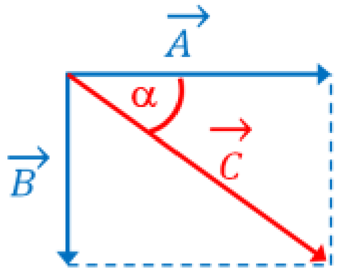
# الحركة بمستوى

https://www.youcube.co.il

| | |
|---|---|
| مقدار غير موجّه (سكلار) | كمية فيزيائية ليس لها معنى للاتجاه، مثل الزمن والكتلة. بين المقادير الفيزيائية غير الموجّهة، يجب إجراء عمليات الجمع والطرح بالطريقة العادية، على غرار إجراء العمليات بين الأرقام. |
| متّجه | المتّجه هو مقدار فيزيائي ذو معنى للاتجاه. يتم وصف المتجه بمساعدة سهم، ويمثل اتجاه السهم اتجاه المقدار الفيزيائي، ويمثل مقدار السهم شدة المقدار الفيزيائي. أمثلة على المقادير الفيزيائية: القوة، والسرعة، والتسارع، والازاحة.<br>هناك طرق لأداء العمليات الحسابية بين المتجهات<br>جمع متجهات - باستخدام طريقة المتوازي الاضلاع، المثلث أو طريقة الإسقاط.<br>طرح المتجهات – تعتمد على عملية الجمع.<br>الضرب المتّجه - هناك عدة أنواع من العمليات بين المتجهات، والمعنى يختلف عن معنى الضرب بقيمة عددية.<br>قسمة المتجهات - عمل ممنوع.<br>للتمييز بين متّجه ومقدار غير موجّه، من المعتاد إضافة سهم أفقي باتجاه اليمين، فوق المقدار الفيزيائي الموجّه. |
| المتّجه الصفري | متّجه بمقدار صفر، واتجاهه غير محدد. |
| المتّجه المضاد | متجه $\vec{A}$ هو متجه مضاد للمتّجه $\vec{B}$ إذا كان مقدار المتجه $\vec{A}$ مساوٍ لمقدار المتّجه $\vec{B}$ واتجاهه باتجاه عكسي. |
| المتّجه المحصّل | إذا قامت مجموعة من المتجهات بتأثير معين على جسم ما معًا، وقام متّجه واحد بتنفيذ نفس التأثير تمامًا على نفس الجسم بمفرده، فإن هذا المتّجه بمفرده يساوي كل هذه المجموعة من المتجهات.<br>لأي نوع من المقادير الفيزيائية يمكن ايجاد متّجه مكافئ (محصّل)، يُركز المنهاج التعليمي على متّجه القوة المحصّلة. |
| جمع المتجهات | عملية تتم بين متجهات معلومة التي من خلالها يتم الحصول على المتجه المحصّل للمتجهات المعطاة. |

**طريقة المتوازي الأضلاع**

عملية جمع بين متجهين بمساعدتها يمكن ايجاد المتّجه المحصّل لمتجهين معطيين.




في هذه الطريقة، يجب تثبيت المتجهات على ذيولها، دون تغيير مقدارها واتجاهها. واستخدام بناء إضافي لإنشاء متوازي أضلاع من كلا المتجهين المعطيين.

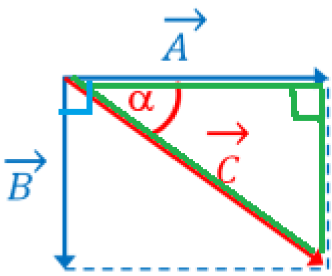
قطر متوازي الأضلاع الذي يبدأ من ذيول المتجهين هو المتجه المحصّل بالمقدار والاتجاه.

للمتجهين الموصوفين بالشكل يتحقق: $\vec{C} = \vec{A} + \vec{B}$

عندما تكون المتجهات المعطاة متعامدة، يمكن استخدام طريقة المتوازي الأضلاع، ويمكن إيجاد مقدار واتجاه المتجه المحصل بدقة، حسب فيثاغورس وإحدى النسب المثلثية ظل (tan) أو الجيب (sin) أو جيب التمام (cos).

