزاء في الكون لا تشع ضوء" ولكنهـــا لهـــا اشعاعات في أجزاء أخرى من الطيف الكهربى المغناطيسي مثل الطيف الراديوي.

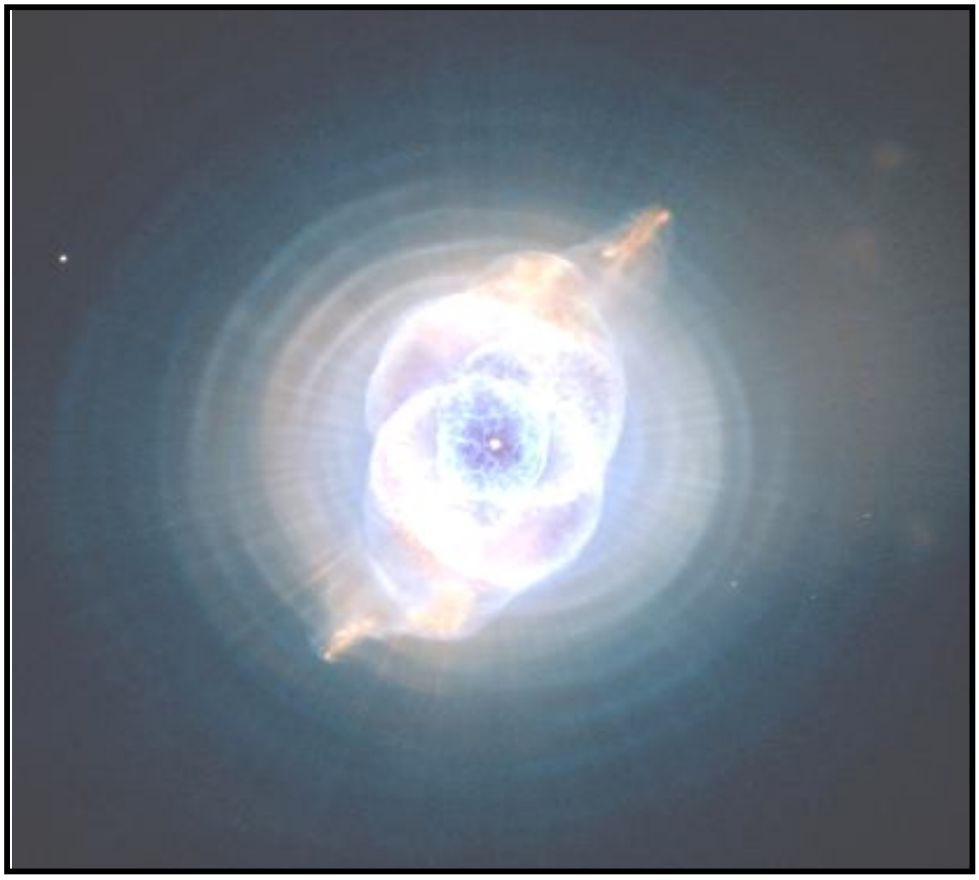
ومن هنا جاءت أهمية التلسكوب الراديوي Radio Telescope وهو لا يختلف عن تلـــسكوب نيوتن في الفكرة ولكن كبير الحجم جداً لأن الموجات التي يستقبلها أطول بكثير مـــن أطـــوال موجات الضوء كما أن العاكس في هذه الحالة ليس مرآة زجاجية (مكلفة جداً) وإنمـــا صـــفائح معدنية في شكل مرآة مقعرة وفى بؤرة هذه المرآة يوجد هوائي الالتقاط الموصـــل بـــالأجهزة الالكترونية المطلوبة.

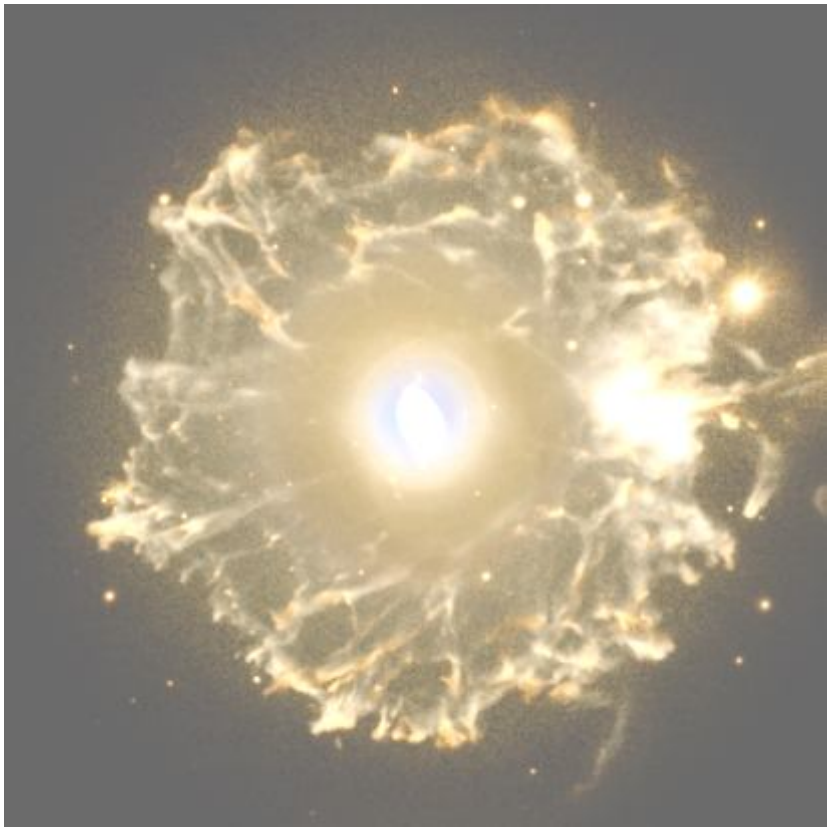


[صورة التلسكوب الراديو Lovell والذي قطره ٧٦ متر ب Jodrell Bank في بريطانيا والذي أنشأته جامعة منشستر فى عام ١٩٥٧ والذي بواسطته أمكن إنجاز كثير من الاكتشافات مثل اكتشاف النجوم الكوازارات (أشباه النجوم quasers) فى ١٩٦٢ وغيرها كما أكد وجود النجوم المسماه بالنابضه pulsers واكتشف ما يسمى الآن بعدسة الجاذبية Gravitational lens وهنا يجب ملاحظة أن تركيب التلسكوب الراديوي هو نفس تراكيب الأطباق الفضائية التي تستقبل موجات الراديو أو ترسلها إلى الأقمار الصناعية والتي ظهرت لاحقا]

