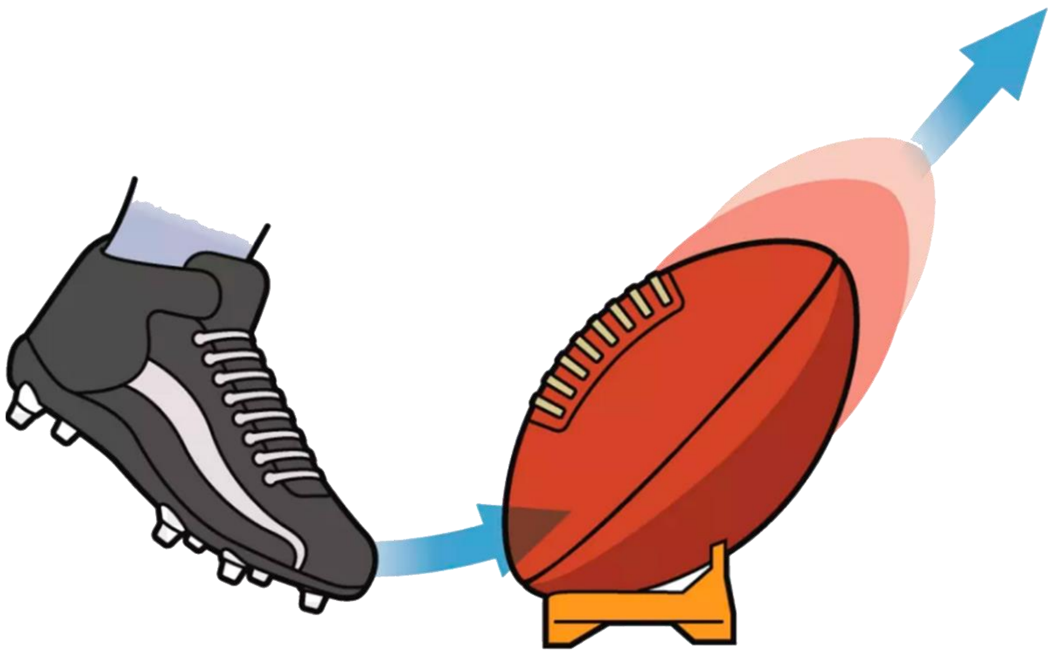
# ميكانيكا ( ١ )



## الفهرس

## مقدمة

عزيزي الطالب، بين يديك كتاب "ميكانيكا (١)" وهو الجزء الأول من منهج الميكانيكا الذي سوف تدرسه خلال فترة دراستك بالمدرسة، وهو مكون من ثلاثة أجزاء، فنبدأ بالباب الأول "مقدمة في علم الميكانيكا" ويشمل تعريف المادة وحالاتها، علم الفيزياء وفروعه المختلفة، علم الميكانيكا وفروعه المختلفة إلى جانب الكميات الفيزيائية وأنظمة ووحدات القياس. ثم نتطرق إلى "الإستاتيكا" وهي أحد فروع علم الميكانيكا والذي يهتم بدراسة اتزان الأجسام تحت تأثير القوي المختلفة وذلك بالباب الثاني. وأخيراً ندرس "الكيناتيكا" وهي أحد فروع علم الميكانيكا والذي يهتم بدراسة وصف حركة الأجسام دون التعرض للقوي المسببة لها.

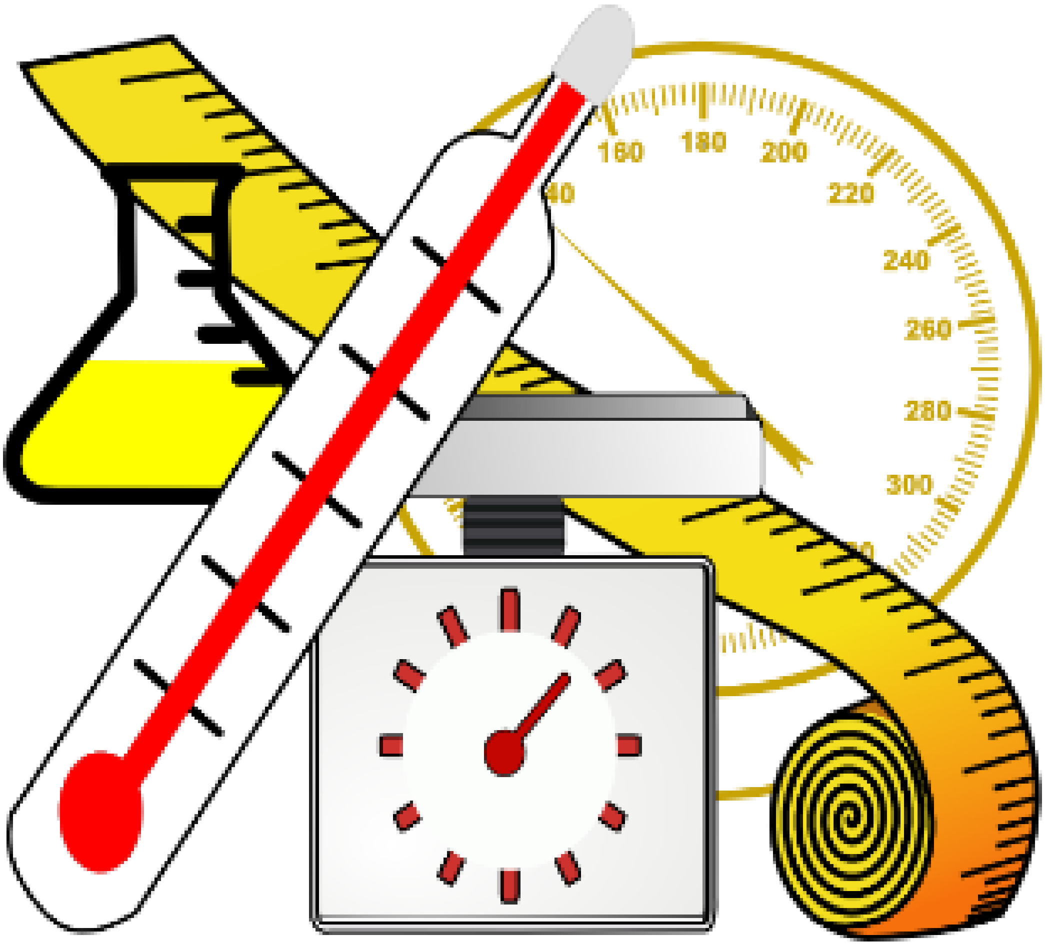
وبالتالي فإن الكتاب مُلمَّ بمعظم المعارف والنظريات التي سوف تساعدك على إتمام دراستك في باقي العلوم التطبيقية وفي ضوء ما سبق قد رُعي في الكتاب أن يكون ذو أسلوب شيق وبسيط لضمان وصول المعلومة بطريقة سهلة وسريعة، وأن يشمل العديد من الأشكال والرسومات المرفقة مع النظريات والمعارف لتوضيح وتثبيت المعلومة وأخيراً أن يشمل أمثلة متدرجة في الصعوبة لتشمل مستويات التفكير المتنوعة مع تدريبات وأسئلة ينتهي بها كل درس.

أخيرا ... نتمنى لك عزيزي الطالب كل النجاح والتفوق في حياتك الدراسية والعملية.

**فريق الإعداد والمراجعة**

**شركة يات لحلول التعليم**

# الباب الأول: مقدمة في علم الميكانيكا



## ١-١ تعريف المادة Matter

يطلق مصطلح " مادة " على كل ما له كتله وحجم ويشغل حيزاً من الفراغ، وتتكون المادة من أجزاء صغيرة جدا تسمي " جزيئات Molecules " وكل جزيء يتكون من أجزاء أصغر تسمي " ذرات Atoms". وتوجد المادة في الطبيعة علي شكل حالة من أربع حالات رئيسية، فقد توجد المادة في الحالة الصلبة، الحالة السائلة، الحالة الغازية أو في حالة البلازما كما هو موضح بالشكل التالي، وتدل حالة المادة على طبيعة الروابط بين جزيئاتها.


شكل رقم ١: حالات المادة الأربع

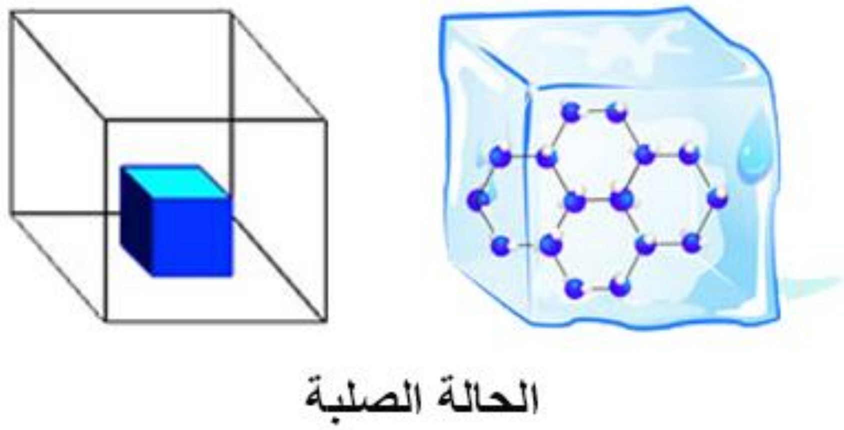
## ١-٢ حالات المادة States of Matter

كما ذكرنا سابقاً، فأن المادة قد تتواجد في أحد أربع حالات (الصلبة، السائلة، الغازية أو البلازما) وفيما يلي نقدم تحليلاً مبسطاً على كل حالة من حلالات المادة.

### ١-٢-١ الحالة الصلبة (Solid):

تتمتع المادة في الحالة الصلبة بالخصائص التالية:

- حجم وشكل ثابتين.
- المسافة بين جزيئاتها قصيرة.
- حركة الجزيئات فيها محدودة جداً، فهي تتحرك في موقعها حركات اهتزازية موضعية.
- قوة التجاذب بينها كبيرة جداً، وهذا سبب اكتسابها حجم وشكل ثابتين.

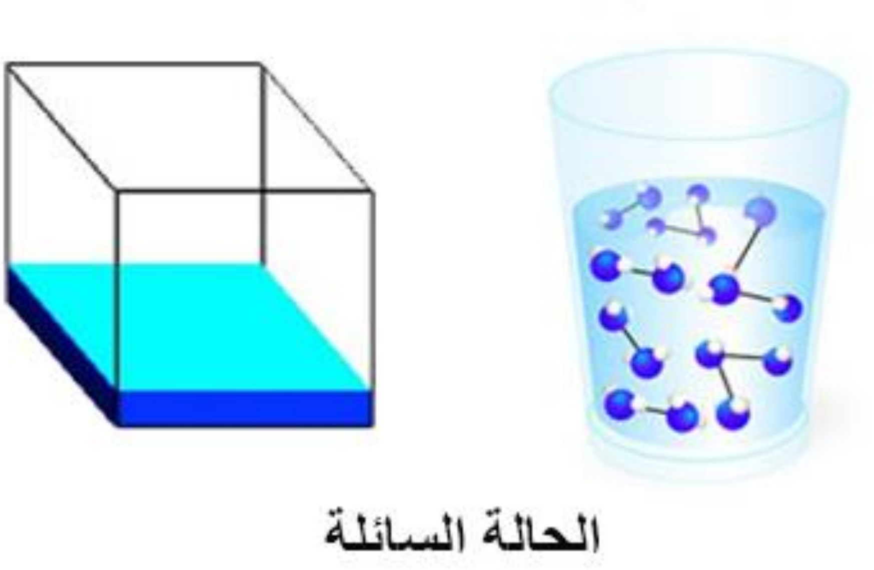



شكل رقم ٢: الحالة الصلبة للمادة

## ١-٢-٢ الحالة السائلة (Liquid):

تتمتع المادة في الحالة السائلة بالخصائص التالية:

- حجم ثابت، وشكل متغير بتغير الإناء الذي توضع فيه.
- المسافة بين جزيئاتها أكبر بقليل من المسافة بين جزيئات المادة في الحالة الصلبة.
- حركة الجزيئات فيها إنزلاقية نسبة لبعضها البعض، وهذا يفسر سبب تغير شكلها بتغير الإناء الذي توضع فيه.
- قوة التجاذب بين جزيئاتها كبيرة جداً لكنها أقل من الحالة الصلبة، وهذا يفسر سبب ثبات وعدم تغير حجمها.

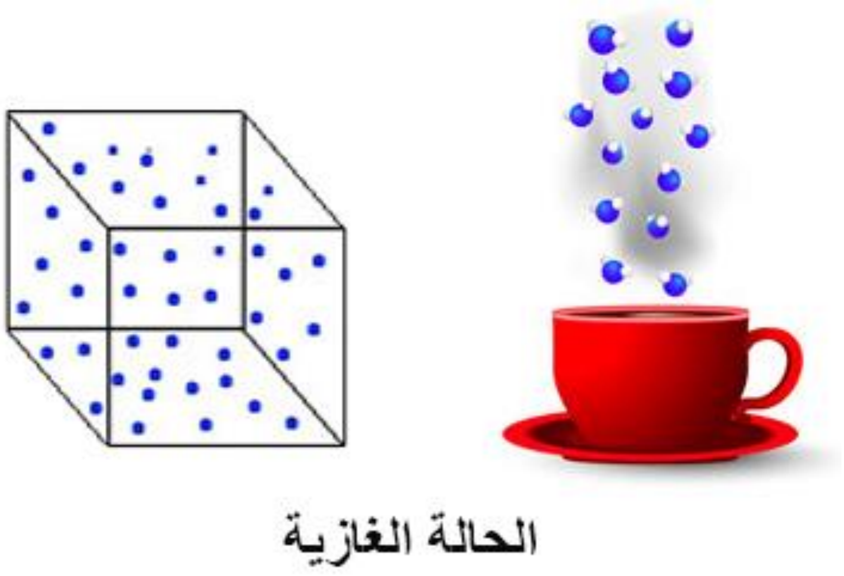



شكل رقم ٣: الحالة السائلة للمادة

## ١-٢-٣ الحالة الغازية (Gas):

تتمتع المادة في حالتها الغازية بالخصائص التالية:

- حجم وشكل متغيرين، وهي تشغل أي فراغ يُتاح لها لذلك فهي تأخذ حجم وشكل الإناء الذي توضع فيه.
- المسافة بين جزيئاتها كبيرة جداً تفوق حجم الجزيئات ذاتها.
- حركة الجزيئات فيها عشوائية وفي كل الاتجاهات.
- قوة التجاذب بين جزيئاتها قليل جداً، وهذا يفسر عدم ثبات حجمها وشكلها.

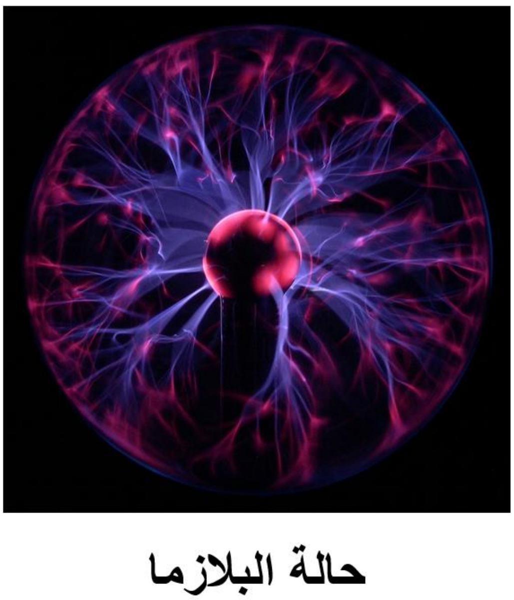



شكل رقم ٤: الحالة الغازية للمادة

## ١-٢-٤ حالة البلازما (Plasma):

تتمتع المادة في حالة البلازما بالخصائص التالية:

- ليس لها شكل أو حجم محدد فهي تأخذ عموما شكل غاز شبيه بالغيوم.
- توصف بأنها غاز متأين تكون فيه الإلكترونات حرة وغير مرتبطة بالذرة أو بالجزيء.




شكل رقم ٥: حالة البلازما للمادة

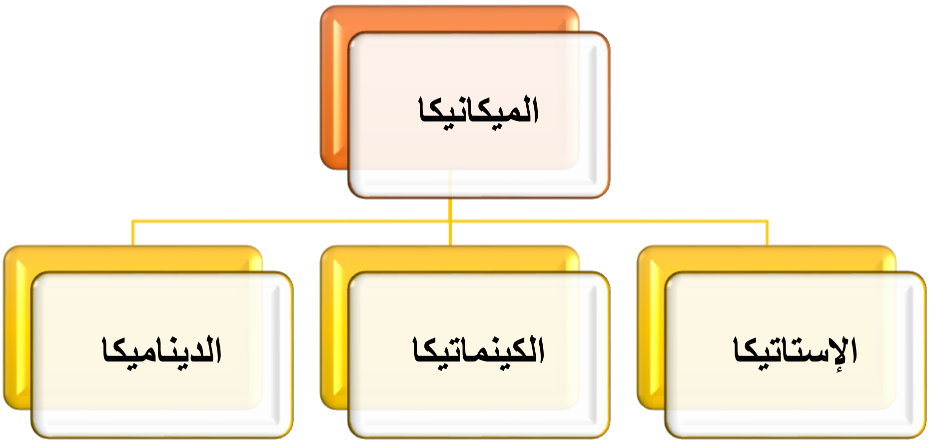
## ١-٣ علم الفيزياء Physics

هو العلم الذي يهتم بدراسة الظواهر الطبيعية للمادة والتفاعل بين عناصرها إلى جانب دراسة خصائصها المختلفة. لذلك فعلم الفيزياء له فروع كثيرة كما هو موضح في المخطط التالي:


شكل رقم ٦: فروع علم الفيزياء

## ١-٤ علم الميكانيكا Mechanics

هو أحد فروع علم الفيزياء والذي يهتم بدراسة حركة واتزان الأجسام المادية تحت تأثير مجموعة من المؤثرات تُسمى "القوى" وذلك باستخدام القوانين الخاصة بها. ويمكن تقسيم علم الميكانيكا إلى ثلاثة أقسام رئيسية وهي:




شكل رقم ٧: أقسام علم الميكانيكا

١. **الاستاتيكا (Statics):**

هو أحد فروع علم الميكانيكا والذي يهتم بدراسة اتزان الأجسام تحت تأثير القوي المختلفة.

٢. **الكينماتيكا (Kinematics):**

هو أحد فروع علم الميكانيكا والذي يهتم بدراسة وصف حركة الأجسام دون التعرض للقوي المسببة لها.

٣. **الديناميكا (Dynamics):**

هو أحد فروع علم الميكانيكا والذي يهتم بدراسة قوانين حركة الأجسام تحت تأثير القوي المختلفة.

## ١-٥ الكميات الفيزيائية Physical Quantities

الكمية هي صفة فيزيائية أو كيميائية أو حيوية للمادة يمكن قياسها أو حسابها. مثال ذلك الطول، الزمن، السرعة، الكتلة، القوة، الطاقة، درجة الحرارة وشدة التيار الكهربي. ويمكن قياس الكمية من خلال مقارنتها بمقدار معين من نفس النوع، ويسمي هذا المقدار بوحدة قياس.

**مثال (١-١)**

- الكمية: الطول وحدة القياس: المتر
- الكمية: الزمن وحدة القياس: الثانية

**كل كمية يمكن أن تقاس بوحدات قياس مختلفة لذلك فأنه يعبر عن قيمة الكمية بقيمة عددية مضروبة بوحدة قياس مناسبة مع ملاحظة أن القيمة العددية تختلف مع اختلاف وحدة القياس لنفس الكمية.**

**مثال (١-٢)**

من وحدات قياس الكتلة: جرام، كيلو جرام (١٠٠٠ جرام)، طن (١٠٠٠ كيلو جرام). فاذا أردنا أن نعبر عن كتلة الكمبيوتر كمثال فالأفضل أن نكتب:

كتلة الكمبيوتر = ٢٠ كيلو جرام

$m = 20\ kg$

**حيث أن:**

- m: "mass" الكتلة
- " كتلة الكمبيوتر" هي الكمية المقاسة
- " ٢٠ " هي القيمة العددية
- " كيلو جرام kg " هي وحدة القياس

بدلا من أن نكتب:

| | |
|---|---|
| كتلة الكمبيوتر= ٢٠٠٠٠ جرام<br>m = 20000 g | كتلة الكمبيوتر= ٠،٠٢ طن<br>m = 0.02 ton |

أو

لعلك لاحظت أن اختلاف القيمة العددية باختلاف وحدة القياس وهذا بسبب التحويل من وحدة قياس إلى الأخرى.

## ١-٥-١ أنظمة وحدات القياس:

من المثال السابق نلاحظ أن هناك عدة وحدات قياس للكتلة وكذلك لبقية الكميات الفيزيائية الأخرى. أي أن هناك أنظمة وحدات قياس تحدد لنا الوحدات التي نستخدمها لقياس الكميات الفيزيائية. وهناك ثلاثة أنظمة معروفة لوحدات القياس:

**أولا: النظام الإنجليزي**

يستخدم هذا النظام وحدات القياس الأتية:

القدم لقياس الطول، الباوند لقياس الكتلة، والثانية لقياس الزمن، كما هو موضح بالجدول التالي:

| الكمية الأساسية | الرمز | وحدة القياس | الرمز |
|---|---|---|---|
| الطول | L | قدم | ft |
| الكتلة | m | باوند | Lb |
| الزمن | t | ثانية | s |

جدول رقم ١: وحدات القياس الأساسية في النظام الإنجليزي

**ثانيا: النظام الفرنسي**

يستخدم هذا النظام وحدات القياس الأتية:

السنتيمتر لقياس الطول، والجرام لقياس الكتلة، والثانية لقياس الزمن، كما هو موضح بالجدول التالي:

| الكمية الأساسية | الرمز | وحدة القياس | الرمز |
|---|---|---|---|
| الطول | L | سنتيمتر | cm |
| الكتلة | m | جرام | g |
| الزمن | t | ثانية | s |

جدول رقم ٢: وحدات القياس الأساسية في النظام الفرنسي

**ثالثا: النظام العالمي (الدولي - SI)**

يستخدم هذا النظام وحدات القياس الأتية:

المتر لقياس الطول، والكيلوجرام لقياس الكتلة، والثانية لقياس الزمن، كما هو موضح بالجدول التالي:

| الكمية الأساسية | الرمز | وحدة القياس | الرمز |
|---|---|---|---|
| الطول | L | متر | m |
| الكتلة | m | كيلو جرام | kg |
| الزمن | t | ثانية | s |

جدول رقم ٣: وحدات القياس الاساسية للنظام الدولي (SI)

ويعد النظام الدولي لوحدات القياس هو الأكثر انتشارا واستخداما في العالم وهو الذي سوف نختص به في دراستنا.

## ١-٥-٢ الكميات الفيزيائية الأساسية والمشتقة:

بناء على التصنيف العالمي للوحدات فان الكميات الفيزيائية تنقسم إلي:

- كميات فيزيائية أساسية.
- كميات فيزيائية مشتقة.

## أولا: الكميات الفيزيائية الأساسية ووحدات قياسها:

وتعرف الكميات الفيزيائية الأساسية بالكميات التي لا يمكن استنتاجها من كميات أبسط منها وهم سبع كميات أساسية طبقاً للنظام الدولي لوحدات القياس (SI):

| الكمية الأساسية | الرمز | وحدة القياس | الرمز |
|---|---|---|---|
| الطول | L | متر | m |
| الكتلة | m | كيلو جرام | kg |
| الزمن | t | ثانية | s |
| شدة التيار الكهربي | I | أمبير | A |
| درجة الحرارة | T | كلفن | K |
| شدة الإضاءة | I | شمعة | cd |
| كمية المادة | M | مول | mol |

جدول رقم ٤: الكميات الفيزيائية الأساسية و وحدات القياس في لنظام الدولي (SI)

## ثانيا: الكميات الفيزيائية المشتقة ووحدات قياسها:

وتعرف الكميات الفيزيائية المشتقة بأنها الكميات التي يتم استنتاجها بدلالة الكميات الأساسية. ومن الأمثلة عل ذلك السرعة، العجلة، القوة، الحجم والكثافة.

### ١- السرعة

تعرف السرعة بأنها ناتج قسمة المسافة على الزمن، لذلك لكي نحسب السرعة يلزمنا أولا قياس كلاً من المسافة والزمن ثم نحسب السرعة بقسمة المسافة على الزمن على النحو التالي:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{وحدة قياس السرعة} = \frac{\text{وحدة قياس المسافة}}{\text{وحدة قياس الزمن}}$$

فتكون وحدة قياس السرعة = $\frac{\text{متر}}{\text{ثانية}}$ ويتم اختصارها بالرمز (م/ث) (m/s)

**حيث أن:**

- m: رمز المتر
- s: رمز الثانية

**٢. العجلة**

تعرف العجلة بأنها ناتج قسمة السرعة على الزمن، أو أنها معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن.

$$\text{العجلة} = \frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$$

$$\text{وحدة قياس العجلة} = \frac{\text{وحدة قياس السرعة}}{\text{وحدة قياس الزمن}}$$

فتكون وحدة قياس العجلة = ( $\frac{\text{متر}}{\text{ثانية}}$ ) / ثانية = $\frac{\text{متر}}{\text{ثانية مربعة}}$ ويتم اختصارها بالرمز (م/ث٢) ( $m/s^2$ )

**٣. القوة**

تعرف القوة بأنها حاصل ضرب الكتلة في عجلة الحركة.