لأن متوازي الأضلاع يحتوي على مثلث قائم الزاوية.

المثلث الأخضر الموضح في الرسم البياني:




$$|C| = \sqrt{|A|^2 + |B|^2}$$

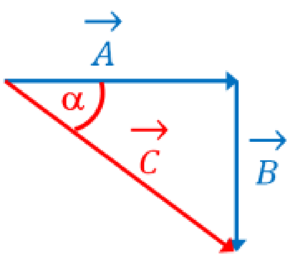
$$\tan(\alpha) = \frac{|B|}{|A|}$$

طريقة المتوازي الأضلاع مناسبة لإيجاد المتّجه المحصل لمتجهين فقط، وليس أكثر.

يمكن استخدام طريقة المتوازي الأضلاع حتى عندما لا تكون المتجهات متعامدة. في هذه الحالة، لا يمكن استخدام النسب المثلثية لجيب الزاوية (sin) وجيب التمام (cos) والظل (tan).

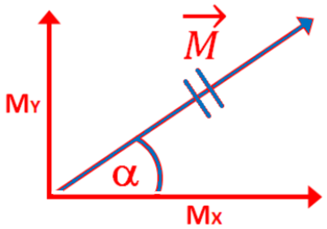
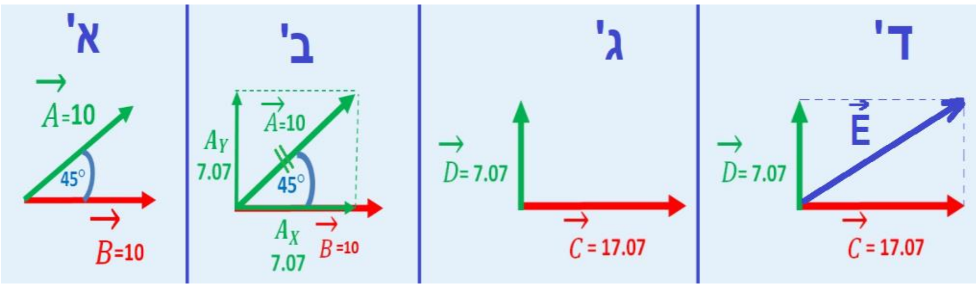
**طريقة المثلث**

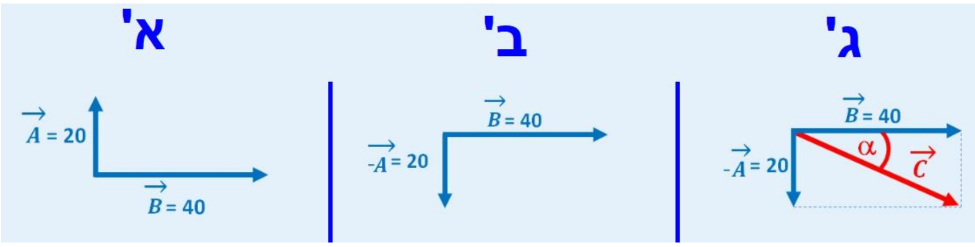
طريقة أخرى لإيجاد المتّجه المحصل للمتجهات المعطاة. في هذه الطريقة، يجب توصيل جميع المتجهات بحيث نوصل ذيل المتّجه مع رأس الآخر، والمتّجه الذي يكون ذيله في ذيل المتّجه الأول ورأسه في رأس المتّجه الأخير هو المتّجه المحصل في المقدار والاتجاه.



