الوحدة الرابعة

الشغل والطاقة والمجالات

في الفيزياء:

الحرارة

محتويات الوحدة الرابعة

الموضوع	الصفحة
تمهيد	125
مقدمة	125
أهداف الوحدة	126
4. الشغل والطاقة والمجالات في الفيزياء	127
1.4.القوة والطاقة	127
1.1.4. القوة والشغل	127
2.1.4. الطاقة	129
2.4. الطاقة الحرارية	136
1.2.4. طرق انتقال الحرارة	136
2.2.4.الطاقة الداخلية ودرجة الحرارة	141
3.2.4. تأثيرات الحرارة على المادة	142
4.2.4. درجة الحرارة	143
5.2.4. الثيرموميتر والتدريج الحراري	144
6.2.4. حرارة الإنسان	147
7.2.4. الطاقة الحرارية (كمية الحرارة)	149
8.2.4. التمدد الحراري	151
الخلاصة	157
لمحة مسبقة عن الوحدة الدراسية التالية	158
إجابات التدريبات	159
مسرد المصطلحات	160
المراجع العربية والأجنبية	161

تمهيد

مقدمة

عزيزي الدارس,

مرحباً بك في الوحدة الرابعة من مقرر مقدمة في العلوم العامة (3): أساسيات الفيزياء, وهي بعنوان الشغل والطاقة في الفيزياء: الحرارة. وتشتمل هذه الوحدة على قسمين رئيسين.

نتناول في القسم الأول موضوع القوة والطاقة ثم مفهوم الشغل. وعلاقة الشغل بالقوة والطاقة.

أما في القسم الثاني فسوف نتعمق أكثر في دارسة الطاقة الحرارية, حيث ينقسم القسم إلى ثمانية أجزاء فرعية. في الثلاث أجزاء الأولى نتعرف على طرق انتقال الحرارة, والطاقة الداخلية, وتأثيرات الحرارة على المادة. في الأجزاء الثلاث التالية نركز على دراسة درجة الحرارة وكيفية قياسها, والصفر المطلق, والتدريجات المختلفة, وتأثيرات الحرارة على الانسان. وفي الجزأين الأخيرين يتم التركيز على دراسة كمية الحرارة والتمدد الحراري.

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.

مرحباً بك إلى هذه 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:

1. تشرح مفهوم القوة؛
2. توضح مفهوم الشغل المبذول مع فهم الصيغة الرياضية؛
3. تفرق بين الطاقة الحركية وطاقة الوضع؛
4. تعدد طرق انتقال الحرارة؛
5. تشرح العلاقة بين الطاقة الداخلية ودرجة الحرارة؛
6. تعدد تأثيرات الحرارة على المادة؛
7. تفسر سبب وجود الصفر المطلق؛
8. تشرح طرق قياس درجة الحرارة؛
9. تميز بين التدريجات المختلفة؛
10. تشرح مفهوم الطاقة الحرارية؛
11. تفسر سبب وجود التمدد الحراري؛
12. تميز بين كل من التمدد الطولي والسطحي والحجمي.
13. تحل تمارين ومسائل ذات علاقة.

4. الشغل والطاقة والمجالات في الفيزياء

1.4. القوة والطاقة

عزيزي الدارس،،

الكثير من الظواهر الفيزيائية يمكن تصنيفها بأكثر من طريقة, وإلحاقها بمجموعات كثيرة. فمثلا التثاقل الكوني والكهربية والمغنطيسية كلها مجالات، حيث نجد تأثير القوة فيها يتم عن بعد. نعلم جيداً أن **وجود القوة** في حد ذاته يعني وجود **الطاقة**. أيضاً نجد أن الصوت و الكهرومغنطيسية والجسيمات الدقيقة كلها تشترك في **سلوكها الموجي**, أي تتحرك في صورة أمواج. ولا نَنْسَ أن الأمواج أيضاً حركتها تصدر عن وجود طاقة. فكل تفاعل فيزيائي حراري أو كهربي أو مغنطيسي أو تثاقلي أو ميكانيكي صوتي أو ضوئي أصله طاقة.

1.1.4. القوة والشغل

عزيزي الدارس،، عندما تتمكن قوة من تحريك جسم ما مسافة ما, يقول الفيزيائيون أن هذه القوة بذلت **شغلاً** Work, ويعرف الشغل بأنه:

مقدار القوة × المسافة التي تم قطعها في إتجاه القوة.

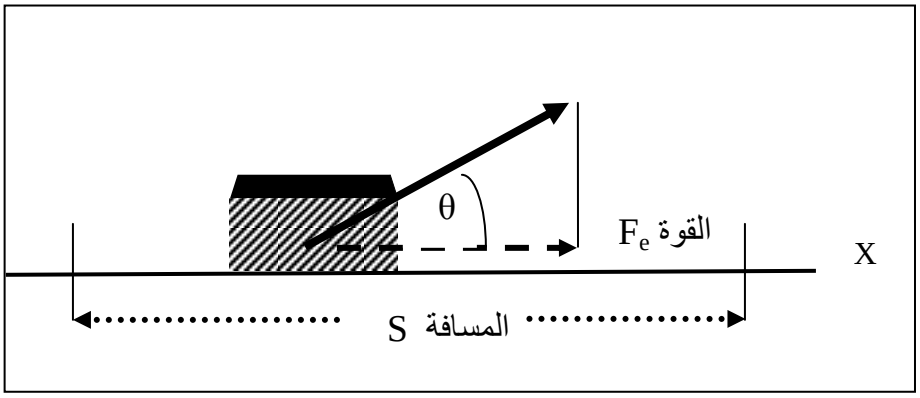
عزيزي الدارس،،

إذا رمزنا للقوة المؤثرة علي الجسم بالرمز F , والمسافة التي تحركها الجسم تحت تأثير هذه القوة بالرمز S , فإن:

$$W = F \times S \qquad (1-4)$$

الشكل (4–1) يوضح لنا جسماً على سطح املس تؤثر عليه قوة F، تصنع زاوية θ

مع إتجاه الحركة.



الشكل (4–1). الشغل الناتج من القوة الفعالة F_e

واضح لنا أن القوة الفعلية المؤثرة في اتجاه الحركة هي **F_e**، وبأعتبارها القوة الفعالة، التي تكون في اتجاه المسافة, يصبح التعبير الرياضي للشغل:

$$W = F_e \times S \qquad (2-4)$$

حيث أن القوة F_e هي الضلع المجاور للزاوية **θ** في مثلث القوة الواضح في هذا الشكل.

وحدة الشغل هو الجول الذي سمي على أسم العالم جول Joule الذي كانت له مساهمات كبيرة في دراسة الطاقة. ويرمز لهذه الوحدة بالرمز J.

حيث أن: **وحدة الجول = وحدة قوة × وحدة مسافة.**

= النيوتن × المتر

$$1Joule = 1Newton \times 1meter$$

$$\mathbf{J = Nm} \qquad (3-4)$$

◄◄ مثال (4–1):

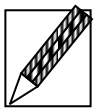
تسير سيارة بتأثير قوة ثابتة لآلة تساوي F= 5000N. إذا قطعت مسافة 200 متر جِدِّ الشغل الذي تبذله السيارة في هذه الحالة؟

الحل

بما أن القوة المؤثر ثابتة أذن الشغل المبذول = القوة × المسافة

حيث أن: $W = F \times S = 5000 \times 200 = 10^5\ J$

تدريب(1)



تسير عربة بتأثير قوة آلة ثابتة تساوي F = 9000N، إذا قطعت مسافة 1000متر. أوجد الشغل الذي تبذله السيارة في هذه الحالة ؟

2.1.4. الطاقة

مفهوما الشغل والطاقة مرتبطان معاً ارتباطا وثيقاً, وحسب التعريف العلمي فإن:

الطاقة هي المقدرة على بذل شغل

ونعلم أن **الشغل المبذول** يعني **طاقة مستهلكة**, ولكن وجود **طاقة مخزونة** يعني **إمكانية بذل شغل** بهذه الطاقة. أي أن **الطاقة تعادل الشغل.** ووحدة الطاقة هي نفسها وحدة الشغل.

