



الجمهورية العربية السورية
وزارة التربية والتعليم
قطاع المناهج والتوجيه
الإدارة العامة للمناهج

الفيزياء

لصف الأول الثانوي

فريق التأليف



أ.د. داؤود عبد الملك الحدابي / رئيساً

أ.د. عمر صالح بابقي أ. أم السعد محمد عبد الحلي محمد
د. هزاع عبده سالم الحميدي أ. محفوظ محمد سلام مسعود
أ. جميل أسعد محمد أ. رمضان سالم النجار

الإخراج الفني

الصف الطباعي: سماح حمود مسعود
الصور والرسوم: عبد الولي عبدالله الرهاوي
التصميم والإخراج: أشرف أحمد الجرmoz
بسام أحمد محمد العامر

تدقيق التصميم: حامد عبدالعالم الشيباني



النشيد الوطني

رددي أيتها الدنيا نشيدي ردييه وأعيدي وأعيدي
واذكري في فرحتي كل شهيد وامنحيه خللاً من ضوء عيدي

رددي أيتها الدنيا نشيدي
رددي أيتها الدنيا نشيدي

وحدتي .. وحدتي .. يا نشيداً رائعاً يملأ نفسي أنت عهد عالق في كل ذمّة
رايتي .. رايتي .. يا نسيجاً جكته من كل شمس اخلدي خافقت في كل قمّة
أمّتي .. أمّتي .. امنحيني البأس يا مصدر بأسى واخذريني لك يا أكرم أمّة

عشت إيماني وحبّي أمميّا
ومسيري فوق دربي عربيّا
وسبقى نبض قلبي يمنيّا
لن ترى الدنيا على أرضي وصيّا

المصدر: قانون رقم (٢٦) لسنة ٢٠٠٦م بشأن السلام الجمهوري ونشيد الدولة الوطني للجمهورية اليمنية

أعضاء اللجنة العليا للمناهج

١. د. عبدالرزاق يحيى الأشول.

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| د. عبدالله عبده الحامدي. | أ/ علي حسين الحيمي. |
| د/ صالح ناصر الصوفي. | د/ أحمد علي العمري. |
| أ.د/ محمد عبدالله الصوفي. | أ.د/ صالح عوض عرم. |
| أ/ عبدالكريم محمد الجنداري. | د/ إبراهيم محمد الحوثي. |
| د/ عبدالله علي أبو حورية. | د/ شبيب محمد باجرش. |
| د/ عبدالله للمس. | أ.د/ داوود عبدالمملك الحدابي. |
| أ/ منصور علي مقبل. | أ/ محمد هادي طواف. |
| أ/ أحمد عبدالله أحمد. | أ.د/ أنيس أحمد عبدالله طائع. |
| أ.د/ محمد سرحان سعيد المخلافي. | أ/ محمد عبدالله زيارة. |
| أ.د/ محمد حاتم المخلافي. | أ/ عبدالله علي إسماعيل. |
| د/ عبدالله سلطان الصلاحي. | |

قررت اللجنة العليا للمناهج طباعة هذا الكتاب .

في إطار تنفيذ التوجهات الرامية للاهتمام بنوعية التعليم وتحسين مخرجاته تلبية للاحتياجات ووفقاً للمتطلبات الوطنية.

فقد حرصت وزارة التربية والتعليم في إطار توجهاتها الإستراتيجية لتطوير التعليم الأساسي والثانوي على إعطاء أولوية استثنائية لتطوير المناهج الدراسية، كونها جوهر العملية التعليمية وعملية ديناميكية تتسم بالتجديد والتغيير المستمرين لاستيعاب التطورات المتسارعة التي تسود عالم اليوم في جميع المجالات.

ومن هذا المنطلق يأتي إصدار هذا الكتاب في طبعته المعدلة ضمن سلسلة الكتب الدراسية التي تم تعديلها وتنقيحها في عدد من صفوف المرحلتين الأساسية والثانوية لتحسين وتجويد الكتاب المدرسي شكلاً ومضموناً، لتحقيق الأهداف المرجوة منه، اعتماداً على العديد من المصادر أهمها: الملاحظات الميدانية، والمراجعات المكتبية لتلافي أوجه القصور، وتحديث المعلومات وبما يتناسب مع قدرات المتعلم ومستواه العمري، وتحقيق الترابط بين المواد الدراسية المقررة، فضلاً عن إعادة تصميم الكتاب فنياً وجعله عنصراً مشوقاً وجذاباً للمتعلم وخصوصاً تلاميذ الصفوف الأولى من مرحلة التعليم الأساسي.

ويعد هذا الإنجاز خطوة أولى ضمن مشروعي التطويري المستمر للمناهج الدراسية ستبناها خطوات أكثر شمولية في الأعوام القادمة، وقد تم تنفيذ ذلك بفضل الجهود الكبيرة التي بذلها مجموعة من ذوي الخبرة والاختصاص في وزارة التربية والتعليم والجامعات من الذين أنضجتهم التجربة وصقلهم الميدان برعاية كاملة من قيادة الوزارة والجهات المختصة فيها.

ونؤكد أن وزارة التربية والتعليم لن تتوانى عن السير بخطى حثيثة ومدرسة لتحقيق أهدافها الرامية إلى تنوير الجيل وتسليحه بالعلم وبناء شخصيته المتزنة والمتكاملة القادرة على الإسهام الفاعل في بناء الوطن اليمني الحديث والتعامل الإيجابي مع كافة التطورات العصرية المتسارعة والمتغيرات المحلية والإقليمية والدولية.

أ. د. عبدالرزاق يحيى الأشول

وزير التربية والتعليم

رئيس اللجنة العليا للمناهج

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين وعلى آله وصحبه أجمعين .. وبعد :

فهذا هو كتاب الفيزياء للصف الأول الثانوي ضمن سلسلة ثلاثة كتب لهذه المرحلة، والذي تم تأليفه بعد جهد كبير، وبعد تراكم خبرات التأليف لدينا، وبعد أن تم إنجاز كتب المرحلة الأساسية لمادة العلوم، حيث نتوقع من هذا الكتاب أن يلبي طموحاتنا الكبيرة التي نتمنى أن يتسلح بها الجيل الجديد خاصة وأن التطورات في هذا المجال متسارعة ومتلاحقة .

إن علم الفيزياء الذي يقوم بدراسة الطبيعة من حولنا وما ينتج عنها من ظواهر طبيعية بسبب تحولات المادة والطاقة ودراسة قوانين هذه التحولات وتفسيرها علمياً والعمل علي تسخيرها لصالح الإنسان، إنما يشكل بالنسبة للعلوم الأخرى مصدراً أساسياً للمعرفة ومجالاً هاماً للتطبيق العملي لتلك العلوم .

وقد احتوى هذا الكتاب على ثمان وحدات دراسية شملت المجالات المختلفة لاهتمام علم الفيزياء وبشكل أكثر عمقاً عما تم تناوله في المرحلة الأساسية بما يضمن تحقيق خطوة من التطور لمواكبة التحولات السريعة في العلوم وفي جميع مجالاتها والتي تتطلب تطوير أدوات التعليم والتعلم واستخدام الأساليب التربوية الحديثة المشجعة لروح البحث والابداع عند المدرس والطالب واستخدام تكنولوجيا التعليم الحديثة .

فقد احتوت الوحدة الأولى من هذا الكتاب أهمية علم الفيزياء وعلاقته بالعلوم الأخرى إلى جانب القياس وأنظمتها وأدواته والكميات الفيزيائية .

وتناولت الوحدة الثانية الحركة في خط مستقيم وفيها تم تناول المفاهيم المختلفة مثل : الإزاحة والسرعة ومعادلات الحركة في خط مستقيم بعجلة منتظمة والسقوط الحر وقوانين نيوتن للحركة والقصور الذاتي وقوة الاحتكاك .

أما الوحدة الثالثة فق احتوت على خواص المواد الصلبة والموائع التي تتحدث

عن النظرية الحركية الجزيئية، والمرونة في الأجسام الصلبة، وخواص الموائع الساكنة، والضغط في السوائل، والضغط الجوي.

أما الوحدة الرابع فقد تناولنا فيها الشغل والقدرة والطاقة، وهي امتداد لما درسه الطالب في الوحدة الأساسية مثل : الشغل، القدرة، العلاقة بين الشغل والطاقة، مبدأ بقاء الطاقة، الدفع وكمية التحرك والتصادم .. الخ.

أما الوحدة الخامسة فقد تناولت الكهرباء الساكنة وتم استعراض المفاهيم الآتية :

المجال الكهربائي، والجهد الكهربائي، والسعة الكهربائية، والمكثفات، وطرق توصيل المكثفات في الدوائر الكهربائية.

الوحدة السادسة احتوت على التيار الكهربائي، والمقاومة الكهربائية، والأعمدة الكهربائية.

أما الوحدة السابعة فقد تحدثت عن القياسات الحرارية، وتعريف درجة حرارة الجسم، والسعة الحرارية للجسم، وتفسير انتقال الحرارة في الأوساط المختلفة.

أما الوحدة الأخيرة فقد تناولت أثر الحرارة على الأجسام، وأخذت بعين الاعتبار أن الأجسام تتمدد بالحرارة وتنكمش بالبرودة، والتمدد الطولي للأجسام الصلبة، والتمدد الحجمي للأجسام، وكذا التمدد الشاذ للماء، وكذا تمدد الغازات، والغاز المثالي، والقانون العام للغازات.

نتمنى أن تضيف هذه المعلومات شيء جديد للطالب وتشجعه علي الاستمرار في تطوير مفاهيمه وتوسيع مداركه في مجال الفيزياء وفروعه المختلفة.

نأمل من الأخوات والأخوة الأساتذة والموجهين في الميدان ألا يبخلوا علينا بأرائهم وملاحظاتهم حول مادة الكتاب حتى نستفيد من ذلك في تطوير كتب الصفيين اللاحقين من المرحلة الثانوية.

والله نسأل أن يوفقنا جميعاً لما فيه خير أمتنا ..

فريق التأليف

المحتويات

الوحدة الأولى : علم الفيزياء والقياسات الفيزيائية

- ١١ - أهمية علم الفيزياء وعلاقته بالعلوم الأخرى
- ١٣ - القياس وأنظمتيه
- ١٥ - أدوات القياس
- ١٨ - الكميات الفيزيائية
- ٣١ - تقويم الوحدة

الوحدة الثانية : الحركة في خط مستقيم

- ٣٤ - الإزاحة
- ٣٥ - السرعة
- ٤٢ - معادلات الحركة في خط مستقيم بعجلة منتظمة
- ٤٤ - السقوط الحر
- ٤٧ - قوانين نيوتن للحركة
- ٥٧ - تقويم الوحدة

الوحدة الثالثة : خواص المواد الصلبة والموائع

- ٦٢ - النظرية الحركية الجزيئية
- ٦٦ - المرونة في الأجسام الصلبة
- ٧٣ - خواص الموائع الساكنة
- ٧٦ - الضغط في السوائل
- ٧٨ - الضغط الجوي
- ٨٢ - تقويم الوحدة

الوحدة الرابعة : الشغل والقدرة والطاقة

- ٨٥ - الشغل
- ٩٣ - القدرة
- ٩٦ - العلاقة بين الشغل والطاقة
- ١٠٢ - مبدأ بقاء الطاقة
- ١٠٨ - الدفع وكمية التحرك والتصادم
- ١١٤ - تقويم الوحدة

الوحدة الخامسة : الكهرباء الساكنة

- ١١٨ - المجال الكهربائي
- ١٢١ - الجهد الكهربائي
- ١٢٦ - السعة الكهربائية والمكثفات
- ١٣١ - طرق توصيل المكثفات في الدوائر الكهربائية
- ١٣٤ - تقويم الوحدة

الوحدة السادسة : التيار الكهربائي

- ١٤٠ - التيار الكهربائي
- ١٤٥ - المقاومة الكهربائية
- ١٤٩ - الأعمدة الكهربائية
- ١٥٤ - تقويم الوحدة

الوحدة السابعة : القياسات الحرارية

- ١٦٢ - تعريف درجة حرارة الجسم
- ١٦٩ - السعة الحرارية للجسم
- ١٧٠ - تفسير انتقال الحرارة في الأوساط المختلفة
- ١٧٣ - تقويم الوحدة

الوحدة الثامنة : أثر الحرارة على الأجسام

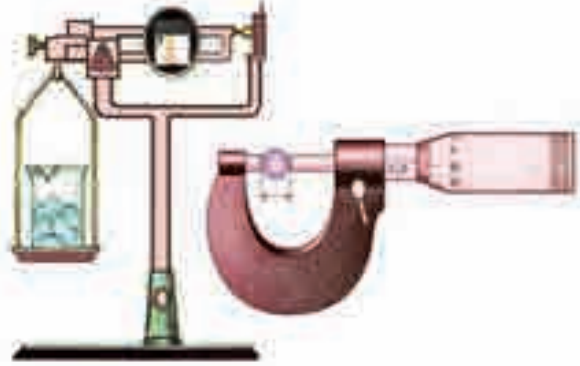
- ١٧٨ - الأجسام تتمدد بالحرارة وتنكمش بالبرودة
- ١٧٩ - التمدد الطولي للأجسام الصلبة
- ١٨١ - التمدد الحجمي للأجسام
- ١٨٥ - التمدد الشاذ للماء
- ١٨٧ - تمدد الغازات
- ١٨٨ - الغاز المثالي
- ١٨٩ - القانون العام للغازات
- ١٩١ - تقويم الوحدة

- ١٩٥ -

ملاحق الكتاب

الوحدة الأولى

علم الفيزياء والقياسات الفيزيائية Physics and Physical Measurements



أهداف الوحدة :

- ١ - توقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :
 - ١ - توضح ماهية علم الفيزياء وطبيعته ومجالاته المختلفة .
 - ٢ - تبين أهمية علم الفيزياء وارتباطه بالعلوم الأخرى والتكنولوجيا .
 - ٣ - تصنف الكميات الفيزيائية الأساسية والمشتقة، والقياسية والمتجهة في ضوء دراسة خصائص كل منها .
 - ٤ - تتعرف على أنظمة القياس المختلفة، والوحدات المستخدمة للقياس .
 - ٥ - تعين بعض الكميات الفيزيائية عملياً باستخدام أدوات القياس المختلفة .
 - ٦ - تقدر جهود العلماء خاصة العرب والمسلمين في تطور علم الفيزياء .

ما هو علم الفيزياء؟

أطلق اسم الفيزياء (physics) على العلم الذي يعنى بدراسة الطبيعة والظواهر الطبيعية المختلفة مثل : البرق، والرعد، والكسوف، والخسوف، وغيرها بعيداً عن الخرافات السائدة، ويفسر حدوثها ويتوقع نتائجها.

قسمت الفيزياء بدايةً إلى خمسة أقسام هي : الميكانيكا، والديناميكا الحرارية، والسمعيات (الصوت)، والضوء، والكهرباء، ومع اكتشاف الذرة ظهرت الفيزياء

الخاصة بالظواهر الجزيئية والذرية، والنووية.

وقد توصل العالم الألماني " ألبرت أينشتاين " إلى أن المادة يمكن تحويلها إلى صور مختلفة من صور الطاقة، وبذلك تكون المادة هي إحدى صور الطاقة.

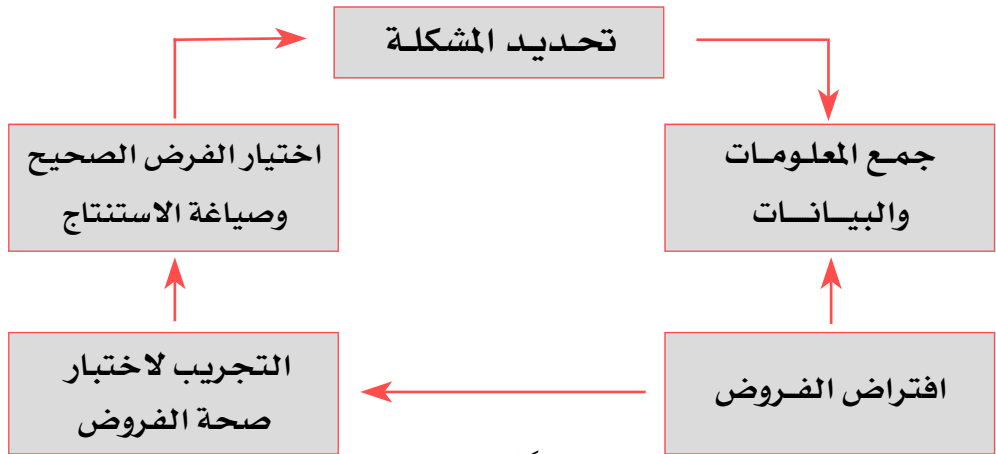
وبدأت بذلك الأعمال والأبحاث التي

● "ألبرت أينشتاين" ولد في ألمانيا عام ١٨٧٩م وتوفي في أمريكا عام ١٩٥٥م نشر أول أعماله حول نظريته الشهيرة في النسبية وحصل على جائزة نوبل في العلوم عام ١٩٢١م.

أدت إلى صنع القنبلة الذرية ثم إلى إنشاء محطات القدرة الذرية، وما نشهده اليوم من التطور العلمي والتكنولوجي يعد نتيجة لتطور علم الفيزياء .

هل علم الفيزياء يعتمد على التفكير المجرد أم هو علم تجريبي؟

أكدت الدراسات والتجارب التي قام بها العديد من العلماء أن البحث العلمي لا يركز على التفكير المنطقي فقط وإنما على التجريب أيضاً ، إذ يجب دراسة الظواهر الطبيعية بطريقتين نظرية وتجريبية ملموسة للوصول إلى استنتاجات مؤكدة في صورة قوانين وقواعد وفق المنهج العلمي أو كما يسميه البعض المنهج التجريبي الذي يتطلب نمطاً من التفكير يسمى الاسلوب العلمي في التفكير والذي يتألف من مجموعة من الخطوات المتسلسلة، كما يوضحها الشكل الآتي :



شكل (١)

وقبل كل الاكتشافات نجد القرآن الكريم قد سبق كل العلوم في هذا المنهج العلمي، فالإنسان مأمور بالنظر والتفكير والتدبر في نفسه وفي الكون من حوله وعندما تتلو القرآن بتدبر سوف تدرك مفاتيح اكتشاف الكون من حولك وأن هذا الكون خاضع لسنن إلهية ثابتة، قال تعالى: ﴿... وَلَنَجْذِلسُنَّهُ اللَّهُ بِدِيلًا ۝٣٣﴾ [الفتح]، وقال تعالى: ﴿وَفِي الْأَرْضِ آيَاتٌ لِلْمُوقِنِينَ ۝١٦ وَفِي أَنْفُسِكُمْ أَفَلَا تُبْصِرُونَ ۝١٧﴾ [الذاريات].

ومن علماء المسلمين الذين أسهموا بجهود مثمرة في مجال تطبيق أسلوب التجريب العلمي والعملي لتطور العلوم:



شكل (٢) البتاني يشرح نظريته في حركة أجرام السماء

١ - الحسن بن الهيثم: (توفي عام ٤٣٠هـ)، يعتبر من الرواد المؤسسين للمنهج التجريبي في العلوم، ومؤسس علم الضوء فقد وضع القوانين الأساسية لانعكاس الضوء وانكساره، وكان كتابه " المناظر " مرجعاً علمياً لعدة قرون .

٢ - ابن عبد الله محمد بن سنان بن جابر الحراني : وقد عرف بالبتاني (٨٥٠م - ٩٢٩م) ويعتد من أعظم فلكي العالم، اشتهر برصد الكواكب

والأجرام السماوية بصفة عامة، وما زالت أعماله محل إعجاب العلماء وتقديرهم حتى يومنا هذا، على الرغم من عدم توفر الآلات الدقيقة المستخدمة اليوم، ومن أشهر مؤلفاته كتاب (الزيج الصابي) الذي يضم أكثر من ستين موضوعاً عن الفلك.

٣ - أبو أحمد محمد عبد السلام: وهو باكستاني نال جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٧٩م لمساهمته في اكتشاف التيارات المتعادلة، ويعد من علماء المسلمين الذين أسهموا في تطور العلوم في العصر الحديث.



■ اشترك مع زملائك في إعداد موضوع عن دور علماء المسلمين في تقدم العلوم.

أهمية علم الفيزياء وعلاقته بالعلوم الأخرى

تعد الفيزياء العلم الأساسي من بين العلوم الطبيعية، إذ لا توجد حدود فاصلة ودقيقة لكل مجال من مجالات العلوم المختلفة.

🔍 فما علاقة علم الفيزياء بالعلوم الأخرى؟

🔍 سوف يتضح لك ذلك مما يلي:

١ - علم الكيمياء : Chemistry

يهتم علم الكيمياء بدراسة تركيب المادة وخواصها وتغيراتها المختلفة الناتجة عن التفاعل بين المواد، أو عند حدوث تغيرات في الطاقة وهي بذلك تستخدم العلاقات والقوانين الفيزيائية خاصة في مجال الفيزياء النووية والحسابات الكيميائية وغير ذلك، ومن هنا تمتزج الفيزياء بالكيمياء.

٢ - علم الأحياء Biology :

علم الفيزياء يعنى بالطاقة وتحولاتها، وبما أن الشمس تعد المصدر الرئيس والطبيعي للطاقة.

﴿﴾ فما علاقة ذلك بكل من النبات والإنسان والحيوان في الحصول على الطاقة اللازمة لكل منهم وقيامه بوظائفه الحيوية ؟

٣ - الجغرافيا الطبيعية Geophysics :

يبحث علم الجغرافيا الطبيعية في مختلف الظواهر الأرضية من وجهة نظر فيزيائية كالزلازل، والبراكين، والفيضانات وغيرها، ومن خلال دراستك لكل من الجغرافيا والفيزياء ابحث موضحاً الفرق بينهما .

٤ - الفلك Space Physics :

يدرس هذا العلم مظاهر الفلك تبعاً لقوانين وقواعد فيزيائية، فالفيزياء تعنى بالمبادئ الأساسية للكون من خلال صياغة العديد من النظريات والقوانين والمعادلات التي تفسر النظام الكوني وأدت إلى تطور هذا العلم، ومن العلماء الذين أسهموا بجهود كبيرة في هذا المجال : البتاني وجاليليو، ونيوتن، وغيرهم .

٥ - الرياضيات Mathematics :

سوف تدرس في هذه الوحدة الكميات الفيزيائية والقياس وسيتم التعبير عنها بالأرقام، إذن أنت تحتاج إلى الرياضيات لبيان العلاقات بين مختلف المتغيرات، فالرياضيات تزود العلوم عامة والفيزياء خاصة بأساليب وأدوات التعبير مثل : التناسب والمعادلات والخطوط البيانية، وهذا يفسر لماذا تكون الرياضيات لغة الفيزياء وبدون الرياضيات يصعب تحليل الظاهرة الفيزيائية سواء نظرياً أو تجريبياً .

٦ - المجالات التطبيقية والتقنية :

إن ما يشهده العالم اليوم من تطور علمي وتقني (تكنولوجيا) يعد في أبسط معانيه تطبيق عملي للمفاهيم العلمية، ويبدو ذلك من خلال الصناعات المختلفة كصناعة الأجهزة الكهربائية والإلكترونية المختلفة، والآلات البسيطة والمركبة اللازمة

لحياة الإنسان من جهة وللقيام بالأبحاث والدراسات الهامة لتطوير علم الفيزياء والعلوم الأخرى من جهة، أخرى.

كما أن ارتياد الفضاء وانتشار الفضائيات والانترنت، وتطور مجالات الطب والهندسة والزراعة، والصناعة وغيرها من مجالات الحياة تعد تطبيقاً لمبادئ وقوانين فيزيائية.

نشاط (٢):

١- اكتب موضوعاً علمياً توضح فيه علاقة علم الفيزياء بالعلوم الأخرى مستعيناً بما درست من تلك العلوم.

٢- قم مع مجموعة من زملائك وبإشراف المدرس بزيارة إلى أحد الأماكن التالية والموجودة في منطقتك:

– الوحدة الصحية. – المستشفى. – المزرعة. – المصنع.

وذلك للتعرف على الأجهزة والمعدات التي كان لعلم الفيزياء دور في اكتشافها وتطورها موضحاً أهمية ذلك للإنسان والمجتمع من خلال:

أ – تقرير مفصل تعدّه مع زملائك ثم قم بنشر ذلك في المجلة العلمية للمدرسة.

ب – تصوير تلك المعدات والأجهزة صوراً فوتوجرافية ثم تعليقها في مجلة الحائط وكتابة الاسم تحت كل منها، ومجال الاستخدام.

القياس وأنظمته

🔖 ما القياس ؟ .. ولماذا نقيس؟

🔖 إن ما يقوم به العلماء من بحوث وتجارب وأعمال لدراسة ظاهرة معينة يتم التعبير عنها بالأرقام لبيان العلاقة بين متغيرات الظاهرة وكيفية التحكم فيها، والقياس هو أسلوب يتم بواسطته التعبير عن صفة لظاهرة فيزيائية برقم معين كنتيجة لمقارنة هذه الصفة بكمية معيارية مشابهة تم التعرف عليها كوحدة اعتبارية للقياس، فمثلاً:

إذا كان لديك صندوق مكعب الشكل فإن ذلك يمثل ظاهرة فيزيائية لأنه يؤثر على الحواس مباشرة، وطول الصندوق وعرضه وارتفاعه وحجمه وكتلته جميعها صفات لهذه الظاهرة، وأنت تقيس هذه الصفات بوحدات معيارية معينة

خصصت لقياسها، أما لماذا نقيس الظواهر الفيزيائية فذلك لتقنينها حتى يسهل علينا ادراكها وتفسيرها والاستفادة منها

أنظمة القياس

قديمًا كان لكل بلد نظاماً معيناً يستخدم فيه وحدات قياس قد يتفق أو يختلف فيها مع بلد آخر، وأدى ذلك إلى صعوبات كثيرة في التعامل خاصة في مجال التجارة. وفي بلادنا استخدمت أنظمة قياس معينة ولا يزال البعض منها يستخدم حتى يومنا هذا ولها مقادير عيارية متعارف عليها ومنها على سبيل المثال :

- **المكاييل** : وتقاس بالقدح، والنفر، والثلث... وغيرها.
- **الأطوال** : وتقاس بالشبر، والذراع، والخطوة... وغيرها.
- **المساحات** : وتقاس باللبنه، والمعاد، والقصبة... وغيرها.
- **الأوزان** : وتقاس بالرطل، والوقية، والقيراط... وغيرها.
- **الأشياء العددية** : وتقاس بالدرزن، والكورجة، الدسته.. وغيرها.
- أما الزمن فقد كان يعتمد تقديره على قياس ظل الشمس، وحركة النجوم، وكان لذلك أهمية خاصة لتحديد مواقيت الصلاة.

نشاط (٣) :

- ١ – قم بزيارة لتاجر القماش، أو تاجر الحبوب، وتعرف على المقاييس المستخدمة لديهم.
- ٢ – اسأل والديك عن وحدات قياس المساحات المستخدمة في بيئتك مثل : مساحات الأراضي السكنية، أو الزراعية.

النظام الدولي للقياس (م . كجم . ث) :

International system for measurment (S I)

ويسمى نظام (متر، كيلوجرام، ثانية $m\ k\ s$) أو النظام المتري وقد اتفق على هذا النظام للقياس في المؤتمر الدولي للأوزان والمقاييس عام ١٩٦٠م كنظام موحد للقياس يسمى النظام الدولي للقياس (SI) وفيه تستخدم وحدات دولية لقياس الكميات

الفيزيائية في المجالين العلمي والعملية وقد عمت عالمياً وذلك للتغلب على الصعوبات التي واجهت الدول بسبب اختلاف أنظمة القياس وسهولة التعامل بين الدول مع بعضها البعض .

وفي هذا النظام يستخدم (المتر) كوحدة عيارية لقياس الأطوال ، والكيلوجرام وحدة عيارية لقياس الكتلة ، والثانية وحدة عيارية لقياس الزمن ، والدرجة المئوية وحدة لقياس درجة الحرارة ، وهنالك أيضاً النظام الفرنسي ، ونظام جاوس للقياس ، وهذان النظامان يتفقان معاً في استخدام مشتقات النظام الدولي للقياس عند قياس الكميات الصغيرة حيث يتخذ السنتيمتر وحدة أساسية لقياس الأطوال ، والجرام وحدة أساسية لقياس الكتلة ، والثانية وحدة أساسية لقياس الزمن ويسمى نظام (سنتيمتر ، جرام ، ثانية) (سم ، جم ، ث) أو (C G S) كذلك يوجد أيضاً النظام الإنجليزي للقياس ويسمى نظام (قدم ، رطل ، ثانية) وفيه يستخدم (القدم) وحدة أساسية لقياس الطول ، (والباوند) أو الرطل لقياس الكتلة و (الثانية) وحدة لقياس الزمن ، و (الفهرنهايت) وحدة لقياس درجة الحرارة .

أدوات القياس



شكل (٣) : الشريط المتري

أدوات قياس الأطوال :

في الشكل (٣) :

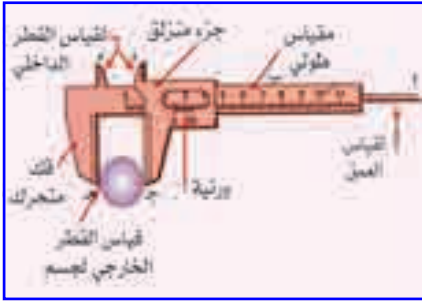
ما هو التدريج المستخدم في كل من المسطرة والشريط المتري ؟ وما مجالات استخدام كل منهما ؟

نشاط (٤) :

باستخدام الشريط المتري : قم بقياس أبعاد صفك ، ثم احسب مساحته .
وتوجد أدوات أخرى تستخدم لقياس الأطوال والأبعاد الفيزيائية الصغيرة جداً للحصول على نتائج أكثر دقة وبسرعة مثل قياس قطر شعرة ، أو طول كائن حي صغير وبوحدات قياس صغيرة مشتقة من المتر ومنها :

١ - المقدمة الورنية المترية :

The Metric vernier Calipers



شكل (٤) : المقدمة الورنية

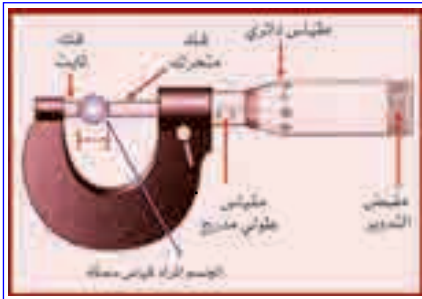
للتعرف على تركيبها انظر الشكل (٤)، وفيها الطرف (أ) يستخدم لقياس العمق، والفكان (ج) لقياس القطر الخارجي، والفكان (د) لقياس القطر الداخلي.

وتعد المقدمة الورنية من أفضل وأدق

الأدوات لقياس سمك جسم، كما أنها تستخدم لقياس القطر الداخلي والخارجي لجسم اسطواني مجوف وقياس عمقه أيضاً وتبلغ دقة القياس لأقرب ٠.١ مم.

٢ - الميكرومتر (المقياس الحلزوني الدقيق) : The Metric Micrometer Screw Gauge

تركيبه : انظر الشكل (٥)، وهو أداة دقيقة جداً وتعطي قراءات لأقرب ٠.٠٠١ مم.



شكل (٥) : الميكرومتر

مم، وتوجد منه أنواع كثيرة منها ما يستخدم في المختبرات والمعامل المدرسية ويبلغ تدريجه من (صفر - ٢٥ مم)، ويستخدم لقياس الأطوال التي تتراوح بين هذا المعدل مثل سمك ورقة كتاب أو قطر سلك.

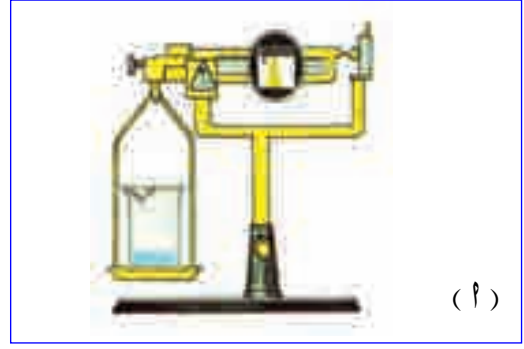
أدوات قياس الكتل :

١ - الميزان الحساس ذو الكفتين : (شكل ٦ أ) :

سبق لك دراسة هذا النوع من الموازين، وهو يعين الكتل الصغيرة جداً مثل كتل المواد الكيميائية في التجارب العملية، والمجوهرات، وغيرها، ويعين القياس إلى أجزاء الجرام (المللي جرام) ويحفظ هذا الميزان في دولاب زجاجي لحساسيته فهو يتأثر بالهواء والغبار ودرجة الحرارة، كما أن القطع التي تستخدم لتعيين الكتل لا تمسك باليد وإنما بواسطة ملقط صغير لضمان دقة القياس.

٢ - الميزان الالكتروني : (شكل ٦ ب) :

وهو أداة حديثة وأكثر دقة للقياس، حيث توضع المادة المراد قياسها على كفة الميزان ثم تظهر القراءة الدالة على مقدار الكتلة على شاشة إلكترونية صغيرة ويستخدم في المعامل المدرسية والمختبرات الطبية ومحلات المجوهرات.



شكل (٦) : مقياس الكتل

أدوات قياس الزمن :

لقد علمت أن الثانية هي الوحدة الأساسية لقياس الزمن ومعروف أن كل (٦٠) ثانية = دقيقة وكل (٦٠) دقيقة = ساعة وكل (٢٤) ساعة = يوماً واحداً .
وفي المختبرات والمعامل العلمية وفي السباقات الرياضية تستخدم أنواع معينة من الساعات تسمى (ساعة إيقاف) (Stop Watch) لقياس أجزاء الثانية، وفي الساعة الرقمية يتم قياس الزمن إلى (٠.٠١) من الثانية، كما تعد الساعة الإلكترونية أدق أنواع الساعات للقياسات الدقيقة، وهناك أنواع منها توجد بها وظيفة ساعة الإيقاف .
📖 ما وحدات قياس الزمن في ساعتك ؟



شكل (٧) : مقياس الزمن

نشاط (٥) :

- قم مع زملائك وبإشراف المدرس بسباق للجري في ساحة المدرسة ثم استخدم ساعة إيقاف لقياس الزمن الذي استغرقه كل منكم لقطع المسافة المحددة للسباق .

جدول يوضح أسماء ورموز وتعريفات الوحدات الأساسية :

اسم الوحدة	الرمز	التعريف
المتر	م (m)	هو المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ خلال فترة زمنية قدرها $(\frac{1}{910 \times 3})$ من الثانية.
الكيلوجرام	كجم (kg)	هو كتلة اسطوانة من سبيكة البلاتين والايридиوم، محفوظة في متحف باريس للأوزان والمقاييس، وتسمى كتلة النموذج الدولي للكيلو جرام.
الثانية	ث (Sec)	هي الفترة الزمنية التي يستغرقها الاشعاع الصادر من مستويات ذرة السيزيوم (١٣٣) لعمل (٩١٩٢٦٣١٧٧٠) دورة.

الكميات الفيزيائية Physical Quantities

تعد أبعاد أي جسم وكتلته صفات فيزيائية تقاس بوحدات قياس معينة للتعبير عنها بأرقام محددة، وهذه الصفة المقاسة تسمى كمية فيزيائية، مثلاً:
التيار الكهربائي : لا يعني كمية فيزيائية ولكن شدة التيار كمية فيزيائية لأنها صفة يمكن قياسها.

كذلك المجال، والضوء وغيرها ليست كميات فيزيائية ولكن شدة المجال، وشدة الضوء، والطول الموجي للون هي كميات فيزيائية لأنها صفات يمكن قياسها.
وهناك نوعان من الكميات الفيزيائية هما :

١ - الكميات الفيزيائية الأساسية : Basic Physical Quantities :

وهي الكميات التي تكون معرفة بذاتها وبما تم الاصطلاح عليه، ولا تعرف بدلالة الكميات الفيزيائية الأخرى مثل : الطول ، الكتلة، والزمن وهناك كميات أساسية أخرى مثل : الشحنة الكهربائية ودرجة الحرارة وغير ذلك والجدول التالي يوضح بعض

الكميات الأساسية ووحدات قياسها في النظام الدولي للقياس .

الكمية الأساسية	رمز الكمية	وحدة القياس في النظام الدولي	
		اسم وحدة القياس	رمز الوحدة
الطول	ل (L)	متر	م (m)
الكتلة	ك (m)	كيلو جرام	كجم (kg)
الزمن	ز (t,T)	ثانية	ث (sec.)
شدة التيار	ت (i,I)	أمبير	A
درجة الحرارة المطلقة		درجة حرارة مطلقة (كلفن)	°K
شدة الاستضاءة		شمعة عيارية (قنديلة) Candel	

٢ - الكميات الفيزيائية المشتقة : Derived Physical Quantities

وهي الكميات التي يتم اشتقاقها من الكميات الأساسية، وتعرف بدلالاتها، مثل: المساحة ، والحجم، التي تشتق من الطول، والسرعة والكثافة والعجلة (التسارع) والقوة، وغير ذلك، وللكميات المشتقة وحدات قياس مشتقة من الوحدات الأساسية :

ولبعض الكميات وحدات قياس أخرى في النظام الدولي اشتقت من المتر، كيلوجرام، ثانية وتنسب أسماء تلك الوحدات إلى العلماء الذين كانت لهم جهود في ذلك المجال من العلم وذلك تقديراً لهم ولسهولة التعامل معها وللاختصار مثل :

- القوة : وتقاس بالنيوتن ، نسبة للعالم الإنجليزي اسحق نيوتن .
- وشدة التيار : وتقاس بالأمبير، نسبة للعالم الفرنسي أمبير .
- والمقاومة : وتقاس بالأوم، نسبة للعالم الألماني أوم .

جدول يوضح بعض الكميات الفيزيائية المشتقة ووحدات قياسها :

الكمية الأساسية	رمز الكمية	وحدة القياس في النظام الدولي	
		اسم وحدة القياس	رمز الوحدة
المساحة	س (A)	المتر المربع	م ²
الحجم	ح (V)	المتر المكعب	م ³
السرعة	ع (v)	المتر / الثانية	م / ث
العجلة	جـ (a)	المتر / الثانية ²	م / ث ²
الكثافة	ث (d)	كيلوجرام / متر مكعب	كجم / م ³
القوة	ق (F)	كيلوجرام . متر / الثانية ² = نيوتن	كجم . م / ث ² = N
الشغل	شغ (w)	نيوتن × متر = جول	J = م × N
الضغط	ض (A)	نيوتن / متر ² (باسكال)	N / م ²
الجهد الكهربائي	جـ (U)	جول / كولوم = فولت	V
المقاومة الكهربائية	م (R)	فولت / أمبير = أوم	Ω
كمية الحرارة	حر (H)	نيوتن . متر = جول	J
الوزن	و (W)	ثقل كيلوجرام، نيوتن	ث كجم , N

ولحساب الكميات المشتقة لابد من معرفة الكميات الأساسية التي اشتقت منها والعلاقات والقوانين التي تعرّف بها تلك الكميات ووحدة قياسها .

● اشتقاق وحدات قياس بعض الكميات الفيزيائية المشتقة بدلالة الكميات الأساسية :

■ أمثلة :

١ - الكثافة : لحساب كثافة مادة ما لابد من معرفة كتلة تلك المادة أو الجسم وحجمها ثم العلاقة التي اشتقت منها الكثافة ووحدة قياسها .

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}} ، \text{ ووحدات الكثافة هي } \frac{\text{وحدة قياس الكتلة}}{\text{وحدة قياس الحجم}} = \text{كجم} / \text{م}^3 .$$

٢ - **المساحة**: تحدد مساحة جسم بحاصل ضرب بعدين مثل مساحة الشكل الرباعي ووحدة قياس المساحة تشتق من وحدات قياس البعدين .

$$\text{المساحة} = \text{الطول} \times \text{العرض}$$

$$\text{وحدة قياس المساحة} = \text{وحدة قياس الطول} \times \text{وحدة قياس العرض}$$

$$= \text{متر} \times \text{متر} = \text{متر}^2 .$$

٣ - **السرعة** = $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$ ، ووحدة السرعة = $\frac{\text{وحدات المسافة}}{\text{وحدة الزمن}} = \frac{\text{م}}{\text{ث}}$.

٤ - **العجلة** = $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$ ، ووحدة العجلة = $\frac{\text{وحدات السرعة}}{\text{وحدة الزمن}} = \frac{\text{م}}{\text{ث}} \times \frac{1}{\text{ث}} = \frac{\text{م}}{\text{ث}^2}$

٥ - **القوة** = الكتلة $\times$ العجلة ، ووحدة القوة = كجم $\times$ م/ث^٢ = كجم . م/ث^٢ = نيوتن .

٦ - **الشغل** = القوة $\times$ المسافة ، ووحدة الشغل = نيوتن . متر .

بالإضافة إلى المتر، فإن الأطوال تقاس بوحدات أقل من المتر مثل الميكرو متر والملي متر وغيرها، كما تقاس بوحدات أكبر مثل : الكيلو متر – الميل – السنة الضوئية . ويعتمد النظام الدولي للقياس على النظام العشري في الأجزاء والمضاعفات مما يسهل التعامل معه كما في الجدول التالي الذي يوضح علاقة المتر ببقية الوحدات المستخدمة في القياس .

أجزاء المتر		مضاعفات المتر	
التسمية	المقدار	التسمية	المقدار
ديسي متر	$\frac{1}{10} = 0.1 = 10^{-1}$	ديكا متر	$10 = 10^1$
سنتي متر	$\frac{1}{100} = 0.01 = 10^{-2}$	هيكโต متر	$100 = 10^2$
ميلي متر	$\frac{1}{1000} = 0.001 = 10^{-3}$	كيلو متر	$1000 = 10^3$
ميكرو متر	$\frac{1}{1000000} = 10^{-6}$	ميغا متر	$1000000 = 10^6$
نانو متر	$= 10^{-9}$	جيجا متر	$1000000000 = 10^9$

● **التأكد من صحة القوانين باستخدام أبعاد الكميات الفيزيائية المشتقة من الوحدات الأساسية:**

■ **مثال:** يستخدم راكب دراجة العلاقات الآتية لمعرفة المسافة التي يقطعها على خط مستقيم بدلالة الزمن :

$$١ - \text{العلاقة الأولى : } \text{ف} = \text{ع. ز} + \frac{١}{٢} \text{ ج ز}^٢.$$

$$٢ - \text{العلاقة الثانية : } \text{ف} = \text{ع. ز} + \frac{١}{٢} \text{ ج ز}.$$

حيث **ف** هي المسافة المقطوعة في زمن قدره **ز** ، أما **ع**، فهي السرعة التي بدأ بها الحركة ، و **ج** مقدار العجلة المنتظمة التي يتحرك بها، تأكد من صحة هذه العلاقات بواسطة معادلة الأبعاد .

● **الحل :**

١ - **العلاقة الأولى :** نكتب معادلة الأبعاد للعلاقة السابقة مهملين الثابت $\frac{١}{٢}$ لعدم وجود أبعاد له :

$$[\text{ل}] = [\text{ز}] \frac{[\text{ل}]}{[\text{ز}]} + [\text{ز}] \frac{[\text{ل}]}{[\text{ز}^٢]}$$

حيث $\frac{[\text{ل}]}{[\text{ز}]}$ بعد السرعة المساوي لمسافة مقسومة على زمن، $\frac{[\text{ل}]}{[\text{ز}^٢]}$ بعد العجلة المساوي لبعد مسافة مقسوم على مربع بعد الزمن، ومن ثم تكون :

$$[\text{ل}] = [\text{ل}] + [\text{ل}] \quad (\text{مجموع أبعاد مسافة هو بعد مسافة})$$

ونلاحظ أن أبعاد الطرف الأيمن تتفق مع أبعاد الطرف الأيسر ولذلك هذه العلاقة صحيحة .

٢ - **العلاقة الثانية :** نكتب معادلة الأبعاد لها :

$$[\text{ل}] = [\text{ز}] \frac{[\text{ل}]}{[\text{ز}]} + [\text{ز}] \frac{[\text{ل}]}{[\text{ز}^٢]}$$

$$\text{فيكون } [\text{ل}] = [\text{ل}] + [\text{ل}] \frac{[\text{ز}]}{[\text{ز}]}$$

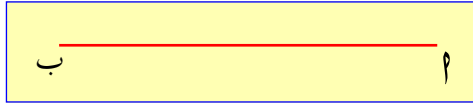
ونلاحظ أن أبعاد الطرف الأيمن لا تساوي أبعاد الطرف الأيسر .

∴ هذه العلاقة غير صحيحة .

الكميات القياسية والكميات المتجهة

Scalar and Vector Quantities

إذا أردت شراء ٣ كيلو موز فإنك ستطلب من البائع مقداراً من الموز كتلته ٣ كجم ولكن هل يكفي ذلك أم أنه يجب تحديد اتجاه هذه الكمية من الموز ؟ فتقول ٣ كيلو موز للشرق أو للغرب، أو شمالاً أو جنوباً وهكذا..



شكل (٨)

الخط المستقيم أب الموضح في الشكل (٨) طوله ٥ سم، قسه بالمسطرة من النقطة (أ) إلى النقطة (ب)، ثم

قسه من (ب) إلى (أ)، وإذا رسمته في دفترك مبتداء من (أ) أو من (ب) هل سيتغير طوله في كل مرة ؟ أم سيبقى كما هو ٥ سم ؟
انظر إلى ساعة يدك واقرأ الزمن المحدد بها، هل يكفي أن تحدد الزمن فقط أم أنه ينبغي عليك تحديد اتجاه ذلك الزمن بحيث تقول مثلاً الساعة التاسعة والنصف شرقاً ؟ .. وضع ذلك .

مما سبق يتضح لك أن: هناك كميات فيزيائية يكفي لوصفها وتحديدتها أن تعرف مقدارها فقط مثل: المسافة، والكتلة، والزمن، ودرجة الحرارة، والحجم، والشحنة، وغيرها، وتعرف هذه الكميات بالكميات العددية أو القياسية (Scalar Quantities) . اذكر كميات قياسية أخرى مما سبق لك ودرست .

اطلب من زميلك أن يحرك كرسيه مسافة متر من موقعه، هل سيتقبل ذلك أم أنه سوف يسألك عن الاتجاه الذي تريد منه أن يحرك كرسيه نحوه ؟

عندما تقول أنك قطعت بدراجتك مسافة (٣٦٠) متر واتجهت جنوباً نحو مدرستك، ما الفرق بين هذه المسافة والمسافة التي يمثلها طول المستقيم أ ب في الشكل (٨) السابق ؟ .. وإذا قلت أنك قطعت بدراجتك تلك المسافة في زمن قدره (١٠ دقائق)، فإنك تستطيع تحديد سرعة دراجتك أيضاً، وستكون:

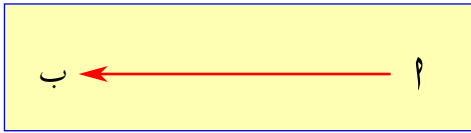
$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} ، \text{ في اتجاه الجنوب} = \frac{٣٦٠}{١٠ \times ٦٠} = ٠,٦ \text{ متر/الثانية واتجاهها جنوباً.}$$

لقد علمت مما سبق أن المسافة هي طول ولها مقدار محدد وتسمى كمية عددية ولكن إذا تحدد اتجاه سير الجسم الذي قطع تلك المسافة عندما غير موقعه فإن ذلك

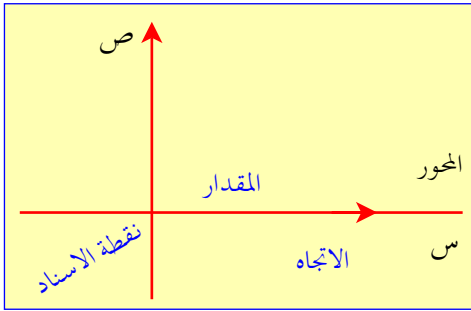
يسمى إزاحة، وتعرف الإزاحة بأنها التغير في موقع الجسم أو المسافة الفعالة التي تحركها الجسم باتجاه الموقع الجديد، كما تبين لك من المثالين السابقين :

$$\text{السرعة} = \frac{\text{الإزاحة}}{\text{الزمن}} \text{ م/ث.}$$

إذن توجد كميات فيزيائية أخرى لا يمكن تحديدها تحديداً كاملاً إلا إذا عرف اتجاهها بالإضافة إلى مقدارها، وتسمى هذه الكميات بالكميات المتجهة (Vector Quantities) مثل : الإزاحة ، السرعة ، والقوة ، والعجلة ، وكمية التحرك ، والمجالات المغناطيسية والكهربائية، وغيرها .



شكل (٩)



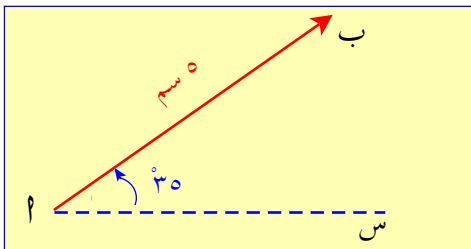
شكل (٩ ب) : عناصر المتجه

المتجهات:

● تمثيل الكميات المتجهة :

تمثل الكمية المتجهة (ب) بسهم مبدؤه (أ) ومنتهاه (ب) ويمثل طوله مع مقدار الكمية المتجهة، واتجاهه يدل على اتجاهها وذلك باستخدام مقياس رسم مناسب كما في الشكل (٩)، وقد اتفق على تسمية هذا السهم اسم "المتجه Vector" ويحدد المتجه بأربعة عناصر هي كما في الشكل (٩ ب) : المقدار، الاتجاه، نقطة الاسناد (التأثير)، المحور، وهو الخط الذي تقع عليه الكمية المتجهة.

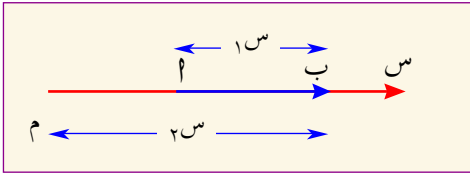
وتكتب الكمية المتجهة جبرياً على صورة حرف يعلوه سهم مثل (أ)، (ب) ويمثل بيانياً على أساس المسافة الواصلة بين نقطة تقع عند نقطة الأصل (٠, ٠).



شكل (١٠)

في الشكل (١٠)، يشير هذا الشكل إلى كمية متجهة مقدارها ٥ سم وتصنع اتجاهها بزاوية مقدارها (٣٥) مع المحور السيني، ونقطة تأثيرها النقطة (أ) وهي نقطة الأصل.

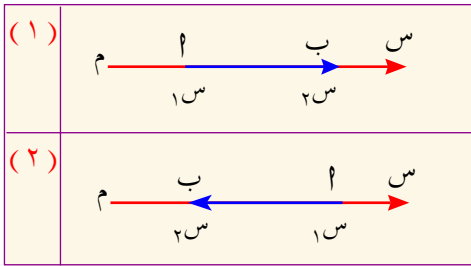
● تحديد طول المتجه :



شكل (١١)

إذا كان المتجه منطبقاً على أحد محوري الاحداثيات (السيني مثلاً)، فيمكن تحديد طوله بالاعتماد على

موقعي بدايته ونهايته، وفي الشكل (١١) طول المتجه $(\vec{1})$ = $\overrightarrow{ب س} = \overrightarrow{م ب} - \overrightarrow{م س}$ ، وحيث أن $(\vec{م ب})$ يمثل إحداثي الرأس = $س_٢$ و $(\vec{م س})$ يمثل إحداثي الذيل $س_١$ فإن: طول المتجه $(\vec{1})$ = $\overrightarrow{ب س} = \text{إحداثي الرأس} - \text{إحداثي الذيل} = س_٢ - س_١$



شكل (١٢)

● تحديد اتجاه المتجه : من الشكل (١٢) :

أولاً : إذا كان المتجه منطبقاً على أحد محوري الإحداثيات (السيني مثلاً) فإنه :

- ١ - يكون باتجاه المحور، ويكون: $(\vec{1})$ موجباً لأن $(س_٢ > س_١)$ كما في (١).
- ٢ - يكون بعكس اتجاه المحور ويكون

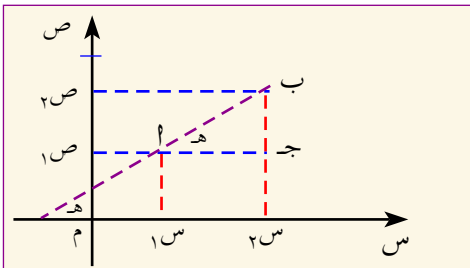
طول المتجه $(\vec{1})$ سالباً لأن $(س_١ > س_٢)$ كما في (٢).

■ **مثال :** حدد طول واتجاه متجه ينطبق على محور الاحداثيات السيني علماً بأن إحداثي ذيل المتجه $س_١ = ١٤$ ، وإحداثي الرأس $س_٢ = ٦$.

● **الحل :** طول المتجه $(\vec{1})$ = $س_٢ - س_١ = ٦ - ١٤ = -٨$ المتجه يكون بعكس اتجاه المحور لأن طوله سالب.

ثانياً : إذا كان المتجه في مستوى المحورين الاحداثيين :

ولكنه لا ينطبق على أي منهما، فإن اتجاهه يتحدد بزاوية محصورة بينه وبين الاتجاه الموجب للمحور السيني كما يتضح من الشكل (١٣)، ويحدد اتجاهه بمقدار ظل الزاوية التي يصنعها المتجه مع الاتجاه الموجب للمحور السيني .

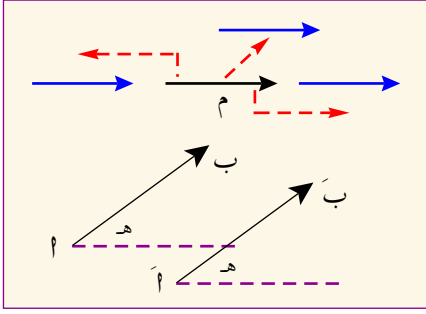


شكل (١٣)

$$\text{ظا هـ} = \frac{\text{ب ج}}{\text{ا ج}} = \frac{\text{ص}_٢ - \text{ص}_١}{\text{س}_٢ - \text{س}_١}$$

● نقل المتجهات :

انظر الشكل (١٤) .



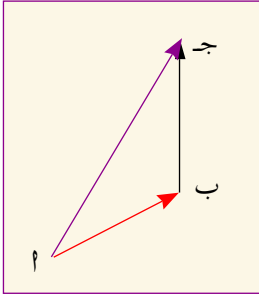
شكل (١٤) يمكن نقل المتجه مع الاحتفاظ بطوله واتجاهه

ما الذي يحدث إذا نقل المتجه $\vec{م}$ إلى مواقع مختلفة؟ أو نقل المتجه $\vec{ا}$ إلى موقع آخر؟
يمكن نقل المتجه من مكان لآخر بشرط المحافظة على مقداره واتجاهه، وهذه من الخواص الهندسية للمتجه .

● جمع المتجهات :

عرفت سابقاً الفرق بين الكميات العددية والكميات المتجهة، كما سبق لك ودرست في مادة الرياضيات المعادلات الجبرية، وطريقة الجمع العددي، وفيما يلي سوف نتناول جمع المتجهات، والمعادلات المتجهة وللتعرف على قاعدة جمع المتجهات فسوف نأخذ الإزاحة كأبسط مثال على ذلك (تذكر الفرق بين المسافة والإزاحة) .

