١٠

بسم الله الرحمن الرحيم

دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم العالي

# الفيزياء


المؤلِّفون:

أ.رضا الصدر **(منسقاً)**
د.رولى الرمحي
أ. حمدالله أبو صفط
أ. شعبان صافي
أ. عطاف زمار
أ. أحمد سياعرة

قررت وزارة التربية والتعليم العالي في دولة فلسطين
تدريس هذا الكتاب في مدارسها بدءاً من العام الدراسي ٢٠١٧/ ٢٠١٨ م

## الإشراف العام

| | |
|---|---|
| رئيس لجنة المناهج | د. صبري صيدم |
| نائب رئيس لجنة المناهج | د. بصري صالح |
| رئيس مركز المناهج | أ. ثروت زيد |

## الدائرة الفنية

| | |
|---|---|
| الإشراف الإداري | أ. حازم عجاج |
| التصميم الفني | أ. أمينة عصفور |

| | |
|---|---|
| **التحكيم العلمي** | د. عدلي صالح |
| **التحرير اللغوي** | د. سهير قاسم |
| **الرسومات** | أ. سالم نعيم |
| **المتابعة للمحافظات الجنوبية** | د. سمية النخالة |

الطبعة الأولى
٢٠١٨ م/ ١٤٣٩ هـ

جميع حقوق الطبع محفوظة ©

دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم العالي
مركز المناهج

حي الماصيون، شارع المعاهد
ص. ب 719 – رام الله – فلسطين
pcdc.edu.ps | pcdc.mohe@gmail.com
mohe.ps | mohe.pna.ps | moehe.gov.ps
.com/MinistryOfEducationWzartAltrbytWaltlym
فاكس 970-2-2983250+ | هاتف 970-2-2983280+

# تـقـديـم

يتصف الإصلاح التربوي بأنه المدخل العقلاني العلمي النابع من ضرورات الحالة، المستند إلى واقعية النشأة، الأمر الذي انعكس على الرؤية الوطنية المطورة للنظام التعليمي الفلسطيني في محاكاة الخصوصية الفلسطينية والاحتياجات الاجتماعية، والعمل على إرساء قيم تعزز مفهوم المواطنة والمشاركة في بناء دولة القانون، من خلال عقد اجتماعي قائم على الحقوق والواجبات، يتفاعل المواطن معها، ويعي تراكيبها وأدواتها، ويسهم في صياغة برنامج إصلاح يحقق الآمال، ويلامس الأماني، ويرنو لتحقيق الغايات والأهداف.

ولما كانت المناهج أداة التربية في تطوير المشهد التربوي، بوصفها علماً له قواعده ومفاهيمه، فقد جاءت ضمن خطة متكاملة عالجت أركان العملية التعليمية التعلمية بجميع جوانبها، بما يسهم في تجاوز تحديات النوعية بكل اقتدار، والإعداد لجيل قادر على مواجهة متطلبات عصر المعرفة، دون التورط بإشكالية التشتت بين العولمة والبحث عن الأصالة والانتماء، والانتقال إلى المشاركة الفاعلة في عالم يكون العيش فيه أكثر إنسانية وعدالة، وينعم بالرفاهية في وطن نحمله ونعظمه.

ومن منطلق الحرص على تجاوز نمطية تلقّي المعرفة، وصولاً لما يجب أن يكون من إنتاجها، وباستحضار واعٍ لعديد المنطلقات التي تحكم رؤيتنا للطالب الذي نريد، وللبنية المعرفية والفكريّة المتوخّاة، جاء تطوير المناهج الفلسطينية وفق رؤية محكومة بإطار قوامه الوصول إلى مجتمع فلسطيني ممتلك للقيم، والعلم، والثقافة، والتكنولوجيا، وتلبية المتطلبات الكفيلة بجعل تحقيق هذه الرؤية حقيقة واقعة، وهو ما كان له ليكون لولا التناغم بين الأهداف والغايات والمنطلقات والمرجعيات، فقد تآلفت وتكاملت؛ ليكون النتاج تعبيراً عن توليفة تحقق المطلوب معرفياً وتربوياً وفكرياً.

ثمّة مرجعيات تؤطّر لهذا التطوير، بما يعزّز أخذ جزئية الكتب المقررّة من المنهاج دورها المأمول في التأسيس؛ لتوازن إبداعي خلّاق بين المطلوب معرفياً، وفكرياً، ووطنياً، وفي هذا الإطار جاءت المرجعيات التي تم الاستناد إليها، وفي طليعتها وثيقة الاستقلال والقانون الأساسي الفلسطيني، بالإضافة إلى وثيقة المنهاج الوطني الأول؛ لتوجّه الجهد، وتعكس ذاتها على مجمل المخرجات.

ومع إنجاز هذه المرحلة من الجهد، يغدو إزجاء الشكر للطواقم العاملة جميعها؛ من فرق التأليف والمراجعة، والتدقيق، والإشراف، والتصميم، وللجنة العليا أقل ما يمكن تقديمه، فقد تجاوزنا مرحلة الحديث عن التطوير، ونحن واثقون من تواصل هذه الحالة من العمل.

**وزارة التربية والتعليم العالي**

مركز المناهج الفلسطينية

آب / ٢٠١٧

# مـقـدمـة

***بسم الله الرحمن الرحيم***

طلبتنا ومعلمينا الأعزاء وجميع المعنيين بالعملية التعليمية في فلسطين، نضع بين أيديكم كتاب الفيزياء للصف العاشر، وذلك ليكون حلقة من حلقات منهاج العلوم العامة وترجمة للأهداف التي وضعت في خطة المنهاج الفلسطيني الجديد آملين أن يحقق الأهداف المرجوة منه.

ولقد حرصنا على بناء المنهاج بحيث يحقق أعلى مستويات الاتصال والتواصل بين عناصر العملية التعليمية، ليكون عنصراً فعّالاً في تنمية اتجاهات الطلبة، من خلال ربطه بمشكلات الحياة اليومية، باستخدام أنشطة متنوعة تهدف إلى نقل الطالب إلى الجانب التطبيقي.

يتضمن الكتاب أربع وحدات: الوحدة الأولى الميكانيكا، والوحدة الثانية الموائع، والوحدة الثالثة الحرارة، والوحدة الرابعة الفلك.

كما حرصنا كل الحرص على التكامل الأفقي والعمودي للمادة، آخذين بعين الاعتبار تسهيل المادة على الطالب والمعلم على حد سواء، بحيث يدرّس المادة معلمٌ متخصصٌ في مجاله، ويقدم للطالب المفاهيم والمهارات في كتاب واحد فقط، وقد راعينا أن يكون شائقاً ومفيداً من خلال عرض المادة بطريقة مشوقة تبدأ بنشاط افتتاحي يساعد على استنتاج وترسيخ المفهوم العلمي، ثم الانتقال إلى مشاهدات من واقع الحياة، ثم أمثلة متنوعة وأسئلة ونشاطات ذهنية انتهاء بمشروع يحل مشكلة حياتية. آملين من معلمينا وكل القائمين على العملية التربوية والمعنيين بها تزويدنا بملاحظاتهم حول تدريس هذه الطبعة بما يفيد في إثراء الطبعة القادمة.

شهد الكتاب نقلة نوعية في تصميمه من خلال استخدام الأنشطة الافتتاحية لتعزيز المفاهيم العلمية، وإثراء المنهاج من خلال ربطه بمشكلات يومية، وانتهاء بتأكيد نتائج التعلم والتعليم من خلال طرح المشاريع والنشاطات الذهنية.

كلنا أمل أن نكون قد وفقنا في تأليف هذا الكتاب، شاكرين وممتنين لكل من ساهم وأضاف إلى مجهودنا لإنجاز هذا العمل الفلسطيني الوطني البحت الذي وضع لخدمة وطننا وأبنائه.

***و الله ولّي التوفيق؛؛؛***

**المؤلفون**

# المحتويات


| | الموضوع | الصفحة |
|---|---|---|
| الفصل الدراسي الأول | **الوحدة الأولى: الميكانيكا** | ٢- ٦٠ |
| | الفصل الأول: الفيزياء والقياس | ٤ |
| | الفصل الثاني: المتجهات | ١٥ |
| | الفصل الثالث: وصف الحركة | ٢٤ |
| | الفصل الرابع: قوانين نيوتن | ٤٣ |
| | أسئلة الوحدة الأولى | ٥٧ |
| | **الوحدة الثانية: الموائع** | ٦١ - ٨٢ |
| | أسئلة الوحدة الثانية | ٨١ |
| الفصل الدراسي الثاني | **الوحدة الثالثة: الحرارة** | ٨٣ - ١٢٥ |
| | الفصل الأول: الحرارة وأثرها على المواد | ٨٥ |
| | الفصل الثاني: الديناميكا الحرارية | ١٠٧ |
| | أسئلة الوحدة الثالثة | ١٢٣ |
| | **الوحدة الرابعة: الفلك** | ١٢٦ - ١٥١ |
| | أسئلة الوحدة الرابعة | ١٤٨ |

# الوحدة الأولى

# الميكانيكا *Mechanics*

هاجم نابليون مدينة عكا في ٢٠ مارس ١٧٩٩ محاولا احتلالها، لكنه فشل فشلاً ذريعا.

ما الأسباب التي حالت دون احتلالها؟

# الوحدة الأولى: الميكانيكا

## قوانين الحركة:

تتعدد أشكال الحركة من حولنا فنجد أجساماً تتحرك حركة انتقالية كما هو الحال في السيارة و الدراجة وحركة الإنسان من مكان لآخر، ونجد أجساماً أخرى تتحرك حركة دائرية كدوران الكواكب حول الشمس ودوران الإلكترونات حول نواة الذرة، في حين تتحرك أجسام أخرى حركة اهتزازية بالتذبذب حول موضع اتزانها كاهتزاز الأرجوحة وبندول الساعة، لكل نوع من أنواع الحركة قوانينه الخاصة التي تحكمه.

**عزيزي الطالب يتوقع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على تحقيق النتاجات الآتية:**

- توظيف أدوات القياس المناسبة في الحياة العملية والتحويل بين أنظمة القياس.
- تمثيل المتجهات بيانياً وإيجاد محصلتها هندسياً وحسابياً.
- قراءة المنحنيات البيانية التي تربط بين عناصر الحركة ورسمها.
- تطبيق قوانين نيوتن في الحركة حسابياً وتفسير بعض الظواهر والتطبيقات المرتبطة بها.

# الفصل الأول:

## الفيزياء والقياس (Physics and Measurement)

الفيزياء علم واسع جداً أصوله قديمة، فقد بدأ منذ فجر التاريخ واستمر بالتطور عبر مختلف العصور بدءاً من العصر الإغريقيّ وانتقالاً إلى العصر الإسلاميّ صاحب الدور المميز في تطور هذا العلم الذي وصل أوروبا وأخذ شكله الحديث، ولا يزال قائماً بالتطور والتقدم، وتستقي منه العلوم الأخرى كماً هائلاً من المعرفة بطرائق مختلفة. فما هو علم الفيزياء؟ وكيف تطور عبر التاريخ؟ وما أهمية هذا العلم في حياتنا؟ وما القياس؟ وما عناصره وأنظمته؟ وكيف يمكن التحويل من نظام لآخر؟ وما الكميات الأساسية في علم الفيزياء التي تشتق منها الكميات الأخرى؟ وكيف يمكن استخدام الأجهزة المتنوعة للقياس؟

**هذه الأسئلة وغيرها ستتمكن من الإجابة عنها بعد دراستك لهذا الفصل، ويتوقع منك أن تكون قادراً على أن:**

- تتبع التطور التاريخي لعلم الفيزياء.
- تقدّر أهمية الفيزياء في حياة الإنسان.
- تعرّف مفهوم القياس وأنظمته وعناصره.
- تحوّل وحدات القياس من نظام إلى آخر.
- تستنتج وحدات النظام الدولي للكميات المشتقة.
- تميّز الكميات الأساسية من الكميات المشتقة.
- تستخدم أدوات القياس المختلفة.

### ١-١: تطوّر علم الفيزياء (Development of Physics)

علم الفيزياء هو أحد العلوم الطبيعية، وقد أطلق عليه أسماء عديدة كعلم الطبيعة وعلم الفيزيقيا. ويهتم علم الفيزياء بدراسة المادة والطاقة وحركة الجسيمات، وما يؤثر عليها والخروج بمعادلات وقوانين تفسّر تلك الظواهر وتتنبأ بمسيرتها عن طريق نماذج تفسر الواقع.

#### تطوّر الفيزياء عبر العصور:

ظهرت القواعد الأساسية للعلوم المختلفة في بابل ومصر القديمة من خلال مراقبة النجوم وتحركاتها، ثم طوّر الإغريق السبائك، وطور العلماء المسلمين علوم الرياضيات والبصريات واستخدموا البكرات والطاقة المائية، وتطور علم الفلك باكتشاف التلسكوب، وتطورت الديناميكا والرياضيات على يد إسحق نيوتن، وتطورت المحركات في القرن الثامن عشر، وفي القرن التاسع عشر ظهرت النظريات الحديثة في الكهرومغناطيسية بفعل

تجارب فارادي وماكسويل وغيرهم. أخذت الفيزياء دورها الملحوظ في القرن العشرين وظهرت نظريات وفسرت ظواهر متنوعة ولا تزال الفيزياء من أهم العلوم الطبيعية في تطور مستمر. وتلعب الفيزياء حالياً الدور الكبير في علم الفلك و الجسيمات.

**بحث:** **اكتب تقريراً عن إنجازات أحد العلماء الآتية أسماؤهم وقدمه لمعلمك:**

بطليموس، مايكل فارادي، إسحاق الكندي، الإدريسي.

## ١-٢: أهمية الفيزياء في حياة الإنسان (Significance of Physics)

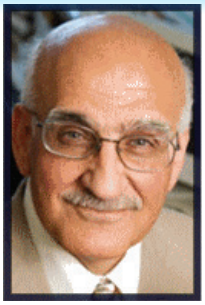
للفيزياء تطبيقات متنوعة في حياتنا فهذا العلم جزء لا يتجزأ من حياة الإنسان، تمتد مجالاته وتتنوع لتغطي مجالات الحياة كافة من طب، وهندسة، وبصريات، والاتصالات، وإلكترونيات، ولكننا سنقتصر في هذا البند على المجالات الآتية:

**الفلك:** أحد فروع الفيزياء الذي يتناول فيزياء الكون والنجوم وتحركاتها وأقدارها وكثافتها ولمعانها وما يتبع هذا العلم من أجهزة والشكل (١-١) يمثّل صورة التقطت بتلسكوب هابل.

الشكل (١-١) صورة التقطت بتلسكوب هابل

**فيزياء المواد:** علم يهتم بدراسة المواد في حالاتها المختلفة ويفسّر الكثير من خصائصها بناءً على تركيبها الذريّ، وهو علم أساسي ومهم في تكنولوجيا الترانزستور وأشباه الموصلات.

**فيزياء النانو تكنولوجي:** (علم الدقائق): العلم الذي يهتم بدراسة معالجة المادة على المقياس الذّريّ والجزيئي، من خلال ابتكار تقنيات ووسائل جديدة تقاس أبعادها بوحدة النانو، فينتج عن هذه التقنية اتساع في طبيعة المواد المستخدمة كالظواهر الكهرومغناطيسية والبصرية الجديدة للمادة وقد يتم التعامل مع البنايات على مستوى النانو تكنولوجي من خلال أنابيب النانو الكربونية. لهذا العلم مجالات متنوعة بدءاً من أشباه الموصلات إلى الطرق الحديثة في صناعة الرقائق الإلكترونية.



منير نايفة عالم ذرة فلسطيني ولد في كانون أول ١٩٤٥م بقرية شويكة في محافظة طولكرم، ويحمل الدكتوراة من جامعة ستانفورد الأمريكية في مجال الفيزياء الذرية وعلوم الليزر، ويشغل حالياً منصب بروفيسور الفيزياء في جامعة إلينوي في أوربانا وهو مؤسس شركة نانو ساي أدفاندس تكنولوجي ورئيسها وحاصل على براءة اختراع في صنع جزيئات النانو سيليكون.

**بحث:**

◈ اكتب تقريراً عن دور الدكتور منير نايفة في مجال النانوتكنولوجي.

◈ اكتب تقريراً عن الفيزياء في أحد المجالات (الفيزياء والاتصالات، الفيزياء الحيوية، الفيزياء البصرية) وقدمه لمعلمك.

## ١-٣: القياس وعناصره (Measurement and it's elements)

**القياس:** عملية مقارنة كمية فيزيائية بكمية فيزيائية أخرى معيارية متفق عليها من النّوع نفسه تسمى وحدة القياس ويتم ذلك باستخدام أداة معينة، ويتم التعبير عن الكمية الفيزيائيّة برقم يتبعه وحدة قياس مناسبة وملائمة كقولنا كتلة جسم ٧٠ كغم، أو طوله ٢٠ متراً.

### نشاط (١): أهمية توحيد أداة القياس

**لمعرفة أهمية توحيد أداة القياس، نفذ النشاط الآتي بمساعدة مجموعتك:**

١- المجموعة الأولى: تقيس طول غرفة الصف بوساطة القدم.

٢- المجموعة الثانية: تقيس طول غرفة الصف بالخطوات.

٣- المجموعة الثالثة: تقيس طول غرفة الصف بالشريط المتري.

**أجب عن الأسئلة التالية:**

- أيّ المجموعات اتفقت أكثر في قياس الطول؟
- هل هناك اتفاق بين المجموعات حول قياس طول الغرفة؟
- ما أهمية الاتفاق بين المجموعات الثلاث حول استخدام وحدة قياس مناسبة واحدة؟

**لعلك توصلت إلى أن أداة القياس المناسبة تتصف بما يلي:**

١- مناسبة للغرض الذي تُستخدم لأجله، فالشريط المتري يقيس طول غرفة ولا يقيس طول ملعب.

٢- دقة الأداة: الميزان ذو الكفتين يقيس الكتلة الكبيرة ولا يقيس كتلة من الذهب.

٣- قابلة للمعايرة: المعايرة تعني أن تقيس الأداة بدقة معيارية متفق عليها، فعند قياس كتلة جسم ما نضع كتلة معيارية ونقيس الكتلة بالنسبة إليها، فإذا تساوت الكتلة مع الكتلة المعروفة فالقراءة صحيحة.

### صفات أداة القياس:

- لها معيار متفق عليه: أي التمكن من التحقق من مساواتها لوحدة معيارية مقبولة دولياً مما يسهل التفاهم بين الناس ويجعلهم يُقبلون على استخدامها.
- ثابتة ولا تتغير لذلك يتم حفظ المتر المعياري والكيلوغرام المعياري في ظروف جوية خاصة.

**أُناقش:** ما أهمية توحيد وحدة القياس؟

## ١-٤: أنظمة القياس (Measurement Systems)

**يوجد أنظمة عديدة للقياس، منها:**

| ١. النظام الدولي: ويكتب اختصاراً (MKS) | | ٢. النظام الغاوسي (cgs) | | ٣. النظام الإنجليزي | |
|---|---|---|---|---|---|
| ومن وحداته الأساسية: | | ومن وحداته الأساسية: | | ومن وحداته الأساسية: | |
| الطول | المتر | الطول | السنتيمتر | الطول | القدم |
| الكتلة | الكيلو غرام | الكتلة | الغرام | الكتلة | الصلج |
| الزمن | الثانية | الزمن | الثانية | الزمن | الثانية |

فيما يلي سنتعرف إلى الوحدات الأساسية للطول والكتلة والزمن في النظام الدولي للوحدات.

| البادئات الأساسية | |
|---|---|
| الكيلو | $10^{3}$ |
| الهكتو | $10^{2}$ |
| الديكا | 10 |
| السنتي | $10^{-2}$ |
| الملي | $10^{-3}$ |
| المايكرو | $10^{-6}$ |
| النانو | $10^{-9}$ |
| البيكو | $10^{-12}$ |
| الفيمتو | $10^{-15}$ |

**أولاً- الطـــــول:** يعرف الطول بأنه المسافة بين نقطتين، ويقاس بوحدة المتر أو أجزائه أو مضاعفاته، **ويعرف المتر المعياري بأنه:** المسافة الواقعة بين علامتين على قضيب مصنوع من سبيكة الإريديوم والبلاتين محفوظ في درجة صفر سيلسيوس في مكتبة المقاييس في فرنسا.

تعلمت سابقاً استخدام المسطرة أو متر القياس في عمليات قياس أبعاد الأجسام المختلفة، واليوم سنتعرف إلى قياس الأبعاد الصغيرة التي لا تقاس بالمسطرة أو المتر. وسنتعرف القياس باستخدام كل من الورنية والميكروميتر.

### الورنية (Vernier Caliper):

أداة تستعمل لقياس البعد (السُمك بين سطحين متوازيين وقطر الأسطوانات الداخليّ والخارجيّ وعمق الثقوب) وهي دقيقة جدًا، ويوجد منها البسيط والإلكتروني.تسمح القدمة ذات الورنية بالقياس بدقة الى أقرب منزلتين عشريتين بالسنتيمتر وتستعمل كثيرا في الصناعات المعدنية والخشبية.

### أجزاء الورنية:

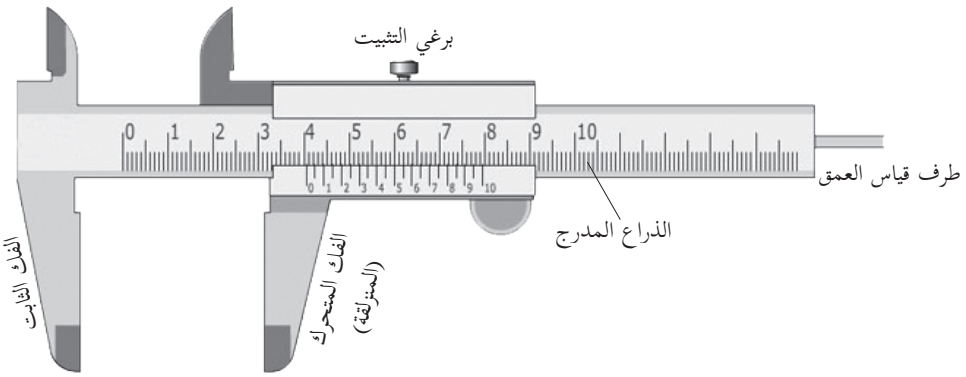
**تتكون الورنية من جزأين كما هو موضح في الشكل (١- ٢)**

**أ- الجزء الرئيسي ويتكون من:**

١- **الذراع المدرج:** وهو مسطرة مدرجة بوحدة سنتيمتر.

٢- **الفك الثابت:** ويشكّل مع الذراع المدرج الحرف T

٣- **الفك المتحرك** وينزلق على الذراع المدرج ويقيس بوحدة المليمتر.

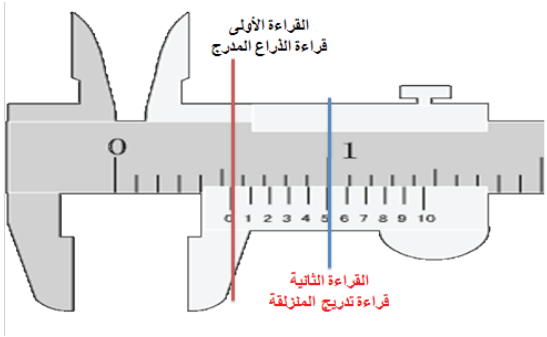



الشكل (١- ٢).

**ب- الأجزاء الفرعية، وهي:**

١- **برغي التثبيت:** وهو برغي صغير لتثبيت الجسم المراد قياس أبعاده.

٢- **طرف قياس العمق:** وهو الجزء المسؤول عن قياس عمق جسم ما.




الشكل (١- ٣).

**لنتعرف خطوات قراءة الورنية من خلال قراءة الأداة كما في الشكل (١-٣).**

١- بعد وضع الجسم داخل الفك المناسب للقراءة المطلوبة وتثبيته بواسطة برغي التثبيت نأخذ قراءة الذراع المدرج التي يقع عندها صفر المنزلقة بوحدة السنتيمتر.

٢- نأخذ القراءة الثانية التي تمثّل القراءة الأكثر انطباقاً بين المنزلقة والذراع المدرج وهي بوحدة الملليمتر.

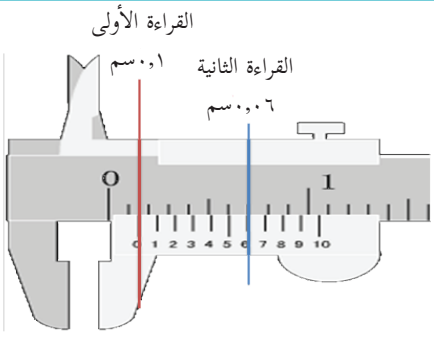
**مثال (١):**

يعمل خالد في منجرة، أراد قياس سمك قطعة من الخشب الرقيق، فاستخدم الورنية فجاءت إشارة القراءة كما في الشكل (١ – ٤): ساعد خالد في قراءة الورنية.

الحلّ: قراءة الذراع المدرج = ٠,١ سم

قراءة المنزلقة = ٠,٠٦ سم

فتكون القراءة = ٠,١٦ سم




الشكل (١- ٤)

## نشاط (٢): القياس بالورنية

**المواد والأدوات:**

أنبوب اختبار، ورنية وقلم شفافيات

### أ) قياس القطر الداخلي والخارجي

**الخطوات:**

١- معايرة الورنية حيث ينطبق صفر المنزلقة مع صفر الذراع المدرج.

٢- أدخل فكي الورنية الداخليين في أنبوب الاختبار كما في الشكل (١- ٥).

٣- حرك الفك المتحرك للورنية بصورة بطيئة حتى يتوقف عن الحركة. لماذا؟

٤- ثبّت الورنية داخل أنبوب الاختبار عن طريق برغي التثبيت.

٥- سجّل قراءة الورنية.

٦- كرر الخطوات السابقة مستعملاً الجزأين المقابلين لقياس القطر الخارجي كما في الشكل (١-٦).

الشكل (١- ٥).

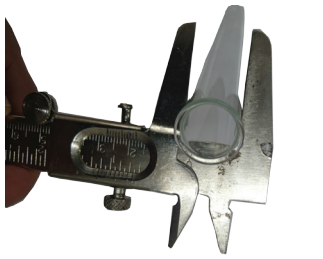
### ب) قياس العمق

**الخطوات:**

١- معايرة الورنية حيث ينطبق صفر المنزلقة مع صفر الذراع المدرج.

٢- أدخل طرف قياس العمق داخل القطعة حتى يصل إلى نقطة مرسومة على أنبوب الاختبار بقلم الشفافيات كما هو موضح في الشكل (١-٧).

٣- سجّل قراءة الورنية.

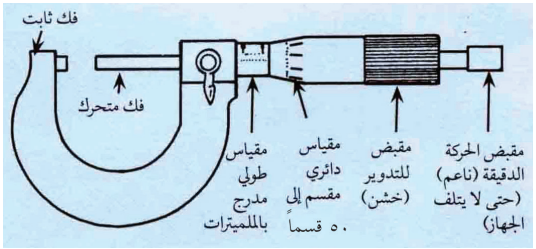


الشكل (١- ٦).

الشكل (١- ٧).

### الميكروميتر (Micrometer):

ويستخدم لقياس أبعاد الأجسام خاصة الكروية وأقطار الأسلاك الدقيقة بدقة تصل إلى منزلتين عشريتين بالمليمتر، لتتعرف على أجزاء الميكروميتر انظر الشكل (١–٨)




الشكل (١- ٨).

ولتتعرف طريقة استخدام الميكروميتر تتبع الخطوات الآتية:

١- يجب معايرة الجهاز حيث يكون صفر التدريج الثابت منطبقا مع صفر التدريج الدائريّ.

٢- نضع الجسم المراد قياس سمكه بين فكي الميكروميتر.

٣- لتثبيت الجسم أدرْ محدد ضغط القياس حتى تسمع صوتاً له.

٤- نقرأ التدريج الثابت أولاً بوحدة المليمتر، ثم نضيف قراءة التدريج الدائريّ.

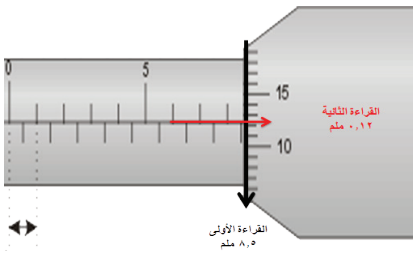
### مثال (٢):

ما قراءة الميكروميتر المشار إليها في الشكل(١-٩)؟

الحلّ: قراءة التدريج الثابت = ٨,٥ ملم.

قراءة التدريج الدائري = ٠,١٢ ملم.

فتكون القراءة = ٨,٥ + ٠,١٢ = ٨,٦٢ ملم.




الشكل (١- ٩)

## نشاط (٣): قياس قطر قلم رصاص بالميكروميتر

**المواد والأدوات:**

قلم رصاص وميكروميتر

**الخطوات:**

١- معايرة الميكروميتر قبل البدء بالعمل، لماذا؟

٢- أدخل القلم بين فكي الميكروميتر.

٣- ثبّت القلم داخل الميكروميتر عن طريق محدد ضغط القياس.

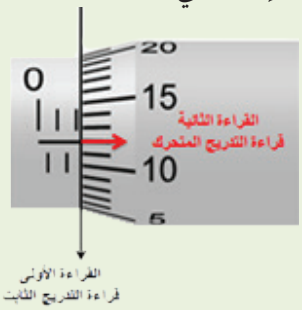
٤- سجّل قراءة الميكروميتر.

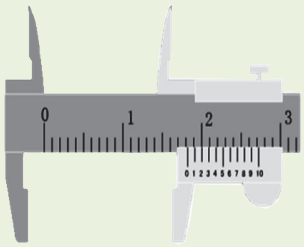
٥- قارن بين قراءة الميكروميتر وقراءة الورنية لقطر القلم.

**بحث:**

اكتب تقريراً أو بحثاً حول أهمية استخدام الميكروميتر في قياس أقطار أسلاك الكهرباء حيث تتناسب مع مقدار التيار الذي يتحمله السلك.

**سؤال** ما هي قراءة كل من الورنية والميكروميتر المشار إليهما في الأشكال الآتية:




## ثانياً- الكتلة:

عرفت سابقاً أن الكتلة هي مقدار ما في الجسم من مادة، وتقاس بالميزان ذي الكفتين وأنواع مختلفة من الموازين الحساسة، ووحدة قياسها في النظام الدولي للوحدات الكيلو غرام، ويعرف الكيلو غرام المعياري بأنه: **كتلة أسطوانة من البلاتين والإريديوم ارتفاعها يساوي قطرها ويساوي ٣٩ ملم** محفوظة في المكتب العالمي للأوزان و المقاييس في فرنسا.

## ثالثاً- الزمـــــن:

قديماً كان الزمن يقاس بالساعة الرمليّة أو المزولة الشمسية وتطور قياسه بوحدة الثانية أو أجزائها أو مضاعفاتها، وتعرف الثانية المعيارية بأنها **الفترة الزمنية التي تكافىء ٩×١٠^٩ ضعف من الزمن اللازم لانتقال إلكترون ذرة السيزيوم $^{133}Cs$ بين مستويين من مستويات الطاقة في الذرة.**

| وحدات الزمن | |
|---|---|
| اليوم | ٨٦٤٠٠ ثانية |
| الساعة | ٣٦٠٠ ثانية |
| الدقيقة | ٦٠ ثانية |

**سؤال** حول الوحدات الآتية إلى ما يقابلها في النظام الدولي:

(أ) ١٢٠٠ سم$^3$ (ب) ١٠٠ كم/ساعة (جـ) ١ غم / سم$^3$

## ١-٥: الكميات الأساسية والمشتقة (Fundamental and Derived Quantities)

**تقسم الكميات الفيزيائية إلى قسمين:**

١- كميات أساسية: وهي التي لا يوجد أبسط منها، وتعدّ أساسا للكميات الفيزيائية الأخرى ومن أمثلتها الكتلة، والزمن، والطول.

٢- الكميات المشتقة: وهي الكميات التي تشتق من الكميات الأساسية، ومن أمثلتها الكثافة، والسرعة، والقوة وغيرها.

الجدول الآتي يبيّن الكميات الفيزيائية الأساسية وعددها سبعة ووحدات قياسها في النظام الدولي:

| الكمية الأساسية | الوحدة | اختصار الوحدة |
|---|---|---|
| الطول | متر | م |
| الكتلة | كيلو غرام | كغم |
| الزمن | ثانية | ث |
| شدة التيار الكهربائي | أمبير | أمبير |
| شدة الإضاءة | كاندل (شمعة) | كاندل |
| كمية المادة | المول | مول |
| درجة الحرارة | كلفن | ك |

يمكن تقسيم الكميات الفيزيائية بطريقة أخرى ستتعرف إليها في الفصل الثاني من هذه الوحدة.

## ١-٦: اشتقاق الوحدات (Units derivation)

عرفت أن الكميات المشتقة هي تلك الكميات التي يتم الحصول عليها من الكميات الأساسية: فكيف يمكن اشتقاق وحدة قياس مناسبة لكمية مشتقة؟

### مثال (٣): اشتقاق وحدة قياس السرعة بالنظام الدولي للوحدات.

السرعة = المسافة / الزمن

الحلّ: وحدة المسافة / وحدة الزمن = م / ث

### مثال (٤): اشتقاق وحدة قياس التسارع بالنظام الدولي للوحدات.

اشتق وحدة قياس التسارع علماً أنه يعطى بالعلاقة التسارع $\overleftarrow{ت} = \frac{\Delta \overleftarrow{ع}}{\Delta ز}$

الحلّ: وحدة السرعة / وحدة الزمن = م / ث$^{٢}$

**سؤال**

س١: اشتق وحدات قياس الكميات الآتية:

(أ) الكثافة = الكتلة / الحجم (ب) القوة = الكتلة × التسارع

(جـ) الضغط = القوة / المساحة (د) الحرارة النوعية = كمية الحرارة/ (الكتلة × $\Delta$ د)

س٢ : صنف الكميات الآتية إلى أساسية ومشتقة: شدة التيار الكهربائي، الوزن، الطول.

## مشاريع مقترحة:

يمكنك تنفيذ أحد هذه المشاريع بعد تعلمك القياس وأدواته:

- قم بقياس سُمْك المطاط أو الحديد في أنابيب الماء وتأكد من مطابقته للمواصفات الدولية.
- قم بقياس سُمْك مجموعة من الشفافيات وورق الألمنيوم وتأكد من مطابقتها للمواصفات المدونة عليها.

## أسئلة الفصل

س١- وضح المقصود بالمفاهيم التالية: علم الفيزياء، القياس، الطول، الورنية، الكيلوغرام المعياري، الثانية المعيارية، الكميات الأساسية، الكميات المشتقة.

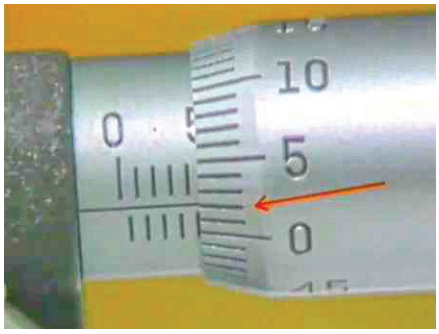
س ٢- اختر رمز الإجابة الصحيحة لكل واحدة من العبارات الآتية:

١- وحدة القياس المناسبة لدرجة الحرارة في النظام الدولي هي:

أ- سيلسيوس ب- مول ج- كلفن د- فهرنهيت

٢- إذا كان الشغل يعطى بالعلاقة: الشغل = القوة . الإزاحة فإن وحدة قياسه المناسبة في النظام الدوليّ هي:

أ- نيوتن / م ب- كغم × (م/ث$^{٢}$) ج- غم × (سم/ ث$^{٢}$) د- كغم/ (م × ث)$^{٢}$




٣- قياس الميكروميتر بوحدة ملم في الشكل المجاور، هو:

أ- ٣,٥٢ ب- ٤,٥٢ ج- ٥,٥٢ د- ٦,٥٢

س٣- علل ما يلي:

أ- يعرف علم الفيزياء بأنه علم الطبيعة.

ب- لجوء الإنسان إلى اختراع أدوات القياس.

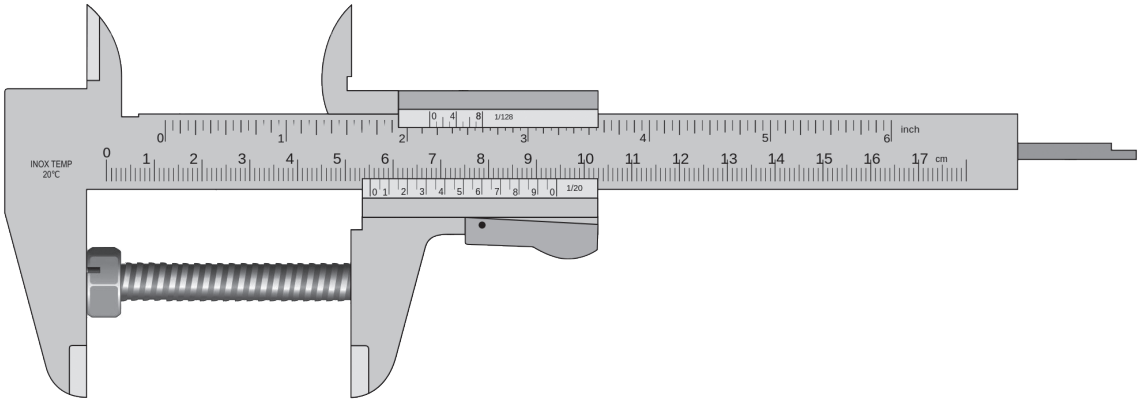
س٤- حول الكميات الآتية إلى الوحدة المقابلة:

أ- ٥ ميكرومتر إلى بيكو متر. ج- ٧٢ كم/ ساعة إلى م/ث

ب- ٦,٤ لتر إلى ملليتر. د- ٢ × ١٠$^{-٣}$ كغم × م/ ث$^{٢}$ إلى غم × سم/ ث$^{٢}$.

## أسئلة الفصل

س٥: ما قراءة الورنية في الشكل؟



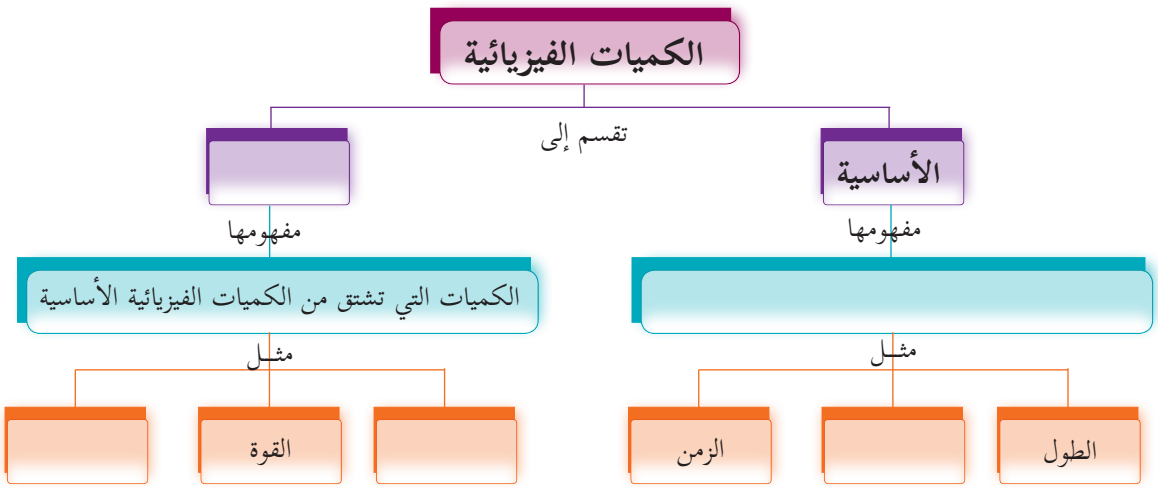

س٦: اشتق وحدة كل من:

أ) الشحنة = شدّة التيار الكهربائي × الزمن.

ب) طاقة الوضع = ك × جـ × ف  علماً أن جـ تسارع الجاذبية الأرضية.

جـ) طاقة الحركة = $(\frac{١}{٢})$ × ك × ع $^{٢}$

س٧: أكمل الخريطة المفاهيمية الآتية:



# الفصل الثاني: المُتّجهات (Vectors)

تقسم الكميات الفيزيائية إلى قسمين: قياسية ومتجهة؛ والكميات المتجهة يمكن رسمها وإيجاد حاصل جمعها بيانياً أو حسابياً سواء كانت المتجهات على خطّ العمل نفسه كما الحال في جرّ الحصانين لعربة أو باتجاهين متعاكسين كما في لعبة شدّ الحبل أو انحصرت بينها زاوية ما، فكيف يمكن تصنيف الكميات الفيزيائية؟ وكيف يمكن تمثيل المتجهات بيانياً؟ وما طرق حساب حاصل جمع متجهين في كل من الحالات السّابقة؟

**هذه الأسئلة وغيرها ستتمكن من الإجابة عنها بعد دراستك لهذا الفصل، ويتوقع أن تكون قادراً على أن:**

- تميّز بين الكمية المتجهة والكمية القياسية.
- تعطي أمثلة على الكميات المتجهة والقياسية.
- تجمع متجهين بيانياً أو حسابياً.
- تجمع متجهين متوازيين أو متعامدين.
- تصمم مشروعا تطبق فيه جمع المُتّجهات بيانياً.

## ٢-١: الكميات الفيزيائيّة (Physical Quantities)

كما تعلمت في الفصل السّابق فإن الكميات الفيزيائية تقسم إلى قسمين:

كميات أساسية وكميات مشتقة، ولأجل التعرف إلى تقسيم الكميات الفيزيائية، تأمّل الجدول الآتي ثم أجب عن الأسئلة التي الآتية:

| القائمة الأولى | القائمة الثانية |
|---|---|
| تبلغ كتلة أحمد ٣٠ كغم | يبلغ وزن أحمد ٣٠٠ نيوتن باتجاه مركز الأرض |
| أشار عداد سرعة سيارة أحمد إلى ٢٠ م/ث | تتحرك سيارة بسرعة ٢٠ م/ث باتجاه الشرق |

١- ماذا تحتاج لوصف كل من: كتلة أحمد وقراءة عداد السيارة؟

٢- ماذا تحتاج لوصف كل من: وزن أحمد وحركة السيارة؟

٣- هل يمكنك الآن إعطاء أمثلة لكميات نحتاج لوصفها إلى مقدار ووحدة قياس مناسبة فقط؟ وأمثلة أخرى لكميات نحتاج إلى مقدارها ووحدة قياسها المناسبة واتجاهها لوصفها؟

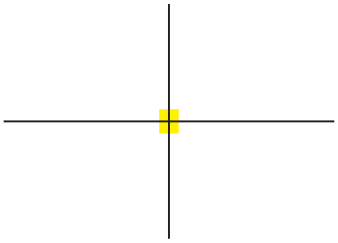
**مما سبق نستنتج أن الكميات الفيزيائية يمكن تقسيمها إلى:**

١- **الكميات القياسية:** الكميات الفيزيائية التي تحدد بمقدار ووحدة قياس مناسبة، ويمكن وصفها دون الحاجة إلى تحديد اتجاهها مثل درجة الحرارة والزمن.

٢- **الكميات المتجهة:** هي الكميات الفيزيائية التي توصف بتحديد اتجاهها إضافة إلى المقدار ووحدة القياس مثل السّرعة والتّسارع والقوة.

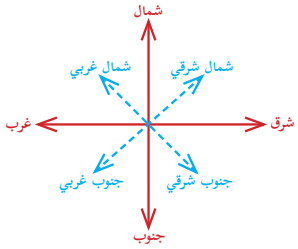
## ٢-٢: رسم المُتّجهات (Drawing Vectors)

**ولنتعرف رسم المتجهات نحتاج إلى:**



١- نقطة إسناد وتعتبر النقطة (٠، ٠) نقطة الإسناد بالنسبة للمستوى الديكارتي.

٢- تحديد مقدار المتجه والذي يحدد بطول القطعة المستقيمة الواصلة بين نقطة الإسناد ورأس المتجه ويتناسب طولها مع طول المتجه الحقيقي باختيار مقياس رسم مناسب.




٣- تحديد اتجاهه جغرافياً: هناك أربعة اتجاهات رئيسية هي الشرق والغرب والشمال والجنوب.

والآن هيّا نرسم المُتّجهات والتي تمثَّل بسهم يبدأ من نقطة الإسناد « ذيل المتجه» وينتهي عند النقطة المطلوبة "رأس المتجه" ترسم باتجاه محدد وبطول يتناسب مع طول المتجه الأصلي.

**رأس المتجه «نقطة النهاية»** ⟵ **ذيل المتجه «نقطة الإسناد»**

### مثال (١):

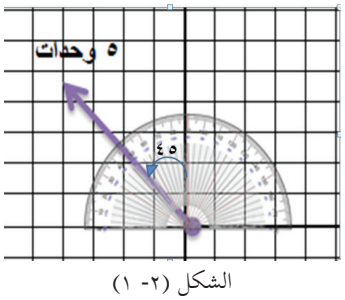
ارسم متجهاً طوله ٥ وحدات باتجاه الشمال الغربيّ.

***الحلّ:***

١- نحدد نقطة الإسناد.

٢- الشمال الغربي يمثل زاوية قياسها ٤٥° من الشمال باتجاه الغرب مقاسة بالمنقلة.

٣- نرسم قطعة مستقيمة طولها ٥ وحدات انظر الشكل (٢-١)



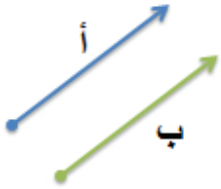
الشكل (٢- ١)

**ملاحظة:**

يسمى المتجه الذي طوله وحدة واحدة متجه الوحدة.

## خصائص المُتّجهات:

### تكافؤ المتجهات:

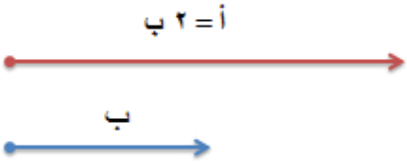


متجهان متساويان

يتساوى المتجهان عندما يكون لهما المقدار نفسه والاتجاه نفسه.

المتجه $\overleftarrow{أ}$ يساوي المتجه $\overleftarrow{ب}$ ($\overleftarrow{أ} = \overleftarrow{ب}$) إذا كان لهما المقدار نفسه وكان المتجهان متوازيين.

### ضرب المتجه في عدد:

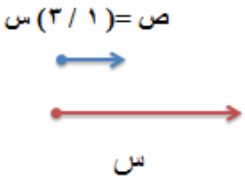



يمكن الحصول على مضاعفات متجه من خلال ضربه بكمية عددية

المتجه $\overleftarrow{أ} = ن \times \overleftarrow{ب}$ حيث ن: أي عدد

أي أن طول $\overleftarrow{أ}$ = ن ضعف من طول المتجه $\overleftarrow{ب}$

**مثال (٢):**




المتجه $\overleftarrow{س}$ طوله ١٥ وحدة شرقاً، فما المتجه الذي يمثل ثلث طوله؟

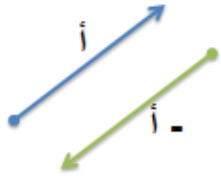
الحل المتجه الثلث هو: $(\frac{١}{٣}) \times \overleftarrow{س} = (\frac{١}{٣}) \times ١٥$

= ٥ وحدات شرقاً

**لاحظ أنه:**

عند ضرب المتجه بكمية عددية أكبر من الواحد يتضاعف طوله أما عند ضربه بعدد نسبي بين الصفر والواحد فإن طوله يقلّ مع بقاء اتجاهه ثابت في الحالتين.

## معكوس المتجه (سالب المتجه):



متجهان متعاكسان

**معكوس المتجه:** متجه له مقدار المتجه الأصلي نفسه ولكنه يعاكسه في الاتجاه (الزاوية بين المتجه ومعكوسة = ١٨٠°).

أي أن $-\overleftarrow{أ}$ يساوي المتجه أ في المقدار ويعاكسه في الاتجاه.

**مثال (٣):**

المتجه $\overleftarrow{ب}$ = ٢٠ وحدة باتجاه الجنوب الغربي فما قيمة -٢$\overleftarrow{ب}$؟

الحلّ: الإشارة السالبة تعني معكوس المتجه أي الشمال الشرقي، وهو عكس الجنوب الغربي، أما مقدار المتجه الجديد.

ويكون -٢ $\overleftarrow{ب}$ = ٤٠ وحدة باتجاه الشمال الشرقي.

