الفيزياء

الفهرس

الوحدة الأولى: وحدات القياس الأساسية والمكملة

علم الفيزياء

مقدمة

إن التعبير عن الكميات في علم الفيزياء لا بد أن يكون من خلال الأرقام والوحدات المناسبة وهو ما يكفي لوصفها وصفًا صحيحًا كما أنَّ علم الفيزياء لم يكن ليصل إلى ما وصل إليه من دور ريادي في تحقيق الإنجازات العلمية والتقنية لو لم يكن علمًا دقيقًا ذلك أن جميع مسائله النظرية والعملية تحتم علينا التعامل مع كميات مقيسة ويتم التعبير عنها بدلالة رقم ووحدة قياس مناسبة متفقٌ عليها ومتوافقة مع الكمية المطلوب قياسها وهذا ما يقودنا بالضرورة إلى دراسة مسألتين مهمتين، وهما:

١- الوحدات (وحدات قياس الكميات البُعدية)measurement units of dimensional quantities

٢- الأبعاد (أو الأسس الرياضية لوحدات القياس) units dimensions

وهاتان المسألتان هما مضمون هذه الوحدة التعليمية إذ إننا سنقدم من خلالها تعريفًا علميًّا لمجمل وحدات القياس المتداولة وسنوضِّح مفهومها بُعديًّا ونبيّن بعد ذلك ضرورة التوافق بين وحدات القياس وأبعادها وفوائد كل ذلك في الاستخدامات التطبيقية والنظرية.

وحدات القياس

الوحدات الأساسية والمكملة في النظام الدولي

وحدات القياس موضوع أساسي في العلوم النظرية والتطبيقية والوحدات الثلاثة الأساسية المتر، الكيلوغرام، الثانية هي وحدات قياس الكميات الثلاثة الأساسية الطول، الكتلة، الزمن والمتداولة في دراسة علم الميكانيكا قد تمَّ زيادتها لاستكمال وحدات النظام الدولي للقياس ليكون شاملاً لباقي الفروع العلمية كالكهرباء والديناميكا الحرارية وغيرها وذلك بإضافة أربع كميات أساسية أخرى وهي: الكلفن، الأمبير، الشمعة، المول وهي وحدات قياس الكميات الأربعة الأساسية الأخرى درجة الحرارة، التيار الكهربائي، شدة الإضاءة، كمية المادة ثم تلا ذلك إضافةُ الراديان كوحدة لقياس الزاوية المستوية والستراديان لأنها وحدة لقياس الزاوية المجسمة.

إن هذا النظام هو النظام الدولي للقياس International System واختصارًا (SI) وذلك عن التعبير الفرنسي System International

الأنظمة المعيارية في مجال القياسات

وقد شاع استخدام ثلاثة أنظمة معيارية في مجال القياسات، وهي:

١- النظام المتري The Metric System

٢- النظام الكاوسي The Gaussian system (CGS)

٣- النظام البريطاني The British System (FPS)

ومن الجدير بالذكر هنا أن أهمية كلا النظامين الثاني والثالث بدأت تتلاشى تدريجيًا مع ازدياد الاهتمام بالنظام الدولي للقياس

١. النظام المتري The Metric System

تقاس الكميات الثلاثة الأساسية في هذا النظام الطول بالمتر، والكتلة بالكليوغرام، والزمن بالثانية ويعرف هذا النظام بنظام (MKS system) وهي الأحرف الثلاثة الأولى من أسماء وحدات القياس الثلاثة باللغة الإنكليزية (Meter, Kilogram, Second) تضاف إليها وحدة قياس درجة الحرارة المعروفة بالكلفن Kelvin ويشار إليها اختصارًا (K).

٢. النظام الكاوسي The Gaussian system (CGS)

تقاس الكميات الثلاثة الأساسية في هذا النظام الطول بالسنتيمتر، والكتلة بالغرام، والزمن بالثانية ومن الواضح أنه يُستخدم مع الكميات الصغيرة مقارنة بنظام (MKS) ذلك أن السنتيمتر هو جزء من مائة من المتر والغرام هو جزء من ألف من الكيلوغرام ينسب هذا النظام إلى العالِم Gauss أما(CGS system) ، فهي الأحرف الثلاثة الأولى من أسماء وحدات القياس المستخدمة في هذا النظام باللغة الإنجليزية (Centimeter, Gram, Second) وتقاس درجة الحرارة في هذا النظام أيضًا بالكلفن (K) مثله في ذلك مثل النظام المتري.

٣. **النظام البريطاني The British System (FPS)**

تقاس الكميات الثلاثة الأساسية في هذا النظام الطول بالقدم، والكتلة بالباوند، والزمن بالثانية ويعرف هذا النظام بنظام (FPS System) وهي الأحرف الثلاثة الأولى من أسماء وحدات القياس الثلاثة باللغة الإنجليزية (Foot, Pound, Second) وتقاس درجة الحرارة في هذا النظام بالفهرنهايت Fahrenheit.

وحدات القياس في النظام الدولي

يقدم الفيديو التالي تعريفات أولية ميسرة عن أهم وحدات القياس في هذا النظام (الطول، الكتلة، الزمن)، إضافة إلى الكلفن، والأمبير، والشمعة والمول وذلك لكي تساعد المتدرب على الفهم والاستيعاب حيثما مرت معه لأنه النظام المعتمد في وحدات هذا الكتاب جميعها.

https://www.youtube.com/watch?v=Y4Yl1IEHAz4&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=4

الأبعاد

نظرية التوافق بين الوحدات والأبعاد

إن الكمية الفيزيائية بصفة عامة توصف من خلال مقدار عددي متبوع بوحدة خاصة به من الجنس نفسه أي متوافقة معه من حيث الوحدات والأبعاد وتسمى هذه النظرية نظرية التوافق بين الوحدات والأبعاد وتم استخدامها في مجالات عديدة، والتي يمكن إجمالها بالآتي:

١- التأكد من سلامة وصحة القوانين الفيزيائية

٢- استنتاج بعض القوانين الفيزيائية

٣- استنتاج وحدات الثوابت في القوانين الفيزيائية

٤- التحويل من نظام إلى آخر كالتحويل من نظام (MKS) إلى (CGS) وبالعكس

وحدات قياس الكميات الفيزيائية

تنقسم إلى كميات رئيسة، وكميات مركبة أما وحدات قياس الكميات الكهربائية فهي في غالبيتها تحمل أسماء فيزيائيين كبار مثل كولومب Coulomb، وفولت Volt، وسواهم، وهي وحدات مركبة وليست أساسية أو سهلة.

- **الكميات الرئيسية**

الوحدات عمومًا سبع كميات رئيسة، وهي الطول، والكتلة، والزمن، ودرجة الحرارة، وشدة التيار الكهربائي وشدة الإضاءة، وكمية المادة، ومن الممكن التعبير عنها بالأحرف الكبيرة ذات الأقواس المربعة الآتية، وهي ما تسمى بالمعقوفتين إن هذه الرموز داخل الأقواس المربعة مع أسسها، يطلق عليها الأبعاد وهي تأخذ أسسًا مختلفة حينما نستخدمها مع الوحدات المركبة تتراوح ما بين الموجب والسالب مرورًا بالقيمة صفر.

- **الكميات المركبة**

وهي الكميات الفيزيائية التي يمكن التعبير عنها بضرب الوحدات السبع الرئيسة أو قسمتها وسنطبق ذلك على كلٍّ من السرعة والقوة

١-السرعة

تُعَرّف السرعة بأنها الإزاحة المقطوعة خلال وحدة الزمن أي أن السرعة مركبة من كمية الطول، وكمية الزمن وعند التعبير عن كلٍّ من كمية بأبعادها نجد التالي فالرمز الموجود داخل القوسين مع الأس الذي يمثله يعبر عن بُعد الكمية الفيزيائية ففي هذا التطبيق نجد أن [L] وأسه واحد يمثل الإزاحة أما [T] الموجودة في المقام وأسه (١) واحد يمثل الزمن ومن الممكن التعبير مجددًا عن السرعة بالشكل الآتي ذلك أن المتر هو وحدة قياس الطول، والثانية هي وحدة قياس الزمن إذن: (m/s) هي وحدة قياس السرعة في نظام (MKS).

٢-القوة

من المعلوم أن النيوتن هو وحدة قياس القوة في النظام الدولي للقياس وهو اسم العالم الفيزيائي المعروف إسحاق نيوتن والنيوتن هو وحدة مركبة وليست أساسية القوة وفقًا لقانون نيوتن الثاني هي حيث (m) كتلة الجسم، فإن (a)تسارع الجسم والتسارع هو عبارة عن تغير السرعة خلال وحدة الزمن وبما أن وحدة قياس

السرعة هي (m/s) ووحدة قياس الزمن هي (s)، يكون التسارع كالتالي وعليه، فإن القوة التي تجعل كتلة مقدارها (kg١) تسارعًا مقداره (m/s١^٢) ما هي إلا النيوتن، وبما أن: إذًا ونلاحظ هنا أن النيوتن وحدة قياس مركبة من الكميات الثلاثة الكتلة، والطول والزمن، ويمكن تمثيله بُعديًّا على الشكل التالي إذن، النيوتن كما هو موضح أمامك وهذا تعريف للنيوتن على أنه وحدة قياس مركبة وليست أساسية.

الجداول المستخدمة

هذه بعض الجداول التي يجب التعرف عليها؛ لتساعد في حل التطبيقات بسهولة ويسر، وهي:

١- جدول يوضح البدايات التي يمكن إضافتها قبل وحدات النظام الدولي للقياس

٢- جدول الكميات الفيزيائية وأبعاد وحداتها

٣- جدول يبين الحروف اللاتينية في شكليها الصغير والكبير

١. **جدول يوضح البدايات التي يمكن إضافتها قبل وحدات النظام الدولي للقياس**

لجميع وحدات القياس الدولية المتفق عليها سواء الوحدات الأساسية أو المشتقة أجزاء ومضاعفات يمكن إجمالها بهذا الجدول.

٢. **جدول الكميات الفيزيائية وأبعاد وحداتها**

للتسهيل على المتدرب تم جمعُ مجموعةٍ كبيرة من الكميات الفيزيائية المختلفة مع وحدات قياسها وأبعادها وفقًا للنظام الدولي (SI) وعرضها بهذا الجدول.

٣. **جدول يبين الحروف اللاتينية في شكليها الصغير والكبير**

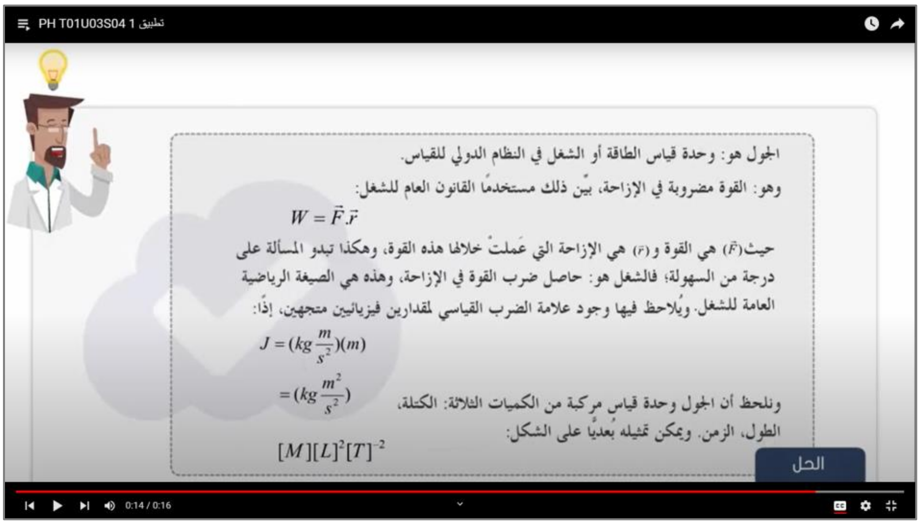
يشمل هذا الجدول الحروف اللاتينية الأساسية والتي يبلغ تعدادها أربعةً وعشرين حرفًا حيث يتم استخدام هذه الرموز اللاتينية للتعبير عن بعض الكميات المشتقة.

