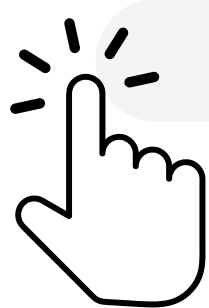


تم تحميل ورفع المادة على منصة



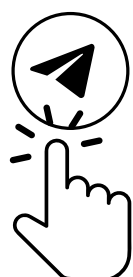
للتعودة الى الموقع اكتب في بحث جوجل



المعلم التعليمي



ALMUALM.COM



انضم الى قناة المنهج السوداني على التليجرام

T.ME/ALMANHJ_S



جمهورية السودان
وزارة التعليم والتربية الوطنية
المركز القومي للمناهج والبحث التربوي
بخت الرضا



المرحلة الثانوية

الفيزياء

الصف الأول

إعداد لجنة بتكليف من المركز القومي للمناهج والبحث التربوي من الأساتذة:

- أ. حبيب آدم حبيب أحمدية - المناهج بخت الرضا
أ. د. مبارك درار عبدالله يعقوب - جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا
أ. آدم أحمد يعقوب الجليدي - معلم ولاية الخرطوم

الإشراف العام

- د. معاوية السر قشي المدير العام
أ. حبيب آدم حبيب نائب المدير العام
أ. الباقر رحمة البشير الأمين العام
أ. أحمد حمد النيل حسب الله مدير إدارة المناهج

التصميم والاخراج الفني:

د. الرفاعي عبدالله عبد المهيل مرحوم
المناهج بخت الرضا

الجمع بالحاسوب:

حمد النيل يوسف - المناهج بخت الرضا

جميع الحقوق محفوظة للمركز القومي للمناهج والبحث التربوي بخت الرضا ولا يحق لأي
جهة نقل جزء من هذا الكتاب أو إعادة طبعه أو التصرف في محتواه دون إذن كتابي من
إدارة المركز القومي للمناهج وإلا تعرضت لطائلة القانون

الطبعة الأولى

٢٠٢٥م

فهرس المحتوى

الوحدة الأولى: الفيزياء والمنهج العلمي

١	المقدمة.....
٩	الفصل الأول.....
٩	العلم والمنهج العلمى.....
٩	طبيعة علم الفيزياء.....
١٠	الفيزياء والرياضيات.....
١٣	القياسات الفيزيائية.....
١٦	الكميات الفيزيائية.....
١٦	أدوات القياس.....
١٦	الوحدات المعيارية.....
٢٠	اشتقاق القوانين.....
٢٢	أهمية كتابة القوانين بصيغة رياضية.....
٢٣	تقويم الوحدة.....

الوحدة الثانية: الحركة

٢٦	الفصل الأول : الحركة الخطية.....
٢٧	تمثيل الحركة.....
٣٢	الموضع والزمن.....
٤٠	منحنى الموضع والزمن.....
٤٥	السرعة المتجهة.....
٥١	الرياضيات لغة الفيزياء.....
٥٩	تقويم الفصل.....
٦٢	الفصل الثانى : تسارع الحركة.....
٦٣	التسارع.....
٦٨	أنواع التسارع.....
٧٣	الحركة بتسارع ثابت.....
٨٦	تقويم الفصل.....

الوحدة الثالثة: القوة

٨٩	الفصل الأول : القوى فى بعد واحد.....
٨٩	القوة والحركة.....
٩٠	قوانين نيوتن فى الحركة على خط مستقيم.....
١٠٠	القوى المتفاعلة (قوى التأثير المتبادل).....
١٠٩	تقويم الفصل.....
١١٢	الفصل الثانى: القوى فى بعدين.....
١١٢	المتجهات.....
١١٨	الاحتكاك.....
١٢٢	القوة والحركة فى بعدين.....
١٢٤	تقويم الفصل.....
١٢٥	الفصل الثالث: الحركة فى بعدين.....
١٢٥	حركة المقذوفات.....
١٣١	الحركة الدائرية المنتظمة.....
١٤٠	السرعة المتجهة النسبية.....
١٤٤	الجاذبية.....
١٥٨	تقويم الفصل.....
١٦٠	مسرد المصطلحات والرموز الفيزيائية ووحدات قياسها...

المقدمة:

يأتى إهتمام قسم الفيزياء -المركز القومي للمناهج والبحث التربوى بتطوير منهج الفيزياء للمرحلة الثانوية فى إطار الخطة العامة للمركز الرامية إلى مواكبة التطورات التى أفرزتها تحديات المجتمع المعلوماتي وعصر المعرفة. وتأسيساً على ذلك تم تطوير وثيقة منهج الفيزياء ومصفوفة المدى والتتابع لمادة الفيزياء بتحديد موضوعات تدريسية مناسبة ومستوعبة لطبيعة التحديات الجديدة.

لقد تعلمت فى المرحلة المتوسطة بأن الفيزياء أحد مجالات العلوم الطبيعية الأكثر إثارة للإهتمام. فعلم الفيزياء يهتم بدراسة الظواهر الطبيعية وإستنباط النظريات وصياغة القوانين الرياضية التى تحكم المادة والطاقة والفراغ والزمن، ويحاول تفسير وإيجاد علاقات لما يدور فى الكون من خلال دراسة تركيب المادة ومكوناتها الأساسية والقوى بين الجسيمات والأجسام المادية ونتائج هذه القوى، بالإضافة إلى دراسة الطاقة والشحنة والكتلة . ويكون ذلك بهدف التعرف على طبيعة مكونات هذا الكون وتوظيف هذه المعرفة لخدمة الانسان والبيئة. لذلك يهتم علم الفيزياء بدراسة الجسيمات الذرية مروراً بسلوك المواد فى العالم المرئي (الكلاسيكى) إلى حركة المجرات و النجوم والكواكب والتوابع . فعلم الفيزياء يمثل ركيزة العلوم الأساسية والتقنيات، فكلمة فيزياء تعنى فهم طبيعة هذا الكون من حولنا، وهى أصل العلوم ويتشابه معها علم الكيمياء الذى يقوم بدراسة التفاعلات بين الذرات والجزئيات والمواد، وعلم الأحياء الذى يختص بدراسة طبيعة الكائنات الحية. وعلم الارض (الجيولوجيا) الذى يعنى بفهم ودراسة طبقات الأرض بالإضافة لعلم الكونيات و الفلك الذى يعنى بدراسة الأجرام السماوية و كيفية نشوء الكون.

ومن التوجهات المهمة التى يركز عليها الكتاب:

أ/ توفير الفرص لممارسة مهام المواطنة والإنسانية والاخاء والمساواة التى أمرنا بها الله وكل الشرائع السماوية واجمعت عليها كل الحضارات الانسانية وذلك من خلال أساليب التعلم الذاتى وتوظيف الفيزياء لتطوير التقنيات المحلية، والعمل بروح الفريق للتفاوض والإقناع وتقبل التنوع الديني والثقافي وتقبل آراء الآخرين وفكرهم وسلوكهم وعدم التعصب ونبذ التطرف.

ب/ إكساب الطالب السلوكيات الإيجابية المتمثلة فى تطوير وخدمة المجتمع والآخرين

والاهتمام بالنظام والنظافة وسلامة البيئة مع جعل السلوك الإيجابي جزءاً من التقويم.
ج/ . تنمية الاتجاهات البيئية الإيجابية نحو استخدام الموارد البيئية والحفاظ على التوازن البيئي محلياً وعالمياً.

تم بناء محتوى الكتاب بطريقة تتيح ممارسة العلم كما يمارسه العلماء، وبما يعزز الرؤية التي قام عليها مناهج العلوم بالمرحلة المتوسطة (تساءل واستقص وتعلم)، وجاء تنظيم المحتوى بأسلوب ممتع يعكس الفلسفة التي بنيت عليها سلسلة مناهج العلوم بالمرحلة الابتدائية والمتوسطة من حيث إتاحة الفرص المتعددة للطلاب لممارسة الإستقصاء العلمى والتفكير الإبداعي المستقل بمستوياته المختلفة.

تنظيم الكتاب يقوم على أساس الموضوعات وليس الدروس. يحتوى الكتاب على ثلاث وحدات مترابطة، يتضمن مجموعة من الفصول المتكاملة تحقق الأهداف المرجوة من دراسة الكتاب، حيث تحتوي الوحدة الأولى على فصل واحد: الفيزياء والمنهج العلمى، والوحدة الثانية على فصلين: الحركة الخطية، تسارع الحركة. أما الوحدة الثالثة، تحتوى على ثلاثة فصول هي: القوى فى بعد واحد، القوى فى بعدين، الحركة فى بعدين. يبدأ محتوى الدراسة فى كل فصل من فصول الكتاب بعرض الأهداف الخاصة التى تقدم صورة شاملة عن مضمونه أو محتواه وعن أهمية موضوع الفصل، والمفردات الجديدة التى سيتعلمها الطالب ، ومدخل أو تمهيد بتجربة أو نشاط لموضوع الفصل. ويتضمن أيضاً منظمات مثل فكر ، تفكير نقدى، تذكر، تصحيح مفاهيم خاطئة وتطبيق. كل ذلك بغرض تحفيز الطالب على دراسة الفصل ومساعدته على فهم المحتوى وتنمية وتعزيز مهارات التفكير العلمى والنقدى والإبداعى لديه. وكذلك ربط المحتوى مع واقع الحياة من خلال تطبيقات فى الحياة ومهارات الحياة، والربط مع العلوم الأخرى.

وأخيراً ولغرض إتقان المفاهيم الفيزيائية وحل المسائل، وإمتلاك مهارات التفكير النقدى والإبداعى روعى فى الكتاب بعض الجوانب المهمة التالية:

- التركيز على المفاهيم العامة وترك التفاصيل التى لا تصب مباشرة فى الفهم العام للموضوع.

- إضافة أمثلة على التطبيقات اليومية المحسوسة وتشجيع الطلاب علي توظيف الفيزياء لحل مشكلات حياتنا اليومية لتوضيح المفاهيم الفيزيائية من الواقع سواء فى النص أو كمعلومات إثرائية لربط النظرية بالتطبيق. ويكون ذلك بترتيب زيارات ميدانية للمنشآت ذات العلاقة بالتطبيقات الفيزيائية فى المقرر المعنى. على ان تبقى المعلومات الإثرائية غير ملزمة

فى الإمتحان ويكون دورها من قبيل التشويق العلمى.

- العءىء من الأمثلة المحلولة والتطبىقات وأسئلة التقوىم الذاتى والتمارىن وكلها تعمل على تقوىة إءراك الطالب والطالبة بالمعنى الفىزىائى والفهم العمىق للمفاهىم الأساسية.

- ذىل الكتاب بمسرد خاص بالرموز والأبعاد والوحدات والمصطلحات والثوابت الفىزىائىة.

- أن تكون المعادلات باللغة الإنلىزىة والمصطلحات باللغتىن العربىة والإنلىزىة، وجمىع الوحدات المستخدمة طبقاً للنظام الدولى.

وفى الختام نأمل أن نأخذ علم الفىزىاء بشغف وحب كبىرىن، لأن فهم الفىزىاء هو فهم كل ما حولنا فى الحىاة وكل الإختراعات التى نتعامل معها الآن وفى المستقبل. وأن ىحقق المنهج أهدافه المرجوة وىوفقكم لما فىه خىر الوطن ووحدته وتقدمه وإزدهاره.

والله ولى التوفىق

الوحدة الأولى :

الفيزياء والمنهج العلمي

الأهداف:

ما الذى ستتعلمه فى هذه الوحدة؟

بعد دراستك لهذه الوحدة سوف تكون قادراً على أن:

- ١ . تعرف كل من العلم وعلم الفيزياء؛
- ٢ . تعرف طبيعة وخصائص علم الفيزياء كنشاط إبداعى؛
- ٣ . توضح دور علم الفيزياء فى خدمة الإنسان والبيئة؛
- ٤ . تعرف الكميات الفيزيائية الأساسية والمشتقة؛
- ٥ . تستنتج وحدات الكميات الأساسية المشتقة؛
- ٦ . تحدد الكميات الفيزيائية الأساسية فى النظام الدولي ووحدات قياسها؛
- ٧ . تسمى أدوات قياس الطول، الكتلة، الزمن؛
- ٨ . تعدد عناصر عملية القياس؛
- ٩ . تستنتج أهمية كتابة القانون بصيغة رياضية؛
- ١٠ . تستخدم النظام المترى.
- ١١ . ترسم العلاقة بين المتغير المستقل والمتغير التابع.
- ١٢ . تقرأ الرسوم البيانية.

الأهمية:

الاستفادة من العلوم فى تعريف العالم الذى نعيش فيه عن طريق التفكير العلمى المعتمد على التأمل والملاحظة والمتابعة والقياس والربط بينهم بواسطة العقل.

(١) العلم والمنهج العلمي:

بدأ تاريخ العلم منذ أن خلق الله سيدنا آدم وعلمه الأسماء كلها وهو الذي علم الإنسان ما لم يعلم. ومعنى العلم لغة هو إدراك الشيء على حقيقته إدراكاً جازماً ومعنى العلم اصطلاحاً هو المعرفة وهو ضد الجهل. ويمكن تعريف العلم بأنه منظومة أو مجموعة المعارف والتطبيقات التي تتعلق بالخالق والمخلوقات وتشمل المخلوقات كل ما خلقه المولى عز وجل.

وحسب ما يسمى بالمذهب المنطقي هناك عنصران للمعرفة هما الكون الذي يحتوي على الظواهر مثل الظواهر المتعلقة بالمادة والطاقة والجسيمات والمجالات وغيرها من الظواهر، بالإضافة للعقل البشري الذي يستطيع الإنسان بواسطته دراسة هذه الظواهر ومحاولة تفسيرها ومعرفة القوانين والقواعد العامة التي تتحكم فيها وتفسر سلوكها، ثم يتم الاستفادة من هذه الظواهر وتوظيفها لخدمة الإنسان.

الحقائق العلمية وفق هذا المنهج لقضايا تحليلية يعتمد صدقها على أحكام العقل الأولى كقولنا الجزء أقل من الكل. أو قضايا تجريبية يعتمد صدقها على مطابقة الواقع الخارجي والاختبار والتجربة كقولنا إن الحرارة تسبب غليان الماء.

ولتفسير ظاهرة معينة أو مجموعة من الظواهر يتم إجراء مجموعة من التجارب أو جمع مجموعة من الملاحظات التي تتعلق بالظاهرة ومن ثم يتم تحليلها وإجراء تجارب حولها ليتم وضع قانون عام أو مجموعة من القوانين في شكل نصوص ومعادلات.

(٢) طبيعة علم الفيزياء:

ما الذى يخطر ببالك عندما تسمع كلمة "فيزياء" ؟

يتخيل كثير من الناس كتاباً أو سبورة أو ورقة كتبت عليها معادلات رياضية فيزيائية مثل:

$$I = V/R , E = mc^2 \quad F = ma$$

ولعلك تتخيل علماء وباحثين داخل مختبر يقومون بإجراء التجارب، وقد تتخيل وجوهاً وأسماء شهيرة فى علم الفيزياء مثل إسحق نيوتن وإينشتين وغيرهما. وقد تفكر فى عدد من التطبيقات الحديثة التى طورها علم الفيزياء، ومنها الأقمار الاصطناعية، والكمبيوتر،

والهاتف المحمول وأشعة الليزر وتقنياتها المتنوعة، وغيرها .

ما الفيزياء؟

لقد سبق أن درست فى الصف الأول من المرحلة المتوسطة، مجالات العلوم وتعرفت عليها مثل علم الفيزياء وعلم الكيمياء وعلم الاحياء وعلم الفضاء وعلم الأرض وعلم البيئة، وتعرفت أيضاً على تأثير العلم فى حياتك .

الفيزياء هو العلم الذى يدرس المادة والمجالات المؤثرة عليها (كالجاذبية) واستغلال الطاقات المرتبطة بالمادة وحركتها والقدرة على تحويل الطاقة إلى أشكالها المختلفة، ويحاول قياسها ويضع النموذج الرياضى القادر على تمثيلها خارج المعمل التجريبي . ومن المميزات الاساسية لعلم الفيزياء أنه علم تجريبى لا يعتمد على الجانب النظرى فقط .

علم الفيزياء يعنى بدراسة العالم الطبيعى : الطاقة والمادة وكيفية إرتباطهما

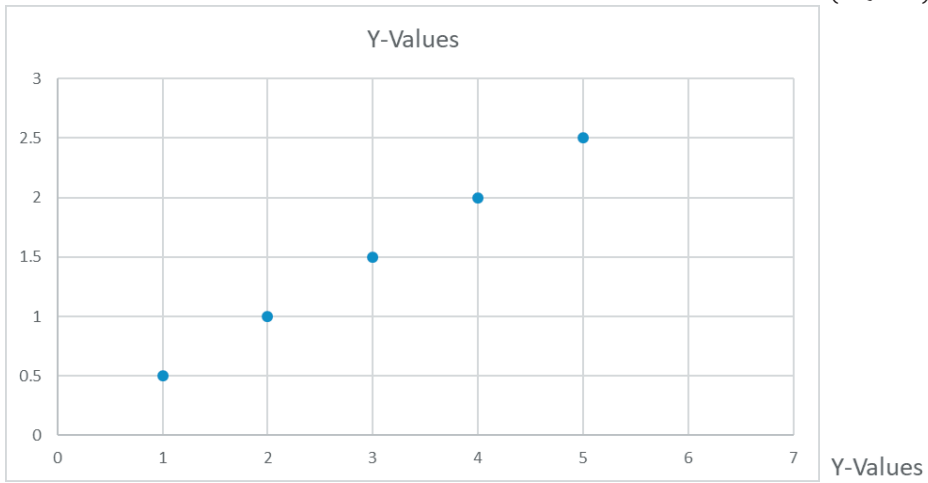
فعلماء الفيزياء يدرسون طبيعة الإلكترونات والصواريخ، والطاقة فى الموجات الضوئية والصوتية، وفى الدوائر الكهربائية، ومكونات الكون وأصل المادة. إن الهدف من دراسة هذا الكتاب هو مساعدتك على فهم العالم الفيزيائى من حولك .

يعمل دارسو الفيزياء فى مجالات ومهن عديدة، فبعضهم يعمل باحثاً فى الجامعات والكليات أو فى المصانع ومراكز الأبحاث، والبعض الآخر يعمل فى المجالات الأخرى المرتبطة مع علم الفيزياء، ومنها الفلك والهندسة وعلم الحاسب ومجال التعليم والصيدلة. وهناك آخرون يستخدمون مهارات حل المشكلات الفيزيائية فى مجالات الأعمال التجارية والمالية وغيرها .

(٢) الفيزياء والرياضيات:

يستخدم علماء الفيزياء الرياضيات بوصفها لغة قادرة على التعبير عن القوانين والظواهر الفيزيائية بشكل واضح ومفهوم. وفى علم الفيزياء تمثل المعادلات الرياضية أداة مهمة لنمذجة المشاهدات ووضع التوقعات لتفسير الظواهر الفيزيائية المختلفة. فالمعادلات الرياضية صورة مختصرة لتوصيف فيزيائى . ولكل معادلة فيزيائية مدلول معين ويعرف هذا المدلول بالمعنى الفيزيائى .

يمكن مثلاً استخدام الرسوم البيانية، فهي تتيح الوصول إلى المعلومات بشكل سريع وسهل. فالأنماط التي لا يمكن رؤيتها بسهولة في قائمة من الأرقام تأخذ شكلاً واضحاً ومحدداً عندما تمثل بالرسم. وتأخذ النقاط المبعثرة في الرسم البياني عدة أشكال عند توصيلها معاً بخط الموءمة الافضل. وهو أفضل خط بياني يمر بالنقاط كلها تقريباً. فعند توصيل النقاط المبعثرة في الرسم البياني في الشكل (١)، نحصل على علاقة خطية طردية بين المتغيرين X و Y. وسيوضح لك استخدام الرسوم البيانية بشكل أفضل عند دراستك الوحدة الثانية (الحركة).



شكل (١)

مثال (١):

فرق جهد كهربائي V في دائرة كهربية يساوي حاصل ضرب شدة التيار الكهربى I في المقاومة الكهربية R في تلك الدائرة، أى أن:

$$(Volts) = I (amperes) \times R (ohms)$$

ما مقاومة مصباح كهربى يمر فيه تيار مقداره $0.5 A$ عند توصيله بفرق جهد 60 volts ؟

(١): التحليل

إعادة كتابة المعادلة:

تعويض القيم:

المعطيات: $I = 0.5 \text{ amperes}$, $v = 60 \text{ volts}$

المجهول: $R = ?$

(١) إيجاد الكمية المجهولة:

نعيد كتابة المعادلة ليكون المجهول وحده على الطرف الأيسر للمعادلة:

$$V = IR$$

بقسمة طرفي المعادلة على I : $R = V/I$

بالتعويض : $V = 60 \text{ volts}$, $I = 0.5 \text{ amperes}$ ، نحصل على:

$$\begin{aligned} R &= \frac{60 \text{ volts}}{0.5 \text{ amperes}} \\ &= 120 \text{ ohm} \end{aligned}$$

الطريقة العلمية: Specific Method

سبق لك أن تعرفت في الصف الأول والثاني من المرحلة المتوسطة على الطريقة العلمية وتحديد خطواتها ومصطلحاتها، وطبيعة العلم وعملياته. فالطريقة العلمية تمثل أسلوباً للإجابة عن تساؤلات علمية بهدف تفسير الظواهر الطبيعية المختلفة. تبدأ بطرح الأسئلة بناءً على مشاهدات، ثم محاولة البحث عن إجابات منطقية لها عن طريق وضع الفرضيات. ولاختبار صحة الفرضية يتم تصميم تجارب علمية وتنفيذها وتسجيل النتائج وتنظيمها، ثم تحليلها في محاولة لتفسير النتائج أو توقع إجابات جديدة.

شكل (2): إجراء تجارب علمية لاختبار صحة الفرضية



القياسات الفيزيائية

مقدمة:

تدرس العلوم الفيزيائية جميع الظواهر التي تحدث في الطبيعة، حيث تصف هذه الظواهر وتقوم بتفسيرها وتخضعها للتجربة بهدف الاستفادة منها في خدمتنا. ولكي يكون وصف هذه الظواهر دقيقاً، يجب إجراء عمليات قياس دقيقة للكميات الفيزيائية.

الكميات الفيزيائية الأساسية في النظام الدولي ووحدات قياسها:

لقد درست موضوع القياس في الصف الأول المتوسط، وتعرفت على أن أهم أداة يستخدم في العلوم هو عقلك، حيث يقوم العقل بطرح الأسئلة ووضع الفرضيات. وأدوات أخرى في العلوم يجعلك قادراً على إجراء القياسات وجمع البيانات. وتعلمت أيضاً أن التجربة هي أداة علمية بجانب أدوات علمية أخرى منها الكبيرة والثقيلة مثل التلسكوب الضخم، وبعضها صغير وسهل الاستخدام مثل المسطرة.

لقد تعرفت على عناصر القياس ولكن سنقوم بتناولها هنا بتوضيح أكثر لأهميتها الكبيرة في علم الفيزياء. وتعرفت أيضاً على عدة قياسات مثل: قياس الطول، الوزن، ضغط الدم وغيرها. فالقياسات تحول مشاهداتنا إلى مقادير كمية يمكن التعبير عنها بالأرقام، فمثلاً وصف درجة حرارة مريض بأنها مرتفعة يكون غير دقيق علمياً، ولكي يكون دقيقاً يجب أن يقال أن درجة حرارة المريض 39 درجة مئوية .

ماذا نعني بالقياس؟

القياس هو عملية مقارنة كمية مجهولة بكمية أخرى من نوعها (تسمى وحدة القياس) لمعرفة عدد مرات إحتواء الأولى على الثانية. وكما نرى لعلمك أن لعملية القياس ثلاثة عناصر رئيسية هي:

١- الكميات الفيزيائية (المراد قياسها).

٢- أدوات القياس المطلوبة.

٣- وحدات القياس المستخدمة (هي وحدات معيارية).

سنقوم بتناول هذه العناصر بشئ من التفصيل:

(١) الكميات الفيزيائية:

الكميات التي تتعامل معها في الحياة اليومية مثل الكتلة والزمن والطول والمساحة والحجم والوزن، وغيرها تسمى كميات فيزيائية، ونحتاج إلى قياسها بدقة في الحياة اليومية. ويمكن تصنيف الكميات الفيزيائية إلى نوعين:

- **كميات فيزيائية أساسية:** هي كمية فيزيائية لا تعرف بدلالة كميات فيزيائية أخرى، مثل الطول، الزمن، الكتلة.

- **كميات فيزيائية مشتقة:** هي كمية فيزيائية تعرف بدلالة الكميات الفيزيائية الأساسية مثل المساحة، الحجم، السرعة. على سبيل المثال، نجد:

$$\text{أن حجم متوازي المستطيلات} = \text{الطول} \times \text{العرض} \times \text{الإرتفاع}$$

بمعنى أن الحجم مشتق من الطول.

وكما علمت سابقاً هنالك أنظمة عديدة لتحديد الكميات الفيزيائية الأساسية ووحدات قياسها، منها:

جدول (١)

الكمية الفيزيائية	النظام الفرنسى (نظام جاوس) C.G.S	النظام البريطانى (F.P.S)	النظام المتري (M.K.S)
الطول	سنتيمتر	قدم	متر
الكتلة	جرام	باوند	كيلوجرام
الزمن	ثانية	ثانية	ثانية

النظام الدولي للوحدات (SI) International System:

يعرف هذا النظام بالنظام المتري المعاصر، وتم الإتفاق في المؤتمر العالمى للمقاييس والموازين الحادى عشر عام ١٩٦٠ على إضافة أربع وحدات للنظام المتري السابق، كما موضح

جدول (٢)

فى الجدول التالى:

الوحدة فى النظام الدولى	الكمية الفيزيائية	
المتر (m)	الطول (L)	
كيلوجرام (Kg)	الكتلة (M)	
ثانية (s)	الزمن (t)	
أمبير (A)	شدة التيار (I)	
كلفن (K)	درجة الحرارة المطلقة (T)	
مول (mol)	كمية المادة (n)	
الكانديلا (cd)	شدة الإضاءة (I)	

تم إضافة وحدتين إضافيتين:

راديان Radian لقياس الزاوية المسطحة

إسترديان Steradian لقياس الزاوية المجسمة



شكل (٣): صورة لعلماء ساهموا فى علم الفيزياء

(٢) أدوات القياس:

لقد تطورت أدوات القياس تطوراً كبيراً فى إطار التطور الصناعى المذهل عقب الحرب العالمية الثانية، مما ساعد كثيراً على وصف الظواهر بدقة والتوصل إلى حقائق الأشياء.

الكمية	بعض أدوات القياس
الطول	الشريط المترى- المسطرة- القدمة ذات الورانية
الكتلة	ميزان ميزان ذو الكفتين- ميزان ذو الكفة الواحدة ميزان رقمى
الزمن	الساعة الرملية- ساعة البندول- ساعة رقمية

(٣) الوحدات المعيارية:

يصبح الكثير من عمليات القياس التي نقوم بها في حياتنا اليومية عديمة المعنى بدون استخدام وحدات القياس، مثلاً عندما نقول إرتفاع جسم ما تساوى ١٠ دون ذكر وحدة قياس الطول المستخدمة فإن ذلك يجعلنا نتساءل: هل وحدة القياس هي السم، أم المتر أم الكيلو....؟ ولكن عندما نقول: إن الإرتفاع يساوى (10 m) نكون قد بينا الكمية بياناً تاماً.

بحث العلماء عن التعريف الأكثر دقة لكل من الوحدات المعيارية مثل الطول والكتلة والزمن، وإليك بعض هذه التعريفات:

أولاً: معيار الطول (المتر):

يعتبر الفرنسيون أول من استخدم المتر كوحدة عيارية لقياس الطول. وقد تغير تعريف المتر بحثاً عن التعريف الأكثر دقة.

المتر العياري هو المسافة بين علامتين محفورتين عند نهايتى ساق من سبيكة من البلاتين - الإيريديوم محفوظة عند درجة الصفر سيلزيوس فى المكتب الدولى للموازين والمقاييس بالقرب من باريس



الشكل (٤) المتر المعياري

إثراء:

فى عام ١٩٦٠ إتفق العلماء فى المؤتمر الدولى للموازين والمقاييس على إمكانية إستبدال المتر العيارى السابق بأحد الثوابت الذرية وفقاً للتعريف الآتى:

"المتر العيارى يساوى عدداً معلوماً (1650763.73) من الأطوال الموجية للضوء الأحمر- البرتقالى المنبعث فى الفراغ من ذرات نظير عنصر الكريبتون ذى العدد الذري ٨٦ فى أنبوبة تفريغ كهربائى بها غاز الكريبتون"

فكر وناقش

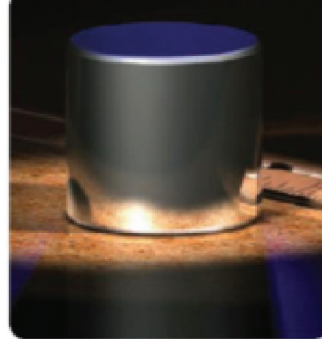
مستخدماً الشبكة الدولية للمعلومات (INTERNET)، أجب عن الأسئلة التالية، وناقش إجاباتك مع زملائك.

I. كيف يمكن قياس بعد القمر عن الأرض؟

II. كيف يمكن قياس طول محيط الكرة الأرضية

ثانياً: معيار الكتلة (الكيلوجرام):

" الكيلوجرام العيارى يساوى كتلة أسطوانة من سبيكة (البلاتين-الإيريديوم) ذات الأبعاد المحددة محفوظة عند درجة صفر سليزيوس فى المكتب الدولى للمقاييس والموازين بالقرب من باريس."



الشكل (5): الكيلوجرام المعياري

ثالثاً: معيار الزمن (الثانية):

الثانية هي وحدة قياس الزمن، ولقد تم تحديدها في العصور القديمة. فقد كان الليل والنهار واليوم وسيلة ممتازة للعثور على مقياس ثابت وسهل لوحدة الزمن، حيث أن:

$$\text{اليوم} = 24 \text{ ساعة} = 24 \times 60 \text{ دقيقة} = 24 \times 60 \times 60 \text{ ثانية} = 86400 \text{ ثانية.}$$

وبناءً على ما سبق يمكن تعريف الثانية على أنها تساوي $\frac{1}{86400}$ من اليوم الشمسي المتوسط.

إثراء لمعلوماتك:

توصل العلماء إلى التعريف الآتي للثانية باستخدام ساعة السيزيوم:

"الثانية هي الفترة الزمنية اللازمة لينبعث من ذرة السيزيوم ذى العدد الذري 133 عدد من الموجات (يساوى 9192631700)"

إقترح العلماء استخدام الساعات الذرية مثل ساعة السيزيوم لقياس الزمن، وهي غاية في الدقة.



شكل (6) ساعة سيزيوم الذرية

ويساعد استخدام الساعات الذرية ذات الدقة المتناهية فى دراسة عدد كبير من المسائل ذات الأهمية العلمية والعملية مثل تحديد مدة دوران الأرض حول نفسها (زمن اليوم) إلى جانب مراجعات لتحسين الملاحة الجوية والأرضية، وتدقيق رحلات سفن الفضاء لاكتشاف الكون وغيرها.

مضاعفات وكسور الوحدات فى النظام العالمى:

فى عملية القياس توصف الكمية الفيزيائية عادة برقم عددى ووحدة قياس، فمثلاً المسافة بين النجوم كبيرة جداً وتقدر بحوالى ($100,000,000,000,000,000 \text{ m}$). أما المسافة بين الذرات فى المواد الصلبة فتقدر بحوالى (0.000000001 m). من الملاحظ نجد صعوبة بالغة فى قراءة هذه الأرقام. لذلك يفضل التعبير عن هذه الأرقام وكتابتها باستخدام الرقم 10 مرفوعاً لأس معين، وبهذه الطريقة يمكن كتابة المسافة بين النجوم على الصورة: ($1 \times 10^{17} \text{ m}$)

والمسافة بين الذرات فى المواد الصلبة على الصورة: ($1 \times 10^{-9} \text{ m}$). وتسمى هذه الطريقة فى التعبير عن الكميات الفيزيائية بالصفة المعيارية لكتابة الأعداد. وسمى العامل $10^{\pm x}$ بأسماء محددة تم الإتفاق عليها بين العلماء، تبينها الجدول التالى:

المعامل	10^{-9}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^3	10^6	10^9
المسمى	نانو	ميكرو	مللى	سنتى	كيلو	ميغا	جيجا
الرمز	n	μ	m	c	k	M	G

مثال:

صهريج يبلغ حجم الماء فيه (9 m^3) جد حجم الماء بوحدة (cm^3).

الحل:

من الجدول السابق :

$$1 \text{ cm} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$100\text{cm} = 1\text{m} \text{ (100) بالضرب فى}$$

وعليه نحصل على:

$$9 \text{ m}^3 = 9 (100\text{cm})^3 = 9 \times 10^6 \text{ cm}^3$$

تقويم ذاتى:

تيار كهربى شدته ٧ مللى أمبير (7mA)، جد شدة التيار بوحدة الميكروأمبير (μA)

اشتقاق القوانين:

لقد تعلمت مما تقدم من دروس، كيفية اشتقاق الوحدات من القوانين. ولكن السؤال الذى يطرح نفسه هو: كيف إستطاع العلماء صياغة هذه القوانين؟

من الملاحظ تميز العلماء بملاحظاتهم الدقيقة للعلاقة بين الأشياء ودراستهم لهذه العلاقة.

الكون يسير وفقاً لقوانين دقيقة، وبالملاحظة الدقيقة للعلاقات بين الأشياء إستطاع العلماء اشتقاق بعض القوانين، على سبيل المثال لاحظ العلماء أن هناك كميات فيزيائية ترتبط مع بعضها البعض بعلاقات ثابتة، وهى علاقات رياضية قادرة على التمثيل النظرى لظواهر عملية حقيقية، وهذه العلاقات هي:

- **علاقة طردية:** حيث تزداد إحدى الكميتين بزيادة الكمية الأخرى.

- **علاقة عكسية:** حيث تتناقص إحدى الكميتين بزيادة الكمية الأخرى.

إستطاع العلماء بالملاحظة المنظمة والدقيقة للعلاقات الثابتة بين الكميات الفيزيائية اشتقاق القوانين. لنأخذ مثلاً على ذلك:

إذا كان عداءً يعدو بسرعة معينة، فهل تجد أن هناك علاقة بين المسافة التى يقطعها العداء وبين الزمن المستغرق لقطع هذه المسافة؟

ما هي هذه العلاقة؟

نعم، نجد أنه:

كلما قطع العداء مسافة..... فإنه يكون قد إستغرق زمناً أطول لقطع هذه المسافة، ولذلك نستطيع أن نقول: تزداد المسافة..... الزمن.

مما سبق نجد أن:

المسافة تزداد بزيادة الزمن أى أن زيادة أحد العاملين يزيد العامل الآخر، وتسمى هذه علاقة..... فنقول أن: المسافة تتناسب مع الزمن، وللوصول إلى القانون فإنه يفضل أن نكتب رموزاً بدلاً من كتابة الكلمات. لنرمز للمسافة ب x ، وللزمن بالرمز t وللتناسب بالرمز α ، فتصبح العبارة: المسافة تتناسب طردياً مع الزمن على الشكل:

$$x \propto t$$

وهذه العلاقة لا بد أن تكون ثابتة حتى تصبح قانوناً، لذا سوف نحدد تساوى العبارة بوجود ثابت معين، وعليه نستبدل الرمز α بالعبارة (= ثابت) ، (= const.) أى أن:

$$x = V t$$

ومقدار هذا الثابت يختلف من قانون إلى آخر، ويحدد العلماء مقداره بالتجارب العديدة. وجد العلماء أن هذا الثابت فى العلاقة بين المسافة المقطوعة والزمن اللازم لقطع هذه المسافة هو: السرعة الثابتة، ولنرمز للسرعة الثابتة ب V .

$$x = tv \quad \text{ويصبح القانون بشكله النهائى:}$$

المسافة المقطوعة (بوحدة المتر) : x

السرعة (بوحدة m/s) : v

الزمن المستغرق (بوحدة s) : t

وبالتالى نقرأ القانون على الصورة : المسافة تساوى السرعة مضروبة فى الزمن

أهمية كتابة القانون بصيغة رياضية:

نستفيد كثيراً من الصياغة الرياضية للقانون فمنها نستطيع التعرف على الآتى:

١- العوامل المؤثرة على الكميات الفيزيائية:

$$x = tv \quad \text{ففى العلاقة السابقة :}$$

نجد أن العوامل المؤثرة على x هي t, v :

٢- نوع العلاقة :

حيث نستطيع تحديد نوع العلاقة بين الكميات الفيزيائية هل هي طردية أم عكسية، فنجد فى القانون السابق: x تتناسب طردياً مع v

- إذا زاد مقدار x ، يزيد مقدار v حتى تظل المساواة صحيحة وذلك عند ثبات t .

- أو كلما نقص مقدار x ينقص مقدار v حتى تظل المساواة صحيحة وذلك عند ثبات t .