## ٢-٣: جمع المُتّجهات بيانياً (Vectors Addition Graphically)

يمكن الاستعاضة عن مجموعة من المُتّجهات بمتجه واحد يقوم بالعمل نفسه لهذه المُتّجهات ويسمى المحصلة ($\overleftarrow{ح}$).

لجمع متجهين يجب أن يكون هذان المتجهان **من النّوع نفسه**، فلا يمكن جمع متجه قوة مع متجه سرعة.

**يمكن إجراء عملية جمع المُتّجهات بطريقتين: بيانية وحسابية.**

لجمع المُتّجهات بطريقة بيانيّة نتبع الخطوات الآتية:

١- نرسم المتجه $\overleftarrow{أ}$ من أي نقطة ولتكن من نقطة الإسناد (٠،٠) مثلاً.

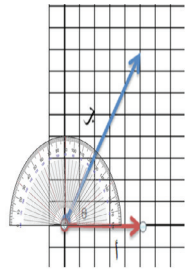
٢- نرسم المتجه $\overleftarrow{ب}$ باتجاه يصنع $\theta$ مع محور السينات الموجب من نقطة الإسناد و تقاس بالمنقلة كما في الشكل (٢ - ٢/أ)

٣- ثم نكمل رسم متوازي الأضلاع من خلال رسم متجه موازٍ للمتجه $\overleftarrow{أ}$ من رأس $\overleftarrow{ب}$، ورسم متجه آخر موازٍ للمتجه $\overleftarrow{ب}$ من رأس المتجه $\overleftarrow{أ}$ عن طريق انسحاب المثلث كما في الشكل (٢/٢- ب )

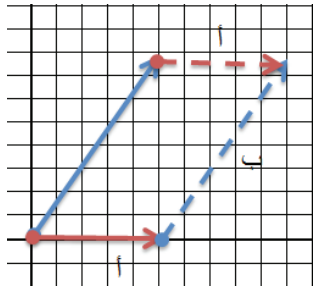
٤- نرسم قطراً لمتوازي الأضلاع الناتج يمتد من ذيل المتجه $\overleftarrow{أ}$ إلى رأس المتجه $\overleftarrow{ب}$ نسميه $\overleftarrow{ح}$ المحصلة كما في الشكل (٢-٢/ ج).

٥- نقيس طول المتجه $\overleftarrow{ح}$ بالمسطرة ونضربه في مقياس الرسم المناسب فينتج طول المتجه $\overleftarrow{أ}$ + $\overleftarrow{ب}$.

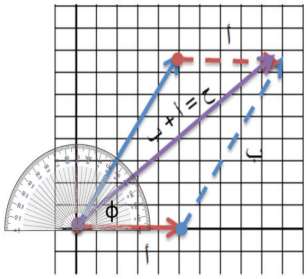
٦- نحدد اتجاه $\overleftarrow{ح}$ عن طريق قياس الزاوية بينه وبين محور السينات الموجب بالمنقلة.



الشكل (٢/٢-أ)




الشكل (٢/٢- ب)




الشكل (٢/٢- ج)

## مثال (٤):

لديك المتجهان $\overleftarrow{أ}$ = ٣ وحدات شرقاً والمتجه $\overleftarrow{ب}$ = ٤ وحدات شمالاً، جد محصلة جمع المتجهين بيانياً بطريقة متوازي الأضلاع.

١- نرسم المتجه $\overleftarrow{أ}$ بطول ٣ وحدات شرقاً من نقطة الإسناد.

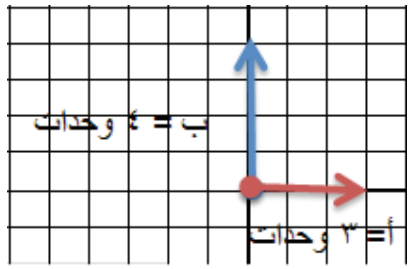
٢- من نقطة الإسناد نرسم المتجه $\overleftarrow{ب}$ العمودي على $\overleftarrow{أ}$ نحو الشمال بطول ٤ وحدات لاحظ الشكل (الشكل (٢-٣/أ).

٣- نرسم متجهاً موازياً للمتجه $\overleftarrow{أ}$ من رأس $\overleftarrow{ب}$ وآخر موازياً للمتجه $\overleftarrow{ب}$ من رأس $\overleftarrow{أ}$ بانزلاق المثلث فوق المسطرة. لاحظ الشكلين (٢-٣/ ب) و (٢-٣/ج).

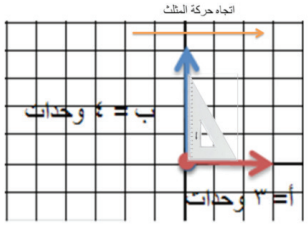
٤- نصل قطر متوازي الأضلاع من ذيل $\overleftarrow{أ}$ إلى رأس الموازي للمتجه $\overleftarrow{ب}$ ، لاحظ (الشكل (٢-٣/د).

٥- نقيس طول القطر بالمسطرة فيكون مقدار المحصلة (٥ وحدات).

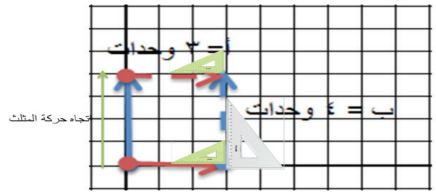
٦- نحدد اتجاهه بالمنقلة فتكون الزاوية (٥٣°).



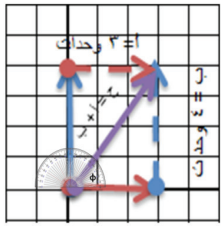

الشكل (٢/٣-أ)




الشكل (٢/٣ – ب)




الشكل (٢/٣-ج)



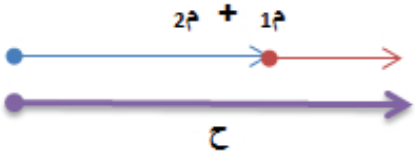

الشكل (٢/٣ - د)

**سؤال**

يقطع قارب عرض النهر بسرعة ٤ م/ث باتجاه الغرب، وتتحرك مياه النهر بسرعة ٣ م/ث باتجاه الجنوب، جد بيانياً السرعة الكلية للقارب مقدارا واتجاها.

## ٢-٤ : جمع المتجهات حسابياً (Vectors Addition Arithmatically)

لجمع متجهين أو أكثر حسابياً نحتاج إلى معرفة الزاوية بين المتجهين، وسنقوم بعرض ثلاث حالات، هي:




**جمع متجهين في الاتجاه نفسه ( الزاوية بينهما = صفر).**

(مقدار محصلة متجهين في الاتجاه نفسه يساوي حاصل جمع مقداريهما وتكون في الاتجاه نفسه).

إن $|\overleftarrow{ح}| = |\overleftarrow{م_١}| + |\overleftarrow{م_٢}|$

حيث: $|\overleftarrow{م_١}|$ مقدار المتجه $م_١$، و$|\overleftarrow{م_٢}|$ مقدار المتجه $م_٢$

**مثال (٥):**

يجرّ عليّ صندوقاً بقوة ١٠٠ نيوتن نحو الشرق، ويساعده سعيد فيؤثر بقوة مقدارها ٥٠ نيوتن بالاتجاه نفسه، ما القوة الكلية المؤثّرة في الصندوق؟

الحلّ:

$|\overleftarrow{ح}| = |\overleftarrow{ق_١}| + |\overleftarrow{ق_٢}| = ١٠٠ + ٥٠ = ١٥٠$ نيوتن (باتجاه الشرق).

**سؤال**

إذا تحركت نملة على أرضية صالة باتجاه الشمال وكانت إزاحتها ١٠م ثم ٥ م ثم ٤م، فما مقدار الإزاحة الكلية التي حققتها هذه النّملة عن موضعها الأصلي، مقداراً واتجاهاً؟ مع التوضيح بالرسم؟

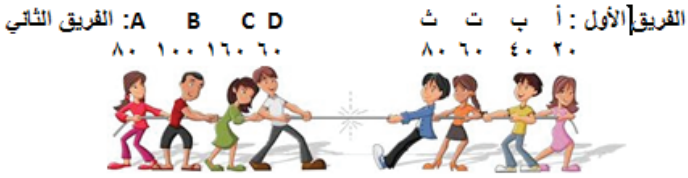
**لجمع متجهين متعاكسين (الزاوية بينهما ١٨٠°)**

إن مقدار محصلة متجهين متعاكسين تساوي حاصل طرح المتجه الأصغر من الأكبر، وتكون باتجاه الأكبر مقداراً.

$|\overleftarrow{ح}| = |\overleftarrow{م_١}| - |\overleftarrow{م_٢}|$، باتجاه الأكبر قيمة «$\overleftarrow{م_١}$»

## مثال (٦):

في لعبة شدّ الحبل يشدّ الفريق الأول باتجاه الشرق، ويؤثّر الفريق الثاني بقوة شدّ باتجاه الغرب، جد:




أ. محصلة الفريق الأول.

ب. محصلة الفريق الثاني.

ج. القوة الكلية المؤثرة على الحبل، مقداراً و اتجاهاً.

**الحلّ:**

أ- القوى جميعها في اتجاه الشرق محصلتها تساوي حاصل جمعها و باتجاه الشرق:

ق الفريق ١ = ٢٠+٤٠+٦٠+٨٠ = ٢٠٠ نيوتن باتجاه الشرق.

ب- محصلة القوى جميعها باتجاه الغرب حاصل جمعها وباتجاه الغرب:

ق الفريق ٢ = ٦٠+١٦٠+١٠٠+٨٠ = ٤٠٠ نيوتن باتجاه الغرب.

ج. القوتان المتعاكستان محصلتهما حاصل طرحهما وباتجاه الأكبر مقداراً.

$|\overleftarrow{ح}| = |\overleftarrow{ق}_{\text{الكبيرة}}| - |\overleftarrow{ق}_{\text{الصغيرة}}|$

= ٤٠٠ − ٢٠٠ = ٢٠٠ نيوتن والاتجاه مع القوة الأكبر قيمة (الغرب).

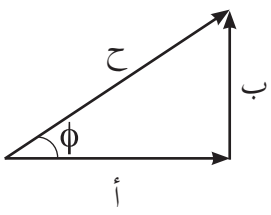
**سؤال**

ترفع رافعة سيارة وزنها ٢ × ١٠$^{٤}$ نيوتن بقوة مقدارها ٢,٥ × ١٠$^{٤}$ نيوتن باتجاه الأعلى، فما محصلة القوة التي تؤثّر على السيارة، مقداراً واتجاهاً؟

**إيجاد محصلة متجهين متعامدين حسابياً (الزاوية بينهما ٩٠°):**

إذا كان المتجهان متعامدين فإننا لا نجد المحصلة بالجمع الجبريّ، إنما عن طريق نظرية فيثاغورس

$|\overleftarrow{ح}|^{٢} = |\overleftarrow{أ}|^{٢} + |\overleftarrow{ب}|^{٢}$



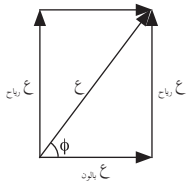

يمكن قياس زاوية ميل المحصلة عن المتجه $\overleftarrow{أ}$ أو المتجه $\overleftarrow{ب}$ عملياً بالمنقلة

أو حسابيا باستخدام قانون ظل الزاوية:

$\phi = \text{ظا}^{-١}\left(\frac{|\overleftarrow{ب}|}{|\overleftarrow{أ}|}\right)$

## مثال (٧):

يتحرك بالون بسرعة ٣ م/ث باتجاه الشرق، أثّرت عليه رياح سرعتها ٤م/ث باتجاه الشمال، احسب مقدار واتجاه السرعة الكلية للبالون؟




الحلّ: $|\overleftarrow{ع}_{\text{الكلية}}|^2 = |\overleftarrow{ع}_{\text{بالون}}|^2 + |\overleftarrow{ع}_{\text{رياح}}|^2$

$= (٣)^2 + (٤)^2$

$= ٩ + ١٦$ ، $|\overleftarrow{ع}_{\text{الكلية}}| = \sqrt{|\overleftarrow{ع}_{\text{الكلية}}|^2}$

$|\overleftarrow{ع}_{\text{الكلية}}| = ٥$ م / ث

**لحساب الاتجاه:**

$\phi$ = ظا$^{-1}$ (المقابل/ المجاور)

= ظا$^{-1}$ $|\overleftarrow{ع}_{\text{رياح}}| / |\overleftarrow{ع}_{\text{بالون}}|$

= ظا$^{-1}$ $\frac{٤}{٣}$

$\phi$ = ٥٣ مع الشرق

## مشاريع مقترحة:

صمم بطاقة دعوة لزميل لك ترغب أن يحضر مناقشة مشروع لمبحث الفيزياء موضحاً له طريق الوصول (من البيت إلى المدرسة).

## أسئلة الفصل

س١: وضح المقصود بمعكوس المتجه، القوة المحصلة، الكميات المتجهة والكميات القياسية.

س٢: اختر رمز الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

١- الكمية المتجهة تحدد بـ:

أ- المقدار فقط. ب- الاتجاه فقط.

ج- المقدار والاتجاه. د- المقدار والاتجاه ووحدة القياس.

٢- قوتان متماثلتان قيمة كل منهما ق تؤثّران على جسم باتجاه الشمالي الغربيّ، يمكن استبدال هاتين القوتين بقوة واحدة فقط وبالاتجاه نفسه مقدارها:

أ- ق ب- ٢ق ج- ٠,٥ ق د- $\sqrt{٢}$ ق

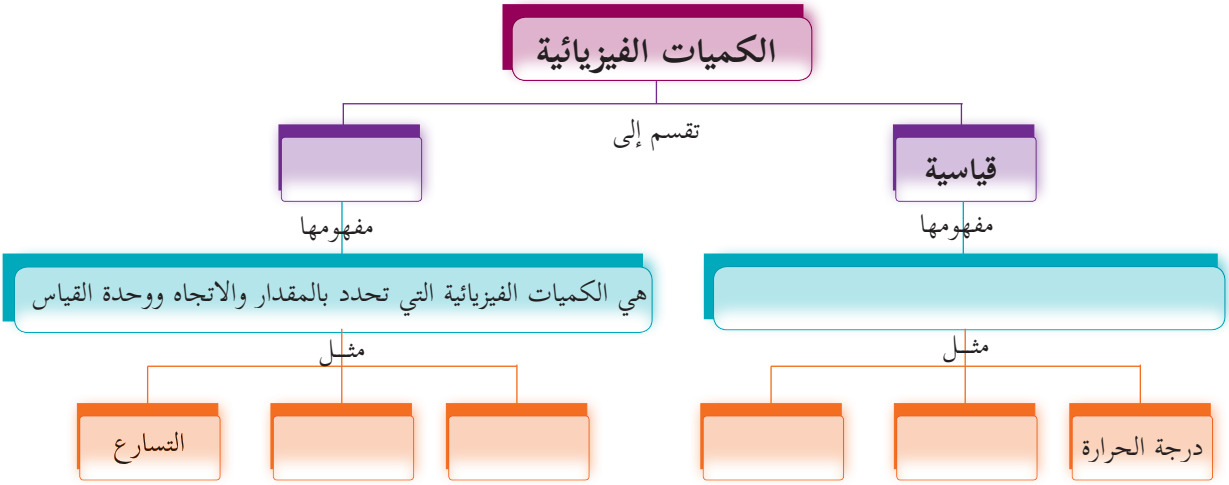
٣- إذا كان المتجه $\overleftarrow{أ}$ = ١٥ وحدة باتجاه الشرق والمتجه $\overleftarrow{ب}$ = ١٠ وحدات باتجاه الغرب، فإن اتجاه محصلتهما هو:

أ- الشرق ب- الغرب ج- الشمال د- الجنوب

٤- قوتان متعامدتان مقدار محصلتهما ٥٠ نيوتن فإذا كانت الأولى تساوي ٣٠ نيوتن فإن مقدار القوة الثانية بوحدة نيوتن:

أ- ٢٠ ب- ٣٠ ج- ٤٠ د- ٨٠

س٣: أكمل الخريطة المفاهيمية الآتية:




س٤: تؤثّر قوة مقدارها ٤ نيوتن باتجاه الشمال الغربي، فما مقدار القوة واتجاهها التي إذا أضيفت إليها أصبحت محصلتهما صفراً؟

س٥: يسير قارب بسرعة ٨ م/ث باتجاه ٦٠ مع محور السينات الموجب وتتحرك المياه بسرعة ٧ م/ث باتجاه محور الصادات السالب، جد بيانياً السرعة الكليّة للقارب، مقداراً واتجاهاً.

س٦: صندوق تؤثّر فيه مجموعة قوى: الأولى مقدارها ٥٠ نيوتن باتجاه الشرق، والثانية ٣٠ نيوتن باتجاه الغرب. إذا علمت أن قوة الاحتكاك بين الصندوق والأرض ١٥ نيوتن باتجاه الغرب، فما محصلة القوى المؤثّرة على الصندوق، مقداراً واتجاهاً؟

س٧: إذا أثرت قوتان في جسم ما في الاتجاه نفسه، وحاصل جمعهما ٣٠٠ نيوتن، وكان مقدار إحداهما ١٢٠ نيوتن، فما مقدار القوة الأخرى؟

س٨: باستخدام المنقلة والمسطرة ومقياس الرسم المستخدم في الخريطة المجاورة (١ملم = ١٠ كم) حدد موضع المدن الآتية بالنسبة لمدينة القدس:

١- نابلس.

٢- الخليل.

٣- حيفا.

٤- بئر السبع.

٥- رفح.

# الفصل الثالث:
# وصف الحركة (Kinematics)

يختص هذا الفصل بوصف حركة الأجسام من حيث موضعها والمسافة التي تقطعها الأجسام وإزاحتها والفرق بينهما وإيجاد سرعتها المتوسطة وسرعتها اللحظية، وتسارعها سواء كان متغيراً أو ثابتاً وتطبيق معادلات الحركة على الأجسام التي تتحرك بتسارع ثابت وفي خط مستقيم أو تلك التي تتحرك في مجال الجاذبية الأرضية سواء كانت ساقطة سقوطاً حراً أو مقذوفة رأسياً نحو الأعلى.

بعد دراستك لهذا الفصل يتوقع أن تكون قادرا على:

- توضِّح مفاهيم الموضع، الحركة في بعد واحد، السرعة المتوسطة، السرعة اللحظية، التسارع الثابت والسقوط الحر.
- تميِّز بين المسافة والإزاحة.
- ترسم العلاقة البيانية بين الإزاحة - الزمن، السرعة- الزمن، التسارع - الزمن
- تفسِّر الأشكال البيانية بين الموضع - الزمن، والسرعة - الزمن، والتسارع - الزمن.
- تستنتج معادلات الحركة في بعد واحد.
- تحلّ مسائل متنوعة على معادلات الحركة في بعد واحد.
- تقيس عملياً تسارع الجاذبية الأرضية.

## ٣-١: الموضع والإزاحة والمسافة (Position, Displacement and Distance)

تعرفت سابقا تحديد موضع جسم ما بالنسبة لنقطة إسناد معينة، استعن بخطوات رسم المتجه الواردة في البند (٢ – ٢).

تحركت سيارة من مدينة نابلس نحو الجنوب وصولا للقدس فقطعت مسافة ٧٦ كم، ما متجه الموضع لهذه السيارة؟

الآن، حاول وضع تعريف ملائم لمتجه الموضع.

من خلال إجابتك عن السؤال السابق يمكن تعريف متجه الموضع لجسم ما بأنه المتجه الواصل بين نقطة البداية (نقطة الإسناد) ونقطة النهاية.

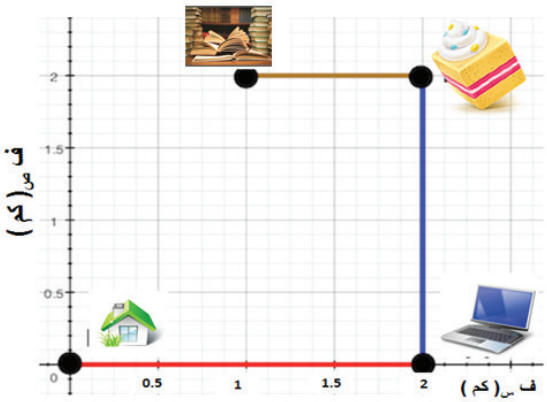
فكر

١- ما العناصر الأساسية لتحديد متجه الموضع لجسم ما؟

٢- ارسم متجه الموضع الواصل بين سارية العلم في مدرستك إلى منتصف البوابة الرئيسية لها.

لتتعرف إلى الفرق بين مفهوم المسافة والإزاحة نفّذ النشاط الآتي:

## نشاط (٤): المسافة والإزاحة




الشكل (٣-١)

الشكل (٣-١) يمثّل مسار رحلة أحمد اليومية من منزله إلى مكان عمله (متجر الحاسوب) ثم إلى متجر الحلويات لشراء ولتناول كعكته المفضلة، ثم يذهب إلى المكتبة لقراءة القصص والروايات، بالرجوع إلى الشكل أجب عن الأسئلة الآتية:

١- ما طول المسافة التي قطعها أحمد للانتقال من منزله نحو مكان عمله؟

٢- ما المسافة التي قطعها للانتقال من مكان عمله نحو متجر الحلويات؟

٣- ما المسافة الكلية ما بين منزله ومتجر الحلويات؟

٤- ما أقصر مسار يقطعه أحمد مباشرة من منزله باتجاه ليصل متجر الحلويات؟

الآن، هل يمكنك التمييز بين إجابتك في ٢،١ مع ٤؟

مما سبق يمكن تعريف المسافة بأنها طول المسار الحقيقي الذي يسلكه الجسم خلال حركته أما الإزاحة فهي المتجه الواصل بين نقطة البداية ونقطة النهاية.

## مثال (١):

يتحرك طفل في عربته مسافة ١٠ م باتجاه الشرق ثم يرجع إلى الغرب مسافة ٧ م، احسب:

١- المسافة المقطوعة. ٢- إزاحة عربة الطفل.

**الحلّ:**

١. المسافة (ف) = الطول الحقيقي للمسار المقطوع

= المجموع الجبريّ للمسافات التي قطعتها عربة الطفل

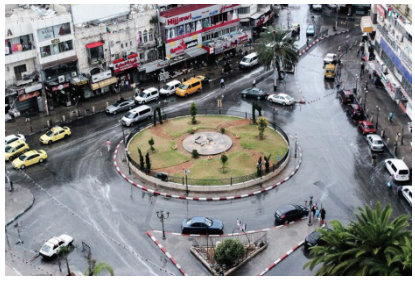
= ١٠ + ٧ = ١٧ م

الإزاحة ($\overleftarrow{ف}$) = المسافة بين نقطة البداية و نقطة النهاية مباشرة = حاصل جمع الاتجاهات.

$\overleftarrow{ح} = \overleftarrow{ف_١} + \overleftarrow{ف_٢}$ $\quad |\overleftarrow{ح}| = |\overleftarrow{ف_١}| - |\overleftarrow{ف_٢}|$

١٠ - ٧ = ٣ م شرق

## مثال (٢):



يدور سائق بسيارته حول دوار مدينة (نابلس الذي نصف قطره ٥م) دورة كاملة حيث يشكل مساراً دائرياً، احسب ما يلي:

١- المسافة المقطوعة

٢- الإزاحة الكلية للسيارة الكلية.

**الحلّ:**

١- المسافة (ف) = طول المسار الحقيقي = محيط الدائرة = $\pi ٢$ نق

٢ × ٣,١٤ × ٥ = ٣١,٤ م

٢- الإزاحة $\overleftarrow{ف}$ = المتجه الواصل بين نقطة البداية ونقطة النهاية = صفر، لأن نقطة البداية هي نقطة النهاية نفسها.

**فكر**

هل من الممكن أن تكون إزاحة الجسم أكبر من المسافة التي يقطعها؟ وضّح ذلك.

## ٣-٢: السرعة المتوسطة (Average Velocity)

لتتعرّف مفهوم السرعة المتوسطة وتتمكن من كتابة قانونها الرياضي، تأمّل الموقف الآتي:

### نشاط (٥): السرعة المتوسطة

سيارتان: الأولى حمراء والثانية زرقاء. أُجري بينهما سباق على مرحلتين على النحو الآتي:

**المرحلة الأولى:** حددت المسافة التي سيتم قطعها بـ ٣٠ كم شرقا. قطعتها الحمراء في زمن مقداره (٣٠ دقيقة)، والزرقاء في زمن (٤٠ دقيقة) برأيك:

- أيّ السيارتين أسرع؟ ولماذا؟
- ما العامل الثابت في هذه الحالة؟ وما العامل المتغيّر؟
- ما علاقة السرعة بالعامل المتغيّر (طردية أم عكسية)؟

**المرحلة الثانية:** حُدِد زمن السباق ٣٠ دقيقة قطعت الحمراء خلالها إزاحة مقدارها (٢٠كم) شرقا والزرقاء (٣٠كم) شرقا برأيك:

- أيّ السيارتين أسرع؟ ولماذا؟
- ما العامل الثابت في هذه الحالة؟ وما العامل المتغير؟
- ما علاقة السرعة بالعامل المتغير (طردية أم عكسية)؟

**والآن، عزيزي الطالب، هل يمكنك كتابة العلاقة التي تربط بين السرعة والزمن والإزاحة؟**

من العلاقة السابقة هل يمكنك وضع تعريف للسرعة المتوسطة؟

ما هي وحدة السرعة المتوسطة كما يشير إليها القانون الذي وضعته؟

من الموقف السّابق يتضح لنا أن السرعة المتوسطة يُعطى بالعلاقة

$$\overleftarrow{ع} = \frac{\Delta ف}{\Delta ز}$$

ع : السرعة المتوسطة (م/ ث)

$\Delta$ف: الإزاحة (م)

$\Delta$ز: الزمن (ث)

وتُعرف السرعة المتوسطة بأنها المعدل الزمنيّ للإزاحة، أو بأنها الإزاحة الكلية مقسومة على الزمن اللازم لقطعها، وتقاس بوحدة م/ث و تكون باتجاه الإزاحة نفسها.

إذا أردنا المقارنة بين سرعتي السيارتين بالمثال السابق:

| في الحالة الأولى: | في الحالة الثانية: |
|---|---|
| ع الحمراء = ف / ز = ٣٠ × ٦٠×٣٠/١٠٠٠<br>= ١٦,٦ م/ث شرقاً<br>ع الزرقاء = ف / ز = ٣٠٠٠٠ / ٦٠×٤٠<br>= ١٢,٥ م / ث شرقاً<br>لذلك السيارة الحمراء أسرع. | ع الحمراء = ف / ز = ٦٠×٣٠/٢٠٠٠٠<br>= ١١,١م/ث شرقاً<br>ع الزرقاء = ف / ز = ٦٠×٣٠/٣٠٠٠٠<br>= ١٦,٦ م / ث شرقاً<br>السيارة الزرقاء هي الأسرع |

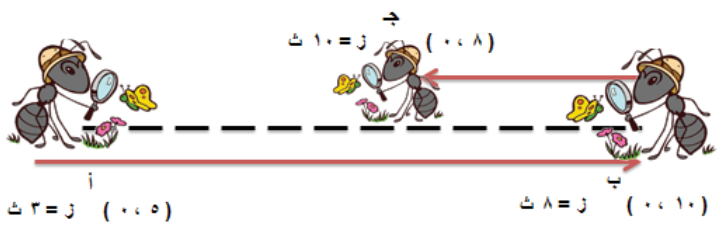
## مثال (٣):

تخرج نملة من مسكنها الذي إحداثياته أ (٥ ، ٠) سم عند الثانية ٣ فتصل للنقطة ب التي إحداثياتها (١٠ ، ٠) شرقاً عند الثانية ٨ ث ثم تعود بالاتجاه المعاكس إلى النقطة جـ التي إحداثياتها (٨ ، ٠) سم عندما كان الزمن ١٠ ثانية لتجد وجبتها المفضلة من السكر، احسب:

١) السرعة المتوسطة للنملة في رحلتها الأولى من أ إلى ب

٢) السرعة المتوسطة للنملة في رحلتها الثانية من ب إلى جـ

**الحلّ:**




١) $|\overleftarrow{ع}| = \frac{|\Delta \overleftarrow{ف}|}{\Delta ز}$

$= \frac{|\overleftarrow{ف_٢}| - |\overleftarrow{ف_١}|}{\Delta ز}$

$= \frac{١٠ - ٥}{٨ - ٣}$

$= \frac{٥}{٥} = ١$سم/ث باتجاه الشرق

٢) $|\overleftarrow{ع}| = \frac{|\Delta \overleftarrow{ف}|}{\Delta ز} = \frac{|\overleftarrow{ف_٢} - \overleftarrow{ف_١}|}{\Delta ز} = \frac{|٨ - ١٠|}{٨ - ١٠} = \frac{|-٢|}{٢} = ١$سم/ث، يكون اتجاه السرعة غرباً.

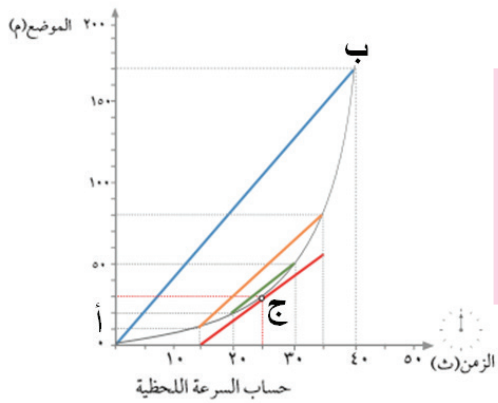
## ٣-٣: السرعة اللحظيّة (Instantaneous Velocity)

السرعة اللحظية هي سرعة جسم متحرك عند لحظة معينة، فكيف يمكن حساب السرعة اللحظية لجسم ما؟

لنفرض أن سيارة تتحرك من النقطة أ إلى النقطة ب وطُلب

منك حساب سرعة السيارة عند لحظة معينة تقع بين النقطتين أ و ب، لنفرض أن هذه النقطة ج، هل قلت أنك ستحسب السرعة المتوسطة بين أ و ب وتعتبرها السرعة اللحظية عند ج.

ما عليك سوى تقريب النقطتين أ وب من بعضهما بعضا حتى توشكان على الانطباق عند النقطة ج حتى يؤول فرق الزمن بينهما إلى الصفر عندها تصبح السرعة المتوسطة مساوية للسرعة اللحظية والسرعة اللحظية تساوي ميل المماس للمنحنى( ف-ز) عند لحظة معينة.



الشكل (٣-٢)

**فكر**

س١: في أي لحظة تتساوى السرعة اللحظية والسرعة المتوسطة؟

س٢: احسب السرعة اللحظية للجسم عند ز = ٢٥ث من الشكل (٣-٢).

## ٣-٤: التسارع (Acceleration)

إذا لم تتغير سرعة الجسم فإنه يبقى متحركاً بسرعة ثابتة، أما إذا تغيرت سرعته مع الزمن فهو يتسارع فما المقصود بالتسارع؟

**متوسط التسارع:** $\overleftarrow{ت} = \frac{\Delta \overleftarrow{ع}}{\Delta ز}$

$$\overleftarrow{ت} = \frac{\overleftarrow{ع_٢} - \overleftarrow{ع_١}}{ز_٢ - ز_١}$$

$\overleftarrow{ت}$: متوسط التسارع (م / ث$^٢$)

$\Delta \overleftarrow{ع}$ : التغير في السرعة (م / ث)

$\overleftarrow{ع_٢}$: السرعة النهائية

$\overleftarrow{ع_١}$: السرعة الابتدائية

$\Delta ز$: التغير في الزمن (ث)

متوسط التّسارع هو التغير في سرعة الجسم المتجهة بالنسبة للزمن ويقاس التسارع بوحدة م/ ث$^٢$، عندما تزداد السرعة فإن الجسم يتسارع وعندما تقل فإنه يتباطأ.

**مثال (٤):**

يتحرك جسم من السكون على خط مستقيم بتسارع مقداره ٣ م/ث$^٢$. جد سرعته النهائية بعد مضي ٤ ثوان من بدء الحركة.

**الحلّ:** $\overleftarrow{ت} = \frac{\Delta \overleftarrow{ع}}{\Delta ز} = \frac{\overleftarrow{ع_٢} - \overleftarrow{ع_١}}{ز_٢ - ز_١}$

$$٣ = \frac{\overleftarrow{ع_٢} - ٠}{٤} \quad \text{.....} \quad \overleftarrow{ع_٢} = ٤ \times ٣ \quad \text{.....} \quad \overleftarrow{ع_٢} = ١٢ \text{ م/ث}$$

لتوضيح مفهوم التّسارع عملياً يمكنك إجراء النشاط الآتي:

## نشاط (٦): حساب التسارع عملياً:

**المواد والأدوات:**

السكة الهوائية وملحقاتها وجهاز التوقيت

**الخطوات:**

- ركّب السكة الهوائية كما هو مبين في الشكل(٣-٣)
- قم بقياس المسافة بين الأطراف الموضوعة على العربة.

الشكل (٣-٣)

**والمسافة بين البوابتين الضوئيتين و سجّل ذلك داخل العمود الأول في الجدول المرفق.**

- ضع العربة فوق السكة الهوائية دون دفعها. لماذا؟
- شغّل المضخّة الهوائية و دع العربة تتحرك.
- سجّل القراءات للزمن من خلال المؤقت الرقمي في العمود الثاني من الجدول وأكمل الجدول الآتي:

| المسافة ف (م) | ز (ث) | |
|---|---|---|
| ف عرض الحاجز فوق العربة = | ز١ البوابة الأولى = | ع١ = ف/ز١ |
| | ز٢ البوابة الثانية = | ع٢ = ف/ز٢ |
| ف بين البوابتين الضوئيتين | ز بين البوابتين = | ت = Δع/Δز |

- احسب ع لكل قراءة معطاة وارسم العلاقة البيانية بين (ع – ز)، ثم احسب الميل؟ ماذا يمثّل ميل المنحنى الذي رسمته؟

**لاحظ أنه:**

إذا لم تتوفر السكة الهوائية في مدرستك، يمكنك استخدام العربة الميكانيكية وشريط ورقيّ مع المؤقت النقطيّ.

## ٣-٥: وصف منحنيات الحركة

### الحالة الأولى- الموضع ثابت:

**مثال (٥):**

راقب صحفيّ سيارة إسعاف قطعت إزاحة ٢م من حاجز عسكري وتوقفت، وأخذ يسجّل القراءات فكانت كما في الجدول الآتي:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ز (ث) | ٠ | ٢ | ٤ | ٦ |
| ف (م) | ٢ | ٢ | ٢ | ٢ |

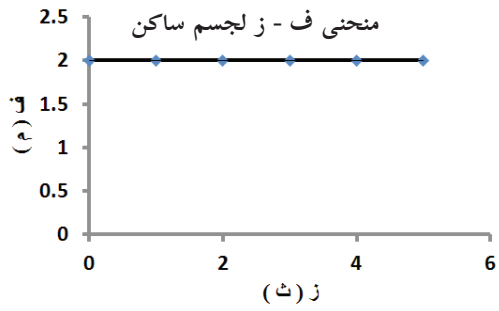
١- مثّل القراءات السابقة بيانياً.

٢- احسب السرعة المتوسطة لسيارة الإسعاف أول ثلاثة ثوانٍ من بدء الحركة.

٣- احسب تسارع السيارة، وصف التغيّر في موضع السيارة وحركتها من خلال الرسم البياني.

**الحلّ:**

١- عند تمثيل البيانات نضع الزمن على محور السينات والإزاحة على محور الصادات نمثّل لكل نقطة من النقاط على الجدول، ولا بد أنك حصلت على منحنىً شبيه بالمنحنى المجاور.




٢- نجد ميل الخط المستقيم وهو يساوي السرعة المتوسطة.

$$\overleftarrow{ع} = \frac{\overleftarrow{\Delta ف}}{\Delta ز} = \frac{٢ - ٢}{٠ - ٢} = \text{صفر}$$

٣- إن الموضع لا يتغير بتغير الزمن و يبقى ثابتاً على ٢متر السرعة المتوسطة للسيارة = صفر، فيكون الجسم ثابتاً لا يتحرك، متوسط التسارع = صفر فالجسم لا يتسارع.

## الحالة الثانية - الحركة بسرعة ثابتة:

لنفرض أن سيارة تتحرك على خطّ مستقيم باتجاه الشرق وتُعطى المسافات التي تقطعها في أزمنة ثابتة كما هو مُعطى في الجدول الآتي:

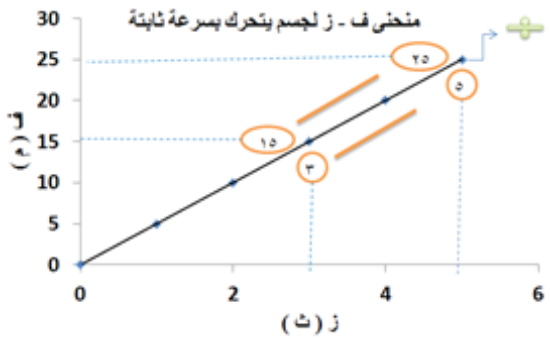
| ز (ث) | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ |
|---|---|---|---|---|---|
| ف (م) | ٥ | ١٠ | ١٥ | ٢٠ | ٢٥ |

هل يمكنك أن تجد سرعة السيارة عند الزمن ز = ١ ث ؟

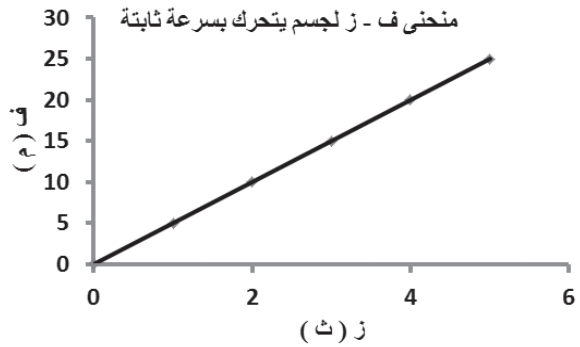
مثّل البيانات المُعطاة في الجدول تمثيلاً بيانياً حيث يمثل الزمن على محور السينات والموضع على محور الصادات.

لا بد أنك حصلت على الرسم البيانيّ شبيه بالرسم (٣-٣/أ )

والآن، هل لك أن تختار نقطتين على محور الصادات وتجد الفرق بينهما ثم تجد الفرق بين النقطتين المقابلتين لهما على محور السينات، قسّم الرقمين في الخطوتين السابقتين على بعضهما بعضا $\Delta$ف/$\Delta$ز الشكل (٣-٣/ب).



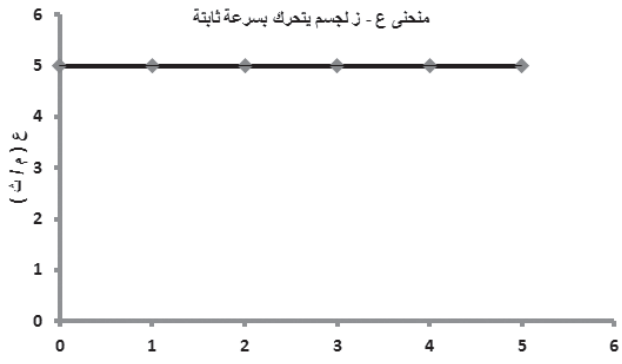

الشكل (٣/٣-ب)




الشكل (٣/٣-أ)

لا بد أنك استنتجت أن ميل الخطّ المستقيم لمنحنى (ف – ز) يمثّل السرعة المتوسطة لحركة السيارة، ما رأيك الآن بوصف حركة السيارة في المثال السابق؟

لا بد أنك لاحظت أن المسافات تتزايد بصورة منتظمة مع تغير الزمن. لذلك نقول أن السرعة ثابتة لأن الفرق بين كل مسافتين متتاليتين= مقداراً ثابتاً. الشكل (٣-٣/ج)، وبما أن السرعة ثابتة لا تتغير بتغير الزمن فإن التسارع يساوي صفرا.




الشكل (٣ – ٣/ ج)

## الحالة الثالثة- التغير في الموضع غير منتظم (السرعة متزايدة بانتظام):

### مثال (٦):

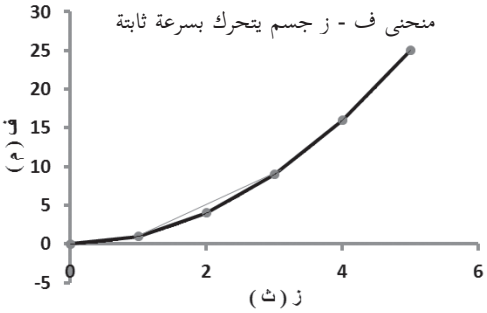
تتحرك سيارة سباق وفق الجدول الآتي الذي سجّله شخص موجود على مضمار السباق، مثل منحنى ف- ز بيانياً، ثم ارسم منحنى ع-ز، و منحنى ت – ز لهذه الحركة.

| ز (ث) | ٠ | ١ | ٢ | ٣ | ٤ |
|---|---|---|---|---|---|
| ف (م) | ٠ | ١ | ٤ | ٩ | ١٦ |

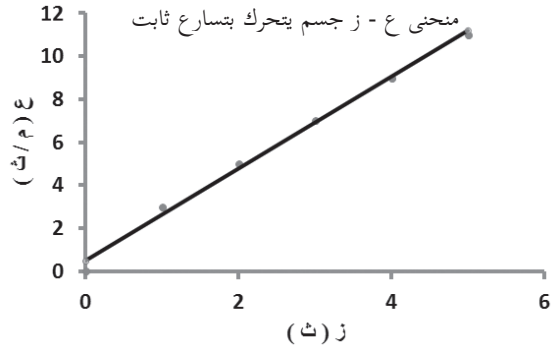
لحساب السرعة المتوسطة في الفترة (١ ، ٣) نأخذ نقطتين على المنحنى ونصل بينهما بخطّ مستقيم ثم نجد ميله من الشكل (٣-٤/أ).

$$\overleftarrow{ع} = \frac{\Delta ف}{\Delta ز} = \frac{٩ - ١}{٣ - ١} = ٤ \text{ م/ث}$$

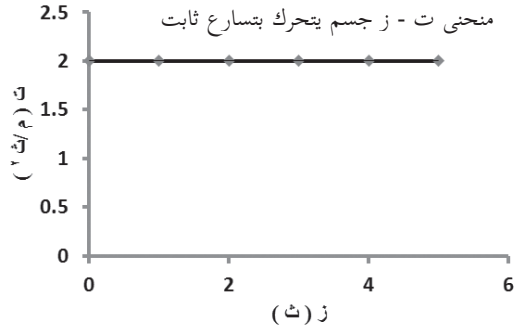
لوصف الحركة فإن ف تتزايد بصورة غير منتظمة مع الزمن في حين أن السرعة المتوسطة تتزايد بصورة منتظمة الشكل (٣-٤/ ب) ويبقى التسارع ثابتاً مع الزمن الشكل (٣-٤/ج).




الشكل (٣-٤/أ)




الشكل (٣-٤/ب)




الشكل (٣-٤/ج)

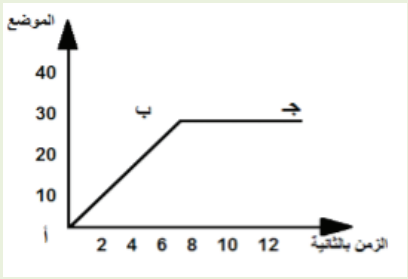
**سؤال**

س١: يمثّل الرسم البيانيّ المجاور العلاقة بين الموضع – الزمن لجسم يتحرك في خط مستقيم، ادرس الشكل جيداً ثم أجب عن الأسئلة الآتية:

١- في أيّ فترة يتحرك الجسم بسرعة ثابتة؟

٢- احسب سرعة الجسم في الفترة أب

٣- ارسم منحنى ع – ز.

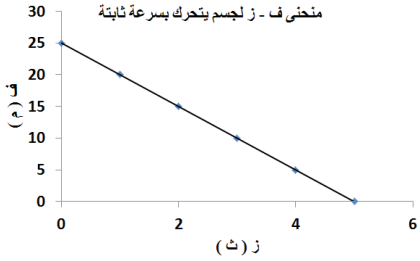



**سؤال**

س٢: أ- مثّل حركة الجسم من حيث (السرعة- الزمن):

ب- ماذا تعني الإشارة السالبة للسرعة؟

ج- كم يساوي التسارع؟



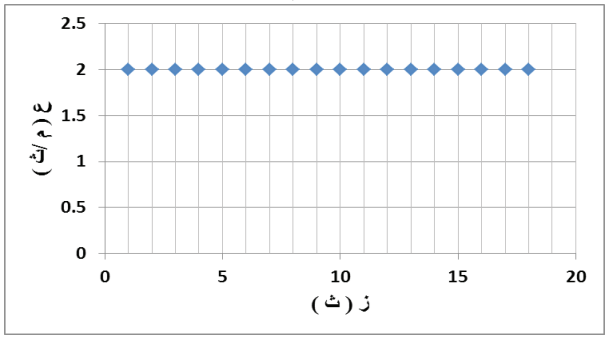

## ٣-٦: الحركة بتسارع ثابت (Motion in Constant Acceleration)

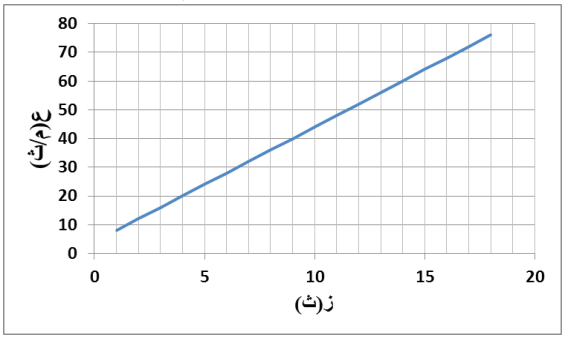
درست في البنود السابقة من الفصل أن التسارع هو التغير في السرعة بالنسبة للزمن، إذا كان التغير في السرعة المتوسطة منتظماً بالنسبة للزمن، مقداراً واتجاهاً فإن الجسم يتحرك بتسارع ثابت كما هو الحال في سقوط الأجسام سقوطاً حراً تحت تأثير وزنها.

يمكن وصف حركة الجسم من خلال معادلات تسمى معادلات الحركة.

### معادلات الحركة بتسارع ثابت

لديك المنحنيان ع- ز في الحالتين الآتيتين، ادرس المنحنيين جيداً ثم أجب عن الأسئلة التي تليهما:




في أيّ الحالتين تكون السرعة ثابتة؟

في أيّ الحالتين يكون التسارع ثابتاً؟

لإيجاد المعادلة التي تربط بين السرعة والتسارع والزمن انطلاقاً من قانون التسارع نحصل على المعادلة الأولى من معادلات الحركة.