القوة = الكتلة x العجلة

وحدة قياس القوة = وحدة قياس الكتلة × وحدة قياس العجلة

فتكون وحدة قياس القوة: كيلوجرام × $\frac{\text{متر}}{\text{ثانية مربعة}}$ ويتم اختصارها بالرمز ( $kg.m/s^2$ ) (كجم.م/ث٢)

والتي تساوي نيوتن (N)

**٤. الحجم**

يعرف الحجم بأنه حاصل ضرب الطول × العرض × الارتفاع

الحجم = الطول x العرض x الارتفاع

وحدة قياس الحجم = وحدة قياس الطول x وحدة قياس العرض x وحدة قياس الارتفاع

فتكون وحدة قياس الحجم = $m \times m \times m = m^3$ (م٣)

**٥. الكثافة**

تعرف الكثافة بأنها ناتج قسمة الكتلة على الحجم.

$$\text{الكثافة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$$

$$\text{وحدة قياس الكثافة} = \frac{\text{وحدة قياس الكتلة}}{\text{وحدة قياس الحجم}}$$

فتكون وحدة قياس الكثافة = $\frac{\text{كيلوجرام}}{\text{متر مكعب}}$ (كجم/م٣) ويتم اختصارها بالرمز ($kg/m^3$)

وفي الجدول التالي بعض الكميات الفيزيائية المشتقة ووحداتها طبقاً النظام الدولي لوحدات القياس (SI):

| الكمية المشتقة | الرمز | وحدة القياس | الرمز |
|---|---|---|---|
| السرعة | $v$ | متر / ثانية<br>م/ث | $m/s$ |
| العجلة | $a$ | متر / ثانية مربعة<br>م/ث٢ | $m/s^2$ |
| القوة | $F$ | نيوتن | $N$ |
| المساحة | $A$ | متر مربع<br>م٢ | $m^2$ |
| الحجم | $V$ | متر مكعب<br>م٣ | $m^3$ |
| الكثافة | $\rho$ | كيلو جرام/ متر مكعب<br>كجم/م٣ | $kg/m^3$ |
| الضغط | $p$ | باسكال | $Pa$ |
| الشغل | $W$ | جول | $J$ |

| الكمية المشتقة | الرمز | وحدة القياس | الرمز |
|---|---|---|---|
| القدرة | P | واط | W |

جدول رقم ٥: الكميات الفيزيائية المشتقة و وحدات القياس في لنظام الدولي (SI)

## ١-٥-٣ الكتابة العلمية للأعداد

بعد أن قطعت العلوم التجريبية والتنفيذية شوطاً كبيراً من التقدم العلمي ظهرت ثوابت فيزيائية قيمتها كبيرة جداً مثل سرعة الضوء التي تساوي ٣٠٠٠٠٠٠٠٠ م/ث (300000000 m/s)، أو قيمتها صغيرة جداً مثل قطر نواة الذرة والذي يساوي ٠,٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٥ م (0.000000000000005 m) تقريباً، ولأجل سهولة كتابة وحفظ وتداول هذه الأرقام في الحسابات المختلفة فأنها تكتب على النحو التالي:

عدد ينتمي الي الفترة [١:٩] × ١٠ ^(القوة المناسبة)^

فسرعة الضوء = 300000000 m/s = $3x10^{8}$ m/s

وأيضًا قطر النواة = 0.000000000000005 m

$$\frac{5}{1000000000000000} = \frac{5}{10^{15}} = 5\,x10^{-15}\ m$$

لاحظ أن بإمكاننا أيضا التعبير عن الحسابات ذات القيمة الكبيرة أو الصغيرة جداً عن طريق استخدام ما يسمي باسم مضاعفات الوحدة أو كسور الوحدة.

**أولا: مضاعفات الوحدات**

| الوحدة | الرمز | الكتابة العلمية | الكتابة العادية |
|---|---|---|---|
| بيتا | P | $10^{15}$ | 1000000000000000 |
| تيرا | T | $10^{12}$ | 1000000000000 |
| جيجا | G | $10^{9}$ | 1000000000 |
| ميجا | M | $10^{6}$ | 1000000 |
| كيلو | k | $10^{3}$ | 1000 |

جدول رقم ٦: مضاعفات الوحدات

**ثانياً: كسور الوحدات**

| الوحدة | الرمز | الكتابة العلمية | الكتابة العادية |
|---|---|---|---|
| ديسي | d | $10^{-1}$ | $\frac{1}{10}$ |

| الكتابة العادية | الكتابة العلمية | الرمز | الوحدة |
|---|---|---|---|
| $\frac{1}{100}$ | $10^{-2}$ | c | سنتي |
| $\frac{1}{1000}$ | $10^{-3}$ | m | مللي |
| $\frac{1}{1000000}$ | $10^{-6}$ | µ | ميكرو |
| $\frac{1}{1000000000}$ | $10^{-9}$ | n | نانو |
| $\frac{1}{1000000000000}$ | $10^{-12}$ | p | بيكو |
| $\frac{1}{1000000000000000}$ | $10^{-15}$ | f | فيمتو |

جدول رقم ٧: كسور الوحدات

**<u>مثال (١-٣)</u>**

سرعة الضوء = 300000000 m/s

$$3x10^{8}\ m/s = 300 \times 10^{6}\ m/s = 300\ Mm/s$$

**<u>مثال (١-٤)</u>**

قطر النواة = 0.000000000000005 m

$$5\ fm = 5 \times 10^{-15}\ m$$

**ثالثاً: بعض التحويلات الهامة**

| | اسم الوحدة | الرمز | المعادلة |
|---|---|---|---|
| وحدات الطول | كيلو متر (كم) | km | |
| | متر (م) | m | $1\ km = 10^{3}\ m$ |
| | ديسيمتر (دسم) | dm | $1\ m = 10\ dm$ |
| | سنتيمتر (سم) | cm | $1\ m = 10^{2}\ cm$ |
| | ميلليمتر (مم) | mm | $1\ m = 10^{3}\ mm$ |
| | قدم | ft | $1\ m = 3.281\ ft$ |

| | اسم الوحدة | الرمز | المعادلة |
|---|---|---|---|
| وحدات المساحة | كيلو متر مربع (كم٢) | $km^2$ | |
| | متر مربع (م٢) | $m^2$ | $1\ km^2 = 10^6\ m^2$ |
| | سنتيمتر مربع (سم٢) | $cm^2$ | $1\ m^2 = 10^4\ cm^2$ |
| | ميلليمتر مربع (مم٢) | $mm^2$ | $1\ m^2 = 10^6\ mm^2$ |
| وحدات الحجم | متر مكعب (م٣) | $m^3$ | |
| | سنتيمتر مكعب (سم٣) | $cm^3$ | $1\ m^3 = 10^6\ cm^3$ |
| | ميلليمتر مكعب (مم٣) | $mm^3$ | $1\ m^3 = 10^9\ mm^3$ |
| وحدات الكتلة | طن | ton | |
| | كيلو جرام (كجم) | kg | $1\ ton = 10^3\ kg$ |
| | جرام (جم) | g | $1\ kg = 10^3\ g$ |
| وحدات الكثافة | كيلو جرام/ متر مكعب (كجم/م٣) | $kg/m^3$ | |
| | جرام/ سنتيمتر مكعب (جم/سم٣) | $g/cm^3$ | $1\ kg/m^3 = 10^{-3}\ g/cm^3$ |
| وحدات الزمن | ساعة | h | |
| | دقيقة | min | 1 h = 60 min |
| | ثانية( ث) | S | 1 min = 60 s |
| وحدات السرعة | كيلو متر/ ساعة (كم/ساعة) | km/h | |
| | متر/ ثانية (م/ث) | m/s | 1 km/h = 0.2778 m/s |

جدول رقم ٨: تحويلات هامة

## رابعاً: طريقة التحويل بين الوحدات المختلفة

المثال التالي يبين طريقة التحويل بين الوحدات.

$$\times 10^3$$

$$1\ \text{kg} = 10^3\ \text{g}$$

$$\div 10^3$$

* للتحويل من الوحدة الكبيرة إلى الوحدة الصغيرة نقوم بضرب القيمة العددية للكمية × نسبة التحويل.
* للتحويل من الوحدة الصغيرة إلي الوحدة الكبيرة نقوم بقسمة القيمة العددية للكمية ÷ نسبة التحويل.

### مثال (١-٥)

إذا كان ارتفاع طائرة في الجو ٣٥٠٠٠ قدم (35000 ft) احسب ارتفاعها حسب الوحدات الأتية.

- m
- km

### الحل:

$$35000\ \text{ft} = \frac{35000}{3.281} = 10667.47\ \text{m}$$

$$35000\ \text{ft} = \frac{10667.47\ m}{10^3} = \frac{10667.47\ m}{1000} = 10.667\ \text{km}$$

### مثال (١-٦)

قطعة علي شكل متوازي مستطيلات طولها ١٠ سم ($L_1$=10 cm)، عرضها ٦ سم ($L_2$= 6 cm) وارتفاعها ٤ سم (H = 4 cm)، فما هي كثافة (ρ) المادة المصنوع منها القطعة بوحدة كجم/م٣ ($kg/m^3$) إذا كانت كتلة القطعة ١٨٠ جم (m= 180 g).

### الحل

الطول : ($L_1$=10 cm)

العرض: ($L_2$= 6 cm)

الارتفاع : (H = 4 cm)

الكتلة : (m= 180 g)

∵ الحجم = الطول × العرض × الارتفاع

∴ حجم القطعة (V) =

$$V= 10 \times 6 \times 4 = 240\ cm^3$$

$$V= 240\ cm^3 = 240 \times (10^{-2})^3\ m^3 = 240 \times 10^{-6} = \frac{240}{10^6} = 0.00024\ m^3$$

∵ كتلة القطعة (m)= 180 g

$$180\ g = \frac{180}{10^3} = 0.18\ kg$$

∴ كثافة القطعة (ρ) =

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{0.18}{0.00024} = 750\ kg/m^3$$

**مثال (١-٧)**

سرعة قطار هي ١٢٠ كم/ساعة (v=120 km/h)، احسب سرعته بوحدة م/ث (m/s).

**الحل**

$$v = 120\ km/h = 120 \times \frac{10^3}{60x60} = \frac{10^3}{3600} = 120 \times 0.2778 = 33.336\ m/s$$

**مثال (١-٨)**

قم بإجراء التحويلات الأتية:

- $2kg \longrightarrow g$
- $600\ cm^2 \longrightarrow mm^2$
- $3\ h \longrightarrow s$

**الحل**

١. $2\ kg = 2 \times 10^3 = 2000\ g$

٢. $\because 1\ m^2 = 10^4\ cm^2 = 10^6\ mm^2$

$\therefore 10^4\ cm^2 = 10^6\ mm^2$

$$\frac{10^4}{10^4}\ cm^2 = \frac{10^6}{10^4}\ mm^2$$

$\therefore 1\ cm^2 = 10^2\ mm^2$

$\therefore 600\ cm^2 = 600 \times 10^2 = 60000\ mm^2$

٣. $3\ h = 3 \times 3600 = 10800\ s$

## ١-٥-٤ الكميات القياسية والمتجهة:

تنقسم الكميات الفيزيائية إلي قسمين:

**١- الكميات القياسية:**

وهي الكميات التي يلزم لتعينها معرفة مقدارها فقط ووحدة قياسها. مثل الطول، الكتلة، الحجم، المساحة، الزمن

**مثال (١-٩)**

إذا اردنا قياس طول ملعب كرة القدم يكفي أن نُعبر عن هذه الكمية بمقدارها فقط إلي جانب وحدة القياس على النحو التالي:

طول ملعب كرة القدم = ٢٠ متراً

**يمكننا أن نتعامل مع الكميات القياسية باستخدام القواعد الرياضية البسيطة في الجبر كالجمع والطرح والضرب والقسمة.**

**٢- الكميات المتجهة:**

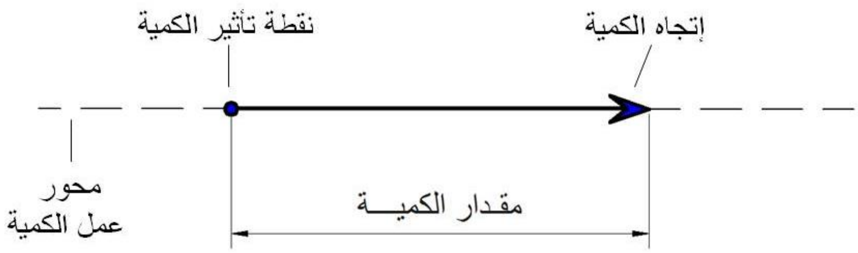
وهي الكميات التي يلزم لتعينها معرفة اتجاها إلى جانب مقدارها ووحدة قياسها. مثل القوة، الإزاحة، السرعة، العجلة، العزم. يرمز للكمية المتجهة برمز يعلوه سهم صغير فمثلاً نرمز للقوة بهذا الرمز $\vec{F}$

**التمثيل البياني (الهندسي) للكمية المتجهة:**

يتم تمثيل الكمية المتجهة بيانا بسهم $\rightarrow$

١. يمثل طوله مقدار الكمية وذلك باستخدام مقياس رسم مناسب.
٢. يشير اتجاه رأس السهم إلى اتجاه الكمية المتجهة.
٣. وتمثل نقطة أصله نقطة تأثير الكمية المتجهة.

كما هو موضح في الشكل التالي:



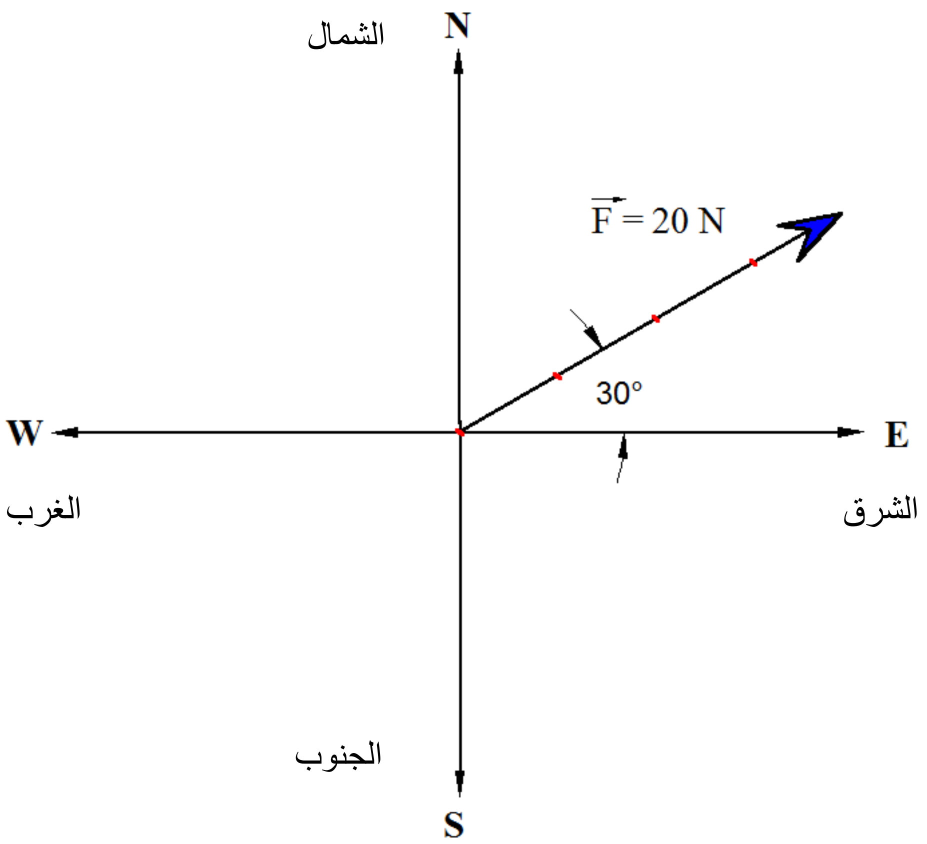

شكل رقم ٨: تمثيل الكمية المتجهه

## مثال (١-١٠)

جسم تؤثر عليه قوة مقدارها ٢٠ نيوتن (F = 20 N) باتجاه يميل عن الشرق بـ ٣٠° إلى أعلى، مثل هذه القوة بيانياً.

## الحل

١. اختار مقياس رسم مناسب لرسم القوة وليكن ١سم (1 cm) لكل ٥ نيوتن (5 N) أي أن مقياس الرسم ٥ نيوتن / سم (5N/1cm)
٢. حدد اتجاه القوة وهو يميل عن الشرق بـ٣٠° إلى أعلى.
٣. ارسم القوة كما بالشكل التالي:




شكل رقم ٩: رسم كمية متجهه بيانياً

**لا يمكننا إطلاقاً أن نتعامل مع الكميات المتجهة باستخدام القواعد الرياضية البسيطة في الجبر كالجمع والطرح والضرب والقسمة. بل نستخدم معها القوانين المناسبة الخاصة بها وسوف نتناولها في الوحدات القادمة.**

## تحقق من فهمك (١)

**١- أكتب المصطلح العلمي الدال على كل من:**

١. هي كميات يلزم لتعينها معرفة مقدارها واتجاهها.
٢. هي كميات يلزم لتعينها معرفة مقدارها فقط.
٣. هو حاصل ضرب الطول × العرض × الارتفاع
٤. هي ناتج قسمة الكتلة على الحجم.
٥. هي حاصل ضرب الكتلة في عجلة الحركة.
٦. هي ناتج قسمة المسافة على الزمن

**٢- اختر الإجابة الصحيحة مما يلي:**

١. تقاس الكتلة بوحدة:
   أ. الداين
   ب. النيوتن
   ج. الكيلو جرام
   د. ثقل الكيلو جرام
٢. من الكميات الأساسية في النظام الدولي:
   أ. الكتلة
   ب. السرعة
   ج. العجلة
   د. القوة
٣. الملليمتر وحدة تعادل:
   أ. $10^{-3}$ m
   ب. $10^{-3}$ $m^3$
   ج. $10^{-2}$ cm
   د. $10^{-4}$ dm

٤. للتحويل من $m^2$ إلي $cm^2$ :

أ. نقسم على $(10^2)$

ب. نضرب في $(10^4)$

ج. نقسم على $(10^4)$

د. نضرب في $(10^2)$

٥. هي كمية قياسية:

أ. المسافة

ب. السرعة

ج. العجلة

د. القوة

٦. ماذا يطلق على القيم التالية:

أ. $(10^{-3})$ m

ب. $(10^{-2})$ m

ج. 1000 m

د. 1000000 m

٧. حول كلاً مما يأتي إلى m :

أ. 63 cm

ب. 512 mm

ج. 0.534 dm

د. 1000 km

**٣- اعد كتابة العبارات التالية بعد تصحيح الأخطاء الواردة فيها إن وجدت:**

١. تمثل الكمية القياسية بيانيا بسهم.

٢. يمكننا أن نتعامل مع الكميات المتجهة باستخدام القواعد الرياضية البسيطة في الجبر كالجمع والطرح والضرب والقسمة.

**٤- ما وحدة قياس الكميات الأتية وفقا للنظام الدولي للوحدات SI:**

السرعة - القوة- الطاقة - الشغل - الكثافة - الحجم - المساحة

**٥- عرف الكمية المتجهة والكمية القياسية ثم ميز الكميات الأتية على أساس أنها كمية قياسية أو كمية متجهة:**

الكتلة -الوزن -المسافة -الحجم -القوة -المساحة -الزمن -الطاقة -السرعة -الكثافة -درجة الحرارة.

**٦- إذا كان ارتفاع طائرة في الجو ٨٠٠٠ قدم (8000 ft) احسب ارتفاعها حسب الوحدات الأتية.**

- m
- km

**٧- سرعة قطار هي ٤٥٠ كم/ساعة (v=450 km/h)، احسب سرعته بوحدة م/ث (m/s).**

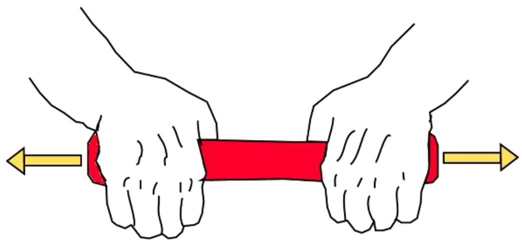
**٨- قم بإجراء التحويلات الأتية:**

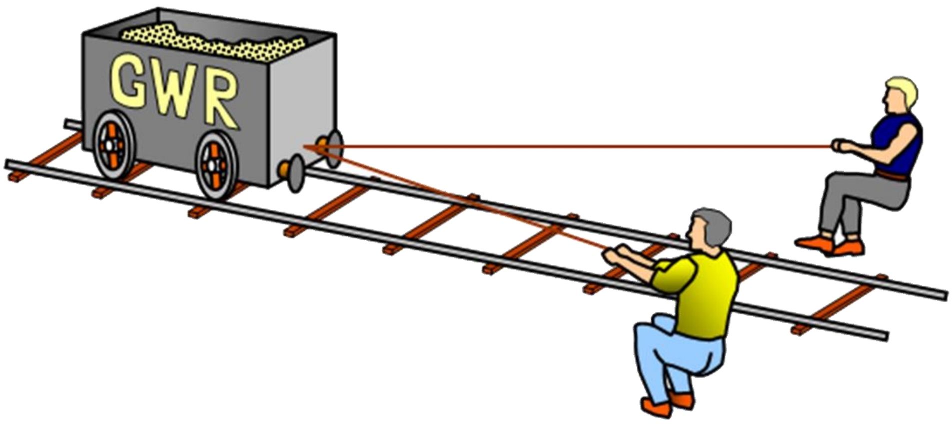
١. $5\ kg \rightarrow g$
٢. $10\ cm^2 \rightarrow mm^2$
٣. $5\ h \rightarrow S$

**٩- جسم تؤثر عليه قوة مقدارها 50 نيوتن (F=50 N) باتجاه يميل عن الشرق بـ $40^o$ إلي أعلى، مثل هذه القوة بيانياً.**

**١٠- قطعة علي شكل متوازي مستطيلات طولها ٢٠ سم ($L_1$=20 cm)، عرضها ٩ سم ($L_2$=9 cm) وارتفاعها ٥ سم (H=5 cm)، فما هي كثافة (ρ) المادة المصنوع منها القطعة بوحدة كجم/م$^3$ ($kg/m^3$) إذا كانت كتلة القطعة ٢٥٠ جم (m=250 g).**

# الباب الثاني: الاستاتيكا Statics





## الاستاتيكا Statics

هو أحد فروع علم الميكانيكا والذي يهتم بدراسة اتزان الأجسام تحت تأثير القوي المختلفة، وفي هذا الباب سوف نتناول بالدراسة القوى ومحصلة قوتين وكذلك كيفية تحليل القوى وأخيراً نتطرق إلى كيفية إيجاد محصلة عدة قوى.

### ٢-١ القوى Forces

في القسم التالي سوف ندرس تعريف القوة وأنواعها وكذلك خواص القوة.

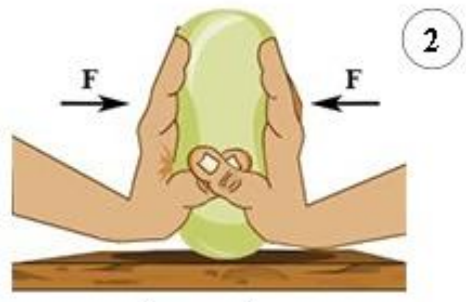
#### ٢-١-١ تعريف القوة:

تعرف القوة على أنها كل مؤثر خارجي يؤثر على الجسم فيغير أو يعمل على تغير حالته من حالة السكون لحالة الحركة أو العكس. وتعتبر القوة كمية فيزيائية متجهه فلذلك نرمز للقوة التي مقدارها F بالرمز $\vec{F}$ ليدل علي مقدارها واتجاهها في نفس الوقت.

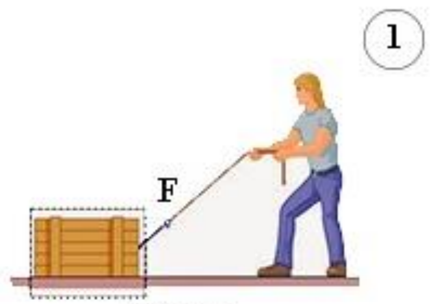
#### ٢-١-٢ أنواع القوى:

للقوي أنواع كثيرة منها كما هو موضح بالشكل التالي:

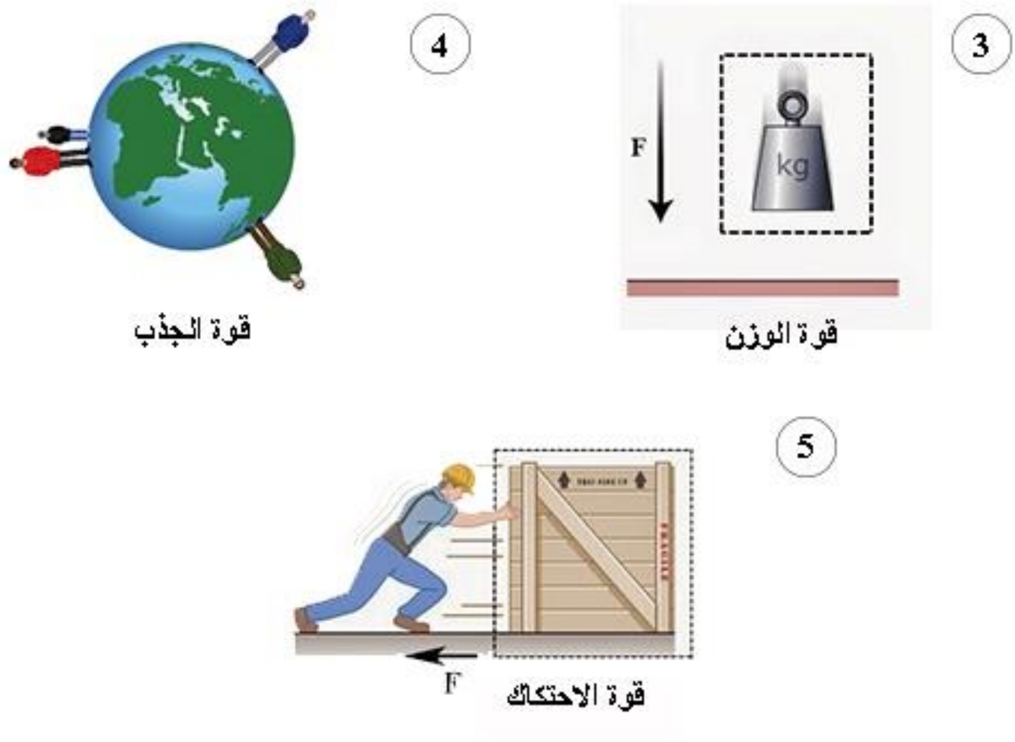
- قوى الشد
- قوى الضغط
- قوة الوزن
- قوى الجذب (مثل قوة جذب الأرض للأجسام)
- قوي الاحتكاك



قوة الضغط



قوة الشد




شكل رقم ١٠: أنواع القوى

## ٢-١-٣ خواص القوة:

يتوقف تأثير القوة على الجسم بالعوامل الآتية:

- مقدار القوة
- اتجاه القوة
- نقطة تأثير القوة وخط عملها، وفيما يلي وصفاً مبسطاً لكل مؤثر:

**١- مقدار القوة**

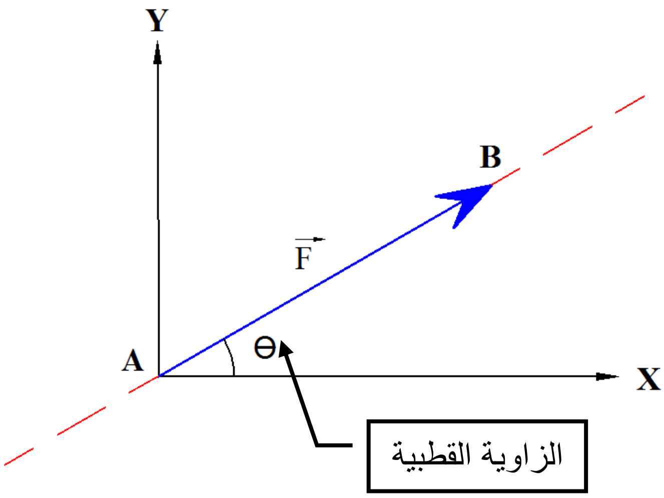
يَتعين مقدار القوة بمقارنتها بوحدة القوى وقد سبق لك معرفة الوحدة الأساسية في النظام الدولي (SI) لقياس القوة وهي النيوتن (N)

**٢- اتجاه القوة**

هو اتجاه المتجه الذى يمثل هذه القوة والذي يتحدد بقياس الزاوية القطبية $\theta$ (تنطق ثيتا). ويُمثل الشكل التالي متجه القوة $\vec{F}$ ويمكن تَمثيله بالقطعة المستقيمة الموجهة $\overrightarrow{AB}$ ، حيث A نقطة البداية و B نقطة النهاية للقطعة المستقيمة الموجهة، ويُعبر عن مقدار القوة بمعيار المتجه $\|\overrightarrow{AB}\|$ (أي طوله) كما يمثل اتجاه السهم اتجاه القوة $\vec{F}$ ، وتسمى زاوية $\theta$ بالزاوية القطبية للمتجه في مستوى القوة $\vec{F}$ ، وتُكتب القوة على الصورة القطبية كالآتي $(F,\theta)$.

