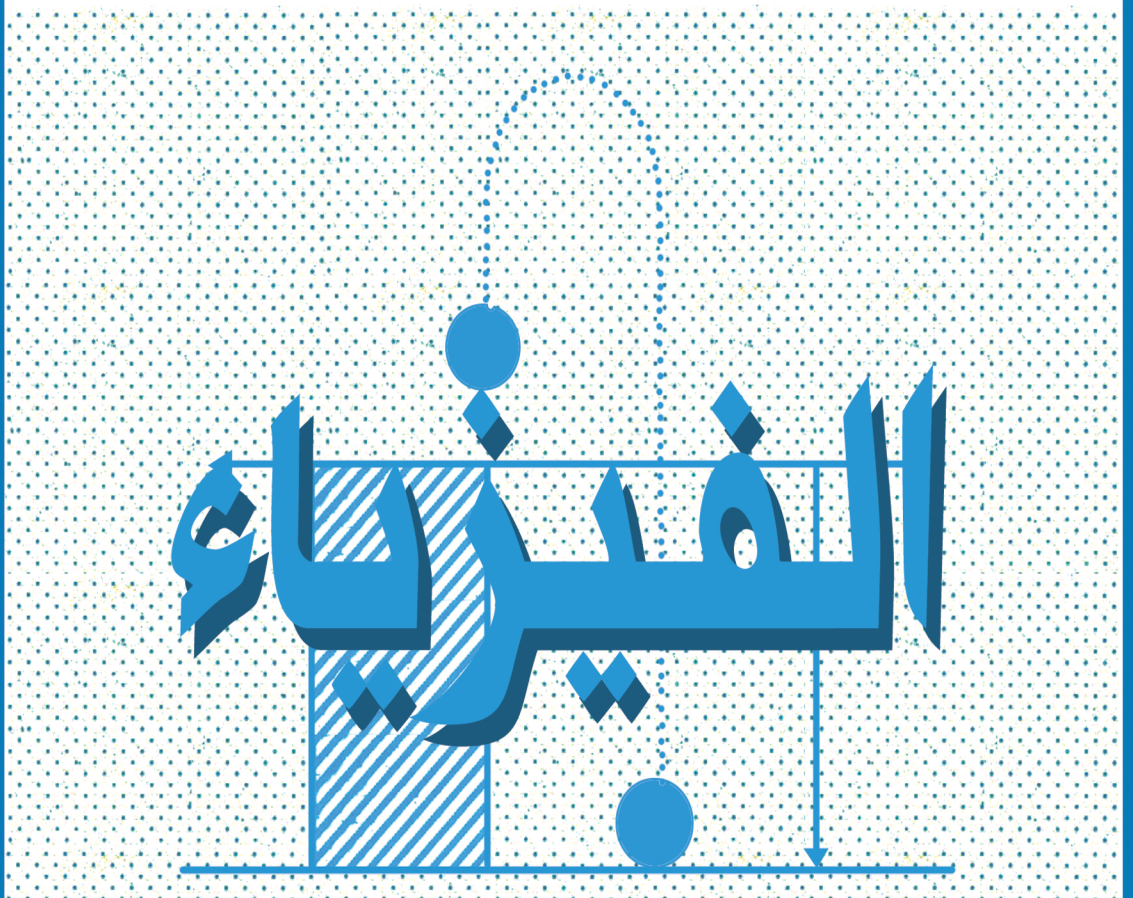
جمهورية السودان

وزارة التعليم العام

المركز القومي للمناهج والبحث التربوي

بخت الرضا

التعليم الثانوي



الصف الأول

بسم الله الرحمن الرحيم

جمهورية السودان
وزارة التربية والتعليم العام
المركز القومي للمناهج والبحث التربوي
- بخت الرضا -

الفيزياء

للصف الأول الثانوي

إعداد :
الأستاذ : الدكتور مبارك درار عبد الله - جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا
الأستاذ : عز الدين عبد الرحيم مجذوب - جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا

الإخراج الفني : الأستاذ : إبراهيم الفاضل
الجمع بالكمبيوتر : تهاني بابكر سليمان

جميع حقوق الطبع والتأليف ملك للمركز القومي للمناهج والبحث التربوي . ولا يحق لأي جهة، بأي وجه من الوجوه نقل جزء من هذا الكتاب أو إعادة طبعه أو التصرف في محتواه دون إذن كتابي من إدارة المركز القومي للمناهج والبحث التربوي.

ردمك : 978-99942-53-54-8

موقع المركز القومي للمناهج والبحث التربوي

بخت الرضا

www.nccer.edu.sd

المحتويات

الموضوع	الصفحة
١- المقدمة	
٢- الفصل الأول	
طبيعة الفيزياء	١
٣- الفصل الثاني	
المادة والحركة	٦
خواص المادة	٦
الوحدات والأبعاد	٨
الحركة	١١
٤- الفصل الثالث	
الكميات الأساسية في الفيزياء	١٤
الحركة الخطية	١٥
السرعة اللحظية	١٨
التسارع (العجلة)	٢٠
معادلات الحركة الخطية المنتظمة	٢٤
الحركة تحت عجلة الجاذبية	٣٠
قاعدة الاشارات	٣١
٥- الفصل الرابع	
قوانين نيوتن للحركة	٤٢
٦- الفصل الخامس	
الشغل والقدرة والطاقة	٦٣
الشغل	٦٣
القدرة	٦٦
الطاقة	٦٩

بسم الله الرحمن الرحيم

مقدمـــــة

الحمد لله الذي وفقنا لتأليف هذا الكتاب في علم الحركة (الميكانيكا) . وقد راعينا في تأليف هذا الكتاب شرح المفاهيم الطبيعية (الفيزيائية) بأبسط طريقـــة ممكنة مع ربط هذه المفاهيم بالمشاهدات اليومية . كما قمنا بإبراز مآثر المسلمين والأمم الأخرى في تطور علم الطبيعة (الفيزياء) . وقمنا كذلك بذكر التطبيقـــات التقنية لعلم الحركة في المجالات المختلفة .

وقد أدخلنا المعالجات الرياضية للمفاهيم كوسيلة لتسهيل فهمها ولإكســابها قدراً من الموضوعية والدقة .

واشتمل الكتاب أيضاً على تمارين ومسائل محلولة لتعين الطـــالب علـــى استيعاب المفاهيم والقوانين الطبيعية هذا بالإضافـــة إلـــى بعـــض النشـــاطات والتجـــارب المخبرية والتي نأمل أن تمكن المعلم من التعـــرف علـــى قـــدرات طلابه وتقويمها .

وفي الختام نرجو أن يمدنا الاخوة المعلمون والطلاب بملاحظاتهم

والله الموفق

المؤلفون

الفصل الأول

(١-١) طبيعة الفيزياء:

للفيزياء كأحد مجالات المعرفة البشرية معنى ومدلول ولقد عرفها العلماء والخبراء تعريفات كثيرة لا يتسع المجال لحصرها ولكن يمكن أن نذكر بعضاً منها.

فهي العلم الذي يختص بدراسة الجسيمات والموجات . كما عرفها جون ويليام وآخرون " بأنها هي العلم الذي يتناول العلاقة بين المادة والطاقة . ووصفها آخر بأنها ذلك النوع من المعرفة الذي يصف العالم الذي نعيش فيه ويفسر ظواهره . ومما سبق يتبين لنا أن الفيزياء هي ذلك العلم الذي يبحث في مفاهيم المادة والإشعاع وتفاعلهما وحركتهما في الزمان والمكان . فهي علم أساسي من حيث أنه يبحث في طبيعة الأشياء وسلوكها ، وترتكز على مفاهيمه معظم المفاهيم في العلوم الطبيعية الأخرى .

وتغيرت النظرة إليها منذ وقت قريب فأصبحت أكثر تحديداً باعتبار أنها العلم الذي يتناول كلاً من المادة والطاقة بالدراسة . غير أن الجوانب التي تتعلق بدراسة المادة والطاقة كثيرة ومتعددة . والجدير بالذكر أن التقدم العظيم الذي حققه علم الفيزياء حتى وقتنا الحاضر تم نتيجة جهود مضنية ومستمرة . فعلى مر الزمن شد انتباه النابهين من الناس تلك الظواهر الطبيعية التي تجري من حولهم ، فأخذوا في جمع الحقائق عنها ، وتصنيف المعلومات المتعلقة بها في محاولة لتفسيرها . ولم يتوقف سعي الإنسان في هذا الاتجاه لأنه شغوف محب للاستطلاع، دائماً يسأل لماذا ؟

ومن خلال محاولات الإنسان للتعرف على ظاهرة معينة وتفسيرها فإنه يتوصل عن طريق التعرف على السلوك والقوانين التي تعبر عن العلاقات بين متغيراتها ، إلى إمكانية التحكم في الظاهرة التي تهمه والسيطرة عليها ، ثم استخدامها في تطوير أنماط حياته المختلفة .

فلقد أحرز العلماء في القرن الثامن عشر تقدماً كبيراً في فهم الحرارة كظاهرة فيزيائية والذي أدى بدوره إلى اختراع الآلة الحرارية وتطويرها والاستفادة منها . وفي القرن التاسع عشر عمق الفيزيائيون معرفتهم بالكهربية مما

أدى للتوسع في استخدامها والاستفادة منها أيضا ، كما اتسع البحث في القرن العشرين وشمل جوانب متعددة وأدى اكتشاف الخلية الكهروضوئية إلى تحسين صناعة السينما وإلى اختراع التلفاز كما أدى التوسع في استخدام الإلكترونيات إلى تحسين الخدمات السلكية واللاسلكية وتحسين صناعة الراديو وأجهزة التحكم الآلي والحاسبات الإلكترونية وسفن الفضاء . ولهذا فإن التقدم في علم الفيزياء ، وفهمنا لأساسياته وقدرتنا على التحكم فيه يساهم مساهمة فعالة في التقدم الحضاري والتطور التقني .

إن تطور المجتمع الإنساني وزيادة القوى الإنتاجية فيه بما يفي بمتطلبات الحياة اليومية وجعلها أكثر يسراً وأوفر راحة ، بل وحتى التقدم في فروع العلم الأخرى يرجع إلى التقدم في الفيزياء ، والجهود التي يبذلها علماؤه في تذليل الصعاب ومواجهة المشكلات والسعي لحلها .

ومن الخير جداً الإشارة إلى بداية علم الفيزياء في التاريخ البشري لأن الإنسان تعامل مع المادة والطاقة من قديم الزمان قدم وجوده على ظهر الأرض . ولكن يرجع تاريخ المعرفة العلمية الفيزيقية المنظمة في هذا المجال إلى عهد الإغريق . فمثلاً يعتقد أرسطو ، أن المادة تتكون من أربعة عناصر هي الهواء والتربة والماء والنار . وبعضهم كان يرى بتناهي المادة التي يمكن تقسيمها إلى أن تصبح ذرات غير قابلة للقسمة .

ولقد استطاع جاليلو مابين عامي (١٥٦٤م - ١٦٤٢م) من الوصول إلى قوانين عجلة الجاذبية وإثباتها كما استطاع كبلر من اكتشاف القوانين التي تحكم مدارات الكواكب . وبعد جاليلو ظهر العالم الإنجليزي نيوتن والذي استطاع أن يضع علم الفيزياء في مكانه المرموق وتوج هذه الاكتشافات بوضع قوانين الحركة والجاذبية المشهورة كما اكتشف بعض الظواهر المتعلقة بطبيعة الضوء وتكوينه وله كذلك إسهاماته في الحرارة . ومن خلال القرن الثامن عشر استطاع فرانكلين ، فاراداي وبعض العلماء الرواد من اكتشاف بعض الأعمال المتعلقة بالكهربية والحرارة ، ومنهم جيمس جول . وفي بداية القرن التاسع عشر تقدمت الدراسات في الضوء بواسطة توماس يونج وفرزنيل ، أما في القرن العشرين فقد تم انشتاين صياغة النظرية النسبية التي أدت للإنجازات الحديثة في اكتشاف الكون ، وأثبتت العلاقات المرتبطة بالمكان والزمان والطاقة .

وفي دراستك للفيزياء خلال الأعوام القادمة سوف تتعرف على الكثير من منجزات هذا العلم وتطبيقاته العملية وأثر ذلك على تقدم المجتمع وانتفاعه بمنجزات العلم والتقنية .

(١-٢) دور العلماء المسلمين في تطور الفيزياء

وقد سبق كل هذا بعض العلماء المسلمين الرواد والذين قاموا بدور عظيم في تأسيس هذا العلم مثل عبد الرحمن الخازني صاحب كتاب "ميزان الحكمة" والقروييني وابن طفيل والكندي الكوفي وابن الشاطر والشيرازي وابن باجة الأندلسي . وقد بحث كل هؤلاء في قانون التثاقل (الجاذبية) وفي قوانين الحركة ومن هؤلاء إخوان الصفا . فلقد ناقش إخوان الصفا القانون المعروف بقانون القصور الذاتي والذي تبناه نيوتن فيما بعد والذي يقتضي بأن : "كل جسم يبقى على حالته في سكون أو حركة في خط مستقيم ما لم يؤثر عليه مؤثر خارجي" .

وقالوا : " أن الأجسام الكليات كل واحد له موضع مخصوص ويكون واقفاً فيه لا يخرج إلا بقسر قاسر."

وعندما نتحدث عن الضوء فلا بد من الإشارة إلى الدراسات القيمة التي أنجزها الحسن بن الهيثم (٩٦٥م - ١٠٣٩م) في علم البصريات ، والتي سجلها في سفره الشهير (كتاب المناظر) والذي اشتمل على قانون الضوء في الانعكاس والانكسار . كما لا يجوز إغفال دور العالم الفلكي أبي الريحان البيروني عند ذكر خواص المادة (٩٧٣م - ١٠٤٨م) إذ استطاع هذا العالم الفذ أن يحصل على نتائج عالية من الدقة للوزن النوعي لبعض الفلزات يضاهي القياسات الحديثة . وهناك أسماء كثيرة تنتمي لحضارتنا الإسلامية ظلت مغمورة في كتب تاريخ العلوم .

(١-٣) أهمية الفيزياء

ومما سبق يمكن أن نوجز أهمية الفيزياء في الآتي :

على التطبيقات الفيزيائية تنبني الحضارة المادية وتعمر الأرض وتسخر الطاقات الكامنة في الطبيعة لخير الإنسان ، فتتسع قدراته وتتنوع إبداعاته بأعمال الفكر والعقل وتوظيف مهاراته في إدراك خفايا الطبيعة وسبر أغوار الكون بدءاً بعالم الملحوظات وانتهاءاً بما هو أدق من الجسيمات أو أعظم من المجرات .

ومن علم الفيزياء تأخذ العلوم المختلفة أساسها النظـــري ومنـــه تتشـــعب. المعارف وبقوانينه تختبر صحة مبادئها . لأن علم الفيزياء تراكمي البنيان بمعنـــى أنك إذا حاولت دراسة ظاهرة تفرعت عنها ظواهر أخرى تحتاج إلى المزيد مـــن الدراسة . وبذلك تبنى المعرفة الجديدة على معرفة سابقة وقـــد تلغـــي المعرفـــة الجديدة معرفة قديمة ، أو تحدد من إنطباقها على الظواهر الطبيعية أو تعدلها .

وعلم الفيزياء عند المؤمنين رابط بين التفكير في ، كيف خلق الله الكـــون؟ والتفكير في: لماذا خلقه ؟

ويستخدم علم الفيزياء المنهج العلمي في الوصول إلى المبـــادئ للمفـــاهيم الأساسية والقوانين الشاملة . ويتلخص هذا المنهج في الخطوات الآتية :

الملاحظة وجمع المعلومات والبيانات ووضع الفرضيـــات ثـــم اختبارهـــا واستخلاص النتائج والعلاقات بين الكميات المختلفـــة واســـتنتاج القوانيـــن ، ثـــم أجـــراء المزيد من الاختبارات للتحقق من صحتها وشمولها .

(١-٤) أثر العلم والتقنية على المجتمع:

تتأثر حياة الناس بالعلم والتقنية الحديثين ، خاصة أولئك الذين يقطنون المدن الكبرى فهم الأكثر تأثراً بهذه المنجزات من أجهزة صممت لتقليل الجهد الجسماني وتسهيل الاتصالات وجمع المعلومات وتخزينها والأجهزة المعدة للتســـلية وســـبل الراحة والأشياء المصنعة من المواد الطبيعية الخام والتي تحصـــل عليـــها وفـــق تصاميم جديدة . وليس أثر التقنية يرجع للأشياء الطبيعية ، بل للتغـــيرات التـــي أحدثتها في أسلوب حياتنا . فالعلم والتقنية يحدثان تأثيراً كبيراً بـــل كانـــا أقـــوى العوامل في التغير الاجتماعي في تاريخ الإنسان كله .

فالعلم والتقنية حقيقتان متمايزتان ، على الرغم من ارتباطهما ببعضـــهما ارتباطا وثيقاً . إن العلم عملية استقصاء وبحث . وهو عبارة عن مجموعة منتظمة من المعارف المتعلقة بالعالم الذي أوجده الإنسان . فالعملية العلميـــة ســـواء فـــي العلوم التطبيقية أم في العلوم الطبيعية تتطلب بحوثاً . والناتج الذي يستخلص منـــها هو مجموعة من الأفكار والنظريات والمبادئ التي يستطيع الإنســـان أن ينظمـــها بأشكال مختلفة . ولهذا فأن التقنية ليست مجموعة من القوانين والمبادئ المرتبطـــة ببعضها على الصعيد النظري ، بل هي تتميز بتقنيـــات وتصميمـــات وطرائـــق وأجهزة ووسائل ومواد . أما الدوافع التي تحرك كل من العالم والتقني فـــهي أن

رجل العلم يرمي من بحثه إلى الرغبة في المعرفة والفهم ومفتاح تصرفاتـــه هـــو الفضول العلمي أي روح الاستقصاء وبالمقابل ما يهم التقني هو تحويل الأفكـــار والمشروعات إلى واقع وحقيقة علمية فمفتاح تصرفه هو معرفة كيف يعمل ؟

ومما سبق يتضح أن التقنية هي التطبيق العملي للمعرفة العلمية الأساســـية لاستحداث أدوات وأجهزة وآلات لخدمة حاجات الإنسان وتحسين الإنتاج وزيادته.

نشاط (١):

على الطلاب اعداد تقارير عن نشاطات بعض العلماء المسلمين في تقدم علم الفيزياء .

نشاط (٢):

عرض بعض الأفلام التي تبحث في الظواهر الطبيعية والطاقة .

تمرين :

١-علم الفيزياء " تراكمي البنيان" وضح معنى ذلك .

٢-ما الفرق بين العلم والتقنية ؟ هات أمثلة توضح ذلك .

٣-ما الخطوات الأساسية التي يعتمدها العالم في الحصول على المعرفـــة العلمية ؟

٤-تنشأ المعرفة الفيزيائية باعتماد المنهج العلمي في البحث . اشرح هـــذا المنهج .

الفصل الثاني

المادة والحركة

(٢ - ١) خواص المادة

منذ أن أنزل الله الإنسان على الأرض هيأ له أسباب العيش والبقاء فهو يجد فيها مشربه ومأكله وملبسه ومسكنه فيروي ظمأه بالماء ويستمد غذاءه من النباتات مثل المانجو والبرتقال والعدس والفاصوليا كما يصنع ملبسه من القطن أو الصوف ويشيد مسكنه من الرمل والطين والحجارة . فالماء والمانجو والبرتقال والعدس والفاصوليا والقطن والرمل والطين والحجارة هي مواد متنوعة ومختلفة التركيب . وتتميز كل هذه المواد بأن لها حجم وكتلة .

ولذا تعرف المادة بأنها (هي كل ما يشغل حيزاً في الفراغ وله كتلة) وللمادة ثلاثة خواص أساسية هي :

١/ الحجم :

وهو الحيز الذي تشغله المادة .

٢/ الكتلة :

تعبر الكتلة عن مقاومة الجسم المادي لأي تغيير في حالته الحركية أي تعبر عن قصورها عن التغيير الذاتي أو التلقائي لحركتها دون مؤثر خارجي .

وتسمى خاصية مقاومة الجسم لتغيير حالته الحركية بالقصور الذاتي فالكتلة هي مقياس خاصية مقاومة الجسم لتغيير حالته بالقصور الذاتي ، فهي مقياس لمقاومة المادة الساكنة للحركة ولمقاومة المادة المتحركة بسرعة ثابتة في اتجاه ثابت لأي تغيير في مقدار السرعة أو اتجاهها . فتحريك سيارة صغيرة ساكنة أسهل من تحريك شاحنة كبيرة ساكنة لأن السيارة الصغيرة أقل كتلة من الشاحنة . وإذا أردت إيقاف كرة من المطاط متحركة بسرعة على منضدة أفقية وكرة أخرى من الحديد لها نفس الحجم متحركة بنفس السرعة بيديك فستجد أن كرة الحديد تقاوم الإيقاف وتغيير الحركة أكثر من كرة المطاط ، لأن كتلة

كرة الحديد أكبر من كتلة كرة المطاط . لذا ستجد صعوبة أكثر في إيقاف كرة الحديد .