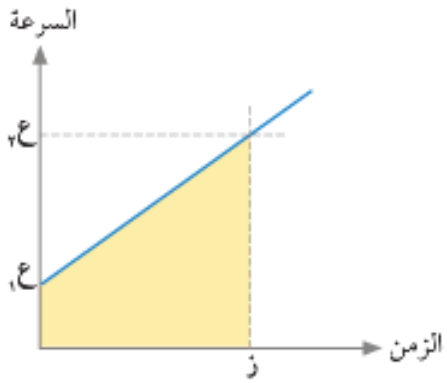
$$\overleftarrow{ت} = \frac{\overleftarrow{ع_٢} - \overleftarrow{ع_١}}{\Delta ز}$$

$$\overleftarrow{ت} \times ز = \overleftarrow{ع_٢} - \overleftarrow{ع_١}$$

$ع_٢$ : السرعة النهائية
$ع_١$ : السرعة الابتدائية
ت : التسارع
ز : الزمن

$$\overleftarrow{ع_٢} = \overleftarrow{ع_١} + (\overleftarrow{ت} \times ز) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{ معادلة (١)}$$ وعند التطبيق الأولوية لما بين الأقواس

## لإيجاد العلاقة التي تربط بين الإزاحة والزمن والتسارع . نبدأ من منحنى (ع-ز)




$\overleftarrow{ف}$ = المساحة تحت منحنى (ع – ز) = مساحة شبه المنحرف

$= \frac{١}{٢} \times$ (مجموع القاعدتين) × الارتفاع

$= \frac{١}{٢} \times (ع_١ + ع_٢) \times ز$

لكن من معادلة الحركة ١ فإن $\overleftarrow{ع_٢} = \overleftarrow{ع_١} + \overleftarrow{ت} \times ز$

$\overleftarrow{ف} = \frac{١}{٢} \times (\overleftarrow{ع_١} ز + (\overleftarrow{ع_١} + \overleftarrow{ت} \times ز) \times ز)$

$\frac{١}{٢} \times (٢\overleftarrow{ع_١} \times ز + \overleftarrow{ت} \times ز^٢)$

$$\overleftarrow{ف} = \overleftarrow{ع_١} \times ز + (\frac{١}{٢} \times \overleftarrow{ت} \times ز^٢) \quad \ldots\ldots \text{ معادلة (٢)}$$

## لتتعرف العلاقة التي تربط ما بين السرعة والتسارع والإزاحة:

### لنبدأ من المعادلة الأولى للتسارع:

$ف = \overline{ع} \times ز$ ، $\overline{ع} = \frac{ع_٢ + ع_١}{٢}$

$ع_٢ = ع_١ + ت \times ز$ ، $ز = \frac{ع_٢ - ع_١}{ت}$

$ف = \frac{ع_٢ + ع_١}{٢} \times ز$

$ف = \frac{ع_٢ + ع_١}{٢} \times \frac{ع_٢ - ع_١}{ت}$

$$ع_٢^٢ = ع_١^٢ + ٢ \times ت \times ف \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \text{ معادلة (٣)}$$

### مثال (٧):

يتحرك جسم من السكون بتسارع ثابت مقداره ٢,٥ م/ث$^{٢}$ إذا أصبحت سرعته ٥م/ث خلال زمن معين، احسب:

| ١- الفترة الزمنية لحركة الجسم | ٢- الإزاحة التي قطعها الجسم خلال فترة الحركة |
|---|---|
| **الحلّ:** | **الحلّ:** |
| $\overleftarrow{ع_{٢}} = \overleftarrow{ع_{١}} + \overleftarrow{ت} \times ز$ | $ع_{٢}^{٢} = ع_{١}^{٢} + (٢ \times ت \times ف)$ |
| $٥ = ٠ + ٢,٥ \times ز$ | $٥^{٢} = ٠^{٢} + ٢ \times ٢,٥ \times ف$ |
| $ز = ٢$ث | $ف = ٥ \div ٢٥$ ف = ٥ م |

### مثال (٨):

يقطع جسم إزاحة ١٠م خلال زمن مقداره ٢ث من بدء حركته، إذا كان الجسم يتحرك بتسارع ثابت مقداره ٤م/ ث$^{٢}$، احسب:

| ١- السرعة الابتدائية للجسم | ٢- سرعته النهائية عند ٢ث |
|---|---|
| **الحلّ:** | **الحلّ:** |
| $\overleftarrow{ف} = \overleftarrow{ع_{١}} \times ز + \frac{١}{٢} \times \overleftarrow{ت} \times ز^{٢}$ | $\overleftarrow{ع_{٢}} = \overleftarrow{ع_{١}} + (\overleftarrow{ت} \times ز)$ |
| $١٠ = \overleftarrow{ع_{١}} \times ٢ + \frac{١}{٢} \times ٤ \times ٢^{٢}$ | $= ١ + ٤ \times ٢ = ٩$م/ث |
| $\overleftarrow{ع_{١}} = ٢ \div (١٠ - ٨)$ ..... $\overleftarrow{ع_{١}} = ١$م/ث | |

## ٣-٧: الحركة الرأسيّة في مجال الجاذبيّة الأرضيّة (Vertical Motion Under Gravity Field)

عندما يسقط جسم ما من ارتفاع معين فإنه يتحرك تحت تأثير قوتين: الأولى وزن الجسم واتجاهه لأسفل والثانية مقاومة الهواء واتجاهها عكس اتجاه الحركة، بإهمال مقاومة الهواء فإن الجسم يسقط تحت تأثير وزنه فقط.

## أولا: السقوط الحر:

١ ث
٢ ث
٣ ث
٤ ث

هو سقوط جسم رأسياً من ارتفاع ما تحت تأثير وزنه فقط بإهمال مقاومة الهواء. حيث تزداد سرعة الجسم كلما اتجهنا لأسفل ويكون التسارع مقدارا ثابتاً ويساوي تسارع الجاذبية الأرضية ويساوي ٩,٨ م/ث$^{٢}$. هل تؤثّر الأرض على الكتل المختلفة وتكسبها التسارع نفسه؟

**للإجابة عن هذا السؤال نفِّذ النشاط الآتي:**

### نشاط (٧): العلاقة بين تسارع الجاذبية وكتلة الجسم:

**المواد والأدوات:**

ورقة، قطعة نقد ومفرغة الهواء.

**الخطوات:**

١- ضع قطعة النقد والورقة داخل المفرغة ثم اقلبها رأسا على عقب، سجِّل ملاحظاتك حول زمن وصول الورقة وقطعة النّقد؟

٢- اعملْ على تفريغ المفرغة من الهواء ثم اقلبها رأسيا مرة أخرى، سجّل ملاحظاتك حول زمن وصول الورقة وقطعة النقد؟

٣- قارن بين زمن وصول الورقة وقطعة النقد ثمّ أجب عن السؤال التالي: هل تسارع الأجسام المختلفة الساقطة سقوطاً حراً نحو الأرض يكون متساوياً أم مختلفاً؟

لعلك لاحظت أن زمن وصول الورقة وقطعة النقد يتأثّر بمقاومة الهواء فيكون زمن وصول الورقة أكبر حيث إن مقاومة الهواء عليها أكبر في حين أنه وفي حال إهمال مقاومة الهواء فإن الورقة وقطعة النقد تصلان في الزمن نفسه لأنهما تقعان تحت تأثير تسارع الجاذبية الأرضية نفسها.

**ولحساب مقدار تسارع الجاذبية الأرضية نفِّذ النشاط الآتي:**

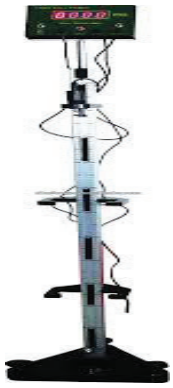
## نشاط (٨): حساب تسارع الجاذبية الأرضية:

**المواد والأدوات:**

جهاز السقوط الحر وملحقاته.

---

**الخطوات:**



١- صلْ العداد الزمني بمصدر الكهرباء.

٢- ضع الوصلات الخاصة بالبوابات الضوئية في أماكنها ($P_1$ ، $P_2$) والوصلة الخاصة بالمغناطيس في الفتحة الثالثة.

٣- شغّل الجهاز بالضغط على زر التشغيل.

٤- اضغط مفتاح المغناطيس $S_6$ إلى وضع التشغيل.

٥- ضع الكرة المعدنية على المغناطيس الكهربائي فيجذبها ثم اضبط الوضع الرأسي عن طريق خيط ( البلبل) المرفق بالجهاز.

٦- اضبط مفتاح الوظيفة على وضع التسارع (Gravity Acceleration).

٧- اضغط مفتاح المغناطيس على وضع إيقاف (off) ليفقد مغناطيسيته وتسقط الكرة خلال البوابتين فتبدأ القراءات بالظهور وهما قراءتان متتاليتان:

- ☐ القراءة الأولى: زمن قطع الكرة للمسافة (ف١) من نقطة السقوط للبوابة الأولى ز١.
- ☐ القراءة الثانية: زمن قطع الكرة للمسافة (ف٢) بين نقطة السقوط والبوابة الثانية ز٢.

٨- كرر الخطوة السابقة لارتفاعات مختلفة وسجّل القراءات في الجدول الآتي: الآن ارسم العلاقة بين (٢ف – ز٢) ثم احسب الميل للعلاقة

- ☐ ماذا يمثّل الميل في العلاقة السابقة؟
- ☐ ما مصادر الخطأ في التجربة؟

| ف(م) | ٢ف | ز١(ث) | ز٢(ث) | الفترة الزمنية | ز٢(ث٢) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

في حالة الجسم الساقط سقوطاً حرا فإن سرعته الابتدائية على الأغلب= صفراً و ت = -جـ = -١٠ م/ث٢
وكذلك الحال لبقية الكميات المتجهة (ف، ع).

**مثال (٩):**

سقط صندوق من طائرة ثابتة على ارتفاع ٢كم سقوطا حراً، (بإهمال مقاومة الهواء) احسب:

| ١- السرعة النهائية التي يصل بها للأرض | ٢- زمن وصوله الأرض |
|---|---|
| **الحلّ:** | **الحلّ:** |
| $ع_٢^٢ = ع_١^٢ + ٢ \times جـ \times ف$ | $ع_٢ = ع_١ + جـ \times ز$ |
| $= ٠ + ٢- \times ١٠ \times ٢٠٠٠-$ | $٢٠٠- = ٠ - ١٠ \times ز$ |
| $= ٤ \times ١٠^٤$ | $ز = ٢٠ث$ |
| $ع_٢ = ٢٠٠م/ث$ باتجاه الأسفل | |

## المقذوف الرأسيّ:

حركة الجسم عكس الجاذبية الأرضية تماما: أي أن التسارع يكون بالاتجاه المعاكس للحركة أثناء الصعود ت = -جـ = -١٠م/ث٢، أما بقية الكميات المتجهة الأخرى (ف، ع) فتكون إشارتها موجبة.

إن سرعة الجسم عند أقصى ارتفاع = صفرا حيث يتوقف الجسم المقذوف رأسياً لأعلى، لحظيا حتى يعكس اتجاه حركته. إن زمن التحليق الكلي = ضعفي زمن وصول الجسم لأقصى ارتفاع.

**مثال (١٠):**

قُذِف جسم رأسيا لأعلى فكان أقصى ارتفاع وصله ٢٠ م احسب:

| ١- السرعة الابتدائية التي قذف بها الجسم | ٢- زمن وصوله لأقصى ارتفاع |
|---|---|
| **الحلّ:** | **الحلّ:** |
| $ع_٢^٢ = ع_١^٢ + ٢ \times جـ \times ف$ | $ع_٢ = ع_١ + جـ \times ز$ |
| $٠ = ع_١^٢ - ٢ \times ١٠ \times ٢٠$ | $٠ = ٢٠ - ١٠ \times ز$ |
| $ع_١^٢ = ٤٠٠$ | $ز = ٢ث +$ |
| $ع_١ = ٢٠$م/ ث باتجاه الأعلى | |

**سؤال** سقط جسم كتلته (٢٠ كغم) سقوطاً حراً من ارتفاع معين فوصل سطح الأرض بعد (٣ ثوان). احسب:

أ- سرعة وصول الجسم عند سطح الأرض.  ب- الارتفاع الذي سقط منه الجسم

## أسئلة الفصل

س١: وضح المقصود بالمصطلحات الآتية: الإزاحة، التسارع، السقوط الحر.

س٢: اختر رمز الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

١- يتحرك جسم على محيط مربع طول ضلعه ٢م فإن مقدار الإزاحة عندما يقطع الجسم ضلعين متتاليين تساوي:

أ- ٤.  ب- صفرا.  ج- $٤\sqrt{٢}$  د- $٨\sqrt{}$

٢- المساحة تحت منحنى ع – ز تساوي:

أ- الموضع  ب- الإزاحة  ج- التّسارع  د- السّرعة

٣- عند سقوط كرتين مختلفتين في الكتلة من الارتفاع نفسه وبإهمال مقاومة الهواء، فإن العبارة الصحيحة التي تتعلق بزمن وصولهما:

أ- ز الكرة$_{\text{الكبيرة}}$ < ز الكرة$_{\text{الصغيرة}}$.  ب- ز الكرة$_{\text{الكبيرة}}$ = ز الكرة$_{\text{الصغيرة}}$.

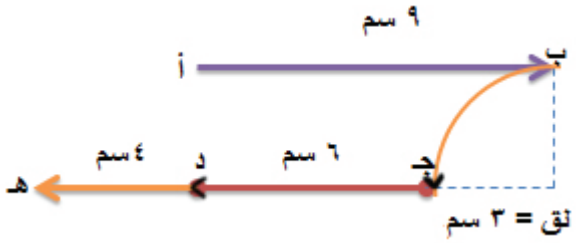
ج- ز الكرة$_{\text{الكبيرة}}$ > ز الكرة$_{\text{الصغيرة}}$.  د- لا علاقة للزمنين ببعضهما بعضا.

٤- قذف جسم رأسياً لأعلى بسرعة ع$_{١}$، فإن الزمن اللازم للجسم ليصل أقصى ارتفاع يساوي:

أ- $\frac{ع_{١}}{جـ}$  ب- $\frac{٢ \times ع_{١}}{جـ}$  ج- $\frac{جـ}{ع_{١}}$  د- $\frac{٢ \times جـ}{ع_{١}}$

## أسئلة الفصل

س٣: يمثّل الشكل المجاور حركة حشرة تتحرك على حائط من النقطة أ ← ب ← ج ← د ← هـ، وقد تم رصدها من قبل مراقب.




احسب:

١- المسافة التي قطعتها الحشرة في رحلتها.

٢- الإزاحة الكلية للحشرة.

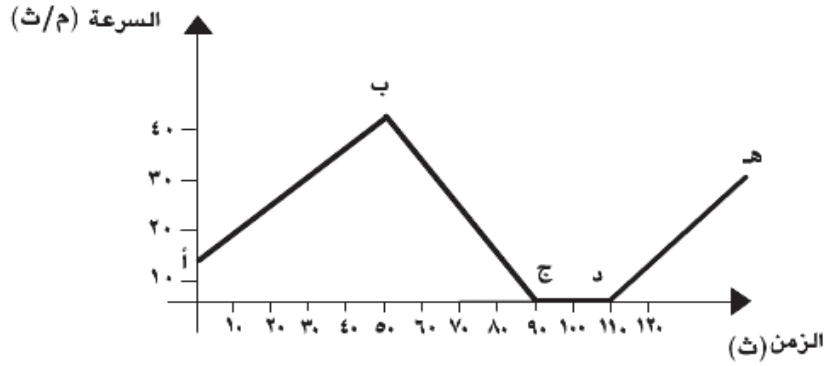
س٤: أكمل الجدول الآتي لتتمكن من التمييز بين الإزاحة والمسافة لجسم تحرّك من موضعه:

| وجه المقارنة | الإزاحة | المسافة |
|---|---|---|
| مفهومها | | |
| نوع الكمية الفيزيائية | | |
| متى تكون صفرا | | |
| وحدة القياس | | |

س٥: يمثّل الجدول التالي النتائج التي توصّل إليها أسامة عند دراسته حركة عربة كتلتها (١ كغم) تتحرك على مستوى أفقيّ أملس. اعتماداً على النتائج التي حصل عليها أسامة، ارسم الخطّ البيانيّ الذي يمثّل حركة العربة ثم احسب إزاحة العربة وتسارعها.

| الزمن (ث) | ١ | ٢ | ٣ | ٤ | ٥ |
|---|---|---|---|---|---|
| السرعة (م/ ث) | ٦ | ١٨ | ٣٠ | ٤٢ | ٥٤ |

س٦: صف حركة الجسم (تغير سرعته مع مرور الزمن) الموضّحة في الرسم البيانيّ المجاور خلال كل فترة زمنية.



## أسئلة الفصل

س٧: بدأ جسم الحركة بسرعة مقدارها ٥ م/ث بتسارع ثابت فقطع إزاحة مقدارها ١٥٠م عندما أصبحت سرعته ٢٥م/ث. احسب:

١- تسارع الجسم

٢- الزمن اللازم لقطع الإزاحة.

٣- الإزاحة التي قطعها في الثانية العاشرة فقط.

س٨: قذف جسم رأسياً لأعلى فكان أقصى ارتفاع وصله ٤٥م جد:

١- السرعة الإبتدائية التي قذف بها الجسم.

٢- زمن وصوله لأقصى ارتفاع.

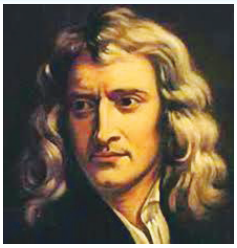
٣- زمن التحليق للجسم.

# الفصل الرابع:
# قوانين نيوتن (Newton's Laws Of Motion)

قد تتحرك الأجسام الساكنة إذا أثرت عليها قوة ما، وقد تُغيّر هذه القوة من مقدار سرعة الجسم أو اتجاهه أو كليهما، ويعتمد مقدار التّسارع الحاصل للجسم على كل من القوة المؤثّرة وكتلة ذلك الجسم، وقد قام العالم اسحاق نيوتن بدراسة تأثير القوة في حركة الأجسام وصاغها على شكل قوانين، فما نصوص هذه القوانين؟ وما صيغها الرياضيّة؟ وكيف تفسّر بعض الظواهر بناء عليها؟ وما التطبيقات العمليّة لكلّ منها؟

هذه الأسئلة وأخرى غيرها ستتمكن من الإجابة عنها بعد دراستك لهذا الفصل وستكون قادرا على أن:

- توضّح المقصود بكل من: القوة، القصور الذاتي، كتلة القصور، الكتلة، الوزن.
- تذكر أمثلة على القوى الميكانيكية.
- تعبّر عن قوانين نيوتن لفظيا.
- تفسّر بعض الظواهر الطبيعية بناء على قوانين نيوتن.
- تعطي تطبيقات عملية على قوانين نيوتن.
- تتحقق عملياً من القانون الثاني لنيوتن.
- تطبّق القانون الثاني لنيوتن في حلّ مسائل بسيطة في بعد واحد.
- تفسّر بعض الظواهر الحياتية بناء على القانون الثالث لنيوتن.



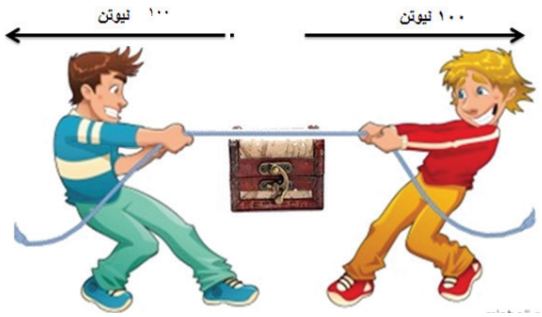
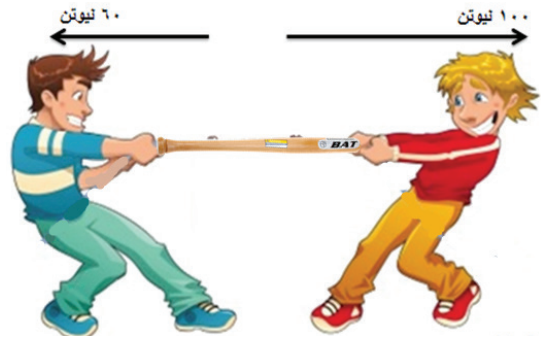
**السير إسحاق نيوتن (Isaac Newton):**

عالم إنجليزي يعد من أبرز العلماء مساهمة في الفيزياء والرياضيات عبر العصور وأحد رموز الثورة العلمية.

أسس كتابه الأصول الرياضية للفلسفة الطبيعية الذي نشر لأول مرة عام ١٦٨٧م، لمعظم مبادئ الميكانيكا الكلاسيكية. كما قدم نيوتن أيضاً مساهمات هامة في مجال البصريات. صاغ نيوتن قوانين الحركة وقانون الجذب العام. كما أثبت أن حركة الأجسام على الأرض والأجسام السماوية يمكن وصفها وفق نفس مبادئ الحركة والجاذبية. وعن طريق اشتقاق قوانين كبلر من وصفه الرياضي للجاذبية، أزال نيوتن آخر الشكوك حول صلاحية نظرية مركزية الشمس كنموذج للكون. صنع نيوتن أول مقراب عاكس عملي، ووضع نظرية عن الألوان مستنداً إلى ملاحظاته التي توصل إليها باستخدام تحليل موشور مشتت للضوء الأبيض إلى ألوان الطيف المرئي، كما صاغ قانون عملي للتبريد ودرس سرعة الصوت.

## ٤-١: القوة (Force)

**تأمّل الحالات الآتية وحاول الإجابة عن الأسئلة التي تليها لتتمكن من تعريف القوة:**

| | |
|---|---|
| ١- يدفع شخصان صندوقاً بالاتجاه نفسه بقوة مقدارها ١٠٠نيوتن، ماذا سيحصل للصندوق؟ | |
| ٢- إذا تنافس هذان الشخصان على سحب صندوق الكنز كلّ لناحيته، فأثّر كلّ منهما بقوة ١٠٠ نيوتن، صف حركة الكنز؟ |   |
| ٣- إذا شدّ الأول بقوة ١٠٠نيوتن نحو الشرق والثاني بقوة ٦٠ نيوتن نحو الغرب، وعندما شعر الثاني أنه سيغلب زاد قوته حتى وصلت ١٠٠ نيوتن، صف سلوك العصا؟ |   |

**لعلك توصلت إلى أن:**

القوة كمية فيزيائية متجهة تعبّر عن مؤثّر خارجيّ قد يعمل على تغيير حالة الجسم الحركية حيث تغيّر شكله أو مقدار سرعته أو اتجاهه أو جميعها معاً، وتقاس بعض القوى بالميزان النابضيّ بوحدة نيوتن.

## للقوة أنواع مختلفة في الطبيعة ومن أهمها:

١- **قوة الوزن ($\overleftarrow{و}$):** مقدار القوة التي تؤثّر بها الأرض في الأجسام فتسحبها نحو مركزها، ويعتمد الوزن على كتلة الجسم وتسارع الجاذبية الأرضية، ويُقاس الوزن باستخدام الميزان النابضي ( و = ك × جـ).

٢- **قوة التلامس العمودية ($\overleftarrow{ر}$):** القوة العمودية التي يؤثّر بها السطح على جسم موضوع عليه عند تلامسهما. وتكون دائما عمودية على السطح.

٣- **قوة الاحتكاك (ق$_ح$):** الممانعة التي يبديها الجسم لتغيير حالته بفعل أيّ قوة خارجية و تكون قوة الاحتكاك عكس اتجاه الحركة دائماً. وتنشأ قوة الاحتكاك بسبب وجود نتوءات على سطحي الجسمين المتلامسين فتتداخل النتوءات معاً وتعيق الحركة.

٤- **قوة الشدّ في الحبال والخيوط:** تنشأ قوة الشدّ في حبل ما نتيجة التأثير عليه بقوة، ويكون الشد خارجاً من الجسم وباتجاه الحبل.

٥- **قوة المرونة للنابض:** إذا عُلّق جسم بنابض وكانت إزاحته بمقدار (س) من موضع الاتزان فإن النابض يؤثّر عليه بقوة تحاول إعادته إلى هذا الموضع وتسمّى بقوة الاسترجاع التي تساوي وتعاكس القوة الخارجية المؤثرّة عليه. ويعبر عن قوة الاسترجاع رياضيّاً بالمعادلة:

$\overleftarrow{ق} = - أ \overleftarrow{س}$ .....(١)  حيث إن: أ: ثابت المرونة للنابض، ما وحدة قياسه؟

والإشارة السالبة تشير إلى أن اتجاه القوة يعاكس اتجاه الإزاحة.

تتميّز كثير من الأجسام كالنابض بخاصية تسمى المرونة فعندما يستطيل النابض أو ينضغط تحت تأثير قوة مؤثرة عليه فإنه يميل إلى العودة إلى وضعه الأصليّ عند إزالة القوة، وتتناسب هذه الاستطالة طردياً مع مقدار القوة المؤثرة. وعند استطالة النابض إلى حد كبير يتجاوز ما يعرف "بحدّ المرونة"، فإنه ينحرف عن هذا التناسب، وذلك النابض لن يعود إلى وضعه الأصليّ بعد إزالة القوة المؤثّرة.

### مثال (١):

الشكل (٤- ١)

كتلة سعاد ٦٠كغم، تجلس على كرسي كما في الشكل (٤-١)، فانضغط نابض الكرسي بمقدار ٣سم:

أ- احسب ثابت النابض الموجود في الكرسي؟

ب- كم الإزاحة التي ينضغطها النابض في حال جلست سعاد وهي تحمل إبنها إذ أصبح مجموع كتلتيهما ٩٠كغم؟

**الحلّ:**

أ- ق = الوزن = أ س

٦٠٠ نيوتن = أ × ٠,٠٣ م ..... أ = ٢ × ١٠$^{٤}$ نيوتن/م

ب- ق = الوزن = أ سَ

٩٠٠ نيوتن= ٢ × ١٠$^{٤}$ × سَ

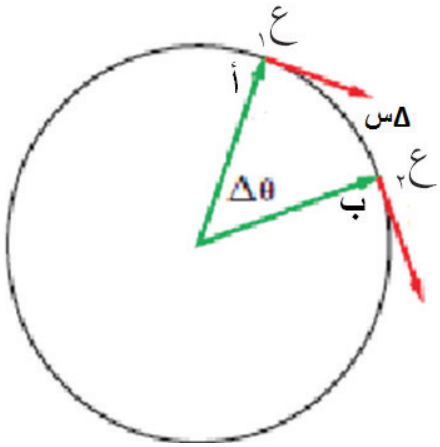
سَ = ٠,٠٤٥ م

**فكر** في فوائد قوة الاحتكاك.

**٦- القوة المركزية:** هي القوة التي تنشأ عندما يتحرك الجسم في مسار دائريّ حيث يكون اتجاهها باتجاه مركز الدائرة حيث إن اتجاه التسارع يكون باتجاه المركز، وبالتالي فإن القانون الثاني لنيوتن يمكن تطبيقه على الحركة الدائرية المنتظمة: ق محصلة = ك ت$_{\text{مركزي}}$

إن التسارع هو التغيّر في السرعة المتجهة (مقداراً واتجاهاً) وليس في مقدار السرعة فقط، ولأن اتجاه حركة الجسم تتغير لحظيّا فإن السرعة المتجهة للجسم تتغير، لذلك فهو يتسارع:

$$\overleftarrow{ت}_{م} = \frac{\Delta \overleftarrow{ع}}{\Delta ز}$$




لاحظ أن السرعة عمودية دائماً على التسارع المركزي.

هناك تسارع لكل جسم يتحرك على مسار دائريّ نصف قطره (نق) بسرعة ثابتة (ع) واتجاهه نحو مركز الدائرة، ويُسمّى بالتسارع المركزي:

$$\text{ت}_{\text{م}} = \frac{\text{ع}^{٢}}{\text{نق}}$$

ومنها فإن $\text{ق}_{\text{المركزية}} = \text{ك} \times \frac{\text{ع}^{٢}}{\text{نق}}$

**سؤال**

تتحرك الأقمار الصناعيّة كما في الشكل المجاور حول الأرض في مدارات دائرية وبتسارع مركزيّ، ما الذي يحافظ على حركتها على بعد ثابت حول الأرض؟

وتتميّز الحركات الدورية (التي تكرر نفسها) بالزمن اللازم للجسم ليكمل دورة واحدة كاملة على محيط الدائرة والذي يدعى بالزمن الدوري، ويساوي حاصل قسمة المسافة المقطوعة على سرعة الجسم:

$$\text{الزمن الدوري (ن)} = \frac{٢\pi \text{ نق}}{\text{ع}}$$

ويسمّى عدد الدورات التي يدورها الجسم خلال ثانية واحدة بالتردد، ما وحدة قياس التردد؟

**فكر**

في الصورة المجاورة (٤-٢)، أين ستتجه الكرة عندما يُفلتُ اللاعب المطرقة من يده؟

الشكل (٤-٢)

**مثال (٢):**

كرة كتلتها ١٥٠ غم مربوطة بخيط وتدور في مسار دائري نصف قطره (٠,٦ م)، تصنع ٣٠ دورة في الدقيقة، احسب تسارعها المركزي؟

**الحلّ:**

$$\text{ع} = \frac{٢\ \pi\ \text{نق}}{\text{الزمن الدوري}}$$

$$= \frac{٢ \times ٣,١٤ \times ٠,٦}{\frac{٦٠}{٣٠}}$$

$$\text{ع} = ١,٨٨\ \text{م/ ث}$$

$$\text{ت} = \frac{\text{ع}^{٢}}{\text{نق}} = \frac{١,٨٨^{٢}}{٠,٦}$$

$$\text{ت} = ٥,٨٩\ \text{م/ ث}^{٢}$$

**فكر** في المثال السابق، إذا تغير نصف القطر إلى (١,٢م) وبقيت الفترة الزمنية كما هي، كم يصبح مقدار التسارع المركزيّ؟

**ومن أنواع القوى الأخرى: القوة الكهربائية والقوة المغناطيسية.**

## ٢-٤: القانون الأول لنيوتن (Newton's First Law of Motion)

**تأمّل المشاهدات اليومية الآتية ثم أجب عن الأسئلة التي تليها:**

**المشاهدة (١):** يوجد في غرفة نيوتن قطعة أثاث، هل يمكن أن تتحرك هذه القطعة من تلقاء نفسها؟ وماذا سيفعل نيوتن لتحريكها؟

**المشاهدة (٢):** تتحرك سيارة بسرعة ثابتة فتصادف قطة وتتوقف السيارة عن الحركة، فيندفع الركاب الذين لا يربطون حزام الأمان نحو الأمام، برأيك لماذا حصل ذلك؟

من المشاهدات السابقة تُلاحظ أن الأجسام تميل لأن تكون ساكنة ما لم تتأثر بقوة خارجية تعمل على تحريكها، وبالتالي فهي قاصرة عن تغيير حالتها الحركية في غياب القوة الخارجية.

كما تلاحظ أيضاً أن الجسم المتحرك بسرعة ثابتة وبخط مستقيم تبقى سرعته كما هي ما لم يتأثر بقوة توقفه أو تغيّر من مقدار سرعته أو اتجاهها.

ما توصلت إليه من المشاهدات السابقة توصّل إليه العالم نيوتن سابقاً في قانونه الأول الذي ينصّ على أن

الجسم الساكن يبقى ساكناً والجسم المتحرك بسرعة ثابتة وبخط مستقيم يبقى كما هو ما لم تؤثر عليه محصلة قوى خارجية تعمل على تغيير مقدار سرعته أو اتجاهه أو كليهما معاً.

ويعرف القانون الأول لنيوتن بقانون القصور الذاتي للأجسام فقطعة الأثاث في المشاهدة (١) لا تمتلك القدرة التلقائية على تغيير حالتها الحركية ما لم تتأثر بقوة خارجية، وكذلك الجسم الموجود في سيارة متحركة يكتسب سرعة السيارة نفسها، وعندما تتوقف السيارة فجأة يكون الجسم قاصراً عن تغيير حالته الحركية ويبقى في حالة حركة فيستمر في حركته نحو الأمام إذا لم يكن مربوطاً بحزام الأمان.

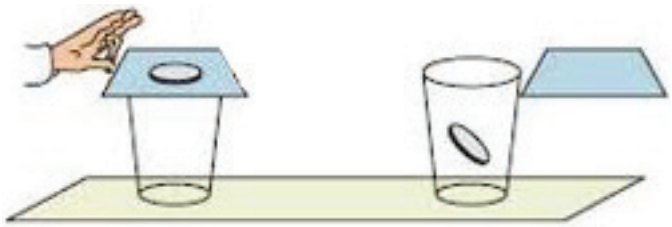
**حتى تتعرّف إلى القصور الذاتيّ للأجسام والعوامل التي يعتمد عليها دعنا نقوم بهذه التجربة:**

## نشاط (٩): القصور الذاتي:

**المواد والأدوات:**

قطعة نقد، وكأس، وورقة.

**الخطوات:**



١- ضع الورقة فوق الكأس الموضوع على سطح الطاولة.

٢- ضع قطعة النقد فوق الورقة.

٣- ادفع الورقة بسرعة، ماذا يحدث لقطعة النقد؟ حاول تفسير ذلك.

يتبين مما سبق أن القصور الذاتي للأجسام هو الممانعة التي يبديها الجسم لتغيير حالته الحركية بفعل كتلته.

**لديك المواد التالية:** عصا منتظمة وكرة فقط، وتريد بواسطتها إثبات القانون الأول لنيوتن، كيف يمكنك ذلك؟

## ٤-٣: القانون الثاني لنيوتن (Newton's Second Law of Motion)

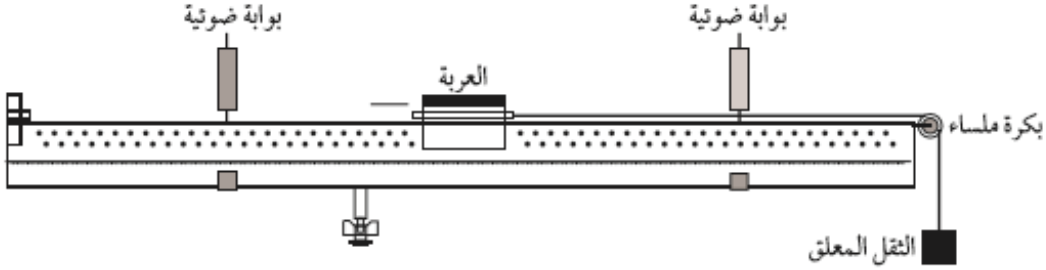
**لتتعرف القانون الثاني لنيوتن نفِّذ النشاط الآتي:**

### نشاط (١٠): العلاقة بين القوة والتسارع:

**المواد والأدوات:**

السكة الهوائية، وملحقاتها، وميزان حساس، وميزان تسوية ومسطرة.

**الخطوات:**




١- اضبط استواء السكة الهوائية يدوياً أو بميزان التسوية.

٢- ركّب البوابتين الضوئيتين على مسافة مناسبة من السكة الهوائية وصلهما بالعداد الرقميّ.

٣- ثبّت حاجزاً على شكل حرف U على العربة ثم قم بقياس عرض الحاجز.

٤- ثبّت البكرة على طرف السّكة.

٥- اربط العربة بخيط خفيف يمرّ حول البكرة ويرتبط في نهايته خطاف صغير.

٦- شغّل العداد على وظيفة قياس التسارع في العداد.

٧- علّق كتلة معروفة في طرف الخيط الحر واحسب وزنها (و).

٨- شغّل المضخّة الهوائية واترك العربة تتحرك خلال البوابتين الضوئيتين.

٩- سجّل القراءات الثلاثة التي تظهر على العداد بالترتيب وهي على النحو الآتي:

* القراءة الأولى: زمن قطع الحاجز للبوابة الأولى $ز_١$ (عرض الحاجز ٥ سم أو ٣ سم).
* القراءة الثانية: زمن قطع الحاجز للبوابة الثانية $ز_٢$
* القراءة الثالثة: الزمن المستغرق لقطع المسافة بين البوابتين $ز_٣$

| رقم المحاولة | و | $ز_١$(ث) | $ز_٢$(ث) | $ز_٣$(ث) | $ع_١ = \frac{ف_١}{ز_١}$ | $ع_٢ = \frac{ف_٢}{ز_٢}$ | $ت = \frac{ع_٢ - ع_١}{ز_٣}$ | القوة المؤثرة (نيوتن) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ١ | | | | | | | | |
| ٢ | | | | | | | | |
| ٣ | | | | | | | | |

١٠- كرر التّجربة باستخدام أثقال مختلفة واحسب التسارع بالطريقة نفسها ثم ارسم منحنى القوة ــ التّسارع، هل تستطيع إيجاد كتلة العربة من الرسم؟

**بعد إجرائك النشاط السابق تستنتج أنه:**

إذا أثرت **محصلة قوى خارجية مقدارها ق على جسم كتلته ك فإنها تكسبه تسارعاً يتناسب طردياً مع مقدارها ويكون باتجاهها نفسها.**

**وتعرف العلاقة السابقة بالقانون الثاني لنيوتن.**

ويمكن كتابة العلاقة الرياضيّة للقانون الثاني لنيوتن كما يلي:

$$\Sigma \overleftarrow{ق} = ك \times \overleftarrow{ت}$$

ق : القوة المؤثرة بوحدة نيوتن
ك: كتلة الجسم المتأثر بالقوة بوحدة كغم
ت: التسارع بوحدة (م/ ث$^{٢}$)

لاحظ أنه كلما زادت كتلة الجسم زادت القوة اللازمة لتحريكه، وتعرف الكتلة الناتجة عن قسمة القوة المؤثرة على التسارع بكتلة القصور، وهي خاصية فيزيائية تُقاس بوحدة الكيلوغرام.

**مثال (٣):**

يسحب سعيد طاولة كتلتها ٢٠ كغم باتجاه الغرب بقوة مقدارها ٢٠ نيوتن ويسحب سمير بقوة مقدارها ٣٠ نيوتن بالاتجاه نفسه، احسب: تسارع الطاولة مقداراً واتجاهاً.

**الحلّ:**

محصلة قوتين الاتجاه نفسه = حاصل جمعهما

$\overleftarrow{ح} = \overleftarrow{ق_{١}} + \overleftarrow{ق_{٢}}$ ، $|\overleftarrow{ح}| = ٢٠ + ٣٠ = ٥٠$ نيوتن باتجاه الغرب

$\overleftarrow{ح} = ك \times \overleftarrow{ت}$

$٥٠ = ٢٠ \times ت$ بقسمة الطرفين على ٢٠

$\overleftarrow{ت} = \frac{٥٠}{٢٠} = ٢,٥$ م/ ث$^{٢}$ باتجاه الغرب

**مثال (٤):**

يسحب شخص دلو ماء كتلته ٣٠ كغم من بئر لأعلى بقوة ٤٥٠ نيوتن، احسب تسارع الجسم بإهمال مقاومة الهواء ووزن الحبل.

**الحلّ:**

محصلة قوتين متعاكستين فالاتجاه = حاصل طرحهما

$\overleftarrow{ح} = \overleftarrow{ق} + \overleftarrow{و}$ ، $|\overleftarrow{ح}| = |\overleftarrow{ق}| - |\overleftarrow{و}|$

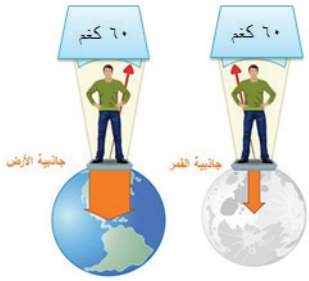
= ٤٥٠- (١٠×٣٠) = ١٥٠ نيوتن باتجاه الأعلى

$\overleftarrow{ح} = ك \times \overleftarrow{ت}$

$١٥٠ = ٣٠ \times \overleftarrow{ت}$ بقسمة الطرفين على ٣٠

$\overleftarrow{ت} = \frac{١٥٠}{٣٠} = ٥$ م/ ث$^{٢}$ باتجاه الأعلى

**فكر** جسم كتلته ٦٠ كغم، هل تتغير كتلته عندما يكون على سطح القمر؟ وكم يبلغ وزنه على سطح القمر علماً أن جاذبية القمر تساوي سدس جاذبية الأرض؟ فسّر إجابتك؟

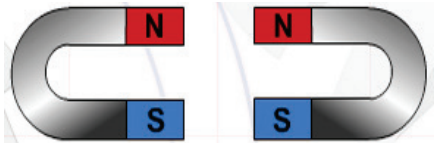



## ومن تطبيقات القانون الثاني لنيوتن:

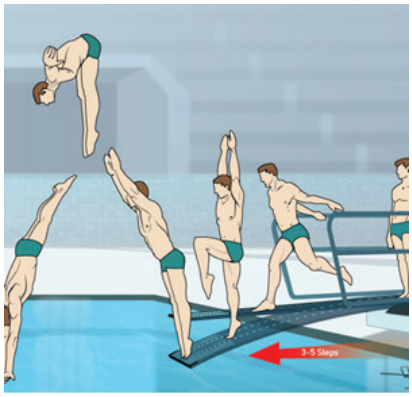
١- المظلات وعمليات الهبوط بواسطة المنطاد حيث يهبط الجسم تحت تأثير قوتين، وزنه ومقاومة الهواء.

٢- المصعد الكهربائي يعدّ من أهم تطبيقات القانون الثاني لنيوتن.

## القانون الثالث لنيوتن:




- ☐ ماذا يحدث للمغناطيس عند تقريب الأقطاب المتشابهة من بعضها؟ ولماذا؟
- ☐ ماذا يحدث لأقدام القافز ورأسه في الماء حسب الصورة وكذلك لمنصة الغوص، ولماذا ؟



**لعلك لاحظت أن القوى توجد على شكل أزواج من قوتي الفعل وردّ الفعل.**

حيث إن القطبين المتشابهان للمغناطيس يتنافران عن بعضهما فيتجه أحدهما لليسار والآخر لليمين. والسباح حين ينحني للأمام ترتد قدماه للخلف (تنثيان) كقوة ردّ فعل للحفاظ على توازن الجسم وكذلك منصة السباحة تنزل لأسفل بفعل وزن السباح ثم ترتد لأعلى كقوة رد فعل.

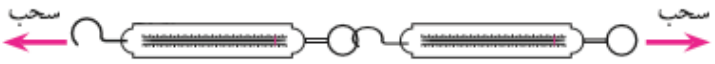
لكن ما العلاقة بين قوتي الفعل وردّ الفعل؟ هل هما متساويان أم أن إحداهما أكبر من الآخر في المقدار؟ دعنا نجري النشاط الآتي من أجل معرفة طبيعة هذه العلاقة:

## نشاط (١١): قوتا الفعل ورد الفعل:

**المواد والأدوات:**

ميزان نابض عدد ٢.

**الخطوات:**




١- اشبك الميزانين معاً كما في الشكل واسحبهما.

٢- سجّل قراءة كل من الميزانين وقارن بين القراءتين.

لعلك لاحظت تساوي القراءة في الحالتين مما يعني أن قوتي الفعل و ردّ الفعل متساويتان في المقدار.

ويبقى السؤال، هل من الضروري أن يكون خطّ عمل القوتين (الفعل و ردّ الفعل) منطبقاً أم لا؟

تأمّل لعبة السي ـ سو لتعرف ذلك. إن وجود ثقلين متساويين في لعبة السي ـ سو على موقعين مختلفين (خطّ عملهم غير مشترك) يؤدّي لحدوث دوران للعبة مما يعني أنهما لا تشكلان قوتي فعل و ردّ فعل، لذلك يشترط في قوتي الفعل و ردّ الفعل أن يكون خطّ عملهما مشتركاً.

### مما سبق نستنتج أنه:

لكل قوة فعل يوجد قوة ردّ فعل مساوية لها في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه و تؤثّران في جسمين مختلفين وخطّ عملهما مشترك ومنطبق.

**تسمى النتيجة السابقة بالقانون الثالث لنيوتن ويلاحظ أن القوتين (الفعل ورد الفعل) يمكن تطبيقهما إذا توفرت هذه الشروط:**

١- أن تكون على شكل زوج من قوة الفعل وقوة ردّ الفعل و تؤثّران على جسمين مختلفين.

٢- أن تكون قوة ردّ الفعل مساوية لقوة الفعل مقداراً وتعاكسها اتجاهاً.

٣- أن يكون خطّا عمل قوة الفعل وقوة ردّ الفعل منطبقين ومشتركين.

## تطبيقات القانون الثالث لنيوتن:

إن خرطوم المياه في سيارة إطفاء الحرائق مثال على قوة الفعل و قوة ردّ الفعل فاندفاع الماء من فوهة الخرطوم قوة فعل وارتداد رجل الإطفاء للخلف قوة رد فعل.

هل بإمكانك ذكر تطبيقات أخرى على القانون الثالث لنيوتن؟

**فكر** لا تعتبر عملية فتح صنبور الماء وإغلاقه تطبيقا على القانون الثالث لنيوتن.

**سؤال** حددْ قوتي الفعل ورد الفعل في الأشكال الآتية:

## مشاريع مقترحة:

- صمم تجربة تثبت من خلالها القانون الأول لنيوتن حيث تكتب تقريراً يشمل المواد والأدوات والخطوات.
- صمم جهازاً يعتمد على القانون الثالث لنيوتن من مواد وخامات بيئية بسيطة.

## أسئلة الفصل

س١: وضح المقصود بما يلي: القوة، القصور الذاتي، التردد، الحركة الدائرية والتّسارع المركزيّ

س٢: اختر رمز الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

١- تُقاس القوة بوحدة:

أ- م/ث. ب- كم/ م. ث. ج- كغم. م/ ث. د- كغم . م/ ث$^{٢}$.

٢- الصيغة الرياضية للقانون الثالث لنيوتن:

أ- $\overleftarrow{ق_{١}} = \overleftarrow{ق_{٢}}$ ب- $\overleftarrow{ق_{١}} + \overleftarrow{ق_{٢}}$ = صفر ج- $\overleftarrow{ق_{١}} = - \overleftarrow{ق_{٢}}$ د- $\overleftarrow{ق_{١}} - \overleftarrow{ق_{٢}} = ٥$

٣- جسم كتلته (ك) تؤثر به قوة شد للأعلى بمقدار ثلاثة أمثال وزنه، فإن مقدار التسارع الذي يتحرك به الجسم يساوي:

أ- ٢ جـ. ب- ٣ جـ. ج- $\frac{١}{٢}$ جـ. د- جـ.

٤- القوتان المتبادلتان بين جسمين هما قوتا الفعل وردّ الفعل:

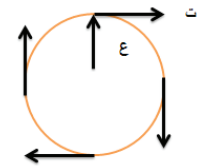
أ- القوتان تؤثران معا على كل من الجسمين. ب- كل قوة تؤثر على جسم من الجسمين.

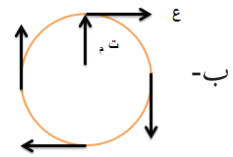
ج- القوتان تؤثران معا على أحد الجسمين. د- القوتان تؤثّران بالتناوب على كل من الجسمين.

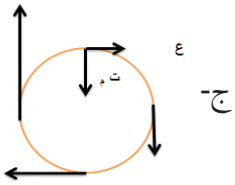
٥- إذا تحرك جسم على محيط دائرة بسرعة خطية ٣,١٤م/ث فقطع دورة كاملة في ثانيتين فإن نصف قطر الدائرة بوحدة المتر يساوي:

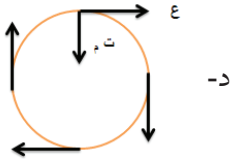
أ- ٠,٢٥ ب- ٠,٥ ج- ١ د- ٢

٦- الرسمة الصحيحة التي توضح التّغير في سرعة و تسارع الجسم في الحركة الدائرية المنتظمة، هي:

أ- 


ب- 


ج- 


د- 


٧- ترمي فتاة المقلاعة «حجر مربوط بخيط» باتجاه هدف معين، إذا كان طول الخيط نق، وكانت سرعة الانطلاق للحجر ع والتسارع المركزي ت م، إذا ضاعفت الفتاة سرعة المقلاعة مع بقاء نصف القطر ثابتاً فإن التسارع بدلالة ت م :

أ- ت م. ب- $\frac{١}{٢}$ ت م ج- ٢ ت م. د- ٤ ت م.

## أسئلة الفصل

س٣: جسم وزنه ٥٠ نيوتن يتحرك على سطح أفقي خشن بسرعة ثابتة تحت تأثير قوة موازية للسطح مقدارها ٢٠ نيوتن، احسب :

١- قوة التلامس العمودية.

٢- قوة الاحتكاك.

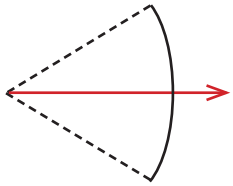
س٤: من خلال القراءات الموضّحة في الجدول الآتي:

| القوة ( نيوتن ) | ١٠ | ٢٠ | ٣٠ | ٤٠ | ٥٠ |
|---|---|---|---|---|---|
| التسارع ( م / ث ٢ ) | ٢ | ٤ | ٦ | ٨ | ١٠ |

- مثّل القراءات بيانياً لمنحنى (ق – ت) ثم احسب كتلة الجسم.

س٥: قارن بين الكتلة والوزن من حيث وحدة القياس، الأداة المستخدمة في القياس، نوعها من الكميات الفيزيائية.

س٦: فسّر: ارتداد المدفع للخلف عند انطلاق القذيفة منه.



س٧: يتسابق طفلان على رمي السّهم أفقيا للنقطة نفسها باستخدام اللعبة في الشكل المجاور، سحبها الأول حيث استطالت ١٥ سم، فيما استطالت مع صديقه ٢٥ سم، أيّهما يقطع سهمه مدى أفقيا أكبر؟

س٨: قمران صناعيان مختلفان في الكتلة يدوران حول الأرض في المدار نفسه، هل الزمن الدوري لهما متساوٍ؟ فسر ذلك.

س٩: جد الزمن الدوريّ والتردد لجسم يدور في دائرة نصف قطرها ١٠٠ متر بسرعة ٤ م/ث

## أسئلة الوحدة

س١: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل واحدة من الفقرات الآتية:

١- العلم الذي يختص بدراسة المادة في حالاتها المختلفة والعمليات القائمة عليها هو:

أ- النانو تكنولوجي. ب- المواد. ج- الموائع. د- الالكترونيات.

٢- إذا كانت كثافة الزئبق ١٣,٦ غم / سم$^{٣}$ . فإن مقدارها في النظام الدوليّ:

أ- ١٣٦٠٠ ب- ٠,١٣٦ ج- ١٣٦ د- ١٣٦٠

٣- المقارنة بين طول شخص ما بطول معروف، هي:

أ- الدقة. ب- التقدير. ج- القياس. د- المعايرة.