- أو كلما نقص مقدار x فإنه يجب أن ينقص مقدار t حتى تظل المساواة صحيحة وذلك عند ثبات v .

٣- اشتقاق الوحدات:

حيث يمكن استنتاج وحدة الكمية المشتقة اعتماداً على وحدات الكميات الأخرى، وذلك بناءً على الطريقة التى تعلمناها سابقاً.

$$\therefore v = \frac{x}{t}$$

فإن وحدة السرعة (v) هي m/s

٤- تعريف كمية فيزيائية بدلالة كميات فيزيائية أخرى:

لنبق على القانون السابق الذى درسناه: السرعة = $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$ ، عندما الزمن = ١ ثانية

إذن السرعة = المسافة (عندما الزمن = 1 ثانية)

ونستنتج من ذلك تعريف السرعة بأنها: المسافة المقطوعة خلال وحدة الزمن (ثانية واحدة).

تقويم الوحدة:

١. ضع دائرة حول الحرف الذى يدل على الإختيار الصحيح:

١. النظام الدولى للوحدات (SI) هو:

a. النظام الفرنسى.

b. النظام الإنجليزى.

c. النظام المتري المعاصر.

d. النظام الأمريكى.

٢. إذا علمت أن وزن الإنسان (W) يزداد بزيادة كتلته (m)، فإنه يمكن تمثيل هذه العلاقة على النحو التالى:

$$w = m \quad .d \quad w \propto m \quad .c \quad w = \frac{1}{m} \quad .b \quad w \propto \frac{1}{m} \quad .a$$

٣. تكون وحدة قياس القوة (حيث $F = ma$):

$$\frac{kg \times m}{s} \quad .d \quad \frac{kg \times m}{s^2} \quad .c \quad \frac{kg \times m^2}{s} \quad .b \quad \frac{kg \times m^2}{s^2} \quad .a$$

٤. فى العلوم التجريبية ، مما يستنتجه العقل مما تدركه الحواس يكون:

a. مبدأ .b. نظرية .c. حقيقة .d. مفهوم

II. أجب عن كل مما يلى:

١- إستنتج وحدة قياس التسارع (التسارع = $\frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$)

٢- من العلاقة السابقة:

عرف التسارع بدلالة السرعة (عند الزمن $s=1$)

٣- أذكر مثلاً لكل من:

i. علاقة طردية

ii. علاقة عكسية

الوحدة الثانية

الحركة

الفصل الأول: الحركة الخطية

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

الأهداف:

في نهاية الفصل تكون قادراً على أن:

١. تمثل حركة جسم بالمخطط التوضيحي للحركة؛
٢. ترسم نموذج الجسيم النقطي لتمثيل حركة الجسم؛
٣. تحدد أنظمة الاحداثيات المستخدمة في مسائل الحركة.
٤. تدرك أن النظام الإحداثي الذي يتم اختياره يؤثر في إشارة مواقع الأجسام؛
٥. تعرف الإزاحة؛
٦. تحسب الفترة الزمنية لحركة الجسم؛
٧. تستخدم مخططاً توضيحياً للحركة لتعرف موقع جسم، أو إزاحته؛
٨. تحلل منحنيات (الموقع- الزمن) لأجسام متحركة؛
٩. تستخدم منحنى (الموقع- الزمن) لتحديد موقع جسم أو إزاحته؛
١٠. تصف حركة جسم باستخدام التمثيلات المتكافئة؛
١١. تعرف السرعة المتجهة؛
١٢. تقارن بين مفهومي السرعة والسرعة المتجهة؛
١٣. تصمم تمثيلات تصويرية وفيزيائية ورياضية لمسائل الحركة

الأهمية:

1/ طرق وصف الحركة وتحليلها تلعب دوراً مهماً في تحديد جدول مواعيد انطلاق ووصول وسائل النقل على اختلاف أنواعها.

2/ تستخدم في سباق السيارات لتحديد سرعة السيارة الأكبر.

عمليات العلم ومهارات التفكير المتضمنة:

التفسير العلمي. - الاستنتاج. - المقارنة. - التصنيف. - التطبيق

الجوانب الوجدانية المتضمنة:

- تقدير جهود كل من جاليلو ونيوتن في اكتشاف قوانين الحركة.
- الوعي بخطورة حركة السيارات بسرعات عالية.
- تقدير دور العلم وتطبيقاته في تطور وسائل النقل المختلفة ودراسة حركتها.
- الوعي البيئي ودوره في تعزيز الانتماء الوطني والإنساني.

(1) تمثيل الحركة:

المفردات:

المخطط التوضيحي - نموذج الجسم النقطي

مقدمة:

تعرفت في المرحلة المتوسطة على موضوعات طبيعة العلم، العلم وعملياته، وأيضاً من خلال دراستك للوحدة السابقة. حيث تراكمت لديك حصيلة جيدة من المعرفة الخاصة بالطريقة العلمية التي تفيدك في دراسة الفيزياء. سوف تتعرف في هذا الفصل كيفية استخدام الطريقة العلمية في تحليل الحركة. ولاحقاً تقوم بتطبيقها على جميع أنواع الحركة باستخدام المخططات التوضيحية والرسوم البيانية والأنظمة الإحداثية، وكذلك المعادلات الرياضية.

إن استيعاب هذه المفاهيم تعينك على تحديد سرعة الجسم، وإلى أي بعد يتحرك، وهل سرعة الجسم تتزايد أم تتناقص، وما إذا كان الجسم ساكناً، أو متحرك بسرعة منتظمة (ثابتة مقداراً واتجاهاً). فالطفل الصغير يلحظ حركة الأشياء أو الأجسام ويدركها، فإدراك حركة الأشياء أمر غريزي، فعيناه تتنبهان غريزياً إلى الأشياء المتحركة (الأجسام المتحركة) أكثر من الانتباه إلى الأشياء الثابتة (الأجسام الساكنة). فالحركة في كل مكان من حولنا، بدءاً من حركة الأجسام الكبيرة مثل الشاحنات والقاطرات والسيارات السريعة إلى حركة الأجسام الصغيرة مثل النمل وغيرها.

فبتأمل الأشياء من حولنا، نجد أن بعضها ساكن (ثابت) وبعضها الآخر متحرك، ومن الضروري ونحن نتابع حركة الأشياء (الأجسام) أن نفهم وصف تلك الحركة، لذلك نحاول في هذا الفصل التعرف على مفهوم الحركة والكميات الفيزيائية اللازمة لوصفها.

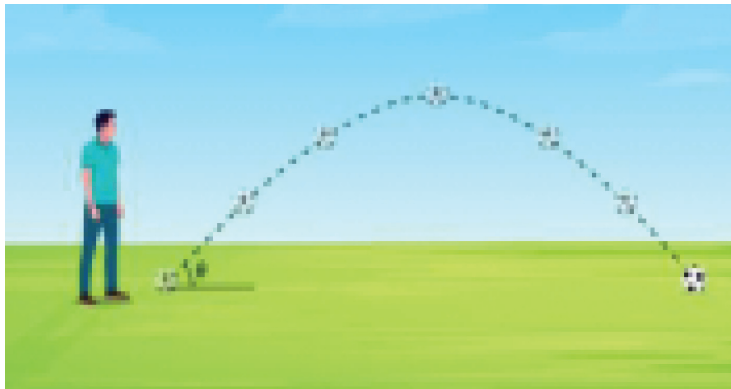


شكل (1): ما تأثير دراسة الحركة على وسائل النقل المختلفة؟

تعلمت في الصف الخامس من المرحلة الابتدائية، أن الجسم في حالة الحركة يغير موضعه باستمرار، بمعنى أن الحركة تحدث عندما يغير جسم ما موقعه (موضعه).

الشكل (2)، يحدد مواضع كرة خلال فترات زمنية متساوية تجاه المرمى، هل الكرة ثابتة أم متحركة؟

الحركة هي التغير الحادث في موضع الجسم بمرور الزمن بالنسبة لموضع جسم آخر، فعندما يتغير موضع جسم خلال فترة من الزمن يكون الجسم قد تحرك وإذا كانت الحركة في اتجاه واحد، أي تأخذ مساراً مستقيماً سميت الحركة عندئذ بالحركة في خط مستقيم.



شكل (2): يتغير موضع الكرة بمرور الزمن

ما الذي يتبادر إلى ذهنك عندما تسمع كلمة حركة، أو سيارة إسعاف مسرعة، أو كرة ترتفع إلى أعلى عند قذفها، أو طفل في أرجوحة يتأرجح إلى الأمام وإلى الخلف بشكل منتظم؟

عندما يتحرك جسم ما فإن موقعه يتغير، كما في الشكل (2) وقد يحدث هذا التغير وفق مسار في خط مستقيم أو دائرة، أو منحني، أو على شكل اهتزاز (الزنبرك).

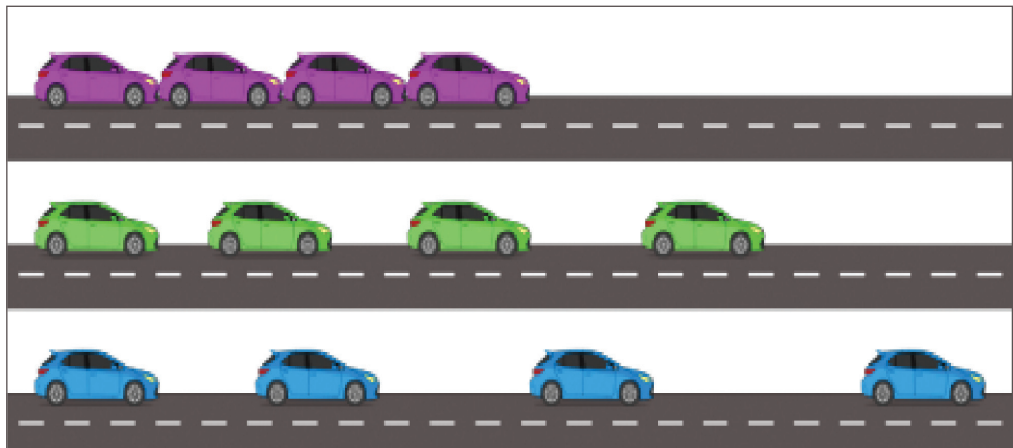
بعض أنواع الحركة تبدو أكثر تعقيداً مثل الحركة في دائرة أو منحني، اهتزاز الزنبرك أو الأرجوحة.

والبعض الآخر بسيط، مثل الحركة في خط مستقيم، وهي أبسط أنواع الحركة. لذلك نبدأ دراسة هذا الفصل بدراسة الحركة في خط مستقيم.

عند وصف حركة أي جسم، يجب معرفة متى شغل الجسم مكاناً ما؟ إذن وصف الحركة مرتبط مع المكان والزمان.

مخطط الحركة:

يمكن تمثيل حركة سيارة بالتقاطات سلسلة صور متتابعة تظهر مواقع السيارة في فترات زمنية متساوية، شكل (3).



شكل (3) إذا ربطت مواقع السيارة مع الخلفية في كل صورة في فترات زمنية متساوية فسوف تستنتج أن السيارة في حالة حركة .

نموذج الجسيم النقطي: the particle Model

يسهل تتبع مسار حركة السيارة بالتركيز على نقطة صغيرة مفردة في مركز جسم السيارة (جسيم نقطي). وبتمثيل حركة السيارة بسلسلة متتابعة من النقاط المفردة، يمكن الحصول على نموذج الجسيم النقطي، كما بالشكل (4). عند استخدام النموذج الجسيمي النقطي، يجب أن يكون حجم الجسم صغيراً جداً مقارنة بالمسافة التي يتحركها الجسم.



شكل (4): عند ترتيب سلسلة من الصور المتلاحقة المتصلة في فترات زمنية منتظمة وجمعها في صورة واحدة يعطي مخططاً توضيحياً لحركة السيارة

واختزال حركة السيارة إلى نقاط مفردة متتابعة ينتج لنا نموذج الجسيم النقطي لحركته

مخطط الحركة: يمكن تمثيل حركة جسيم بالتقاط سلسلة من الصور المتتابعة له في فترات زمنية متساوية، ويمكن تجميع هذه الصور في صورة واحدة تسمى، ب (مخطط الحركة)

أنواع الحركة:

يمكن تصنيف الحركة إلى نوعين رئيسيين، هما: الحركة الانتقالية والحركة الدورية



شكل (6) الحركة الدورية



شكل (5) الحركة الانتقالية

الحركة الانتقالية: مثل الحركة في خط مستقيم، وحركة وسائل المواصلات المختلفة، أي أنها حركة لها نقطة بداية ونقطة نهاية.

الحركة الدورية: وهي حركة تكرر نفسها على فترات زمنية متساوية، مثل: الحركة في دائرة، والحركة الاهتزازية وحركة الزنبرك، حركة الأرجوحة.

تقويم ذاتي:

أرسم نموذج الجسم النقطة لتمثيل يتناسب مع المخطط التوضيحي لحركة طائر في أثناء طيرانه، كما في الشكل (7)



الشكل (7): مخطط توضيحي لحركة طائر أثناء الطيران

تفكير نقدي:

أرسم نموذج الجسم النقطي لتمثيل حركة طالبتان تتسابقان، عندما تتجاوز الأولى خط النهاية تكون الثانية قد قطعت $4/5$ من مسافة السباق فقط.

(2) الموقع والزمن: Position and Time

هل يمكنك القيام بقياس المسافة والزمن من المخططات التوضيحية للحركة، مثل المخطط التوضيحي لحركة السيارة؟ قبل التقاط الصور يمكنك وضع شريط قياس متري على الأرض على امتداد مسار السيارة ليدلك على مكان السيارة في كل صورة، ووضع ساعة إيقاف ضمن المنظر الذي تصويره الكاميرا لقياس لك الزمن.

لكن أين يجب أن تضع بداية شريط القياس؟ ومتى يجب أن تبدأ تشغيل ساعة الإيقاف؟

أنظمة الإحداثيات Coordinate systems

ماذا نعني بالنظام الإحداثي؟ ومتى يمكنك تحديده؟ إذا أخبرك أحد زملاؤك بالمدرسة، أن منزلهم يبعد 2 بلوك (Blocks) شرق، بلوك واحد جنوب منزلهم. لكي تصل منزل زميلك، عليك أن تبدأ التحرك من منزلهم للعثور على موقع أو مكان منزل زميلك. إذن منزلهم هو نقطة البداية في الانطلاق أو التحرك للوصول إلى منزل زميلك. وبذلك تكون قد حددت النظام الإحداثي الذي يعين موقع نقطة المرجع بالنسبة إلى المتغير الذي تدرسه، والاتجاه الذي تتزايد فيه قيم هذا المتغير.

ما هو نقطة المرجع؟

نقطة المرجع، هو نقطة بداية يستخدم لوصف موقع الجسم، وهو ما يعرف بنقطة الأصل.

نقاط المرجع واتجاهات المرجع:

لقد أخبرك زميلك من أي نقطة تبدأ؟ وبأي اتجاه؟ وكم المسافة التي تتحركها لتصل إلى منزلهم؟

ويمكنك أن تبدأ من البقالة (supermarket) مثلاً، كنقطة مرجع (reference point). تسير باتجاه الشرق مسافة ثلاثة بلوكات (three blocks).

إذن لوصف موقع الجسم، يجب أن يتضمن وصفك ثلاث عناصر:

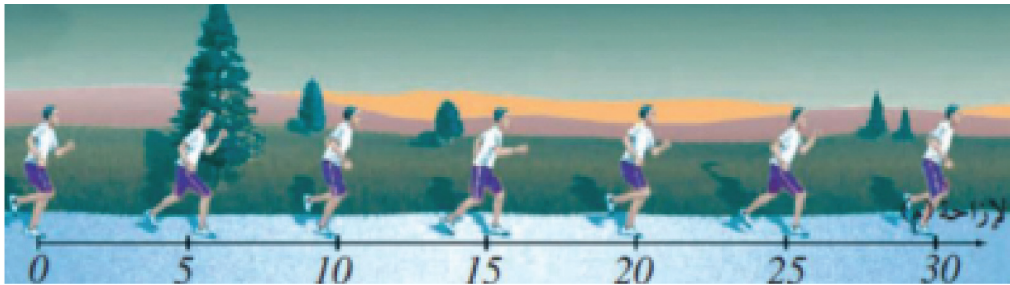
- نقطة المرجع (نقطة الأصل).

- الاتجاه من نقطة المرجع.

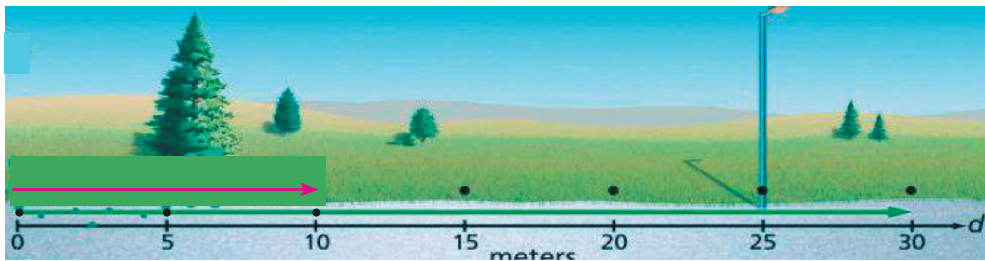
- المسافة من نقطة المرجع.

هل يمكنك القيام بتحديد بعد الرياضي عن نقطة المرجع (نقطة الأصل) عند لحظة

معينة على المخطط التوضيحي للحركة الشكل (8)؟



شكل (8 ، a)



شكل (8 ، b)

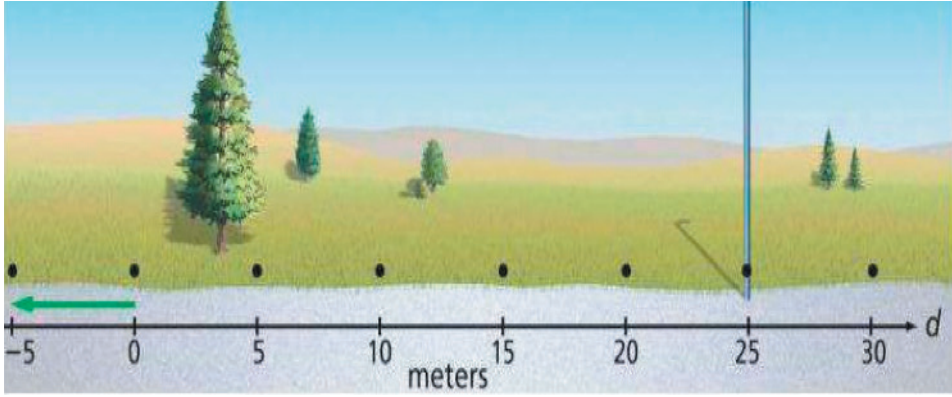
الشكل (8) في هذه الأشكال التوضيحية للحركة، تقع نقطة المرجع (الأصل) عن اليسار

(a): القيم الموجبة للموقع تمتد أفقياً إلى اليمين.

(b): السهمان المرسومان من نقطة الأصل (المرجع) إلى نقطتين يحددان موقع رياضي في زمنين مختلفين.

هل هناك موقع سالب؟

إذا اخترت نظاماً إحداثياً كالذي وضعته، وحددت نقطة المرجع (نقطة الأصل) على بعد 5m عن يسار الشجرة على محور الموقع الذي يمتد في الاتجاه الموجب نحو اليمين، فإن الموقع الذي يبعد 10m عن يسار نقطة الشجرة، يبعد 5m عن يسار نقطة الأصل ويكون موقعه سالب كما في الشكل (9).



الشكل (9): السهم المرسوم على المخطط التوضيحي للحركة يشير إلى موقع سالب

الكميات الفيزيائية المتجهة والكميات الفيزيائية القياسية (العددية):

عندما نقول أن درجة حرارة الغرفة (25°C) فهذه معلومة كاملة، لكن إذا قلنا عربة نقل تتحرك بسرعة (60 km/h)، فنحن حددنا المقدار ووحدة القياس وبقى السؤال، في أي اتجاه تتحرك العربة؟ هل إلى الشمال أم إلى الجنوب أم في أي اتجاه؟

عندئذ يمكن كتابة سرعة السيارة بصورة كاملة (60 km/h) شمالاً وبهذا يكون قد تم تحديد المقدار والاتجاه معاً ليكتمل المعنى.

مما تقدم نخلص إلى أن الكميات الفيزيائية التي يكفي لتعيينها تحديد مقدارها فقط،

مثل درجة الحرارة والزمن والمسافة تسمى كميات قياسية (عددية).

أما الكميات الفيزيائية التي تتطلب تعيينها تحديد مقدارها واتجاهها وفقاً لنقطة المرجع- مثل الإزاحة والقوة تسمى كميات متجهة، ويمكن تمثيلها بالأسهم، وغالباً ما يعبر عن هذه الكميات بوضع سهم فوق رمز الكمية الفيزيائية المتجهة، للدلالة على أنها متجهة، مثل $(\vec{F}, \vec{d})$.

لقد سبق لك أن تعرفت على طريقة جمع الكميات العددية فمثلاً $0.1 + 0.15 + 0.75 = 1.0$ ولكن كيف يمكنك جمع الكميات المتجهة؟

إذا قررت شراء هدية وأخذها إلى منزل زميلك بالمدرسة، الذي نجح شقيقه نجاحاً باهراً في امتحانات الشهادة الثانوية لتقديم التهاني بمناسبة النجاح. فإذا مشيت مسافة 0.75km في اتجاه الشمال من منزلكم إلى موقع شراء الهدايا وقمت بشراء هدية بمناسبة النجاح. ثم مشيت مسافة 0.15km اتجاه الشمال إلى منزل صديقك. ما بعدك عن نقطة الأصل (منزلكم)؟

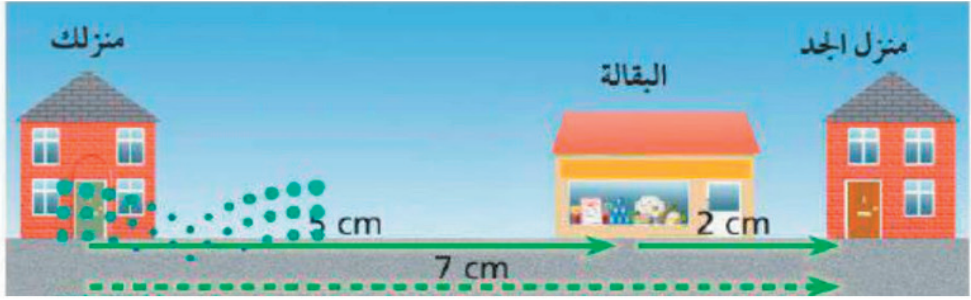
$$0.75\text{km} + 0.15\text{km} = 0.9\text{km} \quad \text{الإجابة هي:}$$

ش ش ش

هل يمكنك حل هذه المسألة بيانياً؟

يمكن باستخدام مسطرة قياس رسم كل متجه، على أن يكون طول المتجه متناسباً مع مقدار الكمية التي يمثلها، باختيار مقياس رسم مناسب. وذلك بجعل كل 1cm على الورقة يمثل 0.1km ، والمتجه الذي يمثل مجموع المتجهين موضح بخط متقطع طوله 0.9km .

وفقاً لمقياس الرسم فإنك على بعد 0.9km من نقطة الأصل. ويعرف المتجه الذي يمثل مجموع المتجهين متجه المحصلة، وهو يتجه دائماً من بداية المتجه الأول (ذيل المتجه) إلى نهاية المتجه الثاني (رأس المتجه الثاني).



شكل (10): يجمع متجهان بوضع رأس الأول ملاصقاً لذيل الثاني، تبدأ المحصلة من ذيل المتجه الأول وتنتهي عند رأس المتجه الثاني.

الآن يمكن تصنيف الكميات الفيزيائية إلى:

كميات قياسية: وهي كميات فيزيائية تعرف تماماً بمقدارها فقط وليس لها اتجاه مثل المسافة، الكتلة، الزمن، درجة الحرارة، الطاقة، ...

كميات متجهة: وهي كميات فيزيائية تعرف تماماً بمقدارها واتجاهها معاً، مثل: الإزاحة، السرعة، العجلة، القوة، ...

تقويم ذاتي:

وضح الفرق بين الكمية القياسية والكمية المتجهة

الفترة الزمنية والإزاحة: Time Interval and Displacement

عند تحليل مخطط الحركة لرياضي، نحتاج إلى معرفة الزمن الذي استغرقه الرياضي للانتقال من خط المرمى الأول إلى خط المرمى الثاني. يمكن تحديد هذه الفترة الزمنية بحساب الفرق بين قراءتي ساعة الإيقاف في كل موقع.

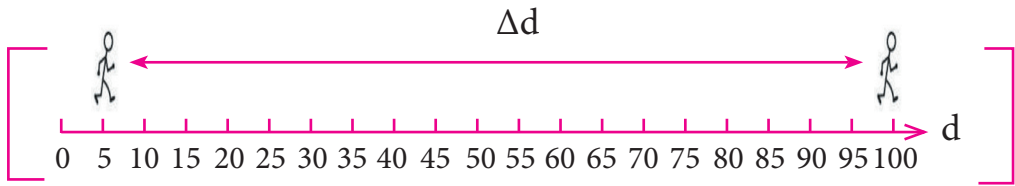
أختر t_1 للزمن عندما كان الرياضي عند خط المرمى الأول، و t_2 للزمن عندما أصبح عند خط المرمى الثاني، يسمى الفرق بين زمنين فترة زمنية، ويرمز لها بالرمز Δt حيث:

$$\Delta t = t_f - t_i \quad \text{الفترة الزمنية}$$

الفترة الزمنية تساوي الزمن النهائي مطروحاً منه الزمن الابتدائي.

وفي هذا المثال يكون الزمن الذي يستغرقه الرياضي للذهاب من المرمى الأول إلى المرمى الثاني هو:

$$t_f - t_i = 5.05 - 2.05 = 3.0$$



الشكل (11):

الرياضي استغرق ثلاث ثوان ليركض من المرمى الأول إلى المرمى الثاني، استخدم الموقع الابتدائي للرياضي نقطة مرجعية - يشير المتجه من الموقع 1 إلى الموقع 2 إلى اتجاه الإزاحة ومقدارها خلال هذه الفترة الزمنية.

كيف تغير موقع هذا الرياضي عندما ركض من خط المرمى الأول حتى خط المرمى الثاني، كما موضح بالشكل (11)؟

نستخدم الرمز d لتمثيل موقع الرياضي. في الاستخدام اليومي العادي، نستخدم كلمة (موقع) للإشارة إلى مكان ما، أما في الفيزياء فالموقع متجه ذيله عند نقطة الأصل لنظام الإحداثيات المستخدم، ورأسه عند المكان المراد تحديد موقعه.

أما الإزاحة فهي كمية فيزيائية متجهة، وتمثل مقدار التغير الذي يحدث لموقع الجسم في اتجاه معين، ويرمز للإزاحة بالرمز $d\Delta$ وتمثل بسهم يشير ذيله إلى موقع بداية الحركة، بينما يشير رأسه إلى موقع نهايتها، كما أن طول السهم يمثل المسافة التي قطعها الجسم في

اتجاه معين، وهو الاتجاه الذي يشير إليه السهم.

تحسب الإزاحة رياضياً بالعلاقة:

الإزاحة:

$$\Delta d = d_f - d_i$$

d_i مطروحاً منه متجه الموقع الابتدائي d_f تساوي متجه الموقع النهائي Δd : الإزاحة

فإزاحة الرياضي Δd في أثناء حركته من خط المرمى الأول إلى خط المرمى الثاني تساوي:

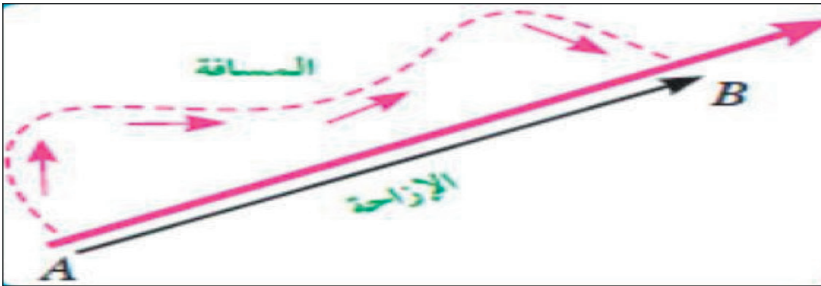
$$\Delta d = 75.0\text{m} - 5.0\text{m} = 70.0\text{m}$$

ما الفرق بين المسافة والإزاحة؟

تعرف المسافة بأنها طول المسار المقطوع أثناء الحركة من موضع إلى آخر، وتعتبر المسافة كمية قياسية يلزم معرفة مقدارها فقط.

وعندما يكون مقدار المسافة مقترناً باتجاه الحركة تسمى في هذه الحالة بالإزاحة، وتعرف بالآتي:

الإزاحة هي المسافة المستقيمة في اتجاه معين من نقطة بداية إلى نقطة نهاية.



شكل (12): الفرق بين المسافة والإزاحة

(a) 

اتجاه المتجه المراد طرحه، ثم أجمعهما، المتجهان A و B

(b) 

يبين الشكل (a -) متجهين، الأول

أما الشكل (b) يوضح المتجه B- وطوله 1 cm، والذي يتجه إلى الغرب، وتظهر محصلة

المتجهين A و B- ، ويمثلها متجه طوله 3cm يتجه إلى الشرق.→. (c)

إذا تحركت متسابقة إزاحة مقدارها (50m) شمالاً، ثم تحركت في عكس الاتجاه إزاحة مقدارها (30m) جنوباً، أحسب المسافة والإزاحة التي قطعتها هذه المتسابقة؟

الإزاحة المقطوعة: $d = +50 - 30 = +20\text{m}$

فالجسم حدث له في النهاية إزاحة مقدارها (20m) في اتجاه الجنوب

تقويم ذاتي:

يمثل الشكل الآتي النموذج الجسيمي النقطي لحركة سيارة على طريق سريع، وقد حددت نقطة الانطلاق كالتالي:

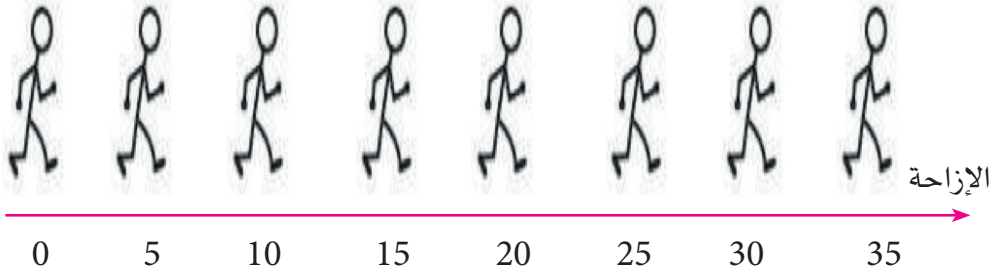
من هنا إلى هناك

أعد رسم هذا النموذج الجسيمي النقطي، وأرسم متجهاً يمثل إزاحة السيارة من نقطة البداية حتى نهاية الفترة الزمنية الرابعة.

(3) منحنى (الموقع - الزمن) Position- Time Graph

لقد لاحظت أن المخطط التوضيحي للحركة يحتوي على معلومات حول موقع الجسم في أزمنة مختلفة، ويمكن استخدامه في تحديد إزاحة الجسم خلال فترات زمنية محددة، كذلك الرسوم البيانية لموقع الجسم- الزمن تتضمن هذه المعلومات.

وبدراسة المخطط التوضيحي لحركة تلميذة من المنزل إلى المدرسة شكل (13) لتحديد موقع التلميذة في كل لحظة من حركتها، أو حساب الإزاحة التي تقطعها في الثانية الواحدة، وتجسيدها في الجدول (1)



شكل (13) مخطط يوضح حركة تلميذة

من دراسة هذا المخطط يمكن تجسيد العلاقة بين الموقع والزمن (الإزاحة- الزمن) في الجدول الآتي:

الجدول (1) الموقع - الزمن

الموقع d(m)	الزمن t(s)
0.0	0.0
5.0	1.0
10.0	2.0
15.0	3.0
20.0	4.0
25.0	5.0
30.0	6.0
35.0	7.0
40.0	8.0

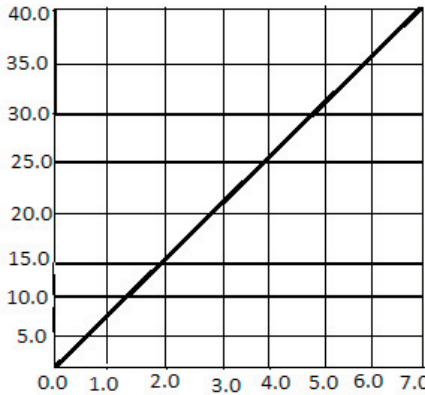
من الجدول نلاحظ أن هذه التلميذة تقطع إزاحة قدرها (5m) كل ثانية، ويعرف هذا المقدار بالسرعة (U)، والتي تحسب من العلاقة:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{التغير في الإزاحة}}{\text{زمن التغير}}$$

$$U = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

وبتطبيق هذه العلاقة الرياضية، يمكن حساب السرعة كما يلي:

$$U = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_2 - d_1}{t_2 - t_1} = \frac{10 - 5}{2 - 1} = \frac{5}{1} = 5 \text{ m/s}$$



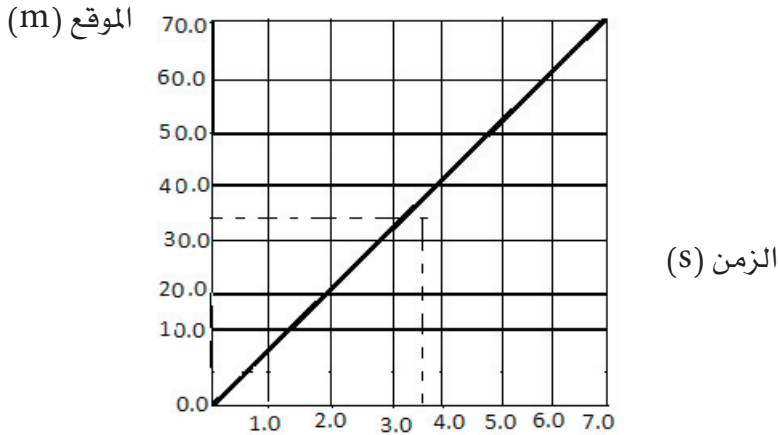
وأيضاً يمكن عرض بيانات الجدول (1) في رسم بياني، بجعل إحداثيات الزمن على المحور الأفقي (X) وإحداثيات الموقع على المحور الرأسي (Y)، وهو ما يعرف بمنحنى (الموقع- الزمن)

شكل (14): يمكن رسم منحنى الموقع - الزمن للتلميذة بتعيين موقعها في فترات زمنية مختلفة،

وبعد تعيين هذه النقاط نرسم أفضل خط مستقيم يمر بأغلب النقاط التي تكون بعضها فوق الخط والبعض آخر تحت الخط (خط المواءمة الأفضل) .

يوضح الخط البياني مواقع التلميذة في الأزمنة المبينة في الجدول، حتى في حالة عدم توافر بيانات مباشرة تبين متى كانت التلميذة على بعد 40.0m من نقطة البداية، أو أين كانت عند الزمن $t = 5.5s$ ، يمكنك باستخدام الرسم البياني تعيين ذلك، ويشير الرمز d إلى الموقع اللحظي للتلميذة في لحظة زمنية تؤول إلى الصفر.

مثال (1): يوضح الرسم البياني التالي، حركة معلمة من منزلها حتى المدرسة، متى تصل المعلمة إلى بعد 60.0m عن نقطة البداية؟ وأين تكون بعد مضي 3.5s؟



شكل (15) منحنى (الموقع- الزمن)

(i) عملية التحليل والرسم:

- إعادة صياغة الأسئلة:

1- متى كانت المعلمة على بعد 60.0m عن نقطة البداية؟

2- أين موقع المعلمة بعد مضي 3.5s؟

(ii) إيجاد الكمية الفيزيائية المجهولة:

1- أدرس الرسم البياني جيداً، وعين نقطة تقاطع الخط البياني مع خط أفقي يمر بالنقطة 60.0m، ثم عين نقطة تقاطع الخط العمودي المرسوم من النقطة مع محور الزمن، تحصل على مقدار t وهو 6.0s.

2- عين نقطة تقاطع الخط البياني مع خط عمودي عند 3.5s، ثم عين نقطة تقاطع الخط الأفقي المرسوم من النقطة مع محور الموقع، تحصل على قيمة d تساوي 30.5m.

التمثيلات المتكافئة:

توجد طرق مختلفة لوصف الحركة:

- الوصف بالكلمات.
- الوصف بالصور (التمثيل التصويري).
- مخططات الحركة التوضيحية.
- جداول البيانات.
- منحنيات (الموقع - الزمن).