عزيزي الدارس،،

نسمع كثيراً أسماء مختلفة للطاقة, مثل الطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية والطاقة الكيميائية والطاقة الحيوية والطاقة الغذائية (السعرات الحرارية)...الخ. فطاقة بطارية سيارة هي طاقة كهربية مخزنة في صورة كيميائية تتحول إلى طاقة ميكانيكية (في استارتر السيارة), فتدير ماكينة السيارة في بداية حركتها. غير أن مصطلح الطاقة يطلق في الفيزياء على عدد محدود من صور الطاقة (forms of energy). تنقسم الطاقة إلى قسمين رئيسين هما **طاقة الوضع و طاقة الحركة.** نتناول فى الفقرات القادمة هذين النوعيين.

أولا: طاقة الوضع

عزيزي الدارس ،، ماذا تعرف عن طاقة الوضع؟

طاقة الوضع: هي الطاقة التي يكتسبها الجسم بفضل وضعه

إذا نقلنا جسم من مستوى منخفض إلى مستوى عالٍ، نكون قد بذلنا شغلاً في هذه العملية, إي استنفذنا طاقة. ولكن هذا الجسم وهو في إرتفاعه يكون قادراً على السقوط تحت تأثير قوة الجاذبية مما يدل على أننا رفعنا الجسم لموضع لو سمح له أن يبذل شغلاً لفعل. وبما أن المقدرة على بذل الشغل هي الطاقة, لذا **يكون الجسم في وضع يكسبه طاقة** وهذه الطاقة تسمى **طاقة الوضع**، أي الطاقة التي يكتسبها الجسم بسبب وضعه. عند هذا الوضع يمكنه بذل شغل إذا سقط، حيث تمثل القوة في هذه الحالة وزن الجسم، والمسافة المقطوعة هي عبارة عن ارتفاع الجسم.

وعندئذ يصبح الشغل W = الوزن w × الارتفاع h

ولكن الوزن = الكتلة m × تسارع الجاذبية g

إذن الشغل المبذول خلال السقوط = الكتلة m × تسارع الجاذبية g× الارتفاع h

$$W = m \times g \times h = mgh \qquad (4-4)$$

يرمز لطاقة الوضع (Potential Energy) E_p، لأي جسم كتلته m موجود على ارتفاع h فوق سطح الأرض, وهى تعطى بالصيغة التالية:

$$E_p = mgh \qquad (5-4)$$

وحدة طاقة الوضع = وحدة الشغل = الجول J

تدلنا المعادلة (4 –5) علي أن الماء المخزون أمام سد مائي يمكن أن يبذل شغلاً ويولد طاقة كهربائية، عند فتح الماء ليمر خلال توربينات موجودة علي إرتفاع منخفض مقارنة بارتفاع الماء في السد, كما وجدنا في الوحدة الثالثة عند مناقشة التوربينات.

العوامل التي تتوقف عليها طاقة الوضع:

عادة تتوقف طاقة الوضع علي عوامل متعددة منها القوة و الإرتفاع.

تزداد طاقة الوضع كلما:

- زادت القوة F.
- زاد الارتفاع

◄◄ مثال (4-2):

جد طاقة وضع جسم كتلته 80Kg، علما بأنه يوجد علي ارتفاع 3 Km بالنسبة لسطح الأرض. خذ تسارع الجاذبية الأرضية يساوى $10m/s^2$.

الحل

$$E_p = m\ g\ h = 80 \times 10 \times 3000 = 2400000\ J = 24 \times 10^5 J$$

تدريب(2)

جِد طاقة وضع جسم كتلته 750K موجودعلى إرتفاع 10Km من سطح الأرض. اعتبر تسارع الجاذبية الأرضية يساوى $10m/s^2$.

أسئلة تقويم ذاتي

1. هل يمكنك عزيزي الدارس أن تُعرف طاقة الوضع؟
2. إستنتج قانون طاقة الوضع؟

ثانياً: طاقة الحركة (Kinetic Energy)

عزيزي الدارس،،

طـاقة الحـركة هـي: الطاقة التي يكتسبها الجسم عندما يتحرك,

وعادة يرمز لها بالرمز E_k.

نأخذ كمثال جسماً وزنه (m×g)، موجود على ارتفاع h من سطح الأرض, تكون طاقة وضعه (m×g×h) عند ذلك الارتفاع. فى هذه الحالة يكون الجسم في حالة سكون وسرعته تساوي الصفر. ولكن ما أن يبدأ الجسم في السقوط، أي يتحرك، تبدأ سرعته في الزيادة حتى تصل إلى قيمتها القصوى عند وصول الجسم إلى سطح الأرض, حيث تكون كل طاقة وضعه التي كانت عنده قد تحولت إلى طاقة حركة في نهاية سقوطه. هذا يعني أن:

طاقة الوضع الإبتدائية = طاقة الحركة النهائية

$$\boxed{E_k = E_p = mgh} \qquad (6-4)$$

واضح أن حركة السقوط المذكورة أعلاه تبدأ من السكون, أي سرعتها الابتدائية تساوي الصفر بينما سرعتها النهائية v , وبذلك تكون السرعة هي السرعة المتوسطة:

$$\boxed{\bar{v} = \frac{0+v}{2} = \frac{v}{2}} \qquad (7-4)$$

هذه السرعة المتوسطة هي السرعة التي يقطع بها الجسم الارتفاع h ، وعلمنا من قبل أن:

السرعة v = المسافة h ÷ الزمن t

أي أن: المسافة h = السرعة v × الزمن t

أي أن:

$$h = \bar{v} \times t = \frac{v}{2} \times t \qquad (8\text{-}4)$$

أيضاً نحن نعلم أن التسارع عموماً وتسارع الجاذبية g يمكن إيجاده من الفرق في السرعة حيث أن السرعة الابتدائية =صفر والسرعة النهائية v عندئذ يكون التسارع:

$$g = \frac{v - 0}{t} = \frac{v}{t} \qquad (9\text{-}4)$$

ومن (4-8) ومن (4-9) يمكن التعويض عن g و h في المعادلة (4 -6) :

$$E_k = mgh = m \times \frac{v}{t} \times \frac{v}{2} \times t$$

أي أن طاقة الحركة:

$$E_k = \frac{m \times v^2}{2} = \frac{1}{2} m v^2 \qquad (10\text{-}4)$$

هذه هي الصورة العامة لطاقة الحركة، آياً كان شكل هذه الحركة أفقية أو رأسية.