٤- الجزء من الورنية والذي يشكل حرف T مع الذراع المدرج هو:

أ- الفك الثابت. ب- الفك المتحرك. ج- قياس العمق. د- برغي التثبيت.

٥- إن حاصل جمع متجهين متعاكسين بالاتجاه يكون:

أ- أكبر منهما و باتجاه الأكبر قيمة. ب- أكبر منهما و باتجاه الأقل قيمة.

ج- أصغر منهما و باتجاه الأكبر قيمة. د- أصغر منهما و باتجاه الأصغر قيمة.

٦- إذا تحرك جسم ١٠م شرقاً ثم عاد للنقطة نفسها التي انطلق منها فإن إزاحته تساوي:

أ- صفرا. ب- ١٠ م ج- ٢٠م د- ٥م

٧- إذا كان موضع الجسم ثابتاً فإن سرعته:

أ- تتزايد. ب- صفر ج- تتناقص د- ١م/ث

٨- تحركت سيارة من السكون فوصلت سرعتها بعد ٤ ثواني إلى ١٢ م/ ث، فإن متوسط تسارعها بوحدة م/ث$^{٢}$ يساوي:

أ- ٦ ب- ٣ ج- ٢ د- $\frac{١}{٣}$

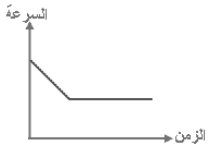
## أسئلة الوحدة

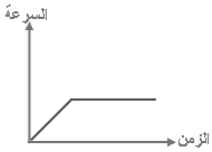
٩- أي من الأشرطة الآتية يمثّل جسماً يتحرك بسرعة ثابتة:

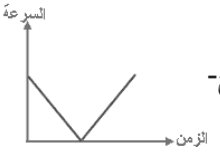
أ- ..... ب- . . . . .

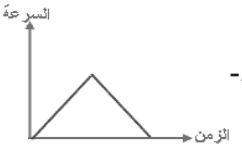
ج- . . . . . د- . . . . . .

١٠- أيّ الخطوط البيانيّة التالية يمثّل العلاقة بين مقدار السرعة والزمن لجسم مقذوف إلى أعلى ثم عودته إلى سطح الأرض:

أ- 


ب- 


ج- 


د- 


١١- قوة ق تؤثر على جسم كتلته ك فتحركه في خطّ مستقيم بتسارع ثابت مقداره ت، إذا زادت كتلة الجسم للضعف فإن تسارعه يصبح:

أ- ٠,٥ ت ب- ٢ ت ج- ت د- ت$^{٢}$

١٢- يتحرك جسم كتلته ك في خطّ مستقيم بسرعة ثابتة مقدارها ١٠ م / ث، محصلة القوة المؤثرة عليه تساوي:

أ- ٢٠ ب- ٥ ج- صفراً د- ٢

١٣- سحب جسم كتلته ٢ كغم لأعلى بقوة ٦٠ نيوتن فإن مقدار تسارعه ت يكون : (جـ = ١٠ م/ث$^{٢}$):

أ- ١٥ ب- ٢٠ ج- ٣٠ د- ٦٠

١٤- في الحركة الدائرية المنتظمة تكون السرعة المماسية:

أ- ثابتة مقدرا و اتجاها. ب- ثابتة مقدارا و متغيرة اتجاها.

ج- متغيرة مقدارا وثابتة اتجاها. د- متغيرة مقدارا واتجاها.

١٥- أثرت قوة مقدارها ٣٠ نيوتن على نابض فضغطته مسافة ٠,٣ متر، يكون ثابت النابض له بوحدة (نيوتن/ م)

أ- ١٠ ب- ١٠٠ ج- ١٠٠٠ د- ١٠٠٠٠

## أسئلة الوحدة

س٢: وضح المقصود بالمصطلحات الآتية: الفيزياء الفلكية، نقطة الإسناد، متجه الوحدة، السرعة اللحظية، الإزاحة، نيوتن.

س٣: علل:

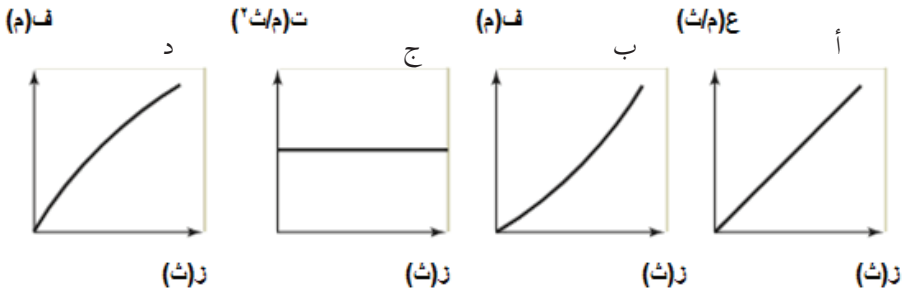
١- التسارع كمية متجهة ومشتقة.

٢- الورنية أكثر دقة من المسطرة العادية.

٣- تسقط الريشة في زمن أكبر من زمن سقوط الحجر.

س٤: يركب فارس حصاناً فسار به مسافة ٨كم شرقاً ثم ١٧ كم شمالاً ومن ثم توقّف بعدها، إذا أراد الفارس أن يعود للبداية في خطّ مستقيم، فكم الإزاحة التي يجب أن يقطعها؟ وفي أي اتجاه؟

س٥: صف التغيّر في حركة الجسم في كل شكل من الأشكال الآتية:




س٦: جمع طالب البيانات الآتية في الجدول الآتي أثناء استخدامه لجهاز السقوط الحر، أكمل الجدول ثم مثل منحنى (٢ف – ز٢) بيانياً، ثم احسب قيمة تسارع الجاذبية الأرضية من الرسم البيانيّ:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **الارتفاع (ف) بالمر** | ٠,٤ | ٠,٦ | ٠,٨ | ٠,٩ | ١ |
| **ضعف الارتفاع (٢ف)** | | | | | |
| **الزمن (ز) بالثانية** | ٠,٢٨٩ | ٠,٣٥٢ | ٠,٤٠٦ | ٠,٤٣١ | ٠,٤٥٦ |
| **مربع الزمن (ز٢)** | | | | | |

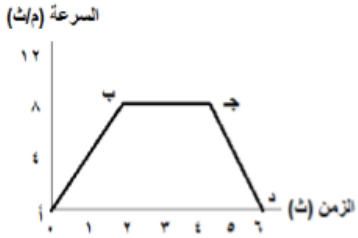
س٧: قام طالب بتجربة لتعيين ثابت النابض وجمع البيانات الآتية:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **القوة بالنيوتن** | ٢٠ | ٤٠ | ٦٠ | ٨٠ | ١٠٠ |
| **الاستطالة بالسنتيمتر** | ١٠ | ١٩ | ٣٢ | ٤٠ | ٥٠ |

**مثل بيانيا العلاقة بين (ق-س ) ثم جد ثابت النابض بوحدة (نيوتن /م).**

## أسئلة الوحدة

س٨: يمثّل الشكل المجاور منحنى السرعة – الزمن لمركبة تتحرك في خط مستقسم، أجب عن الأسئلة الآتية:




١- تسارع السيارة حتى الثانية ٢.

٢- إزاحة السيارة في الفترة ب جـ.

٣- صف تغير الموضع والتسارع في الفترة جـ د.

س٩: سقط جسم كتلته ( ١ كغ ) سقوطاً حراً من ارتفاع ( ٢٠ م ) عن سطح الأرض، بإهمال مقاومة الهواء واعتبار جـ = ١٠م / ث$^{٢}$ احسب:

١- الزمن الذي يحتاجه الجسم حتى يصل سطح الأرض.

٢- سرعة الجسم قبل أن يصل سطح الأرض مباشرة.

٣- وزن الجسم.

س١٠: جسم يدور في مسار دائريّ قطره ٥٠ م بسرعة ١٠ م / ث، احسب:

١- الزمن الدوريّ للجسم.

٢- تردد حركة الجسم.

٣- التّسارع المركزيّ للجسم.

س١١: يتحرك القمر في مدار دائريّ حول الأرض نصف قطره (٣٨٤٠٠٠ كم) في زمن قدره (٢٧,٣) يوم، ما تسارعه؟

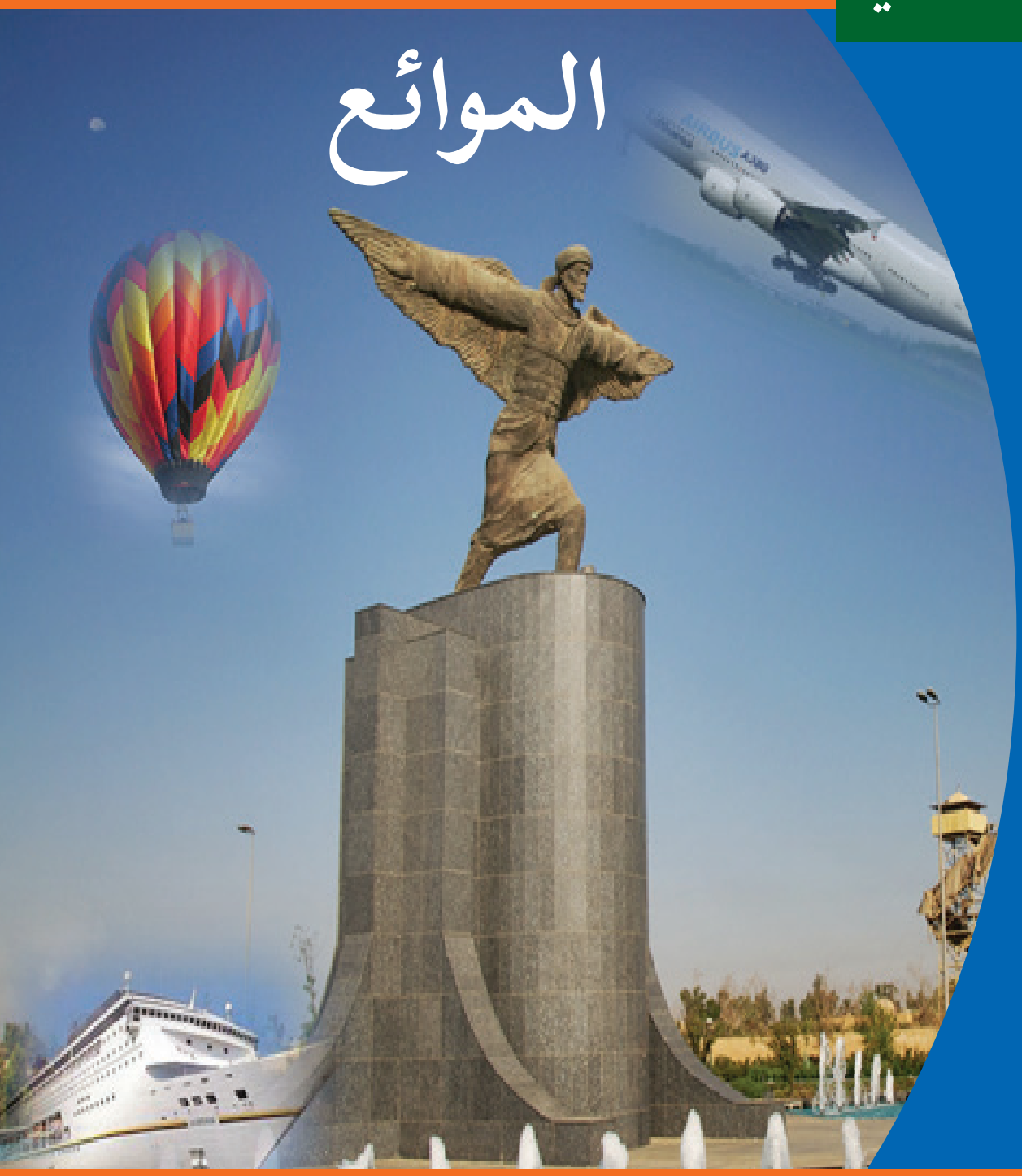
س١٢: تدور سيارة حول دوار مدينة رام الله الذي نصف قطره ١٥ م تقريباً بسرعة ٣م/ث احسب:

١- التسارع المركزي للسيارة.

٢- الزمن الدوريّ.

# الوحدة الثانية

# الموائع



تخيّل حال الأرض دون موائع ... كيف سيكون حال النقل وتبادل السلع المتنوعة بين الدول؟

# الوحدة الثانية: الموائع (Fluids)

إنّ دراسة الموائع ضرورية لما لها من أهمية في حياة الإنسان، فالماء في البحار والمحيطات يشكل (٧١٪) من سطح الكرة الأرضية، وهو مصدر رئيس للثروات الطبيعية والحيوانية، كما أنه يسهم في التواصل بين شعوب الأرض من خلال النقل بالسفن، وكذلك الغلاف الجوي المحيط بالأرض والذي لا يمكن الاستغناء عنه ولا تستمر الحياة بدونه سواء بالنسبة للإنسان أو الحيوان أو النبات وهو ضروري لحدوث كثير من التغيرات الجوية وما يرافقها من ظواهر، كما يستخدمه الإنسان في النقل بالطائرات وفي الرصد عن طريق البالونات والمناطيد.

وقد تعرف الإنسان على صفات السوائل والغازات، واهتدى إلى توظيفها من أجل خدمته، فقد أمر الله سبحانه وتعالى سيدنا نوح بصنع (الفلك) السفينة عندما أراد أن يهلك قومه بإغراقهم في الماء ونجا نوح ومن آمن معه.

فماذا نقصد بالموائع؟ وكيف تفسر عبور السفن والبواخر البحار والمحيطات وهي تحمل آلاف الأطنان دون أن تغرق؟ وكيف تفسِّر تحليق الطائرات والبالونات والمناطيد في الغلاف الجويّ دون أن تسقط على سطح الأرض؟

هذه الأسئلة وغيرها ستتمكن من الإجابة عليها بعد دراستك هذه الوحدة، ويتوقع منك أن تكون قادراً على تحقيق النتاجات الآتية:

- تعرُّف ضغط المائع وتطبيقاته في الحياة العملية.
- توظف مبدأ باسكال وقاعدة أرخميدس في تفسير بعض الظواهر الطبيعية وتطبيقاتها العملية.
- تستخدام القوانين الرياضية للمكبس الهيدروليكي وقاعدة أرخميدس في حل مسائل عددية.
- تصمم مشروع على مبدأ باسكال أو قاعدة أرخميدس.

# الموائع السكونية (Statistic Fluids)

يسمّى العلم الذي يعنى بدراسة السوائل والغازات بميكانيكا الموائع، والموائع إما ساكنة أو متحركة، وسندرس في هذا الفصل خصائص الموائع السكونية كالضغط والعوامل التي يعتمد عليها وتطبيقاتها العملية، وقاعدة باسكال وتطبيقاتها العملية في الأنظمة الهيدروليكية، وقاعدة أرخميدس وتفسيرها لظاهرة الطفو وبعض تطبيقاتها العملية.

**يتوقع منك بعد دراسة هذا الفصل أن تكون قادراً على أن:**

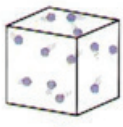
وَمِنْ ءَايَٰتِهِ ٱلْجَوَارِ فِى ٱلْبَحْرِ كَٱلْأَعْلَٰمِ ﴿٣٢﴾ (الشورى)

- توضّح المقصود بالمفاهيم الآتية: المائع، الضغط، مبدأ باسكال وقاعدة أرخميدس.
- تبين العلاقة بين الضغط وكلّ من القوة والمساحة.
- تستنتج العلاقة بين ضغط السائل وكل من عمقه وكثافته عملياً.
- تحلّ مسائل على حساب ضغط السائل السكوني عند نقطة.
- تستنتج قاعدة أرخميدس عملياً.
- تحلّ مسائل متنوعة على قاعدة أرخميدس.
- توظف مبدأ باسكال وقاعدة أرخميدس في تفسير بعض الظواهر الطبيعية.

## ١-١: ضغط المائع (Fluid Pressure)

صلب

سائل



غاز

تعلمت سابقاً أن للمادة حالات ثلاث وأن قوى التّرابط بين جزيئاتها تكون قوية في الحالة الصلبة وضعيفة في الحالة السائلة وضعيفة جداً في الحالة الغازية، فالسوائل والغازات كما تلاحظ تأخذ شكل الوعاء الذي توضع فيه بسبب ضعف قوى الترابط بين جزيئاتها مما جعلها تتصف بخاصية الجريان في السوائل والانتشار في الغازات.

**فالمائع هو كلّ مادة تتصف بخاصية الجريان أو الانتشار.**

**وللتعرّف إلى ضغط المائع نفِّذ النشاطين الآتيين.**

## نشاط (١): ضغط الماء

**المواد والأدوات:**

قارورة بلاستيكية بلا غطاء، وكأس زجاجي أو كأس بلاستيك شفاف، ومسمار، وملقط خشبي، ومصدر حراريّ وماء ملون.

**الخطوات:**

١- املأ الكأس إلى ثلثيه بالماء الملون.

٢- امسك المسمار بالملقط الخشبي وسخنه على المصدر الحراري، ثم اثقب القارورة البلاستيكية بالمسمار ثقباً أو أكثر على جانبيها بالقرب من قاعدتها.

٣- امسك القارورة من فوهتها واغمرها في الكأس لفترة كافية كما في الشكل أعلاه، ماذا تلاحظ؟ وما سبب ارتفاع الماء في القارورة إلى مستوى أعلى من مستوى الثقب وموازاته لمستوى الماء في الكأس؟

**فكر** كيف يمكن أن تملأ قارورة بلاستيكية بالماء دون أن تُدخِل الماء من فوهتها ويبقى داخل القارورة؟

## نشاط (٢): ضغط الماء

**المواد والأدوات:**

معجون بلاستيسين، ماء ساخن، ماصة، قارورة زجاجية، ماء ملون وكأس زجاجيّ.

**الخطوات:**

١- خذ قطعة من معجون البلاستيسين واجعلها بشكل اسطواني ثم لفّها حول الماصة من منتصفها.

٢- املأ القارورة الزجاجية بالماء الساخن وانتظر قليلاً واملأ الكأس الزجاجي الكبير جزئياً بالماء الملوّن.

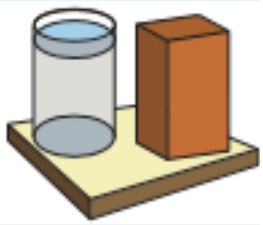
٣- ثبت الماصة بواسطة المعجون على فوهة القارورة، ثم اقلبها للأسفل، بحيث يتم غمر الماصة في كأس الماء الملون، ولاحظ ما يحدث، ما تفسيرك لذلك؟

**لعلك لاحظت في النشاط الأول:** إن ضغط الماء في الحوض الزجاجي سبب ارتفاع الماء في القارورة البلاستيكية من أسفل الى أعلى، أما في النشاط الثاني فإن فرق ضغط الهواء بين خارج القارورة وداخلها هو الذي أدّى إلى ارتفاع الماء فيها.

**بحث:** اكتب تقريراً عن أثر وجود فرق في الضغط الجويّ في الحياة على سطح الأرض.

**ولكن كيف ينشأ ضغط المائع؟**

في الشكل (١ -١) يتولد ضغط على قاعدة الكأس نتيجة تأثير وزن الماء كما يتولد ضغط على قاعدة متوازي المستطيلات الخشبي من تأثير وزنه، ويمكن حساب الضغط من العلاقة الآتية:



الشكل (١-١)

$$\text{ض} = \frac{\text{ق}}{\text{أ}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (١)$$

حيث (ض) الضغط ويقاس بوحدة باسكال، (ق) القوة المؤثرة عمودياً بوحدة نيوتن، (أ) مقدار المساحة التي تؤثر عليها القوة وتقاس بوحدة متر مربع.

وبناء على العلاقة السابقة يمكن تعريف الضغط بأنه مقدار القوة التي تؤثّر عموديا على وحدة المساحة ويقاس الضغط بوحدة الباسكال وهي تساوي نيوتن/ م$^{٢}$

**وهناك وحدات أخرى يقاس بها الضغط، منها:**

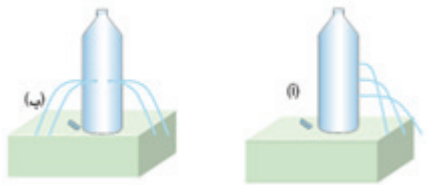
البار = ١٠$^{٥}$ باسكال

الميلي بار = ١٠٠ باسكال

التور ≅ ١ملم زئبق

ضغط جوي (ض.) = ١,٠١٣ × ١٠$^{٥}$ باسكال = ٧٦٠ ملم زئبق

## ١-٢: ضغط السائل (Liquid Pressure)




الشكل (٢-١)

تأمّل الشكل (٢ -١) والذي يمثل قارورتين متماثلتين مملؤتين بنفس كمية الماء، ولاحظ ضغط السائل على جدران الوعاء من خلال تدفق الماء من الثقوب في القارورتين. تأمل موقع خزان المياه الرئيسي في بلدك وكذلك موقع خزان المياه في بيتك، فسر سبب اختيار هذه المواقع. هل الضغط متساوٍ عند النقاط جميعها داخل السائل؟ وما العوامل التي يعتمد عليها ضغط السائل؟ ولتتعرف إلى العوامل التي يعتمد عليها ضغط السائل نفّذ النشاطين الآتيين:

## نشاط (٣): العلاقة بين عمق النقطة داخل السائل وضغطه

**المواد والأدوات:**

حوض زجاجي، ومسطرة، وأنبوب مطاطي، وماء، وورقة رسم بيانيّ، ،حامل خشبيّ، وزيت، وقمع زجاجيّ، وغشاء مطاطيّ (بالون)، وأنبوب زجاجي على شكل حرف U.

**الخطوات:**

١- ثبّت مسطرة بشكل عمودي على القاعدة ثم ثبّت الأنبوب الزجاجي رأسياً على الحامل حيث تقع ورقة الرسم البياني خلفه ثم ضع الزيت في الأنبوب.

٢- ثبت غشاء المطاط على فوهة القمع الزجاجيّ.

٣- صل القمع الزجاجي بأحد طرفي الأنبوب المطاطيّ وصِلْ الطرف الآخر للأنبوب المطاطيّ بإحدى شعبتي الأنبوب الزجاجيّ.

الشكل (٢-٢): العلاقة بين ضغط السائل وعمقه

٤- ثبّتْ المسطرة على جانب الحوض الزجاجيّ للمساعدة في قراءة العمق.

٥- اغمر القمع في الحوض الزجاجي المملوء بالماء حيث تكون فوهته إلى أسفل كما في الشكل (٢-٢).

٦- سجّل في جدول مقدار كل عمق ومقدار الفرق في الزيت بين شعبتي الأنبوب الزجاجيّ.

٧- كرر الخطوة ٥ مرات عديدة وسجّل القيم كما في الخطوة ٦ وعلى أعماق مختلفة.

| المحاولة | ل (عمق النقطة داخل السائل) (سم) | $\Delta$ ل (سم |
|---|---|---|
| ١ | | |
| ٢ | | |
| ٣ | | |
| ٤ | | |
| ٥ | | |
| ٦ | | |

٨- ارسم باستخدام برنامج Excel أو باستخدام ورق الرسم البيانيّ العلاقة بين الفرق في مستوى الزيت وعمق القمع داخل السائل.

٩- استنتج من الرسم البياني الذي حصلت عليه العلاقة بين ضغط السائل وعمقه.

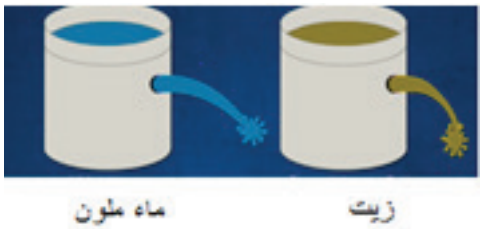
١٠-إذا تمت إدارة فوهة القمع الزجاجي بشكل جانبي وعلى الارتفاع نفسه، هل تتغير قيمة ضغط السائل؟ فسّر إجابتك.

**سؤال**

١- سمكتان إحداهما كبيرة والأخرى صغيرة تحت سطح الماء وعلى العمق نفسه، أيهما يكون الضغط عليها أكبر؟ فسّر إجابتك؟

٢- لماذا يتم تركيب فتحة الماء في الخزان الذي يزود المنزل بالماء بالأسفل بالقرب من القاعدة؟

**تأمّل الشكل المجاور، هل يعتمد ضغط السائل على نوعه؟**

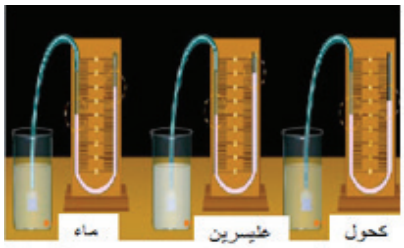



**ستتعرف إلى إجابة هذا السؤال بعد تنفيذ النشاط الآتي:**

## نشاط (٤): العلاقة بين كثافة السائل وضغطه

**المواد والأدوات:**

- أنبوب زجاجي على شكل حرف U، وقمع زجاجيّ، ،غشاء مطاطيّ (بالون)، وسوائل مختلفة (ماء، غليسرين، كحول)، ٣ كؤوس زجاجية كبيرة متماثلة، ومسطرة، أنبوب مطاطيّ، وورقة رسم بيانيّ، وماء ملون وحامل خشبي.



الشكل (٢-٣)

**الخطوات:**

١- ثبّتْ غشاء المطاط على فوهة القمع الزجاجيّ، وثبّتْ الأنبوب الزجاجيّ على الحامل الخشبيّ.

٢- صِلْ القمع الزجاجيّ بأحد طرفي الأنبوب المطاطيّ وصل الطرف الآخر للأنبوب المطاطيّ بإحدى شعبتي الأنبوب الزجاجيّ بعد أن تضع فيه الماء الملون كما في الشكل السابق.

٣- اغمر القمع لتكون فوهته إلى أسفل إلى أن تصل إلى عمق معين في الكأس الذي فيه الماء، ومن ثم سجّل الفرق في مستوى الماء الملون في شعبتي الأنبوب الزجاجيّ كما في الجدول السابق.

| السائل | كثافة السائل (كغم / م٣) | الفرق في مستوى الماء الملون |
|---|---|---|
| ماء | ١٠٠٠ | |
| غليسرين | ١٢٦٠ | |
| كحول | ٧٥٠ | |

٤- أعد التجربة حيث تغمر القمع في الكؤوس التي تحتوي على كل من الغليسرين والكحول إلى العمق نفسه كما في الخطوة ٣، وسجّل في كلّ مرة الفرق في مستوى الماء الملوّن في شعبتي الأنبوب الزجاجيّ.

٥- ارسم العلاقة بين الفرق في مستوى الماء الملون في شعبتي الأنبوب الزجاجيّ وكثافة السوائل باستخدام برنامج Excel أو باستخدام ورقة الرسم البيانيّ.

٦- من الرسم البيانيّ الذي حصلت عليه، ما العلاقة بين كثافة السائل وضغطه؟

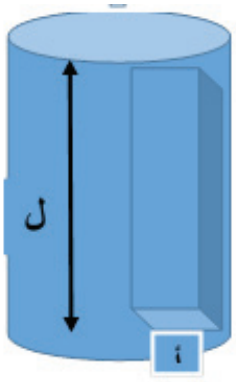
**يمكنك استبدال السوائل غير الموجودة في المختبر بسوائل أخرى.**

**من خلال النشاطين السابقين لعلك توصلت إلى العوامل التي يعتمد عليها ضغط السائل.**

**ويعرف ضغط السائل عند نقطة معينة فيه بأنه مقدار وزن السائل المؤثر عمودياً على وحدة المساحة داخل السائل عند تلك النقطة.**

فكر

قام طالب بربط بالون منفوخ بثقل وقام بإلقائه في بركة ماء فانغمر الثقل مع البالون في داخل البركة، ماذا تتوقّع أن يحدث للبالون؟ كيف تفسّر ذلك؟



الشكل (٢-٣)

ولمعرفة العوامل التي يعتمد عليها ضغط السائل نفرض أن هناك مساحة مقدارها (أ) وعلى عمق (ل) من سطح السائل كما في الشكل المجاور، وأن كثافة السائل (ث)، فإن ضغط السائل الواقع عند هذه المساحة يمكن حسابه من العلاقة التالية:

$$\text{ضغط السائل} = \frac{\text{وزن السائل}}{\text{المساحة}}$$

$$\text{ض} = \frac{\text{ق}}{\text{أ}}$$

حيث ق = وزن السائل = ك × جـ

ق = ح × ث × جـ

ق = أ × ل × ث × جـ

$$\text{ض} = \frac{\text{ق}}{\text{أ}}$$

$$\text{ض} = \frac{\text{أ} \times \text{ل} \times \text{ث} \times \text{جـ}}{\text{أ}}$$

(ك): كتلة الجسم
(جـ): تسارع الجاذبية الأرضية
(ح): حجم عمود السائل
(ث): كثافة السائل
(أ): مساحة قاعدة عمود السائل
(ل): ارتفاع عمود السائل

$$\text{ض}_{س} = \text{ث} \times \text{ل} \times \text{جـ} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٢)$$

**حيث ض:** الضغط بوحدة باسكال، ث: كثافة المائع بوحدة كغم/م$^{٣}$، ل: عمق النقطة أسفل سطح المائع بوحدة متر، جـ تسارع الجاذبية الأرضية بوحدة م/ث$^{٢}$ بالنظام الدولي.

أي أن ضغط السائل في نقطة داخله يعتمد على كل من عمق النقطة داخل السائل وكثافته وتسارع الجاذبية الأرضية، ولكن قيمة الجاذبية الأرضية في المكان الواحد ثابتة.

كما أن ضغط السائل يكون عمودياً على جدران الوعاء الموضوع فيه السائل.

**ويسمى الضغط الناشئ عن وزن عمود السائل عند نقطة معينة بضغط المعيار (ض$_{س}$)، ويضاف الضغط الجويّ إلى ضغط السائل ليعطي الضغط المطلق (ض$_{م}$).**

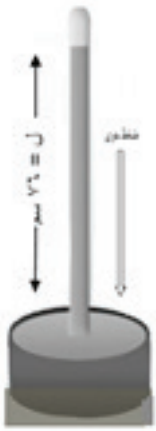
**الضغط المطلق (ض$_{م}$) = الضغط الجوي (ض$_{ج}$) + ضغط السائل (ض$_{س}$).**

$$ض_{م} = ض_{ج} + ث\ ل\ جـ \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٣)$$

ولحساب معدل الضغط الجانبي داخل حوض نأخذ معدل الضغط عند السطح والقاعدة

$$\text{معدل الضغط} = \frac{\text{الضغط}_{\text{عند السطح}} + \text{الضغط}_{\text{عند القاعدة}}}{٢} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٤)$$

إن أول من تمكّن من صنع أداة لقياس الضغط الجويّ هو العالم الإيطالي تورشيللي، حيث سكب كمية من الزئبق في حوض صغير وملأ أنبوب طوله حوالي (١) متر بالزئبق تماماً، ومن ثم نكّسه في حوض الزئبق بشكل رأسي كما في الشكل (٢-٤) دون أن يسمح بانسكاب الزئبق من الأنبوب، فانخفض مستوى الزئبق في الأنبوب واستقر عند ارتفاع ٧٦ سم، لماذا انخفض مستوى الزئبق في الأنبوب بعد تنكيسه في حوض الزئبق؟ ولماذا استقر مستوى الزئبق في الأنبوب على ارتفاع ٧٦سم؟



الشكل (٢-٤): بارومتر زئبقي

**ويمكن حساب قيمة الضغط الجويّ من العلاقة:**

ض$_{ج}$ = ض$_{\text{الزئبق}}$

ض$_{ج}$ = ث ل جـ

ض$_{ج}$ = ١٣٥٩٥ × ٠,٧٦ × ٩,٨

ض$_{ج}$ = ١,٠١٣ × ١٠$^{٥}$ باسكال

ولكن قيمة الضغط الجويّ قد تزيد أو تقلّ عن هذه القيمة تبعاً للارتفاع أو الانخفاض عن مستوى سطح البحر وتبعاً لدرجة الحرارة، لماذا؟

ومن الأجهزة المستخدمة في قياس الضغط الجويّ البارومتر المعدنيّ الشكل (٢-٥).

الشكل (٢-٥): بارومتر معدني

**فكر** وضع شريحة زجاجية على إحدى نهايتي انبوب مفتوح الطرفين، وكانت مساحتها أكبر من مساحة فوهة الأنبوب حيث أغلقته تماماً ومن ثم أدخلت بشكل رأسي مع الأنبوب في وعاء فيه ماء ملوّن وعند عمق معين توقفت واستقرت داخل الوعاء دون أن تسقط الشريحة الزجاجية، ما تفسيرك لذلك؟

## مثال (١):

سدّ يحجز الماء خلفه، إذا علمت أن ارتفاع الماء فيه ٥٠م وطول قاعدته ٢٠٠م جد ما يلي:

١- الضغط المطلق عند سطح الماء خلف السد.

٢- الضغط المطلق عند قاعدة السد.

٣- القوة المؤثرة على الجدار الداخلي للسد.

علماً بأن ض$_{ج}$ = ١ × ١٠$^{٥}$ باسكال

ث$_{الماء}$ = ١٠٠٠ كغم / م$^{٣}$

الشكل (٢-٥): السد العالي

***الحلّ:***

١) ض$_{م_{١}}$ = ض$_{ج}$ + ث ل جـ

= ١ × ١٠$^{٥}$ + ٠ × ١٠٠٠ × ١٠

= ١ × ١٠$^{٥}$ باسكال عند السطح

٢) ض$_{م_{٢}}$ = ض . + ث ل جـ

= ١ × ١٠$^{٥}$ + ٥٠ × ١٠٠٠ × ١٠

= ١ × ١٠$^{٥}$ + ٥ × ١٠$^{٥}$

= ٦ × ١٠$^{٥}$ باسكال عند القاعدة

٣) القوة المؤثّرة على الجدار = معدل الضغط × مساحة الجدار

$$\text{معدل الضغط} = \frac{(\text{ض}_{١} + \text{ض}_{٢})}{٢} = \frac{١ \times ١٠^{٥} + ٦ \times ١٠^{٥}}{٢} = ٣{,}٥ \times ١٠^{٥} \text{ باسكال}$$

ق = ٣,٥ × ١٠$^{٥}$ × (٥٠ × ٢٠٠)

= ٣,٥ × ١٠$^{٥}$ × ١ × ١٠$^{٤}$ = ٣,٥ × ١٠$^{٩}$ نيوتن .

**سؤال**

بركة سباحة مستطيلة القاعدة طولها ٢٠م، وعرضها ١٥م، وارتفاع الماء فيها ٣م جد ما يلي:

١- مقدار الضغط عند سطح البركة.

٢- مقدار الضغط عند قاعدة البركة.

٣- القوة المؤثرة على قاعدة البركة.

٤- القوة المؤثرة على كل جانب من جوانبها الداخلية.

## ١-٣: مبدأ باسكال (Pascal's Principle)

ماذا يحدث لسائل محصور عندما يتعرض لضغط خارجي؟ للإجابة عن هذا السؤال نفّذ النشاط التالي:

### نشاط (٥): مبدأ باسكال:

**المواد والأدوات:**

أداة باسكال وماء

**الخطوات:**

١- املأ جهاز باسكال المبين في الشكل المجاور بالماء.

٢- ضع المكبس في مكانه ومن ثم ابدأ بالضغط عليه ولاحظ ما يحدث، كيف تفسر ذلك؟

ملاحظة: إذا لم يتوفر جهاز باسكال في المختبر فكّر في طريقة لتنفيذ النشاط.

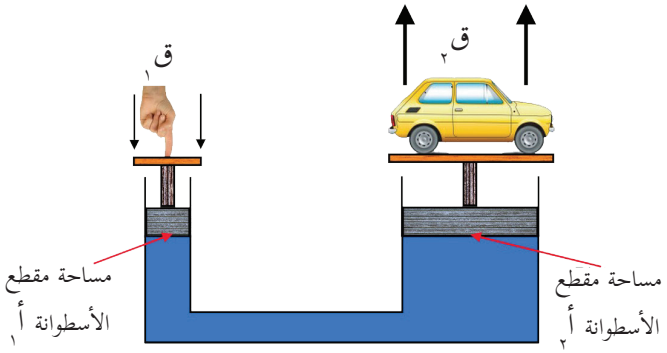
نستنتج من النشاط أن تعرّض سائل محصور إلى ضغط خارجيّ يؤدي إلى زيادة ضغط السائل بمقدار الضغط الخارجيّ الإضافيّ، مما يؤدي إلى ازدياد ضغط السائل على جدران الوعاء الذي يحتويه بمقدار متساوٍ عند أي نقطة داخله.

إن أول من اكتشف هذه الظاهرة العالم الفرنسيّ بليز باسكال، لذا أطلق على هذه الظاهرة مبدأ باسكال.

**وبعبارة أخرى فإن مبدأ باسكال ينص على أنه:**

**مبدأ باسكال: إذا وقع ضغط خارجيّ على سائل محصور فإن هذا الضغط ينتقل إلى أجزاء السائل جميعها بالتساوي.**

ولمبدأ باسكال العديد من التطبيقات العملية التي تعود بالفائدة على المجتمع، ومن الأمثلة على ذلك المكبس الهيدروليكي المستخدم في محطات صيانة السيارات ومعاصر الزيتون، وكوابح السيارات (الفرامل).




الشكل (٣-١): رسم توضيحي للمكبس الهيدروليكي

## المكبس الهيدروليكي:

يبين الشكل المجاور رسماً تخطيطياً للمكبس الهيدروليكي المستخدم في محطات غسيل السيارات.

يتكوّن المكبس الهيدروليكي الذي تستخدم فيه السوائل (وعادة الزيت) من اسطوانتين إحداهما صغيرة ومساحة مقطعها (أ١) والاخرى كبيرة ومساحة مقطها (أ٢)، لو فرضنا أن قوة (ق١) أثرت على الاسطوانة الصغرى حيث ينتج عنها ضغطاً (ض١)، فإن هذا الضغط سينتقل إلى أجزاء السائل جميعها بالتساوي، فينشأ ضغط (ض٢) على مكبس الاسطوانة الكبرى، وبما أن (ض١) = (ض٢) حسب مبدأ باسكال، فإن:

$$\frac{ق_2}{أ_2} = \frac{ق_1}{أ_1} \quad \text{.....} \quad (٥)$$

$\frac{أ_2}{أ_1}$ تسمى الفائدة الميكانيكية للمكبس الهيدروليكي

**فكر** أيهما يتحرك مسافة أكبر مكبس الأسطوانة الكبرى أم مكبس الأسطوانة الصغرى للكبس الهيدروليكي؟ ما تفسيرك لذلك؟

## مشاريع مقترحة:

صمم نموذجاً لمكبس هيدروليكي باستخدام محقنين طبيين مختلفين في مساحة مقطعيهما ومتصلان بواسطة أنبوب مطاطيّ كما في الشكل المجاور:

**مثال (٢):**

مكبس هيدروليكي استخدم لرفع سيارة كتلتها ٢٠٠٠ كغم، فاذا علمت أن مساحة مقطع اسطوانته الصغرى ٢٠ سم$^{٢}$ ومساحة مقطع اسطوانته الكبرى ٢٠٠٠ سم$^{٢}$، احسب القوة اللازمة لرفع السيارة.

***الحلّ:***

**القوة = وزن السيارة = ٢٠٠٠ × ٩,٨ = ١٩٦٠٠ نيوتن**

ومنها $\frac{ق_{٢}}{ق_{١}} = \frac{أ_{٢}}{أ_{١}}$ ومنها $\frac{١٩٦٠٠}{ق_{١}} = \frac{٢٠٠٠}{٢٠}$ ومنها ق١ = ١٩٦٠٠ × $\frac{٢٠}{٢٠٠٠}$ = ١٩٦ نيوتن.

**سؤال**

إذا كان قطر الاسطوانة الكبرى لمكبس هيدروليكي ٠,١م ومساحة مقطع اسطوانته الصغرى يساوي ١٠ سم$^{٢}$، وكانت القوة المؤثرة على المكبس الصغير ٥٠٠ نيوتن، احسب ما يلي:

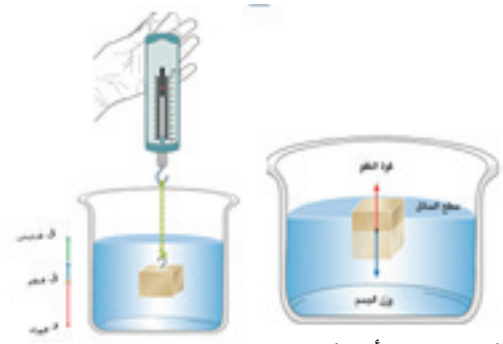
١- مقدار القوة المؤثرة على المكبس الكبير.  ٢- مقدار الضغط أسفل كلّ اسطوانة.

**بحث:**

ابحث في المكتبة أو في الشبكة العنكبوتية (الإنترنت) عن آلية عمل الفرامل واكتب تقريراً حول ذلك.

## ١-٤: قاعدة أرخميدس

قد تعتقد أن الأجسام الخفيفة (كقطعة خشب أو صحن فلزي مجوف) تطفو على سطح الماء كما في الشكل (أ)، بينما الأجسام الثقيلة (كمكعب من الحديد) تنغمر وتغوص داخل الماء كما في الشكل (ب).



مكعب طافي (أ)  مكعب مغمور معلق بميزان نابضي (ب)

**فكر**

هل تساءلت يوما كيف تطفو السفينة المصنوعة من الحديد على سطح الماء في البحر؟ رغم أنها تعتبر من الأجسام الثقيلة جداً.

عندما تضغط عموديا على قطعة من الخشب لتجعلها تنغمر في الماء، بماذا تشعر؟

ارفع يدك عن قطعة الخشب. ماذا تلاحظ؟

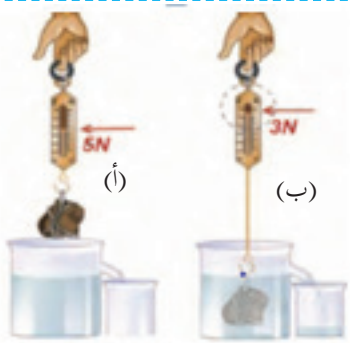
**ستتمكن من الإجابة عن هذه الأسئلة بعد بتنفيذ النشاط الآتي:**

## نشاط (٦): العلاقة بين قوة الطفو والخسارة في وزن الجسم المغمور فيه:

**المواد والأدوات:**

قطعة فلزية، وميزان نابضي، وثلاثة كؤوس زجاجية يحتوي كل منها على سائل مختلف (ماء ، زيت ، كيروسين)، ومخبار مدرج، ودورق ازاحة، ميزان إلكتروني، وكأس زجاجي فارغ وقطعة خشبية.

**الخطوات:**



الشكل (٤-١)

١- علّق القطعة الفلزية بالميزان النابضي وسجل قراءة الميزان كما في الشكل (٤-١/أ).

٢- ضع الكأس الزجاجيّ الفارغ على الميزان وسجّل قراءة الميزان.

٣- املأ دورق الإزاحة تماماً بالماء وضع كأساً زجاجيّاً فارغاً تحت فوهة دورق الإزاحة، واغمر القطعة الفلزية المعلقة بالميزان النابضي في دورق الإزاحة وسجّل قراءة الميزان النابضي كما في الشكل (٤-١/ب) الجانب الأيمن.

٤- جد حجم الماء المزاح باستخدام المخبار المدرج، ما علاقة حجم الماء المزاح بحجم القطعة الفلزية؟

٥- ضع الكأس الزجاجيّ بما فيه من ماء مزاح على الميزان وسجّل قراءة الميزان، ما مقدار وزن السائل المزاح؟

٦- أعد الخطوات السابقة بغمر القطعة مرة في الزيت ومرة أخرى في الكيروسين، وسجل وزن القطعة في الحالتين، جد وزن السائل المزاح في كل حالة.

٧- سجّل البيانات التي حصلت عليها في الجدول الآتي:

| حجم القطعة (ح) = | وزن القطعة في الهواء = (و) | قوة الطفو |
|---|---|---|
| وزن القطعة في الماء ($و_١$) = | الخسارة في الوزن (و - $و_١$) = | وزن الماء المزاح = |
| وزن القطعة في الزيت ($و_٢$) = | الخسارة في الوزن (و – $و_٢$) = | وزن الزيت المزاح = |
| وزن القطعة في الكيروسين($و_٣$) = | الخسارة في الوزن (و - $و_٣$) | وزن الكيروسين المزاح = |

٨- من خلال البيانات في الجدول، أجب عن الأسئلة الآتية:

- في أيّ السوائل تكون الخسارة في وزن القطعة الفلزية أكبر ما يمكن؟ وفي أيها تكون أقل ما يمكن؟
- هل هناك علاقة بين ما تخسره القطعة الفلزيّة من وزنها وبين وزن السائل المزاح؟
- ما العلاقة بين كثافة السائل ومقدار الخسارة من وزن القطعة؟
- ماذا يحدث لحجم السائل المُزاح لو استخدمت قطعة ذات حجم أكبر؟

٩- أعد التجربة مستخدماً قطعة خشبية بدلاً من القطعة الفلزية.

**يمكنك التحقق من قاعدة أرخميدس عملياً باستخدام اسطوانة أرخميدس في حالة توفرها.**

إن الخسارة في وزن الجسم المغمور في سائل (قوة الطفو) توصل إليها العالم اليوناني (أرخميدس) وأصبحت تعرف فيما بعد بقاعدة (أرخميدس) والتي تنص على ما يلي:

**إن أي جسم مغمور في سائل كلياً أو جزئياً يفقد من وزنه بمقدار قوة الطفو له ومقدارها يساوي وزن السائل المزاح**

ويمكن التعبير عن قاعدة أرخميدس لكلّ من الأجسام المغمورة والأجسام الطافية بصورة رياضية كما يلي:

## الجسم المغمور كلياً في سائل:

قوة الطفو = وزن السائل المزاح

قوة الطفو = الوزن الحقيقي – الوزن الظاهري

$$ق_{طفو} = و_{ح} - و_{ظ} = ح\ ث_{س}\ جـ \quad \text{.....} \quad (٦)$$

($ق_{د}$): قوة الطفو = وزن السائل المزاح

($و_{ح}$): الوزن الحقيقي للجسم

($و_{ظ}$): الوزن الظاهري للجسم أي وزنه في السائل

(ح): حجم السائل المزاح = حجم الجسم

($ث_{س}$): كثافة السائل

(ج): تسارع الجاذبية الأرضية

($ث_{ج}$) > $ث_{س}$ ($و_{ظ}$ ≠ صفر)

($ث_{ج}$) = $ث_{س}$ ($و_{ظ}$ = صفر)

### مثال (٣):

مكعب حجمه ٠,٠٠١ م$^{٣}$، علق في ميزان نابضي فكانت قراءة الميزان ٢٠ نيوتن، وعندما غمر في سائل كانت قراءة الميزان ١٢ نيوتن، جد ما يلي :

١- قوة الطفو على المكعب.

٢- كثافة السائل.

***الحلّ:***

١) $ق_{د} = و_{ح} - و_{ظ} = ٢٠ - ١٢ = ٨$ نيوتن.

٢) $ق_{د} = ٨ = ح\ ث\ جـ$ ..... $ث = \frac{٨}{١٠ \times ٠,٠٠١} = ٨٠٠$ كغم/ م$^{٣}$

**سؤال**

قطعة من الحديد أُسقطت في دورق إزاحة مملوء بالماء فكان وزن الماء المزاح ٢٠٠ نيوتن، لو اعتبرنا أن ث الحديد = ٧٨٧٠ كغم/ م$^{٣}$، احسب:

١- حجم قطعة الحديد.

٢- وزنها في الهواء.

٣- قوة الطفو.

## الجسم الطافي في السائل:

عند وضع جسم في سائل متوسط كثافته أقل من كثافة السائل، فإن هذا الجسم سيطفو على سطح السائل بحيث يكون جزءاً منه مغموراً في السائل وجزء فوق سطح السائل كما الحال عند وضع قطعة خشبية في حوض به ماء ومن التطبيقات عليها في الحياة القوارب والسفن والبواخر.

لو غمرت قطعة خشبية كلياً في الماء وتركتها ماذا يحدث لها؟

بما أن الجسم الطافي متزنٌ، فإن:

القوى للأعلى= القوى للأسفل

قوة دفع السائل (قوة الطفو) = وزن الجسم في الهواء

= وزن السائل المزاح.