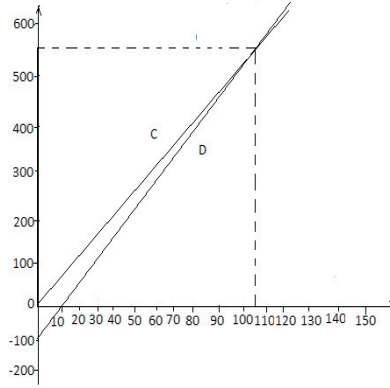
هذه الطرق جميعها متكافئة، بمعنى أنها تحتوي على المعلومات نفسها حول حركة التلميذة، أو السيارة، أو غيرها قد يكون بعض الطرق أكثر فائدة من الأخرى، وفقاً لما هو مطلوب معرفته عن الحركة.

في المثال (2) ستدرب على المهارات الخاصة باستخدام هذه التمثيلات المتكافئة، وتتعرف أيهما أفضل لحل المسائل المختلفة.

مثال (2):

دراسة حركة عدة أجسام:

يمثل الرسم البياني التالي منحنى (الموقع - الزمن) لحركة متسابقين C، D متى وأين يتجاوز المتسابق D المتسابق C؟



شكل (16)

(i) عملية التحليل والرسم:

أعد صياغة الأسئلة:

عند أي زمن يكون المتسابقان C و D في الموقع ذاته؟

(ii) الحصول على الكمية الفيزيائية المجهولة له:

من الرسم البياني حدد نقطة تقاطع الخط البياني الممثل لحركة C مع الخط البياني الممثل لحركة D، بتقاطع الخطان عند اللحظة 105s، وعلى بعد 550m تقريباً.

إن المتسابق D يتجاوز المتسابق C على بعد 550m من نقطة الأصل، أي بعد 105s من مرور المتسابق C بها.

في هذا المثال نلاحظ أنه يمكن تمثيل حركة أكثر من جسم في منحنى واحد للموقع - الزمن ونقطة تقاطع الخطين البيانيين تبين متى يكون الجسمان في الموقع نفسه.

- هل هناك شيء آخر يمكنك تعلمه من منحنيات (الموقع- الزمن)؟

- ما الذي يعنيه ميل الخط البياني في المنحنى؟

ستتعرف في الموضوع القادم كيفية استخدام ميل الخط البياني (الموقع- الزمن) لتعيين السرعة المتجهة لجسم.

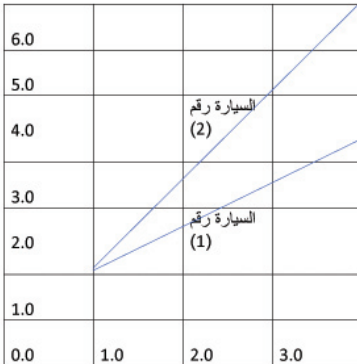
(4) السرعة المتجهة: Velocity

في الفقرات السابقة تعلمت استخدام المخططات التوضيحية لتبيان حركة الجسم، كيف يمكنك قياس سرعة حركة الجسم؟ يمكن ذلك بتحديد تغير الموقع والزمن اللازم باستخدام أدوات مناسبة، مثل شريط القياس المتري وساعة الايقاف، ثم استخدام هذه البيانات لوصف معدل تغير الحركة.

إذا قمنا بتمثيل حركة سيارتين الأولى تحمل الرقم (1) ، والثانية تحمل الرقم (2) بمخطط توضيحي واحد، كما في الشكل (17) ستلاحظ من خلال الانتقال من صورة إلى الصورة التي تليها، أن موقع السيارة التي تحمل الرقم (2) يتغير بمقدار أكبر من تغير موقع السيارة التي تحمل الرقم (1). بمعنى أن مقدار الإزاحة للسيارة رقم (2) $d\Delta$ أكبر، لأنها تتحرك أسرع، أي أنها تقطع مسافة أكبر بالمقارنة بالسيارة رقم (1) خلال الفترة الزمنية نفسها. وبافتراض أن السيارتين قطعتا مسافة 150m، فإن الفترة الزمنية التي استغرقتها السيارة رقم (2) ستكون أقل من تلك التي استغرقتها السيارة رقم (1).



شكل (17) إزاحة السيارة رقم (2) أكبر من إزاحة السيارة رقم (1) خلال الفترات الزمنية الثلاث، بسبب أن السيارة رقم (2) يتحرك أسرع من السيارة رقم (1)



شكل (18) منحنى (الموقع- الزمن) حركة كل من السيارتين

السرعة المتجهة المتوسطة:

من خلال المثال السابق نلاحظ أننا نحتاج معرفة كل من الإزاحة $d\Delta$ والفترة الزمنية $t\Delta$ لحساب السرعة المتجهة لحركة الجسم، وبتفحص الخطين البيانيين في منحني (الموقع-الزمن) شكل (18) ستلاحظ ميل الخط البياني للسيارة رقم (2) أكثر انحداراً من ميل الخط البياني للسيارة رقم (1)، يدل الميل أو الانحدار الأكبر على أن مقدار التغير في الإزاحة أكبر خلال الفترة الزمنية نفسها.

يمكن إيجاد ميل كل من الخطين البيانيين في الشكل (18) على النحو التالي:

(i) السيارة رقم (1):

$$\frac{df-di}{tf-ti} = \frac{(4.0-3.0)m}{(4.0-3.0)s} = \text{ميل الخط البياني}$$
$$= 1.0 \text{ m/s}$$

(ii) السيارة رقم (2):

$$\text{ميل الخط البياني} = \frac{df-di}{tf-ti}$$
$$= \frac{7.0-3.0}{4-1.5} = 1.6 \text{ m/s}$$

ماذا تلاحظ عندما تقارن بين ميلي الخططين البيانيين؟

1. ميل الخط البياني للسيارة الأسرع أكبر عددياً، لذا يعبر هذا العدد عن السرعة المتجهة المتوسطة، وكذلك السرعة المتوسطة.

2. وحدات الميل هي (m/s)، بمعنى أن الميل يخبرنا بعدد الأمتار التي قطعتها السيارة خلال ثانية واحدة.

3. الميل هو التغير في الموقع مقسوماً على الفترة الزمنية التي حدث فيها هذا التغير، أي $\frac{\Delta d}{\Delta t}$ أو $\frac{df-di}{tf-ti}$

4. يزداد الميل بزيادة قيمة المتجه $d\Delta$ ، ويقل بزيادة Δt

$$\bar{u} = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{df-di}{tf-ti} = \text{السرعة المتجهة}$$

تعرف السرعة المتجهة المتوسطة بأنها التغير في الموقع (الإزاحة) مقسوماً على مقدار الفترة الزمنية التي حدث خلالها هذا التغير، أو هي المعدل الزمني للتغير في الإزاحة.

السرعة المتوسطة:

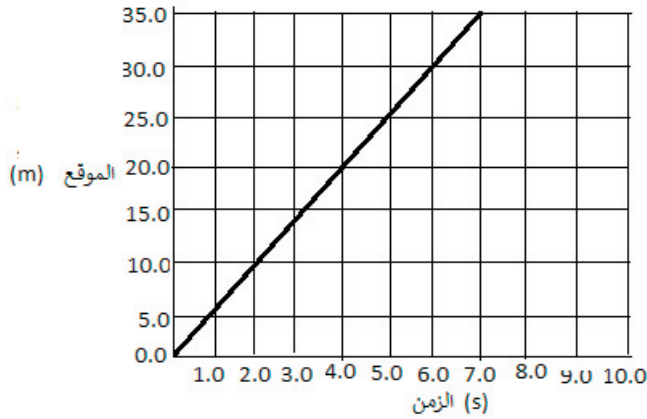
عندما تكون في المقعد الأمامي لسيارة متحركة بجانب السائق، فإنك تلاحظ وجود عداد أمام السائق يتحرك مؤشره يميناً ويساراً، ويحدد هذا العداد مقدار سرعة السيارة (مثلاً 100km/h) ولا يفيد بأي شيء في تحديد اتجاه حركتها، لذلك نجد أن القيمة المطلقة لميل الخط البياني لمنحنى (الموقع- الزمن) تعبر عن السرعة المتوسطة للجسم، أي مقدار سرعة حركة الجسم ويرمز لها بالرمز $\bar{u}$ ، أما السرعة المتجهة المتوسطة $\vec{v}$ فتعبر عن قيمة كل من السرعة المتوسطة للجسم والاتجاه الذي يتحرك فيه.

المقارنة بين السرعة المتوسطة والسرعة المتجهة المتوسطة جدول (2)

وجه المقارنة	السرعة المتوسطة	السرعة المتجهة المتوسطة
التعريف	المسافة التي يقطعها الجسم في وحدة الزمن	الإزاحة التي يقطعها الجسم في وحدة الزمن
نوع الكمية	قياسية: تحدد بالمقدار فقط	متجهة: تحدد بالمقدار والاتجاه
الإشارة	دائماً تكون موجبة	تكون موجبة إذا تحرك الجسم في اتجاه معين وسالبة إذا تحرك في عكس الاتجاه

مثال: (3)

يبين الرسم البياني حركة طالب يركب دراجته من المدرسة إلى المنزل. ما سرعته المتجهة المتوسطة؟ وما سرعته المتوسطة؟



شكل (17)

عملية التحليل والرسم:

أدرس النظام الإحداثي للرسم البياني

السرعة المتجهة المتوسطة $\vec{v}$ = ؟ السرعة المتوسطة v = ؟

إيجاد الكمية الفيزيائية المجهولة:

جد السرعة المتجهة المتوسطة باستخدام نقطتين على الخط البياني:

$$d_2 = 30.5\text{m} , d_1 = 20\text{m} \text{ بالتعويض}$$

$$t_2 = 7.0\text{s}, t_1 = 4.0\text{s}$$

$$\vec{v} = \frac{df-di}{tf-ti} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

$$\frac{35.0-20}{7.0-4.0} = \frac{15}{3} = 5\text{m/s}$$

في الاتجاه الموجب

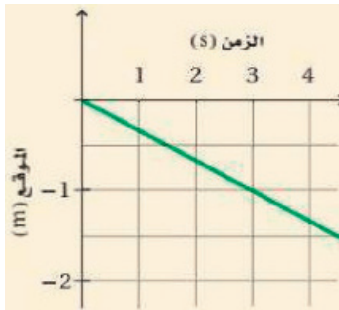
أما السرعة المتوسطة فتساوي القيمة المطلقة للسرعة المتجهة المتوسطة، أي

$$\overline{v} = 5\text{m/s}$$

تقويم ذاتي:

يبين الرسم البياني في الشكل، حركة طائرة ويعد الاتجاه الموجب للحركة هو اتجاه

الجنوب



(i) ما السرعة المتوسطة للطائرة؟

(ii) ما السرعة المتجهة المتوسطة للطائرة؟

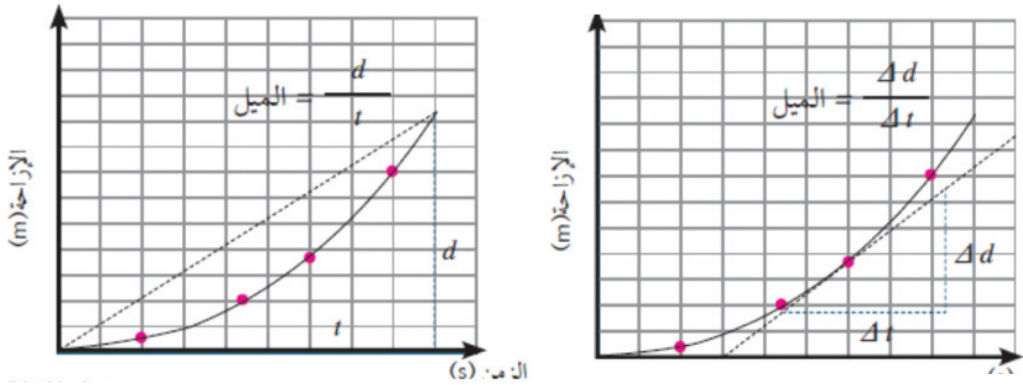
(iii) صف بالكلمات حركة الطائرة.

السرعة المتجهة اللحظية instantaneous Velocity

تعرفنا على الكمية $\frac{\Delta d}{\Delta t}$ وسميناها السرعة المتوسطة ولم نسمها السرعة المتجهة، لماذا؟

إذا قمنا بملاحظة حركة سيارة على طريق، نجد أن سرعتها ليست ثابتة، ولكنها تتغير

بحسب أحوال الطريق، فهي تتزايد حيناً، وتتناقص حيناً آخر، ولا تبقى ثابتة القيمة، ولفهم حركة هذه السيارة لابد أن نميز بين سرعتها اللحظية وسرعتها المتوسطة، إن كل ما يمكن تحديده من خلال المخطط التوضيحي للحركة هو السرعة المتجهة المتوسطة، التي يمكن حسابها بقسمة الإزاحة الكلية على الفترة الزمنية التي حدثت الإزاحة خلالها. أما السرعة المتجهة عند لحظة معينة، والتي يمكن الاستدلال على قيمتها من قراءة مؤشر عداد سرعة السيارة في لحظة ما ولتعيين سرعة السيارة عند لحظة ما يتم رسم مماس للمنحنى عند النقطة التي تقابل هذه اللحظة ويكون ميل المماس هو سرعة السيارة اللحظية.



$$\frac{\text{الإزاحة الكلية}}{\text{الزمن الكلي (t)}} = \text{السرعة المتوسطة } (\bar{V}) = \frac{\text{التغير في الإزاحة } \Delta d}{\text{زمن التغير } \Delta t} = \text{السرعة اللحظية (V)}$$

شكل (18)

السرعة المتجهة عند لحظة زمنية تؤول إلى الصفر تسمى السرعة المتجهة اللحظية

إذا كانت السرعة المتجهة اللحظية لجسم ما ثابتة فإنها عندئذ تكون مساوية لسرعتها المتجهة المتوسطة. وإذا تحرك الجسم بسرعة متجهة ثابتة فإننا نقول إن سرعته منتظمة، لذا تكون حركته منتظمة.

السرعة المتوسطة $(\bar{V})$: هي الإزاحة من نقطة البداية إلى نقطة النهاية مقسومة على الزمن الكلي.

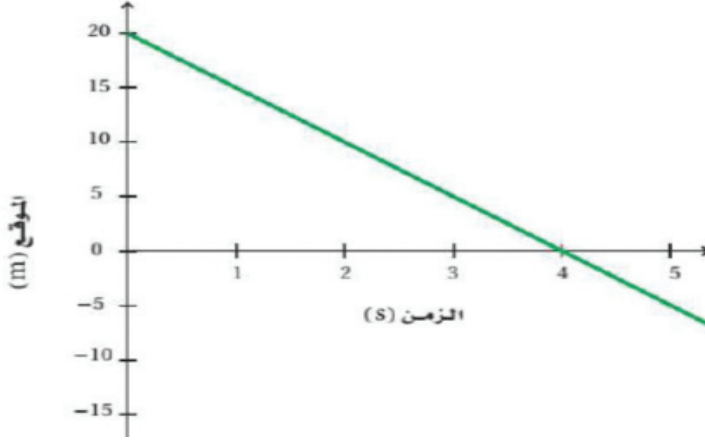
ويمكن تعيين السرعة المتوسطة عن طريق إيجاد ميل الخط الواصل بين نقطة بداية

الحركة ونقطة نهايتها .

الرياضيات لغة الفيزياء:

تأمل الرسم البياني في الشكل (19) الذي يمثل جسماً يتحرك بسرعة متجهة (-5m/s)

(s).



شكل (19) يتحرك الجسم المثلة حركته هنا في الاتجاه السالب بمعدل 5m/s

لقد سبق لك أن تعلمت أن أي خط مستقيم يمكن تمثيله بالصيغة الرياضية:

$$y = mx + b$$

Y تمثل الكمية التي نعينها على المحور الرأسي، m تمثل ميل الخط المستقيم، x تمثل الكمية التي نعينها على المحور الأفقي، b هي نقطة تقاطع الخط المستقيم مع المحور الرأسي.

في الرسم البياني، الشكل (19) تكون الكمية المعينة على المحور الرأسي هي الموقع، وتمثل بالمتغير d . والكمية المعينة على المحور الأفقي هي الزمن، وتمثل بالمتغير t .

ميل الخط المستقيم (-5.0m/s) يمثل السرعة المتجهة المتوسطة للجسم $\bar{V}$ ، ونقطة تقاطع الخط البياني مع المحور الرأسي هي 20.0 m . ولكن ما الذي يمثله نقطة تقاطع

الخط البياني مع المحور الرأسي (20.0m)؛

وبتأمل الرسم البياني والتفكير في حركة الجسم، نتبين أن الجسم كان في موقع على بعد 20.0m عن نقطة الأصل، عند $t = 0.0$ ، هذا الموقع يعرف بالموقع الابتدائي للجسم، ويرمز له بالرمز d_i .

الجدول (2): مقارنة الخطوط المستقيمة مع منحنيات الموقع - الزمن

المتغير العام	المتغير المحدد للحركة	قيمة المتغير في الرسم
Y	d	
M	v	-5.0m/s
X	t	
B	d_i	20.0m

الجدول (2) يوضح المقارنة بين المتغيرات العامة لمعادلة الخط المستقيم والمتغيرات الخاصة بالحركة، ويوضح القيم العددية لكل من الثابت m ، والثابت b . المعادلة $y = mx + b$ تصبح على النحو التالي:

$$d = vt + d_i$$

وبالتعويض عن قيم الثوابت تكون المعادلة:

$$d = (-5.0\text{m/s})t + 20.0\text{m}$$

تصف هذه المعادلة الحركة المنتظمة الممثلة بالشكل (19).

ويمكن اختبار المعادلة على النحو التالي:

(i) إعطاء قيمة ل t في المعادلة وحساب d ، وتعويض قيمة t في الرسم البياني نحصل على نفس القيمة d المحسوبة من المعادلة.

(ii) مراجعة الوحدات في طرفي المعادلة للتأكد من تطابقها. إذ نجد في الجانب الأيسر من هذه المعادلة الموقع، ووحدته هي m ، أما وحدة الجزء الأول في الطرف الأيمن من المعادلة

هي: $S \times \frac{m}{s}$ أو m ، ووحدة الجزء الثاني من المعادلة في الطرف الأيمن هي m ، وبذلك تكون الوحدات في طرفي المعادلة متطابقة.

وبذلك يمكن التوصل إلى أن موقع الجسم المتحرك بسرعة منتظمة يساوي حاصل ضرب السرعة المتجهة المتوسطة في الزمن مضافاً إليه قيمة الموقع الابتدائي للجسم.

معادلة الحركة المنتظمة بدلالة السرعة المتجهة المتوسطة:

$$d = \bar{V}t + d_i$$

خلاصة:

يمكن تمثيل الحركة باستخدام الكلمات والمخططات التوضيحية للحركة والصور وجداول البيانات ومنحنيات الموقع- الزمن، وباستخدام معادلة الحركة المنتظمة.

أمثلة محلولة:

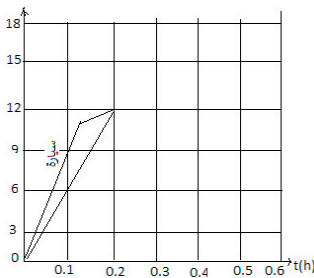
قادت سارا سيارة في خط مستقيم فقطعت (9.6km) في زمن قدره (0.18h) نفذ وقود السيارة فتركتها ومشت في نفس الخط المستقيم لأقرب محطة وقود، حيث قطعت (1.5km) في زمن قدره (0.3h).

(i) أحسب السرعة المتوسطة من بداية الحركة حتى نهايتها.

الحل:

$$\text{السرعة المتوسطة} = \frac{\text{الازاحة الكلية (d)}}{\text{الزمن الكلي (t)}}$$

شكل (20)



$$\bar{y} = \frac{d}{t} = \frac{9.6+1.5}{0.18+0.3} = \frac{11.1}{0.48} = 23.125 \text{ km/h}$$

يمكنك التوصل إلى نفس النتيجة بإيجاد ميل الخط المستقيم الواصل بين نقطة بداية الحركة ونقطة نهايتها كما في الرسم البياني.

(ii) إذا عادت سارا مرة أخرى في زمن قدره 0.4h أحسب السرعة المتوسطة للحركة منذ بدايتها حتى عودتها إلى السيارة مرة أخرى.

الحل:

عندما تعود سارا إلى السيارة مرة أخرى فإن إزاحته تصبح 9.6km كما مبين بالرسم



شكل (21): مسار حركة سارة

$$\bar{y} = \frac{d}{t} = \frac{9.6}{0.18+0.3+0.4} = \frac{9.6}{0.88} = 10.9\text{km/h}$$

الفيزياء والحاسوب:

باستخدام الحاسوب مثل العلاقة بين الإزاحة والزمن من الجدول التالي:

جدول (3) : الموقع - الزمن

الموقع (m)	الزمن (s)
0.0	0.0
5.0	1.0
10.0	2.0
15.0	3.0
20.0	4.0
25.0	5.0
30.0	6.0

(i) أفتح برنامج (Excel) ثم أختَر إدراج مخطط

(ii) أدخل بيانات الزمن في العمود الأول، ثم بيانات الموقع (الإزاحة) في العمود الثاني

ثم قم بتظليل البيانات.

(iii) أختَر أمر إدراج ثم حدد نوع الرسم البياني.

(iv) يظهر لك الشكل النهائي للرسم البياني، ومنه جد السرعة بحساب الميل.

فكر:

الرسم البياني، يمثل حركة طالب من منزله حتى عودته للمنزل مرة أخرى.

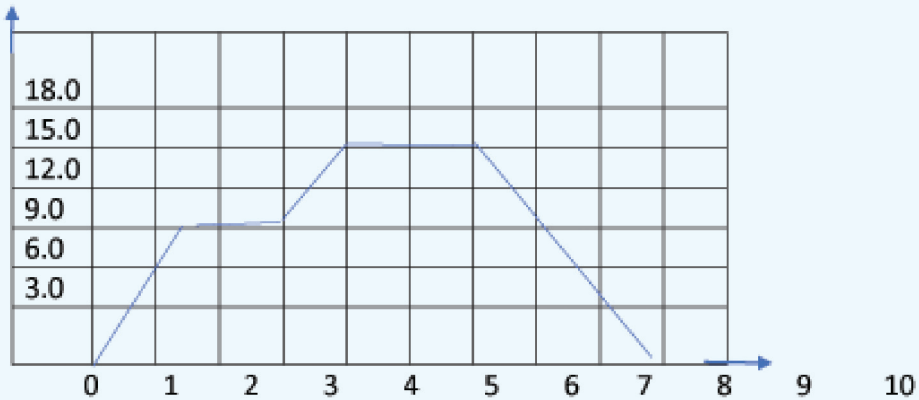
أدرس الرسم البياني جيداً، وأجب على الأسئلة الآتية:

(i) متى توقف الطالب؟

(ii) ما أكبر سرعة تحرك بها الطالب؟

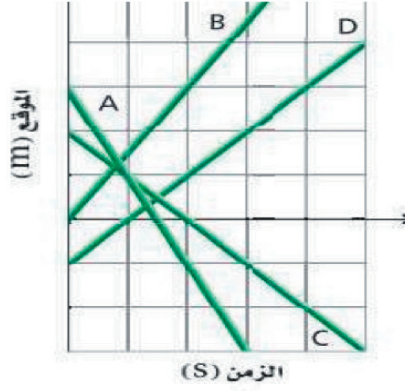
(iii) لماذا تكون سرعة عودته سالبة؟

(iv) ما الفرق بين الإزاحة والمسافة التي يقطعها الطالب؟



تقويم ذاتي:

باستخدام الرسم البياني التالي:



(i) رتب منحنيات (الموقع - الزمن) وفق السرعة المتوسطة للجسم، من الأكبر إلى الأصغر.

(ii) رتب المنحنيات وفق السرعة المتجهة المتوسطة من السرعة الأكبر إلى السرعة الأقل.

ملخص لمراجعة الفصل

١/ تصوير الحركة picturing Motion	
المفاهيم الرئيسية: - يبين المخطط التوضيحي للحركة موقع جسم خلال أزمنة متعاقبة. - يستخدم في نموذج الجسيم النقطي مجموعة من النقاط المفردة المتتالية بدلاً من الجسم في المخطط التوضيحي للحركة.	المفردات: - المخطط التوضيحي للحركة - نموذج الجسيم النقطي.

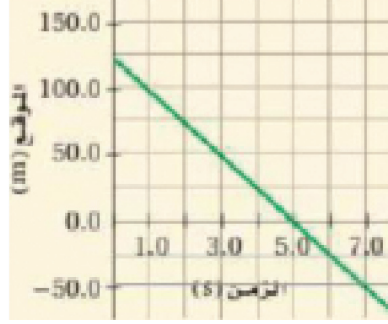
٢/ الموقع والزمن Position and Time	
المفاهيم الرئيسية: - النظام الإحداثي: نظام يستخدم لوصف الحركة، بحيث يحدد لك موقع نقطة الأصل للمتغير الذي تدرسه، والاتجاه الذي تزايد فيه قيم المتغير. - نقطة الأصل: هي النقطة التي تكون عندها قيمة كل من المتغيرين صفراً. - الموقع هو المسافة الفاصلة بين الجسم ونقطة الأصل، ويمكن أن تكون موجبة أو سالبة. - المسافة كمية عددية تصف بُعد الجسم عن نقطة الأصل. - الكميات المتجهة كميات فيزيائية لها مقدار واتجاه وفقاً لنقطة الاسناد. - الكميات العددية كميات فيزيائية له مقدار فقط. - المحصلة متجهة ناتج عن جمع متجهين أو أكثر، وهو يشير دائماً من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الآخر. - الفترة الزمنية هي فرق بين زمنين $t = t_f - t_i$. - الإزاحة كمية فيزيائية متجهة تمثل مقدار تغير موقع الجسم في اتجاه معين $\Delta d = d_f - d_i$	المفردات: - النظام الاحداثي. - نقطة الأصل. - الموقع. - المسافة. - الكميات المتجهة. - الكميات القياسية (العددية). - المحصلة. - الفترة الزمنية. - الإزاحة.

٣/ منحنى (الموقع - الزمن) position- Time Graph	
المفاهيم الرئيسية: - تستخدم منحنيات الموقع - الزمن لإيجاد السرعة المتجهة وموقع الجسم، ومعرفة أين ومتى يتقابل جسمان؟ - الموقع اللحظي هو موقع الجسم عند لحظة زمنية تؤول إلى الصفر.	المفردات منحنى (الموقع- الزمن)

٤/ السرعة المتجهة Velocity	
المفاهيم الرئيسية: - ميل الخط البياني لمنحنى (الموقع- الزمن) لجسم هو السرعة المتجهة $v = \frac{\Delta d}{\Delta t} = \frac{d_f - d_i}{t_f - t_i}$ المتوسطة لحركة الجسم، وهي تعبر عن مقدار السرعة التي يتحرك بها الجسم واتجاهها. - السرعة المتوسطة هي القيمة المطلقة للسرعة المتجهة المتوسطة. رمز الموقع الابتدائي للجسم d_i وسرعته المتجهة المتوسطة الثابتة v، وإزاحته d، والزمن t، وترتبط معاً بالمعادلة $d = v_i t + d_i$ - السرعة المتجهة اللحظية هي مقدار سرعة الجسم واتجاه حركته عند لحظة زمنية تؤول إلى الصفر.	المفردات: - السرعة المتجهة المتوسطة. - السرعة المتوسطة. - السرعة المتجهة اللحظية.

تقويم الفصل الثاني

1. صف حركة شاحنة الموضحة في الرسم البياني.



(رسم بياني من النسخة الأصلية)

2. أرسم نموذجاً للجسيم النقطي يتوافق مع الرسم البياني.

3. افترض الاتجاه الموجب للإزاحة في اتجاه الشرق والاتجاه السالب في اتجاه الغرب، ثم أجب عن الأسئلة الآتية المرتبطة بحركة الشاحنة:

(i) متى كانت الشاحنة على بعد 50.0m شرق نقطة الأصل؟

(ii) أين كانت السيارة عند 1.5s؟

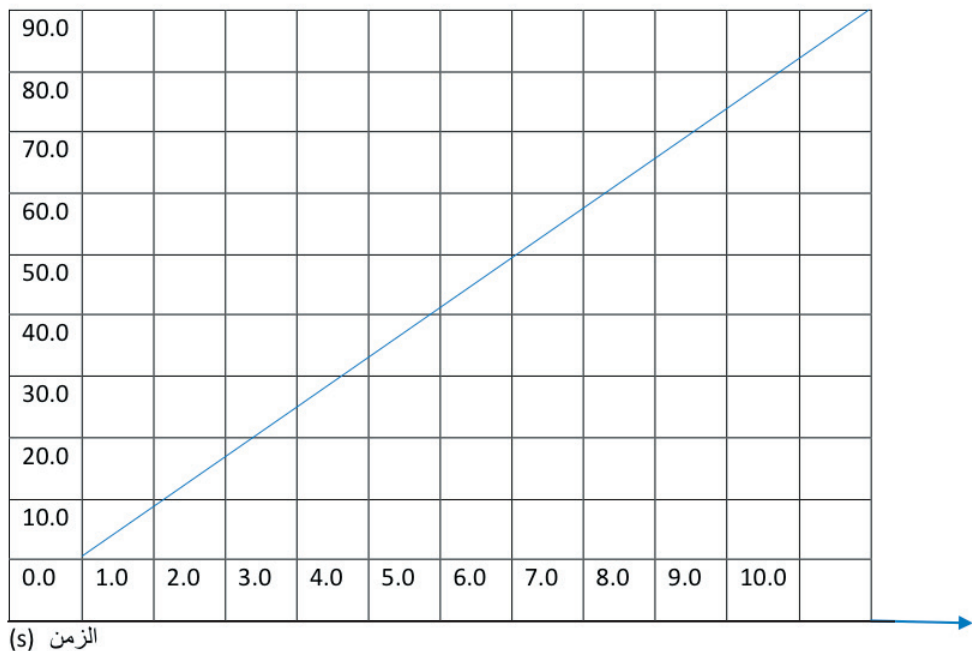
4. تحركت أصالة في خط مستقيم من أمام مسرح المدرسة إلى معمل الفيزياء، فقطعت مسافة 200 m وفي أثناء ذلك قامت زميلاتها برصد وتحديد موقعها كل 4.0s، فلاحظت أنها تحركت مسافة 5.0s كل 4.0s.

(i) مثل بالرسم البياني حركة أصالة.

(ii) متى كانت أصالة في المواقع التالية:

على بعد 50.0m من المسرح؟ على بعد 50m من المعمل؟

5. بين الشكل التالي منحنى (الموقع- الزمن) لطفل يزحف على أرضية غرفة.



استخدم الرسم البياني في هذا الشكل لرسم النموذج الجسيمي النقطي لحركة الطفل.

(i) متى كان الطفل على بعد 200m عند نقطة الأصل؟

(ii) حدد المسافة التي قطعها الطفل بين اللحظتين 0.0s و 4.0s

(iii) حدد الزمن الذي استغرقه الطفل ليزحف من موقع 1.0، 2.0، 3.0، 4.0، 5.0، 6.0، 7.0، 8.0، 9.0، 10.0 إلى موقع يبعد 60.0m عن نقطة الأصل إلى موقع يبعد 100.0m عنها.

6. انطلق قطار بسرعة ثابتة مقدارها 5.5m/s أرسم نموذجاً للجسم النقطي للحركة ومنحنى بيانياً للموقع - الزمن تبين فيها حركة القطار لمسافة 100.0m

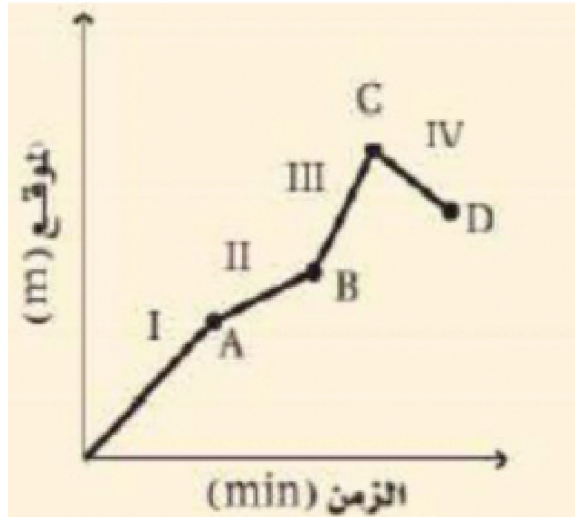
7. أكمل خريطة المفاهيم أدناه بما يناسبها من مصطلحات . (خريطة مفاهيم من النسخة الأصلية)

8. وضح الفرق بين الموقع والمسافة والإزاحة؟

9. تحركت سيارة بسرعة ثابتة مقدارها 5.0m مدة 4.0s ما المسافة التي قطعتها خلال هذه المدة؟

10. إذا علمت أن ضوء الشمس يصل الأرض في 8.3m/n إذا كانت سرعة الضوء $3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$ فما بعد الأرض عن الشمس؟

11. يوضح الرسم البياني حركة طالب يعدو من البيت إلى المدرسة مستخدماً الرسم البياني، أجب عن الآتي: (رسم بياني من النسخة الأصلية)



(i) متى بلغت السرعة المتجهة أقصى قيمة؟

- a في الفترة 2 - b في الفترة 3 - c عند النقطة d - B عند النقطة c

(ii) ما الموقع الذي يكون عنده الطالب أبعد ما يمكن عن نقطة البداية؟

- a النقطة b - B النقطة c - A النقطة d - C النقطة D

(iii) في أي فترة زمنية قطع الطالب أكبر مسافة

- a في الفترة 1 - b في الفترة 3 - c في الفترة 4 - d في الفترة 2

الفصل الثاني

تسارع الحركة

(i) ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

الأهداف:

في نهاية هذا الفصل تكون قادراً على أن:

1. تعرف التسارع (العجلة).
2. تستنتج معادلات الحركة بتسارع منتظم (عجلة منتظمة).
3. تمثل بيانياً العلاقة بين السرعة المتجهة والزمن.
4. تصمم تجربة لتعيين عجلة الجاذبية الأرضية.
5. تفسر منحني (الموقع - الزمن) للحركة ذات التسارع الثابت.
6. تطبق علاقات بيانية ورياضية على كل المسائل التي تتعلق بالتسارع الثابت.

الأهمية:

حركة الأجسام لا تكون دائماً بسرعات منتظمة. لذلك يساعد فهم الحركة المتسارعة على وصف العديد من الأجسام بشكل أفضل.

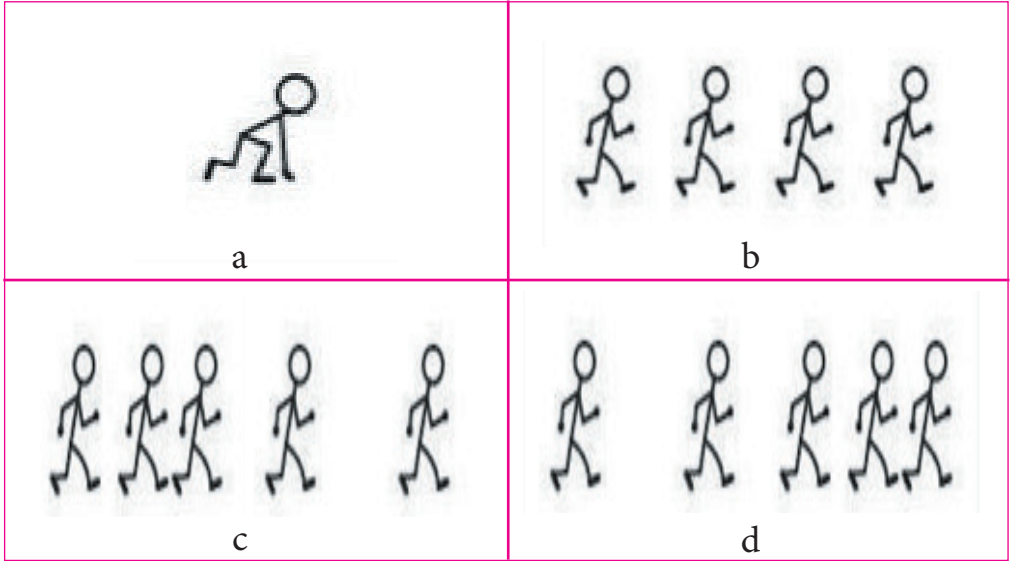
(1) التسارع (العجلة) Acceleration

لقد تعلمت أن الحركة المنتظمة تمثل أبسط أنواع الحركة، وأن الجسم الذي يتحرك حركة منتظمة يسير بسرعة ثابتة في خط مستقيم، ولكن ومن واقع خبراتنا اليومية، نلاحظ أن عدد قليل من الأجسام يتحرك بهذه الكيفية.

الآن سنتعرف على نوع أكثر تعقيداً من أنواع الحركة.

تغير السرعة المتجهة changing Velocity

أدرس مخطط الحركة لعداء تتطلق من السكون بالشكل (1). كيف تصف حركة العداء في كل حالة؟ وما أهم ملاحظة في هذا المخطط التوضيحي؟



شكل (1):

في الشكل (a) لا تتحرك العداء، أما في الشكل (b) فتتحرك بسرعة منتظمة، وتزيد من سرعتها في الشكل (c) وتباطأ في الشكل (d)

(i) كيف استنتجت ذلك؟

(ii) ما المعلومات التي استخدمتها للتمييز بين الحالات المختلفة للحركة.