وهكذا فان الاشعاعات الكهرومغناطيسية بأنواعها المختلفة المنبعثة من الأجرام والمناطق البعيدة في الكون تساهم مساهمة فعالة في معرفة تركيب هذه الأجرام و مكونات الكون وهنا لابد من ملاحظة أن التلسكوبات العادية (الزجاجية) يمكنها بالإضافة إلى استقبال الصور عن طريق الضوء المرئي فانه يمكنها استقبال أشعة X وأشعة γ و كذلك الأشعة دون الحمراء ولذلك يمكن تكوين مجموعة من الصور مثلا للنجوم والمجرات حسب إشعاعها حيث تكون هنالك صورة للنجم مثلا حسب الضوء المرئي ثم صورة أخرى حسب الأشعة دون الحمراء الصادرة منه ثم صورة أخرى حسب أشعة X الصادرة منه و هكذا أيضاً صورة بأشعة γ أو

الأشعة فوق البنفسجية كما يمكن بجمع المعلومات اللازمة تكوين صـــور أخـــرى بواســـطة الحاسوب حسب أشعاع ذلك النجم من موجات الراديو. ومن مجموع هذه الصور التى توضح كثافة الاشعات أو الموجات الكهرومغناطيسية ذات الترددات المختلفة يمكن الحـــصول علـــى كمية ضخمة من المعلومات عن ذلك النجم أو تلك المجرة كما في الصور التالية:





الصورتان أعلاه لنفس الشئ –المجرة NGC 6543 والمشهوره باسم سديم عين القط Cat’s eye Nebula. التقطت الصورتان في نفس اليوم ٢٠٠٤/٩/٩ ولكن:

- الصورة الأولى التقطها التلسكوب الفضائي hubble .النجم المركزي في هذه المجرة فى حالة احتضار حيث يقذف جزءا من كتلته الخارجية كل ١٥٠٠ سنة (أمكن تقدير الزمن من التموجات الظاهرة في الصورة) مما شكل حوله هالات من الغبار (الصورة ملتقطة عبر طيف واسع).
- أما الصورة الثانية فقد التقطت بواسطة Nordic Optical Telescope للاشعاعات الصادرة فقط من ذرات الأكسجين وذرات النيتروجين الموجودة فى نفس السديم وفي المنطقة الدائرية القريبة من النجم المركزي والتي توضح مكونات آخر انفجار للنجم. وبالتقاط صور للاشعاعات الصادرة من الذرات الأخرى يمكن معرفة التركيب الحقيقي للغبار و النجم.

أسئلة تقويم ذاتي

عزيزي الدارس،

١. ما هى أهمية التلسكوب الراديو

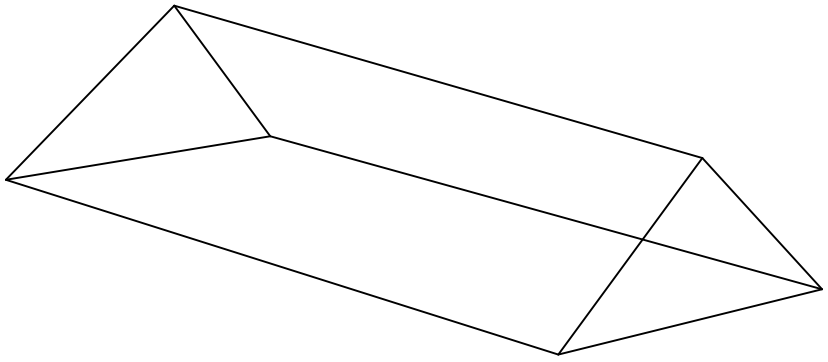
٢.اذكر أقسام الطيف الكهرو معناطيسى

٣.اى قسم من أقسام الطيف يحمل الحرارة ؟

٤.ما هى اقسام الطيف التى تسبب اضراراً للإنسان إذا تعرض لها لفترات طويلة؟

٦. انكسار الضوء في المنشور الثلاثي

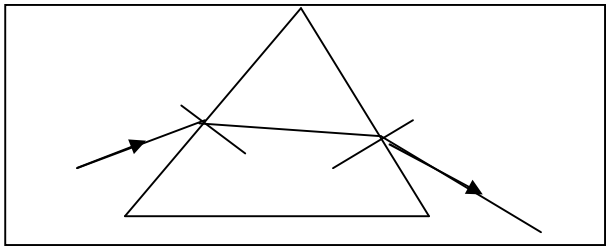
المنشور الثلاثي عبارة عن شكل هندسي مصنوع من الزجاج أو أي مادة شفافة مثل البلاستيك أو الكوارتز وله خمسة أوجه منها ثلاثة فى شكل مستطيلات بينما الوجهان الآخران فى شكل مثلثات كما هو موضح فى الشكل (٥-٢٧)



الشكل (٥-٢٧)

والمنشور الثلاثي مصنوع من مادة شفافة إذا سقط الضوء على اى من سطوحه ذات الشكل المستطيل فإنه ينكسر بعد دخوله للمنشور ولكن لان السطح الآخر للمنشور لا يوازي السطح الأول فان الشعاع عندما يسقط عليه من داخل المنشور ينكسر مرة أخرى منحرفا عن الاتجاه الأصلي للشعاع قبل دخوله المنشور كما فى الشكل الشكل (٥-٢٧) وذلك بسبب عدم توازى سطح السقوط مع سطح الخروج.