$ق_د = و_ح = و_س$

$ح_ج \times ث_ج \times جـ = ك \times جـ = ح_س \times ث_س \times جـ$

$ح_ج \times ث_ج = ح_س \times ث_س$ ..... (٧)

$ق_د$: قوة دفع السائل

$و_ج$: وزن الجسم الحقيقي (وزنه في الهواء)

$و_س$: وزن السائل المزاح

$ح_ج$: حجم الجسم

$ث_ج$: كثافة الجسم

ك: كتلة الجسم

$ح_س$: حجم السائل المزاح

$ث_س$: كثافة السائل

جـ: تسارع الجاذبية الأرضية

$ث_ج < ث_س$

الوزن الظاهري = صفر

**فكر**

وضعت بيضة في كأس يحوي ماء مالحاً فاستقرت كما في الشكل المجاور، ماذا تتوقع أن يحدث للبيضة عند زيادة كمية الملح؟ ولماذا؟

### مثال (٤):

كرة من المطاط حجمها ٠,٠٣ م$^{٣}$، وكثافة مادتها ٨٠٠ كغم/ م$^{٣}$، غمرت في سائل كثافته ١٢٠٠ كغم/ م$^{٣}$، احسب حجم الجزء المغمور من الكرة.

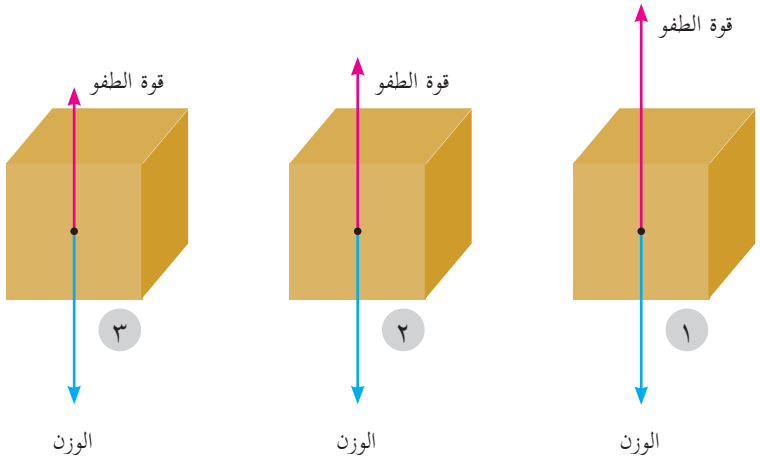
**الحلّ:** ح$_{ج}$ × ث$_{ج}$ = ح$_{س}$ × ث$_{س}$

٠,٠٣ × ٨٠٠ = ح$_{س}$ × ١٢٠٠

ومنها ح$_{س}$ = $\frac{٠,٠٣ \times ٨٠٠}{١٢٠٠}$ = ٠,٠٢ م$^{٣}$

أي أن حجم الجزء المغمور = حجم السائل المزاح = ٠,٠٢ م$^{٣}$

**فكر** ناقش الأشكال الآتية عند وضع الجسم داخل سائل في الحالات الثلاث؟




الشكل يبين القوى المؤثرة على مكعب موضوع في ثلاثة سوائل مختلفة

## الجسم المغمور في الهواء:

لماذا يرتفع البالون المملوء بغاز الهيدروجين في الهواء الجوي إلى أعلى بينما لا يرتفع البالون المملوء بغاز ثاني أكسيد الكربون؟

يتعرّض الجسم المغمور في الهواء الجويّ لقوة دفع إلى أعلى تعمل على تقليل وزنه، فإذا كانت أكبر من وزنه فإنه يرتفع إلى أعلى بينما إذا كانت أقل من وزنه فإنه يهبط الى أسفل.

هذه التعميمات توصل إليها العالم اليوناني أرخميدس وأصبحت تعرف فيما بعد **بقاعدة أرخميدس** لتشمل السوائل والغازات والتي تنص على ما يلي:

**أي جسم مغمور في مائع (سائل أو غاز) يفقد من وزنه بمقدار قوة دفع المائع له (وزن المائع المزاح).**

## ١-٥: تطبيقات على قاعدة أرخميدس

هناك الكثير من التطبيقات الحياتية على قاعدة أرخميدس ومن هذه التطبيقات:

### أ- الهيدروميتر (قياس كثافة السوائل):

وهو عبارة عن أنبوب زجاجيّ مدرج، في نهايته انتفاخ (مستودع زجاجي) يحوي قطعاً رصاصية (لماذا؟)، ويعمل على مبدأ طفو جسم صلب على سطح سائل، فكلما كانت كثافة السائل أقل غاص الهيدروميتر في السائل أكثر.

الشكل المجاور يبين جهاز الهيدروميتر وهو مغمور في سوائل مختلفة، حسب ذلك الشكل أيّ السوائل أكبر كثافة وأيها أقل كثافة؟

**سؤال**

١) ما هي وحدات تدريج الهيدرومتر؟

٢) لماذا يكون ترتيب تدريج الهيدروميتر من الأعلى إلى الأسفل؟

**ملاحظة:** عند استخدام الهيدروميتر يجب مراعاة أن يكون ارتفاع السائل مناسباً حتى لا يصطدم بقعر الوعاء وينكسر.

### نشاط (٧): قياس كثافة السوائل:

**المواد والأدوات:**

الهيدروميتر، ٣ كؤوس زجاجية كبيرة، وماء حنفية، وماء مالح، وزيت.

**الخطوات:**

١- املأ كلاً من الكؤوس الزجاجية بأحد السوائل الثلاث (ماء الحنفية، ماء البحر، الزيت).

٢- ضع الهيدروميتر في كل كأس من الكؤوس الثلاث وسجّل قراءته لكثافة السائل.

٣- هل قراءة الهيدروميتر متساوية في كل من الكؤوس الثلاث؟ ما تفسيرك لذلك؟

## ب- السفينة

كيف تطفو السفينة على سطح الماء وهي مصنوعة من الفولاذ في حين يغوص المسمار؟ ما أثر وجود التجويف في السفينة على متوسط كثافتها مقارنة بكثافة الماء؟

هل هناك حمولة محددة للسفينة أم تستطيع تحميل أي حمولة؟ فسّر ذلك: كثيراً ما نسمع عن غرق قوارب المهاجرين من الدول العربية إلى أوروبا، ما تفسيرك لذلك؟

**فكر** فسّر ما يحدث لسفينة محملة بالبضائع عندما تعبر من البحر الأحمر إلى البحر الأبيض المتوسط عبر قناة السويس. ما سبب ذلك؟

## جـ- العوامة الميكانيكيّة

عوامة الخزان المائي المنزلي

هل شاهدت عوامة الخزان المائي المنزلي؟ وما أهمية الكرة المجوفة؟ وكيف تعمل العوامة في التحكم بدخول الماء إلى الخزان؟

تتكون عوامة خزان الماء في المنازل من كرة مجوفة تطفو على سطح الماء ومتصلة بذراع قصيرة تسحب أو تدفع محبس لتنظيم دخول الماء إلى الخزان.

ماذا يحدث للكرة المجوفة عند امتلاء الخزان بالماء وملامستها لسطح الماء؟ وهل يستمر الماء بالتدفق داخل الخزان؟ وماذا يحدث عند انخفاض مستوى الماء في الخزان؟

هناك تطبيقات أخرى على قاعدة أرخميدس منها الغواصة والبالون والمنطاد.

**بحث:** ابحث في آلية عمل كل من الغواصة والبالون والمنطاد واكتب تقريراً حول ذلك؟

### مشاريع مقترحة:

١- بناء نموذج سفينة وقياس حجم التجويف بداخلها وتحديد حمولتها من مادة معينة.

٢- بناء مقياس كثافة للسوائل واستخدامه في المقارنة بين السوائل.

٣- بناء رافعة هيدروليكية باستخدام محاقن طبية.

## أسئلة الوحدة

س١: ما المقصود بكلّ من: الضغط، ضغط المعيار، المائع، مبدأ باسكال وقاعدة أرخميدس.

س٢: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

١- تكون قوى التجاذب بين الجزيئات متوسطة في الحالة:

أ- الصلبة. ب- السائلة. ج- الغازية. د- البلازما.

٢- الضغط عند نقطة ما في وعاء يحتوي على سائل يتناسب طردياً مع:

أ- عمق النقطة عن سطح السائل. ب- ارتفاع النقطة من أسفل الوعاء.

ج- ارتفاع السائل في الوعاء. د- مساحة قاعدة الإناء.

٣- وحدة قياس الضغط في النظام الدولي، هي:

أ- البار. ب- الميلي بار. ج- التور. د- الباسكال.

٤- تعتمد قوة الطفو لجسم مغمور في سائل على:

أ- كتلة السائل. ب- كثافة السائل. ج- حجم السائل. د- وزن السائل.

٥- من التطبيقات العملية على مبدأ باسكال:

أ- علبة معجون الأسنان. ب- العوامة الميكانيكية. ج- الغواصة. د- السفينة.

٦- عندما تكون قوة الطفو المؤثرة على الجسم الموضوع في سائل أكبر من وزن الجسم فإن الجسم:

أ- ينغمر في السائل. ب- يبقى معلقاً في السائل.

ج- يطفو جزئياً على سطح السائل. د- يطفو كلياً على سطح السائل.

٧- المادة التي **لا يمكن** استخدامها في المكبس الهيدروليكي:

أ- الماء. ب- الزيت. ج- الهواء. د- الزئبق.

٨- عند غمر 3 كرات متماثلة في أحجامها من (الحديد، النحاس، الألمنيوم ) في الماء فإن قوة الطفو تكون:

أ- أكبرها للحديد. ب- أكبرها النحاس.

ج- أكبرها الألمنيوم. د- متساوية للكرات جميعها.

## أسئلة الوحدة

س٣: علل ما يلي تعليلاً علمياً صحيحاً:

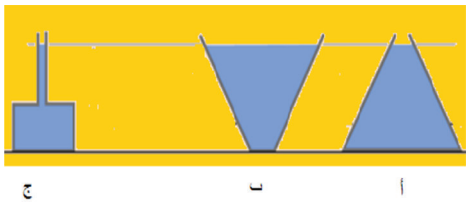
١- يكون ارتفاع الماء في شعبة أنبوب على شكل حرف U أقل من شعبته الأخرى الموضوع فيها الزيت، إذا كانت كمية الزيت والماء متساوية في الأنبوب.

٢- السباحة في ماء البحر الميت أسهل من السباحة في ماء البحر الأبيض المتوسط.

٣- تستطيع السمكة الصعود والهبوط داخل الماء.

٤- يبنى السد حيث يكون جداره عند القاعدة أكثر سمكاً من أعلى السد.

س٤: الشكل المجاور يمثل ثلاثة أوعية (أ،ب،ج) مملوءة بالسائل نفسه، أيّها يكون الضغط على قاعدته أكبر؟ فسّر إجابتك.




س٥: وعاء يحتوي على سائل كثافته ٨٠٠ كغم/ م$^{٣}$، إذا علمت أن الضغط عند نقطة (أ) بداخله ٦٠٠ باسكال وكانت النقطة (ب) تقع على عمق ١٠سم أسفل النقطة (أ)، جد ما يلي:

علماً أن جـ = ١٠م/ ث$^{٢}$

١- عمق النقطة (أ).

٢- الضغط عند النقطة (ب).

س٦: برميل أسطوانيّ الشكل مساحة قاعدته ٠,٧م$^{٢}$ وارتفاعه ٨٠سم، مُلِيء كليّا بالزيت، فاذا علمت أن كثافة الزيت ٨٥٠ كغم/ م$^{٣}$، جد ما يلي:

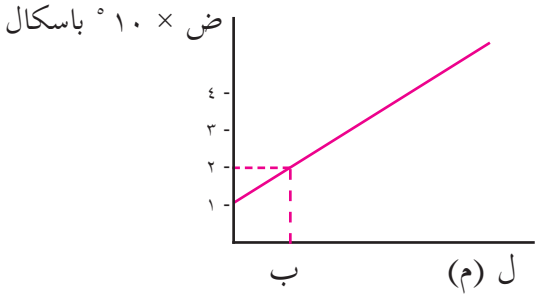
١- ضغط المعيار على قاعد البرميل.

٢- معدل ضغط المعياري الجانبيّ على البرميل.

٣- القوة المؤثرة على قاعدة البرميل من الزيت.

٤- القوة المؤثرة من الزيت على المساحة الجانبية للبرميل.

س٧: يمثّل الرسم البيانيّ بالشكل المجاور العلاقة بين الضغط عند نقطة ما، وعمقها داخل الماء، جد ما يلي:




١- الضغط الجوي عند سطح الماء.

٢- عمق النقطة ب تحت سطح الماء.

٣- ماذا يمثل ميل المنحنى.

## أسئلة الوحدة

س٨: في الشكل المجاور وعاء زجاجي مملوء بالماء تؤثر قوة مقدارها ١٢ نيوتن في سدادته التي مساحتها ٦ سم$^{٢}$، فاذا علمت أن مساحة قاعدته ٦٠٠ سم$^{٢}$.

**جد ما يلي:**

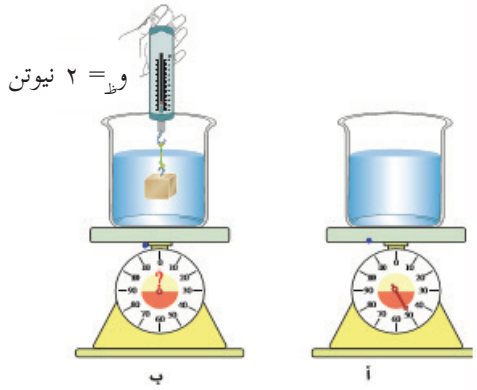
١- مقدار القوة المؤثرة في قاعدته.

٢- ماذا يحدث لقاعدته إذا كانت أكبر قوة تتحملها ٩٠٠ نيوتن؟.

س٩: يطفو مكعب من الخشب كثافته ٨٠٠ كغم/ م$^{٣}$ وطول ضلعه ٢٠ سم على سطح الماء، فإذا علمت أن كثافة الماء ١٠٠٠ كغم/ م$^{٣}$. **جد ما يلي:**

١- ارتفاع الجزء المغمور من المكعب الخشبيّ تحت سطح الماء.

٢- مقدار الكتلة الواجب وضعها فوق المكعب الخشبيّ حتى يصبح وجهه العلوي على مستوى سطح الماء.




س١٠: وعاء زجاجيّ مملوء جزئياً بالماء، وضع على ميزان كما في الشكل المجاور (أ) فكانت قراءة الميزان ٥ نيوتن، ثم عُلّق مكعب فلزي طول ضلعه ٥ سم في ميزان نابضي، وغمر كلياً في الماء كما في الشكل (ب)، فكانت قراءة الميزان النابضي ٢ نيوتن:

**جد ما يلي:**

أ- كثافة المكعب الفلزي.

ب – قراءة الميزان.

الوحدة الثالثة

# الحرارة

كيف سيكون حال الأرض  لو لم تصل  أشعة الشمس  إليها؟

# الوحدة الثالثة: الحرارة (Heat)

للحرارة دور مهم في حياتنا، فالحرارة هي إحدى أشكال الطاقة التي يترافق معها حركة الدقائق (الذرات أو الجزيئات)، او تحولات في حالات المادة او تغيير في ابعادها. فما هي الحرارة؟ وما أهميتها في حياتنا؟ وكيف يمكن قياسها؟ وكيف نستفيد منها في تشغيل الآلات والأجهزة؟

**يتوقّع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على تحقيق النتاجات الآتية:**

- تعرّف ما يحدث لجسمين مختلفين في درجة حرارتهما عند تلامسهما معا.
- بيان أثر الحرارة على المواد عند تسخينها.
- توظيف بعض المفاهيم الحرارية في تفسير ظواهر حياتية.
- تعرّف فروض نظرية الحركة الجزيئية وتوظيفها في تفسير سلوك الغازات.
- تعرّف قوانين الغازات وتوظيفها في تفسير بعض الظواهر الحياتية.
- الربط بين الطاقة الداخلية للنظام والشغل المبذول وكمية الحرارة.
- تعرّف قوانين التحريك الحراري وتوظيفها في تفسير بعض الظواهر.
- توظيف القوانين والعلاقات الرياضية في حلّ مسائل عددية.
- تصميم مشروع ليربط التحويلات بين الشغل والحرارة في نظام ما.

# الفصل الأول:

## الحرارة وأثرها على المواد (The Heat and its Effect on Materials)

عرفت أن المادة توجد في حالات ثلاثة صلبة وسائلة وغازية، وأن هذه المادة يمكن تحويلها من حالة إلى أخرى عن طريق اكسابها أو افقادها كمية من الحرارة، كما يؤدي اكساب المادة أو افقادها كمية من الحرارة إلى ارتفاع أو انخفاض في درجة حرارتها أو تغيّر في أبعادها أو خصائصها، وسندرس في هذا الفصل، كلاً من درجة الحرارة وكمية الحرارة وأثرهما على حالة المادة وظاهرة الاتزان الحراريّ للمواد مع الوسط المحيط وكذلك أثر الحرارة على أبعاد المادة وتفسير بعض الظواهر الطبيعية بالاعتماد على الخصائص الحرارية للمواد.

**يتوقع منك عزيزي الطالب بعد دراستك هذا الفصل أن تكون قادراً على أن:**

- توضّح المقصود بكل من: درجة الحرارة، وكمية الحرارة، والحرارة النوعية، والسعة الحرارية، والاتزان الحراريّ، والحرارة الكامنة للانصهار، والحرارة الكامنة للتصعيد، و معامل التمدد الطوليّ، ومعامل التمدد الحجمي.
- تميّز بين كلّ من درجة الحرارة و كمية الحرارة، والحرارة النوعية و السعه الحرارية.
- تستنتج قانون الاتزان الحراري عمليا.
- تطبّق مسائل حسابية على قانون الاتزان الحراريّ.
- تتعرّف إلى تغير أبعاد المادة بالحرارة .
- تستنتج العوامل التي يعتمد عليها كل من معامل التمدد الطولي و معامل التمدد الحجمي.
- تفسّر بعض الظواهر الطبيعية المتعلقة بالحرارة النوعية والاتزان الحراريّ و التمدد الحراري.
- تطبّق مسائل حسابية على التمدد الطولي و التمدد الحجمي.

### ١-١: درجة الحرارة وكمية الحرارة (Temperature and Amount of Heat)

ماذا يحدث لدرجة حرارة الماء في إبريق الشاي عند وضعه على مصدر حراري؟ ما تفسيرك لذلك؟
ما الفرق بين درجة الحرارة وكمية الحرارة؟

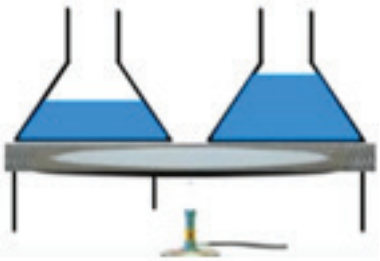
**لتتعرف إلى الفرق بين كمية الحرارة ودرجة الحرارة نفّذ النشاط التالي:**

## نشاط (١): التمييز بين درجة الحرارة وكمية الحرارة

**المواد والأدوات:**

دورقان زجاجيان متماثلان، وماء ، ومصدر حراري ( لهب بنسن )، وشبكة تسخين، وميزانان للحرارة ونشارة خشب.

**الخطوات:**



الشكل (١-١)

١- ضع في الدورق الأول كمية من الماء (١٠٠ غم) وضع في الدورق الثاني كمية أخرى (٥٠ غم).

٢- سخّن الدورقين على المصدر الحراري نفسه كما في الشكل (١-١) ولفترة زمنية كافية (٥ دقائق)، ماذا تتوقع؟

٣- استخدم ميزاني الحرارة في قياس درجة حرارة الماء في كل من الدورقين، أيهما درجة حرارته أعلى؟ وما تفسيرك لذلك؟

٤- هل كمية الحرارة التي تم تزويدها للدورقين متساوية أم مختلفة؟ هل تعتقد أن درجة حرارتهما متساوية أم مختلفة؟

٥- أضف كمية من نشارة الخشب للوعاء الذي يحتوي على كمية ماء أكبر وكمية أقل من نشارة الخشب للوعاء الآخر.

٦- هل حركة الدقائق تكون أسرع قبل التسخين أم بعده، وما أثر زيادة درجة الحرارة على طاقة حركة دقائق الماء عند إضافة نشارة الخشب؟

لعلك توصلت من هذا النشاط إلى أن هناك فرقاً بين درجة الحرارة وكمية الحرارة.

**درجة الحرارة:** كمية فيزيائية تعبر عن درجة سخونة المادة أو برودتها وتحدد مسار انتقال الحرارة عند تلامسها بمادة أخرى، وهي مؤشر لمعدل الطاقة الحركية للجزيئات.

**كمية الحرارة: تعبّر عن مقدار الطاقة الكلية لدقائق المادة (طاقتي الوضع والحركة).**

لذا فإن تزويد جسمين كتلتيهما غير متساوية بالكمية نفسها من الحرارة لا يعني أن درجة حرارتهما واحدة، كما لا يعني أنهما زودا بكمية الحرارة نفسها اذا كانت درجة حرارتهما واحدة.

**أُناقش:** هل لدرجة الحرارة تأثير على سرعة حركة دقائق المادة؟

وبما أن كمية الحرارة هي عبارة عن طاقة فهي تقاس بالجول أو السعر (١ سعر = ٤,١٨٦ جول).

ويعرف السعر بأنه كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من الماء درجة سلسيوس واحدة.
وعادة ما تقاس درجة الحرارة باستخدام ميزان الحرارة الزئبقي أو الكحولي.

**بحث:**

١- اكتب تقريراً عن أنواع موازين الحرارة للمواد الغازية، والصلبة كثرموميتر الازدواج الحراري وميزات وعيوب كل منها.
٢- ابحث كيف استطاع العلماء تقدير درجة حرارة البراكين والشمس والنجوم.

## ١-٢: السعة الحرارية والحرارة النوعية (Heat Capacity and Specific Heat)

هل ترتفع درجة حرارة الأجسام جميعها على سطح الأرض بالمقدار نفسه عندما تسقط عليها أشعة الشمس؟

وهل تكتسب المواد جميعها الكمية نفسها من الحرارة عند تسخينها لنفس درجة الحرارة؟

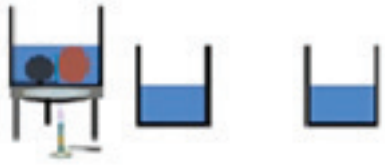
**لتتمكن من الإجابة عن هذا السؤال نفّذ النشاط التالي.**

### نشاط (٢): السعة الحرارية والحرارة النوعية

**المواد والأدوات:**

كأس زجاجي كبير، وكأسان زجاجيان صغيران، كرتان متماثلتان في الكتلة من الحديد والزجاج، وكرتان مختلفتان في الكتلة من الحديد (أو من الزجاج)، وماء، ومصدر حراري (لهب بنسن)، وميزان حرارة، وملعقة.

**الخطوات:**



الشكل (٢-١)
مقارنة بين السعة الحرارية للمواد

١- املأ الكأس الزجاجي الكبير بالماء إلى منتصفه وضعه على المصدر الحراري وضع داخله كل من كرة الحديد والزجاج وانتظر حتى يغلى الماء كما في الشكل (٢-١).
٢- ضع كميتين متساويتين من الماء في الكأسين الصغيرين الى منتصفهما، ومن ثم استخدم الملعقة لإخراج الكرتين من الماء المغلي، وضع كرة الزجاج في الكأس الأولى وكرة الحديد في الكأس الثانية وانتظر لفترة كافية (دقيقة مثلاً).
٣- ضع أحد موازين الحرارة في الكأس الأول والميزان الآخر في الكأس الثاني، وانتظر قليلاً، وسجّل قراءة الميزان في كل كأس.
٤- أيهما كانت أكبر قراءة الميزان في الكأس الأول أم في الكأس الثاني؟ أيهما أكبر السعة الحرارية للزجاج أم الحديد؟
٥- كرر الخطوات السابقة مع استخدام كرتين مختلفتين في الكتلة ومن نفس المادة.

**مما سبق نستنتج أن:**

١- الكتل المتساوية من المواد المختلفة عند تسخينها إلى درجة الحرارة نفسها فإنها تكتسب مقادير مختلفة من كمية الحرارة.

٢- الكتل المختلفة من نفس المادة عند تسخينها الى درجة الحرارة نفسها فانها تكتسب مقادير مختلفة من كمية الحرارة.

**أي أن السعة الحرارية تعتمد على نوع المادة وكتلتها**

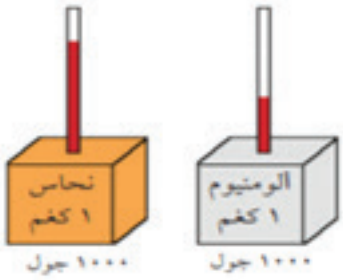
**السعة الحرارية للجسم:** كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجسم كله درجة سلسيوس واحدة، ويرمز لها بالرمز ($س_ح$).

ويمكن حساب كمية الحرارة التي يكتسبها الجسم عند تسخينه من درجة حرارة ($د_١$) إلى درجة حرارة ($د_٢$) من العلاقة التالية: كمية الحرارة = السعة الحرارية × الفرق في درجات الحرارة.

**$ك_ح = س_ح \times (د_٢ - د_١)$ ..... (١).**

فكر

أيهما أكبر السعة الحرارية في الشكل (٢-٢) لمكعب الألمنيوم أم لمكعب النحاس؟ فسّر إجابتك.




الشكل (٢-٢)
السعة الحرارية لفلزات مختلفة

أثبتت التّجارب العملية أن رفع درجة حرارة كيلو غرام واحد من الحديد درجة سلسيوس واحدة يلزمه ٤٥٢ جول، بينما يحتاج كيلوغرام من الزجاج لرفع درجة حرارته درجة سلسيوس واحدة ٨٣٧ جول، في حين يلزم ٤١٨٦ جول لرفع درجة حرارة كيلو غرام من الماء درجة سلسيوس واحدة، وقد أطلق على هذه المقادير بالحرارة النوعية للمادة ويرمز لها بالرمز ($ح_ن$)، حيث إن لكل مادة حرارتها النوعية الخاصة بها

**الحرارة النوعية للمادة كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة واحد كيلو غرام من المادة درجة سليسيوس واحدة.**

والجدول (١) الحرارة النوعية لبعض المواد

| المادة | الحرارة النوعية (جول/كغم . س°) | المادة | الحرارة النوعية (جول/كغم . س°) |
|---|---|---|---|
| الماء | ٤١٨٦ | الألمنيوم | ٩٠٠ |
| الجليد | ٢٠٩٣ | الحديد | ٤٥٢ |
| الزئبق | ١٣٨ | النحاس | ٣٨٧ |
| الكحول الايثيلي | ٢٤٦٠ | الفضة | ٢٣٦ |
| زيت الزيتون | ١٩٧١ | الذهب | ١٢٩ |
| بزموث | ١٢٣ | الرصاص | ١٢٨ |
| الزجاج | ٨٣٧ | الرخام | ٧٩٠ |
| الخشب | ٤٢٠ | السيلكون | ٧٠٣ |
| الرمل | ٢٩٠ | طوب البناء | ٨٨٠ |

ولاختلاف الحرارة النوعية للمواد أهمية في الحياة، فمثلاً يكون المدى الحراري اليومي للمياه قليل إذا ما قورن بالمدى الحراريّ اليومي لليابسة (هي الفرق بين أقصى درجة حرارة إلى أدنى درجة حرارة تصلها خلال اليوم)، وما يرتبط بذلك من تغيّرات على سطح الأرض، كما أن الحرارة النوعية للماء جعلت منه سائلاً شائع الاستخدام في كثير من مناحي الحياة، كاستخدامه في تبريد الآلات التي يتولد فيها حرارة كمناشير قص الحجر وآلات الحفر، والماء المستخدم في تبريد المحرك في السيارات. كما يستخدم في شبكات التدفئة المركزية في المؤسسات والمنازل، ويستخدم أيضاً في ريّ المزروعات لتجنب تلفها في الأيام المتوقع حدوث الصقيع فيها.

**وترتبط السعة الحرارية والحرارة النوعية من خلال المعادلة الآتية:**

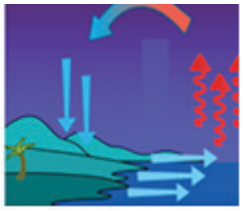
**السعة الحرارية = الكتلة × الحرارة النوعية**

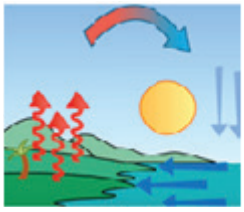
$$س_ح = ك \times ح_ن \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٢)$$

**أي أن السعة الحرارية للمادة تعتمد على كتلتها وحرارتها النوعية.**

**سؤال** اشتق وحدة قياس كل من: السعة الحرارية، الحرارة النوعية.

**أُناقش:** فسّر ظاهرتي نسيم البر ونسيم البحر اعتماداً على ما سبق؟





**مثال (١):**

قطعة من الألمنيوم كتلتها ٣ كغم ودرجة حرارتها ٢٠س°، سخنت إلى درجة ٥٠س°، واعتماداً على جدول (١). احسب:

١- السعة الحرارية لقطعة الألمنيوم، اعتبر ح$_{ن}$ للألمنيوم = ٩٠٠ جول/كغم س.

٢- كمية الحرارة التي زودت بها.

***الحلّ:***

١- س$_{ح}$ = ك × ح$_{ن}$ للألمنيوم = ٣ × ٩٠٠ = ٢٧٠٠ جول/س

٢- كح = س$_{ح}$ للألمنيوم × ( د$_{٢}$ - د$_{١}$) = ٢٧٠٠ × (د$_{٢}$ - د$_{١}$)

= ٢٧٠٠ × (٥٠ – ٢٠) = ٨١٠٠٠ جول = ٨١ كيلو جول.

**سؤال** **قطعة من الفضة كتلتها ٥٢,٥غم زودت بكمية من الحرارة مقدارها ٠,١٢٣ كيلو جول فارتفعت درجة حرارتها ١٠س°، جد مقدار الحرارة النوعية للفضة.**

## ١-٣: الاتزان الحراري (Thermal Equilibrium)

لماذا نخلط الماء البارد بالماء الساخن عندما نريد الاستحمام في فصل الشتاء؟ وماذا يحدث لدرجة حرارة الماء بعد عملية الخلط؟ وما المقصود بالاتزان الحراري؟

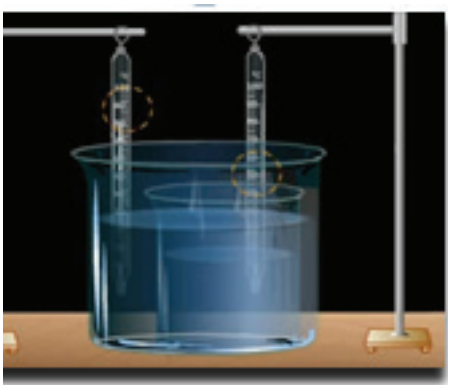
**ستتعرف إلى إجابة هذه الأسئلة بعد تنفيذ النشاط التالي:**

## نشاط (٣): الاتزان الحراري:

**المواد والأدوات:**

كأس زجاجي صغير، وكأس زجاجي كبير، وميزان حرارة عدد ٢، وماء ساخن وماء بارد.

**الخطوات:**



الشكل (٣-١): الاتزان الحراري

١- املأ الكأس الزجاجي الصغير بالماء البارد والكأس الزجاجي الكبير بالماء الساخن إلى منتصفه.

٢- ضع أحد ميزاني الحرارة في الكأس الزجاجي الصغير والميزان الآخر في الكأس الزجاجي الكبير وانتظر قليلاً حتى تثبت قراءة كل منهما وسجل قراءتيهما.

٣- احمل الكأس الزجاجيّ الصغير وضعه داخل الكأس الزجاجي الكبير ولاحظ ما يحدث في الشكل (٣-١) لقراءتيْ الميزانين وانتظر حتى تثبت قراءة الميزانين وسجلهما، هل قراءة الميزانين متساوية أم لا؟ ما سبب ثبات قراءتي الميزانين؟

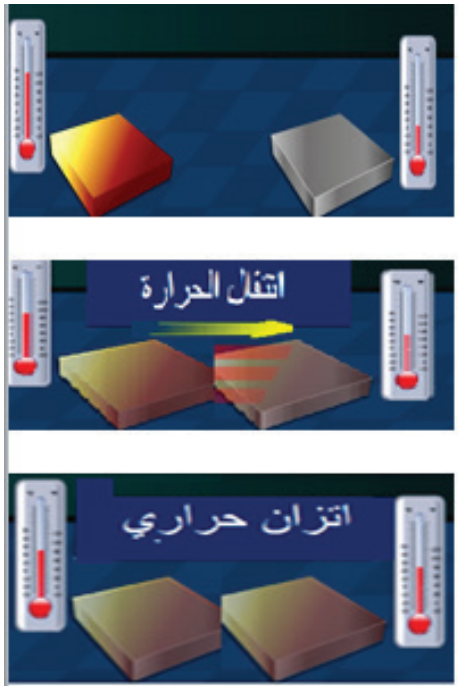
٤- ماذا حدث لدرجة حرارة الماء في الكأس الزجاجي الصغير؟ وماذا حدث لدرجة حرارته في الكأس الزجاجي الكبير؟ ما تفسيرك لذلك؟

**ملاحظة:**.....

**يمكن استخدام مسعر حراري من مختبر مدرستك.**

## مشروع:

**صمم مسعراً حرارياً من مواد من بيئتك.**




الشكل (٣-٢): آلية حدوث الإتزان الحراري

لعلك لاحظت من النشاط السابق أنه إذا تلامس جسمان أحدهما بارد والآخر ساخن، فإن الجسم البارد يكتسب حرارة بينما يفقد الجسم الساخن حرارة كما في الشكل (٣-٢) إلى أن يصل الجسمان إلى درجة الحرارة نفسها، ويطلق عليها درجة حرارة الاتزان، وعندها تكون كمية الحرارة المكتسبة تساوي كمية الحرارة المفقودة.

**فالاتزان الحراري:** عملية يتم فيها انتقال الحرارة بين جسمين أو أكثر عند تلامسهما ببعضهما بعضاً إلى أن تصبح درجة حرارة الأجسام متساوية.

كمية الحرارة المكتسبة مساوية لكمية الحرارة المفقودة عندما تكون الأجسام معزولة.

**كمية الحرارة المكتسبة = كمية الحرارة المفقودة**

**أي أن:**

$$\text{كح}_{\text{مكتسبة}} = \text{كح}_{\text{مفقودة}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٣)$$

وللاتزان الحراريّ تطبيقات في حياتنا اليومية وما انخفاض درجة الحرارة في المنازل شتاءً وارتفاعها صيفاً إلا تطبيقاً على الاتزان الحراري مع الجو أو الوسط المحيط، فعناصر النظام المختلفة في درجة حرارتها عندما تكون على اتصال مع بعضها بعضا تسعى للوصول إلى اتزان، وكذلك قياس الطبيب لدرجة حرارة المريض تقوم على مبدأ الاتزان الحراريّ، كذلك أن خلاط المياه المستخدم في المنازل للحصول على ماء بدرجة حرارة مناسبة. وهناك الكثير من الأمثلة على الاتزان الحراري في الحياة اليومية، اذكر بعضاً منها.

**مثال (٢):**

أُضيفت قطعة من الحديد كتلتها ٠,١ كغم في درجة حرارة ١٠٠س° إلى وعاء يحتوي على ماء كتلته ١كغم في درجة حرارة ٢٠ س°، احسب درجة حرارة المزيج عند الاتزان، ( بإهمال السعة الحرارية للوعاء).

***الحلّ:***

$\text{كح}_{\text{مكتسبة}} = \text{كح}_{\text{مفقودة}}$ .

على فرض أن درجة حرارة الخليط عند الاتزان د

ك × ح للماء × (د − د٢) = ك × ح للحديد × (د١ - د)

١× ٤١٨٦ × (د − ٢٠) = ٠,١ × ٤٥٢ × (١٠٠- د)

٤١٨٦ د - ٨٣٧٢٠ = ٤٥٢٠ − ٤٥,٢ × د

٤٢٣١,٢ د = ٨٨٢٠٠ ومنها د = ٢٠,٨٥ س°

**سؤال**

كرات نحاسية كتلة كلّ منها ١٠غم سُخنت إلى درجة حرارة ١٠٠س°، ما أقل عدد من الكرات الواجب إضافتها إلى ٥٠٠ غم ماء في درجة حرارة ٢٠س° لتصبح درجة حرارة المزيج عند الاتزان٢٥س° على الأقل؟

## ١-٤: الحرارة الكامنة للانصهار والحرارة الكامنة للتصعيد (Latent Heat of Fusion and Vaporization)

نشعر ببرودة شديدة بعد تساقط الثلج على سطح الأرض وبدء انصهاره بينما نشعر بالدفء أثناء تشكل الغيوم فهل تسألت لماذا؟

**ستتعرف إلى إجابة السؤال بعد تنفيذك النشاط الآتي:**

### نشاط (٤): منحنى التسخين (الحرارة الكامنة للإنصهار والتصعيد):

**المواد والأدوات:**

جليد مجروش، وكأس زجاجي، وميزان حرارة، ولهب بنسن، وحامل ومنصب وشبكة تسخين.

**الخطوات:**

١- املأ الكأس الزجاجي بالجليد المجروش، وضعه على المنصب فوق شبكة التسخين وثبت ميزان الحرارة بالحامل بحيث يكون مغموراً في الجليد داخل الكأس وغير ملامس لقاعدة الكأس.

٢- اشعل لهب بنسن وضعه أسفل الكأس الزجاجيّ مباشرة، وراقب ما يحدث لدرجة حرارة الميزان أثناء التسخين، وسجّل الفترة الزمنية التي تلاحظ فيها ارتفاع درجة الحرارة مع الزمن.

٣- عندما يبدأ الجليد بالانصهار لاحظ قراءة ميزان الحرارة وهل استمرت قراءة الميزان بالارتفاع أم توقفت، ما تفسيرك لذلك؟ سجّل الزمن اللازم لانصهار الجليد كلياً وسجّل قراءة ميزان الحرارة .

٤- بعد انصهار الجليد كلياً استمر في مراقبة ميزان الحرارة ولاحظ قراءة الميزان، هل بدأ بالارتفاع من جديد؟ إلى أن يبدأ الماء بالغليان سجّل الفترة الزمنية ثم سجّل قراءة الميزان في الجدول ادناه:

| الزمن | ٣ دقائق | ٦دقائق | ٩دقائق | ١٢دقيقة |
|---|---|---|---|---|
| درجة الحرارة | | | | |

٥- أثناء غليان الماء استمر في متابعة قراءة الميزان لفترة من الزمن، هل لاحظت تغير في درجة حرارة الميزان أثناء الغليان، وما تفسيرك لذلك؟

لعلك لاحظت خلال تنفيذ النشاط ثبات قراءة الميزان أثناء انصهار الجليد وأثناء غليان الماء، حيث يلزم

كمية من الحرارة للتغلب على قوى الترابط بين جزيئات المادة وزيادة الأبعاد بين الجزيئات وتحولها من حالة إلى أخرى ويطلق على درجة الحرارة التي تبدأ فيها المادة بالتحول من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة بدرجة الانصهار، بينما تسمّى درجة الحرارة التي تبدأ فيها المادة بالتحول من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية **بدرجة الغليان**.

وبناء على ما سبق يمكن التعرف إلى مفهومين جديدين، هما الحرارة الكامنة للانصهار والحرارة الكامنة للتصعيد، حيث تعرف **الحرارة الكامنة للانصهار لمادة ما:** بأنها كمية الحرارة اللازمة لتحويل وحدة الكتل من المادة من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة عند درجة الانصهار.

يمكن حساب كمية الحرارة اللازمة لانصهار كتلة من مادة ما من العلاقة التالية.

**كمية الحرارة = الكتلة × الحرارة الكامنة للانصهار**

$$\text{كح} = \text{ك} \times \text{ح}_{\text{انصهار}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٤)$$

بينما تعرف **الحرارة الكامنة للتصعيد لمادة ما:** بأنها كمية الحرارة اللازمة لتحويل وحدة الكتل من المادة من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية عند درجة الغليان.

ويمكن حساب كمية الحرارة اللازمة لتصعيد كتلة من مادة ما من العلاقة التالية.

**كمية الحرارة = الكتلة × الحرارة الكامنة للتصعيد**

$$\text{كح} = \text{ك} \times \text{ح}_{\text{للتصعيد}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٥)$$

تختلف المواد في درجات انصهارها ودرجات غليانها وكذلك في الحرارة الكامنة للانصهار والحرارة الكامنة للتصعيد لكل منهما.

**الجدول (٢):**

**درجات انصهار والحرارة الكامنة للانصهار، ودرجة الغليان والحرارة الكامنة للتصعيد لمجموعة من المواد**

| المادة | الرمز | درجة الانصهار (سْ) | الحرارة الكامنة للإنصهار (جول/ كغم) | درجة الغليان (سْ) | الحرارة الكامنة للتصعيد (جول/ كغم) |
|---|---|---|---|---|---|
| الهيليوم | He | - | ٣١٠ × ٥,٢٣ | - ٢٦٨,٩٣ | ٥١٠ × ٢,٠٩ |
| النيتروجين | N | - ٢٠٩,٩٧ | ٤١٠ × ٢,٥٥ | - ١٩٥,٨١ | ٥١٠ × ٢,٠١ |
| الأكسجين | O | - ٢٢٦,٦٥ | ٤١٠ × ١,٣٨ | - ١٨٢,٩٧ | ٥١٠ × ٢,١٣ |
| كحول الإيثيلي | $C_2H_5OH$ | - ١١٤ | ٥١٠ × ١,٠٤ | ٧٨ | ٥١٠ × ٨,٥٤ |
| الماء | $H_2O$ | ٠ | ٥١٠ × ٣,٣٣ | ١٠٠ | ٦١٠ × ٢,٢٦ |
| الكبريت | S | ١١٥,٣٦ | ٤١٠ × ٣,٨١ | ٤٤٤,٦ | ٥١٠ × ٣,٢٦ |
| الرصاص | Pb | ٣٢٧,٣ | ٤١٠ × ٢,٤٥ | ١٧٤٩ | ٥١٠ × ٨,٧٠ |
| الألمنيوم | Al | ٦٦٠ | ٥١٠ × ٣,٩٧ | ٢٥١٩ | ٧١٠ × ١,١٤ |
| الفضة | Ag | ٩٦١ | ٤١٠ × ٨,٨٢ | ٢١٦٢ | ٦١٠ × ٢,٣٣ |
| الذهب | Au | ١٠٦٤,٥ | ٤١٠ × ٦,٤٤ | ٢٨٥٦ | ٦١٠ × ١,٥٨ |
| النحاس | Cu | ١٠٨٤,٦ | ٥١٠ × ١,٣٤ | ٢٥٦٢ | ٦١٠ × ٥,٠٦ |
| تيتانيوم | Ti | ١٦٦٨ | ٥١٠ × ٢,٩٤ | ٣٢٨٧ | ٣١٠ × ٨,٨١ |
| التنجستن | W | ٣٤٢٢ | ٥١٠ × ١,٩١ | ٥٥٥٥ | ٣١٠ × ٤,٣٨ |
| فانديوم | V | ١٩١٠ | ٥١٠ × ٤,٢١ | ٣٤٠٧ | ٣١٠ × ٩ |

**أُناقش:**

١- أيهما يحتاج كمية أكبر من الحرارة، انصهار قطعة من الجليد أم تصعيد الكتلة نفسها من الماء من الحالة السائلة إلى الحالة الغازية؟ فسّر إجابتك.

٢- ما العلاقة بين درجة انصهار المادة ودرجة تجمدها؟

٣- ما العلاقة بين درجة الغليان للمادة ودرجة تكاثفها؟

٤- ما المقصود بقولنا إن الحرارة الكامنة لانصهار النحاس ١,٣٤ × ١٠٥ جول/كغم عند درجة ١٠٨٤,٦ سْ؟

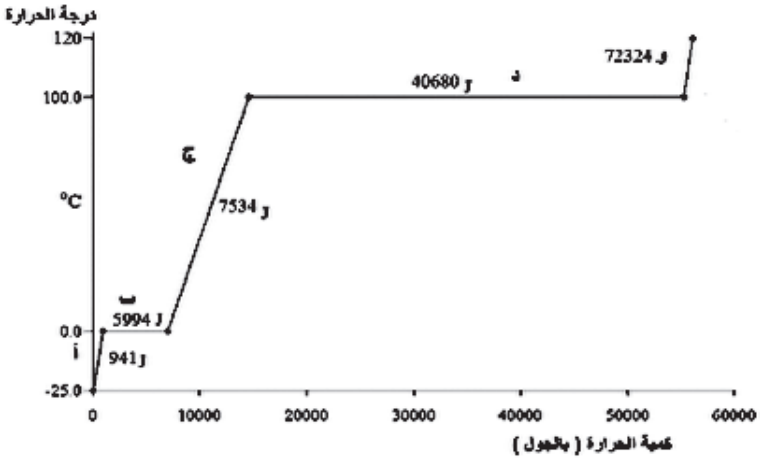
وللتعرف إلى ما يحدث للمواد أثناء تزويدها بكمية من الحرارة بشكل أوضح، سنأخذ مثالاً على ذلك: تسخين الماء في درجة حرارة دون الصفر س° إلى بخار ماء في درجة حرارة فوق ١٠٠س°، والشكل المجاور يوضّح تغيرات درجة حرارة مول واحد من ماء (١٨غم) أثناء التسخين وتزويده بكمية من الحرارة، انظر الشكل الآتي وأجب عن الأسئلة الآتية:

١- ما درجة انصهار الماء ودرجة غليانه؟

٢- ما سبب ثبات درجة الحرارة أثناء كل من انصهار الجليد وغليان الماء بالرغم من استمرار التسخين؟

٣- ما حالات الماء خلال الفترات (أ ، ب ، ج ، د ، و)؟

٤- ما مقدار الحرارة الكامنة لانصهار الجليد؟




٥- ما مقدار الحرارة الكامنة للتصعيد للماء؟

٦- احسب الحرارة النوعية للماء.

٧- لو تم تسخين ١,٨كغم من الجليد في درجة (- ٢٥سْ) إلى ماء عند درجة (٠سْ)، ما مقدار كمية الحرارة اللازمة لذلك؟

٨- ماذا يمثل ميل الخط المستقيم في الفترة ج؟

### مثال (٣):

احسب كمية الحرارة اللازمة لتحويل ١٠٠ غم من الجليد في درجة حرارة -١٠ س° إلى ماء في درجة حرارة ٨٠س° علماً بأن الحرارة النوعية للجليد تساوي ٢٠٩٠ جول /كغم.س° والحرارة النوعية للماء ٤١٨٦ جول/ كغم .س°، والحرارة الكامنة لانصهار الجليد ٣,٣٣ × ١٠٥ جول/ كغم.

***الحلّ:*** **المرحلة الأولى:** كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الجليد من -١٠س° إلى صفر سْ جليد.

$$كح_{١} = ك \times ح_{ن\ للجليد} \times (د_{٢} - د_{١}) = ٠,١ \times ٢٠٩٠ \times (٠ - (-١٠)) = ٢٠٩٠ \text{ جول}$$

**المرحلة الثانية:** كمية الحرارة اللازمة لصهر الجليد في درجة صفر س°

$$كح_{٢} = ك \times ح_{انصهار} = ٠,١ \times ٣,٣٣ \times ١٠^{٥} = ٣٣٣٠٠ \text{ جول}$$

**المرحلة الثالثة:** كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الماء من ٠ س° الى ٨٠س°

$$كح_{٣} = ك \times ح_{ن\ للماء} \times (د_{٢} - د_{١}) = ٠,١ \times ٤١٨٦ \times (٨٠ - ٠) = ٣٣٤٨٨ \text{ جول}$$

وتكون كمية الحرارة الكلية = $كح_{١} + كح_{٢} + كح_{٣}$

$$= ٢٠٩٠ + ٣٣٣٠٠ + ٣٣٤٨٨$$

$$= ٦٨٨٧٨ \text{ جول}$$

## ٥-١: تمدد المواد بالحرارة (Thermal Expansion)

هل تؤثّر زيادة درجة حرارة المادة على الأبعاد بين جزيئاتها؟ ما المقصود بالتمدد؟ ولماذا يترك فواصل بين قضبان سكة الحديد؟ وهل التمدد يشمل حالات المادة جميعها؟ وكيف تساعد أم أحمد على فتح مرطبان زجاجيّ يحوي مربى مشمش تم تصنيعه صيفا وإغلاق سدادته الفلزية بإحكام وتريد فتحه في فصل الشتاء؟ هذه الأسئلة وغيرها ستتمكن من الإجابة عنها بعد تنفيذ الأنشطة الآتية.