بملاحظة الشكل (١٥) :

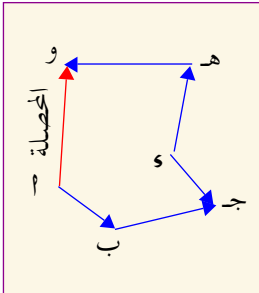


شكل (١٥)

عندما يقوم جسم بازاحتين متتاليتين إذا انتقل هذا الجسم من النقطة (١) إلى النقطة (ب)، ثم إلى النقطة (ج) مثلاً فإن :

الإزاحة الكلية تمثل بالمتجهة (ج)، والإزاحتان المتتاليتان تمثلان بالمتجهين (ا) و (ب)، ويسمى المتجه (ج) الذي يمثل حاصل جمع المتجهين (ا) و (ب)، (ب ج) بالإزاحة الكلية أو المحصلة .

$$\vec{ا} + \vec{ب} = \vec{ج}$$



شكل (١٦)

وبصورة عامة يمكن القول أنه عندما نجمع الإزاحات المتتالية التي يقوم بها الجسم المتحرك فإننا نرسم المتجهات التي تمثل هذه الإزاحات بنفس الترتيب الذي تمت به، وبحيث يبدأ المتجه التالي من حيث انتهى المتجه السابق، أي بحيث تتصل المتجهات رأساً بذيل فتكون كما في

الشكل (١٦)، الإزاحة الكلية (المحصلة) ممثلة بالمتجه ($\vec{p}$) الذي يبدأ من ذيل المتجهة الأول ($\vec{p}$) وينتهي عند رأس المتجه الأخير ($\vec{h}$).

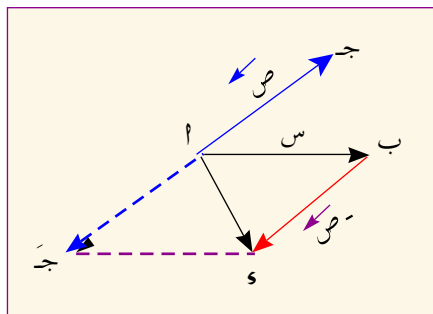
• طرح المتجهات :

إن عملية الطرح هي حالة خاصة من عملية الجمع فإذا كان المتجه ($\vec{h}$) يمثل حاصل طرح المتجهين ($\vec{p}$)، ($\vec{p}$ - $\vec{h}$) فإن :

$$\vec{h} = \vec{s} - \vec{p} \quad \text{أو} \quad \vec{h} = \vec{p} + (-\vec{p})$$

حيث المتجه ($-\vec{p}$) هو عكس المتجه ($\vec{p}$)

حاصل الطرح ($\vec{p} - \vec{h}$) هو نفسه حاصل الجمع (المحصلة) للمتجهين ($\vec{p}$) و ($-\vec{h}$)



شكل (١٧)

■ **مثال :** في الشكل (١٧) المقابل إذا كان

($\vec{p}$) يمثل المتجه ($\vec{s}$)، ($\vec{p}$ - $\vec{h}$) تمثل المتجه ($\vec{h}$)، لايجاد المحصلة :

١ - نرسم المتجه ($-\vec{p}$) يساوي المتجه ($\vec{h}$) وبوازيه ولكن يعاكسه في الاتجاه، ويمثل المتجه ($-\vec{h}$).

٢ - نوجد محصلة ($\vec{p}$)، ($-\vec{h}$) :

$$\vec{h} = \vec{p} + (-\vec{h}) = \vec{p} + \vec{s} \quad \text{أو} \quad \vec{h} = \vec{s} + \vec{p}$$

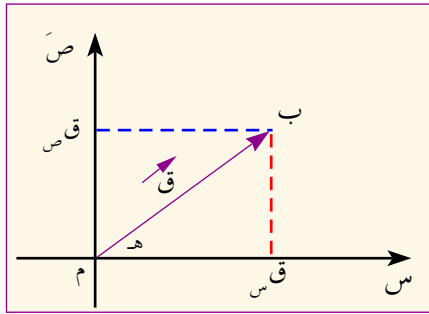
تحليل المتجهات :

إن عملية تحليل متجه تعني إيجاد مركبتين متعامدتين بحيث توجد متجهين متعامدين لهما نفس تأثير المتجه المراد تحليله ولنأخذ مثلاً على ذلك القوة ككمية متجهة.

• تحليل القوة :

لتحليل القوة (المتجهة) إلى مركبتيها على المحورين (s, v) نجعل مبدؤها منطبق على نقطة الأصل (m) في نظام الاحداثيات المتعامدة (s, v) فالقطعة المستقيمة (m, b) تمثل مقدار القوة (q) واتجاهها يتعين بالزاوية (h) كما في الشكل (١٨) :

قس، قص ترمزان إلى مركبتي القوة (q) على المحورين s, v على الترتيب،



شكل (١٨)

ومن دراستك للرياضيات أوجد جتاها ، جاه
بدلالة (ق ، ق_س ، ق_ص) .

$$\frac{ق_{ص}}{ق} = \text{جتاه}$$

$$\text{إذن } ق_{س} = ق \text{ جتاها} \dots\dots (١)$$

$$\frac{ق_{ص}}{ق} = \text{جاه}$$

$$ق_{ص} = ق \text{ جاه} \dots\dots (٢)$$

فإذا علمنا مقدار قوة (ق) واتجاهها (وهو الزاوية التي تصنعها مع الاتجاه الموجب للمحور س) فإنه يمكن إيجاد مركبتها علي المحورين (س ، ص) .

والعكس إذا استطعنا معرفة مركبتي قوة (ق_س ، ق_ص) على المحورين (س ، ص) فإنه يمكن إيجاد مقدار القوة واتجاهها ، وذلك من العلاقتين :

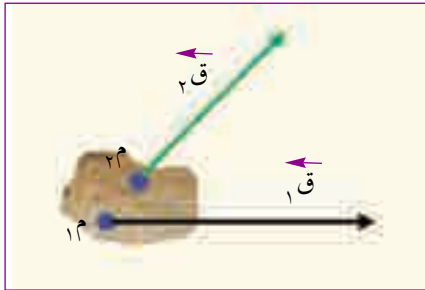
$$ق = \sqrt{ق_{س}^2 + ق_{ص}^2} \text{ المقدار} \dots\dots (٣)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{ق_{ص}}{ق_{س}}\right) \text{ الاتجاه} \dots\dots (٤)$$

● جمع وطرح القوى :

هناك طريقتان لجمع أو طرح القوى بطريقة جمع المتجهات وطرحها وهما الطريقة

البيانية، والطريقة التحليلية :



شكل (١٩)

١ - الطريقة البيانية : نفرض أن لدينا

متجهين القوة (ق_١ ، ق_٢) تؤثران في

جسم صلب في النقطتين م_١ ، م_٢ على

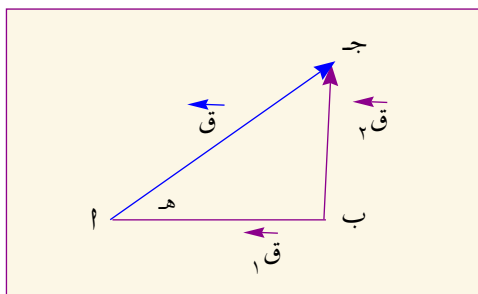
الترتيب كما في الشكل (١٩) ، اتجاه

(ق_١) في اتجاه المحور السيني ، واتجاه

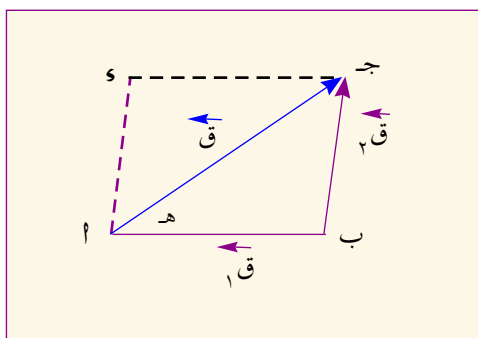
(ق_٢) يصنع زاوية مع المحور (س) ، لإيجاد محصلتهما نرسم من نقطة اختيارية

في الفراغ ولتكن (١) القوة ق_١ قيمتها ممثلة بالطول م ب وذلك بأخذ مقياس رسم

مناسب بحيث ينطبق مبدأها على النقطة (١) ومن نهايتها نرسم القوة (ق_٢)



شكل (٢٠)



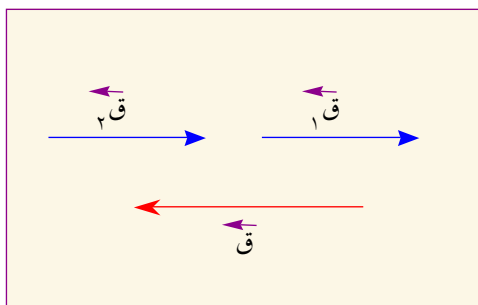
شكل (٢١)

بحيث ينطبق مبدأها (ب) على نهاية القوة $ق_١$ وتكون محصلة القوتين $ق$ ممثلة بالضلع الذي يطلق المثلث $ب ج هـ$ مقدارها يساوي طول الضلع $ق$ ج، واتجاهها هو الزاوية التي يصنعها $ق$ جمع الاتجاه الأفقي (الاتجاه الموجب للمحور س) كما في الشكل (٢٠)، وهناك طريقة أخرى لإيجاد المحصلة بالرسم وذلك بعد رسم كل من $ق_١$ ، $ق_٢$ نكمل متوازي الأضلاع بخط منقط كما في الشكل (٢١) ويكون قطره هو المحصلة وتكتب:

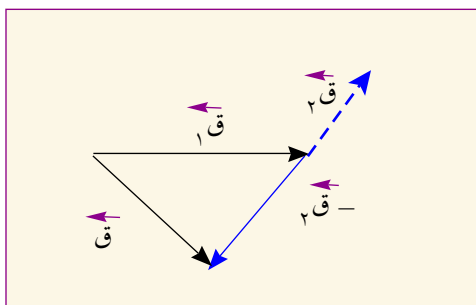
$$ق = ق_١ + ق_٢$$

وفي حالة طرح القوتين $ق_١$ ، $ق_٢$ كما في الشكل (٢٢) فإنه يتم التحويل إلى عملية جمع، وذلك بجمع $ق_١$ مع سالب $ق_٢$ ($ق_٢ -$)، إذن $ق = ق_١ + (ق_٢ -)$.. $ق = ق_١ - ق_٢$

● حالة خاصة: إذا كانت القوى متوازية فيصبح جمعها كجمع الأعداد الجبرية كما في شكل (٢٣).



شكل (٢٣)

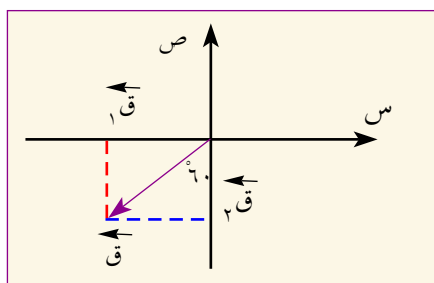


شكل (٢٢)

٢ - الطريقة التحليلية: تقوم هذه الطريقة على تحليل القوى إلى مركباتها على المحاور والاحداثيات (س، ص) ثم جمع هذه المركبات جمعاً جبرياً علي كل محور ثم تطبق العلاقة : $Q = Q_1 \cos 30^\circ + Q_2 \cos 40^\circ$

$$\frac{Q_{\text{ص}}}{Q_{\text{س}}} = \text{ظاهر}$$

■ مثال ١: من الشكل المقابل احسب المركبتين السينية والصادية لقوة مقدارها (٤٠) نيوتن وتميل بزاوية مقدارها (٣٠) مع المحور السيني، علماً بأن $\sqrt{3} \approx 1.7$



شكل (٢٤)

● الحل: $Q_1 = Q \cos 30^\circ = 30$ جتا

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = 30 \text{ جتا}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} \times 40 =$$

$$= 34.64 \text{ نيوتن}$$

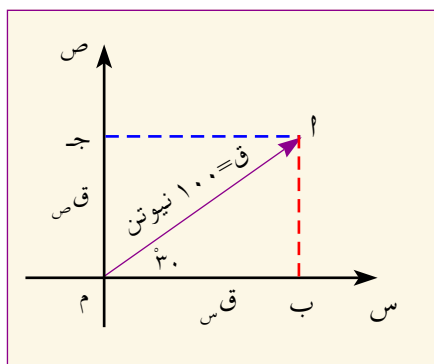
$$Q_2 = Q \sin 30^\circ = 20 \text{ جتا } 30^\circ = \frac{1}{2} = 30$$

$$= 20 \text{ نيوتن}$$

■ مثال ٢: قوة مقدارها (١٠٠) نيوتن تؤثر على جسم مادي باتجاه يصنع زاوية مقدارها (٣٠) مع الأفق.

● الحل: استخدام مقياس رسم مناسب، مثل القوة (١٠٠) نيوتن بقطعة مستقيمة باتجاه يعمل زاوية (٣٠) مع المحور السيني، ثم أكمل المستطيل ب م ج كما في

الشكل (٢٥).



شكل (٢٥)

$$Q_1 = Q \cos 30^\circ = 86.6 \text{ نيوتن}$$

$$Q_2 = Q \sin 30^\circ = 50 \text{ نيوتن}$$

$$\frac{\sqrt{3}}{2} = 86.6 \text{ نيوتن}$$

$$= 86.6 \text{ نيوتن}$$

$$= 86.6 \text{ نيوتن}$$

$$Q_2 = Q \sin 30^\circ = 50 \text{ نيوتن}$$

$$= 50 \text{ نيوتن}$$

تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية :

س ١ : ضع إشارة (✓) أو (X) أمام العبارة المناسبة مما يلي :

- أ - يهتم علم الفيزياء بدراسة المادة والطاقة وتحولاتها. ()
ب - يعتمد المنهج التجريبي على الجانب النظري فقط لدراسة الظاهرة الطبيعية. ()
ج - الخورازمي من علماء المسلمين الذين اهتموا بدراسة قوانين الضوء. ()
د - تمثل الكمية الفيزيائية المتجهة بسهم ذيله يمثل قيمة المتجه ورأسه يمثل اتجاهه. ()

س ٢ : صنف الكميات الفيزيائية التالية إلى قياسية ومتجهة :

- (المسافة - الإزاحة - الوزن - القوة - الشغل - الكثافة - السرعة - الكتلة - الحجم - المساحة - الزمن - درجة الحرارة - الطاقة) .

س ٣ : أكمل العبارات التالية بما يناسبها :

- أ - يمكن نقل المتجهة من مكانة إلى مكان آخر دون أن تتغير قيمته بشرط المحافظة على و
ب - الكثافة كمية مشتقة من كميتين أساسيتين هما و
ج - وحدة قياس القوة في النظام الدولي تسمى
د - المتر المربع هو وحدة قياس ، بينما المتر المكعب هو وحدة قياس
هـ - يحدد المتجهة ب عناصر هي : و و و

س ٤ : أ - اذكر أسماء ثلاثة من علماء المسلمين الذين اسهموا في مجال تطور العلوم مع توضيح أهم انجازاتهم ودورهم في هذا المجال .

ب - اكتب بحثاً توضح فيه دور علم الفيزياء في مجال التقدم العلمي والتكنولوجي في عصرنا الحاضر مع تحديد مجالاً معيناً لبحثك .
ج - اذكر وحدة لقياس الأطوال، ووحدة لقياس المساحات، ووحدة لقياس الكتلة كانت تستخدم قديماً في بيئتك، ثم اذكر ما يقابلها في النظام الدولي (م. كجم. ث) .

س ٥: أ - إذا علمت أن القوة = الكتلة في العجلة، فما هي وحدة قياس القوة؟

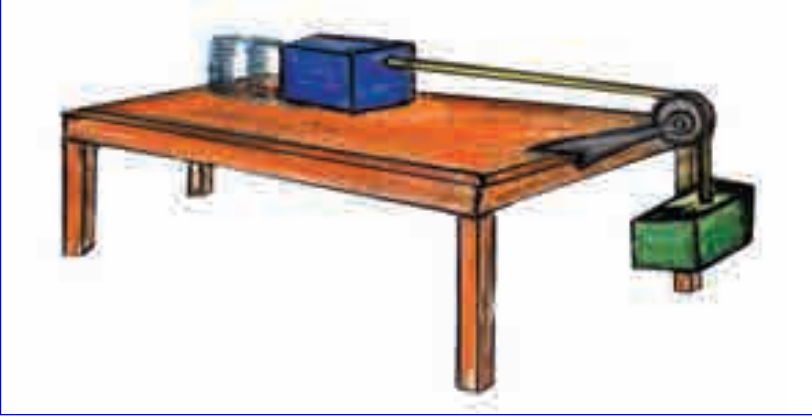
ب - ماهي وحدة قياس الكثافة، إذا علمت أن الكثافة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$

ج - احسب المركبتين السينية والصادية لقوة مقدارها (٢٠) نيوتن وتميل بزاوية مقدارها (٣٠) مع المحور السيني موضحاً إجابتك بالرسم .

الوحدة الثانية

الحركة في خط مستقيم

Rectilinear Motion

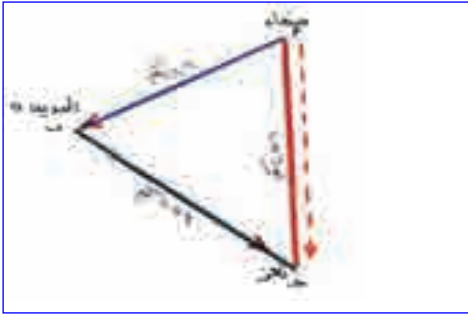


أهداف الوحدة :

- ١ - تميّز بين الإزاحة والمسافة وكذلك بين السرعة المتوسطة والسرعة اللحظية .
- ٢ - تعرف كل من الإزاحة والسرعة المتوسطة والعجلة المنتظمة ومفهوم القوة، ومعامل الاحتكاك ، وعجلة السقوط الحر، والقصور الذاتي .
- ٣ - تستخدم الرسم البياني في تمثيل العلاقة بين الموضع والزمن وكذلك بين السرعة والزمن .
- ٤ - تذكر معادلات الحركة في خط مستقيم .
- ٥ - تستخدم معادلات الحركة وقوانين نيوتن للحركة في حل مختلف مسائل هذه الوحدة .

الإزاحة

Displacement



شكل (١)

إذا تحركت سيارة في رحلة تبدأ من صنعاء إلى الحديدة قاطعة مسافة قدرها ٢٢٦ كم ومن ثم واصلت الرحلة من الحديدة إلى تعز فقطعت فيها مسافة مقدارها ٢٥٦ كم ومثلنا تلك المسافات

المقطوعة برسم رمزي رمزنا فيه لمواضع المدن، صنعاء، الحديدة وتعز بالحروف أ، ب، ج، على الترتيب كما هو مبين في الشكل (١)، فإن بعد السيارة في نهاية الرحلة عن صنعاء يسمى بالإزاحة النهائية للسيارة عن موضع الانطلاق وهي المسافة بين صنعاء وتعز وتساوي ٢٥٦ كم في الاتجاه من أ إلى ج. ونعبر عنها بالمتجه $\vec{AJ}$ وهو محصلة مجموع الإزاحتين $\vec{AB}$ و $\vec{BJ}$ التي نكتب على النحو التالي: $\vec{AJ} = \vec{AB} + \vec{BJ}$. وواضح إن القيمة العددية للمحصلة لا تساوي القيمة العددية لمجموع الإزاحتين لأن الإزاحة كمية متجهة لها قيمة واتجاه فهي تجمع كجمع المتجهات، أما المسافة الكلية المقطوعة خلال الرحلة فهي تساوي مجموع المسافتين صنعاء / الحديدة + الحديدة / تعز وتساوي ٢٢٦ كم + ٢٥٦ كم = ٤٨٢ كم.

في حالة انطلاق سيارة في خط مستقيم غرباً من موضع (أ) إلى موضع (ب) قاطعة مسافة مقدارها ٩٠ متراً ثم التحرك من الموضع (ب) إلى الموضع (ج) مسافة مقدارها ٣٠ متراً في نفس الاتجاه كما هو مبين في الشكل (٢)، فإن محصلة الإزاحتين $\vec{AB}$ ، $\vec{BJ}$ تكون: $\vec{AJ} = \vec{AB} + \vec{BJ}$ وتساوي عددياً ٩٠ + ٣٠ = ١٢٠ متراً غرباً وواضح إن اتجاه المحصلة هو الاتجاه المشترك للإزاحتين من (أ) إلى (ج).



شكل (٢)

أما المسافة الكلية المقطوعة فتساوي مجموع المسافتين وهي ٩٠ + ٣٠ = ١٢٠ متراً، وهي نفس القيمة العددية لمحصلة الإزاحتين، إذن إذا كانت الأزاحات على خط مستقيم وفي اتجاه واحد.

في هذه الحالة تكون قيمة المسافة هي نفسها قيمة الإزاحة أي إن المسافة هي القيمة العددية للإزاحة، أما إذا تحركت السيارة عائداً في الاتجاه المضاد إلى الموضع (ب) أي في اتجاه الشرق كما هو موضح في الشكل (٣)، فإن محصلة الإزاحتين تكون:



شكل (٣)

$$\begin{aligned} & \vec{AB} + (\vec{B} - \vec{A}) \\ & \vec{AB} - \vec{AB} = \vec{0} \end{aligned}$$

وقيمتها العددية هي الفرق بين المسافتين أي : $60 = 90 - 30$ متراً غرباً وفي اتجاه الإزاحة الكبرى.

أما المسافة الكلية المقطوعة فهي

نفسها كما في الحالة الثانية وتساوي مجموع المسافتين أي : $120 = 90 + 30$ متر. هذا يدل إن المسافة الكلية هي كمية قياسية لا تتغير قيمتها بتغير اتجاه احداها وإنما تتغير بتغير قيمة إحداها، بينما الإزاحة الكلية فهي كمية متجهة تتغير قيمتها بتغير اتجاه أو قيمة إحدى الإزاحات.

السرعة

Velocity

تعد السرعة إحدى الركائز الأساسية لدراسة حركة جسيم مادي (نقطة مادية) وتصنف إلى عدة مفاهيم تتضمن: السرعة المنتظمة، السرعة المتوسطة والسرعة اللحظية. وتعرف السرعة بأنها: مقدار المسافة في اتجاه معين التي قطعها جسم متحرك بالنسبة للزمن الذي تم فيه قطع هذه المسافة، أي:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة المقطوعة في اتجاه معين}}{\text{الزمن الذي تم فيه قطع هذه المسافة}} \quad \dots\dots\dots (١)$$

وهي تساوي المسافة المقطوعة في وحدة الزمن، فإذا قيست المسافة بالمتراً (م) أو الكيلومتر (كم) والزمن بالثانية (ث) أو الساعة فإن وحدة قياس السرعة هي (متر / ث) أو (كم / ساعة).

السرعة كمية متجهة تتعين بقيمتها العددية (Speed) والاتجاه، فلو قلنا مثلاً إن طائرة تطير فوقنا بسرعة قيمتها ٥٠٠ متر / ث فهذا لا يعطي معلومة كاملة عن سرعة

الطائرة ما لم نذكر في أي اتجاه تتجه هذه الطائرة .
 إذا رمزنا لمتجهة السرعة بالرمز (ع) ومقدار المسافة المقطوعة في اتجاه معين
 (الإزاحة) بالرمز ف والزمن الذي تم خلاله قطع هذه المسافة بالرمز ز فإن العلاقة (١)
 يمكن كتابتها على النحو : $\frac{ف}{ز} = ع$ (٢)

السرعات المنتظمة والمتوسطة Uniform and Average Velocities

إذا قطعت سيارة مسافة (٤٠) كم في زمن مقداره ساعة، فإننا نقول إن السيارة
 تسير بسرعة (٤٠) كم / ساعة، وإذا استمرت في قطع (٤٠) كم في كل ساعة لمدة
 معينة قلنا إن السيارة تسير بسرعة ثابتة أو منتظمة .

ولكن تبدأ عادة السيارة حركتها من السكون بسرعة صغيرة ثم تزداد تدريجياً
 حتى تصل إلى قيمتها العظمى وقد تستمر في السير لفترة معينة بهذه السرعة، وقد
 تقل عند اقترابها من حاجز ثم تزداد ثانية وهكذا فلو أننا نظرنا إلى مؤشر عداد السيارة
 فسنلاحظه في تغير مستمر، ففي مثل هذه الحالة من عدم انتظام السرعة، نحسب
 السرعة المتوسطة التي نرمز لها بالرمز (ع_م) وتعرف عددياً بأنها النسبة بين المسافات
 الكلية المقطوعة والأزمنة التي قطعت خلالها هذه المسافات أي :

$$ع_{م} = \frac{\text{المسافات الكلية المقطوعة}}{\text{الزمن الذي خلاله قطعت هذه المسافات}} = \frac{ف}{ز} \quad \dots\dots (٣)$$

تعد السرعة المتوسطة كمية فيزيائية قياسية، .. علل ذلك .

السرعة اللحظية Instantaneous Velocity

إذا نظرنا إلى مؤشر عداد سيارة فإننا نلاحظ عادة بأنه في تغير مستمر وهذا يعني
 إن سرعتها تتغير زيادة أو نقصان بين لحظة وأخرى وتسمى سرعة السيارة عند لحظة
 معينة بالسرعة اللحظية .

■ **مثال ١:** قطعت سيارة المسافة بين صنعاء والحديدة، التي تقدر بحوالي ٢٢٤ كم خلال ٤ ساعات، أحسب سرعتها المتوسطة.

● **الحل:** ع م = $\frac{٢٢٤ \text{ (كم)}}{٤ \text{ (ساعة)}} = ٥٦ \text{ كم / ساعة}.$

وهذا لا يعني إن السيارة قد قطعت كل المسافة بسرعة ثابتة مقدارها ٥٦ كم / ساعة، بل في كل فترة زمنية تكون لها سرعة معينة تسمى "السرعة اللحظية" يمكن للسائق أن يلاحظها في كل لحظة من مؤشر العداد فقد تزيد أو تنقص عن هذه القيمة ولا يتحتم حتى أن تكون السيارة قد سارت بهذه السرعة في أي وقت أثناء رحلتها من صنعاء إلى الحديدة.

■ **مثال ٢:** سيارة استغرقت رحلتها ٤ ساعات وكانت سرعتها خلال الساعة الأولى ١٠٠ كم / ساعة وخلال الساعتين الثانية والثالثة كانت سرعتها ٨٠ كم / ساعة وفي الساعة الرابعة كانت تسير بسرعة ٤٠ كم / ساعة، أحسب السرعة المتوسطة للسيارة.

● **الحل:**

– المسافة التي قطعتها السيارة خلال الساعة الأولى (ف_١) = ع_١ × ز_١

ف_١ = ١٠٠ كم / ساعة × ١ ساعة = ١٠٠ كم.

– المسافة التي قطعتها خلال الساعتين الثانية والثالثة (ف_٢) = ع_٢ × ز_٢

ف_٢ = ٨٠ كم / ساعة × ٢ ساعة = ١٦٠ كم.

– المسافة المقطوعة في الساعة الرابعة ف_٣ = ع_٣ × ١ ساعة = ٤٠ كم.

– السرعة المتوسطة (ع م) = $\frac{ف_١ + ف_٢ + ف_٣}{ز_١ + ز_٢ + ز_٣}$

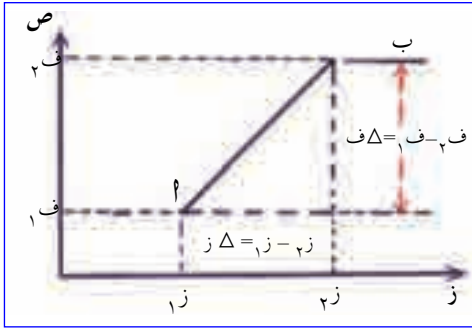
= $\frac{٣٠٠}{٤} = \frac{٤٠ + ١٦٠ + ١٠٠}{(١ + ٢ + ١) \text{ ساعة}} = ٧٥ \text{ كم / ساعة}$

حساب السرعة اللحظية من منحني السرعة - الزمن :

يمكن تمثيل حركة جسم على خط مستقيم بيانياً كالحركة على المحور الصادي (ص) بدلالة الزمن (ز) الذي نعتبر محوره منطبق على المحور السيني كما هو مبين في الشكل (٤) في التمثيل البياني كان الجسم المتحرك في الموضع (ف_١) في اللحظة (ز_١) ووصل إلى الموضع (ف_٢) في اللحظة (ز_٢)، فالسرعة اللحظية (ع لحظية) خلال الفترة الزمنية الفاصلة بين اللحظتين (ز_١) و (ز_٢) تساوي :

$$ع \text{ لحظية} = \frac{\Delta f}{\Delta z} = \frac{f_2 - f_1}{z_2 - z_1}$$

حيث (ف) هو مقدار التغير في الازاحة (Δ ز) هو الفاصل الزمني الذي



شكل (٤)

حدث فيه هذا التغير في الازاحة) .

وواضح إن السرعة المتوسطة تساوي ظل الزاوية التي يصنعها الوتر (ب أ) مع محور الزمن الذي يسمى ميل الوتر في منحني الازاحة - الزمن الموضح بالشكل (٤) .

العجلة المنتظمة

Constant Acceleration

إذا تغيرت سرعة جسم متحرك زيادة أو نقصان قلنا إن حركة الجسم متعجلة تصور إن جسماً يتحرك من السكون ويزيد من سرعته بمقدار ٢ م/ث في كل ثانية، فبعد ثانية من بدء حركته تكون سرعته تساوى ٢ م/ث وبعد ثانيتين تصبح سرعته ٤ م/ث وبعد ثلاث ثوان تصل سرعته إلى ٦ م/ث وهكذا... ففي هذه الحالة توصف حركة الجسم بأنها ذات عجلة ثابتة أو منتظمة لأن الزيادة في السرعة كانت تحدث بشكل منتظم وهو ٢ م/ث، وقد يكون التغير في السرعة بالنقصان، فلو أرادت مثلاً سيارة متحركة أن تقف فلا بد أن تبدأ سرعتها بالنقصان التدريجي أي بالتباطؤ حتى تقف ويسمى التباطؤ بالعجلة السالبة أو بالعجلة التناقصية (Deceleration) ففي

تناقص السرعة تكون إشارة العجلة سالبة وفي تزايدها تكون إشارتها موجبة وهي كمية متجهة نرمز لها بالرمز $\overleftarrow{ج}$.

وبناءً على ذلك يمكن تعريف العجلة في اتجاه معين بأنها مقدار التغير في السرعة في ذلك الاتجاه $\overleftarrow{ج}$ بالنسبة للزمن (ز) ونعبر عنها رياضياً بالعلاقة :

$$\overleftarrow{ج} = \frac{\Delta \overleftarrow{ع}}{ز} = \frac{ع - ع.}{ز(ث)} = \frac{م/ث}{ث} = م/ث^2 \quad \dots\dots (٤)$$

حيث $\overleftarrow{ع}$ هي سرعة الجسم الابتدائية و $\overleftarrow{ع}$ سرعته النهائية خلال الفترة الزمنية (ز) وتعتبر (م/ث^٢) هي وحدة قياس العجلة.

■ **مثال ٣:** تتحرك سيارة في خط مستقيم بعجلة منتظمة فإذا تغيرت سرعتها من ٣٦ كم/ساعة إلى ٩٠ كم/ساعة خلال فترة زمنية مقدارها ٢٠ ثانية، احسب العجلة التي تتحرك بها السيارة مقدرة بوحدة م/ث^٢، واذكر نوع العجلة.

● **الحل :**

$$- \text{السرعة الابتدائية للسيارة : } ع. = \frac{٣٦ \text{ (كم)}}{\text{ساعة}}$$

$$= \frac{١٠٠٠ \times ٣٦ \text{ (م)}}{٦٠ \times ٦٠ \text{ (ث)}} = ١٠ \text{ (م/ث)}$$

$$- \text{السرعة النهائية للسيارة : } ع = \frac{٩٠ \text{ (كم)}}{\text{ساعة}}$$

$$= \frac{١٠٠٠ \times ٩٠ \text{ (م)}}{٦٠ \times ٦٠ \text{ (ث)}} = ٢٥ \text{ (م/ث)}$$

$$- \text{العجلة التي تتحرك بها السيارة } ج = \frac{ع - ع.}{ز}$$

$$= \frac{(١٠ - ٢٥) \text{ (م/ث)}}{٢٠ \text{ (ث)}} = -٠,٧٥ \text{ م/ث}^2$$

● بما أن إشارة العجلة موجبة، فالسيارة كانت تتحرك بعجلة تزايدية.

■ **مثال ٤:** يتحرك قطار بسرعة منتظمة مقدارها ١٠٨ كم/ساعة وأراد سائقه إيقافه فتوقف بعد ١٥ ثانية من لحظة ضغط السائق على الفرامل، احسب عجلة القطار أثناء تباطئه حتى توقف، واذكر نوع العجلة.

● **الحل :** سرعة القطار الابتدائية ع. = $\frac{١٠٨ \text{ (كم)}}{\text{ساعة}}$

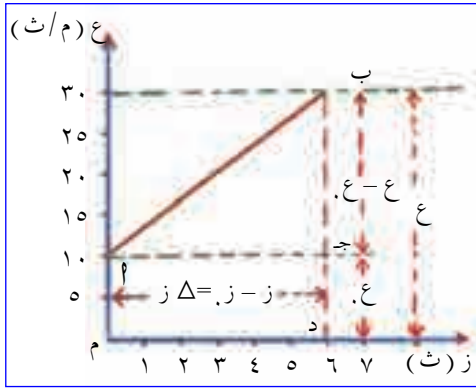
$$= \frac{١٠٨ \times ١٠٠٠ \text{ (م)}}{٦٠ \times ٦٠ \text{ (ث)}} = ٣٠ \text{ م/ث.}$$

● بما إن القطار قد توقف بعد ١٥ ثانية فإن سرعته النهائية ع = صفراً.

$$\text{عجلة القطار جـ} = \frac{\text{ع} - \text{ع}}{\text{ز}} = \frac{٠ - ٣٠ \text{ (م)}}{١٥ \text{ (ث)}} = -٢ \text{ م/ث}^٢.$$

● بما أن إشارة العجلة سالبة فالقطار كان يتحرك بعجلة تناقصية (تباطئية).

التمثيل البياني للحركة بعجلة منتظمة :



شكل (٥)

عندما يتحرك جسم في خط مستقيم بعجلة منتظمة جـ، فإنه يمكن تمثيل حركته بيانياً بخط مستقيم (أ ب) في منحنى السرعة - الزمن كما هو موضح في الشكل (٥)، العجلة المنتظمة

$$= \frac{\text{التغير في السرعة}}{\text{الزمن}} ، \text{ أي :}$$

$$\text{جـ} = \frac{\text{ع} - \text{ع}}{\text{ز} - \text{ز}} = \frac{\text{ب} - \text{أ}}{\text{جـ} - \text{أ}}$$

$$\text{جـ} = \text{ميل المستقيم أ ب}$$

عندما يتحرك جسم في خط مستقيم بعجلة منتظمة فإن سرعته تتغير بمقادير متساوية في فترات زمنية متساوية وبالتالي فإن سرعته المتوسطة (ع م) تحسب من

$$\text{العلاقة : ع م} = \frac{\text{ع} + \text{ع}}{٢} \text{ (٥)}$$

إذن المسافة التي قطعها الجسم (ف) خلال الفترة الزمنية (ز) التي زادت فيها سرعته من ع. إلى ع تساوي :

$$\text{ف} = \text{ع م} \times \text{ز} = \text{ز} \times \frac{\text{ع} + \text{ع}}{٢}$$

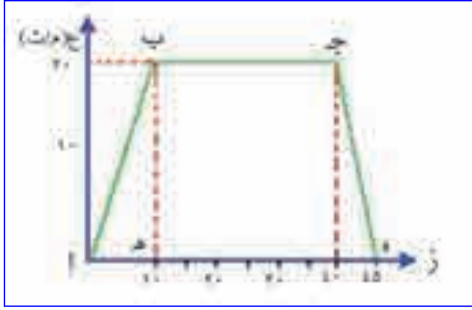
وتساوي مساحة الشكل الرباعي أ ب د م (شبة المنحرف) وهي المساحة المحصورة بين الخط البياني (أ ب) ومحور الزمن (ز) وقيمة هذه المسافة بحسب القيم المعطية

في الشكل تساوي :

$$ف = \frac{ع + ع}{٢} \times ز = \frac{١٠ + ٣٠}{٢} \times ٦ = ١٢٠ \text{ متراً.}$$

■ **مثال ٥:** بدأ جسم حركته في خط مستقيم من السكون بعجلة منتظمة لمدة ١٠ ثوان حتى وصلت سرعته إلى ٢ م/ث، ثم سار بالسرعة السابقة نفسها لمدة ٣٠ ثانية، وبعد ذلك تحرك بعجلة تناقصية منتظمة أي تباطأ حتى توقف بعد ٥ ثوان.

أ - ارسم حركة الجسم في منحنى السرعة - الزمن ومنه احسب :
ب - العجلة التي تحرك بها في كل فترة.



شكل (٦)

ج - تباطؤه ، د - المسافة

الكلية المقطوعة

● **الحل :** أ - الشكل (٦) يبين حركة

الجسم في منحنى السرعة - الزمن.

$$\begin{aligned} \text{ب - العجلة ج} &= \frac{ع - ع}{ز} \\ &= \frac{(٢ - ٠) \text{ م/ث}}{١٠ \text{ ث}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \frac{٢ \text{ م/ث}}{١٠} \\ \text{ج - التباطؤ ج} &= \frac{(٠ - ٢) \text{ م/ث}}{٥ \text{ ث}} \\ &= \frac{-٢ \text{ م/ث}}{٥} \end{aligned}$$

لاحظ أن الجسم تحرك بسرعة منتظمة خلال ٣٠ ثانية وعجلته خلال هذه الفترة = صفر، لأن سرعته لم تتغير.

د - المساحة تحت المنحنى تساوي المسافة الكلية المقطوعة (عددياً).

= مساحة المثلث (أ ب هـ) + مساحة المستطيل (هـ ب ج و) + مساحة المثلث (ج د و)

$$\begin{aligned} &= \frac{١}{٢} \times ١٠ \times ٢ + ٢٠ \times ٣٠ + \frac{١}{٢} \times ٥ \times ٢ \\ &= ١٠٠ + ٦٠٠ + ٥٠ = ٧٥٠ \text{ متراً.} \end{aligned}$$

معادلات الحركة في خط مستقيم بعجلة

منتظمة Kinematics equations

إذا تحرك جسم في خط مستقيم بسرعة ابتدائية مقدارها ع. (م/ث) وكان يسير بعجلة منتظمة مقدارها ج (م/ث^٢)، فبعد فترة زمنية (ز) تصبح سرعته ع (م/ث).

أولاً : من تعريف العجلة نجد أن :

$$ج = \frac{ع - ع.}{ز}$$

$$إذن ع = ع. + ج \cdot ز \quad \dots\dots\dots (٦)$$

وهي المعادلة الأولى للحركة وتستخدم لإيجاد سرعة الجسم النهائية بعد فترة زمنية معلومة مقدارها (ز) إذا علم كل من (ع.) و (ج) أو لإيجاد مقدار العجلة (ج) إذا علم كل من (ع.)، (ع) ، (ز).

ثانياً : في الحركة ذات العجلة المنتظمة فإن السرعة المتوسطة (ع_م) كما عرفت سابقاً تحسب من العلاقة :

$$ع_{م} = \frac{(ع. + ع)}{٢}$$

إذن المسافة المقطوعة (ف) خلال الفترة الزمنية (ز) التي فيها تغير مقدار السرعة من (ع.) إلى (ع) تساوي :

$$ف = ع_{م} \times ز = ز \times \frac{(ع. + ع)}{٢} = \frac{١}{٢} ز (ع. + ع)$$

وبتعويض قيمة ع من المعادلة (٦) نجد :

$$ف = \frac{١}{٢} ز (ع. + ع. + ج \cdot ز) = \frac{١}{٢} ز (ع٢ + ج \cdot ز) \quad \dots\dots\dots (٧)$$

$$ف = ع. \cdot ز + \frac{١}{٢} ج \cdot ز^٢$$

وهي المعادلة الثانية للحركة وتستخدم لحساب المسافة المقطوعة بعد فترة زمنية معينة إذا علم كل من ع. و ج.

ثالثاً : بتربيع المعادلة (٦) نجد أن :

$$ع^٢ = (ع. + ج \cdot ز)^٢ = ع.^٢ + ٢ \cdot ع. \cdot ج \cdot ز + ج^٢ \cdot ز^٢$$

وبأخذ (ج) عامل مشترك ينتج أن :

$$ع^2 = ع^2 + 2 - ج (ع. ز + \frac{1}{4} ج ز)$$

وبمقارنة هذه المعادلة بالمعادلة (٧) نرى إن المعادلة داخل القوس تمثل المسافة (ف) ومنه نجد :

$$ع^2 = ع^2 + 2 - ج ف \quad \dots\dots\dots (٨)$$

وهي المعادلة الثالثة للحركة وتستخدم لحساب المسافة إذا علم كل من (ع)، (ع.) و (ج) أو لحساب السرعة النهائية إذا علم كل من (ع.)، (ج)، (ف) ولحساب (ج) إذا علم كل من (ع) و (ع.) و (ف).

■ **مثال ٦ :** تزداد سرعة سيارة بانتظام من ١٨ كم/ساعة إلى ١٠٨ كم/ساعة خلال فترة

زمنية مقدارها ٥ ثوان أوجد :

أ - مقدار عجلة السيارة.

ب - المسافة المقطوعة خلال هذه الفترة الزمنية.

● **الحل :**

$$أ - السرعة الابتدائية : ع = ١٨ كم/ساعة = \frac{١٠٠٠ \times ١٨}{٦٠ \times ٦٠} م/ث = ٥ م/ث.$$

$$السرعة النهائية : ع = ١٠٨ كم/ساعة = \frac{١٠٠٠ \times ١٠٨}{٦٠ \times ٦٠} م/ث = ٣٠ م/ث.$$

العجلة التي كانت تتحرك بها السيارة ج :

$$ج = \frac{ع - ع}{ز} = \frac{٣٠ - ٥}{٥} = ٥ م/ث^2.$$

ب - المسافة التي قطعتها السيارة خلال ٥ ثوان :

$$ف = ع. ز + \frac{1}{4} ج ز^2 = ٥ \times ٥ + \frac{1}{4} \times ٥ \times ٥^2 = ٢٥ + ٦٢,٥ = ٨٧,٥ متراً.$$

يمكن إيجاد المسافة أيضاً بتطبيق العلاقة (٨) :

$$ع^2 = ع^2 + 2 - ج ف$$

$$ف = \frac{ع^2 - ع^2}{2 - ج} = \frac{٣٠^2 - ٥^2}{٥ \times ٢}$$

$$= \frac{٩٠٠ - ٢٥}{١٠} = ٨٧,٥ متراً.$$

■ **مثال ٧ :** يسير قطار بسرعة ٩٠ كم/ساعة وأراد سائقه أن يوقفه فأخذ القطار

يتباطأ بعجلة تناقصية مقدارها ٢ متر/ث^٢ احسب :

أ - الزمن اللازم لتوقيف القطار .

ب - المسافة التي قطعها القطار منذ لحظة ضغط السائق على الفرامل .

● **الحل :** عجلة القطار ج = -٢ م/ث^٢ .

السرعة الابتدائية للقطار : ع . ٩٠ كم/ساعة

$$= \frac{٩٠ \times ١٠٠٠ \text{ (متر)}}{٦٠ \times ٦٠ \text{ (ث)}} = \frac{٢٥ \text{ متر}}{\text{ث}}$$

أ - السرعة النهائية للقطار : ع = صفراً

$$\text{ج} = \frac{(ع - ٠.٤)}{ز} ، \text{ز} = \frac{(ع - ٠.٤)}{\text{ج}} = \frac{\text{صفر} - ٢٥}{-٢} = ١٢.٥ \text{ ثانية}.$$

ب - من أجل حساب المسافة نطبق العلاقة (٨) :

$$٢ع = ٢ + ٢ \text{ ج ف} \quad \text{ومنه نجد أن :}$$

$$\text{ف} = \frac{(٢ع - ٢)}{\text{ج}} = \frac{\text{صفر} - ٢٢٥}{(٢ - ٢)} = \frac{٢٢٥ - ٦٢٥}{-٤} = ١٥٦.٢٥ \text{ متراً}.$$

السقوط الحر

Free Fall

كان يعتقد قديماً إن سرعة الأجسام الساقطة تعتمد على كتلتها، أي أنه كلما ازدادت كتلة الجسم كلما سقط بسرعة أكبر، حتى أثبت العالم الإيطالي جاليلو عدم صحة هذا الاعتقاد، فقد وجد بالتجربة إن جميع الأجسام الساقطة سقوطاً تلقائياً تحت تأثير الجاذبية الأرضية تسقط بنفس العجلة مهما اختلف حجمها أو كتلتها إذا أهملت مقاومة الهواء .

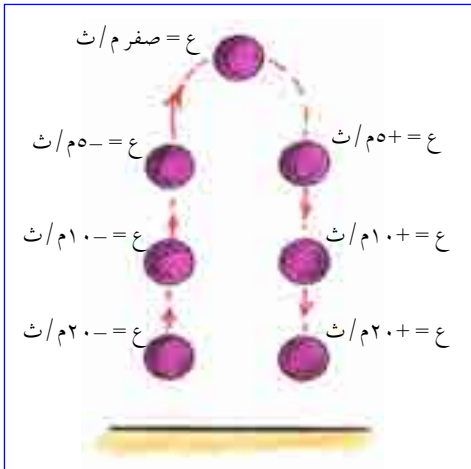
وقد أجريت عدة تجارب لقياس عجلة الجاذبية الأرضية (Acceleration of gravity) ووجد إن قيمتها تساوي حوالي ٩.٨ م/ث^٢ . هذه القيمة تختلف قليلاً من مكان إلى آخر على سطح الكرة الأرضية لأسباب عدة منها تغير بعد الجسم عن مركز الأرض بسبب تفلطحها عند خط الاستواء حيث تقل قيمتها وتزداد كلما اقتربنا من مركز الأرض كما هو الحال عند القطبين، كما إن هذه القيمة تقل كلما ارتفعنا عن سطح البحر في نفس المكان، لكن إذا كان الارتفاع ليس كبيراً تعتبر قيمة عجلة الجاذبية

الأرضية ثابتاً، وإذا أهملنا مقاومة الهواء التي تؤثر على حركة الجسم الساقط، فإن هذه الحركة المثالية تسمى "السقوط الحر" (وهذا العبارة تشمل الهبوط والصعود معاً).

تعتبر حركة الجسم "الحر" في الاتجاه الأعلى أو الأسفل حركة جسم في خط مستقيم بعجلة منتظمة تساوي قيمتها 9.8 م/ث^2 ، وبناءً على ذلك تنطبق على هذه الحركة الرأسية المعادلات الثلاث (٦)، (٧)، (٨) لحركة جسم في خط مستقيم التي سبق وإن درسناها على أن نستبدل في هذه المعادلات الرمز (ح) للعجلة المنتظمة بالرمز (س) الذي يرمز لعجلة الجاذبية الأرضية.

وبذلك تكون معادلات الحركة الرأسية ذات العجلة المنتظمة (س) على النحو التالي:

$$\begin{aligned} \text{ع} &= \text{ع} + \text{س} \cdot \text{ز} & (٦) \dots\dots\dots \\ \text{ف} &= \text{ع} \cdot \text{ز} + \frac{1}{2} \text{س} \cdot \text{ز}^2 & (٧) \dots\dots\dots \\ \text{ع}^2 &= \text{ع}^2 + 2 \cdot \text{س} \cdot \text{ز} & (٨) \dots\dots\dots \end{aligned}$$



شكل (٧)

بسبب طبيعة الاتجاه الدائم نحو الأسفل لعجلة الجاذبية الأرضية فإنه إذا قذف جسماً رأسياً إلى أعلى تكون حركته متباطئة لأن اتجاه عجلته معاكسه لاتجاه حركته، فتتناقص سرعته حتى تصبح مساوية إلى الصفر عندما يصل إلى أقصى ارتفاع له، ثم يعود نحو الأسفل بعجلة موجهه نحو الأسفل، فتزداد سرعته إلى أن تصل قيمتها إلى قيمة السرعة التي قذف بها عندما يصل إلى

المكان الذي قذف منه كما هو مبين في شكل (٧)، نظراً لهذه الطبيعة الموجهة نحو الأسفل لعجلة الجاذبية الأرضية، فعندما نحل المسائل، إذا اعتبرنا الاتجاه الرأسي إلى أعلى هو الاتجاه الموجب بالنسبة للإزاحة والسرعة، فإن العجلة تكون سالبة أي تساوي $(\text{س} = -9.8 \text{ م/ث}^2)$ ، وإذا اعتبرنا الاتجاه الرأسي إلى أسفل هو الاتجاه الموجب بالنسبة للإزاحة والسرعة، فإن قيمة العجلة س تكون موجبة أي $(\text{س} = 9.8 \text{ م/ث}^2)$.

يمكن تعريف عجلة الجاذبية الأرضية بأنها : تلك العجلة التي تسقط بها الأجسام سقوطاً حراً في مجال الجاذبية الأرضية .

■ **مثال ٨ :** سقطت كرة رأسياً إلى أسفل من قمة برج ، فوصلت إلى الأرض بعد ٣ ثوان احسب :

أ - سرعتها عند ارتطامها بالأرض مباشرة .

ب - ارتفاع البرج عن سطح الأرض .

● **الحل :** يفضل في هذه الحالة أن تختار الاتجاه الموجب هو الاتجاه الرأسي إلى أسفل فتكون الإزاحة (ف) التي تقطعها الكرة نحو الأسفل موجبة وتكون كل من سرعتها (ع) وعجلتها (س) موجبه أيضاً .

أ - نطبق المعادلة (٧) لإيجاد (ف) نجد أن :

$$ف = ع.ز + \frac{1}{2} س ز^2$$

حيث ع. = صفر .. (السرعة الابتدائية)

$$ف = صفر + \frac{1}{2} \times ٩,٨ \times ٣^2 = ٤٤,١ \text{ متراً.}$$

ب - سرعة الجسم قبل ارتطامه بالأرض مباشرة :

$$ع = ع. + س ز$$

$$= صفر + ٩,٨ \times ٣ = ٢٩,٤ \text{ م/ث.}$$

■ **مثال ٩ :** قذف جسم رأسياً إلى أعلى فوصل إلى أقصى ارتفاع له ١٠ متراً احسب :

أ - السرعة الابتدائية التي قذف بها الجسم .

ب - الزمن الذي استغرقه الجسم حتى وصل إلى أقصى ارتفاع .

● **الحل :** يفضل أن تختار في هذه المسألة الاتجاه الموجب هو الاتجاه الرأسي إلى أعلى فتكون كل من الإزاحة (الارتفاع) والسرعة موجبة والعجلة (س) سالبة أيضاً .

أ - أن السرعة عند أقصى ارتفاع ع = صفر ،

بتطبيق المعادلة (٨) نجد أن :

$$ع = ع. + س ز$$

$$صفر = ع. + ٢ \times (-٩,٨) \times ١٠$$

$$ع. = ١٩٦ = ٩٨ \times ٢$$

$$ع.٢ = \sqrt{196} = 14 \text{ م/ث.}$$

ب - الزمن الذي استغرقه الجسم حتى وصل إلى أقصى ارتفاع:

$$ع = ع. + ٩ ز$$

$$ز = \frac{(ع - ع.)}{٩} = \frac{(١٤ - ٠)}{٩} = \frac{١٤}{٩} = ١,٥٥ \text{ ثانية.}$$

قوانين نيوتن في الحركة

Newton's Laws

لقد درسنا حركة جسم في خط مستقيم واشتققنا معادلات حركته التي أُسست على تعريفات الإزاحة والمسافة والسرعة والعجلة ولم نتطرق إلى مسببات الحركة والعلاقات التي تعبر عن ذلك وهي ثلاثة قوانين أساسية وضعت على أساس الملاحظات التجريبية وصاغها العالم البريطاني "اسحاق نيوتن" منذ ثلاثة قرون (١٦٤٢-١٧٢٧) وفيما يلي شرحاً لها :

القانون الأول لنيوتن

Newton's 1st Law

نلاحظ من مشاهداتنا اليومية بأنه إذا وضعت كتاباً على منضدة ولم تجده فإنك تتوقع أن أحداً قد حركه من موضعه دون أن تحتاج لإثبات ذلك، وإذا ترك على المنضدة فإنه سيظل ساكناً لا يغير وضعه من تلقاء نفسه ما لم تدفعه أو تسحبه أو بوجه عام ما لم تؤثر عليه بمؤثر خارجي يغير من حالة سكونه كذلك نلاحظ عند استخدامنا السيارة في تنقلاتنا بأنه عندما تكون السيارة متحركة بسرعة معينة ونريد أن نزيد سرعتها أي نعجلها، فإننا نضغط على معجل السيارة (ضاغط البنزين) وعندما نريد أن نوقفها فإننا نضغط على فرامل السيارة وإذا أردنا أن نحيد عنها مسارها المستقيم، فإننا ندير عجلة القيادة أي أن الجسم المتحرك بسرعة معينة في اتجاه معين لا يغير من مقدار سرعته سواء بالزيادة أو النقصان أو يغير اتجاه سرعته ما لم يؤثر عليه مؤثر خارجي، هذه المشاهدات التجريبية عبر عنها نيوتن ولخصها في قانونه الأول الذي ينص على ما يلي :

● يستمر الجسم في حالة السكون أو الحركة في خط مستقيم بسرعة منتظمة ما لم يؤثر عليه مؤثر خارجي يغير من حالته .

ويطلق على هذا المؤثر الخارجي اسم " القوة " (Force) أي أن القوة المؤثرة على جسم هي ذلك المؤثر الخارجي الذي يعمل على تغيير حالة الجسم من حيث السكون أو الحركة .

🔍 وقد نتساءل : لو سلمنا بصحة هذا القانون، لماذا إذن تقل سرعة السيارة المتحركة على طريق أفقي من تلقاء نفسها إلى أن تتوقف عند رفع قدمنا من معجل السيارة، حتى لو لم نضغط على فراملها؟ وكان المفروض طبقاً للقانون الأول لنيوتن أن تستمر السيارة في حركتها بالسرعة التي كانت عليها عند رفع القدم من معجل السيارة ما لم نؤثر عليها بمؤثر خارجي وهو قوة الفرامل للعمل على إيقافها .

🔍 والجواب على هذا السؤال، هو إن هناك فعلاً قوى أخرى غير الفرامل تعمل على تقليل سرعة السيارة وإيقافها، وهي قوة الاحتكاك بين عجلات السيارة والطريق، كما إن هناك مقاومة الهواء لحركة السيارة، فإذا أراد سائق السيارة أن تتحرك سيارته بسرعة منتظمة في خط مستقيم، فإنه يضغط على معجل السيارة ضغطاً خفيفاً بالقدر الذي يعادل به مقاومة الهواء والاحتكاك للوصول إلى حالة توازن للسيارة وبذلك تكون محصلة القوى المؤثرة عليها معدومة .
نستنتج من ذلك أنه :

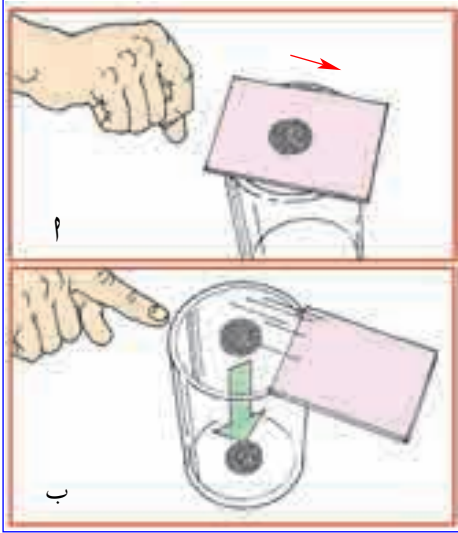
● إذا أثر على جسم عدة قوى، وكان التأثير الكلي لهذه القوى على الجسم صفراً، فإن الجسم يستمر في حالته من حيث السكون أو الحركة في خط مستقيم بسرعة منتظمة .

التعريف الوصفي للقوة :

تكمن أهمية القانون الأول لنيوتن في أنه أعطى تعريفاً وصفيّاً للقوة، حيث وصفها أو عرفها بأنها : تلك المؤثر الخارجي إذا انعدم تأثيره على الجسم فإن الجسم يحتفظ بحالته من حيث السكون أو الحركة في خط مستقيم بسرعة منتظمة وفي حين وجود القوة أي المؤثر الخارجي غير المعدم على الجسم يؤدي إلى تغيير حالته .