فالجسم ذو الكتلة الكبيرة يقاوم تغيير الحركة أكثر من الجسم ذو الكتلة الصغيرة .

إذا كنت تقود سيارة مسرعة وتوقفت فجأة فستلاحظ أن جسمك سيندفع للأمام ويصطدم بعجلة القيادة لأن جسمك كان في البداية يسير بسرعة السيارة نفسها وعندما توقفت السيارة فجأة قاوم جسمك هذا التغيير بمحاولة الاحتفاظ بسرعته الابتدائية فاندفع لذلك للأمام . وتسمى خاصية محاولة الجسم للاحتفاظ بحالته الحركية الابتدائية بالقصور الذاتي .

٣- وزن الجسم :

ومن الحقائق المعروفة لدينا أنه عندما يقذف أي جسم لأعلى في الهواء فإنه يسقط ثانية للأرض . فلماذا يعود هذا الجسم ثانية للأرض ؟

لقد تبين للعالم (نيوتن) أنه لابد من وجود قوة تسبب سقوط الأجسام للأرض أي أن هناك قوة تجاذب بين الجسم والأرض . وهذه القوة تتوقف على عاملين هما كتلة الجسم والمسافة بين الجسمين .

ومهما يكن فإن وزن الجسم هو عبارة عن مقدار قوة جذب مركز الكرة الأرضية له ويعتمد على المكان من حيث الارتفاع والانخفاض من سطح البحر كما أنه يعتمد على خطوط العرض والطول ويمكن قياس وزن الجسم بالميزان الزنبركي .

والوحدات المترية التي يقاس بها الوزن هي ثقل الكيلوجرام وثقل الجرام.

٤- الحركة :

المادة يمكن أن تكون ساكنة أو متحركة . ويعني السكون أن يكون الجسم المادي في موضع ثابت بالنسبة لنا ، بينما تعنى الحركة أن ينتقل الجسم من موضع لموضع آخر .

فإذا كنت جالساً أمام منزلك فإنك تلاحظ أن المنزل ساكن بالنسبة لك ، فإذا مرت سيارة بالقرب منك فإنها ستتحرك مقتربة منك ثم تواصل سيرها مبتعدة عنك .

(٢ - ٢) الوحدات والأبعاد

للتعرف على خواص الحجم والقصور الذاتي والحركة وغيرها من خواص المادة فإننا نستخدم وحدات معينة لقياس هذه الخواص . وهناك ثلاثة وحدات أساسية هي وحدات الطول والكتلة والزمن .

وهناك وحدات أخرى مشتقة منها مثل وحدة الحجم . وهي مشتقة من وحدة الطول . ووحدة قياس السرعة تعتمد على وحدة الطول ووحدة الزمن .

(٢ - ٢ - ١) الوحدات الأساسية :

١- الطول :

يقاس الطول بوحدة المتر . وهي الوحدة العيارية لقياس المسافة .

ويعرف المتر بأنه هو المسافة بين خطين محفورين على ساق مصنوعة من سبيكة من البلاتين والازيديوم ومحفوظ في باريس في درجة حرارة ثابتة . وقد وزعت نسخاً مطابقة لهذا المتر على بلدان العالم لاتخاذها أساساً للقياس .

وفي عام ١٩٦١م تم الاتفاق دولياً على اختيار تعريف آخر للمتر يعتمد على ظاهرة ذرية بدلاً من طول القضيب الذي ذكر آنفاً . فقد عرف المتر بأنه يساوي ١٦٥٠٧٦٣,٧٣ مرة من الطول الموجي للضوء البرتقالي اللون المنبعث من ذرة الكريبتون .

وهناك وحدات أخرى تعتمد على المتر وهي :

الكيلو متر = ١٠٠٠ متر ورمزها كم

المتر = ١ متر ورمزها م

ديسمتر = $\frac{١}{١٠}$ = $١٠^{-١}$ متر ورمزها دسم

سنتمتر = $\frac{١}{١٠٠}$ = $١٠^{-٢}$ متر ورمزها سم

ملليمتر = $\frac{١}{١٠٠٠}$ متر = $١٠^{-٣}$ متر ورمزها مم

ميكرومتر = $\frac{1}{1000000}$ متر = 10^{-6} متر ورمزها M (ميكرون)

انجستروم $\frac{1}{10000000000}$ متر = 10^{-10} متر ورمزها (A°)

وتستخدم الوحدة المناسبة حسب البعد المراد قياسه فقطر الذرة يقاس بالأنجستروم وارتفاع الحائط يقاس بالأمتار . ويقاس البعد بين مدينتين بالكيلومتر بينما يقاس البعد بين الكواكب بالوحدات الفلكية .

وتعتبر المسافة بين الشمس والأرض هي وحدة القياس الفلكية وتساوي ١٤٩ × ١٠ ^{6} كيلومتر . ووفقاً لهذه الوحدة يبعد القمر عن الأرض $\frac{267}{1000}$ وحدة فلكية أي ٣٨٤ × ١٠ ^{3} كيلومتر.

أما بالنسبة للنجوم والمجرات فتبعد عن الأرض بمسافات شاسعة ولذلك يقاس بعدها عن الأرض بوحدة قياس تسمى السنة الضوئية وهي المسافة التي يقطعها الضوء في سنة واحدة بسرعة ٣ × ١٠ ^{8} متر في الثانية . وعليه فالسنة الضوئية :

= ٣× ١٠ ^{8} × ٦٥ ٣ يوماً × ٢٤ساعة × ٦٠دقيقة × ٦٠ثانية

= ٩,٥ × ١٠ ^{14} متر

= ٦,٣ × ١٠ ^{3} وحدة فلكية

وهناك وحدات أقل أهمية وهي وحدة الياردة الإنجليزية المنشأ وتساوي الياردة ٣ أقدام ويساوي القدم ١٢ بوصة والبوصة تساوي ٢,٥٤سم . أما وحدة الميل فتساوي ١٧٦٠ ياردة .

٢- الكتلة :

كتلة جسم من الأجسام هي عبارة عن كمية المادة التي يحتويها ذلك الجسم . والكتلة صفة ثابتة لا تتأثر بتغير مكان الجسم أو شكله أو لونه .

وتقاس كتلة أي جسم بوحدة الكيلوجرام وهي كتلة اسطوانة من البلاتين والاريديوم محفوظة في باريس . ويحتوي الكيلوجرام على ١٠٠٠ جرام . ويعرف الجرام بأنه كتلة ١ سم^{3} من الماء النقي في درجة حرارة ٤ درجة مئوية . والوحدات التي تعتمد على الكيلوجرام هي :

١ جرام = $\frac{١}{١٠٠٠}$ كيلوجرام = $١٠^{-٣}$ كيلوجرام ورمزها جم

١ ميلي جرام = $\frac{١}{١٠٠٠٠٠٠}$ = $١٠^{-٦}$ كيلوجرام ورمزها ملي جم

١ ميكروجرام = $١٠^{-٩}$ كيلوجرام ورمزها مك جم

١ رطل = ٠,٤٥٣ كيلوجرام

ولقياس الكتلة تقارن كتل الأجسام عن طريقة مقارنة انجذابها نحو الأرض باستخدام الميزان ذي الكفتين . أو الميزان الزنبركي .

٣- الزمن :

يعبر الزمن عن تتابع الأحداث . ولقياس الزمن تتخذ الفترة الزمنية لجسم مادي يتحرك حركة دورية متكررة بانتظام كحركة الأرض حول محورها وحول الشمس وحركة البندول والساعة كمقياس للزمن . ومن المعروف أن الدورة الكاملة للأرض حول محورها تتم في يوم كامل .

ويقسم اليوم لـ ٢٤ ساعة وتقسم الساعة إلى ٦٠ دقيقة والدقيقة إلى ٦٠ ثانية .

ووحدة قياس الزمن هي الثانية . وهناك وحدات أصغر من الثانية تستخدم أيضاً في البحث العلمي وهي :

١ ملي ثانية = $١٠^{-٣}$ ثانية

١ ميكرو ثانية = $١٠^{-٦}$ ثانية

١ نانو ثانية = $١٠^{-٩}$ ثانية

وبما أن حركة الشمس الظاهرية تتغير بعض الشيء من يوم لآخر على مدار السنة فإن تعريف الثانية على أساس اليوم الشمسي سكون عسيراً إذا أخذنا في الاعتبار اختلاف العمر الزمني لليوم باختلاف حركة الارض والشمس . لهذا السبب تم الاتفاق في مؤتمر عالمي للأوزان والمقاييس عام ١٩٦٧م على تعريف الثانية بأنها " الزمن الذي تحتاجه ذرة السيزيوم لعمل ٩٩١٢٦٣١٧٧٠ ذبذبة . أما أجهزة قياس الزمن فتشمل الساعات الرقمية وساعات البندول وأي منظومة تعمل على مبدأ الحركة الدورية المتكررة .

النظام الدولي للقياس SI :

يعتمد النظام الدولي للقياس SI على نظام الوحدات الفرنسي . ووحداته هي المتر لقياس الطول والكيلوجرام لقياس الكتلة والثانية لقياس الزمن .

وقد اتفق العلماء على استخدام النظام الدولي SI نسبة لسهولته .

وهناك نظام آخر وهو النظام الإنجليزي ويعتمد على وحدات القدم للطول والباوند للكتلة والثانية للزمن إلا أن التعامل به أصبح محدودا لصعوبته.

(٢ - ٣) الحركة

تنشأ الحركة من تغيير الجسم لموضعه . فحينما يتحرك جسم يتغير موضعه بمرور الزمن . والعالم من حولنا يموج بالحركة فالأرض تتحرك حول محورها، وينتج من حركتها تعاقب الليل والنهار . وهي تتحرك حول الشمس لينتج من حركتها الفصول المختلفة مثل الشتاء والصيف والخريف . والقمر يتحرك ويدور حول الأرض مرة في كل شهر . وقد وردت حركة هذه الأجرام في القرآن في سورة يس " والشمس تجري لمستقر لها ذلك تقدير العزيز العليم والقمر قدرناه منازل حتى عاد كالعرجون القديم لا الشمس ينبغي لها أن تدرك القمر ولا الليل سابق النهار وكل في فلك يسبحون " .

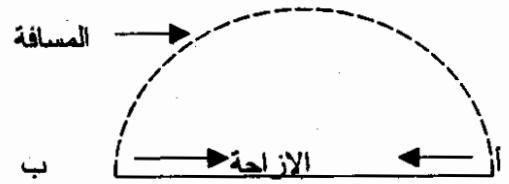
ولوصف حركة الأجسام بصورة دقيقة لابد لنا من تعريف بعض المفاهيم مثل المسافة والإزاحة والانطلاق والسرعة .

١- المسافة والإزاحة :

لقد استخدم الإنسان وحدات مختلفة لقياس المسافة في المراحل المختلفة من تطوره .

ولمعرفة مفهوم المسافة . هب إنك قمت برحلة بعربة مبتدئا من الخرطوم إلى مدينة كسلا فقطعت طول قدره ٦٠٠ كلم . ثم قطعت طول قدره ٥٠٠ كلم أخرى للوصول لبورتسودان . فإذا سألت عن المسافة التي قطعتها ، وعن كم تبعد الخرطوم من بورتسودان فإن السؤالين سيكونان مختلفين لأن مفهوم المسافة يختلف عن مفهوم البعد (الإزاحة) .

فإذا سار جسم في مسار مقوس (منحني) كما بالرسم شـــكل (٢-١) فـــإن المسافة التـــي يقطعها بين النقطتين أ و ب هـــو طول المسار المتقطـــع بين أ و ب .



شكل (٢-١)

أما البعد بين النقطتين أ ، ب فيساوي طول المسار المستقيم الواصل بيـــن أ و ب . ويكون هذا المسار المستقيم هو أقصر مسافة بين النقطتين

وهذا يعني أن :
المسافة هي طول المسار الحقيقي الذي يسلكه الجسم للانتقال من نقطة لأخرى (كمية عديمة الاتجاه) .
بينما الإزاحة هي أقصر مسافة يقطعها الجسم بين نقطتين (كمية متجهة).

٣- الانطلاق :

عندما يتحرك جسم ما فإن المسافة التي يقطعها في وحدة الزمن تســـمى بالانطلاق . فيمكن أن يكون الانطلاق هو المسافة المقطوعة في الثانية إذا كانت وحدة قياس الزمن هي الثانية ويمكن أن يكون الانطلاق هو المسافة المقطوعـــة في الساعة إذا كانت وحدة قياس الزمن هي الساعة .

أن الانطلاق هو المسافة التي يقطعها الجسم في وحدة الزمن

فإذا قطع جسم وحدة مسافة في وحدة زمن فإن الانطلاق يحسب بالقانون الآتي :

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

والانطلاق نوعان هما :

أ / الانطلاق المنتظم :

وهو انطلاق الجسم الذي تكون قيمته ثابتة في كل لحظة من رحلة الجسم .

أي :

> هو انطلاق الجسم الذي يقطع مسافات متساوية في وحدات زمنية متساوية .

فإذا قطع جسم ٢٠ متراً في الثانية الأولى و ٢٠ متراً في الثانية الثانية وكان يقطع في كل ثانية ٢٠ متراً فإن انطلاق هذا الجسم يكون منتظماً .

ب/ الانطلاق غير المنتظم :

> وهو انطلاق الجسم الذي يقطع مسافات غير متساوية في وحدات زمنية متساوية .

فإذا قطع الجسم مسافة ١٠ متراً في الثانية الأولى و١٥متراً في الثانية الثانية و٢٧ متراً في الثانية الثالثة فإن انطلاقه يكون غير منتظم .

تمرين :

١- ما الفرق بين وزن الجسم وكتلة الجسم ؟

٢- ما الفرق بين الوحدات الفلكية والسنة الضوئية ؟

٣- ما النظام الدولي للقياس ؟ ولماذا أجمع العلماء على استخدامه ؟

٤- ماذا نعني عندما نقول أن الإزاحة بين أ و ب = المسافة بين أ و ب ؟

٥- قطع جسم ٥٠ متراً في الثانية الأولى و ٥٠ متراً في الثانية الثانية و ٥٠ متراً في الثانية الثالثة و ٤٠ متراً في الثانية الرابعة و ٣٠ متراً في الثانية الخامسة فبماذا تسمي انطلاق هذا الجسم ؟

(٣-١) الكميات الأساسية في الفيزياء

سنتناول ثلاث مفاهيم أساسية في الفيزياء هي الزمان والمكان والمـ ـادة . ولقد تكوّن إدراكنا الأولي لهذه المفاهيم عن طريق الحواس إذ نحـس بـالزمن ونشعر به في حياتنا اليومية من إحساسنا بنبضات القلـب ، ومشـاهدة تلاحـق الأحداث وجريـان الشمس وتعاقب الليل والنهار وتوالي الفصول .

وتختلف الفترات الزمنية في طولها فمنها الفترات الزمنية القصـيرة جـداً كعمر بعض الجسيمات الأولية ، والذي يبلغ حوالي ١٠ $^{-٢٣}$ ثانية ، ومنها الفـترات الطويلة جداً مثل عمر الكون والذي يقدر ببلاين السـنين . ولا يمكـن لحـواس الإنسان أن تقيس هذه الفترات الزمنية بشكل صحيح مما دفع الإنسان إلى ابتـداع الآلات لقياس الزمن تختلف في نوعها ودقتها حسب الفترة الزمنية المراد قياسها.

أما إحساسنا بالبعد المكاني فينشأ عن الحركة والانتقال من مكان لآخـر . وعن أحجام الأجسام كبيرها وصغيرها . ولقد استطاع الإنسان أن يقيس البعـد المكاني قياساً مباشراً ، باستخدام وحدات حسية مألوفة كالشبر والـذراع والقـدم والبوصة . ومع حاجته لقياس مسافات كبيرة جداً مثل أبعاد الكواكب والنجـوم ، ولقياس مسافات صغيرة جداً مثل أبعاد الذرات والجزئيات ، أوجد الإنسان طرقاً وأجهزة وأدوات متنوعة لقياس هذه المسافات واستخدم وحدات عالمية تم الاتفاق عليها كما مر بك مثل وحدات المتر ومشتقاته للتعبير عن هذه المسافات لسهولتها ويسر استعمالها .

ويتولد إحساسنا بكمية المادة التي يحتويها الجسم مـن الاختـلاف بيـن الأجسام في أحجامها وأوزانها ويعبر عن هذا الوصف لمقدار المادة بما يسـمى بالكتلة . وبسبب التباين في كتل الأجسام والمواد من حيث المقدار فقـد طـور الإنسان طرقاً وأدوات وأجهزة لقياس الكتل وعبر عن ذلك بوحدات عملية هـي الكيلوجرام ومشتقاته .

وسنتكلم بشيء من التفصيل في هذا الفصل عن حركة الأجسام (المـادة) وعلاقتها بالزمان والمكان .

(٣-٢) الحركة الخطية

(٣-٢-١) مفهوم الحركة الخطية:

إذا انتقل جسم في خط مستقيم من النقطة أ إلى النقطة ب فإن هذه الحركة تسمى بالحركة الخطية .

وفي هذه الحالة يكون طول المسار الحقيقي الذي سلكه الجسم (المسافة) مساوياً للبعد بين النقطتين أ و ب (الإزاحة) .

في حالة الحركة الخطية : المسافة = الإزاحة

(٣-٢-٢) السرعة (الانطلاق):

(أ) إذا انتقل جسم من موضع لآخر في حركة خطية فإن النسبة بين المسافة التي قطعها والزمن الذي استغرقه لقطعها تسمى بالسرعة .

أي أن السرعة = $\frac{\text{المسافة المقطوعة}}{\text{الزمن المستغرق}}$

فإذا قطعت سيارة مسافة ٤٨٠ كلم في ٨ ساعات فإن:

السرعة = $\frac{٤٨٠}{٨}$ = ٦٠ كيلومتر في الساعة الواحدة .

(ب) وحدات قياس السرعة :

تقاس السرعة في النظام العالمي بوحدات المتر للمسافة والثانية للزمن .

حيث أن السرعة = $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$ = $\frac{\text{متر}}{\text{ثانية}}$ = متر/الثانية

= م/ث = م/ث-١

ويمكن أن تقاس السرعة بوحدات الكيلومتر والساعة وتكتب في صيغة كم/س أو كم س-١ .

وبالرجوع للمثال السابق يمكن كتابة سرعة السيارة بأحدى طريقتين :

الطريقة الأولى: السرعة = ٦٠ كم/س = ٦٠ كم س$^{-١}$

الطريقة الثانية: السرعة = ١٠٠٠م/ث = ١٠٠٠ م ث$^{-١}$

(جـ) السرعة المنتظمة:

يتحرك الجسم بسرعة منتظمة إذا تحرك في خط مستقيم وقطع مسافات متساوية في فترات زمنية متساوية . ولايهم مدى صغر تلك الفترات الزمنية . ولهذا فلو أن الجسم تحرك بسرعة منتظمة فإن المسافة التي تحركها تتناسب طردياً مع زمن تحركه .

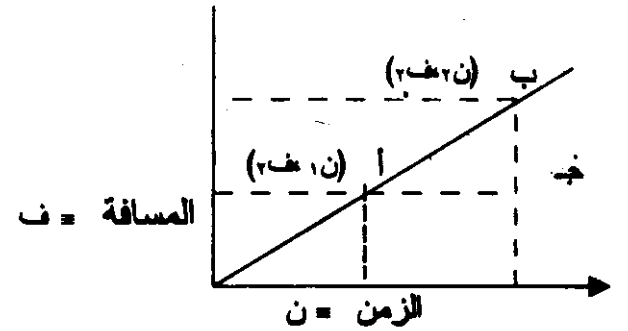
(أي كلما زاد الزمن زادت المسافة)

ويعبر عن ذلك رياضياً بالآتي : ف $\propto$ ن

حيث ف ترمز للمسافة و ن يرمز للزمن

فإذا قطع جسم مسافة ٥٠٠ متراً في الثانية الأولى و ٥٠٠ متراً في الثانية الثانية و ٥٠٠ متراً في الثانية الثالثة وهكذا . واستمر بنفس المنوال فإننا نقول أن الجسم يسير بسرعة منتظمة .

وتمثل العلاقة بين المسافة التي يقطعها جسم متحرك بسرعة منتظمة والزمن الذي يستغرقه لقطع هذه المسافة بخط بياني مستقيم كما في الشكل (٣-١) .



شكل (٣-١) العلاقة بين المسافة والزمن لجسم يتحرك بسرعة منتظمة

ويظهر في هذا الشكل أنه لو أخذنا أي نقطتين أ ، ب على الخط المستقيم فإن:

$$\text{ميل المستقيم} = \frac{\text{ب جـ}}{\text{أ جـ}} = \frac{\text{ف}_2 - \text{ف}_1}{\text{ن}_2 - \text{ن}_1}$$

حيث ن$_1$ ، ف$_1$ = الزمن والمسافة التي قطعها الجسم في النقطة أ

ن$_2$ ، ف$_2$ = الزمن والمسافة التي قطعها الجسم في النقطة ب

$$\text{وبما أن السرعة (ع)} = \frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{ف}_2 - \text{ف}_1}{\text{ن}_2 - \text{ن}_1}$$

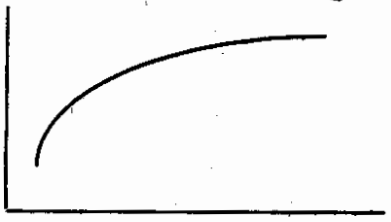
∴ السرعة (ع) = ميل المستقيم أ ب وهو مقدار ثابت

(د) السرعة غير المنتظمة:

إذا تحرك جسم في خط مستقيم وقطع مسافات مختلفة في فترات زمنية متساوية يقال أن هذا الجسم يتحرك بسرعة غير منتظمة .