**الزاوية القطبية θ :**

**هى الزاوية التي تصنعها القوة مع الاتجاه الموجب لمحور (X) وهي دائماً في عكس اتجاه عقارب الساعة (أي دائما موجبة)**




شكل رقم ١١: الزاوية القطبية

**٣- نقطة تأثير القوة وخط عملها.**

في الشكل السابق تسمي النقطة A بنقطة تأثير القوة، في حين أن الخط المستقيم $\overleftrightarrow{AB}$ يطلق عليه اسم خط عمل القوة.

## ٢-٢ محصلة قوتين متلاقيتين في نقطة

**المحصلة**

هى القوة التي تحُدث نفس التأثير الذي تحدثه قوتين أو عدة قوى على الجسم.

**تعين المحصلة**

لتعين المحصلة تعينا تاماً يجب تعيين مقدار ها واتجاهها

وتوجد طريقتان لتعينها:

١. الطريقة البيانية (الهندسية).
٢. الطريقة الجبرية (التحليلية).

### ٢-٢-١ محصلة قوتين متلاقيتين فى نقطة ولهما نفس خط العمل

ويوجد ثلاث حالات لهاتين القوتين:

**الحالة الأولي:**

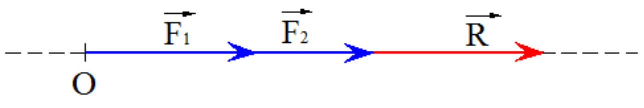
إذا كانت القوتان لهما نفس خط العمل ولهما نفس الاتجاه (الزاوية بينهما = صفر°).

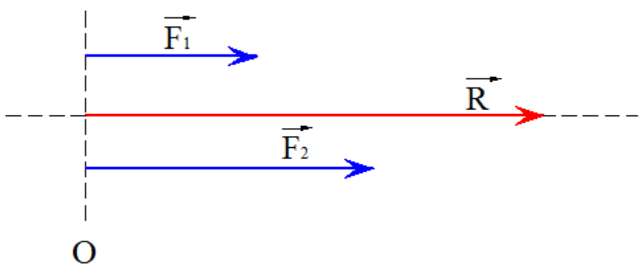
فإن المحصلة (**R**) = مجموع مقداري القوتان وفي نفس اتجاههما

∴ بالطريقة الجبرية

$$R = F_1 + F_2 \quad \text{(وفي نفس الاتجاه)}$$

∴ بالطريقة البيانية

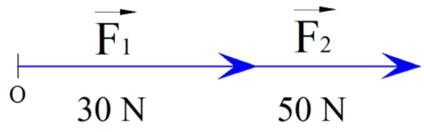



شكل رقم ١٢: محصلة قوتين لهم نفس خط العمل

## مثال (٢-١)

إذا كانت القوتان $F_1 = 30\ N$ و $F_2 = 50\ N$ والزاوية المحصورة بينهما = صفر°، أوجد محصلة القوتان جبرياً وبيانياً.




شكل رقم ١٣: مثال عن محصلة قوتين

## الحل

**أولا: الطريقة الجبرية**

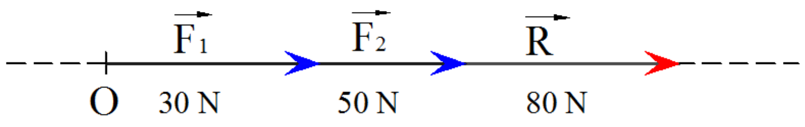
١. مقدار المحصلة: $R = F_1 + F_2 = 30+50 = 80\ N$.

٢. اتجاه المحصلة: هو نفس اتجاه القوتان.

**ثانيا: الطريقة البيانية**

١. نختار مقياس رسم مناسب وليكن (1 cm) لكل (10 N).
٢. نرسم القوتان بحيث تكون الزاوية المحصورة بينهما صفر.
٣. نرسم المحصلة (R) في نفس اتجاه القوتان ($F_1$) و($F_2$) بطول يساوي مجموع طولي القوتان.

$$\because F_1 = 30 \text{ N} = 3 \text{ cm}$$
$$\because F_2 = 50 \text{ N} = 5 \text{ cm}$$
$$\therefore R = F_1 + F_2 = 30 + 50 = 80 \text{ N} = 8 \text{ cm}$$




شكل رقم ١٤: اجابة المثال

**الحالة الثانية:**

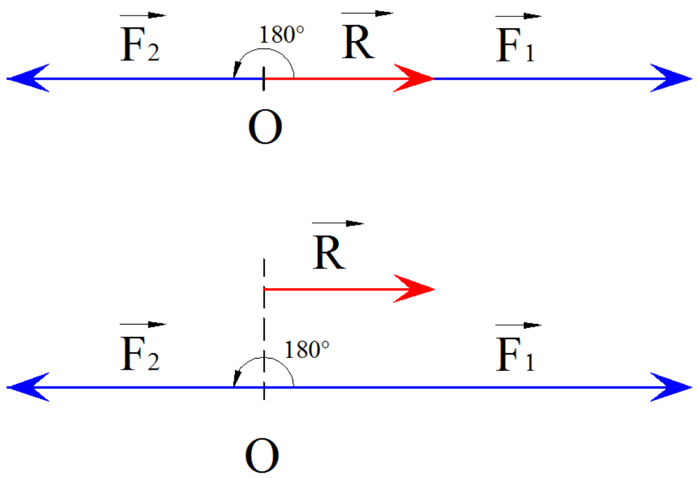
إذا كانت القوتان لهما نفس خط العمل وفي اتجاهين متضادين. (الزاوية بينهما =°١٨٠°).

فأن المحصلة = الفرق بين القوتين وفي اتجاه القوة الأكبر.

∴ بالطريقة الجبرية

**$R = F_1 - F_2$ (وفي اتجاه القوة الأكبر)**

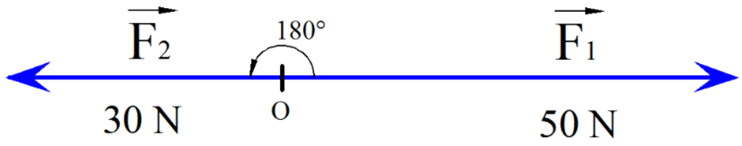
∴ بالطريقة البيانية




شكل رقم ١٥: محصلة قوتين لهم نفس خط العمل ولكن متضادين في الإتجاة

## مثال (٢-٢)

إذا كانت القوتان $F_1= 50$ N و $F_2 = 30$ N والزاوية المحصورة بينهما ١٨٠° ($\Theta$=180°)، أوجد محصلة القوتان جبرياً وبيانياً.




شكل رقم ١٦: مثال عن محصلة قوتين متضادتين

## الحل

**أولا: الطريقة الجبرية**

١. مقدار المحصلة: $R = F_1 - F_2 = 50 - 30 = 20\ N$

٢. اتجاه المحصلة: هو اتجاه القوة الأكبر $F_1$.

**ثانيا: الطريقة البيانية**

١. نختار مقياس رسم مناسب وليكن (1 cm) لكل (10 N)

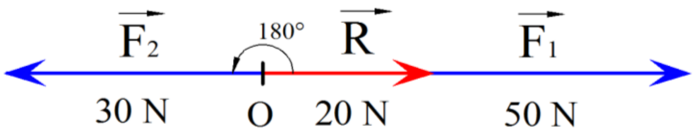
٢. نرسم القوتان بحيث تكون الزاوية المحصورة بينهما = ١٨٠°.

٣. نرسم المحصلة (R) في اتجاه القوة الأكبر $F_1$ بطول يساوي الفرق بين طول القوتين.

$$\because F1 = 50\ N = 5\ cm$$

$$\because F2 = 30\ N = 3\ cm$$

$$\therefore R = F1 - F2 = 50 - 30 = 20\ N = 2\ cm$$




شكل رقم ١٧: حل المثال

**الحالة الثالثة:**

إذا كانت القوتان متساويتان في المقدار ولهما نفس خط العمل وفي اتجاهين متضادين (الزاوية المحصورة بينهما =°١٨٠).

فإن المحصلة = صفر ويكون الجسم متزن في هذه الحالة.

$$R = F_1 - F_2 = 0$$

## ٢-٢-٢ محصلة قوتين متلاقيتين في نقطة وليسوا على نفس خط العمل

**أولا: إيجاد المحصلة بالطريقة الجبرية**

اذا كانت القوتان $F_1$ و $F_2$ يحصران بينهما زاوية $\theta$، فان المحصلة تعطي من خلال العلاقة:

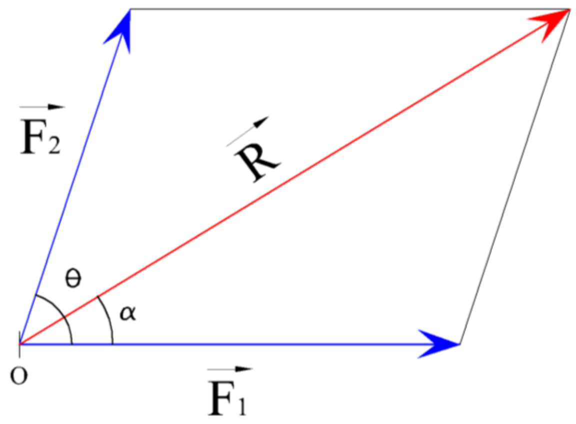
$$R = \sqrt{F_1{}^2 + F_2{}^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$$

في حين أن اتجاه المحصلة يعطي من خلال العلاقة:

$$\tan\alpha = \frac{F_2\sin\theta}{F_1 + F_2\cos\theta}$$

**حيث أن:**

$\propto$: هي زاوية ميل المحصلة R علي القوي الأولي $F_1$.



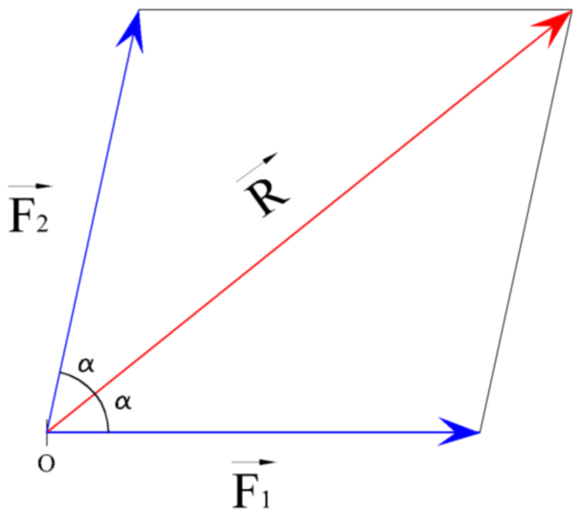

شكل رقم ١٨: محصلة قوتين يحصران بينهم زاوية

**حالات خاصة:**

١. إذا كانت القوتان متساويتان في المقدار بحيث $(F_1 = F_2 = F)$

فإن المحصلة تساوي

(وسوف تنصف الزاوية التي بينهما) $R = 2F\cos\frac{\theta}{2}$

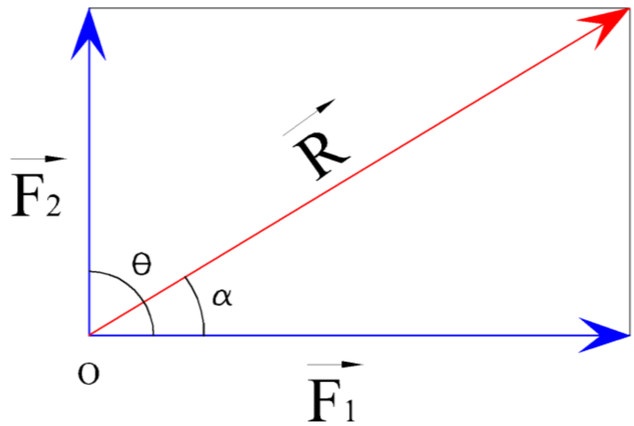



شكل رقم ١٩: محصلة قوتين لهم نفس القيمة و بينهم زاوية

٢. إذا كانت القوتان متعامدتان (الزاوية المحصورة بينهما ٩٠°)

فان المحصلة تساوي $R = \sqrt{{F_1}^2 + {F_2}^2}$

وحينئذ اتجاه المحصلة يعطى بالعلاقة $\tan\alpha = \dfrac{F_2}{F_1}$




شكل رقم ٢٠: محصلة قوتين متعامدتين

## مثال (٢-٣)

أوجد مقدار واتجاه محصلة القوتين $F_1 = 40$ N ، $F_2 = 60$ N . إذا كانت الزاوية الواقعة بينهما 60°.

## الحل

∵ $F_1 = 40$ N ، $F_2 = 60$ N و $\theta = 60^\circ$

∴ مقدار المحصلة

$$R = \sqrt{{F_1}^2 + {F_2}^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$$

$$R = \sqrt{40^2 + 60^2 + 2x40x60x\cos 60^\circ}$$

$$R = 87.2 \text{ N}$$

∴ إتجاه المحصلة

زاوية ميل المحصلة على القوة الأولي $F_1$ تعطي من العلاقة

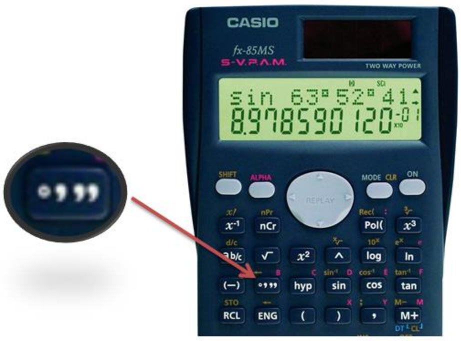
$$\tan\alpha = \frac{F_2 \sin\theta}{F_1 + F_2 \cos\theta}$$

$$\tan\alpha = \frac{60 \sin 60}{40 + 60 \cos 60} = 0.742$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0.742)$$

$$\alpha = 36.57 = 36^{o}\, 35'\, 12''$$

$$\alpha = 36^{\circ}\, 35'\, 12''$$

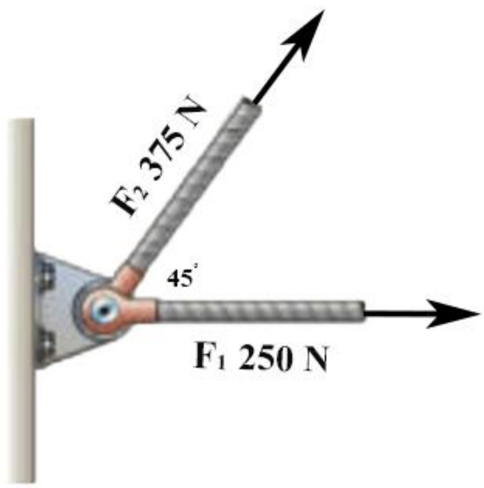



شكل رقم ٢١: استخدام الاله الحاسبة

**يتم الحصول علي عدد الدرجات والدقائق والثواني الموجودة في الزاوية α عن طريق الضغط علي زر الآلة الحاسبة المشار اليه في الشكل السابق**

## مثال (٢-٤)

في الشكل التالي أوجد محصلة القوي $F_1 = 250$ N و $F_2 = 375$ N جبرياً، واستنتج مقدار رد فعل الألة المثبتة بالحائط حتى تتزن المجموعة.




شكل رقم ٢٢: مثال لمحصلة القوى

## الحـــل

**أولاً: إيجاد محصلة القوي**

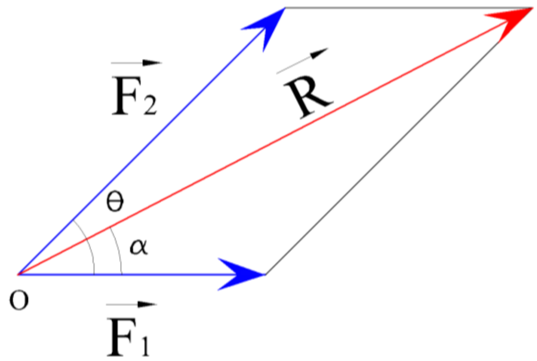
∵ $F_1 = 250\ N$ و $F_2 = 375\ N$ و $\theta = 45^\circ$

∴ مقدار المحصلة

$$R = \sqrt{F_1{}^2 + F_2{}^2 + 2F_1F_2\cos\theta}$$

$$R = \sqrt{250^2 + 375^2 + 2x250x375x\cos 45^\circ}$$

$$R = 579.4\ N$$




شكل رقم ٢٣: رسم محصلة القوى

∴ إتجاه المحصلة

زاوية ميل المحصلة على القوة الأولي $F_1$ تعطي من العلاقة

$$\tan\alpha = \frac{F_2\sin\theta}{F_1+F_2\cos\theta}$$

$$\tan\alpha = \frac{375\sin 45}{250+375\cos 45} = 0.515$$

$$\alpha = \tan^{-1}(0.515)$$

$$\alpha = 27.24 = 27^\circ\ 14'\ 8''$$

**ثانياً: رد فعل الألة**

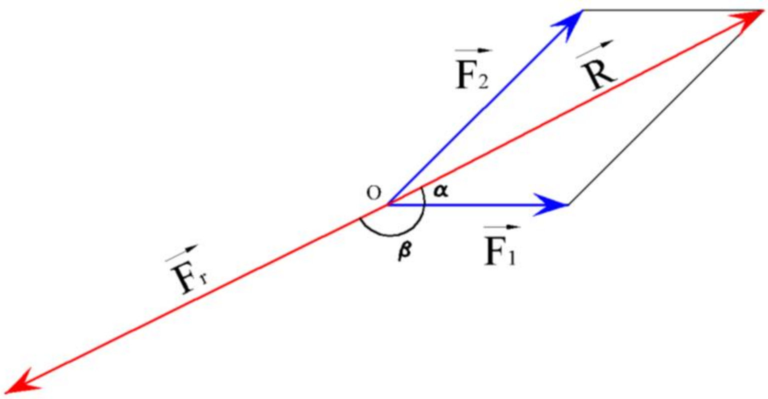
لكي تكون المجموعة متزنة، يجب أن تكون محصلة القوي = صفرْ.

∴ رد فعل الألة المثبتة بالحائط = محصلة القوتان $F_1, F_2$

∴ $F_r = R = 579.4\ N$

∴ ميل رد الفعل على القوي الأولي $F_1$

$$\beta = 180 - 27^\circ\ 14'\ 8'' = 152^\circ\ 45'\ 52''$$




شكل رقم ٢٤: رسم محصلة القوى

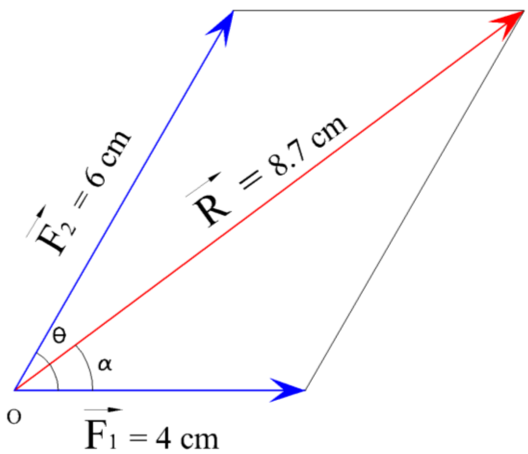
### ثانياً: إيجاد المحصلة بالطريقة البيانية

تستخدم قاعدة **متوازي أضلاع القوي** لحساب محصلة قوتين متلاقين في نقطة وليس لهما نفس خط العمل بيانياً وتنص هذه القاعدة على:

> **إذا أثرت قوتان في نقطة مادية وأمكن تمثيلهما تمثيلاً تاماً بضلعين متجاورين من متوازي أضلاع فإن المحصلة يمكن تمثيلها تمثيلا تاما بالقطر المار بنقطة التأثير.**

### مثال (٢-٥)

أوجد مقدار واتجاه محصلة القوتين $F_1 = 40$ N و $F_2 = 60$ N بيانياً، إذا كانت الزاوية الواقعة بينهما $60^\circ$.




شكل رقم ٢٥: مثال عن محصلة قوتين

### الحل

١. نأخذ مقياس الرسم (1 cm) لكل (10 N).

٢. رسم $F_1 = \frac{40}{10} = 4$ cm و $F_2 = \frac{60}{10} = 4$ cm

٣. وبرسم الزاوية المحصورة بينهم $\theta = 60^\circ$

$\because$ بقياس المحصلة $R = 8.71$ cm

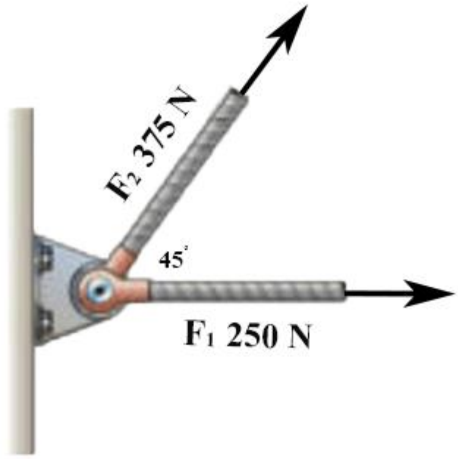
$\therefore$ R = 8.71 x 10 = 87.1 N

وبقياس الزاوية $\alpha$

$\therefore$ ميل المحصلة على القوة الأولي $F_1$ $\quad \alpha = 36^o\ 35'$

## مثال (٢-٦)

في الشكل المقابل أوجد محصلة القوي $F_1 = 250$ N و $F_2 = 375$ N بيانياً. ثم استنتج مقدار رد فعل الألة المثبتة بالحائط حتى تتزن المجموعة.




شكل رقم ٢٦: مثال محصلة القوى

## الحل

**أولا: إيجاد محصلة القوي**

١. بأخذ مقياس الرسم (1 cm) لكل (50 N).

٢. برسم $F_1 = \dfrac{250}{50} = 5$ cm و $F_2 = \dfrac{375}{50} = 7.5$ cm من النقطة O

٣. وبرسم الزاوية المحصورة بينهم $\theta = 45°$

٤. يمكننا الأن رسم قطر متوازي الأضلاع بحيث يمر بنقطة التأثير O الذي يمثل المحصلة R

$\because$ برفع قياس المحصلة من على الرسم R = 11.59 cm

$\therefore$ R = 11.59 x 50 = 579.5 N

و بقياس الزاوية $\alpha$

$\therefore$ ميل المحصلة R على القوة الأولي $F_1$ هو $\alpha = 27°\ 14'$

**ثانياً: إيجاد رد فعل الألة**

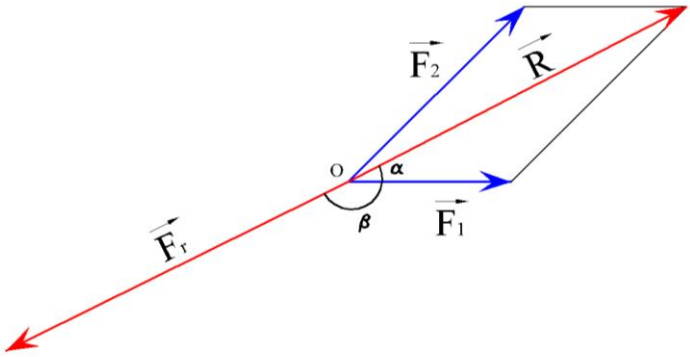
$\because$ المجموعة متزنة.

$\therefore$ محصلة القوي = صفرْ.

