وزارة التربية
Ministry of Education
State of Kuwait | دولـــة الكويـت

الفيزيـــــاء

الصف العاشر

الفصل الدراسي الأول

كتاب الطالب

المرحلة الثانوية

وزارة التربية
Ministry of Education
State of Kuwait | دولـــة الكويـت

الفيزيـــــاء

كتاب الطالب

الصف العاشر - الفصل الدراسي الأول

فريق تأليف كتاب الفيزياء للصف العاشر – المرحلة الثانوية

أ. دلال سعد مسعود المسعود (مشرفًا)

أ. عنود محمد يوسف الكندري (رئيسًا)

أ. عهـــود ناصـــر محمـــد الخالـــدي

أ. فاطمـــة أحمـــد رجـــب أشـــكناني

د. وليـــد ســـالم محمـــد العنـــزي

أ. آمنـــة عبداللـــه إبراهيـــم حســـين

الطبعة الأولى
١٤٤٨ هـ
٢٠٢٦ – ٢٠٢٧م

حقوق التأليف والطبع والنشر محفوظة لوزارة التربية – الإدارة العامة للتواجيه والبحوث والمناهج
إدارة البحوث التربوية والمناهج

الطبعة الأولى: ٢٠٢٦ / ٢٠٢٧ م

متابعة وتنسيق

أ. حافظ ناجي ابراهيم البحراني

المراجعة اللغوية

أ. عائشة الخالدي
أ. وسمية عجلان
أ. إلهام القطان

تصميم وإخراج

أ. خيرية محمد علي الصايغ

مطبعة دار السياسية

أودع في مكتبة الكويت الوطنية – ردمك : 978-9921-33-127-1

أودع فى مكتبة وزارة التربية تحت رقم (٥٠٩) بتاريخ ٩/ ٨ / ٢٠٢٦ م

بسم الله الرحمن الرحيم

حضرة صاحب السمو الشيخ مشعل الأحمد الجابر الصباح

أمير دولة الكويت

H.H. Sheikh Meshal AL-Ahmad Al-Jaber Al-Sabah
Amir Of The State Of Kuwait

سمو الشيخ صباح خالد الحمد الصباح
ولي عهد دولة الكويت

H. H. Sheikh Sabah Khaled Al-Hamad Al-Sabah
Crown Prince Of The State Of Kuwait

المحتوى

الوحدة الأولى: الحركـــــــــــة	١٣	**Motion**
من وطني	١٦	**From My Homeland**
الفصل الأول : عِـــلم الفيزيـــــاء	١٩	**Physics**
الدرس [1-1] عِـــلم الفيزيـــــاء		**Physics**
الدرس [1-2] : الكميات الفيزيـــائية	٢٨	**Physical Quantities**
الفصل الثاني : الحـــركة في بُعـــد واحـد	٣٥	**One-Dimensional Motion**
الدرس [2-1] : الكميات الفيزيـــائية العددية والمتجهة	٣٦	**Scalar And Vector Physical Quantities**

المحتوى

الدرس [2-2] : معادلات الحركة المتسارعة بانتظام في خط مستقيم	٤٧	**Equation Of Uniformly Acceleration Motion**
الدرس [2-3] : السقوط الحُـــــر	٦٢	**Free Fall**
الفصل الثالث : الحركة في بُعدين	٧٣	**Two-Dimensional Motion**
الدرس [3-1] :خصائص المُتجهـات	٧٤	**Properties of Vectors**
الدرس [3-2] :جمع المُتجهات وتحليلها	٨١	**Vector Addition and Resolution**
الدرس [3-3] :ضرب المُتجهـات	٩٣	**Vector Multiplication**
الدرس [3-4] :حـركـة المـقـذوفـات	١٠٠	**Projectile Motion**
بيئة بلادي بأمان	١١٢	**Sustainable Development**
أسئلة مراجعة الوحدة	١١٥	**Unit Review Questions**
قائمة المراجع	١٢٧	**References**

المقدمة

أبناءنا المتعلّمين والمتعلّمات،،

أنتم الآن في عالم الفيزياء الرائع، تحلق فوقكم قوانين الطاقة التي يسير بها الكون. يمكنكم استكشاف عالمنا المشوق باتباع المتجهات، ولكن خذوا حذركم من تجاوز السرعة فإنكم بذلك قد تكونون في خطر، وتوخوا الحذر أيضاً من السقوط الحر إلى فضاء العلوم اللانهائي.

من خلال دراستكم لقوانين عالمنا الفيزيائي ستتعلمون حل المشكلات الفيزيائية بالطريقة العلمية الإبداعية، و بذلك ستكونون قد حققتم الهدف السامي لوزارة التربية في دولة الكويت الحبيبة بإعداد جيل مبتكر يمتلك مهارات التحليل والتفكير الإبداعي، و يستخدم تلك المهارات بذكاء في صنع الاستدامة الوطنية ومواكبة الثورة التكنولوجية.

في كل فصل ستجدون تجارب عملية مشوقة، ومسائل تفكيرية تعينكم على الفهم العميق للظواهر الطبيعية، وأنشطة تحفزكم على ربط النظريات الفيزيائية بحياتكم اليومية وابتكارات المستقبل.

قد يكون كتابنا هذا بداية جميلة لولادة مستكشفين ومبدعين قادرين و بهمةٍ على نهضة وإعمار وطننا الغالي.

انطلقوا بثقة، فالفيزياء مفتاح أسرار الكون!

المؤلفون

الوحدة الأولى : الحركـــــــــة Motion

الوحدة الأولى

الحركـــــــــــــة

Motion

الفصل الأول : علم الفيزياء — **Physics**

الفصل الثاني : الحركة في بُعد واحد — **One-Dimensional Motion**

الفصل الثالث : الحركة في بُعدين — **Two-Dimensional Motion**

كويت سات -١
طموح يعانق السماء

نجحت الكويت في حجز مقعدٍ لها بين النجوم! هل أُخبرك كيف حصل ذلك؟

الفيزياء ليست مجرد معادلات وقوانين كما يظن البعض!

فهي القوة الداعمة التي مكنت سواعد شباب الكويت من إطلاق « كويت سات١ »، أول قمر اصطناعي كويتي في المدار الفضائي للأرض وبكل فخرٍ.

فلا شيء مستحيل بالفيزياء (لغة الكون)، فبالعلم والإرادة وبسواعد أبناء الوطن الأوفياء تحقق هذا الحلم.

منتج كويتي من العيار الثقيل

بدعم من مؤسسة الكويت للتقدم العلمي وبسواعد شباب جامعة الكويت، انطلق قمر« كويت سات-١ » في مطلع عام ٢٠٢٣، ليكون عيناً للكويت من الفضاء.

فهو ثمرة إبداع فيزيائيين ومهندسين كويتيين ألهمتهم الفيزياء واقتنعوا بإمكانية امتلاك المستقبل بتطبيق قوانين الفيزياء التي ستراها في هذا الكتاب، و ربما تود تطبيقها مستقبلًا كما فعلوا هم!

كويت سات -١
طموح يعانق السماء

من المفاهيم التي كانت حاضرة في هذا الانجاز:

- **دقة القياس**: الدقة المتناهية التي صُممت بها أجهزة القمر الاصطناعي.
- **مفهوم الحركة**: المسارات المحسوبة التي سلكها الصاروخ ليضع القمر في مساره الصحيح .
- **لغة الأرقام**: البيانات والصور التي يرسلها القمر ويقوم المختصون بدراستها، لحماية بيئتنا و لتطوير أبحاثنا.

هذه المفاهيم موجودة بالكتاب الذي بين يديك، و دراستك لمفاهيم الفيزياء الجميلة اليوم هي الخطوة الأولى لتصبح أنت بعقلك العبقري من سيبني، أو يقود،أو يقوم بالصيانة الدورية لـ« كويت سات-٢ » أو ما بعده.

فمجد وطنك بانتظارك لتخط وترسم طريقك نحوه بإنجازك العلمي، حاملاً علم وطنك الغالي إلى أعلى مدى من الإبداع.

« بالفيزياء نفهم العالم.. وبالإرادة نرفع اسم الكويت عالياً »

الفصل الأول: علم الفيزياء
Physics

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

إِنَّا كُلَّ شَيْءٍ خَلَقْنَاهُ بِقَدَرٍ ﴿٤٩﴾

(سورة القمر: ٤٩)

[1-1] الدرس الأول: علم الفيزياء

Physics

[1-2] الدرس الثاني: الكميات الفيزيائية

Physical Quantities

الأدوات والتقنيات المعقدة التي تستخدمها يوميًا، ابتداءً من وسيلة النقل التي تقِلُّك، إلى جهاز الهاتف الذي تستخدمه، لم يبدأ العمل في إنتاجها من المختبرات المعقدة، بل بدأ بسؤال بسيط وعميق "**كيف يعمل هذا الكون؟**" من هذا السؤال ينطلق علم الفيزياء في محاولة اكتشاف الطبيعة وفهم أسرارها وتطويعها في خدمة البشرية.

في هذه المرحلة أنت لا تقرأ كتابًا مدرسيًا فحسب ، بل « إطارًا تفسيريًا للكون » يمُدّك بالأدوات التي تحتاجها لتُجيب عن تساؤلات تلامس حياتك اليومية، وأُخرى تخص الظواهر الطبيعية من حولك.

ماذا سأتعلم ؟

- مفهوم علم الفيزياء.
- مجالات علم الفيزياء.
- تكامل الفيزياء مع الفروع الأخرى للعلوم الطبيعية.

كيف سأتعلم ؟

- أتعرّف على علم الفيزياء.
- أصنّف مجالات علم الفيزياء الرئيسية والفرعية.
- استكشف دور علم الفيزياء في تطور العلوم الأخرى.

فكِّر !!

كيف تساهم الفيزياء وأدواتها في فهم نظام الكون ومكوناته؟

اكتشف بنفسك (١) ..

الصورة على اليسار التقطها تلسكوب هابل، تُظهر منطقة نشطة لتَشكُّل النجوم داخل سحابة ماجلان الصغرى، تأملها ثم اكتب ثلاثة أسئلة تتبادر إلى ذهنك.

- .....
- .....
- .....

أنت الآن تمارس أولى مهارات الفيزيائي ، فالتساؤل هو مفتاح اكتشاف القوانين التي تحكم الكون.

الشكل (١)

العلم يبدأ بسؤال، أين تجد الإجابة ؟

لماذا يهطل المطر؟ لماذا السماء زرقاء؟ لماذا تنجذب الأشياء نحو مركز الأرض دائمًا؟ ما الذي يجعل الطائرة ترتفع في السماء رغم كتلتها الكبيرة؟ هل يمكن لجُسيم متناهي الصغر أن يتواجد في مكانين في نفس الوقت؟ الإجابة عن هذه التساؤلات توَصّل إليها العلماء من خلال دراسة علم الفيزياء، فعلم الفيزياء **فرعٌ من فروع العلوم الطبيعية يختص بدراسة المادة والطاقة والعلاقة بينهما**، ويهدف علم الفيزياء إلى تفسير الظواهر الكونية والتنبؤ بها بدقة من خلال استنباط القوانين الرياضية، كما يسهم في بناء الأساس العلمي للعديد من التقنيات الحديثة التي نستخدمها في حياتنا.

الشكل (٢)

أين ترى الفيزياء؟

تأمل الصور في الشكل (٢)، لاحظ أجهزة التصوير الطبي في المستشفيات، توربينات الرياح، والأقمار الصناعية وألواح الطاقة الشمسية، ناقش زملاءك أين تكمن الفيزياء فيها؟

يعمل الفيزيائيون في مجالات واسعة ومتنوعة تسهم في تقدم المجتمع وتطوره، فهم يشاركون في مجالات الهندسة والطاقة والطب والتقنية والبحث العلمي. مما يجعل دراسة الفيزياء بوابةً لفُرص مهنية متعددة تخدم الإنسان وتُسهم في بناء مستقبل أفضل له.

الفيزياء والرياضيات : لغة التنبؤ.

اكتشف بنفسك (٢) ..

ناقش زملاءك .

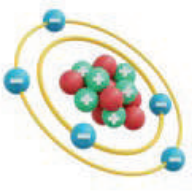
لماذا يصعُب عليك وصف جمال منظر غروب الشمس بدقة، بينما يسهل عليك الوصف الدقيق لسرعة سيارة تتحرك في مضمار سباق؟

ترتبط الفيزياء ارتباطًا وثيقًا بعلم الرياضيات، إذ تُعدّ الرياضيات اللغة التي تُعبِّر بها الفيزياء عن قوانينها ومفاهيمها من أجل وصف أكثر دقة للظواهر باستخدام الأرقام والعلاقات الرياضية. فلا تكتفي الفيزياء بوصف الظواهر بل تسعى لبناء نماذج رياضية تمنحنا القدرة على التنبؤ بالمستقبل. كالقدرة على تحديد وقت وصول مسبار فضائي إلى هدفه بدقة متناهية.

مجالات علم الفيزياء :

في نهايات القرن التاسع عشر، كانت المجتمعات المتقدمة تعمل بدقة غير مسبوقة؛ فالقطارات البخارية تشق الأرض، السفن تعبر المحيطات، والمصابيح الكهربائية تضيء الشوارع. كل هذا بجهود علماء الفيزياء من أمثال **نيوتن وماكسويل**. في ذلك الوقت، ساد اعتقاد بين العلماء بأنهم وضعوا « كتيب التعليمات الكامل للكون ». لقد ظنوا أن الفيزياء قد وصلت لأوّجها. وأن كل ما يمكن أن تضيفه الأبحاث هو مزيد من الدقة فقط. استمر الوضع على هذا النحو حتى واجه علماء الفيزياء معضلتين:

١ لماذا لا تسقط الالكترونات داخل النواة على الرغم من قوة التجاذب ... بينهما؟



٢ لماذا سرعة الضوء ثابتة دائمًا مهما كانت حركة المصدر ؟

ومع مطلع القرن العشرين، واجه العلماء أزمة حقيقية في تفسير استقرار البنية الذرية، ليكتشفوا أن الكون أغرب بكثير مما تخيله العلماء السابقين .

ومن هنا قُسمت الفيزياء إلى مجالين رئيسيين :

١ – الفيزياء الكلاسيكية:

هي المجال الذي يدرس ويتنبأ بالظواهر الطبيعية وحركة الأجسام على المستوى الماكروسكوبي (الكبير) التي نراها في حياتنا اليومية، بشرط أن تكون سرعتها أقل بكثير من سرعة الضوء. ويعتمد هذا الفرع بشكل أساسي على قوانين نيوتن للحركة والجاذبية، ومعادلات ماكسويل الكهرومغناطيسية. التي تعتبر أن الكون يعمل بآلية محددة ودقيقة يمكن التنبؤ بها بدقة مطلقة من خلال معرفة متغيراتها.

٢ – الفيزياء الحديثة:

هي المجال الذي يدرس الظواهر الطبيعية على المستوى الميكروسكوبي (الدقيق جدًا كالذرات والجسيمات دون الذرية)، أو الأجسام التي تتحرك بسرعات هائلة تقترب من سرعة الضوء. تعتمد الفيزياء الحديثة على نظريتين أساسيتين: النظرية النسبية لأينشتاين، ونظرية ميكانيكا الكم لماكس بلانك. ومن خلالها انتقلت الفيزياء من النظرة الحتمية المطلقة التي سادت مع الفيزياء الكلاسيكية إلى مفهوم الاحتمالات وعدم اليقين.

اكتشف بنفسك (٣) ..

كمهندس تعمل في مركز الكويت الوطني لأبحاث الفضاء (Kuwait-NSRC)، عليك اختيار المجال الفيزيائي المناسب لدراسة المشاريع التالية. انتبه! اختيارك يحدد مدى نجاح المهمة.

المشروع رقم (١)

هبوط مسبار فضائي على القمر

الكتلة : كتلة كبيرة
السرعة : عادية

حدِّد مجال الفيزياء المناسب:

- ☐ الفيزياء الكلاسيكية
- ☐ الفيزياء الحديثة

المشروع رقم (٢)

دراسة الثقب الأسود M87

الكتلة : كتلة هائلة
السرعة : فائقة

حدِّد مجال الفيزياء المناسب:

- ☐ الفيزياء الكلاسيكية
- ☐ الفيزياء الحديثة

المشروع رقم (٣)

تصميم معالج ذكي

الكتلة : كتلة ذرية
السرعة : عادية

حدِّد مجال الفيزياء المناسب:

- ☐ الفيزياء الكلاسيكية
- ☐ الفيزياء الحديثة

ولكل من هذين المجالين الرئيسيين مجالات فرعية اهتم الفيزيائيون بدراستها :

أولاً : مجالات الفيزياء الكلاسيكية:

الشكل (٣)

• الميكانيكا Mechanics

تُعنى بدراسة حركة الأجسام والقوى المؤثرة عليها، وتفسر قوانينها ظواهر متنوعة تبدأ من سقوط التفاحة وصولًا إلى حركة الكواكب في مداراتها، وتُعد الأساس في تصميم جميع وسائل النقل والمنشآت الهندسية.

الشكل (٤)

• الديناميكا الحرارية Thermodynamics

تُركز على دراسة الحرارة كشكل من أشكال الطاقة وتحولاتها المختلفة، وتبحث في كيفية انتقال الطاقة بين الأنظمة، وهي العلم الذي تقوم عليه صناعة المحركات (الحرارية) وأنظمة التبريد وتكييف الهواء.

الشكل (٥)

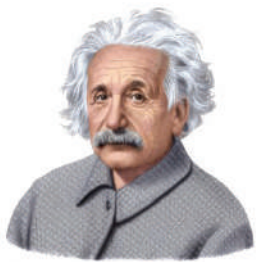
• الكهرومغناطيسية Electromagnetism

تدرس التفاعلات بين الشحنات الكهربائية والمجالات المغناطيسية، وتفسر كيفية عمل الدوائر الكهربائية والمحركات (الكهربائية)، كما تبحث في طبيعة الموجات الكهرومغناطيسية، وتعتبر أساس تكنولوجيا الاتصالات الحديثة.

الشكل (٦)

• البصريات والموجات Optics & Waves

يختص هذا المجال بدراسة طبيعة الأمواج، كالأمواج الكهرومغناطيسية مثل الضوء وظواهره، والأمواج الميكانيكية مثل الصوت وانتشاره في الأوساط المادية.

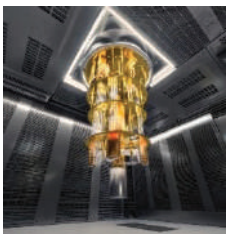


" انظر بعمق إلى الطبيعة ، وبعد ذلك سوف تفهم كل شيء بشكل أفضل " .

ألبرت أينشتاين

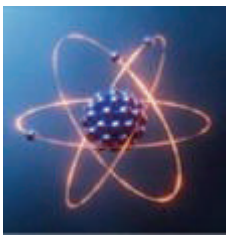
ثانيًا : مجالات الفيزياء الحديثة:

• ميكانيكا الكم Quantum Mechanics


الشكل (٧) الكمبيوتر الكمي

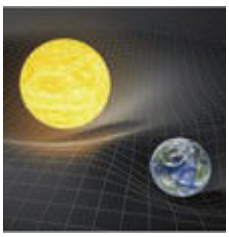
تختص بدراسة سلوك المادة والطاقة على المستوى الذري ودون الذري، وتفترض أن الطاقة توجد في حزم منفصلة، وهي العلم المسؤول عن ثورة الإلكترونيات وتطوير المعالجات الحاسوبية وأجهزة الليزر باعتبار الضوء طاقة كمية.

• الفيزياء الذرية والنووية Atomic&Nuclear Physics


الشكل (٨) الذرة

تهدف الفيزياء الذرية إلى فهم تركيب الغلاف الإلكتروني للذرة، بينما تركز الفيزياء النووية على دراسة مكونات النواة و القوى التي تربطها، وتطبيقاتها واسعة تبدأ من توليد الطاقة في المفاعلات النووية وصولًا إلى استخدام النظائر المشعة في التشخيص والعلاج الطبي.

• الفيزياء النسبية Relativity


الشكل (٩) نسيج الزمكان

تهتم بدراسة الأجسام التي تتحرك بسرعات هائلة تقترب من سرعة الضوء، وتفسر العلاقة بين الزمان والمكان والجاذبية، ومن أهم تطبيقاتها العملية ضمان دقة عمل أنظمة تحديد المواقع العالمية GPS .

هذه بعض المجالات التي اختصت بها الفيزياء ومازال العلم يتسع ليمتد من الذرة إلى المجرة، ومن العالم الذي يُرى إلى العالم المجهول والذي لا ندركه بالحواس، تتنوع مجالاته وتتداخل مع العلوم الأخرى كافة لتُساهم في التطور العلمي وإيجاد تقنيات تساعد في نمو المعرفة وتطبيقاتها.

ولمّا كان فهم الكون يبدأ بفهم كيفية **حركة** الأجسام من حولنا، **فمجال الميكانيكا** في الفيزياء هو الأساس الذي بدأ منه علم الفيزياء ، ومن هنا سننطلق في دراسة الفيزياء للصف العاشر.

الفيزياء و العلوم الأخرى..

الفيزياء لا تقتصر على فهم الكون فحسب، بل تعمل أيضًا كمحرك خفي يدفع العديد من العلوم الأخرى؟؛ فهي تدعم مجالات علمية مثل: الأحياء، الكيمياء، الجيولوجيا (علم الأرض)، أو حتى الطب والهندسة.

كن باحثًا علميًا واختر أحد هذه العلوم، وفكّر: كيف أحدث مفهوم أو اكتشاف معين في الفيزياء ثورة في ذلك العلم؟ شارك زملاءك أكثر ما أثار دهشتك في بحثك.

تحقق مما تعلمت ..

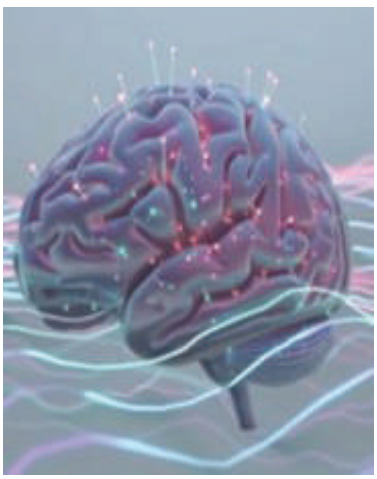
١- فكّر في ثلاثة أسئلة تراودك حول الظواهر الطبيعية من حولك. فكّر: هل يمكن أن تحصل على إجابة عنها في أحد مجالات الفيزياء؟ اكتب الأسئلة وحدد المجال الفيزيائي الذي يجيب عليها .

السؤال	مجال الفيزياء الذي يجيب عليه

٢- ارسم خريطة مفاهيم توضح فيها مفهوم علم الفيزياء والمجالات الأساسية والفرعية التي يدرسها ، مع توضيح مثال تطبيقي لكل منها.

إضاءة فيزيائية..

كيف تعمل أجهزة الكائنات الحية ؟



هل تعلم كيف تنتقل الإشارات العصبية من دماغك إلى أطرافك بسرعة فائقة تصل إلى عشرات الأمتار في الثانية الواحدة؟ وكيف يضخ قلبك الدم بقوة تكفي للدوران في جسدك كاملًا؟ الإجابة تكمن في **الفيزياء الحيوية**.

يُعد هذا المجال أحد أكثر الفروع إثارة، حيث يطبق الفيزيائيون **قوانين المادة والطاقة** لفهم كيفية عمل الكائنات الحية. فنحن لا ننظر إلى الجسد كمجرد أعضاء، بل كمنظومة فيزيائية حيوية متكاملة.

إن الفيزياء الحيوية تثبت لنا أن قوانين الفيزياء لا تحكم النجوم والآلات فحسب، بل هي المحرك الأساسي لكل نبضة قلب وكل فكرة تخطر ببالك.

أنـــــت الـــفـــيـــزيـــائـــي

السؤال الأول :اكتب المصطلح العلمي الذي تدل عليه كل عبارة من العبارات الآتية:

م	العبارة	المصطلح
١	فـرعٌ مـن فـروع العلـوم الطبيعيـة يختـص بدراسـة المـادة والطاقـة والعلاقـة بينهـما.	

السؤال الثاني: أكمل العبارات التالية بما تراه مناسبًا علميًا :

١- تُعتبر ..... أحد مجالات الفيزياء الحديثة، و يهدف إلى فهم النواة ومكوناتها.

٢- تصميـم المنشـآت الهندسـية يعتمـد في الأسـاس عـلى مجـال ..... والـذي يُعتـبر مـن مجـالات الفيزيـاء الكلاسـيكية.

السؤال الثالث: قارن بين كل مما يلي :

وجه المقارنة	الفيزياء الكلاسيكية	الفيزياء الحديثة
طبيعة الأجسام التي يدرسها هذا المجال (الكتله – السرعة)		
عدِّد مجالين من المجالات الفرعية لهذا المجال		

الكميات الفيزيـــــــائية
Physical Quantities

كيف يتفق العلماء في مختلف أنحاء العالم على قياس شيء واحد على الرغم من اختلاف لغاتهم وثقافاتهم؟ إن السر يكمن في لغة الفيزياء الموحدة؛ فأن تكون فيزيائيًا يعني أنك تمتلك القدرة الفائقة على وصف الظواهر الكونية بدقة متناهية، مما يتيح لك التواصل مع مجتمع العلماء العالمي بلغة الأرقام والمعايير لتبادل المعرفة وبناء الحضارة. ولكي نصل إلى هذه الدقة الاحترافية، يجب علينا أولًا التمييز بوضوح بين الكميات الفيزيائية المختلفة التي يختص هذا العلم بدراستها، وفهم الكيفية التي تمكننا من قياسها بدقة وتحديد عناصر وصفها.

ماذا سأتعلم ؟

- الكميات الفيزيائية وأنواعها.
- وحدات القياس.
- معادلة الأبعاد.

كيف سأتعلم ؟

- أتعرّف على الكمية الفيزيائية.
- أُصنّف الكميات الفيزيائية إلى أساسية ومشتقة .
- أُحدّد وحدات القياس المناسبة لكل كمية فيزيائية.
- استخدم التفكير الرياضي للتحويل بين وحدات القياس.
- استنتج معادلات الأبعاد للكميات المختلفة.

فكِّر !!

ماذا يدرس علم الفيزياء؟

اكتشف بنفسك (١) ..

هل تستطيع أن تحدد قيمة عددية للصفات التالية ؟ ضع علامة (✓) في المربع، أمام الصفة التي يمكنك تحديد قيمة عددية لها :

مدى حبّك لأخيك ☐

طول الكتاب المدرسي ☐

شغفك في دراسة الفيزياء ☐

زمن الحصة الدراسية ☐

بعض الصفات يمكن التعبير عنها برقم ، لأنها قابلة للقياس بدقة، وبعض الصفات يصعب قياسها بدقة. تهتم الفيزياء بدراسة تلك الصفات القابلة للقياس، وتسمى الكميات الفيزيائية. **فالكمية الفيزيائية هي صفة قابلة للقياس ويعبر عنها برقم وغالبًا بوحدة قياس.**

تعتبر وحدة القياس المرجع الذي نستخدمه لنعطي الأرقام معنىً فيزيائياً؛ **فوحدة القياس هي مقدار محدد من كمية فيزيائية معينة، تُستخدم كمعيار ثابت لمقارنة الكميات الأخرى من النوع نفسه بها.** فبدون هذا المعيار لا يمكننا تحديد الكميات الفيزيائية.

فكِّـــر !!

هل عبارة " كتلة الجسم تساوي 5 " واضحة المعنى ؟

لا يكتمل معنى العبارة بدون تمييز للرقم فقد تكون كتلة الجسم 5 جرام ، و قد تكون 5 كيلو جرام !! و الكتلتان بينهما اختلاف كبير في المقدار.