الملاحظة المهمة في المخطط التوضيحي للحركة، هو المسافة بين المواقع المتعاقبة للعداء،

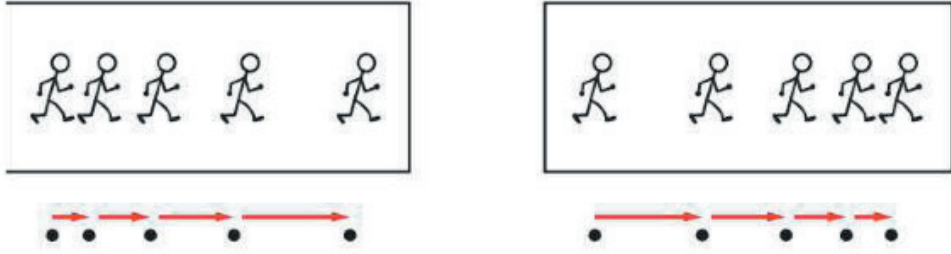
فبملاحظة المسافة التي تتحركها العداء خلال فترات زمنية متساوية يمكنك تحديد إذا كانت العداء:

a- تقف ساكنة.

b- تتحرك بسرعة منتظمة.

c- تتسارع.

d- تتباطأ.



شكل (2) نموذج الجسيم النقطي لحركة العداء، يوضح التغير في سرعته من خلال التغير في المسافات الفاصلة بين نقاط الموقع، وكذلك من خلال التغير في أطوال متجهات السرعة. مما تقدم نجد أن كلا النوعين من التمثيلات المتكافئة يعطي تصوراً عن كيفية تغير سرعة جسم ما.

منحنى السرعة المتجهة - الزمن Velocity - Time Graph

لتمثيل العلاقة البيانية بين السرعة والزمن، فيما يسمى منحنى (السرعة المتجهة -

الزمن) ندرس مخطط الحركة التالي الذي يوضح قراءة عداد السرعة لسيارة تتطلق من السكون لتزداد سرعتها في أثناء سيرها على طريق مستقيم.



شكل (3)

ومن خلال المخطط شكل (3) يمكن رصد العلاقة بين السرعة بوحدة (m/s) والزمن بوحدة (s) في الجدول التالي:

جدول (١): السرعة المتجهة - الزمن	
الزمن (s)	السرعة المتجهة (m/s)
0.00	0.00
1.00	5.00
2.00	10.00
3.00	15.00
4.00	20.00
5.00	25.00

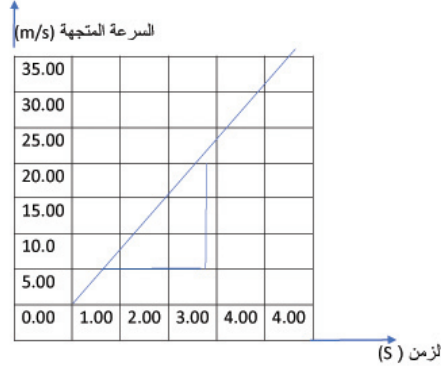
وبملاحظة الجدول، نجد أن سرعة السيارة تزداد بمعدل ثابت حيث تزداد كل ثانية بمقدار (5m/s)، ويعبر هذا المقدار عن التسارع (العجلة)، وتحسب من العلاقة التالية:

$$\text{التسارع (العجلة)} = \frac{\text{التغير في السرعة}}{\text{زمن التغير}} = \frac{\text{السرعة النهائية} - \text{السرعة الابتدائية}}{\text{الزمن النهائي} - \text{الزمن الابتدائي}}$$

$$a = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \frac{20-10}{3-1} = 5\text{m/s}$$

تمثيل العلاقة البيانية للسرعة المتجهة - الزمن:

$$5.00 \text{ m/s}^2 = \frac{10.0 \text{ m/s}}{2.00 \text{ s}} = \frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \text{الميل}$$



شكل (4)

تم اختيار الاتجاه الموجب في اتجاه حركة السيارة نلاحظ أن الرسم البياني عبارة عن خط مستقيم، بمعنى أن سرعة السيارة تتزايد بمعدل منتظم.

ويمكن إيجاد المعدل الذي تتغير فيه سرعة السيارة بحساب ميل الخط المستقيم في منحنى (السرعة المتجهة - الزمن)

يعرف المعدل الزمني لتغير السرعة المتجهة لجسم بتسارع الجسم (عجلة الجسم)، ويرمز له بالرمز a

وعندما تتغير سرعة جسم بمعدل ثابت يكون له تسارع ثابت.

التسارع المتوسط والتسارع اللحظي: Average and Instantaneous Acceleration

التسارع المتوسط لجسم: التغير في السرعة المتجهة لجسم خلال فترة زمنية مقسوماً على هذه الفترة الزمنية ويقاس بوحدة m/s^2

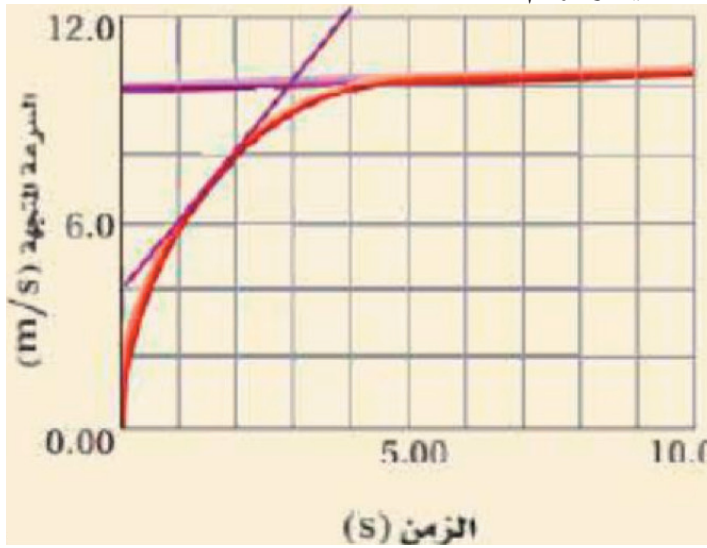
التسارع اللحظي: التغير في السرعة المتجهة خلال فترة زمنية صغيرة جداً.

يمكن إيجاد التسارع اللحظي لجسم برسم خطأ مماسياً لمنحنى (السرعة المتجهة- الزمن) عند اللحظة المراد حساب التسارع عندها.

مثال (1):

كيف تصف السرعة المتجهة والتسارع لحركة سيارة من خلال منحنى (السرعة المتجهة- الزمن)، الموضح في الرسم؟

(i) عملية التحليل والرسم:



بتأمل الرسم البياني نلاحظ أن السرعة المتجهة للسيارة بدأت من الصفر، وتزايدت بسرعة خلال الفترة الزمنية الأولى، وعندما بلغت حوالي 10.0m/s بقيت ثابتة.

المعلوم: V متغير $a = ?$ المجهول

(ii) إيجاد الكمية الفيزيائية المجهولة:

أرسم مماساً للمنحنى عند الزمن $t = 4s$ ، ثم أرسم مماساً آخر عند الزمن $t = 6.0$

التسارع a عند $t = 4s$ (ميل الخط عند $4s$)

$\frac{\text{المقابل}}{\text{المجاور}} = \text{الميل}$

$$a = \frac{(18.0-4.0)m/s}{(4.5-0)s}$$

التسارع عند 5.5s (ميل الخط عند 5.5s)

$$a = \frac{(18.2-18.0)m/s}{(9.0-0.0)s} = 0.2m/s^2$$

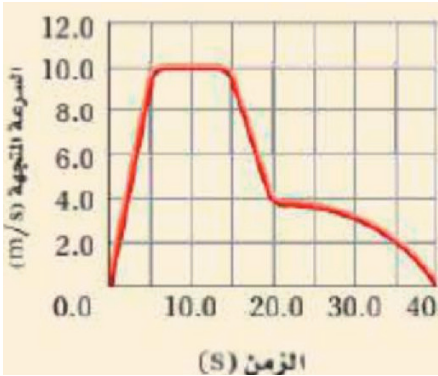
التسارع غير ثابت، لأنه يتغير من $0.8m/s^2$ في اللحظة 4s إلى $0.2m/s^2$ في اللحظة 5.5s، وذلك في الاتجاه الموجب، لأن القيمتين موجبتان.

(iii) تقويم الإجابة:

هل الوحدات صحيحة؟ يقاس التسارع بوحدة m/s^2

تقويم ذاتي:

مستخدماً الشكل التالي الذي يبين منحني (السرعة المتجهة- الزمن) لركشة - لعبة أطفال جد التسارع المتوسط للعبة الأطفال خلال الفترات الزمنية الآتية:



a- من 0.0s إلى 15.0s

b- من 20.0s إلى 25.0s

c- من 0.0s إلى 10.0s

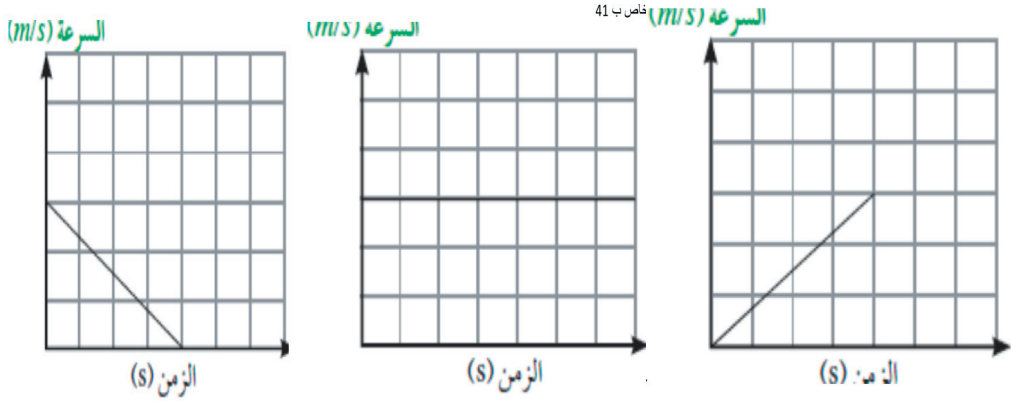
أنواع التسارع:

للتعرف على أنواع التسارع (العجلة)، أدرس مخططات الحركة في الشكل (5) الذي يوضح حركة خرزة أو بلية صغيرة على سطح أملس متغير الميل.



شكل (5)

عند صعود البلية المستوى المائل تقل سرعتها بمرور الزمن، ويكون التسارع سالباً.
عند تحرك البلية على مستوى أفقي أملس، فإن سرعتها لا تتغير، ويكون التسارع صفراً.
عند هبوط البلية من المستوى المائل، تزداد سرعتها بمرور الزمن، ويكون التسارع موجباً.



الزمن (s): تسارع موجب الزمن (s): تسارع صفر الزمن (s): تسارع سالب

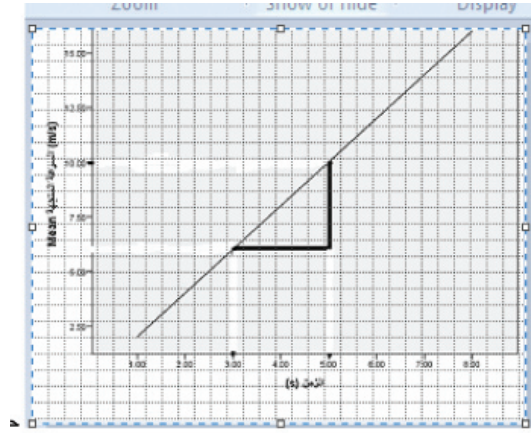
شكل (6)

تطبيقات في الحياة اليومية:

بداخل كل سيارة ثلاث أدوات للتحكم في مقدار السرعة واتجاهها. هذه الأدوات هي:
دواسة الوقود لزيادة السرعة، دواسة الفرامل لتقليل السرعة، وعجلة القيادة (الدركسون) لتغيير اتجاه الحركة.

حساب التسارع من منحنى السرعة المتجهة - الزمن:

Determining Acceleration from V-t Graph



شكل (7)

يعبر الرسم البياني (السرعة المتجهة- الزمن) في الشكل (7) عن حركة سيارة في مخطط حركة تم فيه رصد العلاقة بين السرعة المتجهة بوحدة m/s والزمن بوحدة s في الجدول التالي:

جدول (٢): السرعة المتجهة - الزمن	
السرعة المتجهة (m/s)	الزمن (s)
2.0	1.0
4.0	2.0
6.0	3.0
8.0	4.0

10.0	5.0
12.0	6.0
14.0	7.0
16.0	8.0

$$m/s^2 \ 2 = \frac{6}{3} = \frac{10-4}{5-2} = \frac{\Delta y}{\Delta t} = \text{الميل}$$

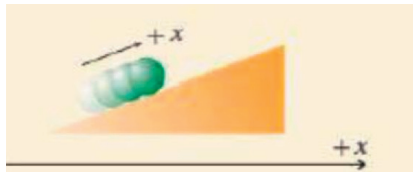
نلاحظ أن الرسم البياني لمخطط حركة السيارة، عبارة عن خط مستقيم، وهذا يعني أن السرعة المتجهة للسيارة تتزايد بمعدل منتظم ويمكن الحصول على التسارع بحساب ميل الخط المستقيم.

مثال (2):

كرة تصعد مستوى مائل بسرعة ابتدائية 3.5 m/s، وتتباطأ لمدة 3.00s، ثم تقف لحظة، ثم تتدحرج أسفل المستوى المائل، صف حركة الكرة؟ وإذا تم اختيار الاتجاه الموجب في اتجاه المستوى المائل إلى أعلى ونقطة الأصل عند نقطة بدء الحركة، فما مقدار واتجاه تسارع الكرة عندما تصعد الكرة المستوى المائل؟

(i) عملية التحليل والرسم:

- أرسم المخطط التوضيحي للحركة، ونموذجاً للجسم النقطي.
- رسم - مستوى مائل



- أرسم نظاماً إحداثياً اعتماداً على نموذج الجسم النقطي.

$$v_i = +3.5 \text{ m/s}$$

$$a = ?$$

$$v_f = 0.0 \text{ m/s} \text{ عندما } t = 3.0 \text{ s}$$

رسم - نموذج الجسيم النقطي

البداية



النهاية

(ii) إيجاد الكمية الفيزيائية:

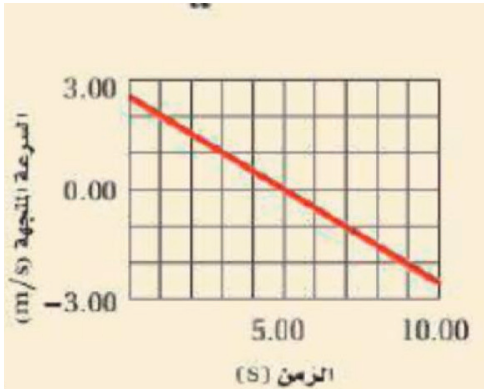
جد مقدار التسارع من ميل الخط البياني

رسم بياني : السرعة - الزمن

بالتعويض $t_f = 3.0s$ ، $t_i = 0.00s$

$$\Delta v = v_f - v_i$$

$$= 0.00 - 3.5$$



بالتعويض $t_f = 3.0s$ ، $t_i = 0.00s$

$$\Delta t = 3.0 - 0.00s$$

$$= 3.00$$

جد قيمة التسارع:

بالتعويض

$$\Delta t = 3.0s, \Delta v = -3.5$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{-3.5m/s}{3.00s}$$

مقدار تسارع الكرة $1.2m/s$ ، واتجاهه أسفل المستوى المائل

خلاصة:

تتشابه السرعة المتجهة والتسارع في أن كليهما عبارة عن معدل تغير، فالتسارع هو المعدل الزمني لتغير السرعة المتجهة، والسرعة المتجهة هي المعدل الزمني لتغير الإزاحة ولكل من السرعة المتجهة والتسارع قيم متوسطة وقيم لحظية.

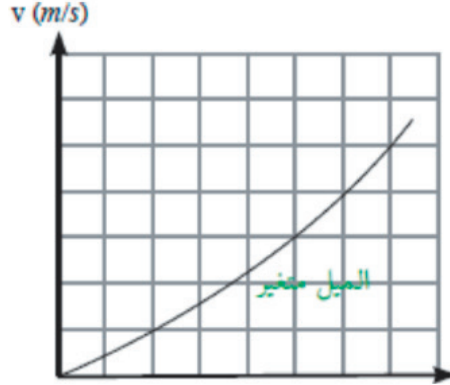
تقويم ذاتي:

يقف بنيامين على بعد 10m إلى الشرق من نقطة الأصل، ويقف آدم على بعد 10m إلى الغرب من نقطة الأصل، وذلك عند الزمن $t = 0$. فإذا ركض كلاهما بسرعة منتظمة مقدارها 3.5m/s في اتجاه الشرق أجب عما يلي:

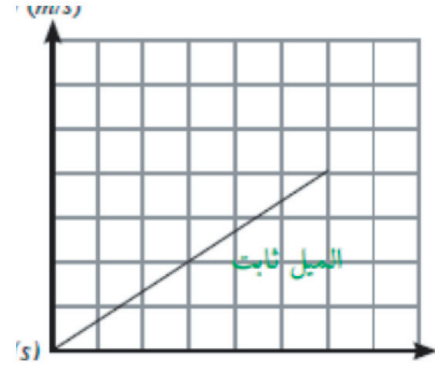
- ما الفرق بين الخططين البيانيين الممثلين لحركة كل من بنيامين وآدم في منحنى (الموقع- الزمن)؟
- ما الفرق بين الخططين البيانيين الممثلين لحركة بنيامين وآدم في منحنى (السرعة المتجهة- الزمن)؟

(2) الحركة بتسارع ثابت motion with constant Acceleration

تعلمت أن التسارع (العجلة) هي التغير في السرعة خلال وحدة الزمن، وقد يكون التسارع منتظماً (ثابتاً) وقد يكون متغيراً.



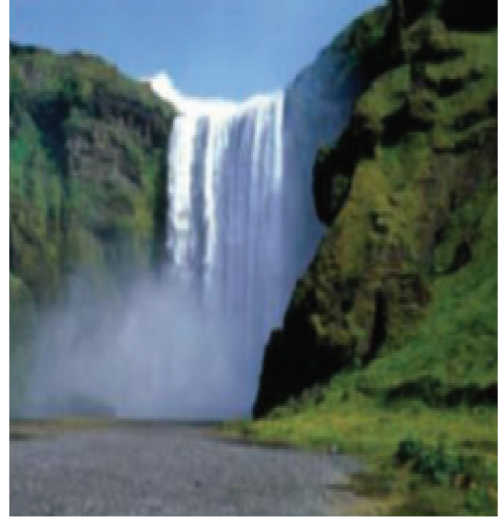
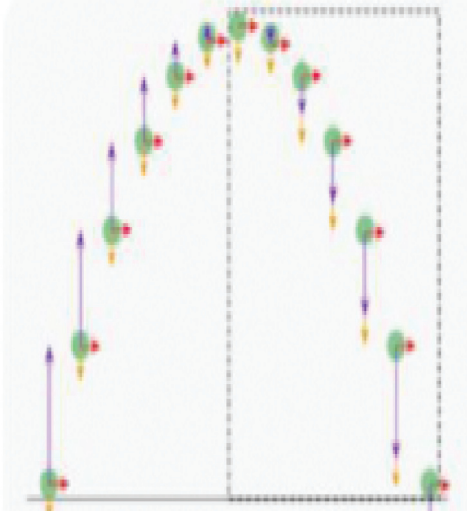
شكل (9) لحركة بعجلة متغيرة



شكل (8): الحركة لعجلة منتظمة

لماذا تعتبر حركة جسم بعجلة منتظمة ذات أهمية خاصة؟

من الملاحظ أن الكثير من الحركات في الطبيعة تتم بتسارع منتظم، مثل سقوط الأجسام بالقرب من سطح الأرض، وحركة المقذوفات.



شكل (10): حركة تساقط الماء من قمة شلال شكل (11): حركة المقذوفات

ويمكن معالجة المعادلات الرياضية لكل من السرعة المتوسطة والتسارع المتوسط لإيجاد الموقع الجديد والسرعة الجديدة على الترتيب بعد فترة زمنية ما، وذلك بدلالة المتغيرات الأخرى، فإذا افترضنا أن جسمًا يتحرك في خط مستقيم بتسارع منتظم (a)، فإذا بدأ الحركة بسرعة ابتدائية (v_i) ليقطع إزاحة (d) خلال فترة زمنية (t) وأصبحت سرعته النهائية (v_f) فإنه يمكن وصف حركة هذا الجسم بمعادلات تعرف بمعادلات الحركة.

a. السرعة المتجهة بدلالة التسارع المتوسط: Velocity with Average Acceleration

باستخدام التسارع المتوسط لجسم خلال فترة زمنية، يمكننا تعيين مقدار التغير في سرعته المتجهة خلال هذه الفترة الزمنية.

لقد علمت أن التسارع المتوسط يعرف بـ:

$$\vec{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

ويمكن إعادة صياغته بالصورة:

$$\Delta v = \vec{a} \Delta t$$

$$v_f - v_i = \vec{a} \Delta t$$

وبذلك يمكن كتابة العلاقة بين السرعة المتجهة النهائية والتسارع المتوسط على النحو التالي:

$$v_f = v_i + \vec{a} \Delta t \quad \text{السرعة المتجهة النهائية بدلالة التسارع المتوسط:}$$

$$v_f = v_i + \vec{a} \Delta t \quad \dots\dots\dots (1)$$

وهذه هي المعادلة الأولى للحركة، والتي تعني أن:

السرعة المتجهة = السرعة المتجهة الابتدائية (v_i) + حاصل ضرب التسارع المتوسط في الفترة الزمنية (Δt).

في الحالات التي يكون فيها التسارع ثابتاً يكن التسارع المتوسط $\vec{a}$ مساوياً للتسارع اللحظي a . ويمكن إعادة ترتيب هذه المعادلة لإيجاد الزمن أو السرعة الابتدائية لجسم.

تقويم ذاتي:

تسير حافلة بسرعة 20km/h ، فإذا زادت سرعتها بمعدل ثابت مقداره 25m/s^2 فما السرعة التي تصل إليها الحافلة بعد 10s ؟

b. الموقع بدلالة التسارع الثابت: position with constant Acceleration

لقد توصلت بأن الجسم الذي يتحرك بتسارع ثابت يغير سرعته المتجهة بمعدل ثابت. ولكن كيف يتغير موقع الجسم المتحرك بتسارع ثابت؟

جدول (٣):الموقع - الزمن لسيارة	
الزمن s	الموقع m
0.00	0.00
1.00	7.00
2.00	15.00
3.00	20.00
4.00	28.00
5.00	40.00
6.00	50.00
7.00	60.00
8.00	



شكل (12): يزداد ميل الخط البياني في منحنى (الموقع- الزمن) لسيارة تتحرك بتسارع ثابت كلما زاد زمن الحركة

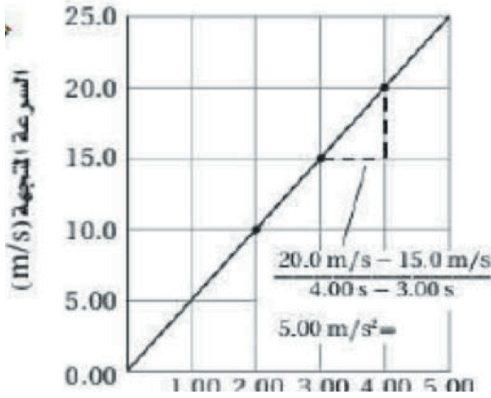
يبين الجدول (3) بيانات الموقع عند فترات زمنية مختلفة لسيارة تتحرك بتسارع ثابت، وقد مثلت بيانات الجدول (3) بالرسم البياني الشكل (12)، حيث يظهر من الرسم أن حركة السيارة غير منتظمة، ويمكن استخدام ميل الخطوط من منحنى (الموقع- الزمن) لرسم منحنى (السرعة المتجهة- الزمن).

وكما تعلمت أن السرعة المتجهة لجسم يتحرك بسرعة منتظمة تحسب من العلاقة:

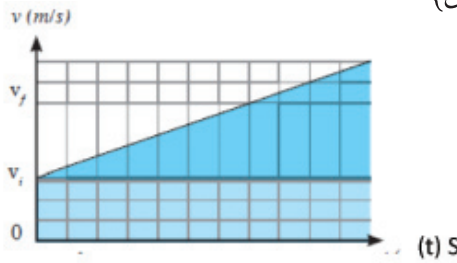
$$V = \bar{v} = \frac{\Delta d}{\Delta t}$$

أي أن: $\Delta d = \bar{v} \Delta t$

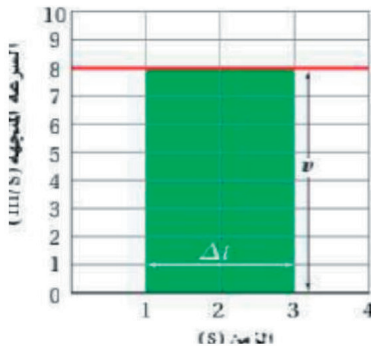
$$1.6 \text{ m/s}^2 = \frac{5}{3} = \frac{10.0 - 5.0}{5 - 2} = \text{الميل}$$



شكل (13): يمثل ميل كل من مماسات منحنى (الموقع - الزمن) في الشكل (12) قيم (السرعة المتجهة- الزمن)



شكل (14): يمكن إيجاد إزاحة جسم يتحرك بتسارع ثابت بحساب المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة- الزمن)



شكل (15): الإزاحة خلال فترة زمنية معينة تساوي عددياً المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة- الزمن)

يبين الشكل (14) منحنى (السرعة المتجهة- الزمن) لجسم يتحرك بسرعة منتظمة، وعند دراسة الشكل تحت الخط البياني للمنحنى (المستطيل المظلل) نجد أن سرعة الجسم $v = \Delta d / \Delta t$ تمثل طول المستطيل، لذلك نجد أن مساحة المستطيل هي $v \Delta t$ أو $d \Delta$ ، بمعنى أن المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة- الزمن) تساوي عددياً إزاحة الجسم.

واستناداً على ذلك يمكن استنتاج معادلة الحركة الثانية وحساب الإزاحة المقطوعة بحساب المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة- الزمن) وذلك بتقسيم المساحة تحت المنحنى إلى مستطيل ومثلث الشكل (14)

يمكن إيجاد مساحة المستطيل باستخدام العلاقة:

$$\Delta d = v_i \Delta t \quad (i)$$

مستطيل

وإيجاد مساحة المثلث باستخدام العلاقة:

$$\Delta d = \frac{1}{2} \Delta v \Delta t \quad (ii)$$

مثلث

وبما أن التسارع المتوسط يساوي

$$\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} \rightarrow \Delta v = \bar{a} \Delta t \quad (iii)$$

وبتعويض (iii) في (ii) نحصل على:

$$\Delta d = \frac{1}{2} \bar{a} (\Delta t)^2$$

مثلث

$$= \frac{1}{2} \bar{a} (\Delta t)^2$$

المساحة الكلية تحت المنحنى تساوي:

$$\Delta d = \Delta d_1 + \Delta d_2$$

Δd_1 يمثل مساحة المستطيل، Δd_2 يمثل مساحة المثلث

$$\Delta d = v_i \Delta t + \frac{1}{2} \bar{a} (\Delta t)^2$$

وعندما يكون الموقع الابتدائي d_i أو النهائي d_f للجسم معلوماً، يمكن كتابة المعادلة على النحو التالي:

$$d_f - d_i = v_i \Delta t + \frac{1}{2} \bar{a} (\Delta t)^2$$

أو

$$d_f = d_i + v_i \Delta t + \frac{1}{2} \bar{a} (\Delta t)^2$$

إذا كان الزمن الابتدائي $t_i = 0$ ، فإن التغير في الموقع بدلالة التسارع المتوسط تحسب بالعلاقة:

التغير في الموقع بدلالة التسارع المتوسط

$$\Delta d = v_i t + \frac{1}{2} \bar{a} t^2$$

$$\Delta d = v_i t + \frac{1}{2} \bar{a} t^2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

تذكر: عندما يتحرك الجسم في خط مستقيم وفي اتجاه ثابت فإن مقدار الإزاحة يساوي المسافة المقطوعة، وفي هذه الحالة يمكن اعتبار (d) هي نفسها المسافة المقطوعة (s) عندما يتحرك الجسم في خط مستقيم وفي اتجاه متغير، كما في حالة الجسم المقذوف إلى أعلى حيث الصعود عكس اتجاه الهبوط، فإن مقدار الإزاحة لا يساوي المسافة المقطوعة (s).

فكر:

ابتدع طرق أخرى للحصول على معادلة الحركة الثانية

يمكن استنتاج معادلة حركة أخرى، تتضمن الموقع والسرعة المتجهة والتسارع الثابت بدون معرفة الزمن. وذلك بإعادة ترتيب المعادلة (1):

$$v_f = v_i + \bar{a} t$$
$$t = \frac{v_f - v_i}{\bar{a}}$$

وبالتعويض عن قيمة (t) في المعادلة (2):

$$\Delta d = v_i \left(\frac{v_f - v_i}{\bar{a}} \right) + \frac{1}{2} \bar{a} \left(\frac{v_f - v_i}{\bar{a}} \right)^2$$

وبحل هذه المعادلة لإيجاد السرعة النهائية v_f عند أي زمن t، يمكن الحصول على المعادلة الثالثة للحركة (السرعة بدلالة التسارع الثابت).

$$v_f^2 = v_i^2 + 2\bar{a} \Delta d \quad \text{السرعة المتجهة بدلالة التسارع الثابت}$$

$$v_f^2 - v_i^2 = +2\bar{a} \Delta d \dots \dots \dots (3)$$

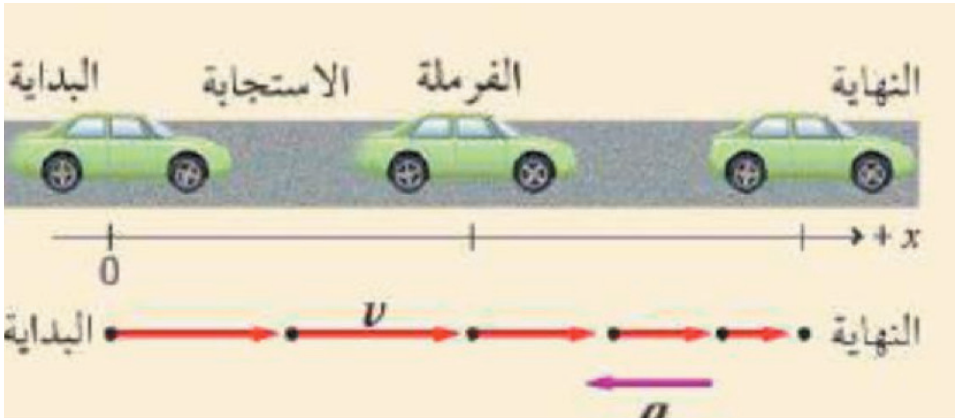
توصلنا الآن لثلاث معادلات تنطبق على الحركة ذات التسارع المنتظم، وهي كافية لوصف الحركة في أي موقف يكون فيه التسارع (العجلة) منتظم، وبما أن جميع الكميات الفيزيائية في هذه المعادلات متجهة باستثناء الزمن، لذلك يجب تحديد الاتجاه الموجب، مثلاً إذا اعتبرنا الاتجاه إلى اليمين موجباً، فإن كلاً من الإزاحة والسرعة والتسارع (العجلة) تكون موجبة إذا كانت لليمين وسالبة إذا كانت للييسار.

مثال (3): مسافة الاستجابة ومسافة الفرملة:

يقود رجل سيارته بسرعة منتظمة مقدارها 30m/s ، وفجأة لاحظ طفلة تركض في الشارع، فإذا كان زمن الاستجابة اللازم ليدوس فرامل السيارة هو 0.5s ، فتباطأت السيارة بتسارع ثابت 10m/s^2 حتى توقفت. أحسب المسافة الكلية التي قطعتها السيارة قبل أن تقف؟

(i) عملية التحليل والرسم:

- مثل المسألة بالرسم.



- اعتبر اتجاه سير السيارة هو الاتجاه الموجب.

- أرسم مخططاً توضيحياً للحركة، وعين عليه v ، a

$$v_i = 30\text{m/s} \quad , \quad v = 30\text{m/s}$$

الفرملة الاستجابة

$$v_f = 0.00\text{m/s} \quad , \quad \Delta t = 0.5\text{s}$$

$$\bar{a} = a = (-10.0\text{m/s}^2)$$

الفرملة

(ii) إيجاد الكمية الفيزيائية المطلوبة:

الاستجابة: أحسب المسافة التي تتحركها السيارة بسرعة منتظمة.

$$d = v t$$

الاستجابة الاستجابة الاستجابة

$$= (30\text{m/s}) (0.5\text{s}) = 15.0\text{m}$$

الفرملة: أحسب المسافة التي تتحركها السيارة في أثناء عملية الفرملة حتى تقف.

$$v_f^2 = v^2 + 2a (d)$$

الفرملة الفرملة الاستجابة الفرملة

$$d = \frac{v_f^2 - v^2}{2a} = \frac{(0.00\text{m/s}^2) - (30\text{m/s})^2}{2(-10.0\text{m/s}^2)} = 45\text{m}$$

المسافة الكلية: مسافة الاستجابة + مسافة الفرملة

$$d (\text{الكلية}) = d (\text{الاستجابة}) + d (\text{الفرملة})$$

$$15.0\text{m} + 45.0\text{m} = 60.0\text{m} =$$

تقويم الإجابة:

- هل الوحدات صحيحة؟ تقاس الإزاحة بوحدة المتر m
- هل للإشارات معنى؟ كل من الاستجابة d والفرملة d موجبة، لأنها في اتجاه الحركة.
- هل الإجابة منطقية؟ مسافة الفرملة صغيرة، فهي منطقية، لأن مقدار التسارع كبير.

مهارات الحياة:

- تجنباً لمخاطر السرعة الزائدة، وحرصاً على الأرواح، يجب إتباع الإرشادات المرورية، مثل ترك مسافة مناسبة بينك وبين السيارة التي أمامك حتى يمكنك التوقف بأمان عند توقف السيارة التي أمامك بصورة مفاجئة.

ويتم مراعاة زيادة هذه المسافة كلما زادت سرعة سيارتك، وأيضاً على الطرق المبللة أو المغطاة بالزيت. وتحتاج الشاحنات الكبيرة إلى مسافات أكبر.

- قم بزيارة قسم شرطة المرور وتعرف على مساحات التوقف النموذجية.

قضية للحوار:

- هل الالتزام بإتباع الإرشادات المرورية ضرورة حضارية ذات أبعاد وطنية؟ وهل لها علاقة بإصحاح البيئة؟ ناقش ذلك.

تقويم ذاتي:

(1) تهبط طائرة على مدرج المطار، إذا كانت سرعتها عند ملامستها لأرض المدرج (160km/h) وتم تبطئتها بمعدل منتظم قدره (0.5m/s^2) ما الزمن الذي تستغرقه الطائرة للتوقف؟

(2) تقود سارا سيارتها بسرعة منتظمة مقدارها (50m/s) ، وتفاجأت بطفل يركض في الطريق فإذا كان زمن الاستجابة اللازم لتضغط على الفرامل (0.45s) فتباطأت السيارة بتسارع منتظم قدرها (10m/s^2) حتى توقفت، أحسب الإزاحة الكلية التي قطعها السيارة قبل التوقف.

Acceleration (العجلة) التسارع (1)	
المفاهيم الرئيسية: يمكن استخدام منحني (السرعة المتجهة- الزمن) لإيجاد سرعة جسم وتسارعه. يمكن استخدام كل من منحنيات (السرعة المتجهة- الزمن) والمخططات التوضيحية للحركة لتحديد إشارة تسارع الجسم. عندما تتغير سرعة جسم بمعدل منتظم يكون له تسارع ثابت. التسارع المتوسط لجسم يساوي ميل الخط البياني لمنحني السرعة المتجهة - الزمن. $\bar{a} = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_i}{t_f - t_i}$ تدل متجهات التسارع المتوسط في مخطط الحركة على مقدار واتجاه التسارع المتوسط خلال فترة زمنية ما. عندما يكون التسارع والسرعة في الاتجاه نفسه تزداد سرعة الجسم، عندما يكونان متعاكسين في الاتجاه تتناقص سرعته. التسارع اللحظي هو التغير في السرعة عند لحظة زمنية محددة	المفردات منحني (السرعة المتجهة - الزمن) التسارع التسارع المتوسط التسارع اللحظي

(2) الحركة بتسارع ثابت motion with constant Acceleration

المفاهيم الرئيسية:

إذا علم التسارع الثابت خلال فترة زمنية ما أمكن إيجاد

التغير في السرعة المتجهة خلال هذا الزمن

$$v_f = v_i + a\Delta t$$

المساحة تحت منحنى (السرعة المتجهة- الزمن) لجسم

متحرك يساوي مقدار إزاحته

في الحركة بتسارع ثابت، ترتبط العلاقة

$$d_f = d_i + v_i t_f + \frac{1}{2} a \Delta t_f^2$$

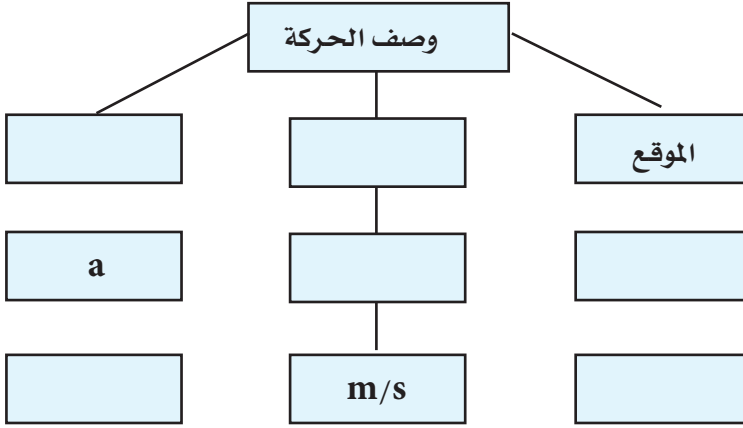
بين الموقع والسرعة المتجهة والتسارع والزمن.