عزيزي الدارس ،،

مما سبق يتضح أنه في حالة نموذج الجسم الساقط من السكون فإن الطاقة الكلية في البداية تكون طاقة وضع فقط, بينما في نهاية السقوط تصبح طاقة حركة فقط بينما تكون الطاقة بين البداية والنهاية مزيج بين الاثنين, أي أن:

الطاقة الكلية E = مجموع طاقتي الحركة و الوضع

على أي ارتفاع بين بداية الحركة حيث الطاقة كلها طاقة وضع ونهاية الحركة حيث تتحول الطاقة كلها إلى طاقة حركة, وبعدها يصطدم الجسم بالأرض.

$$E = E_p + E_k \qquad (11\text{-}4)$$

هذه المعادلة عموماً تنطبق على أي طاقة ميكانيكية. وإذا لم يكن هناك استنزاف للطاقة في صور أخرى مثلاً في صورة طاقة حرارية فإن المعادلة (4–11) تعبر عن قانون حفظ الطاقة. هذا القانون ينص على أن:

> الطاقة لا تفنى وإنما يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى.

لطاقة الحركة عدة تطبيقات منها:

- طاقة حركة المروحة تحرك الهواء المحيط بنا وتلطف الجو.
- طاقة حركة السيارات والطائرات وغيرها من وسائل النقل تيسر علينا الانتقال من مكان إلى آخر.
- وطاقة الحركة في المولدات النووية والحرارية تعطينا الكهرباء.
- ... وهناك عدة تطبيقات أخري

◄◄ مثال (4–3):

جِد الشغل المبذول لتغيير طاقة جسم كتلته 600 Kg وطاقته الحركية 120000 J ، إذا تغيرت طاقته إلي 4800 J، جِد سرعته الابتدائية والنهائية؟

الحل

الشغل المبذول لتغيير هو الفرق بين 120000 J و 4800 J،

الطاقة الحركية في الحالتين هي:

$$E_{k1} = \frac{1}{2} m \upsilon_1^2$$

$$E_{k\ 2} = \frac{1}{2} m \upsilon_2^2$$

من المعادلتين وبالتعويض عن الكتلة و قيم الشغل المبذول يمكن أيجاد السرعات المطلوبة:

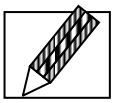
$$120000\ J = \upsilon_1^2 \frac{1}{2} \times 600 \times$$

$$4800\ J = \upsilon_2^2 \frac{1}{2} \times 600 \times$$

ومن المعادلتين أعلاها نتحصل على السرعات المطلوبة:

$$\upsilon_1 = 20m/s$$
$$\upsilon_2 = 4m/s$$

تدريب(3)



عربة صغيرة كتلتها 500Kg تحركت من السكون, وبذلت شغلاً قدره 25000 J لتزيد من سرعتها. جِد سرعتها النهائية؟

أسئلة تقويم ذاتي

1. عرف الطاقة الحركية وحدد وحدة قياسها؟
2. متي تتحول طاقة الوضع إلي طاقة حركية، ومتي تتحول طاقة الحركة إلي طاقة وضعية؟
3. برهن أن طاقة الحركة تتناسب مع مربع سرعة الجسم المتحرك.
4. يتحرك جسم كتلته 30g بسرعة 3متر / ث . أحسب طاقة حركة الجسم.

2.4. الطاقة الحرارية

عزيزي الدارس ،،

تعتبر الحرارة احد مصادر الطاقة الرئيسية التي اهتم علماء الفيزياء بدراستها, وفهم قوانينها لأهميتها ولتأثيراتها الواسعة على حياتنا. فلو نظرنا من حولنا لوجدنا أن الحرارة هي أساس الطاقة في كل شيء. فعلى سبيل المثال الثلاجة المنزلية ومكيفات الهواء ما هي إلا تطبيقات على الفيزياء الحرارية. وكذلك المحركات البخارية والمحركات الحديثة تعتمد على تحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية, حيث أن حرق الوقود يؤدي إلى ارتفاع في درجة حرارة الغاز الذي يضغط على مكبس المحرك الذي يؤدي حركة ميكانيكية أساسها ارتفاع في درجة الحرارة. وهذه المحركات هي أساس فكرة عمل السيارات والطائرات بمختلف أنواعها. أيضا الكهرباء التي تصلنا من محطات التوليد التي تقوم بحرق الفحم أو الوقود الذي يحرك التوربينات التي تولد الطاقة الكهربية. وهناك الأمثلة الكثيرة الأخرى.

الحرارة عبارة عن طاقة تسمى الطاقة الحرارية. وأي منظومة مكونة من جسيمات دقيقة تصطدم ببعضها عشوائياً, هي في الواقع منظومة ذات طاقة حرارية.

1.2.4. طرق انتقال الحرارة

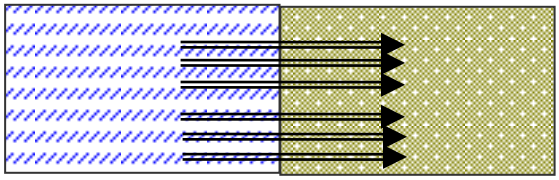
عزيزي الدارس،،

تنتقل الطاقة الحرارية بثلاث طرق هي التوصيل والنقل والإشعاع، نتناول هذه الأنواع ببعض التفصيل فى الفقرات التالية:

أولا: انتقال الحرارة بالتوصيل Heat Flow by Conduction

يسمي انتقال الطاقة الحرارية توصيلاً عندما تنتقل من شيء أو جسم أو من منطقة أسخن إلى أخرى أبرد مباشرة. عند وضع ملعقة باردة في كوب شاي ساخن تصبح الملعقة

ساخنة. وعند خلط سائل ساخن مع آخر بارد, يسخن السائل البارد ويبرد السائل الساخن ويصبح الخليط متجانسا, ويتوقف حينها انتقال الحرارة من السائل الساخن إلى السائل البارد.



الشكل(4–2)انتقال الطاقة الحرارية من الجسم الساخن للجسم الأبرد بواسطة التوصيل

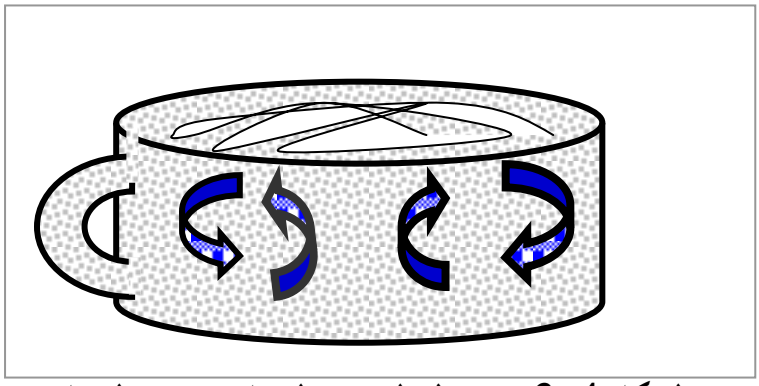
عزيزي الدارس ،،

تختلف المواد من حيث توصيلها للحرارة, حيث المعادن هي الأجود توصيلا. ولذا فكل أدوات المطبخ اليوم من المعادن وبالذات عنصر الألمنيوم وسبائكه بعد أن كانت معظمها قبل حوالي المائة عام من الفخار، وكان بعضها من النحاس الذي هو معدن قابل للتأكسد وأكسيده سام. ولذلك كان يسبب كثير من المشاكل الصحية, وكانت تلك الآنية تحتاج إلى ما يسمى تبييضاً لإزالة الأكسدة.

- وتسمى المواد جيدة التوصيل للحرارة بالموصلات (Conductors) وهو نفس المصطلح المستخدم في الكهربية حيث تسمى المواد جيدة التوصيل للكهربية بالموصلات. وفي الواقع فإن كل ما هو جيد التوصيل للكهربية تقريباً هو جيد التوصيل للحرارة بدءً بالمعادن.
- أما تلك المواد الرديئة التوصيل للحرارة (وكذلك للكهربية) فتسمى بالعوازل (Insulators) , مثل الخشب والمطاط والبلاستيك, والتي تستعمل كمقابض للآنية التي تستخدم للطبخ حتى لا تنقل الحرارة للمستخدم. ومع ذلك فليس كل المواد العازلة للكهرباء, هي مواد جيدة العزل للحرارة مثل الطوب, والمواد الخزفية التي تستخدم كعوازل للكهرباء في أعمدة الضغط العالي.