تتنوع وحدات القياس للكمية الفيزيائية الواحدة، فمثلًا يمكن تمييز مقدار الطول بوحدات مختلفة مثل: المتر ، الذراع ، أو القدم. ما هي الوحدات التي يمكن استخدامها لتمييز مقدار الزمن؟

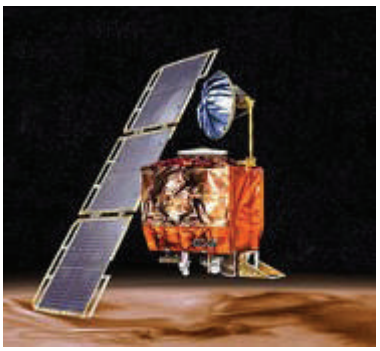
كميات فيزيائية عديمة الوحدة !
Unitless Quantities

ليس لكل الكميات الفيزيائية وحدات قياس، فبعض الكميات ليس لها وحدة قياس وتُسمى **كميات فيزيائية عديمة الوحدة وهي قيم عددية تصف علاقة نسبة بين كميتين فيزيائيتين من النوع نفسه.** حيث إن الوحدات تلغي بعضها في عملية القسمة، ويكون الناتج رقمًا مجردًا. مثال: النسب المئوية، معامل الانكسار، النسب المثلثية، وكفاءة الآلات.

النظام الدولي للوحدات International System of Units (SI)

في عام ١٩٩٩م، أطلقت وكالة ناسا الفضائية مسبارًا فضائيًا نحو المريخ ، بعد رحلة استمرت شهورًا، وعند وصول المسبار إلى مريخ، وبدلًا من أن يدور حوله... **انفجر واختفى تمامًا!**

هل يمكنك أن تتخيل السبب؟ المهندسون في الشركة المصنعة اعتمدوا في الحسابات على نظام وحدات قياس يختلف عن النظام الذي يستخدمه المهندسون في وكالة ناسا .هذا الاختلاف البسيط في تمييز **وحدة القياس** أدى إلى خطأ في تقدير الحسابات، وتحول المسبار إلى حطام.



الشكل (١٠) مسبار مارس كلايمنت أوربتر

من أجل تجنب مثل هذه الأخطاء يجب على العلماء والمهندسين الوعي بنظام القياس في الحسابات. من أهم الأنظمة التي يُعتمد عليه في دراسة الفيزياء هو **النظام الدولي للوحدات**، والذي يعتبر بمثابة **لغة عالمية** يتفاهم من خلالها العلماء لضمان الدقة في الحسابات.

يوضح الجدول التالي وحدات القياس المستخدمة لبعض الكميات الفيزيائية الأساسية في النظام الدولي للوحدات:

الكمية الفيزيائية	رمز الكمية الفيزيائية	وحدة القياس في النظام الدولي	
الطول	l	متر	m
الكتلة	m	كيلو جرام	kg
الزمن	t	ثانية	s

الجدول (١)

يمتاز النظام الدولي للوحدات بعدة خصائص جعلته النظام الأكثر اعتمادًا في مجالات البحث العلمي، لعل من أهمها أنه النظام المعتمد لدى معظم الدول في العالم. كما أنه يعتمد على النظام العشري الذي يسهل إمكانية التحويل بين الوحدات، والتعبير عن الكميات الفيزيائية بشكل أكثر دقة.

فالكميات الفيزيائية يمكن أن تكون :

كبيرة جدًا

مثل المسافة بين النجوم ، تقدر بحوالي

$(100,000,000,000,000\ m)$

الشكل (١١)

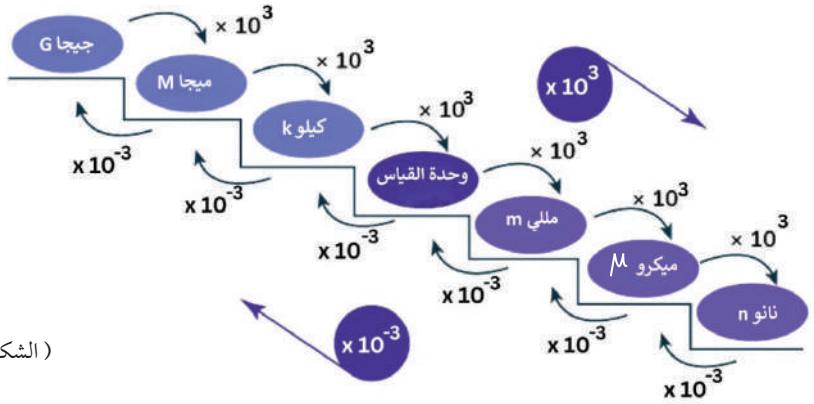
صغيرة جدًا

مثل المسافة بين الذرات في المادة، تقدر بحوالي

$(0.000000001\ m)$

الشكل (١٢)

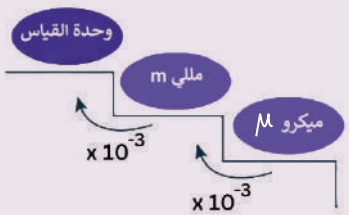
ونظـراً لصعوبـة قـراءة هـذه الأعـداد، يفضـل التعبـير عنهـا وكتابتهـا بدلالـة الرقـم (10) مرفـوع لأس معـين فتكـون المسـافة في المثـال السـابق(الشـكل ١١) بـين النجـوم ($1x10^{14}$ m) ، و(الشـكل ١٢) بـين الـذرات في المـادة ($1x10^{-9}$ m). هـذا الإجـراء يسـهل العمليـات الحسـابية و وصـف الكميـات الفيزيائيـة بدقـة أكـبر. يوضـح الشـكل التـالي بعـض الأجـزاء في النظـام الـدولي ورموزهـا، بالإضافـة إلى علاقتهـا بوحـدة القيـاس:



(الشكل ١٣)

مثـــــــال (١) :

تم قياس سمك ورقة باستخدام الميكرومتر، فكانت القراءة $4.56)\ \mu m$ ،
كم يكون سمك الورقة بوحدة المتر m ؟



الحل :

$$4.56\ \mu m = 4.56x10^{-6}\ m$$

اكتشف بنفسك (٢) ..

احسب قيم الكميات الفيزيائية التالية بالوحدة الدولية :

- 2 Gm .....
- 5 كيلو متر .....
- 250 mm .....
- 600 نانو جرام .....
- 34 cm .....
- 1.45 km .....
- $740\mu m$ .....
- $22.5\ cm^2$ .....

معادلة الأبعاد للكمية الفيزيائية :

في الفيزياء لكل كمية فيزيائية هوية تُعبّر عنها تسمى " معادلة الأبعاد " ، وهذه المعادلة توضح لنا أصل هذه الكمية. فيما يلي معادلة الأبعاد لبعض الكميات الفيزيائية :

الكمية الفيزيائية	معادلة الأبعاد
الطول	$[\,L\,]$
الكتلة	$[\,M\,]$
الزمن	$[\,T\,]$

الجدول (٢)

تعتبر معادلة الأبعاد ذات أهمية في دراسة الفيزياء لأنها :

- تتيح للعلماء التنبؤ بالقوانين الفيزيائية واستنتاجها رياضيًا قبل إجراء التجارب.
- تساعد في معرفة وحدة القياس لأي كمية فيزيائية.

لاحِـــــظ :

درست سابقًا العلاقة الرياضية لحساب السرعة :

$$\text{السرعة} = \frac{\text{الطول } l}{\text{الزمن } t}$$

معادلة أبعاد السرعة هي : $\left[\frac{L}{T}\right]$

ولأن وحدة قياس المسافة هي المتر m ، ووحدة قياس الزمن هي الثانية s ، تكون وحدة قياس السرعة m/s

الجدول التالي يبين معادلات الأبعاد لكميات فيزيائية أخرى:

الكمية الفيزيائية	معادلة الأبعاد	وحدة القياس في النظام الدولي
السرعة	$[\,L/T\,]$	m/s
التسارع	$[\,L/T^2\,]$	m/s^2
المساحة	$[\,L^2\,]$	m^2
الحجم	$[\,L^3\,]$	m^3

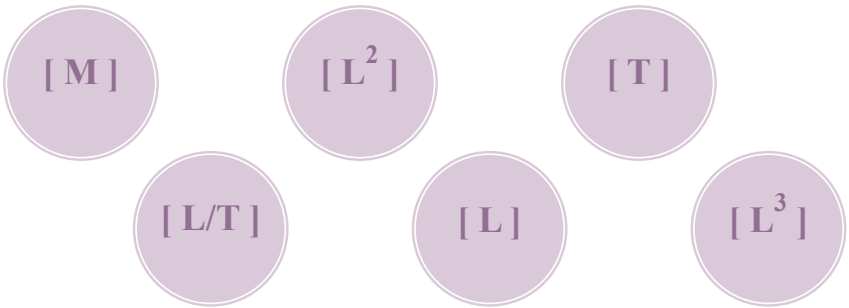
اكتشف بنفسك (٣) ..

هل يمكنك استنتاج معادلة أبعاد المساحة ووحدة قياسها ؟ وماذا عن الحجم ؟ ابدأ من العلاقة الرياضية لحساب كل منهما .

.....

اكتشف بنفسك (٤) ..

لاحظ معادلات الأبعاد للكميات الفيزيائية التي درستها . هل تستطيع أن تصنفها إلى مجموعتين؟ وما المعيار الذي اعتمدت عليه في التصنيف ؟



صنف علماء الفيزياء الكميات الفيزيائية وفق معيار الاستقلالية إلى مجموعتين :

الكميات الفيزيائية

الكميات الأساسية

هي كميات مستقلة بذاتها، ولا يمكن اشتقاقها من كميات أخرى.

مثل: الطول

الكتلة

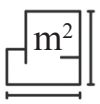
الزمن

الكميات المشتقّة

هي كميات غير مستقلة، يتم تعريفها بدلالة الكميات الأساسية.

مثل:

السرعة

والمساحة 

تحقق مما تعلمت ..

١- تتحرك سيارة بسرعة (80) km/h ، احسب سرعة السيارة بالوحدة الدولية.

.....

٢- القوة كمية فيزيائية مشتقة ، إذا علمت أن العلاقة الرياضية لحساب القوة وفق القانون الثاني لنيوتن هي $F=ma$ ، حيث أن F ترمز إلى القوة و m ترمز إلى الكتلة و a ترمز إلى التسارع. هل تستطيع استنتاج معادلة الأبعاد للقوة ؟ ماذا عن وحدة قياسها ؟

.....

أنت الفيزيائي

السؤال الأول: ضع بين القوسين علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (X) أمام العبارة غير الصحيحة فيما يلي:

١- تعتبر الكتلة من الكميات الفيزيائية الأساسية.

( )

٢- وحدة قياس الطول في النظام الدولي للوحدات هي الكيلوجرام . ( )

السؤال الثاني: عدد ما يلي :

١- أهمية النظام الدولي للوحدات.

.....

.....

٢- أهمية دراسة معادلة الأبعاد في الفيزياء.

.....

.....

السؤال الثالث: قارن بين كل مما يلي:

وجه المقارنة	الكميات الأساسية	الكميات المشتقة
مثال		

إضاءة فيزيائية ..

السنة الضوئية

تُعد **السنة الضوئية** أحد أكثر المفاهيم إثارة في الفيزياء والفلك، وهي ليست وحدة قياس للزمن كما يوحي اسمها، بل هي وحدة هائلة جدًا لقياس المسافة، تُستخدم لترجمة الأبعاد الشاسعة في الكون.

إذ تعادل المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ خلال **سنة أرضية واحدة** . وبما أن الضوء هو أسرع شيء في الكون (إذ ينطلق بسرعة تقارب 300 ألف كيلومتر في الثانية الواحدة)؛ فإن المسافة التي يقطعها الضوء في سنة تصل إلى حوالي 9.46 تريليون كيلومتر.

فعندما نريد أن نعبر عن بعد أقرب نجم إلى الأرض و الذي يعادل بوحدة الكيلو متر 40,000,000,000,000

نستطيع أن نقول أنه يبعد عن الأرض مسافة 4.2 سنة ضوئية.

احسب!

إذا كان الضوء يستغرق 8.3 دقائق ليصلنا من الشمس ، فكَم تبعد الشمس عنّا بالوحدة الدولية؟

الفصل الثاني: الحركة في بُعد واحد

One-Dimensional Motion

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

وَالشَّمْسُ تَجْرِي لِمُسْتَقَرٍّ لَّهَا ۚ ذَٰلِكَ تَقْدِيرُ الْعَزِيزِ الْعَلِيمِ ﴿٣٨﴾

(سورة يس: ٣٨)

[1-2] الدرس الأول: الكميات الفيزيائية العددية والمتجهة

Scalar And Vector Physical Quantities

[2-2] الدرس الثاني: معادلات الحركة المتسارعة بانتظام

Equations Of Uniformly Acceleration Motion

[3-2] الدرس الثالث: السقوط الحُر

Free Fall

الكميات الفيزيـــــــــائية العددية والمتجهة
Scalar And Vector Physical Quantities

هل تعلم أن كوكب الأرض يتحرك حول نفسه (حركة محورية) بسرعة تفوق 1600 km/h . تخيل هذه السرعة!! مع ذلك أنت الآن تقرأ بهدوء تام! فلماذا لا نشعر بكل هذه الحركة؟

ماذا لو توقفت الأرض فجأة؟ أو سكنت الرياح؟ أو توقفت الإلكترونات عن الحركة؟

كيف سيبدو الكون حينها؟ هل سيبقى كما هو.. أم كل شيء سيتغير؟

الحركة ليست مجرد انتقال مكاني بل هي نبض الكون وأساس وجوده.

ماذا سأتعلم ؟

- مفهوم الحركة و أنواعها.
- الفرق بين الكميات العددية و المتجهة.
- تمثيل الحركة باستخدام نماذج بيانية ورياضية.
- مفهوم التسارع.

كيف سأتعلم ؟

- أُعرّف الحركة وأُعدد أنواعها.
- أُصنّف الكميات الفيزيائية وفق معيار الحاجة للتعبير عنها باتجاه.
- أُقارن بين المسافة والإزاحة.
- استخدم التفكير الرياضي للتمييز بين السرعة العددية والمتجهة.
- أُعرّف التسارع .

فكِّر !!

ما الحركة ؟

كيف نصفها بدقة؟

اكتشف بنفسك (١) ..

ضع كتابًا **فوق** الطاولة.
اطلب من صديقك أن يُغمض عينيه.
غيّر **موضع الكتاب** وضعه **تحت** الطاولة.
اطلب من صديقك أن يصف ما حدث للكتاب.
هل لاحظ أنك حرّكت الكتاب؟ **ما هي الحركة؟**

تُعرّف **الحركة** في الفيزياء بأنها **تَغيّر موضع الجسم بالنسبة إلى جسم آخر يُسمى الجسم المرجعي.**
يُستخدم الجسم المرجعي لمقارنة موقع جسم بالنسبة له، لتحديد ما إذا كان قد غيّر موضعه أم لا.
فإذا تغير البعُد بين الجسم وهذا الجسم المرجعي، يكون الجسم قد تحرك.

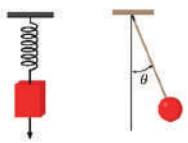
وتنقسم الحركة بشكل أساسي إلى نوعين:

١- **الحركة الانتقالية** وهي التي ينتقل فيها الجسم بين نقطتين (بداية ونهاية)، سواء في **خط مستقيم** أفقي كان أم رأسي مثل حركة السيارات في الشوارع المستقيمة الشكل(١)، أو في **مسار منحنى** مثل حركة المقذوفات الشكل(٢).

الشكل (١)

الشكل (٢)

٢- **الحركة الدورية** وهي الحركة التي تُكرّر نفسها في فترات زمنية مُنتظمة، وتشمل **الحركة الاهتزازية** مثل حركة البندول والنابض الشكل(٣)، و**الحركة الدائرية** كحركة دوران القمر حول الأرض الشكل(٤).



الشكل (٣)

الشكل (٤)

اكتشف بنفسك (٢) ..

كيف سيتأثر الكتاب على الطاولة اذا ما أثرتَ عليه بقوة مقدارها **5** نيوتن؟

لاحظ!

يصعب عليك تحديد أثر القوة بدون معرفة **اتجاهها**.

الآن ، كيف سيتأثر الكتاب إذا ما أثرتَ عليه بقوة **5** نيوتن **باتجاه اليمين**؟

سيتحرك الكتاب باتجاه اليمين .

- لنعرف أثر القوة من المهم أن تحدد اتجاهها .

إذاً وفق معيار الحاجة إلى تحديد الاتجاه لوصف الكمية وصفًا تامًا، تُصنّف الكميات الفيزيائية إلى مجموعتين :

الكميات الفيزيائية

الكميات العددية

هي الكميات التي يكفي لوصفها تحديد المقدار ووحدة القياس.

مثل:

الكتلة

الزمن

الكميات المتجهة

هي الكميات التي لا يكتمل وصفها إلا بتحديد المقدار ووحدة القياس والاتجاه.

مثل:

القوة

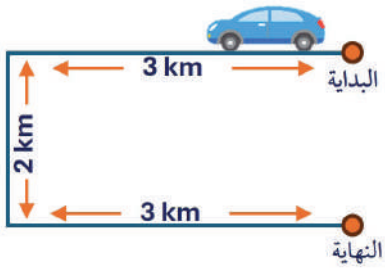
هل تستطيع أن تفكر بأمثلة أخرى للكميات العددية والمتجهة ؟

هل الطول كمية عددية أم متجهة ؟

المسافة و الإزاحة Displacement And Distance

اكتشف بنفسك (٣) ..

تحركت سيارة وفق المسار المبين في الشكل التالي:



- حدد طول المسار الكلي الذي قطعته السيارة.

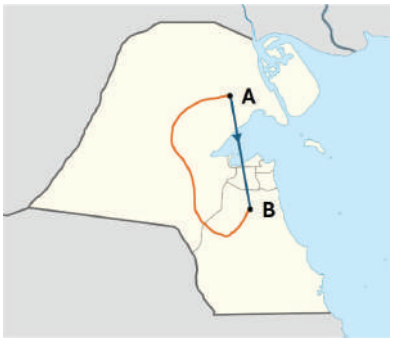
.....

- حدد أقصر بُعد بين نقطة البداية و النهاية.

.....

- بأي اتجاه يجب أن تتحرك السيارة لتقطع أقصر بُعد مستقيم بين نقطة البداية والنهاية؟

.....



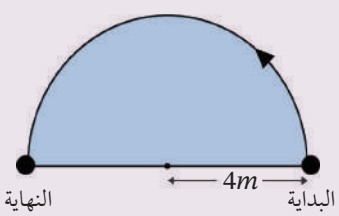
يسمي الفيزيائيون **طول المسار الكلي المقطوع بالمسافة** (d)، ووحدة قياسها المتر وهي كمية **عددية**. في الشكل المقابل تمثل المسافة المسار البرتقالي بين النقطتين A و B.

أما **أقصر بُعد مستقيم بين نقطة البداية والنهاية** يسمى **الإزاحة** ($\Delta \vec{x}$)، وتمثل بالمسار الأزرق على الخريطة المقابلة. تُحدد دائمًا باتجاه من نقطة البداية إلى نقطة النهاية، لذلك هي كمية **متجهة**، ووحدة قياسها المتر.

مثـــــال (١) :

حدد المسافة والإزاحة في المسار التالي ،

تَذكّر أن محيط الدائرة يُحسب من العلاقة $S=2\pi r$



الحل:

- المسافة (d) = نصف محيط الدائرة $= \frac{S}{2} = \frac{2\pi r}{2} = \pi r = \pi \times (4) = 12.56\ m$
- الإزاحة $(\Delta \vec{x})$ = ضعف نصف القطر $= 2r = 2 \times (4) = 8\ m$ **باتجاه الغرب**

السرعة العددية والسرعة المتجهة Speed And Velocity

السرعة العددية (v) هي المسافة المقطوعة خلال وحدة الزمن. و يمكن حسابها من العلاقة الرياضية التالية:

$$\text{السرعة العددية } (v) = \frac{\text{المسافة (d)}}{\text{الزمن (t)}}$$

وحدة قياسها m/s ، و هي كمية عددية .

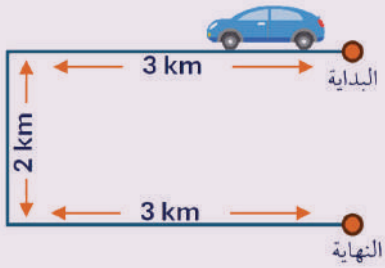
أما **السرعة المتجهة ($\vec{v}$) فتُعرَّف بأنها تغير متجه الإزاحة خلال وحدة الزمن.** وبالتالي يمكن حسابها من العلاقة الرياضية التالية :

$$\text{السرعة المتجهة } (\vec{v}) = \frac{\text{الإزاحة } (\Delta\vec{x})}{\text{الزمن (t)}}$$

وحدة قياسها m/s ، و هي كمية متجهة .

مثـــــال (٢) :

تحركت سيارة وفق المسار المبين في الشكل التالي ،
احسب السرعة العددية و السرعة المتجهة للسيارة إذا علمت أنها استغرقت ساعتين في رحلتها.



الحل:

$$\text{السرعة العددية } (v) = \frac{d}{t} = \frac{8}{2} = 4\ km/h$$

$$\text{السرعة المتجهة } (\vec{v}) = \frac{\Delta\vec{x}}{t} = \frac{2}{2} = 1\ km/h \quad \text{باتجاه الجنوب}$$

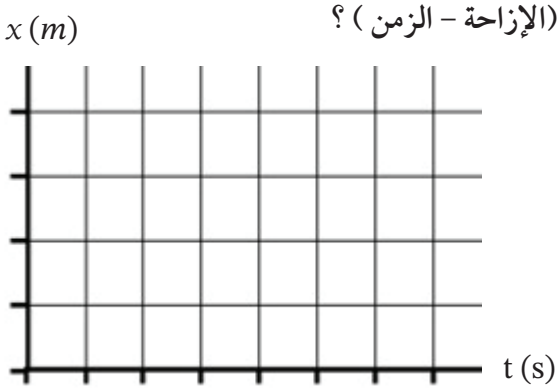
يمكن أن يتساوى مقدار السرعة العددية مع مقدار السرعة المتجهة إذا كانت الحركة في خط مستقيم وفي اتجاه واحد .

اكتشف بنفسك (٤) ..

تحركت سيارة فتغيرت الإزاحة المقطوعة خلال الزمن كما هو مبين في جدول البيانات التالي:

الإزاحة (m)	0	5	10	15
الزمن (s)	0	1	2	3

هل تستطيع تمثيل البيانات الموجودة في الجدول على المنحنى (الإزاحة – الزمن) ؟



- صف الحركة :

هل السيارة تتحرك بسرعة ثابتة أم متغيرة؟

.....

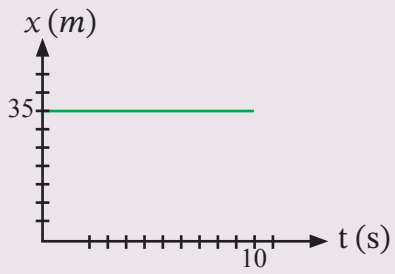
احسب ميل المنحنى . ماذا يمثل؟

.....

عندما يتحرك الجسم في خط مستقيم وفي اتجاه واحد **ويقطع مسافات متساوية خلال أزمنة متساوية ، توصف سرعته بالسرعة المنتظمة** ، وتكون سرعته ثابتة مقدارًا واتجاهًا .

مثـــــال (٣) :

ما ميل المنحنى البياني (الإزاحة–الزمن) المقابل؟ صف الحركة



الحل:

$$slope = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{(35-35)}{(10-0)} = 0$$

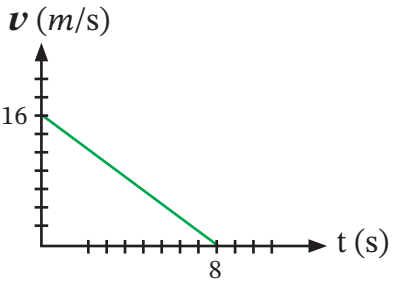
ميل المنحنى يساوي صفر ويمثل مقدار السرعة، مما يدل على أن الجسم ساكن لا يتحرك.

التســـــــــارع Acceleration

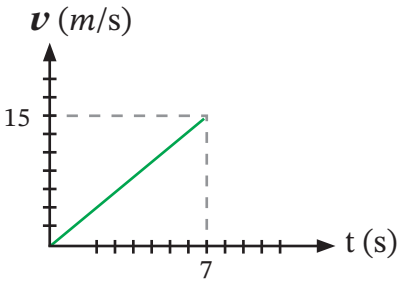
لا تتحـرك جميـع الأجسـام بسرعـة منتظمـة، فأحيانًـا تـزداد السرعـة وأحيانًـا أخـرى تتناقـص، اهتـم علـماء الفيزيـاء بدراسـة التغـيّر في متجـه السرعـة (مقـدارًا و اتجاهًـا) مـن أجـل وصـف دقيـق للحركـة.

اكتشف بنفسك (٥) ..

التمثيل البياني التالي يمثل حركة سيارتين A و B :



السيارة (B)



السيارة (A)

من ملاحظتك للبيانات في المنحنيين:

– صف حركة كل من السيارتين A و B .

.....

– احسب ميل المنحنى لكل سيارة . قارن بين القيم ، ماذا تلاحظ؟

.....

السيارة (A)

السيارة (B)

تسـمى الحركـة التـي يتغـير فيهـا متجـه السرعـة بمعـدل منتظـم سـواءً بالزيـادة أو بالنقصـان بالحركـة المتسـارعة بانتظـام. و **المعـدل الزمنـي للتغـير في متجـه السرعـة يُسـمى تسـارع** . يرمـز لـه بالرمـز $\vec{a}$ ، يمكـن حسـاب التسـارع مـن المعادلـة التاليـة :

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{\Delta t} \qquad \vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

حيـث إن v_0 هـي السرعـة الابتدائيـة للجسـم ، v هـي السرعـة النهائيـة و t الزمـن المسـتغرق. وحـدة قياسـها m/s^2 ، وهـي كميـة متجهـة.

مثـــــــال (٤) :

بـدأت سـيارة حركتهـا مـن السـكون فتزايـدت سرعتهـا بانتظـام حتـى أصبحـت $(40)\ m/s$ بعـد مـرور $(5)\ s$. صـف مـاذا حـدث للسرعـة ؟ احسـب التسـارع الـذي تتحـرك بـه السـيارة .

الحل:

السرعة تغيرت بالزيادة .

$$\vec{a} = \frac{v - v_\circ}{t} = \frac{40 - 0}{5} = 8\ m/s^2$$

مثـــــــال (٥) :

تتحـرك سـيارة بسرعـة $(25)\ m/s$ ، ضغـط سـائقها عـلى الفرامـل فتناقصـت سرعتهـا بانتظـام حتـى توقفـت بعـد مـرور $(10)\ s$.صـف مـاذا يحـدث للسرعـة؟ احسـب التسـارع الـذي تتحـرك بـه السـيارة .

الحل:

السرعة تغيرت بالنقصان .

$$\vec{a} = \frac{v - v_\circ}{t} = \frac{0 - 25}{10} = -2.5\ m/s^2$$

عندمـا تتغـير السرعـة بالزيـادة، تكـون قيمـة السرعـة النهائيـة أكـبر مـن السرعـة الابتدائيـة، فتكـون قيمـة التسـارع موجبـة، أمـا عندمـا تتغـير السرعـة بالنقصـان، تكـون قيمـة السرعـة النهائيـة أصغـر مـن السرعـة الابتدائيـة، فتكـون قيمـة التسـارع سـالبة، وعندمـا تتسـاوى قيـم السرعـة النهائيـة والابتدائيـة يكـون التسـارع يسـاوي صفـرًا حيـث أن الجسـم يتحـرك بسرعـة منتظمـة (ثابتـة).

التسارع	موجب	صفر	سالب
العلاقة بين $v_\circ$ و v	$v > v_\circ$	$v = v_\circ$	$v < v_\circ$
التغير في السرعة	السرعة تتزايد	السرعة ثابتة	السرعة تتناقص

الجدول (١)

في المسـار الدائـري حتـى مـع ثبـات مقـدار سرعـة الجسـم أحيانًـا إلا إن التغـير في اتجـاه السرعـة يجعـل الحركـة متسـارعة. **حيـث أن التسـارع هـو التغـير في متجـه السرعـة سـواء في مقدارهـا أو اتجاههـا أوكلاهمـا معًـا.**

نشاط عملي (١) : قياس تسارع جسمٍ ما :

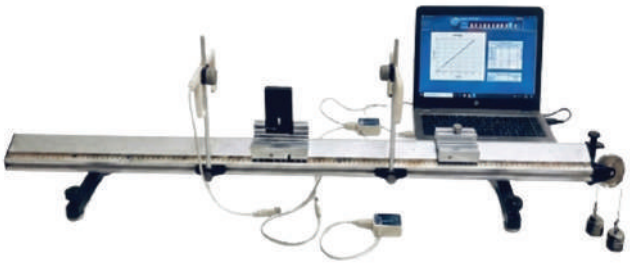
تحتاج إلى الأدوات التالية:

مضمار هوائي، عربة، بوابتان ضوئيتان ، خيط، بكرة، كتله، جهاز حاسوب.