$\therefore$ $F_r = R = 579.5\ N$

$\therefore$ ميل رد الفعل على القوي الأولي $F_1$

$\therefore$ $\beta = 180 - 27^\circ\ 14' = 152^\circ\ 46'$




شكل رقم ٢٧: حل المثال

## مثال (٢-٧)

سحبت عربة بواسطة حبلين الزاوية بينهما $90^\circ$. فاذا كان الشد في إحدى الحبيلين ($T_1 = 400\ N$)، وفي الأخر ($T_2 = 600\ N$). أوجد المحصلة بيانياً وجبرياً.


## الحل

**أولا: إيجاد المحصلة بيانياً**

١. بأخذ مقياس الرسم ($1\ cm$) لكل ($100\ N$).

٢. برسم $F_1 = \frac{400}{100} = 4\ cm$ و $F_2 = \frac{600}{100} = 6\ cm$ من النقطة O

٣. وبرسم الزاوية المحصورة بينهم $\theta = 90^\circ$

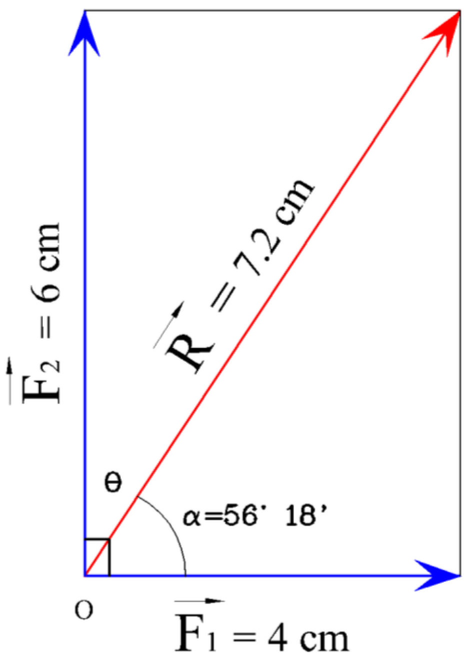
٤. يمكننا الأن رسم قطر متوازي الأضلاع بحيث يمر بنقطة التأثير O الذي يمثل المحصلة R

برفع قياس المحصلة من على الرسم $R = 7.2\ cm$

$\therefore$ $R = 7.2 \times 100 = 720\ N$

و بقياس الزاوية $\alpha$

$\therefore$ ميل المحصلة على القوة الأولي $F_1$ هو $\alpha = 56^\circ\ 18'$




شكل رقم ٢٨: حل المثال

**ثانياً: إيجاد المحصلة جبرياً**

$\therefore$ $F_1 = 400\ N$ و $F_2 = 600\ N$ و $\theta = 90^\circ$ (القوتان متعامدتان)

$\therefore$ مقدار المحصلة

$$R = \sqrt{F_1{}^2 + F_2{}^2}$$

$$R = \sqrt{400^2 + 600^2} = 721.1\ N$$

$\therefore$ اتجاه المحصلة

زاوية ميل المحصلة علي القوة الأولي $F_1$ تعطي من العلاقة

$$\tan\alpha = \frac{F_2}{F_1} = \frac{600}{400} = 1.5$$

$$\alpha = 56^\circ\ 18'\ 36''$$

## تحقق من فهمك (٢-١)

**١- أذكر المصطلح العلمي لكل ما يأتي:**

١. كل مؤثر خارجي يؤثر على الجسم فيغير أو يحول تغير حالته من سكون أو حركة
٢. إذا أثرت قوتان في نقطة مادية وأمكن تمثيلهما تمثيلا تاما بضلعين متجاورين من متوازي أضلاع فإن المحصلة يمكن تمثيلها تمثيلا تاما بالقطر المار بنقطة التأثير.

**٢- اكمل ما يلي:**

١. تتعين القوة تعينا تاما اذا علم
أ. .....................
ب. .....................
ج. .....................
٢. لكي يتنزن جسم تحت تأثير قوتين متلاقيتين في نقطة يجب ان تكون القوتان
أ. .....................
ب. .....................
ج. .....................
٣. اذا كانت القوتان متلاقيتان في نقطة وعلي استقامة واحدة وفي اتجاه واحد فان المحصلة = .....................
٤. اذا كانت القوتان متلاقيتان في نقطة وعلي استقامة واحدة وفي اتجاهين متضادين فان المحصلة = .....................
٥. المحصلة R للقوتان $F_1$، $F_2$ اذا كانت الزاوية المحصورة بينهما تساوي $\theta$ تعطى بالعلاقة ..................... في حين ان زاوية ميلها علي القوة $F_1$ الموازية لمحور السينات فانها تعطي بالعلاقة .....................
٦. اذا كانت القوتان متسويتان في المقدار وليس لهما خط عمل واحد فان المحصلة R تساوي ..................... والمحصلة تنصف .....................

**٣- اختر الإجابة الصحيحة مما يلي:**

١. مقدار محصلة القوتين $F_1=3N$، $F_2= 5N$ وقياس الزاوية بينهما $\theta= 60^o$ يساوي

أ. 2 N

ب. 6 N

ج. 7 N

د. 8 N

٢. قوتان مقدارهما $F_1= 4N$، $F_2=3N$ تؤثران في نقطة مادية ومقدار محصلتهما $R= 5N$ فإن قياس الزاوية بينهما $\theta$ تساوى

أ. $90^\circ$

ب. $60^\circ$

ج. $45^\circ$

د. $30^\circ$

٣. قوتان متساويتان متلاقيتان في نقطة، مقدار كل منهما $F_1= F_2 = 6$ N ومقدار محصلتهما $R= 6$ N فإن قياس الزاوية بينهما $\theta$ يساوى:

أ. $30^\circ$

ب. $60^\circ$

ج. $120^\circ$

د. $150^\circ$

٤. قوتان متلاقيتان في نقطة مقدارهما 3N ، F N وقياس الزاوية بينهما $\theta= 120^o$ فإذا كانت محصلتهما عمودية على القوة الأولى فإن قيمة F بالنيوتن تساوى:

أ. 1.5

ب. 3

ج. 6

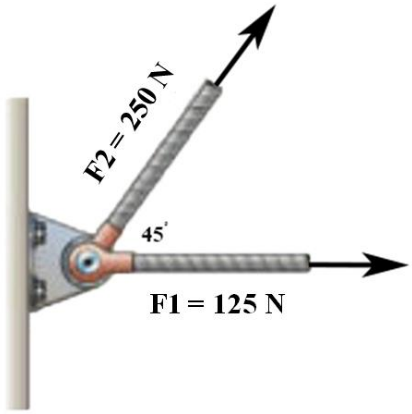
د. 5.2

**٤- إذا كانت القوتان $F_1= 60$ N و $F_2 = 40$ N والزاوية المحصورة بينهما = صفر ($\theta= 0$)، أوجد محصلة القوتان جبرياً وبيانياً.**

**٥- إذا كانت القوتان $F_1= 800$ N و $F_2 = 300$ N والزاوية المحصورة بينهما ١٨٠° ($\theta=180^o$)، أوجد محصلة القوتان جبرياً وبيانياً.**

٦- أوجد مقدار واتجاه محصلة القوتان $F_1 = 30\ N$ و $F_2 = 25\ N$ بيانياً وجبرياً . إذا كانت الزاوية الواقعة بينهما ( $\Theta = 30^o$).

٧- في الشكل المقابل أوجد محصلة القوي $F_1 = 125\ N$ و $F_2 = 250\ N$ بيانياً وجبرياً. ثم استنتج مقدار رد فعل الألة المثبتة بالحائط حتي تتزن المجموعة.

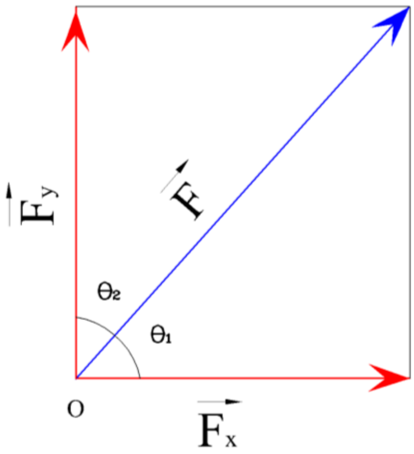



٨- سحبت عربة بواسطة حبلين الزاوية بينهما $80^\circ$. فاذا كان الشد في إحدى الحبيلين ($T_1 = 150\ N$)، وفي الأخر ($T_2 = 250\ N$). أوجد المحصلة بيانياً وجبرياً.

## ٢-٣ تحليل القوى Forces Resolution

### ٢-٣-١ تحليل قوة فى اتجاهين متعامدين

يمكن تحليل القوة (F) إلى مركبتين متعامدين ($F_x$ , $F_y$) في اتجاه كل من محور "السينات" (X) ومحور "الصادات" (Y) حيث أن الزاوية المحصورة بين F, $F_x$ هي $\theta_1$. والزاوية المحصورة بين F, $F_y$ هي $\theta_2$. وبذلك فإن $\theta_1 + \theta_2 = 90^o$




شكل رقم ٢٩: تحليل القوى

وتسمي القوة $F_x$ بالمركبة السينية للقوة (F) ويحدد مقدارها من العلاقة:

$$F_x = F \cos \theta_1$$

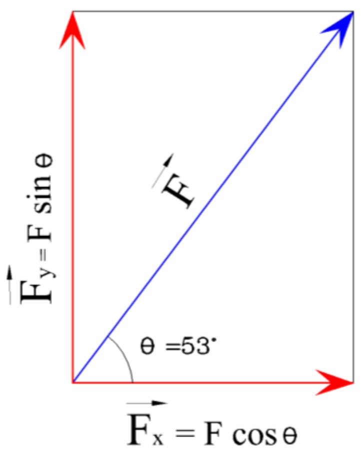
بينما تسمي القوة $F_y$ بالمركبة الصادية للقوة (F) ويحدد مقدارها من العلاقة:

$$F_y = F \sin \theta_1$$

**$\theta_1$ الزاوية التي يتم من خلالها دائماً تحليل القوة إلي مركبتها السينية والصادية:**
**هي الزاوية التي تميل بها القوة F علي الاتجاه الموجب لمحور السينات.**

### مثال (٢-٨)

أوجد المركبتين المتعامدتين السينية والصادية لمتجه القوة الذي مقداره ١٠ نيوتن (F=10 N) ويميل بزاوية ( $\theta = 53^o$ ) عن الاتجاه الموجب للمحور السيني (X)




شكل رقم ٣٠: مثال تحليل القوى

## الحل

∵ $F = 10\ N$ و $\theta = 53^\circ$ (وهي زاوية الميل علي الاتجاه الموجب لمحور السينات)

∴ المركبة السينية للقوة $F_x$

$$F_x = F \cos\theta = 10 \cos 53^\circ = 6\ N$$

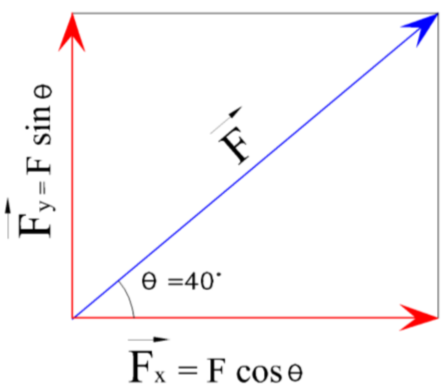
∴ المركبة السينية للقوة $F_y$

$$F_y = F \sin\theta = 10 \sin 53^\circ = 7.99\ N$$

## مثال (٢-٩)

أوجد المركبتين المتعامدتين السينية والصادية لمتجه القوة الذي مقداره ٢٠ نيوتن $(F=20\ N)$ ويميل بزاوية $(\theta = 40^o)$ عن الاتجاه الموجب للمحور السيني $(X)$.

## الحل




شكل رقم ٣١: مثال تحليل القوى

∵ $F = 20\ N$ و $\theta = 40^\circ$

∴ المركبة السينية للقوة $F_x$

$$F_x = F \cos\theta = 20 \cos 40^\circ = 15.3\ N$$

∴ المركبة السينة للقوة $F_y$

$$F_y = F \sin \theta \quad = 20 \sin 40^{\circ} = 12.9 \text{ N}$$

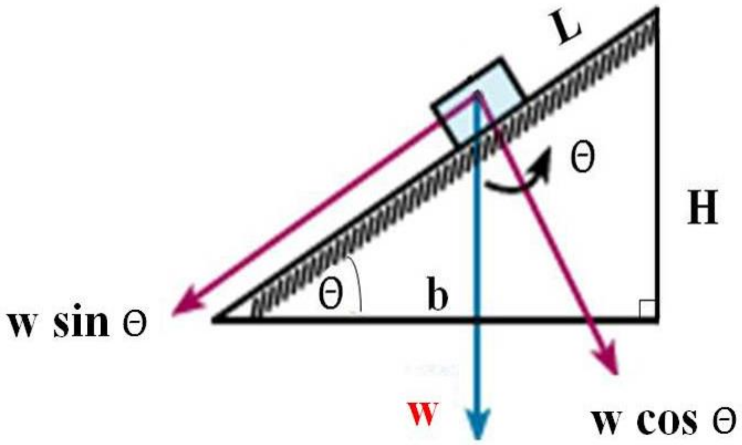
## ٢-٣-٢ تحليل قوة على مستوى مائل

المستوي المائل هو سطح يميل على الأفقي بزاوية قياسها θ حيث أن $(180^{o} > \theta > 0^{o})$ في المستوي المائل:

$$\sin \theta = \frac{H}{L}$$

**حيث أن:**

- **H:** الارتفاع.
- **L:** طول المستوى المائل
- **θ:** زاوية ميل المستوى المائل
- **W:** قوة وزن الجسم




شكل رقم ٣٢: تحليل القوى في المستوى المائل

اذا وجد جسم علي مستوي مائل يميل على المستوى الأفقي بزاوية θ فان قوة وزنه W تتحلل إلي مركبتين:

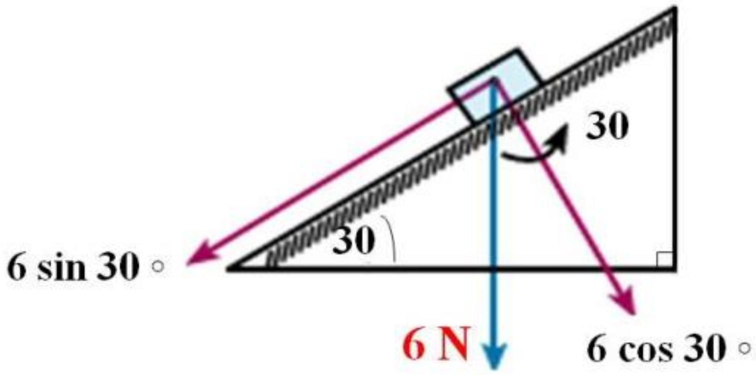
١. مركبة قوة في اتجاه موازي للمستوي المائل وهي المسئولة عن انزلاق الجسم لأسفل ومقدارها يساوي $(W \sin \theta)$.
٢. مركبة قوة في اتجاه عمودي علي المستوي المائل وهي تتزن مع قوة رد فعل المستوي لأعلي $(F_N)$ ومقدارها يساوي $(W \cos \theta)$.

## مثال (٢-١٠)

وضع جسم مقدار وزنه ٦ نيوتن (W=6 N) على مستوي مائل أملس يميل على الأفقي بزاوية قياسها $30^\circ$.

أوجد مركبتي وزن الجسم في اتجاه ميل المستوي والاتجاه العمودي عليه.

## الحل




شكل رقم ٣٣: تحليل القوى على مستوى مائل

١. مركبة وزن الجسم في اتجاه ميل المستوي موازي للمستوي

$$W \sin \theta = 6 \sin 30^\circ = 3 \text{ N}$$

٢. مركبة وزن الجسم في الاتجاه العمودي على المستوي المائل

$$W \cos \theta = 6 \cos 30^\circ = 5.2 \text{ N}$$

## تحقق من فهمك (٢-٢)

**١- أذكر المصطلح العلمي:**

هو إيجاد قوتين بمعلومية قوة واحدة ويكون لهم نفس تأثير القوة.

**٢- اكمل ما يلي :**

١. يمكن تحليل القوة F الي مركبتين متعامدتين $F_1$ ، $F_2$ حيث ان الزاوية المحصورة بين F، $F_1$ الموازية للاتجاه الموجب لمحور السينات هي θ حيث :

أ. $F_1=$ ........................

ب. $F_2=$ ........................

٢. إذا وجد جسم علي مستوي مائل يميل علي الأفقي بزاوية θ فان قوة وزنه W تتحلل إلي مركبتين:

الأولي موازي للمستوي المائل وهي المسئولة ...................... ومقدارها يساوي ......................

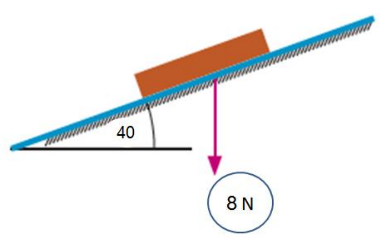
والثانية في اتجاه عمودي علي المستوي المائل وهي تتزن مع ...................... ومقدارها يساوي ......................

**٣- أوجد المركبتين المتعامدتين السينية والصادية لمتجه القوة الذي مقداره ١٢٠ نيوتن (F=120 N) ويميل بزاوية ( $\theta = 60^o$ ) عن الاتجاه الموجب للمحور السيني (X).**

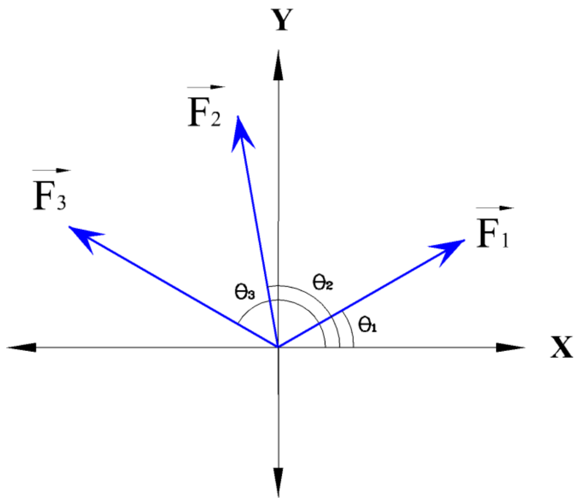
**٤- أوجد المركبتين المتعامدتين السينية والصادية لمتجه القوة الذي مقداره ٢٠٠ نيوتن (F=200 N) ويميل بزاوية ( $\theta = 30^o$ ) عن الاتجاه الموجب للمحور السيني (X).**

**٥- وضع جسم مقدار وزنه 50 نيوتن (W=50 N) على مستوي مائل أملس يميل على الافقي بزاوية ( $\theta = 30^o$ ) . أوجد مركبتي وزن الجسم في إتجاه ميل المستوي والإتجاه العمودي عليه.**

**٦- وضع جسم مقدار وزنه ٨ نيوتن (W=8 N) على مستوي مائل أملس يميل على الافقي بزاوية قياسها بزاوية ( $\theta = 40^o$ ) أوجد مركبتي وزن الجسم في إتجاه ميل المستوي والإتجاه العمودي عليه.**



## ٢-٤ محصلة عدة قوي مستوية متلاقية في نقطة




**أولاٍ: إيجاد المحصلة جبرياً**

**خطوات إيجاد المحصلة جبريًا:**

١. تحليل كل قوة إلي مركباتها المتعامدة السينية والصادية $(F_x, F_y)$.

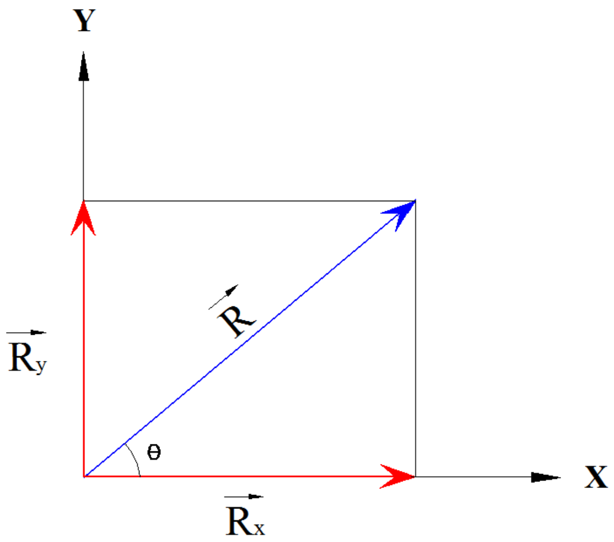
٢. جمع مركبات القوي السينية في المحصلة السينية " $R_x$ " والمركبات الصادية في المحصلة الصادية " $R_y$".

٣. حساب مقدار المحصلة (R) من العلاقة

$$R = \sqrt{{R_x}^2 + {R_y}^2}$$

٤. تحديد اتجاه المحصلة (R) عن طريق حساب زاوية ميلها θ علي الاتجاه الموجب لمحور السينات من خلال العلاقة

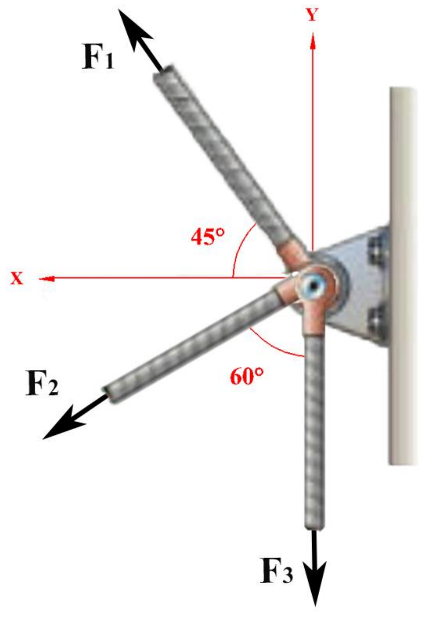
$$\tan\theta = \frac{R_y}{R_x}$$




شكل رقم ٣٤: محصلة عدة قوى

## مثال (٢-١١)

في الشكل المقابل أوجد محصلة القوي $F_1= 60$ N , $F_2 = 70$ N , $F_3 = 50$ N، ثم أوجد مقدار رد فعل الألة المثبتة بالحائط الذي يحافظ علي اتزان المجموعة.




شكل رقم ٣٥: مثال عن محصلة القوى

## الحل

**أولا: إيجاد محصلة القوى**

١. حلل كل قوة إلي مركباتها السينية والصادية

**بالنسبة للقوة الأولي $F_1$**

$\because F_1 = 60$ N و $\theta_1 = 45^\circ$ (وهي الزاوية التي تميل بها القوة علي الاتجاه السالب لمحور السينات)

∴ الزاوية التي تميل بها القوة علي الاتجاه الموجب لمحور السينات

$$\theta_1' = 180 - \theta_1 = 135^o$$

∴ المركبة السينية للقوة $F_1$

$$F_x = F_1 \cos \theta_1' = 60 \cos 135^\circ = -42.42 \text{ N}$$

∴ المركبة الصادية للقوة $F_1$

$$F_y = F_1 \sin \theta_1' = 60 \sin 135^\circ = 42.42 \text{ N}$$

**وبالنسبة للقوة الثانية $F_2$**

∵ $F_2 = 70$ N و $\theta_2 = 60^\circ$ (وهي الزاوية التي تميل بها القوة علي الاتجاه السالب لمحور الصادات)

∴ الزاوية التي تميل بها القوة على الاتجاه الموجب لمحور السينات

$$\theta_2' = (270 - \theta_2) = 270 - 60 = 210^o$$

∴ المركبة السينة للقوة $F_2$

$$F_x = F_2 \cos \theta_2' = 70 \cos 210^\circ = -60.62 \text{ N}$$

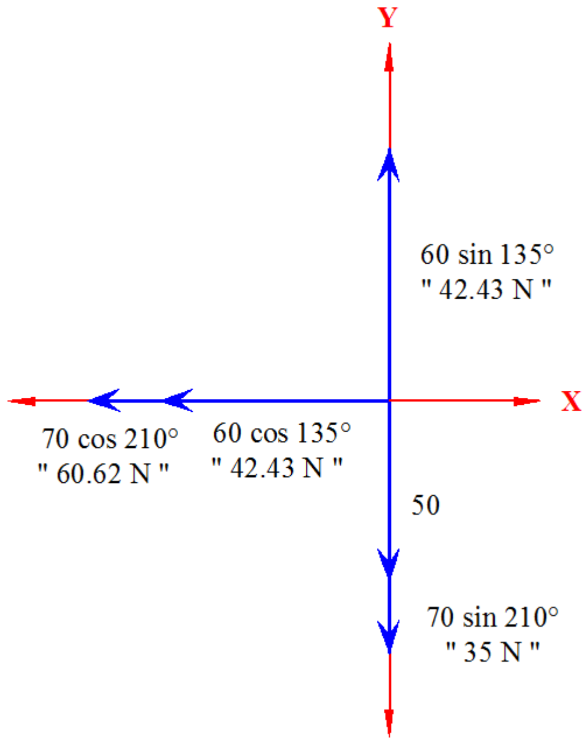
∴ المركبة الصادية للقوة $F_2$

$$F_y = F_2 \sin \boldsymbol{\theta_2}' = 70 \sin 210^\circ = -35 \text{ N}$$

**أما بالنسبة للقوة الثالثة $F_3$** فهي في اتجاه محور الصادات لذلك

$$F_x = 0$$
$$F_y = F_3 = -50 \text{ N}$$

**الإشارة السالبة لمركبات القوي تعني أن اتجاهها هو الاتجاه السالب للمحور**




شكل رقم ٣٦: حل مثال محصلة القوى

٢. جمع مركبات القوي السينية في المحصلة السينية " $R_x$ " والمركبات الصادية في المحصلة الصادية " $R_y$ ".

$$\therefore \quad Rx = -42.43 - 60.62 = -103.05 \text{ N}$$

$$\therefore \quad Ry = 42.43 - 50 - 35 = -42.57 \text{ N}$$

مقدار المحصلة

$$R = \sqrt{{R_x}^2 + {R_y}^2}$$

$$R = \sqrt{(-103.05)^2 + (-42.57)^2} = 111.5 \text{ N}$$

اتجاه المحصلة

$$\tan\theta = \frac{R_y}{R_x} = \frac{-42.57}{-103.05} = 0.413$$

$\because$ المحصلة ستقع في المربع الثالث لان مركباتيها سالبتين

$$\therefore \theta = 22.4 + 180 = 202.4 = 202^{o}\, 26''\, 44'$$

**ثانياً: إيجاد رد فعل الألة**

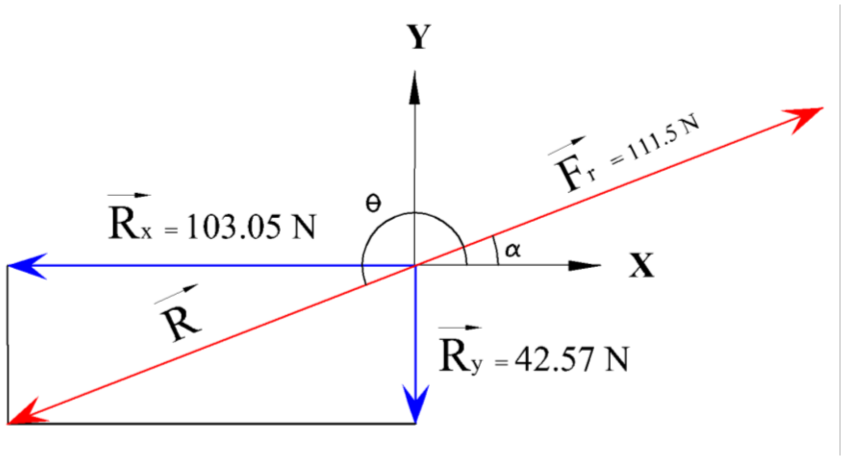
∵ المجموعة متزنة.