القصور الذاتي Inertia :

إن القانون الأول لنيوتن يعبر عن عدم قدرة الجسم على تغيير حالته بنفسه هذه الخاصية الذاتية للجسم تسمى خاصية القصور الذاتي وتعني إن الجسم عاجزاً أو قاصراً على تغيير حالته بنفسه، ويمكن إدراك معنى ذلك بإجراء النشاط التالي :



شكل (٨)

ضع لوحاً من الورق المقوى الأملس على فوهة كوب زجاجي، وضع فوق الورقة قطعة من النقود المعدنية، أضرب حافة الورقة باصبعك بقوة أفقية كما في الشكل (٨ أ) تلاحظ إن الورق تندفع بعيداً عن الكوب بينما تسقط قطعة النقود فيه شكل (٨ ب) وفي هذا دليل واضح على أنه بالرغم من اندفاع الورقة فإن قطعة النقود احتفظت بحالة سكونها التي كانت عليها ولم تتأثر بحركة الورقة وهناك مشاهدات في حياتنا اليومية توضح خاصية القصور الذاتي،

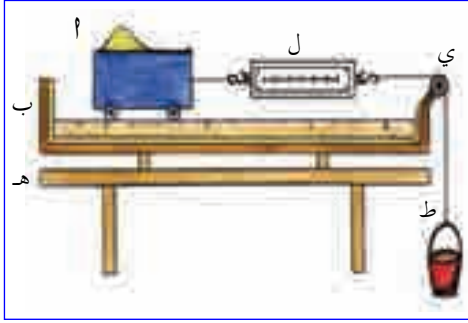
فعندما تبدأ السيارة حركتها فجأة من السكون، يلاحظ إن الركاب يندفعون إلى الخلف ويفسر ذلك بأنه في هذه اللحظة يحتفظ الركاب بحالة السكون التي كانوا عليها بينما تبدأ السيارة حركتها إلى الأمام – فينتج عن ذلك اندفاعهم إلى الخلف بالنسبة للسيارة.

سؤال : ما تفسيرك لاندفاع ركاب السيارة إلى الأمام عند توقفها فجأة ؟

كتلة الجسم وقصوره الذاتي :

تعلمنا من الدروس السابقة وتعلمنا التجربة إن جسماً ساكناً لا يبدأ في الحركة أبداً من تلقاء نفسه ولا بد من دفعة أو جرة ولا يقافه لابد من وجود قوة معاكسة لابطاء حركته وذلك نتيجة لقصوره الذاتي وتعتبر الكتلة قياساً لهذا القصور ولتوضيح ذلك دعنا نتأمل التجربة التالية لأجل الوصول إلى العلاقة التي تربط بين القوة المؤثرة على

الجسم بعجلته وكتلته، من أجل تحقيق ذلك يستخدم الجهاز المبين في الشكل (٩) الذي يتكون من :



شكل (٩)

١ - عربة صغيرة (١) تتحرك على سطح أفقي أملس ملصقة به مسطرة (ب) لقياس المسافات التي تقطعها العربة على السطح .

٢ - يمكن سحب العربة بواسطة حبل مربوط بإحدى طرفي ميزان زنبركي (ل) والطرف الآخر للميزان مربوط

بحبل يتدلى منه سطل (ط) به رمل ويمر على بكرة صغيرة (ي) مثبتة على السطح الأفقي .

٣ - منضدة أفقية (هـ) يوضع عليها السطح الأملس .

إذا كانت كتلة العربة مع حمولتها تساوي (ك) وقوة ثقل الرمل تساوي (ق) نحددها بواسطة مؤشر الميزان الزنبركي وهي القوة المؤثرة على العربة التي تتحرك بعجلة (جـ) تحت تأثير هذه القوة (ق) .

بتحديد المسافة (ف) التي تقطعها العربة بواسطة المسطرة المثبتة على السطح الأملس وقياس الزمن (ز) الذي استغرق في قطع هذه المسافة بواسطة ساعة إيقاف، نستطيع حساب عجلة العربة من العلاقة :

$$ف.ع = ز.ع + \frac{1}{2} ز^2 \quad , \quad (\text{حيث } ع. = \text{صفراً})$$

$$ف = \frac{1}{2} ز^2$$

وبتكرار هذه التجربة عدة مرات وذلك بتغيير كمية الرمل في السطل أي بتغيير القوة المؤثرة على كتلة العربة، فإننا نجد أن :

$$\frac{ق}{ج_1} = \frac{ق}{ج_2} = \frac{ق}{ج_3} = \text{مقدار ثابت (ك)}$$

وبصورة عامة فإن :

$$\frac{ق}{ج} = \text{ك} \quad \dots \dots \dots (٩)$$

ولهذه العلاقة صورة أخرى هي $ق = ك . ج$ أو $ج = \frac{ق}{ك}$ ، والمقدار الثابت هو

كتلة العربة مع حمولتها (ك) وهذا يعني أن العجلة التي يتحرك بها الجسم تتناسب طردياً مع القوة المؤثرة عليه عند ثبوت كتلته ويختلف الثابت (ك) من جسم إلى آخر ويسمى الكتلة القصورية (ك_ص) للجسم وتعتبر مقياساً لمقدار الممانعة التي يبديها الجسم للقوة المحصلة المؤثرة عليه التي تحاول تغيير حالته، أي مقياساً لقصوره الذاتي ، فكلما ازدادت كتلة الجسم (ك) فإننا نحتاج إلى قوة أكبر لكي نكسبه العجلة (ج) نفسها .

القانون الثاني لنيوتن Newton's 2nd Law

من العلاقة الأخيرة نجد أن :

$$\vec{Q} = \vec{K} \cdot \vec{J}$$

فإذا أثرت على الجسم عدة قوى وكانت محصلة هذه القوى هي القوة $\vec{Q}$ فإنه يمكن كتابة هذه العلاقة على النحو الآتي :

$$\vec{Q} = \vec{K} \cdot \vec{J} \quad \text{..... (١٠)}$$

وهي الصيغة الرياضية للقانون الثاني لنيوتن الذي ينص على أنه :

- إذا أثرت محصلة قوى على جسم أكسبته عجلة يتناسب مقدارها تناسباً طردياً مع مقدار القوة المحصلة ويكون اتجاهها في اتجاه القوة المحصلة نفسها .

وهو قانون تم التوصل إليه مثلما رأينا تجريبياً ويعد هذا القانون التعريف الكمي للقوة .

ملاحظة :

إذا كان اتجاه القوة المحصلة المؤثرة على الجسم في اتجاه حركته، فذلك يؤدي إلى زيادة سرعته وتكون إشارة العجلة (ج) موجبة، أما إذا كان اتجاه القوة المحصلة بعكس اتجاه حركة الجسم، فإن سرعته تتناقص وتكون إشارة عجلته سالبة مما يؤدي إلى توقفه .

تشير دراسة العلاقة (١٠) إلى أنه إذا كانت القوة المحصلة صفراً فإن العجلة التي يكتسبها الجسم = صفراً (أي أن الجسم إما أن يكون ساكناً أو متحركاً في خط مستقيم بسرعة منتظمة).

وحدات القوة : Units of force

إن وحدة قياس القوة في النظام الدولي (SI) هي النيوتن التي عرفت بأنها تلك القوة التي إذا أثرت على كتلة مقدارها ١ كجم اكتسبت عجلة مقدارها ١ متر/ث^٢، ومن القانون الثاني لنيوتن يمكننا التعبير عن النيوتن بدلالة الوحدات الأساسية للنظام الدولي (كجم، متر، ثانية) بأن:

$$١ \text{ نيوتن} = ١ \text{ كجم} \times ١ \text{ متر/ث}^2$$

وكذلك وحدة القوة في النظام (جم، سم، ث) تدعى داين (dyne) وتعرف بأنها: تلك القوة إذا أثرت على كتلة مقدارها ١ جم اكتسبت عجلة مقدارها ١ سم/ث^٢ أي أن:

$$١ \text{ داين} = ١ \text{ جم} \times ١ \text{ سم/ث}^2$$

والعلاقة بين النيوتن والداين هي:

$$١ \text{ نيوتن} = ١ \text{ كجم} \times ١ \text{ م/ث}^2 = ١٠٠٠ \text{ جم} \times ١٠٠ \text{ سم/ث}^2$$

$$١ \text{ نيوتن} = ١٠ \text{ كجم} \cdot \text{سم/ث}^2 = ١٠ \text{ داين}$$

الكتلة : Mass

تعرف كتلة جسم: بمقدار ما يحتويه الجسم من مادة وهي كمية قياسية تقدر بالكيلوجرام.

الوزن : Weight

سبق لك وأن أدركت الحقيقة من الدروس السابقة وهي إن الأرض تجذب ما حولها من الأجسام وأن القوة التي تؤثر بها الأرض على أي جسم تدعى وزن الجسم (و) وقد تعلمت كذلك من الدروس السابقة إن الجسم الساقط سقوطاً حراً يخضع لتأثير عجلة الجاذبية الأرضية (g) التي اتجاه تأثيرها نحو مركز الأرض، وإذا طبقنا القانون الثاني لنيوتن على حركة الجسم الساقط سقوطاً حراً ذو الكتلة (ك) فإن قوة الجاذبية الأرضية (ق) المؤثرة عليه تساوي: $ق = ك \cdot g$

وحيث أن $ق = و$ $\therefore و = ك$

بما أن الوزن ($و$) يتعلق بعجلة الجاذبية الأرضية ($ك$) فإنه يتغير من مكان إلى آخر على سطح الأرض فهو يقل كلما ارتفعنا عن سطح البحر .

■ **مثال ١٠ :** احسب وزن جسم كتلته ٣ كجم موضوع في مكان قيمة الجاذبية الأرضية فيه $٩,٨ م/ث^٢$.

● **الحل :** وزن الجسم في هذا المكان ($و$) تساوي :
 $و = ك = ٣ كجم \times ٩,٨ م/ث^٢ = ٢٩,٤ نيوتن$.

القانون الثالث لنيوتن

Newton's 3rd Law

من المشاهدات المألوفة أنه إذا جر رجلاً طرف حبل مربوطاً بشقل كبير موضوعاً على الأرض فإننا نشعر إن الثقل يشدنا نحوه ويطلق على قوة الشد التي يؤثر بها الرجل على الثقل لتحريكه اسم "فعل" (Action) كما يطلق على ما نتج عن ذلك من قوة شد يؤثر بها الثقل على الرجل في الاتجاه المضاد اسم "رد فعل" (Reaction) وذلك عندما يكون الحبل متزناً (أي أن يكون الحبل ساكناً أو يتحرك بسرعة منتظمة) انظر شكل (١٠) وكذلك عندما تنطلق رصاصة من بندقية، فإن البندقية ترتد إلى الخلف بتأثير رد فعل الرصاصة عليها، وتكون قوة رد الفعل على البندقية مساوية في المقدار للقوة التي تؤثر بها على الرصاصة عند إطلاقها ومضاد لها في الاتجاه شكل (١١) كما ينطبق هذا على حركة الصاروخ انظر الشكل (١٢) .



شكل (١٢)

شكل (١١)

شكل (١٠)

وقد عبر نيوتن عن ذلك بقانونه الثالث الذي ينص على أن :

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

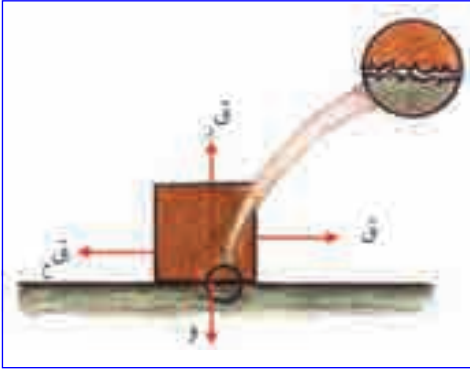
سؤال: اذكر مثالين على القانون الثالث لنيوتن.

■ مثال ١١ : تؤثر قوة على جسم كتلته ٥ كجم بحيث تزداد سرعته من ٣ متر/ث إلي ٧ متر/ث خلال ثانيتين . أوجد مقدار هذه القوة .

● الحل : من أجل حساب القوة نوجد أولاً عجلة الجسم الناتجة عن تأثير القوة على الجسم ثم نطبق قانون نيوتن الثاني :

$$ج = \frac{(ع - ع_0)}{ز} = \frac{(٧ - ٣)}{٢} = \frac{٤}{٢} = ٢ \text{ متر/ث}^2$$

$$ق = ك \times ج = ٥ \times ٢ = ١٠ \text{ نيوتن.}$$



شكل (١٣)

قوة الاحتكاك : Frictional Force

إذا تحرك جسم على سطح خشن فإن حركته تلقى مقاومة من قبل السطح الخشن وتسمى هذه المقاومة قوة الاحتكاك . أن سطوح الأجسام وأن بدت لنا ملساء، فإنها تتكون من نتوءات تظهر لنا واضحة حين ننظر إليها من خلال

مجهر مكبر كما هو مبين في الشكل (١٣)، وأن قوة الاحتكاك تزداد بازدياد خشونه سطوح الأجسام .

لقوة الاحتكاك فوائد كبيرة في حياتنا اليومية فلو كانت الأرض ملساء قليل الاحتكاك لصعب علينا السير عليها وكذلك يصعب علينا مسك الأواني الزجاجية عندما تكون أيدينا مبللة بالصابون، وإذا افترضنا عدم وجود احتكاك فإن الأجسام

المتحركة سوف تستمر في الحركة وليس من السهل إيقافها، فوجود قوة الاحتكاك هو أساس عمل الفرامل في السيارات والقطارات وغيرها من العربات المتحركة.

معامل الاحتكاك : Coefficient of friction

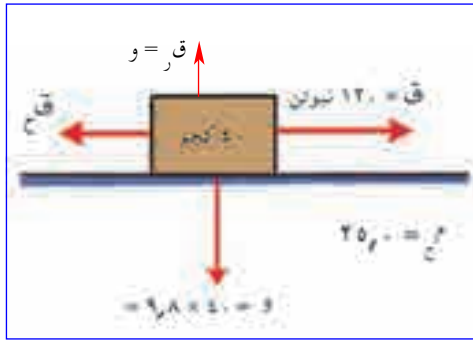
تسمى النسبة بين قوة الاحتكاك (ق ح) إلى القوة العمودية (ق ر) بين السطحين المحتكين معامل الاحتكاك ح ونعبر عنه رياضياً بالعلاقة : $\frac{ق ح}{ق ر}$

وهو عبارة عن قيمة عددية ليس له وحدة قياس لأنه نسبة بين قوتين لهما نفس الوحدة ومنه نجد أن :

$$ق ح = ح \times ق ر \quad \dots\dots\dots (١١)$$

قائمة بمعامل الاحتكاك الحركي (الانزلاقي) لبعض السطوح

السطحان المحتكان		معامل الاحتكاك الحركي ح
فولاذ (Steel)	فولاذ (Steel)	٠,٥٧
المنيوم (Aluminum)	فولاذ	٠,٤٧
نحاس (Copper)	فولاذ	٠,٣٦
مطاط (Rubber)	اسمنت مسلح (Concrete)	٠,٨
خشب (Wood)	خشب (Wood)	٠,٢
زجاج (Glass)	زجاج (Glass)	٠,٤
معادن مشحمة (Metal) Lubricated	معادن مشحمة	٠,٠٦
جليد (ICE)	جليد (ICE)	٠,٠٣
خشب مشحمة (Waxed Wood)	ثلج جاف (Dry Snow)	٠,٠٤
خشب مشحمة	ثلج مبلل (Wet Snow)	٠,١



شكل (١٤)

■ **مثال ١٢:** جسم كتلته ٤٠ كجم يرتكز على أرضية أفقية خشنة ومعامل الاحتكاك الحركي بين الجسم والأرضية هو ٠,٢٥. إذا أثرت في الجسم قوة مقدارها ١٢٠ نيوتن خلال ثانيتين، شكل (١٤)، احسب ما يلي:

أ - عجلة الجسم.

ب - سرعته في نهاية الثانية.

● **الحل:** أ - الشكل (١٤) يبين القوى المؤثرة على الكتلة وتحسب عجلة الجسم من القانون الثاني لنيوتن أي:

ق = ق ك ج ، حيث ق هي محصلة القوى المؤثرة على الجسم.

$$ق - ق ح = ق ك ج$$

$$(\text{حيث } ق ح = م \times و = ٩٨ \times ٤٠ = ٣٩٢٠ \text{ نيوتن})$$

$$١٢٠ - ٣٩٢٠ = ق ك ج \quad ج = ٠,٥٥ \text{ م/ث}^٢$$

ب - كما تحسب سرعته بعد ثانيتين من بدء حركته من السكون من القانون :

$$ع = ع + ج \times ز \quad (\text{حيث } ع = ٠ \text{ م/ث})$$

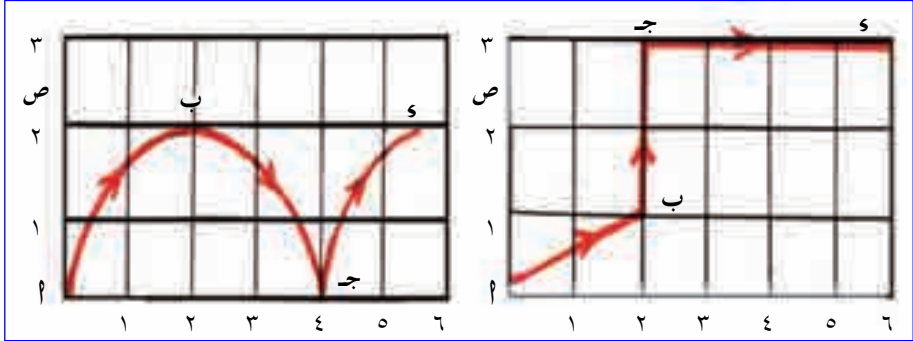
$$\therefore ع = ٠ + ٠,٥٥ \times ٢ = ١,١ \text{ م/ث}$$

تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية :

- ١ - عرف كلاً من الكميات الفيزيائية الآتية :
(السرعة، السرعة المنتظمة، السرعة المتوسطة، العجلة المنتظمة، معامل الاحتكاك)
- ٢ - وضح المقصود بكل من : (السقوط الحر - القصور الذاتي)
- ٣ - أكمل الجمل الآتية :
يستمر الجسم في حالة ما لم يؤثر عليه يغير من حالته .
- ٤ - أعط تفسيراً لما يلي :
أ - استخدام أحزمة الأمان في السيارة .
ب - جميع الأجسام التي تسقط في الفراغ سقوطاً حراً تصل إلى الأرض بالسرعة نفسها وبالزمن نفسه مهما اختلفت كتلتها أو أحجامها (باهمال مقاومة الهواء) .
ج - إذا أسقطت كتلتين من الحديد من نفس الارتفاع، الكتلة الصغيرة تصل إلى الأرض قبل الكتلة الكبيرة (في وجود مقاومة الهواء) .
د - وصول المظلي إلى الأرض بسرعة تقريباً منتظمة .
- ٥ - حدد "الفعل" و "رد الفعل" التي يتضمنها القانون الثالث لنيوتن في كل من الحالات التالية :
أ - صندوق موضوع على مستوى أفقي .
ب - يتعلق رجل من حبل رأسي .
ج - تحرك القارب ذو المجذاب في الماء .
- ٦ - سيارتان تحركتا من الموضع (١) إلى الموضع (ب) ثم (ج) ثم (د) المبينة أحداثياتها في كل من الشكلين (١٥) و (١٦) بالكيلومترات أوجد :
أ - الازاحة الكلية لكل من السيارتين من الموضع (١) الابتدائي إلى الموضع (د) النهائي .

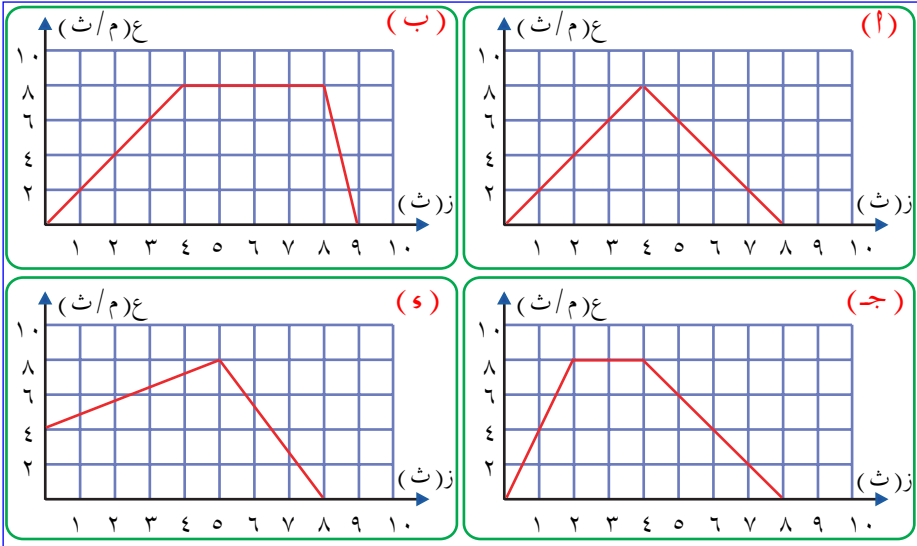
ب - المسافة الكلية التي قطعتها كل سيارة من (١) إلى (٥).



شكل (١٦)

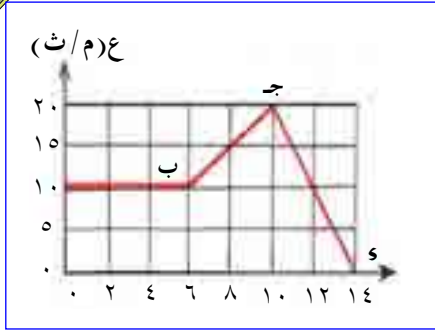
شكل (١٥)

٧ - صف الحركة في كل من الرسوم المبينة في الشكل (١٧) واحسب المسافة المقطوعة في كل حالة وفي مدة (٨) ثوان من بدء الحركة.



شكل (١٧)

٨ - احسب متوسط سرعتك عندما تسير مسافة قدما ٩٠ متراً بسرعة ١,٥ م/ث، ثم مسافة ١٦٠ متراً بسرعة ٤ م/ث في طريق مستقيم.



شكل (١٨)

٩ - يبين الرسم البياني في الشكل

(١٨) كيفية تغيير سرعة جسم

مع الزمن أوجد:

أ - العجلة التي يتحرك بها

الجسم في الأزمنة:

ز = ٤ ث، ز = ٨ ث،

ز = ١٢ ث.

ب - المسافة التي يقطعها الجسم بعد ٦ ث، ١٠ ث، ١٤ ث من بدء الحركة.
١٠ - تحركت سيارة بعجلة منتظمة مبتدئة من السكون، فاكسبت سرعة

مقدارها ٤٥ كم / ساعة في ١٢ ثانية، احسب:

أ - العجلة التي تحركت بها السيارة.

ب - المسافة التي قطعتها خلال تلك الفترة.

١١ - سيارة بدأت حركتها من السكون وبعد ٢٥ ثانية أصبحت سرعتها
٤٥ كم / ساعة أوجد:

أ - مقدار العجلة التي تتحرك بها السيارة.

ب - الزمن الذي تحتاجه السيارة بعد ذلك لكي تصل سرعتها إلى
٧٢ كم / ساعة إذا استمرت السيارة في حركتها بنفس العجلة السابقة.

١٢ - قبل الاقلاع تتحرك طائرة من السكون بعجلة منتظمة مسافة قدرها ٩٨٠
متراً في ١٤ ثانية، عيّن:

أ - العجلة، ب - السرعة عند الاقلاع

ج - المسافات المقطوعة خلال الثانية الأولى والثانية والرابعة عشرة.

١٣ - تتناقص سرعة عربة نقل بانتظام من ٣٠ (م / ث) إلى ١٠ (م / ث) خلال
٢٠ ثانية عيّن:

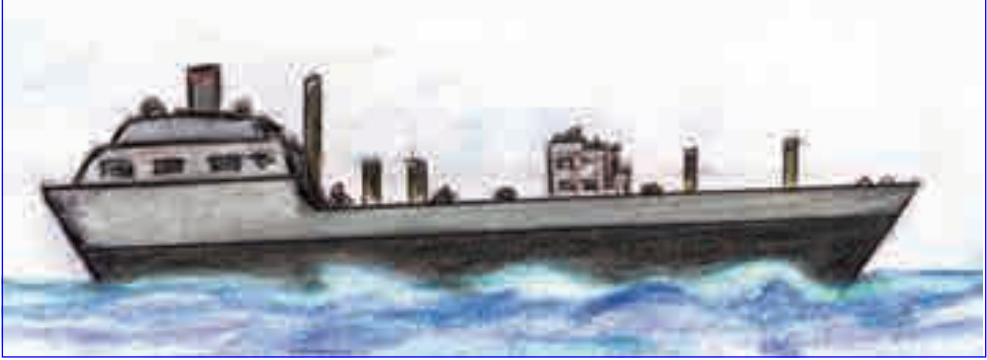
أ - السرعة اللحظية خلال الـ ٢٠ ثانية.

- ب - المسافة المقطوعة خلال الـ ٢٠ ثانية .
- ج - العجلة . د - المسافة الكلية المقطوعة حتى تقف .
- ١٤ - أطلق جسماً رأسياً إلى الأعلى من سطح الأرض بسرعة ٣٥ م/ث أوجد :
- أ - أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم .
- ب - الزمن اللازم للوصول إلى هذا الارتفاع .
- ج - متي يكون على ارتفاع ٦٠ متراً (أعتبر عجلة الجاذبية الأرضية ١٠ م/ث^٢) .
- ١٥ - سقطت حصاة رأسياً إلى أسفل في بئر فارتطمت بالماء بعد ٤ ثوان أحسب :
- أ - سرعة الحصاة عند ارتطامها بالماء . ب - عمق البئر
- ١٦ - أ - ما هو وزن جسم كتلته ٦ كجم في مكان عجلة الجاذبية الأرضية ٩,٨ م/ث^٢؟
- ب - ما هي كتلته جسم يزن ٢ نيوتن في نفس المكان؟
- ١٧ - جسم ساكن كتلته ١٠ كجم موضوع على مستوى أفقي أملس فإذا أثر عليه بقوة أفقية مقدارها ٣,٢ نيوتن أوجد :
- أ - العجلة التي تيحرك بها الجسم بتأثير هذه القوة .
- ب - المسافة التي يقطعها الجسم خلال ٣ ثوان من بدء الحركة .
- ج - سرعة الجسم في نهاية هذه الفترة .
- ١٨ - سيارة كتلتها ٥٠٠ كجم تتحرك بسرعة ٢٠ م/ث أوجد :
- أ - مقدار قوة الفرمال التي تعمل على إيقاف السيارة خلال ٤ ثوان .
- ب - المسافة التي تقطعها السيارة أثناء هذه الفترة .

الوحدة الثالثة

خواص المواد الصلبة والموائع

Properties of Solids and Fluids



أهداف الوحدة :

- نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :
 - ١ - تعرف مفاهيم : الحركة الجزيئية ، حد المرونة ، نقطة الكسر ، معامل يونج ، نقطة الإذعان ، الإجهاد ، الإنفعال .
 - ٢ - تستنتج العلاقات الخاصة بالمرونة والتوتر السطحي والطفو رياضياً .
 - ٣ - تتعرف على طريقة استخدام البارومتر المعدني لقياس الضغط الجوي .
 - ٤ - تحلل البيانات التي يحصل عليها من التجارب للتواصل إلى النتائج .
 - ٥ - تصنف المواد على أساس اختلاف تركيبها .
 - ٦ - تتعرف على بعض التطبيقات العملية لبعض خواص المادة .
 - ٧ - تعزز إيمانك بقدرة الخالق من خلال ما تدرسه عن خواص المادة .

تعرفت في دراستك السابقة لخواص المادة على بعض المفاهيم الخاصة والاساسية المتعلقة بها وبعض التطبيقات العملية في الحياة، وستتعرف في هذه الوحدة على المزيد عن تلك الخواص وذلك من خلال دراسة النظرية الحركية الجزيئية وإستخدامها في تفسير الحالات المختلفة للمادة وتحولاتها من حالة إلى أخرى، كما ستتناول إستخدام بعض العلاقات الرياضية للتعبير عن هذه الخواص وإستخدام الرسم البياني لنتائج التجارب وتحليلها، والتعرف على بعض التطبيقات العملية لخواص المادة.

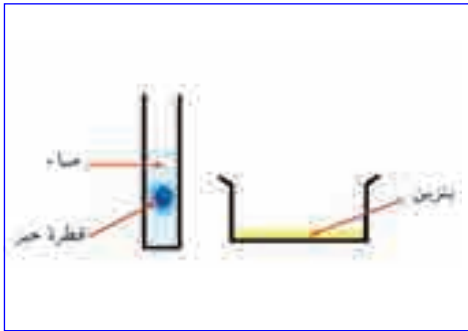
النظرية الحركية الجزيئية kinetic theory of matter

🔍 مم تتركب المادة ؟

🔍 ما سبب وجود المادة في حالات متعددة تحت ظروف مختلفة من الضغط ودرجة الحرارة ؟

🔍 للإجابة عن تلك التساؤلات، قم بإجراء الأنشطة التالية :

نشاط (١):



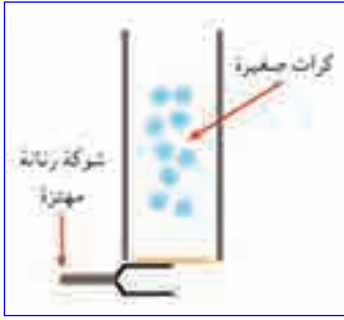
شكل (١): انتشار السوائل والغازات

١ - اسكب قليلاً من مادة متطايرة مثل البنزين في إناء مفتوح وإبتعد عنه عدة أمتار، ماذا تلاحظ ؟
🔍 ما سبب إنتشار رائحة البنزين لعدة أمتار ؟

١ - خذ أنبوبة إختبار زجاجية وضع فيها كمية من الماء، ثم إسكب داخل

الماء قطرة من الحبر، ماذا تلاحظ عن بقاء القطرة مكانها أو إنتشارها في كل أجزاء الماء ؟

٢ - انظر الشكل (١)، أيهما ينتشر أسرع؟ .. الحبر في الماء أم البنزين في الهواء؟ .. لماذا ؟



شكل (٢): حركة جزيئات المادة

نشاط (٢):

- ١ - خذ أنبوبة زجاجية مفتوحة من طرفيها ثم سد أحد طرفيها بواسطة غشاء مطاطي مثبت وعلقها رأسياً وضع داخلها عدد من الكرات الصغيرة الملونة مثل (حبات المسبحة) .
- ٢ - اجعل جسماً مهتزاً يلامس الغشاء المطاطي المشدود .

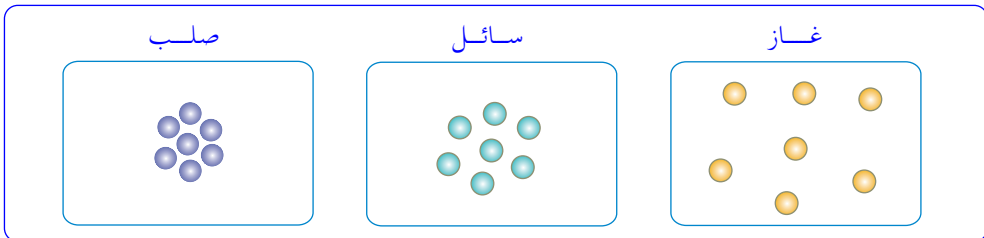
🔍 إنظر الشكل (٢) ، ماذا تلاحظ بالنسبة لحركة الكرات ؟

يمكنك تشبيه حركة جزيئات المادة بحركة تلك الكرات .

🔍 للإجابة عن التساؤلات التي أثارته ملاحظتك في النشاطات السابقة عليك التعرف على تركيب المادة وأهم النظريات التي تعالج ذلك .

فروض النظرية الحركية الجزيئية

- ١ - تتركب المادة من جزيئات صغيرة جداً لا ترى بالعين المجردة .
 - ٢ - تفصل بين الجزيئات مسافات تسمى المسافات الجزيئية تسمح لها بالتحرك في حدود هذه المسافات .
 - ٣ - تؤثر الجزيئات على بعضها بقوة جذب تسمى قوى التماسك بين الجزيئات ، وتكون كبيره جداً في المواد الصلبة ومتوسطة في السوائل وصغيرة جداً في الغازات .
 - ٤ - تكون الجزيئات في حالة حركة دائمة وتزداد سرعة حركتها بزيادة درجة الحرارة ، وتكون الحركة إهتزازية في المواد الصلبة ، وإنتقالية دورانية في السوائل ، وعشوائية في الغازات .
- أنظر الشكل (٣) لملاحظة تغير المسافات بين الجزيئات في الحالات المختلفة للمادة .

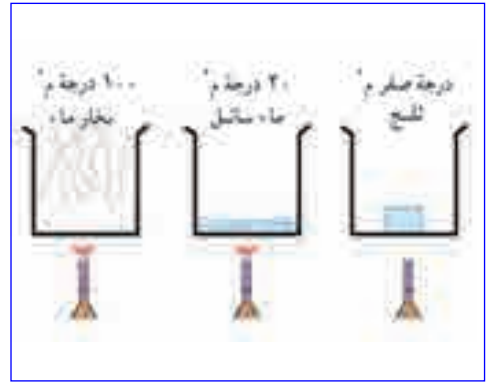
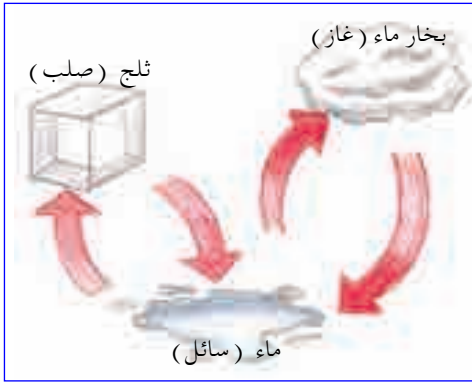


شكل (٣): المسافة بين الجزيئات

وللتأكد من صحة تأثير درجة الحرارة على المسافة بين الجزيئات وزيادة سرعتها وبالتالي تحول المادة من حالة إلى أخرى قم بالنشاط الآتي :

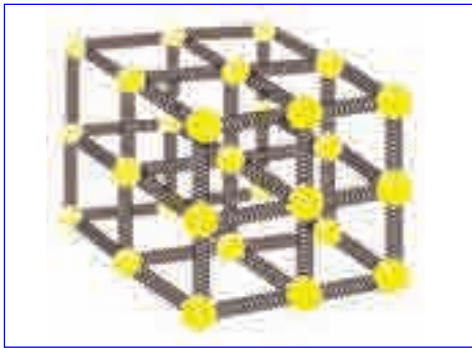
نشاط (٤):

- ١ - ضع قالباً من الثلج في إناء زجاجي وضعه على لهب لتسخينه، إنظر الشكل (٤) .
- ٢ - لاحظ مع استمرار التسخين، ماذا يحدث لقالب الثلج ؟
- ٣ - دون ملاحظاتك عما يحدث .
- ٤ - كيف تحول قالب الثلج من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة بالتسخين ثم إلى الحالة الغازية (بخار الماء) ؟



شكل (٤): رسم تحولات المادة

• يمكنك تفسير ذلك في ضوء النظرية الحركية الجزيئية كما يأتي :



شكل (٥) : قوى التماسك بين جزيئات المادة الصلبة

- ١ - في المواد الصلبة (قالب الثلج) تكون قوى التماسك بين الجزيئات كبيرة جداً والمسافات بين الجزيئات صغيرة ولا تسمح للجزيئات بالحركة إلا في حدوث الإهتزاز حول نفسها بحيث يمكن تشبيهه بوجود زمبركات تربط هذه الجزيئات كما في الشكل (٥) .

- ٢ - بإرتفاع درجة الحرارة مع التسخين تزداد المسافة بين الجزيئات وتزداد سرعة حركة الجزيئات وتقل قوى التماسك بين الجزيئات إلى أن يتحول المادة الصلبة إلى سائلة.
- ٣ - بمزيد من التسخين وإرتفاع درجة الحرارة إلى درجة الغليان تزداد المسافة بين الجزيئات أكثر وتقل قوى التماسك بشكل كبير إلى أن تتحرر تقريباً وتزداد سرعتها بدرجة عالية بما يسمح لها بالانتشار بعيداً.

بعض التطبيقات العملية على تحولات المادة :



- قم بالبحث عن كيفية استخراج مادة ملح الطعام من مياه البحر، وإذا تمكنت من زيارة محافظة عدن، حاول التعرف على آلية عمل ملاحات عدن . وكذلك محطة تحليه البحر واستخلاص المياه العذبة منها . سجل ملاحظاتك في كراستك .
- ابحث بطريقتك عن آلية تكرير النفط واستخراج المواد المستهلكة منه (البنزين، الجاز، الديزل، وقود الطائرات . . . الخ)، وسجل ملاحظاتك في كراستك .
- اذكر بعض التطبيقات العملية الأخرى عن تحولات المادة ودونها في كراستك .

المرونة في الأجسام الصلبة

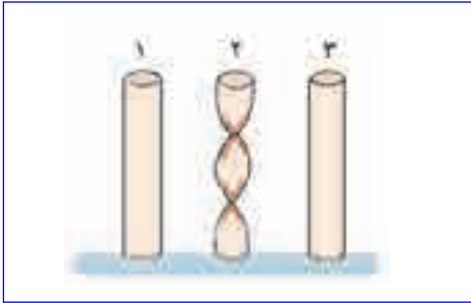
Elasticity In Solids

سبق لك التعرف على بعض خواص المادة الصلبة مثل المرونة – الصلابة – الصلادة – المتانة – قابلية السحب والطرق .. إلخ، وسنقوم في هذه الوحدة بدراسة أكثر توسعاً وعمقاً لإحدى هذه الخواص وهي المرونة.

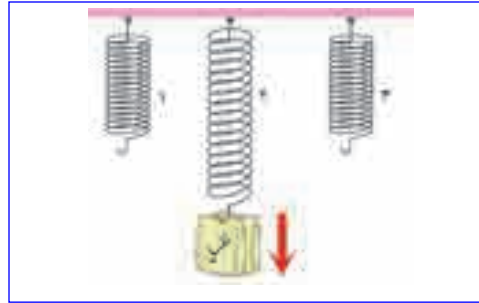
🔍 ما المرونة ؟ .. اذكر بعض الشواهد من حولك الدالة على خاصية المرونة ؟

نشاط (٦) :

- ١ - خذ زمبرك معدني وعلقه رأسياً في حامل رأسي وعلق في طرفه الاسفل كفة أثقال بها وزناً مناسباً، ماذا تلاحظ ؟
 - ٢ - إبعد كفة الاثقال عن الزمبرك، انظر الشكل ٦-١ ماذا تلاحظ ؟
 - ٣ - خذ قضيباً أسطوانياً من المطاط وثبت قاعدته رأسياً على الطاولة .
 - ٤ - بواسطة اليد قم بلي القضيب من أعلى ، ماذا تلاحظ ؟
 - ٥ - أوقف عملية اللي في القضيب، إنظر الشكل ٦-٢، ماذا تلاحظ ؟
 - ٦ - خذ جسماً مكعباً من الطين الصلصال وضعه على الطاولة واضغط عليه بمقبض يدك، ماذا تلاحظ ؟
 - ٧ - إرفع يدك عن الجسم، ماذا تلاحظ ؟
- 🔍 تستنتج مما سبق أن : المرونة هي خاصية إستعادة الأجسام الصلبة لشكلها وحجمها الاصيلين بعد زوال المؤثر الخارجي عليها .



شكل (٦ - ب)



شكل (٦ - أ)

المرونة في الأجسام الصلبة

ولكن .. هل تتساوى المواد المختلفة في قابلية العودة إلى شكلها وحجمها الأصليين بعد زوال المؤثر؟ وكيف تتغير قابلية الأجسام للتغير بتأثير القوى الخارجية وكذلك قدرتها على العودة إلى وضعها الأصلي بعد زوال هذا المؤثر.

لتوضيح ذلك سندرس جهود العالم الإيطالي هوك والقانون الذي إستنتجته لتوضيح ذلك.

قانون هوك

HOOK'S LAW

كيف تتغير كمية الاستطالة في طول سلك عند تأثير قوة شد عليه؟ للإجابة على هذا السؤال قم بإجراء التجربة الخاصة بذلك والموضحة في دليل التجارب. لقد درس العالم هوك هذه العلاقة وتوصل من دراسته إلى القانون الآتي :

● يتناسب مقدار الاستطالة في طول سلك تناسباً طردياً مع مقدار قوة الشد المؤثرة عليه.

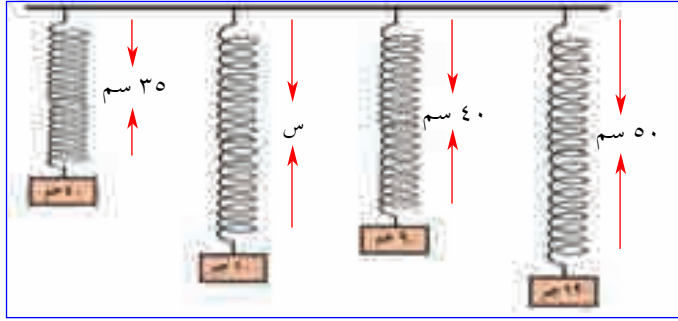
ويعبر عن ذلك رياضياً بالمعادلة الآتية : $Q = H \times \Delta L$ حيث Q مقدار قوة الشد ، ΔL مقدار الاستطالة ، H ثابت هوك. ويعرف ثابت هوك بأنه : مقدار القوة اللازمة لحدث استطالة مقدارها ١ متر في الزمبرك، ويقاس بوحدة (نيوتن / م).

■ مثال ١ : إحسب مقدار الاستطالة التي تحدثها قوة شد مقدارها ٤ نيوتن في طول سلك إذا كان ثابت هوك للزمبرك = ٢٠٠٠ نيوتن / م.

● الحل : من قانون هوك : $Q = H \times \Delta L$

$$4 = 2000 \times \Delta L \quad \Leftrightarrow \quad \Delta L = 0,002 \text{ متر.}$$

■ مثال ٢: إنظر إلى الشكل رقم (٧)، ثم إحسب كلاً من s ، q .



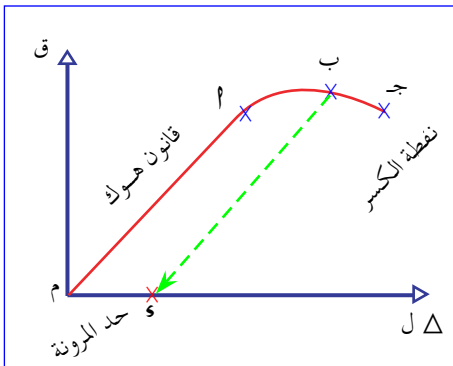
شكل (٧): رسم الموضع في المثال (٢)

ولكن إلى متى تستمر هذه العلاقة الطردية بين مقدار القوة ومقدار الاستطالة؟

لملاحظة الإجابة عن هذا التساؤل قم بإجراء النشاط الآتي :

نشاط (٧):

- ١ - خذ خيطاً من المطاط ثم أثر عليه بقوة شد متوسطة ولاحظ مقدار الزيادة في الطول.
- ٢ - أوقف عملية الشد علي الخيط ولاحظ عودة الخيط إلى وضعه الأصلي تماماً.
- ٣ - ضاعف قوة الشد على الخيط بدرجة عالية ولاحظ عدم تناسب الزيادة في طول الخيط مع الزيادة في مقدار قوة الشد.
- ٤ - أوقف عملية الشد على الخيط ولاحظ عدم عودة طول الخيط إلى الوضع الأصلي تماماً، حيث حدث تشوه في أبعاد الخيط.



شكل (٨) : رسم العلاقة البيانية لقانون هوك

- ٥ - ضاعف قوة الشد عدة مرات حتي تصل إلى حد إنقطاع الخيط وعدم العودة نهائياً إلى الوضع السابق.

ماذا تستنتج من هذا النشاط؟

بالاستعانة بالرسم البياني في الشكل

(٨) ستلاحظ :

- ١ - أن قانون هوك ينطبق على المرحلة

- الأولى من تغير القوة والإستطالة في الجسم وهي مرحلة (م ١)، وفيها يكون الجسم تام المرونة ويعود إلى طوله الأصلي تماماً عند زوال المؤثر.
- ٢ - المرحلة التالية (١ ب) من الرسم البياني في الشكل (٨) تقل مرونة الجسم وتتغير قيمة الاستطالة بتغير القوة بشكل غير منتظم.
- ٣ - يطلق على النقطة (ب) نقطة الازدعان، أي نقطة الازدعان هي: النقطة التي عندها يبدأ الجسم بالسلوك غير المرن.
- ٤ - يطلق على مقدار قوة الشد المؤثرة عند نقطة الازدعان بـ (حد المرونة)، ويعرف حد المرونة بأنه: مقدار أقصى قوة يسلك عندها الجسم سلوكاً مرناً ويفقد بعدها خاصية المرونة.
- ٥ - المرحلة (ب ج) يفقد الجسم مرونته تماماً ولا يستطيع العودة إلى وضعه الأصلي إطلاقاً وينقطع الجسم عند النقطة (ج) والتي تسمى نقطة القطع أو الكسر.

الإجهاد والإنفعال

Stress and Strain

في النشاط رقم (٦) خذ خيطين مختلفين في مساحة المقطع وأثر على كل منهما بنفس القوة.

🔍 ماذا تلاحظ حول نتيجة هذا التأثير على كل من الخيطين.

🔍 يسمى حاصل قسمة مقدار قوة الشد المؤثرة على الجسم ومساحة مقطع هذا الجسم (الإجهاد Stress).

🔍 إذا أثرت قوة مقدارها ق نيوتن على سلك مساحة مقطعه س (متر^٢) فإن:

$$\text{مقدار الإجهاد الذي يتعرض له السلك} = \frac{\text{مقدار القوة المؤثرة}}{\text{مساحة مقطع السلك}}$$

$$\text{الإجهاد} = \frac{ق}{س} \quad (\text{نيوتن / م}^2).$$

ويطلق على وحدة القياس نيوتن / متر^٢ إسم "الباسكال" نسبة إلى العالم باسكال وتقديراً لجهوده في هذا المجال.

■ **مثال ١:** تستخدم رافعة سلكاً فولادياً مساحة مقطعة ٨ سم^٢، إحسب مقدار إجهاد الشد الطولي الذي يتعرض له السلك عند رفع حاوية وزن (٤٠٠ ث طن) حيث (٥ = ١٠ م/ث^٢).

• **الحل:** مقدار إجهاد الشد الطولي = $\frac{\text{مقدار قوة الشد}}{\text{مساحة مقطع السلك}} = \frac{\text{ك} \times \text{س}}{\text{س}}$

$$\frac{10 \times 400}{4-10 \times 8} = \frac{10 \times 1000 \times 400}{4-10 \times 8} = \text{الإجهاد}$$

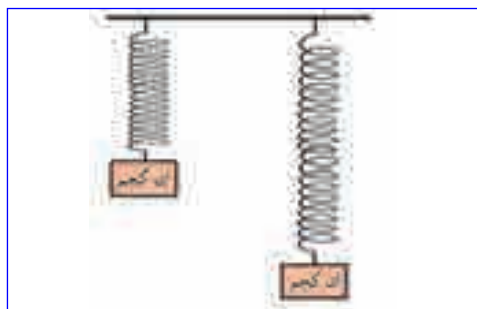
$$= 5 \times 910 \text{ نيوتن/م}^2 \text{ (باسكال) .}$$

■ **مثال ٢:** خزان وزنه ٢٠٠ كجم مثبت رأسياً على عمود مسلح مساحة مقطعة ٢م^٢، إحسب مقدار إجهاد الانضغاط الواقع على العمود، حيث (س = ١٠ م / ث^٢).

• **الحل:** إجهاد الانضغاط = $\frac{\text{قوة الضغط}}{\text{مساحة المقطع}} = \frac{\text{ك} \times \text{س}}{\text{س}}$

$$\text{الإجهاد} = \frac{10 \times 200}{2} = 310 \text{ باسكال .}$$

ماذا يسمى ناتج تأثير هذا الإجهاد على طول الجسم نسبة إلى طوله الأصلي؟
لتوضيح ذلك قم بإجراء النشاط الآتي :



شكل (٩) : رسم النشاط

نشاط (٨) :

١ - خذ زمبركين متساويين في مساحة المقطع وطول أحدهما ضعف طول الآخر، علق في كل من الزمبركين كتلة مساوية للأخرى (ك كجم) .

٢ - قس مقدار الاستطالة في كل منهما بعد التعليق .

٣ - ماذا تلاحظ حول مقدار الاستطالة في كل من الزمبركين نسبة إلى الطول الأصلي لكل منها ؟

للتعبير عن التغير النسبي للاستطالة في طول جسم نسبة إلى طوله الأصلي يستخدم تعبير الإنفعال (Strain)، أي أن :

$$\text{مقدار الإنفعال الناتج في جسم عند تأثير إجهاد ما عليه} = \frac{\text{مقدار الاستطالة في الجسم}}{\text{طوله الأصلي}}$$

الإنفعال = $\frac{\Delta L}{L}$ حيث ΔL الإستطالة في طول الجسم .

ما وحدة قياس الإنفعال لماذا ؟

■ **مثال ٣:** أثرت قوة شد مقدارها ٤ نيوتن على سلك مساحة مقطعة ٠,٥ سم^٢ ، فزاد طوله من ١٢٠ سم إلى ١٢٠,٦ سم، إحسب مقدار كل من الإجهاد والإنفعال الطولي في السلك .

● **الحل :** مقدار الاستطالة في السلك = ١٢٠,٦ - ١٢٠ = ٠,٦ سم = ٦ × ١٠^{-٣} متر .
مساحة مقطع السلك = ٠,٥ سم^٢ = ٥ × ١٠^{-٥} متر^٢ .

ق = ٤ نيوتن .

ل ١٢٠ سم = ١,٢ متر .

مقدار الإجهاد = $\frac{\text{مقدار القوة}}{\text{مساحة المقطع}} = \frac{٤}{٥ \times ١٠^{-٥}} = ٨ \times ١٠^٤$ باسكال

مقدار الانفعال = $\frac{\Delta L}{L} = \frac{٦ \times ١٠^{-٣}}{١,٢} = ٥ \times ١٠^{-٣}$

معامل يونج المرونة

Young Modulus

في النشاط رقم (٥) :

ماذا تلاحظ إذا غيرت مواصفات ونوع مادة الزمبرك ؟

قام العالم يونج بدراسة تمايز المواد من حيث خاصية المرونة واستخدم في سبيل ذلك عدة زمبركات من مواد مختلفة ، وتوصل من خلال ذلك إلى أن :

● في مرحلة المرونة التامة للجسم يكون مقدار الانفعال الناتج في جسم متناسباً طردياً مع مقدار الاجهاد الواقع عليه .

أي أن : **الاجهاد = ي × الانفعال**

حيث **ي** هو مقدار ثابت يسمى "ثابت يونج" وهو يختلف من مادة إلى أخرى

حيث يعرف معامل يونج (**ي**) بأنه : مقدار الاجهاد المؤثر على الجسم مقسوماً على مقدار الانفعال الناتج .

$$\frac{\text{مقدار الاجهاد}}{\text{مقدار الانفعال}} = \text{أي أن : ي}$$

$$\text{ي} = \frac{\text{ق}}{\text{س}} \div \frac{\text{ل} \Delta}{\text{ل} \times \text{س}} = \frac{\text{ل} \Delta}{\text{ل} \times \text{س}} \times \text{ق} \text{ باسكال.}$$

تطبيقات على خاصية المرونة في الحياة :



جسر معلق



صورة لتمرين رياضية للياقة الجسم

شكل (١٠)

- ١ - لماذا يتخذ حامل الجسر شكل أعمدة خرسانية أحياناً وسلسلة تعليق أحياناً أخرى .
- ٢ - ما نوع التمارين الرياضية التي تمارسها وما فائدها على عضلات جسمك .
- ٣ - إن خاصية المرونة في الاجسام الصلبة من الدراسات المهمة لمهندس الجسور حيث يلزم معرفة أقصى حمل يستطيع الجسر حمله ومواصفات المواد المصنوع منها الجسر والمرتكزات التي تحمل الجسر .
- ٤ - ومن التطبيقات الهامة لخاصية المرونة في حياتنا أنها تمكن عضلات الجسم على أداء مهامها بسهولة، ويلزم في سبيل ذلك أداء التمارين الرياضية المختلفة باستمرار للحفاظ على درجة عالية من مرونة العضلات وقدرتها الدائمة على أداء مهمتها بسهولة .

خواص الموائع الساكنة Statistical Properties of Fluids

من دراستك السابقة للموائع :

❖ ما هي الموائع ؟ .. بماذا تختلف الموائع في تركيبها عن المواد الصلبة ؟ .. ماذا نعني بالموائع الساكنة ؟

❖ إن تميز الموائع بعدم ثبات شكلها وتغيره بتغير الاناء الحاوي بسبب قوى التماسك الضعيفة بين جزيئاتها نسبة إلى المواد الصلبة. منحها بعض الخواص في حالة السكون من أهمها :
« خاصية التوتر السطحي » .

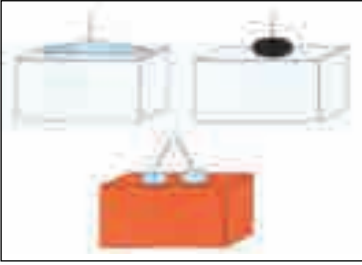
❖ أذكر بعض المشاهدات في حياتك على خاصية التوتر السطحي ؟

❖ لماذا تختلف قوة التماسك بين جزيئات السائل عند نقطة على سطح السائل عنها عن نقطة في باطن السائل ؟
تعرف خاصية التوتر السطحي بأنها :

● تأثير السائل على جزيئات سطحه بقوة شد عمودية تعمل على بقاءه دائماً مشدوداً ومتوتراً .

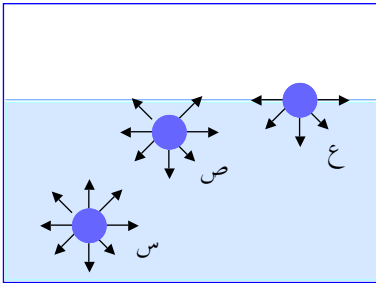


صورة قطرة ماء من صنوبر



صورة قطرة ماء كروية على سطح

شكل (١١) : خاصية التوتر السطحي في السوائل



شكل (١٢) : قوى التوتر السطحي

ولتفسير سبب ظهور تلك القوة : أرسم شكلاً يوضح قوى التماسك المؤثرة على عدة جزيئات من سائل في مواقع مختلفة من السائل كما في الشكل رقم (١٢) ، فإذا افترضنا الجزيء (س) يقع في باطن السائل بينما الجزيء (ص) يقع بالقرب من السطح والجزيء (ع) يقع على السطح مباشرة فإن قوة التماسك المؤثرة على

الجزئ تكون في جميع الاتجاهات بينما هي في الجزئ (ص) تؤثر على الجزئ في الاتجاه الأسفل أكثر منه في الاتجاه الأعلى، وفي الجزئ (ع) لا تؤثر أي قوة في الاتجاه الأعلى . وبالتدقيق في ذلك الاختلاف ستجد أن الجزيئات على سطح السائل تكون متأثرة بقوة شد إلى باطن السائل، وهي تعمل على إظهاره بشكل متوتر ومشدود وكأنه يعمل على تقليل السطح الظاهر منه وهذا ما يدفعه لاتخاذ الشكل الكروي . ومن التطبيقات على تلك الظاهرة (الخاصية الشعرية) في الأنابيب الضيقة . Adhesion Cabillarity .