فإذا قطع جسم مسافة ٢٠٠ متراً في الثانية الأولى و٣٠٠ متراً في الثانية الثانية و٥٠٠ متراً في الثانية الثالثة . وهكذا فإننا نقول أن الجسم يسير بسرعة غير منتظمة .

وتمثل العلاقة بين المسافة التي يقطعها جسم متحرك بسرعة غير منتظمة والزمن الذي يستغرقه لقطع هذه المسافة بخط منحني كما في الشكل (٣-٢)



شكل (٣-٢): العلاقة بين المسافة والزمن لجسم يتحرك بسرعة غير منتظمة

(هـ) السرعة المتوسطة:

عندما نقول أن صاحب دراجة يتحرك بسرعة ١٢ كم/س لا يعني ذلك أنه في أي لحظة من تلك الساعة يحافظ على هذه السرعة أو أنه في كل ساعة يتحرك بنفس هذه السرعة

فقد يقطع مسافة ٥ كم في نصف الساعة الأول و٧ كم في النصف الثاني فتكون سرعته المتوسطة = ١٢ كم/س أو قد يقطع مسافة ١٥ كم في الساعة الأولى و١٣ كم في الساعة الثانية و٨ كم في الساعة الثالثة فتكون سرعته المتوسطة :

$$= \frac{١٥ + ١٣ + ٨}{٣} = \frac{٣٦}{٣} = ١٢ \text{ كم/الساعة}$$

ملحوظة : هذه الحالة تكون للأجسام التي تسير بسرعة غير منتظمة .

(و) السرعة اللحظية :

عرفنا متوسط السرعة بأنه معدل المسافة المقطوعة في وحدة الزمن . وعندما تكون الحركة منتظمة فإن ذلك يعني أن الجسم المتحرك يقطع المسافة نفسها في نفس الفترة الزمنية . وإذا اخترنا فترة زمنية قصيرة جداً ولتكن (٠.٠١ ثانية) ، وكانت المسافة المقطوعة في هذه الفترة القصيرة من الزمن تساوي ٠,٢ متراً مثلاً فإن سرعة الجسم خلال تلك الفترة الزمنية القصيرة تساوي

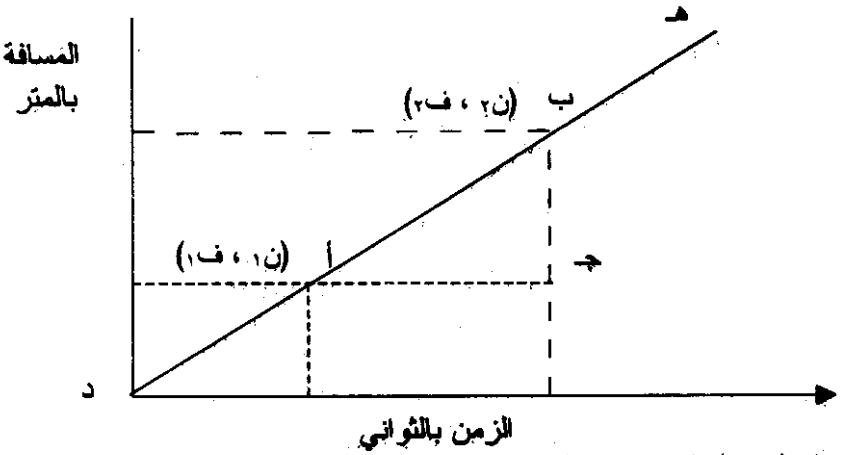
$$\frac{\text{المسافة المقطوعة}}{\text{الزمن}} = \frac{٠,٢ \text{ م}}{٠,٠١ \text{ ث}} = ٢٠ \text{ م/ث}$$

وبالرموز فإن هذه السرعة: ع $= \frac{\Delta ف}{\Delta ن}$

ع $= \frac{\Delta ف}{\Delta ن}$ ، حيث Δ ف تمثل المسافة القصيرة المقطوعة ، Δ ن تمثل الفترة الزمنية القصيرة.وكلما صغرت قيمة الفترة الزمنية Δ ن كان المقدار $\frac{\Delta ف}{\Delta ن}$ أكثر قرباً إلى سرعة الجسم في لحظة ما وتسمى مثل هذه السرعة عند تلك الفترة الزمنية القصيرة جداً بالسرعة اللحظية .

ومن الواضح أنه إذا كانت السرعة منتظمة ، فإن السرعة اللحظية تساوي السرعة المتوسطة وتساوي سرعة الجسم المنتظمة.

ففي الشكل (٣-٣) ، أفرض أن د هـ يمثل العلاقة بين المسافة والزمن لجسم متحرك بسرعة منتظمة .



شكل (٣-٣) العلاقة بين المسافة والزمن لجسم متحرك بسرعة منتظمة

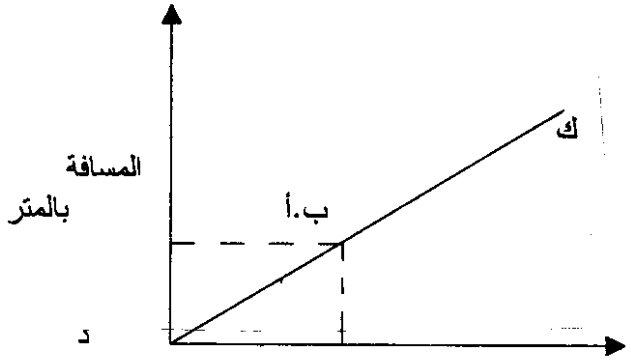
يمكن حساب لسرعة المتوسطة بين اللحظتين ن١ ، ن٢ كما يلي :

$$\text{السرعة المتوسطة} = \frac{\text{مجموع المسافة التي قطعت (متر)}}{\text{مجموع الزمن الذي قطعت فيه المسافة (ثانية)}}$$

$$= \frac{\text{ف٢ ـ ف١}}{\text{ن٢ ـ ن١}} = \frac{\text{ب جـ}}{\text{جـ أ}}$$

أي أنها تعادل ميل الوتر أ ب

إذا جعلنا الفترة الزمنية (ن٢ - ن١) صغيرة جداً بحيث تكاد تنطبق النقطة (ب) على النقطة (أ) نحصل على سرعة متوسطة في هذه الحالة يطلق عليها اسم (السرعة اللحظية) . وهنا يكون ميل الوتر أ ب مساوياً لميل المماس أ ك عند النقطة (أ) حيث تكاد تنطبق (ب) على (أ) كما في الشكل (٣-٤)



شكل (٣-٤)

الطريقة الثانية :

إذا تحركت عربة في الساعة السادسة صباحاً من مدينة امدرمان متجهة صوب مدينة دنقلا وأردنا أن نعرف سرعتها في الساعة التاسعة أو العاشرة صباحاً فإننا سنحسب هذه السرعة بحساب السرعة المتوسطة أثناء فترة زمنية صغيرة جداً تتوسطها اللحظة المطلوبة .

وهذا يعني أن السرعة اللحظية لجسم ما عند لحظة معينة عبارة عن متوسط سرعته أثناء فترة زمنية صغيرة جداً تتوسطها اللحظة المطلوبة .

وواضح من تعريف السرعة اللحظية أنها تتطبق مع السرعة الثابتة في حالة الحركة الثابتة السرعة ، ولكنها تختلف من لحظة لأخرى عندما تكون السرعة غير منتظمة .

(٣-٢) التسارع أو العجلة (Accelaration):

إن تحريك الأجسام بسرعة ثابتة حالة خاصة قليلة الحدوث . والحالة العامة هي تحريك الأجسام بسرعة تتغير ما بين آونة وأخرى . وهذا التغير الزمني في السرعة يطلق عليه التسارع أو التعجيل .

يمكن تعريف العجلة على أنها معدل تغير السرعة .

ومتى كان تغير السرعة مستمراً على خط واحد ، أي أن الزيادة أو النقص فيها متساوية في الأزمان المتساوية ، أو كان تغير اتجاهها منتظماً سمي

التسارع منتظماً أو ثابتاً . ويقاس التعجيل بمقدار تغير السرعة خلال وحدة الزمن.

فالجسم الذي يقطع متراً واحداً خلال الثانية الأولى ، وثلاثة أمتار خلال الثانية الثانية ، و٥ أمتار خلال الثانية الثالثة .. وهكذا حيث أن سرعة الجسم تزداد في كل ثانية بمقدار ٢ متر في الثانية تكون العجلة = ٢متر/ث/ث

وبما أن العجلة تعني المعدل الزمني لتغير السرعة فإن الزمن يدخل في وحدته مرتين . مثل كلم/الساعة/ثانية أو متر/ثانية/ثانية .

ومما سبق يمكن أن تعرف العجلة بأنها هي مقدار التغير في سرعة الجسم المتجهة خلال وحدة الزمن (ويرمز للعجلة بالرمز جـ) . وبمعنى آخر فإن :

$$\text{العجلة جـ} = \frac{\text{مقدار التغير في السرعة المتجهة}}{\text{الزمن الذي حدث خلاله هذا التغير}}$$

$$\text{جـ} = \frac{\Delta \text{ ع}}{\Delta \text{ ن}}$$

لاحظ أن العجلة كمية متجهة وتكون منتظمة عندما تتغير السرعة بمقادير متساوية في الثواني المتتالية .

ويوضح الجدول التالي تغير السرعة لجسم ما خلال فترة زمنية قدرها ١٠ ثواني .

الزمن	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	ثانية
السرعة	٥	٦,٥	٨	٩,٥	١١	١٢,٥	١٤	١٥,٥	١٧	١٨,٥	٢٠	م/ث

وحدات قياس العجلة :

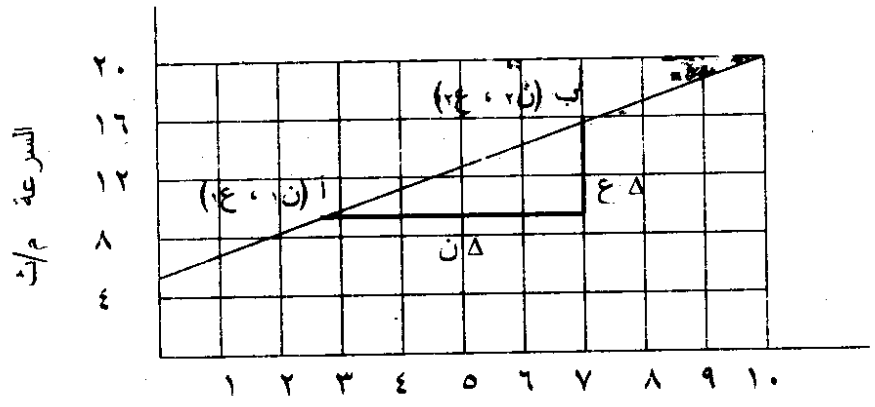
ويمكن ايجاد وحدات قياس العجلة من تعريف العجلة نفسها . فحسب تعريف العجلة نجد أن وحدات العجلة فى نظام المتر والثانية هي :

$$\text{وحدات العجلة} = \frac{\text{وحدات السرعة}}{\text{وحدات الزمن}} = \frac{\text{متر/ث}}{\text{ث}}$$

$$= \text{متر/ث}^{٢} = \text{متر . ث}^{-٢}$$

وهذا معناه أن وحدات العجلة هي متر/ث^{٢} في النظام المتري وسم/ث^{٢} عندما تقاس المسافة بالسنتمترات وكيلومتر/ساعة^{٢} عندما تقاس المسافة بالكيلومتر والزمن بالساعة .

ويمكن تمثيل القيم الموضحة في الجدول السابق بيانيا بحيث يمثل الزمن على المحور الأفقي ، وتمثل السرعة على المحور الرأسي ، فنحصل على خط مستقيم ذي ميل ثابت كما في الشكل (٣-٥) .



شكل (٣-٥)

ويبدو من هذا الشكل أن سرعة السيارة تتزايد بانتظام فتزيد أثناء كل ثانية بمقدار ١,٥ م/ث عن سرعتها في الثانية التي قبلها

$$\text{وميل الخط المستقيم} = \frac{\text{التغير في السرعة عند أي اتجاه}}{\text{التغير في الزمن}}$$

فلو أخذنا النقطتين (أ ، ب) فعندها يكون الميل مساويا :

$$= \frac{ع_٢ - ع_١}{ن_٢ - ن_١} = \frac{\Delta ع}{\Delta ن}$$

$$\text{ويساوي الميل العجلة أي أن جـ} = \frac{ع_٢ - ع_١}{ن_٢ - ن_١} = \frac{\Delta ع}{\Delta ن}$$

حيث ع١ هي السرعة عند النقطة (أ) ، و ع٢ السرعة عند النقطة (ب) والزمن ن٢ − ن١ هو الزمن الذي استغرقه الجسم المتحرك حتى انتقل من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) . ومن الرسم البياني والجدول السابق يمكن إيجاد العجلة :

$$\frac{\Delta ع}{\Delta ن} = \frac{٩,٥ - ١٥,٥}{٣ - ٧} = \frac{٦}{٤} = ١,٥ \text{ م/ث}^٢$$

ملاحظات عامة :

- إذا زادت سرعة الجسم بصورة منتظمة يطلق على العجلة عجلة تزايدية وتحسب بالموجب .
- إذا نقصت سرعة الجسم بصورة منتظمة يطلق على العجلة عجلة تناقصية وتحسب بالسالب .
- إذا ظلت سرعة الجسم ثابتة تكون العجلة = صفراً .
- السرعة التي يبدأ بها الجسم انطلاقه يطلق عليها السرعة الابتدائية ويرمز لها بالرمز ع.
- إذا انطلق الجسم من سكون تكون ع. = صفراً
- السرعة المتوسطة = $\frac{\text{السرعة الابتدائية + السرعة النهائية}}{٢}$ أي أن :

$$ع_م = \frac{ع_. + ع}{٢}$$

مثال (١) :

انطلق جسم بسرعة منتظمة مقدارها ٣٠م/ث لمدة ١٠ ثوان . وتحرك جسم آخر من السكون بعجلة تزايدية ١٠ متر/ث^٢ ولمدة ١٠ ثوان . ما الفرق بين حركة الجسمين ؟

الحل:

يمكن تمثيل العلاقة بين الزمن والسرعة لحركة الجسم الأول بالجدول التالي :

الزمن	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	ثانية
السرعة	٣٠	٣٠	٣٠	٣٠	٣٠	٣٠	٣٠	٣٠	٣٠	٣٠	متر/ث

من الجدول :

السرعة الابتدائية ع. = ٣٠ م/ث

السرعة المتوسطة = ع$_م$ = $\frac{ع. + ع}{٢}$ حيث ع = السرعة النهائية .

$$ع_م = \frac{٣٠ + ٣٠}{٢} = ٣٠ \text{ م/ث}$$

السرعة اللحظية ثابتة ، العجلة = صفر

كما يمكن تمثيل العلاقة بين الزمن والسرعة للجسم الثاني بالجدول التالي :

الزمن	٠	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	ثانية
السرعة	٠	١٠	٢٠	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٧٠	٨٠	٩٠	١٠٠	م/ث

السرعة الابتدائية ع. = ٠ ، ع$_م$ = $\frac{ع. + ع}{٢}$ = $\frac{١٠٠+٠}{٢}$ = ٥٠ م/ث

السرعة اللحظية متغيرة (تزيد كلما زاد الزمن)

العجلة ثابتة (عجلة تزايدية)

(٣-٤) معادلات الحركة الخطية المنتظمة:

في المثال السابق يلاحظ أن الجسم يتحرك بعجلة ثابتة (جـ) ولكن سرعته تتغير بمرور الزمن .

فبعد ٤ ثوان تكون السرعة = ٤٠ م/ث

وبعد ٥ ثوان تكون السرعة = ٥٠ م/ث

وبعد ٦ ثوان تكون السرعة = ٦٠ م/ث

وعليه فإنه بعد مضي ن ثانية تزداد السرعة بمعدل (جـ × ن) متر/ث .

وبالاشارة للسرعة النهائية بالرمز (ع) م/ث نحصل على المعادلة التالية :

$$ع = ع. + جـ ن \quad \ldots\ldots\ldots (١)$$

وعليه فإن السرعة النهائية للجسم السابق في الدقيقة السابعة :

ع = ٠ + ١٠ × ٧ = ٧٠ م/ث

المسافة ف = السرعة المتوسطة × الزمن

ف = ع × ن

$ع = \frac{ع_{0} - ع}{2}$

$\therefore ف = \frac{ع_{0} - ع}{2} \times ن$ ..... (٢)

عوض ع = ع٠ + جـ ن في المعادلة (٢)

$\therefore ف = \frac{\{ع_{0} + (ع_{0} + جـ ن)\}}{2} \times ن$

$ف = (\frac{2ع_{0} + جـ ن}{2}) \times ن$

$\therefore ف = ع_{0} ن + \frac{1}{2} جـ ن^{2}$ ..... (٣)

من المعادلة (١) : جـ ن = ع - ع٠

$ن = \frac{ع - ع_{0}}{جـ}$

وبتعويض ن في المعادلة (٢)

$ف = \frac{ع_{0} + ع}{2} \times \frac{ع - ع_{0}}{جـ} = \frac{ع^{2} - ع_{0}^{2}}{2جـ}$

$2 جـ ف = ع^{2} - ع_{0}^{2}$

$\therefore ع^{2} = ع_{0}^{2} + 2 جـ ف$ ..... (٤)

هذه المعادلات الأربع يجب حفظها واستخدامها عند التعامل مع الحركة الخطية المنتظمة والحركة تحت عجلة الجاذبية وفقاً للمعطيات .

مثال (١):

جسم تحرك من سكون بعجلة قدرها ٤ متر/ث^{٢} . احسب المسافة التي قطعها بعد ١٠ ثواني .

الحل :

ع. = صفر

جـ = ٤ متر/ث^{٢}

ن = ١٠ ثوان

ف = ع.ن + $\frac{١}{٢}$ جـ ن^{٢} {المعادلة (٣) }

∴ ف = ٠ + $\frac{١}{٢}$ × ٤ × ١٠^{٢} = ٢٠٠ متراً

مثال (٢):

عربة تتحرك بسرعة ٢٠ م/ث ، فإذا انخفضت سرعتها بانتظام نتيجة الضغط على الفرامل حتى توقفت بعد مرور ٤ ثوان من بدء الضغط على الفرامل . أوجد عجلتها أثناء هذه الفترة .

الحل :

ع. = ٢٠ م/ث

ع = صفر

ن = ٤ ، جـ = ؟

ع = ع. + ج ن {المعادلة (١) }

صفر = ٢٠ + ٤ جـ

٤ جـ = -٢٠

$$جـ = \frac{-٢٠}{٤} = -٥ \text{ م/ث}^{٢}$$

العجلة هنا تناقصية .

مثال (٣):

تحركت عربة من السكون بعجلة منتظمة مقدارها ٢٠ كم/س^{٢} . احسب سرعتها والمسافة التي قطعتها بعد ٥ ساعات .

الحل :

ع. = صفر ، جـ = ٢٠ كم/س^{٢}

ن = ٥ ساعات

السرعة ع = ع. + جـ ن = ٠ + ٢٠ × ٥ {المعادلة (١) }

= ١٠٠ كم/س

المسافة ف = ع. × ن + $\frac{١}{٢}$ جـ ن^{٢} {المعادلة (٣) }

ف = ٠ + $\frac{١}{٢}$ × ٢٠ × ٥ × ٥ = ٢٥٠ كم

مثال (٤):

يتحرك جسم بسرعة ابتدائية قدرها ١٠م/ث وله عجلة منتظمة تبلغ ٦ متر/ث^{٢} جد:

أ - سرعته بعد مضي ٦ ثوان من تحركه .

ب - المسافة التي قطعها في ٦ ثوان .

جـ - المسافة التي قطعها خلال الثانية السادسة .

الحل:

(أ) ع. = ١٠ م/ث ، جـ = ٦ متر/ث^{٢}

ن = ٦ ثوان ، ع = ؟

ع = ع. + جـ ن = ١٠ + ٦ × ٦ = ٤٦ متر/ث

(ب) ف = ع. + $\frac{١}{٢}$ جـ ن^{٢} ، حيث ن = ٦ ثوان

ف = ١٠ × ٦ + $\frac{١}{٢}$ × ٦ × ٦^{٢}

ف = ٦٠ + ٣ × ٣٦ = ١٦٨ متراً

(ج) لايجاد المسافة المقطوعة في الثانية السادسة فقط نحسب المسافة التي قطعها الجسم في ٦ ثوان ونطرح منها المسافة التي قطعها الجسم في ٥ ثواني .