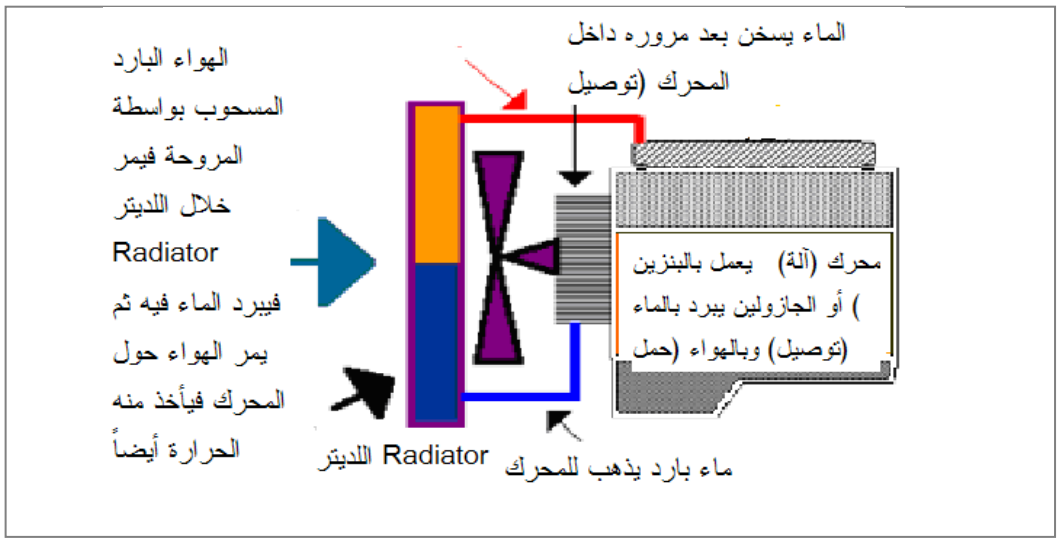
ثانيا: إنتقال الحرارة بالحمل Heat Flow by Convection

هو انتقال الحرارة من منطقة ساخنة إلى منطقة أبرد مع وجود الاثنين في محيط واحد سائل أو غاز. و هو في الواقع انتقال الهواء أو الغاز أو السائل (المائع) من منطقة ساخنة إلى منطقة أبرد. ويمكن مشاهدة مثل هذا الانتقال في أي وعاء به ما موضوع على موقد حيث يتحرك الماء الساخن إلى أعلى ليحل مكان الماء البارد الذي ينتقل إلى المنطقة الساخنة. هذه التيارات التي تنقل السوائل في شبه حركة دائرية تسمى تيارات الحمل (الشكل(4-3)).



الشكل(4-3): انتقال الحرارة بالحمل-تيارات الحمل

في الواقع, في المناطق التي توجد بها مناطق باردة وساخنة واضحة, تتولد الرياح بانتقال الهواء البارد (مثلاً من فوق الماء أو سطح البحر) ليحل محل الهواء الساخن فوق الأرض (البر), الذي يتحرك إلى أعلى. هذا يحدث أثناء النهار. اما إذا أصبحت الأرض أثناء الليل أبرد من الماء يحدث العكس.



الشكل (4–4): تبريد محرك السيارة بواسطة الهواء والماء

أما في جسم الإنسان فتنقل الشعيرات الدموية الحرارة من داخل الجسم إلى سطحه أي تحمل الحرارة, الشيء الذي يحافظ على حرارة الجسم.

ثالثاً: انتقال الحرارة بالإشعاع Heat Flow by Radiation

عزيزي الدارس ،،

الحرارة تنتقل عن طريق الإشعاع, حتى في الحالات التي لا يوجد فيها اتصال مباشر, أو مائع لنقل الحرارة عن طريق الحمل. فالحرارة من الشمس التي تبعد 150 مليون كيلومتر من الأرض لا يمكن أن تصلنا عن طريق التوصيل أو الحمل لان كل هذه المسافة بين الأرض والشمس فيما عدا الغلاف الجوي حول الأرض عبارة عن فراغ.

ولذلك فالإشعاع هو الوسيلة الوحيدة لوصول الحرارة من الشمس إلى الأرض. وحتى في الحالات التي يتم انتقال الحرارة بالحمل أو بالتوصيل فإن انتقال الحرارة بالإشعاع يظل موجوداً. ويمكنك ملاحظة وصول الحرارة اليك وأنت جالس في الظل من المناطق التي تسقط عليها الشمس قربك.

عزيزي الدارس ،،

هذا الانتقال بالإشعاع هو الذي أثبت أن الطاقة الحرارية التي تنتقل هي في الواقع طاقة كهربية مغناطيسية, وتقع في الطيف الكهربي المغناطيسي (كهرومغناطيسي) في المنطقة التي تسمى بالأشعة دون الحمراء, وهي الأشعة التي تنقل الحرارة.

الأشعة الحرارية (الأشعة دون الحمراء في الطيف الكهرومغناطيسي), التي تصل من الشمس إلى الأرض, إما أن تمتصها الأرض والأجسام التي عليها أو تعكسها.

- فالأجسام الداكنة تمتص الحرارة؛
- بينما ذات الألوان الفاتحة تعكسها مثل الضوء تماماً.

وعموما فحتى الأجسام التي تعكس الحرارة تعكسها في صورة أشعة دون الحمراء. والأشعة المنعكسة من الأرض عادة تنفذ راجعة خلال الغلاف الجوي, ولكن بعد أن تكاثرت الغازات المنبعثة بفعل الإنسان من الأرض مثل غاز ثاني أكسيد الكربون, تكونت طبقة من هذه الغازات في الغلاف الجوي حول الأرض, وظهرت ما تسمي **بظاهرة الإنحباس الحراري** (الدفيئة) بسبب أن هذه الطبقة تمنع نفاذ الأشعة الحرارية وتعكسها مرة أخرى للأرض, مما يزيد من درجة حرارتها فوق المعدل بقليل وهو ما يحدث الآن. وما زالت المحاولات جارية لتقليل انبعاث الغازات من المصانع والنشاط البشري على سطح الأرض. وهناك اتفاقية تسمى اتفاقية كيوتو لهذا الغرض, ظلت بعض الدول من بينها الولايات المتحدة ترفض حتى الآن التوقيع عليها.

الشكل(4–5): انتقال الحرارة بالإشعاع من المصباح الساخن لليد

2.2.4. الطاقة الداخلية ودرجة الحرارة

الطاقة الحرارية لجسم ما– هي في الواقع– الطاقة المحتواه في داخل ذلك الجسم بسبب طاقه وضع الجزيئات, وطاقة حركتها. ولذلك تسمى بالطاقة الحركية.