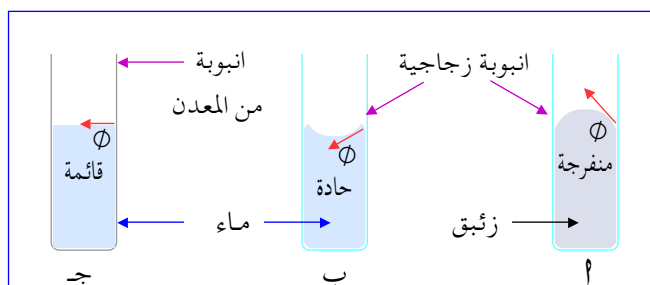
كيف يرتفع السائل في أنبوبة رفيعة ؟ ... ما الذي يرفع الغذاء من الأرض إلى أعلى أجزاء الشجرة ؟ .. ما المقصود بالخاصية الشعرية ؟ .. وما تفسيرها ؟ للتعرف على الإجابة عن هذه التساؤلات : قم بإجراء النشاط الآتي :



الأدوات : انبوبة معدنية / انبويتين زجاجيتين / ماء / زئبق .

الخطوات :

- ١ - ضع في أحد الانبويتين الزجاجيتين كمية من الماء وضع في الانبوبة الاخرى زئبق .
- ٢ - ضع في الانبوبة المعدنية كمية من الماء .
- ٣ - إنظر إلى سطح السائل في كل من الانابيب الثلاثة من الجهة الجانبية ولاحظ :
 ما شكل سطح السائل في كل من الانابيب الثلاثة ؟
 ما نوع الزاوية المحصورة بين سطح السائل وجدار الانبوبة في كل من الحالات الثلاثة ؟
 إن ما تلاحظه في ذلك (النشاط) سيقودك إلى ما يأتي :



شكل (١٣) : نشاط ٨

١ - عندما يصنع سطح السائل زاوية التصاق منفرجة مع جدار الانبوبة الضيقة فإن قوى الالتصاق جزئيات سطح السائل مع جزئيات الاناء الحاوي تكون أصغر من قوى التماسك بين جزئيات السائل نفسها، ويتخذ السطح شكلاً محدباً كما في الشكل (١٣).

٢ - عندما يصنع سطح السائل زاوية التصاق حادة مع جدار الانبوبة يكون مقدار قوى الالتصاق بين جزئيات السائل وجزئيات الانبوبة أكبر من قوى التماسك بين جزئيات السائل نفسه ويتخذ السطح شكلاً مقعراً إلى أسفل كما بالشكل (ب)

٤ - عندما يصنع سطح السائل زاوية التصاق قائمة مع جدار الانبوبة تكون القوتان متساويتان ويتخذ السطح شكلاً مستوياً في الشكل (ج).

٥ - ولحساب مقدار تلك القوة العمودية التي يؤثر بها سائل على الجزئيات سطحه تستخدم العلاقة الآتية :

$$\text{معامل التوتر السطحي للسائل (} \gamma \text{)} = \frac{\text{نق} \times \text{ث} \times \text{س}}{٢ \text{ جتا} \theta}$$

حيث γ هو معامل التوتر السطحي للسائل ويعرف بأنه :

(معامل التوتر السطحي لسائل هو مقدار القوة التي تؤثر عمودياً على جزئيات سطح السائل وفي اتجاه المماس عند تلامسه مع الجدار لتزن حركتيها الموازية للجدار مع قوة وزن السائل إلى أسفل).

ووحدة قياسه هي كجم / ث^٢.

■ **مثال :** احسب مقدار معامل التوتر السطحي للماء إذا علمت أن الماء يرتفع مسافة ٢٠ سم في انبوبة شعرية زجاجية نصف قطرها ٠,٠١ سم ، علماً بأن كثافة الماء هي ٣١٠ كجم / م^٣، وعجلة الجاذبية الأرضية = ١٠ م / ث^٢ ، $\theta = 0$ صفر .

● **الحل :**
$$\gamma = \frac{\text{نق} \times \text{ث} \times \text{س}}{٢ \text{ جتا} \theta}$$

$$٨ = \frac{٣١٠ \times ١٠^{-٤} \times ٠,٢}{١ \times ٢}$$

$٨ = \frac{٠,٠١ \times ١٠^{-٤} \times ٣١٠}{١ \times ٢}$ كجم / ث^٢.

تطبيقات عملية على الخاصية الشعرية :

إن قوة التوتر السطحي المؤثرة عمودياً على جزيئات سطح السائل تعمل على دفع السائل في الانابيب الضيقة من أسفل إلى أعلى ضد قوة وزن السائل .

وتسمى هذه الخاصية الخاصة الشعرية، ومن أهم التطبيقات العملية عليها :

١ - إنتقال الكيوسين في فتيلة الفانوس وإستمرار هذا الانتقال خلال الانابيب الضيقة بين خيوط الفتيلة مهما نقص مستوى إرتفاع الكيوسين حتى ينفذ نهائياً فتتوقف عملية الإرتفاع .

٢ - إنتقال المواد الغذائية السائلة من التربة إلى الأجزاء العليا للشجرة .

الضغط في السوائل

Pressure In Liquids

من خلال دراستك السابقة لضغط السوائل وانتقال هذا الضغط إلى كل نقطة في السائل بنفس المقدار .

🔍 ما تأثير تغير عمق الجسم على مقدار ضغط السائل ؟

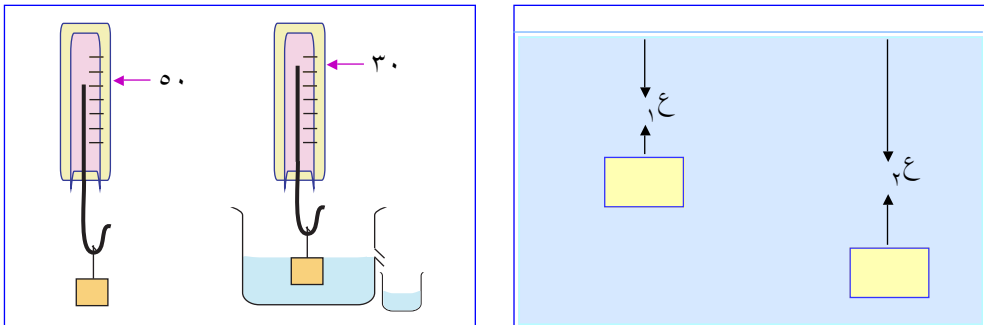
🔍 لمعرفة ذلك افرض جسم مكعب طول ضلعه ل م، ومغمور في سائل كثافته ث كجم/م^٣

وعلى عمق ع_١ عن سطح السائل وجسم آخر على عمق ع_٢ من سطح السائل .

من تعريف ضغط السائل فإن: السطح العلوي للجسم الأول يتأثر بضغط مقداره:

$$ض_١ = ع_١ \times ث \times s .$$

وحسب قاعدة باسكال فإن هذا الضغط ينتقل بتمامه إلى جميع أجزاء السائل



شكل (١٤): رسم جسم داخل سائل

ويتضح من ذلك أن ضغط السائل يزداد بزيادة عمق الجسم فيكون ض_٢ عند السطح العلوي للجسم الثاني عند عمق ع_٢ :

$$\text{ض}_2 = \rho \times \text{ع}_2 \times \text{ث} \times \text{س}$$

■ **مثال :** يسبح رجلان على عمق ٢ متر، ٣ متر من سطح البحر كم يكون مقدار

ضغط ماء البحر على كل من الرجلين، علماً بأن كثافة ماء البحر تساوي ١٢٠٠ كجم/م^٣ وعجلة الجاذبية ١٠ م/ث^٢.

● **الحل :** مقدار ضغط ماء البحر على الرجل الأول = ع_١ × ث × س

$$\text{ض}_1 = 2 \times 1200 \times 10 = 24000 \text{ باسكال}$$

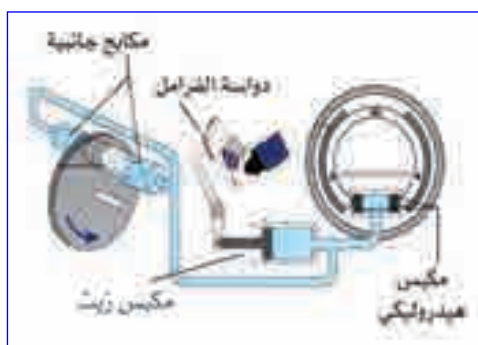
$$\text{مقدار ضغط ماء البحر على الرجل الثاني} = \text{ع}_2 \times \text{ث} \times \text{س}$$

$$\text{ض}_2 = 3 \times 1200 \times 10 = 36000 \text{ باسكال}$$

تطبيقات على انتقال ضغط السائل :

١ - مكابح التوقف في السيارة Hydraulic Break :

من مشاهداتك اليومية لاحظت قدرة سائق سيارة مسرعة على إيقافها فجأة رغم سرعتها العالية، كيف يحدث ذلك ؟ .. ما الآلة القوية التي أوقفتها بتلك السهولة ؟ .. ما سر عمل هذه الآلة ؟



نشاط (١٠) :

قم مع مجموعة من زملائك بزيارة لأحد ورش إصلاح السيارات واطلب من مهندس ميكانيكي شرح تركيب وآلية عمل مكابح إيقاف سيارة.

دون ملاحظاتك عن تركيب وفكرة عمل مكابح للسيارة والتي يمكن

شكل (١٥) : رسم توضيحي لمكابح السيارة

ملاحظتها في الرسم في الشكل رقم (١٥) المقابل.

الضغط الجوي Atmospher

تذكر أن للهواء المحيط بنا وزناً، وأن قوة وزن الهواء تسبب على أجسامنا ضغطاً.

ماذا تسمي هذا الضغط ؟

يعرف الضغط الجوي على جسم بأنه وزن عمود الهواء الممتد رأسياً من الجسم إلى نهاية الغلاف الجوي ومساحة مقطعة م^٢.

ولكن كيف يتغير مقدار الضغط الجوي ؟ .. ما العوامل التي يتوقف عليها ؟

للإجابة عن تلك التساؤلات قم بإجراء النشاط الآتي :

نشاط (١١):

قم أنت وزملائك بزيارة إلى هيئة الأرصاد اليمنية واطلب صورة من نشرة الأحوال الجوية التي تسجل قيم الضغط الجوي في أماكن مختلفة الارتفاع عن مستوى سطح البحر وفي أوقات مختلفة من السنة وعند درجات حرارة متنوعة.

استخدم جدولاً كالمبين في الشكل (١٦) لتسجيل تلك البيانات، عبر عن تلك البيانات بوساطة رسم بياني لتغير مقدار الضغط الجوي بتغير كل من العوامل الآتية:

١ - الارتفاع عن سطح البحر شكل (١٧ أ)

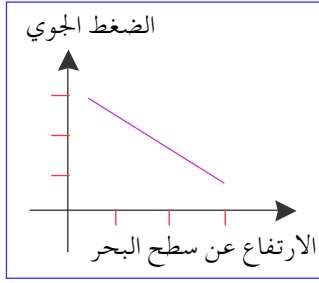
٢ - درجة الرطوبة شكل (١٧ ب)

٣ - درجة الحرارة. شكل (١٧ ج)

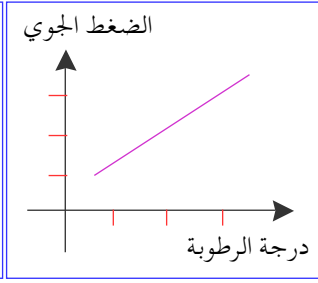
المتغير	المكان	صنعاء	عدن	إب	تعز	حضر موت	المحويت	الحديدة	شبة
درجة الحرارة									
الرطوبة									
الارتفاع									
الضغط الجوي									

شكل (١٦)

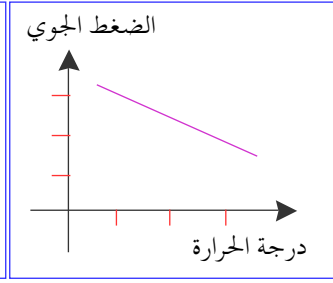
■ قارن بين النتائج التي حصلت عليها والأشكال المبينة في الرسم أدناه:



شكل (١٧ ج)



شكل (١٧ ب)



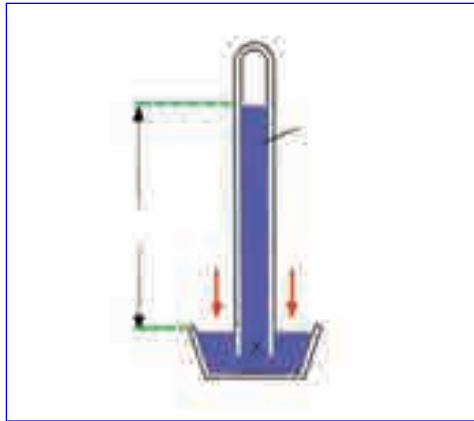
شكل (١٧ أ)

قياس الضغط الجوي

سبق لك دراسة استخدام أجهزة القياس الخاصة بقياس الضغط الجوي، فما هو الجهاز الذي يستخدم بسهولة في قياس الضغط الجوي ؟ .. وما هي وحدات قياس الضغط الجوي الأكثر استعمالاً ؟

قام العالم الإيطالي تورشيللي بتجارب قياس الضغط الجوي وتوصل منها إلى أن الضغط الجوي عند نقطة على سطح البحر يوازي تماماً وزن عمود من الزئبق طوله ٧٦ سم ومساحة مقطعه ١ سم^٢.

وبناء على ذلك قامت فكرة صناعة جهاز البارومتر الزئبقي المستخدم في قياس مقدار الضغط الجوي.



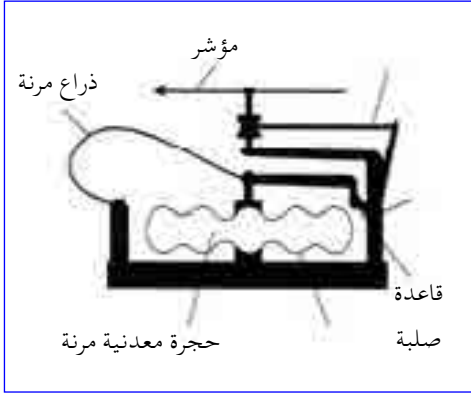
شكل (١٨): البارومتر الزئبقي

تركيب البارومتر الزئبقي :

انظر إلى الرسم التفصيلي لجهاز البارومتر الزئبقي الذي قام باستخدامه العالم تورشيللي في تجربته حول الضغط الجوي في شكل رقم (١٨)، مم يتركب البارومتر الزئبقي ؟

ستلاحظ تكون عمود من الفراغ على الانبوبة يتغير طوله بتغير مقدار

الضغط الجوي ولذلك يستخدم في قياس مقدار الضغط الجوي .
ولكن كما تلاحظ يصعب استخدامه في القياس . لماذا ؟



شكل (١٩) : البارومتر المعدني

تركيب البارومتر المعدني :

يتركب البارومتر المعدني كما هو موضح في الشكل المقابل من غرفة معدنية مرنة مفرغة من الهواء وبإمكانها التحرك إلى أعلى وإلى أسفل عند تغير الضغط الجوي ، ويتصل بالغرفة المعدنية زمبرك قوي يمنع تحطمها يتصل بحلقة وذراع ومؤشر يشير إلى تدريج ، وعند

زيادة الضغط الجوي تندفع الغرفة المرنة إلى أسفل ، وعند نقص الضغط تندفع إلى أعلى فيتحرك الزمبرك والذراع أو المؤشر ليقراً مقدار الضغط الجوي على التدريج وتستخدم وحدات قياس مختلفة لقياس الضغط الجوي منها : الباسكال – البار – الملي بار .
كما يستخدم الضغط الجوي العياري (٧٦ سم زئبق) كوحدة عملية لقياس مقدار الضغط .

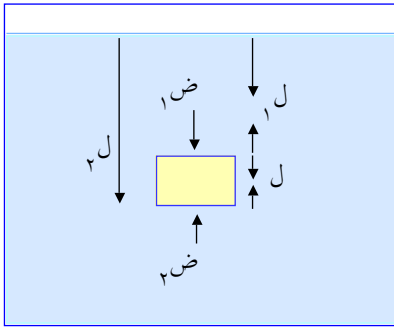
قاعدة أرشميدس وقانون الطفو

Archimids Prenciple for flooting

- 🔍 ما الذي يساعد السفن العملاقة على أن تطفو فوق سطح البحر دون أن تغوص ؟
- 🔍 ما الذي يحمل البالون الضخم على الصعود في الهواء عند ملئه بغاز الهيدروجين ؟
- 🔍 للإجابة عن تلك التساؤلات انظر التجربة رقم (٢) في دليل التجارب والتي استخلص منها العالم أرشميدس قاعدته المشهورة حول طفو الأجسام .

نص قاعدة أرشميدس :

- إذا غمر جسم في سائل جزئياً أو كلياً فإنه يلقي دفعاً من أسفل إلى أعلى يساوي مقدار وزن السائل المزاح بواسطة الجسم المغمور فيه .



شكل (٢٠) : الطفو

ولتحقيق ذلك رياضياً افترض جسماً مكعباً مغموراً في باطن سائل كما في الشكل رقم (٢٠) وعليه يمكن ملاحظة :

القوة المؤثرة على السطح العلوي للمكعب = وزن السائل فوق المكعب

$$ق١ = ١ ل \times ث \times س \times \epsilon \text{ إلى أسفل.}$$

بالمثل القوة المؤثرة على السطح السفلي للمكعب :

$$ق٢ = ٢ ل \times ث \times س \times \epsilon \text{ إلى أعلى.}$$

يلاقي الجسم قوة دفع هي محصلة القوتين المذكورتين أعلاه :

$$\text{قوة الدفع} = ق١ - ق٢$$

$$= (١ ل - ٢ ل) \times س \times ث \times \epsilon$$

$$\text{قوة الدفع السائل} = ح \times ث \times \epsilon$$

$$= ك \times \epsilon \text{ إلى أعلى}$$

$$\text{قوة دفع السائل} = \text{وزن الجسم المغمور}$$

تطبيقات:

● إن هذه القاعدة هي التي توضح أن قوة دفع الهواء من أسفل إلى أعلى بالنسبة للبالون المملوء بالهيدروجين تكون أكبر من وزن البالون والهيدروجين فيه وبالتالي ترفع هذه القوة البالون إلى أعلى في الهواء.

● كذلك فإن تلك القوة هي التي ترفع السفينة وتجعلها تطفو فوق سطح البحر وتسير فوقه بأمان طالما كانت مجموع الأحمال التي تحملها أقل من قوة دفع الماء للسفينة من أسفل إلى أعلى وهو يساوي وزن حجم الماء المساوي للجزء المغمور من السفينة ويجب أن يؤخذ ذلك بعين الاعتبار عند صناعة السفينة.

تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية :

س ١ : وضح المقصود بالمفاهيم الآتية :

(إحصاء الشد، معامل المرونة، نقطة الإذعان، حد المرونة، الضغط الجوي، الخاصية الشعرية).

س ٢ : إملأ الفراغات في الجمل الآتية بما يناسبها :

- ١ - ترتبط جزيئات المادة الواحدة بقوى تماسك، تكون كبيرة جداً في وتكون أقل في السوائل و في الغازات.
- ٢ - معامل يونج يساوي النسبة بين و
- ٣ - تحافظ قطرة زئبق على شكل كرة عند وضعها على لوح زجاجي بسبب
- ٤ - عند التأثير على جسم باجهد عالي جداً تصل إلى نقطة والتي عندها لا يعود الجسم إلى وضعه الأصلي عند زوال المؤثر.

س ٣ : ضع إشارة (✓) أمام أنسب عبارة مما يأتي :

- ١ - تسمح قوى التماسك بين جزيئات المادة الصلبة لها بأن :
 - ☐ تتحرك حركة اهتزازية.
 - ☐ تتحرك حركة انتقالية.
 - ☐ تتبادل مواقعها داخل المادة.
 - ☐ تنتشر في جميع أجزاء المكان.
- ٢ - يلقي الجسم المغمور في السائل قوة دفع من أسفل إلى أعلى تساوي :
 - ☐ وزن الجسم المغمور.
 - ☐ وزن السائل المزاح.
 - ☐ وزن السائل في الإناء الحاوي.
 - ☐ وزن الهواء المساوي لحجم الجسم المغمور.

س ٤ : علل ما يأتي :

- ١ - للأجسام الصلبة شكل وحجم ثابتين، وعدم ثباتها في الغازات .
- ٢ - تزداد قيمة الضغط الجوي بزيادة نسبة الرطوبة .
- ٣ - لا يجذب استخدام البارومتر الزئبقي في قياس الضغط الجوي .
- ٤ - عند تعليق حلقة معدنية بها غشاء صابون وخيط ثم ثقب الغشاء داخل الخيط ينشر الخيط مكوناً دائرة .

س ٥ : بالاستعانة بمعلمك وبالاشتراك مع بعض زملائك ، قم بإجراء تجربة عملية لتوضيح بيانياً تغير مقدار قوة الشد على زمبرك ومقدار الاستطالة في طوله ، حدد على الرسم البياني كل من مرحلة :

(قانون هوك / حد المرونة / نقطة الإذعان / نقطة التصدع) .

- س ٦ : اشرح تجربة عملية توضح بها صحة قاعدة أرشميدس .
- س ٧ : أذكر بعض أهم التطبيقات العملية على قاعدة أرشميدس .
- س ٨ : اذكر أهم العوامل التي يتوقف عليها مقدار الضغط الجوي .
- س ٩ : حل المسائل الآتية :

١ - احسب مقدار قوة الشد اللازم تأثيرها على سلك معدني مساحة مقطعه ٠,٢ سم وطوله ٦٠ سم ليزداد طوله بمقدار ٠,٥ سم علماً بأن معامل يونج لمادة السلك $= 1,2 \times 10^{10}$ نيوتن/م^٢ .

٢ - غمر جزء من أنبوبة زجاجية رفيعة نصف قطرها ٠,٢ سم عمودياً في إناء به ماء، كم سيرتفع الماء في الأنبوبة إذا كانت $d = 10$ م/ث ، كثافة الماء $= 10^3$ كجم/م^٣ ، $8 = 0,4$ كجم/ث

س ١٠ : اشرح مستعيناً بالرسم تركيب وفكرة عمل كل من :

- ١ - مكابح التوقف في السيارة .
- ٢ - البارومتر المعدني .

الوحدة الرابعة

الشغل والقدرة والطاقة

Work, Power, and Energy



**في حدود علم الإنسان
(الطاقة لا تبنى ولا تستحدث ولكن يمكن تحويلها من صورة إلى أخرى).**

أهداف الوحدة :

- نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :
 - ١ - تعرف المفاهيم الفيزيائية الآتية :
(الشغل - القدرة - الطاقة - طاقة الوضع - طاقة الحركة - بقاء الطاقة - الدفع - كمية التحرك - التصادم) .
 - ٢ - توضح العلاقة بين كل من الشغل والطاقة والعلاقة بين طاقتي الوضع والحركة .
 - ٣ - تفرق بين أنواع التصادمات .

- ٤ - تتحقق من مبدأ كمية التحرك .
- ٥ - تذكر تحويلات الطاقة من حالة إلى أخرى في بعض الأمثلة البسيطة .
- ٦ - توضح العلاقة بين الدفع وكمية التحرك وبقاء كمية التحرك .
- ٧ - تستخدم القوانين الواردة في الوحدة بعد اشتقاقها في حل المسائل ذات العلاقة .

لقد درست مفاهيم الشغل والقدر والطاقة في الصفوف الدراسية السابقة ولكن ذلك كان بشكل مبسط تحقيقاً لأهداف تلك المرحلة و متمشياً مع مستوياتها، أما في هذه الوحدة سندرس وبشكل أوسع مفاهيم الشغل بأنواعه المختلفة كشغل الجاذبية وشغل الاحتكاك وشغل قوة المرونة، كما سندرس مفهوم القدرة وتطبيقات رياضية عليه كما سندرس العلاقة بين الشغل والطاقة، وتحويل الطاقة من صورة إلى أخرى، وسندرس قوانين الدفع وكمية التحرك والتصادم وفي كل مرة سنشتق القوانين المتعلقة بالمفاهيم سابقة الذكر.

كما ستمكنك هذه الوحدة من حل بعض المسائل المتعلقة بالمفاهيم المختلفة . ولكي نبدأ دراسة هذه الوحدة بشكل متعمق فإننا سننطلق من مناقشة مفهوم الشغل الذي سبق وأن تعرفت عليه .

الشغل Work

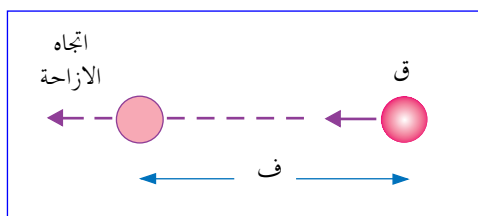
تعرفت على مفهوم الشغل الذي نستخدمه يومياً في تداولنا في الحياة اليومية والذي قد يتطلب مجهود عضلي أو عقلي، والشغل بالمفهوم الفيزيائي الذي يتطلب وجود قوة مؤثرة على الجسم وتزيحه في اتجاهها .

📖 مما سبق ما تعريفك للشغل علمياً ؟

📖 إذا أثرت قوة (ق) على جسم في مستوى أفقي وأزاحته مسافة معينة (ف) في

اتجاهها كما في الشكل (١) فإن :

$$\text{الشغل (شغ)} = \text{القوة المؤثرة (ق)} \times \text{الإزاحة (ف)}$$



شكل (١)

$$\vec{Q} \times \vec{F} = (\text{نيوتن} \cdot \text{متر})$$

من المعادلة السابقة نجد أن الشغل يتناسب مع القوة المؤثرة تناسباً طردياً أي أن الشغل يزداد بزيادة القوة.

ومن المعادلة أيضاً نجد أن الشغل يعتبر

كمية قياسية أي أنه ليس له اتجاه لأن حاصل ضرب كميتين متجهيتين (ق، ف) كمية قياسية.

■ **مثال ١:** في الشكل (٢)، إذا أثرت قوة مقدارها ٢٠ نيوتن على صندوق موضوع في مستوى أفقي فازاحته ٠,٣ متر في اتجاهها، ما مقدار الشغل المبذول؟



شكل (٢)

● **الحل:** القوة (ق) = ٢٠ نيوتن

الازاحة المحدثة للصندوق :

$$(\vec{F}) = ٠,٣ \text{ متر}$$

بتطبيق قانون الشغل في مستوى أفقي

أملس الشغل المبذول (شغ) :

$$= \text{القوة (ق)} \times \text{الازاحة (ف)}$$

$$= ٢٠ \text{ نيوتن} \times ٠,٣ \text{ متر} = ٦ \text{ نيوتن} \cdot \text{متر}$$

وحدة الشغل في النظام الدولي نيوتن . متر ولقد أطلق على هذه الوحدة اسم جول تكريماً للعالم البريطاني "جيمس جول" (١٩١٨-١٨٨٩)، ويعرّف الجول بأنه :

● مقدار الشغل الذي تبذله قوة مقدارها واحد نيوتن عندما تزيح جسمًا ازاحة متر واحد في اتجاهها.

■ **مثال ٢:** في المثال السابق ما الشغل المبذول بالجول إذا كانت القوة المؤثرة ٣٠ نيوتن.

● **الحل:** الشغل المبذول (شغ) = ق × ف

$$\text{الشغل المبذول (شغ)} = ٣٠ \times ٠,٣ = ٩ \text{ نيوتن} \cdot \text{متر} = ٩ \text{ جول}.$$

وللشغل وحدات أصغر مثل الإرج وهو نظام (سم . جم . ث)، فإذا كان مقدار

القوة = ١ داین ، ومقدار الإزاحة = ١ سم ، فإن الشغل (شغ) = ١ داین × ١ سم
 = (١ داین . سم) ، حيث يطلق على وحدة الشغل (داین . سم) بالإرج .
 في ضوء تعريفك للجول عرّف الإرج .

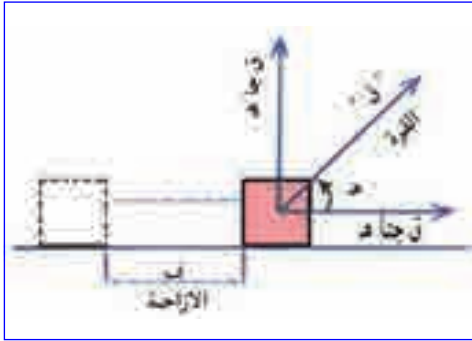
ويمكن اشتقاق العلاقة بين الجول والإرج كالتالي :

$$١ \text{ جول} = ١ \text{ نيوتن} \cdot \text{متر} = ١ \text{ كجم} \cdot \text{متر} / \text{ث}^٢ \cdot \text{متر}$$

$$= ١٠٠٠ \text{ جم} \cdot ١٠٠ \times ١٠٠ \text{ سم} / \text{ث}^٢ \times ١٠٠ \text{ سم}$$

$$= ١٠٠ \text{ جم} \cdot \text{سم} / \text{ث}^٢ \cdot \text{سم} = ١٠٠ \text{ داین} \cdot \text{سم} = ١٠٠ \text{ إرج} .$$

● الشغل تحت تأثير قوة تميل على السطح :



شكل (٣)

ما سبق بتطبيق على جسم يترك
 تحت تأثير قوة وفي خط مستقيم ولكن
 إذا تحرك الجسم على سطح أملس مائل
 يصنع زاوية (هـ) كما الشكل (٣) .

كيف تحسب الشغل في هذه الحالة ؟
 في مثل هذه الحالة نحلل القوة إلى
 مركبتين :

١ - مركبة موازية لاتجاه الحركة مقدارها : ق جتاه

٢ - مركبة عمودية على اتجاه الحركة مقدارها : ق جا هـ

ويكون الشغل المبذول عندما يتحرك الجسم مسافة أفقية ف :

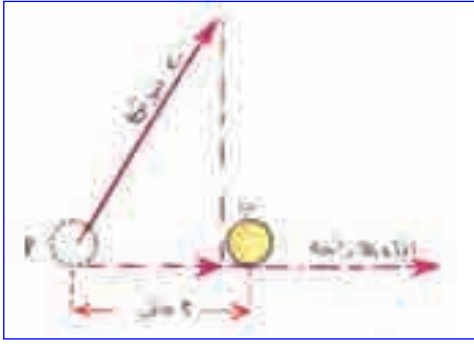
$$\text{الشغل (شغ)} = \overrightarrow{ق} \cdot \overrightarrow{جتاه} = F \cos \alpha \cdot x$$

$$= \overrightarrow{ق} \cdot \overrightarrow{ف} \cdot \cos \alpha$$

وهذه هي الصورة العامة للشغل الذي تقوم به قوة (ق) تسبب إزاحة (ف) في اتجاهها .

■ مثال ١ :

إذا أثرت قوة على جسم مقدارها ٢٠ نيوتن وفي اتجاه يصنع زاوية قدرها ٦٠ مع
 المستوى الأفقي ، احسب مقدار الشغل المبذول ، إذا علمت أنها ازاحته مسافة ٢ متر
 من ١ إلى ب ، كما في الشكل (٤) .



شكل (٤)

● الحل:

القوة في اتجاه الإزاحة = ٢٠ نيوتن

الإزاحة = ٢ متر

زاوية الميل مع الأفقي = ٦٠°

الشغل (شغ) = ق. ف جتاه

= ٢٠ نيوتن × ٢ متر × جتا ٦٠°

= $\frac{1}{2} \times 2 \times 20 = 20$ نيوتن.متر = ٢٠ جول

نشاط:

■ في المثال السابق أوجد الشغل عندما هـ = ٣٠ ، ٤٥ ، ٩٠ ، صفر.

● شغل قوة الاحتكاك (شغ ح) : Work of Friction

في صفوف سابقة عرفت أن الجسم عندما يتحرك على سطح خشن فإن هناك قوة تعمل على إعاقته .

📖 ماذا تسمى هذه القوة؟

📖 في أي حالة من حالات تحرك الجسم يزداد الشغل ، هل في أثناء تحركه على سطح

خشن أم على سطح أملس؟

📖 انظر إلى الشكل (٥) ، في أي اتجاه تكون قوة الاحتكاك؟

📖 إذا كان الشغل الذي تبذله القوة (ف) على الجسم الموضوع في مستوى أفقي

خشن يساوي ق × ف جتاه فإن : شغل قوة الاحتكاك :

$$= \vec{Q} \times \vec{F} \times (1 - \cos \theta)$$

$$= \vec{Q} \times \vec{F} \times \cos \theta$$

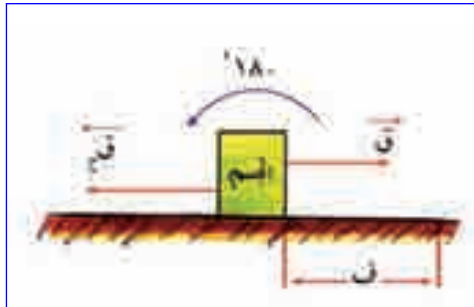
📖 ماذا تعني الإشارة السالبة؟

📖 تعني :

١ - أننا بحاجة إلى بذل شغل لتحريك

الجسم في اتجاه القوة التي تزيحه

للتغلب على قوة الاحتكاك .



شكل (٥)

٢ - شغل الاحتكاك دائماً سالب لأن الزاوية ١٨٠°.

٣ - اتجاه قوة الاحتكاك معاكس لاتجاه الإزاحة.

إذن الشغل المبذول لمقاومة الاحتكاك $= \vec{q} \times \vec{f}$.

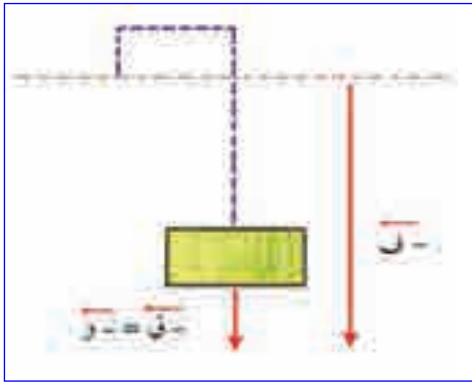
■ **مثال ١:** وضعت قطعة من الخشب على سطح أفقي خشن، فإذا كانت قوة الاحتكاك بين قطعة الخشب والمستوى الأفقي ٦ نيوتن، فكم يكون مقدار الشغل المبذول لتحريك القطعة مسافة ٢٠ متر.

● **الحل:** القوة المطلوبة لتحريك الجسم = القوة المطلوبة للتغلب على قوة الاحتكاك
 $= ٦$ نيوتن

الشغل المبذول (شغ) $= ٦$ نيوتن $\times ٢٠$ متر $= ١٢٠$ جول .

● شغل قوة الجاذبية (شغ) Gravity Work :

فيما سبق عرفت أن الشغل $= \vec{q} \times \vec{f}$ ، وهذا يحدث عندما توجد قوة تؤثر على الجسم فتزيحه مسافة ما في اتجاهها، ولكن عندما تكون القوة المؤثرة هي قوة الجاذبية الأرضية فإن هذه القوة تنجز شغلاً ميكانيكياً إما موجباً وذلك عندما تكون الإزاحة والقوة متطابقتين أي في نفس الاتجاه كما في حالة السقوط الحر، (شكل ٦).



شكل (٦)

$$\text{الشغل (شغ)} = (\vec{q}) \cdot (\vec{f})$$
$$= \vec{q} \times \vec{f}$$

حيث q = وزن الجسم

$$= m \times g$$

حيث m هي كتلة الجسم ،

g = عجلة الجاذبية الأرضية .

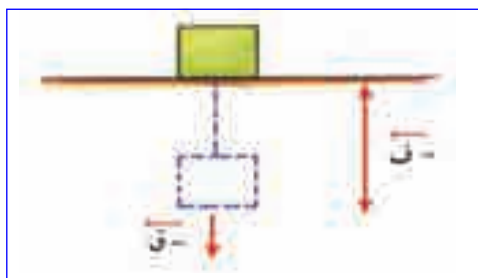
ويسمى الشغل هنا شغل الجاذبية

الأرضية، ومن الملاحظ أيضاً أن

المسافة (الإزاحة) هي المسافة العمودية .

أو سالباً وذلك عندما تكون الإزاحة عكس اتجاه القوة فإذا رفع الجسم فإن إشارة

الإزاحة يمكن اعتبارها (+) .



شكل (٧)

بينما إشارة القوة المؤثرة وهي قوة جذب الأرض (وزن الجسم) (-) لأن القوة تعمل إلى أسفل، شكل (٧).

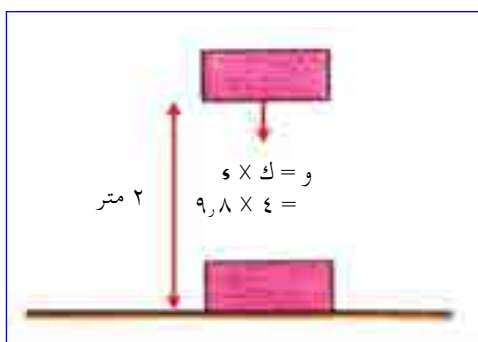
$$\text{الشغل (شغل)} = (-ق) \times س$$

$$= -ق \times س$$

$$= -ك \times س \times ف$$

■ مثال ١ :

احسب مقدار الشغل اللازم لرفع كتلة مقدارها ٤ كجم إلى ارتفاع ٢ متر علماً بأن عجلة الجاذبية (س) = ٩,٨ متر/ثانية^٢.



شكل (٨)

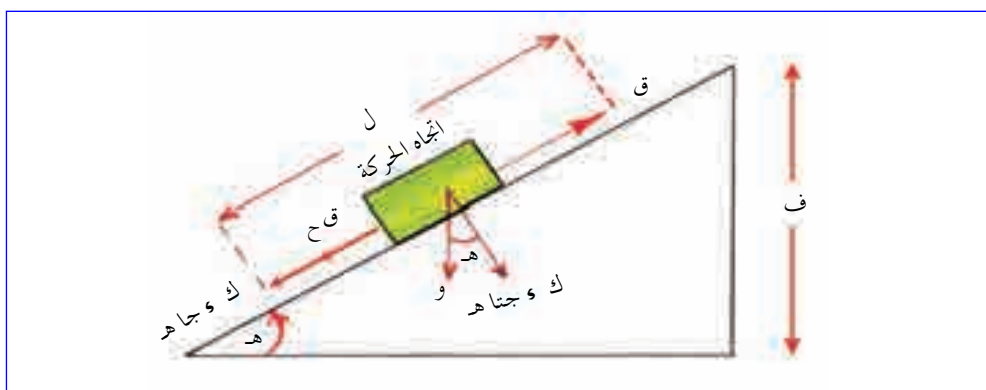
● الحل :

كتلة الجسم = ٤ كجم
 $س = ٩,٨ \text{ م} / \text{ث}^٢$ ، الإزاحة = ٢ متر
 ∴ الشغل اللازم (شغل) :
 $= -٤ \text{ كجم} \times ٩,٨ \text{ م} / \text{ث}^٢ \times ٢ \text{ متر}.$

ماذا تعني الإشارة السالبة هنا ؟

● شغل قوة الاحتكاك لجسم يتحرك على سطح مستوي مائل خشن :

إذا كان الجسم يتحرك على مستوى مائل خشن فإن الشغل يكون كما يلي :
 الشغل المبذول = شغل قوة الاحتكاك لأسفل بفعل وزن الجسم، انظر الشكل (٩).



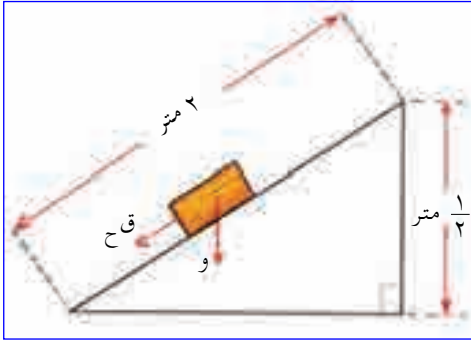
شكل (٩)

$$\vec{Q} \times \vec{L} + \vec{K} \times \vec{J} = \vec{F}$$

حيث $\vec{Q}$ هي قوة الاحتكاك ، $\vec{L}$ الإزاحة التي يتحركها الجسم في اتجاه القوة ، $\vec{K}$ كتلة الجسم ، $\vec{J}$ عجلة الجاذبية الأرضية ، $\vec{F}$ المسافة العمودية عن سطح الأرض .

■ مثال ١ :

في الشكل (١٠) يستخدم رجل مستوى مائل ليرفع صندوق كتلته ٤٠ كيلو جرام حيث أن طول المستوى المائل ٢ متر وارتفاعه $\frac{1}{2}$ متر، احسب الشغل المبذول :



شكل (١٠)

أ - عند اهمال الاحتكاك .

ب - إذا كانت قوة الاحتكاك بين الصندوق والمستوى تساوى ٥٠ نيوتن .

● الحل :

المسافة عبارة عن الارتفاع العمودي عن

$$\text{سطح الأرض} = \frac{1}{2} \text{ متر}$$

وزن الصندوق (و) = $\vec{K} \times \vec{s}$

$$= ٤٠ \text{ كيلو جرام} \times ١٠ \text{ متر/ث}^2 = ٤٠٠ \text{ نيوتن}$$

أ - عند اهمال الاحتكاك : الشغل المبذول = الشغل بفعل الجاذبية

$$= \vec{K} \times \vec{s} \times \vec{F}$$

$$= ٤٠٠ \text{ نيوتن} \times \frac{1}{2} \text{ متر} = ٢٠٠ \text{ جول}$$

ب - عند أخذ الاحتكاك في الاعتبار :

$$\text{الشغل المبذول} = \text{الشغل بفعل الجاذبية} + \text{شغل قوة الاحتكاك}$$

$$\text{الشغل المبذول} = ٢٠٠ \text{ جول} + (\vec{Q} \times \text{المسافة (الإزاحة)})$$

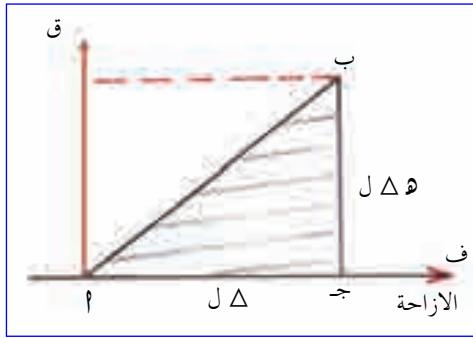
$$= ٢٠٠ + (٥٠ \times ٢ \text{ متر}) = ٣٠٠ \text{ جول}.$$

● شغل قوة المرونة (شغَر) Elasticity Work :

من دراستك لقانون هوك رأيت أن قوة الشد ($\vec{Q}$) على النابض = Δ ل حيث هـ

ثابت النابض (ثابت التناسب بين قوة الشد والاستطالة) ، Δ مقدار الاستطالة .

ولحساب شغل قوة المرونة فإننا نقوم بعمل رسم بياني يمثل منحني القوة المؤثرة



شكل (١١)

على النابض بدلالة الاستطالة فتحصل على الشكل (١١)، حيث يمثل المثلث أ ب ج شغل قوة المرونة وهي المساحة تحت المنحنى، ق قوة الشد، ΔL الاستطالة.

•: المنحنى عبارة عن مثلث فإن: شغل

قوة المرونة = مساحة المثلث أ ب ج

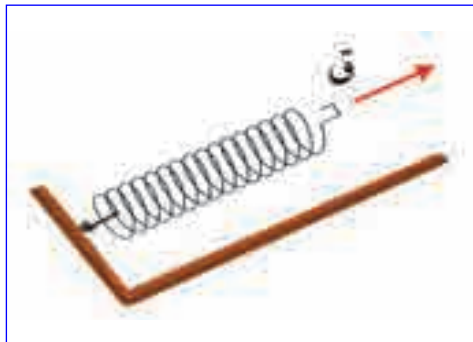
$$= \frac{1}{2} \Delta L \times \text{ق (الاستطالة)}$$

$$\text{لكن ق} = \Delta L$$

$$\text{شغل قوة المرونة} = \frac{1}{2} \Delta L^2$$

■ **مثال ١:** احسب شغل قوة المرونة النابض، إذا علمت إن ثابت النابض ١٠٠٠ نيوتن/م إذا أثرت عليه قوة فأدت إلى زيادة طوله ٢٥ ر.م.

● **الحل:**



شكل (١٢)

$$\text{•: شغل قوة المرونة النابض} = \frac{1}{2} \Delta L^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1000 \text{ نيوتن/م} \times (0.25 \text{ م})^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 1000 \times 0.25 \times 0.25$$

$$= 31.25 \times 10 = 312.5 \text{ نيوتن.م}$$

$$= 312.5 \times 10 = 3125 \text{ جول}$$

عرفت في مرحلة سابقة مفهوم القدرة وأنها عبارة عن معدل الشغل بالنسبة للزمن، ولمزيد من توضيح مفهوم القدرة نضرب المثال الآتي :
عندما نصف سيارة ما بأنها ذات قدرة عالية تستطيع أن تسير بسرعة كبيرة عن سيارة أخرى ذات قدرة منخفضة تسير بسرعة أقل .

🔗 ماذا نعني بذلك ؟

🔗 نعني بذلك أن السيارة ذات القدرة العالية تستطيع أن تنجز شغلاً بتوليدها طاقة حركية بمعدل أكبر مقارنة بما تولّده السيارة الأخرى وكذا يمكن القول بشكل عام أن الآلة الكبيرة أكثر قدرة من الآلة الصغيرة أي أن الآلة الكبيرة تنجز شغلاً في أقل وقت مقارنة بالآلة الصغيرة .

فإذا رمزنا للقدرة (قد) والشغل بالرمز (شغ) خلال زمن (ز) فإن القدرة (قد) :

$$\text{قد} = \frac{\text{شغ (نيوتن . متر)}}{\text{ز (ثانية)}}$$

أي أن وحدة القدرة هي نيوتن × متر / ث أو

جول / ثانية، وتسمى وحدة جول / ث بالوات تكريماً للعالم الإنجليزي جيمس وات (Watt) مخترع الآلة البخارية .

∴ الوات = جول / ث أو أن وات . ث = جول .

وكما ترى أن هذه الوحدات صغيرة، وهناك وحدات أكبر من الوات وهي كيلو

وات = ١٠٠٠ وات، وميجاوات = ٦١٠ وات .

وتوجد وحدات أخرى تسمى قدرة الحصان Horsepower وتساوي تقريباً ٧٤٦

وات، وقدرة الحصان عبارة عن وحدة القدرة في النظام الإنجليزي وهي مصطلح أطلقه العالم وات، والوات تعني كم من الشغل يمكن أن ينجزه حصان في الثانية مقارنة بما تنجزه الآلة البخارية، أو قد يديره إنسان أو آلة تنجز شغلاً مقداره جول واحد في ثانية واحدة .

● العلاقة بين القدرة والسرعة :

$$\text{∴ القدرة (قد)} = \frac{\text{شغ}}{\text{ز}} = \text{ق} \times \frac{\text{ف}}{\text{ز}}$$

$$\text{لكن ع (السرعة)} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{ف}}{\text{ز}}$$

وبالتعويض في العلاقة ...

$$\text{قد} = \text{ق} \times \frac{\text{ف}}{\text{ز}}$$

$$\therefore \text{قد} = \text{ق} \times \text{ع}$$

ومنه نستنتج أنه إذا كانت القوة كمية ثابتة فإن السرعة تزداد بإزدیاد القدرة، وهذا ما يفسر زيادة قدرة آلة عن آلة أخرى كزيادة قدرة الطائرة عن قدرة السيارة أو زيادة قدرة السيارة عن قدرة الدراجة النارية، وتستخدم العلاقة فقط لحساب قدرة قوة عندما يتحرك الجسم الذي تؤثر فيه بسرعة ثابتة.

■ مثال ١ :

متسلق جبل كتلته ٦٠ كيلوجرام يستخدم حبلًا للتسلق طوله ١٠ أمتار في زمن قدره ٤ دقائق بسرعة ثابتة إلى أعلى، احسب قدرة المتسلق، علماً بأن عجلة الجاذبية الأرضية ٩,٨ م/ث^٢.



شكل (١٣)

■ الحل :

كتلة الرجل (ك) = ٦٠ كجم

طول الحبل (المسافة) = ١٠ أمتار

زمن التسلق = ٤ دقائق

$$\therefore \text{القدرة (قد)} = \text{ق} \times \frac{\text{ف}}{\text{ز}}$$

$$= \frac{١٠ \times ٩,٨ \times ٦٠}{٦٠ \times ٤} = ٢٤,٥ \text{ وات}$$

■ مثال ٢ :

طالب وزنه ٥٠٠ نيوتن يصعد سلم يتكون من ٣٠ درجة في عشر ثوان، وارتفاع كل درجة ١٦ سم، احسب قدرة الطالب بوحدة الحصان.



شكل (١٤)

■ الحل :

وزن الطالب (و) ٥٠٠ نيوتن،

الزمن (ز) = ١٠ ثوان

المسافة = ٣٠ درجة = ٣٠ × ١٦ سم = ٤٨٠ سم = ٤,٨ متر

∴ الشغل = ق × ف

∴ الشغل = ٥٠٠ نيوتن × ٤,٨ متر

∴ القدرة = $\frac{٤,٨ \times ٥٠٠}{١٠}$ = ٢٤٠ وات

∴ قدرة الطالب بالحصان = $\frac{٢٤٠ \text{ وات}}{٧٤٦}$ = ٠,٣٢ قدرة حصان.



شكل (١٥)

■ **مثال ٣:** سيارة تتحرك على طريق أفقي

بسرعة ثابتة ٢٠٠ متر/ثانية، فإذا

كانت مقاومة الاحتكاك تعادل ٢٥٠٠

نيوتن، ما قدرة محرك السيارة عند

إهمال مقاومة الهواء؟

■ **الحل :**

السرعة (ع) = ٢٠٠ متر/ث ، ق ح = ٢٥٠٠ نيوتن

وبما أن السيارة تسير بسرعة منتظمة : ∴ القدرة (قد) = $\frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$

= $\frac{\text{القوة} \times \text{المسافة}}{\text{الزمن}}$ = القوة × السرعة = ٢٥٠٠ نيوتن × ٢٠٠ متر/ث

= ٥٠٠٠٠٠ وات = ٥٠٠ كيلو وات



شكل (١٦)

■ **مثال ٤:**

مضخة كهربائية ترفع ١,٥ متر مكعب

من الماء في خمس دقائق إلى داخل

خزان فوق أحد البيوت البالغ ارتفاعها

٥ متر، احسب قدرة المضخة إذا كانت

كثافة الماء ١٠٠٠ كجم/متر مكعب.

■ **الحل :**

حجم الماء (ح) = ١,٥ م^٣ ، ز = ٥ دقائق ، ف (ارتفاع البيت) = ٥ م

ث (الكثافة) = ١٠٠٠ كجم/م^٣

ولقد عرفت أن $ق = و = ك \times س$ ، $ث = \frac{ك}{ح}$ ، ومنه : $ك = ث \times ح$

$$\therefore \text{القدرة} = \frac{\text{شغ}}{ز} = \frac{ك \times س \times ف}{ز} = \frac{ث \times ح \times س \times ف}{ز}$$

$$= \frac{٥ \times ٩,٨ \times ١,٥ \times ١٠٠٠}{٦٠ \times ٥} = ٢٤٥ \text{ وات.}$$

■ مثال ٥ :

سيارة كتلتها ٥٠٠٠ كيلوجرام تصعد طريق منحدر يميل على الأفقي بزاوية جيبها $\frac{١}{١٠٠}$ بسرعة منتظمة قدرها ٩٠ كيلو متر/ساعة ضد مقاومات احتكاك تعادل ٢٩٤ نيوتن، احسب قدرة السيارة.



■ الحل :

$ك = ٥٠٠٠$ كيلوجرام ، $جاه = \frac{١}{١٠٠}$ ،
 $ع = ٩٠$ كم/ساعة ، $ق ح = ٢٩٤$ نيوتن
 $\therefore \text{القدرة (قد)} = ق \times ع$

نوجد قيمة $ق$: $ق = ق ح + ك \times جاه$ (شكل (١٧))

$$= ٢٩٤ + \frac{١}{١٠٠} \times ٩,٨ \times ٥٠٠٠ = ٧٨٤ \text{ نيوتن}$$

$$\therefore \text{قد} = ق \times ع$$

$$= \frac{١٠٠٠ \times ٩٠ \times ٧٨٤}{٦٠ \times ٦٠} = ١٩,٦٠٠ \text{ كيلو وات}$$

العلاقة بين الشغل والطاقة Work and Energy

عرفت أن الشغل لا يمكن أن ينجز إلا بوجود طاقة، من أين تأتي هذه الطاقة ؟
 والطاقة كما عرفت بأنها امكانية لإنجاز شغل، أو بأنها مقدار الشغل الذي تنجزه آلة. وإذا أنجز جسم شغلاً فإنه يمكن القول أن الجسم يمتلك طاقة، والطاقة كمية قياسية وتقدر وحدتها بالجول وهي نفسها وحدة الشغل.
 وعندما ينجز الجسم شغلاً فإن طاقته الكامنة تقل بينما الجسم الذي يقع عليه الشغل تزيد طاقته.

ماذا يعني ذلك ؟

ذلك يعني أنه يوجد تحول أو انتقال في الطاقة عند إنجاز شغل ويمكن أن يحصل الجسم على الطاقة أما على شكل طاقة كامنة أو طاقة حركية أو نوع آخر من أنواع الطاقة .

والطاقة توجد في أشكال عديدة فهناك طاقة الوضع والطاقة الحركية (الميكانيكية)، والطاقة الكيميائية، والطاقة النووية، والطاقة الضعيفة، والطاقة الكهربائية، والطاقة الضوئية . . وغير ذلك .

انظر إلى الصور الآتية وحدد مصدر الطاقة اللازمة لإنجاز شغل لتحريك الآلات التي في الصورة ؟



شكل (١٨)



شكل (١٩)

■ كيف تتحول الطاقة إلى شغل ؟



١ - احضر مقلاع وكرات زجاجية صغيرة متساوية الحجم .

٢ - أجز النشاط على أرض أفقية واسعة .

٣ - ضع إحدى الكرات الزجاجية في طرف وتري المقلاع وأثر عليه بقوة سحب كما هو موضح بالشكل (١٩) .

٤ - ارفع يدك التي تسحب طرفي المقلاع لتسمح للكرة الزجاجية أن تنطلق ولاحظ المسافة التي تقطعها الكرة .

٥ - أعد الخطوات ٣، ٤ عدة مرات باستخدام الكرات الزجاجية الأخرى وفي كل مرة زد قوة السحب ولاحظ التغير في المسافة التي تقطعها الكرات .

✎ ما العلاقة بين قوة السحب والمسافة التي تقطعها الكرة ؟

✎ هل يمكن القول أن المقلاع ينجز شغلاً ؟

✎ ما علاقة الشغل بالشد ؟

✎ ما علاقة الشغل بالطاقة زيادة أو نقصان ؟

✎ من أين حصل المقلاع على الطاقة لينجز شغلاً ؟

✎ من خلال النشاط نستنتج أنه :

١ - عند بذل شغل على جسم فإنه يكتسب طاقة تمكنه من إنجاز شغل، وتزداد هذه الطاقة بزيادة الشغل .

٢ - إذا بذل جسم شغلاً على جسم ، فإن طاقته تقل وتتحوّل إلى شغل وإن هذه الطاقة المفقودة تساوي مقدار الشغل المكتسب من قبل الجسم الآخر .

٣ - مقدار الطاقة المنتقلة إلى الجسم يساوي مقدار الشغل المبذول إذا لم يحدث هدر في الطاقة .

٤ - أما بالنسبة للسطح الخشن الذي له قوة احتكاك تعمل على إعاقة حركة الجسم

فيمكننا أن نقول أن مقدار الشغل المبذول يساوي التغير في طاقة حركة الجسم مضاف إليه الشغل الذي يبذل ضد قوة الاحتكاك (يعتبر هدر في الطاقة)، وكل جسم يمتلك طاقة حركة وطاقة وضع.