ويقدم الفيديو التالي توضيحا للجداول المستخدمة:

https://www.youtube.com/watch?v=T1NVmkULd7Q&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=7

تطبيق (١): طريقة استنتاج الصيغة البعدية للجول

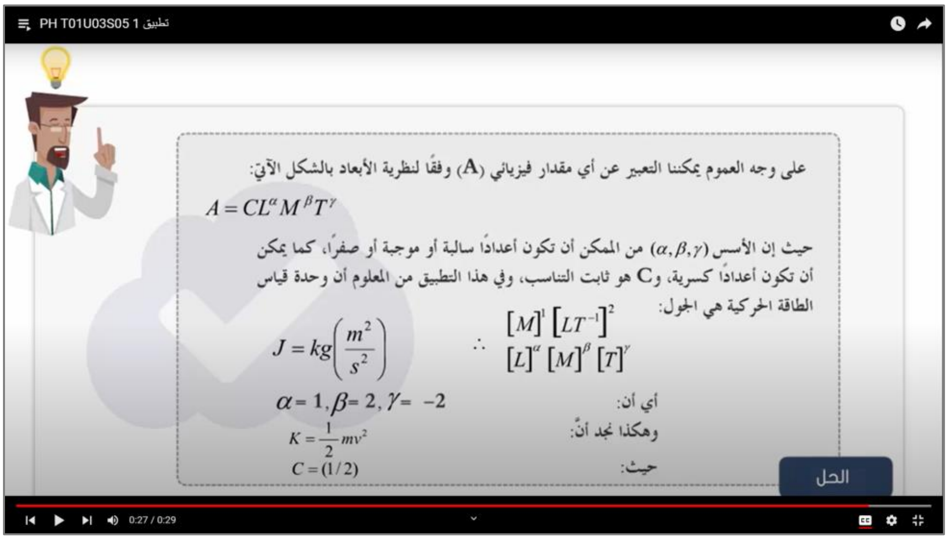
يعرض الفيديو التالي طريقة استنتاج الصيغة البعدية للجول:



https://www.youtube.com/watch?v=Zz6WYuRhmRA&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=8

تطبيق (٢): اشتقاق معادلة الطاقة الحركية باستخدام نظرية التوافق

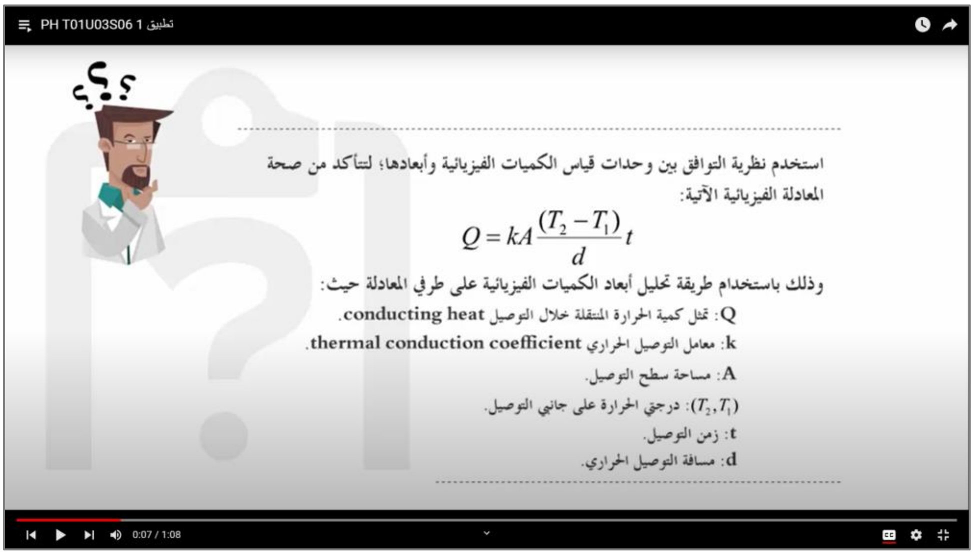
يعرض الفيديو التالي طريقة اشتقاق معادلة الطاقة الحركية باستخدام نظرية التوافق:



https://www.youtube.com/watch?v=qkIQTXNLLAo&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=9

تطبيق (٣): استخدام نظرية التوافق للتأكد من صحة معادلة فيزيائية

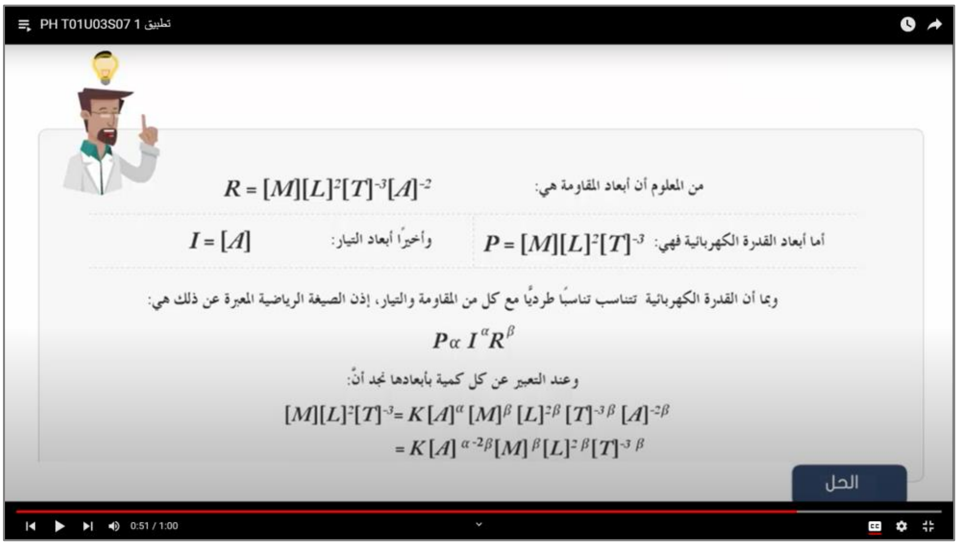
يعرض الفيديو التالي طريقة استخدام نظرية التوافق للتأكد من صحة معادلة فيزيائية:



https://www.youtube.com/watch?v=YKyXX_CAc5w&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=10

تطبيق (٤): استخدام نظرية التوافق لاشتقاق معادلة فيزيائية

يعرض الفيديو التالي طريقة استخدام نظرية التوافق لاشتقاق معادلة فيزيائية:



https://www.youtube.com/watch?v=4LSdrQy4JrI&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=11

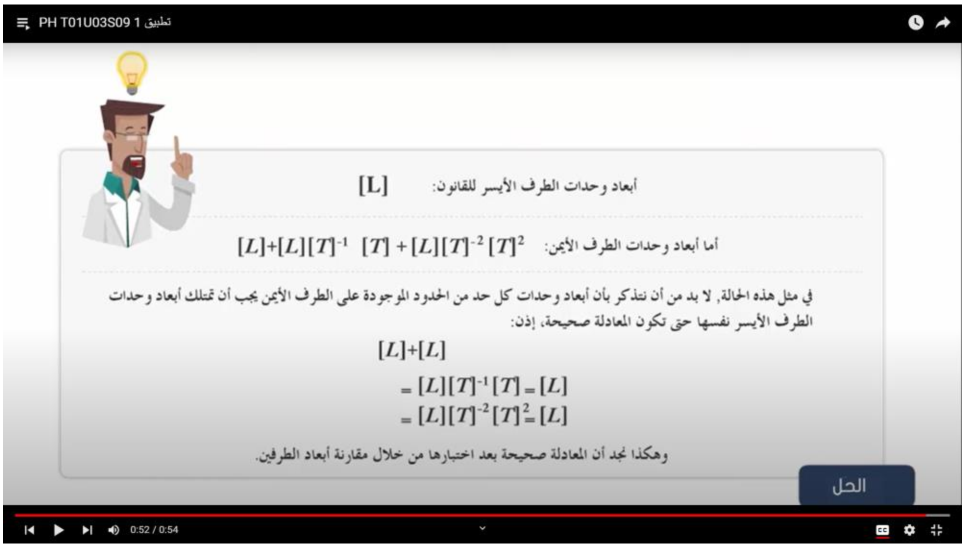
تطبيق (٥): استخدام نظرية التوافق لاشتقاق معادلة فيزيائية تعبر عن المدى الأفقي للقذيفة

يعرض الفيديو التالي طريقة استخدام نظرية التوافق لاشتقاق معادلة فيزيائية تعبر عن المدى الأفقي للقذيفة:

https://www.youtube.com/watch?v=iuNlNaCG_sk&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=12

تطبيق (٦): اختبار صحة القانون باستخدام نظرية الأبعاد

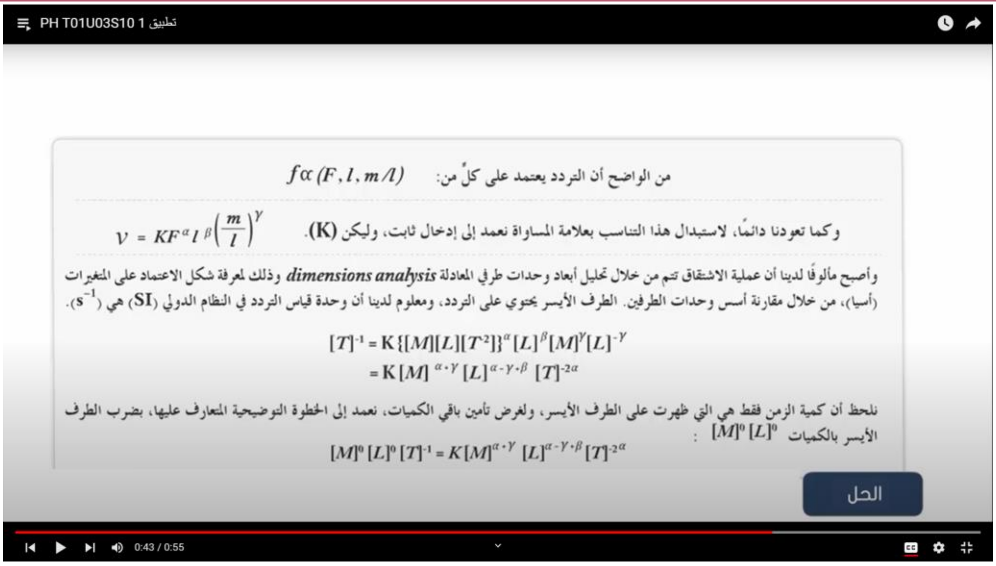
يعرض الفيديو التالي طريقة اختبار صحة القانون باستخدام نظرية الأبعاد:



https://www.youtube.com/watch?v=3do4Fif846I&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=13

تطبيق (٧): اشتقاق المعادلة الرياضية التي تعبر عن التردد

يعرض الفيديو التالي طريقة اشتقاق المعادلة الرياضية التي تعبر عن التردد:



https://www.youtube.com/watch?v=PR_PJ88GpMY&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=14

الوحدة الثانية: الكميات القياسية والمتجهة

الكميات الفيزيائية

أقسام الكميات الفيزيائية

تنقسم الكميات الفيزيائية إلى:

١)الكميات القياسية

٢)الكميات المتجهة

الكمية القياسية:

هي تلك الكمية التي يمكننا أن نعيّنها تعيينًا كاملاً بمعرفة:

١ -مقدارها

٢ -وحدة قياسها

الكمية المتجهة:

هي الكمية الفيزيائية التي يمكننا تعيينها تعيينًا كاملاً بمعرفة كلٍّ من:

١ -مقدارها العددي

٢ -اتجاهها، سواء في المستوى (xy) أو في الفراغ(xyz)

٣ -نقطة تأثيرها

٤ -محور عملها

تمثيل الكميات القياسية:

تُمثَّل الكميات القياسية عادة بعدد متبوع بوحدة قياس مناسبة unit فمثلاً حينما نقول: إن كتلة جسم ما تساوي (٥) دون أن نذكر وحدة قياس الكتلة المستخدمة، فإن ذلك يجعلنا نتساءل هل وحدة القياس هي الكيلو غرام أم الباوند أم الغرام أم ماذا؟ ولكنّنا حينما نقول: إنَّ الكتلة تساوي (5 kg) نكون قد أوضحنا المسألة إيضاحًا تامًّا.

أمثلة الكميات القياسية:

في واقعنا، هناك أمثلة كثيرة جدًّا على الكميات القياسية مثل الزمن والمساحة والحجم والكثافة والطاقة والشحنة ودرجة الحرارة وما إلى هنالك من الكميات التي تُحدَّد بمجرد قياسها تحديدًا تامًّا بعد أن عرفنا ذلك، يمكننا أن نتعامل مع الكميات القياسية باستخدام القواعد الرياضية السهلة في الجبر، كالجمع والطرح والقسمة والضرب.

تمثيل الكميات المتجهة:

من الممكن تمثيل الكمية المتجهة بسهم مرسوم على محور عمله ونستخدم عادةً المحاور الديكارتية لتحديد كلٍّ من المقدار والاتجاه وفق مقياس رسم محدد ومعلوم حيث يكون طول السهم متناسبًا مع مقدار الكمية المتجهة واتجاه السهم يعبِّر عن اتجاه تلك الكمية فعلى سبيل التطبيق، إذا أثرت قوة مقدارها (10 N) على جسم باتجاه الشمال الغربي (N-W direction) فإن هذه القوة يمكن تمثيلها بسهم طوله عشر وحدات طول كل منها تساوي (1 N) ويكون السهم مرسومًا بالاتجاه الذي يطابق اتجاه تأثير القوة على الجسم ومن الجدير بالذكر أنّ الكمية المتجهة يتم تمثيلها برمزٍ وهو حرف لاتيني أو إنجليزي فوقه سهم مثل المتجه A أما مقدارها فيتم بكتابة الحرف (A) دون تحديد الاتجاه وعلى سبيل التطبيق في الشكل الموجود المتجه F يمثل القوة ككمية متجهة أما مقدارها فهو $F = 10$ N

أمثلة الكميات المتجهة:

من الأمثلة المألوفة على الكميات المتجهة القوة، الإزاحة، شدة المجال المغناطيسي، السرعة، التسارع، العزم.

المتجهات

العمليات على المتجهات

السؤال الآن هو هل يمكننا استخدام القوانين الجبرية السهلة كالجمع والطرح والضرب مع الكميات المتجهة؟

إن الإجابة الأولية هي لا يمكن إطلاقًا؛ ذلك أن للكميات المتجهة قوانينها المناسبة الخاصة بها وسنتناول هذه القوانين بشكل موجز في الفيديو التالي:

https://www.youtube.com/watch?v=HdU5SfwxWBk&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=16

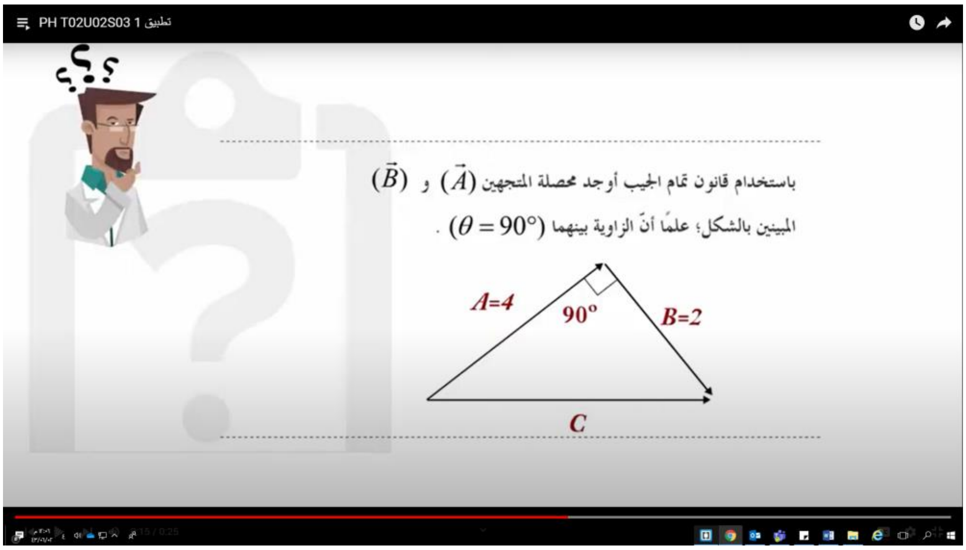
جمع المتجهات بطريقة الرسم البياني

ولتوضيح طريقة جمع المتجهات بطريقة الرسم البياني افرض أن لديك المتجهين A و B وأردنا إيجاد محصلة هذين المتجهين مستخدمين طريقة الرسم البياني نبدأ أولاً بنقل المتجه الأول A نقلاً صحيحًا بجميع مواصفاته الهندسية ثم نبدأ بعد ذلك بنقل المتجه B؛ حيث تكون بدايته عند نهاية المتجه الأول ثم نصل بين بداية المتجه ونهايته، مراعين دقة الرسم الهندسي إنّ المتجه الجديد والذي بدايته عند بداية المتجه A، ونهايته عند نهاية المتجه B هو حاصل جمع المتجهين A و B أي أن المتجه C يساوي المتجه A زائد المتجه B أما القيمة القياسية للمتجه C فتحسب بطريقتين، الأولى هي الطريقة التحليلية والثانية باستخدام ما يسمى بقانون الجيب التمام وهذا يتطلب معرفة مقدار كل من المتجهين A و B وكذلك الزاوية المحصورة بين المتجه الأول A والمتجه الثاني B.