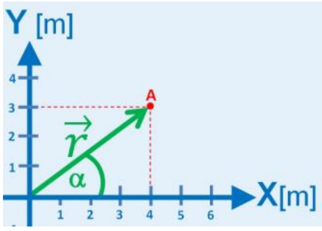

بالنسبة لمتجهين معطيين، تشبه طريقة المثلث طريقة المتوازي الأضلاع

يمكن استخدام طريقة المثلث لجمع أكثر من متجهين معطيان.

| | |
|---|---|
| تحليل القائم الزاوية | تحليل القائم الزاوية عملية يمكن من خلالها الحصول على متجهين عموديين يكافئ متّجه واحد معين.<br>متبع تعريف المتجهين الناتجين على أنهما إسقاطي المتّجه أو مركّبتي المتّجه.<br><br>يوضح الرسم التخطيطي متجهًا مائلًا M بزاوية ألفا.<br>إسقاط المتجه M في الاتجاه الأفقي هو MX وإسقاط المتجه M في الاتجاه العمودي هو MY.<br>يمكن استخدام النسب المثلثية sin و cos الزاوية عن إسقاطات المتّجه كدالة لمقدار واتجاه المتّجه المعطى، وبالتالي تنفيذ عملية التحليل القائم الزاوية:<br>$\boxed{M_x = M\cdot\cos(\alpha)}$<br>$\boxed{M_y = M\cdot\sin(\alpha)}$<br>عملية التحليل القائم الزاوية هي عكس إيجاد المتّجه المحصل. يمكن القول أنّ المتّجه M هو محصلة المتجهين MX و MY.<br>يمكن إجراء عملية التحليل القائم الزاوية لكل متّجه. |
| جمع المتجهات باستخدام طريقة الإسقاط | عندما يتعين علينا ايجاد المتّجه المحصل للمتجهات غير المتعامدة، يمكن استخدام طريقة المتوازي الأضلاع، ولكن لا يمكن استخدام فيثاغورس أو النسب المثلثية sin, cos, tan.<br>في هذه الحالة، يجب إجراء تحليل قائم الزاوية للمتجهات غير المتعامدة بحيث يتم الحصول على المتجهات العمودية، والتي يمكن من خلالها ايجاد المتّجه المحصل.<br>يُطلق على عملية إيجاد المتّجه المحصل عن طريق إجراء تحليل قائم الزاوية طريقة الإسقاط.<br>على سبيل المثال: معطى متجهين غير متعامدين، المتجه A والمتجه B. نجد المتّجه المحصّل<br><br>في الشكل (א)، يوجد متجهان، في الشكل (ב) يتم تحليل قائم الزاوية للمتجه A، يتم الحصول على ثلاث متجهات، والتي من السهل منهم ايجاد المتجهين العموديين الموضحين في الشكل (ג). يوضح الشكل ד' المتّجه المحصّل للمتجهين C و D، وهذا المتّجه أيضًا هو محصلة المتجهين A و B<br>وبالتالي من كل متجهين غير متعامدين يمكن الوصول إلى متجهين متعامدين. وحسب ذلك نجد مقدار المتّجه بشكل دقيق بمساعدة فيثاغورس. واتجاه المتّجه المحصّل باستخدام إحدى النسب المثلثية. |

| | |
|---|---|
| ضرب المتّجه بقيمة عددية | من خلال ضرب المتّجه في قيمة عددية، يتم الحصول على متّجه آخر اتجاهه في اتجاه المتّجه الأصلي ويكون مقداره أكبر من مقدار المتّجه الأصلي بنسبة القيمة العددية.<br><br>مثال: المتّجه S مُعرف بواسطة المتجّه T, بواسطة المعادلة الموجّهة التالية:<br>$\vec{S} = 2 \cdot \vec{T}$<br><br>المتّجه T مضروب بقيمة عددية، ونحصل على المتّجه S.<br>اتجاه المتّجه هو نفسه اتجاه المتّجه T، والمتّجه S ضعف مقدار المتّجه T.<br><br>الشكل التالي يصف المتجهين، المتّجه المضاعف T ، والمتّجه الناتج S:<br><br>**وبشكل مماثل، يمكن قسمة المتّجه على قيمة عددية، ولا يمكن تقسيم قيمة عددية بواسطة متّجه.** |
| طرح المتجهات | يتم تنفيذ عملية طرح متجهان عن طريق جمع متجهي المتّجه المخصوم والمتّجه المضاد للمتّجه المطلوب طرحه.<br>$\vec{B} - \vec{A} = \vec{B} + (-\vec{A})$<br><br>مثال: معطى المتّجه C المُعرّف حسب:<br>$\vec{C} = \vec{B} - \vec{A}$<br><br><br>معطى كلا المتجهين A و B في الشكل **א'**. لإجراء عملية الطرح، يجب استخدام مضاد المتجه A، كما هو موضح في الشكل **ב'**. مجموع المتّجه المطروح والمضاد هو المتّجه C، الذي تم الحصول عليه من طرح المتجهين. |
| المتجهات بالكنيمتيكا | في وحدة الكنيماتيكا بخط المستقيم، وصفنا الحركة بالنسبة لمحور محدّد، وتجاهلنا معنى المتّجه للمقادير الفيزيائية المتّجهة.<br>لتحليل الحركة في مستوى، الحركة التي ليست على طول خط مستقيم - يجب وصف المقادير الحركية: الموقع، والازاحة، السرعة، التسارع بطريقة متجهة. |