### تمدد المواد الصلبة بالحرارة:

ماذا يحدث لطول سلك نحاسيّ عند تسخينه، وماذا يحدث لحجم كرة حديدية عند تسخينها، هل تتغير أبعاد الجسم الصلب عند تسخينه؟ هذه الأسئلة ستتعرف إلى إجابتها بعد تنفيذك النشاط التالي.

### نشاط (٥): تمدد المواد الصلبة بالحرارة:

**المواد والأدوات:**

مجموعة التمدد الطولي للمواد الصلبة (الفلزية) والكرة والحلقة.

**الخطوات:**

الشكل (٥ – ١) تمدد حجمي للمواد الصلبة

١- ضع الكرة في الحلقة كما في الشكل (٥-١)، ولاحظ مايحدث، هل دخلت الكرة في الحلقة؟

٢- سخن الكرة على لهب بنسن لفترة كافية، وحاول أن تدخلها في الحلقة ولاحظ ما يحدث، لماذا لم تدخل الكرة في الحلقة؟

٣- استخدم جهاز قياس معامل التمدد الطولي للمواد الصلبة (أنابيب متساوية في الطول)، حيث تضع القضبان الفلزية في أماكنها ليكون المؤشر عند (صفر المؤشر).

٤- اشعل الموقد الكحولي تحت القضبان ولاحظ حركة المؤشر.

لعلك لاحظت أن الكرة لم تدخل في الحلقة بعد تسخينها بسبب زيادة حجمها، وأن الفلزات المختلفة تمددت بمقادير مختلفة عند تسخينها بدليل الاختلاف في زاوية انحراف المؤشر، فالزيادة إما أن تكون على طول الجسم أو مساحة سطحه أو حجمه، فالتمدد هو: الزيادة في أبعاد الجسم نتيجة زيادة درجة حرارته.

ماذا يحدث لاتساع فتحة في مسطرة فلزية عند تسخينها ؟ ما تفسيرك لذلك؟

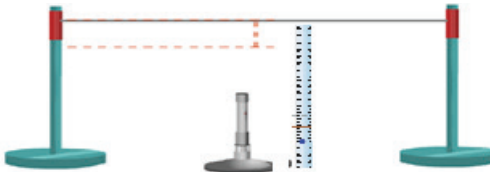
ولكن ما العوامل التي يعتمد عليها التمدد الطولي لجسم ما؟ ستتعرف إلى إجابة هذا السؤال بعد تنفيذ النشاط التالي.

## نشاط (٦): العوامل التي يعتمد عليها التمدد الطولي للجسم:

**المواد والأدوات:**

سلك من النحاس، وشريط ثنائي الفلز، ومصدر حراري، ومسطرة، وثقل، وحامل عدد ٣ ومربطان.

**الخطوات:**



الشكل (٥ – ٢/أ)

العوامل التي يعتمد عليها التمدد الطولي لأجسام الصلبة

الشكل (٥ – ٢/ب)

العوامل التي يعتمد عليها التمدد الطولي لأجسام الصلبة

١- ثبّت السلك بالمربطين على الحاملين بشكل مشدود كما في الشكل (٥-٢/ أ).

٢- ثبّت المسطرة بشكل رأسي عند منتصف السلك، ومن ثم علق ثقل بخيط واربطه بالسلك مقابل المسطرة.

٣- اشعل المصدر الحراري وضعه أسفل السلك لمدة ٥ دقائق ثم لاحظ مدى ارتخاء السلك أثناء التسخين.

٤- كرر الخطوات السابقة باستخدام نصف طول السلك بعد أن يبرد ولاحظ مدى ارتخائه من جديد، هل هناك علاقة بين طول السلك ومقدار ارتخائه؟

٥- استمر في تسخين السلك لمدة ٥ دقائق أخرى ولاحظ مدى ارتخائه من جديد، هل هناك علاقة بين زمن التسخين ومدى ارتخاء السلك؟ ما علاقة ارتخاء السلك بزيادة طوله؟

٦- سخن الشريط ثنائي الفلز على المصدر الحراري كما في الشكل (٥-٢/ ب)، ولاحظ ما يحدث له، ما سبب انثناء الشريط؟ وما تفسيرك لذلك؟

لعلك لاحظت من خلال النشاط السابق أن مقدار الزيادة في طول السلك تزداد مع مقدار الارتفاع في درجة الحرارة، وكذلك مع الطول الأصلي للسلك كما أن انثناء الشريط ثنائي الفلز عند تسخينه يدلّ على أن مقدار الزيادة تعتمد على نوع المادة.

$$ل_{٢} - ل_{١} = م_{٤} \times ل_{١} (د_{٢} - د_{١}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٦)$$

ولكن قد يكون الارتفاع في درجة حرارة السلك غير متجانس، فإننا عادة ما نحسب معدل الزيادة في طول السلك.

ل$_{٢}$ : الطول عند درجة الحرارة العليا.
ل$_{١}$ : الطول عند درجة الحرارة الدنيا.
م$_{٢}$ : معامل التمدد الطولي للمادة.
د$_{٢}$ : درجة الحرارة العليا.
د$_{١}$ : درجة الحرارة الدنيا.

وبناء على ما تقدم يمكن تعريف **معامل التمدد الطولي** بأنة معدل الزيادة التي تطرأ على وحدة الأطوال من المادة عندما ترتفع درجة الحرارة درجة سلسيوس واحدة.

**والجدول رقم (٣) يبين قيم معامل التمدد الطولي لمجموعة من المواد**

**الجدول رقم (٣)**

| المادة | معامل التمدد الطولي (١/ س°) |
|---|---|
| زجاج البايركس | ٣,٢ × ١٠$^{-٦}$ |
| الزجاج العادي | ٩ × ١٠$^{-٦}$ |
| الحديد | ١١ × ١٠$^{-٦}$ |
| الإسمنت | ١٢ × ١٠$^{-٦}$ |
| الذهب | ١٤ × ١٠$^{-٦}$ |
| النحاس | ١٧ × ١٠$^{-٦}$ |
| الفضة | ١٨ × ١٠$^{-٦}$ |
| البرونز | ١٩ × ١٠$^{-٦}$ |
| الالمنيوم | ٢٤ × ١٠$^{-٦}$ |
| الرصاص | ٢٩ × ١٠$^{-٦}$ |

الثرموستات في دارة المكواة الكهربائية

ومن التطبيقات الحياتية على التمدد الطولي للمواد ترك فراغات بين قضبان سكة الحديد عند تركيبها في فصل الشتاء، وجعل أسلاك الكهرباء والهاتف مرتخية عند تركيبها صيفاً، والشريط ثنائي الفلز في منظم الحرارة (الثرموستات) المستخدم في المكواة والسخان الكهربائيين وغيرهما.

**بحث:** ابحث في أهمية ملء الفواصل في الجدران الاسمنتية المسلحة الطويلة بمواد قابلة للانضغاط.

**مثال (٤):**

سلك من النحاس طوله ٣م في درجة حرارة ٢٠س°، سخن إلى درجة حرارة ٥٠س° فأصبح طوله ٣,٠٠١٥ م، احسب متوسط معامل التمدد الطولي للنحاس.

***الحلّ:*** $ل_٢ - ل_١ = ٣,٠٠١٥ - ٣ = ٠,٠٠١٥$ م

$$م_د = \frac{ل_٢ - ل_١}{ل_١ \times (د_٢ - د_١)}$$

$$م_د = \frac{٠,٠٠١٥}{٣ \times ٣٠}$$

$$م_د = ١٦,٦٧ \times ١٠^{-٦}$$ س°$^{-١}$

**سؤال**

قضيبان من الحديد طول كل منهما ٥ م وفي درجة حرارة ١٠ س° مثبتان في طرفيهما والطرفان الحرّان قريبان جداً من بعضهما بعضا، إذا سُخِّن القضيبان إلى درجة حرارة ٨٠ س°، احسب المسافة بين القضيبين حيث يتلامس القضيبان عند درجة ٨٠ س°.

ولكن إذا كان الجسم الذي سُخِن على شكل صفيحة فإنه يحدث زيادة في كل من طول الصفيحة وعرضها وبالتالي يحدث زيادة على مساحتها، ونقول إن الجسم تمدد تمدداً سطحياً ويساوي معامل التمدد السطحي للمادة مثلي معامل التمدد الطولي لها تقريباً.

أما إذا كان الجسم الذي سُخِن مجسم له أبعاد ثلاثة (أي له حجم معين) فإنه يحدث زيادة في حجم الجسم، ويكون معامل التمدد الحجمي للجسم مساوياً لثلاثة أمثال معامل التمدد الطولي له تقريباً.

ويمكن تعريف **معامل التمدد الحجمي للمادة بأنه معدل الزيادة التي تطرأ على وحدة الحجوم من المادة عندما ترتفع درجة حرارتها درجة سلسيوس واحدة.**

إن التمدد الطولي والسطحي والحجمي يحدث فقط في المواد الصلبة، بينما يكون التمدد في كل من السوائل والغازات حجمي فقط.

**فكر**

يضع طبيب الأسنان حشوة داخل الأسنان في حالة تسوسها، في أي الخصائص الحرارية تتشابه الحشوة مع مادة السن؟ وما تفسيرك لذلك؟

## تمدد المواد السائلة بالحرارة:

هل تتمدد السوائل بالطريقة نفسها التي تتمدد بها المواد الصلبة؟ ما تفسيرك لذلك؟

**لتتعرف إلى تمدد السوائل بالحرارة والعوامل التي يعتمد عليها نفِّذ النشاط التالي.**

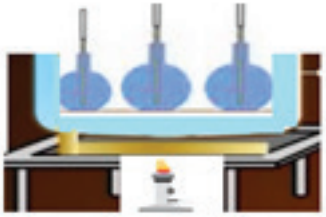
## نشاط (٧): العوامل التي يعتمد عليها تمدد السائل:

**المواد والأدوات:**

دورق زجاجي كبير عدد ٢، ودورق زجاجي صغير عدد ١، وسدادات مطاطية عدد ٣، وأنبوب زجاجي رفيع عدد ٣، وماء ملون، وزيت، ومصدر حراري وميزان حرارة.

---

**الخطوات:**



الشكل (٥ – ٣)

١- املأ أحد الدورقين الكبيرين تماماً بالماء الملون والآخر بالزيت والدورق الصغير بالماء الملون

٢- اغلق كل منهما بسدادة مطاطية حيث ينفذ من كل منهما أنبوب زجاجي رفيع.

٣- اغمر الدوارق الثلاث في حوض الماء كما في الشكل (٥-٣)

واعمل على قياس درجة حرارة الماء في الحوض باستخدام ميزان الحرارة، ضع علامة عند مستوى السائل في كلّ أنبوب.

٤- ابدأ بتسخين الماء بالحوض بواسطة المصدر الحراري لفترة من الزمن ولاحظ مستوى السائل

٥- في الدوارق الثلاثة، هل زاد السائل في الأنابيب أم بقي على حاله؟ وما تفسيرك لذلك؟

- هل كان ارتفاع الزيت والماء الملون في الدورقين المتماثلين متساوياً؟ ما تفسيرك لذلك؟
- هل كانت الزيادة في حجم الماء الملون في الأنبوب الصغير مساوية للزيادة في حجم الماء الملون في الأنبوب الكبير. ما تفسيرك لذلك؟

٦- استمر في تسخين الماء في الحوض ولاحظ مستوى السائل في الأنابيب الزجاجية، ما أثر زيادة درجة الحرارة على الزيادة في حجم السائل؟

---

**فكر**

انخفاض مستوى السائل في الأنابيب الثلاث بداية التسخين، ومن ثم ارتفاعه إلى أكثر من منسوبه الأصلي.

لعلك لاحظت أن تسخين السائل يؤدي إلى زيادة حجمه، وأن مقدار الزيادة في حجم السائل تتناسب طردياً مع مقدار الزيادة في درجة حرارة السائل ومع الحجم الأصلي للسائل كما يعتمد على نوع السائل.

**ومقدار الزيادة في حجم السائل تُعطى حسب العلاقة التالية:**

$$ح_٢ - ح_١ = م_{حـ} \times ح_١ (د_٢ - د_١) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٧)$$

ح$_٢$: الحجم عند درجة الحرارة العليا.
ح$_١$: الحجم عند درجة الحرارة الدنيا.
م$_{حـ}$: معامل التمدد الحجم للمادة.
د$_٢$: درجة الحرارة العليا.
د$_١$: درجة الحرارة الدنيا.
Δح: التغير في الحجم.
Δد: التغير في درجة الحرارة.

ومنها يمكن إيجاد معامل التمدد الحجمي للسائل من العلاقة

$$م_{حـ} = \frac{ح_٢ - ح_١}{ح_١ \times (د_٢ - د_١)} = \frac{\Delta ح}{ح_١ \times (\Delta د)}$$

حيث يعرف **معامل التمدد الحجمي للسائل** بأنه مقدار الزيادة التي تطرأ على وحدة الحجوم من السائل عندما ترتفع درجة الحرارة درجة سلسيوس واحدة .

ولكن السائل يكون موجود داخل وعاء ويحدث تمدد للوعاء أي زيادة في حجمه، وبالتالي تكون الزيادة في حجم السائل التي نشاهدها زيادة ظاهرية، واذا أردنا أن نحسب الزيادة الحقيقية في حجم السائل يجب أخذ الزيادة في حجم الوعاء في الحسبان، ولكن بسبب صغر معامل التمدد الحجمي للمواد الصلبة فإننا نهمل هذه الزيادة في حجم الوعاء.

**والجدول رقم (٤) يبيّن معامل التمدد الحجمي لمجموعة من السوائل**

| المادة | معامل التمدد الحجمي (١/ س٠) |
|---|---|
| كحول الإيثيلي | $١٠ \times ١,١٢^{-٤}$ |
| بنزين | $١٠ \times ١,٢٤^{-٤}$ |
| الأسيتون | $١٠ \times ١,٥^{-٤}$ |
| الزئبق | $١٠ \times ١,٨٢^{-٤}$ |
| زيت الزيتون | $١٠ \times ٢,٩^{-٤}$ |
| جليسرين | $١٠ \times ٤,٨٥^{-٤}$ |
| زيت التربنتين | $١٠ \times ٩^{-٤}$ |
| الجازولين (السولار) | $١٠ \times ٩,٦^{-٤}$ |

وقد استخدمت ظاهرة تمدد السوائل في صنع موازين الحرارة، ستتعرف إليها في البند القادم.

### مثال (٥):

اسطوانة من الألمنيوم مملوءة تماماً بزيت التربنتين في درجة حرارة ١٠س° وكان حجم الزيت فيها ٢ لتر، سُخِّنت إلى درجة حرارة ٦٠س°، احسب حجم الزيت المنسكب بإهمال الزيادة في حجم الاسطوانة.

**الحلّ:**

$م_ح = ٩ \times ١٠^{-٤}$، $ح_١ = ٢$ لتر ، $\Delta د = (٦٠ - ١٠) = ٥٠$ س°

$\Delta ح = م_ح \times ح_١ \times \Delta د$

$= ٩ \times ١٠^{-٤} \times ٢ \times ٥٠ = ٠,٠٩$ لتر

## ٦-١: موازين الحرارة

ميزان الحرارة

ما المبدأ الذي تعمل عليه موازين الحرارة؟

تعرفت سابقاً أن المواد تتمدد عندما ترتفع درجة حرارتها، ويعتمد مقدار التمدد على مقدار الارتفاع في درجة الحرارة، وقد استخدمت هذه الظاهرة في قياس درجة حرارة الأجسام، وتستخدم السوائل في معظم موازين الحرارة، ويتركب ميزان الحرارة من مستودع زجاجيّ رقيق الجدران يتصل به أنبوبة زجاجية رفيعة ومدرّجة ومفرغة من الهواء، ويملأ المستودع وجزء من الأنبوب بسائل كالزئبق أو الكحول، ويعتبر الزئبق من أكثر السوائل المستخدمة في صنع موازين الحرارة.

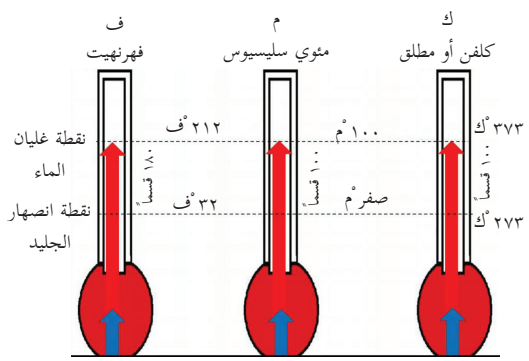
لماذا ؟

**وهناك ثلاثة أنظمة لقياس درجة الحرارة لاحظ الشكل (٦-١):**

١- **النظام الفهرنهايتي:** اعتمد على أن ٣٢ ف° هي درجة تجمد الماء و٢١٢ ف° درجة غليان الماء وقسِّمت المسافة بينهما إلى ١٨٠ درجة، ويعتبر أقدم أنظمة قياس درجة الحرارة، وقد وضعه العالم الألماني جبرائيل فهرنهايت ولا زال مستخدماً في الولايات المتحدة حتى الآن.

٢- **نظام سلسيوس (النظام المئوي):** اعتمد على أن صفر سلسيوس هي درجة تجمد الماء، بينما ١٠٠ س°هي درجة غليان الماء وقسِّمت المسافة بينهما إلى ١٠٠ درجة، وهو الأكثر استخداماً في دول العالم، ووضعه العالم السويدي أندريه سلسيوس.

٣- **نظام كلفن:** اعتمد هذا النظام على أن بداية




الشكل (٦-١) أنظمة قياس درجة الحرارة

تدريجه هي الصفر المطلق حيث تتوقف جزيئات المادة عن الحركة، وأن درجة تجمد الماء هي ٢٧٣ كلفن (مطلق) وأن درجة غليان الماء هي ٣٧٣ كلفن وقسِّمت المسافة بينهما إلى ١٠٠ درجة، وضعه العالم البريطاني اللورد كلفن.

**ويمكن التحويل بين الأنظمة من خلال المعادلات التالية:**

ف° = $\frac{٩}{٥}$س° + ٣٢ ، ط° = ٢٧٣° + س°

**مثال (٦):**

أ- حول درجة الحرارة ٩٥ ف° إلى كل من النظامين السلسيوس والمطلق.

***الحلّ:***

س° = $\frac{٥}{٩}$(ف° - ٣٢) = $\frac{٥}{٩}$(٩٥° - ٣٢) = ٣٥ س°

ط = س + ٢٧٣

= ٣٥ + ٢٧٣ = ٣٠٨ كلفن

حول الدرجة ٣٦٣ كلفن إلى كل من النظامين السلسيوس والفهرنهايتي.

## أسئلة الفصل

س١: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

١- تعتبر مقياساً لمعدل الطاقة الحركية الناتجة عن حركة الجزيئات:

أ- كمية الحرارة. ب- درجة الحرارة. ج- السعة الحرارية. د- الحرارة النوعية.

٢- جسمان (أ ، ب) متساويان في كتليهما ولهما درجة الحرارة نفسها، زودا بكمية الحرارة نفسها، فكانت درجة حرارتهما النهائية مختلفة والسبب في الإختلاف:

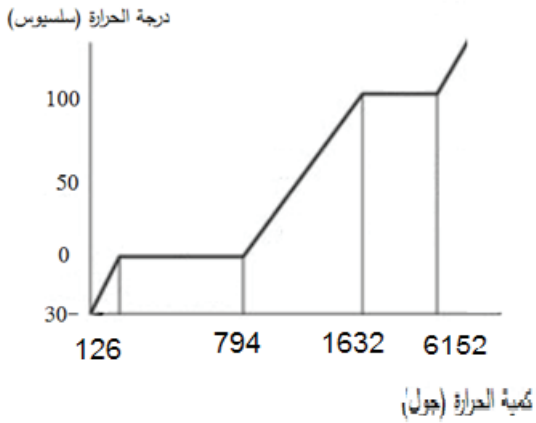
أ- معامل التمدد الحراري. ب- السعة الحرارية.

ج- الحرارة النوعية. د- الحرارة الكامنة للانصهار.

٣- لدينا ٤ كرات متماثلة في الكتلة من (الحديد، النحاس، الألمنيوم، الفضة) سُخنت جميعها إلى درجة الحرارة نفسها وأُلقي كل منها في كأس يحتوي على الكمية نفسها من الماء، الكأس الذي تكون درجة حرارته عند الاتزان أعلى هو الكأس الذي أُلقيت فيه كرة: (مستعينا بجدول الحرارة النوعية):

أ- الحديد. ب- النحاس. ج- الفضة. د- الألمنيوم.

٤- يمثّل الشكل المجاور كميات الحرارة اللازمة لتحويل كتلة من الجليد في درجة حرارة (-٣٠ س°) إلى بخار ماء في درجة ( ١٠٠س° )، كتلة قطعة الجليد تساوي:




أ- ٢ غم. ب- ٢ كغم.

ج- ١ غم. د- ١ كغم.

٥- غاز حجمه (ح) في درجة حرارة ٢٠ س°، سُخِّن إلى درجة حرارة ٥٠ س°، أي من الخصائص التالية للغاز تقلّ مع زيادة درجة حرارته:

أ- الكتلة. ب- الحرارة النوعية. ج- الكثافة. د- الحجم.

٦- تستمر الحياة البحرية في البحار والمحيطات في المناطق الباردة جداً بسبب:

أ- ظاهرة شذوذ الماء. ب- الحرارة النوعية للماء.

ج- ملوحة مياه البحار والمحيطات د- مقاومتها للبرودة

س٢: ما المقصود بكل من: درجة الحرارة، كمية الحرارة، الحرارة النوعية، الاتزان الحراري.

## أسئلة الفصل

س٣: علل ما يلي تعليلاً علمياً صحيحاً.

١. لا يصلح ميزان الحرارة الكحولي لقياس درجة غليان الماء.
٢. تثبت درجة حرارة المادة أثناء غليانها.
٣. يكون التمدد في السوائل حجمي فقط.
٤. تفريغ سائقي السيارات جزء من هواء العجلات عند السير لمسافات طويلة في فصل الصيف.
٥. يفضل استخدام زجاج البايركس على الزجاج العادي في صناعة الأواني الزجاجية المستخدمة في المختبرات.
٦. حدوث تصدعات في الصخور التي يوجد بها شقوق في أيام الشتاء التي تنخفض فيها درجة الحرارة ما دون الصفر.

س٤: وضعت ثلاث كرات متماثلة في الحجم من (الحديد، النحاس، الألمنيوم) في درجة حرارة ٢٠س° في وعاء ماء يغلي على درجة ١٠٠ س°، فإذا علمت أن كثافة المواد على الترتيب: (٧,٨٧ غم/ سم٣، ٨,٩٤ غم /سم٣، ٢,٧غم / سم٣)، رتّب المواد الثلاث تصاعدياً حسب كميات الحرارة التي اكتسبتها (يمكنك الاستفادة من الجدول (١)).

س٥: مسعر نحاسي سعته الحرارية ٣٣,٦ جول / كلفن يحتوي بداخله على ١٠٠ غم ماء في درجة حرارة ١٠ س°، أُسقطت فيه قطعة من الألمنيوم سعتها الحرارية ٢٢,٠٥ جول / كلفن ودرجة حرارتها ١٠٠ س° ، احسب درجة حرارة المزيج عند الاتزان.

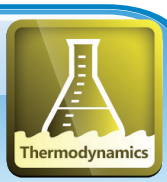
س٦: وعاء تم ملء ٠,٩٩٥ من حجمه بزيت الزيتون ووعاء آخر مماثل له بالحجم تم ملء ٠,٩٩٦من حجمه بالبنزين في درجة حرارة ١٠ س°، إذا ارتفعت درجة حرارة الزيت الى ٣٠ س° والبنزين إلى ٣٥ س°، بإهمال تمدد الوعائين، أيهما ينسكب الزيت أم البنزين، فسّر إجابتك.

س٧: أنبوب من الألمنيوم طوله ٣ م في درجة حرارة ٢٠س°، احسب طول الأنبوب عند:

أ- ١٠٠ س°. ب- صفر س°.

س٨: مخبار مدرج به ٧٠ سم٣ من سائل في درجة حرارة ٢٥ س°، احسب الزيادة في حجم السائل عندما ترتفع درجة حرارته الى ٧٥ س°، علماً بأن معامل التمدد الحجمي للسائل ١,٥ × ١٠-٤ / س°.

س٩: عند أي درجة حرارة تتساوى قراءة كل من الميزان الفهرنهايتي والمئويّ؟




# الفصل الثاني:

## الديناميكا الحراريّة (Thermodynamics)

تتكون المادة سواء كانت في حالة صلبة أو سائلة أو غازية من جسيمات صغيرة جداً (جزيئات)، وإن هذه الجزيئات في حركة مستمرة تعتمد على الطاقة الداخلية للنظام، فزيادة الطاقة الداخلية للنظام تنتج عن تزويد النظام بكمية من الحرارة يمكن أن تعمل على رفع درجة حرارة النظام أو تغير في حالته أو الاثنين معاً، كما أن تزويد النظام بكمية من الحرارة قد يؤدي إلى بذل شغل داخل النظام، لذا يختصّ علم التحريك الحراري بدراسة خصائص انتقال الطاقة الحرارية وتحولاتها إلى أشكال أخرى كشغل على النظام أو زيادة الطاقة الداخلية له والعلاقة التي تربط بينهما، وما يصاحب من تغيرات تطرأ على كل من الحجم والضغط ودرجة الحرارة للمادة في الحالة الغازية نتيجة التغير في الطاقة الداخلية لها، وسنركز في دراستنا لهذا الفصل على الحالة الغازية.

**يتوقع منك بعد دراستك هذا الفصل أن تكون قادراً على أن:**

- تتعرف إلى الحركة البراونية ونظرية الحركة الجزيئية وقوانين الغازات وصيغها الرياضية ومعادلة الغاز المثالي.
- تفسّر بعض الظواهر بالاعتماد على نظرية الحركة الجزيئية.
- تحلّ مسائل بسيطة على قوانين الغازات.
- توضح مفهوم: النظام الحراري، الطاقة الداخلية للنظام.
- تذكر العلاقة بين الشغل المبذول على النظام والتغير الحاصل في طاقته الداخلية وقوانين التحريك الحراري (الصفري والأول والثاني).
- تطبق القانون الأول للتحريك الحراري على العمليات الحرارية.
- تذكر صيغة كلاوسيوس وكلفن وبلانك للقانون الثاني في التحريك الحراري.
- تبيّن أهمية القانون الثاني للتحريك الحراري في الطبيعة.
- تتعرف إلى الآلة الحرارية.

## ٢-٢: الحركة البراونية ونظرية الحركة الجزيئية

**لتتعرف إلى الحركة البراونية نفّذ النشاط التالي:**

### نشاط (٨): الحركة البراونية:

**المواد والأدوات:**

كأس زجاجي، وقطارة، وعلبة حبر سائل وماء.

---

**الخطوات:**

١- املأ الكأس الزجاجي بالماء.

٢- ادخل القطارة بعلبة الحبر السائل واملأها بالحبر السائل.

٣- ضع بضع قطرات من الحبر في كأس الماء وانتظر ٥ دقائق، ولاحظ ما يحدث للماء.

٤- ما تفسيرك لانتشار الحبر في الماء؟

لعلك توصلت إلى أن جزيئات الماء في حالة حركة مستمرة، وهذه الحركة تكون عشوائية وهي التي أدت إلى انتشار الحبر في الماء، نتيجة اصطدام جزيئات السائل في جزيئات الحبر.

ففي عام ١٨٢٨م لاحظ العالم الإيطالي روبرت براون الحركة العشوائية لحبوب اللقاح المعلقة في الماء، وفي عام ١٩٠٥ أطلق العالم البرت اينشتاين على الحركة العشوائية لجزيئات السائل اسم الحركة البراونية تكريماً للعالم روبرت براون، وفسر اينشتاين هذه الحركة بسبب اصطدام جزيئات غير مرئية ( جزيئات السائل) في حبوب اللقاح مما جعلها تتحرك حركة عشوائية.

**لقد نظم العلماء خصائص حركة جزيئات الغاز في مجموعة من الفروض أُطلق عليها اسم نظرية الحركة الجزيئية وهي:**

١- يتألف الغاز النقي من عدد هائل من الجزيئات المتناهية في الصغر والمتماثلة في الشكل والكتلة.

٢- تتحرك الجزيئات بسرعات في المتوسط كبيرة وفي خطوط مستقيمة، وتتصادم مع بعضها بعضا ومع جدران الوعاء الذي توجد بداخله تصادمات مرنة دون أن تفقد من طاقتها الحركية.

٣- أبعاد الجزيئات صغيرة جداً إذا ما قورنت بالمسافات التي تتحركها، كما أن قوى التجاذب بين الجزيئات ضعيفة جداً حيث يمكن إهمالها مقارنة بالقوى الناتجة بينها أثناء التصادم.

٤- تكون طاقة وضع جزيئات الغاز صغيرة جداً إذا ما قورنت بطاقة حركتها حيث يمكن اعتبار طاقة الجزيء عبارة عن طاقته الحركية فقط.

لا يوجد غاز تنطبق عليه فروض نظرية الحركة الجزيئية جميعها، ولكن بعض الغازات في ظروف محددة

من الضغط ودرجة الحرارة يمكن أن نعتبرها غازات مثالية كالغازات الخاملة وغازات الأكسجين والهيدروجين والنيتروجين وغيرها، ويمكن تعريف الغاز المثالي بأنه غاز افتراضي تنطبق عليه فروض نظرية الحركة الجزيئية جميعها.

## ٢-٢: قوانين الغازات:

لمعرفة سلوك الغازات لا بد من دراسة المتغيرات التي تحكم سلوك الغاز من الضغط والحجم ودرجة الحرارة والكثافة وعدد الجزيئات، وحتى نتعرف إلى سلوك الغاز من الضروري دراسة المتغيرات حيث يتم دراسة أثر كل عامل على العامل الآخر مع ضبط المفاهيم الأخرى. وسندرس أربعة قوانين، هي:

### ١- قانون أفوجادرو

**ما العلاقة بين حجم الغاز وعدد المولات (كتلة الغاز)؟ للتعرف إلى إجابة هذا السؤال نفّذ النشاط التالي:**

### نشاط (٩): العلاقة بين حجم الغاز وعدد المولات:

**المواد والأدوات:** بالون، ومنفاخ ولاصق.

**الخطوات:**

١- ثبّت فوهة البالون على فوهة المنفاخ باللاصق.

٢- باستخدام المنفاخ ادخل الهواء إلى البالون بدفع ماسورة المنفاخ مرات عديدة ولتكن ٥ مرات ولاحظ حجم البالون.

٣- ادفع ماسورة المنفاخ ٥ مرات إضافية ولاحظ الحجم الجديد للبالون وقارنه مع الخطوة ٢

٤- ادفع ماسورة المنفاخ ٥ مرات اخرى ولاحظ الحجم الجديد للبالون وقارنه مع الخطوة ٣

٥- من خلال النشاط، ما العلاقة التي تربط بين كتلة الغاز التي أُدخلت في البالون (عدد المولات) وحجمه.

لعلك توصلت من خلال النشاط أن حجم الغاز يتناسب طردياً مع عدد المولات الموجودة في وعاء قابل للتمدد عند ثبات كل من ضغطه ودرجة حرارته وهذا ما يعرف بقانون أفوجادرو.

وقد وجد تجريبياً أن مولاً واحداً من أي غاز يشغل حيزاً مقداره ٢٢,٤ لتراً في الظروف المعيارية من الضغط ودرجة الحرارة، وهي ضغط جوي واحد ودرجة حرارة ٢٩٨ كلفن، كما وجد أن المول الواحد يحتوي على عدد أفوجادرو من الجزيئات وهو ٦,٠٢ ×١٠$^{٢٣}$ جزيء.

### مثال (١):

عينة من غاز الهيدروجين كتلتها ١٠ غم، إذا علمت أن الكتلة المولية للهيدروجين ٢ غم / مول، جد ما يلي.

١- عدد مولات الهيدروجين ٢- عدد جزيئات الهيدروجين.

**الحلّ:**

١- عدد المولات = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}}$ ، ن = $\frac{\text{ك}}{\text{ك}_{\text{م}}}$ = $\frac{١٠}{٢}$ = ٥ مول.

٢- عدد الجزيئات = عدد المولات × عدد أفوجادرو

= ٥ × ٦,٠٢ × $١٠^{٢٣}$

= ٣٠,١٠ × $١٠^{٢٣}$ جزيء.

**فكر**

عينة من غاز النيتروجين تحتوي على ٦,٠٢ × $١٠^{٢٤}$ جزيء، إذا علمت أن الكتلة المولية للنيتروجين ٢٨ غم / مول، جد كتلة هذه العينة من النيتروجين.

## ٢- قانون بويل:

ما العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه؟ ستتعرف إلى إجابة هذا السؤال بعد تنفيذ الأنشطة الاتية:

### نشاط (١٠): العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه:

**المواد والأدوات:**

محقن طبي كبير، وبالون صغير، وشمعة احتراق ومصدر اشتعال.

**الخطوات:**

١- انفخ البالون الصغير ومن ثم أربط فوهته بحيث يسمح حجم البالون بإدخاله داخل المحقن الطبي بسهولة.

٢- اسحب مكبس اسطوانة المحقن الطبي واخرجة من داخل الاسطوانة.

٣- اشعل الشمعة من مصدر الاشتعال، عندما تبدأ الشمعة بالانصهار اسقط بعض قطرات الشمع داخل اسطوانة المحقن الطبي رأسياً وفي مركزها بحيث تغلق القطرات فوهة المحقن.

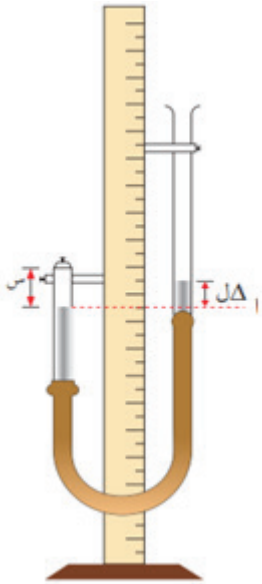
٤- ادخل البالون الصغير داخل اسطوانة المحقن الطبي كما في الشكل صفحة (١١٠)، ثم أعد المكبس داخل الاسطوانة واضغطه، ماذا يحدث لحجم البالون داخل المحقن الطبي؟ ما تفسيرك لذلك؟

٥- ارفع يدك عن مكبس المحقن الطبي، ولاحظ ماذا يحدث لحجم البالون، هل هناك علاقة بين ضغط الغاز وحجمه؟ وما طبيعة هذه العلاقة؟

## ثانياً:

### المواد والأدوات:

أنبوب زجاجي مغلق، وأنبوب زجاجي مفتوح الطرفين وأنبوب مطاطي، وحامل، وزئبق.




### الخطوات:

١- ركّب الأدوات كما في الشكل المجاور.

٢- اسكب الزئبق في الأنبوب الزجاجي ذي الطرف المفتوح بحيث يظهر مستواه في الأنبوبين الزجاجيين، ولاحظ مستوى الزئبق في الأنبوب ذي الطرف المغلق وحجم الهواء (الغاز) الذي يحصره الزئبق.

٣- حرك الأنبوب الزجاجيّ ذا الطرف المفتوح إلى أعلى، ولاحظ حجم الهواء المحصور، ما تفسيرك لتغير حجم الهواء؟

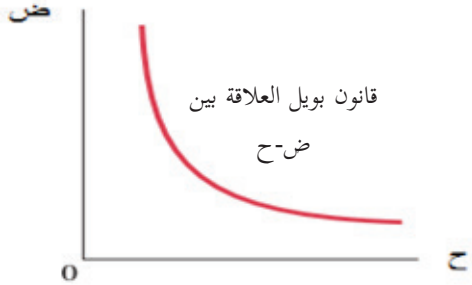
٤- راقب مستوي الزئبق في الأنبوبين الزجاجيين وعلاقة ذلك بضغط الغاز.

٥- غيّر ارتفاع الأنبوب مرة أخرى ولاحظ مستوى الزئبق في الأنبوبيين الزجاجيين ولاحظ حجم الهواء المحصور.

٦- ما العلاقة بين الفرق في ارتفاع عمود الزئبق في الأنبوبين الزجاجيين (ضغط الغاز) وحجم الغاز المحصور (الهواء).

٧- ما العلاقة التي تربط بين ضغط الغاز وحجمه؟

لعلك توصلت من النشاطين إلى العلاقة التي تربط بين حجم الغاز وضغطه عند ثبات درجة حرارته، وهذه العلاقة توصل إليها العالم بويل وينص قانونه: على أن **ضغط الغاز يتناسب تناسباً عكسياً مع حجمه عند ثبات درجة الحرارة.**




وبالرموز فإن ض $\propto \frac{١}{ح}$

ومنها ض × ح = ثابت

أي أن:

ض$_{١}$ × ح$_{١}$ = ض$_{٢}$ × ح$_{٢}$ = ث$_{١}$ .....(١)

للحصول على درجة حرارة ثابتة يمكن تنفيذ النشاط في حمام مائي، لماذا؟

**مثال (٢):**

غاز حجمه ١٠٠ سم$^{٣}$ وضغطه ١ ضغط جويّ، احسب مقدار ضغط هذا الغاز عندما يصبح حجمه ٥٠ سم$^{٣}$ على فرض ثبات درجة حرارته

***الحلّ:***

ح$_{١}$ = ١٠٠سم$^{٣}$ ، ض$_{١}$ = ض$_{ج}$ ، ح$_{٢}$ = ٥٠ سم$^{٣}$ ، ض$_{٢}$ = ؟

ض$_{١}$ × ح$_{١}$ = ض$_{٢}$ × ح$_{٢}$ ، ض$_{ج}$ × ١٠٠ × ١٠$^{-٦}$ = ض$_{٢}$ × ٥٠ × ١٠$^{-٦}$

ومنها ض$_{٢}$ = ٢ض$_{ج}$

**سؤال**

عينة من غاز الأكسجين تحتوي على ٢ مول في الظروف المعيارية، إذا تمددت هذه العينة حيث أصبح حجمها ٨٩,٦ لتراً تحت درجة حرارة ثابتة، ما مقدار ضغط الغاز الجديد؟

## ٣- قانون شارل

ما العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته عند ثبات الضغط؟

للتعرف إلى إجابة هذا السؤال نفّذ النشاط التالي:

## نشاط (١١): العلاقة بين حجم الغاز ودرجة حرارته:

**المواد والأدوات:**

دورق زجاجيّ، وبالون ، ومصدر حراري، وحوض زجاجي، وملقط خشبي.

---

**الخطوات:**

١- ضع كمية من الماء في الدورق الزجاجي، وثبت البالون على فوهة الدورق، واملأ الحوض الزجاجي بالماء.

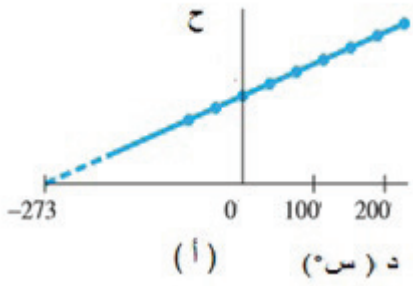
٢- ضع الدورق على المصدر الحراري وراقب ما يحدث للبالون أثناء التسخين، استمر في التسخين حتى يبدأ الماء بالغليان ،هل انتفخ البالون؟ وما تفسيرك لذلك؟

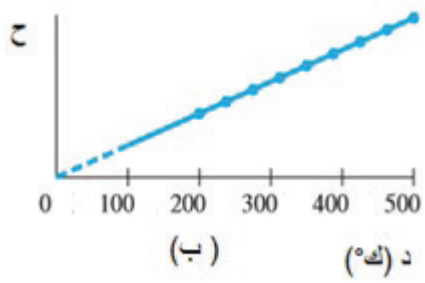
٣- باستخدام الملقط الخشبي احمل الدورق الزجاجي وضعه في الماء في الحوض الزجاجي ولاحظ ما يحدث لحجم البالون أثناء التبريد، وما تفسيرك لذلك؟

٤- ما العلاقة بين درجة حرارة الغاز وحجمه عند ثبات ضغطه؟

---

لعلك توصلت من النشاط الى أن **حجم الغاز يتناسب تناسباً طردياً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات ضغطه، وهذا ما توصل اليه العالم شارل.**




وبالرموز ح $\propto$ د ، حيث (ح) حجم الغاز و(د) درجة حرارة الغاز المطلقة.

أي أن ح = ث$_{٢}$ × د أو $\frac{ح}{د}$ = ث$_{٢}$

في المكبس حر الحركة وذو غطاء خفيف يكون الضغط على جانبي الغطاء ثابت.

$$\frac{ح_{١}}{د_{١}} = \frac{ح_{٢}}{د_{٢}} = ث_{٢} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٢)$$

**مثال (٣):**

غاز حجمه ٥٠٠ سم$^{٣}$ عند درجة حرارة ٢٠ س°، ما مقدار حجم الغاز اذا سُخِّن الى درجة حرارة ٨٠ س° على فرض ثبات الضغط؟

**الحلّ:** ح$_{١}$ = ٥٠٠ سم$^{٣}$ ، د$_{١}$ = ٢٠س° = ٢٠ + ٢٧٣ = ٢٩٣ ك°

ح$_{٢}$ = ؟ ، د$_{٢}$ = ٨٠س° ، د$_{٢}$ = ٨٠ + ٢٧٣ = ٣٥٣ ك°

$\frac{ح_{١}}{د_{١}} = \frac{ح_{٢}}{د_{٢}}$ ، $\frac{ح_{٢}}{٣٥٣} = \frac{٥٠٠}{٢٩٣}$ ومنها ح$_{٢}$ = ٦٠٢,٤سم$^{٣}$

**سؤال**

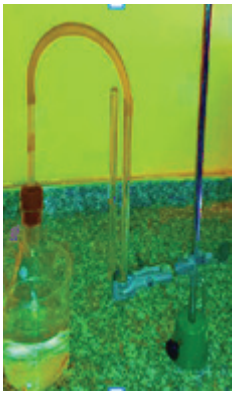
عينة من غاز النيتروجين عدد مولاتها ٤ مول في الظروف المعيارية، سُخِّنت الى درجة حرارة ١٠٠ س° ، ما مقدار حجم العينة إذا بقي ضغط الغاز ثابتاً؟

## ٤- قانون غايلوساك: العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة حرارته

ما العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة حرارته عند ثبات حجمه؟ ستتعرف إلى إجابة هذا السؤال بعد تنفيذ النشاط التالي:

### نشاط (١٢): العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة حرارته:

**المواد والأدوات:**



دورق مخروطي، وسدادة مطاطية، ومثقب، وأنبوب زجاجي رفيع، وأنبوب زجاجيّ رفيع ذو شعبتين على شكل حرف U، وأنبوب مطاطيّ، وكأس زجاجيّ كبير وماء ساخن.

**الخطوات:**

١- اثقب السدادة المطاطية بالمثقب، وضع الأنبوب الزجاجيّ الرفيع داخل السدادة ومن ثم أغلق فوهة الدورق المخروطي بالسدادة بإحكام.

٢- املأ الأنبوب الزجاجيّ ذا الشعبتين (شكل حرف U) جزئياً بالماء ولاحظ مستوى الماء في الشعبتين.

٣- صل ما بين الأنبوب الزجاجيّ الرفيع والأنبوب الزجاجيّ ذي الشعبتين بواسطة الأنبوب المطاطيّ.

٤- ثبت الأنبوب ذا الشعبتين على حامل، واسكب الماء الساخن داخل الكأس الزجاجيّ.

٥- ضع الدورق المخروطي داخل الكأس الزجاجيّ كما في الشكل المجاور، ماذا يحدث لدرجة حرارة الهواء داخل الدورق؟ ماذا يحدث لمستوى الماء في الشعبتين؟ ما تفسيرك لذلك ؟

٦- هل هناك علاقة بين ضغط الغاز المحصور ودرجة حرارته.

لعلك توصلت من النشاط السابق الى أن **ضغط الغاز يتناسب تناسباً طردياً مع درجة حرارته المطلقة عند ثبات حجمه، وهذه العلاقة توصّل إليها العالم غايلوساك** وأصبحت تُعرف فيما بعد باسم قانون غايلوساك.

ويمكن التعبير عن قانون غايلوساك رياضياً : ض $\propto$ د

أن ض = ث$_{٣}$ × د أو $\frac{ض}{د}$ = ثابت، حيث تقاس درجة الحرارة بالكلفن

$$\frac{ض_{١}}{د_{١}} = \frac{ض_{٢}}{د_{٢}} = \text{ثابت} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٣)$$

**مثال (٤):**

غاز محصور ضغطه ٥ × ١٠$^{٥}$ باسكال في درجة حرارة ٢٠٠ كلفن، فإذا تم تسخين الغاز إلى درجة حرارة ٣٠٠ كلفن، ما مقدار ضغط الغاز على فرض ثبات حجمه؟

***الحلّ:*** ض$_{١}$ = ٥ × ١٠$^{٥}$ باسكال ، د$_{١}$ = ٢٠٠ كلفن ، ض$_{٢}$ = ؟ ، د$_{٢}$ = ٣٠٠ كلفن

$\frac{ض_{١}}{د_{١}} = \frac{ض_{٢}}{د_{٢}}$ ، $\frac{ض_{٢}}{٣٠٠} = \frac{٥ \times ١٠^{٥}}{٢٠٠}$ ، ومنها ض$_{٢}$ = ٧,٥ × ١٠$^{٥}$ باسكال

**سؤال**

إذا علمت أن ضغط غاز محصور يساوي ٢ ضغط جوي عند درجة حرارة ٣٥٠ كلفن، تم تبريد الغاز حيث أصبح ضغطه ١,٥ ضغط جوي، ما مقدار درجة حرارة الغاز الجديدة؟

## ٢-٣: القانون العام للغازات (Univrsal Law of Gases):

ما العلاقة التي تحكم سلوك الغازات إذا كان كل من الضغط والحجم ودرجة الحرارة متغيرة ؟

إن العلاقة التي تنظم سلوك الغازات في حالة حدوث تغيرات على كل من الضغط ودرجة الحرارة والحجم، يمكن الحصول عليها بدمج القوانين الثلاث (بويل وشارل وغايلوساك) لنحصل على العلاقة التالية:

$$\frac{ض \times ح}{د} = ن \times أ \quad \ldots\ldots (٤)$$ ويطلق عليها معادلة الغاز المثالي.

ض: ضغط الغاز.
ح: حجم الغاز.
د: درجة حرارة الغاز بالكلفن.
ن: عدد مولات الغاز.
أ: الثابت العام للغازات.

وقد وجد أن الثابت العام للغازات (أ) = ٠,٠٨٢١ لتر ضغط جوي/ كلفن مول

أو بالنظام الدولي أ = ٨,٣١٤ جول/ كلفن مول.

ويمكن إجراء الحسابات على القانون العام للغازات بين الوضع الابتدائي والوضع النهائي من خلال العلاقة $\frac{ض_{١} \times ح_{١}}{د_{١}} = \frac{ض_{٢} \times ح_{٢}}{د_{٢}}$

**مثال (٥):**

عينة من غاز الأرغون حجمها ٢٠ لتراً في درجة حرارة ٢٧٣ كلفن وضغطها ١ ضغط جوي، كم يصبح حجم الغاز إذا تم تبريده إلى درجة حرارة ١٢٠ كلفن وزيادة ضغطه إلى ١,٢٥ ضغط جوي.

***الحلّ:***

$ح_١ = ٢٠$ لتر ، $د_١ = ٢٧٣$ كلفن ، $ض_١ = ١ \times ١٠^{٥}$ باسكال، $ح_٢ = ؟$ ، $د_٢ = ١٢٠$ كلفن،

$ض_٢ = ١,٢٥ \times ١٠^{٥}$ باسكال

$$\frac{ض_٢ \times ح_١}{د_١} = \frac{ض_٢ \times ح_٢}{د_٢} \quad ، \quad \frac{١ \times ١٠^{٥} \times ٢٠}{٢٧٣} = \frac{١,٢٥ \times ١٠^{٥} \times ح_٢}{١٢٠} \quad ، \quad \text{ومنها } ح_٢ = ٧,١٢ \text{ لتر .}$$

**سؤال**

وعاء يحتوي على غاز الهيليوم حجمه ٠,٠٢ م$^{٣}$ وضغطه ١٣,٧٨ × ١٠$^{٦}$ باسكال وفي درجة حرارة ٢٥٠ كلفن، إذا أفرغ الوعاء في بالون وكان الضغط داخله ١ ضغط جوي ورُفعت درجة حرارته إلى ٣٠٠ كلفن، ما حجم البالون؟

## ٢-٤: النظام الحراريّ والطاقة الداخلية (Thermal System & Internal Energy):

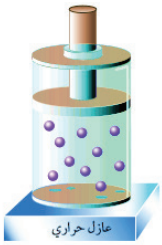
النظام الحراري هو ذلك الجزء من المادة والطاقة المحدود بحدود معروفة ومفصولة عن الوسط المحيط في إطار معين، ويمكن دراسة خصائصه الحرارية فقط. يمكن من خلاله دراسة العلاقة بين الطاقة الميكانيكية والطاقة الحرارية المرتبطة بالحركة العشوائية للجزيئات والذرات. وتتم هذه الدراسة من خلال علم الديناميكا الحرارية الذي يهتم بالعلاقة بين الطاقة الحرارية، والشغل وهو علم تجريبي قائم على المشاهدات الطبيعية والتجارب.