!Error



الشكل (٥-٢٨)

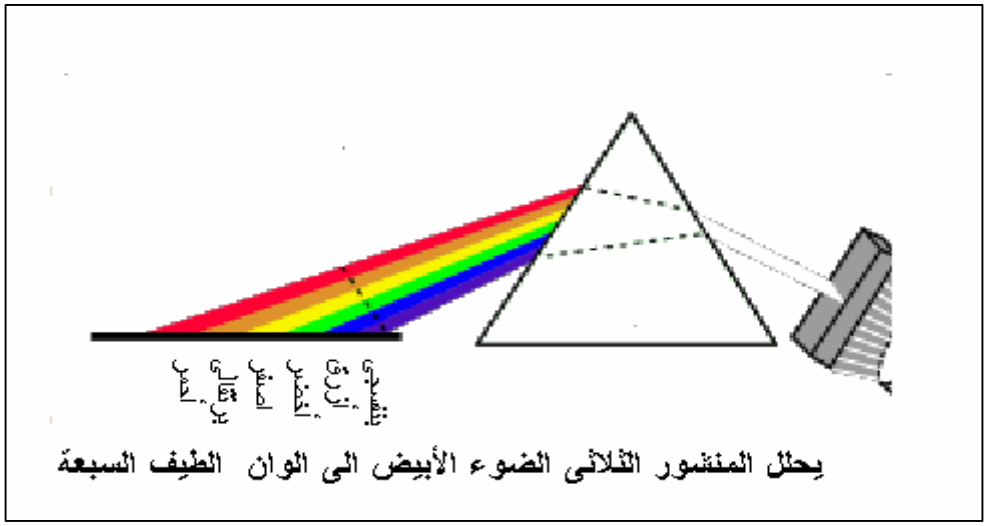
أولاً: تحليل الضوء إلى ألوان:

هذه الخاصية مكنت العالم نيوتن Newton في عام ١٦٦٥ من اكتشاف أن ضوء الشمس الأبيض بعد سقوطه على احد وجهي المنشور وأثناء مروره خلال المنشور ثم من بعد خروجه من المنشور يتحلل إلى ألوان كثيرة وهى الألوان المكونة أصلاً للضوء البيض.

وقد تمكن نيوتن حينها من تمييز سبعة ألوان هي:

الأحمر، البرتقالي، الأصفر، الأخضر، الأزرق، النيلى، البنفسجي.

كما موضح فى الشكل (٥-٢٩) (استثنى النيلى فى الشكل)



الشكل (٥-٢٩)

وعندما قام نيوتن بوضع منشور اخرم قلوب بحيث سقطت الألوان الخارجة من المنشور الأول على وجه المنشور الثاني المقابل لها وجد أن هذه الألوان تتجمع مرة أخرى داخل المنشور لتخرج من وجهه الآخر شعاعا ابيض اللون مرة أخرى وقد استنتج نيوتن حينها أن الضوء الأبيض مكون من الألوان المختلفة.

و يلاحظ أن انفصال الألوان داخل المنشور ناتج عن اختلاف الألوان فى مقدار زاوية انكسارها حيث أن زاوية انكسار اللون الأحمر هي اقلها بينما أكبرها هي زاوية انكسار اللون البنفسجي.

وقد سميت الألوان المكونة للون الأبيض بالطيف spectrum أو ألوان الطيف color spectrum أو الطيف المرئي visible spectrum علما بان مصطلح الطيف مصطلح عام يستعمل في الفيزياء كالطيف الكهرومغناطيسي electromagnetic spectrum كما يستعمل عموما للدلالة على التنوع.

عزيزي الدارس يجب ملاحظة أن التسميات القديمة للألوان السبعة قد تغيرت تغيرا طفيفا علما بان استعمال الأسماء القديمة لا يتسبب فى خطأ ذو قيمة.فبدلا من اللونين النيلى و الأزرق يستعمل الآن الأزرق blue والأزرق الداكن cyan حسب الترتيب التالي:

الأحمر، البرتقالي، الأصفر،الأخضر، الأزرق الداكن، الأزرق، البنفسجي

ثانيا:توزيع الألوان حسب الطول الموجي

لأن الضوء عبارة عن أمواج كهربية مغناطيسية فان الاختلاف بين اللون و الآخر هو فى طول موجته وتردده (سنناقش طول الموجة والتردد لاحقا).

يقاس طول الموجة بوحدة المسافة أي المتر ولكن لأن أطوال تلك الأمواج صغيرة جدا فان الوحدة المستعملة عادة هي النانو متر(nanometer) اختصارا (nm) وهو يساوى واحد على ألف مليون من المتر أي يساوي 000000001.

وتتراوح أطوال أمواج الضوء بين ٣٨٠ و ٧٤٠ نانومتر حيث:

- أقصى طول للون الأحمر وهو الأطول موجة ٧٤٠ نانومتر
- بينما اقل طول للون البنفسجي وهو الأقل طولا ٣٨٠ نانومتر.

- و تتراوح أطوال أمواج الألوان الأخرى كل حسب موقعه فى الترتيب بين هذين اللونين الأبيض والأحمر وقد خلق الله سبحانه وتعالى العين البشرية وهى لا تستطيع الرؤية إلا بين هذين الطولين للأمواج الكهرمغناطيسية رغم وجود أطوال أخرى لهذه الأمواج كما سنرى لاحقا.

وقد وجد أن الألوان المكونة للضوء الأبيض لا تتساوى فى مدى أطوال أمواجها فبينما يحتل الضوء الأحمر مدا" طويلا" ،من ٦٢٥ إلى ٧٤٠ نانومتر، أي حوالى ٣٢% من المدى الكلى للضوء المرئي، ينحصر الضوء الأصفر بين ٥٦٥ و ٥٩٠ نانومتر فقط أي بنسبة ٧,٥% فقط من المدى الكلى.

والجدول التالي يوضح نسب الألوان المكونة للضوء الأبيض كما يوضح أعلى طول موجى لكل لون:

احمر ٣١,٩%	**برتقالي ٩,٧%**	**اصفر ٧,٥%**	**اخضر ١٢%**	**ازرق داكن**	**ازرق ١٨%**	**بنفسجي ١٥,٣%**
7 ٤٠nm	625 nm	590	565	520	500	435

ويلاحظ أن اللون الأزرق الداكن لا يمثل إلا ٥,٦% من المدى الكلى

عزيزى الدارس هذه الأرقام ليست للحفظ و لكن لتوضيح النسب المكونة للون الابيض من الألوان المختلفة

ثالثاً : الألوان الأولية والألوان الثانوية

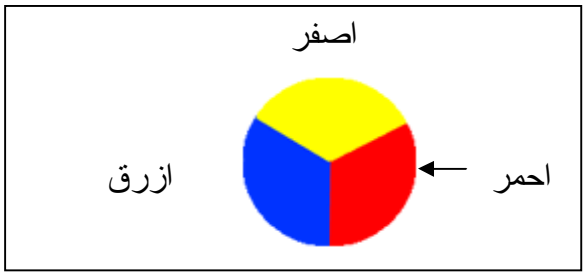
لقد قام نيوتن فى حينها بصبغ قرص بالألوان السبعة للضوء الأبيض بالنسب الصحيحة تقريبا حسب علمه فى ذلك الوقت وقد برهن من خلال أدارته للقرص بسرعة أن الألوان المنفصلة كل على حده تختفي وأن لون القرص الدائر أصبح يرى ابيضا.