<table>
<tr>
<td>متّجه الموقع</td>
<td>
يصف متّجه الموقع لنقطة معينة بمساعدة هيئة محاور. يقع ذنب المتّجه في بداية هيئة المحاور ورأسه عند تلك النقطة.




يوضح الشكل متجهًا r يصف موقع النقطة A.

في صورة قطبية، يمكن القول أنّ مقدار متجه الموقع هو 5 أمتار واتجاهه 36.86 درجة.

في الصورة الإحداثية، يمكن وصف متجه الموقع كنقطة في هيئة المحاور (4،3).

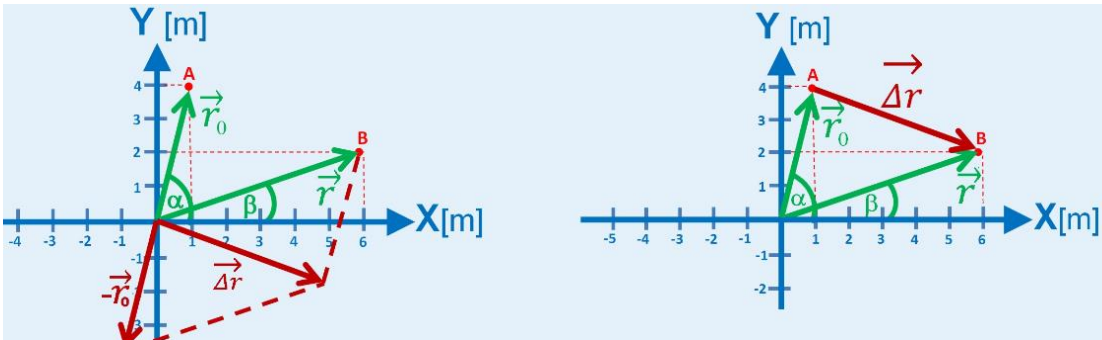
لا يمكن تحديد متّجه الموقع بدون هيئة محاور.
</td>
</tr>
<tr>
<td>متجّه الإزاحة</td>
<td>
يتم تعريف متّجه الازاحة باستخدام الطرح المتّجه، بواسطة:

$$\overrightarrow{\Delta r} = \vec{r} - \vec{r}_0$$

وفقًا لتعريف متّجه الازاحة، يكون ذنبه في بداية الحركة ورأسه في نهاية الحركة.

لا يتعلق متّجه الازاحة بهيئة المحاور التي تم اختيارها، (في الكنيماتيكا يتعلق متّجه الموقع فقط بهيئة المحاور).