**ومن أمثلة الأنظمة الحرارية: الآلة البخارية، والتدفئة المركزية، ونظام التكييف، ونظام التبريد في الآلات:**

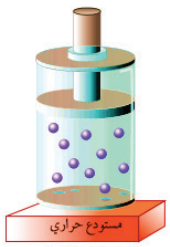
**للأنظمة الحرارية نوعان:**

١- النظام المغلق: وهو نظام معزول عن الوسط المحيط عزلا تاما، حيث لا يحدث تبادل للمادة أو الطاقة الحرارية مع المحيط، ومن أمثلته غاز محصور في وعاء معزول حرارياً.

٢- النظام المفتوح: وهو النظام الذي يسمح بتبادل المادة والطاقة الحرارية مع الوسط المحيط، مثل أيّ نظام حراريّ في الحياة العملية.



الشكل (١): نظام مغلق



الشكل (٤ - ٢) النظام المفتوح

**تتم دراسة الأنظمة الحرارية بطريقتين:**

١- دراسة مجهرية: وهو ميدان الديناميكا الإحصائية ويُعنى بدراسة حركة الجزيئات والذرات والعلاقات بينها.

٢- دراسة جاهرية: وهو ميدان الديناميكا الحرارية ويُعنى بدراسة العلاقة بين متغيرات النظام من حرارة وضغط وشغل وحجم وكتلة وطاقة داخلية.

## الطّاقة الداخلية للنظام (ط)

عند تلامس جسمين مختلفين في درجة الحرارة معاً، فإن الحرارة تسري من الجسم الساخن (الأعلى درجة حرارة) إلى الجسم البارد (الأقل درجة حرارة) حتى تتساوى درجة حرارتهما، ويصبح هناك اتزان حراري كما درست سابقاً. كما تعلم فإن جزيئات المادة في حالة حركة مستمرة، وبالتالي فإنها تمتلك طاقة حركية، كما تُخزّن بداخلها طاقة وضع بفعل قوة التجاذب فيما بينها. إن مجموع طاقة الحركة وطاقة الوضع يعرف بالطاقة الداخلية للنظام.

يمكن زيادة الطاقة الداخلية بإحدى الطريقتين:

١- تزويد النظام بالطاقة الحرارية من خلال مصدر حرارة.

٢- بذل شغل على النظام.

**في حالة خسر النظام جزءاً من الطاقة الحرارية أو بذل شغلاً فإن طاقته الداخلية تقل.**

نظم في جدول الفرق بين النظام المغلق والنظام المفتوح.

## ٢-٥: قوانين التحريك الحراري (Laws of Thermodynamics):

يعدّ الاتزان الحراري أحد أهم ركائز قوانين التحريك الحراري، فالاتزان الحراري يحدث عندما تنتقل الحرارة بين جسمين إحداهما ساخن والآخر بارد وذلك حتى تتساوى درجة حرارتها، فيصبح الجسمان في حالة اتزان حراري، حيث لا يتم تبادل الطاقة الحرارية داخل النظام وتحمل أجزاؤه جميعها صفات المتغيرات نفسها من ضغط ودرجة حرارة وطاقة داخلية وغيرها، عندها نقول أن النظام متزن.

## القانون الصفري:

**للوصول إلى القانون الصفري في التحريك الحراري قم بإجراء النشاط الآتي:**

### نشاط (١٣): القانون الصفري في التحريك الحراري:

**المواد والأدوات:**

٣ كؤوس زجاجية (أ . ب . جـ) مختلفة الأحجام، وماء بدرجات حرارة مختلفة، وميزان حرارة عدد (٣).

**الخطوات:**

١- ضع الماء الأعلى درجة حرارة في الوعاء (أ).
٢- ضع الماء ذو درجة الحرارة المتوسطة في الوعاء (ب)
٣- قرب الاناء أ من الاناء ب حتى يتلامسان
٤- انتظر حتى يحدث اتزان حراري بين الوعائين (أ ، ب).
٥- ضع الماء الأقل درجة حرارة في الوعاء (جـ).
٦- ضع الوعائين (أ ، ب) في الوعاء (ج).
٧- ثم انتظر حتى يحدث اتزان حراري بين (أ ، ج).
٨- خذ درجة حرارة الأوعية جميعها. ماذا تلاحظ؟

**لعلك لاحظت أنه**

إذا كان النظام الحراري (أ) في حالة اتزان حراريّ مع النظام (ب) والنظام (ج)، فإن النظام (ب) يكون في حالة اتزان حراريّ مع النظام (ج)، وهذا ما يعرف بالقانون الصفريّ في التحريك الحراريّ.

## القانون الأول في التحريك الحراري:

إذا انتقل النظام من حالة اتزان معينة ($ح_١$، $ض_١$، $د_١$) إلى حالة اتزان جديدة ($ح_٢$، $ض_٢$ ، $د_٢$) فإن التغير في درجة الحرارة $\Delta$د، والتغير في الطاقة الداخلية $\Delta ط_{١}$ لا يعتمد على المسار الذي سلكه الغاز وإنما يعتمد على الحالة الابتدائية والحالة النهائية.

وقد وجد أن الفرق في كمية الحرارة (كح) التي اكتسبها النظام أو فقدها والشغل (ش) الذي بذله النظام أو بذل عليه لا يعتمد على المسار بين نقطة البداية ونقطة النهاية.

وهذا الفرق بين كمية الحرارة و الشغل (كح – ش) يساوي التغير في الطاقة الداخلية $\Delta$ط$_د$ للنظام وهو القانون الأول في التحريك الحراري.

هل تستطيع تطبيق القانون الأول للتحريك الحراري على آلة منشار الخشب؟

## نص قانون القانون الأول في التحريك الحراري:

التغير في الطاقة الداخلية للنظام الحراري يساوي كمية الحرارة التي اكتسبها أو فقدها النظام مطروحاً منه كمية الشغل التي بذلها الغاز أو بذلت عليه رياضياً:

**التغير في الطاقة الداخلية = كمية الحرارة – الشغل المبذول**

$\Delta$ ط$_د$ = كح – ش

(ط$_{د_2}$ – ط$_{د_1}$) = كح – ش

$\Delta$ط$_د$ = صفرا إذا كان المسار مغلقاً.

كح: كمية الحرارة تكون (+) اذا اكتسب النظام كمية من الحرارة، (-) اذا فقد النظام كمية من الحرارة.

ش: الشغل يكون (+) بَذَلَ النظام نفسه شغل، (-) إذا بُذِلَ على النظام شغل خارجيّ.

**ملاحظات على القانون الأول في التحريك الحراري:**

١- هذا القانون لا يميز بين كمية الحرارة والشغل، فيمكن زيادة الطاقة الداخلية عن طريق زيادة كمية الحرارة أو الشغل المبذول أو كليهما.

٢- هذا القانون ما هو إلا تطبيق لمبدأ حفظ الطاقة، فالزيادة في أي شكل من اشكال الطاقة يقابلها نقص في شكل آخر.

٣- يعتبر كلّ من الشغل وكمية الحرارة اقتران مسار على الرغم من أن أي منهما لن يكون محفوظاً بمعزل عن الآخر في أيّ عملية حرارية.

٤- $\Delta$ط$_د$ هو اقتران حالة ولا يعتمد على المسار الذي يسلكه الغاز.

### مثال (٦):

احسب التغير في الطاقة الداخلية للنظام إذا:

أ) فقد كمية من الحرارة مقدارها ٢٠٠٠ جول تحت حجم ثابت.

ب) زود بكمية من الحرارة مقدارها ٥٠٠٠ جول وبذل النظام شغلا مقداره (٥٠٠) جول.

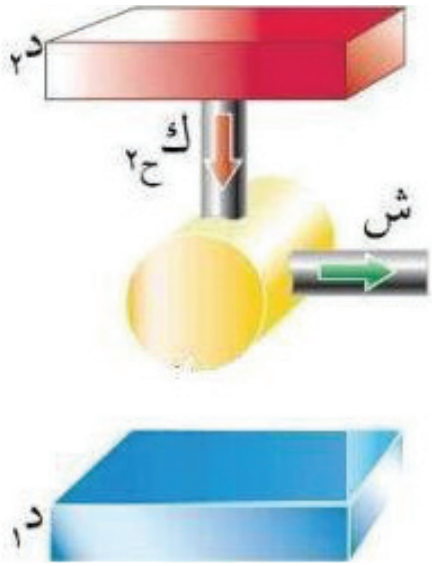
**الحلّ:**

أ) $\Delta$ط = كح – ش

$\Delta$ط = كح – ض × $\Delta$ح  لكن $\Delta$ح = صفراً لإن الحجم بقي ثابتاً

$\Delta$ط = كح = -٢٠٠٠ جول،  لاحظ أن الإشارة السالبة تعبر عن عملية فقد الطاقة.

ب) $\Delta$ط = كح – ش = ٥٠٠٠ – ( + ٥٠٠) = ٤٥٠٠ جول



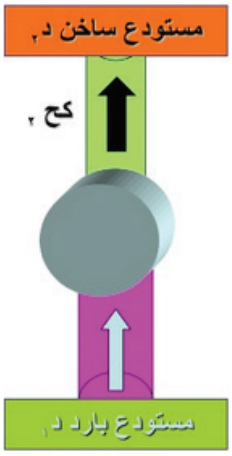

## القانون الثاني

للقانون الثاني في التحريك الحراريّ صيغ عديدة أبسطها صيغة كلاوسيوس

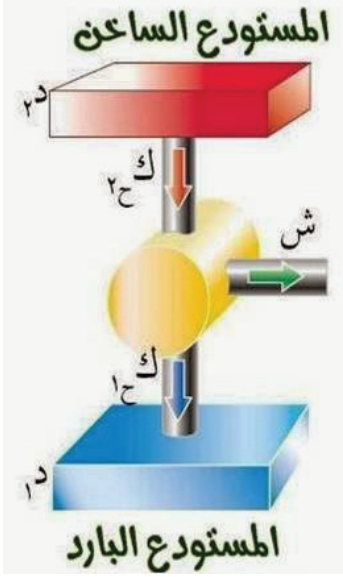
تسري الحرارة سرياناً طبيعياً من الجسم الساخن إلى الجسم البارد ومن المستحيل أن تسري الحرارة من الجسم البارد إلى الجسم الساخن بشكل طبيعيّ.

هناك صيغ أخرى أكثر عمومية للقانون الثاني في التحريك الحراري من بينها صيغة كلفن و بلانك التي تنص على أنه:

من المستحيل تصميم آلة حرارية حيث تكون النتيجة الوحيدة لعملية حرارية دورية امتصاص طاقة حرارية من مستودع حراري وتحويلها إلى شغل ميكانيكي.




**وهناك صيغة ثانية لكلاوسيوس تنص على أنه:**




من غير الممكن أن تكون النتيجة الوحيدة لعملية حرارية دورية هي سريان كمية من الحرارة من مستودع حراريّ ذي درجة حرارة منخفضة إلى مستودع آخر ذي درجة حرارة أعلى دون الحاجة إلى بذل شغل ميكانيكي.

**من التطبيقات العملية على القانون الثاني في التحريك الحراري:**

**الآلة الحرارية:** وهي عبارة عن جهاز يحوّل الطاقة الحرارية إلى أشكال مختلفة من الطاقة بحيث يمكن الإفادة منها.

**وآلية عملها:**

١- يتم امتصاص الطاقة الحرارية (كح٢) من مستودع حراري درجة حرارته عالية (د٢).

٢- تبذل الآلة الحرارية شغلاً.

٣- تزود الآلة الطاقة الحرارية ( كح١) إلى مستودع ذي درجة حرارة منخفضة (د١)، من الأمثلة على الآلات الحرارية الثلاجة.

استنتج المشكلات التي واجهت القانون الأول للتحريك الحراري.

## مشاريع مقترحة:

صمم آلة تعمل على قانون التحريك الحراري الأول أو الثاني.

## أسئلة الفصل

س١: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة:

١- تعمل الآلة الحرارية على امتصاص الحرارة من مستودع حراري عند درجة حرارة معينة وتحولها:

أ- كليا إلى شغل ميكانيكيّ.

ب- جزئياً إلى شغل ميكانيكي وتطرد بقية الحرارة إلى مستودع ذي درجة حرارة أعلى.

ج- جزئياً إلى شغل ميكانيكي وتطرد بقية الحرارة إلى مستودع ذي درجة حرارة أقل.

د- جزئياً إلى شغل ميكانيكي وتطرد بقية الحرارة إلى مستودع ذي درجة حرارة مساوية.

٢- عينة من غاز الأكسجين حجمها ٢,٢٤ لتراً في الظروف المعيارية ، ما عدد جزيئات الأكسجين في العينة؟

أ- ٦,٠٢ × $١٠^{٢٣}$ ب- ٢٠,٦ × $١٠^{٢٤}$ ج- ٦,٠٢ × $١٠^{٢٢}$ د- ١٢,٠٤ × $١٠^{٢٢}$

٣- واحدة من الآتية لا تمثّل فرضاً من نظرية الحركة الجزيئية في الغازات:

أ- جزيئات الغاز مهملة الأبعاد. ب- القوى بين الجزيئات ضعيفة جداً.

ج- تتصادم الجزيئات تصادمات مرنة. د- طاقة وضع الجزيء تمثّل طاقته.

س٢: عرف الغاز المثاليّ، الحركة البراونية، نظرية الحركة الجزيئية.

س٣: علل:

¬ لتجفيف الغسيل سريعا يجب نشره في مكان مشمس وذي تهوية عالية.

س٤: غاز مثالي محصور داخل وعاء حجمه ثابت، في درجة حرارة ٢٠س° وضغط ٢,٥ ض٠، ما مقدار ضغط الغاز عندما تصبح درجة حرارته ٩٠س° .

## أسئلة الوحدة

س١: ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة فيما يلي:

١- مكعبان من الحديد والألمنيوم متماثلان في الحجم لهما درجة الحرارة نفسها ٢٥ س° وضعا في حوض ماء ساخن درجة حرارته ٨٠س°، فاكتسب كل منهما كمية من الحرارة مختلفة عن الآخر بسبب:

أ- الاختلاف في حرارتهما النوعية.
ب- الاختلاف في كتلهما.
ج- الاختلاف في سعتهما الحرارية.
د- الاختلاف في التغير في درجة حرارتهما.

٢- ثلاث كرات (أ حديدية ، ب نحاسية ، ج زجاجية) متماثلة في كتلها زودت بكمية الحرارة نفسها ومن ثم وضعت الكرات الثلاث لتلامس كل منهما الأخرى، أيّ العبارات الآتية صحيحة:

أ- يحدث انتقال حرارة من الكرة ج إلى الكرة (أ).
ب- يحدث انتقال حرارة من الكرة ج إلى الكرة (ب).
ج- يحدث انتقال حرارة من الكرة ب إلى الكرة (ج).
د- لا يحدث انتقال حراريّ بين الكرات الثلاث.

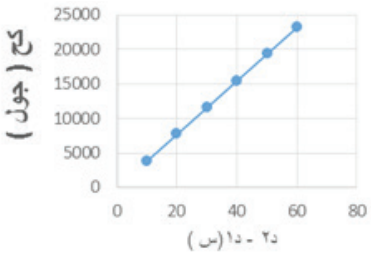
٣- شريط ثنائيّ الفلز وجهه العلوي من النحاس والسفلي من الحديد سُخِّن على مصدر حراري فإن الشريط:

أ- يتمدد وينحني للأعلى.
ب- يتمدد وينحنى للأسفل.
ج- لا يحدث أيّ تغير.
د- يتمدد بشكل مستقيم.

٤- قضبان اسطوانية الشكل ومتماثلة الطول من (الزجاج، الألمنيوم، الذهب، النحاس) غمرت في حوض ماء يغلي في درجة ١٠٠ س°، فإن أقصر هذه القضبان بعد غمرها في حوض الماء هو:

أ- النّحاس.
ب- الزّجاج.
ج- الألمنيوم.
د- الذهب.

٥- الشكل المجاور يمثّل منحنى كمية الحرارة التي يكتسبها جسم مع الارتفاع في درجة حرارته، إن ميل المنحنى يمثّل:




أ- الحرارة النوعية.
ب- السّعة الحرارية.
ج- الكتلة.
د- التغيّر في الطاقة الداخلية.

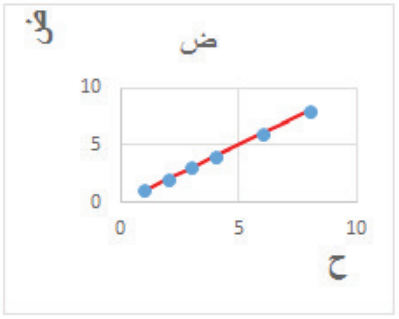
## أسئلة الوحدة

٦- غاز حجمه (ح) وعدد مولاته ن في الظروف المعيارية، كم سيصبح عدد مولاته إذا أصبح حجمه (٣ح) تحت الظروف المعيارية نفسها؟

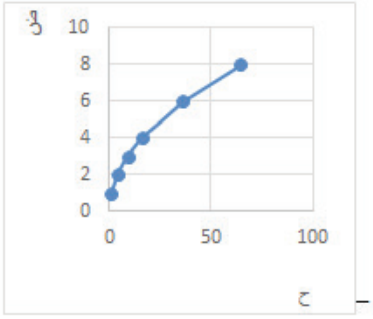
أ- ن.  ب- ٣ ن.  ج- $\frac{١}{٣}$ ن.  د- ٩ ن.

٧- أفضل خطّ بيانيّ يمثّل العلاقة بين ضغط الغاز وحجمه هو:

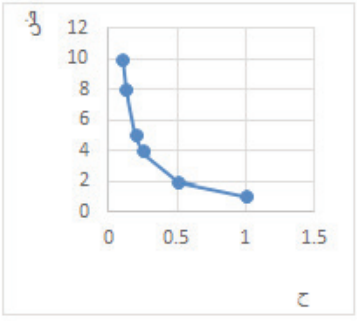
أ –



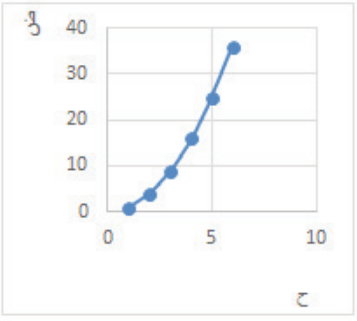

ب –




ج –




د –




س٢: ما المقصود بالالة الحرارية.

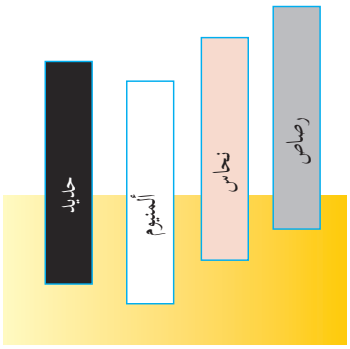
س٣: علل ما يلي: يزداد ضغط غاز محصور بزيادة درجة حرارته.

س٤: مسعر من الألمنيوم كتلته ٣٠٠ غم يحتوي على كمية من الماء كتلتها ٢٠٠ غم في درجة حرارة ١٠ س°، أضيف إليه كمية من الماء كتلتها ١٠٠ غم في درجة حرارة ١٠٠ س°، احسب درجة حرارة المزيج عند الاتزان (مستعيناً بالجدول ١ صفحة ٨٩).

## أسئلة الوحدة

س٥: سيارة سعة خزان البنزين فيها ٤٥ لترا فإذا كان الخزان مملوءاً تماماً في درجة حرارة ٢٠ س°، وفي وقت الظهيرة ارتفعت درجة الحرارة إلى ٤٥ س°، احسب حجم البنزين الذي ينسكب من الخزان بإهمال تمدد الخزان.

س٦: يمثّل الشكل المجاور أربعة قضبان من (الرصاص، النحاس، الألمنيوم، الحديد) متماثلة في الكتلة ولها مساحة المقطع نفسها، سُخِّنت إلى درجة الحرارة نفسها، ومن ثم وضعت على قالب من الشمع فغاصت فيه كما في الشكل.




١- أيّ القضبان اكتسب أكبر كمية حرارة وأيّها أقل كمية حرارة.

٢- لماذا دخل قضيب الألمنيوم بمقدار أكبر في الشمع.

٣- رتّب القضبان تنازلياً حسب حرارتها النوعية.

س٧: ساق من الحديد طولها ١٠٠ سم في درجة حرارة ٢٥ س° وضعت في فرن للتسخين فأصبح طولها ١٠٠,٩٦سم. احسب درجة حرارة الفرن.

س٨: سُخِّنت مادة من – ١٢ ف الى ١٥٠ فهرنهايت، احسب مقدار التّغير في درجة حرارة المادة في نظام.

أ- سلسيوس. ب- كلفن.

س٩: فقد غاز محصور ١٤٠٠ كيلو سعر وبذل عليه شغلاً مقداره ٦,٢ × ١٠° جول، احسب التّغير في الطاقة الداخلية للغاز.

# الوحدة الرابعة

# الفلك *Astronomy*

(لَا الشَّمْسُ يَنبَغِي لَهَا أَن تُدْرِكَ الْقَمَرَ وَلَا اللَّيْلُ سَابِقُ النَّهَارِ ۚ وَكُلٌّ فِي فَلَكٍ يَسْبَحُونَ﴿٤٠﴾) يس

- كيف تتحرك الأرض في نظامنا الشمسي ؟
- ماذا تتوقع ان يحدث لو وضعت الأرض في غير مدارها الصحيح حول الشمس ؟

# الوحدة الرابعة: الفلك

الأرض، الشمس، القمر، النجوم، الكواكب، كانت موضع اهتمام وأحلام الإنسان منذ أن وجد، فهي عالم من الأسرار أثار فضوله نحو اكتشاف المجهول على مر التاريخ، ولعل أول ما يخطر ببال دارس علم الفلك التعرف على السماء وما تحتويه من أجرام سماوية ففي معرفته لأنواع هذه الأجرام وخواصها العامة بداية جيدة لمعرفة حركتها وتفسير تلك الحركات، وتعيين مواقعها في أوقات مختلفة من اليوم أو السنة.

فكيف يتم تحديد مواقع النجوم؟ وما النتائج المترتبة على حركة الأرض حول نفسها؟ وكيف يتم تحديد الاتجاهات الأربعة من خلال حركة الشمس؟ وما النتائج المترتبة على حركة الأرض حول الشمس؟ وكيف يحدث كسوف الشمس وخسوف القمر؟ **أي تساؤلات أخرى ستتمكن من الاجابة عنها بعد دراستك هذه الوحدة وستكون قادرًا على تحقيق النتاجات التالية:**

- التعرف إلى التطور التاريخي لعلم الفلك ودور العلماء العرب والمسلمين .
- تحديد معالم الكرة السماوية .
- استخدام الخرائط السماوية للفصول المختلفة وللأماكن المختلفة للتعرف إلى النجوم والكواكب في السماء.
- التعرف إلى حركة الشمس اليومية الظاهرية ، وحركة الشمس في البروج .
- تحديد الاتجاهات الأربعة من مراقبة حركة الشمس اليومية .
- توضيح المقصود بالكسوف والخسوف .
- التعرف إلى النجوم أبدية الظهور.
- استخدام تطبيقات الأجهزة الذكية في التعرف على مواقع وخصائص بعض الاجرام السماوية.

## ١-١: التطور التاريخي لعلم الفلك (Development of Astronomy):

منذ القدم والإنسان يرفع عينيه إلى السماء ليرى النجوم وغيرها من الكواكب بأشكالها التي تأخذ بالألباب، فمنهم من بهرته حتى خيل إليه أنها آلهة، ومنهم من تطورت معرفته إلى أن أوصلته إلى خالقه وخالق الكون الفسيح.

وعبر التاريخ نجد الدلائل الكثيرة على اهتمام البشرية بهذا العلم، فمن جداول الصينيين الشهيرة للظواهر الفلكية إلى تقاويم الفراعنة فأساطير اليونانيين إلى ما حفظه شعر العرب في الجاهلية ثم ما أنجزه علماء المسلمين في هذا المجال.

اهتم قدماء المصريين بعلم الفلك لاهتمامهم بمعرفة زمن فيضان نهر النيل؛ الذي يتوقف عليه رخاء الفلاّح أو فقره ومعرفة أيام السنة التي تشتد فيها حرارة الجوّ، وقد قسم المصريون سنتهم الزراعية إلى ثلاثة فصول.

كما استخدم قدماء المصريين التقاويم الشمسية فقد كانت السنة عندهم (٣٦٠ يومًا) وأضافوا إليها (٥ أيام) اعتبروها أعيادًا، مقسمة على ١٢ شهراً .

ولقد سبق المصريون سواهم إلى تحديد جهة الشمال تحديداً دقيقاً يدل عليه بناؤهم الأهرامات، مما يكشف عن معرفتهم بالتواقيت وبحركة الشمس، هذا فضلاً عن معرفتهم حركة بعض الأجرام السماوية وأبراجها، إلا أن المصريين كغيرهم خلطوا بين علم الفلك وعبادة النجوم.

كانت أرصاد الفراعنة دقيقة حيث يتجلى ذلك في تعامد أشعة الشمس على وجه رمسيس الثاني في معبد أبي سنبل بأسوان مرتين في السنة. التعامد الأول يحدث في يوم مولده ٢٢ فبراير والتعامد الثاني في ٢٢ أكتوبر وهو يوم تتويجه للعرش".

هناك شعوبًا أخرى غير المصريين كالبابليين واليونانيين والرومان وضعوا تقويمهم بناء على رصدهم لحركة الشمس أو القمر أو النجوم، فقد اهتم البابليون بعلم الفلك وحققوا إنجازات فلكية عديدة، فهم الذين حسنوا رصد الشمس والقمر وراقبوا ظهور يوم القمر الجديد، كذلك استعملوا طرقًا جديدة لحساب حركة الكواكب ومسارها.

كان العرب قبل الإسلام يهتدون بمنازل القمر والنجوم ، في سفرهم ليلاً، فيعرفون ساعات ما مضى من الليل، ويحددون بها الجهات.

تمثال عالم الفلك الفرغاني في مدينة القاهرة وقد قام الفرغاني بتحديد قطر الأرض بدقة، كما قدر أقطار بعض الكواكب مقارنة بقطر الأرض وترك عدد من المؤلفات القيمة.

وقد كان من أكبر اهتمامات العلماء المسلمين في الماضي معرفة الوقت لأداء العبادات ومعرفة المكان لتحديد القبلة بالإضافة إلى حرصهم على فهم الآيات القرآنية الكريمة؛ حيث جاء ذكر الشمس والقمر والنجوم في مواضع كثيرة من كتاب الله، لذا اهتموا ببناء المراصد وأولوا دراسة التقويم الزمني اهتمامًا بالغًا، و أقاموا التقويم على السنة القمرية التي تعتمد بدايات شهورها على الرؤية الحقيقة الموثقة للهلال. "وَالْقَمَرَ قَدَّرْنَاهُ مَنَازِلَ حَتَّىٰ عَادَ كَالْعُرْجُونِ الْقَدِيمِ" (سورة يس، آية ٣٩).

قام العلماء المسلمون بدراسات مفصلة عن الكواكب و أحجامها و وضعوا أسماء عدد كبير من النجوم المعروفة اليوم في العلم الحديث، واكتشفوا كروية الأرض وحركتها حول الشمس وقدّموا الأدلة القاطعة على ذلك وقاسوا و بكل دقة محيط الكرة الأرضية، التي جاءت نتائجها قريبة من الرقم الفعلي، وأثبتوا دوران الأرض حول محورها كما عرفوا وبجدارة أصول الرسم على سطح الكرة.

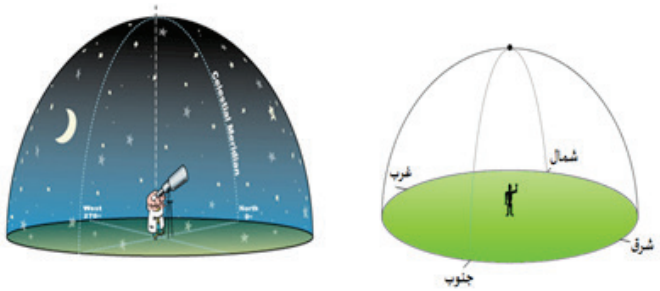
لقد نبغ كثير من العلماء العرب والمسلمين في علم الفلك واستطاعوا أن ينقلوا علم الفلك من الحيز النظريّ إلى مجال التجارب العلمية منهم: عبد الرحمن الصوفي، ابن يونس المصري، أبو الريحان البيروني، أبو الوفاء البوزجاني، ابن الهيثم، نصر الدين الطوسي، محمد بن جابر البتاني، ابن الشاطر، الخوارزمي.

## ١-٢: الكرة السماوية (Celestial Sphere):

هل فكرت يوماً كيف يقيس أو يقدر علماء الفلك بعد الأجرام السماوية عن الأرض؟

هل تخيلت يوماً بأن كوكبنا (كوكب الأرض) يقبع داخل كرة أخرى أكبر منه؟

إن هذا التصور يساعدنا على تبسيط مفاهيم كثيرة وكذلك تصور أشكال وحركات مختلفة، ويفسر كيفية حدوث بعض الظواهر؟




الشكل (١): القبة السماوية

انظر إلى شكل (١) ولاحظ أن الكرة السماوية كرة وهمية مجوفة، مركزها كوكب الأرض وتنتشر الأجرام السماوية على سطحها الداخلي.

كذلك بملاحظة شكل (٢) ندرك أن الراصد لا يستطيع مشاهدة الكرة السماوية بأكملها فهو يرى جزءًا منها على شكل قبة تسمى القبة السماوية.

الشكل (٢): القبة السماوية التابعة لمكتبة الاسكندرية بمصر

فكر

لماذا لا يستطيع الراصد رؤية الكرة السماوية بأكملها؟

## ١-٣: معالم الكرة السماوية:

لقد تعلمت سابقاً في دروس الجغرافيا كيفية تحديد المواقع على الكرة الأرضية باستخدام معالم محددة مثل خط الاستواء، القطب الشمالي، القطب الجنوبي، خطوط الطول ودوائر العرض .

**والآن هل توجد هذه المعالم على الكرة السماوية؟ للإجابة على السؤال قم بتنفيذ النشاط التالي:**

### نشاط (١): تحديد دائرة استواء السماء

**المواد والأدوات:**

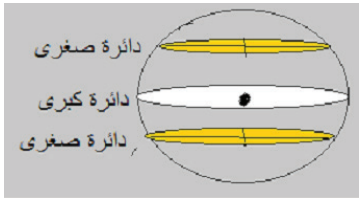
برتقالة أو كرة من معجون، سكين أو مسطرة.

**الخطوات:**

١- اقطع البرتقالة من منتصفها، ماذا تمثل نصف البرتقالة؟ ماذا تمثل قاعدتها؟

٢- اقطع أحد النصفين باتجاه موازٍ للقاعدة، على ماذا حصلت؟

لعلك توصلت إلى أن الكرة السماوية تنقسم إلى قسمين (نصفين) متساويين: نصف مرئي بالنسبة للراصد ويقع فوقه وهي القبة السماوية التي يشاهدها الراصد، ونصف غير مرئي ويقع أسفل الراصد.




الشكل (٣)

تسمى الدائرة التي مركزها مركز الأرض بالدائرة العظمى كما في الشكل (٣)، وتسمى الدائرة التي تمس القبة السماوية ولا يقع مركزها على مركز الأرض وإنما على امتداد المحور بالدائرة الصغرى.

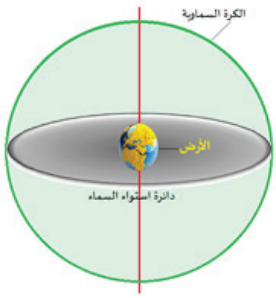
أيهما أكبر من حيث المساحة الدائرة العظمى أم الصغرى؟

## نشاط (٢): تحديد دائرة استواء السماء والقطبين السماويين

**المواد والأدوات:**

ورقة، قلم رصاص، فرجار.

**الخطوات:**



الشكل (٤)

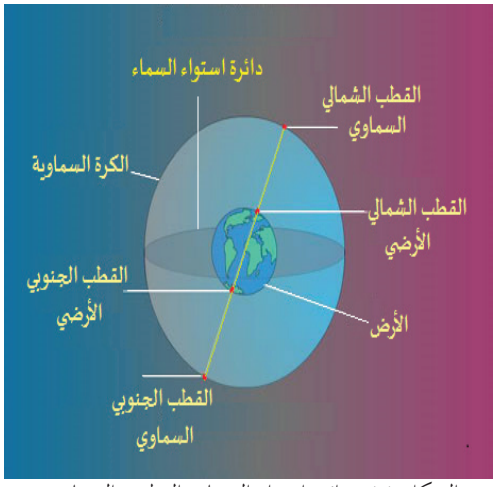
١- ارسم باستخدام الفرجار دائرة تمثل الارض وحدد عليها دائرة استواء الأرض، والقطبين الأرضيين الشمالي والجنوبي.

٢- ارسم حول الدائرة الأولى دائرة كبيرة تمثل الكرة السماوية ومركزها مركز الأرض (اللون الأخضر).

٣- قم بإسقاط مستوى دائرة الاستواء الأرضي على الكرة السماوية (اللون الرمادي)، ما اسم الدائرة التي ستحصل عليها؟

٤- قم بإسقاط الخط الذي يمر في مركز الأرض وقطب الأرض الشمالي على الكرة السماوية، ستحصل على نقطة (أ)، ما هذه النقطة؟

٥- قم بإسقاط الخط الذي يمر في مركز الأرض وقطب الأرض الجنوبي على الكرة السماوية، ستحصل على نقطة (ب)، ما هذه النقطة؟



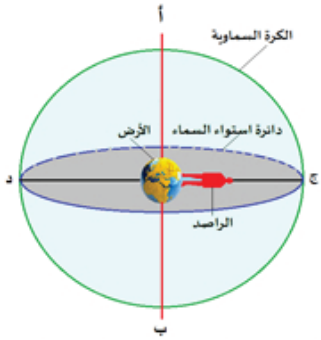
الشكل (٥): دائرة استواء السماء والقطبين السماويين

مما سبق نستنتج أن **القطب السماوي الشمالي (North Celestial pole):** هو النقطة الواقعة على الكرة السماوية والناتجة من امتداد الخط الوهمي من مركز الأرض إلى قطب الأرض الشمالي حتى يلامس الكرة السماوية.

**سؤال** عرف القطب السماوي الجنوبي.

وتعد **دائرة استواء السماء (Celestial Equator Circle):** من الدوائر العظمى على سطح الكرة السماوية فهي تقسم الكرة السماوية إلى نصفين شمالي وجنوبي، وتبعد دائرة استواء السماء ٩٠° عن القطب الشمالي، كما تبعد بنفس المقدار عن القطب الجنوبي.

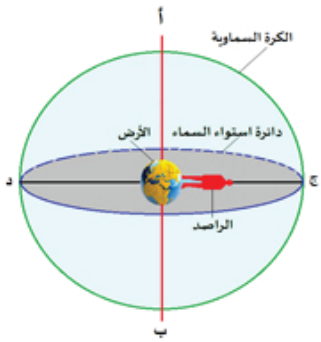
- إن مركز الأرض مطابق لمركز الكرة السماوية ومحاور الكرة السماوية هي امتداد لمحاور الأرض. وخطوط الطول والعرض للكرة السماوية تناظر خطوط الطول والعرض للأرض فمثلا: محور القطب الشمالي للكرة السماوية هو امتداد لمحور القطب الشمالي للأرض. وهذا صحيح أيضا بالنسبة للقطب الجنوبي.



الشكل (٦): سمت الرأس والنظير

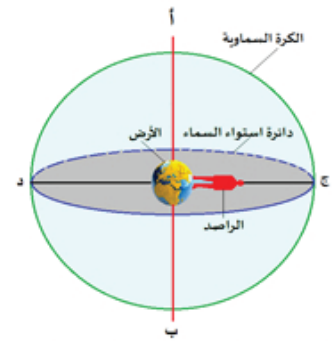
ومن المعالم الأساسية للكرة السماوية سمت الرأس والنظير ودائرة الأفق، فإذا تخيلت أن هناك راصداً يقف في منطقة ما على الأرض، فإن:

- **سَمت الرأس (zenith):** هي النقطة المثبتة على القبة السماوية الواقعة فوق رأس الراصد مباشرة.
- أما **النظير(Nadir):** فهي النقطة الواقعة في النصف الثاني للقبة السماوية مقابل سمت الرأس وأسفل قدمي الراصد، ويتوقف موقع سمت الرأس والنظير على موضع الراصد على سطح الأرض.
- **ودائرة الأفق (Horizon Circle):** هي الدائرة العظمى على سطح الكرة السماوية، والتي تبعد عن كل من سمت الرأس والنظير زاوية قدرها ٩٠°.



الشكل (٧)

**سؤال** تأمل (شكل ٨) والذي يوضح بعض معالم الكرة السماوية، ثم أجب عن الأسئلة المجاورة له:



الشكل (٨)

١- ما النقاط التي تمت الاشارة إليها بالأحرف أ، ب، ج، د؟
٢- ما البعد الزاوي بين سمت الرأس والنظير؟
٣- ظلل النصف المرئي من القبة السماوية بالنسبة للراصد.
٤- هل يمكن للراصد رؤية نظيره الواقع في النصف الثاني للقبة السماوية؟ ولماذا؟
٥- حدد على الرسم دائرة أفق الراصد.
٦- غير موقع الراصد وحدد سمت رأسه ونظيره ودائرة الأفق.
٧- هل لهذه المعالم الجديدة علاقة بالموقع السابق ؟ وماذا تستنتج؟

**فكر**

١- كم يبلغ عدد نقاط سمت الرأس التي يمكن تحديدها على الكرة السماوية؟ ولماذا؟

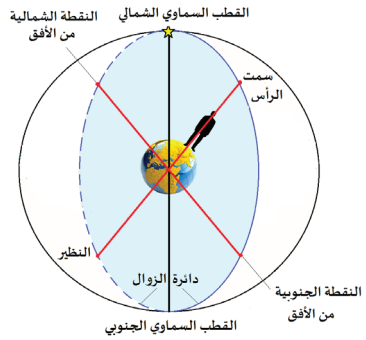
٢- ما عدد دوائر الأفق التي يمكن تحديدها على الكرة السماوية؟ ولماذا؟

٣- هل يشترك جميع الراصدين بقبة سماوية واحدة؟ أم أن لكل راصد قبة سماوية تعتمد على موقعه؟

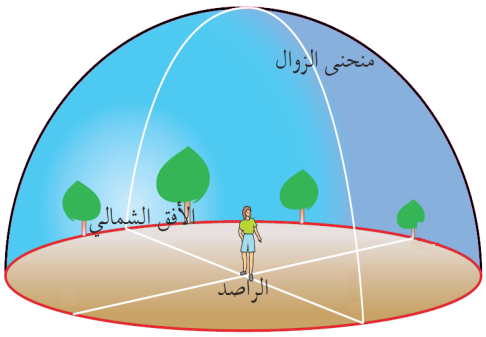
## دائرة الزوال (Meridian Circle):

هي الدائرة العظمى التي تمر بالنقطة الشمالية للأفق والقطب السماوي الشمالي وسمت رأس الراصد وكذلك تمر بالنقطة الجنوبية للأفق والقطب الجنوبي السماوي والنظير.

ويلاحظ من الشكل (٩أ،ب) أن القوس من هذه الدائرة والذي يقع فوق رأس الراصد ويمكن رؤيته وتحديده يسمى منحنى الزوال ويقسم منحنى الزوال سماء الراصد دائماً إلى قسمين شرقي وغربي.




الشكل (٩ أ): دائرة الزوال

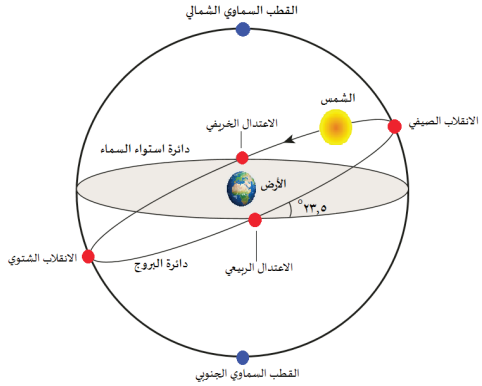



الشكل (٩ب): منحنى الزوال

## دائرة البروج (Ecliptic):

دائرة البروج أو الدائرة الكسوفية هي الدائرة العظمى التي تصنعها الشمس في حركتها الظاهرية حول الأرض أثناء سنة كاملة، وهذه الدائرة هي أيضاً دائرة مسار الأرض حول الشمس. وحيث أن دائرة البروج تمثل دائرة كاملة ٣٦٠°، لذلك فإن الأرض عندما تدور دورة واحدة كل عام (٣٦٥,٢٥ يوم)، فإنها تكون قد قطعت مسافة قدرها درجة واحدة كل يوم تقريبًا (من الغرب إلى الشرق).

وتتقاطع دائرة البروج مع دائرة استواء السماء في نقطتين تعرفان باسم نقطتي الاعتدال الربيعي والاعتدال الخريفي.



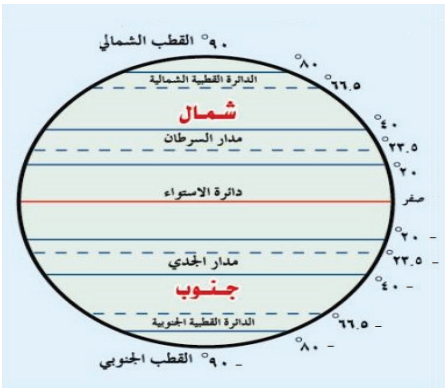

الشكل (١٠): دائرة البروج

## ١-٤: الإحداثيات السماوية الاستوائية (Equatorial Celestial Coordinates):

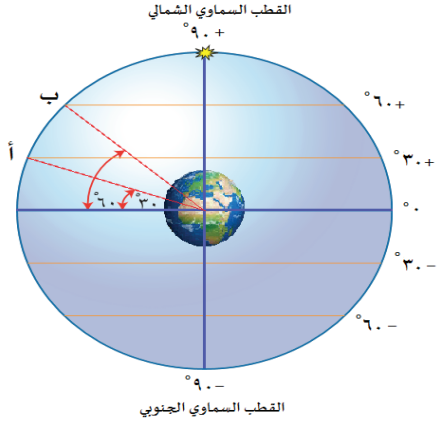
يمكن تعيين مواقع الأجرام السماوية على الكرة السماوية باستخدام نظام الإحداثيات الاستوائية و الذي يعتمد كلياً على دوران الكرة الأرضية وعلى افتراض أن الأرض تقع في مركز الكرة السماوية، والنقاط الأساسية لهذا النظام هما القطبان الشمالي والجنوبي السماويان والدائرة الأساسية هي دائرة الاستواء السماوي والتي ترسم في منتصف المسافة بين القطبين ولكل جرم سماوي موقع محدد بإحداثيين سماويين هما: الميل الاستوائي (والذي يشابه دوائر العرض) والمطلع المستقيم (الذي يشابه خطوط الطول).

### الميل الاستوائي Declination

هو البعد الزاوي للجرم السماوي عن دائرة استواء السماء شمالًا (+) أو جنوباً (-) وتقاس بالدرجات وأجزائها. والميل الاستوائي لنقطة سمت رأس الراصد في السماء تساوي دائرة العرض الأرضي التي يقف عليها.




الشكل (١١- أ): دوائر العرض



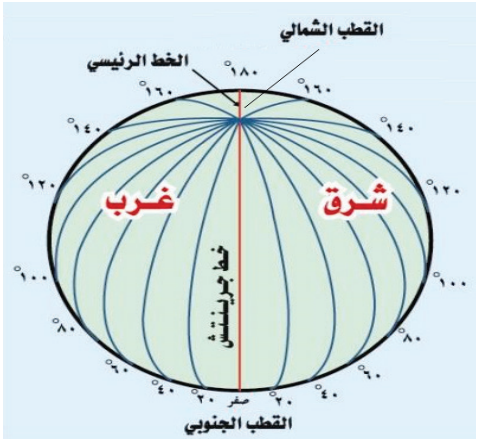

الشكل (١١- ب): الميل الاستوائي

**سؤال** تأمل الشكل (١١- ب)، ثم عين الميل الاستوائي للنقطتين (أ ، ب).

### المطلع المستقيم: (Right ascension)

يتحرك الجرم السماوي مع حركة الكرة السماوية الظاهرية ولهذا يغير موقعه في السماء وعليه فإن دائرة الساعة للجرم (Hour Circle): هي الدائرة العظمى التي تصل الجرم بالقطبين السماويين الشمالي والجنوبي ودائمًا تكون عمودية على دائرة استواء السماء. (شكل١٢- ب).

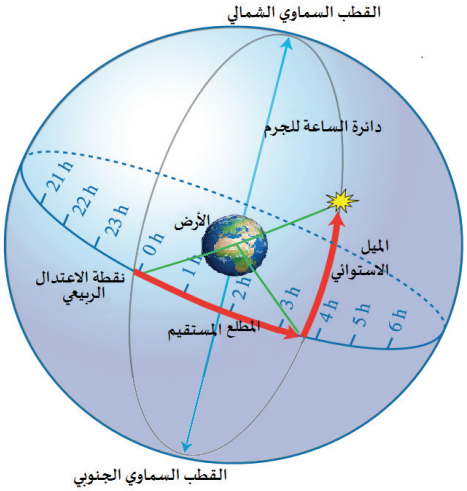
والمطلع المستقيم: هو البعد الزاوي بين نقطة تقاطع دائرة الساعة للجرم السماوي مع دائرة استواء السماء، ونقطة الاعتدال الربيعي .




الشكل (١٢- أ): خطوط الطول

تعتبر دائرة الساعة المارة بنقطة الاعتدال الربيعي دائرة المرجع فهي تمثل خط المطلع المستقيم الذي قيمته تساوي صفرًا، وتزداد قيمة المطلع المستقيم كلما اتجهنا شرقًا من نقطة الاعتدال الربيعي (شكل ١٢).

وتقاس خطوط المطلع المستقيم بالساعات وأجزائها وهذه يمكن تحويلها إلى درجات قوسية ودقائق قوسية وثواني قوسية .




الشكل (١٢- ب): دائرة الساعة والمطلع المستقيم

## مشاريع مقترحة:

**رحلة علمية:**

قم بالاشتراك مع النادي الفلكي بالمدرسة بتنظيم زيارة إلى المرصد الفلكي في الخليل لدراسة القبة السماوية ورصد أجرامها .

**مجسم الكرة السماوية:**

قم بتصميم مجسم للكرة السماوية وحدد المعالم الأساسية عليها .

١- يمكنك أن تستخدم مواد من البيئة مثل: كرة بلاستيك، دبابيس ملونة ، خيوط ملونة، مصابيح صغيرة

٢- استخدم ما تعلمته في هذا الفصل لتجعل مشروعك واقعيًا .

## ١-٥: ظواهر فلكية في الكرة السماوية:

### أولا- الحركة الظاهرية للشمس:

نعلم أن الأرض هي التي تدور حول الشمس، ولكنك كراصد يقف على سطح الأرض تلاحظ أن الشمس هي التي تدور حول الأرض يوميًا من الشرق إلى الغرب، وهذا ما نسميه بالحركة الظاهرية للشمس» والشمس تجري لمستقر لها» (سورة يس، آية ٣٨).

واتجاه حركة الشمس الظاهرية التي نراها في كل يوم هو نتيجة دوران الأرض حول محورها من الغرب إلى الشرق ويشبه هذا ما يراه المسافر في مركبة إذ تظهر له الأشجار وأعمدة الهاتف كأنها تتحرك في اتجاه معاكس لسير المركبة مع أنها في الواقع ثابتة في أماكنها.