الشغل وطاقة الحركة (طج)

Kinetic Energy and Work

كما عرفنا أن الطاقة تعرف بأنها القدرة على إنجاز شغل، وأن أي جسم أو نظام يستطيع أن ينجز شغلاً يقال بأنه يمتلك طاقة وعندما ينجز شغلاً فإن طاقته تقل بينما الجسم الذي يقع عليه الشغل فإن طاقته تزداد وهذا يعني أن هناك تحول للطاقة من شكل إلى آخر، ويمكن أن تستنبط أن الأجسام الساكنة لا تنجز شغلاً.

ولمعرفة هذا التحول دعنا ندرس بعض الحالات ومنها طاقة الحركة، انظر إلى الصور.

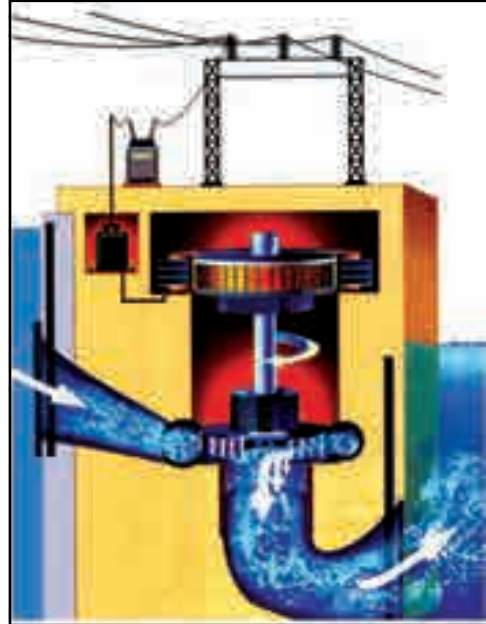
هل تنجز هذه الآلات شغلاً؟



طريق متعرج في جبل



شاحنة كبيرة تسير بسرعة



تربين كهرباء

شكل (٢٠)

يقال أن الجسم المتحرك يمتلك طاقة حركية والحركة قد تكون انتقالية كما في السيارة المتحركة، أو دائرية كما في التربينات أو المروحة الكهربائية وطاقة حركة الجسم هي الطاقة الناجمة عن حركته .

ولحساب العلاقة بين الشغل وطاقة الحركة (طاقة الجسم الناشئة من حركته :

$$\text{الشغل (شغ)} = \text{ق} \times \text{ف} \quad \text{..... (١)}$$

وطبقاً لقانون نيوتن $\text{ق} = \text{ك} \times \text{ج}$ ، حيث ق هي القوة المؤثرة، ج عجلة الجسم المتحرك .

∴ ف (الازاحة) يمكن استنتاجها من القانون :

$$\text{ع}^2 = \text{ع}^2 + ٢ \times \text{ج} \times \text{ف}$$

$$\text{ف} = \frac{\text{ع}^2 - \text{ع}^2}{٢ \times \text{ج}}$$

∴ بالتعويض في المعادلة (١) عن قيمة ق ، ف

$$\text{شغ} = \text{ك} \times \text{ج} \times \frac{\text{ع}^2 - \text{ع}^2}{٢ \times \text{ج}}$$

$$= \frac{١}{٢} \times \text{ك} \times \text{ع}^2 - \frac{١}{٢} \times \text{ك} \times \text{ع}^2$$

حيث $\text{ع}_١$ ، $\text{ع}_٢$ هما السرعة الابتدائية والسرعة النهائية التي يتحرك بها الجسم على الترتيب .

لكن المقدار $\frac{١}{٢} \times \text{ك} \times \text{ع}^2$ يعرف بالطاقة الحركية وهذا يعني أن الشغل يساوي التغير في الطاقة الحركية للجسم .

وإذا بدأ الجسم حركته من السكون فإن السرعة الابتدائية $\text{ع}_١ = ٠$ صفر

$$\text{∴ شغ} = \frac{١}{٢} \times \text{ك} \times \text{ع}^2$$

وهذا يعني أن الطاقة الحركية تساوي الشغل الذي أنجزها أو الشغل الذي يمكن أن تنجزه .

■ **مثال ١ :** احسب طاقة حركة جسم متدحرج كتلته ٥ كجم وسرعته ١٠ متر/ث، واحسب الشغل .

● **الحل :** طاقة الحركة (ط ح) = $\frac{١}{٢} \times \text{ك} \times \text{ع}^2$

$$= \frac{١}{٢} \times ٥ \times \text{كجم} \times ١٠^2 \times \text{متر} = \frac{١}{٢} \times ٥ \times ١٠٠ = ٢٥٠ \text{ جول}$$

$$\text{∴ الشغل} = \text{ط ح} \quad \text{∴ الشغل} = ٢٥٠ \text{ جول}$$

الشغل وطاقة الوضع (ط_و) : (الطاقة الكامنة)

Potential Energy and Work

عرفت أن الجسم عندما يقع عند نقطة ما معينة على سطح الأرض فإنه يمتلك طاقة تسمى طاقة الوضع (الطاقة الكامنة). معنى ذلك أن رفع جسم من نقطة إلى أعلى يعني بذل شغل وأن الشغل يتحول إلى طاقة.

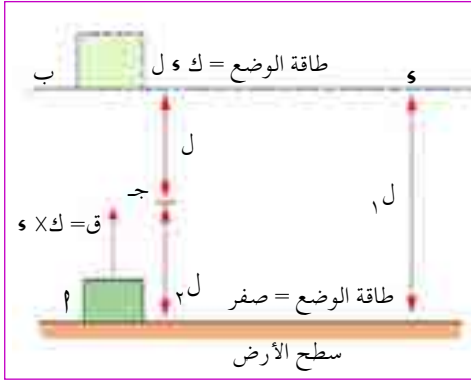
وطاقة الوضع أو الطاقة الكامنة تعرف بأنها طاقة الجسم الناشئة عن تغير وضعه، انظر الشكل (٢١).

عند أي نقطة تكون للجسم طاقة أكبر، عند النقطة (أ) أم عند النقطة (ب)؟
وتنشأ طاقة الجسم عند النقطة (ب) من الجاذبية الأرضية، وإذا سقط الجسم سقوطاً حراً من هذه النقطة فإنه ينجز شغلاً:

$$\therefore \text{الشغل (شغ)} = \text{ك} \times \text{س} \times \text{ل}$$

حيث ك هي كتلة الجسم، س عجلة الجاذبية الأرضية، ل المسافة العمودية عن سطح الأرض والمقدار ك و ل يعرف بطاقة الوضع (ط_و).

وإذا حسبنا التغير في طاقة الوضع للجسم بانتقاله من النقطة (ج) إلى النقطة (ب) فإن:
الشغل (شغ) = ك و ل - ك و ل_٢
وهذا يعني أن الشغل يساوي التغير في طاقة الوضع.



شكل (٢١)

إذا انتقل الجسم من النقطة (ب) إلى النقطة (ج) أي بشكل أفقي فإن طاقة وضعه لا تتغير لأن طاقة الوضع تعتمد على الوزن والارتفاع العمودي للجسم، وقد اعتبرت طاقة الوضع للجسم عند سطح الأرض تساوي صفر.

■ **مثال ١:** رفع الطالب الذي في الصورة حقيبته من على سطح الأرض ووضعها على سطح منصدته والتي ترتفع $\frac{1}{4}$ متر. احسب طاقة وضع الحقيبة إذا علمت أن كتلتها ١ كجم، ثم احسب الشغل.



شكل (٢٢)

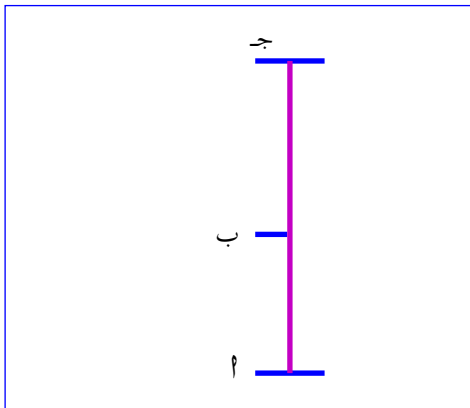
• الحل:

ك للحقيقية = ١ كجم
ارتفاع المنضدة (المسافة التي ارتفعت إليها الحقيقية) = $\frac{1}{3}$ متر
س (عجلة الجاذبية الأرضية) = ٩,٨ متر/ث^٢

∴ طاقة الوضع = ك × س × ل
طاقة الوضع = $1 \times 9.8 \times \frac{1}{3} = ٤,٩$ جول
∴ طاقة الوضع = الشغل ∴ الشغل = ٤,٩ جول

مبدأ بقاء الطاقة Conservation Principle of Energy

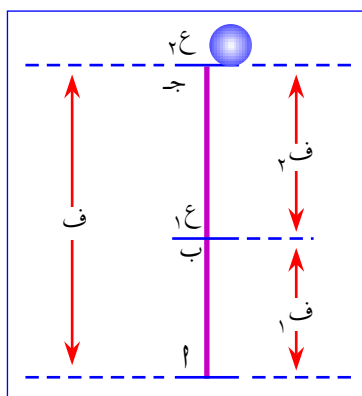
إن طاقة الحركة كما عرفت تحدث عندما يُبذل شغل على جسم فتؤدي إلى زيادة سرعته، بينما طاقة الوضع تحدث عندما يُبذل شغل في تغيير وضع الجسم بالنسبة للأرض، ويمكن لطاقة الحركة أن تتحول إلى طاقة وضع والعكس صحيح. ولتبيان ذلك، نفرض أننا رفعنا جسماً من النقطة (١) إلى النقطة (ج)، فإن الجسم يصبح له طاقة وضع بسبب رفعه إلى أعلى وأن هذه الطاقة تساوي الشغل المبذول، انظر الشكل (٢٣).



شكل (٢٣)

الشغل المبذول لرفع الجسم = ق × ف ←
ك × س × ف =
لنفرض الآن أن الجسم سقط سقوطاً حراً من النقطة (ج) إلى النقطة (١) فإن طاقة وضعه تتحول إلى طاقة حركية. والآن دعنا ندرس هذا التحول ونأخذ النقطة (ج) والنقطة (ب) شكل (٢٤).

عند النقطة (ج) تكون طاقة الوضع = ك × س × ف



شكل (٢٤)

طاقة الحركة = $\frac{1}{2} ك ع^٢$
عند النقطة (ب) تكون طاقة الوضع = ك و ف_١

طاقة الحركة = $\frac{1}{2} ك ع^٢$
∴ التغير في طاقة الوضع بانتقال الجسم من
(ب) إلى (ج) :

$$= ك و ف - ك و ف_١ \dots\dots (١)$$

والطرف الأيسر يمثل الزيادة في طاقة الوضع
لأن (ج) أعلى من (ب).

$$\text{التغير في طاقة الحركة} = \frac{1}{2} ك ع^٢ - \frac{1}{2} ك ع^٢ \dots\dots (٢)$$

وهذا يمثل النقص في طاقة الحركة للجسم لأن ع_٢ أقل من ع_١
وإذا اعتبر ع_١ هي السرعة الابتدائية، ع_٢ هي السرعة النهائية والمسافة بين ب ج هي ف_٢ فإن :

$$ع^٢ - ع^٢_١ = ٢ و ف_٢ \text{ (من قوانين الحركة).}$$

وبضرب طرفي المعادلة في $\frac{1}{2} ك$

$$\therefore \frac{1}{2} ك ع^٢ - \frac{1}{2} ك ع^٢_١ = \frac{1}{2} ك و ف_٢$$

$$= ك و ف - ك و ف_١ \text{ لأن } ف_١ = ف - ف_٢$$

$$= ك و ف - ك و ف_١ \dots\dots (٣)$$

وبالنظر إلى المعادلة (٣) نجد أن النقص في طاقة حركة الجسم يقابله زيادة في

طاقة الوضع، بترتيب المعادلة (٣) :

$$\therefore ك و ف - ك و ف_١ + \frac{1}{2} ك ع^٢_١ - \frac{1}{2} ك ع^٢ = \text{صفر}$$

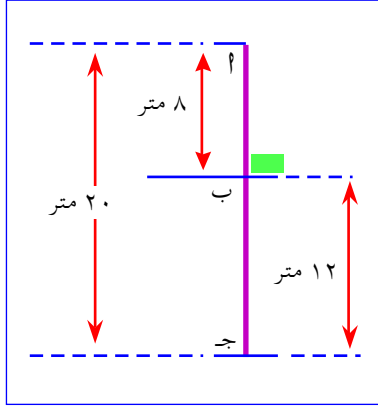
$$\therefore ك و ف + \frac{1}{2} ك ع^٢_١ = \frac{1}{2} ك ع^٢ + ك و ف_١$$

ويمثل الطرف الأيمن مجموع طاقتي الوضع والحركة عند النقطة (ج) بينما يمثل
الطرف الأيسر مجموع طاقتي الوضع والحركة عند النقطة (ب)، ويعني هذا أن الطاقة
يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى بحيث يظل مجموعهما ثابتاً وهذا يقودنا إلى
مبدأ يعرف بمبدأ بقاء الطاقة الذي ينص على أن :

● الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكن يمكن تحويلها من صورة إلى أخرى.

ومجموع طاقتي الوضع والحركة يعرف بالطاقة الميكانيكية وهي ثابتة.

∴ الطاقة الميكانيكية لجسم = طاقة الوضع لجسم + طاقة الحركة له



شكل (٢٥)

■ **مثال ١:** جسم كتلته ٥ كجم سقط من ارتفاع

٢٠ متراً من سطح الأرض، احسب :

أ - طاقة وضع الجسم قبل سقوطه من النقطة (أ).

ب - طاقة الجسم الميكانيكية عند النقطة (أ).

ج - طاقة الجسم الميكانيكية بعد أن سقط ٨ أمتار.

د - سرعة الجسم بعد أن يسقط ٨ أمتار.

هـ - سرعة الجسم عندما يصل إلى الأرض.

(اعتبر عجلة الجاذبية الأرضية ١٠ م/ث^٢).

● **الحل:**

كتلة الجسم (ك) = ٥ كجم، ارتفاعه (ف) = ٢٠ متر

أ - طاقة وضع الجسم عند النقطة (أ) = ك د ف

$$= ٥ \text{ كجم} \times ١٠ \text{ م/ث}^2 \times ٢٠ \text{ م} = ١٠٠٠ \text{ جول}$$

ب - طاقة الجسم الميكانيكية عند النقطة (أ) = طاقة الوضع + طاقة الحركة

$$= ١٠٠٠ \text{ جول} + \text{صفر جول} \dots (\text{لماذا ؟})$$

$$= ١٠٠٠ \text{ جول}$$

ج - طاقة الجسم الميكانيكية عند (ب) = طاقة الوضع + طاقة الحركة

وهي طاقة محفوظة = الطاقة الميكانيكية عند (أ) = ١٠٠٠ جول

د - سرعة الجسم بعد أن يسقط ٨ أمتار :

الطاقة الميكانيكية = طاقة الوضع + طاقة الحركة (مبدأ حفظ الطاقة الميكانيكية)

$$١٠٠٠ \text{ جول} = ٥ \text{ كجم} \times ١٠ \text{ م/ث}^2 \times (٨ - ٢٠) \text{ م} + \frac{١}{٢} \times ٥ \times \text{ع}^2$$

$$١٤٠٠ = \frac{٥}{٢} \text{ع}^2$$

$$\frac{٥}{٢} \text{ع}^2 = ٤٠٠$$

$$١٦٠ = \frac{٢}{٥} \times ٤٠٠ = ٢٤$$

$$٤ = ١٢,٦ \text{ م/ث}$$

هـ - سرعة الجسم عندما يصل إلى الأرض :

الطاقة الميكانيكية = طاقة الوضع + طاقة الحركة

$$١٠٠٠ \text{ جول} = \text{صفر} + \frac{١}{٢} \text{ ك. ع.}$$

$$\frac{١}{٢} \times ٥٠ \text{ ع.} = ١٠٠٠$$

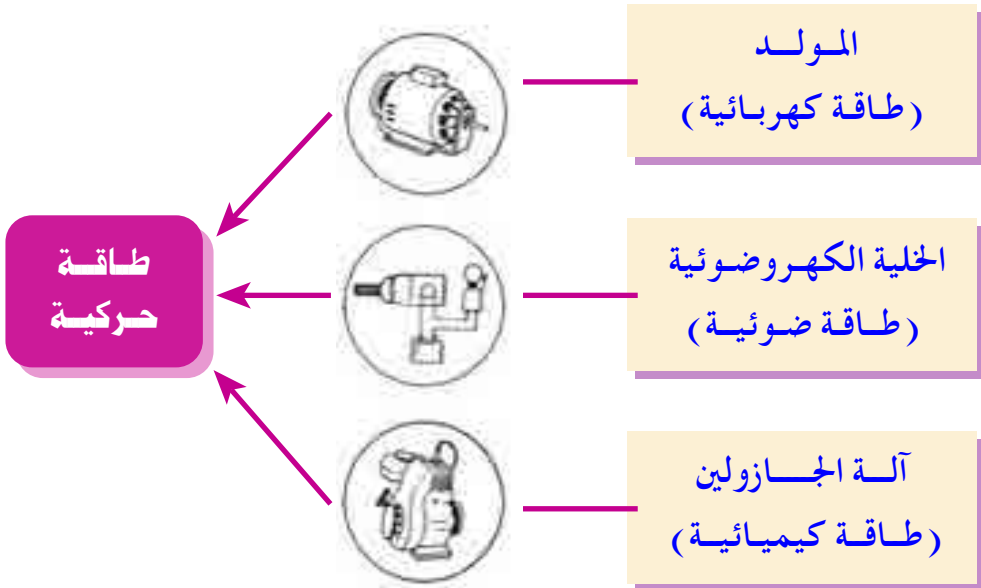
$$\frac{٢}{٥} \times ١٠٠٠ = ٢٤$$

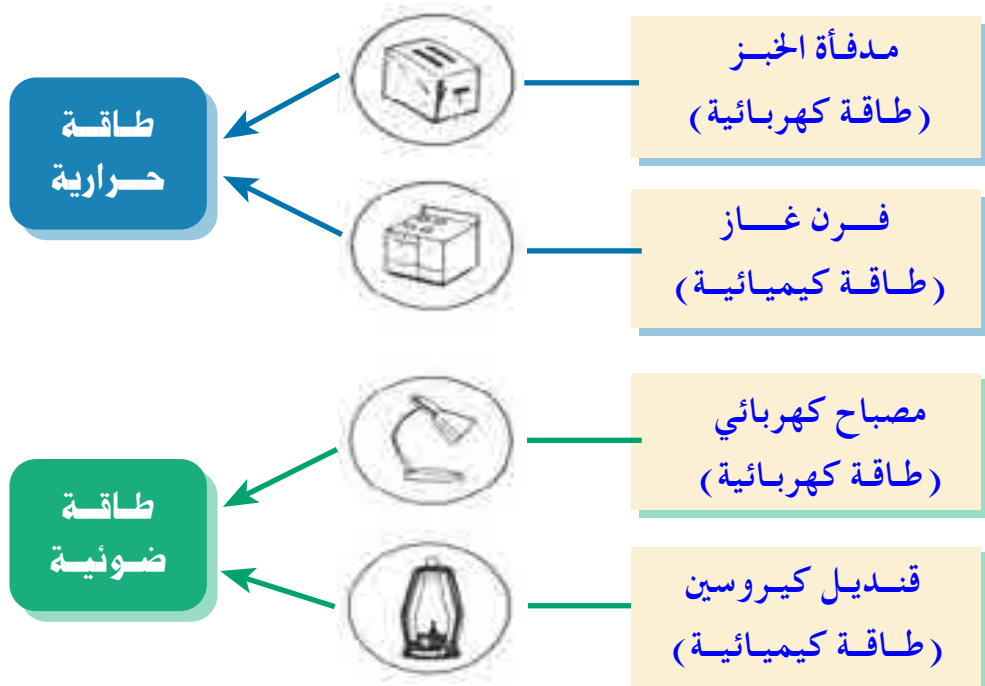
$$٢٠ \text{ م/ث.} = \text{ع.}$$

تحويلات الطاقة

Energy Changes

ينص مبدأ حفظ الطاقة على أن: الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكن يمكن تحويلها من صورة إلى أخرى، هذا يعني أن مقدار الطاقة في الكون دائماً لا يتغير بل إنه ثابت حسب علم الإنسان، انظر إلى الأشكال الآتية التي تبين هذا التحول:





نشاط :

- اذكر أمثلة أخرى .
- ما الأداة المستخدمة لتحويل الطاقة من حالة إلى أخرى ؟
- في محطة الكهرباء في عدن شكل (٢٧) .



شكل (٢٨)



شكل (٢٧)

تستخدم مشتقات النفط في توليد الكهرباء شكل (٢٨)، حيث تنطلق الطاقة الكيميائية المخزنة في النفط، ويتحول إلى طاقة حرارية عند الحرق والطاقة الحرارية المنطلقة تستخدم في غلي الماء، والبخار الناتج من الغليان يستخدم في إدارة التربينات والطاقة الحركية الدورانية للتربينات تتحول إلى طاقة كهربائية .

❖ ماذا يحدث لقانون حفظ الطاقة ؟ انظر إلى الأشكال أدناه :

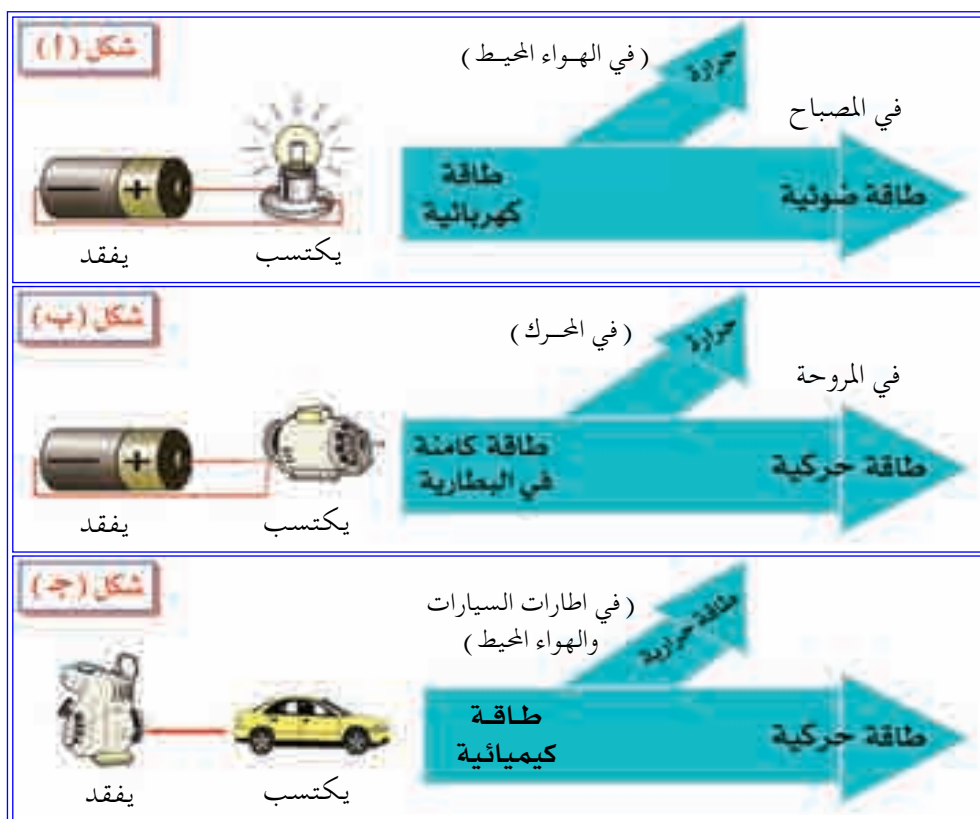
❖ إلى أي حالة تحولت الطاقة الكهربائية في الشكل (أ)؟

❖ ماذا تمثل الطاقة الحرارية ؟

❖ أي الطاقة نسبتها أكبر؟

❖ إلى أي طاقة تحولت الطاقة الكامنة في الشكل (ب)؟

❖ ما نوع الطاقة التي تستخدمها في الشكل (ج) ؟



شكل (٢٩)

يمكن القول أن الطاقة المتحولة تتحول إلى أشكال أخرى من الطاقة بمعنى أن الطاقة تبقى محفوظة وأن مبدأ حفظ الطاقة "الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكن يمكن تحويلها من صورة إلى أخرى أو من شكل إلى آخر" هو مبدأ ثابت حسب فهمنا البشري.

الدفع وكمية التحرك والتصادم Thrust Momentum & Collision

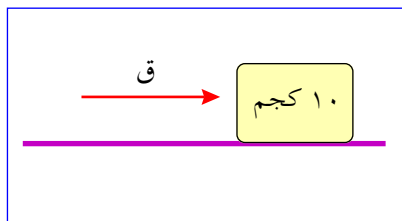
يلعب الدفع دوراً مهماً في حياتنا لأن له تطبيقات كثيرة مثل دفع كرة التنس ودفع كرة القدم ودفع السيارة عندما لا تعمل وكذا الدفع الصاروخي ودفع القذيفة. إذاً لماذا أنت تدفع سيارة إذا لم يشتعل محركها؟ لا شك أنك تدفعها لتزيد من سرعتها إلى حد يكفي لتشغيل محركها فلو فرضنا أنك دفعت سيارة لفترة معينة بقوة (ق) وزمن (ز) فإن :

$$\text{الدفع} = \overrightarrow{ق} \times \overrightarrow{ز}$$

من القانون الدفع كمية متجهة.

من القانون ما وحدة الدفع في النظام الدولي، وفي النظام السنتيمري؟

■ **مثال ١:** أثرت قوة مقدارها ٢٠ نيوتن على جسم ساكن كتلته ١٠ كجم لمدة ثانيتين، أوجد الدفع.



شكل (٣٠)

● **الحل:**

$$\overrightarrow{ق} = ٢٠ \text{ نيوتن} , \quad \overrightarrow{ز} = ٢ \text{ ثانية}$$

$$\overrightarrow{\text{الدفع}} = \overrightarrow{ق} \times \overrightarrow{ز}$$

$$\overrightarrow{\text{الدفع}} = ٢٠ \text{ نيوتن} \times ٢ \text{ ثانية} = ٤٠ \text{ نيوتن.ث}$$

كمية التحرك (كت) (الزخم)

Momentum

إن أي جسم متحرك يكون له كمية تحرك تؤثر على أي جسم آخر يحاول إيقافه. وكمية التحرك هذه تساوي كتلة الجسم المتحرك مضروبة في سرعته أي أن :

$$\text{كمية التحرك (كت)} = \text{كتلة الجسم المتحرك (ك)} \times \text{سرعته (ع)}$$

ويمكن ملاحظة أن كمية التحرك كمية متجهة وسرعتها تساوي سرعة الجسم المتحرك وهي ثابتة طالما ظلت الكتلة ثابتة والسرعة ثابتة ويمكن لكمية التحرك أن

تنتقل من جسم لآخر وتزداد كمية التحرك بزيادة سرعة الجسم وزيادة كتلته .
لماذا كمية التحرك كمية متجهة ؟

نشاط :

■ أثبت أن وحدة كمية التحرك عبارة عن كجم . متر/ ثانية .

■ **مثال ١ :** احسب كمية التحرك لسيارة كتلتها ١٠٠٠ كجم تتحرك بسرعة ٩٠ كيلومتر في الساعة .

● **الحل :** ك = ١٠٠٠ كجم ، ع = ٩٠ كيلومتر/ ساعة

∴ كمية التحرك (كت) = ك × ع ←

∴ كت = ١٠٠٠ كجم × ٩٠ كم / س = ٩٠٠٠٠ كجم . كم / ساعة

= ٢٥٠٠٠ كجم . متر / ث

الدفع وكمية التحرك

Momentum & Thrust (Impulse)

من القانون : الدفع ← ق = ← ز ×

ولكن نظراً لعدم معرفتنا غالباً بمتوسط القوة المؤثرة أوزمن تأثيرها فإننا نهتم بدراسة التغير في كمية التحرك التي تساوي الدفع .

وللتأكد من ذلك دعنا نفرض أنك دفعت سيارة كتلتها (ك) وأن سرعتها تغيرت من (١ع) إلى (٢ع) خلال زمن الدفع (ز) فإن السيارة تكون قد اكتسبت عجلة

(جـ) قدرها : جـ = $\frac{١ع - ٢ع}{ز}$

وباستخدام القانون الثاني لنيوتن على القوة التي دفعت بها السيارة نجد أن :

← ق = ك × جـ

وبالتعويض عن قيمة (جـ) فإن :

ق = ك × $\frac{١ع - ٢ع}{ز}$

ق × ز = ك × ١ع - ك × ٢ع

أي أن الدفع = التغير في كمية التحرك .

■ **مثال ١:** سيارة متحركة كتلتها ١٥٠ كجم انقصت سرعتها من ٢٠ متر/ ثانية إلى ١٥ متر/ ثانية في زمن قدره ٣ ثواني ما هو متوسط قوة المقاومة؟

● **الحل:**

كتلة السيارة (ك) = ١٥٠ كجم ، ع_٢ = ١٥ م/ث ، ع_١ = ٢٠ م/ث ، ز = ٣ ثواني

$$ق = ك \frac{ع_٢ - ع_١}{ز}$$

$$\therefore ق = \frac{١٥٠ كجم \times (١٥ م.ث - ٢٠ م.ث)}{٣ ثواني}$$

$$= \frac{٥٠ \times ١٥٠}{٣} = -٢٥٠ كجم . متر = -٢٥٠ نيوتن$$

الإشارة سالبة لأن القوة معوقة لحركة السيارة.

التصادمات

Collisions

● التصادم المرن وغير المرن : Elastic and Inelastic Collision

من المشاهدات اليومية نجد أن بعض الأجسام المتحركة تتصادم مع بعضها إلا أن شكل التصادم يختلف، فمثلاً عند اصطدام كرتين تتحركان في اتجاهين متضادين وفي خط مستقيم واحد نجد أن الكرتين إما أن ترتدأ في اتجاهين متعاكسين أو أنهما تسيران وبشكل منفصل في اتجاه واحد، وأحياناً نجد أنه عندما تتصادم سيارتين بشكل قوي مع بعضهما فإنهما تتلاصقان وتسيران في اتجاه واحد.

🔍 ماذا تسمي تصادم الكرتين والسيارتين؟

🔍 ماذا يحدث لطاقة حركة الجسمين بعد التصادم؟

🔍 أحياناً نجد انبعاث حرارة بعد التصادم . من أين تأتي هذه الطاقة الحرارية؟

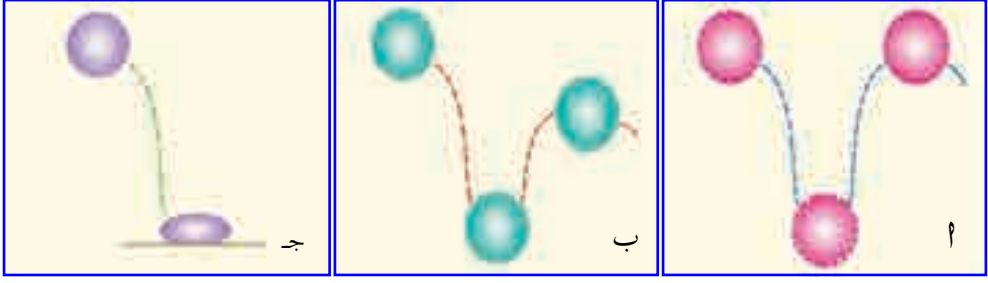
🔍 نسمع صوتاً عندما تتصادم الأجسام مع بعضها. هل يعني ذلك أن طاقة الحركة تحولت إلى طاقة صوتية؟

🔍 لنرى كيف نحصل على إجابات الأسئلة السابقة بأن نشير إلى أن هناك نوعان من التصادمات هما:

١ - تصادم مرن Elastic Collision

٢ - تصادم غير مرن Inelastic Collision

انظر الأشكال الآتية :



شكل (٣١)

❖ صف ارتداد الكرة في كل شكل .

❖ أي من الكرات ارتدت بنفس ارتفاع السقوط وبنفس طاقة الحركة ؟

❖ استنتج نوع التصادم في كل شكل من الأشكال من خلال قراءتك للمبادئ الآتية :

١ - في التصادم المرن تكون مجموع الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة قبل التصادم تساوي مجموع الطاقة الحركية لها بعد التصادم .

٢ - في التصادم الغير مرن لا تكون طاقة الحركة محفوظة بل أنها تقل بعد التصادم حيث يتحول جزء منها إلى صورة أخرى (تشوه، صوت ، حرارة)

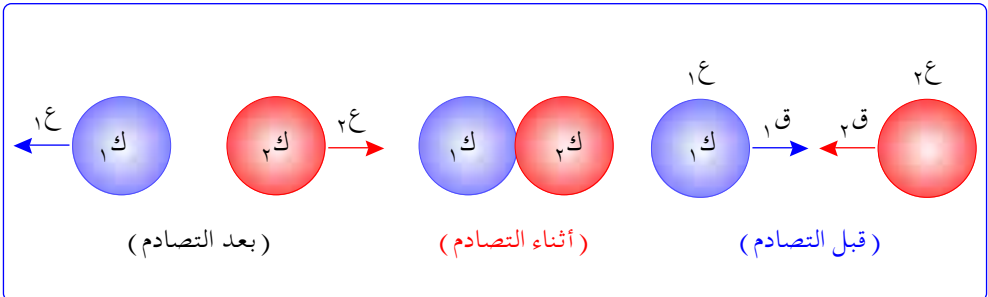
٣ - سواء كان التصادم مرناً أو غير مرناً فإن :

مجموع كمية التحرك قبل التصادم = مجموع كمية التحرك بعد التصادم .

بقاء كمية التحرك

Conservation of Momentum

انظر إلى تصادم الجسمين المبينين في الشكل (٣٢) الآتي :



شكل (٣٢)

نفرض أن الكرتين معزولتين عن الوسط الخارجي وأننا دفعناهما في خط مستقيم باتجاه بعضهما فتصادمتا. لذا من القانون الثالث لنيوتن نجد أن الكرة الأولى ستؤثر على الكرة الأخرى بقوة (ق) وستؤثر الكرة الثانية على الكرة الأولى بقوة (ق) مساوية للقوة الأولى في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه.

$$(ق١) = - (ق٢) \text{ ، لكن } ..$$

$$(ق١) = ك١ع١ - ك٢ع٢ \text{ (١)}$$

$$(ق٢) = ك٢ع٢ - ك١ع١ \text{ (٢)}$$

حيث $ك١ع١$ ، $ك٢ع٢$ هما سرعة الجسم الأول وسرعة الجسم الثاني بعد التصادم.

بجمع المعادلتين (١) ، (٢) :

$$ق١ + ق٢ = ك١ع١ - ك٢ع٢ + ك٢ع٢ - ك١ع١$$

وحيث أن القوتين $ق١$ (قوة الفعل) مساوية في المقدار للقوة $ق٢$ (قوة رد الفعل)

$$ق١ - ق٢ = 0 \text{ .. لأن } ق١ = - ق٢$$

$$: ك١ع١ - ك٢ع٢ + ك٢ع٢ - ك١ع١ = 0 \text{ (٣)}$$

أي أن التغير في كمية تحرك الكرة الأولى + التغير في كمية تحرك الكرة الثانية = صفر

أي أن النقص في كمية تحرك أحد الجسمين تقابلها زيادة في كمية تحرك الجسم الآخر ، وبترتيب المعادلة (٣) :

$$: ك١ع١ + ك٢ع٢ = ك١ع١ + ك٢ع٢ \text{ (٤)}$$

أي أن : " كمية تحرك الجسمين قبل التصادم = كمية تحرك الجسمين بعد التصادم " .

وهو ما يعرف بقانون بقاء كمية التحرك أي أن كمية التحرك يمكن أن تنتقل من

جسم لآخر ولكنها لا تفقد .

■ **مثال ١ :** كرة كتلتها ٥ جم تتحرك بسرعة ١٠ سم/ث اصطدمت بكرة أخرى

كتلتها ٣ جم تتحرك ٥ سم/ث في الاتجاه المضاد، فإذا ارتدت الكرة الثانية بسرعة

٧ سم/ث، فما مقدار سرعة الكرة الأولى؟

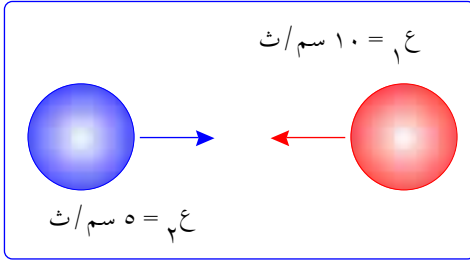
● **الحل :**

$$ك١ = ٥ \text{ جم} = ١٠ \text{ سم/ث}$$

$$ك٢ = ٣ \text{ جم} = ٥ \text{ سم/ث} ، ك٢ع٢ = ٧ \text{ سم/ث}$$

$$\therefore ك١ع١ + ك٢ع٢ = ك١ع٢ + ك٢ع١$$

$$\therefore ٥ جم \times ١٠ سم/ث + ٣ جم \times (٥-) سم/ث$$



شكل (٣٣)

$$= ٥ جم \times ١٠ سم/ث + ٣ جم \times ٧ سم/ث$$

$$٥٠ - ٢١ = ١٥٥$$

$$٣٥ = ٢١ - ١٤٥$$

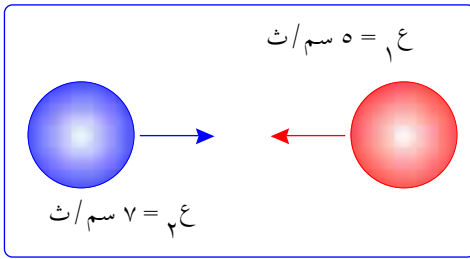
$$١٤٥ = ١٤$$

$$ع = \frac{١٤}{٥} = ٢,٨ سم/ث$$

ملاحظة: لاحظ أننا اعتبرنا ع١ موجب، ع٢ سالبة لأن الجسم الثاني قبل التصادم كان يتحرك في اتجاه مضاد لحركة الجسم الأول.

■ **مثال ١:** كرة كتلتها ١٠ كجم تتحرك بسرعة ٥ سم/ث، اصطدمت بكرة أخرى كتلتها ٦ جم تتحرك بسرعة ٧ سم/ث في الاتجاه المضاد، فإذا كونت الكرتان جسماً واحداً بعد التصادم، فماسرعة هذا الجسم؟ .. وما طاقة الحركة المفقودة بعد التصادم؟

● **الحل:** ك١ = ١٠ كجم ، ع١ = ٥ سم/ث ، ك٢ = ٦ جم ، ع٢ = ٧ سم/ث



شكل (٣٤)

$$\therefore ك١ع١ + ك٢ع٢ = ك١ع٢ + ك٢ع١$$

$$\therefore ١٠ جم \times ٥ سم/ث + ٦ جم \times (٧-) سم/ث = (١٠ + ٦) ع$$

$$٥٠ - ٤٢ = ١٦ ع$$

$$١٦ ع = ٨$$

$$ع = \frac{٨}{١٦} = \frac{١}{٢} سم/ث$$

طاقة الحركة قبل التصادم :

$$= \frac{١}{٢} ك١ع١^٢ + \frac{١}{٢} ك٢ع٢^٢$$

$$= \frac{١}{٢} \times ١٠ \times ٢٥ + \frac{١}{٢} \times ٦ \times ٤٩$$

$$= ١٢٥ + ١٦٧ = ٢٩٢ إرج$$

$$طاقة الحركة بعد التصادم = \frac{١}{٢} ك١ع١^٢ + \frac{١}{٢} ك٢ع٢^٢ = \frac{١}{٢} (١٠ + ٦) ع^٢$$

$$= \frac{١}{٢} \times ١٦ \times ٢ = ٢ إرج$$

$$\therefore \text{طاقة الحركة المفقودة} = ٢٩٢ - ٢ = ٢٩٠ إرج$$

تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية :

س ١ : ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (X) أمام العبارة الخاطئة فيما يلي :

- أ - الشغل يتناسب عكسياً مع القوة . ()
- ب - الشغل كمية متجهة . ()
- ج - الجول عبارة عن مقدار الشغل المبذول من قبل قوة بالنيوتن على جسم فتزيحه متر واحد في اتجاهها . ()
- د - يكون اتجاه قوة الاحتكاك في اتجاه الإزاحة . ()
- هـ - شغل قوة المرونة = ΔL . ()
- و - يعين مقدار القدرة من العلاقة $Q \times E$. ()
- ز - مقدار الطاقة المنتقلة من جسم إلى آخر يساوي مقدار الشغل المبذول . ()
- ح - طاقة الجسم الناشئة من تغيير مكانه تدعى بطاقة الوضع . ()
- ط - الطاقة الميكانيكية لجسم تساوي (طاقة الوضع - طاقة الحركة) . ()
- ي - كمية التحرك ثابتة مهما زادت كتلة الجسم . ()
- ك - إذا كانت كمية التحرك تساوي $K \times E$ فإن كمية التحرك كمية متجهة . ()

س ٢ : اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس للعبارة التالية :

١ - يعين الشغل الميكانيكي بصورة عامة من العلاقة :

- أ - شغل = $\vec{Q} \times \vec{F}$ ب - شغل = $\vec{Q} \times \vec{F}$
- ج - شغل = $\vec{Q} \times \vec{F}$ د - شغل = $\frac{(\vec{Q} \times \vec{F})}{z}$

٢ - يقاس الشغل بوحدة هي :

أ - كجم. متر ب - كجم. متر^٢/ث^٢ ج - نيوتن. متر/ث^٢
د - نيوتن. م^٢.

٣ - شغل قوة الجاذبية في اتجاه القوة عبارة عن :

أ - $K \times s$ ب - $F \times Q$
ج - $W \times Q$ د - $K \times s \times Q$

٤ - وحدة قياس القدرة هي :

أ - جول. ث ب - نيوتن. متر. ث^٢
ج - وات. ت د - جول/ث

٥ - تعرف الطاقة بأنها :

أ - امكانية انجاز شغل ب - مقدار الشغل الذي تنجزه آلة
ج - كل من (أ + ب) د - مقدار الشغل في الثانية الواحدة
٦ - تعين طاقة الحركة من العلاقة :

أ - $K \times s \times F$ ب - $K (E - E_0)$
ج - $\frac{1}{2} K E^2$ د - $Q \times K$

٧ - كمية التحرك لجسم هي :

أ - $K_1 E_1 - K_2 E_2 = K_1 E_1 - K_2 E_2$
ب - $K_1 E_1 + K_2 E_2 = K_1 E_1 + K_2 E_2$
ج - $K_1 E_1 - K_2 E_2 = K_1 E_1 - K_2 E_2$
د - $K_1 E_1 - K_2 E_2 = K_1 E_1 + K_2 E_2$

٨ - إذا كان الشغل المبذول على جسم هو ٢٠ نيوتن . متر فإن مقدار القوة

التي تزيحه ٠,٣ متر هي :

أ - ٨ نيوتن ب - ٢ نيوتن
ج - ٠,٥ نيون د - لا توجد إجابة صحيحة

٩ - بُذل شغل مقداره ٤٩٠٠ جول لرفع كتلة مقدارها ٥٠ كجم عند احتساب عجلة الجاذبية الأرضية ٩,٨ م/ث^٢ فإن الارتفاع الذي بُذل خلاله الشغل هو:

أ - ٩٦ م ب - ٢٤٥٠ م ج - ١٠ م د - ٩٨ م

س ٣ : استنتج العلاقة التي تربط بين الشغل والطاقة الحركية .

س ٤ : أثبت أن الدفع = التغير في كمية التحرك .

س ٥ : عرف كل من :

(الشغل - القدرة - طاقة الوضع - طاقة الحركة - التصادم - كمية التحرك) .

س ٦ : أثبت العلاقة الآتية :

(الطاقة الميكانيكية لجسم تساوي طاقة الوضع + الطاقة الحركية) .

س ٧ : أذكر مبادئ التصادم ثم أثبت أن كمية التحرك لجسمين قبل التصادم تساوي كمية التحرك لهما بعد التصادم .

الوحدة الخامسة

الكهرباء الساكنة Electrostatics

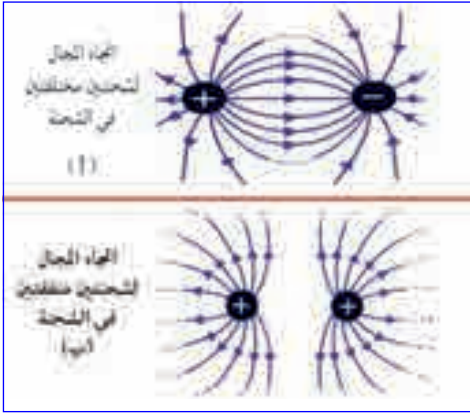


أهداف الوحدة :

- ١ - تعرف المفاهيم التالية : المجال الكهروستاتيكي - الجهد الكهربائي - الشغل الكهربائي - السعة الكهربائية - المكثف الكهربائي .
- ٢ - يتوظف المفاهيم العلمية السابقة في حياتك العملية اليومية والعامة .
- ٣ - تتعرف على أنواع المكثفات الكهربائية لبعض دوائر الأجهزة الالكترونية المتوفرة في البيئة مثل : المذياع، والتليفون، والتلفاز، الآلة الحاسبة ومصادر الحصول على الشحنات الكهربائية وأجهزة توليدها .
- ٤ - تحل مسائل حسابية لتعيين فرق الجهد وشدة التيار والشغل الكهربائي وسعة المكثفات من خلال الدوائر الكهربائية .
- ٥ - تكتسب ثقافة علمية من خلال تنفيذك لبعض الأنشطة اللاصفية .

المجال الكهربائي

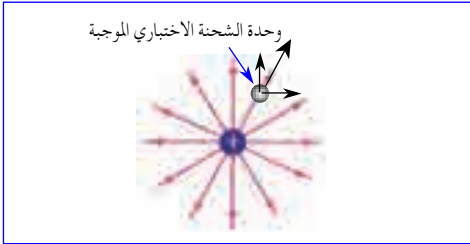
Electrical Field



شكل (١)

عرفت سابقاً أن المجال الكهربائي ينشأ بسبب وجود شحنة كهربائية أو جسم مشحون، وإذا افترضنا أنه وضعت شحنة نقطية موجبة (اختبارية) بالقرب من مجال الشحنة تنشأ قوة كهروستاتيكية وعند تغير موضع الشحنة الاختبارية في المجال فإن القوة الكهروستاتيكية تتغير طبقاً لقانون كولوم الذي درسته سابقاً .

وتنقص القوة الكهروستاتيكية عندما تبتعد عن الشحنة أو تزيد عندما تقترب منها، وكلما زاد البعد بين الشحنة الاختبارية والمجال الكهربائي للشحنة الموجبة (أو الجسم المشحون) تضعف القوة حتى تتلاشى عندما تبتعد إلى مسافة معينة من المنطقة المحيطة بالشحنة وتظهر فيها آثار قوى كهروستاتيكية، ويطلق على هذه المنطقة التي تظهر فيها آثار كهربائية "المجال الكهربائي للشحنة أو الجسم المشحون".



شكل (٢) : خطوط المجال للشحنة الكهربائية الموجبة

وإذا طرحنا السؤال التالي :

كيف يمكن أن نعيّن مقدار شدة

المجال الكهربائي لشحنة اختبارية

موجبة موضوعة عند نقطة في

الفضاء المحيط بالشحنة؟

نفترض أن الشحنة الموجبة مقدارها

(س) كولوم كما هو مبين بالشكل (٢)، وضعت في نقطة تؤثر عليها قوة

كهروستاتيكية مقدارها (ق) نيوتن ، وفي هذه الحالة فإن شدة المجال الكهربائي

عند النقطة تحسب من العلاقة : شدة المجال الكهربائي (مج) :

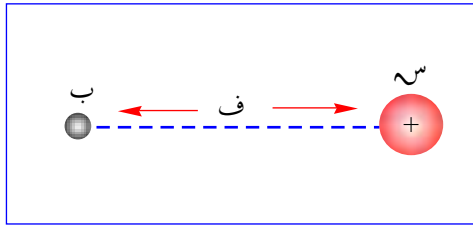
$$\text{مج} = \frac{\text{ق نيوتن}}{\text{س كولوم}} \quad \text{..... (١)}$$

حيث (مَج) يرمز لشدة المجال، والسهم يعني أن مقدار شدة المجال كمية متجهة،
(ق) رمز القوة الكهروستاتيكية وهي كمية متجهة أيضاً، وتقاس شدة المجال
الكهربائي كما في العلاقة (١) بوحدة: نيوتن / كولوم.
من العلاقة (١) السابقة يمكن أن نعرف شدة المجال الكهربائي عند نقطة بأنها:

● القوة الكهروستاتيكية المؤثرة على وحدة الشحنة الكهربائية الموجبة
الموضوعة عند تلك النقطة.

■ مثال ١: وضعت شحنة كهربائية مقدارها (٤ × ١٠^{-٦}) كولوم عند نقطة من المجال
الكهربائي لجسم مشحون ، فتأثرت بقوة مقدارها ٨ × ١٠^{-٣} نيوتن، ما شدة المجال
الكهربائي في تلك النقطة ؟

■ الحل: مَج = $\frac{\text{ق نيوتن}}{\text{س كولوم}}$
بالتعويض عن القيم المعطاة فإن : مَج = $\frac{٨ \times ١٠^{-٣}}{٤ \times ١٠^{-٦}} = ٢ \times ٣١٠$ نيوتن / كولوم.



شكل (٣)

🔍 وإذا أردنا أن نعين شدة المجال
الكهربائي (مَج) عند نقطة تبعد
عن شحنة (س) موضوعة في الهواء
أو الفراغ مسافة (ف) متر، فما
العلاقة التي نعين بها ذلك ؟

🔍 توصل كولوم من خلال دراسته إلى العلاقة الآتية:

$$\text{مَج} = ٩ \times ٩١٠ \times \frac{\text{س}}{\text{ف}^٢} \dots\dots (٢)$$

حيث المقدار ٩ × ٩١٠ نيوتن.م^٢ / كولوم

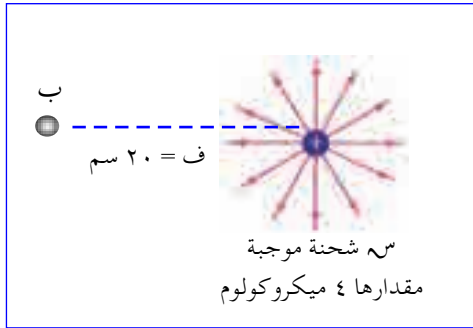
ثابت العزل عندما يكون الوسط الفاصل الهواء أو الفراغ، وتقاس المسافة (ف) بالمتر.
أما إذا أردنا معرفة مقدار القوة الكهروستاتيكية (ق) المؤثرة على شحنتين كهربائيتين
(س_١، س_٢) كولوم موضوعتين في الهواء أو الفراغ، فقد توصل كولوم للعلاقة :

$$ق = 9 \times 910 \times \frac{2 \times 10^{-6}}{2} \text{ نيوتن} \dots\dots\dots (3)$$

ومن العلاقة (3) أمكن معرفة مقدار القوة الكهروستاتيكية المؤثرة على شحنتين تفصل بينهما مسافة (ف) متر.

ملحوظة

عندما تكون القوة الكهروستاتيكية الناتجة بين شحنتين قوة تجاذب فيكون مقدارها سالباً، أما إذا كانت قوة تنافر أو دفع، فيكون مقدارها موجباً.



شكل (4)

■ **مثال ١:** لاحظ الشكل (4) وضعت

شحنة موجبة مقدارها 4 ميكروكولوم، تبعد عن النقطة (ب) مسافة 20 سم، احسب شدة المجال الكهربائي عند تلك النقطة علماً بأن الوسط الفاصل الهواء.

● **الحل:**

$$\text{مج} = 9 \times 910 \times \frac{4 \times 10^{-6}}{2}$$

نعوض عن قيمة (س)، (ف) بحيث تكون (س) مقاسه بالكولوم، والمسافة (ف) مقاسه بالمتر.

$$\text{مج} = \frac{9 \times 910 \times 4 \times 10^{-6}}{(2)^2} = 9 \times 910 \times 10^{-6} \text{ نيوتن / كولوم}$$

■ **مثال ٢:** وضعت شحنة نقطية مقدارها 5×10^{-7} كولوم في مجال كهربائي شدته

3×10^4 نيوتن / كولوم، احسب القوة الكهروستاتيكية التي يؤثر بها المجال على هذه الشحنة، ثم حدد اتجاهها.

■ **الحل:** $\vec{F} = \frac{Q}{S}$ نعوض عن قيمة مج، س في العلاقة السابقة:

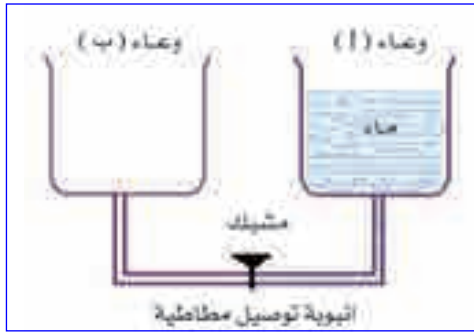
نعوض عن قيمة (س)، (ف) بحيث تكون (س) مقاسه بالكولوم، والمسافة (ف) مقاسه بالمتر.

$$\frac{ق}{٧-١٠ \times ٥} = ٤١٠ \times ٣$$

$$ق = ٣-١٠ \times ٥ \times ٣ = ٠.١٥ \text{ نيوتن.}$$

واتجاه القوة الكهروستاتيكية يكون في اتجاه المجال .

- لاحظ المثال الأول شدة المجال الكهربائي (مج) تتغير من نقطة إلى أخرى من نقاط المجال .
- ويكون اتجاه المجال عند نقطة هو اتجاه القوة، أي اتجاه حركة شحنة موجبة موضوعة عند تلك النقطة من نقاط المجال .
- يكون اتجاه المجال الكهربائي لشحنة موجبة خارجاً منها .
- أما إذا كانت الشحنة سالبة فيكون اتجاه المجال في اتجاهها .



شكل (٥)



شكل (٦): دائرة كهربائية مغلقة

الجهود الكهربائي

Electric Potential

لاحظ الشكل (٥) إذا ملئ الوعاء

(أ) بماء، ثم فتح المشبك فأتين تتجه حركة الماء ؟ وما سبب ذلك ؟

تتجه حركة الماء من الوعاء (أ) إلى

الوعاء (ب)، والسبب يعود إلى

وجود فرق في الارتفاع بين الوعاء

(أ) والوعاء (ب)، ولذلك يتحرك

الماء من الوعاء (أ) إلى الوعاء (ب)،

وانتقال الماء من الوعاء (أ) إلى الوعاء

(ب)، يقال عند هذه الحالة أن

الوعاء الأول أعلى جهداً من الوعاء

الثاني، أما إذا لم ينتقل الماء بينهما في هذه الحالة يقال أنهما متساويان في الجهد .

وبالمثل في الشكل (٦) فإن حركة الشحنات الكهربائية تتجه من القطب الموجب

إلى القطب السالب خلال السلك المعدني الموصل بين قطبي المصدر الكهربائي

لأن القطب الموجب أعلى في الجهد من القطب السالب وانتقال الكهرباء من

جسم إلى آخر لا يتوقف على مقدار شحنة كل منهما وإنما يتوقف على وجود

فرق في الجهد بينهما، ويمكن تعريف الجهد الكهربائي لجسم بأنه : (حالة الجسم الكهربائية التي تحدد انتقال الكهرباء منه أو إليه عند اتصاله بموصل آخر) .

وبالمثل إذا تحركت شحنة كهربائية في مجال كهربائي ضد القوة الكروستاتيكية الناتجة عن المجال الكهربائي يلزمها بذلك شغل للتغلب على تلك القوة لكي تتحرك في هذا المجال وتعود إلى مكانها السابق، وأثناء هذه الحركة تنجز الشحنة شغلاً مساوياً لما يبذل في حركتها، ولهذا فطاقة الوضع للشحنة تتغير عند تحركها بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم .

ماذا يسمى هذا التغير في طاقة وضع الشحنة الكهربائية عند تحركها بين نقطتين؟
التغير في طاقة الوضع لوحدة الشحنات الكهربائية الموجبة عند تحركها بين نقطتين في مجال كهربائي يسمى (فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين) .

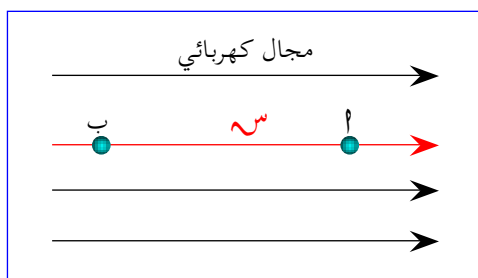
● تعيين فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين لشحنة موجبة متحركة في مجال كهربائي :

نفترض أن شحنة موجبة مقدارها (س) كولوم، تتحرك بين نقطتين (أ ، ب) في مجال كهربائي منتظم، فلا بد لها من بذل شغل خارجي مقداره (شغ على الشحنة، والشغل يكمن في الشحنة عند النقطة (ب) على هيئة طاقة وضع كهربائية، ويكون فرق الجهد بين النقطتين (أ ، ب) = جـ .

فرق الجهد بين النقطتين (أ ، ب) نرمز له بالرمز جـ .

وإذا رمزنا للجهد عند النقطة (أ) بالرمز (جـ أ)، وعند النقطة (ب)

بالرمز (جـ ب) كما في الشكل (٧)، نجد أن :



شكل (٧)

جـ ب - جـ أ = جـ ب
(شغ أ ب) الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنة الموجبة ضد قوة المجال الكهربائي

من (أ إلى ب) = جـ أ ب × س

$$\frac{\text{شغ أ ب}}{س} = \text{ومن هنا جـ ب}$$

وتقاس وحدة فرق الجهد بوحدة جول / كولوم، وقد اتفق على تسميتها باسم

"فولت"، ويقاس بجهاز الفولتميتر.

🔗 ما المقصود بالفولت؟

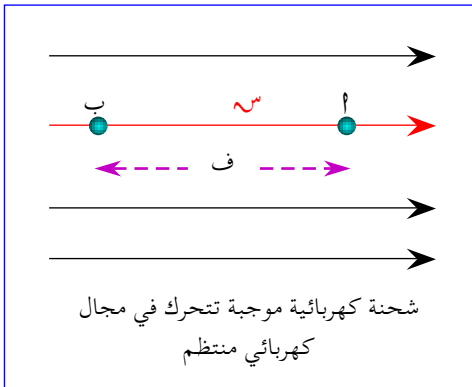
🔗 (هو الفرق في الجهد الكهربائي بين نقطتين عندما تبذل شحنة كهربائية موجبة مقدارها واحد كولوم شغلاً مقداره واحد جول للانتقال من إحدى النقطتين إلى الأخرى).

■ **مثال ١:** إذا كان فرق الجهد بين نقطتين موضوعتين في مجال كهربائي $= 25$ فولت، فما الشغل اللازم بذله لنقل شحنة موجبة مقدارها ٥ كولوم بين هاتين النقطتين؟

■ **الحل:** ج = شغ / س

وفي هذه الحالة فإن الشغل المبذول لنقل الشحنة الموجبة بين النقطتين :
شغ = ج $\times$ س = $25 \times 5 = 125$ جولاً.

● العلاقة بين شدة المجال الكهربائي المنتظم وفرق الجهد :



شكل (٨)

نفترض أن المجال الكهربائي المنتظم شدته نرمل لها بالرمز (مج)، وضعت شحنة موجبة (س) كولوم في نقطة (أ) والشحنة تقع تحت تأثير قوة كهروستاتيكية مقدارها :

$$ق = مج \times س \dots\dots (١)$$

تعمل في اتجاه المجال.

وعند تحريك الشحنة الموجبة من

النقطة (أ) إلى النقطة (ب) في عكس اتجاه المجال الكهربائي، والمسافة بين النقطتين (ف) كما يوضحه الشكل (٨).

🔗 فما الشغل اللازم بذله لنقلها من النقطة (أ) إلى (ب) ضد قوى المجال الكهربائي؟

🔗 الشغل اللازم بذله لنقل الشحنة الموجبة من (أ) إلى (ب) :

$$شغ - ب = ق \times ف \dots\dots (٢)$$

نعوض من العلاقة (١) في العلاقة (٢) ينتج ما يلي :

$$\text{شغ ب} = \text{مج} \times \text{س ه} \times \text{ف} \quad \text{..... (٣)}$$

حيث (ف) هي المسافة بين النقطتين، ولكن :

$$\text{شغ ب} = \text{ج ا ب} \times \text{س ه} \quad \text{..... (٤)}$$

نعوض عن قيمة شغ في العلاقة (٣) من العلاقة (٤) ينتج :

$$\text{ج ا ب} \times \text{س ه} \times \text{ف} = \text{مج} \times \text{س ه} \times \text{ف} \quad \text{..... (٥)}$$

إذاً فرق الجهد بين النقطتين (ا ، ب) كما يلي :

$$\text{ج ا ب} = \text{مج} \times \text{ف} \quad \text{..... (٦)}$$

$$\text{مج} = \frac{\text{ج ا ب}}{\text{ف}} \quad \text{..... (٧)}$$

نلاحظ في العلاقة (٧) أن شدة المجال الكهربائي يمكن قياسها بوحدة هي :

فولت / متر، وهذا يعني أن شدة المجال الكهربائي تمثل التغير في الجهد الكهربائي لوحدة الأطوال .

■ **مثال :** إذا كان فرق الجهد الكهربائي بين لوحين معدنيين متوازيين المجال الكهربائي

بينهما منتظماً مقداره (٥٠٠) فولت، والمسافة بينهما ٠,١ متر، فما مقدار القوة

المؤثرة على جسيم مشحون شحنته ١,٦ × ١٠^{-١٩} كولوم يتحرك بين اللوحين؟

■ **الحل :** شدة المجال الكهربائي بين اللوحين تحسب من العلاقة : ج = مج × ف

$$٥٠٠ = \text{مج} \times ٠,١ \text{ ومنها :}$$

$$\text{شدة المجال الكهربائي مج} = \frac{١٠ \times ٥٠٠}{١} = ٥ \times ٣١٠ \text{ فولت / م.}$$

القوة المؤثرة على الجسيم تحسب من العلاقة :

$$\text{ق} = \text{مج} \times \text{س ه} \text{ ومنها :}$$

$$\text{ق} = ٥ \times ٣١٠ \times ٠,٦ \times ١٠^{-١٩} = ٨ \times ١٠^{-١٦} \text{ نيوتن.}$$

نشاط :

■ تعرّف على بعض الأجهزة الكهربائية المتوفرة في منزلك مثل : العصارة، الغسالة،

المكواه، الراديو، التلفاز، السخان، المصباح الكهربائي .. الخ، وقم بتسجيل الفرق

في الجهد والمقاسة بالفولت ودون مقدار الفولت المكتوب على كل جهاز في دفترك،

واكتب موضوعاً قصيراً عن ذلك وتحدث عنه في طابور الصباح لزملائك .

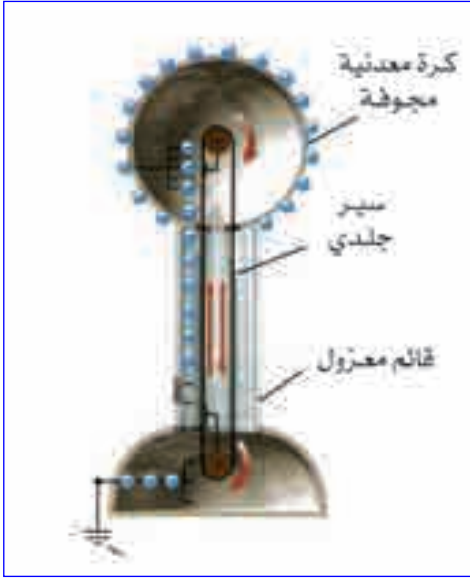
● مصادر الحصول على شحنات كهربائية :

ما المنبع الأساسي للشحنة الكهربائية ؟

عرفنا من دراستنا في السنوات السابقة أن المنبع الأساسي للشحنات هي الذرات، وقد أمكن الحصول على شحنات كهربائية بمقادير صغيرة بعدة طرق ومنها: طريقة الدلك، والتأثير، والتلامس.

للحصول على كميات كبيرة من الشحنات الكهربائية، ما الآلة المستخدمة لتحقيق ذلك؟

الحصول على شحنات كهربائية كبيرة جداً وفرق جهد كهربائي عال يصل إلى مئات الآلاف أو ملايين من الفولتات ومن العلماء الذين تمكنوا من تحقيق ذلك العالم الأمريكي "فان دي جراف"، والذي صمّم جهاز في عام ١٩٣١ م وسماه باسمه "فان دي جراف".



شكل (٩)

● تركيب مولّد فان دي جراف :

لاحظ تركيبه من الشكل (٨).

كيف يتولد فرق جهد كهربائي عالٍ على هذا المولد؟

عند دوران السير الجلدي يحمل شحنات كهربائية متكونة عليه عن طريق الفرشاة السفلى وتنقلها إلى الفرشاة العلوية، ثم تنقلها إلى الكرة المعدنية المجوفة وتستقر الشحنات على سطحها الخارجي، وباستمرار دوران السير تتجمع الشحنات على

السطح الخارجي ويرتفع جهدها بالتدريج حتي يصل تراكم الشحنات إلى حالة الاتزان (معدل فقد الكرة لشحنات مساوٍ لمعدل اكتسابها لها)، وتصبح عند هذه الحالة قيمة الجهد عالية قد تصل إلى عشرات الألوف، أو الملايين من الفولتات.

- **استخدامه:** يستخدم في أغراض عدة منها: في مراكز الأبحاث الذرية والنووية وغيرها من معاهد الأبحاث العلمية والمختبرات المدرسية.



شكل (١٠)

السعة الكهربائية والمكثفات

Electric Capacity & Capacitors

السعة الكهربائية :

عند شحن جسم كروي مثل مولد فان دي جراف فإن الشحنات تتجمع وتتراكم على سطحه المعدني الكروي من الخارج ويزداد تراكمها تدريجياً حتى تصل إلى قيمة معينة، ومهما زاد تراكمها فإن القيمة المعينة لا تتغير، ويعين فرق

الجهد لهذه الشحنات من العلاقة :

$$ج = \frac{ق}{نق} \times 910 \times 9 \dots\dots (١)$$

حيث (نق) نصف قطر الجسم المعدني الكروي المعزول، (ق) كمية الشحنات المتراكمة على سطحه الخارجي .

وقد اثبتت التجارب العلمية أن السعة الكهربائية لأي موصل معدني معزول تتحدد بالنسبة بين شحنة الموصل المعزول وجهده، ويساوي دائماً ثابتاً .

$$أي أن: \frac{ق}{ج} = مقداراً ثابتاً \dots\dots (٢)$$

وهذا المقدار الثابت يسمى "السعة الكهربائية لموصل" ويرمز له بالرمز (س)، وتتوقف قيمته على حجم وشكل الموصل، ونوع الوسط الفاصل، ويمكن أن نعبر عن السعة الكهربائية رياضياً كما يلي:

$$س = \frac{ق}{ج} \dots\dots (٣)$$

وتقاس بوحدة هي: كولوم / فولت، وقد اتفق على تسميتها باسم "فاراد" .

🔍 ما معنى السعة الكهربائية؟

🔍 هي كمية الكهرباء اللازمة لتغيير جهد الموصل بمقدار فولت واحد .

كيف نحسب مقدار السعة الكهربائية لمكثف معدني كروي الشكل ومعزول ؟

لاحظ العلاقتين : (١ ، ٣) فإننا نحصل على العلاقة التي تحقق ذلك وهي :

$$\text{س} = \frac{\text{نق}}{9 \times 10^9} \quad \text{عندما يكون الوسط العازل الهواء، أو الفراغ.}$$

ما المقصود بالفاراد ؟

يقصد " بالفاراد " بأنه : (سعة موصل يرتفع جهده بمقدار واحد فولت إذا شحن بشحنة موجبة مقدارها كولوم واحد) .

ملحوظة للاطلاع الذاتي:

وحدة الفاراد كمية كبيرة لا تتناسب مع المكثفات المستخدمة في الدوائر الإلكترونية للأجهزة التي نراها في منازلنا والمحلات الإلكترونية، وذلك من الناحية العملية، ولكن هناك وحدة صغيرة جداً تتناسب عملياً مع الصناعات الإلكترونية وتسمى " الميكروفاراد " ويرمز لها بالرمز (μF) وتلفظ ميكروفاراد، وتعاود ١٠^{-٦} فاراد ويمكنك ملاحظة هذا الرمز مكتوباً على المكثفات في دوائر الأجهزة الإلكترونية.

نشاط :

■ إذا تمكنت من مشاهدة لوحة داخلية إلكترونية لأحد الأجهزة التالية كما ذكر في الشكل (١٠) السابق للمكثفات وأنواعها بمساعدة مدرسك، وتقوم برسمها في كراستك وكتابة سعة كل منها، وإذا لم تتمكن من ذلك بالإمكان زيارة أحد محلات إصلاح الأجهزة الإلكترونية في منطقتك، وقم بالعمل السابق، وناقش المختص عن استخدامها في الأجهزة الإلكترونية.

● تجربة : تحقق بالتجربة العملية أن الشحنات الكهربائية تتراكم على

السطوح الخارجية للأجسام الموصلة المعدنية المعزولة.

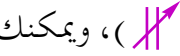
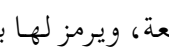
(ارجع إلى دليل التجارب العملية) .

المكثف الكهربائي

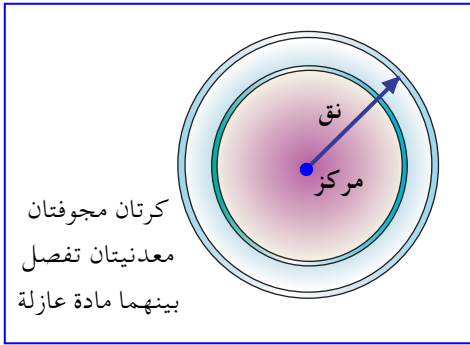
Electrical Capacitor

ما المكثف الكهربائي؟ .. وما الغرض منه؟ .. وفيما يستخدم في الحياة؟
المكثف هو أداة تحتزن فيها الشحنات الكهربائية، والغرض منه الحصول على طاقة كهربائية وقت الحاجة، ويستخدم في الدوائر الإلكترونية للأجهزة مثل: المذياع، التلفاز، التليفون والكمبيوتر وغيرها من الأجهزة الإلكترونية التي نستخدمها في حياتنا.

• أنواع المكثفات الكهربائية:

يوجد أنواع منها ولكننا نذكر نوعين بالنسبة للشكل: كروي، وذو لوحين مستويين متوازيين متساويين في المساحة، بالنسبة لعملها في الدوائر الإلكترونية: ثابتة السعة ويرمز لها بالرموز: ، ، ، 

ومكثفات متغيرة السعة، ويرمز لها بالرمز ، ويمكنك ملاحظة هذه الرموز



شكل (١١): مكثف معدني كروي

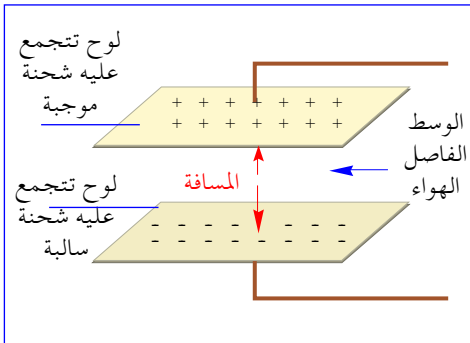
على اللوحة التي ذكرت في النشاط السابق.

• المكثف الكروي المعدني المعزول:

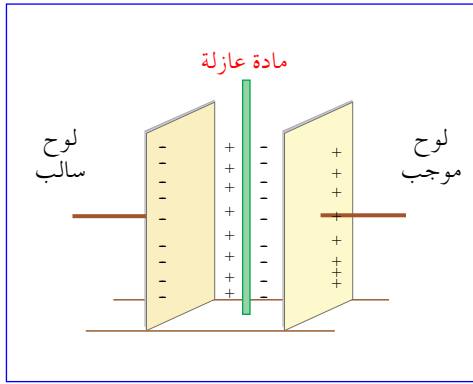
يتكون في أبسط صورة من كرتين معدنيتين مجوفتين أحدهما كبيرة، والأخرى صغيرة توضع داخل الكبيرة متحدتان في مركز التكور، تفصل بينهما مادة عازلة كما يبينه الشكل (١١).

• المكثف ذو اللوحين المعدنيين المتوازيين:

يتركب هذا النوع كما يوضحه الشكل (١٢)، من لوحين معدنيين مستويين متوازيين ومتساويين في المساحة، بينهما مسافة صغيرة (ف)، وتفصل بينهما مادة عازلة كالهواء، وأحياناً الفراغ، وفي بعض الأحيان يوضع بينهما مواد عازلة مثل: الورق، أو الزجاج أو المطاط، أو الميكا .. الخ.



شكل (١٢)



شكل (١٣)

• تفسير تأثير العازل على سعة المكثف :

تقع جزئيات المادة العازلة الموضوعة بين لوحي المكثف بنوعيه شكل (١٣) تحت تأثير شحنته، فتجذب الشحنة الموجبة الالكترونيات للمادة العازلة في اتجاهها بينما الشحنات السالبة المتجمعة على اللوح السالب للمكثف تجذب الأيونات الموجبة للمادة العازلة،

والالكترونيات، والأيونات للمادة العازلة الموضوعة بين لوحي المكثف تتعرض إلى إزاحات جانبية في اتجاه لوحي المكثف المتراكم على كل منهما شحنات موجبة والآخر سالبة. وهذه الإزاحات تكون طبقات من الشحنات على المادة العازلة، أحدهما سالبة تتجه نحو اللوح الموجب، والآخرى موجبة متجهة نحو اللوح السالب، ونتيجة لذلك ينقص فرق الجهد (ج) بين لوحي المكثف مما يؤدي إلى زيادة سعته بمقدار يتناسب مع ثابت العزل للمادة العازلة.

لقد وجد من التجارب العملية أن المواد العازلة تجعل المكثف قابلاً للاستخدام تحت فرق جهد عال دون حدوث شرارة كهربائية بين لوحي المكثف.

• حساب الطاقة الكامنة (المخزنة) في مكثف مشحون :

نفترض أن شحنة المكثف (س) كولوم، وفرق الجهد بين لوحية (ج) فولت، وعندما نحاول شحنه فإن فرق الجهد بين لوحيه يتزايد بانتظام من القيمة (صفر) حتى تصل القيمة إلى (ج) فولت، وعندما تصل قيمة الشحنة فيه إلى (س) كولوم، فإن القيمة المتوسطة لفرق الجهد أثناء عملية الشحن :

$$= \frac{\text{صفر} + \text{ج}}{2} = \frac{1}{2} \text{ ج فولت}.$$

ويكون الشغل اللازم لشحن المكثف بالشحنة (س) كما يلي :

$$\text{شغ} = \frac{1}{2} \text{ ج} \times \text{س} \dots\dots\dots (١)$$

ويخزن الشغل في المكثف على شكل طاقة كهربائية، وعند إفراغه يظهر الشغل على شكل طاقة كهربائية، أو تظهر على صور أخرى من الطاقة كالضوء، أو الصوت،

أو الحرارة ..، وهذا الشغل هو الطاقة المختزنة في المكثف، ويرمز لها بالرمز (طم) :

$$(\text{طم}) = \frac{1}{2} \text{ ج س} = \text{الشغل (شغ)}$$

$$\text{ولكن .. س} = \text{ج سع} \quad (٢) \dots\dots\dots$$

نعوض عن قيمة (س) في العلاقة (١) فنحصل على العلاقة :

$$\text{طم} = \frac{1}{2} \text{ سع ج}^2 \quad (٣) \dots\dots\dots$$

إذا عوضنا عن قيمة (ج) في (٣) فنحصل على صورة أخرى للعلاقة السابقة

كما يلي :

$$\text{طم} = \frac{1}{2} \times \frac{\text{س}^2}{\text{سع}} \quad (٤) \dots\dots\dots$$

ومن الصور الأربع للعلاقات السابقة يمكننا حساب مقدار الطاقة المختزنة في

مكثف مشحون .

■ **مثال ١ :** تم شحن مكثف سعته الكهربائية 4×10^{-6} فاراد، حتى أصبح الجهد

الكهربائي عليه ٢٠٠ فولت، احسب الطاقة الكهربائية المختزنة فيه .

■ **الحل :** سع = 4×10^{-6} فاراد ، ج = ٢٠٠ فولت

$$(\text{طم}) = \frac{1}{2} \text{ سع} \times \text{ج}^2 \quad \dots \text{نعوض عن قيمة (سع) ، (ج)}$$

$$\text{طم} = \frac{1}{2} \times 4 \times 10^{-6} \times (٢٠٠)^2 = 2 \times 40000 \times 10^{-6} \text{ جول}$$

$$\text{طم} = 8 \times 10^{-2} \text{ جول}$$

■ **مثال ٢ :** مكثف ذو اللوحين المتوازيين المسافة بين لوحيه ٠,١ متر والوسط العازل

بين لوحيه الهواء، فإذا كان فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين ٥٠ فولت، فما مقدار

شدة المجال الكهربائي بين اللوحين؟

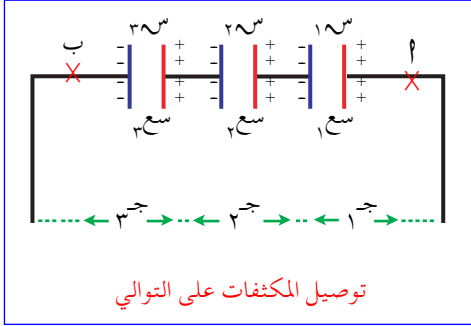
■ **الحل :** مج = ؟ ج = ٥٠ فولت ، ف = ٠,١ م

$$\text{ج} = \text{مج} \times \text{ف} \quad (\text{مج}) \text{ شدة المجال بين اللوحين} = \frac{\text{ج}}{\text{ف}}$$

$$= \frac{50}{0,1} = 500 \text{ فولت / م}$$

طرق توصيل المكثفات في الدوائر الكهربائية

توجد عدة طرق لتوصيل المكثفات الكهربائية في الدوائر الكهربائية ومن هذه الطرق ما يلي :



شكل (١٤)

١ - طريقة التوصيل على التوالي :

لا حظ الشكل (١٤) الذي يبين طريقة توصيل عدة مكثفات على التوالي . كيف تحسب السعة الكلية للمكثفات بهذه الطريقة ؟

نفترض أن سعة المكثف الأول

(س١) وشحنته (س١)، وسعة الثاني (س٢) وشحنته (س٢)، وسعة الثالث (س٣)، وشحنته (س٣) وهكذا... عند غلق الدائرة لهذه المكثفات فإن :

$$(١) \dots\dots\dots \text{السعة الكلية لها (سك) = س١ + س٢ + س٣}$$

$$(٢) \dots\dots\dots \text{الشحنة الكلية لها (سك) = س١ + س٢ + س٣}$$

فرق الجهد الكلي في الدائرة بين النقطتين (أ ، ب) كما في الشكل :

$$(٣) \dots\dots\dots \text{جأب = جأ١ + جأ٢ + جأ٣}$$

عرفنا مما سبق أن : $\frac{س}{س} = ج$ ومن العلاقات الثلاث السابقة نجد أن :

$$(٤) \dots\dots\dots \frac{س١ + س٢ + س٣}{س١ + س٢ + س٣} = \frac{سك}{سك}$$

تتوزع الشحنات الكهربائية على المكثفات الثلاثة بالتساوي أثناء غلق الدائرة . فتصبح العلاقة (٤) كما يلي :

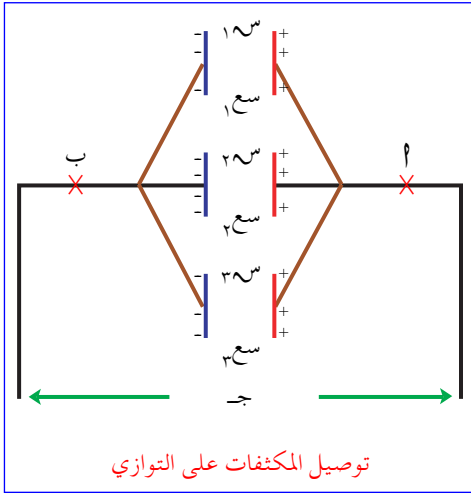
$$\frac{س}{س} = س \left(\frac{١}{س١} + \frac{١}{س٢} + \frac{١}{س٣} \right)$$

وبعد الاختصار نجد أن السعة الكلية لها تحسب من العلاقة :

$$(٥) \dots\dots\dots \frac{١}{سك} = \frac{١}{س١} + \frac{١}{س٢} + \frac{١}{س٣}$$

وهذا يعني أنها تساوي مقلوب مجموعها .

٢ - طريقة التوصيل على التوازي :



شكل (١٥)

يوضح الشكل (١٥) طريقة توصيل المكثفات في الدوائر الكهربائية على التوازي.

كيف نعين السعة الكلية للمكثفات المتصلة في الدوائر الكهربائية على التوازي؟

فرق الجهد بين طرفي المكثفات بين أطراف المكثفات عند النقطتين (أ، ب) = ج ومتساو بين أطراف المكثفات الثلاثة،

والشحنة المكافئة للمكثفات الثلاثة، وهي تتوزع عليها بالتساوي :

$$\text{الشحنة الكلية لها (س)} = \text{س}_1 + \text{س}_2 + \text{س}_3 \quad (١) \dots\dots\dots$$

$$\text{والسعة الكلية المكافئة لها (سك)} = \text{س}_1 + \text{س}_2 + \text{س}_3 \quad (٢) \dots\dots\dots$$

$$\text{عرفنا أن: س} = \text{ج} \times \text{سك}$$

نعوض عن قيمة (س) في العلاقة (١) فنحصل على العلاقة :

$$\text{ج} \times \text{سك} = \text{ج} (\text{س}_1 + \text{س}_2 + \text{س}_3)$$

وبما أن الجهد (ج) متساو بين أطراف المكثفات الثلاثة.

وفي هذه الحالة فإن السعة الكلية للمكثفات (سك) = س_١ + س_٢ + س_٣

أي السعة الكلية للمكثفات المتصلة في الدائرة الكهربائية على التوازي تساوي مجموع سعات المكثفات.

■ **مثال ١:** وصلت ثلاثة مكثفات سعاتها (٢، ٤، ٦) ميكروفاراد، احسب السعة

الكلية لها في حالة توصيلها على: ١ - التوالي ، ٢ - التوازي.

● **الحل:**

$$١ - \text{ في حالة التوصيل على التوالي: } \frac{١}{\text{سك}} = \frac{١}{\text{س}_1} + \frac{١}{\text{س}_2} + \frac{١}{\text{س}_3}$$

بالتعويض عن سعة كل مكثف في العلاقة السابقة:

$$\frac{١}{\text{سك}} = \frac{١}{٦} + \frac{١}{٤} + \frac{١}{٢} \quad \text{ومنها:}$$

$$\frac{11}{12} = \frac{2+3+6}{12} = \frac{1}{\text{سءء}} \\ \text{سءء} = \frac{12}{11} \text{ ميكروفاراد.}$$

٢ - السعة الكلية في حالة توصيلها علي التوازي، نعوض في العلاقة :
 $\text{سءء} = \text{سء}١ + \text{سء}٢ + \text{سء}٣$ ومنها السعة الكلية (سءء)
 $12 = 6 + 4 + 2 =$ ميكروفاراد.



- نسق مع مدرس المادة أنت وبعض زملائك للقيام بزيارة لأحد محلات إصلاح الأجهزة الالكترونية كالمذياع والتلفاز ، والفيديو .
- اطلب من صاحب المحل بأن يسمح لك وزملائك بمشاهدة لوحة كبيرة للأجهزة التالفة، وبمساعدة المدرس برؤية شكل المكثف - وأنواعه ومقدار السعة المكتوبة على كل نوع، ودوّن وحدة قياس السعة μF واكتب العلاقة فيما بينها وبين وحدة الفاراد (F)، بالإضافة إلى مشاهدة المكثف متغير السعة، وأسأل المختص سبب عدم تدوين مقدار سعة بعض المكثفات عليها، ثم دون الإجابة .
- وبعد الانتهاء من هذه الزيارة، اكتب تقريراً علمياً عن المكثفات وأنواعها وطرق توصيلها في الدوائر الكهربائية، ووظيفة المكثفات متغيرة السعة وسبب عدم كتابة السعة عليها . وقدمها لزملائك في كلمة الطابور، أو انشرها في الصحيفة الحائطية للمدرسة، أو إذا استطعت جمع بعضها يمكنك الصاقها على ورق مقوى وعلقها على جدار الصف أو في الصحيفة الحائطية العلمية ، ثم اكتب سعة كل منها بخط واضح .

تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية :

س ١ : أكمل الفراغات في العبارات الآتية :

أ - يتم توصيل المكثفات الكهربائية بطريقتين هما طريقة
وطريقة التوازي تكون السعة الكلية المكافئة في حالة التوصيل على
التوالي تساوي.....، بينما في الحالة الثانية فتكون
السعة المكافئة تساوي.....

ب - يقاس فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين في موصل بالنظام الدولي
للقياس بوحدة..... وقد اتفق على تسميتها باسم
..... بينما السعة الكهربائية تقاس بوحدة كولوم/فولت،
واتفق على تسميتها باسم.....

ج - كمية الكهرباء اللازمة لتغيير جهد الموصل بمقدار فولت واحد يطلق
عليها..... بينما الشغل المبذول لنقل شحنة كهربائية من
نقطة إلى أخرى في موصل يطلق عليه.....

س ٢ : ضع علامة (✓) أمام العبار الصحيحة، وعلامة (X) أمام العبارة الخاطئة
بين القوسين فيما يلي :

- أ - مكثف سعته 2×10^{-6} فاراد، الجهد بين لوحيه ٥٠٠ فولت
فإن الطاقة الكامنة فيه = ٢٥ ر. جول. ()
- ب - المكثف ذو اللوحين المتوازيين مساحة كل منهما مختلفة. ()
- ج - وجد بالتجارب العملية أن المواد العازلة في المكثف تجعله
قابلاً للاستخدام تحت فرق جهد عال. ()
- د - القوة المؤثرة على وحدة الشحنة الكهربائية الموجبة تسمى الفولت. ()

هـ - المجال الكهربائي يعتبر كمية متجهة لأنه يقاس بالقوة وهي

كمية متجهة . ()

س ٣ : اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس للعبارة الآتية :

أ - عند وضع نقطة من شحنة موجبة مقدارها $٧-١٠ \times ٥$ كولوم في مجال كهربائي شدته ٤١٠×٣ نيوتن / كولوم فإن القوة الكهروستاتيكية التي يؤثر بها المجال على الشحنة النقطية تساوي :
(٠.٢ نيوتن ، ٠.٣ نيوتن ، ٠.٤ نيوتن ، ٠.١٥ نيوتن) .

ب - اتجاه المجال الكهربائي المتولد من شحنة موجبة يكون :

(خارجاً منها - داخلياً إليها - في اتجاهها ، لا شيء مما ذكر) .

ج - الفرق في الجهد الكهربائي بين نقطتين عندما تبذل شحنة كهربائية موجبة مقدارها واحد كولوم شغلاً مقداره واحد جول للانتقال من إحدى النقطتين للأخرى يسمى : (جول - فولت - أمبير - نيوتن) .

د - كمية الكهرباء اللازمة لتغيير جهد الموصل بمقدار واحد فولت يطلق عليها : (الجهد - شدة المجال - السعة الكهربائية) .

س ٤ : علل العبارات الآتية تعليلاً علمياً :

أ - العازل في المكثف الكهربائي يزيد من قدرته على العمل عند فرق جهد عال .

ب - يعد شدة المجال الكهربائي كمية متجهة .

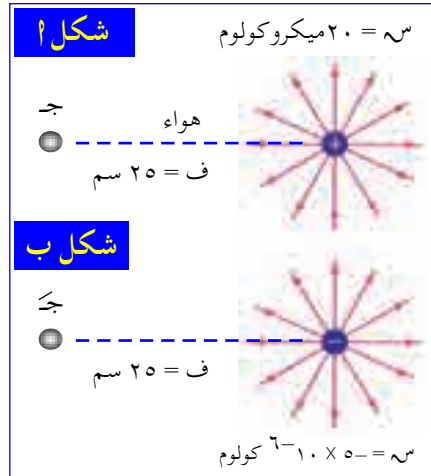
س ٥ : عرف ما يلي :

(شدة المجال الكهربائي - السعة الكهربائية) .

س ٦ : ثلاثة مكثفات قيمها (٤ ، ٨ ، ١٦) ميكروفاراد، وصلت بدائرة كهربائية بطريقة التوالي والتوازي، ما السعة المكافئة لها في كل حالة؟
(٢٩ ، ٢٨) ميكرو فاراد .

س٧: شحنتان كهربائيتان مقدار كل منهما (٥ ، ١٠) كولوم ، والمسافة بينهما ١٠ سم ، وضعتا في الهواء ما مقدار القوة الكهروستاتيكية المؤثرة بينهما؟
(٤ × ١٠^٦ نيوتن).

س٨: مكثف كهربائي سعته الكهربائية ٥ × ١٠^{-٦} فاراد ، شحن بشحنة مقدارها ٢٠ كولوم ، احسب فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه.
(٤٥ × ١١٠ فولت).



س٩: استعن بالبيانات الموضحة بالشكلين (أ، ب) ثم احسب شدة المجال الكهربائي في كل حالة .

الجواب: (٢٨٨ × ١٠^٤)

(٧٢ × ١٠^٤ نيوتن / كولوم) ، نفس الاتجاه

س١٠: إذا كان فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين موضوعتين في مجال كهربائي ٢٠ فولت ،

فما الشغل اللازم بذله لنقل شحنة موجبة قدرها ٤ ميكروكولوم؟ وإذا استبدلت الشحنة بشحنة أخرى موجبة مقدارها ٤ كولوم ، فقلل مقدار الشغل المبذول في هذه الحالة مع الحالة الأولى ، ثم فسّر الناتج في الحالتين . (٨ × ١٠^{-٥} جول ، ٨٠ جول)

س١١: شحن مكثف سعته الكهربائية ٥ × ١٠^{-٦} فاراد ، وأصبح الجهد الكهربائي بين لوحيه ١١٠ فولت ، ما مقدار الطاقة الكهربائية المخزنة فيه؟
(٣٠٢٥ × ١٠^{-٦} جول)

س ١٢ : أكتب تقريراً علمياً لما عرفته عن المكثفات الكهربائية عن فوائدها في الحياة .

س ١٣ : أثبت بالتجريب العملي أن الشحنات الكهربائية تتراكم على السطوح الخارجية للأجسام المشحونة وليست على السطوح الداخلية .

س ١٤ : وضح بالرسم تركيب مولد فان دي جراف ، ثم وضح كيف تتولد الشحنات الكهربائية عليه .

س ١٥ : ماذا يحدث في الحالات التالية :

أ - إذا ذلك مشط على شعر رأسك وقربت قصاصات ورق منه .

ب - إذا قربت جسم مشحون بشحنة كهربائية موجبة بجسم آخر مشحون بنفس الشحنة .

س ١٦ : وضح بالرسم المجال المتكون لشحنة كهربائية موجبة وأخرى سالبة .

س ١٧ : لماذا يستقيم شعر الرأس عندما يلامس شخص بيده الجسم الكروي لمولد فان دي جراف المشحون ؟

س ١٨ : ما المقصود بالفاراد ؟ وما العلاقة بينه وبين الميكرو فاراد ؟

س ١٩ : لماذا يعد الفاراد وحدة لقياس السعة الكهربائية وحدة غير صالحة للتطبيق العملي في الأجهزة الإلكترونية ؟

س ٢٠ : مكثف ذو لوحين متوازيين المسافة بينهما (١ مم) فإذا كانت سعة المكثف واحد فاراد . فما مساحة لوح المكثف ؟

ثم فسر النتيجة .

س ٢١ : استعن بإحدى اللوحات لأي جهاز إلكتروني ثم ارسم كل مكثف وحدد السعة المكتوبة عليه ، واكتب فرق الجهد أيضاً .

الوحدة السادسة

التيار الكهربائي The Electric Current



- نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :
- ١ - تتعرف نوعي التيار الكهربائي وشدته وتحدد سريانه في الموصلات الخارجية للمصدر وفي نفس المصدر المولد له .
 - ٢ - ترسم الدائرة الكهربائية الكاملة وتطبقها في تعيين شدة التيار وفرق الجهد والمقاومة الكهربائية .
 - ٣ - تستنتج بالتجريب العملي قانون أوم وتتحقق من قوانين توصيلات المقاومات الكهربائية والأعمدة في الدوائر الكهربائية .
 - ٤ - تتعرف أنواع المقاومات بطرق مباشرة من خلال مشاهدتك لبعض اللوحات الإلكترونية لبعض الأجهزة المتوفرة في بيئتك .
 - ٥ - تحل مسائل رياضية لتعيين القوة الكهربائية الكلية لعدة أعمدة متصلة معاً في الدوائر الكهربائية بطرق مختلفة .
 - ٦ - تحل مسائل رياضية لتعيين القوة الكهربائية الكلية لعدة مقاومات متصلة معاً في الدوائر الكهربائية بطرق مختلفة .
 - ٧ - تكتسب ثقافة علمية وتوظفها في حياتك اليومية وفي دراستك اللاحقة .

التيار الكهربائي

Electric Current

• التيار الكهربائي وشدته (ت) :

سبق وأن عرفت التيار الكهربائي وشدته وسريانه خلال الموصلات الكهربائية في الصف الثامن من المرحلة الدراسية السابقة .

فما التيار الكهربائي ؟

وما سبب تحركه في الموصلات المعدنية ؟

وما شدته ؟

مر معك سابقاً التيار الكهربائي أنه عبارة عن شحنات كهربائية موجبة أو سالبة تتحرك خلال الموصلات الكهربائية ويستمر التيار في الحركة عندما تكون حركة الشحنات مستمرة ومنظمة، ووجود فرق جهد كهربائي بين نقطتين والتي تمثل القوة الدافعة التي تدفع تحرك التيار الكهربائي عبر الموصلات الكهربائية الموصلة بين تلك النقطتين .

• **التيار الكهربائي نوعان :** الأول تيار كهربائي مستمر، ونحصل عليه من الأعمدة الكهربائية المختلفة وهو ثابت الاتجاه والشدّة، بينما النوع الثاني فهو التيار المتردد، ونحصل عليه من المولدات في المحطات الكهربائية العامة والمستخدم في إضاءة المنازل والشوارع .

• **أما شدة التيار الكهربائي (ت) فهي :** كمية الشحنات الكهربائية التي تمر خلال مقطع معين من الموصل في الثانية الواحدة، ونعبر عن هذا التعريف بالعلاقة :

$$I = \frac{Q}{t} \text{ كولوم / ثانية.}$$

وقد أُصطلح على تسمية هذه الوحدة باسم "أمبير"، ويقاس بجهاز يسمى "الأميتر".

• الدائرة الكهربائية الكاملة لتعيين القوة الدافعة لمصدر كهربائي :

مرت معك في دراستك السابقة أن الصيغة الرياضية لقانون أوم ($I = \frac{V}{R}$)، نتناوله في هذا الصف في تعيين مقدار القوة الدافعة الكهربائية في الدائرة الكاملة،

نفترض سلك معدني موصل للكهرباء موصل بين قطبي عمود كهربائي أو بطارية قوتها الدافعة الكهربائية (ق) فولت كما يبينه الشكل (١)، مقاومة البطارية



شكل (١)

الداخلية (م_٥) أوم، ومقاومة الموصل الخارجية (م_خ) أوم، عندما يمر تيار كهربائي خلال موصل شدته (ت) أمبير، فإن القوة الدافعة :

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 + I R_{\text{خ}} + I R_{\text{د}}$$

ومنها : $\mathcal{E} = I (R_{\text{خ}} + R_{\text{د}})$ فولت $\frac{\mathcal{E}}{R_{\text{خ}} + R_{\text{د}}}$

وشدة التيار المار في الدائرة : $I = \frac{\mathcal{E}}{R_{\text{خ}} + R_{\text{د}}}$ أمبير.

● تحديد اتجاه حركة التيار الكهربائي خلال موصل متصل بقطبي مصدر :

لاحظ الشكل (٢) التيار الكهربائي المار عبر الموصل يتجه خارجياً من القطب الموجب إلى القطب السالب (الاتجاه الاصطلاحي) ، وهو حركة الشحنات الموجبة، أما الإلكترونات والأيونات فتتحرك في اتجاه معاكس لحركتها في الموصل داخل المصدر، أي من القطب السالب إلى القطب الموجب.

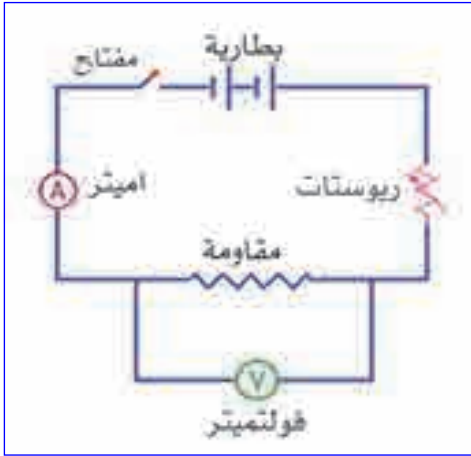


شكل (٢)

نشاط :

- حاول الحصول على جهاز أميتر، أو مللي أميتر، وعمود جاف ١٥ فولت ثم صل طرفي الجهاز بقطبي العمود، ولاحظ اتجاه انحراف المؤشر.
- أعكس التوصيل السابق، ولاحظ اتجاه انحراف مؤشر الجهاز.
- ماذا تستنتج؟

● استنتاج قانون أوم عملياً :



شكل (٣)

أجرى أوم عدة تجارب عملية في المختبر لدراسة العلاقة بين فرق الجهد الكهربائي بين طرفي موصل (جـ) متصل في دائرة كهربائية وبين شدة التيار المار في نفس الموصل وفي نفس درجة الحرارة.

والشكل (٣) يبين الدائرة الكهربائية والأدوات التي استخدمها لدراسة تلك العلاقة، وقد حصل على

عدة قراءات لكل من فرق الجهد (جـ)، وشدة التيار (ت)، ورسم بينهما علاقة بيانية وحصل على خط مستقيم، وفسر تلك العلاقة البيانية تفسيراً علمياً ومن خلالها استنتج قانونه ونصه كما يلي :

● شدة التيار الكهربائي المار في موصل كهربائي تتناسب تناسباً طردياً مع فرق الجهد بين طرفي الموصل عندما تكون درجة حرارة الموصل ثابتة.

🔍 ارجع إلى دليل كتاب التجارب العملية.

والتعبير الرياضي للنص السابق هو كما يأتي :

$$جـ \propto ت \text{ أي أن : } \frac{جـ}{ت} = \text{مقداراً ثابتاً.}$$

والمقدار الثابت أطلق عليه " المقاومة الكهربائية " يرمز لها بالرمز (م)، ووحدة

قياسها " فولت / أمبير " واتفق على تسميتها باسم "أوم" والعلاقة السابقة تكتب :

$$م = \frac{جـ}{ت} \text{ أوم .}$$

وعند تطبيق هذه العلاقة على الدوائر الكهربائية الكاملة لتعيين مقدار شدة التيار

الكهربائي فإن :

$$ت = \frac{و}{م + م_s} \text{ أمبير.}$$

وفي حالة أن الدائرة الكهربائية تكون مفتوحة فإن $و = 0$ جـ .

هناك عوامل تتوقف عليها المقاومة الكهربائية لموصل كهربائي منتظم أهمها:

١ - نوع مادة الموصل : حيث وجد أن مقاومة موصل تختلف من موصل إلى آخر.

٢ - طول الموصل (ل) : وجد أن (ل) تتناسب تناسباً طردياً مع المقاومة عند ثبوت مساحة المقطع والحرارة.

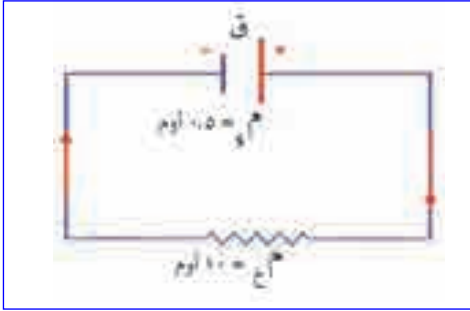
٣ - مساحة المقطع (س) للموصل : حيث س تتناسب مع مقاومة الموصل تناسباً عكسياً.

٤ - درجة الحرارة : حيث وجد أن المقاومة تزداد في الموصل، بزيادة درجة حرارته أي أن المقاومة تتناسب تناسباً طردياً مع ارتفاع درجة حرارة الموصل.

وقد تم ربط العوامل السابقة بعلاقة رياضية كما يأتي :

$$R = \frac{\rho \times L}{S}$$

حيث الحرف (ρ) حرف لاتيني لفظه "رو" ويعني المقاومة النوعية للمادة، وهي إحدى خواص المادة، وتعرف بأنها: مقدار مقاومة موصل منتظم من المادة طوله واحد متر، ومساحة قطعه واحد متر مربع وسوف تتناولها بالتفصيل في دراستك القادمة انشاء الله.



شكل (٤)

■ **مثال ١:** لاحظ الشكل (٤)، يمر عبر

الموصل تيار كهربائي شدته ٢ أمبير،

والمقاومة للموصل ١٠ أوم، احسب

القوة الدافعة الكهربائية للعمود إذا

كانت مقاومته الداخلية ٥٠ أوم.

■ **الحل:** ت = $\frac{V}{R_{int} + R_{ext}}$

بالتعويض عن القيم المعطاة في المثال ينتج:

$$2 = \frac{V}{0.5 + 10}$$

ومنها: "V" القوة الدافعة الكهربائية للعمود = 20 + 1 = 21 فولت.

■ **مثال ٢:** بطارية قوتها الدافعة الكهربائية ٢٤ فولت ومقاومتها الداخلية ٠,٥ أوم، وصلت بمقاومة خارجية، شدة التيار المار بين طرفيها ٢ أمبير – كما يوضحه الشكل (٥)، ما مقدار المقاومة الخارجية المتصلة بقطبي البطارية ؟

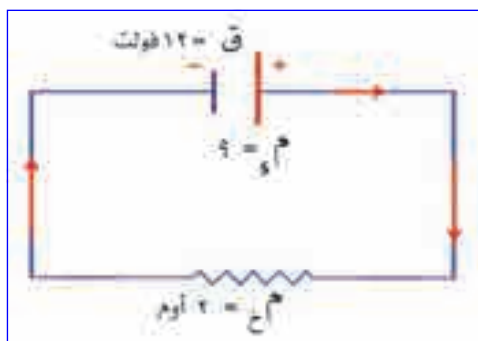
■ **الحل:** بالتعويض في العلاقة : $T = \frac{E}{M + m}$ عن القيم المعطاه ينتج:
 $2 = \frac{24}{M + 0.5}$ ومنها (م خ) مقدار المقاومة الخارجية = ١١,٥ أوم.

■ **مثال ٣:** بطارية قوتها الدافعة الكهربائية ١٢ فولت، وصل قطباها بموصل مقاومته ٢ أوم وشدة التيار المار فيه ٤ أمبير، احسب مقدار المقاومة الداخلية للبطارية، وإذا اهملت المقاومة الداخلية للبطارية شكل (٦)، هل ستتغير قيمة شدة التيار؟ .. فسر ذلك.

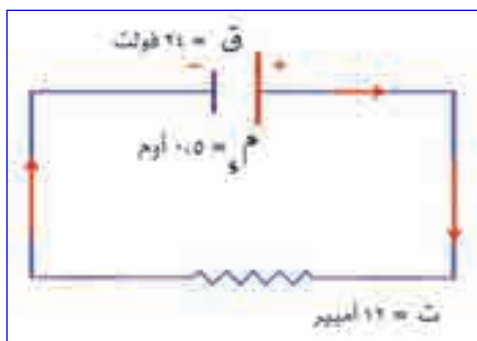
■ **الحل:** بالتعويض في العلاقة : $T = \frac{E}{M + m}$ عن القيم المعطاه ينتج:
 $4 = \frac{12}{M + 2}$ ، ومنها $M = 1$ أوم

- قيمة شدة التيار إذا اهملت (م) للبطارية : $T = \frac{12}{2} = 6$ أمبير.
- نعم تتغير قيمة شدة التيار عند إهمال (م) للبطارية.

● **التفسير:** يلاحظ أنه عند حساب المقاومة الداخلية للبطارية كانت قيمة شدة التيار ٤ أمبير، بينما عند إهمال (م) فإن قيمة شدة التيار زادت وأصبحت ٦ أمبير، وهذا يدل أنه إذا كانت مقاومة الدائرة الكهربائية صغيرة تكون شدة التيار كبيرة، والعكس صحيح.

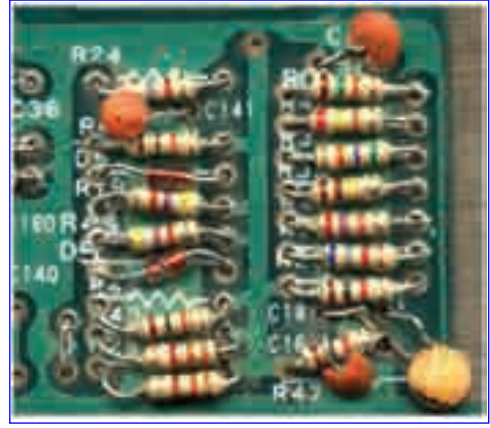
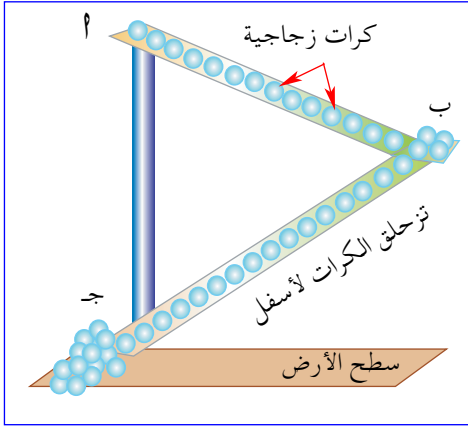


شكل (٦)



شكل (٥)

المقاومة الكهربائية Electric Resistance



شكل (٧) : توضيح معنى المقاومة

لاحظ الشكل (٧) الكرات الموضوعة عند النقطة (١) تتزحلق إلى أسفل بفعل فرق الارتفاع بين النقطتين (١، ب)، والآن حدد النقطة الموضحة بالشكل التي تجد الكرات فيها عرقلها لحركتها، .. ما سبب ذلك؟
بالمثل عند مرور تيار كهربائي في الموصلات المعدنية الموصلة بمصدر تيار كهربائي، فإن التيار الكهربائي أثناء سريانه في الموصل يلقي إعاقة في حركته تنشأ بسبب الحزئيات والذرات المكونة للمادة الموصلة، وهذه الإعاقة يطلق عليها "المقاومة الكهربائية"، ويرمز لها بالرمز (م)، وقد مر معك دراسة المقاومة الكهربائية في الصف الثامن الأساسي، يمكن العودة لذلك الموضوع ثم الإجابة عن السؤال التالي:
ما المقصود بالمقاومة الكهربائية؟ .. وعلما يتوقف مقدارها؟

نشاط :

استعن باللوحة السابقة لأحد الأجهزة الالكترونية التالية مثل : تليفون أو جهاز مذياع أو مسجل .. بالتعاون مع زملائك ومساعدة مدرس المادة في التعرف على أشكال المقاومات، وعدد الألوان الدائرية الموضوعة على كل مقاومة وعدد أطراف كل منها، وارسم الرمز الدال على المقاومة من اللوحة، ثم اطلب من المدرس أن يعرفك على شكل المقاومة المتغيرة ثم أجب عن ما يلي :

- ١ - ما وظيفة المقاومة في الدائرة؟
- ٢ - على ماذا تدل الألوان المثبتة على المقاومات؟
- ٣ - كيف تتحكم بزيادة أو نقص شدة الصوت في جهاز التلفاز أو المذياع ؟ .ولماذا؟
قم بعرض الإجابات على مدرسك للتأكد من صحتها .



شكل (٨)

وللمقاومات الكهربائية استخدامات كثيرة في الصناعات الالكترونية الحديثة التي نتداولها في حياتنا مثل: المذياع، التلفاز، التليفون بأنواعه الثابت والنقال، الكمبيوتر، وكل الأجهزة الحديثة الكهربائية والإلكترونية للتحكم في التيار

الكهربائي المار في دوائرها، والمقاومات الكهربائية منها الثابتة ومنها المتغيرة مثل الريوستات، ومفتاح التلفاز أو المذياع . الخ، انظر الشكل (٨) .
توصل المقاومات الكهربائية في الدوائر للأجهزة الإلكترونية بعدة طرق ومن هذه الطرق ما يلي :

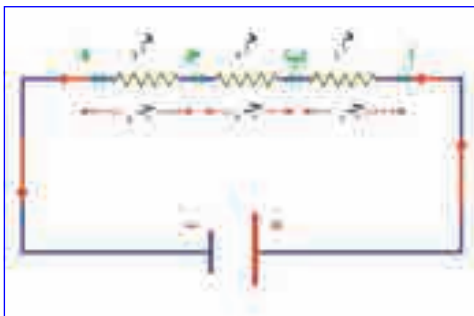
● **الطريقة الأولى:** طريقة التوصيل على التوالي :

● **الطريقة الثانية:** طريقة التوصيل على التوازي :

📖 لماذا توصل المقاومات الكهربائية على التوالي أو التوازي في دوائر الأجهزة الإلكترونية المختلفة؟

📖 يمكنك استنتاج الإجابة بعد عرض طريقتي التوصيل كما يلي :

١ - **طريقة التوصيل على التوالي:** لاحظ



شكل (٩)

الشكل (٩) ، يبين توصيل ثلاث مقاومات ١م ، ٢م ، ٣م على التوالي في دائرة كهربائية .

الجهد الكهربائي الكلي للدائرة (جـ) يتجزأ بين أطراف المقاومات الثلاث ، فرق الجهد بين النقطتين (١ ، ب) للمقاومة (١م) = جـ١ ، فرق الجهد بين

النقطتين (ب، ج) للمقاومة (٢م) = جـ، فرق الجهد بين النقطتين (ج، د) للمقاومة (٣م) = جـ كما في الشكل السابق.

$$جـ د = جـ ١ + جـ ٢ + جـ ٣ \quad (١) \dots\dots\dots$$

ومن قانون أوم تصبح المعادلة السابقة كما يلي :

$$م \times ت = ت \times ١م + ت \times ٢م + ت \times ٣م \quad (٢) \dots\dots\dots$$

لأن شدة التيار المار في كل مقاومة من المقاومات الثلاث متساوٍ، وفي هذه الحالة فإن التيار الكلي :

$$ت = ت ١ + ت ٢ + ت ٣ + \dots$$

فهو لا يتجزأ في الدائرة

$$\text{ومن قانون أوم } جـ = م ت \quad (٣) \dots\dots\dots$$

فإذا افترضنا أن المقاومة المكافئة للمقاومات الثلاث رمزنا لها بالرمز (مك)

$$مك = ١م + ٢م + ٣م \quad (٤) \dots\dots\dots$$

ومن العلاقات (١، ٢، ٣، ٤)، فإن العلاقة (٢) تصبح :

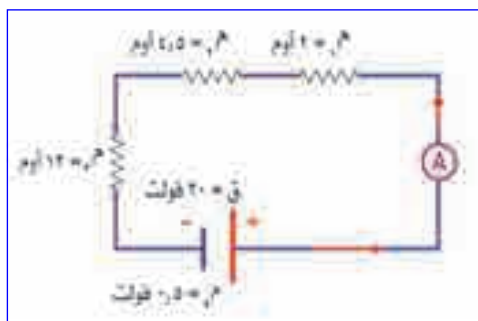
(مك) المقاومة المكافئة للمقاومات الموصلة على التوالي :

$$١م + ٢م + ٣م = \quad (٥) \dots\dots\dots$$

أي أن المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة معاً في دائرة على التوالي تساوي مجموع المقاومات .