مثال لتحديد متّجه الازاحة لجسم يتحرك من النقطة A للنقطة B:



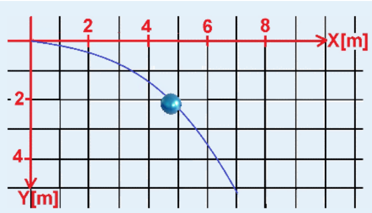
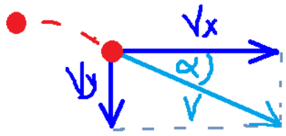
</td>
</tr>
<tr>
<td>متّجه السرعة</td>
<td>
على غرار تعريف السرعة في حركة بخط مستقيم، يتعلق متّجه السرعة طرديًا مع متّجه الازاحة ويتناسب عكسيًا مع زمن الحركة حسب العلاقة التالية.

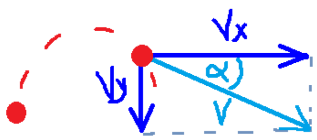
$$\vec{V} = \frac{\overrightarrow{\Delta r}}{\Delta t}$$

من تعريف متّجه السرعة، يكون اتجاه متّجه السرعة في اتجاه متّجه الإزاحة، ويمكن القول أيضًا أنه باتجاه الحركة في أي لحظة.

السرعة الثابتة - هي سرعة لا تتغير في المقدار ولا تتغير في الاتجاه!
</td>
</tr>
</table>

| | |
|---|---|
| متّجه التسارع | على غرار تعريف التسارع في الحركة بخط مستقيم، يتعلق متّجه التسارع طرديًا مع متّجه تغير السرعة وعكسيًا مع زمن تغير السرعة حسب العلاقة التالية:<br>$$\vec{a} = \frac{\overrightarrow{\Delta V}}{\Delta t}$$<br>لا يكون اتجاه متّجه التسارع دائمًا في اتجاه متّجه السرعة، فهو دائمًا في اتجاه متّجه تغير السرعة.<br>أي تغيير في مقدار السرعة أو اتجاه السرعة يسبب تسارعًا. يصف التسارع التغيُر في متّجه السرعة من حيث التغيُر في المقدار وأيضًا من حيث التغيُر في الاتجاه. |
| الرمي الأفقي | تتحرك جميع الأجسام القريبة من سطح الأرض بتسارع مقداره 9.8 مترًا لكل ثانية تربيع. حتى عندما لا يتحركون في خط مستقيم.<br><br>عندما يُلقى جسم في اتجاه أفقي ويتحرك تحت تأثير الجاذبية، فإن حركته تُعرّف على أنها حركة برمي أفقي.<br><br>الحركة بالرمي الأفقي هي حركة بتسارع ثابت.<br><br>يمكن استخدام جميع الدوال الملائمة لحركة بتسارع ثابت في خط مستقيم أيضًا في الحركة في مستوى بتسارع ثابت، لذلك يمكن استخدام جميع الدوال التالية لتحليل الحركة بالرمي الأفقي:<br><br>لاستخدام هذه الدوال في الحركة بمستوى، يجب استخدامها في شكل متجه.<br>$$\vec{V}(t) = \vec{V}_0 + \vec{a} \cdot t$$<br>$$\vec{X}(t) = \vec{x}_0 + \vec{v}_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot \vec{a} \cdot t^2$$<br>$$\vec{v}^2 = \vec{v}_0^{\,2} + 2 \cdot \vec{a} \cdot \vec{\Delta x}$$<br>طريقة أخرى وأكثر شيوعًا لتحليل الحركة بمستوى هي ....<br>مبدأ استقلالية الحركات. |
| مبدأ استقلالية الحركات | بدلاً من وصف حركة الجسم على أنها حركة في مستوى، حركة في اتجاه متغير. يمكن وصف الحركة من حيث المبدأ على أنها مزيج من حركتين في خط مستقيم لا تتعلق كل منهما بالأخرى.<br><br>في الحركات الباليستية ستكون إحدى الحركات أفقية والحركة الأخرى ستكون عمودية.<br>هذا المبدأ يسمى مبدأ استقلال الحركات. |
| مبدأ استقلالية الحركة بالرمي الأفقي | عند رمي الجسم في اتجاه أفقي، ويتحرك تحت تأثير الجاذبية فقط، تُعرَّف حركة الجسم بالرمي الأفقي.<br><br>في الاتجاه الأفقي - لا تعمل قوة الجاذبية في الاتجاه الأفقي لذلك يتحرك الجسم في الاتجاه الأفقي بسرعة ثابتة تساوي سرعة الرمي.<br><br>في الاتجاه العمودي - تعمل قوة الجاذبية، لذلك في الاتجاه العمودي تكون الحركة سقوطًا حرًا من حالة السكون. |