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

انتقال الحرارة من جسم ما, يعنى فقد الطاقة الداخلية, وانتقالها إليه يعني كسب الطاقة الداخلية. وعموماً فإن:

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

التغير في الطاقة الداخلية لجسم ما
= الطاقة المكتسبة أو المفقودة بواسطة الجسم + الشغل المبذول لنقلها

هذا القانون هو قانون حفظ الطاقة الحرارية. و نسبة لأن الطاقة الحرارية هي صورة من صور الطاقة, فإن وحدتها هي وحدة الطاقة, التي حصلنا عليها سابق,ا وهي الجول Joule (وتعادل نيوتن × متر =Nm) والتي هي وحدة كل صور الطاقة سواء أكانت طاقة كهربية أو تثاقل أو طاقة حرارية. هناك وحدة أخرى تاريخية لا زالت مستخدمة حتى اليوم وإن انحصر استخدامها في مجال التغذية, وهذه الوحدة هي السعر calorie واختصارا cal , حيث يقال مثلاً أن الإنسان يحتاج إلى كذا سعر حراري في اليوم. ويمكن التحويل من جول إلى سعر باستخدام القانون:

$$1\ cal = 4.18\ J \quad \textbf{(12-4)}$$

3.2.4. تأثيرات الحرارة على المادة

للحرارة عدة آثار على المادة:

- عند اكتساب المادة للحرارة, تزيد حركة جزيئات المادة . وهذا التغير في الطاقة الداخلية يظهر في صورة زيادة في سخونة المادة عند اكتساب الحرارة أو في برودتها عند فقد الحرارة.
- تتمدد المادة عندما تكتسب الحرارة, وتنكمش عندما تفقد الحرارة.
- الماء يتحول من حالة الصلابة (الثلج) إلى الحالة السائلة (الماء), إلى الحالة الغازية (البخار) عند اكتساب الطاقة الحرارية. ويحدث العكس عند فقد الحرارة. وهذا يحدث لكل المواد بما فيها تلك المواد الصلبة كالمعادن التي تنصهر, وتصبح سائلة باكتساب الطاقة الحرارية, ويمكن أيضاً أن تصبح بخاراً.
- يزيد الضغط بزيادة الحرارة, بسبب ازدياد الطاقة الحركية للجزيئات, مما يزيد من كمية التصادم بينها. وهذا التصادم هو ما يظهر في صورة ضغط.
- تساعد الحرارة في بعض التفاعلات الكيميائية, مثل تفاعلات بعض المعادن مع الأكسجين التي يحتاج للحرارة, وينتج عنها أكسيد المعادن.
- للحرارة تأثيرات فسيولوجية مثل الإحساس بالبرد أو بالدفء أو الحروق.

أسئلة تقويم ذاتي

1. اشرح كيف يتم انتقال الحرارة بالتوصيل؟
2. وضح كيف يتم انتقال الحرارة بالحمل؟
3. اشرح كيفية انتقال الحرارة بالإشعاع؟
4. للحرارة عدة آثار على المادة. ناقش هذه العبارة؟
5. عرف الطاقة الداخلية للجسم؛
6. ما هو التغير في الطاقة الداخلية للجسم؟

4.2.4. درجة الحرارة

عزيزي الدارس ،،

عرفنا فيما سبق أن الحرارة تنتقل بين جسمين متصلين دائما من الجسم الساخن إلى الجسم الأبرد. في حالة عدم تسرب أي حرارة إلى المحيط, ينطبق على هذه المنظومة مبدأ حفظ الطاقة. والطاقة التي يفقدها الجسم الساخن ستساوي الطاقة التي سيكتسبها الجسم الأبرد, ويصبح الجسمان في حالة اتزان حراري في النهاية. جاء مفهوم درجة الحرارة حتى يمكن التمييز بين الأجسام من حيث السخونة, والجسم الساخن درجة حرارته أعلى. وعلى هذا فأن **درجة الحرارة** هي:

مقياس لحالة جسم ما من حيث السخونة أو البرودة

و أيضاً فأن درجة الحرارة تدل على سرعة حركة جزيئات الجسم من حيث الارتفاع أو الانخفاض, وهى تكون في المتوسط لها نفس القيمة في الجسمين في حالة الاتزان الحراري عند الجسمين. هنالك العديد من الأجهزة والمقاييس تستخدم لقياس درجة الحرارة، نحاول تناولها فى الفقرات القادمة؟

5.2.4. الثيرموميتر والتدريج الحراري

Thermometer and temperature scale

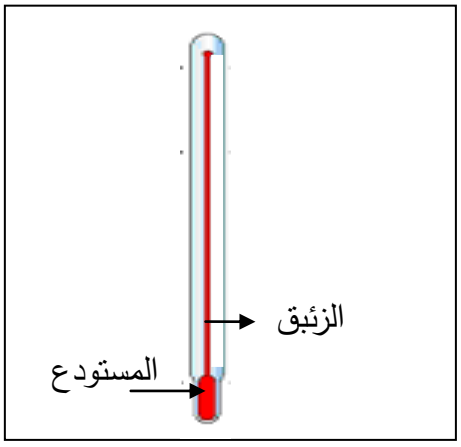
عزيزي الدارس ،،

الثيرمـومتر Thermometer هـو أداة تسـتخدم لقيـاس درجـات الحـرارة، وهـو يعمـل بالاستفادة من تغير أحد الخصائص الفيزيائية, في المادة المختارة, مع تغير درجة الحرارة. مثلاً خاصية تمدد المادة مع زيادة درجة الحرارة, أو خاصية تغير الضغط, أو تغير مقاومة السلك الكهربي بتغير درجة الحرارة.

وأهم وأشهر هذه الثيرموترات هو الثيرمومتر الذي يستعمل الزئبق.

أولا: . **الثيرمومتر الزئبقي**

وهو مقياس لدرجة الحرارة يستعمل خاصية السوائل عموماً ومن ضمنها سائل الزئبق على التمدد بزيادة درجة الحرارة والانكماش عند انخفاضها, حيث تظهر في الزئبق هذه الخاصية بصورة أوضح. ويتكون الثيرمومتر الزئبقي من مستودع زجاجي رقيق الجدار تتصل به قناة شعرية مفرغة من الهواء. المستودع وكذلك جزء من القناة الشعرية مملوء بالزئبق (أنظر الشكل).



الشكل(4-6): الثيرمومتر الزئبقي

عند ارتفاع درجة الحرارة يتمدد الزئبق في الجزء الفارغ من الأنبوب, وعندما ينكمش عند درجات الحرارة المنخفضة (البرودة) يشغل الزئبق حيزاً أقل مما كان يشغله في الأحوال العادية (ينكمش). ولذلك وحتى يمكن التعرف على درجة الحرارة بصورة دقيقة يتم تدريج الثرمومتر بصورة واضحة, يمكن قراءتها بوضوح في كل الأحوال.

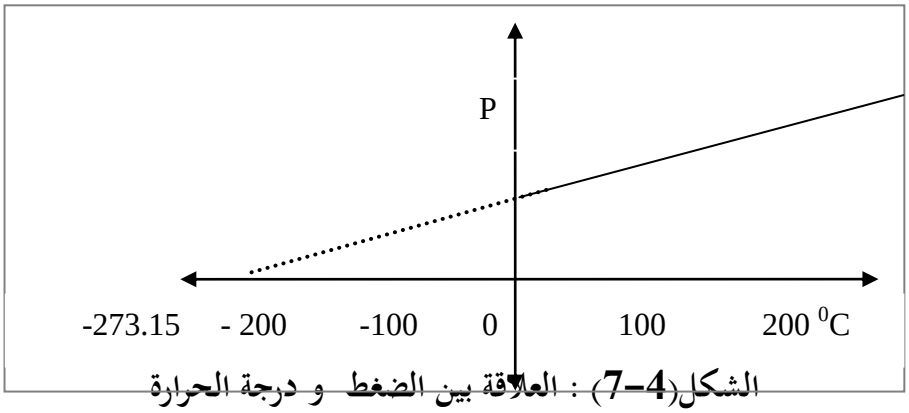
ثانيا: التدريج المئوي Celsius scale

عزيزي الدارس ،،إن التدريج الشائع الآن هو التدريج المئوي **(المقياس المئوي)**, ويسمى أيضاً تدريج سيلسيوس **Celsius scale** ، وفي هذا التدريج نقطتان أساسيتان هما درجتي تجمد الماء (الصفر) وغليانه. وقد اختار سلسيوس تقسيم ما بين النقطتين إلى مائة درجة حيث يكون غليان الماء عند الدرجة المائة, ومن ثم قسمت المسافة بين نقطة تجمد الماء (الصفر) ونقطة غليان الماء (100) إلى مائة قسم, وأصبحت الدرجة الواحدة تسمى درجة سيلسيوس. فمثلاً درجة حرارة الغرفة 25^oC وتقرأ 25 درجة سيلسيوس أو درجة مئوية. وتبلغ درجة حرارة الإنسان على هذا التدريج 37^0 C .