∴ محصلة القوي = صفرْ.

$$\therefore \quad F_r = R = 111.5\ \text{N}$$

∴ ميل رد الفعل على الاتجاه الموجب لمحور السينات

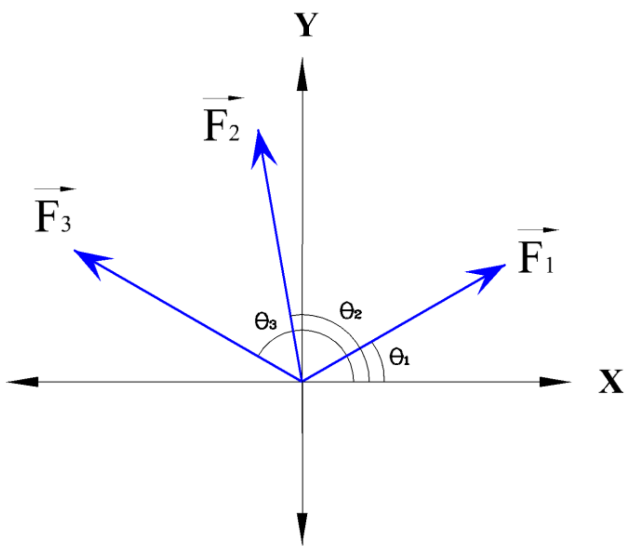
$$\therefore \quad \alpha = 22.4 = 22^\circ\ 26''\ 44'$$




شكل رقم ٣٧: محصلة مجموعة قوى

## <u>مثال (٢-١٢)</u>

نقطة مادية تؤثر فيها القوي المستوية $F_1 = 12$ N ، $F_2 = 15$ N ، $F_3 = 18$ N في اتجاهات تصنع مع الاتجاه الموجب لمحور السينات (X) الزوايا $30^\circ$, $100^\circ$, $150^\circ$ علي الترتيب . أوجد مقدار واتجاه محصلة هذه القوي جبرياً.




شكل رقم ٣٨: مثال عن محصلة مجموعة قوى

## الحل

١. حلل كل قوة إلي مركباتها السينية والصادية

**بالنسبة للقوة الأولي $F_1$**

$F_1 = 12\ N$ و $\theta_1 = 30^\circ$ وهي الزاوية التي تميل بها القوة علي الاتجاه الموجب لمحور السينات

∴ المركبة السينة للقوة $F_1$

$$F_x = F_1 \cos\theta_1 = 12 \cos 30^\circ = 10.4\ N$$

∴ المركبة الصادية للقوة $F_1$

$$F_y = F_1 \sin\theta_1 = 12 \sin 30^\circ = 6\ N$$

**وبالنسبة للقوة الثانية $F_2$**

$F_1 = 15\ N$ و $\theta_2 = 100^\circ$ وهي الزاوية التي تميل بها القوة علي الاتجاه الموجب لمحور السينات

∴ المركبة السينة للقوة $F_2$

$$F_x = F_2 \cos 100^\circ = 15 \cos 100^\circ = -2.6\ N$$

∴ المركبة الصادية للقوة $F_2$

$$F_y = F_2 \sin 100^\circ = 15 \sin 100^\circ = 14.77\ N$$

**وبالنسبة للقوة الثالثة $F_3$**

$F_3 = 18\ N$ و $\theta_3 = 150^\circ$ وهي الزاوية التي تميل بها القوة علي الاتجاه الموجب لمحور السينات

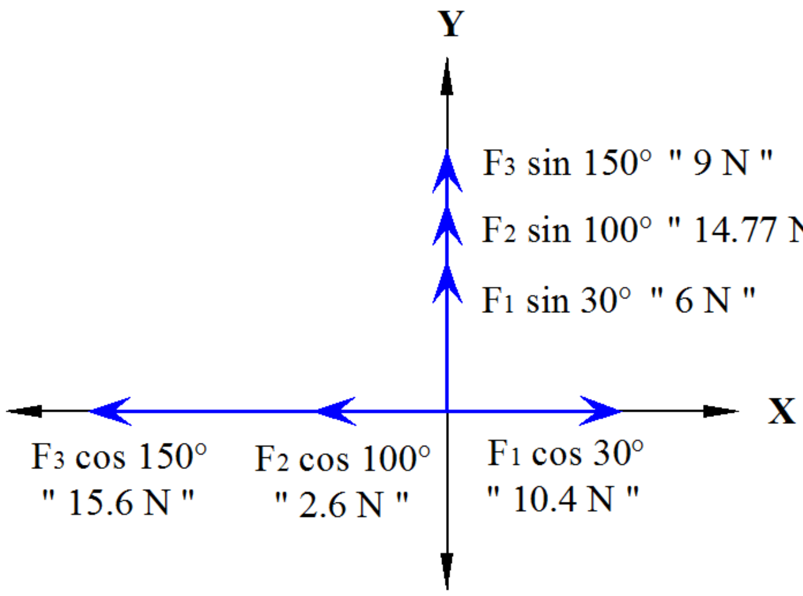
∴ المركبة السينة للقوة $F_3$

$$F_x = F_3 \cos\theta_3 = 18 \cos 150^\circ = -15.6\ N$$

∴ المركبة الصادية للقوة $F_3$

$$F_y = F_3 \sin\theta_3 = 18 \sin 150^\circ = 9\ N$$

**في هذا المثال الإشارة السالبة تعني أن اتجاه القوي هو الاتجاه السالب لمحور السينات**




شكل رقم ٣٩: تحليل القوى إلى مركباتها

٢. جمع مركبات القوي السينية في المحصلة السينية " $R_x$ " والمركبات الصادية في المحصلة الصادية " $R_y$ ".

$$\therefore Rx = 10.4 - 2.6 - 15.6 = -7.8 \text{ N}$$

$$\therefore Ry = 6 + 14.77 + 9 = 29.77 \text{ N}$$

مقدار المحصلة

$$R = \sqrt{R_x{}^2 + R_y{}^2}$$

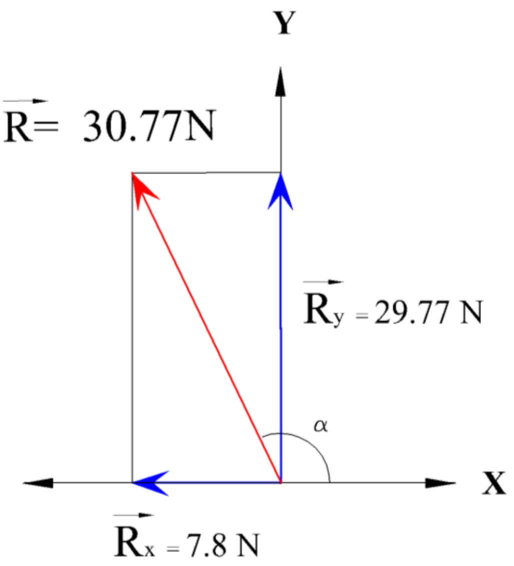
$$R = \sqrt{(-7.8)^2 + (29.77)^2} = 30.77 \text{ N}$$

اتجاه المحصلة

$$\tan\alpha = \frac{R_y}{R_x} = \frac{29.77}{-7.8} = -3.817$$

∵ المحصلة ستقع في المربع الثاني لان مركبتها السينية سالبة والصادية موجبة

$$\therefore \alpha = 180 - 75.3 = 104^o\ 42''$$




شكل رقم ٤٠: محصلة مجموعة قوى

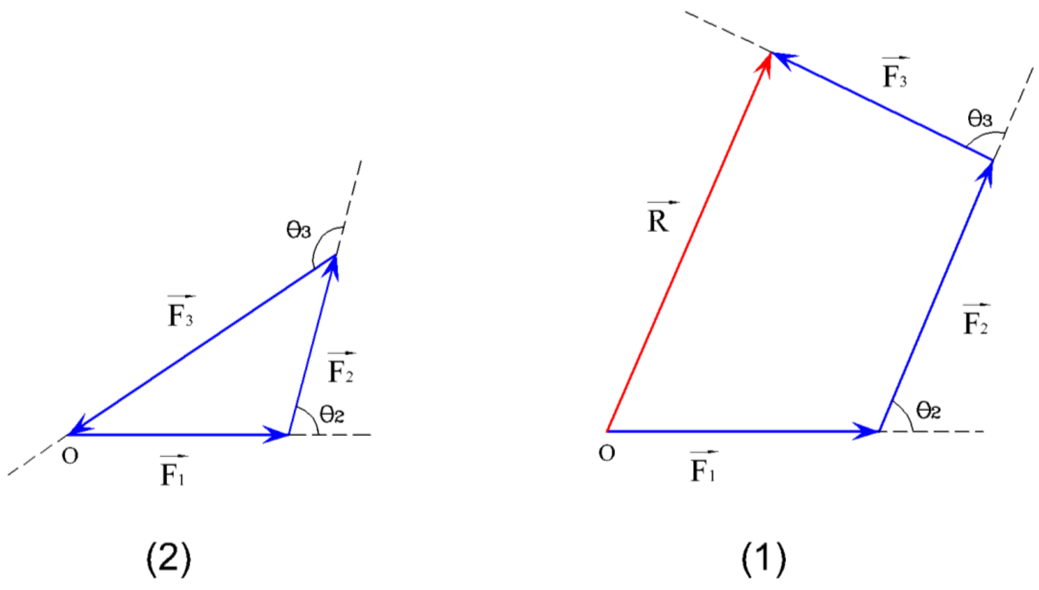
## ثانياً: إيجاد المحصلة بيانياً

يمكننا إيجاد محصلة عدة قوي مستوية بيانيا باستخدام **قاعدة مضلع القوي**

**قاعدة مضلع القوي**

**١- إذا أمكن تمثيل عدة قوي مستوية ومتلاقية في نقطة تمثيلا تاماً بأضلاع مضلع ناقص ضلع، مأخوذ في ترتيب دوري واحد فإن المحصلة (R) يمثلها تمثيلاً تاماً الضلع الناقص في الترتيب الدوري المضاد.**

**٢- إذا اتزن جسم تحت تأثير عدة قوي مستوية ومتلاقية في نقطة فإنه يمكن تمثيلها تمثيلاً تاماً بأضلاع مضلع مقفل مأخوذ في ترتيب دوري واحد ، وفي هذه الحالة تكون المحصلة $R = 0^{\circ}$ .**




شكل رقم ٤١: محصلة مجموعة قوى بيانياً

### خطوات إيجاد محصلة عدة قوي بواسطة استخدام قاعدة مضلع القوي

لتعيين محصلة عدة قوى $F_1$ , $F_2$ , $F_3$ , ... $F_n$ نتبع الاتي:

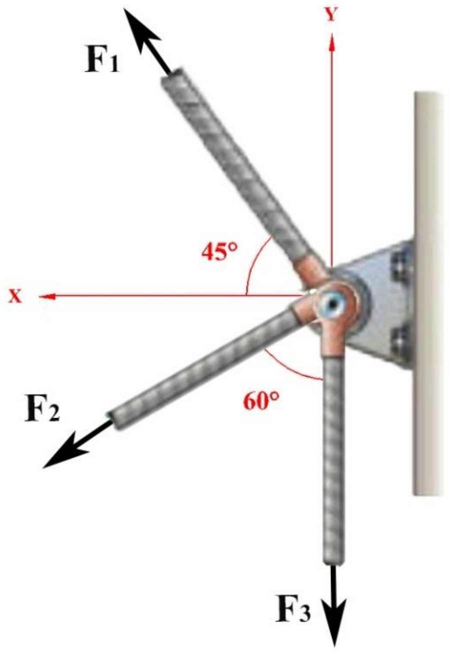
١. نرسم النقطة المادية "O" في المستوى ثم نرسم بمقياس رسم مناسب المتجه $\overrightarrow{F_1}$ مقداراً واتجاهاً معتبرا نقطة بدايته "O" وعند نهايته نرسم المتجه $\overrightarrow{F_2}$ مقدارا واتجاها وهكذا حتي نصل إلي $\overrightarrow{F_n}$

٢. بعد الرسم:

- إذا كان المضلع ناقص ضلع فإن المحصلة يُمثِل مقدارها طول الضلع الناقص وأما اتجاها فيكون في الاتجاه المضاد للترتيب الدوري لرسم القوي.
- إذا كان المضلع مقفل فإن محصلة القوي تساوي صفر وتكون حينئذ مجموعة القوي متزنة.

## مثال (٢-١٣)

في الشكل المقابل أوجد محصلة القوي ($F_3$ = 50 N, $F_2$ = N70, $F_1$=60 N) بيانياً، ثم أوجد قوة رد الفعل للجسم المثبت التي تحافظ على توازن الجسم.




شكل رقم ٤٢: مثال لمحصلة مجموعة قوى

## الحل

١. نختار مقياس رسم مناسب (1 cm) لكل (10 N)

$$F_1 = \frac{60}{10} = 6 \text{ cm} \quad , \quad F_2 = \frac{70}{10} = 7 \text{ cm} \quad , \quad F_3 = \frac{50}{10} = 5 \text{ cm}$$

٢. نحدد الزاوية المحصورة بين كل قوة والتي تليها من الشكل:

أ. الزاوية $\theta_1$ المحصورة بين $F_1$ والاتجاه الموجب لمحور السينات $(X) = 135^\circ$

ب. الزاوية $\theta_2$ المحصورة بين $F_1$ ، $F_2$ = $75^\circ$

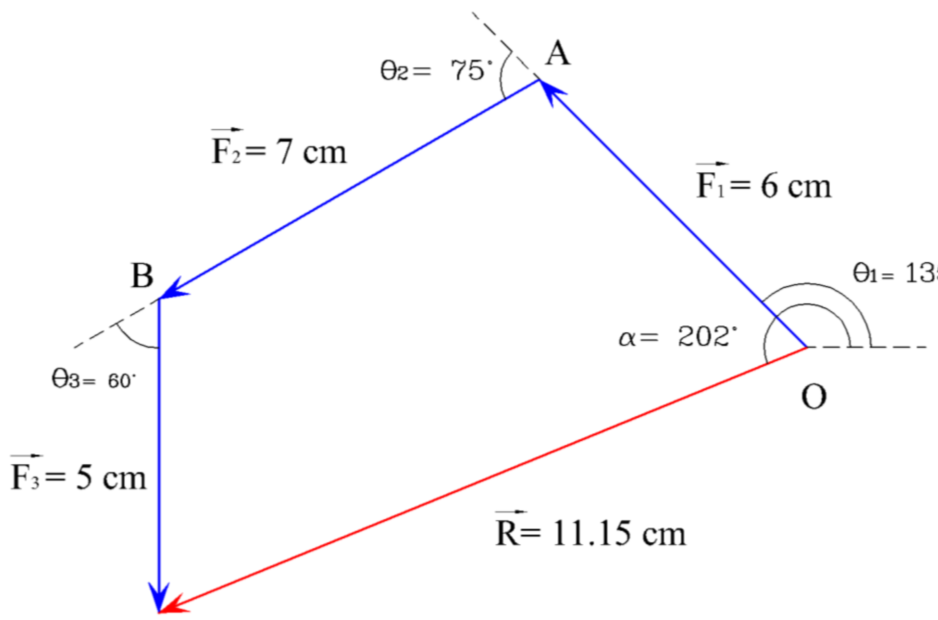
ج. الزاوية $\theta_3$ المحصورة بين $F_2$ ، $F_3$ = $60^\circ$

٣. نرسم مضلع القوي:

أ. نحدد اتجاه أفقي ثابت (الاتجاه الموجب لمحور السينات "X" ) ونرسم عليه النقطة "O" ومنها نرسم الزاوية $\theta_1$ التي قياسها $135^o$ ونرسم القوة $F_1$ بطول 6 cm.

ب. عند نهاية القوة $F_1$ وعند النقطة A نحدد الزاوية $\theta_2$ التي قياسها $75^\circ$ ونرسم القوة $F_2$ بطول 7 cm

ج. عند نهاية القوة $F_2$ وعند النقطة B نحدد الزاوية $\theta_3$ التي قياسها $60^\circ$ ونرسم القوة $F_3$ بطول 5 cm كما هو موضح بالرسم




شكل رقم ٤٣: محصلة مجموعة من القوى بيانياً

**مقدار المحصلة:**

برفع قياس المحصلة من على الرسم

$\therefore$ R= 11.15 cm

$\therefore$ R= 11.15 x 10 = 111.5 N

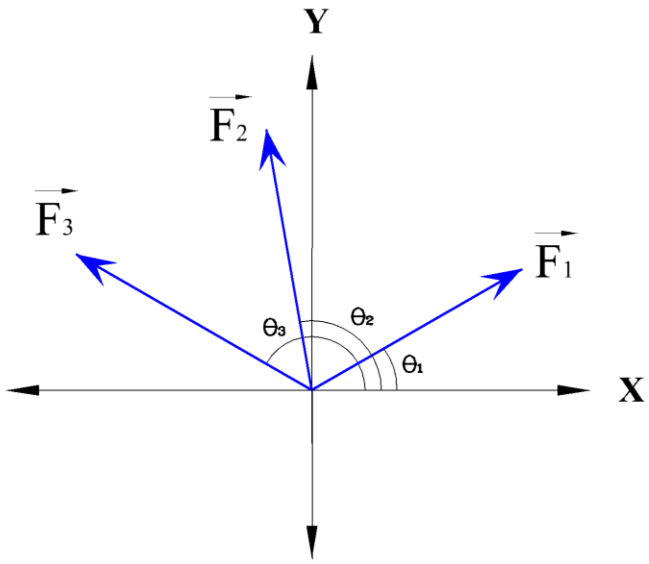
**اتجاه المحصلة:**

برفع قياس الزاوية "α" من علي الرسم

$\therefore$ اتجاه المحصلة (R) يميل علي الاتجاه الموجب لمحور السينات بزاوية $\alpha = 202^o$

## مثال (٢-١٤)

نقطة مادية تؤثر فيها القوي المستوية $(F_1 = 12\ N, F_2 = 15\ N, F_3 = 18)$ في اتجاهات تصنع مع الاتجاه الموجب لمحور السينات (X) الزوايا $30^\circ$, $100^\circ$, $150^\circ$ على الترتيب. أوجد محصلة واتجاه هذه القوي بيانياً.




شكل رقم ٤٤: مثال محصلة مجموعة من القوى

## الحل

١. نختار مقياس رسم مناسب (1cm) لكل (3 N):

$$F_1 = \frac{12}{3} = 4\text{ cm},\quad F_2 = \frac{15}{3} = 5\text{ cm},\quad F_3 = \frac{18}{3} = 6\text{ cm}$$

٢. نحدد الزاوية المحصورة بين كل قوة والتي تليها من الشكل المعطي:

أ. الزاوية $\theta_1$ المحصورة بين $F_1$ والاتجاه الموجب لمحور السينات $= 30^\circ$

ب. الزاوية $\theta_2$ المحصورة بين $F_1$ ، $F_2$ $= 70^\circ$

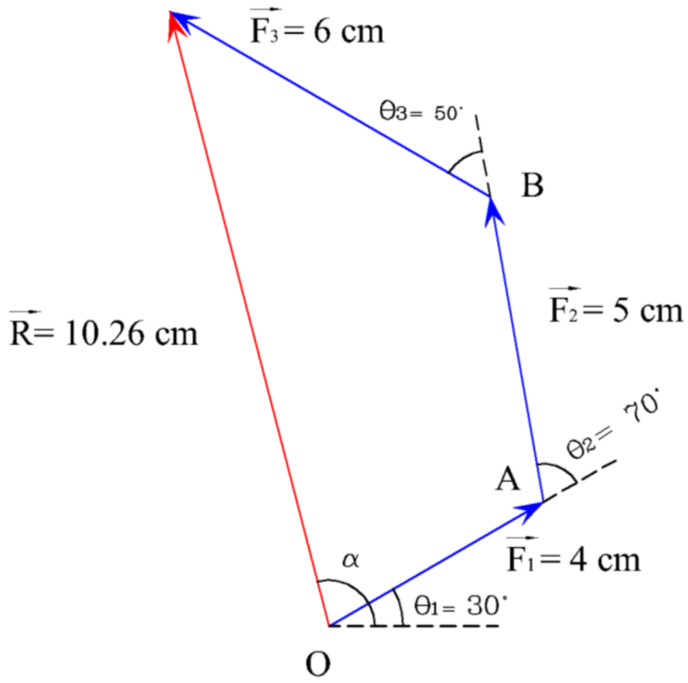
ج. الزاوية $\theta_3$ المحصورة بين $F_2$ ، $F_3$ $= 50^\circ$

٣. نرسم مضلع القوي:

أ. نحدد اتجاه أفقي ثابت (الاتجاه الموجب لمحور السينات "X") ونرسم عليه النقطة "O" ومنها نرسم الزاوية $\theta_1$ التي قياسها $30^\circ$ ونرسم القوة $F_1$ بطول 4 cm

ب. عند نهاية القوة $F_1$ وعند النقطة A نحدد الزاوية $\theta_2$ التي قياسها $70^\circ$ ونرسم القوة $F_2$ بطول 5 cm

ج. عند نهاية القوة $F_2$ وعند النقطة B نحدد الزاوية $\theta_3$ التي قياسها $50^\circ$ ونرسم القوة $F_3$ بطول 6 cm كما هو موضح بالرسم التالي.




شكل رقم ٤٥: محصلة مجموعة قوى بيانياً

**مقدار المحصلة**

برفع قياس المحصلة من علي الرسم

$\therefore$ R= 10.26 cm

$\therefore$ R= 10.26 x 3 = 30.78 N

**اتجاه المحصلة**

برفع قياس الزاوية "α" من علي الرسم

$\therefore$ اتجاه المحصلة (R) يميل علي الاتجاه الموجب لمحور السينات (X) بزاوية = α
$104^o\ 42''$

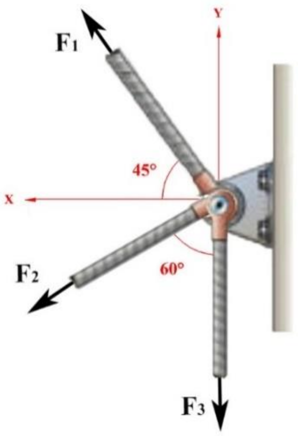
## تحقق من فهمك (٢-٣)

**١- أذكر المصطلح العلمي:**

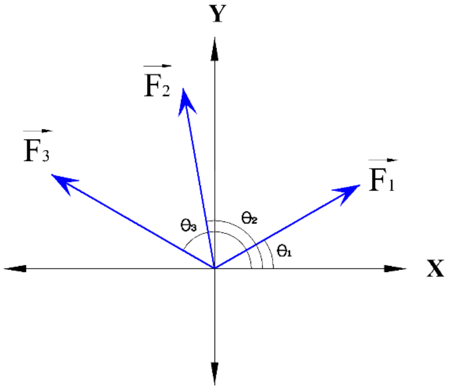
إذا أمكن تمثيل عدة قوي مستوية ومتلاقية في نقطة تمثيلا تاما بأضلاع مضلع ناقص ضلع مأخوذ في ترتيب دوري واحد فإن المحصلة (R) يمثلها تمثيلا تاما الضلع الناقص في الترتيب الدوري المضاد.