| | |
|---|---|
| **موقع الجسم المتحرك برمي أفقي** | لوصف الحركة الأفقية والعمودية، من الملائم استخدام هيئة محاور نقطة أصلها في نقطة رمي الجسم.<br><br>**<u>في الاتجاه الأفقي</u>** - يتحرك الجسم بسرعة ثابتة، يتم تحديد الموقع الأفقي من خلال:<br><br><br><br><br>$X(t) = V_0 \cdot t$<br><br>**<u>في التجاه العمودي</u>** - يتحرك الجسم في سقوط حر من حالة السكون، فيتم تحديد الوضع العمودي حسب التعبير:<br><br>$Y(t) = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$ |
| **سرعة الجسم المتحرك بالرمي الأفقي** | **<u>في الاتجاه الأفقي -</u>** سرعة الجسم تساوي السرعة التي رُمي **بها الجسم.**<br><br>$V_X = V_0$<br><br>**<u>في الاتجاه العمودي -</u> تتغير سرعة الجسم وفقًا لتحرك الجسم في سقوط حر من حالة السكون.**<br><br>$V_Y = g \cdot t$<br><br>**حسب مبادئ المتّجه، يمكن ايجاد مقدار واتجاه متجه السرعة في أي لحظة ما اعتمادًا على متّجه السرعة الأفقي ومتّجه السرعة العمودي.**<br><br><br><br><br>$X = X_0 + V \cdot t$<br>$X = V_0 \cdot t \Rightarrow t = \frac{X}{V_0}$<br><br>$Y = Y_0 + V_{Y0} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$<br>$Y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$<br><br>$Y = \frac{1}{2} \cdot g \cdot \left(\frac{X}{V_0}\right)^2 = \frac{g \cdot X^2}{2 \cdot V_0^2}$ |
| **معادلة المسار الملائم للرمي الأفقي** | **معادلة المسار هي دالة تصف الموقع العمودي كدالة للموقع الأفقي، فهي تصف المحل الهندسي لجميع النقاط التي يمر بها الجسم خلال حركته.**<br><br>$Y = \frac{g \cdot X^2}{2 \cdot V_0^2}$<br><br>**لقد طوّرنا الدالة من استخراج تعبير لزمن حركة الجسم من دالة الموقع للزمن في الحركة الأفقية وتعويضه في دالة الموقع للزمن في الحركة العمودية.**<br><br>**باستخدام معادلة المسار، من الممكن ربط مجموعة النقاط التي يمر من خلالها الجسم وبين مقدار سرعة الرمي الأفقية. وتطوير تعبير عن معادلة المسار الملائم للرمي الأفقي.**<br><br>**معادلة المسار هذه ملائمة فقط لجسم تم رميه في اتجاه أفقي.** |