أما الصيغة الرياضية لقانون "الجيب تمام"، فهي وفي هذه الطريقة فإننا نحتاج إلى استخدام المسطرة في حساب الأطوال والمنقلة لحساب الزوايا، ونعمد أيضًا إلى اختيار مقياس رسم مناسب لجميع مقادير القوى التي نريد إيجاد محصلتها حيث إننا سوف نحصل على متجهين فقط مهما كان عدد المتجهات ويمكننا معرفة مقدار كل منهما، وكذلك معرفة مقدار الزاوية بينهما ويسمها البعض أحيانا "الطريقة الحسابية".

تطبيق ١

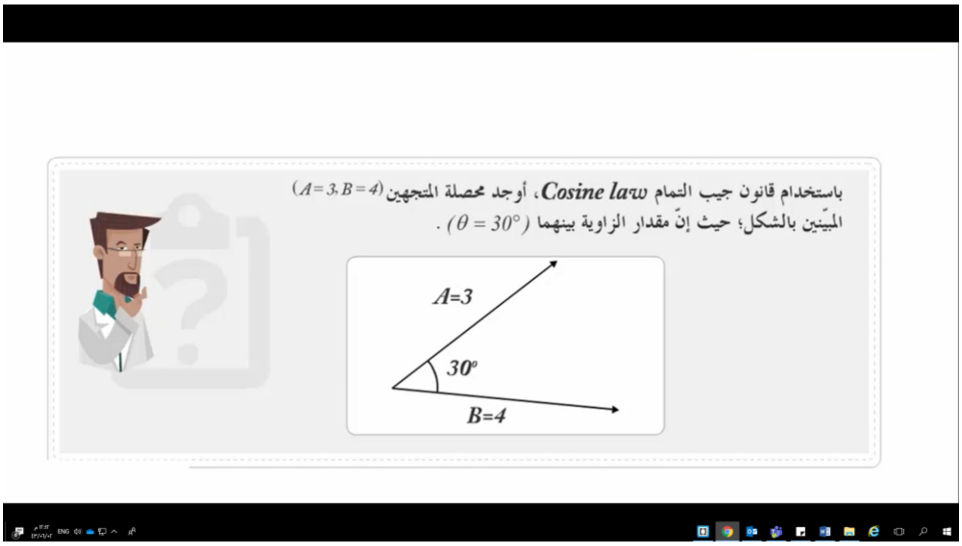
باستخدام قانون الجيب تمام أوجد محصلة المتجهين A و B المبينين بالشكل في الفيديو أمامك علمًا أنّ الزاوية بينهما ثيتا تساوي ٩٠ درجة



https://www.youtube.com/watch?v=3rZw_PAWWvY&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=18

تطبيق ٢

باستخدام قانون الجيب تمام، أوجد محصلة المتجهين A وB المبيّنين بالشكل حيث إنّ مقدار الزاوية بينهما ثيتا تساوي ٣٠ درجة.



https://www.youtube.com/watch?v=6MRyqiS37JI&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=19

تطبيق ٣

قوتان، مقدار الأولى F1 تساوي ٦ نيوتن ومقدار الثانية F1 تساوي ٩ نيوتن، تؤثران في نقطة مادية (P) باستخدام قانون الجيب تمام أوجد حسابيًّا محصلة هاتين القوتين إذا كانت الزاوية بينهما ثيتا تساوي ١٢٠ درجة

https://www.youtube.com/watch?v=4D0q3jAVJJQ&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=20

خصائص جمع المتجهات

من خصائص جمع المتجهات:

١- **الخاصية التبادلية**: إذا كان لدينا المتجهان A و B فإن المتجه A زائد المتجه B يساوي المتجه B زائد المتجه A.

٢- **الخاصية الترافقية**: في حالة الجمع الاتجاهي لثلاث كميات (A و B و C) فإن: A زائد B زائد C يساوي C زائد B زائد A ومن الجدير بالذكر هنا أن المتجه A لا يساوي المتجه سالب A أي أن المتجه A زائد المتجه سالب A يساوي صفرًا.

طرح المتجهات

هي العملية الثانية بعد الجمع؛ وذلك لتحديد حاصل طرح الكميات المتجهة وهي تستند أصلاً في معناها إلى ما سبق ذكره حول الجمع الاتجاهي مع مراعاة أن المتجه (B) لا يساوي المتجه (–B) إذن، المتجه A ناقص المتجه B يساوي المتجه A زائد المتجه سالب B أي أن عملية الطرح الاتجاهي تمت بإضافة المتجه سالب B إلى المتجه A أما عملية الضرب الاتجاهي فسوف نناقشها بعد أن نتعرف على متجهات الوحدة في الفقرات القادمة من هذه الوحدة.

المتجهات ومركباتها (طريقة التحليل)

١- خصائص المحاور المتعامدة عند نقطة التقاطع ذات الإحداثيات (٠,٠) والاتجاهين السالب والموجب للمحاور

٢- استخدام النظرية المعروفة والشهيرة في المثلثات المتعامدة نظرية فيثاغورس- لإتمام العمليات الحسابية

٣- الاستفادة المباشرة من النسب المثلثية الثلاثة الجيب (sin) والجيب تمام (Cos)، والظل (tan) لمعرفة ما يتعلق بتحديد الكمية المتجهة، مقادير مركباتها وتحديد اتجاهها.

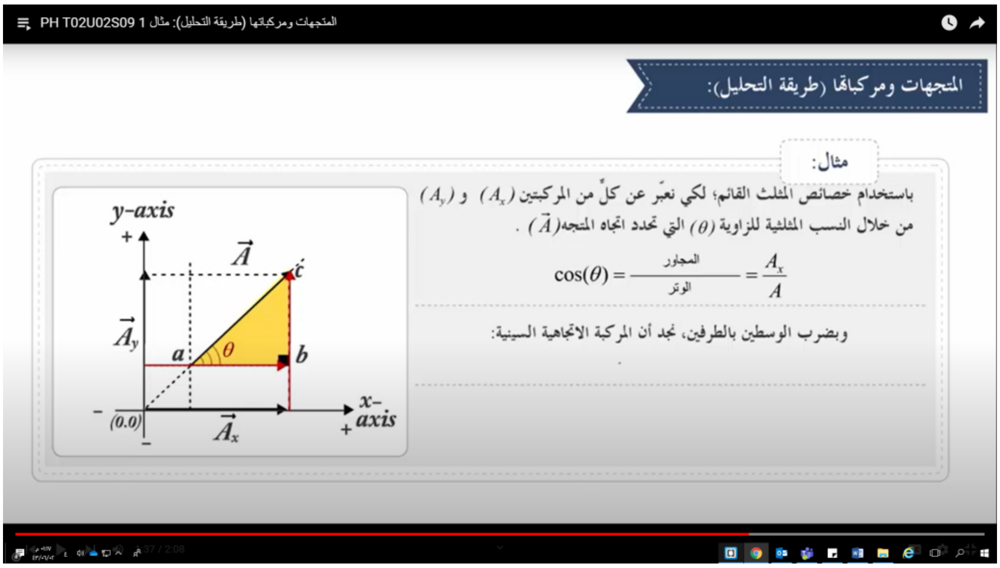
المتجهات ومركباتها (طريقة التحليل): مثال

انظر الشكل في الفيديو التالي ولاحظ الآتي:

١- A x و A y هما: المركبتان العموديتان للمتجه A

٢- من الممكن عمليًا نقل المتجه أو مركباته السينية والصادية ما دمنا نحافظ على مقداره واتجاهه كما يمكننا التعامل مع الحالة الجديدة كما كنا نتعامل مع الحالة قبل النقل ثم لاحظ المثلث القائم (a b c)، ضلعاه القائمان هما المتجهان A x وA y والمتجه A يعمل على الخط المار من نقطة الأصل (٠,٠) حيث يعد هذا الخط محور عمله

٣- بعد ذلك يمكننا استخدام خصائص المثلث القائم كما يوضح الفيديو التالي.



https://www.youtube.com/watch?v=Mb30UukAtUs&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=24

المتجهات ومركباتها (طريقة التحليل) الحالات الخاصة للزاوية

الحالات الخاصة للزاوية (θ)

بما أن المحورين (x,y) متعامدان سنناقش الآن بعض الحالات الخاصة للزاوية θ

١- حينما تكون الزاوية θ تساوي ٩٠ درجة، هذا يؤدي إلى أن

$Ax=A\cos(90°)=0$

أي أن المركبة السينية للمتجه تساوي الصفر بينما:

$Ay=A\sin(90°)=A$

أي أن المركبة الصادية للمتجه تساوي المتجه نفسه وهي أعلى قيمة للمركبة الصادية Ay

٢- حينما تكون الزاوية θ تساوي الصفر هذا يؤدي إلى أن:

$Ax=A\cos(0°)=A$

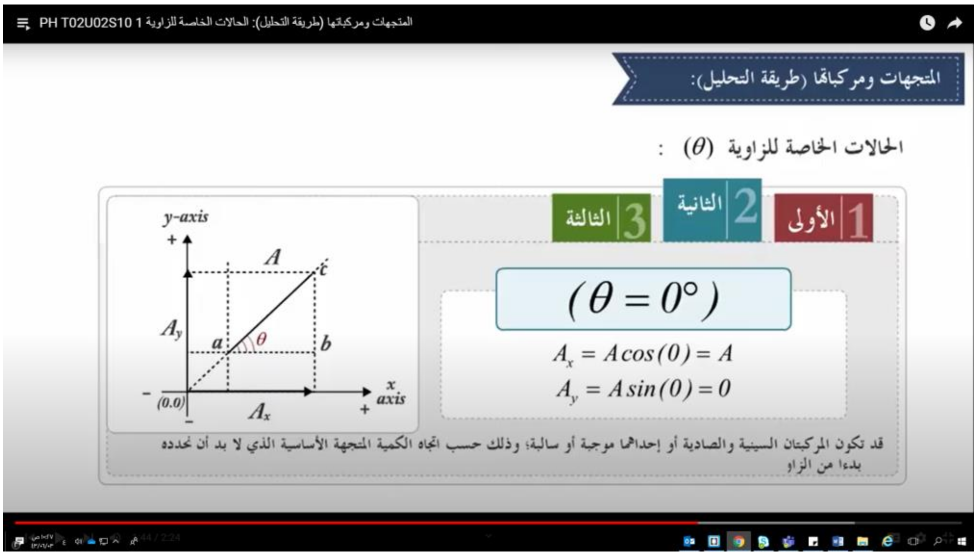
أي أن المركبة السينية تساوي المتجه نفسه، وهي أعلى قيمة للمركبة السينية Ax

بينما:

$Ay=A\sin(0°)=0$

أي أن المركبة الصادية تساوي الصفر ولكن على وجه العموم، قد تكون المركبتان السينية والصادية أو إحداهما موجبة أو سالبة؛ وذلك حسب اتجاه الكمية المتجهة الأساسية الذي لا بد أن نحدده بدءًا من الزاوية عند المحور السيني الموجب ثم نكمل الحركة بعكس اتجاه حركة عقارب الساعة، وذلك بقدر زاوية المتجه بقسمة المعادلة Ay على المعادلة Ax تنتج المعادلة الأخيرة والتي لها أهمية بالغة حيث تستخدم لتحديد اتجاه المحصلة.