المسافة المقطوعة في ٥ ثوان

ف = ع.ن + $\frac{١}{٢}$ جـ ن^{٢} حيث ن = ٥

ف = ١٠ × ٥ + $\frac{١}{٢}$ × ٦ × ٥^{٢}

= ٥٠ + ٣ × ٢٥ = ١٢٥ متراً

∴ المسافة المقطوعة في الثانية السادسة

= ١٦٨ ـ ١٢٥ = ٤٣ متراً .

مثال (٥):

قطار يتحرك بعجلة تقصيرية منتظمة قطع مسافة ٢ كيلومتر في الوقت الذي تتناقص سرعته من ٢٤ كم/س إلى ٢٠ كم/س . أوجد العجلة التقصيرية .

الحل :

ع. = ٢٤ كم/س ، ع = ٢٠ كم/س

ف = ٢ كم

وباستخدام المعادلة ع^{٢} = ع.^{٢} + ٢ جـ ف {المعادلة (٤) }

٢٠^{٢} = ٢٤^{٢} + ٢ × ٢ × جـ

٤جـ = ٢٠^{٢} − ٢٤^{٢} = ٤٠٠ ـ ٥٧٦ = −٤٤

جـ = −١١ كم/س^{٢}

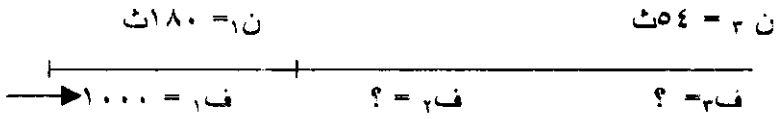
(لاحظ أن قيمة ج سالبة لأن العجلة في هذه الحالة عجلة تقصيرية)

مثال (٦) :

يتحرك قطار بعجلة منتظمة من السكون فقطع مسافة ١ كيلومتر في ٣ دقائق . ثم تحرك بعد ذلك بسرعة انطلاق ثابتة لمدة ٦ دقائق وأخيراً أجبر على السكون بعجلة تقصيرية منتظمة في ٥٤ ثانية . جد المسافة الكلية التي قطعها القطار في هذه الرحلة .

الحل :

في هذا المثال نجد أن القطار قطع المسافة الكلية في ٣ مراحل كما هي موضحة في الشكل:



المرحلة الأولى :

ف١ = ١ كلم = ١٠٠٠متر ، ع. = صفر ، ن١ = ١٨٠ ث

لإيجاد العجلة (جـ) يستخدم القانون :

$$ف = ع_{.} ن + \frac{1}{2} جـ ن^{2}$$

$$١٠٠٠ = ١٨٠ \times صفر + \frac{1}{2} جـ \times ١٨٠ \times ١٨٠$$

$$\therefore جـ = \frac{٢ \times ١٠٠٠}{١٨٠ \times ١٨٠} = \frac{١٠}{١٦٢} \quad م/ث^{2}$$

ولإيجاد السرعة في نهاية المرحلة الأولى وبداية المرحلة الثانية نستخدم القانون : $ع = ع_{.} + جـ ن$

$$\therefore ع = ٠ + \frac{١٠}{١٦٢} \times ١٨٠ = \frac{١٠٠}{٩} \quad م/ث$$

المرحلة الثانية :

$ن_{٢} = ٦ \times ٦٠ = ٣٦٠$ ث ، $ع_{٢} = \frac{١٠٠}{٩}$ م/ث

لإيجاد المسافة $ف_{٢}$ نستخدم القانون $ف = ن \times ع$

$$\therefore ف_{٢} = ن_{٢} \times ع_{٢} = ٣٦٠ \times \frac{١٠٠}{٩} = ٤٠٠٠ \text{ متر} = ٤ \text{ كلم}$$

المرحلة الثالثة :

لإيجاد المسافة نجد أولاً العجلة التقصيرية حيث نستخدم المعادلة :

$ع = ع_{.} + جـ ن$

$ع = ٠$ ، $ع_{.} = \frac{١٠٠}{٩}$ ، $ن = ٥٤$ ثانية

$$\therefore ع = ٠ = \frac{١٠٠}{٩} + ٥٤ جـ$$

$$٥٤ جـ = - \frac{١٠٠}{٩}$$

$$\therefore جـ = - \frac{١٠٠}{٩} \times \frac{١}{٥٤} = - \frac{١٠٠}{٤٨٦} \quad م/ث^{2}$$

ولإيجاد ف٣ نستخدم المعادلة ف = ع.ن + ½ جـ ن٢

∴ ف٣ = $\frac{١٠٠}{٩}$ × ٥٤ - ½ × $\frac{١٠٠}{٤٨٦}$ × ٥٤ × ٥٤ = ٣٠٠ متر

ف٣ = ٦٠٠ - ٣٠٠ = ٣٠٠ متر

ف٣ = ٠,٣ كلم

∴ المسافة الكلية التي قطعها القطار = ١ + ٤ + ٠,٣ = ٥,٣ كلم

(٣-٤) الحركة تحت عجلة الجاذبية :

لو سمح لجسم بالسقوط الحر تجاه الأرض سوف تتزايد سرعته أثناء سقوطه وبمعنى آخر أن لهذا الجسم عجلة . وتوضح التجارب أن عجلة الجسم الساقط في الفراغ منتظمة وفي موضع خاص تكون قيمتها ثابتة لكل الأجسام .

فهذه العجلة مستقلة عن الكتلة والشكل . و يرمز لها بالرمز (د) ويشار إليها (بعجلة الجاذبية الأرضية أوعجلة التثاقل) . وقيمتها تختلف باختلاف الموضع على ظهر الأرض . ففي خط الاستواء (د) تساوي ٩٧٨ سم/ث٢ .

وكان الاعتقاد السائد أن الأجسام الثقيلة تصل إلى سطح الأرض في زمن أقل من الأجسام الخفيفة . ولكن العالم الايطالي جاليلو (١٥٦٤م - ١٦٤٢م) أثبت عكس ذلك وتوصل إلى حقيقة هامة وهي أن كل الأجسام ثقيلها وخفيفها تسقط نحو الأرض بنفس العجلة .

ومن التجارب القديمة التي أكدت هذه الحقيقة التجربة التالية :

احضرت انبوبة أسطوانية الشكل لها فتحتان بكل منهما محبس . ثم أدخلت ريشة وجنيه من ذهب داخل هذه الأنبوبة . وقفل كلا المحبسين وقلبت الأنبوبة رأسا على عقب . فلوحظ أن الجنيه الذهب وصل إلى قاع الانبوبة أسرع من الريشة . أفرغت الأنبوبة الأسطوانية من الهواء عن طريق توصيل أحد فرعيها بمخلخلة هواء وأعيدت التجربة السابقة فلوحظ أن الجنيه والريشة ، وصلا إلى قاع الأنبوبة في وقت واحد .

وتأكد هذه التجربة أن جميع الأجسام تتحرك نحو الأرض بنفس العجلة الثابتة وأنه إذا كان هناك فرق بسيط فراجع لمقاومة الهواء .

ولقد أوضحت التجارب أنه عند سقوط قطرة من ماء الأمطار خلال الهواء الساكن فإن سرعتها لا تزيد بغير حدود ولكن تكون لها قيمة عظمى بمعـــدل ٦ م/ث معتمدة على حجم تلك القطرة .

مرة أخرى ، الرجل الهابط بالبارشوت فإن سرعته تتناقص إلى أن تصبح منتظمة ومقدار عجلته تكون بمعدل ٧,٥ م/ث .

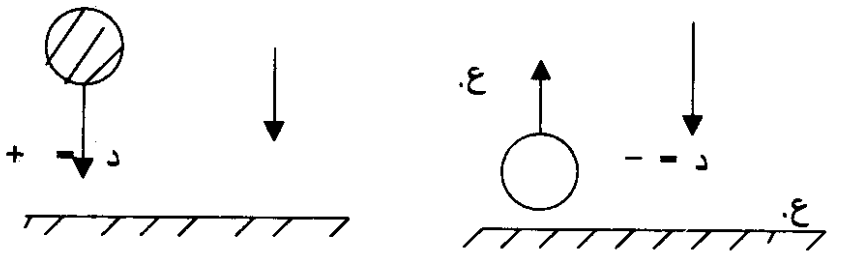
وللأغراض العملية سوف نهمل مقاومة الهواء متعـــاملين مـــع الاجســـام المتماسكة الساقطة بسرعة منخفضة وفي حلنا للأمثلة في هذا الفصل سوف نأخذ قيمة عجلة الجاذبية الأرضية أو عجلة التثـــاقل تســـاوي ١٠ مـــتر/ث^{٢} لتســـهيل العمليات الحسابية .

(٣-٥) قاعدة الاشارات :

١- نعتبر أن اتجاه ع. هو الاتجاه الموجب .

٢- أ / إذا كانت د في اتجاه ع. فإن د = +

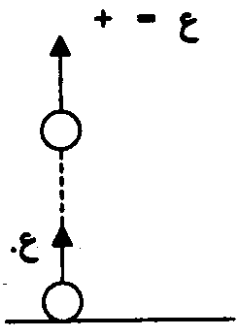
ب/ إذا كانت د عكس اتجاه ع. فإن د = -



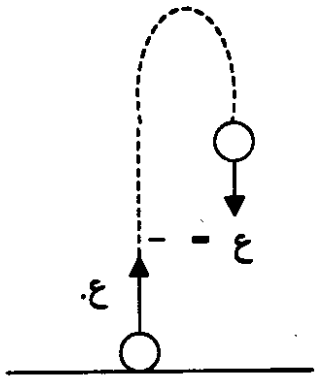
(ب) الأرض الأرض (أ)

٣- أ / إذا كانت ع في اتجاه ع. فإن ع = +

ب/ إذا كانت ع عكس اتجاه ع. فإن ع = -



(أ)

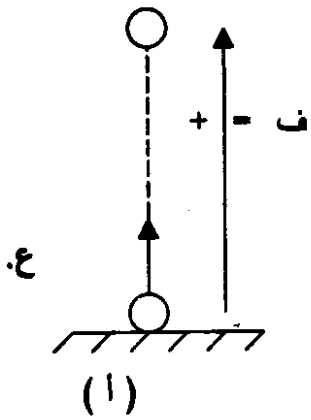


(ب)

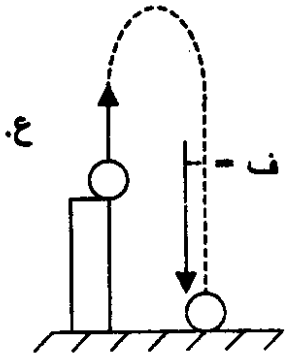
٤- المسافة هي طول الخط المستقيم المتجه من نقطة البداية لموضع الجسم عند اللحظة ن .

أ / إذا كانت ف في اتجاه ع. فإن ف = +

ب/ إذا كانت ف عكس اتجاه ع. فإن ف = -



(أ)

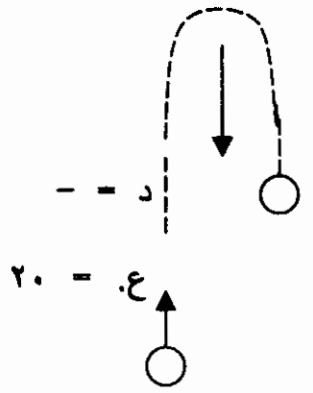


(ب)

مثال (١) :

قذف حجر رأسياً من الأرض لأعلى بسرعة ٢٠ متر/ث . أوجد سرعته والمسافة التي يقطعها رأسياً بعد ثانية وبعد ثلاثة ثواني معتبراً أن عجلة التثاقل الأرضي تساوي ١٠ متر/ث^{٢} .

الحل :



معطى :

(١) ع. = ٢٠ متر/ث

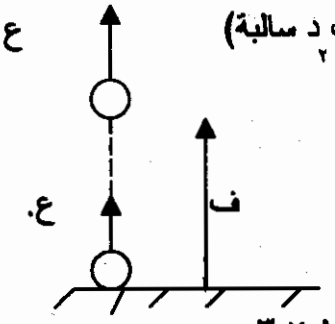
(٢) د = ١٠ متر/ث^{٢} لاحظ أن د = - (قاعدة الاشارات)

ايجاد ع عند ن = ١ :

ع = ع. + د ن = ٢٠ ـ ١٠ × ١

∴ ع = ١٠ متر/ث

ايجاد المسافة عند ن = ثانية



ف = ع. ن + ½ د ن^{٢} (حيث د سالبة)

= ٢٠ × ١ - ½ × ١٠ × ١^{٢}

= ٢٠ - ٥

= ١٥ متراً

∴ المسافة = ١٥ متر

ايجاد السرعة عند ن = ٣ ثوان

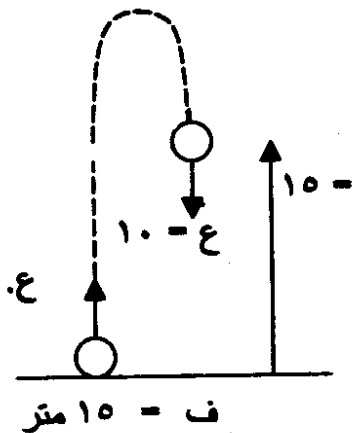
ع = ع. + د ن = ٢٠ - ١٠ × ٣

= ٢٠ - ٣٠

ع = -١٠ متر/ث

∴ السرعة = -١٠ متر/ث

وتعني إشارة السالب هنا أن ع في عكس اتجاه السرعة الابتدائية ع.



ايجاد المسافة عند ن = ٣

ف = ع. ن + ½ د ن^{٢}

ف = ٢٠ × ٣ − ½ × ١٠ × ٣^{٢}

ف = ٢٠ × ٣ − ½ × ١٠ × ٩

ف = ٦٠ − ٥ × ٩

= ٦٠ − ٤٥ = ١٥ متر

ف = ١٥ متر

∴ المسافة = ١٥ متراً

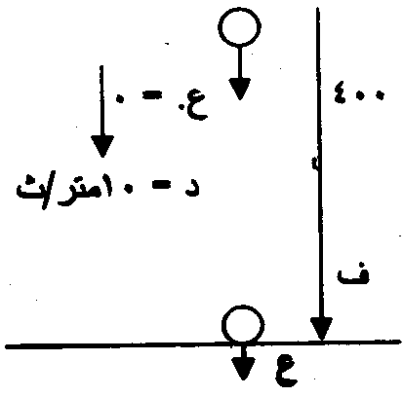
ويجب علينا أن نلاحظ هنا أن المسافة الموضحة بالسهم وهي أقصر مسافة بين نقطة البداية والنهاية تختلف عن طول المسار الموضح بالخط المتقطع.

مثال (٢) :

سقط حجر من ارتفاع ٢٠ متراً على الأرض فإذا كانت عجلة التثاقل الأرضي تساوي ١٠ متر/ث^{٢} فاوجد السرعة التي يصطدم بها بالأرض والزمن الذي استغرقه الحجر حتى يصل للأرض .

الحل :

بما أن الحجر سقط إذن سرعته الابتدائية تساوي صفر



ايجاد ع:

ع^{٢} = ع.^{٢} + د ف

ع^{٢} = ٠ + ٢ × ١٠ × ٢٠ = ٤٠٠

ع = √٤٠٠

∴ السرعة = ٢٠ متر/ث

السرعة التي يرتطم بها بالأرض

= ع = ٢٠ متر/ث

ايجاد زمن الوصول للأرض ن :

ع = ع. + د ن

∴ ٢٠ = ٠ + ١٠ ن

ن = ٢٠/١٠

ن = ٢ ثانية

∴ زمن الوصول = ٢ ثانية

مثال (٣)

قذف حجر رأسيا لأعلى بسرعة ٣٠ متر/ث ، فإذا كانت عجلة التثاقل الأرضي تساوي ١٠ متر/ث٢ فأوجد :

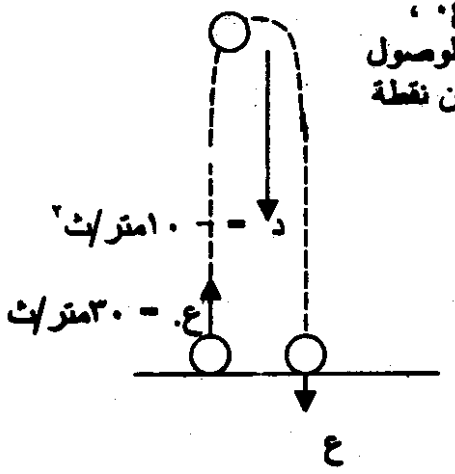
أ / أقصى ارتفاع يصل إليه .

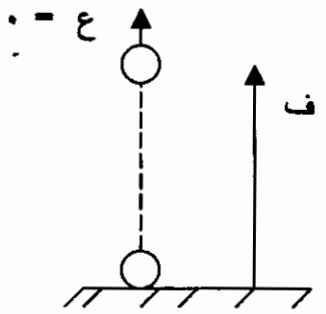
ب/ زمن الوصول لأقصى ارتفاع .

ج/ متى يصل للأرض وبأي سرعة يرتطم بها .

الحل :

لاحظ هنا أن د سالبة لأنها عكس ع٠ ،
كما أن المسافة ف = صفر عند الوصول للأرض لأن أقصر مسافة رأسية بين نقطة البداية والنهاية تساوي صفراً .





أ / ايجاد أقصى ارتفاع ف :

عند أقصى ارتفاع ع = ٠ وباستخدام العلاقة :

$ع^{٢} = ع_{.}^{٢} + ٢ د ف$

$\therefore ٠ = (٣٠)^{٢} - ٢ \times ١٠ ف$

$٢٠ ف = ٩٠٠$

$ف = ٩٠٠ \div ٢٠ = ٤٥$

∴ اقصى ارتفاع = ف = ٤٥ متراً

ب/ ايجاد زمن الوصول لأقصى ارتفاع:

$ع = ع_{.} + جـ ن$

$٠ = ٣٠ - ١٠ ن$

$\therefore \quad ١٠ ن = ٣٠$

$ن = ٣٠ / ١٠ = ٣$

زمن الوصول لأقصى ارتفاع = (ن) = ٣ ثانية

ملحوظة :

لاحظ أن المسافة التي قطعها الجسم حتى يصل للأرض يساوي ٩٠ متراً ٤٥ متراً عند الصعود و٤٥ متر عند الهبوط .

ج/ السرعة عن أقصى ارتفاع = صفر:

$ع_{.} = ٠ \quad ، \quad ف = ٤٥$

$ف = ع_{.} ن + \frac{١}{٢} ج ن^{٢}$

$٤٥ = \frac{١}{٢} \times ١٠ ن^{٢}$

$ن^{٢} = \frac{٤٥}{٥} = ٩$

$ن = \sqrt{٩} = ٣$ ثوان

∴ يصل الجسم إلى الأرض بعد ٦ ثوان من انطلاقه .

$ع = ع_{.} - د ن$

$ع = ٠ + ١٠ \times ٣ = ٣٠$ م/ث

فتكون سرعته عند ارتطامه بالأرض ٣ م/ث

مثال (٤) :

قذفت كرة من قمة صخرة ارتفاعها ٢٠٠ متراً رأسياً لأعلى ، بسرعة مقدارها ٣٠ متر/ث . فإذا اعتبرت أن عجلة التثاقل الأرضي تساوي ١٠ متر/ث^{٢}. فجد متى تصل للأرض وبأي سرعة ترتطم بها .

الحل :

عند الوصول للأرض فإن المسافة هنا هي أقصر مسافة بين نقطة البداية والنهاية وهي تساوي ٢٠٠ متراً وإشارتها سالبة لأن اتجاه ف عكس اتجاه ع.

ايجاد زمن الوصول للأرض ن :

$$ف = ع_{.} ن + \frac{١}{٢} د ن^{٢}$$

$$-٢٠٠ = -٣٠ ن - \frac{١}{٢} \times ١٠ ن^{٢} = -٣٠ ن - ٥ ن^{٢}$$

$$٥ ن^{٢} - ٣٠ ن - ٢٠٠ = ٠$$

وبقسمة الطرفين على ٥ نحصل على

$$ن^{٢} - ٦ ن - ٤٠ = ٠$$

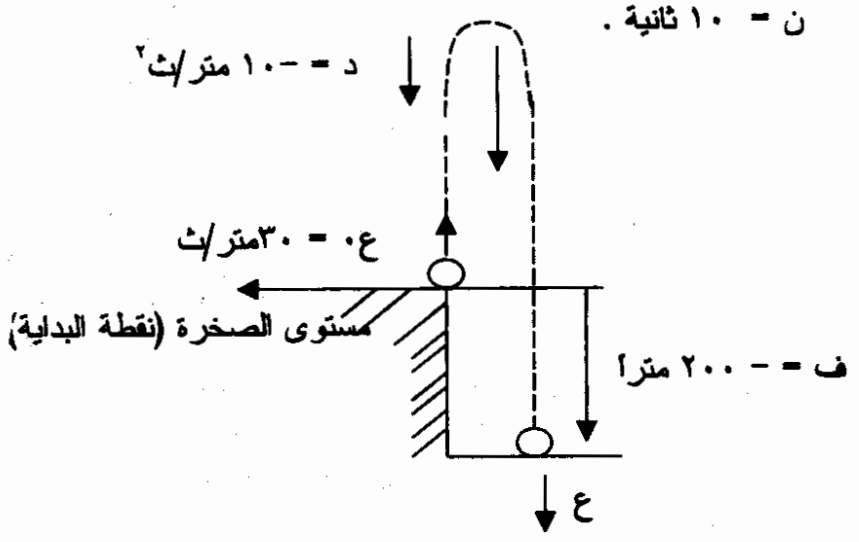
$$(ن - ١٠)(ن + ٤) = ٠$$

اما $ن - ١٠ = ٠$ $\therefore ن = ١٠$

أو $ن + ٤ = ٠$ $\therefore ن = -٤$

وبما أن الزمن لا يكون سالباً . إذن الحل المقبول هو

ن = ١٠ ثانية .