| | |
|---|---|
| **الرمي بزاوية** | **عندما يتم رمي جسم بزاوية بالنسبة إلى الأفق، تُدعى حركة الجسم بالرمي بزاوية.**<br>**الرمي الأفقي والرمي العمودي هي حالة خاصة للرمي بزاوية.**<br>**يمكن تحليل الرمي بزاوية بطريقة متجهة أو باستخدام مبدأ استقلالية الحركة.** |
| **مبدأ استقلالية الحركات الرمي بزاوية** | **في الاتجاه الأفقي** - يتحرك الجسم بسرعة ثابتة تساوي مركبة سرعة الرمي في الاتجاه الأفقي - $V_{0X}$.<br>**في الاتجاه العمودي -** الجسم في رمي عمودي لأعلى بسرعة مساوية للمركب العمودي لسرعة الرمي $V_{0Y}$<br>$$V_{0X} = V_0 \cdot COS(\alpha)$$<br>$$V_{0Y} = V_0 \cdot sin(\alpha)$$ |
| **موقع جسم متحرك في الرمي بزاوية** | لوصف الحركة الأفقية والعمودية ، من الملائم استخدام هيئة محاور نقطة أصلها بالنقطة التي تم رمي الجسم. من أجل أن يكون الموقع العمودي موجبًا، من الملائم اختيار محور حركة نحو الأعلى.<br>**في الاتجاه الأفقي -** يتحرك الجسم بسرعة ثابتة.<br>يتم تحديد الوضع الأفقي حسب:<br>$$X = X_0 + V_{0X} \cdot t = V_0 \cdot cos(\alpha) \cdot t$$<br>**في الاتجاه العمودي -** يتحرك الجسم في رمي عمودي نحو الأعلى. المحور العمودي للحركة نحو الأعلى، وبالتالي فإن التسارع سالب.<br>يتم تحديد الوضع العمودي حسب:<br>$$Y = Y_0 + V_{0Y} \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2 = V_0 \cdot sin(\alpha) \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$ |
| **سرعة جسم يتحرك في الرمي بزاوية** | **في الاتجاه الأفقي** - سرعة الجسم تساوي مقدار السرعة التي رُمي بها الجسم.<br>$$V_x(t) = V_{0X} = V_0 \cdot cos(\alpha)$$<br>**في الاتجاه العمودي** - تتغير سرعة الجسم وفقًا لحركة جسم يسقط سقوطًا حرًا من حالة السكون.<br>$$V_y(t) = V_{0y} + a \cdot t = V_0 \cdot sin(\alpha) - g \cdot t$$<br>**يمكن ايجاد مقدار واتجاه متّجه السرعة في أي لحظة اعتمادًا على متّجه السرعة الأفقي ومتّجه السرعة العمودية:**<br><br>$$V = \sqrt{V_X{}^2 + V_Y{}^2} \qquad tan(\alpha) = \frac{V_Y}{V_X}$$ |

| معادلة المسار الملائمة للرمي بزاوية | معادلة المسار هي دالة تصف الموقع العمودي اعتمادًا على الموقع الأفقي، فهي تصف المحل الهندسي لجميع النقاط التي يمر من خلالها الجسم. |
| --- | --- |

$$y = X \cdot \tan(\alpha) - \frac{g \cdot X^2}{2 \cdot {v_0}^2 \cdot \cos^2(\alpha)}$$

لقد طوّرنا الدالة من استخراج التعبير عن زمن الحركة من دالة الموقع للزمن في الحركة الأفقية وتعويضه في دالة الموقع للزمن في الحركة العمودية. يجب استخدام التعبير:

$$\tan(\alpha) = \frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)}$$

باستخدام معادلة المسار، من الممكن ربط مجموعة النقاط التي يمر من خلالها الجسم بمقدار السرعة التي رُمي بها أفقيًا.

معادلة المسار في الرمي الأفقي هي حالة خاصة لمعادلة المسار في الرمي بزاوية.

(إذا قمنا بتحديد قيمة الزاوية على صفر، نحصل على معادلة مسار ملائمة للرمي الأفقي، نسبة لمحور عمودي نحو الأعلى).

<u>تطوير معادلة المسار الملائمة للرمي بزاوية:</u>

$$X = X_0 + v_{0x} \cdot t$$

$$X = v_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot t$$

$$t = \frac{X}{v_0 \cdot \cos(\alpha)}$$

$$y = y_0 + v_0 \cdot t + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t^2$$