والفيديو التالي يوضح ذلك بالتفصيل:



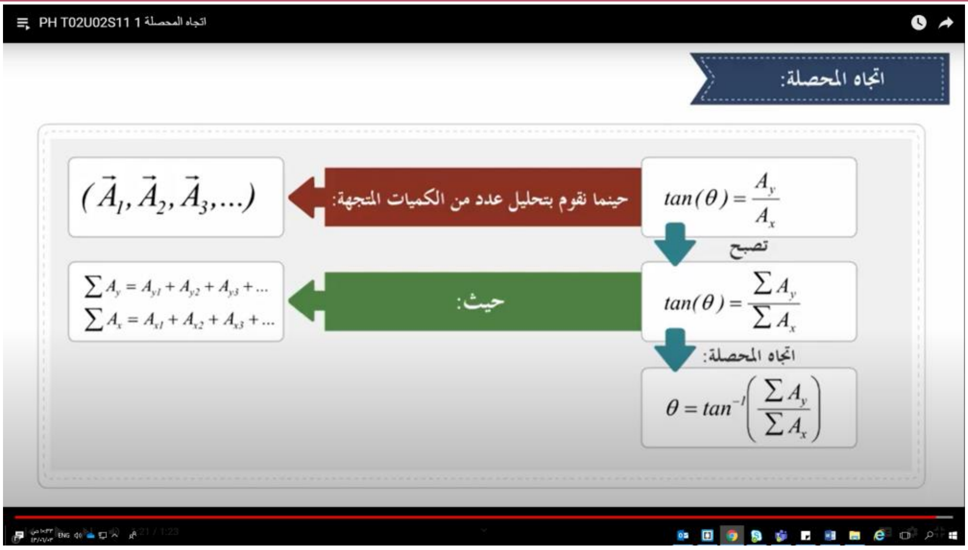
https://www.youtube.com/watch?v=NikNLiI1aAI&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=26

اتجاه المحصلة

كما ذكرنا سابقاً أن المعادلة:

$\tan(\theta)= Ay/Ax$

ويوضح الفيديو التالي طريقة احتساب اتجاه المحصلة بناء على ذلك:



https://www.youtube.com/watch?v=OCp3VA4kmCI&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=26

مثال لإيجاد اتجاه ومقدار المتجه

من خلال تحديد القيمة القياسية للطرف الأيمن للمعادلتين (١) و(٢) بحسب الحالة المطلوبة يمكننا تحديد الاتجاه، سواءً كان ذلك لمتجهٍ واحدٍ أو لمحصلة مجموعة من المتجهات فمثلاً حينما يكون الطرف الأيمن للمعادلة (١) مساويًا للواحد فإننا بعد التعويض نحصل على أن:

$(\theta=45°)$

أي أن اتجاه المتجه يصنع زاوية مقدارها ٤٥ درجة مع محور السينات أما لمعرفة مقدار المتجه فمن الشكل، نجد أن أضلاع المثلث القائم تمثل الآتي:

Ax وAy المركبتان السينية والصادية، وهما الضلعان القائمان في المثلث

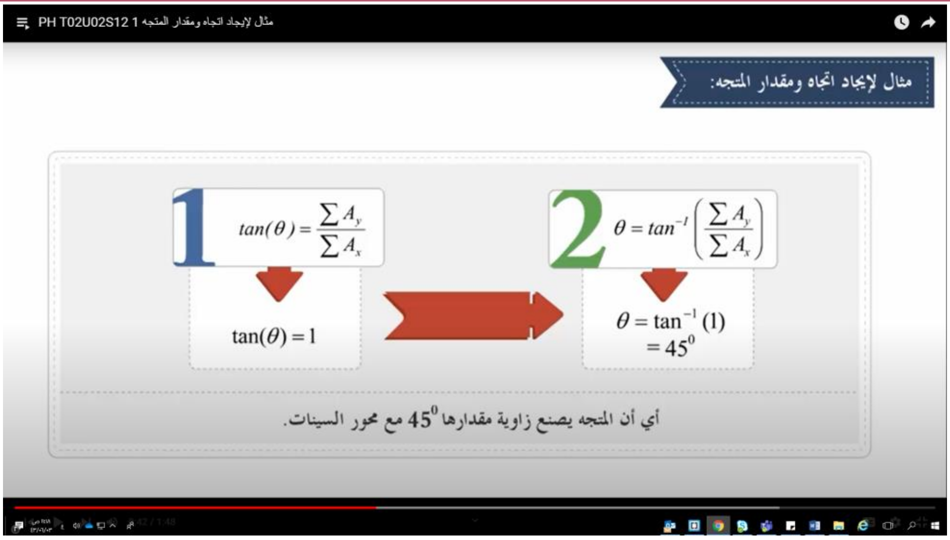
بينما المتجه (A) هو: وتر المثلث، وباستخدام نظرية فيثاغورس

نجد أنّ:

$A^2=A^2x+A^2y$

وهذا هو مقدار المتجه A في حال معرفة كلٍّ من المركبتين Ax و Ayالمتجه واحد.

والفيديو التالي يوضح ذلك بالتفصيل:

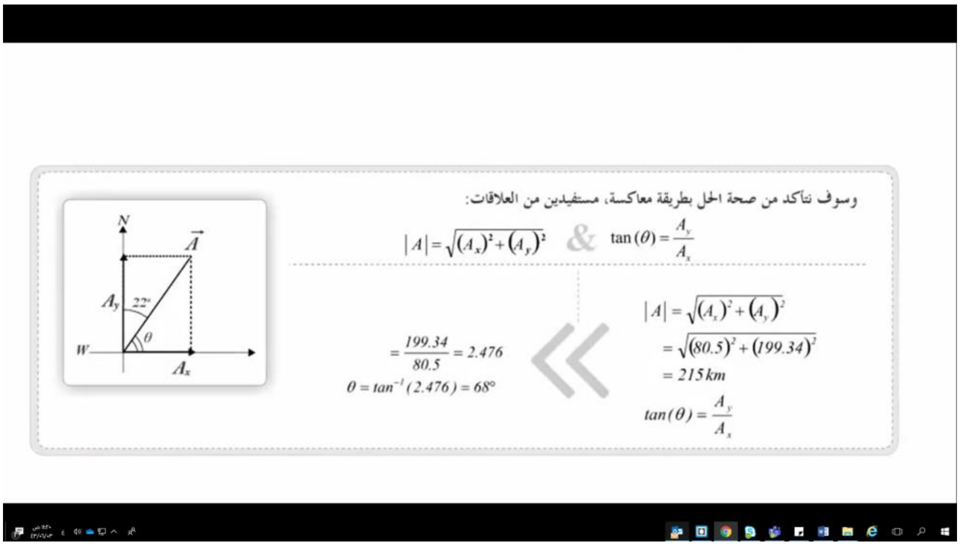


https://www.youtube.com/watch?v=yBZcxGBO9OA&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=27

تطبيق

غادرت أرض المطار طائرة صغيرة، وبعد مدة من الزمن أعطت إشارة إلى برج المراقبة أنها على بعد ٢١٥ km (وباتجاه يصنع زاوية (٢٢°) من الشرق إلى الشمال) فكم تبعد الطائرة عن برج مراقبة المطار في الاتجاهين شرقًا وشمالاً؟

ويوضح الفيديو التالي خطوات الحل:



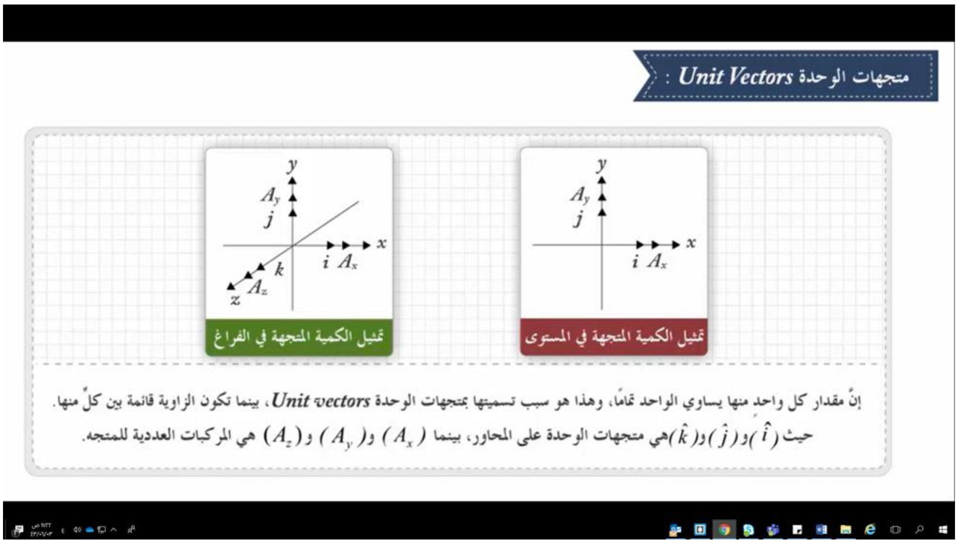
https://www.youtube.com/watch?v=qOTYsxOcl1I&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=28

متجهات الوحدة

إنَّ تمثيل الكمية المتجهة، سواء في المستوى أو في الفراغ يمكن أن يتمَّ باستخدام نظام المحاور الثلاثية المتعامدة (x,y,z) مع متجهات الوحدة الخاصة بها؛ أي أننا نمثل المتجه بُعديًّا والمقصود بالتمثيل تعيين المتجه

مقدارًا واتجاهًا وهذا ما يدعو إلى اعتماد متجهات الوحدة على المحاور الثلاثية المتعامدة للتعبير عن الكمية المتجهة إنَّ مقدار كل واحدٍ منها يساوي الواحد تمامًا وهذا هو سبب تسميتها بمتجهات الوحدة، بينما تكون الزاوية قائمة بين كلٍّ منها حيث المتجه (i) والمتجه (j) والمتجه (k) هي متجهات الوحدة على المحاور بينما المتجه (Ax)والمتجه (Ay) والمتجه (Az) هي المركبات العددية للمتجه.

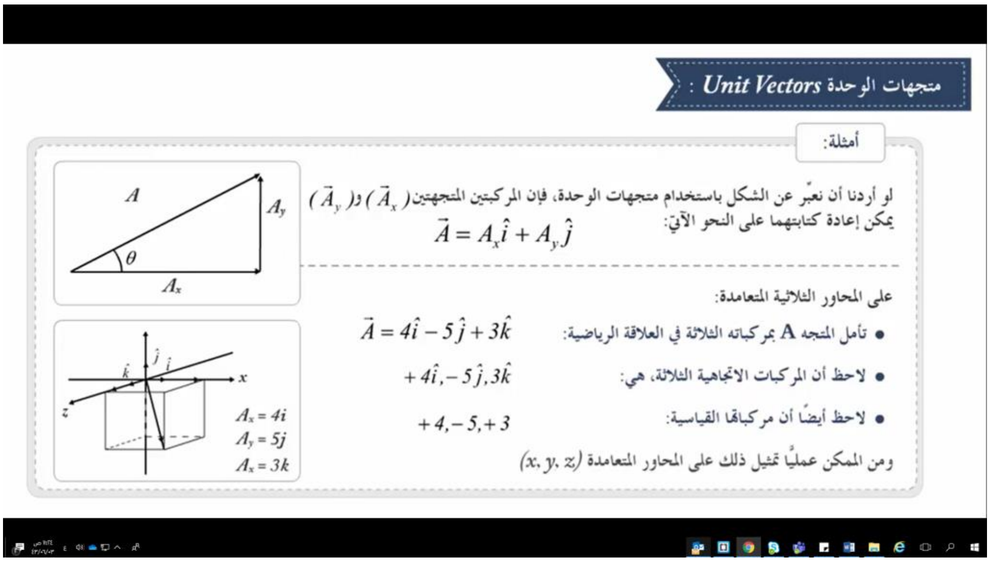
ويوضح الفيديو التالي ذلك بالتفصيل:



https://www.youtube.com/watch?v=Tr85qzV9rjg&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=29

أمثلة:

لو أردنا أن نعبِّر عن الشكل الموضح أمامك باستخدام متجهات الوحدة فإن المركبتين المتجهتين يمكن إعادة كتابتهما كما يوضح الفيديو المقابل. أما على المحاور الثلاثية المتعامدة، فتأمل التطبيق المقابل. ثم لاحظ أن المركبات الاتجاهية الثلاثة هي كالآتي ولاحظ أيضًا مركباتها القياسية ومن الممكن عمليًّا تمثيل ذلك على المحاور المتعامدة (xyz) كما يوضح الفيديو التالي:

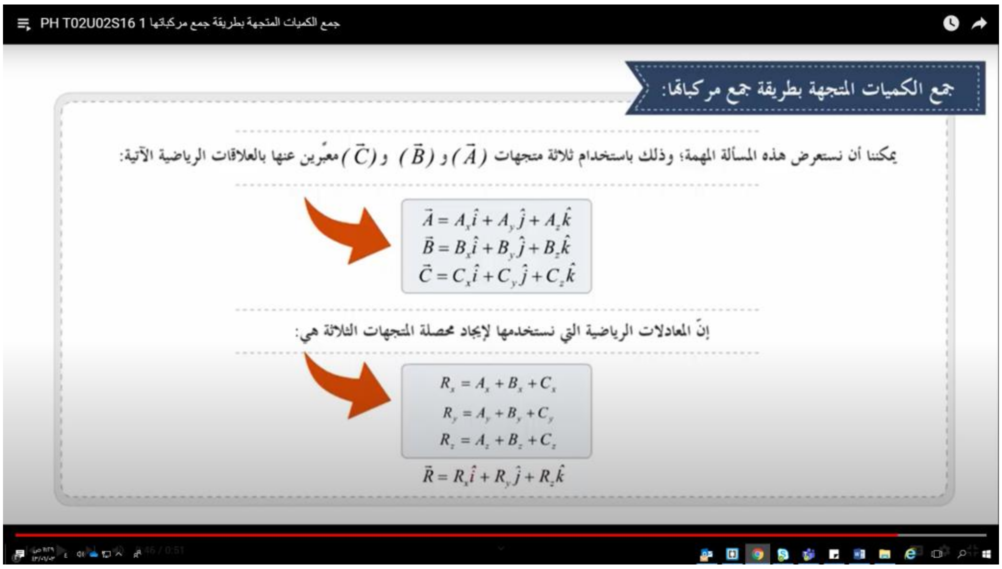


https://www.youtube.com/watch?v=vAUPRcPbzcA&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=30

جمع الكميات المتجهة بطريقة جمع مركباتها

يمكننا أن نستعرض هذه المسألة المهمة؛ وذلك باستخدام ثلاثة متجهات هي A وB وC معبِّرين عنها بالعلاقات الرياضية الآتية إنّ المعادلات الرياضية التي نستخدمها لإيجاد محصلة المتجهات الثلاثة، هي ومعنى ذلك أنَّ محصلة المركبات x وy وz كلاً على انفراد وهي: Rx وRy وRz تمثل مُركبات متجه المحصلة R القياسية بدلالة متجهات الوحدة i وj وk.