قبل إجراء النشاط:

تذكر المعادلة التالية $\vec{a} = \frac{v\text{-}v_\circ}{\Delta t}$

لحساب تسارع جسمٍ ما .



الشكل (٦)

خطوات إجراء النشاط :

١- ثبّت المضمار الهوائي أفقيًا وشغّل مضخة الهواء.

٢- ضع البوابتين الضوئيتين واترك بينهما مسافة مناسبة.

٣- ضع العربة على المضمار، واربطها بخيط يمر فوق البكرة.

٤- علّق كتلة صغيرة في طرف الخيط، وزن هذه الكتلة يمثل القوة التي تسبب التسارع $(\vec{F}=m\vec{g})$.

٥- اترك العربة تتحرك ، وسجّل السرعة عند البوابة الأولى والبوابة الثانية والزمن الكلي للحركة.

٦- احسب مقدار التسارع للعربة من العلاقة الرياضية $(\vec{a} = \frac{v\text{-}v_\circ}{\Delta t})$.

٧- كرر التجربة ثلاث مرات، لحساب التسارع.

النتائج :

التكرار	$v_\circ\ (m/s)$	$v\ (m/s)$	$\Delta t\ (s)$	$\vec{a}\ (m/s^2)$
١				
٢				
٣				
المتوسط الحسابي لمقدار التسارع				

الاستنتاج :

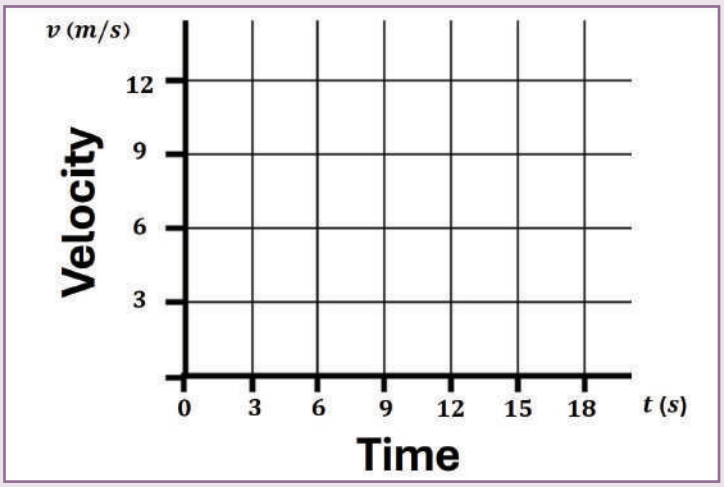
.....

تحقق مما تعلمت ..

- انطلق راكب على دراجة هوائية بدءًا من السكون، تغيرت سرعتها حتى وصلت وجهتها فتوقفت، كما في الجدول التالي:

السرعة m/s	0	6	12	12	12	12	0
الزمن s	0	3	6	9	12	15	18

- ارسم المنحنى البياني لحركة الدراجة الهوائية (السرعة – الزمن) مستخدمًا البيانات في الجدول :



- صف حركة الدراجة الهوائية على طول المسار.

.....

- احسب التسارع خلال الفترة الزمنية من ($0s-6s$).

.....

- احسب التسارع خلال الفترة الزمنية من ($6s-15s$).

.....

- احسب التسارع خلال الفترة الزمنية من ($15s-18s$).

.....

إضاءة فيزيائية ..

هل السرعة العالية خطرة ؟

في الحوادث المتعلقة بالمركبات، ليست السرعة هي ما يؤذي الإنسان بل التسارع، فمهما كانت السرعة كبيرة طالما كانت ثابتة لا يشعر الإنسان بشيء، ولكن لحظة التغير المفاجئ في السرعة هي مَكمن الخطر!

لذلك عمل مصممو السيارات على تطوير أنظمة الحماية، بهدف تقليل مخاطر التسارع الكبير، فالهدف هو جعل التوقف يحدث خلال زمن أطول، وبهذا يقل التسارع مما يقلل من شدة قوة الصدمة.

لهذا تُستخدم الوسائد الهوائية في السيارات، فهي تزيد من زمن التوقف عند التصادم، فتساعد على إبطاء حركة الراكب تدريجيًا، مما يحميه من الإصابات الشديدة .

أنت الفيزيائي

السؤال الأول: ضع علامة (✓) في المربع الواقع أمام أنسب إجابة لكل من العبارات التالية:

١ – أحد هذه الكميات الفيزيائية يعتبر كمية عددية:

☐ القوة ☐ المسافة ☐ الإزاحة ☐ التسارع

٢– تحركت كرة بسرعة m/s (10) حتى أوقفها اللاعب بعد مرور نصف ثانية، فإن التسارع المنتظم الذي تحركت به بوحدة m/s^2 تساوي :

☐ 20 ☐ -20 ☐ 5 ☐ -5

السؤال الثاني :علل لما يأتي تعليلًا علميًا سليمًا:

تعتبر حركة جسم في مسار دائري حركة تسارع بالرغم من ثبات مقدار السرعة.

.....

الدرس [2-2]

معادلات الحركة المتسارعة بانتظام في خط مستقيم
Equation Of Uniformly Acceleration Motion

ماذا سأتعلم ؟

- المعادلات الثلاث للحركة المتسارعة بانتظام في خط مستقيم.
- العلاقات البيانية المختلفة.

كيف سأتعلم ؟

- أتعرّف على المعادلات الثلاث للحركة المتسارعة بانتظام في خط مستقيم وصِيغها الرياضية.
- أختار المعادلة المناسبة لحل المسائل الحسابية بناءً على المعطيات المتاحة.
- أُفسّر العلاقات البيانية المختلفة .

فكِّر !!

كيف يتنبأ الفيزيائيون بنواتج الحركة؟

عندما تنظر إلى سيارة تنطلق من السكون إلى سرعة عالية، أو طائرة تتأهب للإقلاع، أو حتى متسابق يقلل من سرعته حتى يتوقف؛ فأنت لا تشاهد مجرد حركة عشوائية، بل تشاهد نظامًا فيزيائيًا دقيقًا.

فإذا تحرك الجسم بتسارع منتظم (ثابت) في خط مستقيم، فإن الفيزياء تقدم لنا قوانين رياضية دقيقة ، « معادلات الحركة المتسارعة بانتظام في خط مستقيم » .

هذه المعادلات ليست مجرد رموز، بل قوانين يستخدمها المهندسون، وخبراء الأرصاد، وحتى شرطة المرور لوصف الحركة بدقة متناهية.

لو كنتَ شرطي مرور في الإدارة العامة للمرور، ووصلتَ إلى موقع حادث تصادم على شارع الخليج العربي. فوجدت آثار إطارات سوداء ممتدة على الطريق بطول m (50). السائق يدّعي أنه كان يلتزم بالسرعة القانونية km/h (80).

فكِّر !!

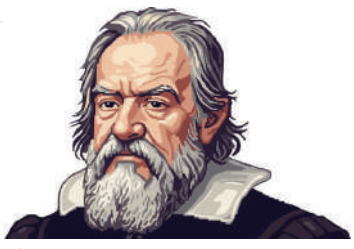
هل تستطيع من خلال قياس طول هذه الآثار فقط، وبدون وجود كاميرات مرور، أن تحدد سرعة السائق قبل لحظة الضغط على المكابح؟ للتأكد من صحة ادعائه؟

الحركة المتسارعة بانتظام في خط مستقيم
Uniformly Accelerated motion

لكي تتمكن من حل هذا اللغز وكشف الحقيقة خلف آثار الإطارات، يتعين عليك امتلاك أدوات رياضية دقيقة. هذه الأدوات هي **معادلات الحركة المتسارعة بانتظام في خط مستقيم**؛ وهي صيغ رياضية تمكننا من دراسة وحساب الكميات الفيزيائية الخاصة بالحركة عندما يتحرك الجسم بتسارع ثابت (منتظم) في خط مستقيم و في اتجاه واحد. هذه المعادلات تربط بين خمس كميات فيزيائية للحركة.

الإزاحة	Δx	المسافة المقطوعة في خط مستقيم وفي اتجاه واحد.
السرعة الابتدائية	v_o	السرعة في بداية الحركة.
السرعة النهائية	v	سرعة الجسم في نهاية الحركة.
التسارع	a	تغير متجه السرعة خلال وحدة الزمن.
الزمن	t	الفترة الزمنية التي يستغرقها الجسم في الحركة.

الجدول (٢)



" الرياضيات هي اللغة الأساسية لفهم الكون " .

غاليليو غاليلي

ترتبط الكميات الفيزيائية الخمسة السابقة في ثلاث معادلات لدراسة الحركة المتسارعة بانتظام في خط مستقيم باتجاه واحد، كما في الجدول التالي :

رقم المعادلة	الصيغة الرياضية	متى تُستخدم؟
الأولى	$v = v_o + at$	عندما لا تملك معلومة عن الإزاحة (Δx) ، ولا تحتاج إلى حسابها.
الثانية	$\Delta x = v_o t + \frac{1}{2} at^2$	عندما لا تملك معلومة عن السرعة النهائية (v)، ولا تحتاج إلى حسابها.
الثالثة	$v^2 = v_o^2 + 2a(\Delta x)$	عندما لا تملك معلومة عن الزمن (t)، ولا تحتاج حسابه.

الجدول (٣)

تذكر حادث السير الذي تُحقق فيه ، ما هي المعادلة الأنسب لحساب سرعة السائق؟

مثـــــال (١) :

تسير شاحنة بسرعة $22.2)\ m/s$ ، ضغط السائق على المكابح، فتناقصت سرعتها بانتظام بتسارع مقداره $2)\ m/s^2$ ، ماهي السرعة النهائية للشاحنة بعد مرور $8)\ s$؟

الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه ثم ما تريد معرفته.

السرعة الابتدائية	$v_o = 22.2\ m/s$
التسارع	$a = -2\ m/s^2$
الزمن	$t = 8\ s$
السرعة النهائية	$v = ?$

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

$$v = v_o + at \longrightarrow v = 22.2 + (-2 \times 8) \longrightarrow v = 6.2\ m/s$$

لاحظ أن الشاحنة ستتحرك بسرعة مقدارها $6.2)\ m/s$ بعد مرور $8)\ s$.وهذا يبدو منطقيًا، لأن سرعتها تتناقص بمقدار $2)\ m/s$ كل ثانية لمدة $8)\ s$.

اكتشف بنفسك (١) ..

تسير حافلة مدرسية بسرعة m/s (20) ، و بتسارع m/s^2 (1.5).

ما هي سرعة الحافلة بعد مرور زمن قدره s(6) ؟

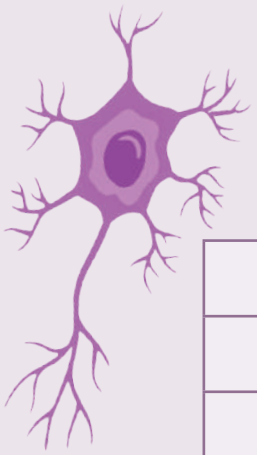
.....

.....

مثـــــــال (٢) :

افترض أن سرعة النبضة العصبية في جسم الإنسان ثابتة و تساوي m/s (100) ،

ما الزمن اللازم لكي تنتقل النبضة العصبية من القدم إلى دماغ رجل يبلغ طوله m (1.7).



الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه ثم ما تريد معرفته.

السرعة الابتدائية	v_o=100 m/s
التسارع	$a = 0\ m/s^2$
الإزاحة	$\Delta x = 1.7\ m$
الزمن	t = ?

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

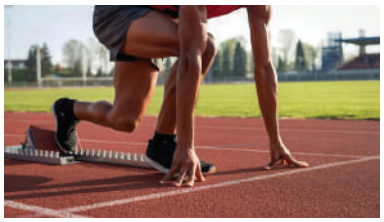
$$\Delta x = v_o t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$1.7 = (100 \times t) + (\frac{1}{2} \times 0 \times t^2)$$

$$t = 0.017\ s$$

اكتشف بنفسك (٢) ..

بدأ فارس العداء في سباق الجري الرّكض تدريجيًا بتسارع منتظم مقداره $4)\ m/s^2$، ما هي المسافة التي قطعها بعد مرور $s(5)$ من بداية السباق؟



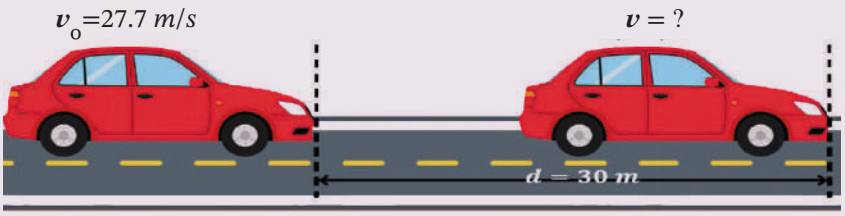
.....

.....

.....

مثـــــــال (٣) :

تسير السيارة المبينة أمامك على طريق مستقيم ابتداءً من سرعة $(27.7)\ m/s$ ، وبتسارع $(2)\ m/s^2$ لمسافة $(30)\ m$. ما هي السرعة النهائية للسيارة بعد قطع تلك المسافة ؟



الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه ثم ما تريد معرفته.

السرعة الابتدائية	$v_o=27.7\ m/s$
التسارع	$a=2\ m/s^2$
الإزاحة	$\Delta x=30\ m$
السرعة النهائية	$v=?$

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

$$v^2=v_o^2+2a(\Delta x)$$

$$v^2=(27.7)^2+(2\times2\times30)$$

$$v=\sqrt{887.29}\ m/s \longrightarrow v=29.78\ m/s$$

اكتشف بنفسك (٣) ..

تتحرك سيارة بسرعة v ، ثم ضغط سائقها على المكابح فبدأت سرعتها بالتناقص المنتظم حتى توقفت بعد أن قطعت مسافة مقدارها Δx ، كم ستكون المسافة التي ستقطعها السيارة للتوقف بدلالة Δx إذا بدأت السيارة بسرعة ابتدائية للسيارة $2v$ ؟

.....

.....

التمثيل البياني لمعادلات الحركة المتسارعة بانتظام :

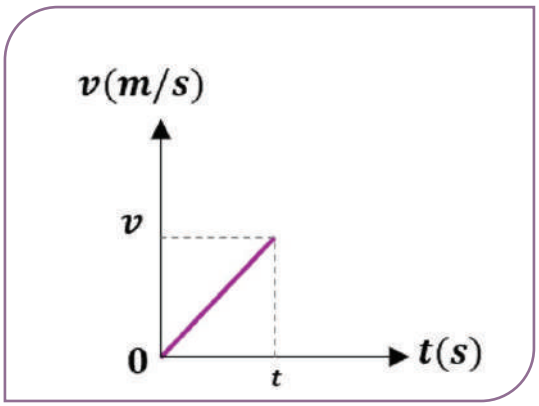
حركة الأجسام المتسارعة بانتظام يمكن قراءتها وفهمها من خلال الرسومات البيانية التي تعطينا فهمًا أعمق للعلاقة بين الكميات الفيزيائية.

أولاً: العلاقة بين (السرعة والزمن)

يمكن تمثيل حركة جسم متسارع بانتظام حسب المعادلة الأولى $v=v_0+at$ بيانياً كالتالي:

إذا بدأ الحركة من السكون

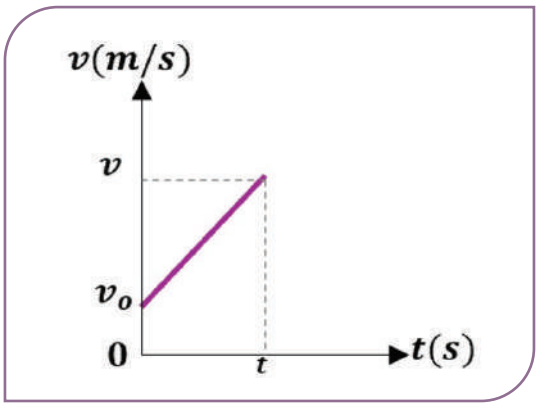
$v_0 = 0$



الشكل (٧)

إذا بدأ الحركة بسرعة لا تساوي صفر

$v_0 \neq 0 \longrightarrow v_0 > 0$



الشكل (٨)

$$slope = \frac{\Delta y}{\Delta x} = a$$

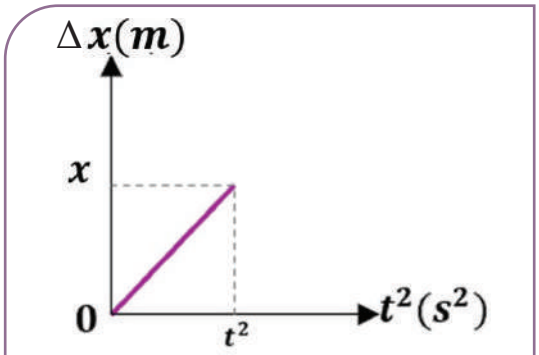
لاحظ أن ميل الخط البياني للعلاقة بين السرعة و الزمن يساوي **التسارع**.

ثانياً: العلاقة بين (الإزاحة و مربع الزمن)

يمكن تمثيل حركة جسم متسارع بانتظام حسب المعادلة الثانية $\Delta x = v_o t + \frac{1}{2} a t^2$ بيانيًا كالتالي:

إذا بدأ الحركة من السكون

$v_o = 0$

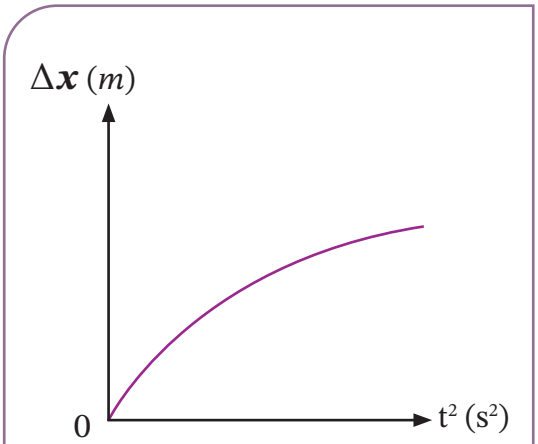


$slope = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{1}{2} a$

الشكل (٩)

إذا بدأ الحركة بسرعة لا تساوي صفر

$v_o \neq 0 \longrightarrow v_o > 0$

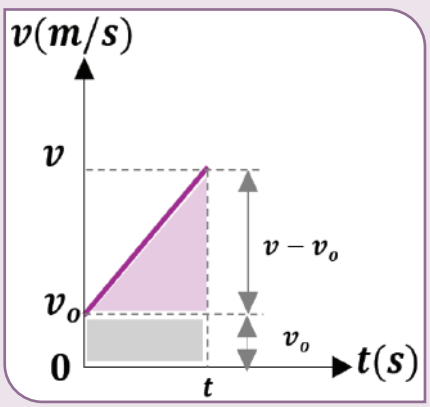


الشكل (١٠)

لاحظ أن ميل الخط البياني للعلاقة بين الإزاحة ومربع الزمن عندما تبدأ الحركة من السكون يساوي نصف التسارع.

الفيزياء و العلوم الأخرى(الرياضيات)

كيف يمكننا أن نستنتج المعادلة الثانية للحركة $\Delta x = v_o t + \frac{1}{2} a t^2$ بيانيًا؟



الإجابة تكمن في الهندسة!

حيث إن ← الإزاحة = المساحة تحت منحنى (السرعة – الزمن)

لنقسم المنحنى إلى قسمين (مستطيل و مثلث)

١- مساحة المثلث : $[\frac{1}{2} t(v - v_o) = \frac{1}{2} t(at) = \frac{1}{2} at^2)]$

٢- مساحة المستطيل: $[v_o t]$

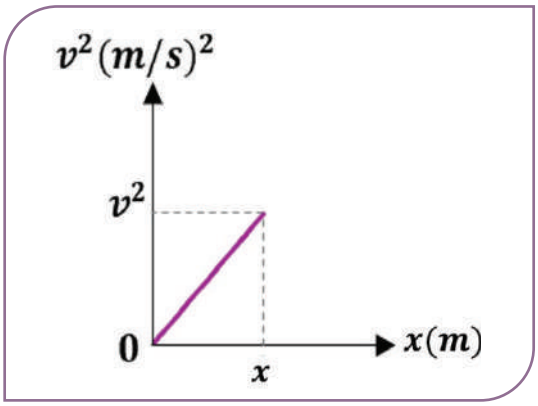
∴ الإزاحة = مساحة المثلث + مساحة المستطيل ↔ $\Delta x = v_o t + \frac{1}{2} a t^2$

ثالثاً: العلاقة بين (مربع السرعة والإزاحة)

يمكن تمثيل حركة جسم متسارع بانتظام حسب المعادلة الثالثة $v^2 = v_o^2 + 2a\Delta x$ بيانيًا كالتالي:

إذا بدأ الحركة من السكون

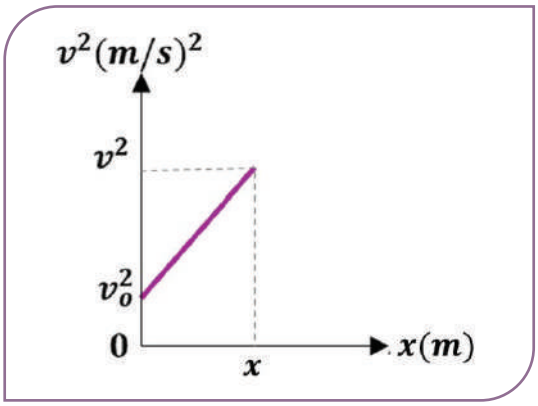
$v_o = 0$



الشكل (١١)

إذا بدأ الحركة بسرعة لا تساوي صفر

$v_o \neq 0 \longrightarrow v_o > 0$



الشكل (١٢)

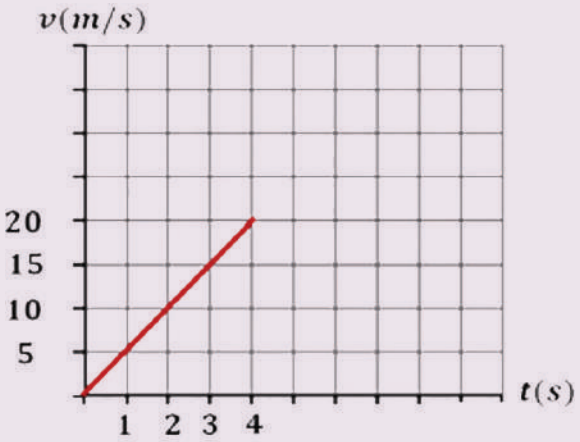
$$slope = \frac{\Delta y}{\Delta x} = 2a$$

ميل الخط البياني للعلاقة بين مربع السرعة و الإزاحة يساوي **ضعف التسارع** .

لاحظ أن الإزاحة (Δx) اللازمة لتوقف السيارة تزداد بشكل كبير مع زيادة السرعة، حيث تتناسب طرديًا مع مربع السرعة (v^2) .

لذلك، فإن أي زيادة بسيطة في السرعة تؤدي إلى زيادة كبيرة في مسافة التوقف، مما يجعل القيادة بسرعات عالية أكثر خطورة و يصعب التحكم بالمركبة.

مثـــــــال (٤) :



الرسم البياني يوضح العلاقة بين (السرعة – الزمن) لجسم بدأ حركته من السكون بتسارع منتظم ، بفرض استمرار الجسم بالحركة بنفس التسارع، احسب:

١ – ميل الخط البياني للعلاقة بين (السرعة – الزمن).

٢ – ماذا يمثل ميل الخط البياني؟

٣– سرعة الجسم بعد مرور زمن مقداره s (10) من بدء الحركة، إذا استمر بنفس التسارع.

الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه ثم ما تريد معرفته.

السرعة الابتدائية	$v_o=0\ m/s$
السرعة النهائية	$v = 20\ m/s$
التغير في الزمن	$\Delta t = 4\ m$

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

١. $\text{slope} = \dfrac{\Delta y}{\Delta x} = \dfrac{\Delta v}{\Delta t} = \dfrac{20 - 0}{4 - 0} = 5$

٢. الميل يمثل تسارع الجسم و يساوي $(5)\ m/s^2$

٣. $v = v_o + at$

$v = 0 + (5 \times 10)$

$v = 50\ m/s$

مثـــــــال (٥) :

جسم بدأ حركته من السكون بتسارع منتظم. فإذا كان ميل المنحنى الذي يمثل العلاقة البيانية بين $(x - t^2)$ يساوي 3 .احسب:

١. تسارع الجسم.

٢. إزاحة الجسم بعد مرور زمن مقداره s (5) من بدء الحركة.

الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه ثم ما تريد معرفته.

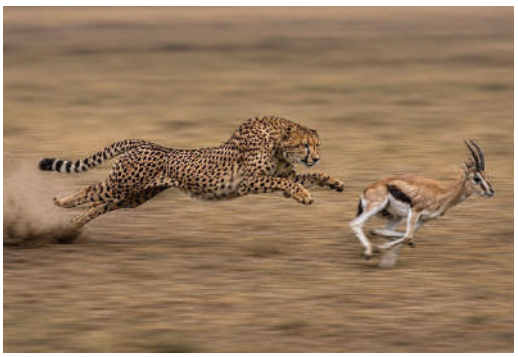
ميل الخط البياني	$\frac{\Delta x}{\Delta t^2} = 3$

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

١. ميل الخط البياني للعلاقة بين $(x - t^2)$ يساوي a $\frac{1}{2}$

$$slope = \frac{1}{2}a = 3$$
$$a = 2 \times 3 = 6\ m/s^2$$

٢. $$\Delta x = v_o t + \frac{1}{2}at^2$$
$$d = 0 + \frac{1}{2} \times 6 \times 5^2$$
$$d = 75\ m$$



الفهد الصياد هو أسرع حيوان بري في العالم، إذ تصل سرعته إلى 120كم/ ساعة خلال ثوانٍ قليلة، لكنه لا يستطيع المحافظة على هذه السرعة إلا لفترة قصيرة بسبب استهلاكه الكبير للطاقة.

اكتشف بنفسك (٤)..

أثناء التحقيق في حادث على طريق الجهراء، رصدت كاميرا المرور سيارتين من نفس النوع و نفس المواصفات.

السيارة (أ): كانت تسير بسرعة $80\ km/h$، و ضغط سائقها على المكابح فتوقفت بعد $10\ m$.

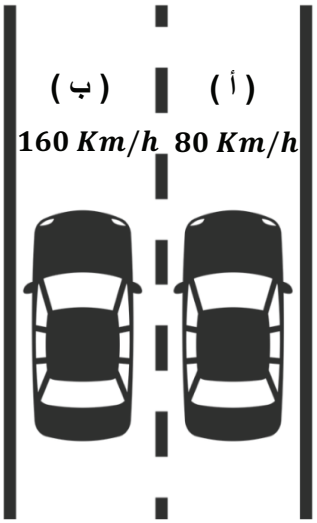
السيارة (ب): كانت تسير بسرعة مضاعفة لسرعة السيارة الأولى، و ضغط سائقها على المكابح بنفس القوة.

كم ستكون الإزاحة التي ستقطعها السيارة (ب) حتى تتوقف؟

.....

.....

.....



اكتشف بنفسك (٥)..

الرسم البياني يوضح العلاقة بين (مربع السرعة – الإزاحة) لسيارة بدأت حركتها من السكون بتسارع منتظم. احسب:

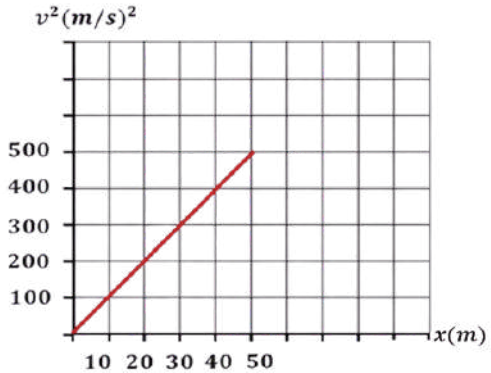
أ. ميل الخط البياني.