يمكن إيجاد السرعة المتجهة لجسم يتحرك بتسارع ثابت

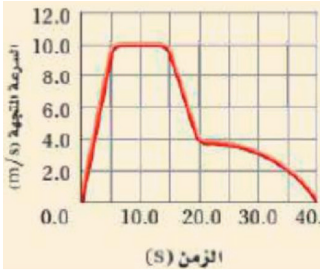
باستخدام المعادلة $v_f^2 = v_i^2 + 2a(d_f - d_i)$

تقويم الفصل

1/ أكمل الخريطة المفاهيمية التالية مستخدماً الرموز والمصطلحات المناسبة.



2/ الرسم يوضح منحني (السرعة المتجهة- الزمن) لقطار (لعبة)،



أجب عن الأسئلة التالية:

- (i) متى كان القطار يتحرك بسرعة منتظمة؟
- (ii) خلال أي فترات زمنية كان تسارع القطار موجباً؟
- (iii) متى اكتسب القطار أكبر تسارع سالب؟
- (iv) جد التسارع المتوسط للقطار خلال الفترات الزمنية:

من: 0.0s إلى 5.0s

15.0s إلى 20.0s

0.0s إلى 35.0s

3/ سيارة سباق تزداد سرعتها من 3.0m/s إلى 39 خلال فترة زمنية مقدارها 3.0s جد تسارعها المتوسط؟

4/ تباطأت سرعة سيارة سباق من 40m/s إلى 15m/s خلال فترة زمنية 3.0s ما تسارعها المتوسط؟

5/ يسير قارب بسرعة 3m/s في عكس اتجاه جريان نهر، ثم يدور حول نفسه وينطلق في اتجاه جريان النهر بسرعة 6.0m/s . إذا كان الزمن الذي استغرقه القارب في الدوران 10.0s :

جد السرعة المتجهة المتوسطة للقارب؟

ما التسارع المتوسط للقارب؟

6/ تسير سيارة بسرعة 40.0km/h ، فإذا زادت سرعتها بمعدل ثابت مقدار 4.5m/s^2 ما السرعة التي تصل إليها السيارة بعد 10.0s ؟

7/ تتباطأ حافلة ركاب سرعتها 30.0m/s بمعدل ثابت مقدار 3m/s^2 . أحسب الزمن الذي تستغرقه السيارة لتصبح سرعتها 2.0m/s .

الوحدة الثالثة

القوة

الفصل الأول

الأهداف:

ما الذى ستتعلمه فى هذا الفصل؟

بعد دراستك لهذا الفصل سوف تكون قادراً على أن:

- تحدد أنواع القوى الموجودة فى الطبيعة.
- تعرف قوانين نيوتن.
- تستخدم قوانين نيوتن فى حل المسائل.
- تصنف القوى وفق العوامل المسببة لها.
- توضح قوى الشد التى تنشأ فى الخيوط والحبال باستخدام قانون نيوتن الثالث.
- تعرف القوة العمودية.
- تحدد القوة العمودية بتطبيق قانون نيوتن الثانى.

(١) القوة والحركة :

تأثير القوة: كانت دراسة الوحدة الثانية في هذا الكتاب دراسة وصفية تقوم على معرفة السرعة والتسارع والإزاحة للأجسام المتحركة . ولكننا لم نتعرض لأسباب الحركة ، والذي يجعل الأجسام تتحرك ؟ ولماذا تتحرك الأجسام بالكيفية التي تتحرك بها ؟ أول ما يتبادر للذهن أن الحركة مرتبطة بالقوى مثل :

- قوة جذب المغناطيس للمسمار .
 - قوة التجاذب أو التنافر بين كرتين مشحونتين شحنة كهربائية .
 - قوة جذب الأرض للأجسام فوق سطحها .
- كلها تؤدي إلى تغيير في حركة الأجسام .
- يعتمد علم الميكانيكا أساساً على مفهومي القوة و الحركة وارتباطهما الوثيق ببعضهما البعض . فحدوث أي حركة يقترن بوجود قوة تحدث تلك الحركة .
- يوجد العديد من أنواع القوة الموجودة في الطبيعة وهي :
- أ- قوى أساسية:

- قوى الجاذبية .
- القوى الكهرومغناطيسية .
- القوى النووية القوية .
- القوى النووية الضعيفة .

ب- قوى غير أساسية:

- القوة العمودية .
- قوة الاحتكاك .
- قوة الشد .
- قوة المرونة .

أنواع القوى من حيث نوع التأثير:

- قوى متصلة (تلامس) : هي القوى التي يؤثر بها جسم في جسم آخر ملامس له .
- قوى الاحتكاك - القوى العمودية .
- قوى غير متصلة (مجالية) : هي القوى التي تؤثر على الجسم عن بعد مثل :
- قوى الجاذبية - القوى الكهربائية - القوى المغناطيسية .

((٢) قوانين نيوتن في الحركة على خط مستقيم:

يعتمد بيان مفهوم القوة على توضيح قوانين نيوتن الثلاث وإدراك معانيها وربطها بقوانين الحركة . وهنا لابد من التأكيد على أن قوانين نيوتن الثلاث تبقى صحيحة وتطبق على نطاق واسع جداً باستثناء حالتين هما :

الحالة الأولى : إذا كانت الأجسام متناهية في الصغر وهي تلك الأجسام التي يتعذر رؤيتها بالعين المجردة كالذرات والجزيئات.

الحالة الثانية : إذا كانت الاجسام تسير بسرعة عالية جداً بحيث تكون سرعتها قريبة من سرعة الضوء.

قانون نيوتن الأول في الحركة :

كان الاعتقاد السائد قديماً أنه لكي يبقى الجسم متحركاً بسرعة ثابتة لابد من استمرار القوة المؤثرة على ذلك الجسم .ولكن بين جاليليو بالتجربة وباستخدام سطح أفقي أملس أن الجسم المتحرك يبقى متحركاً بسرعة ثابتة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة تؤدي لإيقافه . هذا الاستنتاج الذي توصل اليه جاليليو يصح فقط في حالة الوضع المثالي والذي يفترض انعدام قوة الاحتكاك بين الجسم المتحرك وسطح التحرك .

في محاولة لبلورة المفاهيم الفيزيائية وتحديد العلاقة بين الأجسام وحالتها الحركية ، استطاع نيوتن أن يحدد أول هذه المفاهيم ، بعزل القوة عن الجسم الذي تؤثر عليه ، وذلك عندما يفترض أن محصلة هذه القوى المؤثرة على الجسم تساوي الصفر، ومادام الأمر كذلك فإن تسارع الجسم يساوي الصفر أيضاً. وبناءً على هذا الافتراض شخّص نيوتن حالتين إثنتين :

الحالة الأولى : إذا كانت محصلة القوى الخارجية المؤثرة على جسم ساكن تساوي الصفر فإن الجسم سوف يبقى ساكناً .

الحالة الثانية : إذا كانت محصلة القوى الخارجية المؤثرة على جسم يتحرك في خط مستقيم بسرعة ثابتة تساوي الصفر ، فإن الجسم سوف يستمر في حركته بسرعة ثابتة ما لم تؤثر عليه قوة خارجية جديدة.

إن الحالة الأولى تأتي متوافقة مع ملاحظتنا اليومية مباشرة ولاصعوبة على الإطلاق في إدراك مفهومها ، لعلنا نتأمل مجموعة من الاجسام الساكنة في المحيط الذي نتواجد فيه بهدف تعميق فهمنا ومطابقة القانون واقعياً .

أما الحالة الثانية فهي الحالة التي نفترض فيها انعدام محصلة القوى التي تعيق حركة الجسم بسرعة ثابتة وهذه الحالة نلاحظها في حركة السيارات والسفن والطائرات حيث تسير هذه الناقلات بسرعة منتظمة في معظم الأحيان بسبب تساوي قوة الاحتكاك مع قوة الآلة المحركة . كما أن الحالة الأولى لهذا القانون (قانون القصور الذاتي) تشير إشارة هامة إلى شروط التوازن في علم الحركة وذلك بمقتضى أن محصلة القوى الخارجية المؤثرة على الجسم تساوي صفراً يعني بالضرورة أن الجسم ساكناً أي أن محصلة القوى = صفر

نص قانون نيوتن الأول في الحركة: يبقى الجسم الساكن ساكناً والمتحرك متحركاً بنفس السرعة والاتجاه ما لم تؤثر عليه قوة خارجية فتغير من حالته الحركية.

يصف هذا القانون ميل الأجسام للمحافظة على حالتها الحركية وممانعة تغييرها ، وهذا ما يعرف بخاصية القصور الذاتي للأجسام ، لذا يسمى قانون نيوتن الأول بـ قانون القصور الذاتي . وهذه الخاصية تعتمد على كتلة القصور للجسم وتزداد بازديادها . هذا يعني أن تغيير الحالة الحركية للجسم تكون أصعب كلما كانت كتلة القصور له أكبر .

كتلة القصور : هي مقدار الممانعة التي يبديها الجسم ضد القوة التي تحاول تغيير حالته الحركية.

الصيغة الرياضية لقانون نيوتن الأول:

محصلة القوى المؤثرة على الجسم = صفر ----- (1)

إن الأهمية الكبرى لقانون نيوتن الأول في الحركة تكمن في استخدامه لتعريف القوة . فإذا انعدمت القوة المؤثرة في جسم ما فإن ذلك سيؤدي إلى ثبات الحالة الحركية ، في حين أن وجود القوة قد يؤدي إلى تغير الحالة الحركية .

وهناك عدد من العوامل تغير من الحالة الحركية للجسم هي :

أ- تغير مقدار القوة.

ب- تغير مقدار أوتجاه السرعة أو الاثنان معاً .

ج- تغير مقدار كتلة الجسم: ويتجلى ذلك في حالة شخص يحمل جوال من الرمل يتسرب منه الرمل أو جردل ماء يتسرب منه الماء حيث يمكنه أن يزيد مقدار سرعته ، فتتغير حالة الحركة .

د- كمية الحركة : نسبة لأن تغير الكتلة أو تغير مقدار أوتجاه السرعة سيؤدي إلى تغير حالة حركة الجسم.

فالقوة : هي المؤثر الذي يغير أو يعمل على تغيير حالة الجسم من سكون أو حركة بسرعة

منتظمة في خط مستقيم .

الكتلة : نستطيع من قانون نيوتن الأول أن نعرف الكتلة كمقياس لخاصية القصور الذاتي للمادة ،وهي كمية ثابتة تمثل مقدار ما يحتويه الجسم من مادة ، لاتعتمد على الحالة الحركية للجسم ولا على موقعه على سطح الأرض . وكما سبق أن عرفنا أن الوحدة الدولية التي تقاس بها الكتلة هي الكيلوجرام .

الكيلوجرام : يساوي كتلة قياس جسم متفق عليها عالمياً ومحفوظ في متاحف ومختبرات دولية بفرنسا في درجة حرارة 4 درجة مئوية وضغط جوي واحد .

ملاحظة :للكتلة وحدات قياس أصغر من الكيلوجرام مثل الجرام كما أن هناك وحدات قياس أكبر من الكيلوجرام مثل الطن .

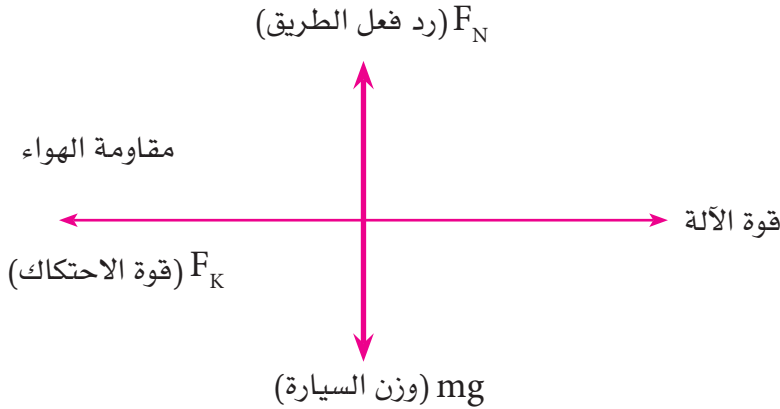
$$\text{الكيلوجرام} = 1000g .$$

$$\text{الطن} = 1000kg .$$

مثال (1) :

ماهي القوى التي تؤثر على عربة تسير بسرعة منتظمة في خط مستقيم؟
مارأيك في هذه القوى ؟

الحل:



١- القوة التي تحرك العربة تعادلها قوة الاحتكاك و مقاومة الهواء .

٢- قوة وزن العربة رأسياً لأسفل تعادلها قوة رد الفعل رأسياً لأعلى .

القوة المؤثرة على العربة في حالة اتزان لأن العربة تسير بسرعة منتظمة في خط مستقيم .

مثال (2):

عربة تسير بسرعة منتظمة تحت تأثير مقاومة ثابتة مقداره 10 N لكل كيلوجرام من كتلة العربة . فإذا كانت كتلة العربة 400 kg فما هي القوة التي تحرك العربة؟

الحل:

قوة المحرك $\longleftrightarrow$ مقاومة الاحتكاك

هناك قوتان تؤثران على العربة هما قوة محرك العربة وقوة الاحتكاك

$$\text{المقاومة} = 400 \times 10 = 4000 \text{ N}$$

ولأن العربة تسير بسرعة منتظمة فإن محصلة القوى عليها تساوي صفر .
أي أن:

$$\text{القوة التي تحرك العربة} = \text{القوة المقاومة للحركة} = 4000 \text{ N}$$

محصلة القوى:

هي قوة تعمل عمل مجموعة من القوى مقداراً واتجاهاً وتساوي ناتج جمع متجهات جميع القوى المؤثرة في الجسم .

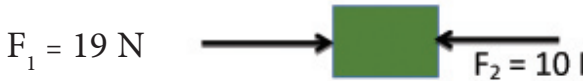
مثال (3) :

أحسب القوة المحصلة في كل حالة من الأشكال الآتية:
أ-



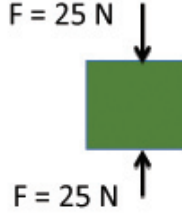
$$F_{\text{net}} = F_1 + F_2 = 10 + 8 = 18 \text{ N}$$

ب-



$$F_{\text{net}} = F_1 - F_2 = 19 - 10 = 9 \text{ N} \leftarrow \text{يتحرك الجسم في اتجاه تأثير القوة}$$

الأكبر أي لليمين.



$$F = 25 - 25 = 0 \quad \dots \text{ يبقى الجسم على حاله}$$

تقويم ذاتي :

- ١- قوتان أفقيتان إحداهما 225 والأخرى 165 N تؤثران معاً في قارب في الاتجاه نفسه أوجد القوة المحصلة التي تؤثر في القارب وما اتجاهها ؟
- ٢- يسمى قانون نيوتن الأول بقانون القصور الذاتي لماذا ؟
القصور الذاتي :

من القانون الأول لنيوتن يمكن استنتاج ان الأجسام لها ميل طبيعي للمحافظة على حالتها من حيث السكون أو الحركة المنتظمة في خط مستقيم ، وتعرف هذه الممانعة أو المقاومة للتغيير بالقصور الذاتي .

مبدأ القصور الذاتي :

إن الجسم يكون قاصراً عن تحريك ذاته بذاته الا بوجود قوة خارجية كما أنه سيكون عاجز عن ايقاف ذاته بذاته إلا بوجود قوة خارجية .
هل فكرت يوماً :

لماذا تحتاج الباخرة إلى مسافة طويلة بعد ضغط الفرامل لكي تتوقف ؟
.....
بينما تحتاج السيارة إلى مسافة قليلة بعد ضغط الفرامل لكي تتوقف ؟
من أمثلة القصور الذاتي في حياتنا :

- استمرار حركة المروحة الكهربائية لفترة بعد فصل الكهرباء عنها .
- الميل إلى الورا عندما تبدأ الحافلة الثابتة في التحرك المفاجئ .

العوامل التي تؤثر على القصور الذاتي:

١- كتلة الجسم : كلما كانت كتلة الجسم كبيرة كلما كان القصور الذاتي كبيراً والعكس صحيح .

- فتحريك سيارة صغيرة ساكنة أسهل من تحريك شاحنة ساكنة لماذا ؟ يرجع ذلك إلى ميل الشاحنة للحفاظ على وضع السكون ، أي أن قصورها الذاتي كبير نظراً لكتلتها الكبيرة .
تطبيق رياضي :

جاء التقسيم للفعاليات الرياضية كرفع الأثقال والمصارعة وغيرها من الفعاليات القتالية حسب الفئات الوزنية لماذا ؟ لأن صاحب الكتلة الأصغر سيكون صعب عليه جداً التغلب على اللاعب ذو الكتلة الأكبر.

٢- الحالة الحركية للجسم : حيث أن الجسم الساكن يحتاج إلى قوة أكبر للتغلب على قصوره الذاتي منه عندما يكون في حالة حركة .

٣- طبيعة الأرض أو السطح : لكي نتغلب على القصور الذاتي للجسم على سطح خشن نحتاج إلى قوة أكبر عما عليه لو كان السطح أملس .
فالقصور الذاتي هو مقاومة أي جسم مادي لأي تغيير في حالته الحركية .

تطبيقات قانون نيوتن الأول :

في حياتنا اليومية يمكن تفسير حدوث الأشياء حولنا طبقاً لـ قانون نيوتن الأول على سبيل المثال :

١- الوسائد الهوائية الخاصة بالسيارات : وظيفة الوسادة هي الانتفاخ عند وقوع حادث ومنع ارتطام رأس السائق بالزجاج الأمامي .

٢- الكتاب على المنضدة يظل موضوعاً في مكانه ما لم يتم إزاحته .

٣- ينصح رجال المرور سائقي السيارات بضرورة ربط أحزمة الأمان في مقاعد السيارات .

٤- يُطلب من الركاب ربط أحزمة المقاعد عند اقلاع الطائرة وهبوطها .

٥- يراعي سائقي الشاحنات ربط الأمتعة التي تحملها شاحناتهم جيداً وذلك لتفادي اندفاعها إلى الأمام عند التوقف المفاجئ .

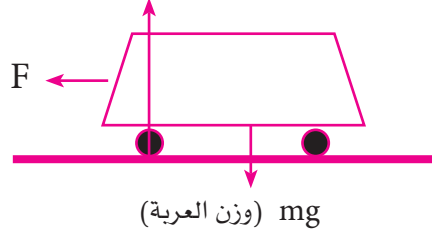
قانون نيوتن الثاني في الحركة الخطية :

استنتجنا من قانون نيوتن الأول أننا لانحتاج قوة لجعل الجسم يستمر في حركته بخط مستقيم وبسرعة ثابتة ، فلماذا تتوقف الكرة بعد فترة من ركلها؟ هل هذا يتعارض مع

مادرسناه في قانون نيوتن الأول؟

للإجابة على هذه الأسئلة نفترض أن هناك عربة ساكنة على سطح أفقي عديم الاحتكاك ، كما في الشكل (1) فإذا أثرت عليها قوة (F) نحو اليسار فهل ستبقى العربة ساكنة ؟ وما هو الاتجاه المحتمل لحركتها؟ هل ستتحرك بسرعة ثابتة أم متغيرة؟

(قوة التلامس العمودية) F_N



الشكل (1) قانون نيوتن الثاني

تقع العربة تحت تأثير عدة قوى هي: وزنها إلى أسفل ، و قوة التلامس العمودية إلى أعلى ، والقوة المؤثرة إلى اليسار حيث أن محصلة القوى المؤثرة في العربة في الاتجاه الأفقي لاتساوي صفراً فإنها لن تبقى ساكنة بل ستتحرك بتسارع نحو اليسار . وبهذا تكون القوة قد تسببت في تغيير الحالة الحركية للجسم ،لاحظ أن محصلة القوى في الاتجاه العمودي تساوي صفراً .

يصف قانون نيوتن الثاني ما يحدث للجسم عندما تؤثر عليه قوة. كما أنه يبين العلاقة بين القوة المؤثرة على الجسم والحركة التي يكتسبها. فإذا أثرت قوة أو عدة

قوى محصلتها لاتساوي صفر وكانت هذه المحصلة :

- باتجاه حركة الجسم فان سرعته سوف تزداد .
- معاكسة لاتجاه حركة الجسم فان سرعته سوف تقل .
- تأثيرها على الجسم جانبياً فان مقدار واتجاه سرعة الجسم سوف يتغيران .
- تأثيرها كان عمودياً على اتجاه حركة الجسم فإن إتجاه السرعة سوف يتغير بينما يظل مقدارها ثابتاً (سنشرح هذه الفقرة في درس الحركة الدائرية) .

عرّف نيوتن الحركة بأنها حاصل ضرب كمية المادة في السرعة والحركة عند نيوتن الآن تسمى كمية التحرك كما أن تغير الحركة يعني لديه معدل التغير في الحركة .

وقد عبر نيوتن عن ذلك بقانونه الثاني : والذي ينص على الآتي :

(تتناسب القوة F المؤثرة على جسم تناسباً طردياً مع تغير كمية حركة الجسم في وحدة

الزمن) .

فإذا تغيرت كمية حركة الجسم من (P_1) إلى (P_2) في زمن قدرة (t) فان هذا التغير في وحدة الزمن يساوي القوة (F) المؤثرة على الجسم .

ولأن كمية الحركة تساوي (الكتلة $\times$ السرعة) فإن التغير في كمية الحركة يمكن أن يكون بسبب تغير الكتلة كما في حالة الموائع وقد يكون تغير كمية الحركة بسبب تغير السرعة . ونسبة لأن التعامل مع الكتلة المتغيرة يعتبر خارج نطاق المقرر الحالي لصعوبة التعامل معه لذا ستقتصر تطبيقات القانون الثاني على حالة القوة التي تسبب تغير السرعة وبالتالي تسبب العجلة فقط .

$$F = \frac{P_2 - P_1}{\Delta t} \longrightarrow F = \frac{mv_2 - mv_1}{t_2 - t_1} \longrightarrow F = m \frac{(v_2 - v_1)}{t_2 - t_1}$$

لكن التغير في مقدار السرعة **مقسوماً** على التغير في الزمن = العجلة أي أن

$$a = \frac{(v_2 - v_1)}{t_2 - t_1} \longrightarrow F = ma$$

فإذا كانت محصلة القوى الخارجية (F) المؤثرة على جسم كتلته (m) لاتساوي الصفر فإنها سوف تكسبه تسارعاً (a) يتجه باتجاه المحصلة يتناسب مقداره طردياً مع مقدارهذه القوة وعكسياً مع كتلة الجسم .

$$a = \frac{F}{m}$$
والكتلة هي كمية قياسية وهي التي تمانع القوة الخارجية التي تعمل على تغيير الحالة الحركية للجسم .

الصيغة الرياضية لقانون نيوتن الثاني : (2) $F = m a$

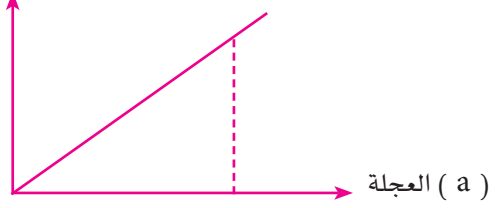
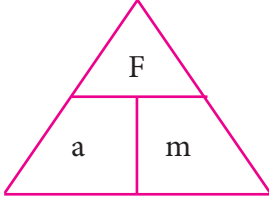
$F \equiv$ القوة المؤثرة .

$m \equiv$ كتلة الجسم .

$a \equiv$ التسارع .

(3) القوة المؤثرة - القوة المقاومة = كتلة الجسم $\times$ تسارع الجسم

العلاقة البيانية بين التسارع والقوة المسببة له :
(F) القوة



• ميل الخط المستقيم = القوة ÷ العجلة = الكتلة

تقاس الكتلة بوحدة kilogram (kg) والتسارع بوحدة m/s^2 والقوة تقاس بوحدة $kg \cdot m/s^2$ تسمى بـ . Newton (N) .

النيوتن: هو القوة التي إذا أثرت على جسم كتلته 1kg فإنها ستكسبه تسارعاً مقداره $1m/s^2$.

ومن العلاقة الرياضية لقانون نيوتن الثاني يتضح لنا مايلي:

- ١- يكون التعجيل الذي يتحرك به الجسم دائماً باتجاه محصلة القوى المؤثرة . فإذا كان اتجاه القوة المؤثرة على الجسم في نفس اتجاه حركته يكون التسارع موجباً (تعجيل) أما إذا كان اتجاه القوة المؤثرة عكس اتجاه حركة الجسم يكون التسارع سالباً (تباطؤ) .
- ٢- عندما يخضع جسم ما لتأثير قوتين باتجاهين مختلفين عندئذٍ يتحرك الجسم باتجاه محصلة هاتين القوتين.

٣- عندما تكون محصلة القوتين يساوي الصفر فإن التسارع يساوي الصفر عندها يكون الجسم إما ساكناً أو يتحرك بسرعة منتظمة في خط مستقيم وهي نفس النتيجة التي تحقق قانون نيوتن الأول .

القوى التي تؤثر عادة على حركة الجسم هي:

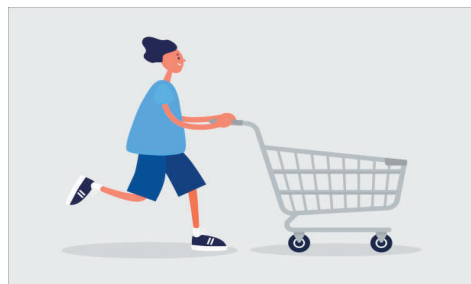
- وزن الجسم .
- قوة رد الفعل .
- قوة الاحتكاك .
- قوة السحب أو الدفع .

من التطبيقات علي قانون نيوتن الثاني في حياتنا :-

. دفع عربة التسوق : من الأسهل دفع عربة فارغة في سوبر ماركت بدلاً من دفع عربة محملة . لأن المزيد من الكتلة يتطلب المزيد من القوة للتسريع .



شكل (2 - B)



شكل (2 - A)

حيث تميل العربة المليئة للتحرك بصورة بطيئة علي عكس العربة الفارغة فان سرعتها عالية ومقدار القوة اللازم لدفعها اقل بكثير من العربة المليئة .
 . اطلاق الصواريخ : نحتاج الي قوة دفع عالية من اجل زيادة مقدار تسارعه وقدرته علي الخروج من مجال الجاذبية الارضية .



شكل (3)

مثال (4) :

يدفع عامل عربة كتلتها 60 kg لمدة 10 s فتغيرت سرعتها من 1m/s الي 4m/s
 احسب :

$$a = \frac{V - V_0}{T} = \frac{4 - 1}{10} = 0.3 \text{ m/s}^2 \quad \text{أ/ تسارع العربة :}$$

ب/ مقدار القوة التي يؤثر بها العامل في العربة

$$F = m a = 60 \times 0.3 = 18 \text{ N}$$

القوة المعيقة والسرعة الحدية:

عند بداية سقوط جسم من السكون، فإن سرعته المتجهة تكون صغيرة في البداية، وبالتالي تكون القوة المعيقة والمؤثرة فيه صغيرة وبما أن قوة الجاذبية نحو الأسفل أكبر من القوة المعيقة نحو الأعلى، فإن الجسم يتسارع نحو الأسفل.

القوة المعيقة:

هي قوة الممانعة التي يؤثر بها مائع في جسم يتحرك خلاله ويكون اتجاهها معاكس لحركة الجسم.

كلما ازدادت السرعة المتجهة للجسم ازدادت معها القوة المعيقة إلى أن تتساوى القوتان، فتصبح قوة المحصلة المؤثرة على الجسم مساوية للصفر، وكذلك تسارعه. وهنا يتابع الجسم هبوطه بسرعة منتظمة.

السرعة الحدية:

هي السرعة الثابتة التي يصل إليها الجسم عندما تتساوى القوة المعيقة مع وزن الجسم أثناء الحركة للأسفل.

العوامل التي تعتمد عليها القوة المعيقة:

- حركة الجسم ← كلما زادت سرعة الجسم زاد مقدار هذه القوة.
- خصائص الجسم ← مثل شكله وحجمه.
- خصائص المائع ← مثل لزوجته ودرجة حرارته.

(٢) قوى التأثير المتبادل (القوى المتفاعلة):

إذا أثر مُسبب بقوة محصلة في جسم فإن الجسم يتسارع وعُرفت ان هذه القوة يمكن ان تكون قوة تلامس أو قوة مجال لكن مالذي يسبب القوة ؟

إذا قربت مغناطيسين احدهما إلى الآخر فإنك تشعر بأن كلاً منهما يسحب الآخر أو يدفعه وكذلك إذا ضغطت بقدمك على عتله فانها تضغط على قدمك في الاتجاه المعاكس لكن ايهما المسبب وايهما الجسم ؟

تمييز قوى التأثير المتبادل:

التأثير المتبادل: هو عملية تحدث بين جسمين والتي يؤثر فيها كل من الجسمين على الآخر بنفس الوقت، وهذا التأثير تكون نتيجته إما حركة الجسمين مقتربين من بعضهما أو مبتعدين عن بعضهما البعض، أو تغيير شكل كل منهما.

التأثير المتبادل نوعان:

١- تأثير متبادل بالتلامس.

٢- تأثير متبادل عن بعد.

زوجى التأثير المتبادل:

قوتان متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه، يطلق عليهما أحياناً قوتا الفعل ورد الفعل. حيث لا يمكن أن تظهر احدهما دون الأخرى.

شروط زوجي التأثير المتبادل:

- تؤثر كل قوة على جسم مختلف.
- تؤثر القوتان في اتجاهين متضادين.
- للقوتان خط العمل نفسه.
- تؤثر القوتان خلال الفترة الزمنية نفسها.
- لا يمكن إيجاد محصلة لهما $\leftarrow$ لأن كل قوة تؤثر في جسم مختلف.

ثانون نيوتن الثالث:

أدرك نيوتن أنه لا يمكن أن توجد قوة مفردة معزولة، بل تحدث القوى دائماً على شكل أزواج.

مفهوم قانون نيوتن الثالث: عندما يمارس جسم معين قوة على جسم آخر، فإن الجسم الآخر سيمارس على الجسم الأول قوة مساوية ولكن معاكسة في الاتجاه.

- القوة التي يمارسها الجسم الأول على الثاني تسمى قوة الفعل.
- القوة التي يمارسها الجسم الثاني على الأول تسمى قوة رد الفعل.

نص قانون نيوتن الثالث:

لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه.

الصيغة الرياضية لقانون نيوتن الثالث:

شكل - 4



إذا أثر الجسم (A) على الجسم (B) بقوة معينة فإن الجسم (B) سيؤثر على الجسم (A) بنفس مقدار القوة ولكن باتجاه مضاد .

- ما هي القوة التي جعلت القمر ثابتاً في مداره حول الأرض برغم قوة جذب الأرض العالية له ؟

لاحظ أن القوتين (الفعل ورد الفعل) لا تؤثران على نفس الجسم بل تؤثر كل منهما على واحد من الجسمين أي أن الفعل ورد الفعل يؤثران على جسمين مختلفين وبالتالي فإنه لايجوز القول أن محصلتهما تساوي صفر. لأن الفعل يؤثر على جسم ورد الفعل يؤثر على جسم آخر.

من التطبيقات على قانون نيوتن الثالث

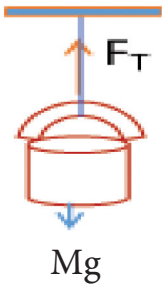
١- القطب الشمالي للمغناطيس يجذب القطب الجنوبي (قوة الفعل) والقطب الجنوبي للمغناطيس يجذب القطب الشمالي (قوة رد الفعل) .

٢- تؤثر السفينة بقوة تعادل وزنها على سطح الماء (قوة الفعل) ويؤثر الماء على السفينة بقوة دفع (قوة رد الفعل) .

٣- عندما تتسرب الغازات من محرك الصاروخ أثناء الاقلاع فان الصاروخ يُدفع إلى الأعلى (قوة الفعل) حيث تتسبب حركة الغازات المندفعة إلى اسفل في توليد قوة تدفع الصاروخ إلى الأعلى (قوة رد الفعل).

٣- الأرض تجذب القمر (قوة الفعل) والقمر يجذب الأرض (قوة رد الفعل) .

تطبيقات قوانين نيون في الحركة:



قوة الشد في الحبال والخيوط:

قوة الشد : هي القوة التي يؤثر بها خيط او حبل في جسم ما .

مفهوم قوة الشد :

إذا علقنا دلو في سقف كما في الشكل

× نفترض اهمال وزن الحبل .

× تؤثر على الدلو قوتان هما :

وزن الدلو للأسفل وقوة شد الحبل للأعلى

(زوجي تأثير متبادل) .

- طالما أن الدلو لم يسقط فهذا يؤكد أن زوجي التأثير المتبادل (وزن الدلو للأسفل وقوة

شد الحبل للأعلى) متساويان في المقدار ومتضادان في الاتجاه .

- الشد في الحبل يساوي وزن جميع الاجسام التي تعلق في أسفله ولأن كتلة الحبل مهملة

فإن الشد في اي مكان في الحبل سيساوي وزن الدلو .

معادلة الحركة :

يؤثر الحبل على الدلو بقوة معاكسة لقوة الجاذبية تسمى قوة الشد

$$F_T - mg = ma \longrightarrow a = 0 \longrightarrow F_T - mg = 0$$

$$F_T = mg$$

حساب الشد في الحبل ومسألة البكرات :

معادلة الكرة النازلة للأسفل

$$m_1 g - F_T = m_1 a$$

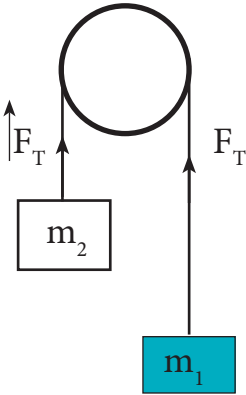
معادلة الكرة الصاعدة للأعلى

$$F_T - m_2 g = m_2 a$$

حركة المجموعة (الكرة الأولى + الكرة الثانية)

$$m_1 g - m_2 g = m_1 a - m_2 a$$

$$= (m_1 - m_2) g = (m_1 + m_2) a$$



مثال (5) :

يُرفع دلو كتلته 50 kg بحبل يتحمل قوة شد قصوى مقدارها 525 N وبدأ الدلو حركته من السكون وعندما كان على ارتفاع 3m كانت سرعته 3m/s فإذا كان التسارع ثابتاً فهل هناك احتمال أن ينقطع الحبل.

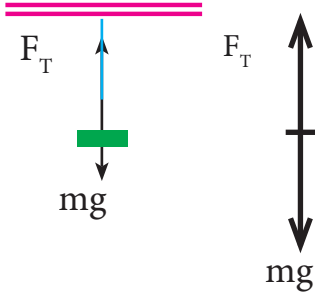
$$V^2 - V_0^2 = 2ad \longrightarrow 9 = 6a \longrightarrow a = 1.5 \text{ m/s}^2$$

$$F_T - mg = am \longrightarrow F_T - 50 \times 9.8 = 1.5 \times 50 \longrightarrow F_T = 565 \text{ N}$$

نلاحظ أن 565 N أكبر من 525 N نعم هناك احتمال أن ينقطع الحبل .

مثال (6)

الشكل لجسم كتلته 1Kg معلق من سقف بواسطة خيط ، ارسم مخطط الجسم الحر .



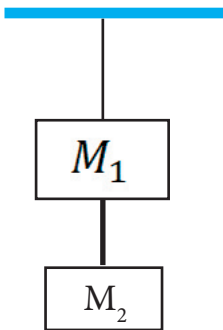
الجسم متزن $F_{net} = 0$

$$F_T = mg = 20 \times 9.8 = 196 \text{ N}$$

مثال (7)

يتدلى من السقف قطعة من الرخام كتلتها 5 Kg مربوطة بحبل مهمل الكتلة ومربوط بها من الأسفل قطعة أخرى كتلتها (M_2).