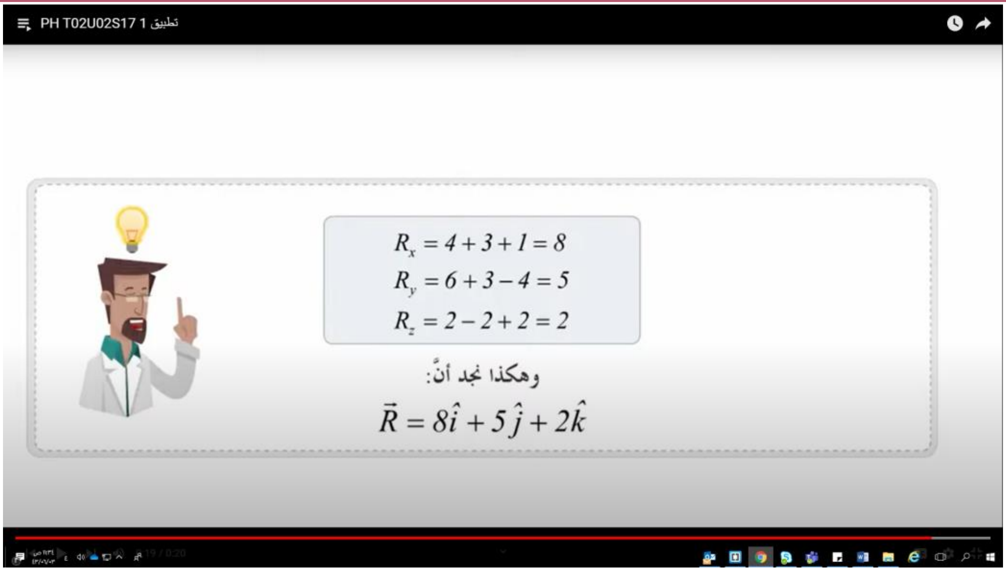
والفيديو التالي يوضح ذلك بالتفصيل:



https://www.youtube.com/watch?v=vktav7Qd-wI&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=31

تطبيق

أوجد متجه المحصلة (R) الذي يمثل حاصل جمع المتجهات الثلاثة كما يوضح الفيديو التالي:



https://www.youtube.com/watch?v=GTtANIZ77t8&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=32

ضرب الكميات المتجهة

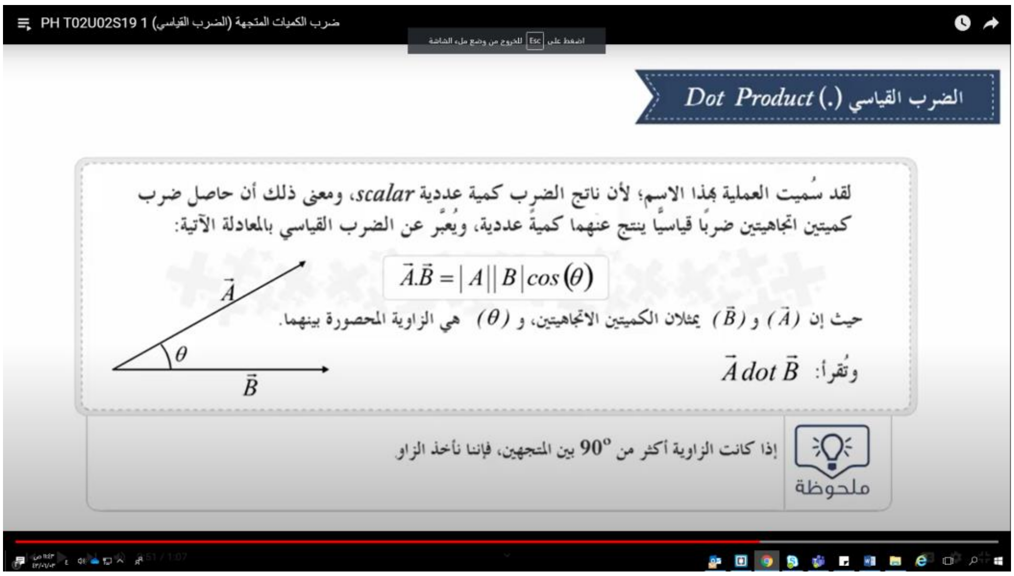
هناك نوعان اثنان من أنواع ضرب الكميات المتجهة هما:

١) الضرب القياسي.

٢) الضرب الاتجاهي.

الضرب القياسي:

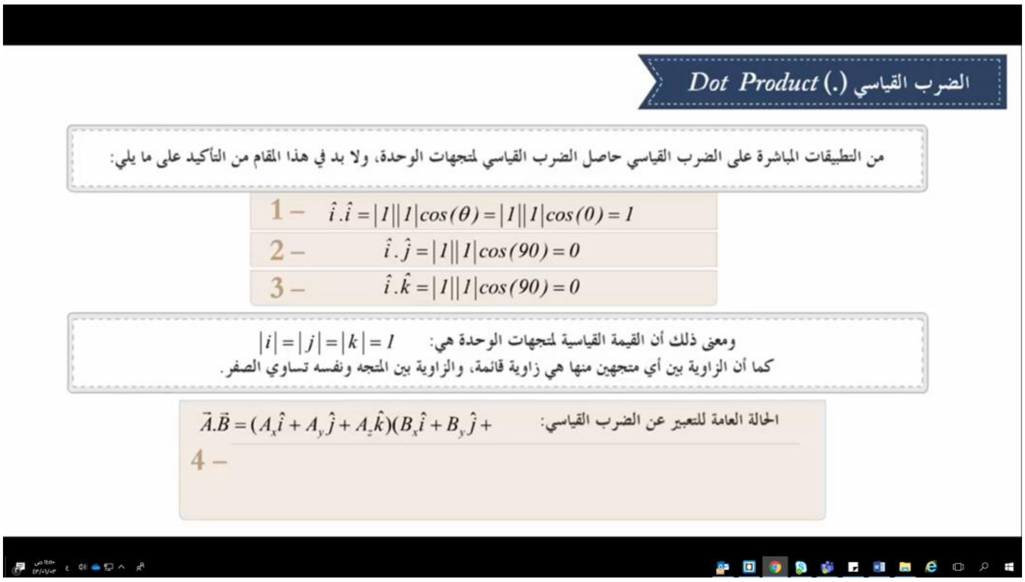
لقد سُميت العملية بهذا الاسم؛ لأن ناتج الضرب كمية عددية ومعنى ذلك أن حاصل ضرب كميتين اتجاهيتين ضربًا قياسيًّا ينتج عنهما كميةً عددية، ويُعبَّر عن الضرب القياسي بالمعادلة الموضحة بالفيديو التالي:



https://www.youtube.com/watch?v=sRpY1PdAq38&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=34

ضرب الكميات المتجهة: تطبيقات مباشرة

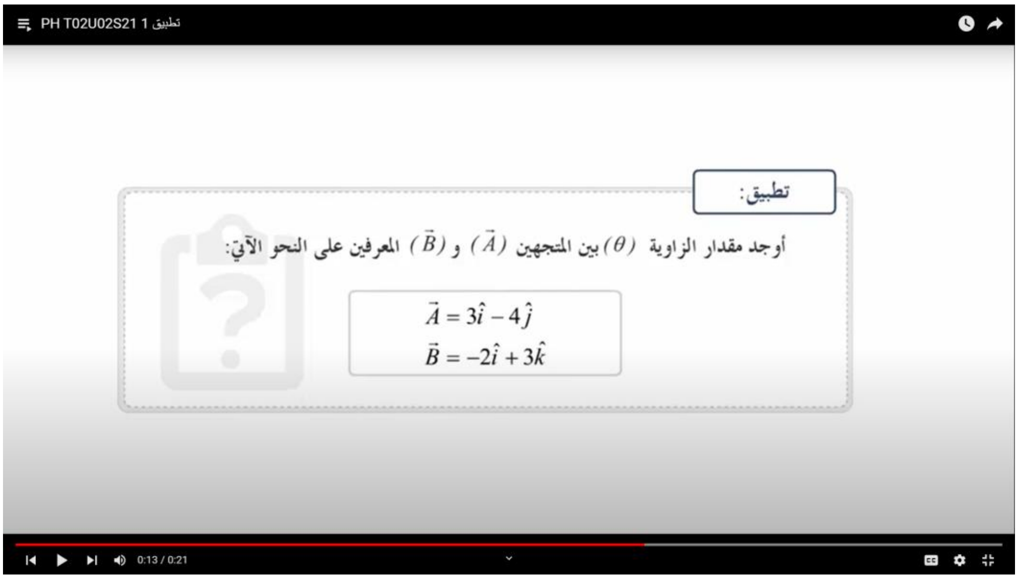
من التطبيقات المباشرة على الضرب القياسي حاصل الضرب القياسي لمتجهات الوحدة ولا بد في هذا المقام من التأكيد على عدد من النقاط كما يظهر في الفيديو التالي:



https://www.youtube.com/watch?v=PMsnzAlr688&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=35

تطبيق

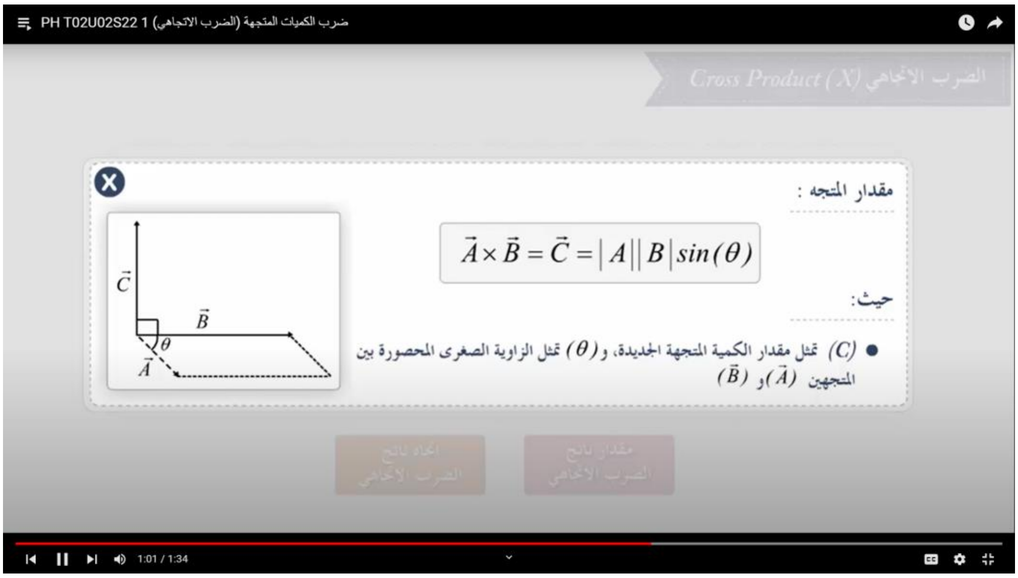
أوجد مقدار الزاوية (θ) بين المتجهين (A-B) المعرفين كما يظهر في الفيديو التالي:



https://www.youtube.com/watch?v=NqrxHslB_hQ&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=36

ضرب الكميات المتجهة (الضرب الاتجاهي)

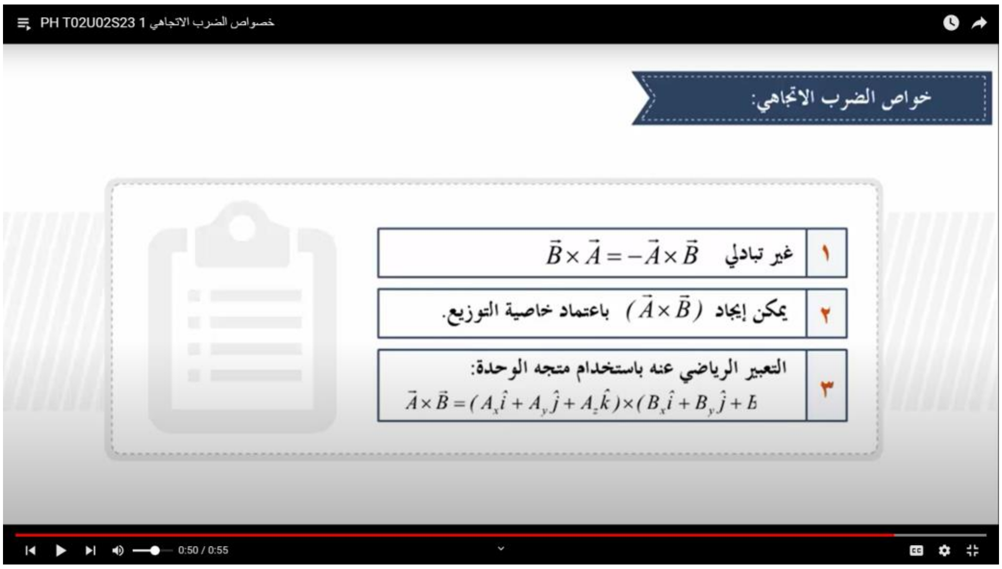
قد سُميت العملية بهذا الاسم؛ لأن ناتج الضرب كمية اتجاهية vector ومعنى ذلك أن حاصل الضرب الاتجاهي لمتجهين هو متجه ثالث اتجاهه يكون عموديًّا على المستوى الذي يحوي المتجهين المضروبين ببعضهما، ويوضح الفيديو التالي الضرب الاتجاهي بالتفصيل:



https://www.youtube.com/watch?v=RkZw_NZs_1Y&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=37