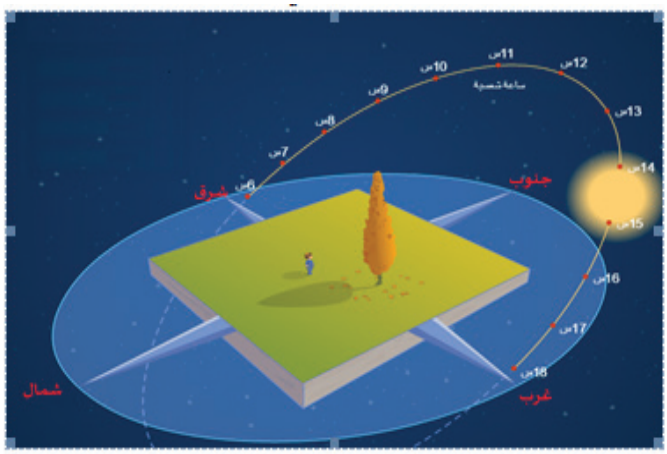
## ١ – حركة الشمس اليومية الظاهرية:

تأمل الشكل (١٣) ثم أجب عن الأسئلة المجاورة له:

١- ما اتجاه حركة الشمس الظاهرية؟

٢- ما علاقة اتجاه حركة الشمس الظاهرية باتجاه دوران الأرض حول نفسها ؟

٣- ما النتائج المترتبة على حركة الشمس اليومية الظاهرية؟



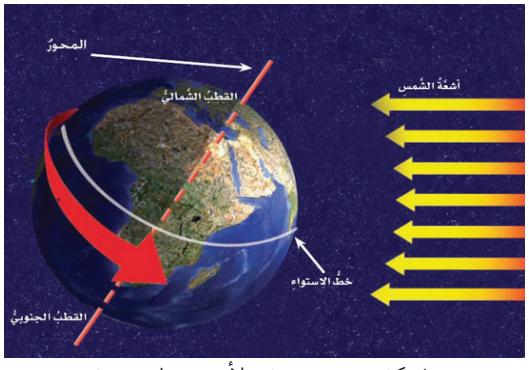

الشكل (١٣) : الحركة الظاهرية للشمس

تبدأ الحركة اليومية للشمس عند شروقها من الأفق الشرقي متخذة مسارًا على شكل قوس، من دائرة في السماء تميل عن دائرة الأفق بزاوية وتغرب ناحية الأفق الغربي ويمثل زمن هذا القوس طول النهار، وفي منتصف مسار الشمس بين الشروق والغروب تصل الشمس إلى أقصى ارتفاع لها عن الأفق وعند هذه اللحظة يحين وقت الظهر، وتحدد الفترة الزمنية بين هذه اللحظة والظهر التالي طول اليوم الشمسي.

هل يعني منتصف النهار أن الساعة تشير إلى ١٢ ظهرًا؟

تدور الأرض حول نفسها مرة كل ٢٤ ساعة تقريبًا و بسبب هذا الدوران تتغير زاوية سقوط الأشعة على سطح الأرض نهاراً، كما أن ميل محور الأرض يتسبب في اختلاف طول الليل والنهار من فصل لآخر ، فنلاحظ أن الليل في الشتاء أطول من النهار والعكس في الصيف.

يتغير المناخ في كل المناطق على سطح الكرة الأرضية أربع مرات في السنة بشكل دوري وهو ما نسميه الفصول الأربعة فما هو السبب الرئيسي لحدوث فصول السنة؟

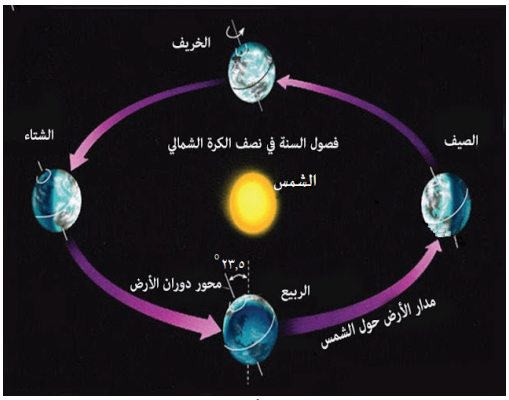



الشكل (١٤) : دوران الأرض حول نفسها

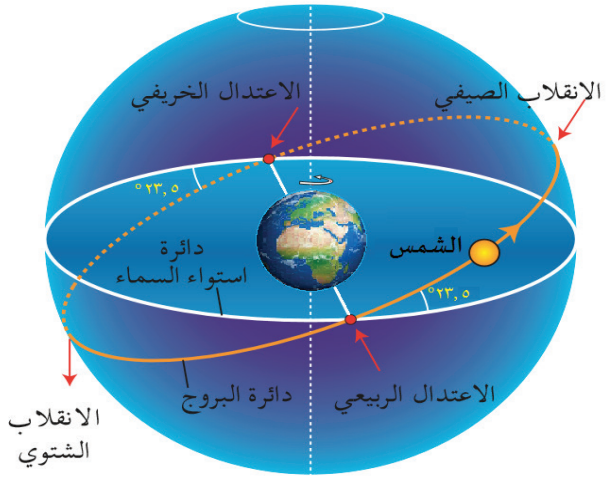
**٢-حركة الشمس الفصلية:**

للشمس حركة ظاهرية أخرى، ولكنها سنوية وهو المسار الظاهري الذي تقطعه الشمس خلال سنة كاملة، ففي الوقت الذي تدور فيه الأرض حول نفسها أمام الشمس من الغرب إلى الشرق، فإنها تواصل دورانها حول الشمس أيضا من الغرب إلى الشرق وبالتالي تبدو الشمس وكأنها تتجه شرقاً ببطءٍ شديدٍ (شكل ١٥- ب).

لاحظ انه في فترة فصل الصيف بالنسبة لنصف الكرة الشمالي يميل النصف الشمالي نحو الشمس، أما في فترة فصل الشتاء بالنسبة لنصف الكرة الشمالي يميل نصف الكرة الشمالي بعيدا عن الشمس (شكل ١٥ – أ).




الشكل (١٥- أ): الفصول الأربعة في نصف الكرة الشمالي




الشكل (١٥-ب): حركة الشمس في دائرة البروج

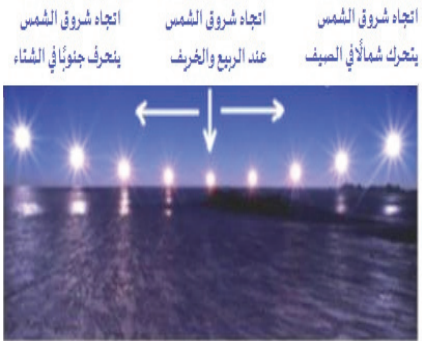
ويعود سبب تغير موقع شروق الشمس وغروبها بين يوم وآخر إلى ميلان محور الأرض.

في الصيف يميل محور الأرض نحو الشمس في نصف الكرة الشمالي وبذلك تبدو الشمس ظاهريًا في أعلى أوضاعها (تشرق من الشمال الشرقي وتغرب في الشمال الغربي).

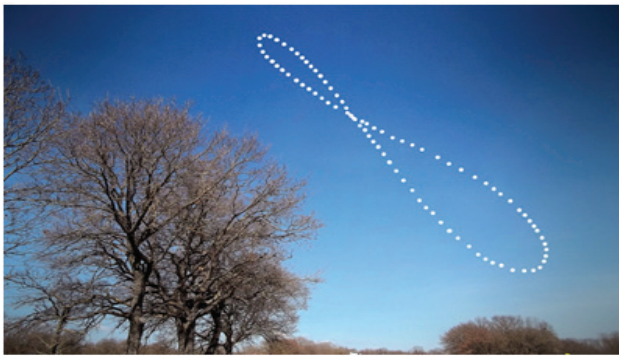
وفي الشتاء يكون نصف الكرة الشمالي مائلًا عن الشمس لذلك تبدو الشمس في أدنى أوضاعها (تشرق من الجنوب الشرقي، وتغرب في الجنوب الغربي).

أما في الاعتداليين الخريف والربيع) فتظهر الشمس في منتصف المسافة بين الوضعين أي أن الشمس تشرق من الشرق الجغرافي وتغرب من الغرب الجغرافي (شكل ١٦- أ).

وعند النظر إلى موقع الشمس في السماء من على سطح الأرض ، فإن الشكل الذي ترسمه حركة الشمس في السماء لنفس التوقيت من النهار ومن نفس الموقع على مدار عام كامل يطلق عليه (analemma) وهو يشبه الرقم 8 (شكل ١٦- ب)




الشكل (١٦- أ): تغير موقع مشرق الشمس خلال العام الواحد



الشكل (١٦ – ب): تغير موقع الشمس خلال عام

**تأمل في معنى الآية القرآنية: "فلا أقسم برب المشارق والمغارب إنا لقادرون"** (المعارج ، آية ٤٠)

**بحث:** كيف تستطيع تحديد الموقع المناسب لتركيب السخانات الشمسية أو ألواح الطاقة الشمسية المستخدمة في توليد الكهرباء؟

## نشاط (٣): تحديد الاتجاهات الأربعة من مراقبة حركة الشمس

**المواد والأدوات:** مزولة شمسية، طباشير، قلم تخطيط، مسطرة..

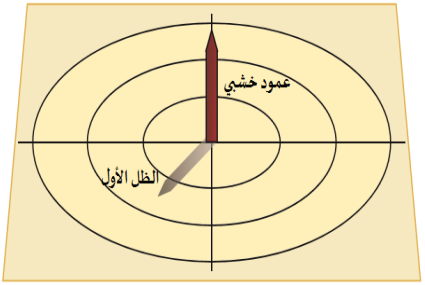
**الخطوات:**

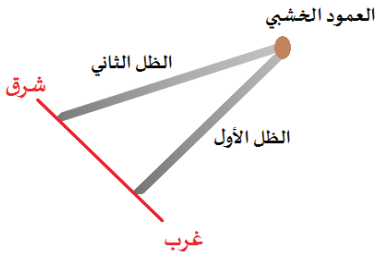
١- استخدم المزولة الشمسية الموضحة بالشكل (١٧- أ) لتنفيذ النشاط الحالي خلال ساعات النهار.

٢- ضع علامة عند حافة ظل العمود الخشبي.

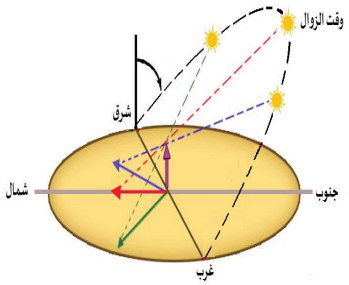
٣- انتظر لمدة ١٥ أو ٢٠ دقيقة ثم ضع علامة أخرى عند حافة منطقة الظل الجديد .

٤- ارسم خط مستقيم بين العلامتين. هذا هو الخط الغربي – الشرقي، حيث تشير العلامة الثانية إلى اتجاه الشرق.




الشكل (١٧ – أ): تحديد الاتجاهات الأربعة من مراقبة حركة الشمس




الشكل (١٧- ب): اختلاف طول واتجاه الظل تبعًا لحركة الشمس الظاهرية

يكون للأجسام الشاخصة في ضوء الشمس نهارًا ظل محدود على سطح الأرض، ويكون الظل طويلًا ومتجهًا جهة الغرب صباحًا، ثم يبلغ أقصر طول له وقت الزوال ويكون متجهًا نحو الشمال في المناطق المعتدلة وبعد الزوال يعود الظل ثانية للزيادة، وتنقلب جهته إلى جهة الشرق.

كيف يمكنك تحديد اتجاهي الشمال والجنوب في النشاط السابق؟

## ثانياً: حركة القمر في السماء

**القمر:** جرم تابع للأرض يدور حولها ويتبعها حيث سارت في مدارها حول الشمس فكأنها تحمله معها، والقمر يؤثر في الأرض ويتأثر بها تأثرًا كبيرًا .

وللقمر حركتان ظاهرتان للعيان بالنسبة للأرض عند مراقبته في ليالٍ متتالية وهاتان الحركتان هما:

### ١- دوران القمر حول الأرض:

إذا داومنا على استطلاع رؤية القمر على مدى شهر نلاحظ أن شكله يتغير من هلال دقيق الحجم إلى قرص كامل الاستدارة إلى هلال دقيق الحجم مرة أخرى خلال دورة مدتها ٤ أسابيع تقريبًا تعرف بالشهر القمري .

**أطوار القمر:** هي الاشكال التي يظهر عليها القمر في دورة تامة له حول الأرض في ٢٨ يومًا.

### نشاط (٤): أطوار القمر

**تأمل شكل (١٨) ثم أجب عن الأسئلة المجاورة له:**

١- حدد الأطوار التي يمر بها القمر خلال حركته في مداره حول الأرض.

٢- متى يكون القمر بدرًا؟ ومتى يكون هلالًا؟

٣- هل يمكن رؤية القمر عندما يكون محاقًا؟

٤- ما سبب تغير أوجه القمر؟

٥- لماذا يسمى التربيع الأول والتربيع الثاني بهذين الاسمين؟

الشكل ( ١٨ ) : أوجه القمر كما تبدو من الأرض

إن أشعة الشمس الساقطة على القمر تضئ نصف سطحه وكذلك تضيء نصف سطح الكرة الأرضية ويطلق على الجزء المضاء منه طور، وللقمر ثمانية أطوار كالتالي:

عند حصول المحاق يكون القمر بين الأرض والشمس ويكون وجهه المظلم مواجهًا إلى الأرض فلا يمكن رؤيته، وبعد هذا الموضع بعدة ليالي يُشاهد القمر على شكل هلال رفيع من الضوء كجزء مضاء من جانب القمر الأيمن، ثم يستغرق في حركته ليصبح تربيع أول ثم أحدب أول، و بعد أسبوعين تقريبًا من المحاق يصبح بدرًا ويُشاهد على شكل دائرة لامعة، ثم تبدأ زاوية إنارته السطحية تتقلص ليظهر الأحدب الثاني ويكون الجزء الأكبر المضاء من القمر على الجانب الأيسر، إلى أن يصل إلى التربيع الثاني ثم تستمر إنارته بالتضاؤل إلى أن يصبح هلالاً مرة أخرى ثم يعود إلى موقعه الأول "المحاق"

**منازل القمر:** مجموعات النجوم تلك التي تستضيف القمر كل ليلة اثناء تجواله الدؤوب حول الأرض وعددها ٢٨ منزلا.

**٢- دوران القمر حول نفسه:**

بينما يدور القمر حول الأرض فإنه يدور أيضًا حول محوره الذاتي وتعادل دورته حول نفسه دورته حول الأرض.

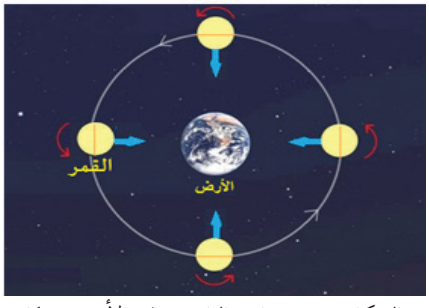
**نشاط (٥): دوران القمر حول نفسه**

**تأمل شكل (١٩) ثم أجب عن الأسئلة المجاورة له:**

١- هل يتغير وجه القمر المقابل للأرض خلال دورانه؟ ولماذا؟

٢- هل يرى سكان الأرض وجهي القمر؟

٣- كيف يمكنك كراصد التحقق من دوران القمر حول نفسه؟

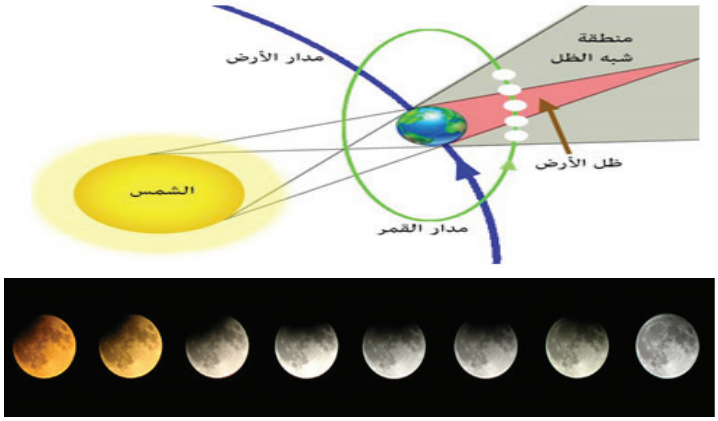



الشكل (١٩): يواجه الراصد على الأرض وجهًا واحدًا للقمر

يتمكن الراصد من خلال مراقبته القمر لشهر واحد أن يستنتج أن القمر يدور حول نفسه ويمكن ملاحظة هذه الظاهرة بالنظر إلى موقع معين على سطح الأرض كأن يكون قمة جبل من الجبال، فلو راقبنا هذه النقطة لوجدناها تقع في مقابلة الأرض (الراصد) دائمًا، ولما كان القمر يدور حول الأرض دورة كاملة خلال الشهر وهي نفس الفترة الزمنية التي يدور فيها القمر حول محوره فإن هذا يعني أن سكان الأرض يرون دومًا وجهًا واحدًا فقط من القمر على مدار الأعوام والدهور.

## ثالثًا- خسوف القمر (Lunar Eclipse)

هل سمعت عن خسوف القمر من قبل؟ هل شاهدت خسوفا حقيقيًا للقمر؟ ماهي شروط حدوث خسوف القمر؟




الشكل (٢٠): خسوف القمر

**تأمل الشكل (٢٠)، ثم اجب عن الاسئلة التالية له:**

١- هل نستطيع رؤية القمر عندما يقع بالكامل في منطقة ظل الارض؟ ماذا نسمي هذه الظاهرة؟

٢- ما طور القمر في هذه الحالة ؟ ومتى يكون القمر في هذا الطور؟

٣- هل يمكن مشاهدة القمر عندما يقع في منطقة شبه الظل للأرض؟ وكيف سيبدو شكله ؟

٤- ماذا يحدث لو وقع جزءً من القمر في منطقة الظل والجزء الاخر في منطقة شبه الظل؟

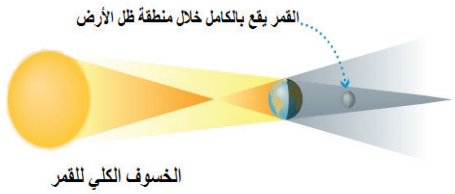
لعلك لاحظت من الشكل أنه عندما تقع الأرض بين الشمس والقمر وعلى استقامة واحدة أثناء دوران القمر حول الارض، فإنها تحجب ضوءه ويظهر كقرص متوهج بلون نحاسي محمر، وهذا ما يعرف بخسوف القمر (Lunar Eclipse) ويحدث الخسوف للقمر دائماً عندما يكون القمر بدرا.

**فكر**

- عرِف خسوف القمر.
- اذكر شرط حدوث خسوف القمر

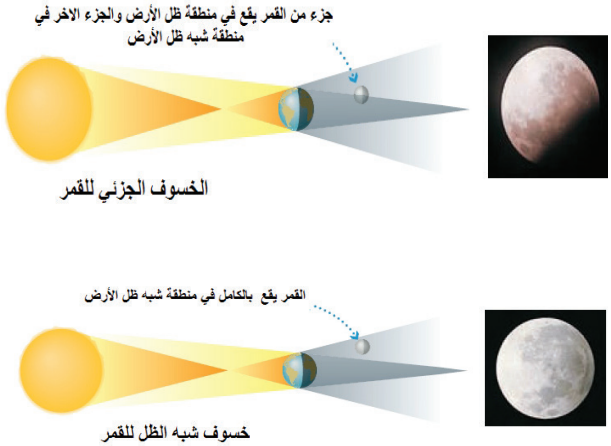
**وينقسم خسوف القمر الى ثلاثة أنواع هي:**

١- الخسوف الكلي (Umbral Eclipse): ويحدث عندما يدخل القمر كله منطقة ظل الأرض، فتكون الشمس والارض والقمر على استقامة واحدة، فيحدث خسوف كامل لقرص القمر ويظهر بلون نحاسي محمر.



٢- خسوف جزئي (Partial Eclipse): ويحدث عندما يقع جزء من القمر في منطقة ظل الأرض، والجزء الآخر في منطقة شبه ظل الأرض، وفي هذه الحالة ينخسف جزء من قرص القمر.

٣- خسوف شبه الظل (Penumbral Eclipse): ويحدث عندما يقع القمر بالكامل في منطقة شبه ظل الأرض فقط، وفي هذه الحالة يصبح ضوء القمر باهتاً من دون أن ينخسف.




الشكل (٢١) : أنواع خسوف القمر

**فكر**

١- لماذا لا يحدث الخسوف كل شهر؟

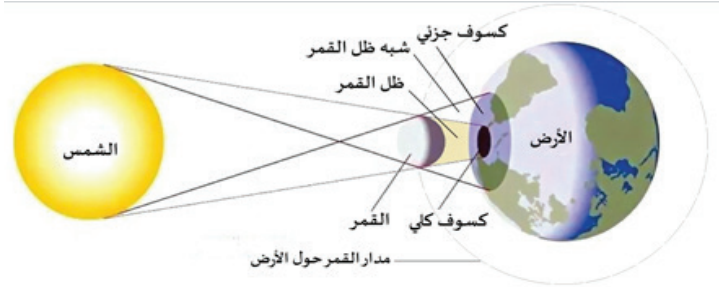
٢- علل: يظهر قرص القمر بلون نحاسي محمر متوهج أثناء الخسوف الكلي بدلًا من أن يختفي؟

## رابعاً- كسوف الشمس (Solar Eclipse):

تعلمت في الدروس السابقة إن القمر يدور حول الأرض، والأرض تدور حول الشمس كما هو معلوم، فلكلٍ منهم مدار محدد وفلك محسوب بدقة فائقة.

- ماذا تتوقع أن يحدث لو مَرّ القمر بين الأرض والشمس أثناء النهار؟
- ماذا نسمي هذه الظاهرة؟ هل رأيت سابقًا الظلام في وقت النهار؟

**تأمل الشكل (٢٢)، ثم أجب عن الأسئلة المجاورة له:**



الشكل (٢٢): كسوف الشمس

١- هل يستطيع راصد رؤية قرص الشمس عندما يكون الراصد في منطقة ظل القمر؟ ماذا نسمي هذه الظاهرة؟

٢- ما طور القمر في هذه الحالة؟ ومتى يكون القمر في هذا الطور؟

٣- هل يمكن للراصد مشاهدة قرص الشمس عندما يكون الراصد في منطقة شبه ظل القمر؟ وكيف سيبدو شكله؟

٤- ماذا يحدث لو لم يصل ظل القمر الي سطح الأرض؟ ( القمر بعيد جدا عن سطح الأرض).

لعلك لاحظت من الشكل انه عندما يقع القمر بين الشمس والأرض وعلى استقامة واحدة أثناء دوران القمر حول الارض، فإنه يحجب ضوء الشمس، وهذا ما يعرف بكسوف الشمس (solar eclipse)

وتحدث ظاهرة كسوف الشمس في بداية أو نهاية الشهر القمري، بنفس معدل خسوف القمر لأن كل خسوف يرافقه كسوف إما قبله أو بعده بنصف شهر، ولكن كسوف الشمس لا يراه كل من تظهر عندهم الشمس لأن ظل القمر لا يمكنه أن يغطي كل وجه الأرض بسبب حجمه وبعده.

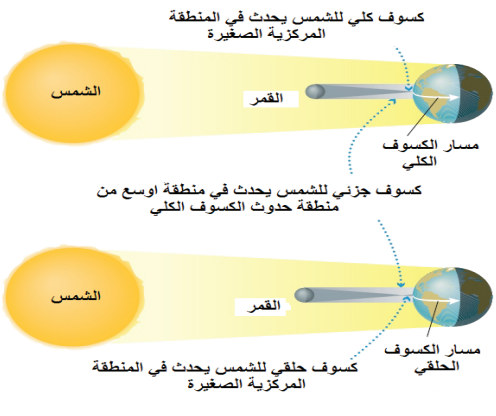
**سؤال**

- عرِف كسوف الشمس.
- أذكر شرط حدوث كسوف الشمس

## أنواع الكسوف:

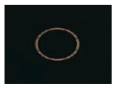
درست سابقا تعريف كسوف الشمس وسبب حدوثه، هل تتوقع أن يكون هناك اختلافًا في مظهر قرص الشمس أثناء الكسوف من حالة الى أخرى؟ وما هي العوامل التي تحدد نوع الكسوف في كل مرة؟

**تأمل الشكل التالي ثم اجب عن الأسئلة المجاورة له:**



كسوف كلي للشمس

كسوف جزئي للشمس


كسوف حلقي للشمس

الشكل (٢٣): أنواع كسوف الشمس

١- متى يحدث الكسوف الكلي للشمس؟ وكيف يكون شكل قرص الشمس في هذه الحالة بالنسبة للمراقب؟

٢- كيف سيبدو قرص الشمس بالنسبة لمراقب في منطقة شبه ظل؟ وماذا نسمي هذا النوع من الكسوف؟

٣- متى يحدث الكسوف الحلقي للشمس؟ وكيف يكون شكل قرص الشمس في هذه الحالة بالنسبة للمراقب؟

**لعلك توصلت الى أن كسوف الشمس ينقسم لثلاثة أنواع هي:**

١- الكسوف الكلي: ويحدث عندما يكون القمر قريبا نسبيا من الأرض بحيث يصل ظل القمر إلى سطح الأرض وفي هذه الحالة ينكسف كامل قرص الشمس بالنسبة للمراقب الموجود في هذه المنطقة، (يجب أن يكون بعد الشمس عن القمر أكبر بـ ٤٠٠ مرة من بعد القمر عن الأرض) ويحدث الكسوف الكلي في منطقة التقاء رأس مخروط ظل القمر بالأرض (منطقة صغيرة جدا لا يتجاوز قطرها ٢٧٠ كم)، ويتخذ الكسوف الكلي مساراً محدداً بسبب حركة الأرض والقمر.

٢- كسوف جزئي: ويحدث في المناطق التي يسقط فيها شبه ظل القمر على سطح الأرض (منطقة كبيرة نسبيا يصل قطرها الى ٧٠٠٠كم) وفي هذه الحالة فإن قرص الشمس لن يشاهد كاملًا للمراقب الموجود في هذه المناطق. وتزداد نسبة الكسوف الجزئي عند الاقتراب من منطقة (مسار) الكسوف الكلي.

٣- كسوف حلقي: ويحدث عندما يكون القمر بعيدًا عن سطح الأرض (يدور القمر حول الأرض في مسار بيضاوي) مما يجعل قرص القمر أصغر من أن يحجب كامل قرص الشمس، وفي هذه الحالة لا يصل رأس مخروط ظل القمر إلى سطح الأرض، فيختفي قرص الشمس من الوسط بينما تظهر حلقة من الأشعة حول القمر، وذلك للمراقب الموجود في المناطق التي تقع أسفل رأس المخروط.

أن أشعة الشمس مؤذية للعين وتسبب العمى، لذا لا تنظر إلى الشمس مباشرة في أي وقت من الأوقات ولرصد كسوف الشمس بطريقة آمنة يمكنك الاستعانة بنظّارات خاصّة تُسمّى "نظارات الكسوف"، وهي مُصمَّمة خصِّيصاً للنظر إلى الشمس .

**بحث:**

١- باستخدام الشبكة العنكبوتية (الانترنت) ابحث عن أهم الاحداث الفلكية المتوقع حدوثها خلال العام في فلسطين (كسوف شمس، خسوف قمر ،.....).

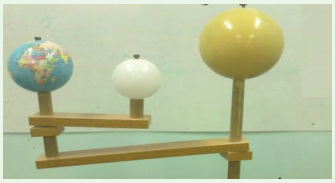
٢- استخدم الاذاعة المدرسية للإعلان عن هذه الظواهر الفلكية ولدعوة طلاب المدرسة المشاركة في عملية الرصد.

٣- قم بالاشتراك مع النادي الفلكي بالمدرسة برصد هذه الأحداث الفلكية ثم اكتب تقريرًا حول الأنشطة التي قمت بها خلال العام.

٤- ابحث عن أوائل العلماء العرب الذين درسوا خسوف شبه الظل لأول مرة في التاريخ.

**مشروع:**

**تصميم نموذج الكسوف و الخسوف**



- بالتعاون مع معلمك وزملائك، قم بتصنيع نموذج الكسوف والخسوف مستخدما المواد المتوفرة في البيئية: نموذج الكرة الأرضية، مصباح، محرك كهربي صغير، مفتاح كهربي، كرة تنس صغيرة، أسلاك معدنية، لوح خشبي، وغيرها من المواد التي قد تحتاجها.

**رحلة معرفية:** قم بزيارة الموقع التالي لتتعرف أكثر على الكرة السماوية والظواهر الفلكية التي تحدث فيها.

https//:www.edumedia-sciences.com/ar/node53/

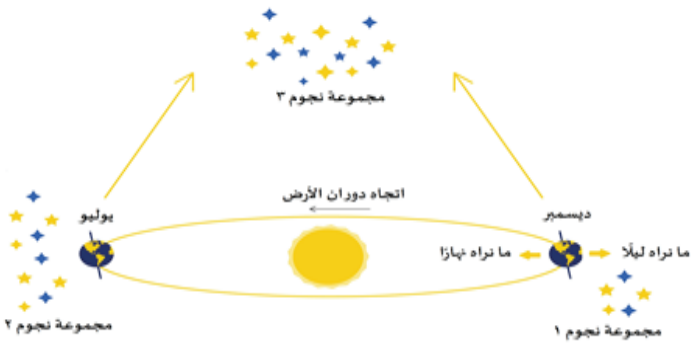
## ٦-١: النجوم أبدية الظهور (Circumpolar):

إن أول ما نحتاج أن نعرفه حينما نود التعرف على موقع نجمة في السماء هو معرفة موعد خروجنا لرصد النجمة، فنجمة تراها بعد الغروب فوق رأسك تمامًا لن تجدها في نفس المكان بعد أربع ساعات فقط، ولفهم تلك الفكرة يمكن أن تقوم بتجربة بشكل فردي، اصعد لسطح منزلك ان امكن عند الساعة السابعة بعد الغروب، وحدد نجمة لامعة فوقك تمامًا عبر ربطها بشكل مميز مع نجوم قريبة، ثم اخرج عند الحادية عشر لترى هل تحركت أم لا.

الشكل (٢٤)

**سؤال** لماذا تختلف النجوم التي نراها ليلًا من وقت لآخر؟

كما نحتاج -أيضا- لرصد النجوم معرفة موقعنا على الأرض، لنتخيل الآن أنك تركب سيارة بجانب صديق لك، وتدور السيارة حول ميدان ضخم في مركزه مصباح كبير، وتستمر في الدوران لتتم دورة واحدة حول الميدان في ٣٦٥ دقيقة، هل ترى نفس المشاهد طوال الدورة؟

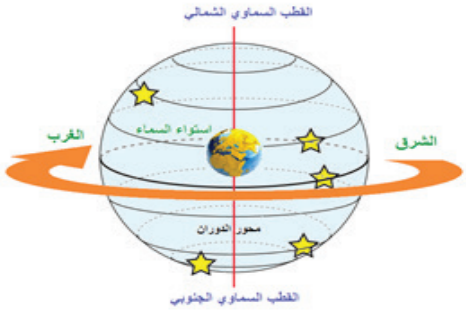


الشكل (٢٥)

بالطبع لا، كلما استمرت السيارة في الدوران تتغير المشاهد في الجهة الأخرى، وبالمثل فإن النجوم التي يشاهدها راصد في نصف الكرة الشمالي تختلف عن النجوم التي يشاهدها راصد في نصف الكرة الجنوبي (انظر شكل ٢٥).

إننا لا نستطيع مثلًا أن نرى مجموعة النجوم (١) في شهر تموز (يوليو) (شكل ٢٦)؛ لأنها تكون خلف الشمس في تلك الفترة، بينما يمكننا التمتع برصدها في شهر كانون اول فقط، وهذا يعني أن مجموعات النجوم التي نراها كل شهر تختلف عن الشهر الماضي، و في كل فصل من الفصول الأربعة توجد مجموعة نجمية- كوكبة- شهيرة.

وعندما تتحرك الأجرام السماوية ظاهريًا من الشرق إلى الغرب فإنها تبدو وكأنها تدور حول محور وهمي يمر بالقطبين السماويين الشمالي والجنوبي وهو محور دوران الأجرام السماوية، ودائمًا ما تكون دوائر حركة الأجرام السماوية متوازية وموازية لدائرة استواء السماء وعمودية على محور الدوران (شكل ٢٦).



الشكل (٢٦)

**سؤال** متى يمكن رؤية مجموعة النجوم ٣؟

في حين يختلف ظهور حركة الأجرام السماوية بالنسبة للراصد حسب دائرة أفقه وسمته، فمثلًا:

راصد يقف عند القطب الشمالي: سيرى حركة الأجرام السماوية على هيئة دوائر متوازية بالنسبة لدائرة أفق الراصد ، بينما راصد يقف على خط الاستواء سيرى حركة النجوم على هيئة دوائر متعامدة على دائرة أفق الراصد، وعندما يميل موقع الراصد بزاوية عن دائرة الاستواء، فإن في هذه الحالة تكون دوائر حركة الأجرام السماوية تميل بزاوية عن دائرة الأفق بمقدار (٩٠ – دائرة عرض الراصد) فتظهر حركة الأجرام على شكل أنصاف دوائر متفاوتة في طول أقواسها تتحرك ظاهريًا فوق أفق الراصد من الشرق ثم تزول باتجاه الغرب.

وتسمي تلك النجوم التي تقطع السماء دومًا دون أن تختفي بالنجوم أبدية الظهور. وعندما يقع موقع الراصد بين خط الاستواء وأحد القطبين فإن النجوم أبدية الظهور بالنسبة له تلك التي يكون ارتفاعها أكبر من (٩٠- دائرة عرض الراصد).

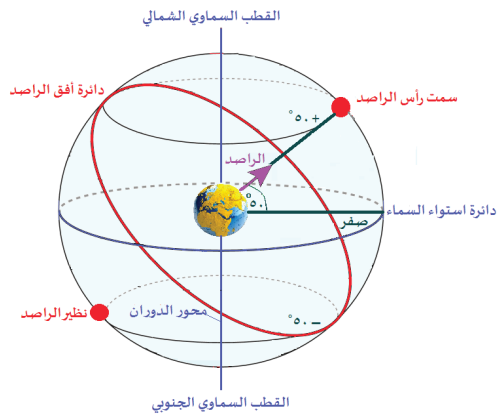
**مثال:**

في الشكل (٢٧) حدد مجموعة النجوم أبدية الظهور للراصد.

***الحلّ:***

دائرة عرض + ٥٠° تعني أن ميل سمت رأس الراصد = ٥٠°

والنجوم التي ميلها أقل من ٤٠° (٩٠-٥٠) هي نجوم تشرق وتغرب في سماء الراصد، أما النجوم التي ميلها أكبر من ٤٠° فإنها نجوم أبدية الظهور ويمكن أن يُحدد حركتها حول القطب الشمالي.



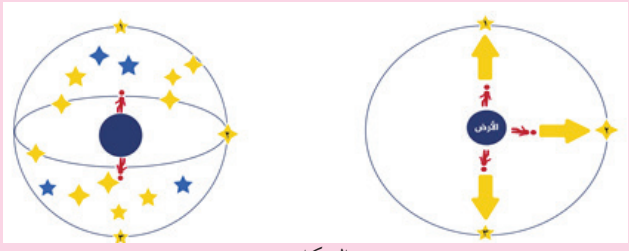

الشكل (٢٧): النجوم أبدية الظهور

**فكر**

ارسم على الشكل (٢٨) راصدا في منطقة القطب الشمالي، ثم حدد سمت رأس الراصد والنظير ودائرة الأفق للراصد.

١- كيف تبدو الدوائر الناتجة عن حركة الأجرام السماوية بالنسبة لهذا الراصد.

٢- هل يمكن لهذا الراصد أن يرى نجوم السماء كلها أم جزء منها؟



الشكل (٢٨)

**نجم القطب Polaris:** نجم مشهور وهو من ألمع النجوم ويمتاز هذا النجم عن باقي نجوم السماء بأنه قريب جدًا من نقطة القطب الشمالي السماوي ويظل ثابتاً طوال الليل لا يتحرك من مكانه وحيث أنه يقع على امتداد محور دوران الأرض من جهة الشمال لذلك فإن اتجاهه يشير دائماً إلى اتجاه الشمال الجغرافي في السماء لذلك فقد كان هامًا جدًا للقدماء لمعرفة الاتجاهات وما زال كذلك إلى يومنا هذا للتائهين، فإذا كنت من سكان القطب الشمالي كان النجم القطبي فوق رأسك تماماً، وإذا كنت من سكان خط الاستواء كان النجم القطبي على الأفق الشمالي هناك.

## مشروع:

**١- محاكاة الأجرام السماوية وكسوف الشمس وخسوف القمر**

**استخدم برنامج ستيللاريوم (Stellarium) لتنفيذ المهمات التالية :**

- استكشاف الأبراج والنجوم من خلال الرسومات التفاعلية ثلاثية الأبعاد.
- متابعة دوران الأرض حول نفسها وحول الشمس .
- محاكاة كسوف الشمس وخسوف القمر.

ستيللاريوم (Stellarium) هو برنامج قبة سماوية، يظهر لك السماء بشكل واقعي ثلاثي الأبعاد، تماماً كما تراها بالعين المجردة، أو بالمنظار الثنائي أو بالتلسكوب ويقدم البرنامج فرصة فريدة لمعرفة جميع المعلومات المتعلقة بالكواكب والاجرام السماوية التي تسبح في الفضاء الشاسع.

**٢- يمكنك تحميل خارطة السماء لنصف الكرة الشمالي والتعرف على كيفية تركيبها واستخدامها من الموقع التالي:**

خارطة-السماء-الإصدار-العربي / com.http://www.muslim١٥ .

## أسئلة الوحدة

س١: ارسم دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في كلٍ مما يأتي:

١- البعد الزاوي بين سمت الرأس والنظير يساوي:

أ- صفر°. ب- ٩٠°. ج- ١٨٠°. د- ٢٧٠°.

٢- عندما يقع القمر بين الأرض والشمس ويكون وجهه المظلم مواجهًا إلى الأرض فلا يمكن رؤيته فإنه يكون في طور:

أ- تربيع أول. ب- أحدب. ج- بدر. د- محاق.

٣- اتجاه حركة الشمس اليومية الظاهرية:

أ- من الغرب إلى الشرق. ب- من الشرق إلى الغرب.

ج- من الشمال إلى الجنوب. د- من الجنوب إلى الشمال.

٤- يتراوح وقت الاعتدال الربيعي كل عام بين:

أ- ٢٠ -٢٣ كانون اول. ب- ٢٠-٢٣ ايلول. ج- ٢٠ -٢٣ حزيران. د- ١٩-٢٢ آذار.

٥- الدائرة العظمى التي تصنعها الشمس في حركتها الظاهرية حول الأرض أثناء سنة كاملة:

أ- دائرة الساعة. ب- دائرة استواء السماء. ج- دائرة البروج. د- دائرة الزوال.

٦- يتم القمر دورة واحدة حول الأرض خلال:

أ- سنة. ب- يوم. ج- شهر ميلادي. د- شهر هجري.

٧- يصنع مستوى دائرة البروج مع مستوى دائرة استواء السماء زاوية:

أ- ٢٣,٥. ب- صفر. ج- ١٨٠°. د- ٩٠°.

٨- يكون أقصى شروق للشمس من شمال الشرق الجغرافي في فصل:

أ- الربيع. ب- الخريف. ج- الشتاء. د- الصيف.

٩- دائرة الساعة المارة بنقطة الاعتدال الربيعي تمثل خط المطلع المستقيم الذي قيمته =

أ- ١٢. ب- ٢٣,٥°. ج- ١٨٠°. د- صفر.

١٠- طور القمر الذي يتوسط طوري تربيع أول وبدر:

أ- محاق. ب- أحدب أول. ج- أحدب ثاني. د- هلال أول الشهر.

١١- لا يحدث خسوف القمر أبدا إلا في:

أ- بداية الشهر القمري. ب- منتصف الشهر القمري.

ج- آخر الشهر القمري. د- أ + ج.

١٢- في الصباح يؤشر الظل إلى جهة:

أ- الشرق. ب- الغرب. ج- الشمال. د- الجنوب.

١٣- يتساوى الليل والنهار عندما تتعامد أشعة الشمس على:

أ- القطب الشمالي. ب- خط الاستواء. ج- القطب الجنوبي. د- مدار الجدي.

١٤- يحدث كسوف الشمس عندما يكون القمر في طور:

أ- هلال. ب- تربيع. ج- محاق. د- بدر.

١٥- اعتراض القمر لأشعة الشمس الساقطة على الأرض السبب في حدوث ظاهرة:

أ- كسوف الشمس. ب- خسوف القمر. ج- كسوف القمر. د- أطوار القمر.

١٦- يتساوى الليل والنهار في اليوم الذي يصادف:

أ- بداية فصل الربيع. ب- منتصف فصل الربيع.

ج- منتصف فصل الصيف. د- منتصف فصل الخريف.

١٧- يحدث نتيجة مرور جزء من البدر في منطقة الظل والجزء الآخر في منطقة شبه الظل:

أ- الخسوف الكلي. ب- الخسوف الجزئي. ج- الكسوف الجزئي. د- خسوف شبه الظل.

١٨- النقطة الواقعة في النصف الثاني للقبة السماوية مقابل سمت الرأس وأسفل قدمي الراصد:

أ- القطب الجنوبي. ب- النظير. ج- القطب السماوي الجنوبي. د- خط الاستواء.

١٩- المنحنى الواصل بين القطب السماوي الشمالي والجرم السماوي والقطب الجنوبي السماوي بحيث يتعامد مع دائرة استواء السماء يسمى:

أ- منحنى الزوال. ب- دائرة الأفق. ج- دائرة الساعة. د- دائرة الزوال.

٢٠- يكون موقع الشمس بالنسبة إلى دائرة استواء السماء يوم الاعتدال الربيعي:

أ- على مستوى استواء السماء. ب- أعلى نقطة شمال استواء السماء.

ج- أدنى نقطة جنوب استواء السماء. د- عموديًا على دائرة استواء السماء .

## أسئلة الوحدة

س٢: وضح المقصود بكلٍ مما يأتي:

النظير، التربيع الأول، دائرة البروج، الميل الاستوائي، القبة السماوية، الاعتدال الربيعي، الكسوف الحلقي.

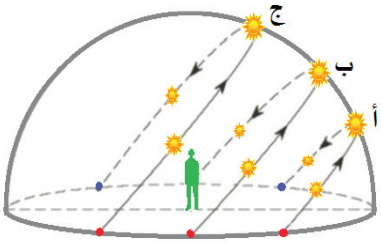
س٣: بم تفسر:

١- لا يرى سكان الأرض سوى وجه واحد للقمر.

٢- لا يتوقف رفع ذكر اسم الله بالآذان على الأرض طول اليوم.

٣- يحدث الخسوف عندما يكون القمر بدرًا بينما يحدث الكسوف عندما يكون القمر محاقًا.

س٤: في الشكل المجاور تمثل النقاط (أ ، ب ، ج) تغير مسار الشمس خلال فصول السنة.




أ- حدد دائرة أفق الراصد.

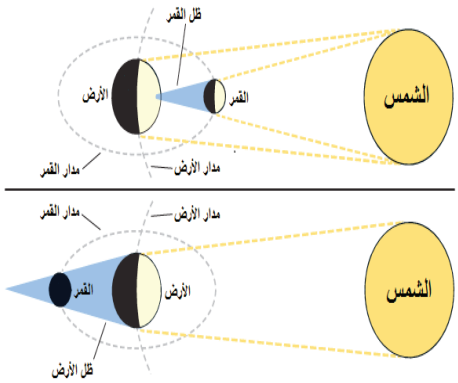
ب- حدد سمت رأس الراصد .

ج- بَين إلى أي فصل من فصول السنة تشير النقاط الثلاث.

س٥: ما أهمية منحنى زوال الراصد؟

س٦: هل صحيح أن الفصول الأربعة ناتجة عن اختلاف بعد الأرض عن الشمس؟ ولماذا؟

س٧: الشكل المجاور يوضح ظاهرتي الكسوف والخسوف:



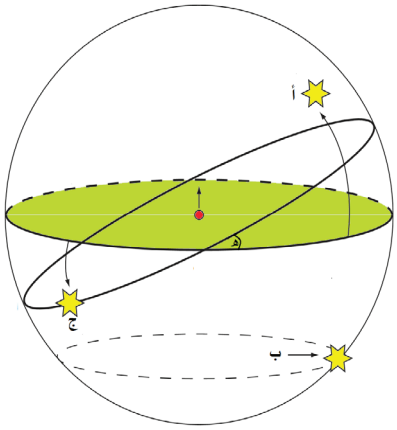

١- حدد أيهما يمثل ظاهرة الكسوف و أيهما يمثل الخسوف

٢- قارن بين الكسوف والخسوف من حيث :

- الجرم الذي تحدث له الظاهرة .
- وقت حدوث الظاهرة في الشهر الهجري .
- وقت حدوث الظاهرة في اليوم .
- الطور الذي يمر به القمر .

## أسئلة الوحدة

س٨: في الشكل المجاور.




أ) حدد على الرسم المعالم التالية:

١- القطب السماوي الشمالي

٢- القطب السماوي الجنوبي

٣- دائرة استواء السماء

٤- موقع النجم القطبي

٥- نقاط الاعتدالين

٦- نقاط الانقلابين

ب) أي من النجوم الثلاث (أ ، ب ، ج) لها ميل استوائي ( -٣٠° ، ٣٥°،-٦٠°)

ج) ارسم على الشكل النجم (د) والذي ميله الاستوائي ٦٠°

س٩: أذكر اسم الظاهرة الفلكية الناتجة عن كلٍ مما يلي.

١- اعتراض الأرض لأشعة الشمس الساقطة على القمر.

٢- دوران القمر حول الأرض.

٣- دخول القمر منطقة شبه الظل للأرض.

س١٠: كيف تتكون أطوار القمر؟

س١١: "الإحداثيات الاستوائية أحد أنظمة الإحداثيات السماوية المستخدمة في تعيين مواقع الأجرام السماوية على الكرة السماوية".

١- ما النقاط الأساسية في نظام الإحداثيات الاستوائية ؟

٢- ما الدائرة الأساسية في نظام الإحداثيات الاستوائية ؟

٣- اذكر اسم الإحداثيتين السماويتين المستخدمتين في تحديد مواقع الأجرام السماوية.

٤- قارن بين نظام الإحداثيات السماوية الاستوائية ونظام الإحداثيات الأرضية .

### لجنة المناهج الوزارية:

| | | |
|---|---|---|
| د. صبري صيدم | أ. ثروت زيد | د. شهناز الفار |
| د. بصري صالح | أ. عزام أبو بكر | د. سمية نخالة |
| م. فواز مجاهد | أ. علي مناصرة | م. جهاد دريدي |

### اللجنة الوطنية لوثيقة العلوم:

| | | | |
|---|---|---|---|
| أ.د. عماد عودة | د. جواد الشيخ خليل | د. حاتم دحلان | د. خالد السّوسي |
| د. رباب جرّار | د. سعيد الكردي | د. صائب العويني | د. عدلي صالح |
| أ.د. عفيف زيدان | د. محمد سليمان | د. محمود الأستاذ | د. محمود رمضان |
| د. مراد عوض الله | د. معمر شتيوي | د. معين سرور | د. وليد الباشا |
| د.إيهاب شكري | د.خالد صويلح | د.سحر عودة | د.عزيز شوابكة |
| د.فتحية اللولو | أ. أحمد سياعرة | أ. أماني شحادة | أ. أيمن شروف |
| أ. إيمان الريماوي | أ. ابراهيم رمضان | أ. جنان البرغوثي | أ. حسن حمامرة |
| أ. حكم أبو شملة | أ. خلود حمّاد | أ. رشا عمر | أ. رياض ابراهيم |
| أ. صالح شلالفة | أ. عفاف النجّار | أ. عماد محجز | أ. غدير خلف |
| أ. فراس ياسين | أ. فضيلة يوسف | أ. محمد أبو ندى | أ. مرام الأسطل |
| أ. مرسي سمارة | أ. مي اشتية | أ. ياسر مصطفى | أ.سامية غبن |

### المشاركون في ورشة عمل مناقشة كتاب الفيزياء للصف العاشر:

| | | | |
|---|---|---|---|
| بسام عيد | محمد بشارات | سفيان صويلح | رندة فقي |
| ياسر حسين | أيوب دويكات | محمد عوايصة | د.رولى الرمحي |
| علا شتية | رضا الصدر | أيمن شروف | عبد المجيد جبشة |
| ربى دراغمة | عبد الرحمن حجاجلة | مرسي سمارة | رائد أحمد |
| عيسى اسعيد | أحمد سياعرة | حمد الله ابو صفط | شعبان صافي |
| محمد أبو ندى | عطاف زمار | جهاد حرزالله | لبنى أبو عودة |
| رياض عمار | | | |