كما بالشكل. فإذا بلغ الشد في الحبل السفلي 19.6 N أوجد:



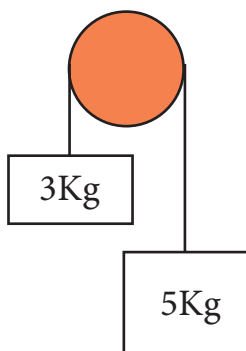
1- كتلة قطعة الرخام M_2

$$F_{net} = 0$$

$$F_2 = M_2 g$$

$$M_2 = \frac{F_2}{g}$$

$$= 2 \text{ kg}$$



ب- الشد في الحبل العلوي

$$F_1 = M_1 g + M_2 g = 5 \times 9.8 + 3 \times 9.8 = 68.6 \text{ N}$$

مثال (8) :

جسمان كتلة الأول 5 Kg والثاني 3Kg مربوطان

بحبل مهمل الكتلة يمرر الحبل على بكرة ملساء

مهمل الكتلة كما في الشكل فإذا انطلق الجسمان

من السكون ($g = 9.8 \text{ m/s}^2$) فأوجد

أ- تسارع الجسمين

$$(m_1 - m_2) g = (m_1 + m_2) a$$

$$(5 - 3) 9.8 = (5 + 3) a \rightarrow a = 2.45 \text{ m/s}^2$$

ب- قوة الشد في الحبل .

$$F_T - m_2 g = m_2 a$$

$$F_T - 3 \times 9.8 = 3 \times 2.45 \rightarrow F_T = 36.75 \text{ N}$$

حركة المصاعد والوزن الظاهري :

وزن الجسم (الوزن الحقيقي) : مقدار قوة جذب الأرض للجسم ويقاس ب النيوتن .

يعتبر الوزن من التطبيقات الهامة والمباشرة لقانون نيوتن الثاني في صيغته :

$$W = mg \quad (F = ma)$$

$W =$ وزن الجسم .

$m =$ كتلة الجسم .

$g =$ عجلة الجاذبية الأرضية .

- الوزن الظاهري: في حال وقوفك على ميزان داخل مصعد ، فإن القوة التي يؤثر بها

الميزان على جسمك لأعلى تسمى الوزن الظاهري .

حركة المصاعد :

تعتبر حركة المصاعد من أشهر تطبيقات الفعل ورد الفعل ، عندما يقف شخص كتلته m_1

داخل مصعد كتلته m_2 فإن هناك مجموعة من القوى المؤثرة على كل منهما



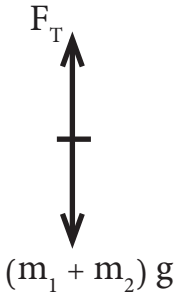
القوى المؤثرة على الشخص داخل المصعد :

- وزن الشخص $m_1 g$.
- (ويؤثر رأسياً لأسفل مهما كان اتجاه حركة المصعد) .
- رد فعل المصعد على الشخص F_N .
- (ويؤثر رأسياً لأعلى مهما كان اتجاه حركة المصعد) .

القوى المؤثرة على المصعد فقط والشخص داخله



- وزن المصعد $m_2 g$.
- (ويؤثر رأسياً لأسفل مهما كان اتجاه حركة المصعد) .
- ضغط الشخص على المصعد F_p .
- (ويؤثر رأسياً لأسفل مهما كان اتجاه حركة المصعد) .
- قوة الشد في الحبل الذي يحمل المصعد F_T .
- (ويؤثر رأسياً لأعلى مهما كان اتجاه حركة المصعد) .



القوى المؤثرة على المجموعة (المصعد والشخص) معاً

- وزن المجموعة (المصعد والشخص) $(m_1 + m_2)g$.
- (ويؤثر رأسياً لأسفل مهما كان اتجاه حركة المصعد) .
- قوة الشد في الحبل الذي يحمل المصعد F_T .
- (ويؤثر رأسياً لأعلى مهما كان اتجاه حركة المصعد) .

معادلة حركة شخص يقف داخل المصعد :

١- عندما يكون المصعد ساكناً أو متحركاً بسرعة منتظمة (لأعلى أو لأسفل) فإن :

$$F_N = w = m_1 g \text{ : الوزن الظاهري = الوزن الحقيقي}$$

٢- عندما يتحرك المصعد للأعلى بتسارع منتظم (a) :

$$F_N - m_1 g = m_1 a \longrightarrow F_N = m_1 g + m_1 a$$

$$m_1 g + m_1 a = \text{الوزن الظاهري}$$

٣- عندما يتحرك المصعد للأسفل بتسارع منتظم (a) :

$$W - F_N = m_1 a \longrightarrow F_N = m_1 g - m_1 a$$

الوزن الظاهري > الوزن الحقيقي

٤- في حال سقوط المصعد سقوطاً حراً (انقطاع الأسلاك)

عند السقوط الحر $g = a$

$$F_N = w - m_1 a = m_1 g - m_1 g = 0 \dots\dots\dots (a = g)$$

الوزن الظاهري = صفر

معادلات حركة المصعد :

١- عند الحركة لأعلى بعجلة قدرها (a)

$$m_2 a = F_T - m_2 g - F_P$$

٢- عند الحركة لأسفل بعجلة قدرها (a)

$$m_2 a = m_2 g + F_P - F_N$$

معادلات حركة المجموعة (الشخص والمصعد)

١- عند الحركة لأعلى بعجلة قدرها (a)

$$(m_1 + m_2) a = F_T - (m_1 + m_2) g$$

٢- عند الحركة لأسفل بعجلة قدرها (a)

$$(m_1 + m_2) a = (m_1 + m_2) g - F_N$$

مثال (9) :

علق جسم كتلته 50 Kg بحبل في سقف مصعد كهربائي أحسب الشد في الحبل

($g = 10 \text{ m/s}^2$) في الحالات التالية :

أ- إذا كان المصعد ساكناً .

ب- إذا كان المصعد هابطاً بتسارع 1.6 m/s^2

ج- إذا كان المصعد صاعداً بتسارع 1.8 m/s^2

د- إذا كان المصعد يتحرك بسرعة ثابتة

الحل :

أ - المصعد ساكن ($a = 0$)

$$F_N - mg = ma \longrightarrow F_N - mg = 0 \longrightarrow F_N = mg = 500\text{N}$$

$$\text{ب- } mg - F_N = ma \longrightarrow 500 - F_N = 50 \times 1.6 \longrightarrow F_N = 420\text{N}$$

$$F_N - mg = ma \longrightarrow F_N - 500 = 50 \times 1.8 \longrightarrow F_N = 590\text{N} \quad \text{ج-}$$

$$F_N - mg = 0 \longrightarrow F_N = mg = 500\text{N} \quad \text{د-}$$

مثال (10):

وضع ميزان حساس على أرضية مصعد ما القوة التي يؤثر بها الميزان في شخص يقف عليه كتلته 60Kg وذلك في الحالات التالية

أ- إذا تحرك المصعد إلى أعلى بعجلة تباطؤ مقدارها 3m/s^2

ب- إذا تحرك المصعد إلى أعلى بعجلة تسارع مقدارها 2m/s^2

$$F_N - mg = ma$$

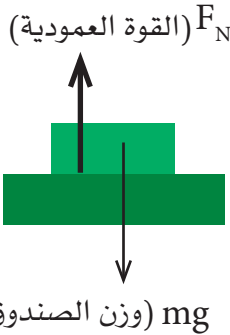
$$F_N = 60 \times (-3) + 60 \times 9.8 = -180 + 588 = 408\text{N}$$



$$mg - F_N = ma \longrightarrow F_N = mg - ma$$

$$F_N = 60 \times 9.8 - 60 \times 2 = 588 - 120 = 468\text{N}$$

القوة العمودية: هي قوة تلامس يؤثر بها سطح في جسم آخر، وتكون دائماً عمودية على مستوى سطح التلامس بين الجسمين.



مثال (11):

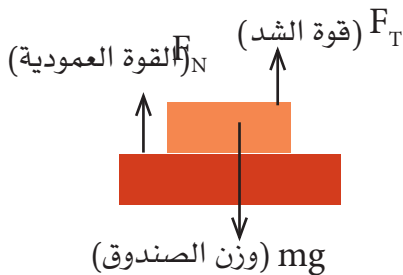
استنتج مقدار القوة العمودية في كل حالة من الآتي:

أ- الشكل يمثل صندوق موضوع على سطح.

$$F_{\text{net}} = 0 \leftarrow \text{الصندوق ساكن}$$

إذا القوة العمودية = وزن الصندوق ($F_N = mg$)

ب- الشكل يمثل صندوق موضوع على سطح بحيث تؤثر قوة شد للأعلى على الصندوق.



$$F_{\text{net}} = 0 \leftarrow \text{الصندوق متزن}$$

$$F_N = mg - F_T$$

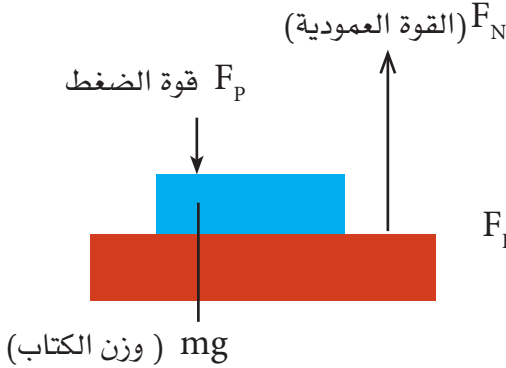
إذا القوة العمودية = وزن الصندوق - قوة الشد

مثال (12):

وضع كتاب كتلته 500g على سطح ما، فإذا أثرت على الكتاب قوة ضغط للأسفل وكان مقدار القوة العمودية التي يؤثر بها السطح على الكتاب 14.7N، احسب مقدار القوة الضاغطة على الكتاب.

$$F_{\text{net}} = 0 \leftarrow \text{الكتاب متزن}$$

القوة الضاغطة = القوة العمودية - وزن الكتاب



$$\begin{aligned} F_p &= F_N - mg = 14.7 - 0.5 \times 9.8 \\ &= 14.7 - 4.9 = 9.8 \text{ N} \end{aligned}$$

تقويم الفصل

$$(g = 10 \text{ m/s}^2)$$

١- صندوق كتلته ٢٠Kg موضوع على سطح أملس سحب بقوة مقدارها

80N ولمدة 4s أحسب

B- تسارع الصندوق.

ب- سرعة الصندوق النهائية.

ج- المسافة التي يقطعها الصندوق خلال هذه المدة .

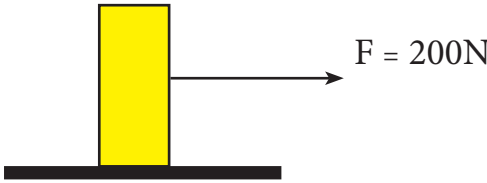
٢- في المسألة (1) أحسب المطلوب إذا علمت أن السطح خشن وقوة الاحتكاك 20N .

٣- يتحرك مصعد إلى أعلى بعجلة مقدارها 2 m/s^2 تحت تأثير شد الحبل جد الشد في الحبل إذا كانت كتلة المصعد تساوي 700Kg وكم يكون الشد في الحبل إذا كانت العجلة إلى أسفل ومقدارها 2 m/s^2 .

٤- جسم كتلته 3Kg موضوع على سطح أفقي أملس. أثرت عليه قوة مقدارها 1.5N في

اتجاه أفقي .

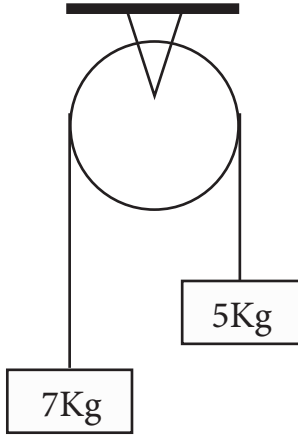
- أ- جد عجلة الجسم .
- ب- وإذا وضعت جسماً آخر كتلته 2Kg فوق الجسم الأول فكم تصبح عجلة المجموعة ؟
- ٥- يتحرك مصعد أحد المناجم من السكون صعوداً بتسارع ثابت قدره 0.5m/s^2 لمدة 20s أوجد
- أ- سرعة المصعد في نهاية هذا الزمن والمسافة التي يقطعها عندئذ .
- ب- ما الوزن الذي يشير إليه ميزان زنبركي يحمل جسماً كتلته 0.2Kg معلقاً في سقف المصعد أثناء صعوده .
- ٦- يقف شخص كتلته 60Kg على ميزان لقياس الوزن داخل مصعد، ما مقدار قراءة الميزان عندما يكون المصعد:
- أ- يتحرك للأعلى بسرعة ثابتة .
- ب- نازلاً بتسارع 2m/s^2 .
- ج- صاعداً للأعلى بتسارع 2m/s^2 .
- د- عند سقوط المصعد سقوطاً حراً.
- ٧- رجل كتلته 70Kg يقف على أرضية مصعد كهربى كتلته 420Kg فإذا تحرك المصعد رأسياً لأعلى بعجلة منتظمة 70cm/s^2 أوجد :
- الشد في الحبل الذي يحمل المصعد وضغط الرجل على أرضية المصعد .
- ٨- رجل يجز صندوقاً كتلته 50Kg على أرضية أفقية عديمة الاحتكاك بقوة مقدارها 200N إلى اليمين كما في الشكل.



- أ- أحسب التسارع الذي يكتسبه الصندوق .
- ٢- أحسب المسافة التي يقطعها الصندوق بعد 10s من بدء حركته علماً بأن بدء الحركة كان من السكون .

٩- علل:

- أ- إرتداد ماسورة المدفع للخلف عندما تطلق قذيفة للأمام ؟
ب- يركض السباح مسافة محددة ثم يقفز للأعلى قبل أن يقفز في الماء ؟



١٠- يظهر الشكل المجاور رسماً تخطيطياً لآلة

أتود (Atwood machine).

- إذا كان الخيط مهمل الكتلة ولا يمتد
وكانت البكرة ملساء ومهملة الكتلة .
أ- أرسم مخطط القوى المؤثرة في كل
من الجسمين .

- ب- أحسب عجلة الحركة التي يتحرك
بها النظام المكون من الجسمين .

الفصل الثانى

القوى في بعدين؛

الأهداف:

ما الذى ستتعلمه فى هذا الفصل؟

- بعد دراستك لهذا الفصل سوف تكون قادراً على أن:
- تمثل الكميات المتجهة بالرسم التخطيطى والتحليل المتعامد؛
- استخدام قوانين نيوتن فى تحليل الحركة فى وجود الاحتكاك؛
- تستخدم قوانين نيوتن فى حل مسائل؛
- توظف قوانين نيوتن ومفاهيم المتجهات فى تحليل الحركة فى بعدين؛

المتجهات:

تنقسم الكميات الفيزيائية من حيث الاتجاه إلى قسمين، هما: كميات قياسية وكميات متجهة.

الكميات القياسية: هي كميات فيزيائية تحدد بمعرفة مقدارها ووحدة قياسها فقط. أمثلة على الكميات القياسية:

الزمن - درجة الحرارة - الشغل - الجهد الكهربائي - الكتلة - المسافة - يتم تعيين الكميات القياسية بمعرفة الأرقام الدالة على مقاديرها، وتجمع وتطرح بالطريقة العادية.

الكميات المتجهة: هي كميات فيزيائية تحدد بمعرفة اتجاهها ومقدارها ووحدة قياسها.

أمثلة على الكميات المتجهة:

السرعة - القوة - الوزن - كمية الحركة - العزم - الإزاحة
تمثيل الكمية المتجهة: تمثل بحرف عليه سهم مثلاً متجه القوة (F)
عناصر الكمية المتجهة:

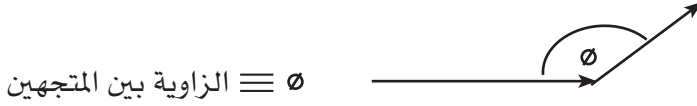
١- نقطة التأثير ٢- الاتجاه ٣- المقدار

تمثيل المتجه: يمثل المتجه بسهم كما في الشكل أدناه



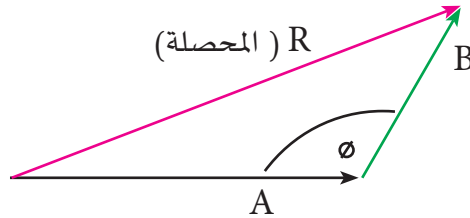
كيفية تحديد الزاوية بين متجهين :

نرسم المتجه الأول ومن نهاية المتجه الأول نرسم بداية المتجه الثاني:



محصلة المتجهات:

- ١- الطريقة البيانية.
 - ٢- الطريقة الحسابية
 - ٣- طريقة التحليل
- الطريقة البيانية لايجاد محصلة متجهين:
- ١- نختار مقياس رسم مناسب .
 - ٢- نحدد طول المستقيم الذي يمثل كل متجه .
 - ٣- نحدد نقطة التأثير .
 - ٤- من نقطة التأثير وباستعمال المسطرة والمنقلة نرسم المستقيم الذي يمثل المتجه الأول .
 - ٥- من نهاية المتجه الأول نرسم المتجه الثاني أيضا باستعمال المسطرة والمنقلة .
 - ٦- الضلع الذي يقفل المثلث في الاتجاه الدوري المضاد سيكون ممثلاً للمحصلة مقداراً واتجاهاً .



الطريقة البيانية لمحصلة عدة متجهات:

- ١- نختار مقياس رسم مناسب .
- ٢- نحدد طول المستقيم الذي يمثل كل متجه .

٣- نحدد نقطة التأثير.

٤- من نقطة التأثير وباستعمال المسطرة والمنقلة نرسم المستقيم الذي يمثل المتجه الأول.

٥- من نهاية المتجه الأول نرسم المتجه الثاني أيضاً باستعمال المسطرة والمنقلة .

٦- من نهاية المتجه الثاني نرسم المتجه الثالث أيضاً باستعمال المسطرة والمنقلة.

٧- بنفس الطريقة نرسم بقية المتجهات .

٨- طول الضلع الذي يقفل المضلع في الاتجاه الدوري المضاد سيكون ممثلاً للمحصلة مقداراً واتجاهاً.

ملاحظة:

- في حال أن المضلع كان مغلقاً ستكون قيمة محصلة المتجهات **تساوي صفر**.

عيوب الطريقة البيانية: معقدة - تستمر زمن أطول - تعطي نتيجة غير دقيقة

الطريقة الحسابية لإيجاد محصلة متجهين :

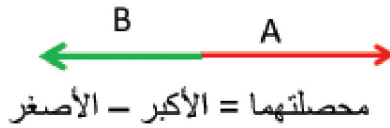
١- المتجهان في بعد واحد :

أ- المتجهان في نفس الاتجاه: (الزاوية بينها 180°)



محصلة المتجهين = حاصل جمعهما

ب- المتجهان متعاكسين في الاتجاه: (الزاوية بينها صفر درجة)



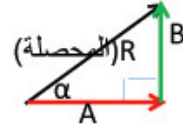
٢- المتجهان في بعدين :

- إذا كانت الزاوية بين المتجهين A و B تساوي 90°

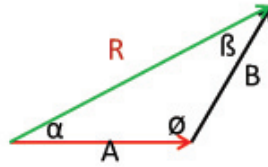
محصلة المتجهين نوجدتها من نظرية فيثاغورس

$$R = \sqrt{A^2 + B^2}$$

$$\tan \alpha = \frac{B}{A} \quad \text{إتجاه المحصلة :}$$



- إذا كانت الزاوية بين المتجهين (A و B) أكبر أو أقل من 90 درجة :
محصلة المتجهين نوجدتها من قاعدة جيب التمام :



$$R^2 = A^2 + B^2 - 2 A B \cos \theta$$

اتجاه المحصلة : نستخدم قاعدة الجيوب

$$\frac{R}{\sin \theta} = \frac{A}{\sin \beta} = \frac{B}{\sin \alpha}$$

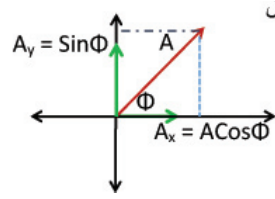
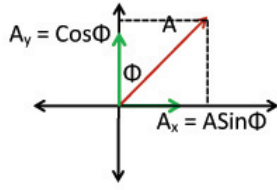
تحليل المتجه إلى مركبتين متعامدتين

ما معنى تحليل المتجه؟ هي عملية إستبدال متجه واحد بعدة متجهات تعمل نفس عمل المتجه الواحد .

مالهدف من تحليل المتجه؟ لسهولة التعامل مع المركبات في اتجاهي المحاور الرئيسية (X و Y) وبالتالي سهولة إيجاد المحصلة .

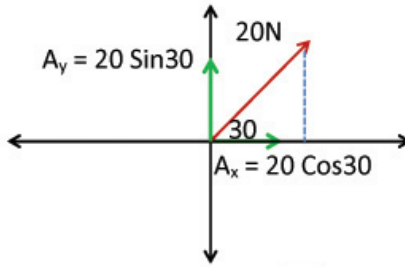
مركبات المتجه: هي مجموعة المتجهات التي تحدث مجتمعة نفس التأثير الذي يحدثه المتجه الأصلي.

ماهو المتجه الذي يتطلب تحليل؟ المتجهات الواقعة على المحاور الرئيسية لا تحتاج تحليل أما المتجهات التي تصنع زاوية مع المحاور الرئيسية هي التي تحتاج تحليل



نلاحظ أن: مركبة المتجه المجاورة للزاوية تأخذ $\cos \Phi$ والمركبة البعيدة تأخذ $\sin \Phi$.
مثال (1)

جد المركبة السينية والمركبة الصادية



$$Ax = 20 \cos 30 = 20 \times \frac{\sqrt{3}}{2}$$

المركبة السينية :

$$Ay = 20 \sin 30 = 10 \text{ N} \quad \text{- المركبة الصادية:}$$

محصلة عدة متجهات عن طريق التحليل (تركيب المتجهات جبرياً)

- ١- نحلل كل متجه إلى مركبتين أفقية ورأسية .
- ٢- نوجد المجموع الجبري للمركبات السينية .

$$A_x = A_{1x} + A_{2x} + A_{3x} + \dots$$

- ٣- نوجد المجموع الجبري للمركبات الصادية .

$$A_y = A_{1y} + A_{2y} + A_{3y} + \dots$$

- ٤- نوجد المحصلة .

$$R = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

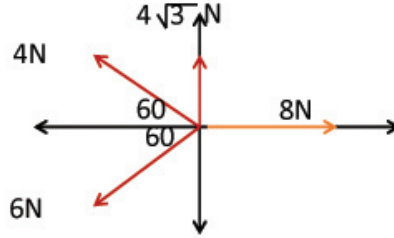
- ٥- اتجاه المحصلة مع المركبة الأفقية.

$$\tan \alpha = \frac{A_y}{A_x}$$

مثال (2):

تؤثر القوى المستوية $(6, \sqrt{3}, 4, 8)$ نيوتن في نقطة مادية فإذا كانت الزوايا بين هذه القوى هي على الترتيب $(90^\circ, 30^\circ, 90^\circ)$ درجة أوجد مقدار واتجاه المحصلة

الحل :



$$A_1 = 8N$$

$$A_{1x} = 8$$

$$A_{1y} = 0$$

$$A_2 = 4\sqrt{3}$$

$$A_{2x} = 0$$

$$A_{2y} = 4\sqrt{3}$$

$$A_3 = 4$$

$$A_{3x} = -4 \times \cos 60 = -2$$

$$A_{3y} = 4 \sin 60 = 4 \frac{\sqrt{3}}{2} = 2\sqrt{3}$$

$$A_4 = 6$$

$$A_{4x} = -6 \times \cos 60 = -3$$

$$A_{4y} = -6 \sin 60 = -6 \frac{\sqrt{3}}{2} = -3\sqrt{3}$$

$$A_x = A_{1x} + A_{2x} + A_{3x} + A_{4x}$$

$$A_x = 8 - 2 - 3 = 3$$

$$A_y = 4\sqrt{3} + 2\sqrt{3} - 3\sqrt{3}$$

$$= 3\sqrt{3}$$

$$R = \sqrt{A_x^2 + A_y^2}$$

$$R = \sqrt{(3)^2 + (3\sqrt{3})^2}$$

$$= 6N$$

اتجاه المحصلة :

$$\tan \alpha = \frac{A_y}{A_x} = \sqrt{3} \rightarrow \alpha = 60^\circ$$

الاحتكاك (السطوح الملساء والسطوح الخشنة):

ينشأ الاحتكاك عندما يتحرك جسم يلامس جسم آخر، فتتشأ بين السطوح المتلامسة قوة تمانع هذه الحركة تسمى **قوة الاحتكاك**.

تفسير ظاهرة الاحتكاك:

يفسر العلماء منشأ قوى الاحتكاك بين الأجسام إلى وجود نتوءات وتجويفات مجهرية في أسطح الأجسام مهما كانت ناعمة حيث ينتج عن تداخل هذه النتوءات والتجويفات لكل من السطحين المتلامسين ما يسمى بقوة الاحتكاك. وبالتالي نجد مقاومة عند محاولة تحريك أحد السطحين على السطح الآخر ، ويعتبر معامل الاحتكاك مقياساً لدرجة خشونة الأسطح ، فإذا ازدادت قيمة معامل الاحتكاك ازدادت الخشونة والعكس صحيح وإذا ساوى معامل الاحتكاك الصفر انعدمت قوى الاحتكاك تماماً .

• برأيك: ما وظيفة الزيت في محرك السيارة؟ لتقليل الاحتكاك بين الأجزاء المتحركة في المحرك.

• لماذا توجد بروفزات في إطارات السيارة؟ لزيادة الاحتكاك بين الإطارات والطريق لمنع إنزلاق السيارة.

نلاحظ مما سبق أن الاحتكاك قد يكون مفيداً في بعض الحالات وقد يكون ضاراً في حالات أخرى.

فوائد الاحتكاك:

- ١- يساعد على توقف السيارة عند الضغط على الفرامل.
- ٢- يساعد الانسان للسير على الأرض دون أن ينزلق.
- ٣- يساعد على الإمساك بالأشياء.
- ٤- يساعد في اشعال عود الثقاب.
- ٥- تقليب صفحات الكتاب أثناء المذاكرة.
- ٦- تنظيف الأسنان باستخدام الفرشاة لإزالة الجزيئات العالقة بها.
- ٧- يساعد على التسلق .

مساوى الاحتكاك:

- ١- تقليل كفاءة الآلات.
- ٢- انتاج ضوضاء غير مرغوب فيها.
- ٣- تآكل الأجسام المحتكة.
- ٤- حرائق الغابات.

قوة الاحتكاك : هي قوة رد فعل مماسي تعاكس اتجاه حركة جسم بالنسبة لجسم آخر ومقدارها يعتمد على طبيعة الجسمين المتلامسين ومقدار القوة المتعامدة .



العوامل المؤثرة في مقدار قوة الاحتكاك:

- ١- نوع مادتي السطحين المتلامسين.
 - ٢- مقدار القوة العمودية بين السطحين المتلامسين.
- لاحظ أن قوة الاحتكاك لاتتوقف على :
- مساحة السطحين المتلامسين.
 - سرعة الانزلاق .
- تختلف قوة الاحتكاك بين جسمين باختلاف الحالة الحركية لهما (سكون أو حركة).
- قوة الاحتكاك للأجسام الساكنة أكبر من قوة الاحتكاك للأجسام المتحركة
- نحتاج إلى قوة كبيرة في بداية الأمر لتحريك صندوق خشبي على الأرض ولكن بعد أن يتحرك الجسم نلاحظ أن القوة اللازمة أصبحت أقل وهذا لأن الجسم أصبح متحركاً وبالتالي فإن قوة الاحتكاك تصبح أقل.

أنواع الاحتكاك:

١. الاحتكاك السكوني.
 ٢. الاحتكاك الحركي (الانزلاقي).
- الاحتكاك السكوني:
- قوة الاحتكاك السكوني (F_s): هي قوة مقاومة يؤثر بها أحد السطحين في الآخر عندما لا تكون هناك حركة بينهما .

$$F_s \leq \mu_s \times F_N$$

$$\mu_s \equiv \text{معامل الاحتكاك السكوني}$$

$$F_s \equiv \text{قوة الاحتكاك}$$

$$F_N \equiv \text{القوة العمودية}$$

تتزايد قوة الاحتكاك السكوني (F_s) كلما تزايدت القوة المماسية التي تعمل على إحداث الحركة حتى تصل إلى حد معين لا تتعداه وعند ذلك يكون الجسم على وشك الانزلاق ويسمى الاحتكاك في هذه الحالة بالاحتكاك السكوني النهائي .

تقويم ذاتي:

إذا علمت أن القوة اللازمة لبدء تحريك طاولة هي 100N أحسب قيمة قوة الاحتكاك السكوني في كل من الحالات الآتية:

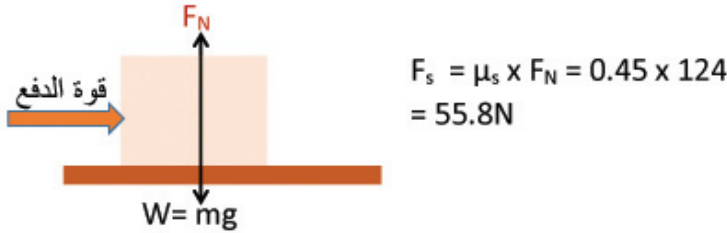
أ- التأثير على الطاولة بقوة 30N .
 $F_s = 30N$ (= قوة التأثير)

ب- التأثير على الطاولة بقوة 70N .
 $F_s = 70N$ (= قوة التأثير)

ج- التأثير على الطاولة بقوة 100 .
 $F_s = 100N$ (= القوة اللازمة لبدء تحريك الطاولة)

مثال (3)

يدفع أحمد صندوقاً ممتلئاً بالكتب إلى سيارته على طريق أفقي فإذا كان وزن الصندوق والكتب 124N ومعامل الاحتكاك السكوني بين الطريق والصندوق 0.45 فما مقدار القوة الأفقية التي يدفع بها أحمد الصندوق حتى يكون على وشك الحركة .



معامل الاحتكاك السكوني:

وجد أن النسبة بين قوة الاحتكاك السكوني النهائي وقوة رد الفعل العموي نسبة ثابتة ، تتوقف هذه النسبة على طبيعة الجسمين المتلامسين وليس على شكلهما أو كتلتيهما . وتسمى هذه النسبة بمعامل الاحتكاك السكوني ويرمز لها بالرمز (μ_s)

أي أن :

$$\mu_s = \frac{F_s}{F_N}$$

الاحتكاك الحركي:

إذا تحرك جسم على سطح خشن فإنه يخضع لقوة احتكاك حركي (F_k) يكون اتجاهها عكس اتجاه حركته وتعطى قيمتها بالعلاقة :

$$F_N \times \mu_k = F_k \quad \equiv$$

F_N $\equiv$ رد الفعل العمودي.

F_k $\equiv$ قوة الاحتكاك الحركي.

μ_k معامل الاحتكاك الحركي .

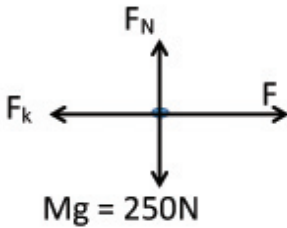
قوة الاحتكاك الحركي: هي قوة يؤثر بها سطح في سطح آخر ملامس له عندما تكون هناك حركة نسبية بين السطحين.

• معامل الاحتكاك الحركي μ_k أقل من معامل الاحتكاك السكوني μ_s .

مثال (4)

إذا دفعت صندوقاً خشبياً كتلته 25N على أرضية خشنة بسرعة منتظمة مقدارها 1m/s فما مقدار القوة التي أثرت بها على الصندوق؟ علماً بأن معامل الاحتكاك الحركي 0.2

الحل:



الجسم يتحرك بسرعة منتظمة إذا هو متزن
القوة التي تؤثر على الصندوق = قوة الاحتكاك

$$F_N = mg = 25 \times 10 = 250N$$

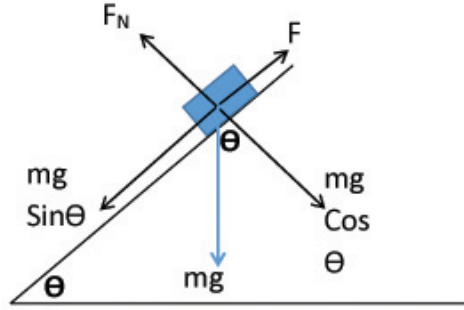
$$F_k = \mu_k \times F_N = 0.2 \times 250 = 50N$$

$$F = F_k = 50N$$

القوة والحركة في بعدين (٤-٣)

حركة جسم على سطح مستوٍ مائل:

يعد السطح المائل أحد الآلات البسيطة التي استخدمها الإنسان منذ أزمنة قديمة وهو عبارة عن سطح انسيابي تكون نقطتي نهايته عند ارتفاعات مختلفة .عندما يحرك جسم على سطح مائل فإن القوة اللازمة لرفعه هي أقل من القوة اللازمة لرفع الجسم بشكل عمودي مباشرة ، وذلك بسبب تحليل قوة وزن الجسم إلى مركبتين (مركبة أفقية ومركبة عمودية) .



إذا افترضنا أن جسماً كتلته (m) يتحرك على مستوٍ يميل على الأفقي بزاوية (θ) تحت تأثير قوة مقدارها (F) تعمل في اتجاه خط أكبر ميل للمستوى إلى أعلى .
معادلات الحركة:

القوى التي تؤثر على الجسم في المستوى المائل :

- وزن الجسم ويؤثر عودياً إلى أسفل ($w = mg$)
- القوة (F) التي تؤثر في اتجاه خط أكبر ميل للمستوى للأعلى .
- رد فعل المستوى (F_N) ويؤثر في اتجاه عمودي على المستوى
- قوة الاحتكاك في حالة السطح الخشن وتؤثر باتجاه معاكس لاتجاه حركة الجسم .

معادلات الحركة في حالة السطح المائل أملس:

١- إذا كان الجسم يتحرك بعجلة منتظمة (a) لأعلى المستوى .

$$F - mg \sin \Theta = ma$$

٢- إذا كان الجسم يتحرك بعجلة منتظمة (a) باتجاه أسفل المستوى .

$$mg \sin \Theta - F = ma$$

٣- في حال اتزان حركة الجسم (الجسم ساكن أو يتحرك بسرعة منتظمة للأعلى أو للأسفل)

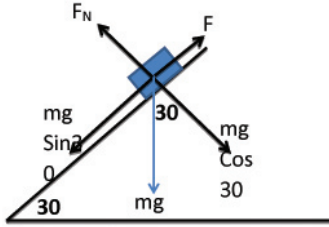
$$F = mg \sin \Theta$$

إذا كان السطح المائل خشن .

دائماً اتجاه قوة الاحتكاك يكون في عكس اتجاه الحركة .

مثال (5)

جسم كتلته 12 Kg موضوع على مستوى أملس يميل الأفقي بزاوية قياسها 30 درجة أثرت عليه قوة مقدارها 88.8 N في اتجاه خط الميل لأعلى المستوى . أوجد



أ- عجلة حركة الجسم .

$$F - mg \sin 30 = ma$$

$$88.8 - 12 \times 9.8 \times \sin 30 = 12a$$

$$88.8 - 58.8 = 12a$$

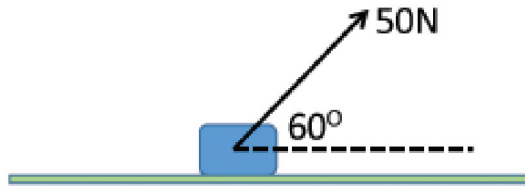
$$a = 2.5 \text{ m/s}^2$$

ب- قوة رد الفعل العمودي للسطح.

$$F_N = mg \cos \Theta = 12 \times 9.8 \cos 30 = 58.8 \sqrt{3} \text{ N}$$

تقويم الفصل

- ١- تؤثر القوتان 6N و 8N على جسم ما جد المحصلة
أ- إذا كان القوتين في نفس الإتجاه.
ب- إذا كان القوتين متعاكستين.
- ٢- تطير طائرة باتجاه الشمال بسرعة منتظمة مقدارها 120m/s وفجأ هبت عليها رياح بسرعة 50m/s جد مقدار واتجاه السرعة الجديدة للطائرة إذا كان اتجاه الرياح
أ- في نفس اتجاه الطائرة.
ب- في عكس اتجاه الطائرة تماماً.
ج- باتجاه الشرق.
د- باتجاه يصنع 30° جنوب الشرق.
- ٣- جسم كتلته 60kg يبدأ حركته من السكون من قمة مستوى يميل على الأفقي بزاوية 30° درجة إذا كان معامل الاحتكاك الحركي 0.2 جد سرعة الجسم عند أسفل السطح المائل إذا كان الزمن اللازم لذلك 3s . (خذ $\cos 30^\circ = 0.9$)
- ٤- جسم وزنه 50N يتحرك على سطح أفقي خشن بسرعة ثابتة تحت تأثير قوة مقدارها 25N تميل على الأفقي بزاوية 60° درجة أحسب.
أ- قوة الاحتكاك.
ب- قوة التلامس العمودية .



- ٥- نحتاج إلى أن نحرك أريكة تزن 1000N إلى مكان مختلف في الغرفة نحتاج إلى قوة تبلغ 300N لكي تبدأ الأريكة في التحرك ما معامل الاحتكاك السكوني بين الأريكة و السجاد؟.