خواص الضرب الاتجاهي

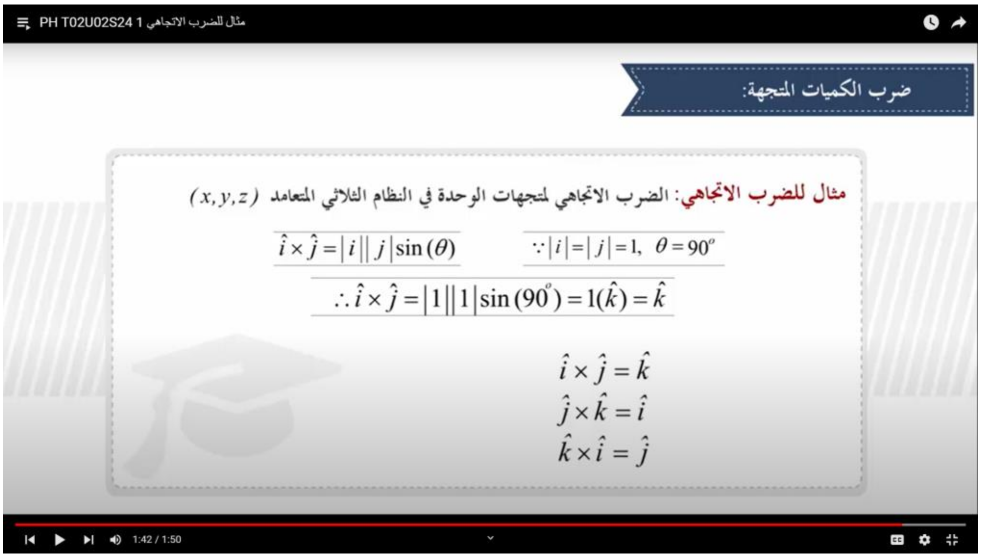
للضرب الاتجاهي عدد من الخواص يوضحها الفيديو المقابل بالتفصيل:



https://www.youtube.com/watch?v=cW0mjFP85rY&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=38

مثال الضرب الاتجاهي

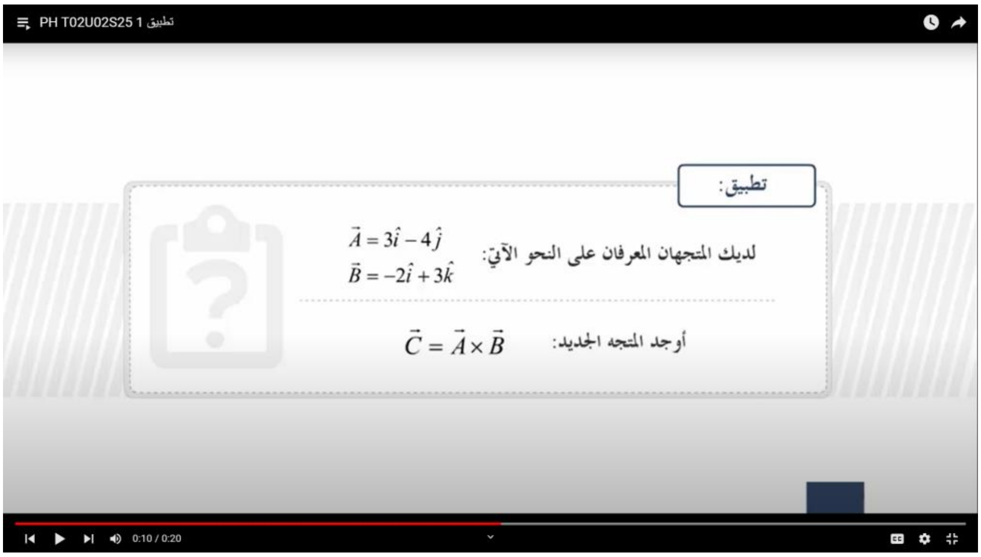
يوضح الفيديو التالي مثالاً للضرب الاتجاهي:



https://www.youtube.com/watch?v=a63hTWeatZI&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=39

تطبيق

يوضح الفيديو التالي طريقة إيجاد حاصل ضرب متجهين:



https://www.youtube.com/watch?v=WHRRMfYlHXQ&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=40

الوحدة الثالثة: الحركة والقوة

الحركة

مفهوم الحركة

تعتبر حركة الأجسام من المظاهر المألوفة في حياتنا فالأرض ومن عليها في حالة حركة وهناك جريان المياه والأجسام فإنها تسقط وتتحرك إذن فالمقصود بالحركة هو: التغير المستمر الحاصل في موقع الجسم بالنسبة إلى موقع جسم آخر نفترضه ثابتًا.

الكميات الفيزيائية التي تصف الحركة:

الكميات الفيزيائية التي تصف الحركة هي:

١-الإزاحة

٢-السرعة

٣-التسارع

أولاً: الإزاحة

حينما يتحرك جسم مادي بين نقطتين مثل A و B فإن إزاحته هي الخط المستقيم الواصل بين النقطتين المذكورتين وذلك للانتقال من النقطة A إلى النقطة B فعلى سبيل التطبيق بإمكان الجسم المادي المتحرك أن يسلك الطريق (١) أو الطريق (٢) الموضحين في الشكل حيث يمثل كلٌ منهما ما نطلق عليه المسافة ولكن تبقى إزاحته معرَّفة على أنها المتجه الواصل بين النقطتين A و B بدايته عند النقطة A، ونهايته عند النقطة B أي أنّها: التغيير الصافي في موضع الجسم المادي المتحرك وعليه يمكن تعريف الإزاحة على أنها الكمية المتجهة التي تعبر عن المسار المستقيم الذي يقطعه الجسم في حركته من نقطه معينة إلى النقطة الجديدة.

ثانياً: السرعة

وهي الكمية المتجهة التي تعبر عن المسافة المقطوعة خلال زمن معين ووحدة قياس السرعة هي (m/s) تنقسم السرعة إلى: السرعة المتوسطة والسرعة الآنية

أولا: السرعة المتوسطة

وهي النسبة بين إزاحة الجسم المتحرك والزمن المحدد الذي يستغرقه الجسم كي يقطع تلك الإزاحة فعند انتقال الجسم من نقطة البداية $x1$ عند الزمن $t1$ إلى نقطة النهاية $x2$ عند الزمن $t2$ فإن متوسط السرعة (نيو) تساوي يشار رياضيًّا إلى أن السرعة المتوسطة هي: ميل الخط البياني للمتغيرين (x, t) حيث إن النقطة النهائية تمثلها الإحداثيات $(x2,t2)$ والنقطة الابتدائية تمثلها الإحداثيات $(x1,t1)$ وهاتان هما نقطتان يمر بهما

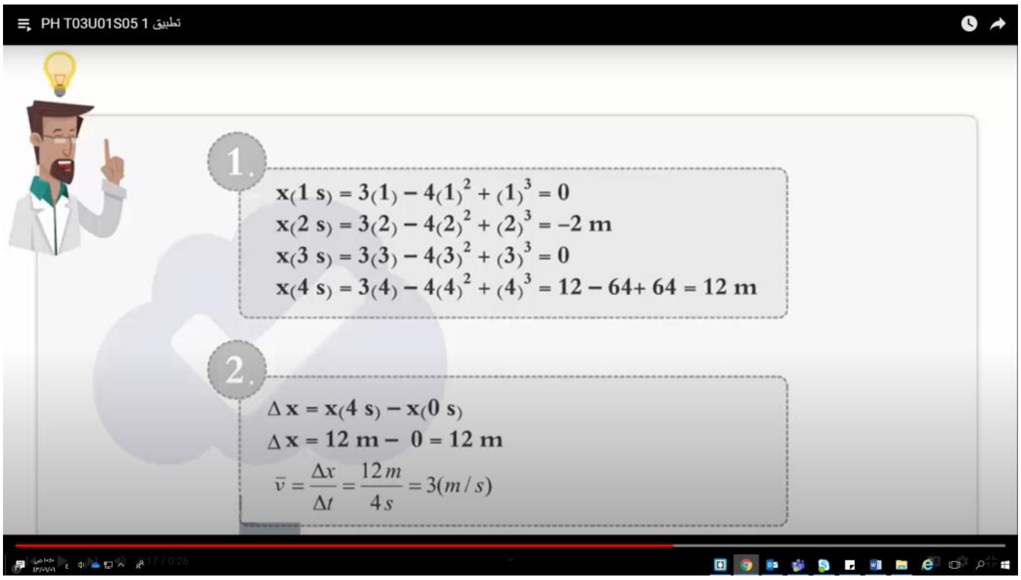
الخط المستقيم المطلوب معرفة ميله ويمكن التعبير عن ذلك بصفة عامة بالمعادلة الآتية معنى ذلك أن (x) هي تابع function للزمن (t) ومن الواضح أن (x) تمثل الإزاحة.

ثانيا: السرعة الآنية

وهي تحدد سرعة الجسم عند لحظة معينة وذلك حينما يتقلص المجال الزمني للحركة ليصبح عند لحظة بدايتها ويمكن التعبير عن ذلك رياضيًّا بالعلاقة الآتية وهكذا نجد أن السرعة الآنية في المعادلة هي المشتقة الأولى لتابع الإزاحة (x) بالنسبة للزمن (t)، وذلك عند زمن محدد.

تطبيق

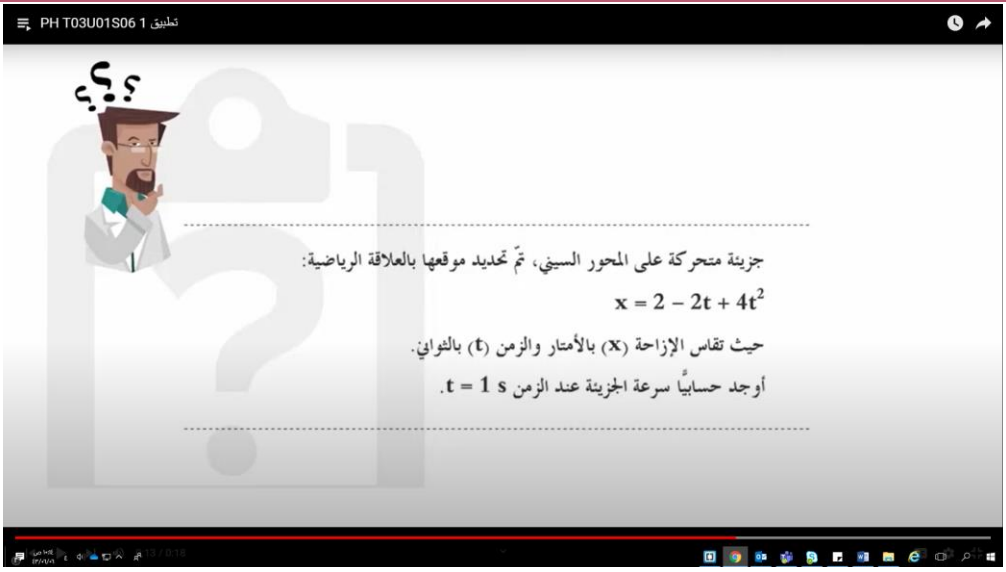
يقدم الفيديو التالي تطبيقا لكيفية إيجاد سرعة وإزاحة جسم ما:



https://www.youtube.com/watch?v=l7FL5vfdRUA&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=45

تطبيق

يقدم الفيديو المقابل تطبيقاً لإيجاد السرعة الجزئية لجسم ما:



https://www.youtube.com/watch?v=EEVx-Va-FjM&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=46

ثالثاً: التسارع:

حينما تتغير سرعة جسم متحرك من السرعة الابتدائية (نيو ١) إلى السرعة النهائية (نيو ٢) فإننا نقول في هذه الحالة بأن الجسم قد خضع لعملية تعجيل أو تسارع وحدة قياس التسارع هي (m/s2)

ينقسم التسارع إلى:

١- التسارع المتوسط

٢- التسارع اللحظي

أولا: التسارع المتوسط

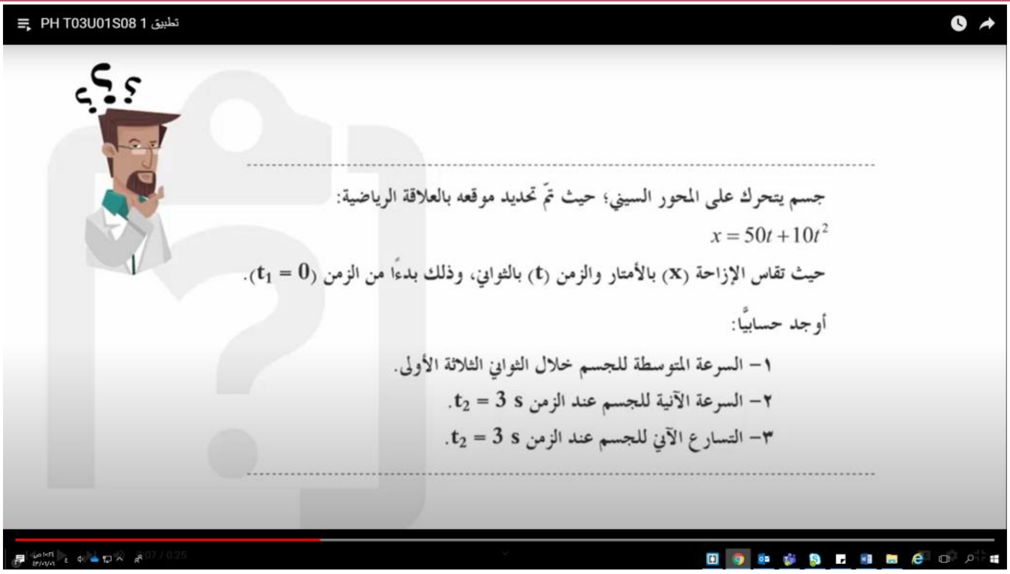
هو معدل التغير في سرعة الجسم بالنسبة للزمن.

ثانيا: التسارع اللحظي

يعبِّر هذا التسارع عن المشتقة الأولى لتابع السرعة اللحظية (نيو) بالنسبة للزمن (t) وذلك عند زمن محدد ويعبر عن المشتقة الثانية لتابع الإزاحة (x) بالنسبة للزمن (t) وذلك عند زمن محدد.