سرعة الارتطام بالأرض:

ع = ع. + د ن

ع = ٣٠ - ١٠ × ١٠ = ٣٠ - ١٠٠ = -٧٠

سرعة الارتطام = ع = -٧٠ متر/ث

حيث تدل اشارة السالب عكس اتجاه ع. مصداقاً لما يحدث بالفعل كما هو موضح بالرسم .

حل آخر :

عند الوصول لأقصى ارتفاع : ع = ٠

ع = ع. + د ن

٠ = ٣٠ - ١٠ × ن ∴ ن = ٣ ثواني

∴ زمن الوصول لأقصى ارتفاع = ٣ ثواني

ف = ع.ن + ½ د ن^{٢} = ٣٠ × ٣ - ½ × ١٠ × ٩

= ٩٠ - ٤٥ = ٤٥ متراً

عند السقوط من أقصى ارتفاع إلى الأرض:

ع٠ = ٠ ، ف = ٤٥ + ٢٠٠ = ٢٤٥

ف = ع.ن + ½ د ن^{٢}

٢٤٥ = ½ × ١٠ × ن^{٢}

$$\therefore \text{ن}^{٢} = \frac{٢٤٥}{٥} = ٤٩$$

∴ ن = ٧ ثواني

ع = ع. + د ن

ع = ٠ + ١٠ × ٧ = ٧٠ متر/ث

∴ يرتطم الجسم بالأرض بعد ١٠ ثوان من انطلاقه وتكون سرعته ٧٠ متر/ث.

مثال (٥) :

قذف حجر رأسياً لأعلى بسرعة قدرها ١٢٥ م/ث (د = ٩,٨ م/ث^{٢})

(أ) إلى أي ارتفاع يصل ؟

(ب) ما الزمن الذي يستغرقه لكي يصل لهذا الارتفاع ؟

(جـ) لحساب الزمن الكلي الذي يستغرقه الحجر إلـــى أن يصطـدم بسـطح الأرض

الحل :

(أ) نستخدم القانون $ع^{2} = ع_{.}^{2} + 2 د ف$

$ع_{.} = ١٢٥$ م/ث ، د = $-٩,٨$ م/ث^{2}

ع = .

$. = ١٢٥^{2} - ٢ \times ٩,٨ \times ف$

$\therefore ف = \frac{١٢٥^{2}}{٩,٨ \times ٢} = ٧٩٧,٢$ متر

أقصى ارتفاع يصله الحجر = ٧٩٧,٢ مترا

(ب) ولإيجاد زمن الصعود نستخدم المعادلة $ع = ع_{.} + د ن$

ع = صفر ، $ع_{.} = ١٢٥$ م/ث ، د = $٩,٨$ م/ث^{2}

$. = ١٢٥ - ٩,٨ ن$

$ن = \frac{١٢٥}{٩,٨} = ١٢,٧٥$ ثانية

(جـ) وبإهمال مقاومة الهواء فإن زمن الصعود هو زمن الهبوط .

∴ الزمن الكلي الذي يستغرقه الجسم = ٢ × ١٢,٧٥ = ٢٥,٥ ثانية .

تمرين

١- لماذا تظهر وحدة الزمن في وحدة العجلة ؟
٢- ما أثر قوة الجاذبية الأرضية على جسم مقذوف رأسيا لأعلى ؟
٣- ما الفرق بين :
أ) السرعة المتوسطة والسرعة اللحظية ؟
ب) المسافة والازاحة ؟
ج) السرعة والعجلة ؟
٤- جسم قطع مسافة ٣٦٠ مترا في زمن قدره ٥ ساعات . جد السرعة المتوسطة له بالوحدات :
(أ) كلم/ساعة. (ب) متر/ث
٥- يتحرك جسم بعجلة منتظمة قطع المسافات التالية " ف " مقابل الفترات الزمنية المحددة لها " ن " كما موضح بالجدول أدناه :

ف متر	٠	٢	٨	١٢,٥	١٨	٢٤,٥	٣٢	٤٠,٥	٥٠	٦٠,٥	٧٢
ن ثانية	٠	١	٢	٢,٥	٣	٣,٥	٤	٤,٥	٥	٥.٥	٦

(أ) أرسم شكلا بيانيا (المسافة - الزمن) ومنه أوجد سرعة الجسم عند الزمن :
١- ٢,٥ ثانية . ٢- ٤,٥ ثانية .
(ب) من القيمتين السابقتين احسب العجلة التي يتحرك بها الجسم .
٦- قبل الاقلاع تتحرك طائرة في مدرج من السكون بعجلة منتظمة مسافة ٧٢٠ مترا في فترة زمنية قدرها ١٢ ثانية . احسب :
(أ) العجلة . (ب) السرعة عند الاقلاع .
(ج) المسافة المقطوعة خلال الثانية الأولى والثانية الثانية عشر
٧- قذف جسم رأسيا إلى أعلى وسجل ارتفاعه فوق سطح الأرض في فترات زمنية مختلفة من رحلته ودونت النتائج في الجدول أدناه :

الزمن (ن ثانية)	٠	١	٢	٣	٥	٦	٧	٨
الارتفاع (ف متر)	٠	٣٥	٦٠	٧٥	٧٥	٦٠	٣٥	٠

(أ) أرسم شكلاً بيانياً للارتفاع في المحور الصادي والزمن في المحور السيني وأوجد فيه :

(ا) أقصى ارتفاع وصل إليه الجسم .

(اا) الزمن الذي استغرقه الجسم ليصل ذلك الارتفاع .

(ب) باستخدام أحدى أو كلتا النتيجتين أعلاه احسب السرعة التي قذف بها الجسم (اعتبر د = ١٠ متر/ث^{٢})

٨- قذفت كرة رأسياً لأعلى بسرعة قدرها ٣٠ متر/ث .

أ - ما أقصى ارتفاع تصل إليه الكرة ؟

ب - ما زمن الوصول لهذا الارتفاع ؟

ج - ما زمن العودة إلى نقطة الابتداء ؟

د - متى تكون سرعتها ٢٠ متر/ث ؟

٩- قذف حجر رأسياً بسرعة ١٤ متر/ث من برج ارتفاعه ١٠٠ متر . أوجد أقصى ارتفاع يصل إليه الحجر والسرعة عند وصوله الأرض. (د = ٩.٨ متر/ث^{٢})

١٠- في سباق مسافة ٢٠٠ متر يعدو شخص (أ) بمعدل ٥ متر/ث وشخص (ب) بمعدل ٣ متر/ث . تحرك (أ) بعد ن ثانية من لحظة تحرك (ب) فوصل الاثنان نهاية مسافة السباق في نفس اللحظة . احسب قيمة ن .

١١- جسم ألقي من السكون من نقطة ما فوق سطح الأرض فإذا قطع $\frac{٧}{١٦}$ من المسافة الكلية في الثانية الأخيرة لسقوطه . احسب :

(أ) الزمن الكلي الذي يمكن الجسم من الوصول إلى الأرض .

(ب) ارتفاع النقطة التي ألقي منها فوق سطح الأرض .

(جـ) سرعته عند وصوله للأرض .

١٢- عربة تتحرك من السكون إلى السكون مسافة قدرها ٢ كلم في ستة دقائق . فإذا كانت أقصى سرعة وصلتها خلال الحركة هي ٣٦ كلم/ساعة . أوجد المسافة التي قطعتها بأقصى سرعة علما بأن العجلة التناقصية والتزايدية كانت منتظمة خلال الحركة .

الفصل الرابع

(٤-١) قوانين نيوتن للحركة

(٤-١-١) مقدمة

لقد أسهمت قوانين نيوتن للحركة إسهاماً مباشراً في النهضة الصناعية والتقنية التي أنعم الله بها علينا . فلولا معادلات بيرنولي المستنبطة من قوانين نيوتن ، لما استطاع الإنسان صنع الطائرات ، التي تطير بسبب تصميم جناح الطائرة وفقا لقوانين بيرنولي لتصبح سرعة الهواء أعلى الجناح أكبر من سرعتها أسفل الجناح ، فتصبح قوة دفع الهواء أسفل الجناح ، أكبر من قوتها أعلى الجناح لترتفع الطائرة في الهواء . وكذلك تم استخدام مبدأ القصور الذاتي ورد الفعل في تثبيت الأقمار الصناعية في مدارات ثابتة حول الأرض ، لتنقل لنا المكالمات الهاتفية والبث التلفزيوني في بلدان العالم المختلفة .

فعندما يدور القمر في مسار دائري تنشأ قوة رد فعل قصورية تحاول أن تحافظ على اتجاه القمر الأصلي ، فتدفعه بعيداً عن مركز الدوران . فتعمل هذه القوة القصورية على معادلة قوة التثاقل الأرضي التجاذبية . ويستخدم مفهوم قوة الطرد المركزي في المعامل الطبية لفصل الخلايا الالتهابية والدموية عن باقي المكونات . وتستخدم قوانين الحركة كذلك في وضع المدافع والراجمات بطريقة تمكنها من تصويب قذائفها لاصابة الطائرات المغيرة والأهداف العسكرية الأخرى بدقة . واستخدمت قوانين نيوتن كذلك في تصميم السيارات للاستفادة من ضغط بخار المواد النفطية في تحريك السيارات .

(٤-١-٢) تطبيقات قوانين نيوتن في الحياة اليومية

درسنا في الفصل السابق الحركة في خط مستقيم . وكانت دراسة وصفية تقوم على معرفة الإزاحة والسرعة والعجلة للأجسام المتحركة ولكننا لم نسأل عن سبب حركة هذه الأجسام .

في هذا الفصل سوف نحاول الإجابة عن هذا السؤال ، فنتعرف على أسباب الحركة . أيْ ما الذي يجعل الأجسام تتحرك ؟ ولماذا تتحرك بالكيفية التي تتحرك بها ؟

كل واحد منا يعلم أن المادة قاصرة . أي عاجزة عن أن تؤثر في ذاتها بذاتها . فالكتاب الموضوع على المنضدة يستمر على وضعه حتى يتهيأ له مؤثر خارجي يحركه . وراكب القطار يميل جسمه للوراء عندما يشرع القطار بالحركة، كما يميل إلى الأمام عند وقوف القطار . والإنسان يشعر بصعوبة الوقوف الفجائي إذا كان جارياً . وغالباً ما تحدث حوادث خطيرة بسبب القصور الذاتي للأجسام المتحركة . فقد يصطدم رأس السائق بزجاج سيارته الأمامي إذا ما اصطدمت بعائق معين . لذلك توجد أحزمة السلامة في المقاعد الأمامية للسيارة والتي يجب استخدامها ضماناً لسلامة الراكب .

(٤-١-٣) قانون الحركة الأول لنيوتن :

ولقد لخص العالم نيوتن وتبنى مبدأ جاليلو وصاغه على شكل قانون عرف بالقانون الأول من قوانين الحركة والذي ينص على أن :

> كل جسم في الكون يبقى على حالته إن كان ساكناً أو متحركاً في خط مستقيم بسرعة ثابتة ما لم تؤثر عليه قوة خارجية فتغير من حالته الحركية .

(٤-١-٤) الحركة والقوة

أول ما يتبادر للذهن أن الحركة مرتبطة بالقوى . مثل قوى السحب أو الدفع ولكن مفهوم القوة في الفيزياء أوسع وأكثر شمولاً من الدفع والسحب . فإن قوة جذب المغناطيس للمسمار وقوة التنافر بين كرتين مشحونتين شحنة كهربية

متماثلة، وقوة جذب الأرض للأجسام فوق سطحها ، كلها أمثلة على أنواع أخرى من القوة تؤدي إلى تغيير في حركة الأجسام .

ولكن ما هي العلاقة بين القوة والحركة ؟ اعتقد العلماء الأقدمون أنه لكي يبقى الجسم متحركاً بسرعة ثابتة لابد من استمرار القوة مؤثرة على ذلك الجسم . ولكن بيّن جاليلو بالتجربة وباستخدام سطح أفقي أملس أن الجسم المتحرك يبقى متحركاً بسرعة ثابتة في خط مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة تؤدي لإيقافه . وهذا الاستنتاج الذي توصل إليه جاليلو يصح فقط في حالة الوضع المثالي والذي يفترض انعدام قوة الاحتكاك بين الجسم المتحرك والسطح الأفقي الذي فوقه.

أي أن الجسم يستمر في حركته بسرعة منتظمة ، في اتجاه ثابت دون الحاجة إلى قوة خارجية تؤثر عليه بشكل مستمر . ولكن التأثير بقوة خارجية ضروري لتغيير سرعة الجسم . فلو دفع جسم على سطح أفقي تتغير سرعته من الصفر (إذا كان ساكناً) إلى القيمة التي اكتسبها . كما أن السطح الأفقي الخشن يؤثر على الجسم المتحرك بقوة الاحتكاك التي تؤدي إلى إبطاء حركته ، بالتالي إلى إيقافه . فالقوة الخارجية ضرورية لتغيير السرعة ولكنها ليست ضرورية لبقاء السرعة ثابتة .

ويفهم من هذا القانون أنه لا يحدث تغيير في السرعة إذا كانت القوة المؤثرة تساوي صفراً . وحيث أن العجلة هي مقدار التغير في السرعة في وحدة الزمن فإن ذلك يعني أن العجلة تنعدم عندما تنعدم القوة .

ومما سبق نرى ان هذا القانون يبين لنا خمول الأجسام أو قصورها عن الميل لتغيير حالتها من نفسها. فالأجسام تميل دائماً للبقاء في الحالة التي هي عليها. ومن هنا جاءت تسمية القانون بقانون الخمول أو القصور الذاتي(Inertia) . وبناءاً على ما سبق نستطيع أن نعرف القوة في قانون نيوتن الأول:

> القوة هي المؤثر الذي يغير أو يعمل على تغيير حالة الجسم من سكون أو حركة بسرعة منتظمة في خط مستقيم.

أيضاً نستطيع من هذا القانون أن نعرف الكتلة كمقياس لخاصية القصور الذاتي في المادة ، وهي كمية ثابتة لاتعتمد على الحالة الحركية للجسم ولا على موقعه على سطح الأرض . بل تمثل ما يحتويه الجسم من مادة . وكما سبق أن

عرفنا أن الوحدة العالمية التي تقاس بها الكتلة هي الكيلوجرام ، وهي تساوي كتلة قياس جسم متفق عليها عالمياً ومحفوظ في متاحف ومختبرات دولية بفرنسا . وتساوي هذه الكتلة القياسية كتلة لتر من الماء (١٠٠٠سم^{٣})في درجة حرارة ٤°م وضغط جوي واحد . والوحدة الأصغر من ذلك هي الجرام .

مثال (١) :

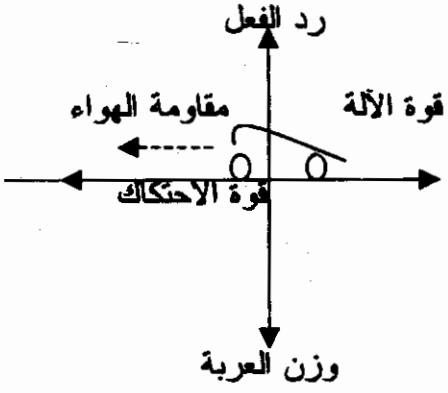
ماهي القوى التي تؤثر على عربة تسير بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم ؟ ما رأيك في هذه القوى ؟

الحل :

١- القوة التي تحرك العربة تعادلها قوة الاحتكاك ومقاومة الهواء

٢- وزن العربة تعادلها قوة رد الفعل رأسياً لأعلى من الأرض في الاتجاه المضاد .

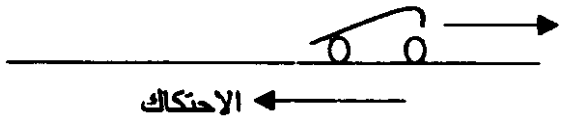
ونسبة إلى أن العربة تسير بسرعة منتظمة وفي خط مستقيم فإن القوة المؤثرة على العربة في حالة اتزان .



مثال (٢):

عربة تسير بسرعة منتظمة تحت تأثير مقاومة ثابتة مقدارها ١٠ ثقل جم لكل كجم من كتلة العربة . فإذا كانت كتلة العربة ٤٠٠ كم فما هي القوة التي تحرك العربة ؟

الحل :



هناك قوتان تؤثران على العربة هما قوة محرك العربة وقوة الاحتكاك كما بالرسم ، حيث أن :

المقاومة = ١٠ × ٤٠٠ = ٤٠٠٠ ثقل جم

ولأن العربة تسير بسرعة منتظمة فإن محصلة القوة عليها تساوي صفراً .

أي أن :

القوة التي تحرك العربة = المقاومة للحركة = ٤٠٠٠ ثقل كجم .

(٤-١-٥) قانون الحركة الثاني لنيوتن :

إذا لم تكن محصلة القوى المؤثرة على الجسم صفراً فإنه يتحرك بتعجيل . وقد وجد أن التعجيل الذي يكتسبه الجسم يتناسب طردياً مع محصلة القوى المسببة لهذا التعجيل .

فإذا احضرنا جسم كتلته ثابتة وزدنا القوة المؤثرة عليه هذا يؤدي لزيادة عجلته أي أن ق تتناسب طرديا مع جـ (ق ∝ جـ)عندما تكون كتلة الجسم ثابتة. وتقترن زيادة كتلة الجسم بزيادة مقاومته للتعجيل . لذلك تزداد محصلة القوى الخارجية المسلطة على الجسم لإحداث تعجيل معين . وهذه هي الحالة المشاهدة في سقوط الأجسام على اختلاف كتلها بتعجيل ثابت . أي أنه مهما تغيرت كتلة الجسم الساقط فإن القوة المسببة لسقوطه (وهي جاذبية الأرض) تتغير بنفس النسبة . ومما تقدم نستنتج أن :

ق ∝ ك حيث ك تساوي الكتلة (عندما يكون التعجيل ثابتاً)

ومن العلاقتين السابقتين نجد أن :

ق ∝ ك جـ

ق = مقدار ثابت × ك جـ

وعند اختيار وحدات النظام الدولي للقياس فإن :

ق = ١ نيوتن ، ك = ١ كجم ، جـ = ١ م/ث^{٢} فـــإن مقـدار الكمية الثابتة = ١ وعليه فإن :

$$ق = ك \times جـ$$

$$\therefore \quad جـ = \frac{ق}{ك}$$

أي جـ تتناسب طرديا مع ق وعكسيا مع ك (كلما زادت القوة زادت العجلـة وكلما زادت الكتلة قلت العجلة) .

أي أن القوة (بالنيوتن) = الكتلة (بالكجم) × التعجيل (م/ث^{٢})

وهذه هي الصيغة الثانية للقانون الثاني لنيوتن والتي تنص على أن :

" التعجيل الذي يتحرك به جسم يتناسب طرديا مع محصلة القوة المؤثرة عليه وعكسيا مع كتلة ذلك الجسم "

والجدير بالذكر أن القوة المشار إليها في هذا القانون هي محصلـــة جميـــع القوى المؤثرة على الجسم إن كانت هناك أكثر من قوة تؤثر عليه .

ويثير هذا القانون عدة أسئلة منها : ما هي العلاقة بين عجلة الجسم ومقدار القوة المؤثرة عليه ؟ وما هي العلاقة بين الكميات الثلاث : الكتلة والعجلة والقوة؟ وكيف تتغير العجلة مع تغير الكتلة عند ثبوت القوة المؤثرة ؟ ويمكن الإجابة على هذه الأسئلة بإجراء التجارب الآتية :

تجربة (١) :

الغرض : ايجاد العلاقة بين القوة والعجلة الناشئة عنها:

ضع جسما على سطح أفقي ، وليكن السطحان المتلامسان أملسين بحيـــث يكون الاحتكاك قليلا يمكن إهماله . اسحب الجسم بقوة معلومة (ق) وليكن زمـــن تأثيرها ن ثانية كما في الشكل (٤-١)

فشكل (٤-١) جسم أملس يتحرك على سطح أفقي أملس أيضاً تحت تأثير قوة (ق)

ومن ملاحظة المسافة التي يقطعها الجسم في فترات زمنية متساوية ومتتالية، يمكن حساب مقدار الزيادة في سرعة الجسم في كل فترة من الفترات أي حساب عجلة الجسم .