ب. تسارع الجسم

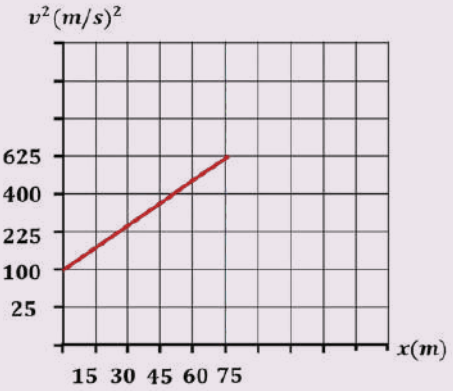
.....

.....

.....



مـــثـــال(٦) :



الرسم البياني يوضح العلاقة بين مربع السرعة و الإزاحة لحصان يجري في مضمار مستقيم بسرعة منتظمة مقدارهـــا $10)m/s$)، ثم بدأ الفارس بحَثِّه على زيادة سرعتـــــه بتسارع ثابت.

من خلال البيانات على الرسم البياني، احسب:

١. تسارع الحصان.

٢. الزمن اللازم لتتغير سرعة الحصان من $10)m/s$ إلى سرعة $20)m/s$.

الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه ثم ما تريد معرفته.

مربع السرعة الابتدائية	$v_o^2 = 100(m/s)^2$
مربع السرعة النهائية	$v^2 = 625(m/s)^2$
الإزاحة الابتدائية	$x_1 = 0\ m$
الإزاحة النهائية	$x_2 = 75\ m$

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

١. ميل الخط البياني للعلاقة بين ($v^2 - x$) يساوي $2a$

$$slope = 2a$$

$$\frac{\Delta v^2}{\Delta x} = 2a$$

$$\frac{625-100}{75-0} = 7$$

$$a = 3.5\ m/s^2$$

٢.

$$v = v_o + at$$

$$20 = 10 + (3.5 \times t)$$

$$t = 2.85\ s$$

تحقق مما تعلمت ..

يتحرك زورق بسرعة $30\ m/s$ نحو عوامة تبعد $100\ m$ ، يبدأ سائق الزورق بتقليل سرعته بتسارع ثابت مقداره $3.50\ m/s^2$. هل تتوقع أن الزورق سيتمكن من التوقف قبل الوصول إلى العوامة؟ تحقق من توقعك حسابيًا (بإهمال أي قوى خارجية) ؟

.....

.....

.....

- احسب سرعة الزورق عند الوصول إلى العوامة.

.....

.....

- احسب الزمن اللازم للوصول إلى العوامة.

.....

.....

- إذا استمر الزورق بنفس التباطؤ، احسب الإزاحة الكلية التي يقطعها حتى يتوقف تمامًا، وهل يتجاوز العوامة؟ وبكم متراً؟

.....

- ما هي أقصى إزاحة يجب أن تكون بين الزورق والعوامة ليتوقف تمامًا عندها دون أن يتجاوزها؟

.....

إضـــــاءة فـيـزيـائـيـة..

هل تعمل معادلات الحركة المتسارعة لكل السرعات ؟

نستخدم معادلات الحركة المتسارعة بانتظام لوصف حركة السيارات والقطارات، وهي معادلات دقيقة جدًا في حياتنا اليومية. لكن هل تساءلت يومًا: **ماذا لو تحرك الجسم بسرعة هائلة تقترب من سرعة الضوء؟**

هنا نصل إلى حدود "الفيزياء الكلاسيكية". ففي عام ١٩٠٥، أثبت العالم **ألبرت أينشتاين** في نظريته " **النسبية الخاصة** " (**Special Relativity**) أن قوانين الحركة التي ندرسها تصبح غير دقيقة عند السرعات العالية جدًا. إليك بعض الحقائق المذهلة:

- **حد السرعة الكوني**: وفقًا لقوانين نيوتن، إذا استمر الجسم في التسارع بانتظام، فإنه قد يتجاوز سرعة الضوء. لكن أينشتاين أثبت أن **سرعة الضوء** هي السرعة القصوى في الكون، ولا يمكن لأي جسم ذي كتلة أن يصل إليها أو يتجاوزها.
- **زيادة الكتلة مع السرعة**: في معادلاتنا الكلاسيكية، نفترض أن كتلة الجسم ثابتة. لكن في النسبية، كلما زادت سرعة الجسم، زادت كتلته النسبية (قصوره الذاتي)، مما يجعل تسارعه أصعب فأصعب، وهو ما يفسر استحالة الوصول لسرعة الضوء.
- **تمدد الزمن**: عند السرعات العالية، لا يعود الزمن "ثابتًا" كما افترضنا في معادلاتنا، بل يمر بشكل أبطأ بالنسبة للجسم المتحرك مقارنة بالجسم الساكن.

إذًا فمعادلات الحركة المتسارعة بانتظام هي حالة خاصة تعمل بدقة مذهلة في "عالمنا البطيء"، ولكنها تترك الساحة لمعادلات خاصة تحسب لنا كيف أن الوقت يتباطأ والطول يتقلص عند السرعات العالية جدًا والتي تُسمى **تحويلات لورنتز**، بالإضافة إلى معادلات أينشتاين، عندها نُبحر في أعماق الكون بسرعات فلكية.

ألبرت أينشتاين

هندريك أنتون لورنتز

أنـــت الـفـيـزيـائـي

السؤال الأول: ضع علامة (✓) في المربع الواقع أمام أنسب إجابة لكل من العبارات التالية:

١. بدأ جسم يتحرك من سرعة $(10)\ m/s$ بتسارع منتظم $(2)\ m/s^2$ ، فإن مقدار إزاحته بعد مرور $(10)\ s$ مساوياً بوحدة المتر:

☐ 100 ☐ 200 ☐ 300 ☐ 400

٢. إذا كان موقع الجسم المتحرك على خط مستقيم يُعطى بالعلاقة الرياضية $\Delta x = 50t + 10t^2$

إذا كانت Δx تقاس بالمتر و t بالثواني، فإن تسارع الجسم عند $(3)s$ يساوي بوحدة m/s^2 :

☐ 8 ☐ 9 ☐ 15 ☐ 20

السؤال الثاني : ضع بين القوسين علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (×) أمام العبارة غير الصحيحة فيما يلي:

١. إذا تحرك جسم من السكون بتسارع منتظم فإن المسافة التي يقطعها تتناسب طردياً مع الزمن المستغرق. ( )

٢. إذا تحرك جسم من السكون بتسارع منتظم فإن مربع سرعته النهائية يتناسب طردياً مع المسافة التي يقطعها. ( )

السؤال الثالث: حل المسائل التالية:

اصطدمت رصاصة بلوح خشبي سمكه $(20)\ cm$ بسرعة مقدارها $(500)\ m/s$ وخرجت من اللوح بتسارع مقداره $(3\times10^5)\ m/s^2$ ، **احسب:**

أ. سرعة الرصاصة لحظة خروجها من اللوح.

ب. سُمك اللوح المطلوب لإيقاف الرصاصة داخله.

السقوط الحُـــــر

Free Fall

تُعدُ الجاذبية الأرضية واحدة من القوى الأساسية التي تحكم الكون من حولنا، وهي القوة التي تجذب جميع الأجسام نحو مركز الأرض. أنت تشاهد أثر هذه القوة يوميًا؛ فعندما تسقط قطرات المطر من السماء، أو عندما تفلت كرة من يد لاعب، فإنها تتحرك مباشرة نحو الأسفل. في البداية، قد تبدو لك أن الأجسام الثقيلة تسقط أسرع من الأجسام الخفيفة، وهذا ما اعتقده الفيلسوف أرسطو لقرون طويلة. لكن هل هذا صحيح ؟

من المهم دراسة أثر الجاذبية على حركة الأجسام التي تسقط على الأرض، حيث ستكتشف كيف تحكم القوانين الفيزيائية حركة كل ما يحيط بنا بدقة مذهلة.

ماذا سأتعلم ؟

- التسارع في مجال الجاذبية الأرضية.
- خصائص حركة السقوط الحُر.
- معادلات السقوط الحُر.

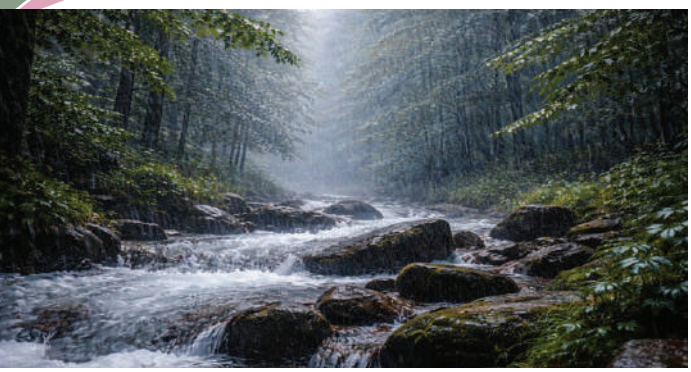
كيف سأتعلم ؟

- أُعرّف السقوط الحُر.
- أذكر خصائص السقوط الحُر.
- أستكشف عملياً قيمة تسارع الجاذبية الأرضية.
- أذكر معادلات السقوط الحر.
- استخدم التفكير الرياضي للتمييز بين السقوط نحو الأسفل والقذف نحو الأعلى.

فكّر !!

في العروض الجوية كيف يستطيع المظليون تشكيل حلقات أفقية على الرغم من اختلاف كتلهم؟

اكتشف بنفسك (١)..



يهطل المطر فتصل قطراته إلى الأرض فترتوي.

لاحظ و فكّر!

هل يهطل المطر دائمًا بنفس القوة؟

ما الذي يتحكم بسرعة قطرات المطر أثناء نزولها؟

عند هطول المطر تصل قطرات الماء إلى الأرض بفعل قوة الجاذبية الأرضية ، وهي قوة تعمل على جذب الأجسام إلى الأسفل دائمًا. تواجه قطرات المطر أثناء نزولها مقاومة من الهواء المحيط بها.

لولا مقاومة الهواء، لكانت قطرات المطر الساقطة من ارتفاعات شاهقة تصل إلينا بسرعات هائلة قد تسبب أضرارًا بالغة؛ فمقاومة الهواء توازن قوة الجاذبية وتجعل القطرات عادة تسقط بسرعة آمنة.

نشاط عملي(٢) : أيهما يسقط أولًا؟

تحتاج إلى الأدوات التالية:

أنبوبة زجاجية – مضخة تفريغ هواء – ريشة – عملة معدنية.

خطوات إجراء النشاط :

١. ضع الريشة و العملة في طرف الأنبوبة الزجاجية وأغلقها بإحكام.

٢. ثبت الأنبوبة باتجاه رأسي وراقب ما يحدث للريشة والعملة عند اسقاطهما معًا .ما الذي يصل إلى الطرف الثاني أولًا ؟

.....

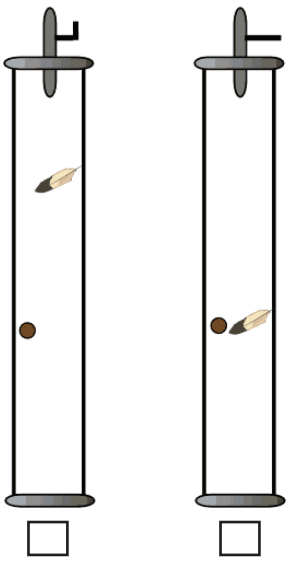
١. قم بتفريغ الانبوبة من الهواء باستخدام المضخة الخاصة بها.

٢. ثبت الانبوبة باتجاه رأسي وراقب ماذا يحدث للريشة و العملة عند اسقاطهما معًا، ما الذي يصل إلى الطرف الثاني أولًا؟

.....

ماذا تستنتج ؟

.....



ضع علامة (✓) أمام الأنبوبة المفرغة من الهواء

(الشكل ١٣)

تَصـوَّر جسـمًا سـاكنًا، يبـدأ حركتـه رأسـيًا للأسـفل في مجـال الجاذبيـة الأرضيـة بفعـل قـوة الجاذبيـة وبعـدم وجـود هـواء يعيـق حركتـه، هـذه الحركـة تُسـمى في الفيزيـاء السـقوط الحُـر. **فالسـقوط الحُـر هـو حركـة جسـم بـدون سرعـة ابتدائيـة بتأثـير ثقلـه فقـط مـع إهمـال تأثـير مقاومـة الهـواء.**

لاحـظ أن الجسـم في هـذه الحالـة يتحـرك بتأثـير قـوة الجاذبيـة فقـط ، وفـق القانـون الثـاني لنيوتـن " إذا أثـرت قـوة عـلى جسـم فإنـه يتحـرك بتسـارع " . إذًا يُعتـبر السـقوط الحُـر حركـة متسـارعة. هـل التسـارع في السـقوط الحـر مُنتظـم؟

نشاط عملي(٣): قياس تسارع الجاذبية الأرضية

تحتاج إلى الأدوات التالية:

جهـاز السـقوط الحُـر المكـوّن مـن : (سـاعة إلكترونيـة، قاعـدة لسـقوط الكـرات، محـرر الكـرات، كـرة معدنيـة، مسـطرة)، جهـاز حاسـوب.

قبل إجراء النشاط:

تذكر المعادلة التالية من معادلات الحركة المتسارعة $\Delta x = v_0 t + \frac{1}{2} at^2$

في السقوط الحُر $v_0 = 0$، بالتالي يمكن كتابة المعادلة السابقة كالتالي: $\Delta x = \frac{1}{2} at^2$

و يُحسب التسارع من العلاقة $a = 2\Delta x / t^2$.

(الشكل ١٤)

خطوات إجراء النشاط:

١. ركّب جهاز السقوط الحُر المتوفر في مختبر المدرسة.

٢. سجل ارتفاع مكان سقوط الكرة.

٣. اسقِط الكرة من هذا الارتفاع وسجل الزمن.

٤. أعِد التجربة على ارتفاعات مختلفة.

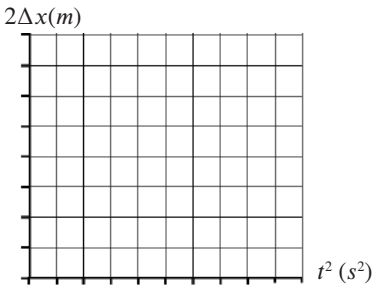
٥. أكمل جدول البيانات.

٦. ارسم العلاقة بين ضعف الإزاحة ومربع الزمن.

٧. احسب ميل المنحنى وحدد ماذا يمثل هذا الميل.

النتائج :

التكرار	Δx(m)	$2\Delta x$(m)	t(s)	t^2 (s^2)	$a=2\ \Delta x/t^2\ (m/s^2)$
1					
2					
3					



حساب ميل المنحنى:

.....

.....

الاستنتاج :

.....

.....

عندما يسقط جسم ما سقوطًا حُرًا فإنه يتحرك بتسارع ثابت مقداره $9.8\ m/s^2$ ، ويُسمى تسارع الجاذبية الأرضية ويرمز له بالرمز g لتمييزه.

لاحظ شكل المسار الذي يقطعه الجسم خلال السقوط الحُر . صف شكل المسار.

في السقوط الحُر يتحرك الجسم في خط مستقيم وبتسارع منتظم. لذلك يمكن تطبيق معادلات الحركة المتسارعة بانتظام على حركة السقوط الحُر. (يُرمز للإزاحة Δy بدلًا من Δx دلالة على الارتفاع)

المعادلة	الصيغة الرياضية العامة للمعادلة	الصيغة الرياضية عندما $v_o=0\ m/s$
معادلة السرعة والزمن	$v=v_o+gt$	$v=gt$
معادلة الإزاحة ومربع الزمن	$\Delta y=v_o\,t+\frac{1}{2}\,gt^2$	$\Delta y=\frac{1}{2}\,gt^2$
معادلة مربع السرعة والإزاحة	$v^2=v_o^2+2g\Delta y$	$v^2=2g\Delta y$

(جدول ٤)

مثـــــــال (١) :

أَسْقَطَ أخوك الكرة الخاصة بك من نافذة الطابق الثاني سقوطًا حُرًا. فإذا التقطتها على بُعد $3)m$ أسفل نقطة السقوط، احسب سرعة الكرة عند التقاطك لها؟

الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه ثم ما تريد معرفته.

السرعة الابتدائية	$v_o=0$
تسارع الجاذبية الأرضية	$g=(9.8)\ m/s^2$
الإزاحة	$\Delta y=(3)\ m$
السرعة النهائية	$v=?$

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

$$v^2=2g\Delta y$$

$$v^2= 2 \times 9.8 \times 3 =58.8\ m/s$$

$$v= \sqrt{58.8} =7.66\ \ m/s$$

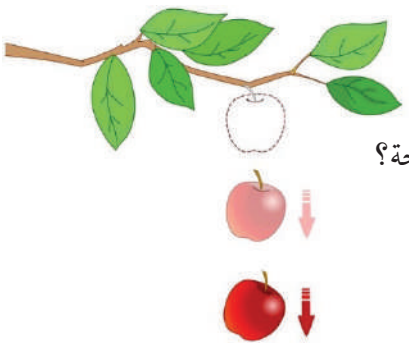
اكتشف بنفسك (٢)..

سـقطت تفاحـة مـن السـكون سـقوطًا حـرًا مـن عـلى غصـن شـجرة، فوصلـت إلى الأرض خلال زمـن قـدره نصـف ثانيـة. ما هـي السرعـة التـي وصلـت بهـا التفاحـة إلى الأرض؟

.....

.....

.....

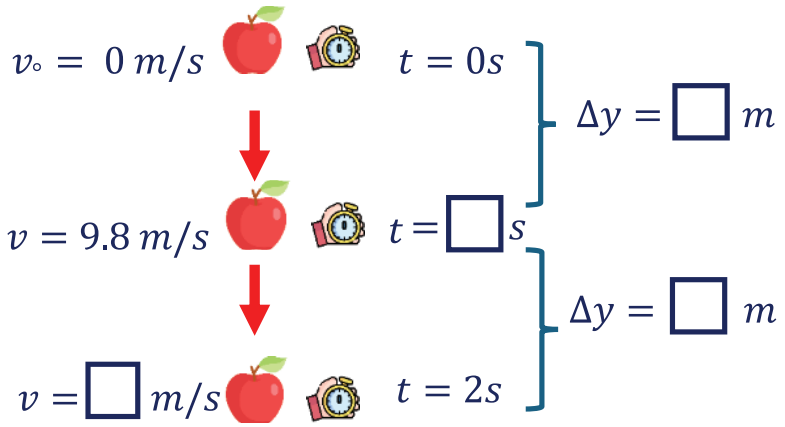


لو سقطت بيضة عصفور من عش على نفس الارتفاع الذي سقطت منه التفاحة؟ كم ستكون سرعتها لحظة وصولها إلى الأرض؟

.....

اكتشف بنفسك (٣)..

سقطت تُفاحة سقوطًا حُرًا.
أكمل بيانات الرسم المقابل،
إذا علمت أنها تتأثر **بتسارع موجب** يساوي مقدار تسارع الجاذبية الأرضية $9.8\ m/s^2$

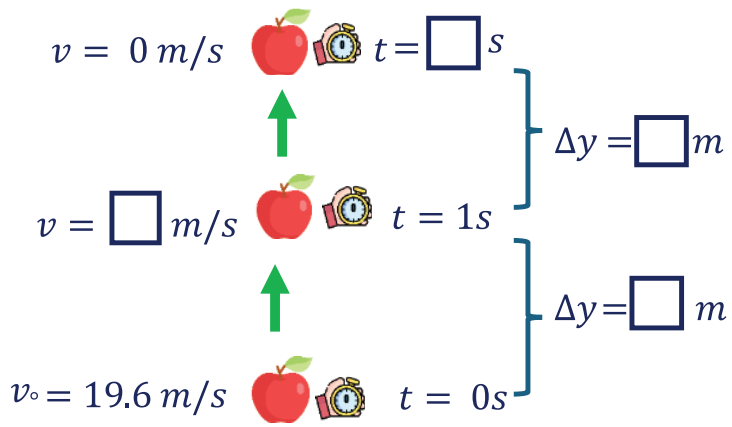


ماذا لو قُذِف الجسم لأعلى في خط مستقيم وفي مجال الجاذبية الأرضية ؟

حتى ينطلق جسم ما في حركة بعكس اتجاه مجال الجاذبية الأرضية، فإنه ينطلق بسرعة ابتدائية تتناقص تدريجيًا بتأثير تسارع سالب يساوي $(-9.8)\ m/s^2$، حتى تصل إلى الصفر عند أقصى ارتفاع. وينطبق عليه معادلات الحركة المتسارعة بانتظام في خط مستقيم .

اكتشف بنفسك (٤)..

قُذِفت تفاحة إلى أعلى بسرعة ابتدائية ،أكمل بيانات الرسم المقابل، إذا علمت أنها تتأثر **بتسارع سالب** يساوي مقدار تسارع الجاذبية الأرضية $(9.8)\ m/s^2$



إذا قارنت بين قذف التفاحة رأسيًا لأعلى وسقوطها سقوطًا حرًا ستجد أن مقدار سرعتها أثناء الصعود يساوي مقدار سرعتها في أي نقطة عند نفس المستوى الأفقي أثناء الهبوط.

مثـــــــال (٢) :

رمـى صـلاح كـرة بشـكل رأسي إلى أعـلى. وكان أقـصى ارتفـاع وصلـت إليـه $(0.3)\ m$ ،احسـب السرعـة الابتدائيــة للكرة ؟

الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه ثم ما تريد معرفته.

السرعة الابتدائية	$v_o=?$
تسارع الجاذبية الأرضية	$g=-\ 9.8\ \ m/s^2$
الإزاحة	$\Delta y=(3)\ m$
السرعة النهائية	$v=0$

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

$$v^2 = v_o^2 + 2g\Delta y$$

$$0 = v_o^2 + (2 \times -9.8 \times 0.3) \longrightarrow \quad v_o^2 = 5.88$$

$$v_o = \sqrt{5.88} = 2.42\ m/s$$

اكتشف بنفسك (٥)..

قُذفـت كـرة تنـس رأسـيًا إلى أعـلى بسرعـة ابتدائيـة $(22.5)\ m/s$ ، ثـم عـادت إلى نفـس النقطـة التـي قُذفـت منهـا، **احسـب بإهمـال مقاومـة الهـواء:**

١. الزمن الذي تستغرقه لتصل الكرة إلى أقصى ارتفاع.

٢. الزمـن الـذي تسـتغرقه لتعـود إلى مسـتوى الانطـلاق بـدءاً مـن أقـصى ارتفـاع.

٣. الزمـن الـكلي الـذي تسـتغرقه الكـرة في الهـواء حتـى تعـود إلى مسـتوى الإطـلاق.

بإهمـال مقاومـة الهـواء، إذا قُـذف جسـم رأسـيًا لأعـلى حتـى توقـف، ثـم سـقط سـقوطًا حـرًا إلى الأسـفل حيـث بـدأت الحركـة، فإنـه يكـون قـد اسـتغرق زمنًـا للصعـود إلى أقـصى ارتفـاع مسـاويًا لزمـن نزولـه مـن أقـصى ارتفـاع إلى نقطـة البدايـة.

ويسمى **الزمن الكلي الذي يستغرقه الجسم المقذوف في الهواء قبل أن يعود إلى نفس المستوى الذي قُذف منه بزمن التحليق.**

زمن الصعود لأقصى ارتفاع = زمن النزول لنقطة البداية

زمن التحليق = زمن الصعود لأقصى ارتفاع + زمن النزول من أقصى ارتفاع لنقطة البداية

مثـــــــال (٣) :

قُذِف جسم رأسيًا نحو الأعلى بسرعة ابتدائية $29.4)\ m/s$ ، بإهمال مقاومة الهواء ، احسب:

١. أقصى إزاحة رأسية يصل إليها الجسم.

٢. الزمن المستغرق لنزوله من أقصى ارتفاع إلى مستوى الانطلاق.

٣. زمن التحليق.

الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه ثم ما تريد معرفته.

السرعة الابتدائية للقذف لأعلى	$v_o=29.4\ \ m/s$
تسارع الجاذبية الأرضية صعودًا	$g=-9.8\ \ m/s^2$
تسارع الجاذبية الأرضية نزولاً	$g=9.8\ \ m/s^2$

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

1. $v^2 = v_o^2 + 2g\Delta y$

$0^2 = (29.4)^2+(2\times -9.8\times \Delta y) \rightarrow \Delta y = \ \ 44.1\ \ m$

2. $v = v_o + gt$

$29.4 = 0 + (9.8\times t) \rightarrow t = \ \ 3\ \ s$

3. الزمن المستغرق لنزوله من أقصى ارتفاع إلى مستوى الانطلاق $= 2\ \times$ زمن التحليق

زمن التحليق $= 2\ \times \ \ 3\ \ = \ \ 6\ \ s$

تحقق مما تعلمت ..

تسارع الجاذبية على سطح المريخ يســاوي ($\frac{1}{3}$)
تسارع الجاذبية على سطح الأرض ، فإذا قُذفت كرة إلى أعلى من فوق سطح كل من المريخ والأرض بالسرعة نفسها :

١. قارن بين أقصى ارتفاع تصله الكرة على سطح المريخ وسطح الأرض.

٢. قارن بين زمني التحليق .

إضاءة فيزيائية..

من أرسطو إلى غاليليو : ثورة في فهم السقوط الحُر

سـادت تعاليـم الفيلسـوف اليوناني أرسـطو لأكثر مـن ألفـي عـام قبـل القـرن السـابع عـشر، حيـث كان يُعتقـد جازمًـا أن سرعـة سـقوط الأجسـام تعتمـد كليًـا عـلى كتلتهـا؛ فـكان الظـن أن الأجسـام الثقيلـة تصـل إلى الأرض أسرع مـن الأجسـام الخفيفـة، إلا أن العـالم الإيطـالي غاليليـو غاليلي أحـدث ثـورةً علميـةً كـبرى بتشـكيكه في هـذا المفهـوم، ولإثبـات وجهـة نظـره أجرى تجـارب عبقريـة اسـتخدم فيها المسـتويات المائلـة لتبطـئ حركـة الأجسـام، ممـا أتـاح لـه قيـاس الزمـن بدقـة تفـوق مـا كان متاحًـا في عـصره، متغلبًـا بذلـك عـلى سرعـة السـقوط الـرأسي الخاطفـة.

اسـتنتج غاليليـو مـن تجاربـه أن جميـع الأجسـام التـي تسـقط سـقوطًا حـرًا تكتسب التسـارع نفسـه، شريطـة إهمـال مقاومـة الهـواء، وأثبـت أن هـذا التسـارع قيمتـه ثابتـة ومسـتقلة تمامًـا عـن خصائـص الجسـم، فـلا يتأثـر بوزنـه، أو حتـى الارتفـاع الـذي أُسـقط منـه، وبنـاءً عـلى هـذه الأسـس، يُصنـف السـقوط الحـر اليـوم كأبـرز التطبيقـات العمليـة للحركـة في بُعـد واحـد وبتسـارع ثابـت.

أنـــت الـفـيـزيـائـي

السؤال الأول: ضع علامة (✓) في المربع الواقع أمام أنسب إجابة لكل من العبارات التالية:

١. سـقط جسـم سـقوطًا حـرًا مـن ارتفـاع مـا ، فبعـد مـرور s (3) مـن لحظـة سـقوطه تكـون سرعتـه بوحـدة m/s مسـاوية:

☐ 0.3 ☐ 3.3 ☐ 29.4 ☐ 39.2

٢. سـقط أصيـص أزهـار مـن شرفـة ترتفـع m (70) عـن أرضيـة الشـارع . فـإن الزمـن الـذي اسـتغرقه الأصيـص في السـقوط قبـل أن يصطـدم بـالأرض بوحـدة الثانية يسـاوي:

☐ 3.77 ☐ 8.06 ☐ 14.28 ☐ 65.1

السـؤال الثاني:ضـع بـين القوسـين علامـة (✓) أمـام العبـارة الصحيحـة وعلامـة (×) أمـام العبـارة غـير الصحيحـة فيـما يـلي:

١. تتحرك الأجسام الساقطة نحو سطح الأرض سقوطًا حرًا بسرعة ثابتة مقدارًا واتجاهًا. ( )

٢. قُـذِف حجـرٌ إلى أعـلى بسرعـة ابتدائيـة m/s (30) وعنـد عودتـه إلى نقطـة القـذف تصبـح سرعتـه m /s(60) وذلك عند إهمال مقاومة الهواء. ( )

السؤال الثالث: علل لكل مما يلي تعليلًا علميًا دقيقًا :

إذا تركـت عـدة أجسـام مختلفـة الكتلـة متماثلـة الحجـم لتسـقط سـقوطًا حـرًا مـن نفـس الارتفـاع فإنهـا تصـل إلى الأرض في نفـس الوقـت.