ثالثاً: التدريج المطلق scale Kelvin

عزيزي الدارس ،،

نلاحظ أن التدريج المئوي اعتمد على حرارة الماء حيث تم اعتبار نقطتى تجمد الماء و غليانه أساساً للتدريج. وحيث أن هاتين النقطتين تعتمدان على الضغط وعدد من العوامل الأخرى، لذا فإننا بحاجة إلى تدريج مطلق لا يعتمد على طبيعة مادة ما مثل الماء وهذا ما قام به العالم كلفن Kelvin في تحديد تدريج مطلق لدرجة الحرارة (الشكل (4-7)).



الشكل(4–7) : العلاقة بين الضغط و درجة الحرارة

لقد قام العالم كلفن باستخدام الثيرمومتر الذي يعتمد على التغير في الضغط Gas Thermometer , ودرس العلاقة بين الضغط ودرجة الحرارة، وذلك لأكثر من غاز ووجد أن جميع الغازات يقل ضغطها بنقصان درجة الحرارة. وأن الضغط يصبح صفراً من الناحية النظريةً عند مد الخط المستقيم في الشكل (4–7) على استقامته ليلتقي مع الاحداثي السيني عند درجة حرارة قدرها –273.15. وقد تم اعتبار هذه الدرجة هي الصفر المطلق, وأنها لا تتغير بتغير نوع الغاز. وعليه تم معايرة (ضبطها) باقي التدريجات الأخرى مع هذا الصفر المطلق.

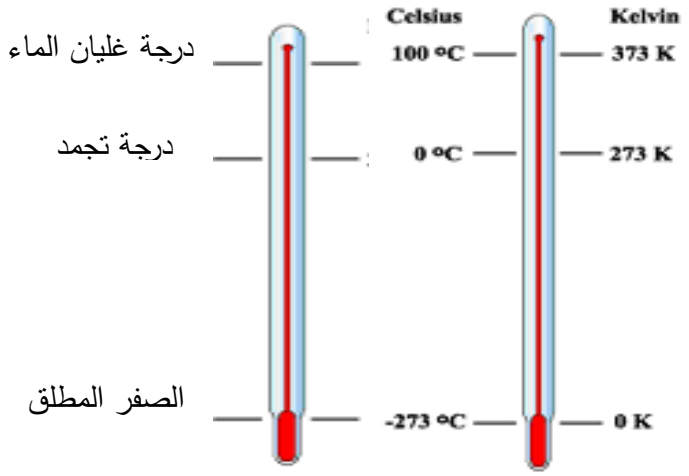
عزيزي الدارس ،، التدريج المعتمد عالميا الآن هو ذلك التدريج الذي المسمى باسم العالم كيلفن Kelvin , ويسمى التدريج بالتدريج المطلق, وذلك لأنه يعتمد الصفر المطلق كأدنى درجة للحرارة في الكون. هذه الدرجة المنخفضة جداً تعادل –273.15 درجة مئوية. وعند هذه الدرجة تتوقف أي حركة ويصبح كل شيء في حالة سكون.

الشكل التالي يوضح أن العلاقة بين التدريج المئوي والتدريج المطلق بسيطة جداً (أنظر الشكل), ومنه:

الدرجة بالتدريج المطلق (كلفين) K^o = الدرجة المئوية + 273.15^o

حيث يتساوى التدريجان في مقدار الدرجة المئوية الواحدة.

التدريج المطلق (كلفن) ^oK سيلسيوس تدريج ^0C



الشكل(4–8): التدريج المئوي والتريج المطلق

6.2.4. حرارة الإنسان

عزيزي الدارس ،،

يتميز الإنسان بأنه من المخلوقات **ذات الدم الحار**, حيث يحاول الجسم دائماً المحافظة على ثبات حرارته الداخلية. ونعلم أن **درجة الحرارة الداخلية الطبيعية للإنسان** تساوي **37^oC**، ولا يحتمل الإنسان التغيير في درجة حرارته الداخلية إلا في مدى صغير حسب ما يوضح الجدول (1).

الجدول (1) مدى درجات حرارة الإنسان و تأثيرها

درجة حرارة الجسم ^{o}C	ما يحدث أو يحسه الإنسان
28	إنهيار العضلات
30	فقد الجسم المقدرة على التحكم في درجة الحرارة
33	فقدان الإنسان للوعي
37	درجة الحرارة الطبيعية
42	انهيار الجهاز العصبي المركزي
44	الموت بسبب تدمير البروتين غير القابل للإصلاح

لاحظ في الجدول السابق أن نقص درجة الحرارة الداخلية للإنسان بمقدار أربع درجات فقط يؤدي إلى فقد الإنسان لوعيه، بينما بزيادتها خمس درجات فقط يحدث انهيار للجهاز العصبي المركزي والذي يشتمل على المخ والنخاع الشوكي. المعروف أن جسم الإنسان يولد باستمرار الحرارة ولذلك يحتاج إلى أنشطة لفقدها. وقد وجد أن فقد الإنسان للحرارة يتناسب مع مساحة سطح جسم الإنسان وليس مع حجمه.

أسئلة تقويم ذاتي

1. عرف درجة الحرارة؟
2. اذكر أنواع مقاييس درجات الحرارة؟
3. لماذا نستخدم الزئبق في الثرمومترات؛
4. ميز بين التدريج المطلق و التدريج المئوي؟
5. لا يتحمل الإنسان التغير في درجة حرارته الداخلية إلا في مدى صغير وضح ذلك؟

7.2.4. الطاقة الحرارية (كمية الحرارة)

عزيزي الدارس ،،

بعد تجارب مختلفة وجد أن الطاقة الحرارية تنتقل من الجسم الساخن الذي درجة حرارته T_2 إلى الجسم البارد الذي درجة حرارته T_1 حتى تتساوى درجات الحرارة وتصبح درجة الحرارة T، وعندها يحدث الاتزان الحراري بين الجسمين. حيث في هذه الحالة تكون كمية الحرارة المفقودة من الجسم الذي كان أسخن تساوي كمية الحرارة المكتسبة بواسطة الجسم الذي كان أبرد. وقد وجد أن كمية الحرارة المفقودة ΔQ (أو المكتسبة) تتناسب مع الفرق في درجة الحرارة في البداية والنهاية, علماً بأن:

$$T_1 < T < T_2$$

الفرق في درجة حرارة الجسم في البداية والنهاية.