تطبيق

يقدم الفيديو التالي تطبيقاً لكيفية إيجاد السرعة والإزاحة والتسارع لجسم ما:

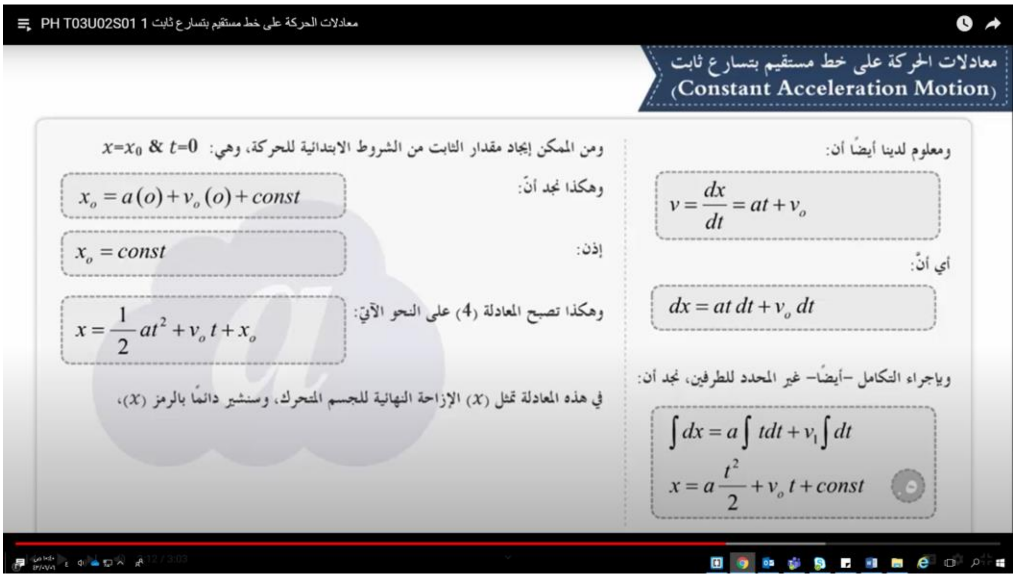


https://www.youtube.com/watch?v=quShFEa4XrI&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=48

معادلات الحركة

معادلات الحركة

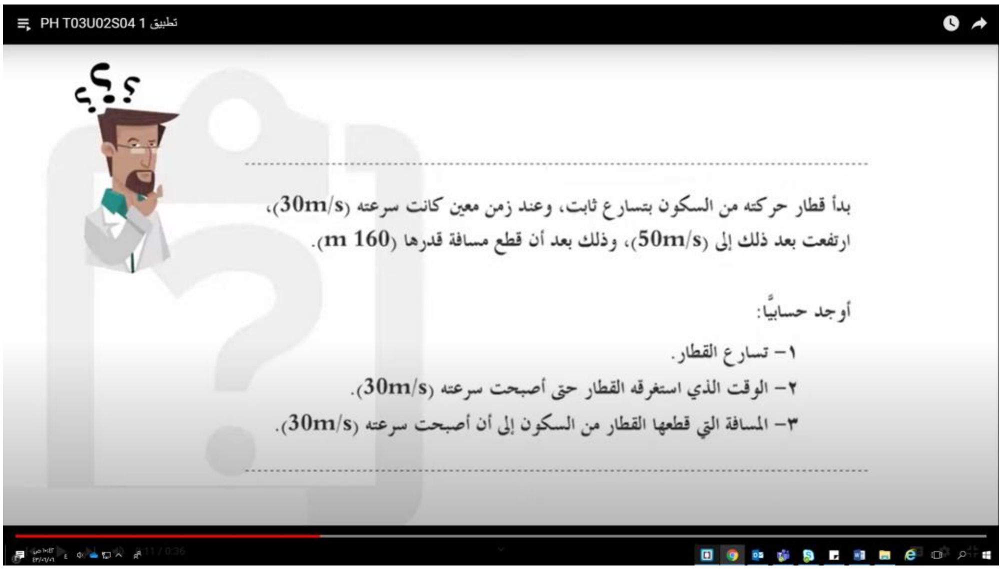
كثيرة هي الحالات الحركية التي يكون فيها التسارع ثابتًا أو قريبًا من الثبات عندها فإن معنى التغير في الزمن يكون موضع تفكير عميق ويوضح الفيديو التالي معادلات الحركة على خط مستقيم بتسارع ثابت:



https://www.youtube.com/watch?v=gtWTmQ6o6MU&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=49

تطبيق

يوضح الفيديو المقابل تطبيقاً لمعادلات الحركة:



https://www.youtube.com/watch?v=O2VjoZktdPM&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=50

قوانين نيوتن

مفهوم القانون الأول لنيوتن

افترض نيوتن أن أي جسم إذا كان مجموع القوى المؤثرة علية تساوي صفرًا فإنه يكون إما ساكنًا أو يسير بسرعة منتظمة في خط مستقيم وما دام الأمر كذلك فإن تسارع الجسم يساوي الصفر أيضًا وبناء على هذا الافتراض شخّص نيوتن حالتين اثنتين

الحالة الأولى:

إذا كانت محصلة القوى الخارجية المؤثرة على جسم ساكن تساوي الصفر فإن الجسم سوف يبقى ساكنًا

الحالة الثانية:

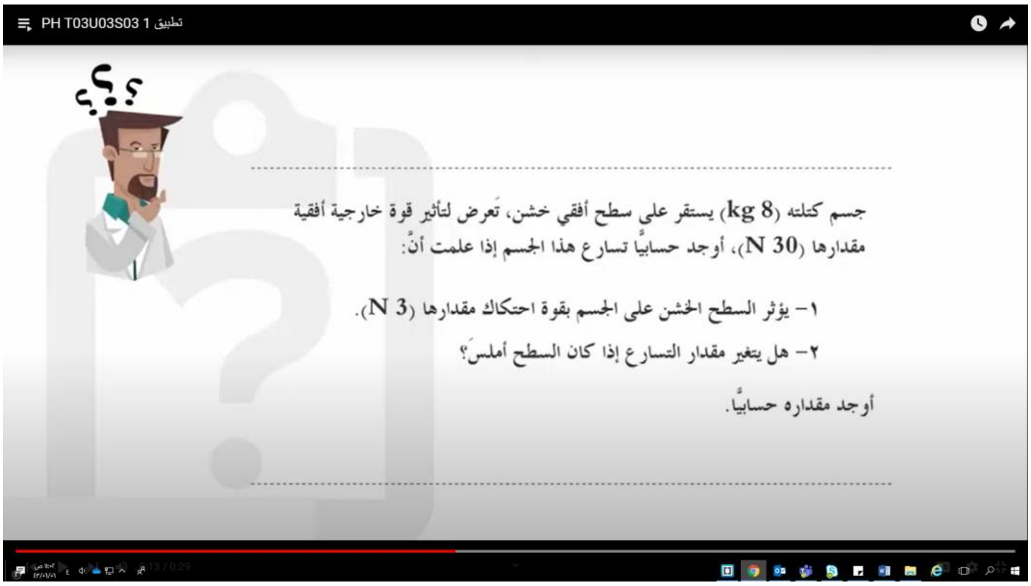
إذا كانت محصلة القوى الخارجية المؤثرة على جسم تساوي الصفر ولكنه في هذه الحالة يتحرك بسرعة ثابتة فإنه يستمر بحركته وبسرعة ثابتة، ما لم تؤثر عليه قوة خارجية جديدة وبصياغة هذه الافتراضات يمكن القول إن أي جسم يبقى في حالة السكون أو في حركة منتظمة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة خارجية وهذا ما ينص عليه قانون نيوتن الأول في الحركة ويمكن أن يطلق على القانون الأول لنيوتن قانون القصور الذاتي لأن الجسم قاصر على تغير الحركة الذي هو بها إما أن يكون ساكنًا، أو يكون متحركًا بحركة منتظمة يشير "قانون القصور الذاتي" إشارة هامة إلى شروط التوازن في علم الحركة وذلك بمقتضى أن محصلة القوى الخارجية المؤثرة على الجسم تساوي صفرًا يعني بالضرورة أن يبقى الجسم ساكنًا، أي أن وكذلك فإن العزم للجسم تساوي حيث إن المتجه (P) تمثل العزم للجسم، كتلته(m) ، والمتجه (V) سرعته الثابتة.

مفهوم القانون الثاني لنيوتن

إذا كانت محصلة القوى الخارجية المؤثرة على جسم كتلته (m) لا تساوي الصفر، فإنها سوف تكسبه تسارعًا مقداره (ألفا) يتناسب تناسبًا طرديًا مع مقدار هذه القوة، ويكون اتجاهه بنفس اتجاهها، أي أن وهذا يعني أن بحيث إن هذا الثابت هو كتلة الجسم (m) والكتلة كما نعلم هي كمية قياسية تعتمد على مقدار ما يحتويه الجسم من مادة وهي التي تمانع القوة الخارجية المؤثرة التي تعمل على تغيير الحالة الحركية للجسم وهكذا فإن العلاقة الرياضية (١) تصبح على الشكل الآتي وهي الصيغة الرياضية لقانون نيوتن الثاني ومن الضروري هنا أن نتأمل جيدًا، ونعيّن القوى الخارجية المؤثرة على الجسم مع ضرورة إهمال القوى الداخلية مثل تلك القوى التي يؤثر بها جزء من الجسم على بقية أجزائه الأخرى وعكس ذلك وبإعادة صيغة المعادلة (٢) مستخدمين الأبعاد الفراغية الثلاثة (x, y, z) نجد أنها تأخذ الشكل التحليلي الآتي هذه المعادلات الثلاثة تبيّن لنا كيف تتأثر محصلة القوة المؤثرة على الكتلة (m) بمركبات التسارع الثلاثة (ax, ay, az) باعتبارها هي الأخرى كميات اتجاهية وباستخدامنا للنظام الدولي للقياس (SI) حيث إن وحدات الكتلة هي الكيلو جرام، ووحدات التسارع المتر لكل ثانية تربيع ووحدات القوة النيوتن.

تطبيق

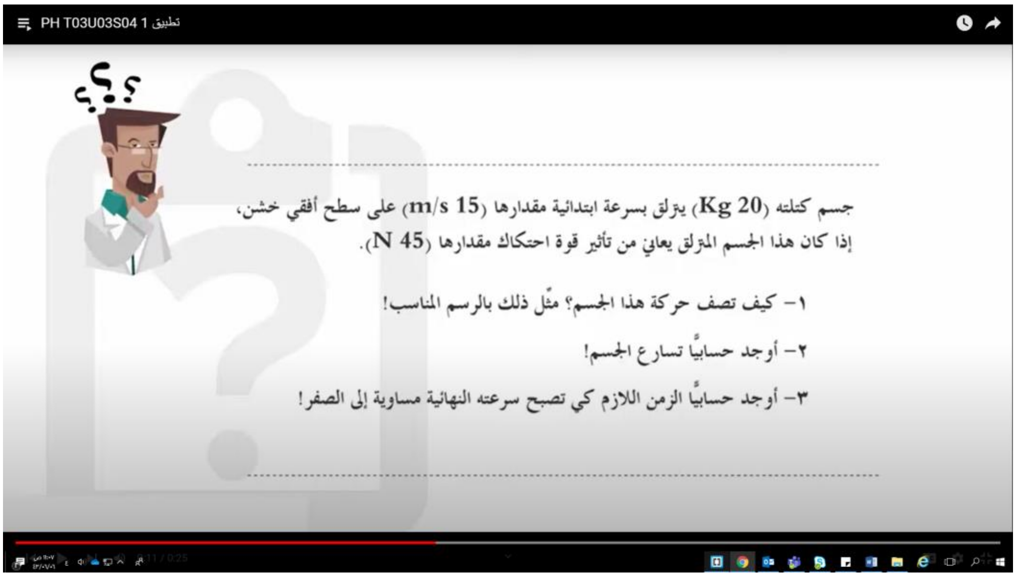
يقدم الفيديو المقابل تطبيقاً لقوانين نيوتن:



https://www.youtube.com/watch?v=A9T6He2xDd0&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=53

تطبيق

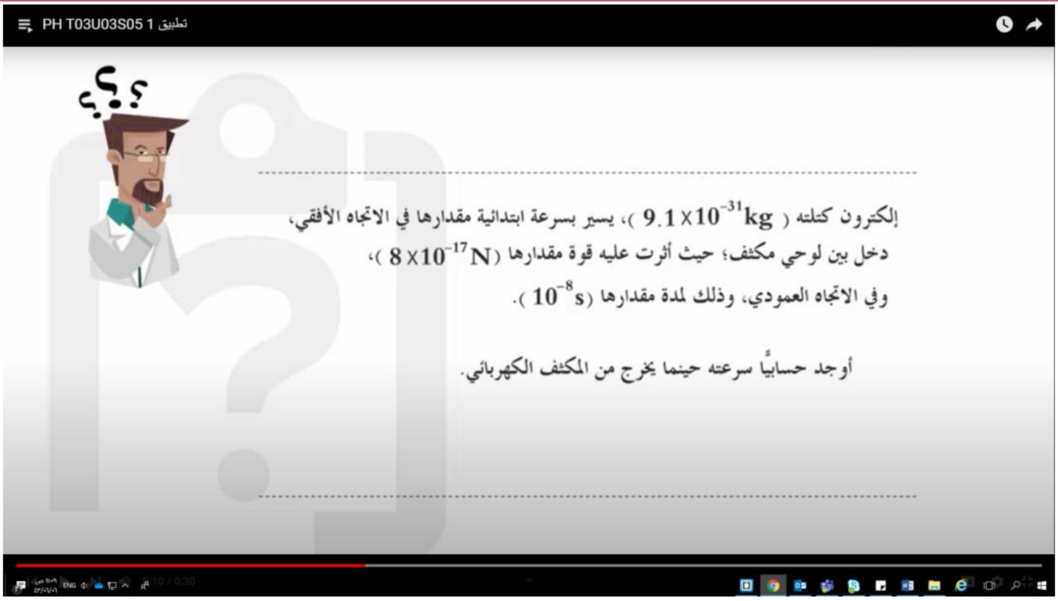
يقدم الفيديو المقابل تطبيقاً لقوانين نيوتن:



https://www.youtube.com/watch?v=vCNrgaa9gok&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=54

تطبيق

يقدم الفيديو المقابل تطبيقاً لقوانين نيوتن:



https://www.youtube.com/watch?v=N8zA_kwbpj0&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=55

الوزن

إذا سقط جسم سقوطًا حرًا نحو سطح الأرض فإن القوة التي تشده أو تسحبه في كل الظروف نحو مركز الأرض يكون سببها هو الشد الأرضي بين كتلة الأرض وكتلة الجسم وبما أن الجسم خاضع لتأثير هذه القوة فإن ذلك سيؤدي إلى وجود تسارع بسبب هذا التأثير نطلق عليه تسارع الجاذبية الأرضية أو تسارع السقوط الح وهو ما نرمز له عادة بالحرف (g) وباستخدام قانون نيوتن الثاني لحساب مقدار هذه القوة، نجد أن (F=mg) : أي أنها حاصل ضرب الكتلة (m) في تسارع الجاذبية الأرضية (g) وهذه القوة تعرف بالوزن، ويرمز لها بالرمز w، ووحدتها نيوتن أي أن الوزن عبارة عن قوة جذب الأرض على الجسم وهي كميه فيزيائية متجهة (متجهة دائما إلى أسفل) علمًا بأن الكتلة كميه غير متجهة ولقد أثبتت الدراسات التجريبية الحقائق الآتية:

١ -وزن الجسم يتناسب تناسبا طرديا مع كتلته

٢ -إن ثابت التناسب هو (g) :، أي تسارع الجاذبية الأرضية

هذا الوصف ينطبق على كل جسم موجود داخل مجال تأثير الجاذبية الأرضية وبإعادة صياغة العلاقة (١) باستخدام متجه الوحدة للمحور العمودي (y) الموازي لمحور تأثير الأرض والمتجه نحو مركزها، نجد أن وواضحٌ أنَّ الإشارة السالبة تدل على أن متجه الوزن يكون دائمًا في المنطقة السالبة من المحور الصادي (y-axis) وهو باتجاه مركز الأرض.