السؤال الرابع: حل المسائل التالية:

أُسقِطت كرة بسرعة ابتدائية *m/s* (1.5) رأسيًا إلى أسفل من نافذة منزل ،احسب :

أ. سرعتها حين تصل إلى الأرض التي تبعد *m* (2) أسفل نقطة السقوط.

ب. إذا قذفت الكرة رأسيًا إلى أعلى بدلًا من الأسفل فما السرعة التي تصل بها الكرة إلى الأرض.

الفصل الثالث : الحركة في بُعدين

Two-Dimensional Motion

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

وَلِكُلٍّ وِجْهَةٌ هُوَ مُوَلِّيهَا فَاسْتَبِقُوا الْخَيْرَاتِ
أَيْنَ مَا تَكُونُوا يَأْتِ بِكُمُ اللَّهُ جَمِيعًا إِنَّ اللَّهَ عَلَىٰ
كُلِّ شَيْءٍ قَدِيرٌ ﴿١٤٨﴾

(سورة البقرة :١٤٨)

[1-3] خصائص المتجهات

Properties Of Vectors

[2-3] جمع المتجهات و تحليلها

Vector Addition and Resolution

[3-3] ضرب المتجهات

Vector Multiplication

[4-3] حركة المقذوفات

Projectile Motion

خصائص المُتجهـــــــات

Properties of Vectors

ماذا سأتعلم ؟

- تمثيل المتجه بيانيًا وحسابيًا.
- خصائص المتجهات.

كيف سأتعلم ؟

- أُذكر خصائص المتجهات.
- أُمثّل المتجه بيانيًا.
- أُمثّل المتجه حسابيًا.

تخيل أنك تقود قاربًا في نهر سريع الجريان؛ إذا وجّهت قاربك نحو الضفة المقابلة مباشرة، فهل ستصل إليها فعلًا؟ الواقع يخبرنا أنك ستصل إلى نقطة مائلة بعيدة عن هدفك، لأن هناك سرعتان عملتا معًا في وقت واحد: سرعة قاربك، وسرعة تيار الماء، هذا التداخل المذهل بين السرعة والاتجاهات هو جوهر دراسة مفهوم المتجهات وخصائصها.

في الفيزياء لا تتحرك الأجسام بالصدفة، بل تخضع لقوانين رياضية صارمة تأخذ الاتجاه في الحسبان تُمثَّل بالمتجهات.

المتجهات ليست مجرد أسهم على الورق، بل هي الخريطة التي ترسم لنا مسار الأجسام في الكون.

فكِّر !!

ما المتجهات ؟وما علاقتها بالفيزياء؟

اكتشف بنفسك (١)..

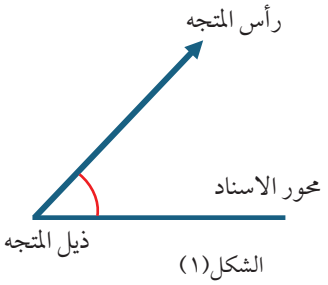
الشكل المقابل يمثل حالة الطقس في أحد الأيام في دولة الكويت، ادرس الشكل جيدًا وحدد منه التالي :

	كمية عددية	كمية متجهة
الكمية الفيزيائية		
لماذا اخترتها في هذا التصنيف؟		

تذكّر أن الكميات الفيزيائية تُصنّف وفق معيار حاجتها لتحديد الاتجاه إلى كميات عددية وكميات متجهة، حيث تُعرف الكميات المتجهة بأنها كميات فيزيائية يَلزم لتحديدها مقدار ووحدة قياس واتجاه. لدراسة الكميات المتجهة ينبغي معرفة آلية تمثيل هذه الكميات سواء بيانيًا أو حسابيًا.

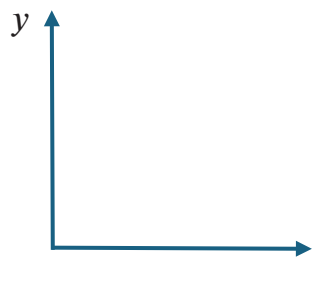
أولًا: تمثيل الكميات المتجهة بيانيًا

تتم عملية التمثيل البياني للمتجه برسم **شعاع**، يُرمز له بحرف يوضع فوقه سهم ($\vec{V}$)، حيث يُعبر طول السهم عن مقدار الكمية المتجهة وفق مقياس رسم مناسب، بينما يوضح اتجاهَهُ بالزاوية التي يصنعها مع محور الإسناد الأفقي الموجب ويكون قياس الزاوية من الاتجاه الموجب لمحور السينات وبعكس عقارب الساعة.



الشكل(١)

اكتشف بنفسك (٢)..



تتحرك دراجة بسرعة متجهة ، فقطعت إزاحة مقدارها $5\ m$ ،

باتجاه يصنع زاوية مقدارها $30°$ شمال الشرق.

مثّل متجه الإزاحة بيانيًا باعتبار مقياس الرسم $1cm : 1m$.

ثانيًا: تمثيل الكميات المتجهة حسابيًا

يمثل المتجه حسابيًا بزوج مرتب مكوّن من مقدار المتجه واتجاهه، ويكتب على الصورة التالية :

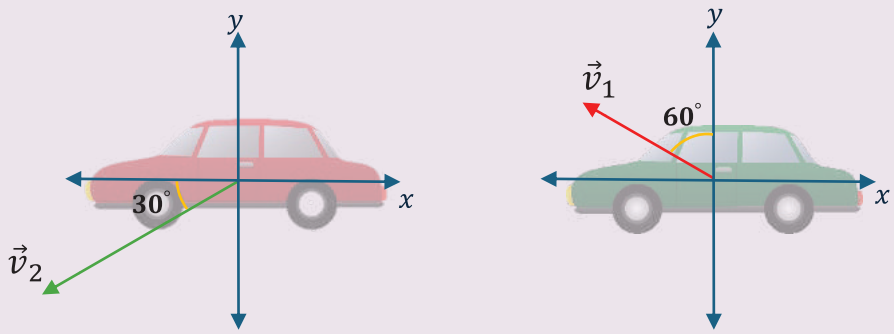
$\vec{V}=(V , \theta)$	V : مقدار المتجه ووحدة قياسه.
	θ : الزاوية بين المتجه ومحور الإسناد.

الجدول (١)

مثـــــــال (١) :

الشكل التالي يمثل حركة سيارتين بسرعة متجهة بيانيًا.

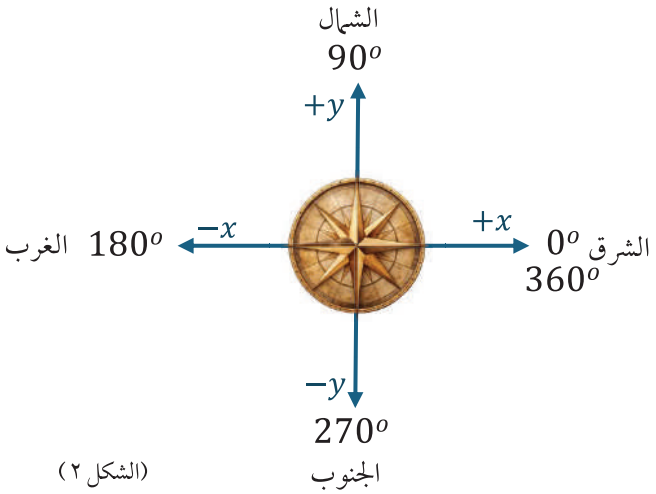
بمقياس رسم $1m/s:1cm$ ، مثّل متجهات السرعة حسابيًا بوحدة m/s



الحل :

	المتجه $\vec{v}_1$	المتجه $\vec{v}_2$
طول المتجه باستخدام المسطرة	$2cm$	$3cm$
مقدار السرعة المتجهة	$2m/s$	$3m/s$
الزاوية بين المتجه ومحور الاسناد	$90°+60°=150°$	$180°+30°=210°$
التمثيل الحسابي للمتجه	$\vec{v}_1=(2\ m/s\ ,\ 150°)$	$\vec{v}_2=(3\ m/s\ ,\ 210°)$

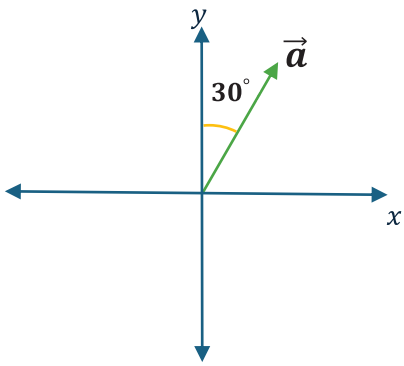
يمكنك الاستعانة بالمخطط التالي لتحدد مقدار زاوية ميل المتجه عن محور الإسناد أو اتجاه المتجه .



(الشكل ٢)

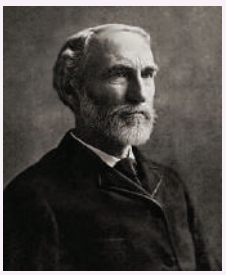
اكتشف بنفسك (٣)..

جسم يتحرك حركة متسارعة بانتظام، الشكل التالي يمثل متجه التسارع بيانيًا. بمقياس رسم $1cm:1m/s^2$ ، مثّل متجه التسارع حسابيًا.



المتجه $\vec{a}$	
طول المتجه باستخدام المسطرة	
مقدار التسارع	
الزاوية بين المتجه ومحور الإسناد	
التمثيل الحسابي للمتجه	

إضاءة فيزيائية..



يعود الفضل في استخدامنا للمتجهات اليوم إلى العالم جوشيا ويلارد جيبس (1839 – 1903) وقد عمل أستاذًا للفيزياء الرياضية، وقدم مساهمات نظرية أساسية في الفيزياء والكيمياء والرياضيات، كان عمله على تطبيقات الديناميكا الحرارية مفيدًا في تحويل الكيمياء الفيزيائية إلى علم استنتاجي صارم، جنبًا إلى جنب مع جيمس كليرك ماكسويل ولودفيغ بولتزمان، أنشأ ميكانيكا إحصائية، موضحا قوانين الديناميكا الحرارية لنظام فيزيائي يتكون من العديد من الجسيمات، عمل جيبس أيضا على تطبيق معادلات ماكسويل لحل المشاكل في البصريات الفيزيائية، كعالم رياضيات أنشأ حساب التفاضل والتكامل المتجه الحديث.

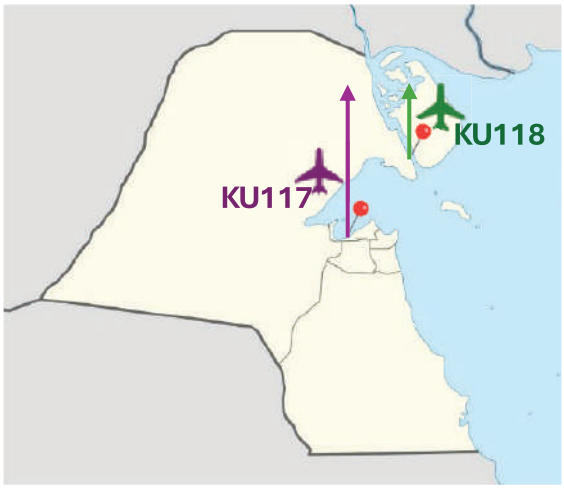
خصائص المتجهات

من مطار الكويت الدولي وتحديدًا برج المراقبة تم رصد طائرتان:

الرحلة **KU117** :تتجه شمالًا بسرعة 400 كم/ ساعة، فوق مدينة الكويت.

الرحلة **KU118** : تتجه شمالًا بسرعة 200 كم/ ساعة، فوق جزيرة بوبيان.

في الفيزياء يمكن تمثيل السرعات المتجهة للطائرتين بيانيًا، من أجل دراستها وفق خصائص المتجهات ووصفها بشكل دقيق.

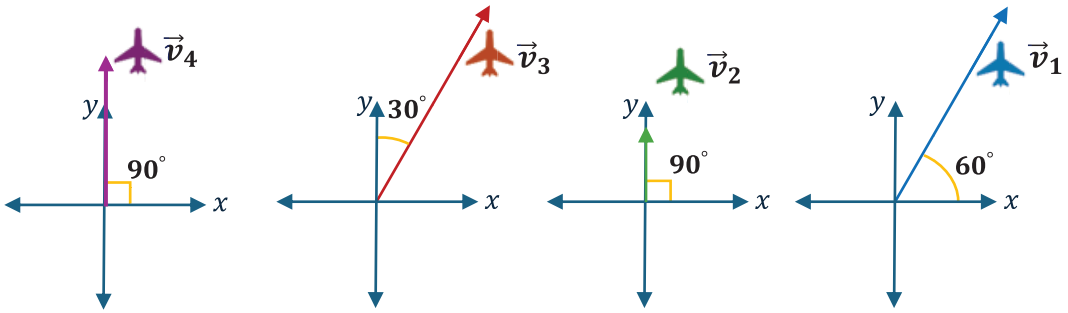


(الشكل ٣)

خاصية التساوي للمتجهات : متى تتساوى المتجهات؟

اكتشف بنفسك (٤)..

لديك عدة متجهات لسرعات متجهة مختلفة لمجموعة من الطائرات في المجال الجوي، تم تمثيلها بمقياس رسم $200km/h:1cm$ ، مثّل متجهات السرعة حسابيًا في الجدول .



	تمثيل المتجه حسابيًا
v_1	
v_2	
v_3	
v_4	

أي من المتجهات الأربعة متساوية في المقدار ؟

.....

أي من المتجهات الأربعة لها نفس الاتجاه ؟

.....

أي من المتجهات يحقق خاصية التساوي ؟

.....

تتساوى المتجهات عندما تكون متساوية في المقدار ولها نفس الاتجاه.

تحقق مما تعلمت ..

على طريق 40، وهو أحد الطرق السريعة الرئيسية في دولة الكويت والذي يربط مدينة الكويت بمنفذ النويصيب، رصد الرادار سيارة (أ) قادمة من الأحمدي تتجه شمالًا نحو مدينة الكويت بسرعة $90\ (km/h)$ ، ورصد سيارة (ب) تتجه نحو مدينة الكويت منطلقة من الأحمدي بسرعة $25\ (m/s)$.

هل متجهي السرعة للسيارتين متساوي؟

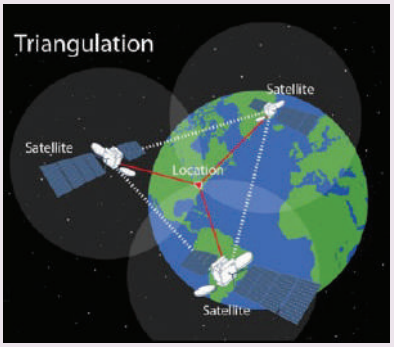
.....

علل اجابتك بدليل علمي .

.....

.....

إضاءة فيزيائية..



الملاحة الحديثة تقوم على فكرة أن موقعك وحركتك يمكن تمثيلهما بمتجهات تتغير باستمرار مع الزمن. فالجهاز لا يسأل فقط "أين أنت؟"، بل يحسب أيضًا "إلى أين تتجه؟ وبأي سرعة؟".

يعتمد نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) على استقبال إشارات من عدة أقمار صناعية، ثم يحسب متجه موقعك بالنسبة لكل قمر صناعي.

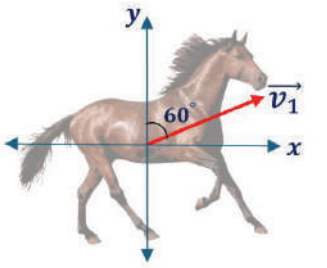
من خلال تقاطع هذه المتجهات يتم تحديد موقعك بدقة، كما يمكن حساب متجه السرعة لمعرفة اتجاه حركتك.

لكن ماذا لو انقطعت الإشارة؟ هنا يأتي دور نظام الملاحة بالقصور الذاتي الذي يعتمد على أجهزة مثل الجيرو سكوب لقياس سرعة الدوران والزوايا الدقيقة (X,Y,Z) ومقاييس التسارع. هذا النظام يقيس متجه التسارع ثم يدمجه مع الزمن ليحسب السرعة، ثم الموقع، دون الحاجة لأي إشارات خارجية.

أنـــت الـفـيـزيـائـي

السؤال الأول: ضع علامة (✓) في المربع الواقع أمام أنسب إجابة لكل من العبارات التالية :

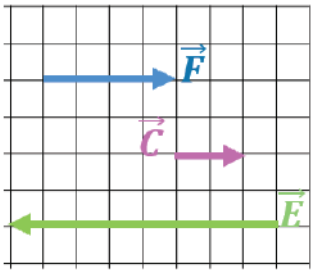
١. الشكل التالي يمثل حركة حصان بسرعة متجهة بيانيًا،



فإذا كان مقياس الرسم 1m/s:1cm ، فإن متجه سرعة الحصان حسابيًا بوحدة m/s هو:

- ☐ (2, 60°)
- ☐ (4, 60°)
- ☐ (2, 30°)
- ☐ (4, 30°)

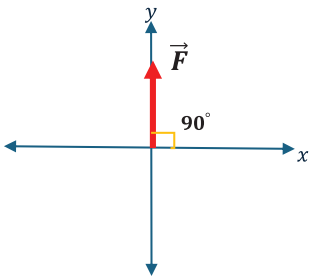
٢. الشكل المقابل يوضح ثلاثة متجهات، فإن المتجه $\vec{F}$ يساوي المتجه:



- ☐ $\vec{E}$
- ☐ $\vec{C}$
- ☐ $-\frac{1}{2}\vec{E}$
- ☐ $-4\vec{C}$

السؤال الثاني: أجب عن الأسئلة التالية:

١. الشكل البياني يوضح قوة تؤثر على صندوق، بمقياس رسم $1N:1cm$ ، مثّل متجه القوة حسابيًا.



المتجه $\vec{F}$	
طول المتجه باستخدام المسطرة	
مقدار القوة	
الزاوية بين المتجه ومحور الإسناد	
التمثيل الحسابي للمتجه	

٢. ركض لاعبان في مضمار سباق بخط مستقيم، حيث ركض اللاعب الأول شرقًا بسرعة، بينما ركض اللاعب الثاني بنفس السرعة نحو الغرب .

هل السرعتان المتجهتان للاعبين متساويتان؟ فسر اجابتك.

جمع المُتجهـــــــات وتحليلها
Vector Addition and Resolution

حركـة الأجسـام في اتجاهـات متعـددة تُعـد مـن أكثـر الظواهـر تواجـدًا في حياتنـا، فهـي التـي تحُـدد كيـف تنتقـل الأجسـام وتصـل إلى وجهاتهـا. إنـك تشـاهد أثرهـا كل يـوم؛ فعندمـا تبحـر في قـارب الكايـاك في خـط مسـتقيم بوجـود تيـارات مائيـة جانبيـة، فـإن مسـارك الحقيقـي لـن يكـون كـما توقعـت في خـط مسـتقيم.

مـن المهـم دراسـة كيفيـة جمـع المتجهـات وتحليلهـا، حيـث ستكتشـف أن الجمـع الحقيقـي للكميـات المتجهـة يخضـع لقواعـد هندسـية لا جبريـة، وأن تحليـل المتجـه إلى مركّبتيـه هـو المفتـاح الـذي يفتـح أمامـك بـاب فهـم كل حركـة معقـدة في الطبيعـة.

ماذا سأتعلم ؟

- مفهوم المحصلة.
- جمع المتجهات.
- تحليل المتجهات.

كيف سأتعلم ؟

- أَحسب مجموع متجهين أو أكثر جبرياً.
- أُحدّد مركبتي المتجه الرأسية و الأفقية.
- أُطبّق أمثلة حسابية على تحليل المتجهات.

فكِّر !!

هل يمكن جمع متجهين أو أكثر كما تجمع الأعداد؟

يختلف التعامل الرياضي مع **الكميات المتجهة** عنه في **الكميات العددية**، فالناتج من عمليات الجمع والضرب في المتجهات تعتمد بشكل أساسي على **الاتجاه (الزاوية)** بين هذه الكميات، وليس فقط على قيمها المطلقة.

كيف يمكن جمع الكميات المتجهة؟

اكتشف بنفسك (١)..

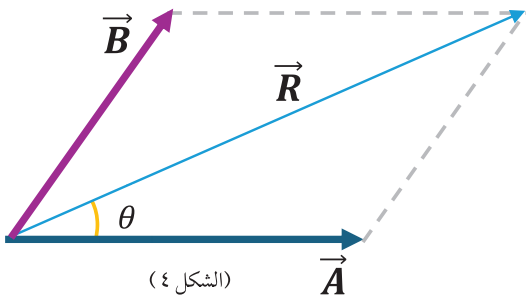
في الشكل المقابل، صالح الذي يرتدي قميصًا أزرق، أراد أن يدفع عربةً ثقيلة، فقرر صديقاه أن يساعداه في دفعها، محمد يرتدي قميصًا أحمر وعيسى يرتدي قميصًا أخضر.
أي من الصديقين سيستطيع المساعدة ؟
وأيهما يعيق حركة العربة؟

.....

تعتبر القوة كمية متجهة ، لذا فإن القوة الكلية المؤثرة على العربة ليست ناتج الجمع الجبري لقيمها؛ حيث يساهم أحد الأصدقاء في زيادة القوة الكلية لدفعه بنفس الإتجاه، بينما يعمل الصديق الآخر على تقليلها لدفعه في اتجاه معاكس. لذلك يطبق طريقة جمع خاصة بالمتجهات تأخذ الاتجاه بالاعتبار.

يُطلق على جمع المتجهات مصطلح **تركيب المتجهات، وهو عمليه الاستعاضة عن متجهين أو أكثر بمتجه واحد يقوم بنفس عملهم**، ناتج جمع المتجهات يُسمى **المُحصلة** $(\vec{R})$. يُمثَّل رياضيًا جمع المتجهان $\vec{A}$ و $\vec{B}$ (الشكل ٤) كالتالي:

$$\vec{R} = \vec{A} + \vec{B}$$



(الشكل ٤)

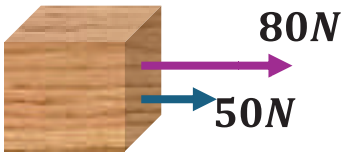
لاحظ أن علامة (+) هنا تدل على الجمع الاتجاهي الذي يأخذ الاتجاه بالحسبان وليس مجرد عملية جبر عددي للمقدار، يكون ناتج الجمع الاتجاهي كمية متجهة تُحدد بمقدار واتجاه. لكن كيف يمكن حساب قيمة المحصلة (R)؟

مُحصلة متجهين لهما الاتجاه نفسه أو متعاكسان

اكتشف بنفسك (٢)..

تعاون رجلان لتحريك صندوق خشبي، أثَّر الأول عليه بقوة مقدارها 50 نيوتن باتجاه الشرق ، أما الآخر فأثَّر بقوة 80 نيوتن بنفس الاتجاه. ما هي القوة الكلية المؤثرة على الصندوق ؟

.....



لو كان مقدار القوة كافي لتحريك الصندوق. بأي اتجاه سيتحرك ؟

.....

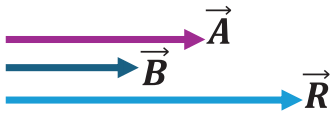
ماذا لو أثَّر الرجل الثاني بنفس القوة لكن باتجاه الغرب، ماذا سيكون تأثير القوتين على الصندوق ؟

.....

في أي حالة سيكون من الأسهل تحريك الصندوق ؟

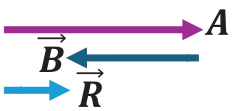
.....

عندما تكون المتجهات في نفس الاتجاه : نستخدم الجبر البسيط بجمع مقدار المتجهين لحساب مقدار المحصلة (R)واتجاهها يكون بنفس اتجاههم .

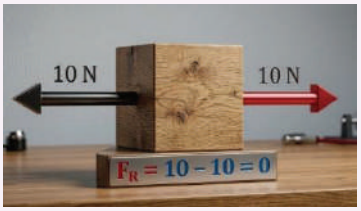


$$R = A + B$$

أما عندما تكون المتجهات متعاكسة في الاتجاه: نستخدم الجبر البسيط من خلال حساب الفرق بين مقداري المتجهين لحساب مقدار المحصلة (R) وتكون باتجاه المتجه الأكبر منهم .



$$R = A - B$$



إذا تساوى مقدار متجهين وتعاكسا اتجاهًا تكون محصلتهما تساوي صفر .

لاحِظ!!

إذا تم شَد جسم ساكن بقوتين متساويتين ومتعاكستين، فإن الجسم لن يتأثر بالقوة ويبقى ساكنًا.

مثـــــــال (١) :

تعطلت سيارة في أحد الطرق فتوقفت عن الحركة، نزل صاحبها وصديقه لدفعها إلى أقرب محطة، فكان صاحب السيارة يدفعها بقوة (300) نيوتن وصديقه يدفعها بقوة (200) نيوتن في نفس اتجاه الحركة ، احسب :

١. مقدار محصلة قوة الرجلين.

٢. مقدار المحصلة إذا علمت أن قوى الاحتكاك في الطريق والمعاكسة لحركة دفعهما تساوي (150) نيوتن.

الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه ثم ما تريد معرفته.

قوة صاحب السيارة F_1	300 N
قوة الصديق F_2	200 N
قوة الاحتكاك f	150 N

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

1. $F_R = F_1 + F_2 = 300 + 200 = 500N$

2. $F_{R2} = F_R - f = 500 - 150 = 350N$

اكتشف بنفسك (٣)..

لاحظ الصورتين للاعب يركل الكرة في محاولة إصابة الهدف، هل تستطيع حساب مقدار واتجاه السرعة النهائية التي تصل بها الكرة إلى الهدف في كل من الحالتين؟

.....

.....

.....

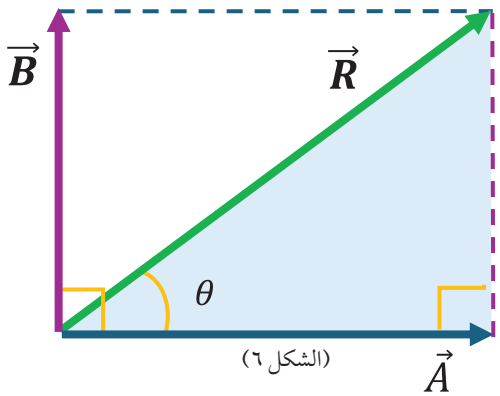
مُحصلة متجهين متعامدين

(الشكل ٥)

الشكل الذي أمامك يوضح طفل يرمي طائرة ورقية، هل تتحرك الطائرة بشكل مستقيم؟ أم أن اتجاه الرياح سيؤثر عليها ويعطيها اتجاهًا جديدًا؟

في علم الفيزياء، نادرًا ما تتأثر الأجسام بقوة واحدة وفي اتجاه واحد، فعندما يقع جسم تحت تأثير كميتين متجهتين (مثل قوتين أو سرعتين) بينهما زاوية (90°) ، فإن الجسم لا يتأثر بأي منهما بشكل منفرد، بل يستجيب لهما معًا في وقت واحد ويتحرك تبعًا لمحصلتهما.

بما أن **المتجهين** متعامدان، فهما يصنعان زاوية قائمة، يمكن أن تتدخل الرياضيات لتبسيط الفيزياء، لاحظ **المثلث القائم الزاوية** حيث يمثل المتجهان ضلعي القائمة، تمثل المحصلة **وتر هذا المثلث**. لذلك يمكن تطبيق نظرية فيثاغورث لحساب مقدار هذه المحصلة .



(الشكل ٦)

$R = \sqrt{A^2 + B^2}$	R: مقدار المحصلة.
	A و B: مقدار كل من المتجهين.