الفصل الثالث

الحركة في بعدين:

الأهداف:

ما الذي ستتعلمه في هذا الفصل؟

بعد دراستك لهذا الفصل سوف تكون قادراً على أن:

- يطبق قوانين نيوتن وتحليل المتجهات لتحليل الحركة في بعدين؛
- تحلل المسائل المتعلقة بحركة المقذوفات والحركة الدائرية؛
- تعرّف السرعة النسبية؛
- تحلل مسائل تتعلق بالحركة النسبية؛

المقذوفات :

يُطلق مفهوم الحركة في بعدين على الحركة الحاصلة في مستوى . وتعد حركة المقذوفات على سطح الأرض والحركة في مسار منحني مثالين على هذه الحركة وتشكل هذه الحركة تعميم أشمل للحركة في بعد واحد حيث يمكن اعتبار حركة جسم في بعدين على أنها حركة في خط مستقيم متزامنة مع حركته على خط مستقيم آخر .

لقد استخدمنا في الباب السابق الكميات المتجهة (الإزاحة ، السرعة المتجهة ، والتسارع) لوصف حركة الجسم في بعد واحد . سوف نستخدم في هذا الباب نفس هذه الكميات المتجهة لوصف حركة الجسم في بعدين ، ولكن هنا سيكون لكل كمية متجه مركبتين مركبة في اتجاه محور س والمركبة الثانية في اتجاه محور ص

حركة المقذوف : المقذوف هو جسم يُطلق بسرعة ابتدائية من سطح معين باتجاه يعمل زاوية مع الافقي ويسلك مساراً منحنيّاً يزيحه عن نقطة انطلاقه في كلا الاتجاهين س و ص ، حيث يشير الاتجاه س إلى بعد موازي لسطح الأرض ويشير الاتجاه ص إلى البعد العمودي على سطح الأرض . إن حركة المقذوفات مألوفة لدينا ، فنحن نشاهد تلك الحركة كثيراً في الألعاب الرياضية مثل لعبة كرة القدم ولعبة كرة السلة .

لتحليل حركة الأجسام المقذوفة في الاتجاهين س و ص نستند إلى الأمور التالية

أولاً: تسارع السقوط الحر بالقرب من سطح الأرض ثابت في المقدار والاتجاه .

ثانياً: إهمال مقاومة الهواء لحركة الاجسام في الاتجاه X التبعيل ($a = 0$)
 ثالثاً: نكتب معادلات الحركة في كلا الاتجاهين كلاً على حده مفترضين أن الزمن الابتدائي للحركة ($t = 0$) وعنده نفرض أن $X = 0$ و $Y = 0$.

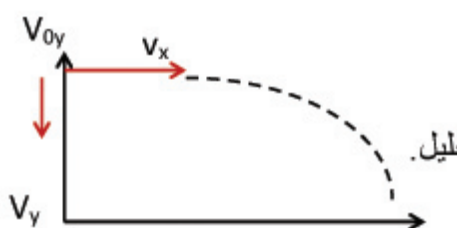
يتحرك المقذوف حركتين في نفس الوقت :

- حركة أفقية بسرعة ثابتة (بفرض إهمال مقاومة الهواء) .
 - حركة رأسية بتسارع ثابت (تسارع الجاذبية الأرضية) .
- لذا يمكن التعامل مع المركبات الأفقية والرأسية لحركة المقذوف كحركتين مستقلتين عن بعضهما ، لكن لها نفس زمن التحليق في الهواء .

تعريف المقذوف :

هو الجسم الذي يُطلق في الهواء ليتحرك تحت تأثير قوة الجاذبية الأرضية فقط

أشكال حركة المقذوفات :



أولاً: مقذوفات تطلق أفقياً .

ثانياً: مقذوفات تطلق بزاوية .

المقذوفات التي تطلق أفقياً :

• متجه السرعة أفقي فلا يحتاج لتحليل .

• السرعة الأفقية منتظمة لذلك

التسارع الأفقي = صفر .

• السرعة الرأسية متغيرة ويتسارع الجسم بتسارع الجاذبية الأرضية .

• في الحركة الأفقية نطبق قانون واحد وهو المسافة = السرعة × الزمن

$$R \equiv \text{المدى الأفقي} \dots\dots\dots R = v_x t$$

$$t \equiv \text{زمن الهبوط} \dots\dots\dots t \equiv \text{السرعة الأفقية} \dots\dots\dots v_x$$

• في الحركة الرأسية نطبق معادلات السقوط الحر ($V_{0y} = 0$) :

$$V_y \equiv \text{السرعة الرأسية النهائية} \dots\dots\dots V_y = g \times t$$

$$Y \equiv \text{المسافة الرأسية} \dots\dots\dots Y = \frac{1}{2} g t^2$$

$$V_y^2 = 2g Y$$

مثال (1):

قذف حجر أفقياً بسرعة 5m/S من فوق سطح بناية ارتفاعها 78.4m أجب عما يأتي
($g = 9.8 \text{ m/S}^2$)

أ- ما الزمن الذي يستغرقه الحجر للوصول إلى أسفل البناية.

ب- على أي بعد من قاعدة البناية يرتطم الحجر بالأرض.

د- سرعة ارتطام الحجر بالأرض

الحل:

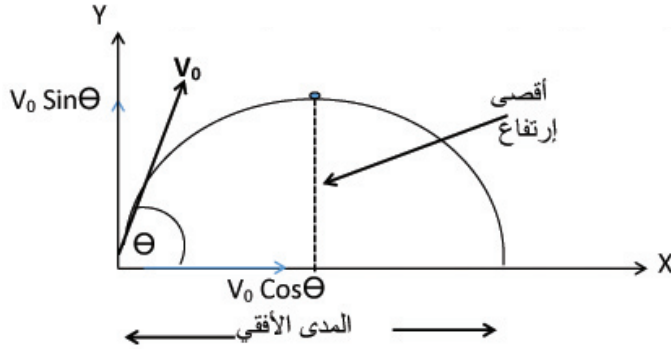
$$Y = \frac{1}{2} g t^2 \dots\dots\dots 78.4 = \frac{1}{2} (9.8) t^2 \dots\dots t = 4 \text{ S}$$

$$R = v_x t = 5 \times 4 = 20 \text{ m}$$

$$V_y = g \times t = 9.8 \times 4 = 39.2 \text{ m/S}$$

حركة الجسم المقذوف بزاوية :

- يجب تحليل متجه السرعة.
- يجب مراعاة إشارة تسارع الجاذبية.
- زمن الصعود = زمن الهبوط عند نفس المستوى الأفقي.



الحركة الأفقية للمقذوف بزاوية :

حركة بسرعة ثابتة ($a = 0$).

$$V_{0x} = V_0 \cos \theta \text{ : المركبة الأفقية للسرعة}$$

$$V_x = V_0 \cos \theta \text{ : السرعة الأفقية}$$

$$d_x = V_0 \cos \theta \times t \text{ : الإزاحة الأفقية}$$

حيث $t \equiv$ الزمن بالثواني في أي لحظة.

المدى الأفقي (R) : هي المسافة الأفقية التي يقطعها الجسم المقذوف بين نقطة القذف ونقطة السقوط .

$$x \quad T \quad R = V_0 \cos \equiv \quad \text{حيث } T \equiv \text{ زمن التحليق الكلي .}$$

أثبت أن المدى الأفقي يمكن حسابه من العلاقة : $R = \frac{V_0 \cos(2\theta)}{g}$ $\equiv$ عجلة الجاذبية الأرضية g

الحركة الرأسية للمقذوف : حركة بتسارع ثابت = تسارع الجاذبية الأرضية

• المركبة الرأسية للسرعة : $V_{0y} = V_0 \sin \theta$

• السرعة الرأسية : $V_y = V_0 \sin \theta - gt$

الإزاحة الرأسية :

$$Y = V_0 \sin \theta \times t - \frac{1}{2} g t^2$$

حساب زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع : نعوض $V_y = 0$

$$V_0 \sin \theta - gt = 0 \longrightarrow t = \frac{V_0 \sin \theta}{g}$$

أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم المقذوف :

$$Y = V_0 \sin \theta \times t - \frac{1}{2} g t^2 \longrightarrow t = \frac{V_0 \sin \theta}{g}$$

$$Y_{\max} = \frac{(V_0 \sin \theta)^2}{2g} \quad \text{أثبت ذلك:}$$

زمن التحليق الكلي (T) : يتحقق عندما : $Y = 0$

$$Y = V_0 \sin \theta \times t - \frac{1}{2} g t^2 = 0 \longrightarrow T = \frac{2 V_0 \sin \theta}{g}$$

السرعة الكلية للمقذوف:

$$V = \sqrt{(V_y)^2 + (V_x)^2}$$

إتجاه المحصلة : $\tan \alpha = \frac{V_y}{V_x}$
حيث α زاوية ميل السرعة الجديدة مع الأفقي.

مثال (2)

قُذف جسم بسرعة 80m/s بزاوية قذف 30 درجة مع الاتجاه الأفقي فإذا كانت عجلة السقوط الحر ($g = 10\text{m/s}^2$) أوجد
أ- زمن الوصول إلى أقصى ارتفاع

$$T = \frac{V_0 \sin \theta}{g} = \frac{80 \sin 30}{10}$$

ب- زمن التحليق الكلي :

$$T = 2 \times 4 = 8 \text{ s} \quad (\text{زمن التحليق الكلي} = \text{ضعف زمن الصعود})$$

ج- أقصى ارتفاع يصل إليه المقذوف

$$Y_{\max} = \frac{(V_0 \sin \theta)^2}{2g} = \frac{(80 \times \sin 30)^2}{20} = 80 \text{ m}$$

د- أقصى مدى أفقي يصله المقذوف

$$R = V_0 \cos \theta \times T = 80 \times \cos 30 \times 8 = 320 \sqrt{3} \text{ m}$$

تقويم ذاتي:

- ١- حركة المقذوف تتكون من تراكب حركتان بنفس الوقت ما هما ؟
- ٢- ما العلاقة بين زاوية القذف والإزاحة الأفقية للمقذوف
- ٣- ماهي الزاوية الي تعطي أكبر إزاحة أفقية ؟
- ٤- لو زدنا الإزاحة الرأسية للمقذوف هل ستزيد الإزاحة الأفقية ؟
- ٥- أذكر أمثلة من حياتنا اليومية لحركة المقذوفات ؟
- ٦- أطلقت قذيفة من مدفع بسرعة ابتدائية مقدارها 240 m/s باتجاه يصنع زاوية 45° درجة مع المستوى الأفقي بإهمال مقاومة الهواء أحسب كل مما يلي
 - أ- أقصى ارتفاع تصل اليه القذيفة .
 - ب- المدى الافقي .
- ٧- قذف حجر بزاوية (θ) مع الافقي وأقصى ارتفاع يصله 25 m والمدى الأفقي 100 m (عجلة الجاذبية $= 10 \text{ m/s}^2$) باهمال مقاومة الهواء أوجد
 - أ- زاوية القذف .
 - ب- السرعة الابتدائية .

الحركة الدائرية المنتظمة

لقد تناولنا في الوحدة الثانية وصف الحركة الخطية ، وهي حركة انتقالية على خط مستقيم ، يتغير فيها موضع الجسم بمرور الزمن ، بينما يبقى اتجاه الحركة ثابت . إذا نظرنا من حولنا على الأرض نجد أن الحركة في غالبها الأعم ليست حركة في خط مستقيم وإنما في منحنيات . لذلك في هذه الوحدة سنتناول دراسة نوع آخر من الحركة وهي الحركة الدائرية المنتظمة . وكثيرا مانقابل هذا النوع من الحركة في الطبيعة وفي حياتنا اليومية ، فدوران الاقمار الطبيعية والاصطناعية حول الكواكب و دوران الكواكب حول الشمس وحركة الالكترونات حول النواة ماهي إلا أمثلة على هذا النوع من الحركة .

وصف الحركة الدائرية المنتظمة :

- متى يتسارع الجسم ؟

حسب قانون نيوتن الثاني يتسارع الجسم عندما يتغير مقدار سرعته أو عندما يتغير اتجاه سرعته أو عندما يتغير مقدار واتجاه السرعة معاً .

ماذا يحدث إذا أثرت قوة ثابتة المقدار على جسم أثناء حركته الخطية وكان اتجاه هذه القوة عمودياً على متجه السرعة ؟

• تنتج حركة دائرية منتظمة.

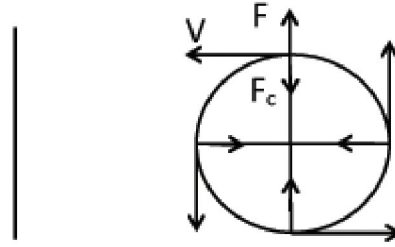
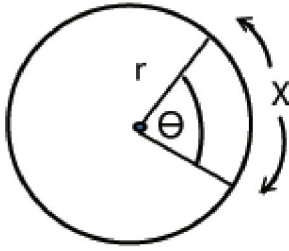
• مقدار السرعة يظل ثابت.

• اتجاه السرعة يتغير.

ومن قانون نيوتن الثاني فإن هذه القوة سوف تُكسب الجسم تعجيل باتجاهها أي باتجاه مركز الدائرة لذلك فإن هذه القوة تسمى بـ القوة الجاذبة المركزية. والتعجيل الناشئ عنها يسمى بـ التعجيل المركزي. أما بالنسبة لسرعة الجسم فيبقى مقدارها ثابتاً وتأخذ اتجاه المماس للمسار الدائري عند أي نقطة به. أما موقع الجسم بالنسبة لمركز الدائرة فيمكن تحديده بمتجه الموقع (نق) والذي يمثل نصف قطر الدائرة وهو ثابت المقدار ومتغير الاتجاه .

تعريف الحركة الدائرية المنتظمة :

هي حركة جسم بسرعة ثابتة المقدار ومتغيرة الاتجاه على محيط دائرة نصف قطرها ثابت .



اتجاه الحركة عكس عقارب الساعة

الزاوية المزاحة (الإزاحة الزاوية) :

هي الزاوية التي تصنعها حركة الجسم مع مركز الدائرة أثناء سيره على محيط الدائرة بين نقطتين في لحظة زمنية معينة .

$$\frac{\text{طول القوس}}{\text{نصف قطر الدائرة}} = \text{الزاوية المزاحة}$$

طول القوس = الزاوية المزاحة بالراديان $\times$ نصف قطر الدائرة .

$$X = \Theta \times r$$

- عندما يكمل الجسم دورة كاملة فإن المسافة المقطوعة = محيط الدائر ($2\pi r$)

$$\Theta = \frac{2\pi r}{r} = 2\pi$$

الراديان : هو زاوية مركزية طول قوسها على محيط الدائرة يساوي نصف قطر الدائرة.

تعريف السرعة الزاوية (التردد الزاوي) :

هي مقدار الزاوية المزاحة في الثانية الواحدة

$$\omega = \frac{\Theta}{t} \quad \text{الزاوية المزاحة} \equiv \Theta, \quad \text{الزمن في لحظة معينة} \equiv t$$

- عندما يكمل الجسم دورة كاملة فإن ($2\pi \dots \dots t = T$) =

حيث $T \equiv$ زمن دوره الكاملة

- مقلوب الزمن الدوري يسمى بـ التردد ($f = \frac{1}{T}$) ومنه $2\pi f = \omega$

- وحدة قياس السرعة الزاوية : **راديان / ثانية**

الزمن الدوري في الحركة الدائرية (T) : هو الزمن اللازم لكي يكمل الجسم الذي يدور في دائرة دورة كاملة

$$\frac{\text{الزمن الكلي}}{\text{عدد الدورات}} = \text{الزمن الدوري}$$

• وحدة قياس الزمن الدوري : ثانية

الزمن الدوري في الحركة الدائرية: هو الزمن اللازم لجسم لقطع مسافة تساوي محيط الدائرة.

$$V \times T = 2 \pi r \quad \leftarrow \text{المسافة المقطوعة} = \text{محيط الدائرة}$$

$$V \equiv \text{السرعة المماسية} \quad V = \frac{2\pi r}{T}$$

$$r \equiv \text{نصف قطر المسار}$$

التردد في الحركة الدائرية (f): هو عدد الدورات الكاملة في الثانية الواحدة

$$\frac{\text{عدد الدورات}}{\text{زمن الدورات}} = \text{التردد}$$

- وحدة قياس التردد في الحركة الدائرية دورة / ثانية هيرتز $\equiv$ ثانية⁻¹

$$V = \frac{2\pi r}{T} \longrightarrow V = 2\pi r f$$

مثال (1)

١- يدور جسم بواسطة خيط طوله 20 cm في دائرة منتظمة فقطع مسافة 0.628m خلال 10s أحسب

أ- الإزاحة الزاوية:

$$\theta = \frac{x}{r} = \frac{0.628}{0.2} = 3.14 \text{ rad}$$

ب- السرعة الزاوية

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

مثال (2)

يدور جسم أفقياً بمعدل 300 دورة في الدقيقة بواسطة خيط طوله 20cm أوجد
١- تردد الحركة :

$$f = \frac{\text{عدد الدورات}}{\text{الزمن}} = \frac{300}{60} = 5 \text{ Hz}$$

ب- التردد الزاوي :

السرعة المماسية (السرعة الخطية) :

لكي يستمر الجسم في حركته على محيط الدائرة ،لابد أن يكون اتجاه السرعة التي يتحرك بها مماساً لمحيط الدائرة وسيكون مقدار السرعة في هذه الحالة ثابتاً واتجاهها متغيراً .

تعريف السرعة المماسية (السرعة الخطية) :

هي معدل تغير المسافة القوسية بالنسبة للزمن لجسم يتحرك في مسار دائري وهي ثابتة المقدار ومتغير الاتجاه .

حساب السرعة المماسية :

$$\text{المسافة المقطوعة على الدائرة} = \text{السرعة المماسية} \times \text{الزمن} \\ (X = V t)$$

$$\text{السرعة المماسية} = \text{المسافة المقطوعة} \div \text{الزمن} \\ (V = X \div t)$$

$$\text{عندما يكمل الجسم دورة كاملة فان : } X = 2 \pi r \\ \text{و الزمن (t) = زمن دورة كاملة (T)}$$

$$V = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi r f \longrightarrow V = \omega r$$

مثال (3) يدور جسم في دائرة فقطع مسافة 60m خلال 3s ، جد سرعة الجسم على

$$\text{الدائرة} \quad V = X \div t = 60 \div 3 = 20 \text{ m/s}$$

مثال (4):

يدور جسم بواسطة خيط طوله 20 Cm فأكمل دورة كاملة خلال 0.02s، جد سرعة الجسم على الدائرة

$$V = \frac{2\pi r}{T} \rightarrow V = \frac{2 \times 3.14 \times 0.2}{0.02} = 62.8 \text{ m/s}$$

عجلة الجذب المركزيه .

- العجلة الجاذبه المركزيه : ناتجة عن التغير في اتجاه السرعة المماسية ويكون اتجاهها نحو مركز الدائرة .

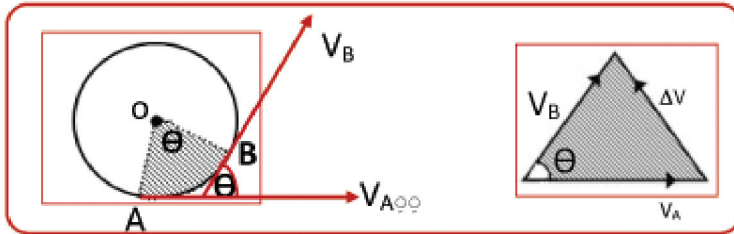
- رغم وجود العجلة المركزيه الا ان مقدار السرعةه المماسيه ثابت ؟ لأن عجلة الجذب المركزيه ناتجة عن تغير اتجاه السرعة المماسية وليس مقدارها .

تعريف عجلة الجذب المركزيه (التسارع المركزي) :

هو معدل التغير في متجه السرعة المماسية بالنسبه للزمن لجسم يدور في دائرة ويكون اتجاهها نحو مركز الدائرة .

$$a_c = \frac{V^2}{r}$$

العلاقة بين عجلة الجذب المركزيه والسرعة المماسية:
الاثبات.



تشابه $\Delta (V_B V_A)$ و ΔOAB ← تتناسب الأضلاع

$$\frac{\Delta V}{OB} = \frac{V_B}{r}$$

$$V_B = V_A = V$$

$$AB = X = V \times \Delta t$$

$$OB = r$$

لكن :

$$\frac{\Delta V}{V \times \Delta t} = \frac{V}{r}$$

$$\frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{V^2}{r}$$

تقويم ذاتي

- ١- يدور جسم بواسطة خيط طوله 100cm فقطع مسافة 12m خلال 4s ، جد :
أ - السرعة المماسية :
ب - عجلة الجذب المركزية :
٢- يدور جسم بسرعة 6m/s بواسطة خيط وبعجلة جذب مركزية 3.6m/s^2 جد طول الخيط .

- ٣- يتحرك جسم في حركة دائرية منتظمة نصف قطرها 10m فقطع مسافة 60m خلال 3s جد
أ- الزمن الدوري .
ب - عجلة الجذب المركزية .

قوة الجذب المركزية :

- القوة التي تجبر الجسم للسير في المسار الدائري المنتظم تسمى بقوة الجذب المركزية ويكون اتجاهها نحو مركز الدائرة .
- هل يمكن لجسم أن يتحرك في مسار دائري بدون توفر قوة الجذب المركزية ؟ لا يمكن لأن توفر قوة الجذب المركزية ضروري لتبقي الجسم في مساره الدائري .
تعريف قوة الجذب المركزية (F_c) : هي القوة التي تشد الجسم عمودياً نحو مركز الدائرة وتجبره على السير في مسار دائري منتظم .
- عندما تكون القوة الجاذبة المركزية أكبر من قوة الشد التي يتحملها الخيط ماذا يحدث؟ سينقطع الخيط ويتحرك الجسم في خط مستقيم مع اتجاه السرعة المماسية .
العلاقات الرياضية لقوة الجذب :

$$F_c = ma \longrightarrow F_c = \frac{mv^2}{r}$$

- m كتلة الجسم ، v السرعة المماسية ' r نصف قطر الدائرة
- تتناسب قوة الجذب المركزية طردياً مع كتلة الجسم و مربع السرعة المماسية وعكسياً مع نصف قطر الدائرة و تتجه هذه القوة نحو مركز الدائرة .

أنواع قوة الجذب المركزية :

- قوة التجاذب الكهربائي بين النواة الموجبة والالكترون السالب .
- قوة الاحتكاك بين اطارات السيارة وأرضية الطريق .
- قوة الشد في الخيط لجسم يدور في دائرة .
- قوة التناقل بين الارض والقمر .

قوة الطرد المركزية :

حتى تكون فكرة قوة الطرد واضحة فإنه لا بد من تذكّر انعطاف السيارة عند منعطف ما (سواء كان دائرياً أولاً) فإن الشخص الجالس داخل السيارة سوف يشعر بقوة تدفعه بعيداً عن مركز الدائرة التي تدور حولها السيارة ومن هنا جاءت تسميتها بقوة الطرد المركزي ، لأنها تطرد الجسم بعيداً عن المركز، لكن هذا الفهم غير صحيح حيث أن الشعور بالدفع للخارج لا يعني وجود قوة ما تؤثر في الجسم . التفسير الصحيح لهذه الظاهرة ينبثق من قانون نيوتن الأول ، حيث أن الأجسام قاصرة وتميل للبقاء في حركة منتظمة (أي تتحرك بسرعة ثابتة وبشكل مستقيم) فإنه عند الدوران عند منعطف ما أو حول أي مسار دائري فإن الجسم الذي يدور سوف يحاول المحافظة على حالة حركية منتظمة في كل مرة يتغير فيها اتجاه حركته أثناء الدوران، وكأن جسد الشخص الذي داخل السيارة عند بداية الانعطاف يحاول بسبب القصور الذاتي الاستمرار في المسار الجديد الذي اتخذه من انعطاف السيارة لكن مع استمرار السيارة في الانعطاف فإن الجسم القاصر يحاول في كل مرة أن يتابع حركته في كل مسار جديد في كل لحظة خلال عملية الدوران هذا الأمر هو الذي يسبب الشعور بالدفع للخارج بعيداً عن المركز.

في المحصلة يمكن القول أن هذا الدفع ناشئ عن قصور الأجسام وليس بسبب وجود قوة ما ، لكن كيف يمكن للأجسام الحركة بمسار دائري مع وجود القصور الذاتي ؟ من المؤكد أنه توجد قوة تجبر الجسم على المحافظة على مساره الدائري ، ومقدار هذه القوة يكون مساوياً للطرد المركزي، حيث أنه لو كان الطرد المركزي أكبر من هذه القوة فإن الجسم سوف يتابع حركته بخط مستقيم بسبب قصوره الذاتي ، ولو كانت هذه القوة أكبر من الطرد المركزي فإن الجسم سوف يتجه نحو المركز . هذه القوة الأخرى والتي تسحب الجسم باتجاه المركزي ما يعرف بقوة الجذب المركزي وهي التي تجعل الجسم يتحرك حركة دائرية .

فعندما يتحرك الجسم في مسار دائري بفعل قوة جذب مركزية مثل قوة جذب الشمس للأرض وقوة جذب النواة للالكترونات وقوة شد الخيط للحجر فإن تغير اتجاه حركة الجسم يؤدي إلى نشوء قوة رد فعل قصورية تحاول الاحتفاظ بالاتجاه الابتدائي للحركة وتقاوم تغيره . وقوة الطرد المركزية هذه هي قوة رد فعل لقوة الجذب المركزية تساويها في المقدار وتعاكسها في الاتجاه حسب قانون نيوتن الثالث . وهذه القوة هي التي تمنع سقوط الأرض على الشمس وتمنع سقوط الالكترونات على النواة لأنها تلغي تأثير قوة الجذب المركزية التي تحاول جذبها نحو المركز.

تعريف قوة الطرد المركزية:

هي قوة غير أصيلة تعمل كرد فعل لقوة الجذب المركزية و يكون اتجاهها خارجاً من مركز الدائرة .

ورغم ان الانطلاق في الحركة الدائرية قد يبقى ثابتاً إلا أن تغير اتجاه السرعة أثناء الحركة يعني وجود قوة تؤثر على الجسم الدائر باتجاه مركز دائرة الحركة مولدة ما يسمى بالتعجيل المركزي ولذلك فليس صحيحاً أن يقال ان الجسم المتحرك حركة دائرية يكون في حالة اتزان . وما يسمى بالقوة الطاردة المركزية ماهو الا رد فعل للقوة الجاذبة المركزية فهما اذن لا تؤثران على نفس الجسم ولا تلغي احدهما الأخرى .

تذكران :

في حالة الجسم المتحرك في دائرة أفقية بواسطة خيط :

١ - يزداد الشد في الخيط كلما زادت سرعة الجسم : لأن الشد في الخيط يتناسب طردياً مع مربع سرعة الجسم .

٢ - حركة جسم في مسار دائري بخيط طويل أسهل من تحريكه بخيط قصير ؟ لأن قوة الجذب المركزية تتناسب عكسياً مع نصف قطر الدائرة (طول الخيط) .

٣ - عندما يسترخي الخيط سيختفي الشد و بالتالي تختفي قوة الجذب لأن وجود قوة الجذب مربوط بوجود الدوران .

لحظة انقطاع الخيط فإن :

أ - قوة الجذب المركزية = صفر

ب - قوة الطرد المركزية = صفر

ج - سرعة الجسم = السرعة المماسية (نحسبها حسب المعطيات)

أجب عن الآتي :

١ - عندما يفلت أو عندما ينقطع الخيط ماذا يحدث ؟ يتحرك الجسم في خط مستقيم مع اتجاه السرعة المماسية.

٢- مصدر قوة الجذب المركزية هو الخيط (أي أن قوة الجذب هنا ممثلة بقوة الشد في الخيط) .

من التطبيقات على قوة الطرد المركزية في حياتنا اليومية :

أ- النابذة

ب - اندفاع الركاب في الاتجاه المعاكس لدوران السيارة المفاجئ .

ج - اندفاع جزئيات الماء نحو جدار الوعاء وانخفاضها في الوسط عند تحريك الماء دائرياً.

د- انفصال الماء عن الملابس في الغسالة .

تعريف النابذة جهاز يعتمد في عمله على قوة الطرد المركزية ، و يستخدم لفصل المحاليل المختلفة الكثافة .

استخدامات النابذة (استخدامات قوة الطرد)

أ - فصل السكر عن المولاص .

ب- فصل الزبدة عن اللبن .

ج- فصل البلازما عن الدم .

د- اليورانيوم - 235 عن اليورانيوم - 238

علل لكل مايلي :

أ - اندفاع الركاب في الاتجاه المعاكس لدوران السيارة المفاجئ ؟ لعدم وجود قوة الجذب المركزية الكافية على أجسامهم رغم وجودها على السيارة ، فتتحرك أجسامهم للخارج تحت تأثير قوة الطرد

تقويم ذاتي :

أحسب مقدار نصف قطر المنحنى الذي يجري عليه عداء كتلته (80 Kg) بسرعة (8 m/s) علماً بأن مقدار القوة الطاردة المؤثرة عليه (50 N) ؟

السرعة المتجهه النسبية

في حياتنا اليومية نلاحظ أجساماً متحركة وأخرى ساكنة ، فكيف يمكن لنا معرفة الحالة الحركية لكل منها بالنسبة للآخر ؟
لمعرفة فيما إذا كان الجسم ساكناً أو متحركاً يجب تحديد جملة مقارنة (مراقب) ومن ثم دراسة ذلك من خلال تغيير موضع الجسم بالنسبة للمراقب .
فعندما نقول أن سرعة سيارة هي 60Km/h فهذا يعني أنها تتحرك بتلك السرعة بالنسبة للأرض (مراقب ساكن) .

وعند الطلب من شخص يسير بسرعة معينة أن يصف حركة سيارة تسير في الطريق نلاحظ أن وصفه يختلف عن وصف حركتها من قبل شخص آخر يقف على الرصيف .
والسبب لأن وصف الحركة (السرعة) أو تغير الموقع بتغير الزمن يختلف بين المراقب الساكن والمراقب المتحرك وهو ما ندعوه نسبية الحركة .

السرعة في هذا الوصف تدعى بالسرعة النسبية لجسم محرك بالنسبة لجسم آخر (قد يكون ساكناً أو متحركاً) .

السرعة النسبية : هي سرعة جسم متحرك بالنسبة لمراقب ساكن أو متحرك .
السرعة النسبية تختلف تبعاً لاختلاف :

- ١- حالة المراقب . (هل المراقب ساكن أم متحرك ؟) .
- ٢- اتجاه حركة المراقب . (هل في نفس الاتجاه أم في الاتجاه المعاكس ؟) .

حساب السرعة النسبية في بعد واحد:

١- عندما يكون المراقب ساكن فإنه يرى السيارة تتحرك بنفس سرعتها التي تتحرك بها

إذا: السرعة النسبية = السرعة الفعلية

٢- عندما يتحرك المراقب في نفس اتجاه حركة السيارة فإنه سيرى السيارة تتحرك بسرعة أقل من سرعتها الفعلية .

إذا: السرعة النسبية = السرعة الفعلية - سرعة المراقب

٣- عندما يتحرك المراقب في عكس اتجاه حركة السيارة فإنه سيرى السيارة تتحرك بسرعة أكبر من السرعة الفعلية

إذا : السرعة النسبية = السرعة الفعلية + سرعة المراقب

علل: تبدو السيارة المتحركة بسرعة ما بالنسبة لمراقب يتحرك بنفس سرعتها وفي نفس الاتجاه وكأنها ساكنة ؟ لأن السرعة النسبية تساوي الفرق بين سرعتيهما = صفر

مثال (1)

سيارتان تتحركان في نفس الاتجاه فإذا كانت سرعة السيارة الأولى 50km/h وسرعة السيارة الثانية 70km/h فاحسب السرعة النسبية للسيارة الثانية بالنسبة لمراقب :

أ- يقف على جانب الطريق :

بما أن المراقب ساكن إذا السرعة النسبية = السرعة الفعلية = 70km/h

ب- المراقب يجلس في السيارة الأولى :

السرعة النسبية = السرعة الفعلية - سرعة المراقب

$$20\text{km/h} = 70 - 50$$

مثال (2)

أحسب السرعة الفعلية لسيارة تبدو سرعتها 90km/h بالنسبة لمراقب يتحرك في عكس اتجاهها بسرعة 30km/h .

المراقب في عكس الاتجاه

السرعة النسبية = السرعة الفعلية + سرعة المراقب

$$90 = \text{السرعة الفعلية} + 30$$

$$60\text{km/h} = 90 - 30$$

حساب السرعة النسبية لشخص يجلس داخل قطار :

• نرسم للراكب ب (A)

• نرسم للقطار ب (B)

• نرسم للمراقب الساكن ب (C)

$$V_{A/C} = V_{A/B} + V_{B/C} \quad \equiv$$

$$\text{السرعة النسبية للراكب بالنسبة للأرض} \quad \equiv V_{A/C}$$

$$\text{السرعة النسبية للراكب بالنسبة للقطار} \quad \equiv V_{A/B}$$

$$\text{السرعة النسبية للقطار بالنسبة للأرض} \quad V_{B/C}$$

مثال (3)

افترض أن قطاراً يتحرك في الاتجاه الموجب بسرعة 20m/s ويوجد بداخل القطار راكب وبجانب سكك الحديد يوجد شخص يقف ثابت على الأرض يراقب حركة القطار.

أ- إذا كان الراكب ساكن أوجد

١- سرعة الراكب بالنسبة للقطار : $V_{A/B} = 0$

٢- سرعة القطار بالنسبة للمراقب : $V_{B/C} = 20\text{m/s}$

٣- سرعة الراكب بالنسبة للمراقب 20m/s

ب- إذا كان الراكب يتحرك بسرعة 1m/s في اتجاه مقدمة القطار فإن:

١- سرعة الراكب بالنسبة للقطار : $V_{A/B} = 1\text{m/s}$

٢- سرعة القطار بالنسبة للمراقب $V_{B/C} = 20\text{m/s}$

٣- سرعة الراكب بالنسبة للمراقب:

$$V_{A/C} = V_{A/B} + V_{B/C}$$

$$= 1 + 20 = 21\text{m/s}$$

أ- إذا كان الراكب يتحرك بسرعة 1m/s في اتجاه مؤخرة القطار فإن:

٤- سرعة الراكب بالنسبة للقطار : $V_{A/B} = -1\text{m/s}$

٥- سرعة القطار بالنسبة للمراقب : $V_{B/C} = 20\text{m/s}$

٦- سرعة الراكب بالنسبة للمراقب :

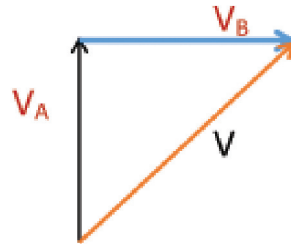
$$V_{A/C} = V_{A/B} + V_{B/C} = -1 + 20 = 19\text{m/s}$$

السرعة النسبية في بعدين :

عندما تطير الطائرة بين بلدين لكي تصل إلى المنطقة المحددة لازم تأخذ في اعتبارها سرعة واتجاه الطائرة بالنسبة للهواء وأيضاً سرعة واتجاه الهواء بالنسبة للأرض .

1- في حال تعامل متجهي السرعتين نستخدم فيثاغورس

$V \equiv$ سرعة الطائرة بالنسبة للأرض
 $V_A \equiv$ سرعة الطائرة بالنسبة للهواء
 $V_B \equiv$ سرعة الهواء بالنسبة للأرض

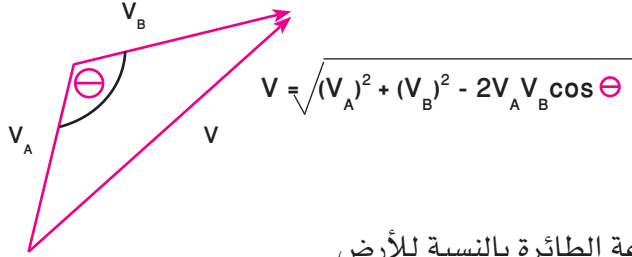


سرعة الطائرة بالنسبة إلى الأرض :

$$V = \sqrt{(V_A)^2 + (V_B)^2}$$

في حال أن الزاوية بين متجهي السرعة غير قائمة

نستخدم قاعدة جيب التمام:



سرعة الطائرة بالنسبة للأرض $\equiv V$

سرعة الطائرة بالنسبة للهواء $\equiv V_A$

سرعة الهواء بالنسبة للأرض $\equiv V_B$

تقويم ذاتي

- ١- ماذا يحدث إذا تحرك الجسم والمراقب في نفس الاتجاه وب نفس السرعة ؟
- ٢- ماذا يحدث إذا تحرك الجسم والمراقب في عكس الاتجاه وب نفس السرعة ؟
- ٣- إذا كنت تتركب قطاراً يتحرك بسرعة مقدارها 19m/s بالنسبة للأرض، وركضت مسرعاً نحو مقدمة القطار بسرعة 2mm/s بالنسبة للقطار فما سرعتك بالنسبة للأرض ؟.
- ٤- تطير طائرة نحو الشمال بسرعة 120m/s بالنسبة للهواء فإذا كانت الرياح تتجه نحو الشرق بسرعة 50m/s بالنسبة للأرض ما سرعة الطائرة بالنسبة للأرض ؟.