■ **مثال ١ :** استعن بالبيانات الموضحة بالشكل، ثم احسب شدة التيار الكهربائي المارة

في جهاز الأميتر.



■ **الحل :** من قانون أوم : $ت = \frac{ج}{م}$

المقاومة المكافئة للمقاومات (مك) :

$$مك = ١م + ٢م + ٣م + ٥م$$

$$مك = ٢ + ٤ + ٥ + ١٣ + ٠,٥$$

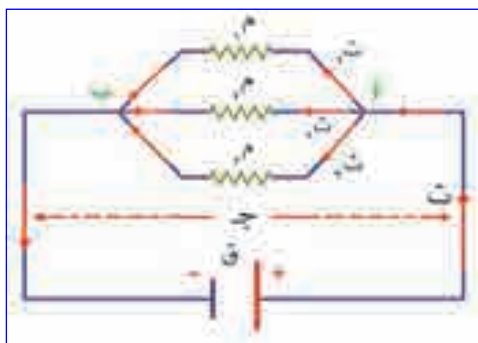
$$= ٢٠ \text{ أوم}$$

شدة التيار المارة في جهاز الأميتر $= \frac{ج}{مك}$

وبالتعويض عن قيمة جـ ، مك

$$ت = \frac{٢٠}{٢} = ١ \text{ أمبير.}$$

شكل (١٠)



شكل (١١)

١ - طريقة التوصيل على التوازي: لاحظ

الشكل (١١) المقابل، يبين طريقة

توصيل ثلاث مقاومات على التوازي

(١م، ٢م، ٣م) بالدوائر الكهربائية.

فرق الجهد الكهربائي عند النقطتين

(٢، ب) يساوي (ج) للدائرة الكهربائية.

بينما شدة التيار الكلي المار في

الدائرة يتجزأ عند النقطة (ب) إلى ت١، ت٢، ت٣ ومنها فإن شدة التيار الكلي:

$$(ت) = ت١ + ت٢ + ت٣ \quad (١) \dots\dots\dots$$

$$\text{ومن قانون أوم : } ت = \frac{ج}{مك} \quad (٢) \dots\dots\dots$$

نعوض عن قيم التيار المار في كل مقاومة كما يوضحه الشكل السابق في العلاقة

(١) من العلاقة (٢) نحصل على العلاقة الآتية:

$$\frac{ج}{مك} = \frac{ج}{١م} + \frac{ج}{٢م} + \frac{ج}{٣م}$$

$$\text{ومنها : } \cancel{\frac{ج}{مك}} = \cancel{\frac{ج}{مك}} \left(\frac{١}{١م} + \frac{١}{٢م} + \frac{١}{٣م} \right)$$

وبعد الاختصار تصبح العلاقة السابقة:

$$\frac{١}{مك} = \frac{١}{١م} + \frac{١}{٢م} + \frac{١}{٣م} \quad (٣) \dots\dots\dots$$

يتضح من العلاقة (٣) أن مقلوب المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة معاً في

دائرة كهربائية على التوازي يساوي مجموع مقلوبات هذه المقاومات.

■ **مثال ١:** استعن بالبيانات المبينة في الشكل المقابل (١٢)، ثم احسب شدة التيار

الكهربائي المار عند النقطة (ب).

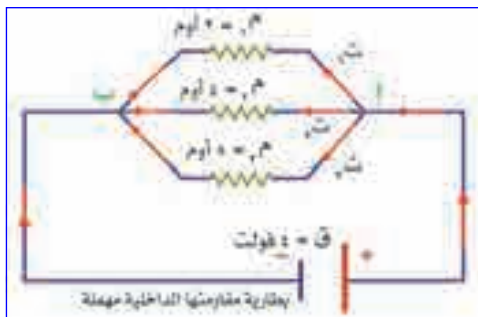
■ **الحل:** المقاومة المكافئة (مك)

نحسبها من العلاقة (٣).

وبالتعويض عن قيم (١م، ٢م، ٣م)

نحصل على:

$$\frac{١}{مك} = \frac{١}{٢} + \frac{١}{٤} + \frac{١}{٨}$$



شكل (١٢)

$$\frac{7}{8} = \frac{1+2+4}{8} = \frac{1}{\text{مك}}$$

ومنها مك = $\frac{8}{7}$ أوم.

شدة التيار المارة في النقطة (ب) ، نطبق قانون أوم كما يلي :

$$ت = \frac{ج}{مك} = 4 \times \frac{7}{8} = 3,5 \text{ أمبير.}$$

ملحوظة :

لقد أمكن التحقق من المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة معاً في دائرة كهربائية على التوالي والتوازي، ارجع إلى كتاب دليل التجارب، لإجراء التجربة.



شكل (١٣)

الأعمدة الكهربائية

Electric Cells

مر معك في السنوات السابقة من دراستك أن الأعمدة الكهربائية هي مصادر لكهرباء، وتخزن فيها الطاقة الكهربائية على صورة طاقة كيميائية، وعند توصيلها في الدوائر الكهربائية تتحول هذه الطاقة المختزنة الكيميائية، إلى طاقة كهربائية.

الأعمدة الكهربائية توجد على عدة أشكال وأحجام مختلفة تلائم الأجهزة التي تستخدم فيها لاحظ الشكل (١٣)، وهي تستخدم كثيراً في حياتنا الخاصة والعامة. وتوصل في الدوائر الكهربائية بعدة طرق مختلفة للحصول على قوة دافعة كهربائية كبيرة أو صغيرة بحسب الحاجة ونذكر من هذه الطرق ما يلي :

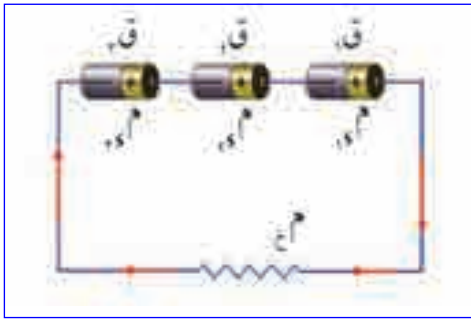
١ - طريقة التوصيل على التوالي .

٢ - طريقة التوصيل على التوازي .

٣ - طريقة التوصيل على التصاعف .

ونستعرض هذه الطرق كما يلي :

١ - طريقة التوصيل على التوالي : لاحظ الشكل (١٤) الذي يبين طريقة توصيل ثلاثة



أعمدة (ق_١، ق_٢، ق_٣)، حيث (ق) هي القوة الدافعة الكهربائية لكل عمود، (م_١) المقاومة الداخلية للعمود، ما الغرض من توصيل الأعمدة الكهربائية بهذه الطريقة؟ ولحساب القوة الدافعة الكهربائية المكافئة للأعمدة الثلاثة في هذه الطريقة:

شكل (١٤): طريقة توصيل الأعمدة على التوالي

$$(ق) = ق_١ + ق_٢ + ق_٣ \dots\dots\dots (١)$$

وهذا يعني أن القوة المكافئة تساوي مجموع قوة كل عمود على حدة. إذا افترضنا أن المقاومة الداخلية لكل عمود (م_١) أوم، وتم توصيل الأعمدة بمقاومة خارجية (م_خ) أوم، انظر للشكل السابق.

فكيف نحسب مقدار شدة التيار الكهربائي المارة في هذه الدائرة؟

عرفنا مما سبق أن شدة التيار الكهربائي يحسب من العلاقة:

$$I = \frac{\text{القوة الدافعة الكهربائية المكافئة}}{\text{المقاومة الكلية المكافئة للدائرة}}$$

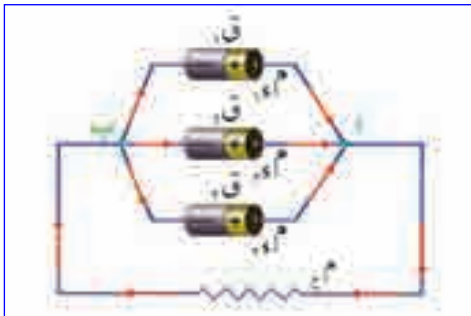
$$= \frac{ق_١ + ق_٢ + ق_٣ + \dots\dots\dots}{(م_١ + م_٢ + م_٣ + \dots\dots\dots)}$$

العلاقة (١) للأعمدة بصورة عامة قد تكون غير متماثلة بينما إذا كانت متماثلة فإن شدة التيار:

$$(ت) = \frac{\text{عدد الأعمدة} \times \text{قوة أحد الأعمدة}}{م_خ + (\text{عدد الأعمدة} \times م_١)} \dots\dots\dots (٢)$$

حيث (م_خ) المقاومة الخارجية، م_١ المقاومة الداخلية للعمود، (ق) القوة الدافعة

الكهربائية للعمود.



١ - طريقة التوصيل على التوازي: يتم

توصيل الأعمدة الكهربائية في هذه الطريقة كما يوضحه الشكل (١٥)، فإذا افترضنا أننا وصلنا ثلاثة أعمدة قوة كل منها:

شكل (١٥): طريقة توصيل الأعمدة على التوازي

(ق_١، ق_٢، ق_٣)، وأن المقاومة الداخلية للعمود الأول (م_١)، والعمود الثاني (م_٢)، والعمود الثالث (م_٣)، وهذه الأعمدة تكون بطارية قطبهاا تمثله النقطتان (٢، ب)، ومتصلة بهذه البطارية مقاومة خارجية (م خ) أوم.

وفي هذه الطريقة فإن القوة الدافعة الكهربائية المكافئة للدائرة = قوة عمود واحد.

فكيف نحسب شدة التيار الكهربائي الذي يمر في هذه الدائرة؟

إذا أردنا معرفة مقدار شدة التيار الكهربائي المار في الدائرة فإننا نطبق العلاقة الآتية:

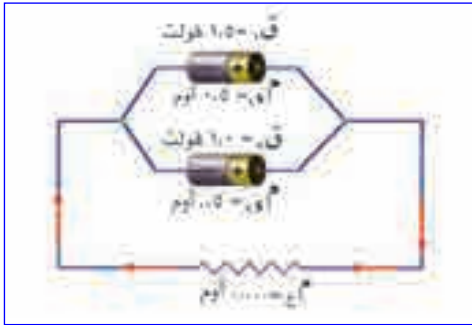
$$I = \frac{\text{قوة عمود واحد}}{M_x + \text{عدد الأعمدة}}$$

(١)

وهذه العلاقة تطبق عندما تكون الأعمدة الكهربائية الموصلة بالدائرة متماثلة، حيث (م خ) تعني المقاومة الخارجية، م_١ المقاومة الداخلية للعمود الكهربائي.

■ **مثال ١:** لاحظ الشكل المقابل و، استعن بالبيانات المبينة عليه، ثم احسب شدة

التيار المار في الدائرة.



شكل (١٦)

■ **الحل:** نطبق العلاقة (١) السابقة :

شدة التيار المار في الدائرة (ت) :

$$I = \frac{\text{قوة عمود واحد}}{M_x + \text{عدد الأعمدة}}$$

بالتعويض عن القيم المبينة في الشكل

في العلاقة السابقة ينتج أن شدة التيار

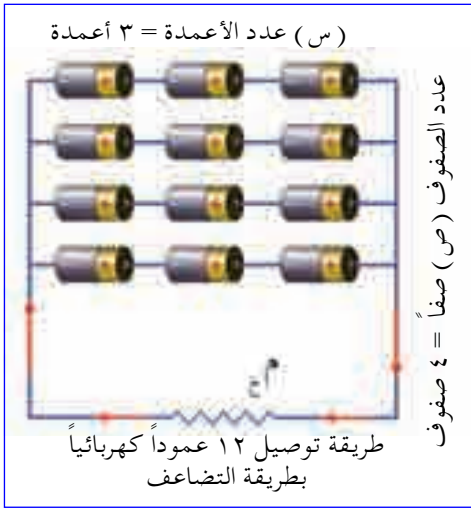
$$I = \frac{1.5}{0.5 + 2} = \frac{1.5}{2.5} = \frac{30}{200} = \frac{1.5 \times 2}{20.5} = 0.146 \text{ أمبير تقريباً}$$

وبعد أن عرضنا طريقة توصيل الأعمدة المتماثلة بطريقة التوالي والتوازي في الدوائر

الكهربائية، فما الغرض من توصيل الأعمدة الكهربائية في هاتين الطريقتين ؟

حاول الإجابة عليه بعد أن تستوعب ما سبق عرضه.

- ١ - حاول الحصول على عمودين أو ثلاثة متماثلة، وأميتر، ثم صلها بهذه الطريقة وتحقق من شدة التيار من قراءة الأميتر.
- ٢ - حاول الحصول على مصباح كهربائي صغير المستخدم في كشاف الجيب، وصل الطرف السفلي له بسلك متصل بطريقتي توصيل الأعمدة في الحالتين السابقتين، والطرف الآخر المتصل بالقطب الآخر للأعمدة بالقطعة النحاسية للمصباح، وقارن شدة إضاءته في الحالتين، ثم فسر ذلك.



شكل (١٧)

٣ - طريقة التوصيل على التضاعف : يتم

في هذه الطريقة توصيل الأعمدة كما هو مبين بالشكل (١٧) فإذا افترضنا أننا نريد توصيل ١٢ عموداً كهربائياً بالطريقة المذكورة فإن الأعمدة ترتب كما يلي :

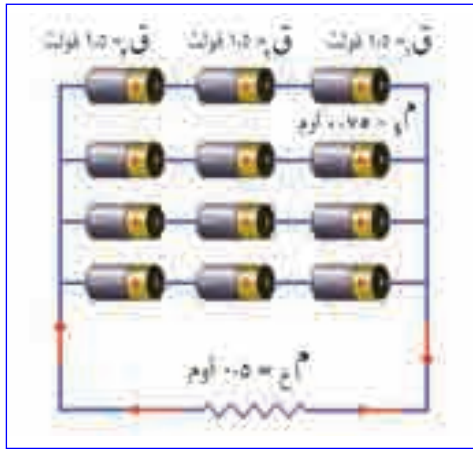
توصل الأعمدة المتماثلة في صفوف عددها يرمز لها بالرمز (ص) صفّاً متصلة معاً على التوازي، كل صف من الصفوف السابقة يتكون من عدد من الأعمدة،

ويرمز لها بالرمز (س) عموداً، توصل مع بعضها البعض على التوالي عند توصيل جميع الأعمدة بهذه الطريقة بمقاومة خارجية مـخ أوم، والمقاومة الداخلية لكل عمود (م،) أوم.

ولحساب شدة التيار الكهربائي (ت) نطبق العلاقة التالية :
$$ت = \frac{س \times ق}{\frac{س \times م}{ص} + م}$$
 وبعد المعالجة الرياضية لهذه العلاقة تصبح

$$ت = \frac{س \times ص \times ق}{ص \times م + س \times م} \quad \text{أمبير} \quad \dots \dots \dots (١)$$

ومن العلاقة (١) يمكن حساب مقدار شدة التيار الكهربائي المار في الدائرة.



شكل (١٧)

■ **مثال ١:** بطارية مكونه من ١٢ عموداً كهربائياً متماثلة، رتبت في صفوف عددها ٤ صفوف على التوازي، كل صف يتكون من ٣ أعمدة كهربائية على التوالي وصلت جميعها بمقاومة خارجية مقدارها ٠,٥ أوم، فإذا كانت القوة الدافعة الكهربائية لكل عمود ١,٥ فولت، والمقاومة الداخلية للعمود ٠,٢٥ أوم، ما مقدار شدة التيار

الكهربائي المار في الدائرة؟ كما يوضحه الشكل المقابل.

■ **الحل:** عدد الصفوف التي رتبت فيها الأعمدة في الدائرة (ص) = ٤ صفوف.

عدد الأعمدة المرتبة في كل صف (س) = ٣ أعمدة.

قوة كل عمود ١,٥ فولت، المقاومة الخارجية (مخ) = ٠,٢٥ أوم.

نعوض القيم السابقة في العلاقة (١) السابقة ينتج ما يلي:

$$I = \frac{(1.5 \times 4 \times 3)}{((0.25 \times 3) + (0.5 \times 4))} = \frac{(4 \times 4.5)}{(0.75 + 2)} = \frac{18}{2.75} = 6.5 \text{ أمبير تقريباً.}$$

تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية:

س ١ : أكمل الفراغات في العبارات الآتية:

- أ - المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة معاً على التوالي تساوي
وفي حالة التوصيل على التوازي المقاومة المكافئة تساوي
ب - في حالة توصيل عدة أعمدة كهربائية متماثلة على التوالي القوة الدافعة المكافئة لها تساوي وفي حالة التوازي القوة الدافعة الكهربائية المكافئة تساوي

س ٢ : ضع علامة (✓) أمام العبار الصحيحة، وعلامة (X) أمام العبارة الخاطئة بين القوسين فيما يلي:

- أ - القوة الدافعة الكهربائية وفرق الجهد لبطارية يتساويان عندما تكون الدائرة مفتوحة. ()
ب - تقاس القوة الدافعة الكهربائية لعمود جاف بوحدة تسمى الأمبير. ()
ج - المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة معاً على التوازي أكبر من المقاومة المكافئة لنفس المقاومات عند توصيلها على التوالي. ()
د - كمية الشحنات الكهربائية التي تمر خلال مقطع معين من الموصل في الثانية الواحدة يطلق عليه شدة التيار الكهربائي. ()

س ٣ : اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس للعبارات الآتية:

- أ - عندما تكون، شدة التيار الكهربائي المار في دائرة كهربائية = صفراً، فإن: (ق = ج)، (ق ≠ ج)، (الإجابتان ١، ٢)، (لا شيء مما ذكر)
ب - النسبة بين فرق الجهد (ج) وشدة التيار الكهربائي المار في موصل عند ثبوت درجة حرارته تكون:

(متغيرة) ، (ثابتة) ، (صفراً) ، (لا شيء مما ذكر)

ج - وصلت ثلاث مقاومات قيمها (٢ ، ٥ ، ٣) أوم فإن المقاومة المكافئة لها = ١٠ أوم هذا يعني أنها وصلت بطريقة : (التوازي) ، (التضاعف) ، (التوالي) ، (الإجابتان ١ ، ٣)

د - مر تيار كهربائي شدته ٢ أمبير في موصل مقاومته ١٠ أوم ، والمقاومة الداخلية للمصدر ٥ ر. أوم القوة الدافعة للعمود تساوي : (٧ ، ١٠ ، ٢٠ ، ٢١) فولت .

س ٤ : علل العبارات الآتية تعليلاً علمياً :

أ - توصل عدة أعمدة كهربائية في بعض الدوائر الكهربائية على التوالي .
 ب - توصل في بعض الأجهزة الإلكترونية كالمذياع والتلفاز مقاومة كهربائية متغيرة .

س ٥ : عرّف ما يلي :

(القوة الدافعة الكهربائية - المقاومة الكهربائية - شدة التيار الكهربائي)

س ٦ : وصلت أربع مقاومات كهربائية قيمها (٣ ، ٢ ، ٥ ، ١٠) أوم بطريقتين هما : أولاً : على التوالي ، ثانياً : على التوازي ، وصلت في الحالتين السابقتين ببطارية قوتها الدافعة ٢٠ فولت ، علماً بأن المقاومة الداخلية للبطارية مهملة ، احسب شدة التيار الكهربائي المار في كل حالة ، وفسر النتيجة .
 الاجابة : (٢٠ ، ٨٨ ر. أوم) ، (١ ، ٢٢ ر. أوم)

س ٧ : وصلت أربعة أعمدة كهربائية قوة كل منها ١,٥ فولت والمقاومة الداخلية لكل منها (٥ , ٠) أوم ، وصلت معها مقاومة خارجية مقدارها ١٠٠ أوم ، احسب شدة التيار المار في الدائرة في حالة التوصيل على : التوالي ، والتوازي .
 (٠,٦ ، ١٥ ر. أوم) .

س ٨ : وصل ٤٥ عموداً كهربائياً على التضاعف بدائرة كهربائية لتكون بطارية رتبت في ١٥ صفّاً على التوازي ، وكل صف يتكون من ٣ أعمدة على

التوالي، وصلت بمقاومة خارجية مقدارها (٥, ٠) أوم، علماً بأن القوة الدافعة الكهربائية لكل عمود ٥, ١ فولت، والمقاومة الداخلية لكل عمود (٥, ٢) أوم، احسب مقدار شدة التيار الكهربائي المار في الدائرة. (٥, ٤ أمبير).

س٩: كيف يمكنك استنتاج ما يلي بالتجريب العملي:

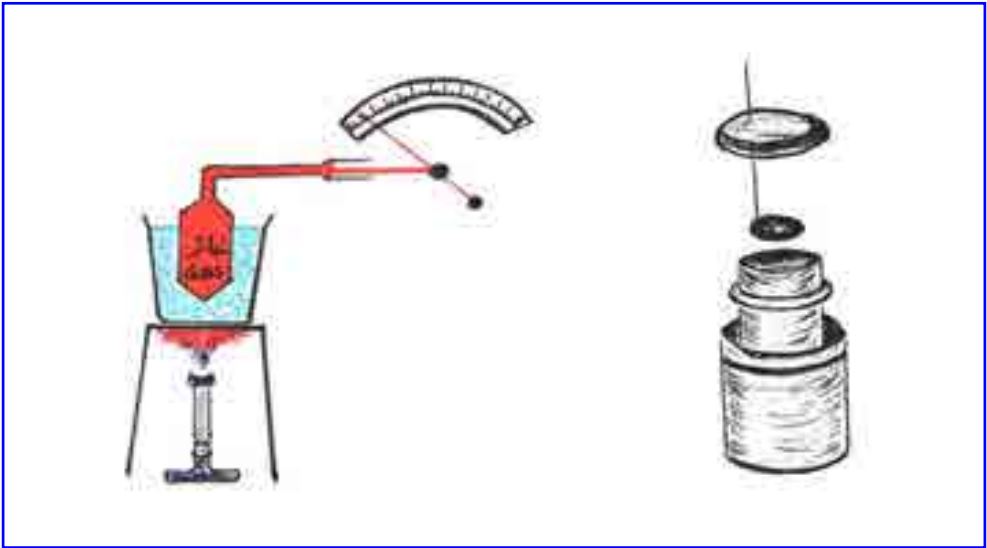
أ - أن القوة الدافعة الكهربائية لعدة أعمدة متصلة معاً في دائرة على التوالي نحصل منها على قوة كهربائية كبيرة، بينما في حالة توصيل الأعمدة السابقة على التوازي نحصل على قوة كهربائية صغيرة، وضح إجابتك بالرسم.

ب - قانون أوم.

ج - المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة معاً على التوالي تساوي مجموع قيمها.

الوحدة السابعة

القياسات الحرارية Heat Measurements



قال تعالى : ﴿ أَفَرَأَيْتُمُ النَّارَ الَّتِي تُورُونَ ﴾ ﴿٧٥﴾ ءَأَنْتُمْ أَنْشَأْتُمْ شَجَرَهَا
أَمْ نَحْنُ الْمُنْشِئُونَ ﴿٧٦﴾ ﴿ صدق الله العظيم [الواقعة]

- نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :
- ١ - تعرف الآتي : كمية الحرارة، درجة الحرارة، الحرارة النوعية، السعة الحرارية، الصفر المطلق، السعر، معامل التوصيل الحراري .
 - ٢ - تميز بين كل من : كمية الحرارة ودرجة الحرارة، الحرارة النوعية والسعة الحرارية .
 - ٣ - تستنبط العلاقات الرياضية التي تربط بين الكميات الآتية :
 - كمية الحرارة التي يكتسبها أو يفقدها الجسم، وكتلته، والحرارة النوعية لمادته .
 - الحرارة النوعية والسعة الحرارية وكتلة الجسم .
 - درجات الحرارة في التدرج المئوي والتدرج المطلق والتدرج الفهرنهايتي .
 - ٤ - تقارن بين درجات حرارة انصهار الجليد ودرجات حرارة غليان الماء في الثلاثة التدرجات .
 - ٥ - تفسر طرق انتقال الحرارة في الأوساط المختلفة (صلبة، سائلة، غازية، فراغ) .
 - ٦ - تصف تطبيقات وظواهر على كل من : التوصيل بالحمل، والتوصيل بالإشعاع .
 - ٧ - تشتق وحدات قياس الكميات الفيزيائية المختلفة التي لها صلة بموضوع الحرارة من العلاقات الرياضية التي تربط بينها .
 - ٨ - تجري تجارب عملية لتعيين قيم بعض المفاهيم المصطلحات العلمية مثل قيم الحرارة النوعية لمادة صلبة (معدنية)، ومعامل التوصيل لساق معدنية .
 - ٩ - تقدّر الخالق من خلال ما تدرسه في الحرارة وفوائدها في الحياة .
 - ١٢ - تقدّر جهود العلماء العرب المسلمين وغيرهم .

لكي تتعمق وتتسع المعرفة عن كمية الحرارة ودرجة الحرارة والتمييز بينهما.. رأينا أنه لابد من إعطاء لمحة مبسطة عن تصور النظرية الذرية – الجزيئية لحركة جزيئات المادة.

كيف صوّرت النظرية الذرية الجزيئية Atomic Molecular Theory حركة جزيئات المادة؟

● أول من لاحظ الحركة الجزيئية هو العالم (روبرت بروان) عام ١٨٢٧م وقد سميت باسمه.



مرّ معك أنه – بالإضافة إلى وجود مسافات (فراغات) بين ذرات أو جزيئات المادة، ووجود قوى ترابط

بينها، فإن هذه الذرات أو الجزيئات توجد في حالة حركة مستمرة، تكون هذه الحركة عشوائية في الغازات، وتكون انتقالية دورانية في السوائل، واهتزازية حول مواضع اتزانها في الأجسام الصلبة. وعلى ذلك تكتسب جزيئات المادة (الجسم) طاقة حركية ناشئة عن حركتها، وطاقة وضع (كامنة) ناشئة عن تغير أوضاعها. وقد أطلق على مجموع طاقتي الحركة والوضع اسم «الطاقة الداخلية للجسم» Internal Energy أي أن:

طاقة حركة الجزيئات + طاقة وضع الجزيئات (الطاقة الكامنة) = الطاقة الداخلية للجسم (١)

ما المقصود بكمية الحرارة Heat ؟ وما علاقتها بدرجة الحرارة Temperature ؟

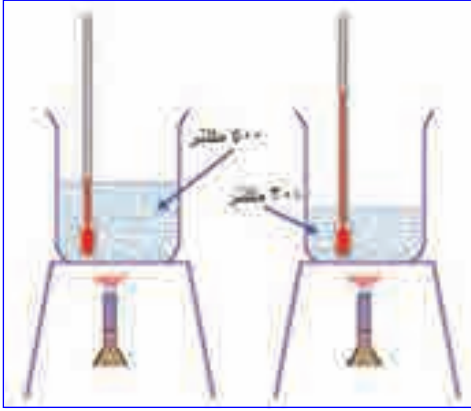
● أول من ميّز بين مفهومي الحرارة ودرجة الحرارة وفق النظرية الذرية – الجزيئية هو العالم (جوزيف بلاك) (١٧٢٨م – ١٧٩٩م).



ظل الالتباس قائماً بين مفهومي كمية الحرارة ودرجة الحرارة حتى القرن الثامن عشر حين تم التمييز بينهما وفقاً للنظرية الذرية – الجزيئية لحركة جزيئات المادة، والتي

من خلالها عُرِف مفهوم الطاقة الداخلية لجزيئات الجسم، ولكي تتمكن من وصف كمية الحرارة.. وعلاقتها بدرجة الحرارة، نفذ النشاط الآتي:

نشاط (١):



شكل (١)

تحتاج في هذا النشاط إلى: كأسين زجاجين متماثلين سعة كل منهما (١٠٠٠ مللتر)، ولهيب بنزين، وماء، وترمومتر).

١ - ضع في أحد الكأسين ٣٠٠ مللتر ماء، وفي الآخر ٥٠٠ مللتر ماء، انظر

الشكل (١).

٢ - قس درجة حرارة الماء في كل من الكأسين بواسطة الترمومتريين وسجل القراءتين.

٣ - سخن الكأسين بمحتوياتهما .. فترة زمنية قدرها ٥ دقائق مثلاً.

٤ - قس درجة حرارة الماء في كل من الكأسين، وسجل القراءتين - أيهما أعلى درجة حرارة ؟

🔍 ماذا تستنتج من هذا النشاط فيما يتعلق بكمية الحرارة وعلاقتها بدرجة الحرارة؟

🔍 يلاحظ من هذا النشاط، أن درجة حرارة الماء في الكأس الأول (٣٠٠ مللتر) كانت أعلى منها في الكأس الثاني ٥٠٠ مللتر، بالرغم من أن كلاهما قد زود بالكمية نفسها من الحرارة، ولكي ترتفع درجة حرارة كمية الماء في الكأس الثاني إلى درجة حرارة الماء نفسها في الكأس الأول فإننا نحتاج إلى تسخينها مدة زمنية أطول، أي تزويدها بكمية حرارة أكثر، يُستنتج من هذا أن كمية الحرارة تختلف عن درجة الحرارة، بالرغم من أننا نقيس كمية الحرارة التي تزود بها الأجسام أو تؤخذ منها بدلالة ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة، إذ كلما كان التغير في درجة حرارة جسم ما أكبر كانت كمية الحرارة اللازمة لحدوث هذا التغير أكبر.

🔍 ما علاقة كل من كمية الحرارة ودرجة الحرارة بالطاقة الداخلية لجزيئات الجسم؟

لاحظ المعادلة السابقة رقم (١) ..

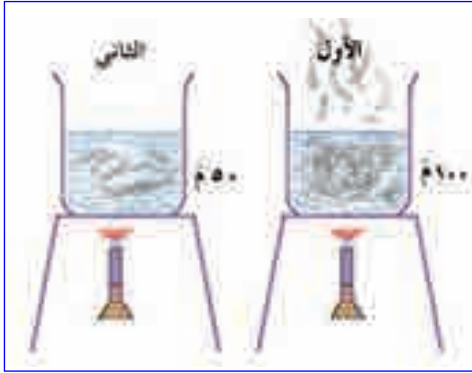
🔍 ماذا يحدث لمقدار الطاقة الداخلية لجزيئات الجسم عندما تزداد طاقة حركة

جزيئاته ؟ .. وماذا يحدث عندما تقل ؟

🔍 متى تزداد طاقة حركة جزيئات الجسم ؟ .. ومتى تقل ؟

إذا أعطي الجسم كمية من الحرارة .. هل تزيد طاقة حركة جزيئاته ؟ أم إنها تقل ؟
إعط وصفاً للعلاقة بين كمية الحرارة المعطاة للجسم أو المأخوذة منه والطاقة
الداخلية لجزيئات الجسم .

إعط كذلك وصفاً للعلاقة بين درجة الحرارة والطاقة الداخلية لجزيئات الجسم .
لنتمكن من ذلك ... نفذ النشاط الآتي :



شكل (٢)

نشاط (٢):

- ١ - خذ إناءين متماثلين وضع في كل
منها كمية من الماء قدرها
(٥٠٠ جم) عند درجة حرارة الغرفة
مثلاً (٢٥ م°) .
- ٢ - سخنها على موقدين متماثلين
بحيث تصل درجة حرارة الأول إلى

درجة (١٠٠ م°) والثاني تصل درجة حرارته إلى (٥٠ م°) ، لاحظ الشكل (٢) .

أي من الماء في الإناءين اكتسب كمية حرارة أكبر؟

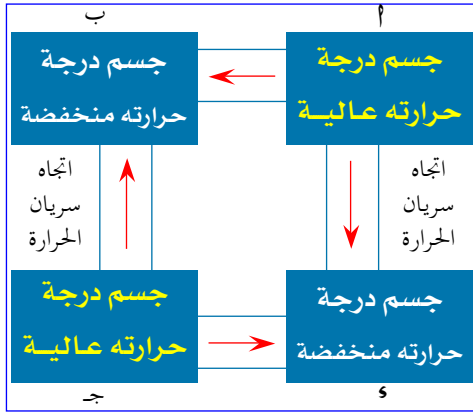
وأي من الماء في الإناءين زادت حركة جزيئاته أكثر من الآخر؟

وأي من الماء في الإناءين زاد مقدار الطاقة الداخلية لجزيئاته؟

صف العلاقة بين كمية الحرارة المعطاة للجسم والطاقة الداخلية للجسم وكذلك
العلاقة بين درجة حرارة الجسم والطاقة الداخلية للجسم .

لقد وجد من خلال التجارب العملية، أنه عندما يكتسب جسم كمية من الحرارة
تزداد حركة جزيئاته وبالتالي تزداد تبعاً لذلك الطاقة الداخلية له . ويصاحب هذا
التغير ارتفاع في درجة حرارة الجسم ويحدث العكس تماماً في حالة فقدان الجسم
كمية من الحرارة .

مما سبق يتضح أن كمية الحرارة هي مقياس للطاقة الداخلية للجسم، وأن درجة
الحرارة هي مقياس لمتوسط الطاقة الداخلية لجزيئات الجسم .



شكل (٣)

تعريف درجة الحرارة لجسم Temperature Definition

مستعيناً بالشكل (٣) الذي يوضح سريان الحرارة بين الأجسام المختلفة في درجات حرارتها عند اتصالها أو تلامسها مع بعضها البعض .

من أي الأجسام تسري الحرارة، هل تسري من الأجسام الأعلى في

درجات الحرارة إلى الأجسام المنخفضة في درجات الحرارة، أم أنه يحصل العكس؟
وضّح علام يعتمد سريان الحرارة بين الأجسام المتصلة مع بعضها البعض عبر موصلات للحرارة ؟

مما تلاحظه في الشكل ، أعط تعريفاً لدرجة حرارة الجسم .

إن درجة حرارة الجسم التي انتقلت منه الحرارة تكون أعلى من درجة الجسم الذي انتقلت إليه الحرارة، أو بتعبير آخر تسري الحرارة من الأجسام الأعلى في درجة الحرارة إلى الأجسام المنخفضة في درجة الحرارة، ومن هذا يمكن تعريف درجة حرارة الجسم بأنها : حالة الجسم الحرارية التي تسبب سريان الحرارة منه أو إليه عند اتصاله أو تلامسه بجسم آخر .

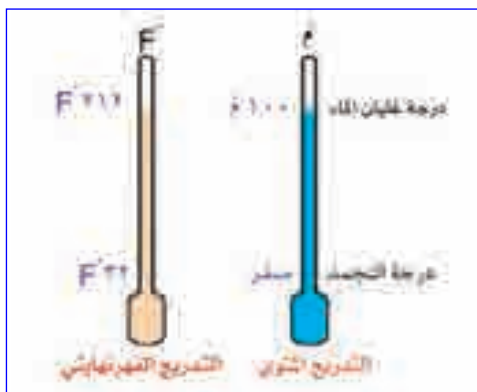
كيف تعين أو تقيس درجة الحرارة؟

How you measure the Temperature

ماذا يستخدم الطبيب عندما يريد تعيين أو قياس درجة حرارة المريض ؟ ماذا

تستخدم إذا أردت معرفة درجة حرارة جسم ما أو درجة حرارة كمية من الماء؟

لكي نعين درجة الحرارة نستخدم ثرمومترات (Thermometers) مختلفة وقد سبق لك أن تعرفت على بعضها . . إن تعيين درجة الحرارة بالثرمومترات يتم بواسطة ثلاثة تدرّيج مختلفة هي : التدرّيج المئوي Centigrade Scale ، والتدرّيج المطلق Absolute Scale وتدرّيج الفهرنهايت Fahrenheit Scale .



شكل (٥)

$$C^{\circ} = \frac{5}{9} (F^{\circ} - 32)$$

ويمكن كتابة هذه العلاقة بالصورة

$$F^{\circ} = \frac{9}{5} C^{\circ} + 32$$

كما أنه يمكن كتابة العلاقة الرياضية

بين درجات الحرارة في التدرج الثلاثة

على النحو الآتي :

$$\frac{273 - K^{\circ}}{180} = \frac{23 - F^{\circ}}{180} = \frac{C^{\circ}}{100}$$

ويعد التدرج المطلق التدرج الأكثر استخداماً في التطبيقات العلمية وفي التكنولوجيا.

■ **مثال :** باستخدام إحدى العلاقات السابقة والتي تراها مناسبة أوجد درجات الحرارة

على التدرج المطلق، وعلى تدرج الفهرنهايت المناظرة لدرجات الحرارة المئوية الآتية :

١ - درجة غليان الكبريت (٤٤٤,٦ م°).

٢ - درجة غليان الزئبق (٣٥٦,٧ م°).

٣ - درجة انصهار الألومنيوم (٦٦٠ م°).

٤ - درجة انصهار التنجستين (٣٤١٠ م°).

● **الحل :**

$$K^{\circ} - 273 = C^{\circ} \quad 1$$

$$K^{\circ} 717,6 = 273 + 444,6 = K^{\circ}$$

$$32 + 444,6 \times \frac{5}{9} = 32 + C^{\circ} \times \frac{5}{9} = F^{\circ} \therefore$$

$$F^{\circ} 832,28 = F^{\circ} \text{ ومنها}$$

■ استكمل حل هذا المثال، ثم ارسم جدولاً كالاتي مبيناً فيه وضع القيم التي حصلت

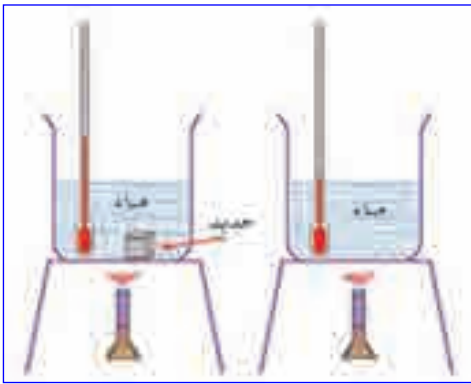
عليها كل في مكانها المناسب فيه.

النقطة الثابتة	م°	K°	F°
درجة غليان الكبريت			
درجة غليان الزئبق			

كيف تحسب كمية الحرارة التي يكتسبها أو يفقدها الجسم ؟ Heat Calculation

من أجل أن نتعرف على طريقة حساب كمية الحرارة، يجب عليك أولاً أن تتعرف على علاقة كمية الحرارة بالآتي : التغير في درجة حرارة الجسم، كتلة الجسم، نوع مادة الجسم .

وقد سبق لك أن تعرفت على العلاقتين الأولى والثانية في الصف السابع، والآن ولكي نتعرف على العلاقة بين كمية الحرارة ونوع مادة الجسم .. نفذ النشاط الآتي :



شكل (٦)

نشاط (٣) :

١ - خذ إناءين معدنيين متماثلين تماماً، وكذلك ترمومترين مئويين متماثلين .

٢ - ضع في أحد الإناءين كمية من الماء مقدارها (١٠٠٠ جم)، وضع فيه أحد الترمومترات .

٣ - ضع في الإناء الثاني كمية من الماء

مقدارها (٥٠٠ جم)، وضع فيه كتلة معدنية (ولتكن مثلاً من الحديد) كتلتها (٥٠٠ جم)، بالإضافة إلى الترمومتر الثاني .

٤ - سخن الإناءين بمحتوياتهما باستعمال موقدين متماثلين، ولفترة زمنية واحدة (انظر الشكل ٦) .

٥ - من خلال قراءات درجات الحرارة على الترمومترات .. حدد أي من محتويات الإناءين يسخن أسرع .

ماذا تستنتج من هذا النشاط ؟

ما الذي يجب فعله لكي تتساوي درجات حرارة محتويات الإناءين ؟

٦ - اترك محتويات الإناءين تبرد، ولاحظ من خلال قراءات درجات الحرارة على الترمومترات .

أي من محتويات الإناءين تبرد أسرع ؟

نلاحظ من هذا النشاط أنه بالرغم من اكتساب الإنائين كميتين متساويتين من الحرارة إلا أن محتويات الإناء الثاني الذي يحتوي على الماء والحديد تسخن أسرع من محتويات الإناء الأول الذي يحتوي على الماء فقط، وأنه لكي تتساوى درجات حرارة محتويات الإنائين علينا أن نسخن محتويات الإناء الأول فترة زمنية أطول. كما نلاحظ أن محتويات الإناء الثاني تبرد أسرع من محتويات الإناء الأول وهذا يؤكد أن كمية الحرارة المعطاة للجسم أو المأخوذة منه تعتمد على نوع مادة الجسم المصنوع منها.

وقد وجد من خلال الدراسات والبحوث أن لكل جسم خاصية حرارية ترتبط بنوع مادته تسمى "الحرارة النوعية"، وستتعرف عليها لاحقاً.

وحدات قياس كمية الحرارة

Units of Heat

إن كمية الحرارة هي تسمية تطلق على مقدار الطاقة الحرارية، المعطاة للجسم عند تسخينه أو المأخوذة منه عند تبريده أثناء عملية التبادل الحراري بين الجسم وما يحيط به أو يتصل به أو يلامسه.

وبما أن الطاقة تقاس بالجول (Joule) أو بالإرج (Erg)، فما هي إذن وحدات قياس كمية الحرارة؟

أن كمية الحرارة يمكن قياسها بالجول أو بالإرج.

كما يمكن قياسها بوحدة أخرى تسمى السعرة (Calorie)، وتعرف السعرة بأنها: كمية الحرارة اللازم صرفها لتسخين واحد جرام من الماء لترفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية.

أو بأنها: كمية الحرارة التي يفقدها واحد جرام من الماء عندما تنخفض درجة حرارته درجة واحدة مئوية.

● ١٠٠٠ سعر = ١ كيلو سعر .

● ١٠٠٠ جول = ١ كيلو جول .

● ١ سعر = ٤.١٨ جول وبالتقريب = ٤.٢ جول .

● ١ كيلو سعر = ٤.٢ كيلو سعر تقريباً .

● الواحد الجول = ١٠^٧ إرج .

الحرارة النوعية للمادة

Specific Heat of matter

المادة	جول / كجم.م	سعر جم.م
الرصاص	١٣٠	٠.٣١
النحاس	٣٩٩	٠.٩٥
الخارصين	٣٨٦,٤	٠.٩٢
الحديد الفولاذ	٤٧٨,٨	٠.١١٤
الزجاج	٨٠٢,٢	٠.١٩١
الفضة	٢٣٥,٢	٠.٥٦
الألومنيوم	٩٢٤	٠.٢٢
الثلج	٢٢٢٦	٠.٥٣
الكبروسين	٢١٤٢	٠.٥١
الكحول	٢٥٢٠	٠.٦
الماء	٤٢٠٠	١
الذهب	١٢٦	٠.٠٣

لاحظ الجدول المقابل والذي يبين مقدار كمية الحرارة (بالجول) التي يحتاجها الواحد كيلو جرام من المادة لترتفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية، أو بالسعر التي يحتاجها الواحد جرام من المادة لترتفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية.

أي من هذه المواد يحتاج الواحد الكيلو جرام منها إلى كمية حرارة أكبر لترتفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية؟

كم مقدار الحرارة التي يحتاجها الواحد الكيلوجرام من الرصاص عند

تسخينه لترتفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية ؟

يتضح من الجدول أن الحرارة النوعية للماء تساوي ٤٢٠٠ جول / كجم.م، وللرصاص ١٣٠ جول / كجم.م.

فماذا يقصد بالحرارة النوعية للمادة ؟ أعط تعريفاً لها.

إن كمية الحرارة اللازمة لتسخين واحد كيلوجرام من أية مادة لترتفع درجة حرارته (أي درجة الواحد الكيلوجرام) درجة واحدة مئوية تسمى "الحرارة النوعية للمادة".

استخرج من الجدول وحدات قياس الحرارة النوعية.

أية مادة من هذه المواد الموجودة في الجدول تعد من أحسن الوسائل استخداماً للتدفئة المنزلية ؟ مبيناً السبب ؟

● ولحساب كمية الحرارة التي يكتسبها الجسم عندما يسخن أو التي يفقدها عندما يبرد تستخدم العلاقة الآتية :

كمية الحرارة التي يكتسبها أو يفقدها الجسم (حر) =

كتلة الجسم (ك) × الحرارة النوعية لمادة الجسم (ح ن) × فرق درجات الحرارة .

أي : حر = ك × ح × $T \Delta$ حيث $T \Delta$ = التغير في درجات الحرارة، أو الفرق في درجات الحرارة.

■ **مثال ١ :** إذا كانت الحرارة النوعية للزجاج (٠.١٩١ سعر/جم.م°)، وأريد تسخين قطعة منه كتلتها (٥٠ جرام) بحيث ترتفع درجة حرارتها (٦م°) فما مقدار الحرارة اللازمة لذلك مقاسة بالسعر والجول؟

● **الحل :** كمية الحرارة اللازمة لرفع واحد جرام من الزجاج درجة واحدة مئوية = ٠.١٩١ سعر، وكمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة (٥٠ جرام) من الزجاج درجة واحدة مئوية = ٠.١٩١ × ٥٠ سعر، وكمية الحرارة اللازمة لرفع درجات (٥٠ جرام) من الزجاج ٦ م° = ٠.١٩١ × ٥٠ × ٦ = ٥٧.٣ سعر.
وإذا استخدمنا العلاقة حر = ك × ح × $T \Delta$ (حيث $T \Delta$ مقدار التغير في درجة الحرارة = $T_1 - T_2$)

$$\therefore \text{حر} = ٥٠ \times ٠.١٩١ \times ٦ = ٥٧.٣ \text{ سعر} \quad \text{وحيث أن السعر} = ٤.٢ \text{ جول}$$

$$\therefore \text{حر} = ٥٧.٣ \times ٤.٢ = ٢٤٠.٦٦ \text{ جول}$$

■ **مثال ٢ :** أضيفت كمية من الماء كتلتها (١.٦ كيلوجرام) في درجة (٢٥م°) إلى كمية أخرى من الماء كتلتها (٠.٤ كيلوجرام) في درجة (١٠٠م°)، فإذا أصبحت درجة الحرارة النهائية بعد الإضافة تساوي (٤٠م°). قارن بين كمية الحرارة التي يفقدها الماء الساخن وكمية الحرارة التي يكتسبها الماء البارد، علماً بأن الحرارة النوعية للماء (٤٢٠٠ جول/كجم.م°).

● **الحل :** كمية الحرارة التي يفقدها الماء الساخن (حر١) :

$$\text{حر}١ = \text{ك}١ \times \text{ح}١ \times (T_1 \Delta) \quad (\text{مقدار التغير في درجة الحرارة } T_1 \Delta)$$

$$\text{حر}١ = ٠.٤ \times ٤٢٠٠ \times (١٠٠ - ٤٠) = ١٠٠٨٠٠ \text{ جول}$$

كمية الحرارة التي يكتسبها الماء البارد (حر٢) :

$$(\text{حر}٢) = \text{ك}٢ \times \text{ح}٢ \times (T_2 \Delta) \quad (\text{مقدار التغير في درجة الحرارة } T_2 \Delta)$$

$$\text{حر}٢ = ١.٦ \times ٤٢٠٠ \times (٤٠ - ٢٥) = ١٠٠٨٠٠ \text{ جول}$$

🔍 لاحظ مقدار كمية الحرارة المفقودة ومقدار كمية الحرارة المكتسبة، ماذا يعني ذلك؟

🔍 يعني أن كمية الحرارة التي يفقدها الماء الساخن يكتسبها الماء البارد، ولكن هذه

حالة مثالية لا تحدث إلا إذا أجريت في جهاز عزل حراري تام، ويسمى هذا الجهاز

المسعر Calorimeter وستتعرف عليه في كراس الأنشطة والتجارب .

السعة الحرارية للجسم وعلاقتها بالحرارة النوعية لمادة الجسم

لقد ذكرنا من قبل بأن كمية الحرارة اللازمة لتسخين واحد كيلوجرام من المادة لترتفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية تسمى "الحرارة النوعية للمادة".

فماذا تسمى كمية الحرارة اللازمة لتسخين الجسم بكامله لترتفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية؟

أن كمية الحرارة اللازمة لتسخين الجسم بكامله، لترتفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية سميت بالسعة الحرارية للجسم Heat Capacity of body مما سبق أعط تعريفًا للسعة الحرارية للجسم؟

ولكي نتعرف على العلاقة بين السعة الحرارية للجسم والحرارة النوعية لمادة الجسم، افترض إن كتلة الجسم هي (ك) والحرارة النوعية لمادة الجسم (ح ن)، والسعة الحرارية للجسم (س ح) = ك × ح ن تكون على النحو الآتي:

$$\text{س ح} = \text{ك} \times \text{ح ن} \quad (١)$$

وحيث أن حر = ك × ح ن × فرق درجات الحرارة (T Δ).

$$\text{حر} = \text{س ح} \times \text{فرق درجات الحرارة (T Δ)} \quad (٢)$$

من هذه المعادلة نجد أن :

$$\text{س ح} = \frac{\text{حر}}{\text{T Δ}} \quad (٣)$$

استخدم المعادلة (٣) في استخراج وحدة قياس السعة الحرارية .. إذا علمت أن وحدة قياس (حر) هي جول، أو سعر ووحدة قياس (T Δ) هي (درجة مئوية).

■ **مثال :** احسب السعة الحرارية لكتلة من الألومنيوم مقدارها ٥ كيلوجرام، إذا كانت الحرارة النوعية للألومنيوم (٩٢٤ جول / كجم.م).

$$\bullet \text{ **الحل :** س ح} = \text{ك} \times \text{ح ن}$$

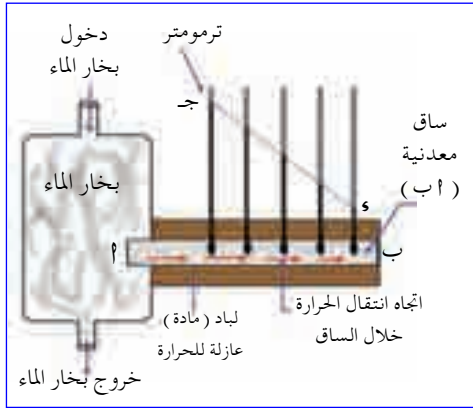
$$\text{س ح} = ٩٢٤ \times ٥ = ٤٦٢٠ \text{ جول / م.}$$

تفسير انتقال الحرارة في الأوساط المختلفة

أولاً : تفسير انتقال الحرارة بالتوصيل Thermal Conduction في ضوء النظرية الجزيئية للمادة :

إذا أمسكت بإحدى يديك أحد طرفي ساق معدنية (مثلاً حديد) وعرضت الطرف الآخر للساق للهب بنزين، فإنك تحس بعد فترة زمنية بسخونة الطرف الملامس ليديك . . ما تفسيريك ؟

لقد وجد أنه عندما يكتسب أحد طرفي ساق معدنية كمية من الحرارة، تزداد الطاقة الحركية الاهتزازية لجزيئات هذا الطرف، وترتفع درجة حرارته، ويصحب ذلك زيادة في سعة الاهتزاز لجزيئاته، فتصدم هذه الجزيئات، جزيئات الطبقة المجاورة لها من الساق، وتنقل إليها جزءاً من طاقة حركتها، فترتفع درجة حرارة هذه الطبقة، وتزداد سعة اهتزاز جزيئاته، وتقوم هذه الجزيئات بدورها في نقل بعض من طاقة حركتها إلى الطبقة التي تليها، فترتفع درجة حرارة هذه الطبقة أيضاً، وهكذا يستمر انتقال الحرارة من طبقة إلى أخرى في الساق على شكل انتقال لطاقة الحركة الاهتزازية للجزيئات، حتي تصل إلى الطرف الآخر للساق وعندئذ تحس بارتفاع درجة حرارة هذا الطرف الغير ملامس للهب.



شكل (٧)

كيف تتغير درجة الحرارة على طول

الساق المعدنية؟

انظر الشكل (٧) والذي تبدو فيه

ساق معدنية (أ ب) موضوعة بين

لوحين من اللباد كمادة عازلة

للحرارة، وتخترق أحد اللوحيين

خمسة ثرمومترات مستودعاتها

تلامس الساق المعدنية، والطرف (أ)

للساق موجود في غرفة تحتوي على بخار ماء كمصدر لتسخين الساق .

علل انخفاض مستويات الزئبق في الثرمومترات تدريجياً على طول الساق من

الطرف (أ) إلى الطرف (ب) .

❖ إن درجة حرارة الساق تقل تدريجياً من طبقة إلى أخرى في اتجاه انتقال الحرارة خلالها، ويستمر هذه حتي تصل الساق إلى حالة الاتزان الحراري Thermal Equilibrium ، تثبت عندها قراءات الثرمومترات، ويلاحظ من الشكل (٧)، أن قراءات الثرمومترات تقع على خط مستقيم واحد (ج د) ويطلق على هذا الخط اسم " منحدر درجة الحرارة " Temperature Gradient على طول الساق، أي أن: منحدر درجة الحرارة على طول الساق =

$$\frac{T \Delta}{\text{المسافة بينهما}} = \frac{\text{الفرق بين درجتي الحرارة عند أي مقطعين على طول الساق}}{\text{المسافة بينهما}}$$

وقد وجد أن كمية الحرارة خلال الساق بالنسبة للزمن ($\frac{\text{حر}}{\text{ز}}$) تتناسب طردياً مع كل من مساحة مقطع الساق المعدنية (س)، ومنحدر درجة الحرارة على طول الساق، أي أن:

$$\frac{\text{حر}}{\text{ز}} \propto \text{س} \times \text{منحدر درجة الحرارة} .$$

$$\frac{\text{حر}}{\text{ز}} = \text{م} \times \text{س} \times \frac{T \Delta}{\text{ف}} .$$

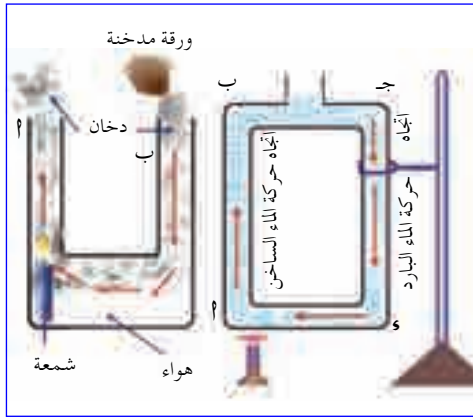
حيث (م) مقدار ثابت يتوقف على نوع مادة الساق المعدنية، ويطلق عليه اسم "معامل التوصيل الحراري" Thermal Conductivity Coefficient، وهو يساوي الطاقة الحرارية التي تسري في الثانية خلال مكعب من المادة طول ضلعه واحد متر، بين وجهين من أوجهه الفرق في درجتي حرارتهما درجة واحدة مئوية ووحدة قياس معامل التوصيل الحراري هي (جول / ث . متر . م) .

ثانياً: تفسير انتقال الحرارة بتيارات الحمل Convection Current :

مرّ معك في السنوات السابقة أن طريقة انتقال الحرارة خلال السوائل والغازات تختلف عن طريقة انتقالها خلال المواد الصلبة .

❖ ما وجه الاختلاف؟ ثم انظر إلى الشكل (٨) وأعط تفسيراً علمياً لانتقال الحرارة في الأوساط السائلة (مثل الماء) وفي الأوساط الغازية (مثل الهواء، والدخان) .

❖ عندما يسخن السائل أو الغاز تزداد حركة جزيئاته، وبالتالي يزداد حجمه، وتقل كثافته جزيئاته فترتفع إلى أعلى، ويحل محلها جزيئات باردة وهذه بدورها تسخن وتقل كثافتها فترتفع إلى أعلى وهكذا .



شكل (٨)

يتضح من هذا أن الحرارة تنتقل في السائل والغاز عن طريق انتقال الجزيئات المكونة للسائل أو الغاز حاملة معها الطاقة الحرارية، ومن الشواهد التي تؤكد ذلك: احساسنا بتيارات الهواء الدافئة تتجه إلى أعلى عند تقريب أيدينا من مصباح مضيء أو من لهب شمعة .. أذكر ثلاث شواهد تدل على ذلك.