- الطاقة المفقودة من الجسم الأول ΔQ تتناسب مع $T_2 - T$ ؛
- الطاقة المكتسبة بواسطة الجسم الثانيΔQ تتناسب مع $T - T_1$ ؛
- عامل التناسب في الحالتين يسمى بالسعة الحرارية للجسم

الطاقة المفقودة = السعة الحرارية للجسم الأول × الفرق في درجة حرارة الجسم الأول

الطاقة المكتسبة= السعة الحرارية للجسم الثاني × الفرق في درجة حرارة الجسم الثاني

ولأن:

الطاقة المفقودة = الطاقة المكتسبة

ولأن الفرق في درجة حرارة الجسم الأول قد لا يساوى الفرق في درجة حرارة الجسم الثاني فإن السعة الحرارية للجسمين غير متساوية ما لم يكونا من نفس المادة.

السعة الحرارية (c) للجسم هي الطاقة الحرارية اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم بمقدار واحد درجة سيلسيوس (أو درجة مطلقة واحدة) بغض النظر عن كتلته.

عزيزي الدارس ،،

تختلف المواد في سعتها الحرارية. فنجد الكيلوجرام الواحد من أي من المعادن سعته الحرارية صغيرة, ويحتاج لطاقة حرارية صغيرة لرفع درجة حرارته درجة مئوية واحدة مقارنة مع الماء الذي سعته الحرارية عالية. ولذلك يحتاج لطاقة حرارية كبيرة لرفع درجة حرارته درجة واحدة. (ضع واحد كيلوجرام من الماء واحد كيلو جرام من الماء في الشمس لمدة نصف ساعة ولاحظ الفرق)

وعليه فإن:

كمية الحرارة للجسم الأول $\Delta Q_1 = c_1 \times (T_2 - T)$

كمية الحرارة للجسم الثاني $\Delta Q_2 = c_2 \times (T - T_1)$

وفي حالة هذين الجسمين, فإن:

$$\Delta Q_1 = \Delta Q_2$$

ولكن عموماً لأي جسم أصبحت درجة حرارته,T_1 وقد كانت T_2 , وكانت سعته الحرارية c , فإن كمية الحرارة التي يكتسبها أو يفقدها هي:

$$\boxed{\Delta Q = c \times (T_2 - T_1)} \qquad (12-4)$$

◄◄ مثال (4–4):

جسم معدني في درجة حرارة 40 درجة مئوية تغيرت درجة حرارته إلي 90 درجة عندما وضع داخل فرن، فإذا علم أن السعة الحرارية للجسم هي c أوجد كمية الحرارة المكتسبة

الحل

كمية الحرارة التي يكتسبها أو يفقدها الجسم هي:

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

$$\Delta Q = c \times (90 - 40) = \mathbf{50\ c}$$

بمعرفة السعة الحرارية للجسم c يمكن إيجاد كمية الحرارة

8.2.4. التمدد الحراري

عزيزي الدارس،،

وجد العلماء أن جزيئات المادة سواء أكانت سائلة أو صلبة في حالة حركة اهتزازية دائمة ولذلك تمتلك طاقة حركية، وأن اكتساب أي طاقة حرارية يكسبها طاقة حركية أعلى. زيادة الطاقة الحرارية (الداخلية) يعني ارتفاع درجة الحرارة، ولذلك تعتبر درجة الحرارة مقياساً لسرعة حركة جزيئات المادة.

زيادة درجة حرارة مادة ما, والذي يعني أيضاً زيادة سرعات الجزيئات يؤدي إلى زيادة متوسط المسافات بين الجزيئات, وهذا يعني زيادة أبعاد المادة أي تمددها.

انخفاض درجة الحرارة يعني قلة الطاقة الداخلية (الحرارية), وبالتالي تقل سرعة حركات الجزيئات, وتقل بالتالي متوسط المسافة بين الجزيئات ولذلك تتقلص أبعاد المادة وتنكمش.

وهكذا فكل المواد تقريباً تتمدد بارتفاع درجة الحرارة وتنكمش بانخفاضها، ما عدا الماء الذي يمتلك خاصية التمدد الشاذ, حيث أنه يتمدد بين 4^oC وصفر درجة مئوية.

أولا: التمدد الطولي

تتمدد المواد بالحرارة في كل الاتجاهات. ولكن لأن معظم المواد الصلبة التي يستخدمها الإنسان طولية الشكل, كالأعمدة والقضبان والمواسير والسيخ, و لذلك هناك اهتمام خاص بالتمدد الطولي أي الزيادة في الطول بزيادة درجة الحرارة.

الآن عزيزي الدارس ،،

فإذا كان لدينا قضيب طوله L_o ودرجة حرارته T_1 , ثم ارتفعت درجة الحرارة إلى T_2 , فسيزيد طول القضيب بمقدار ΔL (تنطق دلتا L), عندها سيصبح طول القضيب L , حيث ان:

$$\boxed{L = L_o + \Delta L}$$

أي الزيادة في الطول تعادل:

$$\boxed{\Delta L = L - L_o} \qquad (13\text{-}4)$$

التمدد أو الزيادة أو الانكماش في طول القضيب ΔL يتوقف على طول القضيب الأصلي. فليس من المعقول أن يزيد طول القضيب القصير بنفس مقدار الزيادة في طول القضيب الطويل. ولذلك فالزيادة في الطول تتناسب مع الطول الأصلي, أي أن :

$$\Delta L \propto L_o$$

التمدد أو الزيادة أو الانكماش في طول القضيب ΔL تتوقف أيضاً على مقدار الزيادة في درجة الحرارة, أي على الفرق في درجة الحرارة. فكلما زاد هذا الفرق في درجة الحرارة زاد التمدد.

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

من معادلتي التناسب أعلاه, نحصل على:

$$\boxed{\Delta L \propto L_o \times (T_2 - T_1)} \qquad (14\text{-}4)$$

أي أن الزيادة في الطول تتناسب مع الطول الأصلي, وأيضاً مع الفرق في درجة الحرارة, ومعادلة التناسب هذه, مثلها مثل كل معادلات التناسب, يمكن تحويلها إلى معادلة يتساوى فيها الطرفان, بادخال عامل التناسب كالآتي:

$$\Delta L = \alpha \times L_o \times (T_2 - T_1) \qquad (15-4)$$

حيث معامل التناسب α (ينطق ألفا) يسمى معامل التمدد الحراري الطولي وهو يعتمد على نوع المادة.

معامل التمدد الحراري الطولي(α) هو مقدار الزيادة في الطول لكل وحدة أطوال من المادة (أي لكل متر) نتيجة لارتفاع درجة الحرارة بمقدار درجة واحدة.

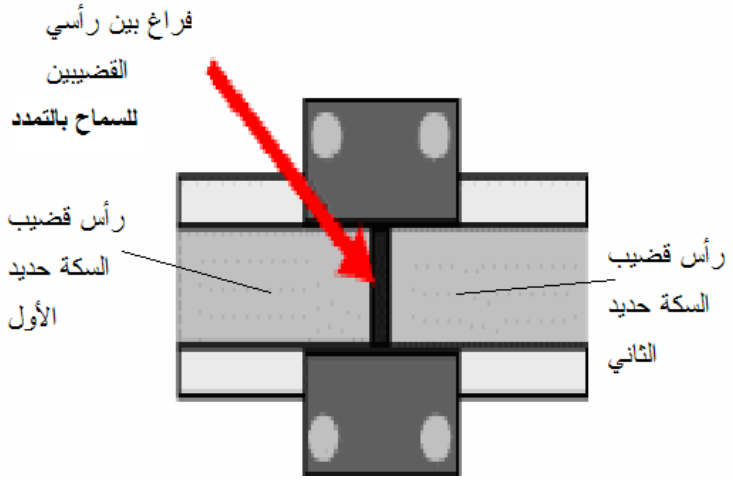
وهذا المقدار يختلف باختلاف المواد, والجدول التالي يوضح بعض مقادير معامل التمدد الحراري الطولي لبعض المواد

عزيزي الدارس ،، تابع معنا في الجدول (2) معاملات التمدد الطولي لعدة عناصر مختلفة.