ويمكنك أيها الدارس القيام بنفس التجربة بنفسك

ما السبب؟

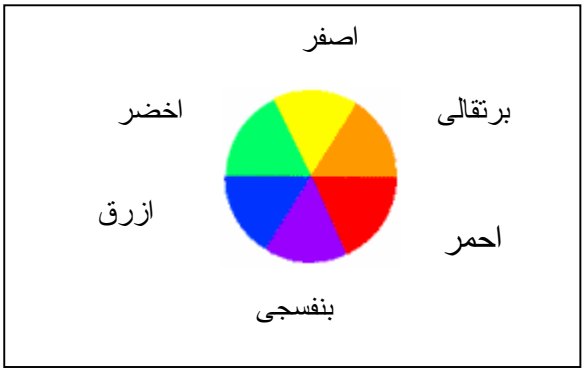
عندما تدور مروحة بسرعة شديدة فأنت لا تستطيع تمييز ريش المروحة كل واحدة على حـــدة فماذا يحدث للألوان عند إدارتها بسرعة ؟

لقد اتضح لاحقا بعد نيوتن أن الألوان الرئيسية ليست سبعة وإنما هنالك فقط ثلاثة ألوان رئيسية وهى الأحمر والأصفر والأزرق وان بقية الألوان يمكن الحصول عليهـــا مـــن تلـــك الألـــوان الرئيسية



وتسمى هذه الألوان بالألوان الأولية Primary colors **أما الثلاثة الأخرى الناتجة عـــن دمج كل اثنين معا فتسمى الألوان الثانوية** Secondary colors :

فالأصفر +الأزرق =اخضر أما الأحمر +الأصفر =برتقالي بينما الأحمـــر + الأزرق =البنفسجي



وهذه الألوان الثانوية الثلاثة تسمى أيـــضاً **بالألوان المتممـــة** complementary coulors عزيزي الدارس، انه يمكن الحصول على عدد كبير من الألوان بـــدمج الألـــوان الابتدائيـــة و الثانوية بنسب التركيز المناسبة للحصول على اللون المطلوب.

ولكن الأهم انه عند دمج الألوان الأساسية الثلاثة فإننا نحصل على اللون الأبيض

ولكن ماذا يحدث عند دمج الألوان الثانوية أو المتممة ؟

إذا كان دمج الألوان الأولية يعطى لونا ابيضا، فان دمج الألوان الثانوية كما هو متوقع يعطى لونا اسودا" ولذلك سميت الثانوية بالمتممة.

لقد سهل وجود ثلاثة ألوان أساسية فقط من عملية الطباعة بالألوان، فبدلا من طباعة سبعة ألوان تحلل الصورة الملونة إلى مكوناتها من الألوان الرئسية الثلاثة وتجهز صورة لكل لون ثم تطبع هذه الثلاث صور على بعضها فنحصل على الصورة الملونة مرة أخرى بكل ألوانها الأصلية ولكن عادة تطبع هذه الصور الملونة على صورة رابعة غير ملونة (ابيض/اسود) حتى تظهر تلك الألوان بوضوح (انظر عزيزي الدارس إلى اى صورة ملونة فى صحيفة أو مجلة).

وبنفس الطريقة تنقل الصور عبر التلفزيون حيث ترسل بواسطة جهاز الإرسال التلفزيوني ثلاث صور واحدة لكل لون بالإضافة إلى صورة غير ملونة (ابيض/اسود) ويقوم جهاز التلفزيون فى المنزل بإنتاج تلك الألوان مرة أخرى (كما تصله من جهاز الإرسال) بالإضافة إلى الصورة الغير ملونة ويمزج بين الأربعة على شاشة الجهاز فنرى الصورة كما أرسلت من جهاز الإرسال إذا كان الاستقبال سليما.

الصورة الغير ملونة مفيدة جدا فى حالة التلفزيون حيث يمكن استقبالها فى حالة ضعف الإرسال أو لوجود خلل فى هوائي الاستقبال أو أن يكون التلفزيون أصلاً غير ملون أو أن تكون الصورة المرسلة غير ملونة.

أيها الدارس إذا قمت بفتح جهاز التلفزيون من الخلف (مع خبير) فقد تجد أن الألوان التى يستقبلها التلفزيون هي الأحمر و الأزرق والأخضر (بدلا عن الأصفر) فهذه الألوان أيضاً تعطى بقية الألوان ولكن لماذا ؟

ظاهرة زرقة السماء Blue Sky

عزيزى الدارس

لو تمكنت من السفر بسفينة فضائية تدور بك حول الأرض على ارتفاع كبير (يزيد عن ٦٠٠ كيلومتر) فإنك سترى السماء سوداء مرصعة بالنجوم التى لا تتلألأ. و الواضح أن الغلاف الهوائي حول الأرض له الدور الأساسي فى عدم تمكننا من رؤية النجوم نهاراً على

سطح الأرض وفي تلألؤ النجوم ليلا طبعا بالإضافة إلى رؤية معظم السماء زرقاء وليس سوداء كما هى فى الواقع.

والسبب هو أن جزئيات الهواء تقوم بتشتيت الضوء عند سقوطه عليها وعادة يكون قطر معظم هذه الجزيئات اقل من عشر طول موجة الضوء مما يجعلها تتسبب فى بعثرة الضوء فى مختلف الاتجاهات عند سقوطه عليها. وقد وجد أن اللون الأزرق ولأن طول موجته اقصر يتشتت بزوايا اكبر من الألوان الأخرى ولذلك يصلنا على الأرض اللون الأزرق فنظن أن السماء زرقاء.