$$y = v_{0y} \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

$$y = v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

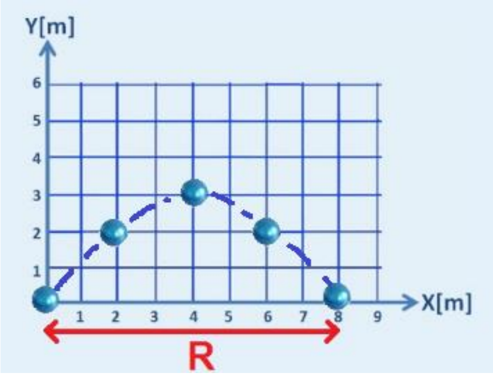
$$y = v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot \frac{X}{v_0 \cdot \cos(\alpha)} - \frac{1}{2} \cdot g \cdot \left(\frac{X}{v_0 \cdot \cos(\alpha)}\right)^2$$

$$y = \frac{v_0 \cdot \sin(\alpha) \cdot X}{v_0 \cdot \cos(\alpha)} - \frac{g \cdot X^2}{2 \cdot {v_0}^2 \cdot \cos^2(\alpha)}$$

$$y = \frac{\cancel{v_0} \cdot \sin(\alpha) \cdot X}{\cancel{v_0} \cdot \cos(\alpha)} - \frac{g \cdot X^2}{2 \cdot {v_0}^2 \cdot \cos^2(\alpha)} \qquad \tan(\alpha) = \frac{\sin(\alpha)}{\cos(\alpha)}$$

$$y = X \cdot \tan(\alpha) - \frac{g \cdot X^2}{2 \cdot {v_0}^2 \cdot \cos^2(\alpha)}$$

يستغرق تطوير المعادلة وقتًا، ومن المهم الوصول إلى امتحان البجروت مع القدرة على تطوير التعبير. هذا التعبير غير مُعطى في أوراق القوانين.

| | |
|---|---|
| مدى الرمي | مدى الرمي هو أقصى مسافة أفقية يقطعها الجسم الذي رمي بزاوية من سطح الأرض، على سطح أفقي.<br><br>مدى الرمي مُعطى بالتعبير التالي:<br><br>$R = \frac{V_0^{2} \cdot \sin(2\alpha)}{g}$<br><br><br><br>من أجل تطوير التعبير لمدى الرمي، يجب التعبير عن الزمن الذي يمر من لحظة رمي الجسم حتى عودته إلى الارتفاع الذي رُمي به الجسم من الحركة العمودية، ثم يتم ضرب هذا الزمن في مركّب سرعة رمي الجسم $V_{0x}$.<br>بالإضافة إلى ذلك، يجب استخدام المتطابقات المثلثية:<br><br>$\sin(2\alpha) = 2 \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)$<br><br><u>تطوير المدى الأفقي:</u><br><br>$y = y_0 + v_0 \cdot t' + \frac{1}{2} \cdot a \cdot t'^{2}$ $\qquad X = X_0 + V \cdot t$<br><br>$t' = \frac{\cdot V_0 \cdot \sin(\alpha)}{g}$ $\qquad R = 0 + V_{0x} \cdot t'$<br><br>$R = V_0 \cdot \cos(\alpha) \cdot \frac{2 \cdot V_0 \cdot \sin(\alpha)}{g} = \frac{V_0^{2} \cdot 2 \cdot \sin(\alpha) \cdot \cos(\alpha)}{g} = \frac{V_0^{2} \cdot \sin(2\alpha)}{g}$ |
| حركة جسمان يتحركان بمستوى | تتركز الأسئلة التي تتناول حركة جسمين يتحركان في مستوى بزمن وموقع الالتقاء.<br>تلتقي الأجسام في اللحظة التي يكون فيها الموقع الأفقي للأجسام متساوٍ وكذلك الموقع العمودي يكون متساويًا أيضا.<br>لمعرفة زمن الالتقاء، نكتب دالة الموقع للزمن لكل جسم، وزمن الحركات العمودية والحركات الأفقية. ونقارن الدوال الأفقية على حدة، ونقارن الدوال العمودية على حدة.<br><br>$Y_1(t) = Y_2(t)$ $\qquad X_1(t) = X_2(t)$<br><br>عادة في أسئلة البجروت، يتحرك جسم واحد في خط مستقيم والجسم الآخر يتحرك في حركة بمستوى. |