**٢- نقطة مادية تؤثر فيها القوي المستوية $F_1= 40\ N, F_2= 50N, F_3= 60\ N$ في اتجاهات تصنع مع الاتجاه الموجب لمحور السينات الزوايا $(\theta1=40^o, \theta2=110^o, \theta3=160^o)$ على الترتيب. احسب مقدار واتجاه هذه القوي جبرياً وبيانياً.**

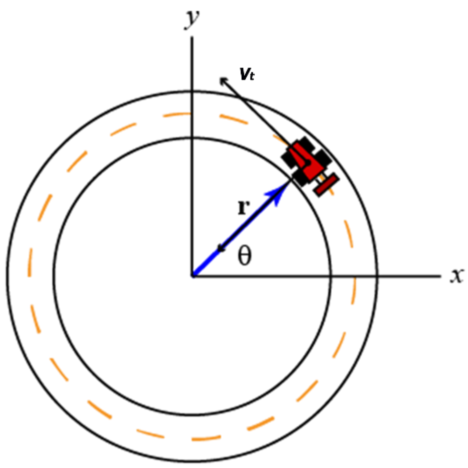
**٣- في الشكل المقابل أوجد محصلة القوي $(F_1 =16\ N, F_2 = 17\ N, F_3 = 15)$ جبرياً وبيانياً. ثم أوجد قوة رد الفعل للجسم المثبت التي تحافظ على توازن الجسم.**

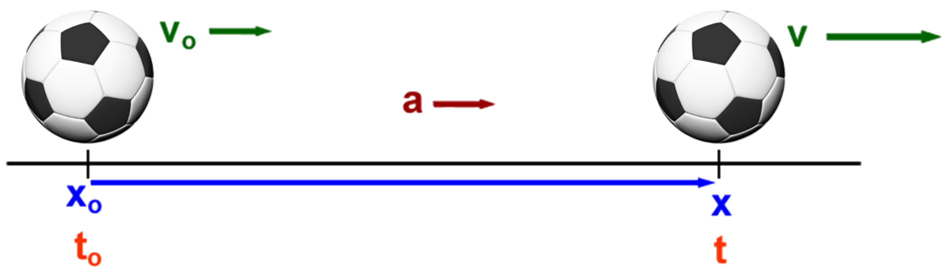



**٤- نقطة مادية تؤثر فيها القوي المستوية $(F_1 =30\ N, F_2 = 50\ N, F_3 = 80)$ في اتجاهات تصنع مع الاتجاه الموجب لمحور السينات الزوايا $(\theta1=40^o, \theta2=110^o, \theta3=160^o)$ على الترتيب. أوجد محصلة واتجاه هذه القوي جبرياً وبيانياً**



# الباب الثالث: الكينماتيكا Kinematics



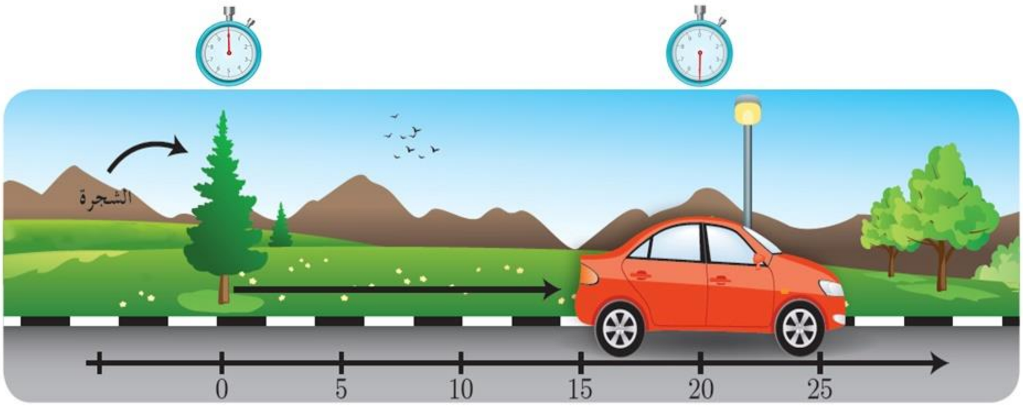



## الكينماتيكا Kinematics

هو أحد فروع علم الميكانيكا والذي يهتم بدراسة وصف حركة الأجسام دون التعرض للقوي المسببة لها.

### ٣-١ السكون والحركة

عندما يُغَير جسم ما موقعه بالنسبة لجسم آخر بمرور الزمن فإنه يقال إن الجسم الأول في حالة حركة بالنسبة للجسم الثاني، كما هو موضح في الشكل التالي أن السيارة في حالة حركة بالنسبة للشجرة.




شكل رقم ٤٦: حالة الحركة

أما إذا كان موقع الجسم الأول لا يتغير بمرور الزمن بالنسبة للجسم الثاني فإن كلاً منهما يكون في حالة سكون بالنسبة للآخر، كما هو موضح في الشكل التالي أن السيارة في حالة سكون بالنسبة للشجرة وكذلك الشجرة بالنسبة للسيارة.


شكل رقم ٤٧: حالة السكون

ومن التعريف السابق نستنتج أن حالة الحركة أو السكون هي حالة نسبية، أي أن حالة جسم ما تُنسب لجسم أخر.

## ٣-٢ أنواع الحركة

يمكن للأجسام أن تتحرك في:

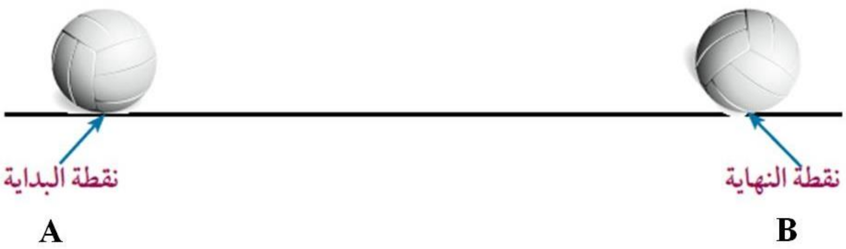
١. مسار خط مستقيم وتسمي حركته حينئذٍ بالحركة الخطية.

٢. مسار دائري وتسمي حركته بالحركة الدائرية.

## ٣-٣ الحركة الخطية Rectilinear Motion

### ٣-٣-١ الحركة الخطية

يتحرك خلالها الجسم في خط مستقيم بين نقطتين، تسمي الأولي بنقطة البداية A والثانية بنقطة النهاية B.




شكل رقم ٤٨: الحركة الخطية

### ٣-٣-٢ الكميات الفيزيائية للحركة الخطية:

#### ١- المسافة (d)

هي كمية قياسية تُعبر عن طول المسار الفعلي الذي سلكه الجسم في الحركة بين نقطتين، بغض النظر عن اتجاه الحركة وهي دائما مقداراً موجباً. وحدة قياسها في النظام العالمي (SI): المتر (m)

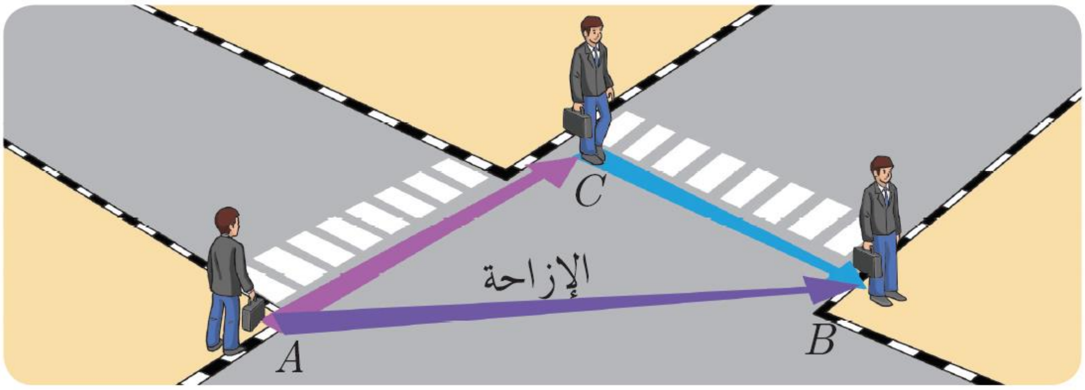
#### ٢- متجه الإزاحة ($\vec{S}$)

هو كمية متجهة تعبر عن البعد المستقيم المتجه من نقطة بداية الحركة إلي نقطة نهايتها. وحدة قياس مقدار متجه الإزاحة S في النظام العالمي (SI): المتر (m)

**مثال (٣-١)**

أراد أنور عبور الشارع من الموضع (A) إلى الموضع (C)، قاطعاً مسافة ٨ متر ($d_1 = 8$ m)، ثم عبور الشارع الثاني من الموضع (C) إلى الموضع (B)، قاطعاً مسافة أخرى قدرها ٦ متر ($d_2 = 6$ m) كما هو موضح في الشكل التالي، أوجد:

- ما المسافة التي قطعها أنور؟
- ما هو طول القطعة المستقيمة المتجهة $\overrightarrow{AB}$ ؟



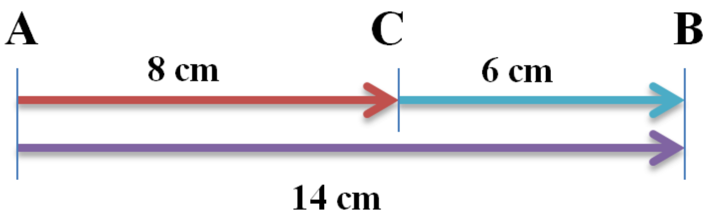

شكل رقم ٤٩: الكميات الفيزيائية للحركة الخطية

## الحل

١. المسافة (d) التي قطعها أنور:

هي طول المسار الكلي الذي قطعه للحركة من النقطة A إلي B عبورا بالنقطة C، وهي تساوي:

$$d = d_1+d_2 = AC + CB = 8 + 6 = 14 \text{ m}$$




شكل رقم ٥٠: حساب المسافة الكلية (d)

٢. مقدار متجه الإزاحة S هو طول القطعة المستقيمة المتجهة $\overrightarrow{AB}$ من نقطة بداية الحركة (A) إلي نقطة نهاية الحركة (B)، ويمكن حسابه باستخدام نظرية فيثاغورس حيث أن الشارعين متعامدين كما هو موضح بالشكل:

$$AB = \sqrt{AC^2 + CB^2} = \sqrt{8^2 + 6^2} = 10 \text{ m}$$

**يتضح من المثال السابق أن مقدار متجه الإزاحة ≥ المسافة المقطوعة، فإذا كانت النقطة C تقع بين النقطتين A،B علي القطعة المستقيمة المتجهة $\overrightarrow{AB}$ ، كان مقدار متجه الإزاحة مساوٍ للمسافة المقطوعة، وسوف نبني علي هذه القاعدة الجزء المتبقي من دراستنا.**

## ٣- السرعة (Velocity) (v)

### السرعة المتوسطة (Average Velocity)

عندما تقطع سيارة مسافة ٢٠٠ كم (S=200 km) في اتجاه معين خلال زمن قدره ٤ ساعات ( t= 4 h)، فإننا نقول أنها كانت تسير بسرعة متوسطة مقدارها ٥٠ كم/ساعة (v=50 km/h)، وهذا لا يعني بالضرورة أن السيارة كانت تسير بهذه السرعة طوال الوقت، وتعرف السرعة المتوسطة في اتجاه معين بأنها: **مقدار الإزاحة التي يقطعها الجسم في وحدة الزمن**

$$\text{السرعة} = \frac{\text{مقدار الازاحة}}{\text{الزمن}} \quad \& \quad v = \frac{s}{t}$$

**حيث أن:**

- **v**: السرعة المتوسطة ووحدة قياسها م/ثانية (m/s)
- **S**: مقدار الإزاحة ووحدة قياسها المتر (m)
- **t**: الزمن ووحدة قياسه الثانية (s)

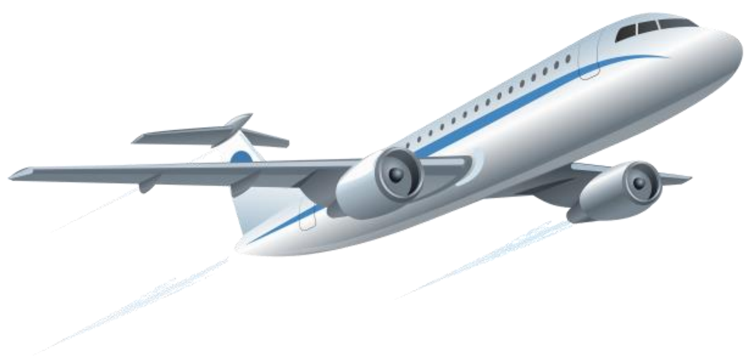
### السرعة اللحظية (Instantaneous Velocity)

هي السرعة التي تسير بها السيارة في لحظة معينة أي أن هي مقدار الإزاحة التي يقطعها الجسم في زمن يؤول إلي قيمة قريبة جداً من الصفر. ويمكننا تعيين السرعة اللحظية للسيارة عن طريق القراءة المباشرة لعداد السرعة، كما هو موضح من قراءة العداد بالشكل التالي أن السرعة اللحظية للسيارة هي ٣٨ كم / ساعة (v=38 km/h).


شكل رقم ٥١: قراءة السرعة اللحظية للسيارة

**مثال (٣-٢)**

احسب السرعة المتوسطة v لطائرة تقطع مسافة ٤٥٠ كم/ساعة ( S=450 km) في زمن مدته ٤٥ دقيقة (t=45 min.)



شكل رقم ٥٢: السرعة المتوسطة للطائرة

## الحل

$$v = \frac{S}{t} = \frac{450\ km}{45\ min} = \frac{450 \times 1000}{45 \times 60} = 166.67\ m/s$$

## مثال (٣-٣)

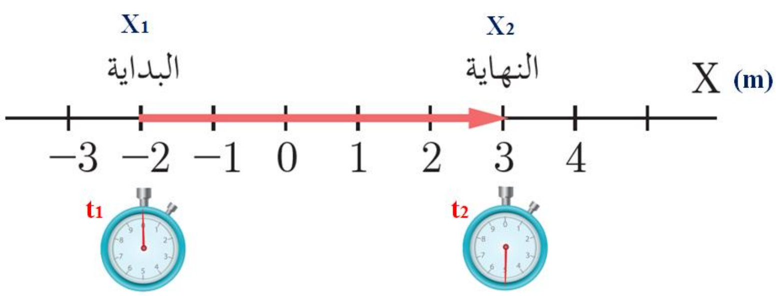
في الشكل التالي، تحرك جسم من نقطة البداية التي كانت إحداثياتها $(X_1 = -2)$ إلي نقطة النهاية $(X_2 = 3)$

فإذا كان الزمن عند بدء الحركة $(t_1=0\ s)$ وعند نقطة النهاية $(t_2= 5\ s)$

احسب:

١. الزمن (t) الذي يستغرقه الجسم في الحركة من $X_1$ إلي $X_2$.

٢. سرعة الجسم (v) بعد مرور ٥ ثوانٍ $(t= 5\ sec)$ من بدء الحركة.




شكل رقم ٥٣: مثال عن سرعة الأجسام

## الحل

∵ مقدار إزاحة الجسم

$$S = \Delta X = X_2 - X_1 = 3 - (-2) = 5\ m$$

∵ الزمن الذي استغرقه الجسم في الحركة

$$t = \Delta t = t_2 - t_1 = 5 - 0 = 5\ s$$

∴ سرعة الجسم بعد مرور ٥ ثوانٍ $(t= 5\ sec)$ من بدء الحركة:

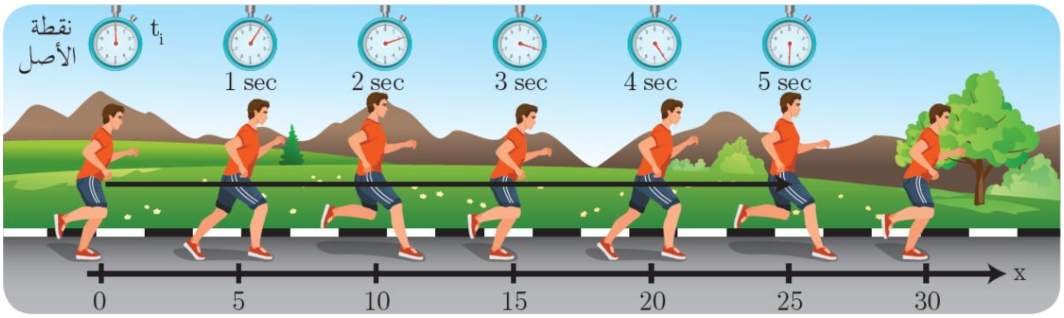
$$v = \frac{S}{t} = \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} = \frac{5}{5} = 1\ m/s$$

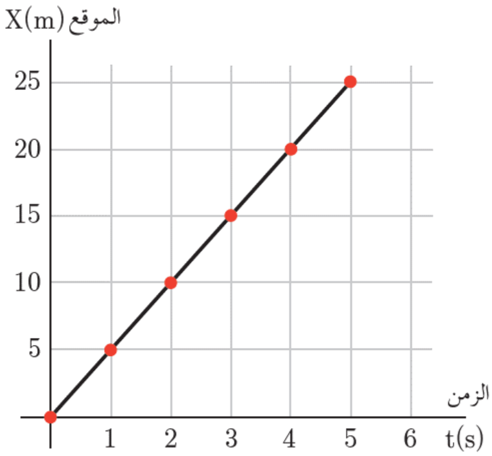
**مقدار الإزاحة دائما قيمة موجبة (+)**

## السرعة الثابتة والسرعة المتغيرة

### أولا: السرعة الثابتة

يطلق على جسم ما بأنه يتحرك بسرعة ثابته إذا كان يقطع مسافات متساوية خلال فترات زمنية متساوية كما هو موضح بالشكل التالي:




| الزمن (s) | الموقع (m) |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 1 | 5 |
| 2 | 10 |
| 3 | 15 |
| 4 | 20 |
| 5 | 25 |

شكل رقم ٥٤: السرعة الثابتة

**وبملاحظة الشكل نستنتج أن:**

١. الشخص يقطع مسافة ( $\Delta x = 5\ m$) كل زمن ( $\Delta t = 1\ s$ ) وهذا يعني أن سرعة حركة الشخص ثابتة، حيث أن:

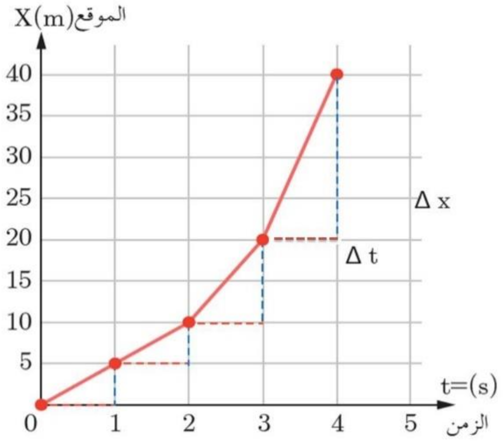
$$\mathbf{v} = \frac{\mathbf{S}}{\mathbf{t}} = \frac{\mathbf{\Delta X}}{\mathbf{\Delta t}} = \frac{\mathbf{5}}{\mathbf{1}} = 1\ m/s = \text{constant (ثابت)}$$

٢. الخط البياني لتغيرات المسافة بتغير الزمن في حالة السرعة الثابتة يكون خط مستقيم.

**في الشكل البياني السابق، ميل الخط المستقيم $(\Delta X)/(\Delta t)$ يمثل سرعة الشخص (v)**

### ثانيًا: السرعة المتغيرة

يطلق على جسم ما بأنه يتحرك بسرعة متغيرة إذا كان يقطع مسافات غير متساوية خلال فترات زمنية متساوية.




| الزمن (s) | الموقع (m) |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 1 | 5 |
| 2 | 10 |
| 3 | 20 |
| 4 | 40 |
| 5 | 45 |

شكل رقم ٥٥: السرعة المتغيرة

بدراسة الخط البياني الذي يصف موقع جسم خلال فترات زمنية متساوية $(\Delta t = 1\ s)$ نلاحظ أن:

١. الشخص يقطع مسافة متغيرة كل $(\Delta t = 1\ s)$ وهذا يعني أن سرعة حركة الجسم غير ثابتة، حيث أن:

$$\mathbf{v} = \frac{\mathbf{S}}{\mathbf{t}} = \frac{\mathbf{\Delta X}}{\mathbf{\Delta t}} \neq \text{const}$$

٢. الخط البياني لتغيرات المسافة بتغير الزمن في حالة السرعة المتغيرة ليس مستقيماً.

### ٤- العجلة Acceleration (a)

تظهر الكمية الفيزيائية التي يطلق عليها اسم العجلة عندما تكون السرعة التي يتحرك بها جسم ما متغيرة مع مرور الزمن، لذا فإن قيمة العجلة في حالة السرعة الثابتة تساوي صفر $(a= 0)$.

### العجلة المتوسطة (Average Acceleration)

عندما تبدأ سيارة بالحركة من حالة السكون $(v_1 = 0)$ حتى تصل سرعتها إلي مقدار معين $(v_2 = 70$ km/h) ٧٠ كم/ساعة، عندئذ يقال أن السيارة أخذت تتعجل أي تتزايد سرعتها تدريجياً مع مرور الزمن.


شكل رقم ٥٦: العجلة المتوسطة

لذا تعرف العجلة المتوسطة بأنها **مقدار التغير الذي يحدث في سرعة حركة جسم $\Delta v$ بالنسبة للفترة الزمنية التي حدث فيها التغير $\Delta t$**، ويمكن أن تعرف أيضا بأنها **مقدار تغير السرعة في وحدة الزمن** بحيث:

**العجلة** = مقدار تغير السرعة / زمن التغير &

$$a = \frac{v}{t} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$$

**حيث أن:**

- a: العجلة ووحدتها $m/s^2$ (م / ث٢)
- $v_1$: السرعة الابتدائية ووحدة قياسها m/s (م /ث)
- $v_2$: السرعة النهائية ووحدة قياسها m/s (م /ث)
- t: الزمن الذي حدث فيه التغير ووحدة قياسه s (ث)

### العجلة اللحظية (Instantaneous Acceleration)

هي مقدار التغير اللحظي للسرعة التي يتحرك بها جسم ما. أي أن هي مقدار التغير في سرعة الجسم عندما يؤول زمن التغير إلى قيمة قريبة جداً من الصفر.

### مثال (٣-٤)

انطلقت سيارة من السكون ($v_0 = 0$) ، وبعد خمس ثوانٍ من بدء الحركة بلغت سرعتها ٢٠ م/ث ($v=20$ m/s)، احسب عجلة حركتها (a) .

### الحل


شكل رقم ٥٧: مثال على عجلة الأجسام

∵ السيارة تحركت من السكون

∴ سرعتها الابتدائية: $(v_0 = 0)$ ، سرعتها النهائية : $(v = 20\ m/s)$

∵ الزمن المستغرق لتغير السرعة هو $(t = 5\ s)$

∴ عجلة حركة السيارة =

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{20 - 0}{5 - 0} = 4\ m/s^2$$

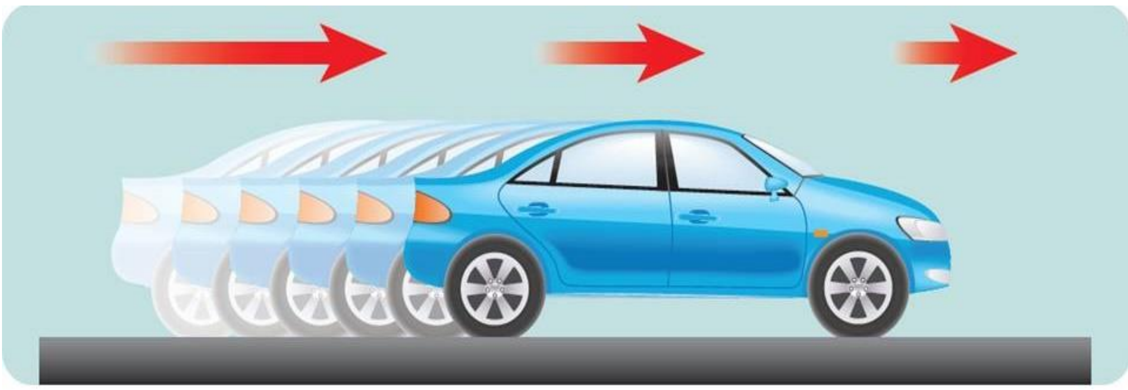
### ٣-٣-٣ الحركة المتسارعة والحركة التقصيرية

إذا كانت سرعة الجسم تتزايد مع مرور الزمن فحينئذ تعرف حركته بانها حركة متسارعة وفي هذه الحالة تكون إشارة عجلة الجسم موجبة $(+a)$

حركة متسارعة

شكل رقم ٥٨: الحركة المتسارعة

أما إذا كانت سرعة الجسم تتناقص مع مرور الزمن فحينئذ تعرف حركته بأنها حركة تقصيرية وفي هذه الحالة تكون إشارة عجلة الجسم سالبة $(-a)$



حركة تقصيرية

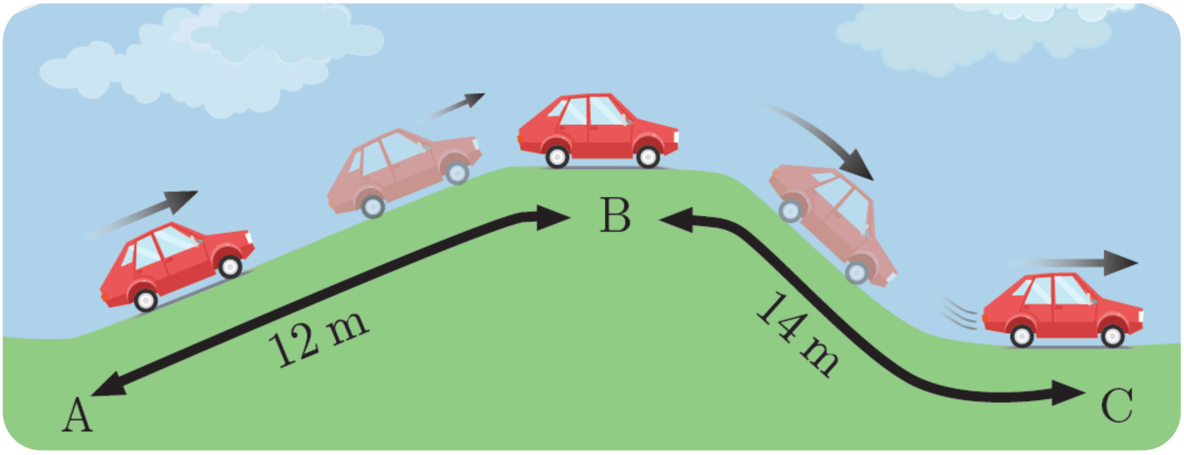
شكل رقم ٥٩: حركة تقصيرية

## مثال (٣-٥)

تتحرك سيارة كما هو موضح بالشكل التالي فإذا كانت:

- سرعتها عند (A): ($v_A$ = 18 m/s)
- وسرعتها عند (B): ( $v_B$ = 2 m/s)
- وبلغت سرعتها عند (C): ($v_C$ = 10 m/s)، كما أنَها استغرقت (t=8 s) لقطع المسافة (AB)، و (t=5 s) لقطع المسافة (BC) المطلوب:

  - قارن بين سرعة السيارة المتوسطة في مرحلة الصعود، وسرعتها في مرحلة الهبوط.
  - ما قيمة العجلة في مرحلتي الصعود والهبوط؟ وما نوع الحركة في كل مرحلة؟




شكل رقم ٦٠: مثال الحركة المتسارعة و التقصيرية

## الحل

**أولاً: مرحلة الصعود**

١. السرعة المتوسطة:

∵ المسافة المقطوعة: AB = 12 m

∵ الزمن المستغرق لقطعها: t =8 s

∴ سرعة الصعود:

$$v = \frac{S}{t} = \frac{12}{8} = 1.5\ m/s$$

٢. العجلة:

∵ السرعة الابتدائية عند A: $v_A$ = 18 m/s

∵ السرعة الابتدائية عند B: $v_B$ = 2 m/s

∵ الزمن المستغرق لتغير السرعة: t =8 s

∴ عجلة الصعود:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_B - v_A}{t} = \frac{2-18}{8} = -2\ m/s^2$$

∵ إشارة عجلة الحركة أثناء الصعود إشارة سالبة

∴ نوع الحركة اثناء الصعود هي **حركة تقصيرية**

**ثانياً: مرحلة الهبوط**

١. السرعة المتوسطة:

∵ المسافة المقطوعة: BC = 14 m

∵ الزمن المستغرق لقطعها: t = 5 s

∴ سرعة الهبوط:

$$v = \frac{S}{t} = \frac{14}{5} = 2.8\ m/s$$

٢. العجلة:

∵ السرعة الابتدائية عند B: $v_B = 2\ m/s$

∵ السرعة الابتدائية عند C: $v_C = 10\ m/s$

∵ الزمن المستغرق لتغير السرعة: t =5 s

∴ عجلة الصعود:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_C - v_B}{t} = \frac{10-2}{5} = 1.6\ \frac{m}{s^2}$$

∵ اشارة عجلة الحركة اثناء الصعود اشاره موجبة

∴ نوع الحركة اثناء الهبوط هي **حركة متسارعة**

## ٣-٣-٤ أنواع الحركة الخطية

الحركة في خط مستقيم
" الحركة الخطية "

حركة بسرعة منتظمة " ثابتة "
(العجلة = صفر)

حركة بسرعة غيرمنتظمة " متغيرة "
(العجلة ≠ صفر)

حركة بعجلة منتظمة التغير
" عجلة ثابتة "

حركة بعجلة غير منتظمة التغير
" عجلة متغيرة "

شكل رقم ٦١: أنواع الحركة الخطية

١- **الحركة المستقيمة المنتظمة**: العجلة = صفر $(a= 0)$

وفيها يتحرك الجسم بسرعة ثابتة $(v = const)$

٢- **الحركة المستقيمة منتظمة التغير**: العجلة = ثابت $(a= const)$ وقد تكون إشارتها:

- موجبة: في حالة الحركة المتسارعة
- سالبة: في حالة الحركة التقصيرية

٣- **الحركة المستقيمة المتغيرة**: العجلة ≠ ثابت $(a\neq const)$

أي أن لها قيمة ولكن متغيرة مع الزمن

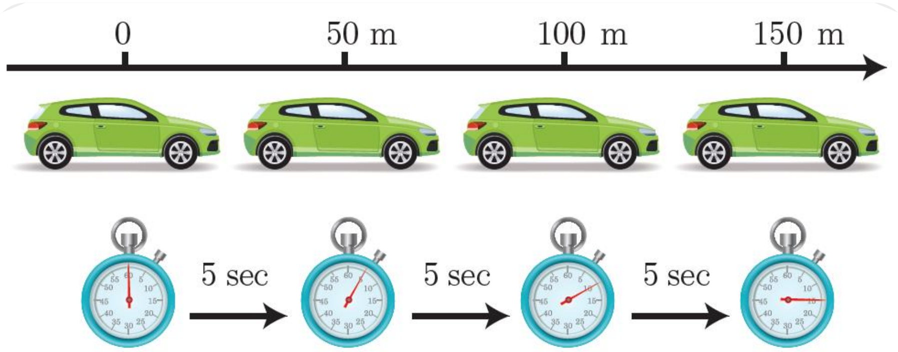
### أولاً: الحركة المستقيمة المنتظمة

يطلق على حركة جسم أنها مستقيمة منتظمة إذا كان مسارها مستقيماً، وحافظت سرعتها على قيمة ثابتة.

**حيث أن**

$$v = \frac{S}{t} = \frac{\Delta X}{\Delta t} = const$$

وتكون العجلة في هذه الحالة مساوية للصفر $(a= 0)$، كما هو موضح بالشكل التالي:

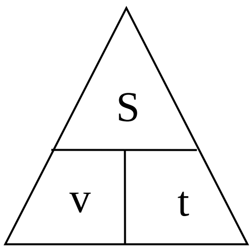



شكل رقم ٦٢: الحركة المستقيمة المنتظمة

حيث أن السيارة تقطع كل ٥ ثوانٍ مسافة مقدارها ٥٠ متراً وبالتالي فإنها تحافظ على سرعتها ثابتة.

$$v = \frac{S}{t} = \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{X_2 - X_1}{t_2 - t_1} = \frac{50}{5} = 10 \text{ m/s}$$

**قوانين الحركة المستقيمة المنتظمة:**




$$v = \frac{S}{t}$$

١- علاقة السرعة

$$t = \frac{S}{v}$$

٢- علاقة الزمن

$$S = v \times t$$

٣- علاقة المسافة

**<u>مثال (٣-٦)</u>**

تتحرك دراجة بخارية على طريق أفقي مستقيم بسرعة ثابتة ٥٠ كم /ساعة ($v = 50$ km/h). حيث كان موقعها ($x_1 = 8$ m) في اللحظة ($t_1 = 1$s)، أوجد موقعها ($x_2$) في اللحظة ($t_2 = 3$ s).


شكل رقم ٦٣: مثال الحركة المستقيمة

## الحل

∵ السرعة ثابتة $v = 50\ km/h$

∴ لتحويل السرعة من $km/h$ إلي $m/s$

$$v = 50 \times \frac{1000}{3600} = 13.9\ m/s$$

$$\because \quad v = \frac{S}{t} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1}$$

$$\therefore \quad v \times (t_2 - t_1) = x_2 - x_1$$

$$\because \quad t_1 = 1\ s,\ t_2 = 3\ s\ \ \&\ \ x_1 = 8\ m$$

$$\therefore \quad x_2 = v\,(t_2 - t_1) + x_1 = 13.9 \times (3-1) + 8 = 35.8\ m$$

### ثانياً: الحركة المستقيمة المنتظمة التغير

يطلق على حركة جسم أنها مستقيمة منتظمة التغير إذا كان مسارها مستقيماً، وقيمة سرعتها تتغير بمعدل ثابت بمرور الزمن؛ أي أن عجلتها ثابتة.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = const$$

## مثال (٣-٧)

شكل رقم ٦٤: الحركة المستقيمة منتظمة التغير

انطلقت سيارة من السكون على مسار مستقيم، فكانت مواقع حركتها والأزمنة المقابلة لها كما هو موضح في الجدول التالي:

| الموقع (m) | 7 | 8 | 11 | 16 | 23 | 32 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| الزمن (s) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

فإذا قمنا بحساب سرعة السيارة بين كل لحظتين متتاليتين

| $v = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ | $\frac{8-7}{1-0}$ | $\frac{11-8}{2-1}$ | $\frac{16-11}{3-2}$ | $\frac{23-16}{4-3}$ | $\frac{32-23}{5-4}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| v | 1 | 3 | 5 | 7 | 9 |

نجد أن السرعة تزداد بمقدار ثابت مع مرور الزمن وهذا يعني أن عجلة الحركة ثابتة

$$a = \frac{v}{t} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{2}{1} = 2\ m/s^2$$

**قوانين الحركة المستقيمة المنتظمة التغير:**

هناك ثلاث علاقات تربط الكميات الفيزيائية في حالة الحركة المنتظمة التغير

**١. علاقة السرعة مع الزمن**

$$v = v_0 + at$$

حيث أن السرعة **النهائية** ($v$) التي يتحرك بها الجسم تساوي مجموع **السرعة الابتدائية** ($v_0$) التي كان يتحرك بها وحاصل ضرب **عجلة** الجسم ($a$) في **الزمن** ($t$) الذي تغيرت فيه السرعة

**٢. علاقة المسافة مع الزمن**

$$S = \frac{1}{2}\, a\, t^2 + v_0 t$$

حيث أن **المسافة** ($S$) التي قطعها الجسم تتناسب طردياً مع **مربع الزمن** ($t^2$) **والعجلة** ($a$)

**٣.علاقة المسافة مع السرعة**

$$v^2 - v_0^2 = 2aS$$

حيث أن **المسافة** ($S$) تتناسب طردياً مع حاصل طرح مربع **السرعة النهائية** ($v^2$) ومربع **السرعة الابتدائية** للجسم ($v_0^2$)

**حيث أن:**

- $v$: السرعة النهائية ووحدتها m/s (م/ث)
- $v_0$: السرعة الابتدائية ووحدتها m/s (م/ث)
- $a$: العجلة ووحدتها $m/s^2$ (م/ث٢)

✍ S: المسافة المقطوعة ووحدتها m (م) ويمكننا التعويض عنها بـ $(x - x_0)$ في حالة الإحداثيات

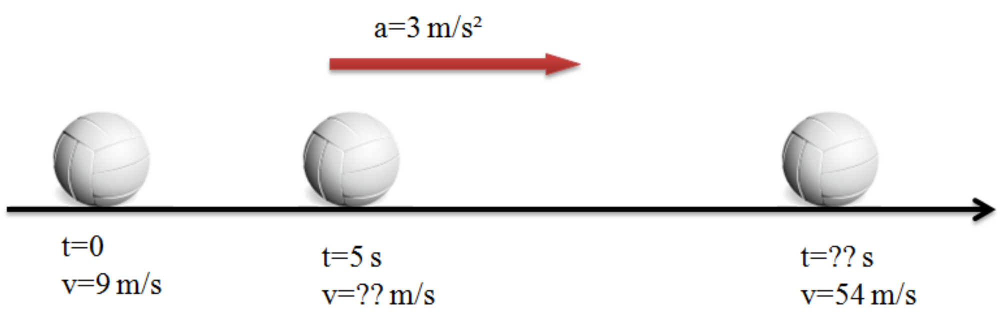
✍ t: الزمن المستغرق ووحدته s (ث)

## مثال (٣-٨)

بدأ جسم حركته في اتجاه ثابت بسرعة ٩م/ث $(v_0=9\ m/s)$ وبعجلة منتظمة قدرها ٣م/ث٢ $(a=3\ m/s^2)$ تعمل في نفس اتجاه السرعة الابتدائية. أحسب:

١. سرعة الجسم بعد 5 ثوانٍ $(t= 5\ s)$ من بدء الحركة.

٢. الزمن (t) الذي يمضي من بدء الحركة حتى تصبح سرعة الجسم $v=54\ m/s$ .




شكل رقم ٦٥: مثال على الحركة المستقيمة منتظمة التغير

## الحل

**أولا: سرعة الجسم بعد ٥ ثوانٍ**

∵ السرعة الابتدائية $v_0 = 9\ m/s$

∵ العجلة موجبة (نفس اتجاه السرعة) وتساوي $a = 3\ m/s^2$

∴ سرعة الجسم بعد ٥ ثوانٍ =

$$v = v0 + at = 9 + (3 \times 5) = 24\ m/s$$

**ثانياً: الزمن المستغرق من بدء الحركة حتى تصل السرعة لـ 54 m/s**

∵ السرعة الابتدائية $(v_0 = 9\ m/s)$ & السرعة النهائية = $(v=54\ m/s)$

∵ العجلة موجبة (نفس اتجاه السرعة) وتساوي $a = 3\ m/s^2$

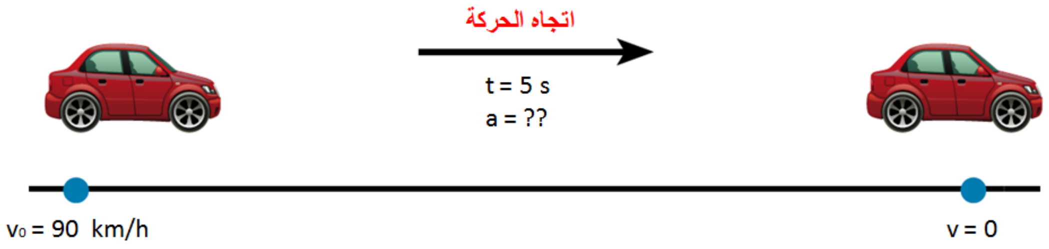
∴ الزمن المستغرق =

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{54 - 9}{3} = 15\ s$$

## مثال (٣-٩)

سيارة تتحرك بسرعة ٩٠ كم/ ساعة ($v_0$=90 km/h)، ضغط السائق على دواسة الفرامل، بحيث تناقصت السرعة بمعدل ثابت حتى توقفت السيارة بعد مرور 5 ثوان (t=5 s) . احسب:

١. عجلة السيارة خلال تناقص السرعة (a)
٢. المسافة التي قطعتها السيارة حتى توقفت حركتها تماماً (S).




شكل رقم ٦٦:مثال على الحركة المستقيمة منتظمة التغير

## الحل

**أولاً: عجلة السيارة خلال تناقص السرعة.**

∵ السرعة الابتدائية : $v_0 = 90\ \text{km/h} = \dfrac{90\ x\ 1000}{3600} = 25\ \text{m/s}$

∵ السرعة النهائية: (v=0 ) & الزمن المستغرق لتوقف السيارة : (t = 5 s)

∴ عجلة السيارة =

$$a = \frac{v - v_0}{t} = \frac{0 - 25}{5} = -5\ \text{m/s}^2$$

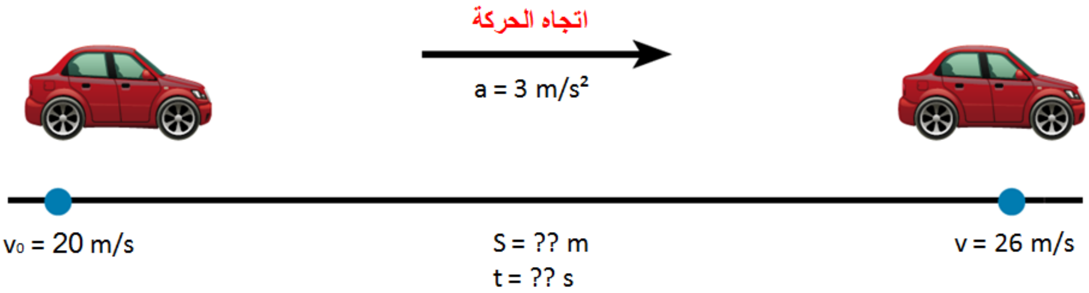
الإشارة السالبة تعني أن حركة السيارة **حركة تقصيرية**

**ثانياً: المسافة التي قطعتها السيارة.**

$$S = \frac{1}{2}\,a\,t^2 + v_0 t = \frac{1}{2}\ x\ (-5) x\ 5^2 + 25\ x\ 5 = 62.5\ \text{m}$$

## مثال (٣-١٠)

تتحرك سيارة بسرعة ٢٠ م/ث ($v_0$=20 m/s) ثم أخذت تتسارع بمعدل ٣ م/ث$^2$ ($a=3\ m/s^2$) احسب المسافة (S) التي قطعتها حتى تصل إلي سرعة ٢٦ م/ث (v=26 m/s) من لحظة بدء تسارعها ثم احسب الزمن (t) اللازم لذلك.




شكل رقم ٦٧: مثال على الحركة المستقيمة منتظمة التغير

## الحل

**أولا: المسافة التي قطعتها السيارة.**

∵ السرعة الابتدائية : (v0=20 m/s) & السرعة النهائية : ( v=26 m/s)

∵ عجلة السيارة : ( a=3 m/s2)

∴ المسافة المقطوعة =

$$S = \frac{v^2 - {v_0}^2}{2\ a} = \frac{26^2 - 20^2}{2 \text{ x } 3} = 46 \text{ m}$$

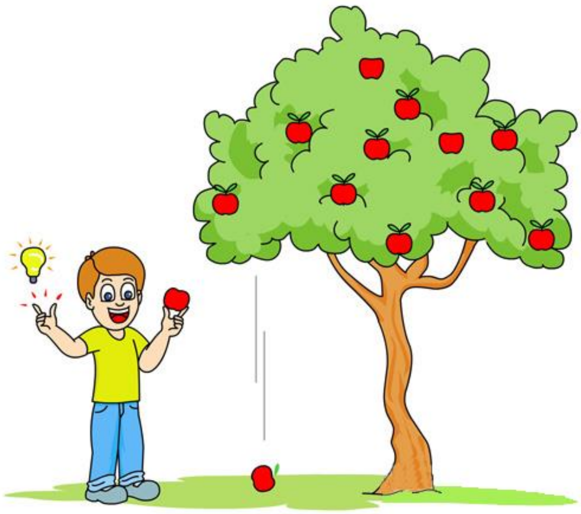
**ثانياً: الزمن اللازم لقطعها =**

$$t = \frac{v - v_0}{a} = \frac{26 - 20}{3} = 2 \text{ s}$$

## السقوط الحر

وهو يطلق على الحركة الرأسية في مجال الجاذبية الأرضية ويعتبر أهم التطبيقات على الحركة المستقيمة منتظمة التغير (بعجلة ثابتة)، ولكن ماهي القيمة الثابتة لهذه العجلة؟

### مثال (٣-١١)



شكل رقم ٦٨: السقوط الحر

إذا قمنا بدراسة سقوط تفاحة من شجرة فسوف نلاحظ أن التفاحة تتحرك من سكون، ثم تكتسب سرعة في أثناء سقوطها سقوطًا حُراً نتيجة تأثير جاذبية الأرض عليها فبعد ثانية واحدة ستكون سرعتها (v=9.8 m/s لأسفل، وبعد ثانية أخرى ستصبح سرعتها (v= 19.6 m/s) لأسفل وهكذا...

وهذا يعني أن قيمة عجلة الجاذبية الأرضية =

$$g = \frac{v - v_0}{t} = \frac{9.8 - 0}{1} = 9.8\ m/s^2$$

**حيث أن:**

g: عجلة الجاذبية الأرضية و قيمتها ($9.8\ m/s^2$) (٩,٨ م/ث٢)

**في هذا النوع من الحركة نشير للعجلة الثابتة بالرمز " g " بدلاً من " a ".**

**قوانين الحركة الرأسية للأجسام:**

تخضع الحركة الرأسية لنفس قوانين الحركة المستقيمة ذات العجلة المنتظمة مع استخدام الرمز " g " الدال على عجلة الجاذبية، لذلك تأخذ القوانين الصورة الأتية:

**السرعة النهائية** ($v$) التي يتحرك بها الجسم تساوي مجموع **السرعة الابتدائية** ($v_0$) التي كان يتحرك بها وحاصل ضرب **عجلة الجاذبية** ($g$) في **الزمن** ($t$) الذي تغيرت فيه السرعة

$$v = v_0 + gt$$

**المسافة الرأسية** ($S$) التي قطعها الجسم تتناسب طردياً مع **مربع الزمن** ($t^2$) **وعجلة الجاذبية** ($g$)

$$S = \frac{1}{2} g t^2 + v_0 t$$

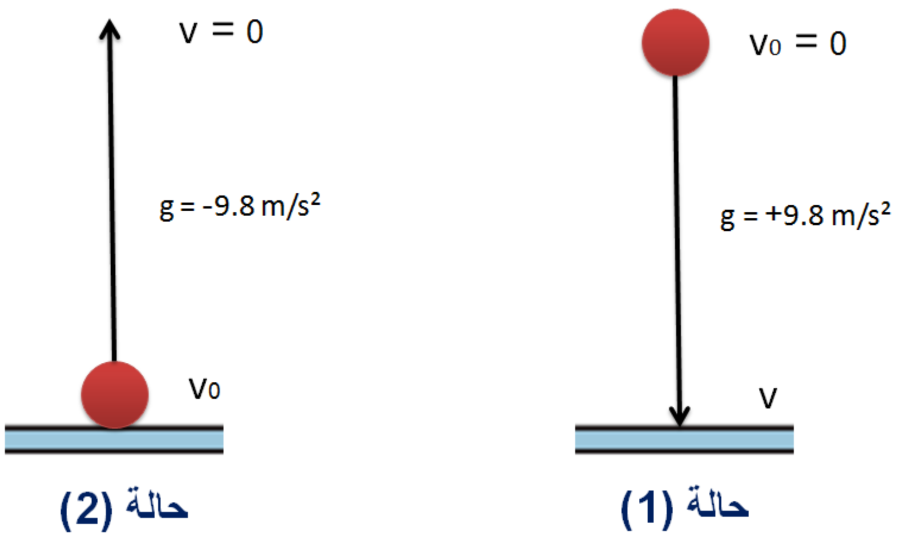
**المسافة الرأسية** ($S$) تتناسب طردياً مع حاصل طرح مربع **السرعة النهائية** ($v^2$) مربع **السرعة الابتدائية** للجسم ( $v_0^2$)

$$v^2 - v_0^2 = 2gS$$

**حالات الحركة الرأسية:**

١. إذا سقط جسم سقوطاً حراً في مجال الجاذبية الأرضية فسرعته الابتدائية $v_0 = 0$ (حيث أنه يتحرك من السكون) وتكون عجلته $+9.8\ m/s^2$ (حركة متسارعة).

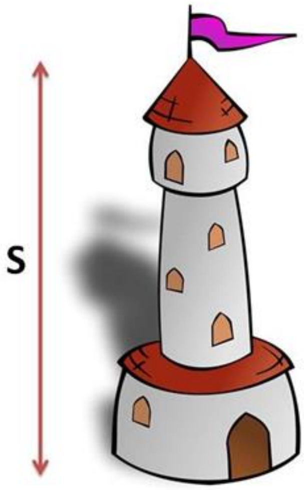
٢. إذا قذف جسم رأسياً لأعلى في مجال الجاذبية الأرضية فسرعته النهائية $v = 0$ وعجلته $-9.8\ m/s^2$ (حركة تقصيرية)




شكل رقم ٦٩: حالات الحركة الرأسية

## مثال (٣-١٢)

أراد شخص أن يقيس ارتفاع قمة برج ($S$) فصعد لسطح البرج وأسقط حجر رأسياً لأسفل فوصل لسطح الأرض بعد ٣ ثوان( $t=3\ s$ ) . احسب ارتفاع البرج ( $S$ ).




شكل رقم ٧٠: مثال على السقوط الحر

**<u>الحل</u>**

∵ سقوط الحجر سقوطاً حراً في اتجاه سطح الأرض

∴ السرعة الابتدائية: $(v_0 = 0)$ & عجلة الجاذبية الأرضية: $(g = +9.8\ m/s^2)$

∵العلاقة التي تربط المسافة بالعجلة هي

$$S = \frac{1}{2}\,g\,t^2 + v_0 t$$

∴ ارتفاع البرج =

$$S = \frac{1}{2}\,g\,t^2 + v_0 t = \frac{1}{2}\ x\ 9.8\ x\ 3^2 + 0\ x\ 3 = 44.1\ m$$

**<u>مثال (٣-١٣)</u>**

ألقي حجر في البئر بسرعة ابتدائية $(v_0=0)$ مساوية للصفر فسمع صوت ارتطامه بسطح الماء بعد زمن قدره ٢ ثانية $(t=2s)$، باعتبار أن عجلة الجاذبية الأرضية $(g=10\ m/s^2)$ احسب:

١. عمق سطح الماء $(S)$ .

٢. سرعة الحجر عند ارتطامه بسطح الماء $(v)$.

شكل رقم ٧١: مثال على السقوط الحر

## الحل

**أولاً: عمق سطح الماء.**

∵ السرعة الابتدائية: $(v_0 = 0)$ & عجلة الجاذبية الأرضية: $(g = +10\ m/s^2)$

∵ العلاقة التي تربط المسافة الرأسية بالعجلة هي

$$S = \frac{1}{2}\,g\,t^2 + v_0 t$$

∴ عمق سطح الماء =

$$S = \frac{1}{2}\,g\,t^2 + v_0 t = \frac{1}{2}\ \text{x}\ 10\ \text{x}\ 2^2 + 0\ \text{x}\ 2 = 20\ m$$

**ثانياً: سرعة الحجر عند سطح الماء.**

∵ السرعة الابتدائية: $(v_0 = 0)$ & عجلة الجاذبية الأرضية: $(g = +10\ m/s^2)$

∵ العلاقة التي تربط السرعة بالزمن هي

$$v = v_0 + gt$$

والزمن المستغرق للسقوط : $(\ t = 2\ s\ )$

∴ السرعة النهائية للحجر عند سطح الماء =

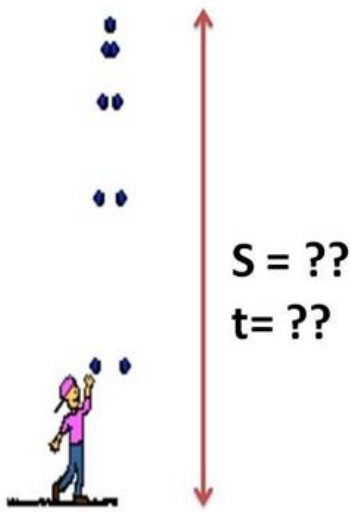
$$v = v0 + gt = 0 + 10\ \text{x}\ 2 = 20\ m/s$$

**مثال (٣-١٤)**

قُذفت قذيفة رأسياً لأعلى بسرعة ابتدائية $(v_0=50\ m/s)$. فاذا كانت عجلة الجاذبية الأرضية $(g=10\ m/s^2)$. احسب:

١. الزمن ( t ) الازم لتصل القذيفة لأقصى ارتفاع.