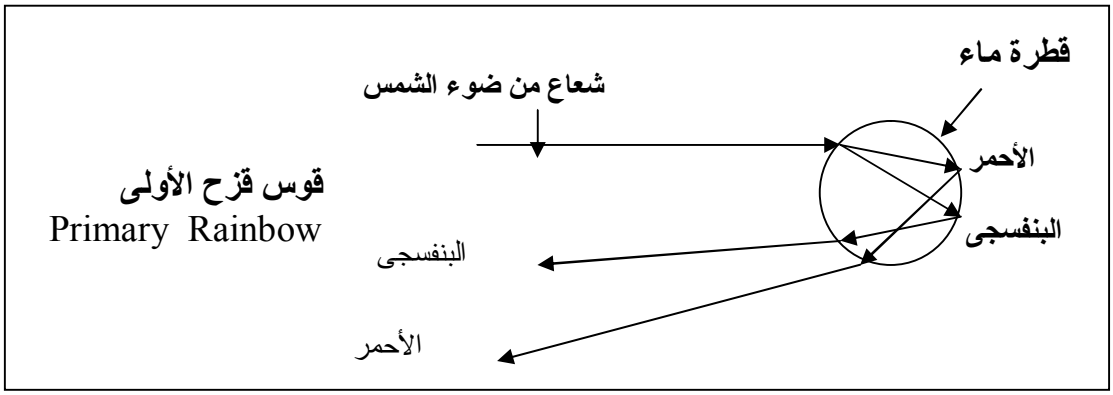
أما سبب رؤية قرص الشمس يميل إلى الحمرة قرب غروب الشمس فتتسبب فيه ذرات الغبار وهى اكبر حجما حيث يصلنا ضوء الشمس بعد الشروق وقبل الغروب عبر مسار طويل خلال الغلاف الهوائي القريب من الأرض الملئ بالغبار والذي يعكس الألوان ذات الطول الموجي القصير ويشتت الألوان ذات الطول الموجي الأطول كالأصفر و البرتقالي والأحمر وهى التى تصل إلينا فى تلك الأوقات.

ظاهرة قوس قزح Rainbow

عزيزى الدارس لقد شاهدت قوس قزح أيام الخريف والذي يطلق الناس عليه اسم سوط المطر وهو اسم لا يختلف كثيراً عن الاسم الانجليزي الذي ترجمته قوس المطر .

هذا القوس ذو الألوان الجميلة يظهر دائما فى الجهة المقابلة للشمس وهو يظهر أيضا فى المناطق التى يوجد بها كثافة فى رذاذ الماء مثل مناطق الشلالات الكبيرة كشلالات فكتوريا بين زامبيا وزمبابوي أو شلالات نياجارا بين الولايات المتحدة و كندا.

هذا يدل على أن لقطرات الماء علاقة مباشرة مع ظاهرة قوس قزح والشكل التالي يوضح ذلك. فإذا سقط شعاع من ضوء الشمس على قطرة ماء فإن القطرة عندما يدخلها الشعاع تعمل كمنشور فتحلله إلى ألوان الطيف ثم تنعكس كل تلك الألوان انعكاسا كليا داخليا من جدار القطرة المقابل للجدار الذي دخل منه الشعاع ثم تخرج هذه الألوان من القطرة فنرى قوس قزح.



الشكل (٥-٣٠)

عزيزى الدارس

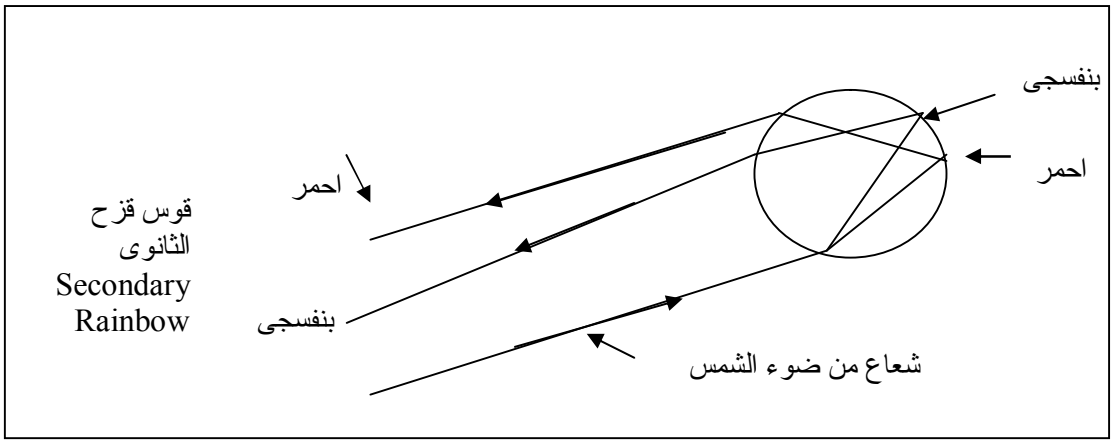
هنالك نوعان من قوس قزح:

أولاً: قوس قزح الأولى (Rainbow Primary): **الشكل (٥-٣٠)**

و يكون ترتيب الألوان فيه من أعلى إلى أسفل تبدأ بالأحمر و تنتهي بالبنفسجي أي في عكس الترتيب الموضح بالشكل (٥-٣٠)و ليس هناك خطأ وإنما يكمن السبب في أن هنالك عشرات الالاف إن لم تكن الملايين من قطرات الماء فيصل لأعيننا من القطرات العليا اللون الأحمر (بالرغم من انه الأسفل فى الشكل) ويكون اللون البنفسجي فوق مستوى نظرنا فلا نراه بينما يصلنا من القطرات الدنيا اللون البنفسجي (بالرغم من انه الأعلى فى الشكل) بينما يصل اللون الأحمر دون مستوى نظرنا وما بين الاثنين تظهر بقية الألوان.

ثانيا: قوس قزح الثانوي (Secondary Rainbow)