أنواع الكتل

أولا: الكتلة القصورية للجسم

وهي ثابت التناسب بين محصلة القوى المؤثرة في الجسم والتسارع الذي يكتسبه نتيجة لذلك، ووفقًا لقانون نيوتن الثاني في الحركة.

ثانيا: كتلة الجذب للجسم

وهي مقياس لمقدار استجابة الجسم لقوة الجاذبية الأرضية بمعنى أنه إذا كان لدينا جسمان وزناهما متساويان (W1, W2) فهذا يقتضي بالضرورة أن كتلتي الجاذبية لهما متساويتان (m1g, M2g) وهذا يؤدي إلى أن وباستخدام قانون نيوتن الثاني، نجد أن وبتعويض المعادلة (٣) في المعادلة (٤)، نجد أن وبصورة عامة، نجد أن ومعنى ذلك أن الكتلة القصورية للجسم تتناسب طرديا مع كتلة الجاذبية له وفي حال استخدام الكيلو غرام كوحدة لقياس الكتلتين، فإننا نجد أي أنهما متساويتان.

مفهوم القانون الثالث لنيوتن

لبيان المفهوم العام لقانون نيوتن الثالث نفترض أن الجسم (A) يؤثر بقوة (FAB) على الجسم (B) فقد دلت التجارب على أن الجسم (B) يؤثر بقوة (FBA) على الجسم (A) وهاتان القوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه كما هو موضح بالشكل، وبصفة عامة، يمكن إعادة صياغة قانون نيوتن الثالث على النحو الآتي إن لكل فعل ردَّ فعل مساويا له في المقدار ومعاكسا له في الاتجاه ومن المهم جدا التأكيد على أن هذا القانون ممكن التطبيق فقط في إطار القصور الذاتي أو بعبارة أخرى فإنه يفسر تأثير القوى الحقيقية التي ترافقها ردود فعل واضحة وأساسية إن القوة الأولى هي ما تعرف بقوة الفعل action أما القوة الثانية فهي ما تعرف بقوة رد الفعل reaction ولا بد من التأكيد على أن القوى في الطبيعة توجد على شكل أزواج متساوية في المقدار ومتعاكسة في الاتجاه ولا وجود للقوة المفردة والقوتان تمتلكان الطبيعة والخصائص نفسها، كما هو موضح بالفيديو التالي:

https://www.youtube.com/watch?v=sbb3Oa0riUY&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=58

قوانين نيوتن

الاحتكاك

حينما تعمل قوة ما ولتكن (F) على دفع جسم موجود على سطح جسم ما فإن قوة مُمَاسِيَّة تنشأ بين الجسم والسطح الموجود عليه تعرقل وتعيق حركة الجسم الأول على الجسم الثاني نتيجة لتشابك النتوءات المجهرية للجسمين ببعضهما البعض وهذا ما يمكن التعبير عنه بقوة معيقة للحركة أثَّر بها الجسم الثاني (السطح) على الجسم الأول (الجسم المتحرك) والتي نسميها قوة الاحتكاك تعرف قوة الاحتكاك بأنها القوة المعوقة لحركة جسم على سطح خشن وهي قوة معاكسة لحركة الجسم إن أقل قيمة لهذه القوة تساوي الصفر ثم تبدأ بالازدياد التدريجي إلى أن تصل إلى قيمتها القصوى وذلك حينما يكون الجسم على وشك الانزلاق.

أنواع الاحتكاك

سنتداول حالتين مختلفتين معروفتين لسطح الجسم الذي يحصل عليه الاحتكاك:

١- الاحتكاك على سطح أفقي

٢- الاحتكاك على سطح مائل

أولا: الاحتكاك على سطح افقي

هناك نوعان من قوى الاحتكاك بحسب الحالة الحركية للجسم الخاضع لتأثير القوة الخارجية، هما قوة الاحتكاك الساكن، وقوة الاحتكاك الحركي.

- أولا: قوة الاحتكاك الساكن

هي قوة الاحتكاك التي يبقى عندها الجسم ساكنًا على الرغم من تأثير القوة الخارجية (F) عليه ويرمز لها بـ (fs)؛ وذلك كدليل على بقاء الجسم ساكنًا تعتمد على القوة العمودية (N) التي يؤثر بها السطح على الجسم المنزلق وهي قوة رد الفعل

- ثانيا: قوة الاحتكاك الحركي

هي قوة الاحتكاك التي يتحرك عندها الجسم بعد خضوعه لتأثير القوة الخارجية (F) عليه ويرمز لها بـ (fk)؛ وذلك كدليل على تحرك الجسم

خصائص قوى الاحتكاك

- إذا لم يتحرك الجسم تحت تأثير القوة الخارجية (F) فهذا يعني من الناحية العملية أن القوة المؤثرة على الجسم (قوة الدفع) ≤ قوة الاحتكاك وتكون القوتان (F) و (fs) موازيتين تمامًا لمحور الحركة والقوة (fs) معاكسة في الاتجاه للقوة (F) كما هو موضح بالشكل.

- تصل قوة الاحتكاك الساكن (fs) إلى أقصى قيمة لها وذلك قبل لحظة بدء حركة الجسم مباشرة، ويعبّر عنها رياضيا بالعلاقة الآتية حيث (N) هي قوة رد فعل الوزن (W)، و (ميو s) هو معامل الاحتكاك الساكن إذا بدأ الجسم بالحركة على مستوى السطح فإن مقدار قوة الاحتكاك يتناقص إلى القيمة (fk) حيث تُعرّف هذه القوة بالعلاقة الرياضية الآتية هو معامل الاحتكاك الحركي.

ثانياً: الاحتكاك على سطح مائل

أولا: الحركة على المستوى المائل (بدون احتكاك)

من الشكل نجد أنّ الجسم ذا الكتلة (m) والوزن (W) موجود على سطح أملس تمامًا مائل على الأفق بزاوية θ وبهدف تحليل وزن الجسم استخدمنا محورين متعامدين (X,Y) مركزهما عند مركز ثقل الجسم والآن نلحظ أنّ القوى المؤثرة على الجسم المتحرك هي:

١ -وزن الجسم (W=mg): ونلحظ أنّ متجه الوزن يشير رأسيا إلى أسفل

٢ -قوة تأثير الجسم عموديا في المستوى (N) ونلحظ أن القوتين (W) و (N)ليستا متوازنتين؛ ولهذا يبدأ الجسم بالانزلاق.

بتحليل الوزن إلى مركبتيه العمودية والأفقية، نجد أنّ المركبة الموازية للمستوى وهي $W_x=W \sin\theta$ المركبة العمودية على المستوى وهي $W_y = W \cos\theta$ ونلحظ بسهولة أنّ القوتين (N) و (W_y) متساويتان في المقدار ومتعاكستان بالاتجاه أي أن محصلة هاتين القوتين تساوي الصفر: أي أن $W_y + N = 0$ أما القوة (W_x) فهي القوة المحركة للجسم والتي ستكسبه تسارعًا نستطيع إيجاده من قانون نيوتن الثاني، أي أنَّ ونلحظ في هذه الحالة ومن خلال العلاقة الرياضية (١) أن تسارع الجسم المتحرك على المستوى المائل بدون احتكاك لا يعتمد على كتلة الجسم.

ثانيا: الحركة على المستوى المائل (بوجود احتكاك)

من الشكل نجد أنّ الجسم ذا الكتلة (m) والوزن (W) موجود على سطح خشن مائل على الأفق بزاوية θ ، وبهدف تحليل وزن الجسم استخدمنا محورين متعامدين (X, Y) مركزهما عند مركز ثقل الجسم والآن نلحظ أنّ القوى المؤثرة على الجسم المتحرك هي.

١ - وزن الجسم: (W=mg) ونلحظ أنّ متجه الوزن يشير رأسيا إلى أسفل

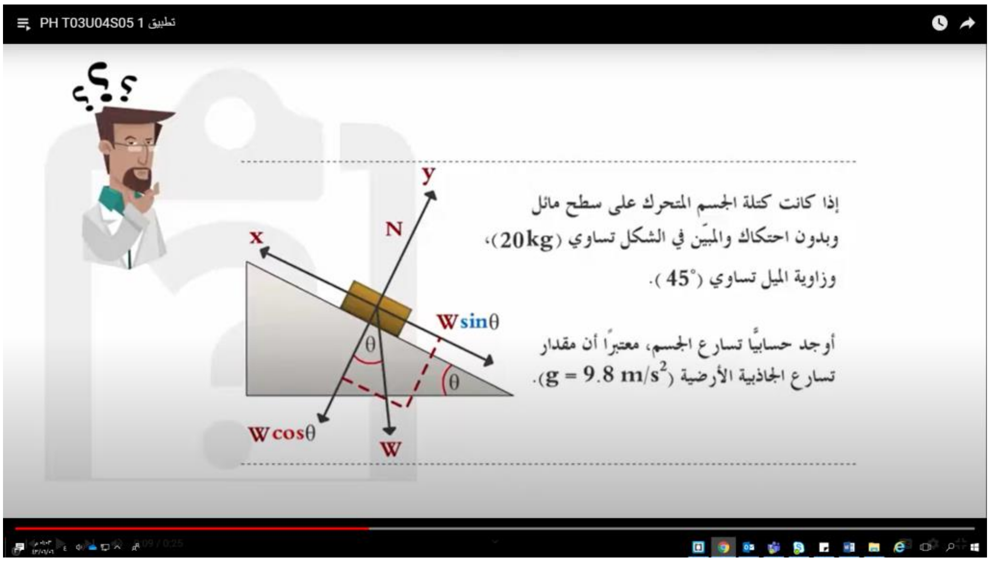
٢ - قوة تأثير الجسم عموديا في المستوى (N)

ونلحظ أن القوتين (W) و(N) ليستا متوازنتين؛ ولهذا يبدأ الجسم بالانزلاق بتحليل الوزن إلى مركبتيه العمودية والأفقية، نجد أنّ المركبة الموازية للمستوى وهي: $W_x=W \sin\theta$ المركبة العمودية على المستوى وهي: $W_y = W \cos\theta$ ونلحظ بسهولة أنّ القوتين (N) و(W_y) متساويتان في المقدار ومتعاكستان بالاتجاه أي أن محصلة هاتين القوتين تساوي الصفر: أي أن $W_y + N = 0$ أما القوة (W_x) تعاكسها قوة الاحتكاك الحركي (fk)

ولهذا نجد أنّ محصلة القوى التي ستُكسب الجسم تسارعًا يمكننا إيجاده من قانون نيوتن الثاني، على النحو الآتي.

تطبيق

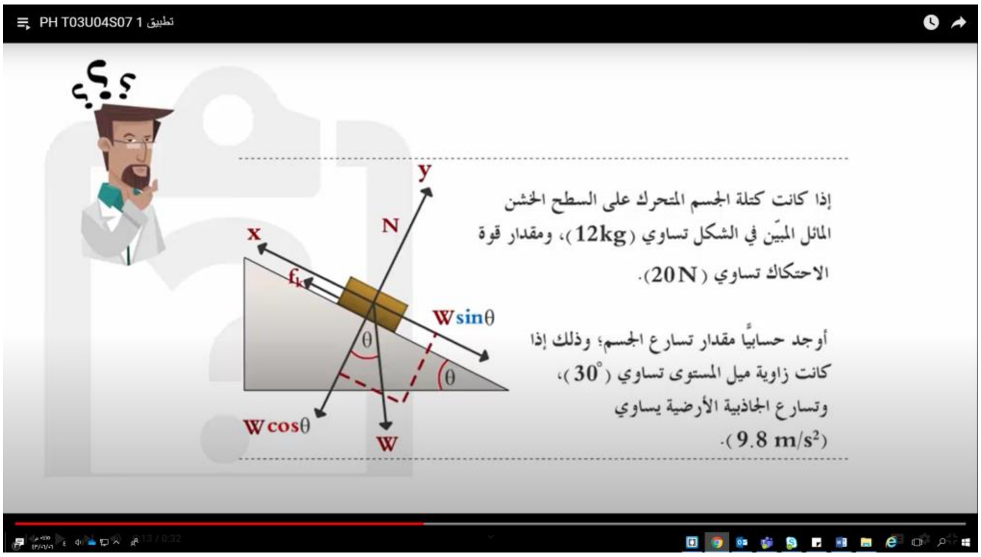
يعرض الفيديو التالي تطبيقاً لمفهوم الاحتكاك:



https://www.youtube.com/watch?v=zR1RGP_3EkU&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=64

تطبيق

يعرض الفيديو التالي تطبيقاً لمفهوم الاحتكاك على سطح مائل:



https://www.youtube.com/watch?v=tnyPM-ddOXU&list=PLwJrp8Y2vNM7Mrd5e9Vtaxu1n-gFAS1kv&index=66