ومن نتائج التجربة نجد أن عجلة الجسم الذي تؤثر عليه قوة ثابتة يساوي مقداراً ثابتاً ، أي أن :

$$\text{جـ} = \frac{\text{ع}}{\text{ن}} \quad \text{مقدار ثابت}$$

أعد التجربة مستخدماً قوة أخرى ضعف القوة الأولى ، تجد أن العجلة ثابتة أيضاً ولكنها ضعف العجلة الأولى وإذا استخدمت قوة ثلاثة أضعاف القوة الأولى تجد أن العجلة ثابتة ولكنها تساوي ثلاثة أضعاف العجلة الأولى ، وهكذا.

ق $\propto$ جـ (تتناسب العجلة تناسباً طردياً مع القوة المسببة لها)

أي أن العجلة تتناسب مع القوة المؤثرة عند ثبوت الكتلة .

تجربة (٢) :

الغرض : العلاقة بين الكتلة والعجلة :

وبإعادة التجربة السابقة مستخدماً قوة واحدة لسحب عدة كتل مختلفة على سطوح متماثلة تماماً ، وبحساب عجلة كل من هذه الكتل يلاحظ أن عجلة الكتلة الكبيرة أقل من عجلة الكتلة الصغيرة ، وكلما إزدادت الكتلة قلت العجلة ، أي أن العجلة تتناسب عكسياً مع الكتلة عند ثبات القوة .

$$\text{جـ} \propto \frac{1}{\text{ك}} \quad \text{حيث ك تمثل كتلة الجسم}$$

وبدمج العلاقتين السابقتين نجد أن :

$$\text{جـ} \propto \frac{\text{ق}}{\text{ك}}$$

أو ق ∝ ك جـ

ويتساوى المقداران في طرفي العلاقة باستخدام الوحدات العالمية المناسبة فتصبح العلاقة :

ق = ك . جـ

والوحدات المناسبة لهذه العلاقة هي الوحدات العالمية التالية :

الكتلة (ك) : الكيلوجرام

العجلة (جـ) : متر/ث^{٢}

القوة (ن) : نيوتن

فالقوة التي مقدارها ١ نيوتن تحدث عجلة مقدارها ١ م/ث^{٢} عندما تؤثر على جسم كتلته ١ كيلوجرام .

وباستخدام الوحدات السنتمترية نجد أن :

القوة التي مقدارها ١ داين تحدث عجلة مقدارها ١ سم/ث^{٢} عندما تؤثر على جسم كتلته ١ جم .

"الثقل كيلوجرام" : هو قوة جذب الأرض لجسم كتلته ١ كجم .

العلاقة بين وحدات القوة :

أ - العلاقة بين النيوتن والداين

١ نيوتن = ١ كجم × ١ متر/ث^{٢}

١نيوتن = ١٠٠٠ جم × ١٠٠ سم/ث^{٢}

١ نيوتن = ١٠^{٥} داين

العلاقة بين النيوتن والثقل كيلوجرام:

∵ ق = ك جـ

∴ و = ك د

حيث (و) الوزن بالثقل كجم و(د) عجلة الجاذبية

١ ثقل كجم = ١ كجم × ٩,٨ متر/ث٢

∴ ١ ثقل كجم = ٩,٨ كجم متر/ث٢

١ ثقل كجم = ٩,٨ نيوتن

∴ ١ نيوتن = $\frac{١}{٩,٨}$ ثقل كجم

١ نيوتن ٠,١ ثقل كجم

ويمكن معرفة كتلة جسم من قياس العجلة التي يكتسبها عندما تؤثر عليه قوة خارجية معلومة . ويمكن أيضاً المقارنة بين كتلتين من قياس عجلة كل منهما تحت تأثير قوة واحدة فنجد بالتجربة أن :

$$\frac{\text{الكتلة الأولى}}{\text{الكتلة الثانية}} = \frac{\text{عجلة الثانية}}{\text{عجلة الأولى}}$$

ومن الملاحظات الهامة حول هذا القانون أن القوة المؤثرة على جسم ما تحدث عجلة في حركة الجسم ، سواء كان الجسم ساكناً أو متحركاً عند بداية تأثير القوة .

وتجدر الملاحظة أيضاً بأن اتجاه العجلة يكون دائماً في اتجاه القوة ، فالقوة كمية متجهة ، والعجلة كمية متجهة أيضاً والعلاقة ق = ك جـ تبين أن ق ، جـ لهما اتجاه واحد .

مثال (١) :

جسم ساكن كتلته ٢٠ كجم موضوع على سطح أفقي أحسب القوة اللازمة للتأثير عليه حتى تصبح سرعته ٨ م/ث في زمن مقداره ٤ ثانية ابتداءاً من حالة السكون علماً بأن قوة الاحتكاك بينه وبين السطح = ١٠ نيوتن .

الحل :

وبافتراض إنتظام العجلة فإن السرعة قد ازدادت من الصفر إلى ٨ م/ث في زمن قدره ٤ ثانية ، فإن قيمه العجلة التي اكتسبها الجسم تساوي :

$$\text{جـ} = \frac{\text{ع}_٢ - \text{ع}_١}{\text{ن}} = \frac{٨ - \text{صفر}}{٤} = ٢ \text{ م/ث}^٢$$

أما القوة التي اكتسبتها هذه العجلة في الاتجاه الأفقي فهي محصلة القـوة المؤثرة في هذا الاتجاه ، أي = (ق – قوة الاحتكاك) كما هو مبين في الشـكل وعليه فإن :

(ق – ١٠) = ك × جـ

ق – ١٠ = ٢٠ × ٢

إذن ق = ٤٠ + ١٠ = ٥٠ نيوتن

شكل يوضح جسم متحرك بعجلة منتظمة تحت تأثير القوتين

مثال (٢) :

جسم ساكن كتلته ١٠ كجم أثرت عليه قوة لمدة ٥ ثوان فاكسـبته سـرعة مقدارهـا ٥ م/ث . ما مقدار تلك القوة ؟

الحل :

ع٢ = ع١ + جـ ن

٥ = صفر + ٥ جـ

جـ = ١ م/ث٢

ق = ك جـ

∴ ق = ١٠ كجم × ١م/ث٢ = ١٠ نيوتن

مثال (٣) :

ما القوة اللازمة لرفع جسم وزنه ١٠٠ نيوتن عمودياً من السكون ليقطـع مسافة مقدارها ١٢٠ متراً بمدة ١٠ ثوان بتعجيل ثابت ؟

الحل :

(ف) = ع١ ن + ½ جـ ن٢

١٢٠ = صفر + ½ × جـ × ١٠ ٢

١٢٠ = ١٠٠ × ½ جـ = ٥٠ جـ

∴ جـ = $\frac{١٢٠}{٥٠}$ = ٢,٤ متر/ث٢

القوة المُعجلة = ك جـ

ق - و = ك جـ

و = الوزن (و = ك د) [د = عجلة الجاذبية ١٠م/ث]

$$\therefore \text{ك} = \frac{\text{و}}{\text{د}}$$

$$\text{ق} - \text{و} = \frac{\text{و}}{\text{د}} \times \text{جـ} \quad [\text{د عجلة الجاذبية} = ١٠\text{م/ث}^{٢}]$$

$$\text{ق} - ١٠٠ = \frac{١٠٠}{١٠} \times ٢,٤ = ٢٤ \text{ نيوتن}$$

$$\therefore \quad \text{ق} = ٢٤ + ١٠٠ = ١٢٤ \text{ نيوتن}$$

مثال (٤) :

جسم كتلته ١٠٠جم يرتكز على طاولة أفقية ملساء تماماً تؤثر عليـــه قـوة مقدارها ٢٠٠٠ داين :

(١) ما هي العجلة الناتجة ؟

(٢) إذا كان هنالك احتكاك قدره ٢٠٠ داين ما هي العجلة في هذه الحالة؟

الحل :

(١) الطاولة ملساء وأفقية (ليس هنالك قوة احتكاك) . تنشأ العجلة عـن القوة المؤثرة على الجسم .

ق = ك جـ

٢٠٠٠ = ١٠٠ × جـ

$$\text{جـ} = \frac{٢٠٠٠}{١٠٠} = ٢٠\text{سم/ث}^{٢}$$

(٣) القوة المؤثرة لإحداث العجلة = ق - قوة الاحتكاك

= ٢٠٠٠ - ٢٠٠ = ١٨٠٠ داين

ق = ك جـ

$\therefore$ ١٨٠٠ = ١٠٠ جـ

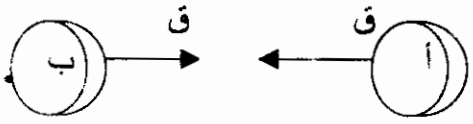
$\therefore$ جـ = ١٨سم/ث^{٢}

(٤-١-٦) القانون الثالث لنيوتن : (قانون الفعل ورد الفعل) :

هذا القانون يبحث في العلاقة بين القوى المتبادلة بين جسمين يؤثر كل منهما على الاخر وينص على ما يلي :

لكل فعل رد فعل مساو له في المقدار ومضاد له في الاتجاه

قوة الفعل = قوة رد الفعل



أي أنه إذا أثر الجسم أ على الجسم ب بقوة فإن الجسم ب يؤثر على الجسم أ بنفس القوة وباتجاه معاكس .

فالأرض تجذب القمر بقوة ، والقمر يجذب الأرض بنفس القوة . كما أن الأرض تجذب أي جسم فوق سطحها بقوة تساوي وزنه ، كما أن الجسم يجذب الأرض بنفس القوة .

ماهي القوة التي جعلت القمر والأرض يحافظان على المسافة بينهما برغم قوة الجذب المتبادلة ؟

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 لا يجوز القول أن محصلتهما تساوي صفراً . إذ أن الفعل يؤثر على جسم ، ورد الفعل يؤثر على جسم آخر .

ومن التطبيقات الشائعة على القانون الثالث لنيوتن الحركة الرأسية وما يشبهها وإليك هذا المثال :

نفترض أن رجلاً كتلته ك١ يقف داخل مصعد كهربائي كتلته ك٢ ولنفترض أن المصعد يتحرك رأسياً بعجلة مقدارها جـ .

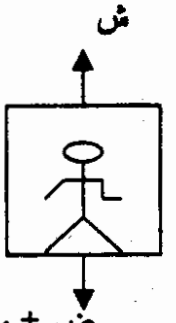
ولدراسة هذه الحركة يجب أن نعين أولاً القوى المختلفة التي تؤثر على كل من الرجل والمصعد .

أولاً : القوى المؤثرة على المصعد :

١- وزن المصعد (ك٢ د)
(أي الوزن يساوي الكتلة × عجلة الجاذبية)

٢- ضغط الرجل على المصعد (ض)

٣- قوة الشد في الحبل الذي يحمل المصعد ش كما في الشكل (٤-٢)

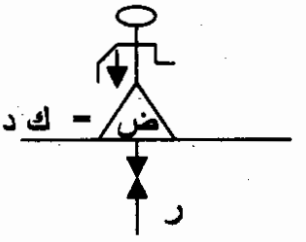


شكل (٤-٢) القوى المؤثرة على المصعد

ثانياً : القوى المؤثرة على الرجل :

١- وزن الرجل (ك١ د) رأسياً لأسفل .

٢- رد فعل المصعد على الرجل (ر) رأسياً لأعلى وهو يساوي (ض) كما في الشكل (٤-٣) .



شكل (٤-٣) القوى المؤثرة على الرجل

ثالثا : القوى المؤثرة على المجموعة :

١- وزن الرجل والمصعد = [(ك١ + ك٢) د] رأسياً لأسفل .

٢- الشد (ش) في الحبل رأسياً لأعلى .

فالقوة التي تؤثر على مجموعة المصعد والرجل هي المسببة لحركة المصعد والرجل معاً وهي المحددة لنوعية الحركة . وسوف ندرس الآن حركة كل من الرجل والمصعد كل على حدة وحركتهما معاً كمجموعة واحدة .

حركة الرجل :

أولاً : إذا كان المصعد يتحرك بعجلة (جـ) لأعلى . إذاً تكون معادلة حركة الرجل : ك١ جـ = ر - ك١ د

$$\therefore \text{ر} = \text{ك}_1 \text{د} + \text{ك}_1 \text{جـ} \qquad (1)$$

ثانيا : إذا كان المصعد يتحرك بعجلة (جـ) لأسفل فمعادلة حركة الرجل:

ك١ جـ = ك١ د - ر

$$\therefore \text{ر} = \text{ك}_1 \text{د} - \text{ك}_1 \text{جـ} \qquad (2)$$

ثالثاً : إذا كان المصعد يتحرك بسرعة منتظمة :

وفي هذه الحالة جـ = صفر وهو يماثل وضع المصعد كما لو كان ساكناً لا يتحرك . ويكون رد الفعل بالتالي يساوي ضغط الرجل على المصعد مساوياً لوزن الرجل ويمكن الوصول لهذه الحقيقة بالتعويض في كل من المعادلتين (١) و (٢) وسوف نجد أن : ر = ك١ د

حركة المصعد :

أولاً : إذا كان المصعد يتحرك بعجلة (جـ) لأعلى :

$$\therefore \text{ك}_2 \text{جـ} = \text{ش} - \text{ك}_2 \text{د} - \text{ض} \qquad (3)$$

ثانياً : إذا كان المصعد يتحرك بعجلة (جـ) لأسفل :

$$\therefore ك_٢ جـ = ك_٢ د + ض - ش \quad (٤)$$

حركة مجموعة الرجل والمصعد :

أولاً : الحركة لأعلى بعجلة جـ

$$(ك_١ + ك_٢) جـ = ش - (ك_١ + ك_٢) د \quad (٥)$$

ثانياً : الحركة لأسفل بعجلة جـ :

$$جـ (ك_١ + ك_٢) = د (ك_١ + ك_٢) - ش \quad (٦)$$

وبمقارنة المعادلتين (١) ، (٣) مع المعادلة (٥) (الحركة لأعلى) أو المعادلتين (٢) ، (٤) مع المعادلة (٦) (الحركة لأسفل) نجد أن :

$$ر = ض \quad (٧)$$

أي أن الفعل ورد الفعل يتساويان في المقدار في كل حالات حركة المصعد.

مثال (١):

يجر رجل جسماً موضوعاً على منضدة بقوة ق . فما هي القوى التي تؤثر على الجسم ؟ وما هي القوة التي يرد بها الجسم عليها حسب قانون نيوتن الثالث؟ وما هي القوى المتوجب أخذها بعين الاعتبار عند تطبيق قانون نيوتن الثاني ؟

الحل :

هنالك ٣ قوى تؤثر على الجسم : قوة الشد قش ، وقوة الجذب ق (الثقل) التي تبذلها الأرض على الجسم ، والقوة المتعامدة قع التي تبذلها المنضدة على الجسم .

وهنالك ٣ قوى متساوية في المقادير وتعمل على محورهـــا ، ومتعاكســة معها في الاتجاه وهي :

١- القوة (قش) التي يشد بها الرجل الجسم .

٢- القوة (ق) التي تجذب بها الأرض الجسم .

٣- القوة (قع) التي يدفع بها الجسم المنضدة .

والقوة التي يجب أخذها في الاعتبار عند تطبيق قانون نيوتن الثاني للحركة فهي القوة التي تؤثر على الجسم ، أي القوى الثلاث الأولي .

خلاصة :

وتكمن أهمية قوانين نيوتن في أنها تمكننا من حساب المدار الـــذي تســير فيـــه الأجسام متى عرفنا موضعها وسرعتها في لحظة معينة . فمن خلالـــها تـــم تفسير حركة الكواكب حول الشمس ، وتم تطوير علم الفلك . وتطبق هذه القوانين باستمرار عندما يحسب مدار قمر اصطناعي حـــول الأرض أو عندمـــا يطلـــق صاروخ في الفضاء ، وحتى عندما تطير طائرة أو تسير عربة .

(٤-١-٧) كمية التحرك :

تعرف كمية التحرك لجسم ما بأنها الكمية الناتجة عن حاصل ضرب كتلـــة الجسم في سرعته . فإذا رمزنا لكمية التحرك بالرمز (ح) فان :

ح = ك . ع (١)

وبالتالي فإن كمية تحرك الجسم الساكن تساوي صفراً . عندما ندفعه بقـــوة (ق) تؤثر عليه لمدة زمنية مقدارها ن ثانية ، فإن سرعته تزداد من الصفر إلـــى قيمة معلومة ع خلال هذه الفترة الزمنية . أي أن كمية تحركـــه أيضـــاً إزدادت مـــن الصفر إلى قيمة معينة (ك . ع)

ومن تعريف العجلة بأنها معدل التغير في السرعة في وحدة الزمن

$$\text{أي } جـ = \frac{\text{السرعة النهائية - السرعة الابتدائية}}{\text{الزمن الذي حدث فيه التغيير}}$$

$$جـ = \frac{ع - صفر}{ن}$$

وبتطبيق قانون نيوتن نحصل على :

$$ق = ك \times جـ = ك \frac{(ع - صفر)}{ن}$$

$$ق \times ن = ك (ع - صفر) = ك.ع = ح$$

$$ق = \frac{ح}{ن} \qquad (٢)$$

فالقوة المؤثرة تساوي معدل التغير في كمية التحـرك وهـو شـكل آخـر لقانـون نيوتن الثاني .

ويمكن القيام بهذا التحليل أيضاً على جسم متحرك يسير بسـرعة ع١ ثـم أثرت عليه قوة لمدة زمنية ن فتغيرت سرعته من ع١ إلى قيمة ثانية ع٢ ، فـإن مقدار القوة المؤثرة يساوي :

$$ق = \frac{ح}{ن} = \frac{ح٢ - ح١}{ن} = \frac{ك ع٢ - ك ع١}{ن}$$

$$\text{أي} \quad ق = \frac{ك ع٢ - ك ع١}{ن} \qquad (٣)$$

المقدار ق ن = ح٢ - ح١ = التغير في كمية التحرك ،

ويسمى المقدار (ق . ن) بالدفع . وهو يساوي التغير في كمية التحـرك . ولو أثرنا بنفس الدفع على جسمين مختلفي الكتلة كانا في حالة سكون فإن كميـة التحرك التي يكتسبها كل منهما واحدة ، أي أن المقدار (ك ع) مسـاوي لكـل منهما وذلك لأن الدفع يساوي التغير في كمية التحرك = ك١ ع١ - صفر (للكتلة الأولى)

= ك٢ ع٢ - صفر (للكتلة الثانية)

وحيث أن الدفع واحد فإن كمية التحرك واحدة لكل منهما

أي أن (ك١ ع١ = ك٢ ع٢)

ولكن إذا كانت ك٢ > ك١ فإن الجسم الثاني يسير بسرعة أقل من السـرعة التي يسير بها الجسم الأول (ع٢ < ع١) ومن ذلك نرى أن المقـدار (ك ع) أي كمية التحرك هي شئ آخر غير السرعة وليها مدلول غير مدلول السرعة .

فكمية التحرك تدل على مقدار الدفع اللازم لتحريك الجسم أو إيقافه . بينما تدل السرعة على مدى سرعته في الحركة أي هل يتحرك بسرعة منخفضة أو بسرعة عالية .

وتقاس كمية التحرك أو الدفع بنفس الوحدة وهي :

$$\frac{\text{كجم} \times \text{متر}}{\text{ثانية}} = \frac{\text{كجم . متر}}{\text{ث}}$$

مثال (١) :

كرة كتلتها ١٠٠ جرام تسير بسرعة مقدارها ٢٠م/ث اصطدمت بحائط ، ثم ارتدت عنه بسرعة ١٥م/ث احسب كمية التحرك قبل الاصطدام وبعده .

وإذا افترضنا أن زمن ملامستها للحائط = ٠,٠٥ ثانية . فاحسب قوة تأثير الحائط عليها.

الحل :

كمية التحرك قبل الاصطدام $ح_1 = ك . ع$

= ٠,١ كلم × ٢٠م/ث

= ٢ كجم متر/ث

كمية التحرك بعد الاصطدام $ح_2$ = ٠,١ كجم × (-١٥م/ث)

(الاشار سالبة لانعكاس اتجاه السرعة)

= -١,٥ كجم متر/ثانية

فالتغير في كمية التحرك = $ح_2 - ح_1$ = -١,٥ - ٢

= -٣,٥ كجم متر/ثانية

وهذا التغير في كمية التحرك = الدفع .

-٣,٥ = ق × ن

-٣,٥ = ق × ٠,٠٥

$$ق = \frac{-٣,٥}{٠,٠٥}$$

ق = -٧٠ نيوتن

والإشارة السالبة تدل على أن قوة تأثير الحائط على الكرة كانت في عكس اتجاه حركتها .

مثال (٢) :

احسب كمية التحرك التي يكتسبها جسم سقط من ارتفاع ٩٨ سم إذا كانت كتلته ١٠ جم .