الجاذبية

ماهي الجاذبية ؟

١- عبد الرحمن الخازني (1115م - 1155م) في كتابه ”ميزان الحكمة“ إقترح :
(إن الاجسام الساقطة تتجذب نحو مركز الأرض وأن اختلاف قوة الجذب يرجع إلى
المسافة بين الجسم الساقط وهذا المركز).

٢- جاليليو جاليلي (1564م - 1642م) : جاء مدلول تجربته الشهيرة من فوق برج بيزا
المائل بالصيغة (إن الاجسام ذات الكتل المختلفة والتي تسقط معا سقوطاً حراً من ارتفاع
واحد تصل سطح الارض في نفس الزمن). والسبب لأنها تتحرك بنفس عجلة السقوط الحر
والتي لا تعتمد على كتلة الجسم .

مختبر افتراضي:

أفرض أنك صعدت إلى قمة برج عالٍ ورميت معاً من هناك ريشة و كرة ثقيلة فأيهما
ستصل وتصلطم بالارض أولاً ؟ الجواب هو الكرة ستصل أولاً
لكن كيف ذلك وقد قلنا ان الارض تجذب الاجسام بنفس التسارع بغض النظر عن
اختلاف كتلتها ؟ السبب ليس لأن الريشة خفيفة الوزن والكرة أثقل منها . بل السبب هو تأثير
مقاومة الهواء .

نتائج تجربة جاليليو :

- ٣- كل الاجسام تسقط بنفس تسارع الجاذبية الارضية.
- ٤- تسارع الجاذبية الأرضية لا يعتمد على كتل الاجسام الساقطة
- ٥- أدحض نظرية الجاذبية لأرسطو التي كانت تقول:
(إن سرعة سقوط الاجسام تعتمد على كتلتها) .

السير اسحق نيوتن : قدم نيوتن في العام 1687م نظريته التاريخية عن الجاذبية في كتابه
” المبادئ الرياضية للفلسفة الطبيعية ” . إن اكتشاف قانون نيوتن الخاص بالجاذبية الأرضية
كان واحداً من أكبر المساهمات في الثورة العلمية ويعتبر علامة بداية العلم الحديث من قبل
الكثير من المختصين.

وطبقاً لأفكار نيوتن الاسطورية عن الجاذبية الأرضية والتي أثّرت من خلال ملاحظة
سقوط التفاحة على رأسه بينما كان جالساً . ففي كتاباته عن الموضوع استخدم مَثَل التفاحة

الساقطة لتوضيح المبدأ الذي يقول بأن كل جسم في الكون يجذب كل جسم آخر .
تساءل نيوتن عن ماهية هذا المحرك الطبيعي الخارق الذي يجعل القمر يدور بانتظام حول الأرض . فتوصل إلى أن القوة التي أثرت على التفاحة لتسقط على الأرض هي نفس القوة التي تجذب القمر إلى الأرض .

قانون الجذب العام:

نص قانون الجذب العام : (كل جسمين ماديين في الكون يجذب بعضهما الآخر بقوة تناسب طردياً مع ناتج ضرب كتلتيهما وعكسياً مع مربع المسافة بينهما) .

$$F = \frac{Gm_1m_2}{R^2}$$

$G \equiv$ ثابت الجذب العام $\leftarrow$ يقاس بوحدة $N \cdot m^2/kg^2$

$m \equiv$ كتلة الجسم $\leftarrow$ تقاس بوحدة كيلوجرام (kg) .

$R \equiv$ المسافة بين مركزي الجسمين $\leftarrow$ تقاس بالمتر (m)

قيمة ثابت الجذب العام :

$G = 0.0000000000667$ ، هذه القيمة الصغيرة جداً لثابت الجذب العام تدل على

ضعف قوة الجاذبية .

مثال (1)

أحسب قوة الجاذبية بين جسمين كتلة كل منها 100Kg والمسافة بينها 1m

$$F = \frac{Gm_1m_2}{R^2} \rightarrow F = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 100 \times 100}{(1)^2} = 6.67 \times 10^{-7} N$$

وهو مقدار صغير جداً من الاستحالة بمكان أن نشعر به ونحن على سطح الأرض .

مثال (2)

جسم كتلته 100Kg على سطح الأرض، أحسب قوة الجاذبية عليه من الأرض إذا علمت

أن كتلة الأرض $6 \times 10^{24} Kg$ ونصف قطرها 6400 Km .

$$F = \frac{GM_E M}{r^2} \rightarrow F = \frac{6.67 \times 10^{-11} \times 6 \times 10^{24} \times 100}{(64 \times 10^5)^2}$$

$$= 980 \text{ N}$$

وهو مقدار كبير مقارنة مع قوة التجاذب بين الأجسام الموجودة على سطح الأرض مع بعضها البعض .

× مما سبق لماذا لا تظهر قوة التجاذب بين الأجسام الموجودة على سطح الأرض ؟ لأن قوة التجاذب بين هذه الأجسام صغيرة جداً مقارنة مع قوة جذب الأرض لأي منها وذلك لكبر كتلة الأرض .

تطبيقات على قانون الجذب العام :

- ١- قدرة جذب الأرض للكائنات التي تعيش عليها .
- ٢- ثبات دوران الأقمار الاصطناعية في مداراتها وعدم سقوطها .
- ٣- حدوث ظاهرتي المد والجزر .
- ٤- ثبات الكواكب في مداراتها حول الشمس دون أن تسقط .
- قوة جذب الأرض للجسم تعرف بـ وزن الجسم .
- لجسم كتلته (m) على سطح الأرض يكون وزنه :

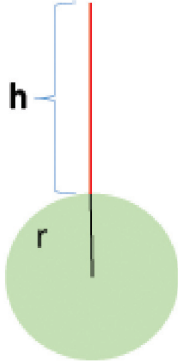
$$F = \frac{GM_E m}{r^2} = 9.8 \times m \quad \text{حيث } m \equiv \text{كتلة الجسم}$$

من العلاقة : وزن الجسم = $9.8 \times$ كتلة الجسم نستنتج أن كتلة الجسم تختلف عن وزنه .
فالكتلة كمية قياسية بينما الوزن كمية متجهة .
التسارع ضمن نطاق الجاذبية :

عجلة السقوط الحر:

هي معدل تغير السرعة بالنسبة للزمن لجسم يسقط سقوطاً حراً رأسياً داخل المجال الجاذبي للأرض .

حساب عجلة الجاذبية على ارتفاع (h) فوق :
وزن الجسم = قوة جذب الأرض



حيث $h \equiv$ الارتفاع من سطح الأرض

$$F = \frac{GM_E m}{(r+h)^2}$$

تجربة كافندش (1798م) قياس ثابت الجذب العام :
سطح الأرض

لحساب ثابت الجذب الكوني من العلاقة :

$$F = \frac{GM_E m}{R^2}$$

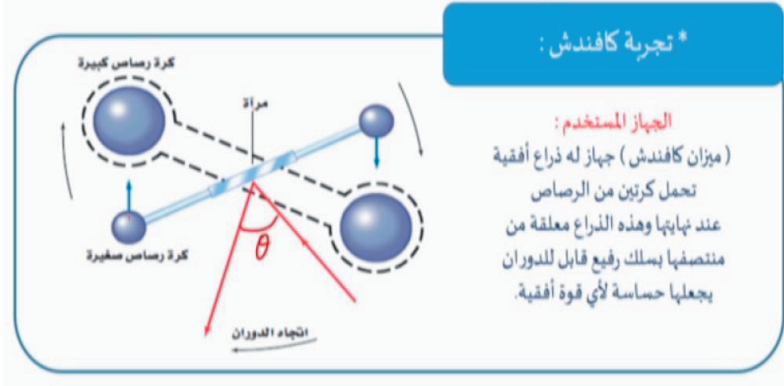
واجهت العلماء مشكلة صعوبة قياس قوة الجاذبية (F) . استغرق العلماء 100 عام تقريباً لكي يتمكنوا من عمل جهاز حساس لدرجة كافية لقياس قوة الجاذبية (F) .

أهمية تجربة كافندش :

- ١- أكدت توقعات نيوتن من حيث وجود قوة تجاذب بين الأجسام الموجودة في الطبيعة.
- ٢- تحديد قيمة تجريبية لثابت الجذب العام .
- ٣- ساعدت في حساب كتلة الأرض .

تركيب الجهاز (ميزان كافندش) :

عبارة عن ذراع أفقية تحمل كرتين صغيرتين من الرصاص عند نهايتها .والذراع معلقة من منتصفها بسلك رفيع قابل للدوران . بحيث يكون الذراع قابل للدوران وحساس لأي قوة أفقية . ومثبت على الذراع مرآة مستوية صغيرة محمولة على خيط تسمح بعكس أي شعاع ضوئي يسقط عليها . يوجد ذراع أفقي آخر يوضع عليه كرتين كبيرتين من الرصاص ثابتتان . ويتم الحكم فيه يدوياً بزيادة أو تقليل المسافة بين الكرات الكبيرة والصغيرة .



شرح فكرة عمل الجهاز :

- عند تقريب الكرتين الكبيرتين من الكرتين الصغيرتين على مسافة (ف) من بعضهما ، تحدث قوة تجاذب بين كل كرة صغيرة والكرة الاخرى الكبيرة التي بجوارها مما يعرض سلك التعليق إلى الفتل بزاوية (هـ) وبالتالي فإن الشعاع الضوئي الساقط على المرآة سينحرف ويمكن تعيين هذا الانحراف بواسطة مسطرة مدرجة .
- عند تساوي قوة اللي للسلك الرفيع وقوة التجاذب بين الكرات ستتوقف الذراع عن الدوران تماماً .
- بمعرفة مقدار الانحراف نستطيع تحديد زاوية الفتل (Θ) ومن ثم نعين قوة التجاذب .
- تقاس قوة التجاذب بين الكتل من خلال قياس الزاوية التي شكّلها دوران الذراع والذي يقاس بمساعدة الشعاع الضوئي المنعكس عن مرآة مستوية .
- وجد كافندش أن قيمة ثابت الجذب العام $6.67 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{g}^2$

الكتلة القصورية :

الكتلة لها قيمة محددة ثابتة ولكن يمكن قياسها بطريقتين مختلفتين هما :

كتلة القصور:

إذا أثرت قوة ثابتة المقدار على جسم سنجد ان تسارع الجسم سوف يقل كلما زادت كتلة الجسم .

$$a = \frac{F}{m}$$

تعريف كتلة القصور : هي مقياس لمقاومة او ممانعة الجسم لأي نوع من انواع القوى المؤثرة فيه .

تقاس كتلة القصور باستخدام : ميزان القصور
حساب كتلة القصور

$$m = \frac{F}{a}$$

كتلة الجاذبية : هي نوع من الكتل تحدد مقدار قوة الجاذبية المتبادلة بين جسمين .
تقاس كتلة الجاذبية باستخدام : الميزان ذو الكفتين

$$m = \frac{w}{g}$$

حساب كتلة الجاذبية:

ملاحظة مهمة : الكتلة القصورية وكتلة الجاذبية تختلفان مفاهيمياً ، ولكنهما متساويتان من حيث المقدار.

حركة الكواكب والجاذبية:

كان الاعتقاد السائد قديماً ان الشمس والقمر والكواكب والنجوم كلها تدور حول الارض . لكن الفلكي نيوكلاس كوبرنيكوس كان له رأي آخر حيث وجد أن نموذج مركزية الأرض للكون ، لايتفق مع المشاهدات المتوفرة لحركة الكواكب والنجوم . فبين كوبرنيكوس أن حركة الكواكب والنجوم يمكن فهمها بصورة افضل اذا ما افترضنا ان الارض مع غيرها من الكواكب هي التي تدور حول الشمس .

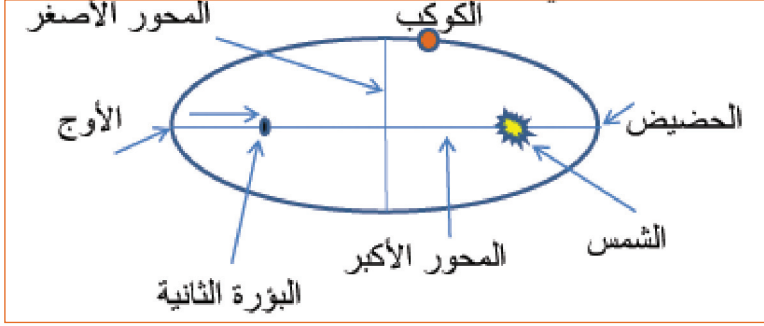
بعد عدة سنوات جاء الفلكي تايخو براهي الذي توصل من خلال مراقبة دقيقة لحركة النجوم والكواكب خطأً إلى أن الشمس والقمر يدوران حول الأرض بينما تدور الكواكب الاخرى حول الشمس .

يوهانز كبلر : خلال دراسة متعمقة لحركة الكواكب حول الشمس ، وبدعم من الملاحظات والبيانات التي ورثها عن اساتذة تايخو براهي ، إعتقد كبلر أن الشمس تولد قوة على الكواكب المحيطه معتبراً أن الشمس تمثل مركز المجموعة الشمسية .

تمكن كبلر من وضع قوانين تصف وتفسر حركة الكواكب حول الشمس . إلا أنه لم يتمكن من معرفة السبب لماذا تدور الكواكب حول الشمس في مدارات بيضاوية وليست دائرية ؟ أي ان كبلر لم يتمكن من تقديم تفسيراً لهذا النموذج .

القانون الاول لكبلر (يسمي قانون المدارات)

نصه : كل كوكب يتحرك في مدار إهليجي (بيضاوي) بحيث تكون الشمس في احدي بؤرتي هذا المدار الإهليجي .



- البؤرة التي بها الشمس تكون أقرب إلى مدار الكوكب عند نقطة تسمى الحضيض أما الجانب البعيد فيسمى بالأوج .

المذنبات:

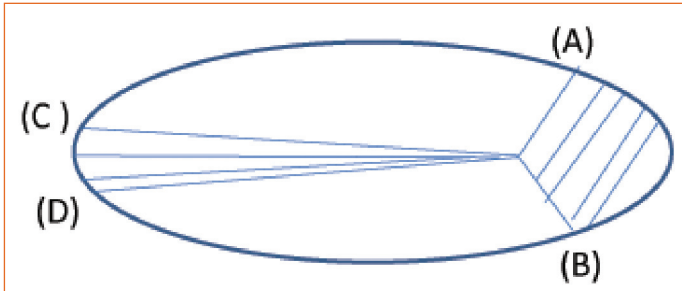
قسمت المذنبات إلى مجموعتين من حيث زمنها الدوري :

المجموعة الأولى : لها زمن دوري أكبر من 200 سنة مثل مذنب هال - بوب الذي زمنه الدوري 2400 سنة .

المجموعة الثانية : لها زمن دوري أقل من 200 سنة - مثل مذنب هالي الذي زمنه الدوري 76 سنة .

قانون كبلر الثاني (يسمي قانون المساحات) :

نصه : الخط الواصل بين الشمس وكل كوكب يرسم مساحات متساوية في ازمنة متساوية



مساحتي الشكلين المظللين متساوية في حين لاتتساوي المسافتان (AB ، CD) .

الزمن الذي يستغرقه الكوكب للتحرك من (B) الي (A) في حالة الحضيض هو نفس

الزمن الذي يستغرقه الكوكب للتحرك من (C) إلى (D) .
 سرعة الكوكب في منطقة الحضيض أكبر من سرعته في منطقة الأوج لأن الكوكب في
 الحضيض يكون قريباً من الشمس فتزيد قوة الجاذبية عليه وبالتالي تزيد سرعته بينما في
 منطقة الأوج يحدث العكس .

قانون كبلر الثالث (يسمى قانون الزمن الدوري) :

نصه إذا كان A، B كوكبان يدوران حول الشمس بحيث يكون متوسط بعد الكوكب
 (A) عن الشمس (R_A) زمنه الدوري (T_A) والكوكب (B) متوسط بعده عن الشمس (R_B)
 وزمن الدوري (T_B). فإن قانون كبلر الثالث
 ينص على: مربع النسبة بين زمنين دوريين لكوكبين حول الشمس يساوي مكعب النسبة

بين متوسطي بعدهما عن الشمس .
الصيغة الرياضية لقانون كبلر الثالث :

$$\left[\frac{T_A}{T_B} \right]^2 = \left[\frac{R_A}{R_B} \right]^3$$

ملاحظة: مدارات الكواكب حول الشمس تتفاوت في مدى اهليجية الشكل فبعضها يكون
 شبه دائري مثل مدار كوكب الزهرة حول الشمس إضافة إلى أن مدارات الأقمار حول الكواكب
 أيضاً شبه دائرية لذلك سنتعامل مع مدارات الكواكب والأقمار على أنها دائرية الشكل.

مثال (1)

الزمن الدوري لدوران القمر حول الأرض 27.3 يوماً ومتوسط بعده عن مركز الأرض
 3.9×10^5 km مستعملاً قوانين كبلر لحساب الزمن الدوري لقمر اصطناعي يبعد مداره
 9.75×10^2 Km عن مركز الأرض .

$$\left[\frac{T_A}{T_B} \right]^2 = \left[\frac{R_A}{R_B} \right]^3$$

$$\left[\frac{27.3}{T_B} \right]^2 = \left[\frac{3.9 \times 10^5}{9.75 \times 10^2} \right]^3 = 64 \times 10^6$$

بأخذ الجذر التربيعي للطرفين والضرب العكسي ينتج :

$$8000 T_B = 27.3 \rightarrow T_B = 0.0034125 \text{ days}$$

يستخدم قانون كبلر الثالث في :

- المقارنة بين أبعاد الكواكب وأزمانها الدورية حول الشمس
- المقارنة بين أبعاد الأقمار وأزمانها الدورية حول الكوكب

قانون الجذب العام وقوانين كبلر :

السير اسحق نيوتن: قدم قانون الجاذبية العام الذي فسرحركة كل الكواكب وحركة الاقمار حول الكواكب وحركة المذنبات حول الشمس .

بين نيوتن ان قوانين كبلر هي نتاج طبيعي لقانونه (قانون الجذب العام) فعمل نيوتن علي توسيع قوانين كبلر بطرق مختلفة منها السماح بحساب المدارات حول اجرام سماوية اخري .
العلاقة بين قانون الجذب الكوني وقانون كبلر الثالث:

لو اعتبرنا كوكب كتلته (m) يدور حول الشمس التي كتلتها (M_s) وكان متوسط المسافة بين مركز الكوكب ومركز الشمس (R) :

قوة الطرد = قوة التناقل بين الكوكب والشمس

$$\begin{aligned} \frac{mv^2}{R} &= \frac{GM_s m}{R^2} & \Rightarrow & v^2 = \frac{GM_s}{R} \\ \text{بالعويض } v &= \frac{2\pi R}{T} & \Rightarrow & \frac{4\pi^2 R^2}{T^2} = \frac{GM_s}{R} \\ \frac{R^3}{T^2} &= \frac{GM_s}{4\pi^2} & \Rightarrow & T^2 = \left[\frac{4\pi^2}{GM_s} \right] R^3 \end{aligned}$$

وبهذا نجد أن نيوتن قد توصل ال نفس النتيجة التي توصل اليها كبلر وهي :

مربع الزمن الدوري للكوكب حول الشمس يتناسب طرديا مع مكعب متوسط المسافة بين الشمس والكوكب ($R^3 \propto T^2$)

مدارات الكواكب والاقمار الاصطناعية

هل لقوة الجاذبية تأثيرعن بعد ؟

في العام 1871م اكتشف الفلكيون مجموعة من الاختلالات في مسار كوكب أورانوس والتي لايمكن شرحها كليا بقانون نيوتن للجاذبية . هذه الاختلالات قد تُفسّر بجاذبية كوكب آخر غير معروف يؤثر سلباً على مسار أورانوس حول الشمس . حدد العلماء موقع هذا الكوكب المجهول بالضبط وعندما وجهوا التلسكوبات تم التأكد من وجود الكوكب الذي أطلق عليه اسم كوكب نبتون .

ويعتبر كوكب نبتون هو الكوكب الوحيد الذي تم اكتشافه حسابياً وليس عن طريق المشاهدة.

الأقمار الاصطناعية :

أدت ثورة الأقمار الاصطناعية إلى نقل الانسان من الأرض إلى الفضاء ليس بجسمه ولكن بهيئته عليها عبر الفضاء . فقد أصبح هناك آلاف الأقمار الاصطناعية التي تجوب الفضاء بارتفاعات مختلفة كل حسب الغرض المراد منه تحقيقه .

تجربة نيوتن الذهنية :

تخيل نيوتن أنه ومن قمة مكان عال فوق سطح الأرض قام بإطلاق قذيفة أفقياً بسرعة معينة. يكون مسار القذيفة منحنيّاً لتسقط بعده على سطح الأرض بسبب قوة الجاذبية .

إذا زادت السرعة الأفقية للقذيفة ستقطع مسافة أطول على سطح الأرض ولكنها ستسقط في النهاية على سطح الأرض.

ولكي تسير القذيفة المسافة كاملة حول الأرض وتستمر في مسار دائري يجب أن تطلق القذيفة من ارتفاع معين تكون فيه مقاومة الهواء مهمة .

وبمحاكاة دوران القمر حول الأرض إستنتج نيوتن أنه لو أمكن إطلاق القذيفة من مدفع على ارتفاع 150 كلم (إهمال مقاومة الهواء) تقريباً فوق سطح الأرض وقذفة بسرعة معينة فإن القذيفة ستستمر في دورانها حول الأرض دون أن تسقط ، هذه التجربة الذهنية لنيوتن كانت السبب الاساسي في ظهور آلية الأقمار الاصطناعية .

سرعة دوران القمر الاصناعي حول الأرض :

أكبر قيمة للسرعة المدارية تتحقق عندما يدور القمر الاصطناعي على ارتفاعات منخفضه جداً من سطح الأرض ، عندها يمكن إهمال هذه الارتفاعات وتسمى السرعة في هذه الحالة بالسرعة الفلكية الأولى.

تعريف السرعة الفلكية الأولى: هي أقل سرعة تسمح للقمر الاصطناعي بالدوران حول الأرض بارتفاع منخفض دون أن يسقط .

قوة الطرد المركزية = قوة التجاذب الكتلي بين الأرض والقمر

$$\begin{array}{l} \text{كتلة القمر الصناعي} \equiv m \\ \text{كتلة الأرض} \equiv M_E \\ \text{ثابت الجذب العام} \equiv G \\ \text{نصف قطر الأرض} \equiv r \\ \text{الزمن الدوري للقمر} \equiv T \\ \text{الصناعي حول الأرض} \end{array} \quad \begin{array}{l} \frac{mv^2}{r} = \frac{GM_E m}{r^2} \rightarrow v^2 = \frac{GM_E}{r} \\ v = \frac{2\pi r}{T} \end{array}$$

وصف حركة الأقمار الاصطناعية :

انواع الاقمار الاصطناعية :

- أ- اقمار قريبة من سطح الأرض .
 - ب- أقمار بعيدة من سطح الأرض .
- أغراض الاقمار القريبة من سطح الأرض (من ارتفاع 300Km إلى 1000Km)
- ١- التجسس على المحادثات اللاسلكية.
 - ٢- الكشف عن الثروات المعدنية في باطن الأرض وسطحها .
 - ٣- دراسة الارصاد الجوي .
 - ٤- تصوير المنشآت العسكرية للعدو .
- أغراض الاقمار البعيدة من سطح الأرض (على ارتفاع 36000Km تقريباً)
- (أقمار الاتصالات)

- ١- نقل المكالمات الهاتفية .
- ٢- نقل البرامج الاذاعية والتلفزيونية .
- ٣- تبادل بيانات البنوك وأسواق المال .
- ٤- تبادل الصور والخرائط حول العالم .

ملاحظة: حتى يكمل قمر الاتصالات دورة كاملة حول الأرض كل 24 ساعة يجب توفر

شروطان هما:

- ١- أن يوضع القمر على ارتفاع 36000Km فوق سطح الأرض .
- ٢- أن يوضع القمر فوق خط الاستواء .

يكون قمر الاتصالات ثابت في نفس النقطة فوق سطح الأرض لماذا؟ لأنه يكمل دورته حول الأرض في 24 ساعة أي نفس مدة دوران الأرض حول محورها .
السرعة الزاوية لقمر الاتصالات في مساره حول الأرض تساوي السرعة الزاوية لحركة الأرض حول محورها كيف؟ لأن الزمن الدوري لقمر الاتصالات يساوي زمن دوران الأرض حول محورها .

إطلاق الصواريخ :

- تمتلك الصواريخ الحاملة للقمار الاصطناعية نظام توجيه وتحكم دقيق يغيها عن العنصر البشري . فمن خلال هذا النظام يمكن تحديد موقع الصاروخ وارتفاعه والتأكد من موافقته للمسار المطلوب .

نظرية اينشتاين :

ماهي الجاذبية ؟

عبد الرحمن الخازني (1121م) : في كتابة ميزان الحكمة بين " إن الاجسام الساقطة تنجذب نحو مركز الأرض وأن اختلاف قوة الجذب يرجع إلى المسافة بين الجسم الساقط وهذا المركز " .

نيوتن في أطروحته عام 1687م: "أي جسمين ماديين تنشأ بينهما قوة تجاذب تتناسب طردياً مع حاصل ضرب كتلتيهما وعكسياً مع مربع المسافة بين مركزيهما "

لماذا الجاذبية غير مفهومة وغامضة ؟

- ١- لأنها تؤثر عن بعد وعبر الفراغ مما يجعلها عصية للغاية على الاستيعاب .
 - ٢- ليست لها علاقة بنوع المادة أو تركيبها الذري أو الخواص الفيزيائية والكيميائية .
- أينشتاين : الجاذبية ليست قوة لكنها انحناء في نسيج الزمكان .

ماهو الزمكان ؟

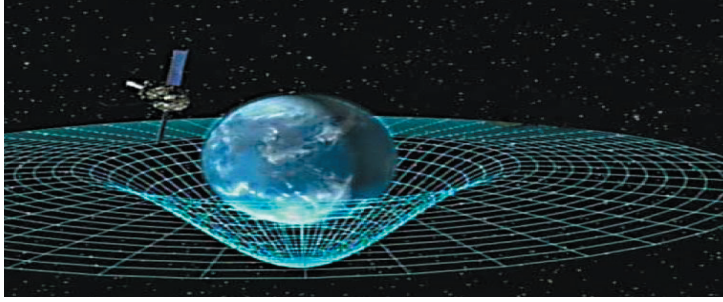
ماذا نعني بنسيج الزمكان؟

وكيف ينحني هذا النسيج ويؤثر على حركة الاجسام ؟

الزمكان : هي كلمة منحوتة من زمان و مكان وهذه المفردة ظهرت بعد ظهور نظرية النسبية حيث أن ألبرت أينشتاين قد أدمج المكان مع الزمان والزمان مع المكان . فأصبح الحديث عن الكميات في حقيقته هو تعبير عن وجود فضاء رباعي الابعاد .

نسيج الزمكان : هو النسيج الذي يتكون منه الاجرام السماوية وكل ما هو في الكون . يمكن

تشبيه نسيج الزمكان "بمفرش كبير" تم شده من الاطراف ثم وضع فيه أجسام متفاوتة الكتل في أماكن مختلفة كل جسم موضوع على المفرش سيعمل انبعاجاً (هذا هو ما نسميه نسيج الزمكان) .



مثال (2)

سبب دوران الارض حول الشمس ؟ لأن الشمس لكبر كتلتها ستعمل تشوه وانحناء كبير بالفضاء حولها ، هذا الانحناء سيجبر الأرض على التحرك في مسار دائري حول الشمس .

نتائج نظرية أينشتاين :

- ١- تنبأت بشكل دقيق عن تأثيرات الجاذبية .
- ٢- غيرت مفهوم الزمن وتعاملت معه كبعد رابع .
- ٣- الكتل تغير الفضاء المحيط بها وتجعله منحنيًا .
- ٤- أحدثت نقلة نوعية في الفيزياء النظرية وعلم الفلك .

انحراف الضوء :

تنبأت نظرية أينشتاين بانحراف الضوء عند مروره قرب الأجسام ذات الكتل الكبيرة جداً . حيث جاءت ملاحظات ومشاهدات علماء الفلك مطابقة لما تنبأ به اينشتاين عندما لاحظوا انحراف الضوء القادم من النجوم عند مروره قرب الشمس .

الثقوب السوداء:

وصفها: أجسام كتلتها كبيرة جداً وكثافتها عالية ، الضوء الخارج منها يرتد إليها بشكل كامل ولايسطيع الخروج منها أبداً .

- كيف يُستدل على وجودها : من خلال تأثيرها على النجوم القريبه منها .

- كشف أماكنها : يتم عن طريق الأشعة الناتجة عن انجذاب المادة اليها وسقوطها فيها .

إكتشاف موجات الجاذبية :

في العام ١٩١٥م تتبأ أينشتاين بوجود موجات الجاذبية والتي أصبحت واحدة من الفرضيات التابعة للنظرية النسبية .

ليس من السهل رصد ملاحظة موجات الجاذبية لماذا ؟ كل الأجسام الموجودة على الأرض نظرياً تُحدث موجات جاذبية ولكنها ضعيفة جداً يستحيل رصدها .

- في العام ٢٠١٦م وبعد قرن كامل من الزمان تمكن العلماء بمرصد لايكو بأمریکا من رصد موجات الجاذبية التي تتبأ بها أينشتاين.

- تعتبر مرصد لايكو من أدق الأجهزة التي أنتجتها البشرية على الإطلاق . يستطيع مرصد لايكو أن يقيس لوحدة أصغر من البروتون بـ 1000 مرة .

تقويم الفصل

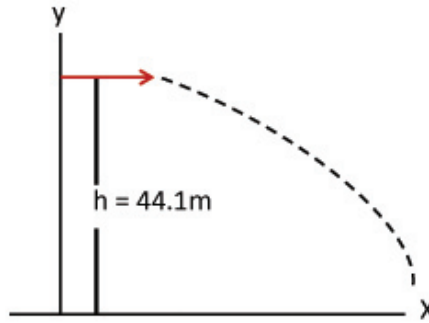
- س١) أكتب قانون كبلر الثالث نصياً ورياضياً ؟
- س٢) إلى أي مدى كانت تجربة كافندش مهمة ؟
- س٣) علل لمايلي : يشعر رواد الفضاء بانعدام وزنهم عند دوران المكوك الفضائي حول الأرض على الرغم من وجود قوة للجاذبية الأرضية تؤثر عليهم ؟
- س٣) ضع علامة (✓) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (X) أمام العبارة الخاطئة
- أ- نسبة مقدار القوة المحصلة المؤثرة في جسم ما إلى مقدار تسارعه عرفت بكتلة القصور ()
- ب- العالم كوبرنيكوس هو من قام بحساب ثابت الجذب العام ()
- ج- انعدام الوزن ($g = 0$) هي حالة يكون الوزن الظاهري فيها كبير جداً ()
- د- كان يعتقد قديماً أن الشمس والقمر والكواكب والنجوم تدور كلها حول الأرض ()
- س٤) ضع دائرة حول الحرف الذي يشير إلى أفضل إجابة صحيحة:
- ١- حسب قانون كبلر الأول فإن مدارات الكواكب
- أ- دائرية ب- خطية ج- كروية د- إهليجية
- ٢- كلما اقترب الكوكب من الشمس أثناء دورانه فإن سرعته :
- أ- تزداد ب- تبقى ثابتة ج- تقل د- لا يمكن التنبؤ
- ٣- قوة الجاذبية بين جسمين تتناسب :
- أ- طردياً مع الكتلة وطردياً مع المسافة بينهما
- ب- طردياً مع الكتلة وعكسياً مع المسافة
- ج- طردياً مع الكتلة وعكسياً مع مربع المسافة بينهما
- د- عكسياً مع الكتلة طردياً مع مربع المسافة بينهما
- ٤- مبدأ التكافؤ لـ نيوتن فيه كتلة القصور كتلة الجاذبية
- أ- تساوي ب- أكبر من ج- أصغر من د- ضعف
- س٥) قمر صناعي يدور حول الأرض في مدار نصف قطرة (R) فإذا علمت أن كتلة الأرض (M_E) وثابت الجذب العام (G) مستخدماً هذه الرموز أكتب معادلة رياضية لحساب :
- أ- سرعة القمر المدارية
- ب- الزمن الدوري للقمر

س٦) ركل شخص حجراً من حافة جرف يعلو 44.1m فوق مستوى سطح الماء بسرعة 18m/s كما بالشكل المجاور.

أ- كم يستغرق سقوط الحجر ليصل إلى الماء ؟

ب- ما سرعته عند وصوله إلى الماء ؟

ج- كم المدى الأفقي ؟.



س٧) قذف لاعب كرة من مستوى الأرض بسرعة ابتدائية 27m/s وفي اتجاه يميل على المستوى الأفقي بزاوية 30 درجة مهملاً مقاومة الهواء أحسب كلاً مما يلي :

أ- زمن الوصول لأقصى ارتفاع ؟

ب- الزمن الكلي لتحليق الكرة

ج- أقصى ارتفاع تصل اليه الكرة

د- المدى الأفقي لحركة الكرة؟

هـ- سرعة الكرة لحظة اصطدامها بالأرض ؟

س٨) علل: في الحركة الدائرية المنتظمة يكون للجسم تسارعاً باتجاه المركز على الرغم من أن مقدار سرعته لا يتغير؟

س٩) سير سيارة بسرعة 72 كلم/ساعة في منعطف نصف قطرة 20 متر أحسب

أ- التسارع المركزي .

ب- أقل قيمة لمعامل الاحتكاك السكوني بين العجلات والأرض لمنع السيارة من

الانزلاق؟

تلميح: معامل الاحتكاك السكوني = قوة الجذب المركزية / القوة العمودية (وزن السيارة).

مسرد

مصطلحات و رموز الكميات الفيزيائية و وحدات قياسها

الكمية الفيزيائية	الكمية الفيزيائية	الرمز المستخدم	وحدة القياس
الطول	Length	l	(m) meter
الكتلة	mass	m, M	(Kg) Kilogram
الزمن	Time	t	(s) second
السرعة	velocity		ms^{-1}
الإزاحة	Displacement	d, x, y, z	(m) meter
نصف القطر	Radius	r	meter (m)
العجلة	Acceleration	a	ms^{-2}
عجلة الجاذبية	Gravitational acceleration	g	ms^{-2}
القوة	Force	F	(N) Newton
الطاقة	Energy	E	(J) Joule
الشغل	Work	W	(J) Joule
الزاوية	Angle	α, φ	Deg, rad
فرق الجهد الكهربى	Potential Difference	v	(V) Volt
شدة التيار الكهربى	Electric current intensity	I	(A) Ampere
المقاومة الكهربائية	Electrical Resistance	R	Ohm (Ω)
سرعة الضوء	Speed of Light	C	ms^{-1}

Kelvin, Celsius	T_K^o, T_C^o t_K^o, t_C^o	Temperature	درجة الحرارة
mole	n	Amount of Matter	كمية المادة
Cd	I	light intensity	شدة الإضاءة
ms^{-1}	v	Instantaneous velocity	السرعة اللحظية
ms^{-1}	$\bar{v}$	Average velocity	السرعة المتوسطة
(N) Newton	F_T	Tensile strength	قوة الشد
(N) Newton	F_S	Friction force	قوة الاحتكاك
(N) Newton	μ_k	Kinetic friction force	قوة الاحتكاك الحركي
ليس له وحدة قياس	μ	Coefficient friction	معامل الاحتكاك
(N) Newton	F_{net}	Net force	محصلة القوى
(N) Newton	.Wt	Weight	الوزن
$Kg.m/s$	P	Linear momentum	كمية الحركة الخطية
(N) Newton	F_N	Normal force	القوة العمودية
(N) Newton	F_c	Centripetal force	قوة الجذب المركزية
(N) Newton		Centrifugal force	قوة الطرد المركزية
rad/s		Angular velocity	السرعة الزاوية

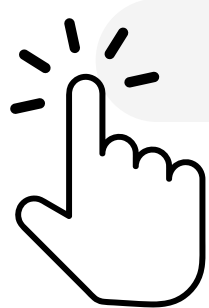
Kg	M_s	solar mass	كتلة الشمس
Kg	M_e	Earth mass	كتلة الأرض
$N\ m^2/kg^2$	G	Gravitational constant	ثابت الجذب العام
Hz (هيرتز)	f	Frequency	التردد
ثانية (s)	T	Periodic time	الزمن الدوري

تم تحميل ورفع المادة على منصة



المعلم التعليمي

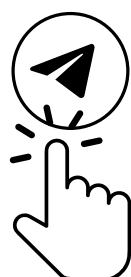
للتعودة الى الموقع اكتب في بحث جوجل



المعلم التعليمي



ALMUALM.COM



انظم الى قناة المنهج السوداني على التليجرام

T.ME/ALMANHJ_S