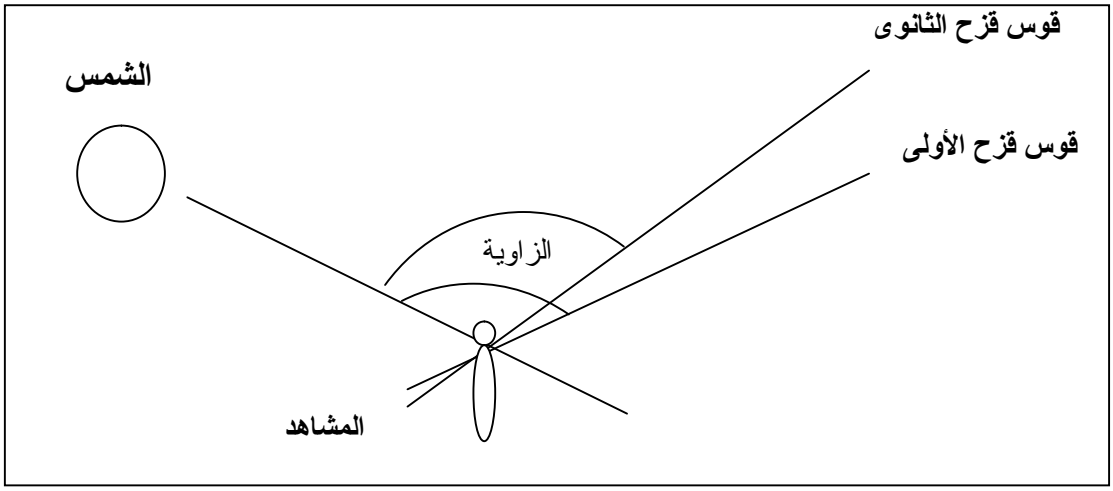
تظهر فيه الألوان فى عكس ترتيب القوس الأولى كما انه يكون أعلى من الأولى وكذلك يكون أعرض و غالبا ما يكون أضعف وقد لا يظهر أبداً و السبب فى وجوده هو دخول أشعة الشمس من أسفل القطرة اى عكس ما يحدث فى الأولى كما موضح فى الشكل **(٥-٣١)**



الشكل (٥-٣١)

ويلاحظ أن:

- **قوس قزح الابتدائي يرى عندما تكون الزاوية بين الأشعة القادمة من الشمس لمكان المشاهد والأشعة القادمة من قوس قزح لا تقل عن ١٣٨ درجة تقريبا**
- **بينما لا يظهر قوس قزح الثانوي إذا كانت هذه الزاوية تزيد عن حوالى ١٢٩ درجة.(انظر الشكل (٥-٣٢))**

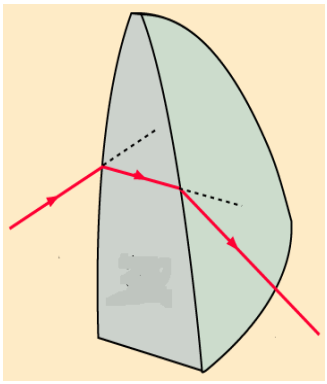


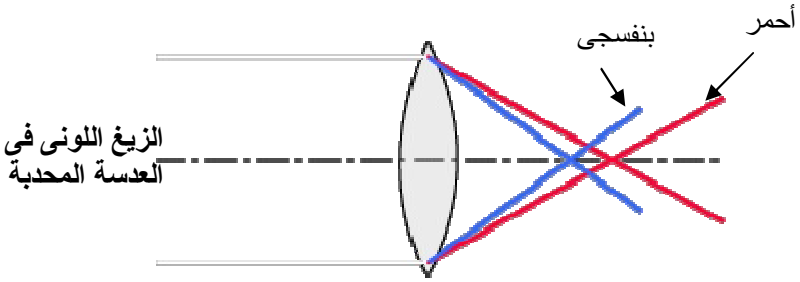
الشكل (٥-٣٢)

ألزيغ اللوني Chromatic Aberation

عزيزى الدارس، نظرة واحدة الشكل (٥-٣٣)(أ)

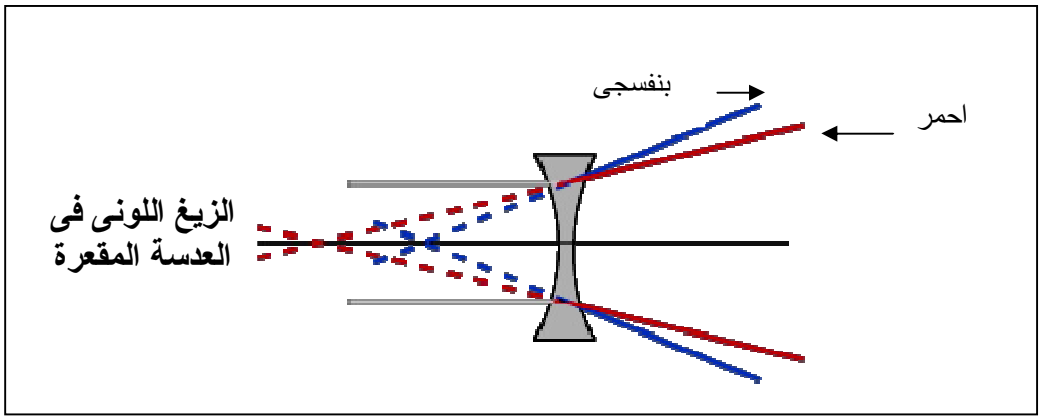
الأيمن أدناه الذي يوضح مقطع العدسة يجعلك تتبين أن العدسة فى الواقع ما هي إلا منشور فى كل نقطة يسقط عليها شعاع . غير أن هذه الخاصية التى كانت مفيدة للحصول على التكبير بواسطة العدسات (الشعاع الساقط لا يوازى الشعاع الخارج) يجعل العدسة أيضاً



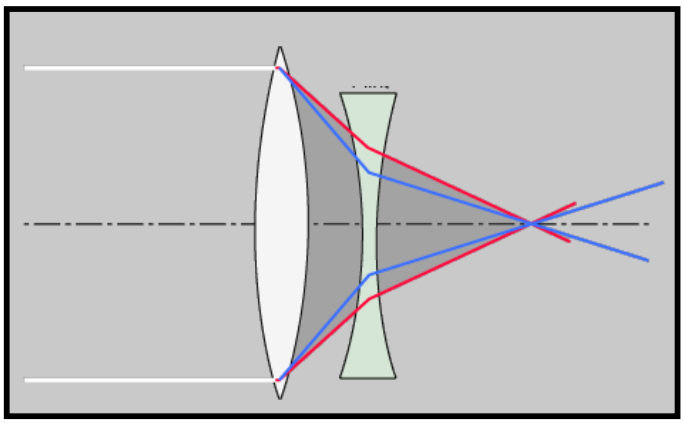


الشكل (٥-٣٣)(أ) **الشكل (٥-٣٣)(ب)**

قادرة كالمنشور على تحليل الضوء إلى الوان الطيف وهذه فى الواقع عملية خطيرة جـــدا فـــى الأجهزة البصرية بسبب الوجود الكثيف للعدسات فيها مما يتسبب فى ما يسمى بالزيغ اللـــوني والذي بدوره يؤدى إلى تداخل الصور ذات الألوان المختلفة . فإذا نظرت إلى العدسة المحدبـــة فى الشكل (٥-٣٣)(ب) (على اليسار) تجد أن اللون الأبيض بعد خروجه من العدسة يمكن أن يتحلل إلى كل الألوان ولأن معاملات الإنكسار و لنفس المادة الزجاجية تختلف حسب اللون لذلك نجد للعدسة الواحدة عدة بؤر (لكل لون بؤرة) حيث يكون البعد البؤري للون الأحمر اكبر من البعد البؤري للون البنفسجي. نفس الشئ يحدث فى العدسة المقعرة كما موضح فى الـــشكل (٥-٣٤)