الحل :

لحساب السرعة التي يكتسبها الجسم نتيجة لسقوطه نستخدم القانون :

$ع^{٢} = ع_{.}^{٢} + ٢ د ف$

$ع^{٢} = ٠ + ٢ \times ٩٨٠ \times ٩٨ = ٢ \times ١٠ \times ٩٨ \times ٩٨$

$ع^{٢} = ٩٨^{٢} \times ١٠ \times ٢$

$ع = \sqrt{٩٨^{٢} \times ٤ \times ٥}$

$ع = ٩٨ \times ٢ \times \sqrt{٥}$

$= ١٩٦ \sqrt{٥}$

كمية التحرك = ك ع = $١٠ \times ١٩٦ \sqrt{٥}$ جم سم/ث

ويكون اتجاهها هو اتجاه السرعة أي الاتجاه الرأسي لأسفل

تمرين عام

١- بالون يرتفع رأسياً لأعلى بسرعة انطلاق ٢٠م/ث وعندما سقط جسم من داخله اصطدم بالأرض بعد فترة زمنية قدرها ١٠ ثوان .
أوجد ارتفاع البالون عندما أسقط الجسم من داخله (اجعل الاتجاه الاسفل موجب) .

٢- طائرة تتحرك أولا بسرعة ٢٠٠ كيلومتر/ساعة لمدة ٤٥ دقيقة ، ثم غيرت سرعتها إلى ١٨٠ كيلومتر/ساعة لمدة ٤٠ دقيقة وأخيراً أصبحت سرعتها ٢٤٠ كيلومتر/ساعة لمدة ٣٥ دقيقة . اوجد سرعتها المتوسطة لجميع أجزاء الرحلة .

٣- جسم يتحرك بعجلة تقصيرية منتظمة قدرها ٤م/ث^{٢} قطع مسافة ١٥٠ متر في ٥ ثوان . اوجد سرعته الابتدائية .

٤- تحرك جسم بعجلة منتظمة مقدارها ٨ سم/ث^{٢} لمدة ٥ ثوان فإذا كانت سرعته الابتدائية ٢٠ سم/ث فما مقدار المسافة التي يقطعها خلال تلك الفترة من الزمن؟
وما المسافة التي يقطعها في الثانية الخامسة فقط ؟
وما سرعته في نهاية الثانية الثالثة من بدء حركته ؟

٥- إذا سقطت كرة من السكون واكتسبت سرعة مقدارها ٣٠م/ث خلال ٣ ثوان، فكم تكون عجلة الجاذبية الأرضية في المكان الذي سقطت منه ، وماهي المسافة التي قطعتها خلال تلك الفترة من الزمن ؟

٦- تناقصت سرعة سيارة بمعدل ثابت مقداره ٠,٥ م/ث^{٢} فإذا كانت السرعة الابتدائية للسيارة عند بدء تناقص السرعة ٥٤ كلم/الساعة ، فما الزمن الذي ستستغرقه السيارة إلى أن تقف ؟ وكم ستكون المسافة التي قطعتها ؟

٧- ما المسافة الرأسية التي تقطعها قنبلة ساقطة رأسياً من طائرة خلال الثانية العاشرة من سقوطها ؟

٨- يتحرك جسم في خط مستقيم بسرعة ٣٠ متر/ث ثم تغيرت راعته في لحظة ما إلى ٢٠ متر/ث . اوجد التغير في كمية التحرك لهذا الجسم إذ كانت كتلته ٣ كيلوجرام .

٩- بين قوة الفعل وقوة رد الفعل في الحالات التالية :

أ/ اصطدام كرة التنس بالمضرب .
ب/ سحب الآلة (الموتور) لعربات القطار .
جـ/ سقوط قطرات المطر على الأرض .

١٠- يتحرك مصعد إلى أعلى بعجلة مقدارها ٢م/ث^{٢} تحت تأثير شد الحبل . جد الشد في الحبل إذا كانت كتلة المصعد تساوي ٧٠٠٠ كجم وكم يكون الشد في الحبل إذا كانت العجلة إلي أسفل ومقدارها ٢م/ث^{٢} .

١١- جسم كتلته ٣ كجم موضوع على سطح أفقي أملس . أثرت عليه قوة مقدارها ١,٥ نيوتن في اتجاه أفقي . جد عجلة الجسم . وإذا وضعت جسماً آخر كتلته ٢ كجم فوق الجسم الأول ، فكم تصبح عجلة المجموعة ؟

١٢- عربة كتلتها ١٠٠٠ كجم تسر بسرعة ٣٦ كلم/ساعة ، ضغط السائق على الفرامل فتوقفت بعد أن قطعت مسافة ٢٠ متراً ، احسب متوسط التعجيل التقصيري الناتج وما مقدار القوة التي أوقفتها ؟

١٣- كرة معدنية صغير كتلتها ١٠ جرامات تصطدم بحائط بسرعة ١٠٠ كلم/ساعة وتدخل فيه حيث تتوقف بعد ثانية واحدة من بدء الاصطدام فما هي القوة التي تدفع بها الحائط ؟

١٤- تسير عربة كتلتها ٨٠ كيلوجراما بسرعة ٨٠ كيلومتر/الساعة على طريق مستقيم . حاول سائق العربة إيقافها بسرعة لتجنب الاصطدام بعربة متوقفة في وسط الطريق .

فما هي القوة التي عليه بذلها على الفرامل ، إذا كانت المسافة التي تفصله عن العربة الأخرى ٢٠٠ متر ؟

١٥- تم تعليق جسمين متساويين في الكتلة بخيط يمر على بكرة . إذا أضفنا كتلة مقدارها ٣٠ جراماً إلى أحدهما ، تبدأ المجموعة بالتحرك بعجلة قدرها ٠,٤ متر/ث^{٢} . فما هي كتلة كل من الجسمين ؟

١٦- يجلس قائد سفينة فضائية كتلته ٧٠ كجم في مقعده عندما تنطلق السفينة عن سطح الأرض بعجلة قدرها ٢٠م/ث^{٢} . فما هي القوة التي يضغط بها المقعد على الرجل .

١٧- ماهي أقل عجلة ينزلق بها رجل كتلته ٧٥ كجم على حبل النجاة من الحريق إذا كان الحبل لا يتحمل شداً يزيد على ثقل ٥٠ كجم ؟ وما هي سرعة الرجل بعد أن يهبط ٢٠ متراً ؟

الفصل الخامس

الشغل والقدرة والطاقة

هناك بعض المفاهيم الفيزيائية الهامة التي تقترن بحركة الأجسام وهي مفاهيم الشغل والقدرة والطاقة ، وسنتناول في هذا الفصل هذه المفاهيم بشيء من التفصيل :

(٥-١) أولاً : الشغل (Work done) :

من مدلولات كلمة الشغل في الحياة العامة هو القيام بأي جهد عضلي أو عقلي غير أن مدلوله العلمي يختلف عن ذلك . وقد تستغرب إذا ما علمت بأنك تقوم بأعمال جسمانية كثيرة ، ولكن من الناحية الفيزيائية لا تكون قد أنجزت شغلاً يذكر ، على الرغم من أنك تكون قد أجهدت عضلات جسمك إلى حد الإعياء . مثال لذلك عندما تحاول دفع عربة وتفشل في تحريكها . كذلك حينما تحمل بكتفك ثقلاً مثل حقيبة فلست بمنجز شغلاً بالمعنى العلمي الفيزيائي مهما كانت ثقيلة . لأنك في عملك هذا تسلط على الحقيبة قوة توازن بها وزن الحقيبة. ولكنك تقوم بأداء شغل بالمعنى الفيزيائي حينما ترفع الحقيبة وتضعها على كتفك أو عندما تحملها وتسير بها أو تصعد بها بعض درجات السلم فأنت هنا تسلط عليها قوة وتحركها باتجاه القوة . ثم إنك إذا سرت بها في طريق أفقي فإن القوة التي تسند بها الحقيبة لا تنجز شغلاً لأن هذه القوة تعمل لأعلى وهي ليست مسئولة عن الحركة الأفقية للحقيبة .

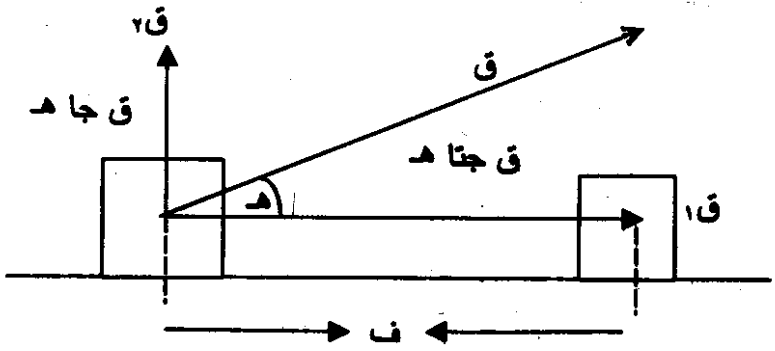
وعليه فإن القوة المؤثرة على جسم لا تنجز شغلاً عليه إذا لم يؤد تأثير هذه القوة إلى تحريك الجسم باتجاهها أو باتجاه إحدى مركباتها .

ويقاس الشغل بحاصل ضرب مقدار القوة × الإزاحة المقطوعة باتجاهها . فإذا أثرت قوة مقدارها (ق) على جسم وازاحته باتجاهها إزاحة مقدارها (ف) فإن الشغل (ش) الذي تنجزه القوة هو :

$$ش = ق \times ف$$

لاحظ أننا ذكرنا عند تعريف الشغل ، أنه إزاحة الجسم باتجاه القوة المؤثرة عليه .

ولكن كيف يحسب الشغل إذا لم تكن إزاحة الجسم باتجاه القوة المؤثرة عليه في الشكل (٥-١) جسم موضوع على سطح أفقي ، تؤثر عليه قوة (ق) تعمل في زاوية مقدارها (هـ) مع الأفق ، لكن الجسم يتحرك أفقياً . وعليه فلا بد من تحليل القوة المائلة إلى مركبتين ، إحداهما موازية للسطح (باتجاه الإزاحة) والأخرى عمودية عليه (عمودية على إزاحة الجسم) .



شكل (٥-١)

ق١ = ق جتا هـ (القوة الموازية للإزاحة وباتجاهها)

ق٢ = ق جا هـ (القوة العمودية على الإزاحة)

وعليه فإن شغل القوة (ق) = شغل (ق١) + شغل (ق٢)

ولكن شغل (ق٢) = صفراً . لماذا؟

لأن القوة عمودية على الإزاحة لم تحرك الجسم بتأثير هذه القوة

لذلك فإن الشغل (ش) = شغل (ق١)

الشغل = ق١ × الإزاحة

الشغل = ق جتا هـ × ف

(٥-١-١) وحدات الشغل :

هناك وحدتان في نظام الوحدات العالمي (M.K.S.) للشغل .

١- نظام المتر كجم ثانية :

فإذا قيست القوة بالنيوتن والإزاحة بالأمتار فإن الشغل في هـــذه الحالـــة يقاس (بالجول) . وعليه فإن وحدة الشغل = وحدة القوة × وحدة الإزاحة

وحدة الشغل = نيوتن × متر

ولقد أصطلح على تسمية (نيوتن × متر) بالجول تخليداً للعالم جول . ويعـــرف الجول : بأنه الشغل الذي تنجزه قوة مقدارها واحد نيوتن تزيح جسماً باتجاهـــها متراً واحداً .

ويتبين من هذا أن :

الجول = نيوتن.متر

٢- نظام السنتمتر جرام ثانية :

وتقاس القوة في هذا النظام بالداين والإزاحة بالسنتمتر أما الشغل فيقـــاس بالارج (Erg) أي (الداين سنتمتر)

حيث إرج = داين × سم

ويعرف الإرج بأنه الشغل الذي تنجزه قوة مقدارها داين واحد تؤثر علـــى جسم وتحركه باتجاهها إزاحة مقدارها سنتمتر واحد .

العلاقة بين الجول والإرج :

الجول = نيوتن × متر

ولكن ١ نيوتن = $١٠^{٥}$ داين

واحد متر = ١٠٠ سم = $١٠^{٢}$ سم

واحد جول = $١٠^{٥}$ داين × $١٠^{٢}$ سم

واحد جول = $١٠^{٧}$ داين . سم

واحد جول = $١٠^{٧}$ إرج

مثال (١):

أوجد الشغل المبذول عند رفع جسم كتلته ٦ كيلوجرامـــات لارتفـــاع ١٠ أمتار بالاستفادة من هذا المثال برهن أن : ١ جول = ١ × $١٠^{٧}$ أرج

الحل :

القوة = الكتلة × العجلة (عجلة الجاذبية)

القوة التي تحتاجها لرفع كتلة ٦ كجم = ٦ كجم × ٩,٨ م/ث^{٢}

= ٥٨,٨ نيوتن

وحيث أن ش = ق × ف
= ٥٨,٨ × ١٠٠ = ٥٨٨ جول
وهذه الكتلة مقدارها ٦٠٠٠ جرام ووزنها ٦٠٠٠ × ٩٨٠ سم/ث^{٢}
= ٥٨٨٠٠٠٠ داين
أما الإزاحة فهي ١٠ أمتار = ١٠٠٠سم
ش = ٥٨٨٠٠٠٠داين × ١٠٠٠سم = ٥٨٨٠٠٠٠٠٠٠ إرج
= ٥٨٨ × ١٠^{٧} إرج
∴ ش = ٥٨٨٠٠٠٠٠٠٠ إرج أي ٥٨٨ × ١٠ ^{٧} إرج
ومنه يتبين أن الجول يساوي ١٠ ملايين إرج

مثال (٢):

ما مقدار الشغل المنجز في جر عربة لإزاحة مقدارها ٥٠ مترا على أرض أفقية بتأثير قوة مقدارها ٢٠ نيوتن تؤثر باستقامة مقبضها الذي يميل بـ ٣٠° عن الأرض الأفقية ؟

الحل :

الشغل (ش) = ق . ف جتا هـ

ش = ٢٠ نيوتن × ٥٠ متر × جتا ٣٠° (جتا ٣٠ = $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$)

∴ ش = ١٠٠٠ × $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ × ٥٠٠ = ٨٦٦ جول

(٥-٢) ثانياً القدرة (Power) :

القدرة تعني المعدل الزمني لإنجاز الشغل . أو معدل الشغل المبذول بالنسبة للزمن . فإذا صعد رجل درجات من السلم ، فإن الشغل الذي ينجزه هو نفس الشغل سواء أتم ذلك في دقيقة أو ساعة فالشغل يعتمد على القوة والإزاحة فقط .

أما القدرة فإنها تعتمد على القوة والإزاحة التي تتحركها القوة والزمن المستغرق لقطع تلك المسافة . أي أن القدرة (ر) .

$$ر = \frac{\text{الشغل المبذول (جول أو ارج)}}{\text{الزمن بالثانية}}$$

كذلك إذا رفع شخص كمية من مواد البناء من سطح الأرض إلى سطح البناية فإنه يستغرق لإنجاز هذا الشغل فترة زمنية معينة . ولكن إذا استخدمت في رفع تلك المواد رافعة ميكانيكية إلى نفس ذلك السطح فإنها تنجز نفس الشغل الذي أنجزه الشخص ولكن بفترة زمنية أقل . ويقال في هذه الحالة أن قدرة الرافعة تفوق قدرة الشخص . وبذا تعرف القدرة بأنها:

-(المعدل الزمني لإنجاز شغل) -

وحيث أن الشغل يقاس بنظام (المتر كجم ثانية) بالجول والزمن بالثانية فإن القدرة في هذا النظام تقاس بالجول/ثانية والتي يطلق عليها باختصار اسم الواط . وهذه الوحدة صغيرة ومن المناسب في القدرة الكبيرة استخدام الكيلوواط والذي يعادل ١٠٠٠ واط .

وليس هنالك من فرق فيما إذا كانت القدرة ميكانيكية أو كهربائية كما أننا نستطيع أن نقيس قدرة المصباح أو قدرة ماكينة العربة بالكيلوواط .

ومهما يكن من أمر فيمكن تعريف الواط بأنه الوحدة العلمية لقياس قدرة جهاز ينجز شغلا مقداره جول في زمن قدره ثانية واحدة .

أما وحدة القدرة في نظام (سم.جم.ث) هي : الإرج/ثانية

ومن وحدات القدرة الحصان وهو يعادل ٧٤٦ واط .

مما سبق يتضح أن القدرة = $\frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$

وأن الشغل (ش) = ق × ف

∴ القدرة = $\frac{\text{ق} \times \text{ف}}{\text{ن}}$

ولكن $\frac{\text{ف}}{\text{ن}}$ = متوسط السرعة

∴ القدرة = ق × متوسط السرعة

مثال (١) :

صعد رجل كتلته ٧٠ كيلوجراماً على سلم لارتفاع ١٠ أمتار خلال مـــدة زمنية مقدارها ٣٠ ثانية . أوجد القدرة التي استخدمها .

الحل :

القوة التي استخدمها الرجل = الكتلة × عجلة الجاذبية

= ٧٠ × ٩,٨ متر/ث^{٢} = ٦٨٦ نيوتن

وحيث أن ش = ق × ف

∴ الشغل الذي أنجزه = ٦٨٦ × ١٠ = ٦٨٦٠ جول

$$\text{ولكن القدرة (ر)} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$$

∴ القدرة التي استخدمها الرجل

$$= \frac{\text{٦٨٦٠ جول}}{\text{٣٠ ثانية}} = ٢٢٨\frac{٢}{٣} \text{ واط}$$

مثال (٢):

ما قدرة رافعة ترفع جسماً كتلته ١٠٠٠ كجم من الأرض وإزاحة مقدارها ٦ أمتار في ١/٤ دقيقة .

الحل :

وزن الجسم(القوة)= ك× د = ١٠٠٠× ١٠(د=عجلة الجاذبية= ١٠م/ثانية)

= ١٠٠٠٠نيوتن

الشغل (ش) = القوة × الإزاحة = ١٠٠٠٠نيوتن × ٦متر = ٦٠٠٠٠جول

$$\text{القدرة} = \frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}} = \frac{٦٠٠٠٠}{٦٠ \times ١/٤} = ٤٠٠٠ \text{واط} = ٤ \text{ كيلوواط}$$

حيث ١ كيلوواط = ١٠٠٠واط

مثال (٣):

رجل يرفع جسماً كتلته ٥٠ كجم لعلو مترين خلال ساعة من الزمن . فإذا بذل رجل آخر نفس الشغل برفعه الجسم للعلو نفسه ولكن في دقيقة .

احسب مقدار الشغل المنجز ثم احسب قدرة كل من الرجل الأول والثاني ماذا تلاحظ ؟

الحل :

الشغل المنجز بواسطة الرجل الأول = ق × ف

= ٥٠ × ٩,٨٠ × ٢ = ٩٨٠ جول (د = ٩,٨ م/ثانية)

الشغل المنجز بواسطة الرجل الثاني = ٩٨٠جول

قدرة الرجل الأول = $\frac{\text{٩٨٠ جول}}{\text{٣٦٠٠ ثانية}}$ = ٠,٢٧ جول/ثانية^{٢}

قدرة الرجل الثاني = $\frac{٩٨٠}{٦٠}$ = ١٦,٣٣ جول/ ثانية

وتسمى وحدة القدرة (جول ثانية) بالواط كما ذكرنا سابقاً .

(٥-٣) ثالثاً : الطاقة:

الطاقة هي المفهوم الذي يربط الصور المختلفة للظاهرة الطبيعية التي نشاهدها في الطبيعة كالصوت والضوء والكهرباء والمغناطيسية والنشاط الإشعاعي . وتوجد الطاقة على صور متعددة من أهمها :

١. الطاقة الميكانيكية وهي نوعان كامنة وحركية .
٢. الطاقة الضوئية
٣. الطاقة الكهربية .
٤. الطاقة الكيميائية .
٥. الطاقة الصوتية .
٦. الطاقة الذرية .
٧. الطاقة الحرارية .
٨. الطاقة النووية .
٩. الطاقة الجزيئية .

ومن أهم مميزات الطاقة هو إمكانية تحولها من صورة لأخرى باستخدام أجهزة مناسبة . فالمولد الكهربي الذي يدار بالمياه الجارية يحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربية والمصباح الكهربي يحول الطاقة الكهربية إلى طاقة

حرارية وضوئية والراديو يحول الطاقة الكهربية إلى طاقة صوتية والتلفزيون يحول الطاقة الكهربية إلى طاقة صوتية وضوئية .

(٥-٣-١) مصادر الطاقة وأهميتها :

تعتبر الشمس أصل الطاقة فيتحول جزء من الأشعة الشمسية لطاقة ضوئية وحرارية وهذه الأخيرة تؤدي لتبخر مياه البحار والمحيطات ، فتكون السحب والتي تهطل أمطاراً . وأنت تعلم أيها الطالب أهمية المياه بالنسبة للإنسان والحيوان والنبات . تندفع المياه فتكون السيول والأنهار والشلالات . ولقد استطاع الإنسان أن يولد الطاقة الكهربية من الشلالات لإدارة التوربينات المائية الضخمة.

كذلك يمكن الاستفادة من طاقة الرياح في إدارة الطواحين الهوائية والتي تستخدم في سحب مياه الشرب من الآبار .

وباكتشاف الكهرباء استطاع الإنسان أن يستفيد منها بتحويلها إلى طاقة ضوئية وصوتية أو ميكانيكية أو حرارية أو مغناطيسية أو كيميائية.

ولقد استفاد الإنسان كثيراً باكتشاف الفحم الحجري والبترول فلقد تم له فصل مكونات البترول الطبيعية والكيميائية مثل الكيروسين والاستفادة منه في الإضاءة والجازولين لإدارة السيارات والسفن والطائرات وهكذا .