قضية للبحث: من الظواهر الطبيعية على انتقال الحرارة بتيارات الحمل خلال الهواء ظاهرة نسيم البحر ونسيم البر، ابحث في هذه الظاهرة، مبيناً كيف تتم؟ وفي أي الأوقات تحدث؟ عزز ما تقوله بالرسم.

ثالثاً : تفسير انتقال الحرارة بطريقة الاشعاع الحراري Thermal Radiation :

على الرغم من أن المصباح الكهربائي مفرغ من الهواء إلا أنك تحس بوصول الحرارة إلى يدك عندما تضعها بالقرب من المصباح كما في الشكل (٩) .
 ما سبب ذلك ؟ أعط تفسيراً علمياً لانتقال الحرارة إلى يدك .
 إن الجسم عندما يسخن إلى درجات حرارة عالية، تنبعث منه أشعة حرارية غير مرئية، تنتشر في الحيز المحيط به، وهذه الأشعة وجد أنها لا تحتاج لوسط مادي لتنتقل فيه، بل يمكنها الانتقال في الفراغ، مثلما يحدث عند انتقال الأشعة الحرارية المنبعثة من الشمس إلينا، وانتقال الأشعة الصادرة من الفتيلة المتوهجة بداخل المصباح الكهربائي المفرغ من الهواء إلى خارجه .



شكل (٩)

كما وجد أن طبيعة الأشعة الحرارية هي نفس طبيعة الأشعة الضوئية، وأنهما تشتركان في كثير من الخواص مثل الانعكاس والانكسار، ولكنهما تختلفان في كون الأشعة الحرارية أشعة غير مرئية وقدرتها على النفاذ خلال الضباب عالية أو كبيرة.

تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية :

س ١ : أكمل الفراغات الآتية بما يناسبها :

- ١ - لقد وجد أنه عندما يكتسب الجسم كمية من الحرارة تزداد
جزيئاته وبالتالي تزداد تبعاً لذلك الداخلية له، ويصاحب
هذا التغير ارتفاع في حرارة الجسم .
- ٢ - تعد مقياساً للطاقة الداخلية للجسم وتعد
مقياساً لمتوسط الطاقة الداخلية للجسم .
- ٣ - تعتمد الترمومترات في قياس درجات الحرارة على ثلاثة تدرّيج هي
..... و و
- ٤ - ترتبط الحرارة النوعية بـ الجسم، بينما ترتبط السعة الحرارية
بـ الجسم .

س ٢ : ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (X) أمام العبارة الخطأ
فيما يلي :

- ١ - الطاقة الداخلية للجسم تساوي الفرق بين الطاقة الحركية وطاقة
الوضع لجزيئاته . ()
- ٢ - عند المقارنة بين وحدة السعر ووحدة الجول، نجد أن السعر
أكبر من الجول . ()
- ٣ - انتقال الحرارة في الفراغ يتم بطريقة تيارات الحمل . ()
- ٤ - تنتقل الحرارة خلال الساق الحديدية على شكل انتقال لطاقة الحركة
الاهتزازية لجزيئات الحديد . ()

س ٣: ضع دائرة حول الحرف الذي يدل على الإجابة الصحيحة لكل عبارة من العبارات الآتية:

- ١ - درجة غليان الماء في التدرج المطلق هي
أ - (١٠٠) درجة مطلقة . ب - (٢١٢) درجة مطلقة .
ج - (٢٧٣) درجة مطلقة . د - (٣٧٣) درجة مطلقة .
- ٢ - تسمى درجة الحرارة التي عندها تنعدم الطاقة الحركية لجزيئات مادة الجسم بدرجة
أ - الصفر المئوي ب - الصفر المطلق
ج - الصفر الفهرنهايتي د - غليان الماء
- ٣ - التوصيل الحراري هي طريقة لانتقال الحرارة في :
أ - الفراغ ب - الماء
ج - النحاس د - الهواء
- ٤ - وحدة قياس معامل التوصيل الحراري هي
أ - جول / م^٢ ب - جول . ث / متر . م^٢
ج - جول / ث . متر . م^٢ د - متر . ث . م^٢ / جول
- ٥ - إذا كانت الحرارة النوعية للألومنيوم ٩٢٤ جول / كجم . م^٢، فإن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة ٢ كجم من الألومنيوم ٥ م^٢ تكون :
أ - ٩٢٤ جول ب - ٩٢٤٠ جول .
ج - ٨٤٨ جول . د - ٤٦٢٠ جول .
- س ٤ : أعط تعريفاً علمياً لما يأتي :

درجة حرارة الجسم ، الصفر المطلق، السعر، الحرارة النوعية للمادة، السعة الحرارية للجسم، الثرمومتر، منحدر درجة الحرارة على طول ساق معدنية .

س ٥ : علل ما يأتي :

أ - جزيئات الماء والهواء الساخنة ترتفع إلى أعلى بينما جزيئاتهما الباردة تهبط إلى أسفل .

ب - تصل حرارة المصباح الكهربائي إلى يدك عند وضعها أسفل المصباح بالرغم من تفريغ المصباح من الهواء .

س ٦ : اذكر تطبيقاً واحداً وظاهرة واحدة لانتقال الحرارة بتيارات الحمل .

س ٧ : اكتب العلاقة الرياضية التي تربط بين درجات الحرارة في التدرج الثلاثة .

س ٨ : اشرح باختصار طريقة انتقال الحرارة بالتوصيل وطريقة انتقالها بتيارات الحمل .

س ٩ : أوجد درجات الحرارة على التدرج المئوي وعلى التدرج الفهرنهايتي المناظرة لدرجات الحرارة المطلقة الآتية :

ب - (٣٨٨٫٧)

أ - (٧١٧٫٦)

د - (٣٤٤٢)

ج - (٦٩٢)

س ١٠ : احسب كمية الحرارة التي تفقدتها قطعة من النحاس كتلتها (١٠٠ جرام) عند خفض درجة حرارتها من ٦٥°م إلى ٢٥°م إذا علمت أن الحرارة النوعية للنحاس هي ٠٫٠٩٥ سعر / جم .م .

س ١١ : إناء حديدي كتلته ٤٠ كيلو جرام ، يحتوي على كمية من الماء مقدارها ٢٠ كيلو جرام ، احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الإناء ومحتوياته من ١٠°م إلى ١٠٠°م ، مع العلم أن الحرارة النوعية للحديد ٤٧٨٫٨ جول / كجم .م وللماء ٤٢٠٠ جول / كجم .م .

س ١٢ : أيهما يكتسب كمية حرارة أكثر ، جسم من النحاس كتلته (٢٠ جرام) أم جسم من الرصاص كتلته (٢٠ جرام) لكي ترتفع درجة حرارتهما (٥٠°م) إذا كانت الحرارة النوعية للنحاس ٠٫٠٩٥ سعر / جم .م والحرارة النوعية للرصاص ٠٫٠٣ سعر / جم .م .

س١٣ : ساق من النحاس الأحمر طولها (١٠٠سم) ومساحة مقطعها (٤سم^٢) ، وضع أحد طرفيها في بخار ماء يغلي ، ووضع الطرف الآخر في ماء بارد (أو جليد منصهر) ، فإذا كانت الساق مغلفة بمادة عازلة مثل اللباد وكانت الطاقة الحرارية المنقولة خلالها في الدقيقة الواحدة (٨٥٠) جول ، فما قيمة معامل التوصيل الحراري للنحاس الأحمر .

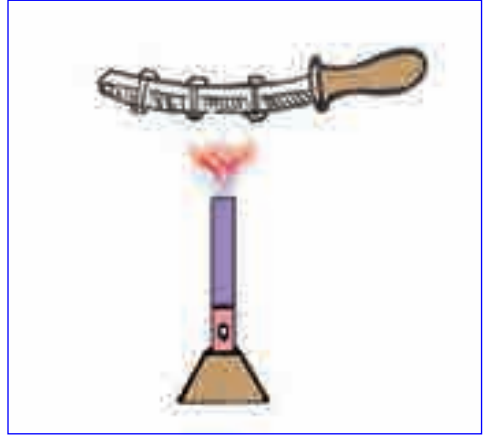
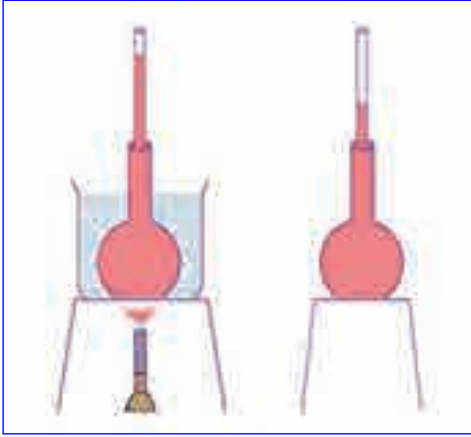
س١٤ : إناء معدني به ماء درجة حرارته (٨٥م) ودرجة حرارة الهواء المحيط به ٢٥م إذا كان سمك جدار الإناء (١,٥ ملم) ، فأوجد المنحدر الحراري لهذا الإناء .

س١٥ : جسم درجة حرارته (٦٠م) ترك ليبرد في غرفة درجة حرارتها (٢٠م) . أوجد النسبة بين كمية الحرارة التي يفقدها الجسم بالاشعاع في الثانية الواحدة عندما تصل درجة حرارته إلى (٥٠م) ، وإلى (٢٥م) على الترتيب .

س١٦ : عندما تضع كميتين متساويتين من الماء في إناءين أحدهما من الزجاج والآخر من الألومنيوم في مجمد الشلاحة (الفريزر) في أيهما يتجمد الماء أولاً .. ولماذا ؟

الوحدة الثامنة

أثر الحرارة على الأجسام Thermal effect Upon Bodies



تتمدد المواد بالحرارة وتنكمش بالبرودة

أهداف الوحدة :

- ١ - نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن يكون قادراً على أن :
تعرف الآتي : التمدد الطولي، معامل التمدد الطولي، التمدد الحجمي، معامل التمدد الحجمي، الغاز المثالي .
- ٢ - تميّز بين كل من : التمدد الطولي والتمدد الحجمي، معامل التمدد الطولي ومعامل التمدد الحجمي
- ٣ - تحسب - من خلال العلاقات الرياضية - ما يلي :
(الزيادة في الطول، الزيادة في الحجم، الطول النهائي، الحجم النهائي الناتج بسبب التسخين) .

- ٤ - تستنبط العلاقات الرياضية التي تربط بين الكميات الآتية :
 - الزيادة في الطول والطول الأصلي وفرق درجات الحرارة .
 - الزيادة في الحجم والحجم الأصلي وفرق درجات الحرارة .
 - معامل التمدد الطولي ومعامل التمدد الحجمي .
 - الحجم والضغط ودرجة الحرارة لكمية معينة من الغاز .
- ٥ - توضح أثر الحرارة على أبعاد وحجوم الأجسام الصلبة والسائلة والغازية .
- ٦ - تذكر تطبيقات على كل من : التمدد الطولي والتمدد الحجمي .
- ٧ - تصف القوانين التي توضح العمليات الحرارية التي تحدث في الغاز مثل :
قانون بويل وقانون شارل والقانون العام للغازات .
- ٨ - تجر تجارب عملية لتعيين قيم بعض المفاهيم والمصطلحات مثل معامل التمدد الطولي لمادة صلبة ، تحقيق قوانين الغازات .
- ٩ - تحل مسائل تطبيقية على قوانين الغازات .
- ١٠ - تبحث في بعض المواضيع مثل : المزدوج المعدني ، الأثر الإيجابي للتمدد الشاذ للماء على حياة الكائنات الحية المائية .

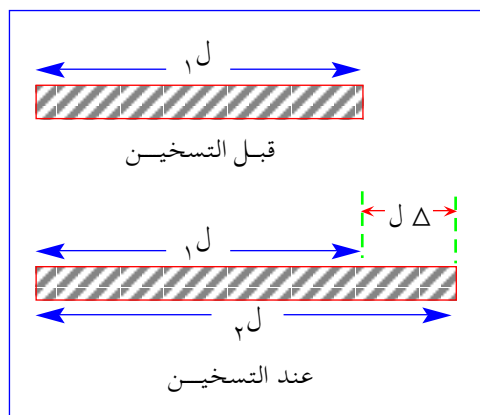
الأجسام تتمدد بالحرارة وتنكمش بالبرودة

Expansion by Heating and Contraction by Cooling

🔖 علام تدل الشواهد والظواهر الآتية : ترك فراغات أو مسافات بين قضبان السكك الحديدية ، جعل أسلاك الكهرباء والتلفونات متدلية في فصل الصيف ، تسخين الاطارات الحديدية قبل تركيبها على عجلات الخيول وتبريدها بعد تركيبها ، تفريغ سائقي السيارات جزء من هواء عجلات سياراتهم عند السير لمسافات طويلة ، وخاصة أيام الصيف ، تفتت الصخور؟

🔖 إن الزيادة في درجة حرارة الجسم تؤدي إلى زيادة متوسط طاقة حركة جزيئاته ، وهذا يعني زيادة متوسط الطاقة الحركية التي تمتلكها جزيئات الجسم ، مما يؤدي إلى تمدده عند ارتفاع درجة حرارته وإذا انخفضت درجة حرارة الجسم ، فإن هذا

يؤدي إلى انخفاض متوسط الطاقة الحركية لجزيئاته، وبالتالي تؤدي إلى انكماشه، وقد أكدت التجارب على أن تمدد السوائل أقل من تمدد الغازات، وأن تمدد المواد الصلبة أقل من تمدد السوائل.



شكل (١)

التمدد الطولي للأجسام الصلبة

Linear Expansion

إذا سخنت ساقاً معدنية، وارتفعت درجة حرارتها من درجة حرارة (T_1) إلى درجة حرارة (T_2) فإنها تتمدد (أي يزيد طولها)، فإذا رمزت للطول الأصلي للساق بالرمز (l_1) عند (T_1)، ورمزت لطولها النهائي بعد التسخين بالرمز (l_2) عند

(T_2)، ورمزت للزيادة في طول الساق بالرمز (Δl)، فإن الزيادة في الطول تكون:

$$\Delta l = l_2 - l_1 \quad (١) \dots\dots$$

والتغير في درجة الحرارة يكون:

$$\Delta T = T_2 - T_1 \quad (٢) \dots\dots$$

وقد وجد أن: $\Delta l \propto l_1 \times T$

$$\Delta l = \alpha \times l_1 \times \Delta T \quad (٣) \dots\dots$$

حيث (α ط) معامل التناسب، وهو مقدار ثابت لجميع الأجسام المصنوعة من مادة

واحدة، ويطلق عليه اسم، معامل التمدد الطولي **Coefficient of linear Expansion**.

ونجد من المعادلة (٣) أن:

$$\alpha = \frac{\Delta l}{T \times l_1} \quad (٤) \dots\dots$$

ويتضح من المعادلة (٤) أن معامل التمدد الطولي هو: نسبة الزيادة الحاصلة في

طول الجسم إلى طوله الأصلي عند ارتفاع درجة حرارته بالتسخين درجة واحدة مئوية.

استنبط من المعادلة (٤) وحدة قياس معامل التمدد الطولي (α ط).

ولكي توجد الطول النهائي للجسم الصلب بعد تسخينه وتمده، استخدم

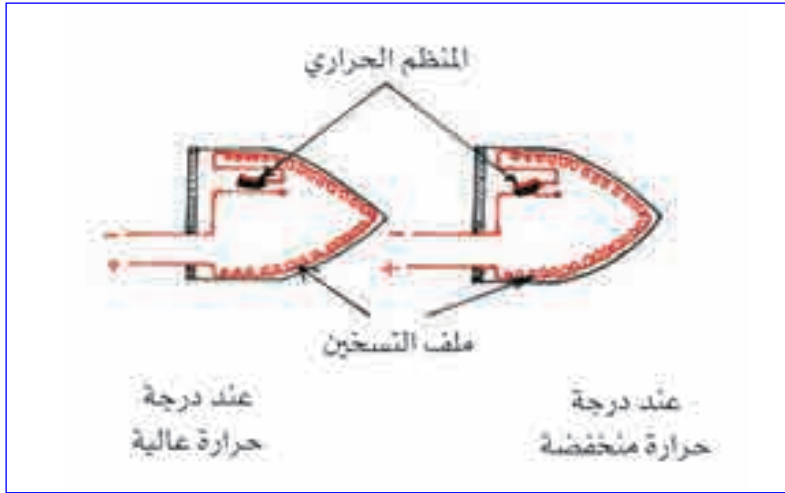
المعادلة الآتية (رقم ٥):

$$L = \frac{1}{2} (T_1 - T_2) \dots (٥)$$

حاول أن تستنتج المعادلة (٥) من المعادلة (٤).

بعض تطبيقات التمدد الطولي في الحياة :

- ترك مسافات أو فراغات بين قضبان السكك الحديدية في فصل الشتاء لتسمح بتمددتها أثناء فصل الصيف .
- جعل أسلاك الكهرباء والتليفون مرتخية في فصل الصيف ، حتى إذا جاء الشتاء تجد الأسلاك مجالاً للانكماش .
- المزدوجات المعدنية التي تستخدم في صناعة منظم الحرارة (ترموستات **Thermostate**) التي تستخدم في المكواة والسخان الكهربائيين وفي منذر الحريق .



شكل (٢)

قضية للبحث: اكتب موضوعاً علمياً مبسطاً عن : المزدوج المعدني، تركيبه، فكرة عمله، استخداماته .

■ **مثال ١:** ساق نحاسية طولها الأصلي (٣٠٠ سم) في درجة الصفر المئوي، سخنت إلى درجة (١٠٠ م°) فأصبح طولها (٣٠٠٫٥١ سم)، احسب معامل التمدد الطولي للنحاس.

● **الحل :** $\Delta L = L_2 - L_1$

$$\Delta L = 300.51 - 300 = 0.51 \text{ سم}$$

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

$$0.51 = 300 \times \alpha \times (100 - 0)$$

$$\alpha = \frac{0.51}{300 \times 100} = 1.7 \times 10^{-5} \text{ (درجة}^{-1}\text{)}$$

هذا هو معامل التمدد الطولي للنحاس.

■ **مثال ٢:** ساق حديدية طولها (١٠٠ سم)، احسب الزيادة في طولها، إذا سخنت من ٢٠ م° إلى ١٠٠ م°، إذا علمت أن معامل التمدد الطولي للحديد 1.1×10^{-5} (درجة^{-١}).

● **الحل :** $\Delta L = L_1 \times \alpha \times (T_2 - T_1)$

$$\Delta L = 100 \times (1.1 \times 10^{-5}) \times (100 - 20)$$

$$\Delta L = 100 \times (1.1 \times 10^{-5}) \times 80 = 0.088 \text{ سم}$$

$$\Delta L = L_2 - L_1$$

$$\Delta L = 100.088 - 100 = 0.088 \text{ سم}$$

التمدد الحجمي للأجسام

Volume Expansion

عندما يسخن الجسم، فإنه يتمدد طولياً، ويترتب على هذا زيادة في أبعاده، وبالتالي يحدث له تمدد سطحي، ويترتب على ذلك أن يتمدد الجسم تمداً حجمياً، وهذا التمدد يتم في جميع الاتجاهات. فإذا كان (ح_١) الحجم الأصلي للجسم عند (T_١)، و(ح_٢)

حجم الجسم بعد التسخين أي عند (T_2) ، فإن التغير في الحجم يكون:

$$\Delta C = C_2 - C_1 \quad (1) \dots\dots\dots$$

وقد وجد أن: $\Delta C \propto C_1 \times T\Delta$

حيث $T\Delta$ = مقدار التغير في درجة الحرارة.

$$\Delta C = C_1 \times T\Delta \times \alpha \quad (2) \dots\dots\dots$$

حيث (α) معامل التناسب، ويسمى "معامل التمدد الحجمي" **Coefficient**

of volume Expansion ومن المعادلة (2) نجد أن:

$$\alpha = \frac{\Delta C}{C_1 \times T\Delta} \quad (3) \dots\dots\dots$$

فإذا كان (ΔC) الزيادة في حجم الجسم، و (C_1) الحجم الأصلي للجسم، و $T\Delta$

= درجة واحدة مئوية، أعط تعريفاً لمعامل التمدد الحجمي من المعادلة (3).

ولكي نتمكن من حساب أو إيجاد الحجم النهائي للجسم استخدم العلاقة الآتية:

$$C_2 = C_1 (1 + \alpha (T_2 - T_1)) \quad (4) \dots\dots\dots$$

حاول أن تستنتج العلاقة (4) من العلاقة (3).

العلاقة بين معاملي التمدد الطولي والحجمي للجسم

بما أن للحجم ثلاثة أبعاد، فإنه لايجاد معامل التمدد الحجمي، نضرب معامل التمدد الطولي في 3 ، أي يكون معامل التمدد الحجمي للجسم:

$$\alpha = 3 \times \alpha_{\text{ط}}$$

وعلى هذا الأساس يمكن كتابة المعادلة (4) بالصورة الآتية :

$$C_2 = C_1 (1 + \alpha_{\text{ط}} (T_2 - T_1)) \quad (5) \dots\dots\dots$$

- يتوقف التمدد الحجمي على: نوع مادة الجسم، الحجم الأصلي للجسم، مقدار الارتفاع في درجة حرارة الجسم، درجة الحرارة التي يبدأ منها تسخين الجسم.



■ **مثال :** قطعة من الزجاج يزداد حجمها بمقدار (٠.٥٤ سم^٣) إذا سخنت من درجة (٢٠ م°) إلى درجة (١٢٠ م°) فما حجمها الأصلي عند درجة (٢٠ م°) إذا كان معامل التمدد الطولي للزجاج ٠.٠٠٠٠٠٩ (درجة)^{-١} ؟

● **الحل :** م ح = ٣ × م ط

$$\therefore \text{م ح} = ٣ \times ٠.٠٠٠٠٠٩ = ٠.٠٠٠٠٢٧ \text{ (درجة)}^{-١}$$

$$\therefore \Delta \text{ح} = \text{م ح} \times \Delta \text{ط}$$

$$\therefore ٠.٥٤ = \text{م ح} \times ٠.٠٠٠٠٢٧ \times (١٢٠ - ٢٠)$$

$$\text{م ح} = \frac{٠.٥٤}{١٠٠ \times ٠.٠٠٠٠٢٧}$$

$$\text{ومنها نجد أن : م ح} = \frac{٠.٥٤}{١٠٠ \times ٠.٠٠٠٠٢٧} = ٢٠٠ \text{ سم.}$$

∴ الحجم الأصلي لقطعة الزجاج عند ٢٠ م° = ٢٠٠ سم.



شكل (٤)

تمدد السوائل Expansion of Liquids

🔍 كيف تتمدد السوائل؟

🔍 لكي نتعرف على ذلك نفذ النشاط الآتي :

١ - خذ دورقاً وأملأه تماماً بماء ملون، ثم سد فوهته بإحكام بسداد تنفذ منه أنبوبة زجاجية.

٢ - اضغط على السداد حتى يرتفع الماء الملون ارتفاعاً مناسباً في الأنبوبة.. ضع علامة عند سطح الماء الملون في الأنبوبة.

٣ - اغمر الدورق إلى قرب فوهته في حوض به ماء ساخن (انظر الشكل ٤).

٤ - لاحظ ما يحدث لارتفاع سطح الماء الملون في الأنبوبة، صف ذلك.

عند تسخين سائل موضوع في إناء يتأثر حجم كل من الإناء والسائل (الماء)، ولكن تأثر الإناء يسبق تأثر السائل، وبما أن السوائل لها أحجام ثابتة، وليس لها أشكال ثابتة، فهي لا تتمدد تمدد طولي ولا سطحي ولكنها تتمدد تمدداً حجمياً.

● فعند بدء التسخين في النشاط السابق، ينخفض سطح الماء الملون في الأنبوبة من (أ) إلى (ب) وهذا يؤكد أن الدورق يتأثر بالحرارة قبل تأثر السائل (الماء) ويتمدد الدورق قبل أن يتمدد السائل (الماء) وبعد فترة زمنية من التسخين يرتفع الماء تدريجياً من (ب) إلى (أ) ثم إلى (ج).

● انخفاض ارتفاع سطح الماء من (أ) إلى (ب) يدل على مقدار التمدد الحجمي للدورق، وارتفاع الماء من (ب) إلى (ج) يدل على مقدار التمدد الحجمي الحقيقي للماء، بينما يدل ارتفاع الماء من (أ) إلى (ج) على التمدد الحجمي الظاهري للسائل (الماء).

∴ الحجم من (أ) إلى (ب) إلى (ج) = الحجم من (أ) إلى (ب) + الحجم من (ب) إلى (ج).

● التمدد الحجمي الحقيقي للسائل (الماء) = التمدد الحجمي للإناء + الزيادة الظاهرية للسائل (الماء) أي أن:

الزيادة الحقيقية في حجم السائل = الزيادة في حجم الإناء + الزيادة الظاهرية في حجم السائل.

● الزيادة الحقيقية في حجم السائل = الحجم الأصلي × معامل التمدد الحقيقي للسائل × مقدار الارتفاع في درجة الحرارة.

● والزيادة الظاهرية في حجم السائل = الحجم الأصلي × معامل التمدد الظاهري للسائل × مقدار الارتفاع في درجة الحرارة.

● وبما أن للسائل تمدد حجمي حقيقي وتمدد حجمي ظاهري فله معامل تمدد حجمي حقيقي ومعامل تمدد حجمي ظاهري .. أعط تعريفاً لكل منهما.

■ **مثال ١:** مخبر مدرج به (٧٠ سم^٣) من سائل عند درجة (٢٥ م°) احسب الزيادة الظاهرية في حجم هذا السائل عندما ترتفع درجة حرارته إلى (٧٥ م°) إذا علمت أن معامل التمدد الحجمي الظاهري للسائل يساوي (٠,٠٠٠٢) درجة^{-١}.

● **الحل:** الزيادة الظاهرية في حجم السائل = الحجم الأصلي × معامل التمدد الظاهري للسائل × مقدار الارتفاع في درجة الحرارة.

$$\text{الزيادة الظاهرية في حجم السائل} = ٧٠ \times ٠,٠٠٠٢ \times (٧٥ - ٢٥)$$

$$\text{الزيادة الظاهرية في حجم السائل} = ٧٠ \times ٠,٠٠٠٢ \times ٥٠ = ٧ سم^٣$$

■ **مثال ٢ :** كمية من الكيروسين حجمها ٢٠٠ لتر في درجة الصفر المئوي، سخنت وتددت، اوجد درجة الحرارة التي عندها يصبح حجم الكيروسين ٢٠٨ لتر، علماً بأن معامل التمدد الحجمي للكيروسين ٠.٠٠١ درجة^{-١}.

● **الحل :** $\Delta C = C_2 - C_1 = 200 - 208 = -8$ لتر.

$$\Delta C = C_2 - C_1 = 200 - 208 = -8 \text{ لتر}$$

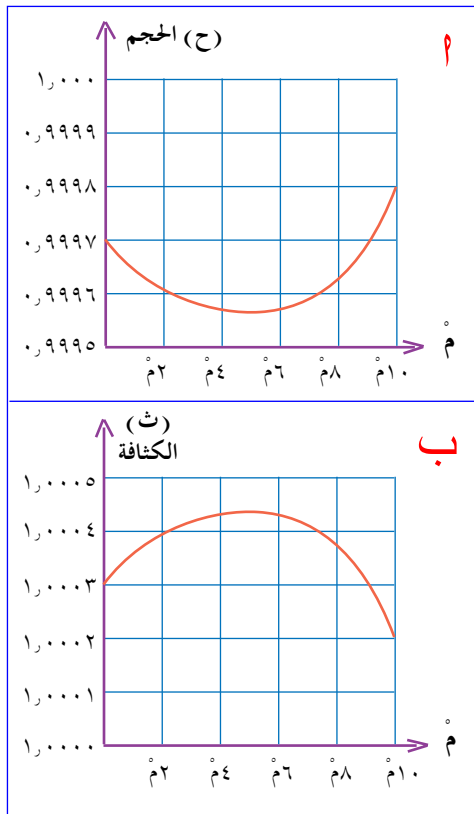
$$8 = 200 \times 0.001 \times \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{8}{0.001 \times 200} = 40^\circ \text{م}$$

$$\therefore T_1 - T_2 = 40^\circ \text{م}$$

$$T_1 = 0^\circ \text{م}$$

$$\therefore T_2 = 40^\circ \text{م}$$



شكل (٥)

التمدد الشاذ للماء Unusual Expansion of Water

عرفت من خلال دراستك السابقة أن معظم السوائل تتمدد بالحرارة وتنكمش بالبرودة فهل يسلك الماء هذا السلوك نفسه أم أنه يشذ عنها؟

🔍 انظر الشكل (٥، ب) ثم وضع

عند أي من درجات الحرارة يسلك

الماء سلوك السوائل الأخرى.. وعند

أي من درجات الحرارة يشذ وماذا

يحدث للكثافة عند هذه الدرجات؟

🔍 إن معظم المواد تتمدد بالتسخين

وتنكمش بالتبريد، ولكن الماء يشذ

عن هذه القاعدة، فعند درجة حرارة

ابتداء من درجة الصفر المئوي إلى

درجة (٤ م) ينكمش الماء وبالتالي يقل حجمه وتزيد كثافته، وعند رفع درجة حرارة الماء من (٤ م) إلى (١٠٠ م) يسلك الماء سلوك المواد الأخرى نفسه وبالتالي يزيد حجمه وتقل كثافته، وإذا برد الماء من (١٠٠ م) إلى (٤ م) يسلك سلوك المواد الأخرى، وإذا برد من (٤ م) إلى درجة الصفر المئوي، فإنه يتمدد وبالتالي يزيد حجمه وتقل كثافته.

قضية للبحث: اكتب تقريراً علمياً مبسطاً تبين فيه الأثر الإيجابي للتمدد الشاذ للماء في حياة الكائنات الحية المائية.



تمدد الغازات Expansion of Gases

هل الغازات تتمدد بالتسخين وتنكمش بالتبريد مثل المواد الصلبة والسائلة؟ أم أنها لا تتأثر بذلك؟

لكي نتعرف على ذلك نفذ النشاط الآتي:

- ١ - خذ أنبوبة اختبار، وسدها بسداد تنفذ منه أنبوبة زجاجية ضيقة.
- ٢ - نكس طرف الأنبوبة الزجاجية في إناء به ماء ملون ثم سخن أنبوبة الاختبار كما هو موضح في الشكل (٦).



شكل (٦)

- ٣ - لاحظ ما يحدث عند فوهة الأنبوبة الزجاجية داخل الماء، علام يدل ذلك؟

- ٤ - أبعد اللهب عن أنبوبة الاختبار، ثم صب ماءً بارداً (مثلجاً) عليها.. ولاحظ ما يحدث.

ماذا تستنتج من هذا النشاط؟

إن حدوث فقاعات عند فوهة الأنبوبة الزجاجية المنكسة داخل الماء الملون

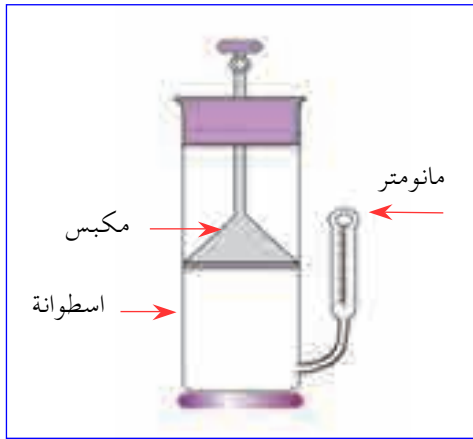
يدل على أن الهواء داخل أنبوبة الاختبار قد تمدد، وارتفاع الماء داخل الأنبوبة الضيقة، يدل على أن الهواء داخل أنبوبة الاختبار انكمش، فحل محله الماء الملون. إن الغازات شأنها شأن المواد الصلبة والسائلة تمدد بالحرارة وتنكمش بالبرودة.

قوانين الغازات Gases's Laws

لقد وجد من الشواهد والتجارب أن جميع الغازات تمتلك حجم، وضغط، ودرجة حرارة، وأن دراسة أية عملية تحدث للغاز تتم عن طريق العمليات الآتية:

أولاً: العملية الأيزوثرمية (قانون بويل) Boyle's law :

لدراسة العلاقة بين حجم مقدار معين من غاز وضغطه، عند ثبوت درجة حرارته،



شكل (٧)

يستخدم الجهاز الموضح في الشكل (٧) وهو جهاز محكم الاغلاق يتكون من اسطوانة يوضع فيها كمية من الغاز وفيها مكبس يمكن تحريكه إلى أعلى وإلى أسفل، بحيث يمكننا من التحكم بحجم الغاز، كما يوجد مانومتر لقياس ضغط الغاز، فعندما يكون المكبس في أعلى الاسطوانة، يكون حجم الغاز بقدر حجم الاسطوانة أي يكون حجم الغاز = V_1

ويكون ضغطه = P_1 ، وعندما يكون المكبس في وسط الاسطوانة يكون حجم الغاز بقدر حجم نصف الاسطوانة، أي يكون حجم الغاز $V_2 = \frac{1}{2} V_1$ و $P_2 = 2 P_1$ ، وعندما يكون حجم الغاز يساوي ثلث حجم الاسطوانة يكون حجم الغاز = $V_3 = \frac{1}{3} V_1$ ، أي $P_3 = 3 P_1$ ، وضغطه $P_3 = 3 P_1$.

ماذا تلاحظ من هذا؟

يلاحظ أن ضغط الغاز يتغير عكسياً مع حجمه عند ثبوت درجة حرارته، أي أن:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{V_1}{V_2} \text{ أو } P_1 V_1 = P_2 V_2 \text{ كمية ثابتة.}$$

وهذه الحقيقة هي أساس قانون بويل والذي ينص على أن :

● حاصل ضرب حجم كمية معينة من غاز في ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة يساوي كمية ثابتة.

أي أن : $P \times V = \text{كمية ثابتة.}$

قضية للبحث : كيف تتغير كثافة كمية معينة من الغاز بتغير حجمه؟



الغاز المثالي

Ideal Gas

ما الغاز المثالي؟

الغاز الذي يخضع لقانون بويل يعرف بالغاز المثالي أي : هو الغاز الذي حجمه يتناسب عكسياً مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة . . أن الغالبية العظمى من الغازات المعروفة مثل الأكسجين والهيدروجين والنيتروجين والهيليوم تعد غازات مثالية Ideal gases .

ثانياً : العملية الأيزوكالورية (قانون شارل) : Charles's Law :

في هذه العملية يتم دراسة العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة حرارته عند ثبوت حجمه، فعندما تكون درجة حرارة الغاز = صفر مئوي يكون ضغطه الابتدائي $P_1 = P_2$ أي عندما تكون درجة الحرارة T_0 يكون $P_1 = P_2$ وعندما تكون درجة الحرارة T_1 يكون $P_1 = P_2$ ، وعندما تكون درجة الحرارة T_2 يكون $P_1 = P_2$ وعندما تكون درجة الحرارة T_3 يكون $P_1 = P_2$ وهكذا . .

وقد وجد في هذه العملية أن التغير في ضغط الغاز (ΔP) يتناسب طردياً مع ضغطه الابتدائي (P_1) ومع التغير في درجة حرارته (ΔT) أي أن :

$$\Delta P \propto P_1 \times \Delta T \text{ ثابت } \times \Delta T$$

$$\Delta \text{ ض} = \text{م ضح} \times \text{ض} \times T \Delta \times \dots\dots\dots (١)$$

حيث (م ضح) مقدار ثابت يسمى معامل التناسب.

ويعرف بأنه معامل الضغط الحراري **Coefficient of thermal Pressure**.

$$\text{ومن المعادلة (١) يكون معامل الضغط الحراري (م ضح)} = \frac{\Delta \text{ ض}}{T \Delta \times \text{ض}}$$

استنتج من هذه العلاقة وحدة قياس (م ضح).

$$\text{وحيث أن } \Delta \text{ ض} = (\text{ض} - \text{ض.}) \text{ و } T \Delta = (T_0 - T_n)$$

وبالتعويض في المعادلة (١) نجد أن:

$$\text{ض} - \text{ض.} = \text{م ضح} \times \text{ض.} (T_1 - T)$$

ومنها نحصل على:

$$\text{ض} = \text{ض.} (1 + \text{م ضح} \times T \Delta) \dots\dots\dots (٢)$$

وقد وجد العالم شارل أن معامل الضغط الحراري (م ضح) هو مقدار واحد في جميع الغازات وهو يساوي $\frac{1}{273}$ ، كما وجد فيما بعد أن هذا القانون الذي يعرف بقانون شارل ينطبق على الغازات المثالية، ذات الكثافة الصغيرة، وبناءً على ما مر فإن العلاقة الرياضية لقانون شارل تكون: $\text{ض} = \text{ض.} (1 + \frac{1}{273} T)$

القانون العام للغازات

Universal Law of Gases

لنأخذ كمية من غاز مثالي، ولنفرض أنه في الحالة الأولى تكون درجة الحرارة للغاز T_1 ولضغط ض_1 والحجم ح_1 ، وفي الحالة الثانية تكون درجة الحرارة T_2 ، والضغط ض_2 ، والحجم ح_2 ، وإذا فرضنا أيضاً أن انتقال كمية الغاز المثالي هذه من الحالة الأولى إلى الحالة الثانية يتم على مرحلتين:

● **المرحلة الأولى:** وفيها تجرى عملية تحول الغاز بدون تغير الضغط (الضغط الثابت)

إلى حالة مؤقتة حيث تكون درجة الحرارة T_2 ، والضغط ض_2 (ثابت)،

والحجم $\text{ح} = \text{ح حالة مؤقتة}$ (وهذا في الحالة المؤقتة) وفي هذه الحالة المؤقتة تكون:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\text{ح}_1}{\text{ح مؤقتة}} \dots\dots\dots (١)$$

أي أن الحجم يتناسب طردياً مع درجة الحرارة عند ثبوت الضغط ويسمى هذا

القانون بقانون (جاي - لوساك **Gay - Lussac's law**).

● **في المرحلة الثانية:** وفيها يجرى التحول بدون تغير درجة الحرارة، أي أن درجة الحرارة $T_2 = T_1$ (ثابتة) والضغط = P_1 ، الحجم = V_2 ، وبموجب قانون بويل فإن:

$$P_1 V_1 = P_2 V_2 \quad (2) \dots\dots\dots$$

$$\frac{T_2 \times P_1 V_1}{T_1} = P_2 V_2 \quad \text{ومن المعادلة (1) نجد أن : } P_2 V_2 = P_1 V_1$$

وبتعويض قيمة $(P_2 V_2)$ التي أوجدناها من المعادلة (1) في المعادلة (2) نجد أن:

$$\frac{T_2 \times P_1 V_1}{T_1} = P_2 V_2 \quad \text{ومنها : } \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (3) \dots\dots$$

إن هذه المعادلة (3) تسمى بالمعادلة العامة للغازات، وتكون درجة الحرارة فيها مقاسة بالمقياس المطلق.

■ **مثال ١:** إذا كان حجم غاز في درجة الصفر المئوي يساوي (٤٥٠ سم^٣) فما حجمه في درجة (٩١ م°) بفرض أن ضغطه ثابتاً؟

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \therefore \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \therefore \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{273}{364} = \frac{273 + \text{صفر}}{273 + 91} = \frac{450}{V_2} \quad \therefore \frac{273 + T_1}{273 + T_2} = \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2}$$

$$\therefore V_2 = \frac{364 \times 450}{273} = 600 \text{ سم}^3$$

ملحوظة:

عند حل مثل هذه الأمثلة والمسائل يجب تحويل درجة الحرارة المئوية إلى درجة حرارة مطلقة.

■ **مثال ٢:** إذا كان ضغط غاز في (٢٦ م°) يساوي (٥٩,٨ سم. زئبق) فما ضغطه عند درجة (١٣٠ م°) إذا علمت أن حجمه ثابت؟

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \therefore \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad \therefore \frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{299}{403} = \frac{273 + 26}{273 + 130} = \frac{59.8}{P_2} \quad \therefore \frac{273 + T_1}{273 + T_2} = \frac{P_1 V_1}{P_2 V_2}$$

$$\therefore P_2 = \frac{403 \times 59.8}{299} = 80.6 \text{ سم. زئبق}$$

تقويم الوحدة

نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية :

س ١ : أكمل الفراغات الآتية بما يناسبها :

- ١ - تستخدم المزدوجات المعدنية في صناعة الحرارة التي تستخدم في المكواة الكهربائية في الكهربائي وفي منذر الحريق .
- ٢ - الزيادة الحقيقية في حجم السائل تساوي حاصل ضرب الحجم الأصلي للسائل مضروباً في مضروباً في في درجة الحرارة .
- ٣ - وجد العالم شارل أن معامل الضغط الحراري (مـضـح) هو مقدار واحد في جميع الغازات ويساوي

س ٢ : ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (X) أمام العبارة الخطأ فيما يلي :

- ١ - الغاز المثالي هو الغاز الذي حجمه يتناسب طردياً مع ضغطه عند ثبوت درجة حرارته . ()
- ٢ - العملية التي يتم فيها دراسة العلاقة بين حجم مقدار معين من غاز وضغطه عند ثبوت درجة حرارته تسمى العملية الأيزوثرمية . ()
- ٣ - معامل التمدد الحجمي يساوي ثلث معامل التمدد الطولي لنفس الجسم . ()
- ٤ - السلوك الشاذ للماء يحدث بين درجتَي الحرارة الصفر المئوي و ٤م فقط . ()

س ٣ : ضع دائرة حول الحرف الدال على الإجابة الصحيحة لكل عبارة من العبارات الآتية :

- ١ - تسمى نسبة الزيادة الحاصلة في طول الجسم إلى طوله الأصلي عند ارتفاع درجة حرارته بالتسخين درجة واحدة مئوية باسم ...

- أ - معامل التمدد الحجمي ب - معامل التمدد الطولي
ج - معامل الضغط الحراري د - قانون بويل
- ٢ - العملية التي يتم فيها دراسة العلاقة بين ضغط غاز ودرجة حرارته عند ثبوت حجمه يوضحها ...
- أ - القانون العام للغازات ب - قانون بويل
ج - قانون جاي لوساك د - قانون شارل
- ٣ - تعد الثرموستات إحدى تطبيقات ...
- أ - التمدد الطولي ب - التمدد الحجمي للسوائل
ج - التمدد الحجمي للغازات د - التوصيل بتيارات الحمل
- س ٤ : علل ما يأتي :

- ١ - يكون للسوائل تمدد حجمي حقيقي وتمدد حجمي ظاهري .
- ٢ - تنكسر القارورة الزجاجية المملوءة بالماء تماماً إذا وضعت في مجمد الثلاجة لفترة زمنية طويلة حتى يتجمد فيها الماء .
- ٣ - تستطيع الكائنات الحية المائية العيش والتحرك دون أن تموت في البحيرات في المناطق الباردة أيام الشتاء .
- ٤ - تمدد الغازات أكبر من تمدد السوائل، وتمدد السوائل أكبر من تمدد المواد الصلبة .

س ٥ : أعط تعريفاً علمياً لما يأتي :

التمدد الطولي، التمدد الحجمي، معامل التمدد الطولي، معامل التمدد الحجمي، الغاز المثالي .

س ٦ : اذكر تطبيقاً واحداً أو ظاهرة واحدة لكل من :

التمدد الطولي، التمدد الحجمي للغازات .

س ٧ : اكتب العلاقات الرياضية التي توضح الآتي :

- قانون بويل
- قانون شارل
- القانون العام للغازات
- معامل التمدد الطولي
- معامل التمدد الحجمي
- الطول النهائي
- الحجم النهائي

س ٨ : اشرح نشاط مع الرسم تبين فيه تمدد الغازات بالحرارة وانكماشها بالبرودة.

س ٩ : ساق من الحديد طولها الأصلي ١٠٠ سم في درجة ٢٥°م، وضعت في فرن للتسخين فأصبح طولها ٩٦,١٠٠ سم، فإذا كان معامل التمدد الطولي للحديد ١١,٠٠٠٠٠ (درجة)⁻ احسب درجة حرارة الفرن.

س ١٠ : كرة من الحديد حجمها الأصلي (٥٠ سم³) في درجة الصفر المئوي، رفعت درجة حرارتها إلى (١٠٠°م) فأصبح حجمها (١٦٥,٥٠ سم³)، أوجد كل من التمدد الطولي والتمدد الحجمي للحديد.

س ١١ : ساق من النحاس طولها (٣٠ سم) ومساحة مقطعها ٢٠ سم²، رفعت درجة حرارتها من ٢٥°م إلى ١٧٥°م فإذا علمت أن معامل التمدد الطولي للنحاس $1,7 \times 10^{-5}$ لكل درجة مئوية، فأوجد مقدار الزيادة في كل من :

أ - طول الساق، ب - مساحة مقطع الساق، ج - حجم الساق

س ١٢ : مخبر مدرج به (٧٠ سم³) من سائل عند درجة ٢٥°م، احسب الزيادة الحقيقية والظاهرية في حجم السائل عندما ترتفع درجة حرارته إلى ٧٥°م، مع العلم أن معامل التمدد الحقيقي للسائل ١٨,٠٠٠٠٠ (درجة)⁻، ومعامل التمدد الظاهري له ٢,٠٠٠٠٠ (درجة)⁻.

س ١٣ : حجم قنينة الكشافة الزجاجية عند درجة الصفر المئوي (٤٠٠ سم³) ملئت إلى حافتها بالزئبق وسخت إلى درجة (١٠٠°م)، وخرج منها

عند التسخين (١٢, ٦ سم^٣) من الزئبق، احسب معامل التمدد الحجمي للزئبق، إذا علمت أن معامل التمدد الطولي لزجاج ٠,٠٠٠٠٠٩ (درجة)^{-١}.

س ١٤ : اطار سيارة به هواء ضغطه (١١٤ سم . زئبق) وكانت درجة حرارة الهواء (-٣ م) احسب ضغط الهواء في الاطار عندما ترتفع درجة حرارته إلى ٥١ م، بفرض ثبوت حجمه.

س ١٥ : لتر غاز في درجة ١٠ م، رفعت درجة حرارته إلى ٢٩٣ م، أوجد حجمه إذا علمت أن ضغط الغاز ثابت.

س ١٦ : اسطوانة ذات مكبس محكم قابل للحركة تحتوي على غاز حجمه ٦٤ لتر عندما كان الضغط الجوي ٧٥ سم. زئبق ودرجة الحرارة ٢٧ م. أوجد الحجم الذي يشغله الغاز بداخل الاسطوانة عندما تنقل إلى مكان مرتفع يبلغ الضغط الجوي فيه ٥٦ سم. زئبق ودرجة الحرارة ٧ م.

ملاحق الكتاب

رموز الكميات والوحدات المستخدمة في الكتاب باللغتين العربية والانجليزية

Absolute Scale (Kelvin scale)	التدرج المطلق
Absalute Scale	الصفر المئوي
Accelaration	العجلة
Acceleration of gravity	عجلة الجاذبية الأرضية
Adhesion	التصاق
Area	المساحة
Average velocity	السرعة المتوسطة
Basic Quantity	كمية أساسية
Calorie	السعر
Calorimetr	المسعر
Capacitance	السعة الكهربائية
Capillarity	الخاصية الشعرية
Center of Gravity	مركز الثقل
Centigrade Scale (Selsins scale)	التدرج المئوي
Cefficient of Friction	معامل الاحتكاك
Coefficient of Linear Erpansion	معامل التمدد الطولي
Coefficient of Thermal Conduction	معامل التوصيل الحراري
Coefficient of Volume Expansion	معامل التمدد الحجمي
Coefficient of Thermal Pressure	معامل الضغط الحراري
Collision	التصادم
Compresion	انضغاط
Conservation of Motiom	بقاء كمية التحرك
Conservation Principle of Energy	مبدأ بقاء الطاقة
Constant Acceleration	العجلة المنتظمة

Constant Velocity	السرعة المنتظمة
Convection Current	تيارات الحمل
Density	الكثافة
Derived Quantity	كمية مشتقة
Displacement	الإزاحة
Distance	مسافة
Elastic Collision	التصادم المرن
Elasticity	المرونة
Elasticity Work	شغل قوة المرونة
Electrical Capacitance and Condensers	السعة الكهربائية والمكثفات
Electrical Cells	الأعمدة الكهربائية
Electrical Condenser	المكثف الكهربائي
Electrical Current and Ohm's Law	التيار الكهربائي وقانون أوم
Electrical Field	المجال الكهربائي
Electrical Resistance	المقاومة الكهربائية
Energy	الطاقة
Energy Change	تحويلات الطاقة
Equilibrium	التوازن
Fahrenheit Scale	التدريج الفهرنهايتي
Fluids	موائع
Force	القوة
Force of Sliding Friction	قوة الاحتكاك الحركي
Force of Static Friction	قوة الاحتكاك السكونية
Free Fall	السقوط الحر
Friction	الاحتكاك

Frictional Force	قوة الاحتكاك
Gay- Lussac's Law	قانون جاي لوساك
Gravity	الجاذبية
Heat Capacity	السعة الحرارية للجسم
Hook's Law	قانون هوك
Ideul Gas	الغاز المثالي
Inelastic Collision	التصادم غير المرن
Inertia	القصور الذاتي
Instantaneous Velocity	السرعة اللحظية
Internal Energy	الطاقة الداخلية
Iso - Calerical Process	العملية الأيزوثرمية
Iso -Thermal Process	العملية الأيزوثرمية
Jule	الجول
Kilogram	كيلو جرام
Dinematics Equation	معادلة الحركة
Dinematic Energy	طاقة الحركة
Dinematic Enegy and Work	الشغل وطاقة الحركة
Kinetic Theory of Matter	النظرية الحركية للمادة
Length	الطول
Linear Expansion	التمدد الطولي
Longitudinal Stress	الاجهاد الطولي
Measurment	القياس
Measurment system	نظام القياس
Mass	الكتلة
Metre	متر
Metric System	النظام المتري

Micrometre Screwgauge	الميكرومتر الحلزوني
Momentum	كمية التحرك
Physics	الفيزياء
Potential Energy	طاقة الوضع
Potential Energy and Work	الشغل وطاقة الوضع
Power	القدرة
Quantity of Heat	كمية الحرارة
Rigid Body	جسم صلب
Scalar Quantity	كمية قياسية
Science	العلوم
Second	ثانية
Specific Heat	الحرارة النوعية للمادة
Speed	السرعة
Stopwach	ساعة إيقاف
Stres	الاجهاد
Temprature	درجة الحرارة
Temperature Gardient	منحدر درجة الحرارة
Thermal Conduction	التوصيل الحراري
Thermal Equilibrium	الاتزان الحراري
Thermal Radiation	الاشعاع الحراري
Thermostate	منظم الحرارة (الثرموستات)
The Van De Graf Generators	مولد فان دي جراف
Thrust	الدفع
Time	الزمن
Torque	عزم القوة
Unit of Force	وحدة القوة

Universe Law Of Gases	القانون العام للغازات
Vector	المتجه
Vector Quantity	كمية متجهة
Vernier Calipers	القدمة الورنية
Volume	الحجم
Volume Expansion	التمدد الحجمي
Watt	الوات
Weight	الوزن
Work	الشغل
Work and Energy	الشغل والطاقة
Work of Friction	شغل الاحتكاك
Work of Gravity	شغل قوة الجاذبية
Young Modulues	معامل ينج

أسماء ورموز الكميات الأساسية والمشتقة الواردة في الكتاب ووحدات قياسها

الكمية	الرمز العربي المستخدم	الرمز في نظام SI	وحدات القياس في النظام SI
الارتفاع	ل	h	م
الازاحة	ف	d	م
التوتر السطحي			نيوتن / م
الثرمو ديناميكية			
الجهد الكهربائي	جـ	V	فولت
الحجم	ح	vol	م ³
الحرارة الكامنة			جول ؟ كجم
الحرارة النوعية	حـن	S.H	جول / كجم . م° = سعر / جم . م°
الزمن	ز	t	ثانية (ث)
السرعة	ع	V	م / ث
اسرعة الابتدائية	ع .	V ₀	م / ث
السرعة المتوسطة	عـم	V	م / ث
السعة	سع	C	فاراد
السعة الحرارية	سعـح	HC	---
الشحنة الكهربائية	سـه	C	كولوم
الشغل (الميكانيكي)	شغ	W	نيوتن . متر = جول
شغل قوة الاحتكاك	شغـح	W r	نيوتن . متر = جول
شغل قوة الحاذبية	شغـد	Wa	نيوتن . متر = جول
شغل قوة المرونة	شغـر	We	نيوتن . متر = جول
الضغط	ض	P	نيوتن / م ² = باسكال
الطاقة	ط	E	جول
الطاقة المختزنة	طـم	I.E	جول
الطول	ل	L	متر (م)
العجلة	جـ	a	م / ث ²
القوة	ق	F	نيوتن
الكتلة	ك	m	كيلوجرام (كجم)

وحدات القياس في النظام SI		الرمز في نظام SI	الرمز العربي المستخدم	الكمية
Kg/m^3	كجم/م ^٣	d	ث	الكثافة
m^2	م ^٢	A	س	المساحة
m	م	d	ف	المسافة
~	أوم	R	م	المقاومة الكهربائية
N	ثقل كيلوجرام = نيوتن	W	و	الوزن
K	درجة مطلقة (كلفن)	K	ك	درجة الحرارة
cd	قنديلة	cd	قنديلة	شدة الاستضاءة
N/c=v/m	فولت / متر = نيوتن / كولوم	E.E	مج	شدة المجال الكهربائي
J	جول	K.E	ط ح	طاقة الحركة
J	جول	P.E	ط و	طاقة الوضع
m/s^2	م/ث ^٢	g	س	عجلة الجاذبية الأرضية
Kg.m^2	كجم.م ^٢	---	---	عزم القصور الذاتي
N.m	نيوتن . متر	L	ع (ق)	عزم القوة
N	نيوتن	f	ق ح	قوة الاحتكاك
N	نيوتن	T	س ح	قوة الشد
---	---	N	ق ر	قوة رد الفعل
N / S	كجم.م/ث = نيوتن / ث	M	كت	كمية التحرك
C.J	سعر، جول	H	حر	كمية الحرارة
جميع المعاملات بدون وحدات قياس		$\mu_s \cdot \mu_k$	م ح	معامل الاحتكاك
		γ	---	معامل الشد السطحي
		k	هـ	معامل المرونة
		μ_0	---	معامل النفاذية
		Y	ي	معامل ينج
				ثابت العزل لمادة

وحدات تعرف بدلالات الوحدات الدولية SI

الكمية	الوحدة	الرمز	الوحدة بدلالة وحدات SI
الحجم	لتر	L	$0.001/m^3 = (\frac{1}{1000}m^3) = \frac{1}{1000}م^3 = ٠.٠٠١ متر^٣$
الزمن	دقيقة	ق Min	٦٠ ث 60 S
	ساعة	س hr	٣٦٠٠ 3600 S
	اليوم	d	٢٤ ساعة = ٢٤×٣٦٠٠ ث 24hr = (24 × 3600 S)
الكتلة	طن	t	١٠ كجم 1000 Kg
درجة الحرارة	درجة مئوية	م °C	درجة الحرارة المطلقة - ٢٧٣.١٥ (Temp in K) - 273.15

الحروف اللاتينية

ν N	Nu	نُو	α A	Alpha	ألفا
π Pi	Pi	بَاي	β B	Beta	بِيثا
ρ P	Rho	رُو	γ Γ	Gamma	غاما
σ Σ	Sigma	سِيغما	δ Δ	Delta	دِلثا
τ T	Tau	تَاو	ϵ E	Epsilon	إِيسِيلون
ϕ Φ	Phi	فَاي	θ Θ	Theta	ثِيثا
ω Ω	Omega	أُومِيغَا	λ Λ	Lambda	لَمبدا

تم الكتاب
بحمد الله