٢. أقصى ارتفاع (S) يمكن أن تصيب فيه القذيفة طائر.




شكل رقم ٧٢: مثال على الحركة الرأسية

**<u>الحل</u>**

**أولا: الزمن الازم للوصول لأقصي ارتفاع**

∵ اتجاه الحركة الرأسية لأعلي & السرعة الابتدائية: (v0 = 50 m/s)

∴ السرعة النهائية: (v = 0) & عجلة الجاذبية الأرضية: (g = - 10 m/s2)

∵العلاقة التي تربط السرعة بالزمن هي

$$v = v_0 + gt$$

∴ الزمن =

$$t = \frac{v - v_0}{g} = \frac{0 - 50}{-10} = 5\ s$$

**ثانياً: أقصي ارتفاع يمكن أن تصيب فيه القذيفة طائر**

∵ العلاقة التي تربط المسافة الرأسية بالعجلة هي

$$S = \frac{1}{2}\, g\, t^2 + v_0 t$$

∴ أقصى ارتفاع للقذيفة =

$$S = \frac{1}{2}\, g\, t^2 + v_0 t = \frac{1}{2}\ x - 10\ x\ 5^2 + 50\ x\ 5 = -125 + 250 = 125\ m$$

## مثال (٣-١٥)

قذف جسم رأسيًّا لأعلى من نقطة على سطح الأرض فعاد إليها بعد t=10 s

أحسب:

- سرعة قذف الجسم ($v_0$) .
- أقصى ارتفاع (S) وصل إليه الجسم.

## الحل

**أولا: سرعة قذف الجسم ($v_0$)**

∵ الجسم قذف من علي سطح الارض ثم عاد اليها

∴ الجسم توقف عند اقصي ارتفاع ثم عاد مرة أخري إلي سطح الأرض وهذا يعني أن سرعته النهائية عند اقصي ارتفاع $v=0$ ونوع حركته حركة " تقصيرية " وعجلة الجاذبية تساوي $-9.8\ m/s^2$

∵ الجسم استغرق t=10 s في الانطلاق والعودة إلي سطح الأرض

∴ الجسم استغرق نصف الوقت في الوصول الي أقصى ارتفاع

$$t' = \frac{\mathbf{10}}{\mathbf{2}} = 5\ s$$

∵العلاقة التي تربط السرعة بالزمن هي

$$v = v_0 + gt'$$

∴ سرعة قذف الجسم ($v_0$) = السرعة الابتدائية لحركة الجسم

$$v_0 = v - gt' = 0-(-9.8x5) = 49\ m/s$$

**ثانياً: أقصى ارتفاع (S) وصل إليه الجسم .**

∵ السرعة الابتدائية: ($v_0 = 49\ m/s$) & عجلة الجاذبية الأرضية:($g = -9.8\ m/s^2$)

∵ العلاقة التي تربط المسافة الرأسية بالعجلة هي

$$S = \frac{1}{2}\, g\, t^2 + v_0 t$$

∴ أقصى ارتفاع (S) وصل إليه الجسم =

$$S = \frac{1}{2}\, g\,(t')^2 + v_0 t' = \frac{1}{2}\, x - 9.8\, x\, 5^2 + 49\, x\, 5 = -122.5 + 245 = 122.5\ m$$

## تحقق من فهمك (٣-١)

**١- أكمل ما يأتي:**

١. بدأت سيارة الحركة من سكون بعجلة منتظمة $a=20\ m/s^2$ لمدة $t= 10\ s$.

أ. السرعة النهائية للسيارة (v) = ...........................

ب. المسافة المقطوعة خلال تلك الفترة (S) = ...........................

٢. بدأ جسم حركته بسرعة $v= 72\ km/s$ بعجلة تقصيرية $a= 2\ m/s^2$

أ. الزمن (t) الذي يستغرقه الجسم حتى يقف = ...........................

ب. المسافة (S) المقطوعة خلال تلك الفترة = ...........................

٣. استخدمت سيارة فراملها فتوقفت خلال $t=10\ s$ بعد أن قطعت $S= 25\ m$

أ. عجلة الحركة (a) في أثناء استخدام الفرامل = ...........................

ب. سرعة السيارة (v) عند بدء استخدام الفرامل = ...........................

٤. سقط جسم من قمة برج رأسي فوصل إلى سطح الأرض بعد $t=5\ s$

أ. سرعة الجسم (v) عند وصوله إلى سطح الأرض = ...........................

ب. ارتفاع البرج (S) = ...........................

٥. قذف جسم رأسيًا لأعلى من نقطة على سطح الأرض فعاد إليها بعد $t=4\ s$

أ. سرعة قذف الجسم (v) = ...........................

ب. أقصى ارتفاع (S) وصل إليه الجسم = ...........................

**٢- ضع علامة ( √ ) أو ( × )**

١. إذا سقط جسم سقوطاً حراً في مجال الجاذبية الأرضية فسرعته الابتدائية تساوى صفراً وعجلته $g= -9.8\ m/s2$ (      )

٢. إذا قُذف جسم رأسياً لأعلى في مجال الجاذبية الأرضية فسرعته النهائية تساوى صفراً وعجلته $g= 9.8\ m/s2$ (      )

٣. عند قذف جسم رأسياً لأعلى فإن سرعته الابتدائية تساوى صفر $(v_0= 0)$ (      )

٤. عند سقوط جسم رأسياً لأسفل فإن سرعته الابتدائية تساوى للصفر $(v_0= 0)$ (      )

**٣- احسب السرعة المتوسطة v لطائرة تقطع مسافة 250 كم/ساعة (S=250 km) في زمن مدته 25 دقيقة (t=25 min.)**

**٤- يتحرك جسم من نقطة البداية التي كانت إحداثياتها ($X_1 = -4$) إلى نقطة النهاية ($X_2 = 1$) فإذا كان الزمن عند بدء الحركة ($t_1=0\ s$) وعند نقطة النهاية ($t_2= 10\ s$)، احسب:**

أ. الزمن (t) الذي يستغرقه الجسم في الحركة من $X_1$ إلي $X_2$.

ب. سرعة الجسم (v) بعد مرور 10 ثوانٍ (t= 10 sec) من بدء الحركة.

**٥- انطلقت سيارة من السكون ($v_0 = 0$) ، وبعد خمس ثوانٍ من بدء الحركة بلغت سرعتها 60 م/ث (v=60 m/s)، احسب عجلة حركتها (a) .**

**٦- تتحرك دراجة بخارية على طريق أفقي مستقيم بسرعة ثابتة 75 كم /ساعة (v = 75 km/h). حيث كان موقعها ($x_1= 5\ m$) في اللحظة ($t_1$=1s)، أوجد موقعها ($x_2$) في اللحظة ($t_2 = 5\ s$).**

**٧- بدأ جسم حركته في اتجاه ثابت بسرعة 10م/ث ($v_0$=10 m/s) وبعجلة منتظمة قدرها 2م/ث٢ ( a=2 m/s2) تعمل في نفس اتجاه السرعة الابتدائية .أحسب:**

أ. سرعة الجسم بعد 5 ثوانٍ من بدء الحركة.

ب. الزمن الذي يمضي من بدء الحركة حتى تصبح سرعة الجسم v=64 m/s .

**٨- سيارة تتحرك بسرعة 100 كم /ساعة ($v_0$=100 km/h)، ضغط السائق على دواسة الفرامل، بحيث تناقصت السرعة بمعدل ثابت حتى توقفت السيارة بعد مرور 6 ثوان (t=6 s) . احسب:**

أ. عجلة السيارة خلال تناقص السرعة (a)

ب. المسافة التي قطعتها السيارة؛ حتى توقفت حركتها تمامًا (S).

**٩- تتحرك سيارة بسرعة 50 م/ث ($v_0$=50 m/s) ثم أخذت تتسارع بمعدل 5 م/ث٢ (a=5 m/s2) احسب المسافة (S) التي قطعتها حتى تصل إلي سرعة 25 م/ث (v=25 m/s) من لحظة بدء تسارعها ثم احسب الزمن (t) اللازم لذلك.**

**١٠- أراد شخص أن يقيس ارتفاع قمة برج (S) فصعد لسطح البرج وأسقط حجر رأسياً لأسفل فوصل لسطح الأرض بعد 6 ثوان ( t=6 s ) . احسب ارتفاع البرج ( S ).**

**١١- أُلقي حجر في البئر بسرعة ابتدائية ( $v_0$=0 ) مساوية للصفر فسمع صوت ارتطامه بسطح الماء بعد زمن قدره 5 ثانية (t=5s)، باعتبار أن عجلة الجاذبية الأرضية (g=10 m/s2) احسب:**

أ. عمق سطح الماء ( S ) .

ب. سرعة الحجر عند ارتطامه بسطح الماء (v) .

**١٢- قُذفت قذيفة رأسياً لأعلى بسرعة ابتدائية (v0=75 m/s). فاذا كانت عجلة الجاذبية الأرضية (g=10 m/s2). احسب:**

أ. الزمن ( t ) الازم لتصل القذيفة لأقصى ارتفاع.

ب. أقصى ارتفاع (S) يمكن أن تصيب فيه القذيفة طائر.

## ٣-٤ الحركة الدائرية Circular Motion

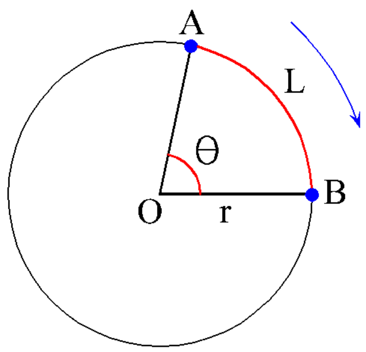
### ٣-٤-١ الحركة الدائرية

تطلق على حركة جسم يتحرك في مسار دائري على محيط دائرة كحركة دوران الأرض حول الشمس وهي عبارة عن حركة في بعدين $(r, \theta)$

**حيث أن:**

- $r$: هي نصف قطر الدائرة الذي تتم الحركة علي محيطها.
- $\theta$: هي قياس الزاوية بين وضع بدء ونهاية حركة الجسم.

فإذا تحرك جسم من النقطة (A) إلى النقطة (B) على محيط دائرة نصف قطرها " r" فإنه يكون قد قطع قوساً طوله "L" نتيجة دورانه زاوية " θ" .




شكل رقم ٧٣: الحركة الدائرية

### ٣-٤-٢ الكميات الفيزيائية للحركة الدائرية

**١- الإزاحة Displacement**

**للحركة الدائرية إزاحتين**

- **إزاحة زاوية:** وهي قياس الزاوية " θ" التي يقطعها الجسم خلال حركته.
- **إزاحة خطية:** وهي طول القوس " L " الذي يقطعه الجسم على محيط الدائرة.

وترتبط الإزاحتين علاقة

$$\theta = \frac{L}{r}$$

**حيث أن:**

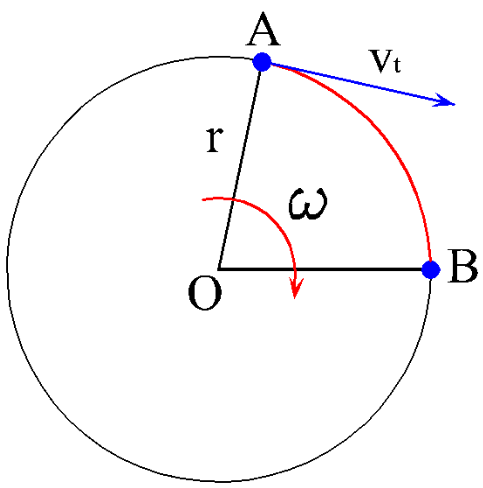
- $\theta$ : هي قياس الزاوية ووحدة قياسها " زاوية نصف قطرية " (راديان – rad)
- $L$ : طول القوس ووحدة قياسه " m "

- r: نصف قطر الدائرة ووحدة قياسه " m "

**الزاوية النصف قطريه " rad " : هي قياس الزاوية θ التي تحصر قوس طوله مساوٍ لطول نصف قطر الدائرة.**

## ٢- السرعة Velocity:

**هناك أيضا سرعتان للحركة الدائرية**




شكل رقم ٧٤: سرعة الحركة الدائرية

- **السرعة الزاوية (ω)**: (تنطق أوميجا) وهي مقدار الإزاحة الزاوية θ التي يقطعها الجسم في وحدة الزمن. وحدة قياس السرعة الزاوية هي (rad /s).

$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

- **السرعة الخطية (المماسية) ($v_t$)**: تكون **مماسة** للمسار الدائري وهي تساوي النسبة بين طول القوس "L" وبين الزمن " t " الذي قطع فيه الجسم هذا القوس. وحدة قياس السرعة الخطية هي m/s

$$v_t = \frac{L}{t}$$

وترتبط السرعتان العلاقة

$$v_t = \omega \text{ x } r$$

**مثال (٣-١٦)**

تتحرك دراجة في مسار دائري طول نصف قطره ٥ م (r= 5 m) فإذا قطعت الدراجة إزاحة قدرها (ϴ=3.14 rad) في زمن قدره ١٠ ثوان (t=10 s). احسب السرعة الزاوية ω والسرعة الخطية $v_t$ لحركة الدراجة.

**الحل**

∵ الازاحة المقطوعة هي (ϴ= 3.14 rad) & الزمن المستغرق (t= 10 s)

∴ السرعة الزاوية لحركة الدراجة:

$$\omega = \frac{\theta}{t} = \frac{3.14}{10} = 0.314 \text{ rad/s}$$

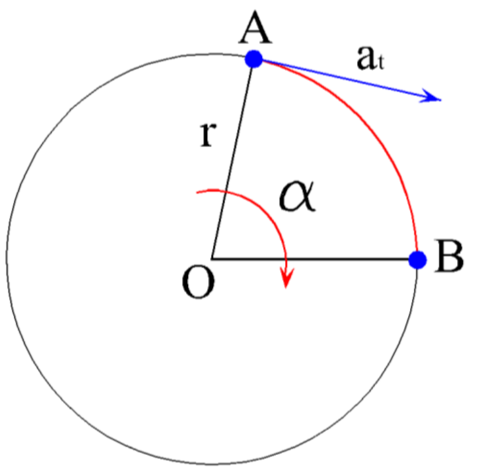
∵ نصف قطر المسار الدائري: (r= 5 m)

∴ السرعة الخطية لحركة الدراجة:

$$v_t = \omega \text{ x } r = 0.314 \text{ x } 5 = 1.57 \frac{m}{s}$$

**٣- العجلة Acceleration:**

ويوجد منها ايضا نوعان، والشكل التالي يوضح أنواع العجلة في الحركة الدائرية:




شكل رقم ٧٥: العجلة الدائرية

- **العجلة الزاوية** $(\alpha)$: وهي العجلة التي تتسارع أو تتباطأ بها السرعة الزاوية $\omega$. وحدة قياس العجلة الزاوية هي $rad/s^2$

$$\alpha = \frac{\omega}{t}$$

- **العجلة الخطية (المماسية)** $(a_t)$: تكون **مماسة** للمسار الدائري وهي العجلة التي تتسارع أو تتباطأ بها السرعة الخطية $v_t$، وحدة قياس العجلة الخطية هي $m/s^2$

$$a_t = \frac{v_t}{t}$$

وترتبط العجلتان العلاقة

$$a_t = \alpha \times r$$

## ٣-٤-٣ أنواع الحركة الدائرية

- **" الحركة الدائرية "**
  - **حركة بسرعة منتظمة " ثابتة "** **(العجلة الزاوية = صفر)**
    - **حركة بعجلة منتظمة التغير " عجلة زاوية ثابتة "**
  - **حركة بسرعة غيرمنتظمة " متغيرة "** **(العجلة الزاوية ≠ صفر)**
    - **حركة بعجلة غير منتظمة التغير " عجلة زاوية متغيرة "**

شكل رقم ٧٦: أنواع الحركة الدائرية

١- **الحركة الدائرية المنتظمة:** العجلة الزاوية = صفر $(\alpha = 0)$

وفيها يتحرك الجسم بسرعة ثابتة $\omega = const$

٢- **الحركة الدائرية منتظمة التغير:** العجلة الزاوية = ثابت $(\alpha = const)$ وقد تكون إشارتها:

- **موجبة:** في حالة الحركة المتسارعة
- **سالبة:** في حالة الحركة التقصيرية

٣- **الحركة الدائرية المتغيرة:** العجلة الزاوية ≠ ثابت $(\alpha \neq const)$

أي أن لها قيمة ولكن متغيرة مع الزمن

## الحركة الدائرية المنتظمة

يطلق على حركة جسم أنها حركة دائرية منتظمة إذا قطع الجسم إزاحات زاوية متساوية في أزمنة متساوية. وتكون العجلة الزاوية في هذه الحالة مساوية للصفر $(\alpha = 0)$

**حيث أن:**

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t} = \frac{\theta_2 - \theta_1}{t_2 - t_1} = \text{const (ثابت)}$$

**قوانين الحركة الدائرية المنتظمة:**

١- علاقة السرعة

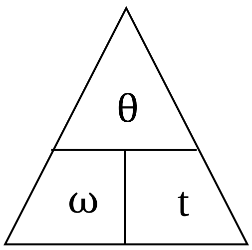
$$\omega = \frac{\theta}{t}$$

٢- علاقة الإزاحة

$$\theta = \omega \times t$$

٣- علاقة الزمن

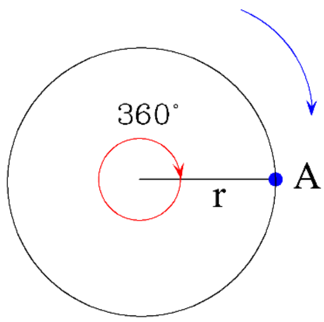
$$t = \frac{\theta}{\omega}$$




**الدورة الكاملة:**

**يطلق علي جسم بأنه قطع إزاحة قدرها دورة كاملة إذا تحرك علي محيط الدائرة من نقطة (A) ثم عاد إليها مرة أخري، أي أن نقطة بداية حركته تنطبق علي نقطة نهايتها.**

- الدورة الكاملة تعادل زاوية = ٣٦٠ " درجة " = $2\pi$ (٢ باي) " زاوية نصف قطرية " rad
- نصف الدورة تعادل زاوية = ١٨٠ " درجة " = $\pi$ (باي) " زاوية نصف قطرية " rad




شكل رقم ٧٧: الدورة الكاملة

## الزمن الدوري (T):

هو الزمن الذي يستغرقه جسم لقطع إزاحة " $\theta$" قدرها دورة كاملة، وحدة قياس الزمن الدوري هو الثانية (s).

## التردد $f$

هو عدد الدورات الكاملة التي يقطعها الجسم عند حركته في وحدة الزمن، وحدة قياس التردد هو ث-١ $(\frac{1}{s})$ أو " Hz " ويطلق عليها اسم **هرتز**

$$f = \frac{\text{عدد الدورات الكاملة}}{\text{الزمن}}$$

وهناك علاقة تربط بين التردد والزمن الدوري:

$$f = \frac{1}{T}$$

وعلاقة تربط بين السرعة الزاوية والتردد:

$$\omega = 2\,\pi\, f$$

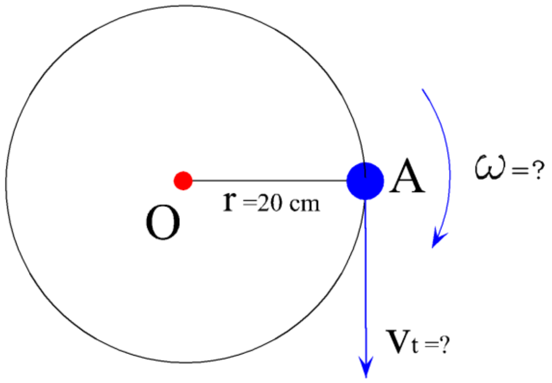
**أحيانا يعبر عن سرعة الجسم بعدد الدورات التي يقطعها في الدقيقة الواحدة ويرمز لها بالرمز " N " ووحدة قياسها " دورة / دقيقة - rpm"**

وفي هذه الحالة السرعة الزاوية للجسم تساوي

$$\omega = 2\,\pi\,\frac{N}{60}$$

## مثال (٣-١٧)

جسيم صغير يدور بسرعة منتظمة في مسار دائري على سطح أفقي أملس، وهو مربوط بخيط طوله ٢٠ سم (r=20 cm)، وينتهي الطرف الأخر للخيط بمسمار في مركز دائرة الدوران O، فإذا كان الجسم يقطع دورتين في الثانية الواحدة (f = 2 Hz ). احسب السرعة الزاوية $\omega$ والسرعة الخطية (المماسية) $v_t$




شكل رقم ٧٨: السرعة الدائرية

## الحل

∵ الجسم يقطع دورتين في الثانية الواحدة

∴ تردد الجسم: (f = 2 Hz)

∴ السرعة الزاوية =

$$\omega = 2\,\pi\, f = 2 \text{ x } \pi \text{ x } 2 = 4\pi \ \ \text{rad/s}$$

∵ طول الخيط 20 cm

∴ طول نصف قطر دائرة الدوران :

$$\text{r} = 20 \text{ cm} = \ \ 0.2 \text{ m}$$

∴ السرعة الخطية (المماسية):

$$v_t = \omega \text{ x r} = 4 \text{ x } \pi \text{ x } 0.2 = 0.8\,\pi\; m/s$$

## مثال (٣-١٨)

عجلة نصف قطرها ٠,٣ م (r=0.3 m) تدور حول محورها بسرعة ١٢٠ دورة في الدقيقة (N=120 rpm ). احسب ما يلي:

١. ترددها $f$
٢. زمنها الدوري **T**
٣. سرعتها الزاوية $\omega$
٤. السرعة الخطية (المماسية) لنقطة تقع على محيطها $v_t$


شكل رقم ٧٩: مثال على الحركة الدائرية

## الحل

**أولاً:** التردد

$$f = \frac{N}{60} = \frac{120}{60} = 2\ \text{Hz}$$

**ثانياً:** الزمن الدوري

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{2} = 0.5\ \text{s}$$

**ثالثاً:** السرعة الزاوية

$$\omega = 2\,\pi\, f = 2 \times \pi \times 2 = 4\pi\ \ \text{rad/s}$$

**رابعاً:** السرعة الخطية (المماسية)

$$v_t = \omega \times r = 4 \times \pi \times 0.3 = 1.2\pi\ \ \text{m/s}$$

## مثال (٣-١٩)

عجلة نصف قطرها ٠,٥ م (r=0.5 m) تدور حول محورها بسرعة ٣٦٠ دورة في الدقيقة (N = 360 rpm). احسب سرعتها الزاوية ( $\omega$ )

## الحل

∵ الجسم يقطع ٣٦٠ دورة في الدقيقة الواحدة (N = 360 rpm)

∴ السرعة الزاوية "للعجلة" =

$$\omega = 2\,\pi\,\frac{N}{60} = 2\,\pi\,\frac{360}{60} = 12\,\pi\ \ \frac{rad}{s}$$

## تحقق من فهمك (٣-٢)

١. **عرف المصطلحات الأتية:**

(التردد - الزمن الدوري - العجلة الخطية " المماسية " - السرعة الزاوية).

٢. **اذكر البعدين التي يتحرك فيهما الجسم أثناء الحركة الدائرية.**

٣. **تتحرك دراجة في مسار دائري طول نصف قطره 7 م (r= 7 m) فإذا قطعت الدراجة إزاحة قدرها (ϴ=5.14 rad) في زمن قدره ٢٠ ثوان (t=20 s). احسب السرعة الزاوية ω والسرعة الخطية $v_t$ لحركة الدراجة.**

٤. **جسيم صغير يدور بسرعة منتظمة في مسار دائري على سطح أفقي أملس، وهو مربوط بخيط طوله ٣٠ سم (r=30 cm)، وينتهي الطرف الأخر للخيط بمسمار في مركز دائرة الدوران O، فإذا كان الجسم يقطع ٤ دورات في الثانية الواحدة (f = 4 Hz ). احسب السرعة الزاوية ω والسرعة الخطية v.**

٥. **عجلة نصف قطرها 1 م (r=1 m) تدور حول محورها بسرعة 180 دورة في الدقيقة (N=180 rpm ). احسب ما يلي:**

أ. ترددها $f$

ب. زمنها الدوري T

ج. سرعتها الزاوية $\omega$

د. السرعة الخطية " المماسية " لنقطة تقع على محيطها $v_t$

٦. **عجلة نصف قطرها 0.7 م (r=0.7 m) تدور حول محورها بسرعة 250 دورة في الدقيقة (N = 250 rpm). احسب سرعتها الزاوية ( $\omega$ )**

# المصطلحات العلمية

| المصطلح باللغة الإنجليزية | المصطلح باللغة العربية |
|---|---|
| Acceleration | العجلة |
| Atom | ذرة |
| Average Acceleration | العجلة المتوسطة |
| Average Velocity | السرعة المتوسطة |
| Circular Motion | الحركة الدائرية |
| Dynamics | علم الديناميكا |
| Force | القوة |
| Force Resolution | تحليل القوة |
| Gas | الحالة الغازية |
| Instantaneous Acceleration | العجلة اللحظية |
| Instantaneous Velocity | السرعة اللحظية |
| Kinematics | علم الكينماتيكا |
| Liquid | الحالة السائلة |
| Matter | المادة |
| Mechanics | علم الميكانيكا |
| Molecule | جزيء |
| Physical Quantities | الكميات الفيزيائية |
| Physics | علم الفيزياء |
| Rectilinear Motion | الحركة الخطية |
| SI | النظام العالمي لوحدات القياس |
| Solid | الحالة الصلبة |
| Statics | علم الاستاتيكا |
| Velocity | السرعة |

## المراجع


1. Hibbeler, R. C. (2015) *Engineering Mechanics: Statics.* 14th Edition. London: Pearson.
2. Hibbeler, R. C. (2015) *Engineering Mechanics: Dynamics.* 14th Edition. London: Pearson.
3. Pidatella, C., Poggi, M. *Corso di Meccanica: Meccanica Razionale*. 2nd Edition. Italia: Zanichelli.
4. Sayed, W. (2005) *Lezioni di Fisica*. Cairo: Don Bosco Institute.