الجدول (٢)

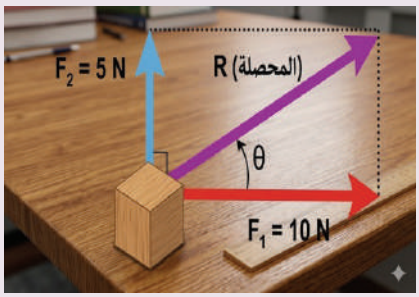
لحساب اتجاه المحصلة نطبق هذه العلاقة:

$\tan\theta = \frac{B}{A}$	θ : الزاوية بين المحصلة والمحور الافقي x
$\theta = tan^{-1}\frac{B}{A}$	A و B : مقدار كل من المتجهين

الجدول (٣)

مثـــــــال (٢) :

قوتـان متعامدتـان مقدارهمـا $(5)N$ و $\overrightarrow{F_2} =$ $\overrightarrow{F_1} = (10)N$ يؤثـران عـلى جسـم موضـوع عـلى سـطح طاولـة كـما بالشـكل المقابـل ، احسـب مقـدار واتجـاه المحصلـة التـي يتحـرك بهـا الجسـم .



الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه.

القوة الأفقية	$F_1 = (10)N$
القوة الرأسية	$F_2 = (5)N$

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

$$F_R = \sqrt{F_1^2 + F_2^2} = \sqrt{10^2 + 5^2} = 11.18\ N$$

$$\theta = tan^{-1}\frac{F_2}{F_1} = tan^{-1}\frac{5}{10} = 26.56°$$

اكتشف بنفسك (٤)..

في الشـكل المقابـل يتحـرك قـارب بسرعـة $(10)\ km/h$ عموديًـا عـلى تيـار مائـي سرعتـه $(8)\ km/h$ ، احسـب السرعـة التـي سـيتحرك بهـا القـارب بالنسـبة لليابسـة وحـدد اتجاهها .

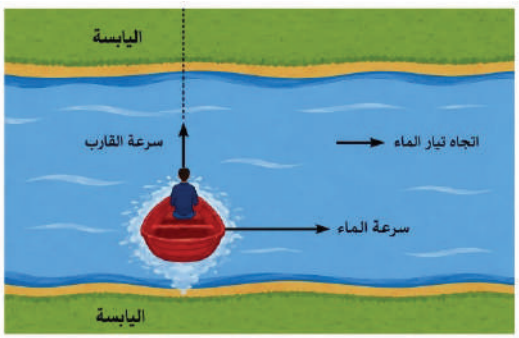
.....

.....

.....

.....

.....



تحليل المتجهات

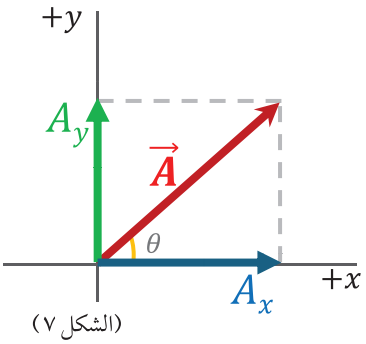
اكتشف بنفسك (٥)..

في يوم هادئ بمياه الخليج العربي، تعطل مركب صيد نتيجة عطل في المحرك. استجاب فريق الإنقاذ البحري التابع لقوة الإطفاء فوراً بإرسال الزورق الضخم "منتصر" لتقديم المساعدة و سحب المركب إلى الميناء. (منتصر هو أحد أساطير الإطفاء البحري الكويتي، وكان يُصنف كأحد أقوى زوارق مكافحة حرائق السفن و المنصات البحرية في العالم عند تدشينه).

قام زورق منتصر بربط حبل يميل على الأفق بزاوية $30°$ بمركب الصيد وجره بقوة شد ثابتة مقدارها N (5000)، إلا أن قبطان مركب الصيد لاحظ من خلال أجهزة القياس على متنه أن القوة الفعلية التي تتسبب في حركة المركب للأمام هي N(4330.12) . لماذا كانت القوة التي حركت القارب أقل من قوة شد زورق منتصر؟

تحليل المتجهات هو عملية عكسية لجمع المتجهات، **فهي تفكيك متجه واحد مائل بزاوية، إلى متجهين متعامدين على محور (x) ومحور (y) يسميان (مركبات المتجه) يقومان بنفس عمله تمامًا.**

يمكن تحليل المتجه $\vec{A}$ الواقع في مستوى $(y،x)$ ، كما في الشكِل (٧)،



(الشكل ٧)

إلى مركبتين متعامدتين، هما:

١. المركبة الأفقية A_x: تُمثّل مسقط المتجه $\vec{A}$ على المحور المجاور للزاوية

$$A_x = A\cos(\theta)$$

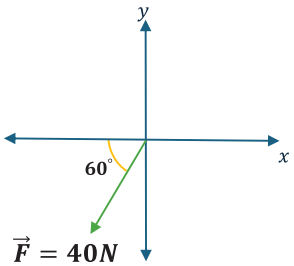
٢. المركبة العمودية Ay : تُمثّل مسقط المتجه $\vec{A}$ على المحور المقابل للزاوية (البعيد عن الزاوية)

$$A_y = A\sin(\theta)$$

لذلك يمكن تعريف **تحليل المتجهات بأنه استبدال متجه ما بمتجهين متعامدين يقومان بنفس عمله.**

اكتشف بنفسك (٦)..

فيما يلي متجه القوة المؤثرة على جسم، أَوجد مركبتي القوة الأفقية والرأسية وحدد اتجاهها على الرسم.



المركبة الأفقية	
المركبة الرأسية	

- المركبتين الأفقية و الرأسية متجهان متعامدان، أوجد حاصل جمعهما.

.....

.....

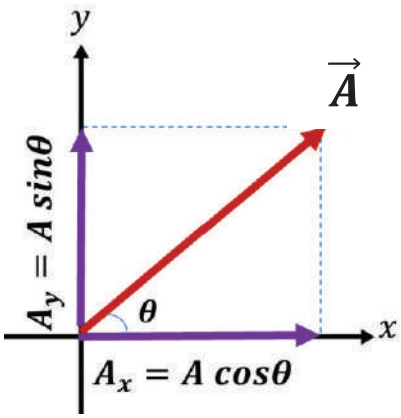
.....

.....

- ماذا تلاحظ؟

.....

عمليتي جمع المتجهات وتحليلها هما عمليتان متعاكستان ، حيث يمثل المتجه محصلة جمع المركبتين الناتجتين عن تحليله ويكون متحدًا معهما في نقطة البداية. أي أن $\vec{A} = \vec{A_x} + \vec{A_y}$.



(الشكل ٨)

> قسِّم كل صعوبة تواجهها إلى أجزاء صغيرة بقدر ما يلزم لحلها.
>
> رينيه ديكارت

مثـــــــال (٣) :

أوجد مركبتي السرعة المتّجهة $\vec{v}$ لطائرة مروحية تتحرك بسرعة $(120)\ km/h$ بزاوية مقدارها $35°$ مع سطح الأرض (المحور الأفقي) كـــما في الشكل الموضح.

الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه ثم ما تريد معرفته.

السرعة المتجهة	$v=120\ km/h$
زاوية ميل المتجه على المحور الأفقي	$\theta=35^o$
المركبة الأفقية للسرعة	$v_x=?$
المركبة الرأسية للسرعة	$v_y=?$

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

المركبة الأفقية للسرعة

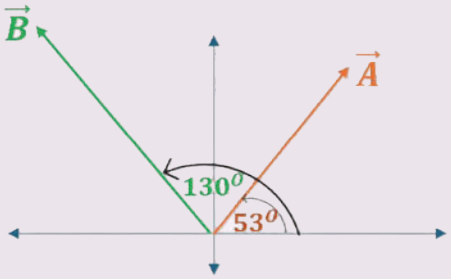
$$v_x=v\cos\theta$$
$$v_x=120\times cos(35)$$
$$v_x=98.29\ km/h$$

المركبة الرأسية للسرعة

$$v_y=v\ \sin\theta$$
$$v_y=120\times sin(35)$$
$$v_y=68.82\ km/h$$

مثـــــــال (٤) :

الرسم البياني يبين قوتين $A = (4)N$ و $B = (5)N$ ، أوجد مركبتيهما .



الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه.

باعتبار محور الاسناد هو المحور $+x$

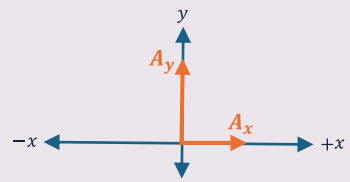
التمثيل الحسابي لمتجه القوة $\vec{A}$	$\vec{A} = (4\ N, 53^o)$
التمثيل الحسابي لمتجهة القوة $\vec{B}$	$\vec{B} = (5\ N, 130^o)$

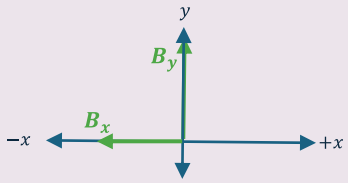
الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

$$A_x = A\cos\theta \qquad B_x = B\cos\theta$$
$$A_x = 4 \times cos(53) \qquad B_x = 5 \times cos(130)$$
$$A_x = 2.407\ N \qquad B_x = -3.213\ N$$

الإشارة في الناتج تدل على اتجاه متجه المركبة بالنسبة لمحور الاسناد

$$A_y = A\ \sin\theta \qquad B_y = B\ \sin\theta$$
$$A_y = 4 \times sin(53) \qquad B_y = 5 \times sin(130)$$
$$A_y = 3.195\ N \qquad B_y = 3.830\ N$$





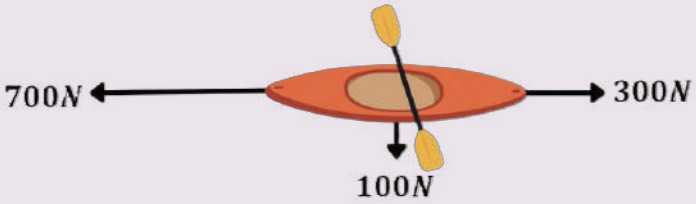
باعتبار محور الاسناد $-x$، فإن المتجه $\vec{B}$ يميل عنه بزاوية 50^o ، فتكون المركبتين كالتالي:

$$B_x = 5\cos\ 50^o = 3.213\ N \qquad B_y = 5\ \sin\ 50^o = 3.830\ N$$

لاحظ تساوي المركبة الأفقية للمتجه $\vec{B}$ في الحالتين مقدارًا و اتجاهًا، كذلك متجه المركبة الرأسية.

تحقق مما تعلمت ..

أثرت مجموعة من القوى على القارب الموضح بالشكل، احسب محصلة القوة المؤثرة على القارب مقدارًا واتجاهاً.



.....

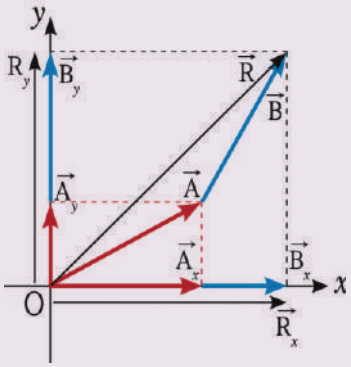
.....

.....

.....

إضاءة فيزيائية..

إيجاد محصلة متجهين أو أكثر بالتحليل



تعتبر عملية تحليل المتجهات عملية معاكسة لعملية الجمع، إلا أنه يمكن تطبيق عملية تحليل عدة متجهات بهدف جمعها! كيف يمكن ذلك؟

لحساب محصلة المتجهين $(\vec{A})$ و$(\vec{B})$ كما في الشكل المقابل، يمكن أولًا تحليل كل منهما إلى المركبتين الأفقية والرأسية، يتم جمع المركبتين الأفقيتين للمتجهين فيكون ناتج الجمع مساويًا لقيمة مركبة المحصلة الأفقية $\vec{R}_x = \vec{A}_x + \vec{B}_x$، وناتج جمع المركبتين الرأسيتين يمثل قيمة المركبة الرأسية للمحصلة $\vec{R}_y = \vec{A}_y + \vec{B}_y$ ومن ثم باستخدام قانون فيثاغورث يمكن حساب مقدار المحصلة.

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

أنـــت الـفـيـزيـائـي

السؤال الأول: ضع علامة (✓) في المربع الواقع أمام أنسب إجابة لكل من العبارات التالية :

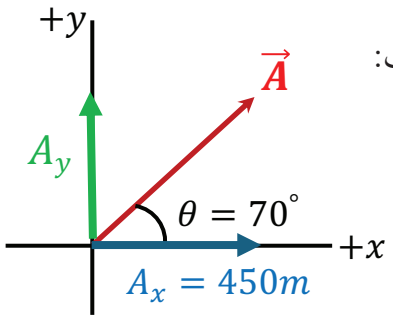
١ . الشكل التالي يمثل قوتين تؤثران على صندوق، فإذا كان مقدار القوة الأولى $30)N$ ومقدار القوة الثانية $45)N$، فإن مقدار القوة المحصلة المؤثرة على الصندوق بوحدة النيوتن تساوي:

- ☐ **15**
- ☐ **54.08**
- ☐ **64.5**
- ☐ **23**

٢ .الشكل المقابل رجل يسحب حقيبة بقوة باتجاه يصنع زاوية مع الأفق، فإن مقدار المركبة التي تتحرك بتأثيرها الحقيبة بوحدة النيوتن تساوي:

- ☐ **11.5**
- ☐ **17**
- ☐ **19.91**
- ☐ **23**

السؤال الثاني :حل المسائل التالية:



إذا كانت المركبة الأفقية لإزاحة جسم تساوي $450)m$. احسب:

أ. مقدار هذه الإزاحة ($\vec{A}$).

ب. المركبة الرأسية للإزاحة.

الدرس
[3-3]

ضرب المُتجهـــــــات

Vector Multiplication

ماذا سأتعلم ؟

- ضرب المتجهات.
- الضرب العددي .
- الضرب الاتجاهي .

كيف سأتعلم ؟

- أطبق أمثلة لضرب كمية متجهة بكمية عددية.
- أُقارن بين الضرب العددي والضرب الاتجاهي للمتجهات.
- أحل تطبيقات رياضية على ضرب المتجهات.

لا تعلـم أيهـا المتعلـم المُفكـر مـدى تداخـل ظواهـر القـوى المتجهـة في روتينـك اليومـي، فالقـوى المتجهـة هـي التـي تحكـم كيـف تتفاعل الأجسـام وتنتقـل الطاقـة بينهـا. إنـك تشـاهد أثرهـا كل يـوم؛ فعندمـا تسـحب رافعـة في ميناء الشـويخ حاويـة، ولكـن بزاويـة مائلـة، فـإن شـيئًا مـا يتغـير، وهـذا التغـير ليـس في مقـدار القـوة، بـل في كيفيـة تأثيرهـا.

في البدايـة قـد يبـدو لـك أن ضرب متجـه في متجـه يشـبه ضرب عدديـن عاديـين. لكـن هـل هـذا صحيـح؟

مـن المهـم دراسـة كيفيـة ضرب المتجهـات، حيـث ستكتشـف أن للـضرب نوعـين مختلفـين تمامًـا، وكيـف أن قوانـين ضرب المتجهـات تحكـم كل مـا يحيـط بنـا بدقـة مذهلـة.

فكِّر !!

هل تطبق عملية الضرب على الكميات المتجهة ؟

ضرب المتجهات

عملية الضرب كما في عملية الجمع، تختلف في الكميات المتجهة عنها في الكميات العددية، إلا أنه في عملية جمع المتجهات لا يمكن جمع كمية متجهة بكمية عددية، وهذا لا ينطبق في عملية الضرب، حيث يمكن ضرب كمية متجهة بأي كمية سواء عددية أو متجهة أخرى.

ضرب كمية متجهة بكمية عددية

اكتشف بنفسك (١)..

ينص القانون الثاني لنيوتن على أنه إذا أثرت قوة على جسم فإنه يتحرك بتسارع يتناسب طرديًا مع القوة المؤثرة وعكسيًا مع كتلة الجسم، تذكر أن الصيغة الرياضية لهذا القانون هي $\vec{F} = m\,\vec{a}$.

- حدد نوع الكميات الفيزيائية وفق معيار حاجتها لتحديد اتجاه.

الكمية	نوعها
القوة	
التسارع	
الكتلة	

- ما نوع حاصل ضرب كمية عددية بكمية متجهة؟

.....

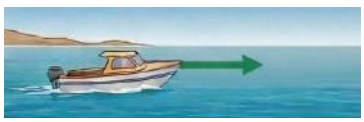
- أوجد متجه التسارع الذي يكتسبه جسم كتلته $(10)\ kg$ إذا أثرت عليه قوة $(50N\ ،\ 30°)$؟

.....

عند ضرب متجه ما $(\vec{A})$ في عدد (n) فإننا نحصل على متجه جديد نرمز له بالرمز $(n\vec{A})$. هذا المتجه الجديد يتأثر بالعدد (n)، حيث يصبح مقدار المتجه الجديد مساويًا لحاصل ضرب القيمة المطلقة للعدد في مقدار المتجه الأصلي، أما اتجاهه فيتأثر بإشارة العدد ، فعند ضرب متجه بعدد سالب فإن اتجاه المتجه الناتج يكون عكس اتجاه المتجه الأصلي.

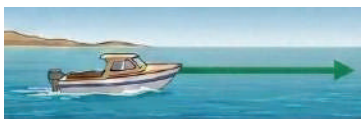
اكتشف بنفسك (٢)..

- تخيل أنك تقود قاربًا في رحلة بحرية، وكان القارب يتحرك بسرعة $(\vec{v})$ باتجاه الشرق. ماذا تتوقع أن يحدث لمتجه السرعة رياضيًا بدلالة $(\vec{v})$ في الحالات التالية:



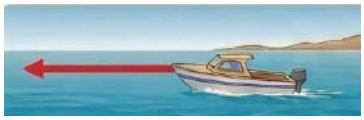
١. زيادة سرعة القارب إلى مثلي ما كان عليه.

.....

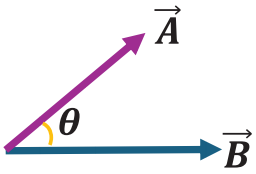


٢. زيادة سرعة القارب إلى مثلي ما كان عليه، باتجاه معاكس للحركة.

.....



ضرب كمية متجهة بكمية متجهة أخرى



هناك نوعان من ضرب كمية متجهة بكمية متجهة أخرى :

الضرب الاتجاهي

يُسمى هذا النوع من ضرب المتجهات بالضرب الاتجاهي، لأن ناتج الضرب كمية متجهة، ويكون رمز عملية الضرب المستخدمة فيه (x)، لذلك يُسمى أيضًا الضرب التقاطعي، فيُعبر عنه بالطريقة التالية:

$$\vec{A} \times \vec{B} = \vec{C}$$

يُحسب مقدار ناتج الضرب الاتجاهي للمتجهين $\vec{A}$ و $\vec{B}$ بينهما زاوية θ بالعلاقة الرياضية التالية:

$$\vec{A} \times \vec{B} = A\,B \sin\theta$$

الضرب العددي

يُسمى هذا النوع من ضرب المتجهات بالضرب العددي، لأن ناتج الضرب كمية عددية، ويكون رمز عملية الضرب المستخدمة فيه (.)، لذلك يسمى أيضًا الضرب النقطي، فيُعبر عنه بالطريقة التالية:

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = C$$

يُحسب مقدار ناتج الضرب العددي للمتجهين $\vec{A}$ و $\vec{B}$ بينهما زاوية θ بالعلاقة الرياضية التالية:

$$\vec{A} \cdot \vec{B} = A\,B \cos\theta$$

أما اتجاه ناتج الضرب الاتجاهي فيُحدّد بتطبيق قاعدة اليد اليمنى.

(الشكل ٩)

كيف تطبق قاعدة اليد اليمنى؟

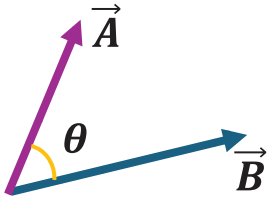
١. افرد يدك اليمنى ، مد أصابع اليد اليمنى على المتجه الأول.

٢. اثني الأصابع باتجاه المتجه الثاني عبر الزاوية الأصغر.

٣. اتجاه الإبهام يشير إلى اتجاه الناتج.

اكتشف بنفسك (٣)..

لاحظ المتجهان $\vec{A}$ و $\vec{B}$ ، بينهما زاوية θ ،باستخدام قاعدة اليد اليمنى، حدد اتجاه المتجه الناتج من الضرب الاتجاهي لكل مما يلي:



	اتجاه الناتج
$\vec{A} \times \vec{B}$	
$\vec{B} \times \vec{A}$	

هل الضرب الاتجاهي له خاصية إبدالية؟

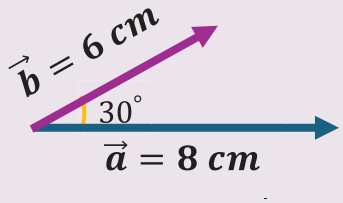
.....

مثـــــــال (١) :

الشكل المقابل يمثل متجهين $(\vec{a},\vec{b})$ في مستوى أفقي واحد هو مستوى الصفحة احسب:

١. حاصل الضرب الاتجاهي $(\vec{a}\times\vec{b})$ وحدد اتجاهه.

٢. حاصل الضرب الاتجاهي $(\vec{b}\times\vec{a})$ وحدد اتجاهه.



الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه.

مقدار المتجه الأول	$a = 8\ cm$
مقدار المتجه الثاني	$b = 6\ cm$
الزاوية المحصورة	$\theta = 30^\circ$

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

١. $\vec{a}\times\vec{b} = \vec{c}$

$$c = a\,b\sin\theta = 8\times 6\times sin30$$

$$c = 24\ cm^2$$

باستخدام قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه المتجه $(\vec{c})$ عمودي على مستوى الصفحة للخارج

٢. $\vec{b}\times\vec{a} = \vec{c}$

$$c = b\,a\sin\theta = 6\times 8\times sin30$$

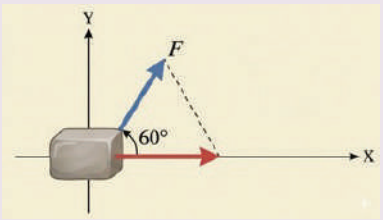
$$c = 24\ cm^2$$

باستخدام قاعدة اليد اليمنى يكون اتجاه المتجه $(\vec{c})$ عمودي على مستوى الصفحة للداخل.

لاحظ أن ناتج الضرب الاتجاهي $(\vec{b}\times\vec{a})$ يساوي في المقدار ناتج الضرب الاتجاهي $(\vec{a}\times\vec{b})$ إلا أن اتجاه كلًا من المتجهين الناتجين متعاكس. لذا لا يمكن اعتبار الضرب الاتجاهي إبداليًا .

مثـــــــال (٢) :

إذا أثـرت قـوة $\vec{F} = (35\ N, 60°)$ في جسـم فحركتـه إزاحـة m (20) بالاتجـاه الأفقـي ، احسـب الشـغل الـذي تبذلـه القـوة. علـمًا بـأن $W = \vec{F}.\vec{d}$



الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه.

القوة المؤثرة	$F = 35\ N$
الزاوية المحصورة	$\theta = 60°$
الإزاحة	$d = 20\ m$

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

$$W = \vec{F}.\vec{d} = F\,.\,d\,cos\theta$$
$$W = (35).(20).cos\,60 \longrightarrow W = 350\,J$$

في المثـال السـابق إذا أوجـدت ناتـج الـضرب العـددي ($\vec{d}\ .\ \vec{F}$) سـتجد أنـه يسـاوي J (350)، فهـو يسـاوي في المقـدار ناتـج الـضرب العـددي ($\vec{F}\ .\ \vec{d}$) ، ولأن الناتـج كميـة عدديـة ليـس لهـا اتجـاه والمقداريـن متسـاويين، فـإن الـضرب العـددي لـه **خاصيـة إبداليـة** ، لذلـك فـإن ($\vec{b}\ .\ \vec{a}$) يسـاوي ($\vec{a}\ .\ \vec{b}$) .

اكتشف بنفسك (٣)..

المتجهان $\vec{A}$ و $\vec{B}$ بينهما زاوية θ

أكمل الجدول التالي بالقيم المطلوبة لمقدار حاصل الضرب عند زوايا مختلفة بين المتجهين بدلالة A و B

$\theta = 180°$	$\theta = 90°$	$\theta = 0°$	
$\vec{A}$ $\vec{B}$	$\vec{B}$ $\vec{A}$	$\vec{A}$ $\vec{B}$	
			$\vec{A} \times \vec{B}$
			$\vec{A}\ .\ \vec{B}$

تحقق مما تعلمت ..

يُؤثر عامل بقوة مقدارها $\vec{F} = (30)N$ عمودية على باب، بحيث تقع نقطة تأثير القوة على بُعد $\vec{d} = (1.3)m$ من محور دوران الباب. إذا علمت أن **عزم القوة** هو قيمة متجهة لقياس مدى قدرة القوة التي تؤثر على جسم لتدويره حول محور ما، و يحسب من العلاقة الرياضية $\vec{\tau} = \vec{d} \times \vec{F}$. أوجد:

مقدار عزم القوة المؤثرة حول محور الدوران.

.....

.....

٢. ماذا يحدث لعزم القوة إذا انعكس اتجاه القوة المؤثرة على الباب؟

.....

.....

إضاءة فيزيائية..

ميكانيكا الكم و مبدأ عدم اليقين (حين يغير الترتيب كل شيء)

في الفيزياء الكلاسيكية يمكنك دائمًا معرفة موقع جسم و سرعته في نفس اللحظة بدقة تامة. لكن في عالم الجسيمات دون الذرية (عالم الإلكترونات و البروتونات) تنهار هذه الفكرة كليًا. اكتشف العالم الألماني ورنر هايزنبرغ عام ١٩٢٧م أنه كلما حددت موقع جسيم بدقة أكبر، كلما أصبحت سرعته أكثر غموضًا. و هذا ليس قصورًا في أجهزة القياس، بل هو قانون راسخ في بنية الكون نفسه.

و المذهل أن الجذر الرياضي لهذا المبدأ هو بالضبط مادرسته بأن الضرب الإتجاهي عملية ليست ابدالية. فقياس الموقع ثم السرعة يعطي نتيجة مختلفة عن قياس السرعة ثم الموقع، كما أنه $\vec{A} \times \vec{B} \neq \vec{B} \times \vec{A}$. وهذا المبدأ ليس نظرة مجردة، فبدونه لما فُهم سلوك الإلكترونات في أشباه الموصلات و لما وُجد الحاسوب أو الهاتف الذي تستخدمه الآن.

أنـــــت الـــفـــيـــزيـــائـــي

السؤال الأول: ضع علامة (✓) في المربع الواقع أمام أنسب إجابة لكل من العبارات التالية :

١. متجهان $\vec{A}$ و $\vec{B}$ مقدارهما $N(3)$ و $m(4)$ بالترتيب و ناتج ضربهما القياسي $J(12)$، فإن الزاوية بين المتجهين تساوي بالدرجات:

☐ $0°$ ☐ $45°$ ☐ $90°$ ☐ $180°$

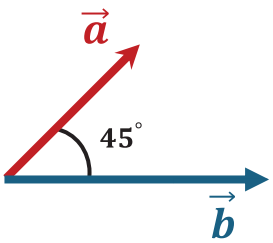
٢. متجهان $\vec{A}$ و $\vec{B}$ مقدارهما $cm(2)$ و $cm(4)$ بالترتيب و الزاوية بينهما (60°)، مقدار حاصل ضربهما الاتجاهي بوحدة cm^2 يساوي:

☐ 4 ☐ 5 ☐ $4\sqrt{3}$ ☐ $\frac{\sqrt{3}}{2}$

السؤال الثاني: أجب عن الأسئلة التالية:

١. ما مقدار الزاوية بين المتجهين $\vec{A}$ و $\vec{B}$، التي يتساوى عندها مقدار الضرب القياسي ومقدار الضرب الاتجاهي للمتجهين، أي أن: $|\vec{A} \times \vec{B}| = \vec{A}.\vec{B}$.

٢. في الشكل المقابل متجهان $(\vec{a}, \vec{b})$ في مستوى أفقي واحد منطبق على مستوى الصفحة حيث $\vec{a} = 5\ cm$ و $\vec{b} = 7\ cm$ احسب:



أ. حاصل الضرب العددي ($\vec{a} \cdot \vec{b}$).

ب. حاصل الضرب الاتجاهي ($\vec{a} \times \vec{b}$) وحدد اتجاهه.