وقد انتبه صناع العدسات منذ زمن بعيد إلى هذه الظاهرة المزعجة حيث أمكن صناعة عدسات من نوعين مختلفين من الزجاج بحيث تلغى الثانية الزيغ اللوني الناتج من الأولى مثلا عندما يكون المطلوب عدسة محدبة فتصنع من الزجاج التاجي (أنظر الشكل أدناه) بينما العدسة التى تصحح الوضع تكون من الزجاج الصواني (فى الشكل مقعرة) ثم يتم لصقهما معا . و الواضح انه إذا أمكن إلغاء الزيغ للونين الأحمر و الأزرق سنضمن إلى حد ما إلغاء الزيغ بالنسبة إلى بقية الألوان و تسمى مثل هذه العدسة الزوج اللالوني Achromat doublets (أنظر الشكل (٥-٣٥) أما التى تلغى الزيغ لثلاثة ألوان فتسمى الثلاثي اللالوني.



الشكل (٥-٣٥)

أسئلة تقويم ذاتي



عزيزي الدارس

١. ماهو المنشور ؟

٢. يتكون الضوء الأبيض من سبعة الوان . ماهى ؟

٣. ما هى الألوان الأولية ؟ اذكرها .

٤. ما هى الألوان المتممة ؟ أذكرها .

٥. كيف يمكن الحصول على لون بني بمزج لونين اساسيين أو متممين أو من النوعين معا ؟

٦. لماذا تبدو السماء زرقاء ؟

٧. هل فعلا تبدو السماء زرقاء في كل أجزائها ؟ إذا كانت الإجابة بلا علل.

٨. لماذا يظهر قوس قزح ؟

٩. ما الفروق بين قوس قزح الأولى و الثانوى ؟

١٠. لماذا يظهر الزيغ اللونى فى العدسات ؟ و ما ضرره ؟

الخلاصة

ولكن ما الذي ناقشناه عزيزي الدارس ؟

أنها مفاهيم كثيرة ومهمة جدا:

هل يمكنك أن تلخص ذلك بإيجاز؟ .

لنتعاون على ذلك معا. و بدأنا بتعريف مفهوم الضوء ووجدنا أن الضوء هو شكل من أشكال الطاقة ثم عرفنا سرعته وأنه يمكن قياس هذه السرعة بطريقة مايكلسون.

وبعد ذلك تعرفنا علي أن الضوء يرتد عندما يسقط علي الأسطح المصقولة ثم درسنا الانعكاس علي المرآة المستوية وعلى المرايا الكريه ووجدنا أن قوانين الانعكاس تنطبق علي كل الأسطح مهما كان شكلها و أهمها أن زاوية السقوط = زاوية الانعكاس وأن المرآة المستوية تكون دائما صورة تقديرية . كما أكدت الوحدة على أن الضوء عندما ينتقل من وسط إلى آخر يختلف عنه في الكثافة الضوئية فإنه ينكسر و ذلك لأن سرعته تتغير وان النسبة بين سرعة الضوء في الهواء إلى سرعته في أي وسط تساوي مقدارا ثابتا يسمي بمعامل الانكسار. وان هنالك زاويتان هما زاويتي السقوط والانكسار النسبة بينهما =معامل الانكسار أيضا، ثم تعرفنا على الفرق بين العمق الحقيقي والعمق الظاهري للأجسام عند تكون في داخل سائل. وعند سقوط الضوء بزاوية تساوي 90 من الهواء إلى أي وسط آخر فان زاوية الانكسار تسمي بالزاوية الحرجة و أما إذا سقط الشعاع بزاوية اكبر من الزاوية الحرجة فإنه يحدث انعكاس كلي داخل الوسط القادم منه الشعاع ولهذه الظاهرة عدة تطبيقات من بينها استخدامها في الاتصالات بواسطة الألياف البصرية(الضوئية)

أما القسمين الأخيرين فاستعرضنا فيهما العدسات وأنواعها ثم استخداماتها في الأجهزة البصرية وعرضنا مجموعة من الأجهزة وكيفية تكون الصور ثم إيجاد التكبير.ثم ناقشنا تحليل الضوء بواسطة المنشور الثلاثي وتعرفنا على تفسير كثير من الظواهر الطبيعية.

نرجو منك عزيزي الدارس في ختام الوحدة أن تعيد مراجعة الأهداف الواردة في البداية جيدا والتأكد من انك حققتها جميعا. كما نرجو منك التواصل مع المركز الدراسي الذي تتبع له وشكرا لك.

لمحة مسبقة عن الوحدة القادمة

عزيزي الدارس،

في المقرر الثاني سنزودك بمعارف ومفاهيم أساسية وينبغي عليك الإلمام بها نرجو أن تجده مقررا مفيدا.

إجابات التدريبات

التدريب (١):راجع الكتاب

التدريب (٢): راجع الكتاب

التدريب (٣):(1) لأنها نقطة تجمع امتدادات الأشعة المنعكسة وتقع خلف المرآة عند ما تسقط موازية للمحور الأصلي للمرآة.

(2) لأنها نقطة تجمع الأشعة المنعكسة نفسها وتقع أمام المرآة عند ما تسقط موازية للمحور الأصلي للمرآة أو العدسة.

التدريب (٤):(٢): $u = 20\ cm$ و $u = 7.5\ cm$

التدريب (٥): (٢): $n1 = 2$

التدريب (٦): (١) **نتيجة الإنكسار والذي نشاهده هو العمق الظاهري**

(٢) **العمق الظاهري يساوي** ١٢,٨٦ cm

التدريب (٧): $r_1 = 3.42\ m$

التدريب (٨):

(2)وذلك بالاستفادة من الانعكاس الكلي الداخلي فعندما يمر الضوء داخل الليف البصري بحيث يسقط الشعاع بزاوية سقوط اكبر من الزاوية الحرجة و بالتالي ينعكس انعكاسا كليا داخليا دون فقد كبير في قوة الشعاع، ويمكن لليف الضوئي أن يحمل عدد كبير جداً من المكالمات في نفس الوقت.