الجدول (2) معاملات التمدد الطولى لعناصر مختلفة.

المادة	معامل التمدد الطولي × 10^{-6} /^{o}C
الماس	1.2
الزجاج البايركس	3.3
الزجاج العادي	8.5
الحديد	12
الذهب	14
النحاس	17
الألمونيوم	23

وجود التمدد والانكماش بسبب تغير الحرارة له آثاره على كثير من التطبيقات من أهمها تمدد قضبان السكة الحديد, وحديد الكباري وغيره من الأعمدة والقضبان, والذي في حالة عدم أخذه في الاعتبار يمكن أن يتسبب في التواء هذه القضبان، وبالتالي يمكن أن يؤدي إلي حوداث كبيرة , مثل انقلاب القاطرات أو انهيار الكباري, ولذلك يترك لها مسافة للتمدد.



الشكل(4-9): توجد مسافة بين رأس القضيبين للسماح للتمدد

ثانيا:التمدد الحجمي

عزيزي الدارس ،، نعلم أن السوائل و الغازات ليس لها تمدد طولي بسبب ميوعتها, غير أن كل المواد كما ذكرنا سابقاً تتمدد في كل الاتجاهات بما فيها المواد الصلبة المذكورة أعلاه . ولذلك فهناك معامل آخر **هو معامل التمدد الحجمي** γ **(ينطق قاما gamma):**

وهو مقدار الزيادة في الحجم لكل وحدة حجوم من المادة (أي لكل متر مكعب) نتيجة لارتفاع درجة الحرارة بمقدار درجة مئوية واحدة

وكما هو متوقع, فأن معامل التمدد الحجمي يساوي تقريباً ثلاثة أمثال معامل التمدد الطولي:

$$\gamma = 3 \times \alpha$$

تابع معنا في الجدول (3) معاملات التمدد الحجمي للعناصر المختلفة.

الجدول (3) معاملات التمدد الحجمي لعناصر مختلفة.

المادة	معامل التمدد الحجمي γ
النحاس	51
الألمونيوم	69
الزئبق	182
الماء	207
البنزين	1240

قارن بين معامل التمدد الطولي للنحاس وللألمونيوم ومعامل التمدد الحجمي, ثم قارنها مع العلاقة أعلاه بين المعاملين. لاحظ أن معامل التمدد الحجمي للسوائل كبير مقارنة بمعاملات الأجسام الصلبة.

◄◄ **مثال (4–5):**

إذا كان معامل التمدد الحراري الطولي(α) لمادة مصنوعة من الحديد يساوى $12\times10^{-6^0}C$ أوجد كل من:

أ. معامل التمدد السطحي ب. معامل التمدد الحجمي

الحل

أ. معامل التمدد السطحي تقريباً = ضعف معامل التمدد الطولي

$$2\times12\times10^{-6^0}C = 24\times0^{-6^0}C$$

ب. معامل التمدد الحجمي تقريباً = ثلاثة أمثال معامل التمدد الطولي

$$3\times12\times10^{-6^0}C = \ 36\times10^{-6^0}C$$

◄◄ مثال (4–6):

إذا كان معامل التمدد الحراري السطحي لمادة مصنوعة من الزجاج البايركس يساوي $6.6\times10^{-6^0}C$, فأوجد كل من:

أ. معامل التمدد الحراري الطولي

ب. معامل التمدد الحراري الحجمي

الحل

أ. معامل التمدد الطولي = $\frac{1}{2}$ معامل التمدد السطحي $= 3.3\times0^{-6^0}C$

ب. معامل التمدد الحجمي = ثلاثة أمثال معامل التمدد الطولي

$$3\times3.3\times10^{-6^0}C = \ 9.9\times10^{-6^0}C$$

أسئلة تقويم ذاتي

1. عرف: أ. السعة الحرارية (c) للجسم؛
   ب. معامل التمدد الحراري.
2. عدد أنواع التمدد الحراري؟
3. أكمل العبارة التالية:

معامل التمدد الحجمي للمواد..... معامل التمدد الحراري الطولي.

4. إذا كان معامل التمدد الحراري السطحي لمادة مصنوعة من الذهب هو $28\times10^{-6^0}C$, أوجد كل من:
   أ. معامل التمدد الحراري الطولي
   ب. معامل التمدد الحراري الحجمي

الخلاصة

ولكن ما الذي ناقشناه عزيزي الدارس ؟

أنها مفاهيم كثيرة ومهمة جدا:

هل يمكنك أن تلخص ذلك بإيجاز؟ .

لنتعاون على ذلك معا. و بدأنا أولا بدراسة القوة والطاقة والشغل وطاقة الضغط؛

ثم عرفنا ما هي الطاقة الحرارية وطرق انتقال الحرارة.

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.

لمحة مسبقة عن الوحدة القادمة

عزيزي الدارس, في الوحدة القادمة و التي بعنوان الكهربية والمغناطيسية , سوف نتعرف علي مفهوم المجال الكهربي من خلال دراسة الكهربية الساكنة, حيث تتم دراسة تأثير الشحنات الكهربية فيما حولها,ثم نتطرق لدراسة التيار الكهربي. ثم بعدها نتعرف على المجال المغنطيسي والقوة المغناطيسية.

نرجو أن تجدها وحدة مفيدة.

إجابات التدريبات

تدريب(1)

بما أن القوة المؤثر ثابتة أذن الشغل المبذول = القوة × المسافة

حيث J= $W = F \times r = 9000 \times 1000 = 9\times10^6$ J

تدريب(2)

$E_p = m\ g\ h = 750 \times 10 \times 10000 = 75\times10^6$ J

تدريب(3)

$$E_k = \upsilon_1^2 \frac{1}{2} m$$

$$25000\,\mathrm{J} = \frac{1}{2} \times 500\mathrm{Kg}\upsilon^2$$

$$\upsilon = \sqrt{\frac{2\times25000}{500}} m/s = \sqrt{2\times50} m/s = 10 m/s$$

مسرد المصطلحات

Work	الشغل
electron	الإلكترون
Heat Flow by Conduction	انتقال الحرارة بالتوصيل
Heat Flow by Convection	انتقال الحرارة بالحمل
Heat Flow by radiation	انتقال الحرارة بالإشعاع
Thermometer the temperature scale	الثيرمومتر هو مقياس درجات الحرارة
Celsius scale	المقياس المئوي
Kelvin scale	المقياس المطلق

المراجع العربية والأجنبية

1. أسياسيات الفيزياء – بوش
2. كتاب الفيزياء للمرحلة الثانوية – السنة الأولي – وزارة التربية والتعليم –السودان
3. كتاب الفيزياء للمرحلة الثانوية – السنة الثانية – وزارة التربية والتعليم –السودان
4. كتاب الفيزياء للمرحلة الثانوية – السنة الثالثة – وزارة التربية والتعليم –السودان
5. هناك مواقع مفيدة على الانترنت -Hyper Physics : Hpperphysics.phy astr.gsu. edu
6. هناك مواقع ممتازة لمحاكاة التجارب الفيزيائية على الانترنت Phy-ntnu.edu. tw