ج. حاصل الضرب الاتجاهي ($\vec{b} \times \vec{a}$) وحدد اتجاهه.

حركة المقذوفات

Projectile Motion

أنت تعيش وسط حركة مستمرة للأجسام التي تُقذف، حيث نراها في الملاعب عندما يرسم لاعبو كرة القدم والسلة أقواسًا دقيقة في الهواء للوصول إلى الهدف، وكذلك في انسياب خيوط الماء من النوافير العامة، وحتى في الحركات البسيطة كرمي مفاتيح لصديق أو قذف حجر في بحيرة.

إن ما يجعل المقذوفات حالة فيزيائية فريدة هو ذلك "الصراع الصامت" الذي تخوضه الكرة أو القذيفة أثناء تحليقها؛ فهي تحاول المضي قُدُمًا بسرعة ثابتة بفضل القصور الذاتي، بينما تُصرّ الجاذبية الأرضية على سحبها نحو الأسفل.

ماذا سأتعلم ؟

- مفهوم المقذوف.
- المُركبة الأفقية والمُركبة الرأسية للسرعة الابتدائية.
- الكميات المستخدمة في وصف حركة المقذوف .

كيف سأتعلم ؟

- أُعرّف المقذوف بعد الاطلاع على عدة مقذوفات .
- أُقارن بين الحركة الرأسية و الأفقية للمقذوف.
- أُطبق معادلات الرياضية المرتبطة بحركة المقذوف.
- أوجد العلاقة بين السرعة الابتدائية الأفقية و المدى الأفقي عمليًا.

فكِّر !!

ما المقذوف وكيف نستفيد من فيزياء المقذوفات في حياتنا ؟

(الشكل ١٠)

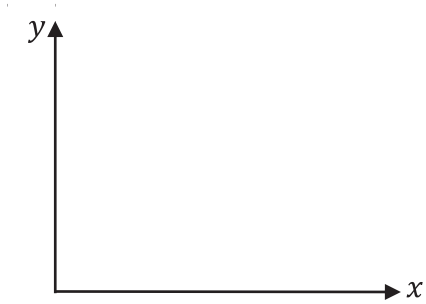
عندما كنت تشاهد الأفلام التاريخية هل تساءلت يوماً لماذا كان الجنود الذين يرمون السهام يرفعونها لأعلى، لماذا لم يكتفوا برميها للأمام فقط ؟

فكِّر !!

هل كان هذا مجرد استعراض سينمائي ، أم للفيزياء دور في ذلك؟

اكتشف بنفسك (١)..

توقع مسار الكرة في لعبة البولينج والرمح في لعبة رمي الرمح وارسمها في الجدول الذي أمامك :

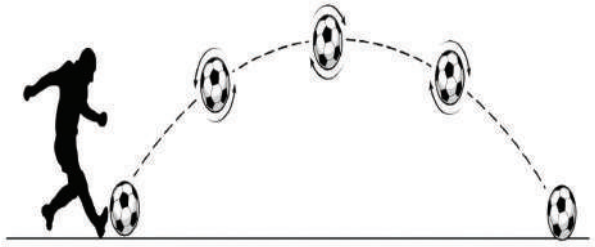
صِف الحركة	ارسم شكل المسار	اللعبة
		

تختلف حركة كرة البولينج عن حركة الرمح بشكل جوهري من حيث أبعاد مسار الحركة، ففي حين تُمثل حركة كرة البولينج نموذجاً للحركة في خط مستقيم (في بُعد واحد)، تُمثل حركة الرمح الذي يُطلقه اللاعب بزاوية نموذجاً كلاسيكيًا لحركة المقذوفات في بُعدين (أفقي ورأسي).

يُسمى الرمح أو القذيفة (مقذوفًا)، و المقذوف أو القذيفة هو كل جسم يُطلق في الهواء تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية و مقاومة الاحتكاك بالهواء ، و هي تعتبر من الأمثلة الهامة على الحركة بتسارع.

ما هو شكل مسار القذيفة؟

لو تتبعنا مسار الكرة التي يركلها اللاعب على شباك المرمى (بزاوية)، لوجدنا أنها ترتفع بمسار منحني حتى تصل إلى **أقصى ارتفاع** (h)، ثم تعود إلى أسفل وترتطم بالأرض بنفس سرعتها الابتدائية عند نفس المستوى الذي أُطلقت منه مع إهمال مقاومة الهواء، مُشكلةً مسارًا منحنيًا يُسمى (**القطع المكافئ**).

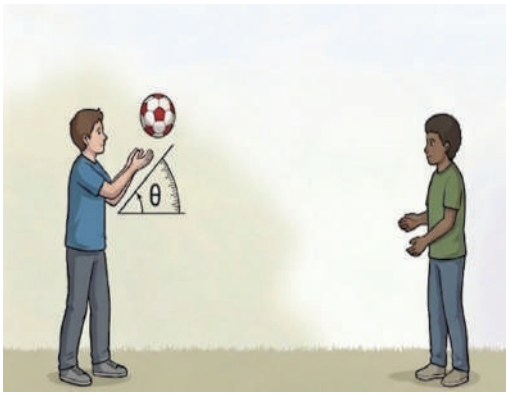


(الشكل ١١)

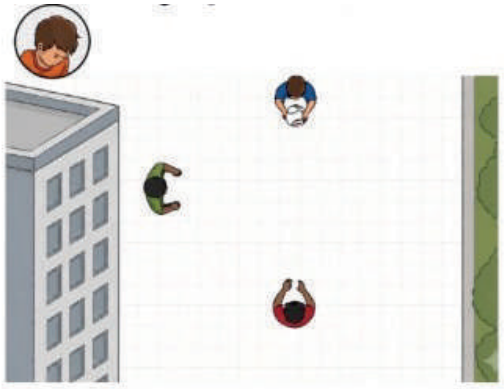
اكتشف بنفسك (٢)..

لو أننا افترضنا أن هناك ولدين يتقاذفان كرةً في الهواء ، ارسم شكل المسار الذي ستلاحظه عندما :

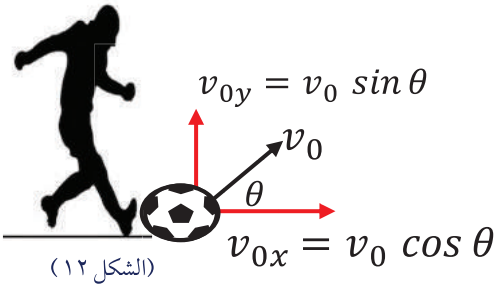
تقف أمامهما



تنظر إليهما رأسيًا من أعلى عمارة



من خلال النشاط السابق لاحظ أن للمقذوف حركتين أحدُهما على المحور الأفقي (حركة أفقية) و الأخرى على المحور الرأسي (حركة رأسية) **وهما غير مترابطتين ولكن متزامنتين** تشكلان مساراً منحنياً لحركة المقذوف .



(الشكل ١٢)

ولدراسة الحركتين كلٍ على حدة ستحتاج إلى تحليل متجه السرعة الابتدائية (v_0)التي يقذف بها المقذوف إلى مركبتين (المركبة الرأسية و المركبة الأفقية):

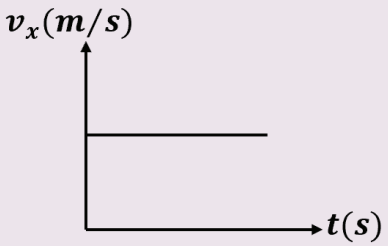
$$v_{ox} = v_0 \cos\theta$$

$$v_{oy} = v_0 \sin\theta$$

حين يطلق جسم بسرعة ابتدائية (v_o) و بزاوية (θ) مع الأفق، نقسم الحركة لاتجاهين :

حركة المقذوف على المحور الأفقي

لا تتأثر الحركة الأفقية للقذيفة بقوة الجاذبية الأرضية، وبإهمال مقاومة الهواء تنعدم القوى المؤثرة عليها بالاتجاه الأفقي لذلك **تظل المُركبة الأفقية للسرعة (v_x) ثابته في المقدار والاتجاه** فتقطع مسافات متساوية خلال أزمنة متساوية.

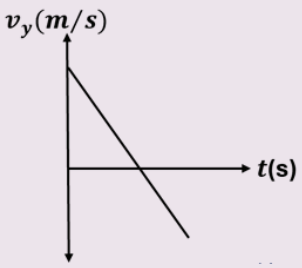


(الشكل ١٣)

العلاقة بين السرعة الأفقية (v_x) والزمن (t) لمقذوف في زاوية θ

حركة المقذوف على المحور الرأسي

تتأثر المُركبة الرأسية للسرعة (v_y) بقوة الجاذبية الأرضية (وزن القذيفة) و التي تؤدي إلى حركتها بتسارع منتظم يساوي $9.8\ m/s^2$ (g)، يُمثل تسارع الجاذبية الأرضية، حيث **يقل** مقدار هذه المُركبة بانتظام في مرحلة الصعود حتى تصبح صفرًا عند أقصى ارتفاع ($v_y=0$)، ثم يتزايد مقدارها بانتظام في مرحلة النزول حتى تصل إلى الهدف بنفس السرعة التي قُذِف فيها.



(الشكل ١٤)

العلاقة بين السرعة الرأسية (v_y) والزمن (t) لمقذوف في زاوية θ

و يمكن حساب المسافة الأفقية من خلال العلاقة التالية:

$$\Delta x = v_{0x} \cdot t$$

$$\Delta x = v_0 \cos\theta \cdot t$$

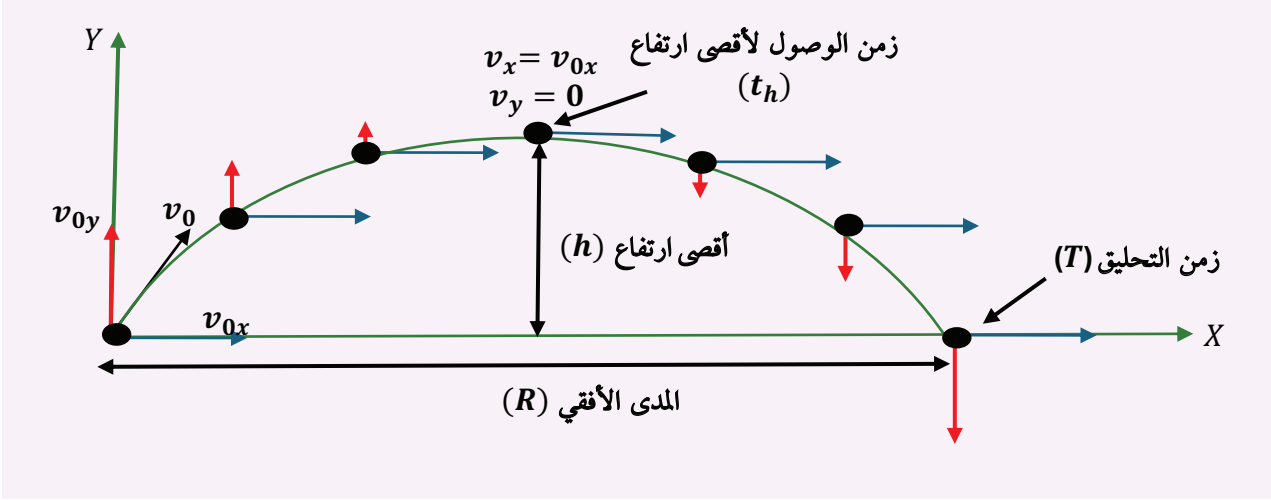
ولأن الحركة الرأسية للمقذوف تتأثر بتسارع منتظم تُطبق معادلات الحركة التي تم دراستها في درس السقوط الحر .

$$v_y = v_\circ \sin\theta + gt$$

$$\Delta y = v_\circ \sin\theta\, t + \tfrac{1}{2} gt^2$$

$$v^2 = (v_\circ \sin\theta)^2 + 2g\Delta y$$

الكميات الفيزيائية المستخدمة في وصف حركة المقذوفات:



(الشكل١٥) مسار كرة قُذِفت بزاوية –تمثل الأسهم مُركبتي السرعة المتجهة الأفقية والرأسية

كم يستغرق المقذوف للوصول إلى أقصى ارتفاع رأسي؟

تذكر أن المركبة الرأسية لسرعة المقذوف تتناقص بانتظام في مرحلة الصعود حتى تصبح صفرًا عند أقصى ارتفاع ($v_y = 0$)، و يمكن حساب زمن الوصول لأقصى ارتفاع من العلاقة التالية:

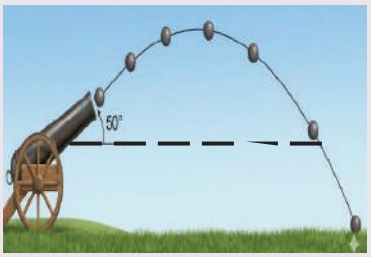
$$t_h = \frac{v_0 \sin\theta}{g}$$

كما عرفت في درس السقوط الحُر بأن **الزمن الكلي الذي يستغرقه الجسم المقذوف في الهواء قبل أن يعود إلى نفس المستوى الذي قُذف منه يُعرَّف بزمن التحليق** (T) ، و يستغرق المقذوف المدة الزمنية ذاتها في الحركتين الأفقية والرأسية منذ لحظة انطلاقه وحتى إصابة الهدف، وبناءً على ذلك فإن حسابك للزمن في إحدى الحركتين يُعطيك تلقائيًا الزمن للحركة الأخرى.

$$T = 2t_h$$

مثـــــــال (١) :

رُفِعت فوهة مدفع وُضع على الأرض بزاوية (50°) على المستوى الأفقي لتُطلق قذيفة بسرعة متجهة ابتدائية بمقدا m/s (75) ، فإذا علمت أن مقاومة الهواء مهملة وتسارع الجاذبية الأرضية تساوي m/s^2 (9.8)، احسب :



١ . زمن أقصى ارتفاع للقذيفة. ٢ . زمن التحليق.

الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه .

السرعة الابتدائية	$v_o = 75\ m/s$
زاوية القذف	$\theta = 50^{\circ}$
تسارع الجاذبية الأرضية	$g = 9.8\ m/s^2$

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

١ .زمن أقصى ارتفاع: $$t_h = \frac{v_0 \sin\theta}{g} = \frac{75 \sin 50}{9.8} = 5.86\ s$$

٢ . زمن التحليق: $$T = 2 \times 5.86 = 11.72\ s$$

اكتشف بنفسك (٣)..

في رحلة تخييم، طلب عبدالعزيز من صديقه يوسف أن يناوله مصباحًا يدوياً، بدلاً من المشي إليه قام يوسف بقذف المصباح نحو عبدالعزيز بسرعة ابتدائية قدرها m/s (0.1) في اتجاه يميل على الأفق بزاوية (30°)، بافتراض أن عبدالعزيز سيلتقط المصباح بيده على نفس الارتفاع الذي قُذِف من يد يوسف ، وبإهمال تأثير مقاومة الهواء وباعتبار تسارع الجاذبية الأرضية يساوي m/s^2 (9.8) أوجد زمن تحليق المصباح.

.....

.....

كيف يمكن تحديد المسافة الأفقية التي يقطعها المقذوف ؟

المسافة الأفقية التي تقطعها القذيفة ابتداءً من نقطة الإنطلاق إلى نقطة الوصول على مستوى الإطلاق تُسمى المدى الأفقي (R) .

و يمكن حسابها انطلاقًا من الحركة الأفقية حيث السرعة منتظمة من العلاقة التالية:

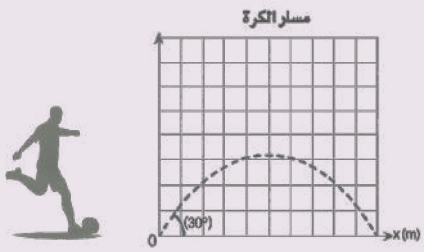
$$R = T \times v_0 \cos\theta$$

كما يمكن حسابها من معادلات الحركة الرأسية المتسارعة من خلال العلاقة التالية:

$$R = \frac{v_0^2 \sin 2\theta}{g}$$

مثـــــال (٢) :

ركل لاعبٌ كرةً من الأرض بسرعة متجهة ابتدائية مقدارها $(50)\ m/s$ في اتجاه يميل على الأفق بزاوية $(30°)$، فإذا علمت أن مقاومة الهواء مهملة و تسارع الجاذبية الأرضية يساوي $(9.8)\ m/s^2$ ، احسب :



١ . المسافة الأفقية بعد مرور $(2)s$ من الزمن. ٢ . المدى الأفقي .

الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه .

السرعة الابتدائية	$v_o = 50\ m/s$
زاوية القذف	$\theta = 30^\circ$
تسارع الجاذبية الأرضية	$g = 9.8\ m/s^2$
الزمن	$t = 2\ s$

تابع مثـــــــال (٢) :

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

١ . المسافة الأفقية بعد مرور (2)s من الزمن.

$$\Delta x = v_0 \cos\theta \times t = 50 \cos 30 \times 2 = 86.6 \ m$$

٢ . المدى الأفقي.

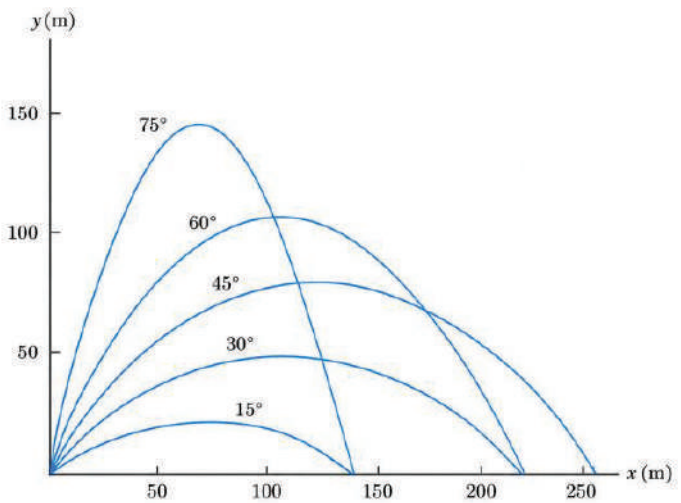
$$R = \frac{v_0^2 \sin(2\theta)}{g} = \frac{50^2 \sin(2\times 30)}{9.8} = 220.92 \ m$$

اكتشف بنفسك (٤) ..

أعـد حسـاب المـدى الأفقـي للمثـال السـابق ولكـن بالزاويـة (60°) و الزاويـة ،(45°) مـاذا تسـتنتج مـن خـلال النتائـج؟

.....

.....



من خلال المثال السابق تلاحظ أن :
مـدى الزاويـة (30°) والزاويـة (60°) متسـاويان وهـذا ينطبـق عـلى أي زاويتـين يُقـذف بهـما المقـذوف ويكـون مجموعهـما (90°) .
كـما تجـد أن المـدى الأفقـي للزاويـة (45°) يكـون أبعـد مـدى يصـل إليـه المقـذوف.

كيف يمكن تحديد أقصى ارتفاع رأسي يصل إليه المقذوف؟

أكبر مسافة رأسية يصنعها المقذوف من نقطة إطلاقه حتى يعود إلى مستوى الإطلاق نفسه تسمى أقصى ارتفاع (h)، ويعطى بالعلاقة :

$$h = \frac{(v_0 \sin\theta)^2}{2g}$$

مثـــــال (٣) :

قذف لاعب كرة سلة الكرة بسرعة متجهة ابتدائية مقدارها $10\ m/s$ وبزاوية $60°$ على المستوى الأفقي، بإهمال تأثير مقاومة الهواء و باعتبار تسارع الجاذبية الأرضية تساوي $9.8\ m/s$.

احسب:

١. المُركبة الأفقية والمُركبة الرأسية للسرعة المتجهة الابتدائية.

٢. أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة.

الحل:

الخطوة ١ : ابدأ بكتابة ما تعرفه.

السرعة الابتدائية	$v_o = 10\ m/s$
زاوية القذف	$\theta = 60^\circ$
تسارع الجاذبية الأرضية	$g = 9.8\ m/s^2$

الخطوة ٢ : اختر المعادلة المناسبة لك وابدأ بالحل.

١.

$$v_{0y} = v_0 \sin\theta = 10 \sin 60 = 8.66\ m/s$$

$$v_{0x} = v_0 \cos\theta = 10 \cos 60 = 5\ m/s$$

٢.

$$h = \frac{(v_0 \sin\theta)^2}{2g} = \frac{(10 \sin 60)^2}{2(9.8)} = 4.12\ m$$

اكتشف بنفسك (٥)..

قفز لاعب بدراجته النارية من أعلى منحدر يميل على المستوى الأفقي بزاوية (55°)، بإهمال تأثير مقاومة الهواء وباعتبار تسارع الجاذبية الأرضية يساوي $9.8)\ m/s^2$، احسب أقصى ارتفاع يصل إليه في زمن قدره (3) s.

.....

.....

.....

أيهما سيصل أولاً (بإهمال مقاومة الهواء) ؟

لو أننا افترضنا أن هناك جسماً سقط من قمة برج عالٍ إلى الأرض في اللحظة نفسها ومن نفس الارتفاع سقط جسماً آخر من طائرة كانت تطير بسرعة أفقية بجانب هذا البرج ، أيهما سيصل أولاً؟ سيصل الجسمان إلى الأرض في نفس اللحظة.

ذكرنا سابقًا أن الحركة الأفقية لا ترتبط بالحركة الرأسية وبالتالي لا تؤثر إطلاقاً عليها، ففي الحركة الرأسية يخضع الجسمان لنفس الجاذبية الأرضية بما أن الجسمين يسقطان من نفس الارتفاع، وكلاهما بدأ السقوط بسرعة رأسيه تساوي صفرًا، فإنهما سيستغرقان نفس الزمن للوصول إلى الأرض، والسرعة الأفقية للجسم الساقط من الطائرة تجعله يندفع للأمام في مسار منحني، لكنها لا تسرّع ولا تبطئ من زمن نزوله للأسفل.

(الشكل ١٧)

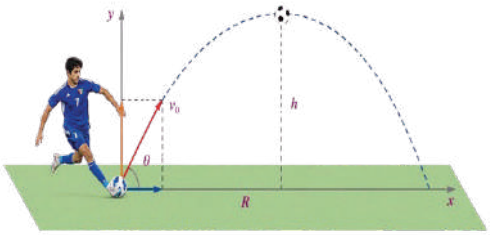
إضاءة فيزيائية..

علماء الأندلس

يُعد ابن باجة من أبرز فلاسفة وعلماء الأندلس في القرن الثاني عشر، وقد أسهم في تطوير فهم الحركة بطريقة مهدت لعلم الفيزياء الحديث، اقترح أن الجسم المقذوف يستمر في حركته بسبب قوة داخلية يكتسبها لحظة القذف، وتضعف تدريجيًا بفعل مقاومة الهواء، هذا التصور يُعد خطوة مبكرة نحو مفهوم القصور الذاتي، الذي يفسر لماذا تتحرك المقذوفات – مثل الكرة أو القذيفة – في مسارها بعد إطلاقها حتى تؤثر عليها قوى خارجية كالجاذبية والهواء، وبذلك يمكن اعتبار أفكار ابن باجة تمهيدًا علميًا مهمًا لفهم حركة المقذوفات كما ندرسها اليوم في الفيزياء.

تحقق مما تعلمت ..

ركل بندر كرة قدم بسرعة ابتدائية مقدارها m/s (22.5) في اتجاه يصنع زاوية $53°$، بإهمال مقاومة الهواء احسب:



١. أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة.

.....

٢. زمن تحليق الكرة حتى تعود إلى سطح الأرض.

.....

٣. المدى الأفقي للكرة.

.....

الفيزياء والعلوم الأخرى (جيولوجيا) ..

يرتبط درس المقذوفات في الفيزياء بظاهرة ثوران البركان في الجيولوجيا ارتباطًا مباشرًا، حيث تفسّر الفيزياء كيفية حركة المواد التي يقذفها البركان في الهواء، فعند حدوث ثوران بركاني، تندفع الحمم والصخور والرماد بسرعة وزوايا مختلفة من فوهة البركان، وتتحرك هذه المواد في مسارات منحنية تحت تأثير الجاذبية، تمامًا كما يحدث في حركة المقذوفات التي تُدرَس في الفيزياء.

ومن هنا تستفيد الجيولوجيا من الفيزياء في فهم سلوك هذه المقذوفات البركانية، مثل تحديد مدى وصولها، وارتفاعها، وزمن بقائها في الهواء، مما يساعد العلماء على التنبؤ بمناطق سقوطها وتقييم المخاطر المحتملة على المناطق المحيطة، وبالتالي، فإن الفيزياء توفّر الأدوات والقوانين التي تمكّن الجيولوجيين من تفسير الظواهر البركانية بشكل أدق وأكثر علمية.

أنـــــت الــفــيــزيــائــي

السؤال الأول: ضع علامة (✓) في المربع الواقع أمام أنسب إجابة لكل من العبارات التالية:

١ . أكبر مدى يكون للقذيفة عندما تقذف بزاوية مقدارها:

☐ $30°$ ☐ $45°$ ☐ $60°$ ☐ $90°$

٢ . إذا قُذفت كرة بزاوية ($20°$) مع الأفقي، فإن الزاوية التي يجب أن تُقذف بها كرة أخرى بنفس السرعة لتقطع نفس الإزاحة الأفقية (المدى) تساوي:

☐ $30°$ ☐ $40°$ ☐ $70°$ ☐ $90°$

السؤال الثاني: اكتب الاسم أو المصطلح العلمي الذي تدل عليه كل عبارة من العبارات التالية:

م	العبارة	المصطلح
١	الأجسام التي تُطلق في الهواء في مسار منحني بتأثير الجاذبية الأرضية .	
٢	إزاحة رأسية يصنعها المقذوف من نقطة إطلاقه إلى أن يعود إلى مستوى الإطلاق نفسه.	

السؤال الثالث: حل المسائل التالية:

قُذف حجر في الهواء بسرعة متجهة ابتدائية مقدارها $(10)\ m/s$ وبزاوية($50°$) مع الأفق عند إهمال مقاومة الهواء واعتبار أن تسارع الجاذبية الأرضية تعادل $(9.8)m/s^2$ ، **احسب ما يلي :**

١ . المُركبة الأفقية والمُركبة الرأسية للسرعة المتجهة عند بداية الحركة.

٢ . قيمة المُركبة أفقية والمُركبة رأسية للسرعة عند أقصى ارتفاع .

٣. مقدار المدى الافقي وأقصى ارتفاع يصل إليه المقذوف.

٤ . زمن أقصى ارتفاع وزمن التحليق .

استدامة.. استدامة.. استدامة

لطالما سمعنا هذا المفهوم و درسناه نظريًا، وأتى اليوم الذي نراه عمليا في "مجمع الشقايا للطاقة المتجددة".

ما هي قصة هذا المجمع؟ تأسس مجمع الشقايا للطاقة المتجددة تحقيقًا للرغبة الأميرية السامية لتحول ديرتنا الحبيبة إلى "كويت جديدة"، و يعتبرأكبرحاضنة لتقنيات الطاقة النظيفة في المنطقة، و هذا الشيء يترجم لنا "الاستدامة" إلى واقع عملي حقيقي و ملموس.

تأسس المشروع بمبادرة وتصميم من معهد الكويت للأبحاث العلمية.

و لماذا منطقة الشقايا؟ اختيرت منطقة الشقايا التي تقع غرب البلاد لتميزها بمعدلات سطوع شمسي وحركة رياح مثالية لتوليد الطاقة.

يتبع مشروع الشقايا ثلاث تكنولوجيات لتوليد الكهرباء:

- الطاقة الشمسية الحرارية: التي تمتاز بالقدرة على تخزين حرارة الشمس وتوليد الكهرباء حتى بعد غروب الشمس.
- الطاقة الشمسية الكهروضوئية: عن طريق الألواح الزجاجية المباشرة التي تلتقط ضوء الشمس.
- طاقة الرياح: عبر توربينات عملاقة تستغل التيارات الهوائية في المنطقة.