التدريب (٩)

(1) (a)لأنها نقطة تجمع الأشعة المنكسرة وتقع في الجانب الآخر للعدسة عند ما تسقط موازية للمحور الأصلي العدسة.

(b)لأنها نقطة تجمع امتدادات الأشعة المنكسرة وتقع في نفس جهة المصدر عند ما تسقط موازية للمحور الأصلي للمرآة أو العدسة.

(2) المطلوب منك عزيزي الدارس التحقق من الصفات آلاتية

- $f > u$ الصورة مكبرة معتدلة– وتقع في نفس اتجاه الجسم وتقديرية.
- $f = u$ ∴.الصورة تقع في ما لانهاية

- $f<u<r$ ∴الصورة مكبرة – مقلوبة– تقع علي بعد اكبر من بعد الجسم –حقيقة
- $u=r=2f$ ∴الصورة مساويا للجسم– مقلوبة– تقع علي بعد مساويا للجسم –حقيقة
- $2f<u$ ∴الصورة مصغرة– مقلوبة– تقع علي بعد اقل من بعد الجسم وحقيقة
- u في ما لانهاية ∴الصورة مصغرة– مقلوبة– تقع في البؤرة –حقيقة

التدريب (١٠) : (١) 60 (٢) ١٩، 20cm

مسرد المصطلحات

الأثر الكـــــهروضوئي (Photoelectric Effect)

وهو بعث الضوء لتيار كهربائي عندما يسقط الضوء علي ألواح بعض المعادن

الألياف الضوئية (Optical Fibers)

الألياف الضوئية تعتبر إحدى تطبيقات الانعكاس الكلي الداخلي.

وهي عبارة عن أنبوب رفيع جدا مرن يصنع من مادة زجاجية ذات معامـــل انكـــسار أعلى من معامل انكسار الطبقة الخارجية للأنبوب(اللحاء) وبالتالي تكـــون الزاويـــة الحرجـــة للأنبوب صغيرة.

التكبير (Magnification)

هو النسبة بين طول الصورة إلى طول الجسم وهو أيضا النسبة بين بعد الـــصورة إلـــى بعـــد الجسم

البؤرة (focus)

هي نقطة تجمع الأشعة المنعكسة أو المنكسرة أو امتداداتها عند مـــا تـــسقط موازيـــة للمحور الأصلي على المرآة الكرية أو العدسة.

الحيود (Diffraction)

وهي تعني أن الضوء قد حاد عن السير في خطوط مستقيمة

المجهر البسيط (العدسة المكبرة)(Simple Microscope)

يتكون من عدسة محدبة ذات بعد بـــؤري صـــغير نـــسبياً ، انظـــر الـــشكل (5-20)، وعندما يكون الجسم أمام العدسة وداخل بعدها البؤري تتكون له صورة خيالية مكبرة .

المرآة المقعرة (اللامة) (concave mirror)

هي جزء من كرة جوفاء طلي سطحها الخارجي بالفضة فأصبح سطحها الداخلي عاكساً للضوء وسميت لامة لأنها تجمّع الأشعة المتوازية الساقطة عليها في مكان معين يسمى البؤرة (focus).

المرآة المحدبة (المفرّقة) (convex mirror)

هي جزء من كرة جوفاء طلي سطحها الداخلي بالفضة فأصبح سطحها الخارجي عاكساً للضوء وسميت مفرّقة لأنها تفرّق الأشعة المتوازية الساقطة عليها بحيث تتجمع امتداداتها في البؤرة (focus).

المنظار الفلكي (Telescope)

هو جهاز يستخدم لرؤية الأجسام البعيدة كالنجوم والكواكب و يتكون من عدستين محدبتين تسمى الأولى بالعدسة الشيئية والثانية بالعدسة العينية، انظر الشكل (5-21) .

منظار نيوتن(Newton' Telescope):

هو منظار فلكي أيضا ولكن استبدلت فيه العدسة الشيئية بمرآة مقعرة ووضعت مرآة مستوية صغيرة لعكس الأشعة نحو العينية.

انعكاس الضوء (Reflection of Light)

ارتاد الضوء عندما يسقط علي سطح ما.

انكسار الضوء (Refraction of Light):

هو انحراف الضوء عن مساره عندما ينتقل من وسط لآخر.

الانعكاس الكلي الداخلي (total internal reflection)

يحدث عندما يسقط الشعاع الضوئي بزاوية أكبر من الزاوية الحرجة للوسط فلا ينكسر الشعاع بل ينعكس إلى داخل الوسط نفسه ويصبح السطح الفاصل كأنه مرآة عاكسة .

الزاوية الحرجة (critical angle)

- هي زاوية السقوط في الوسط الأكبر كثافة ضوئية تقابلها زاوية انكسار مقدارها (90^o) في الوسط الأقل كثافة ضوئية
- و أيضا هي زاوية انكسار في الوسط الأكبر كثافة ضوئية تقابلها زاوية سقوط مقدارها (90^o) في الوسط الأقل كثافة ضوئية

العدسات الرقيقة (Thin lenses)

العدسات عبارة عن أجسام رقيقة تحد بسطحين كرويين أو سطح كروي والآخر مستو

مراجع المقرر

1-أساسيات الفيزياء - بوش

2-أساسيات البصريات – جينكيز وهوايت

3-خواص المادة والصوت –محمد النادي

4- خواص المادة والحرارة – ج. جرانت

5- مقرر بيركلي للفيزياء ،المجلد الأول (الميكانيكا)

6-Physics ، J. D. Cutnell and K. W. Johnson

7-Nelkon and Parker Advanced Level Physics,

٨-كتب الفيزياء الثلاث للمرحلة الثانوية ، وزارة التربية والتعليم" السودان ".

٩- هناك مواقع مفيدة على الإنترنت مثلا : HyperPhysics
Hyperphysics.phy-astr.gsu.edu

١٠-هنالك مواقع ممتازة لمحاكاة التجارب الفيزيائية مثلا: phy.ntnu.edu.tw