مـا دور مجمع الشقايا من الاستدامة؟

مجمع الشقايا له دور في تحقيق أبعاد الاستدامة الأساسية في الكويت، وهي:

- **الاستدامة البيئية**: من خلال تقليل الانبعاثات الكربونية التي تنبعث من الوقود الأحفوري الذي تعتمد عليه الكويت لتشغيل محطاتها يساهم في مكافحة التغير المناخي و تحسين جودة الهواء.
- **الاستدامة الاقتصادية**:كل كيلوواط/ ساعة ينتجه مجمع الشقايا من الشمس أو الرياح يعادل برميل نفط يتم حرقه للحصول على نفس الكمية من الطاقة، يتم توفيره لبيعه في الأسواق العالمية. هذا التوفير يضخ مبالغ ضخمة في ميزانية الدولة، ويدعم "الاقتصاد المتنوع المستدام".
- **الاستدامة البشرية والتعليمية (بناء الكوادر الوطنية)**:يعتبر المشروع مختبرًا مفتوحًا وبوابة لتمكين المهندسين والباحثين الكويتيين. من خلاله، يتم نقل وتوطين تكنولوجيا الطاقة المتجددة، وخلق فرص عمل جديدة للشباب في تخصصات المستقبل.

وبهـذا يحقـق مجمـع الشـقايا الرغبـة الأميريـة السـامية برفـع نسـبة مسـاهمة الطاقـة المتجـددة لتصـل إلى ١٥٪ مـن إجمـالي الطاقـة المنتجـة في الكويـت.

ومـع الانتقـال إلى المراحـل المتقدمـة للمـشروع تترسـخ مكانـة الشـقايا كركيـزة لحمايـة مـوارد دولتنـا الغاليـة وبيئتهـا مـن أجـل أجيالنـا القادمـة.

محطة الشقايا للطاقة المتجددة

في دولة الكويت

مجمع الشقايا للطاقة المتجددة هو أحد أكبر المشاريع الاستراتيجية في الكويت لإنتاج الكهرباء من مصادر نظيفة ومستدامة، دعماً لرؤية الكويت المستقبلية ولتحقيق التنمية المستدامة.

تقنيات الطاقة المتجددة في الشقايا

طاقة الرياح

تستخدم توربينات الرياح لتحويل طاقة الرياح إلى كهرباء نظيفة ومتجددة.

الطاقة الشمسية الحرارية المركزة

تستخدم مرايا ضخمة لتركيز أشعة الشمس لتسخين سائل وإنتاج البخار الذي يولد الكهرباء.

الطاقة الشمسية الكهروضوئية (الألواح الشمسية)

تحول ضوء الشمس إلى كهرباء نظيفة باستخدام الخلايا الكهروضوئية.

موقع المحطة

تقع غرب الكويت على بعد نحو 100 كم من مدينة الكويت.

معلومات سريعة

- تعد من أكبر مشاريع الطاقة المتجددة في الكويت.
- تدعم التنمية المستدامة وحماية البيئة.
- تسهم في تقليل انبعاثات الكربون ومجاهة التغير المناخي.
- تساهم في توفير مصادر الطاقة وتعزز أمن الطاقة في دولة الكويت.

فوائد الطاقة المتجددة

مستقبل أفضل
توفير طاقة موثوقة ومستقبل مستدام للمجتمع.

استدامة اقتصادية
تقليل الإعتماد على الوقود الأحفوري وتوفير الطاقة للأجيال القادمة.

طاقة نظيفة
مصدر متجدد لا ينفد ولا يسبب انبعاثات ضارة

حماية البيئة
تقليل التلوث والمحافظة على موارد الأرض.

محطة الشقايا تدعم أهداف التنمية المستدامة

- 15 الجياة في البر
- 9 الصناعة والإبتكار والبنى التحتية
- 11 مدن ومجتمعات محلية مستدامة
- 13 العمل المناخي
- 7 طاقة نظيفة وباشعار معقولة

أسئلة مراجعة الوحـــــدة

أسئلة مراجعة الوحـــــدة

أولًا: ضع علامة (✓) في المربع الواقع أمام أنسب إجابة لكل من العبارات التالية:

١ . معادلة أبعاد التسارع هي :

☐ L / T^2 ☐ L^2 / T ☐ L / T ☐ L^2 / T^2

٢ . واحدة فقط من الكميات الفيزيائية التالية تُصنف ككمية متجهة:

☐ الحجم ☐ المسافة ☐ القوة ☐ الزمن

٣ . تحرك جسم من السكون وبعد مرور s (3) أصبحت سرعته m/s (15) فإن التسارع المنتظم الذي تحرك به الجسم بوحدة m/s^2 يساوي:

☐ 45 ☐ -45 ☐ 5 ☐ -5

٤ . سيارة تتحرك بخط مستقيم بسرعة ثابتة مقدارها m/s (20) ضغط قائدها على الفرامل بتسارع تباطؤ m/s^2 (5) فإن مقدار المسافة التي ستقطعها السيارة حتى تتوقف تماما بوحدة المتر يساوي:

☐ 40 ☐ 80 ☐ 100 ☐ 400

٥ . سقط جسم سقوطا حُراً من ارتفاع ما، فبعد مرور s(3) من لحظة سقوطه تكون سرعته بوحدة m/s مساوية:

☐ 0.3 ☐ 3.3 ☐ 30 ☐ 40

٦ . القيمة التي لا يمكن أن تمثل محصلة متجهين $(\vec{b} = 8)N$ ، $(\vec{a} = 10)N$ بوحدة النيوتن تساوي:

☐ 2 ☐ 9 ☐ 18 ☐ 20

٧ . قوتان متعامدتان مقدار محصلتهما N (50) فإذا كانت الأولى N (30) فإن مقدار القوة الثانية بوحدة النيوتن(N) تساوي:

☐ 20 ☐ 30 ☐ 40 ☐ 80

ثانيـاً: ضع بين القوسين علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (×) أمام العبارة غير الصحيحة فيما يلي:

العبـــــــــــــــــارة	الاجابة
١. إذا تحرك جسم من السكون بعجلة منتظمة فإن المسافة التي يقطعها تتناسب طردياً مع الزمن.	
٢. إذا تحرك جسم من السكون بعجلة منتظمة فإن سرعته النهائية تتناسب طردياً مع الزمن المستغرق.	
٣. إذا تحرك جسم من السكون بعجلة منتظمة فإن مربع سرعته النهائية يتناسب طردياً مع المسافة التي يقطعها.	
٤. تتحرك الأجسام الساقطة نحو سطح الأرض سقوطاً حُراً بسرعة ثابتة مقدارا واتجاها.	
٥. يعود الجسم المقذوف رأسيًا إلى أعلى بسرعة مقدارها (20) m/s إلى نقطة القذف بعد مرور (4) s من لحظة قذفه بإهمال مقاومة الهواء.	
٦. الإزاحة كمية عددية بينما المسافة كمية متجهة.	
٧. يطير صقر أفقيًا بسرعة (40) m/s باتجاه الشرق، فإذا هبت عليه رياح معاكسة (نحو الغرب) أثناء طيرانه سرعتها (10) m/s، فإن مقدار سرعته المحصلة بالنسبة لمراقب على الأرض تساوي (30) m/s .	
٨. حاصل الضرب الاتجاهي لمتجهين متوازيين يساوي صفراً.	
٩. مركبة حركة القذيفة في الاتجاه الأفقي تكون منتظمة السرعة (عند إهمال الاحتكاك).	
١٠. قذف جسم إلى أعلى بزاوية مقدارها (30^o) فإذا كانت مركبة سرعته في الاتجاه الرأسي تساوي (10) m/s فإن السرعة التي قذف بها تساوي (5) m/s.	
١١. عند إطلاق عدة قذائف بالسرعة نفسها ومن نفس نقطة القذف، وبإهمال مقاومة الهواء فإن كل قذيفتين تصلان للمدى نفسه عند إطلاقهما بزاويتين مجموعهما (90^o) .	
١٢. حركة القذيفة هي حركة مركبة من حركة رأسية وتكون منتظمة العجلة على المحور الرأسي، وحركة أفقية وتكون منتظمة السرعة على المحور الأفقي.	
١٣. قذفت كرة بسرعة متجهة مقدارها (30) m/s في اتجاه يصنع زاوية (30^o)، وبإهمال مقاومة الهواء يكون أقصى ارتفاع تصل إليه القذيفة (11 , 25) m.	
١٤. أطلقت قذيفتان كتلتهما (m)، (2m) بالسرعة الابتدائية نفسها وبزاوية (60^o) بالنسبة إلى المحور الأفقي نفسه فيكون مدى المسار للقذيفة (2m) أكبر من مدى المسار للقذيفة (m).	

ثالثـًا: اكتب الاسم أو المصطلح العلمي الذي تدل عليه كل عبارة من العبارات التالية:

العبارة	المصطلح العلمي
١. صفة قابلة للقياس ويعبر عنها برقم وغالبًا بوحدة قياس.	
٢. مقدار محدد من كمية فيزيائية معينة، تُستخدم كمعيار ثابت لمقارنة الكميات الأخرى من النوع نفسه بها.	
٣. كميات مستقلة بذاتها، ولا يمكن اشتقاقها من كميات أخرى.	
٤. كميات غير مستقلة، يتم تعريفها بدلالة الكميات الأساسية.	
٥. الكميات التي يكفي لوصفها تحديـــد المقدار ووحدة القيـاس.	
٦. الكميات التي لا يكتمل وصفها إلا بتحديد المقدار ووحدة قياس والاتجـــاه.	
٧. طول المسار الكلي المقطوع.	
٨. أقصر بُعد مستقيم بين نقطة البداية والنهاية.	
٩. المسافة المقطوعة خلال وحدة الزمن.	
١٠. تغير متجه الإزاحة خلال وحدة الزمن.	
١١. المعدل الزمني للتغير في متجه السرعة.	
١٢. حركة جسم بدون سرعة ابتدائية بتأثير ثقله فقط مع إهمال تأثير مقاومة الهواء.	
١٣. الزمـن الـكلي الـذي يسـتغرقه الجسـم المقـذوف في الهـواء قبـل أن يعـود إلى نفـس المسـتوى الـذي قُـذِف منـه.	
١٤. عملية الاستعاضة عن متجهين أو أكثر بمتجه واحد.	
١٥. استبدال متجه ما بمتجهين متعامدين يقومان بنفس عمله.	

رابعـًا: أكمل العبارات العلمية التالية بما تراه مناسباً علمياً.

١. تُعنى ..... بدراسة حركة الأجسام والقوى المؤثرة عليها.

٢. الوحدة الدولية المستخدمة في قياس الكتل هي ..... .

٣. سيارة تتحرك بسرعة منتظمة مقدارها $(54) km/h$ فإن سرعتها بوحدة (m/s) تساوي ..... .

٤. معادلة أبعاد السرعة هي ..... .

٥. تعتبر الحركة في خط مستقيم مثالا للحركة ..... .

٦. تعتبر حركة البندول البسيط مثالا للحركة ..... .

٧. إذا كان التسارع الذي يتحرك به الجسم يساوي صفرًا فإن السرعة التي يتحرك بها الجسم تكون ..... .

٨. الإزاحة التي يقطعها جسم تحرك من السكون بتسارع منتظمة تتناسب طرديًا مع ..... .

٩. عندما يسقط حجر نحو الأرض فإنه بعد مرور زمن s (4) من لحظة بدء السقوط تصبح سرعته بوحدة m /s مساوية ..... .

١٠. يكون مقدار محصلة متجهين أقل ما يمكن عندما يكون المتجهان ..... .

١١. تكون محصلة متجهين أكبر ما يمكن عندما تكون الزاوية المحصورة بينهما (بالدرجات) تساوي ....., وتكون أصغرما يمكن عندما تكون الزاوية(بالدرجات) تساوي ..... .

١٢. إذا كان حاصل الضرب القياسي لمتجهين متساويين يساوي مقدار حاصل الضرب الاتجاهي لنفس المتجهين، فإن الزاوية المحصورة بينهما تساوي بالدرجات ..... .

١٣. قوتان متساويان ومتوازيان حاصل ضربهما القياسي N (36) ، فإن مقدار محصلتهما بوحدة (N) تساوي ..... .

١٤. العملية المعاكسة لعملية جمع المتجهات تسمى ..... .

١٥. إذا كانت قيمة المركبة الأفقية لقوة تصنع زاوية (45°) مع محور الإسناد(x) تساوي N (10) فإن قيمة المركبة الرأسية للقوة بوحدة النيوتن تساوى ..... .

١٦. قذفت كرة بسرعة متجهة مقدارها m/s (40) في اتجاه يصنع زاوية (30°) ، فإن زمن تحليقها عندما تعود إلى المستوى نفسه الذي قُذِفت منه يساوي ..... ثانية.

خامسـاً: قارن بين كل مما يلي.

وجه المقارنة	الحجم	المساحة
معادلة الأبعاد		
وجه المقارنة	الإزاحة	المسافة
نوع الكمية		
وجه المقارنة	جسم مقذوف رأسيًا لأعلى بإهمال قوى الاحتكاك	جسم يسقط سقوطًا حُرًا بإهمال قوى الاحتكاك
التسارع يكون		
وجه المقارنة	الضرب الاتجاهي لمتجهين	الضرب القياسي لمتجهين
العلاقة الرياضية		
نوع الكمية الناتجة		
وجه المقارنة	مقدار المركبة الافقية مساوي لمقدار المتجه الأصلي	مقدار المركبة الرأسية مساوي لمقدار المتجه الأصلي
مقدار الزاوية مع المحور الأفقي		
وجه المقارنة	المحور الأفقي	المحور الرأسي
نوع الحركة لجسم مقذوف بزاوية (θ)		
وجه المقارنة	السرعة الرأسية	السرعة الأفقية
العلاقة الرياضية لجسم مقذوف بزاوية (θ)		
وجه المقارنة	المدى الأفقي	أقصى ارتفاع
العلاقة الرياضية لجسم مقذوف بزاوية (θ)		

سادسـًا: علل لما يأتي تعليلًا علميًا دقيقًا.

١. تعتبر المسافة كمية عددية بينما الإزاحة كمية متجهة.

٢. يصبح تسارع الجسم صفر عندما يتحرك الجسم بسرعة منتظمة

٣. عند اسقاط عملة معدنية وريشة طائر من ارتفاع ما فإن القطعة المعدنية تصل للأرض في زمن أقل من الريشة.

٤. إذا تركت عدة أجسام مختلفة الكتلة متماثلة الحجم لتسقط سقوطًا حُراً من نفس الارتفاع فإنها تصل إلى الأرض في نفس الوقت.

٥. عند قذف جسم لأعلى تتناقص سرعته.

٦. تتغير السرعة التي تحلق بها طائرة في الجو على الرغم من ثبات السرعة التي يكتسبها المحرك للطائرة.

٧. يكون ناتج حاصل الضرب القياسي لمتجهين مساويًا لناتج حاصل الضرب الاتجاهي لهما إذا كانت الزاوية بين المتجهين 45° .

٨. عند دحرجة كرة على سطح أفقي عديم الاحتكاك، تبقى سرعتها ثابتة.

٩. السرعة التي تفقدها القذيفة أثناء الصعود هي نفسها التي تكتسبها أثناء الهبوط .

سابعـًا: اذكر العوامل التي تتوقف عليها كل من:

١. السرعة المتجهة.

٢. التسارع.

٣. حاصل الضرب الاتجاهي لمتجهين .

٤. أقصى ارتفاع تبلغه قذيفة أطلقت بزاوية (θ) مع المحور الأفقي.

٥. المدى الأفقي لقذيفة أطلقت بزاوية (θ) مع المحور الأفقي.

ثامنـًا: ماذا يحدث لكل مما يلي مع التفسير:

١. لسرعة جسم إذا تحرك الجسم بتسارع موجب.

الحدث : ..... التفسير : .....

٢. لسرعة جسم إذا تحرك الجسم بتسارع سالب.

الحدث : ..... التفسير : .....

٣. لسرعة كرة عند إسقاطها رأسيًا لأسفل.

الحدث : ..... التفسير : .....

٤. لسرعة جسم إذا سقط سقوطاً حُراً من ارتفاع ما.

الحدث : ..... التفسير : .....

٥. لسرعة جسم يُقذف لأعلى.

الحدث : ..... التفسير : .....

٦. لسرعة كل من العملة المعدنية والريشة عند إسقاطهما معاً في وجود الهواء .

الحدث : ..... التفسير : .....

٧. لسرعة كل من العملة المعدنية والريشة عند إسقاطهما معاً بإهمال مقاومة الهواء.

الحدث : ..... التفسير : .....

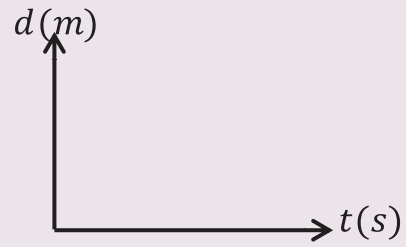
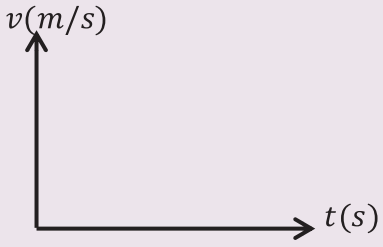
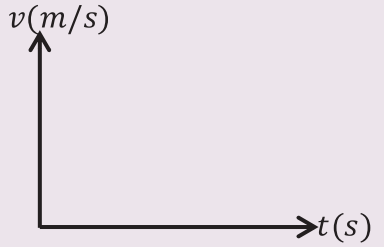
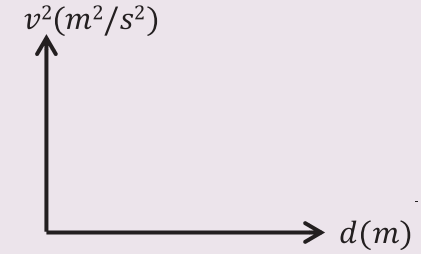
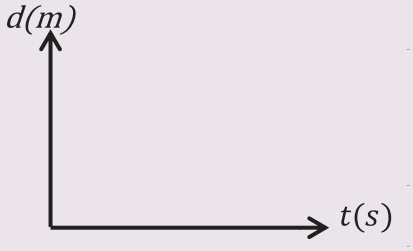
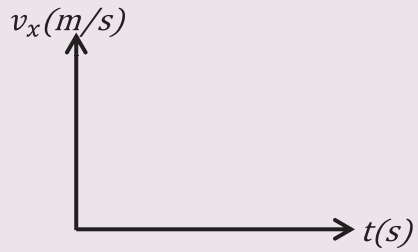
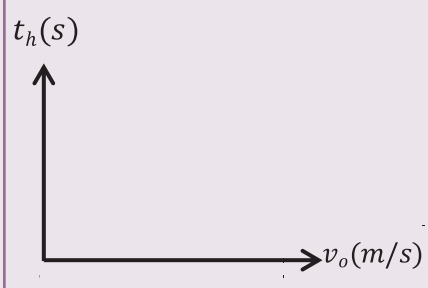
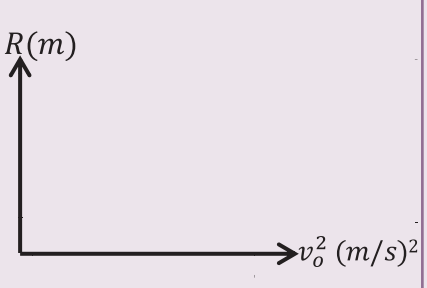
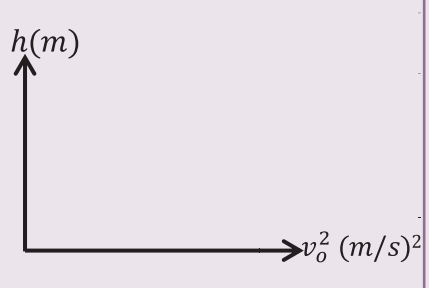
٨. عند سقوط جسمين مختلفين في الكتلة سقوطاً حُراً من الارتفاع نفسه (إهمال مقاومة الهواء).

الحدث : ..... التفسير : .....

٩. لمدى قذيفتين يتم إطلاقهما بالسرعة نفسها وبزاويتي (30°) و (60°) بالنسبة إلى المحورالأفقي عند إهمال مقاومة الهواء.

الحدث : ..... التفسير : .....

تاسعـًا: وضح بالرسم على المحاور التالية العلاقات البيانية التي تربط بين كل من.

المسافة والزمن لجسم ساكن (السرعة تساوي صفرًا)	سرعة جسم (v) يتحرك من السكون بتسارع منتظم سالب والزمن(t)	السرعـة والزمن لجسم يتحرك بسرعة منتظمة (التسارع = صفرًا)
		
مربع السرعة والإزاحة لجسم يتحرك بتسارع منتظم بدأ حركته من السكون	المسافة مع الزمن أثناء سقوط الجسم سقوطاً حُراً	مركبة السرعة الأفقية (v_x) لجسم مقذوف بزاوية والزمن (t)
		
زمن الوصول لأقصى ارتفاع(t_h) لمقذوف أطلق بزاوية مع السرعة الابتدائية (v_o)	المدى الأفقي (R) لمقذوف أطلق بزاوية مع مربع الابتدائية (v_o)	أقصى ارتفاع (h) لمقذوف أطلق بزاوية مع مربع الابتدائية (v_o)
		

عاشـرًا: حل المسائل التالية.

١. تغيرت سرعة قطار من km/h (144) إلى km/h (36) بانتظام خلال s (6). احسب:

أ. السرعة الابتدائية و السرعة النهائية بالوحدة الدولية للسرعة.

ب. العجلة التي يتحرك بها هذا القطار .

ج. بعد كم ثانية يتوقف هذا القطار.

٢. سيارة تتحرك متسارعة بانتظام من السكون في خط مستقيم حتى أصبحت سرعتها m/s (30) بعد مرور دقيقة واحدة من بدء الحركة، احسب :

أ. عجلة التسارع للسيارة.

ب . المسافة التي قطعتها السيارة خلال هذه الفترة الزمنية.

٣. سقطت كرة كتلتها kg (0.5) من برج ، وبعد s (4) ارتطمت بالأرض المطلوب، احسب:

أ. سرعة الكرة لحظة اصطدامها بالأرض.

ب. ارتفاع البرج .

٤. قذف شخص كرة لأعلى بسرعة ابتدائية m/s (40) . احسب:

أ. أقصى ارتفاع تصل اليه الكرة.

ب. زمن صعود الكرة إلى أقصى ارتفاع.

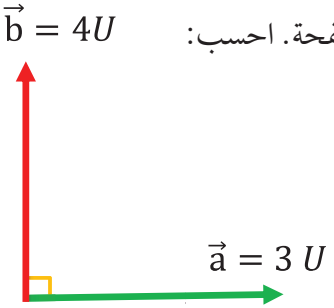
٥. ما مقدار الزاوية بين المتجهين $\vec{F}$ و $\vec{r}$، التي يتساوى عندها مقدار الضرب القياسي ومقدار الضرب الاتجاهي للمتجهين؛ أي أن: $|\vec{F}\times\vec{r}| = \vec{F}.\vec{r}$.

٦. ما مقدار الزاوية بين المتجهين: A وB في الحالتين الآتيتين:

أ. $|\vec{A} \times \vec{B}| = A\,B$ ؟

ب. $\vec{A}.\vec{B} = A\,B$ ؟

٧. الشكل المقابل يمثل متجهين $(\vec{a})$ و $(\vec{b})$ في مستوى أفقي واحد هو مستوى الصفحة. احسب:



(الشكل ١)

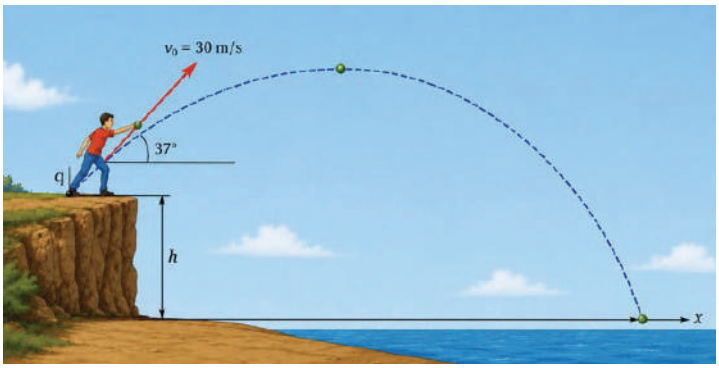
أ. مقدار محصلة المتجهين.

ب. اتجاه محصلة المتجهين.

ج. مقدار واتجاه حاصل الضرب الاتجاهي $(\vec{a} \times \vec{b})$ للمتجهين.

د. مقدار حاصل الضرب العددي $(\vec{a} \times \vec{b})$ للمتجهين.

٨. جسم قُذِف من النقطة (q) من سطح الأرض بسرعة $(30)\ m/s$ بزاوية $(37°)$ عن الأفق. احسب:



(الشكل ٢)

أ. الزمن الذي يبلغه الجسم للوصول إلى أقصى ارتفاع.

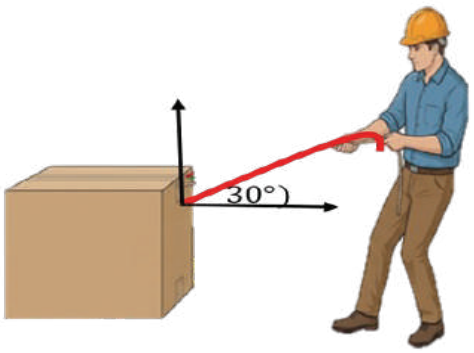
ب. أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم.

ج. المدى الأفقي للقذيفة.

٩. يريد لاعب جولف أن يرسل الكرة لمسافة أفقية m (283) ،
فإذا قذف الكرة بزاوية مقدارها ($15°$) مع الأفق أحسب:

أ. السرعة الابتدائية للكرة.

ب. أقصى ارتفاع للكرة.



(الشكل ٣)

١٠. يسحب عامل صندوق بقوة مقدارها N (200) في اتجاه يصنع زاوية مقدارها (30^o) ، كما في الشكل المقابل. احسب مقدار كل من المركبتين الأفقية والعمودية للقوة.

١١. أثناء جولة تفقدية لرجال خفر السواحل، تلقى القبطان بلاغًا عن سفينة صيد تعطل محركها وتطلب المساعدة. انطلق قارب الإنقاذ بسرعة ($40\text{km}/h$) باتجاه الشرق مباشرة. وفي نفس الوقت، هبت رياح قوية ومفاجئة دفعت القارب باتجاه الشمال بسرعة ($30\text{km}/h$)،احسب ما يلي:

تخطيط لرحلة الإنقاذ البحري: تحليل محصلة متجهات السرعة المتعامدة

(الشكل ٤)

أ. السرعة المحصلة (المقدار) التي يتحرك بها قارب الإنقاذ فعليًا تحت تأثير سرعته وسرعة الرياح.

ب. اتجاه حركة القارب بالنسبة لخط الشرق.

١٢. في احتفالات اليوم الرياضي، أُقيمت مباراة حماسية في لعبة شد الحبل بين فريقين: الفريق الأحمر: يشد الحبل باتجاه اليمين بقوة إجمالية مقدارها N (20000)والفريق الأزرق يشد الحبل باتجاه اليسار بقوة إجمالية مقدارها N (30000) احسب ما يلي:

(الشكل ٥)

أ. القوة المحصلة (المقدار) المؤثرة على الحبل.

ب. اتجاه حركة الحبل (من هو الفريق الفائز؟).

قائمة المراجع

قائمة المراجع

المراجع الأجنبية:

Giancoli, D. C. (2014). Physics: Principles with Applications (7th ed.). Pearson Education.

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2018). Fundamentals of Physics (11th ed.). Wiley.

Hewitt, P. G. (2018). Conceptual Physics (12th ed.). Pearson Education.

Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). Physics for Scientists and Engineers (10th ed.). Cengage Learning.

Young, H. D., & Freedman, R. A. (2020). University Physics with Modern Physics (15th ed.). Pearson.

المراجع العربية:

أمين، أحمد، وآخرون. (٢٠١٥). الفيزياء العامة. مكتبة الرشد .

صبرة، محمد عبد الحميد. .(٢٠١٢). مبادئ الفيزياء العامة. دار الفكر العربي.

ثابت، عبد الجبار. (٢٠١٠). المدخل إلى علم الحركة والميكانيكا. دار المسيرة للنشر والتوزيع.

مصادر بعض الصور

معهد الكويت للأبحاث العلمية: https://www.kisr.edu.kw/

جامعة الكويت: https://www.ku.edu.kw/

الملاحظات

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

الملاحظات

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

الملاحظات

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

الملاحظات

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

الكتاب كاملاً

قيِّم مناهجنا