وتوج الإنسان انتصاراته العلمية بتسخير الذرة والاستفادة منها في أعمال السلم بتسيير الغواصات والسفن والناقلات الضخمة باحتوائها على المفاعلات النووية .

وعليه فالطاقة هي القابلية على إنجاز شغل فإذا كانت قابلية الجسم على إنجاز شغل ناتجة عن وضعه كأن يكون مرتفعاً أو في حالة شد أو كبس مثل زنبرك الساعة سميت بطاقة كامنة ، (Potential) ، أما إذا كانت قابليته على إنجاز شغل متأتية من كونه متحرك وحتى سكن سميت تلك القابلية بالطاقة الحركية (Kinetic Energy) فالماء الجاري في النهر والرياح والأمواج تملك طاقة حركية لأنها أجسام متحركة . وسوف نقصر حديثنا هنا على الطاقة الميكانيكية والتي صنفت إلى نوعين :

(٥-٣-٢) الطاقة الحركية : (K.E.)

وهي الطاقة الناتجة عن حركة جسم ما . ولقد عرفنا الشغل بأنه يساوي حاصل ضرب القوة في الإزاحة . ونود الآن أن نبين أن هذا التعريف يصلح

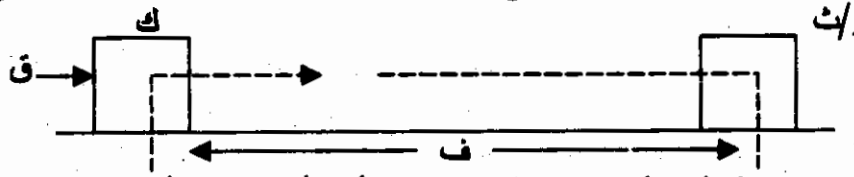
لقياس مقدار الطاقة التي يمتلكها الجسم المتحرك . وبالاعتماد على هذا التعريف فإن مفهوم الطاقة مرتبط بالشغل . فالجسم يكتسب الطاقة عندما نعمل عليه شغلاً، وهو يخسر الطاقة عندما يعمل هو شغلاً . فإذا رفعت جسماً من سطح الأرض إلى سطح البناية مثلاً تكون قد بذلت عليه شغلاً ويكتسب نتيجة لذلك مقداراً من الطاقة . ولكنه يفقد هذه الطاقة إذا سقط إلى الأرض . وبسقوطه يبذل شغلاً كأن يحطم شيئاً موضوعاً على الأرض .

ولتوضيح هذا التبادل بين الشغل والطاقة وبيان مقادير الشغل والطاقة ، نبدأ بجسم موضوع على سطح أفقي أملس نؤثر عليه بقوة (ق) فيكتسب عجلة ويقطع مسافة مقدارها ف (أنظر شكل (٥-٢)

ولنفرض أن كتلة الجسم = ك

بدأ الجسم بالحركة من حالة السكون ،أي أن سرعته الابتدائية ع. = صفر

وأصبحت سرعته بعد أن قطع مسافة ف تحت تأثير القوة تساوي ع١ متر/ث



شكل (٥-٢) جسم يتحرك على سطح أفقي أملس تحت تأثير قوة (ق)

إذاً مقدار الشغل المبذول = القوة × المسافة

(لأن اتجاه القوة هو نفس اتجاه المسافة المقطوعة)

أي أن الشغل = ق × ف

وباستخدام قانون نيوتن الثاني فإن القوة تساوي :

ق = ك جـ (العجلة)

فالشغل إذن = ك × جـ × ف (١)

(مع ملاحظة أن العجلة منتظمة لأن القوة ق ثابتة)

وبالرجوع لقوانين الحركة في خط مستقيم نجد أن :

$ع_١^{٢} = ع_.^{٢} + ٢ جـ ف$

$ع_١^{٢} = ٢ جـ ف$ (لأن ع. = صفر)

نعوض بالعلاقة السابقة فنحصل على :

الشغل = ك × جـ × ف = ك × $\frac{ع_{١}^{٢}}{٢}$

الشغل = $\frac{١}{٢}$ ك $ع_{١}^{٢}$ (٢)

لاحظ أن القوة (ق) لا تظهر في هذه العلاقة ، كما أن المسافة (ف) لا تظهر أيضاً ، لذا يمكن أن تكون ق كبيرة والمسافة (ف) صغيرة ، أو العكس ، حتى تتغير سرعة الجسم من الصفر إلى القيمة ($ع_{١}$) والذي يظهر فقط هو كتلة الجسم وسرعته وتسمى الكمية ($\frac{١}{٢}$ ك $ع_{٢}$) طاقة حركة الجسم . فهي الطاقة التي اكتسبها الجسم عندما ازدادت سرعته من الصفر إلى القيمة $ع_{١}$.

فلو بدأنا بجسم سرعته $ع_{١}$ ثم أثرنا عليه بقوة ق مسافة مقدارها ف حتى ازدادت سرعته إلى قيمة ثانية $ع_{٢}$ فإن العلاقة السابقة تصبح:

$ع_{٢}^{٢} = ع_{١}^{٢} + ٢$ جـ ف

ويصبح الشغل = $\frac{١}{٢}$ ك $ع_{٢}^{٢} - \frac{١}{٢}$ ك $ع_{١}^{٢}$ (٣)

أي أن الشغل المبذول قد أدى إلى زيادة في طاقة حركة الجسم . وبتعبير آخر يمكن القول بأن الزيادة في طاقة الحركة تساوي الشغل المبذول ، حيث أنه لم يبذل شغلاً ضد الاحتكاك لأن السطح أملس .

ولو أثرنا بقوة تعاكس اتجاه الحركة بحيث تؤدي إلى تباطؤ الجسم (انخفاض سرعته) ، فإن طاقة حركة الجسم تصبح مساوية للشغل الذي عملته القوة المعاكسة .

فالشغل المبذول هو مقياس لمقدار الطاقة التي يكتسبها الجسم عندما تؤثر عليه قوة اتجاهها في نفس اتجاه الحركة . وعندما يكون اتجاه القوة معاكساً لاتجاه الحركة ، فإن الطاقة الحركية التي يفقدها الجسم تظهر على شكل شغل في موضع آخر .

مثال :

احسب طاقة الحركة لجسم كتلته ٤ كجم ويتحرك بسرعة مقدارها ٨ متر/ث

الحل :

طاقة الحركة = $\frac{١}{٢}$ ك × $ع^{٢}$

= $\frac{١}{٢}$ × ٤ × $(٨)^{٢}$

= ٢ × ٦٤

= ١٢٨ جول

وبالوحدات المستمترية فإن :

طاقة الحركة = $\frac{1}{2}$ × ٤٠٠٠ × (٨٠٠)^{2}

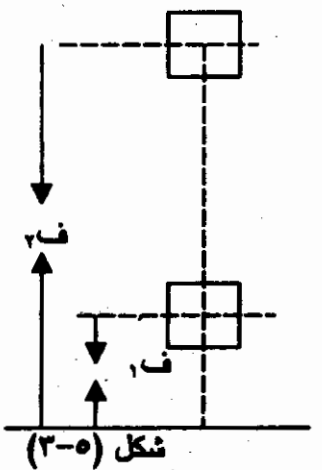
= ٢٠٠٠ × ٦٤٠٠٠٠

= ١٢٨٠٠٠٠٠٠

= ١٢٨ × ١٠ ^{٧} إرج

(٥-٣-٣) طاقة الوضع (P.E) :

هي الطاقة التي يمتلكها الجسم نتيجة وجوده في مجال الجاذبية الأرضية . فلو رفعت جسماً كتلته ك من نقطة ارتفاعها ف١ فوق سطح الأرض مثلاً إلى نقطة أخرى ارتفاعها ف٢ فوق سطح الأرض كما في الشكل (٥-٣) فإنك تكون قد بذلت شغلاً مقداره :



شكل (٥-٣)

رفع جسم من ف١ إلى ف٢ فوق سطح الأرض

الشغل = القوة × الازاحة

والقوة اللازمة لرفع الجسم رأسياً إلى أعلى تساوي وزنه (و) أي أن :

ق = و = ك × د

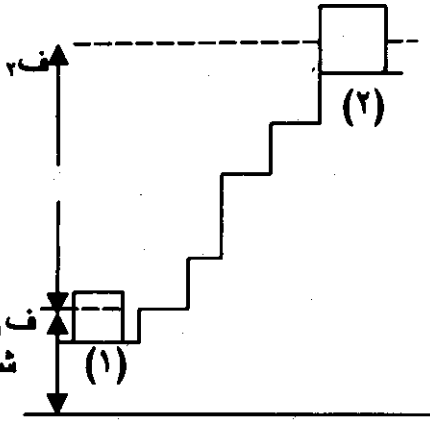
كما أن اتجاه القوة هو نفس اتجاه المسافة المقطوعة . فالشغل إذن :

ش = ك د (ف٢ - ف١)

= ك د ف٢ - ك د ف١

ويسمى المقدار (ك د ف) طاقة الوضع وهو يساوي حاصل ضرب وزن الجسم في ارتفاعه فوق مستوى مرجعي والمستوى المرجعي هو الذي تكون عندها طاقة الوضع تساوي صفراً ، ولا يخضع لاختياره لأي قيد ، فيمكن أن تختار سطح الأرض أو سطح البناية أو أي مستوى آخر لأن يكون مرجعاً حسبما يكون مناسباً في المسألة المعينة . وذلك لأن الفروق في طاقة الوضع هي التي تهم من ناحية عملية . وهذه الفروق لا تتأثر باختيار المستوى المرجعي . ولرفع الجسم من نقطة إلى نقطة أخرى على مسار متعرج شكل (٤-٥) أي بتحريكه أفقياً مسافة صغيرة ثم رأسياً مسافة أخرى صغيرة ثم أفقياً

ثم رأسيا وهكذا إلى أن يبلغ الجسم النقطة (٢) ، فإن ذلك لا يؤثر على مقـــدار الشغل المبذول ، وبالتالي على مقدار طاقة الوضع المكتسبة . حيث أن الشـــغل المبذول في الخطوط الأفقية يساوي صفرا (لأن اتجاه القوة اتجاه رأسي بينمـــا اتجاه الحركة أفقي في الخطوات الأفقية) .



شكل (٥-٤)

وعليه فإن الشغل الكلي يساوي الشغل المبذول في الخطوات الرأسية فقط.

ومجموع الخطوات الرأسية = ف٢ - ف١ أي أن

الشغل = ك جـ (ف٢ - ف١)

ولذا فطبيعة المسار المتبع في نقل الجسم بين نقطتين لا يؤثر على مقـدار الشغل المبذول . وأن الشغل يعتمد فقط على الفرق في الارتفاع بين النقطتيـــن على المستوى المرجعي . كما أن مقدار الشغل هذا يساوي الزيادة فـــي طاقـــة وضع الجسم .

العلاقة التي تربط بين طاقة حركـــة جسم وطاقة وضعه عند أي لحظة أثناء حركته:

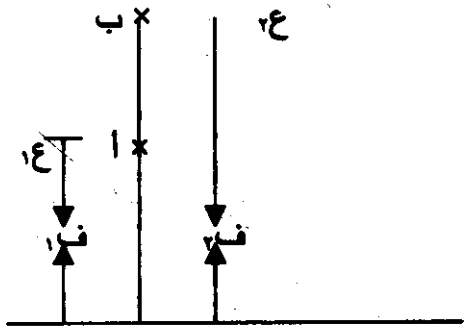
لنفرض أن جسما ما يتحرك سافطا نحو سطح الأرض أو صاعدا منـــها بحيث يمر في مساره على نقطتين على ارتفاع ف١ ، ف٢ من ســـطح الأرض وتكون سرعتاه ع١ ، ع٢ عندهما على التوالي . بما أن عجلة الجاذبية منتظمة فإنه يمكن تطبيق المعادلة الآتية في هذه الحالة :

$\frac{1}{2}$ ك (ع٢^2 - ع١^2) = - ك د (ف٢ - ف١)

$\frac{1}{2}$ ك ع٢^2 - $\frac{1}{2}$ ك ع١^2 = - ك د ف٢ + ك د ف١

$\frac{1}{2}$ ك ع$_1^2$ + ك د ف$_1$ = $\frac{1}{2}$ ك ع$_2^2$ + ك د ف$_2$

∴ (الطاقة الحركية + طاقة الوضع) عند النقطة (أ)
= (الطاقة الحركية + طاقة الوضع) عند النقطة (ب)



شكل (٥-٥)

وبما أن النقطتين أ ، ب عامتان وتمثلان أي نقطتين على مسار الجسم فإننا نصل للقانون التالي :

الطاقة الحركية + طاقة الوضع = كمية ثابتة عند أي نقطة في المسار

فإذا سمينا الكمية (الطاقة الحركية + طاقة الوضع) = الطاقة الكلية
فاننا نكتب هذا القانون في الصورة :

الطاقة الكلية كمية ثابتة

وهو قانون بقاء الطاقة .

فالشغل الذي تبذله قوة ما على الجسم يساوي مجموع التغير في طاقة وضع الجسم والتغير في طاقة حركة الجسم والطاقة الضائعة على شكل حرارة. أي أن هذا الشغل يظهر على هيئة أشكال مختلفة للطاقة ويساوي مقداره مجموع

مقاديرها . وتسمى هذه النتيجة مبدأ حفظ الطاقة ، حيث لا يفقد شئ من الشغل المبذول ، وإنما يظهر على هيئة أنواع مختلفة من الطاقة .

فإذا تحرك جسم إلى أعلى حتى بلغت سرعته صفراً على ارتفاع (ف) فإن طاقة حركته تصبح صفراً وتصبح الطاقة الكلية = ك د ف = طاقة الوضع. وواضح أنها تساوي الشغل المبذول الذي تحول بدوره إلى طاقة وضع . وإذا هبط الجسم من أقصى ارتفاع وصل إليه إلى نقطة البداية فإن المسافة عند هذه النقطة تساوي صفراً أي أن طاقة الوضع تصبح صفراً . وتصبح الطاقة الكلية:

= طاقة الحركة = $\frac{1}{2}$ ك ع^{2}

ومن ذلك نرى أن الشغل يمكن أن يتحول إلى طاقة وضع وهذه يمكنها أن تتحول بدورها إلى طاقة حركة . ومعنى هذا أنه عند سقوط جسم ما تحت تأثير عجلة الجاذبية الأرضية تزيد طاقة حركته وتقل طاقة وضعه إلى أن يصل إلى سطح الأرض فتنعدم طاقة الوضع وتتحول كل الطاقة إلى طاقة حركة.

مثال (١) :

قذف حجر لأعلى بسرعة ٩٦ متر/ث . مستخدماً قانون حفظ الطاقة ، أوجد أعلى ارتفاع يصله الحجر .

الحل :

الطاقة الحركية التي يمتلكها الجسم لحظة انطلاقه تتحول لكمية مساوية من طاقة الوضع .

∴ الطاقة الحركية لحظة انطلاق الحجر = طاقة الوضع عند أعلى نقطة يصلها الجسم $\frac{1}{2}$ ك ع^{2} = ك د ف

∴ $\frac{1}{2}$ ع^{2} = د ف

$\frac{1}{2}$ × ٩٦ ^{2} = ٩,٨ × ف

ف = $\frac{1}{2}$ × ٩٦ × ٩٦ ÷ ٩,٨

∴ أعلى ارتفاع = $\frac{٩٦ \times ٩٦}{٢} \times \frac{١}{٩,٨}$ = ٤٧٠,٢ متر

مثال (٢) :

كتلة مقدارها ١ كجم أعطيت تعجيلاً منتظماً قدره ١٠ سم/ث^{2} لمدة $\frac{1}{4}$ دقيقة . احسب الشغل الذي بذل .

الحل :

القوة المستنفذة = الكتلة × العجلة = ١٠٠٠ × ١٠ = ١٠٠٠٠ داين

المسافة التي تحركتها الكتلة تستنبط من المعادلة :

ف = ع ن + ½ جـ ن^{٢} = ٠ + ½ × ١٠ × ١٥^{٢} = ١١٢٥ سم

والآن ش = ق × ف

= ١٠٠٠٠ × ١١٢٥ = ١١٢٥٠٠٠٠ إرج = ١,١٢٥ جول

مثال (٣) :

حجر كتلته ١٠ كيلوجرام سمح له بالسقوط . جد طاقته الحركية بعد مضي ٤ ثوان من سقوطه .

الحل :

سرعة الحجر بعد مضي ٤ ثوان من سقوطه ع = ن د

= ٤ × ٩,٨ = ٣٩,٢ م/ث

طاقة حركته = ½ ك ع^{٢} = ½ × ١٠ × ٣٩,٢^{٢} = ٧٦٨٣,٢ متر كجم/ث

مثال (٤) :

أوجد الزيادة في طاقة الوضع لرجل تسلق شجرة ارتفاعها ٣ أمتار إذا كانت كتلة الرجل تساوي ٧٠ كجم .

الحل :

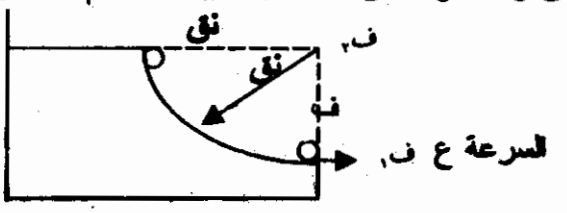
الزيادة في طاقة الوضع = وزن الجسم × فرق الارتفاع

= ك د ف

= ٧٠ × ٩,٨ × ٣ = ٢٠٥٨ جول (د = ٩,٨ متر/ثانية)

مثال (٥) :

ينزلق جسم من حالة السكون على مسار ربع دائري كما نرى في الشكل الآتي نصف قطره نق والمسار أملس . احسب سرعة الجسم عند نهاية المسار .



الحل :

لا توجد قوة خارجة تؤثر على الجسم ، أي لا يوجد شغل خارجي . لأنه لا يوجد احتكاك بين الجسم والمسار الأملس ، أي أن الشغل ضد الاحتكاك يساوي صفراً

التغير في طاقة حركة الجسم = $\frac{1}{2}$ ك ع^2 - صفر

التغير في طاقة وضع الجسم = ك د ف$_2$ - ك د ف$_1$

= صفر - ك د نق

وحسب قانون حفظ الطاقة ينتج :

صفر = ($\frac{1}{2}$ ك ع^2 - صفر) + (صفر - ك د نق) + صفر

أي أن $\frac{1}{2}$ ك ع^2 = ك د نق أو ع^2 = ٢ د نق

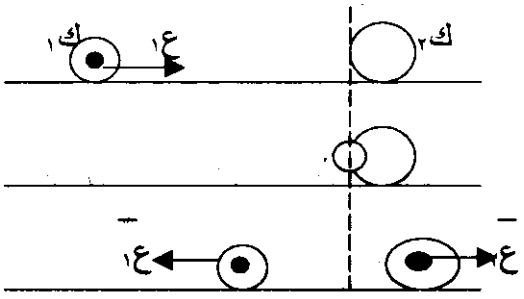
ع = $\sqrt{\text{٢ د نق}}$

(٥-٤) التصادم المرن :

لنأخذ كرتين مرنتين كتلتيهما ك$_1$ ، ك$_2$ حيث (ك$_2$ > ك$_1$) موضوعتين على سطح أفقي {(الشكل (٥-٦)} لنجعل الأولى تتحرك بسرعة ع$_1$ نحو الأخرى التي تكون ساكنة .

ماذا يحدث أثناء التصادم ؟

وكيف تتحرك الكرتان بعده ؟



شكل (٥-٦)

ففي اللحظة التي يبدأ فيها التصادم يبدأ تغير شكل الكرتين ، فتتماسان في أكثر من نقطة . وهنالك لحظة تتوقف فيها الكرة المتحركة عن حركتها ، ثم ترجع بعدها الكرتان إلى شكلهما الطبيعي بسبب مرونتهما . وتتحرك كل منهما

باتجاه جديد . وفي لحظة توقف الحركة تكون الطاقة الحركية قد تحولت إلى طاقة كامنة . وعندما تفترق الكرتان من جديد تتحول هذه الطاقة إلى طاقة حركية .

ولمعرفة حركة الكرتين بعد التصادم نطبق قانون حفظ كمية الحركة الذي يعطي :

$$ك_١ ع_١ = ك_١ \bar{ع}_١ + ك_٢ \bar{ع}_٢ \qquad (١)$$

حيث $ع_١$ و $ع_٢$ = هما سرعتا الجسمين بعد الاصطدام وهذا القانون يصح تطبيقه دائماً في مثل هذه الحالات ولكنه لا يحدد السرعتين بعد الاصطدام تحديداً تاماً . ولكي نحصل على معادلة إضافية نفترض أن التصادم تصادم مرن أي أننا لا نفقد أي جزء من الطاقة الحركية أثناء التصادم . وفي هذه الحالة يصح تطبيق قانون حفظ الطاقة الحركية الذي يعطي :

$$\frac{١}{٢} ك_١ ع_١^{٢} = \frac{١}{٢} ك_١ \bar{ع}_١^{٢} + \frac{١}{٢} ك_٢ \bar{ع}_٢^{٢} \qquad (٢)$$

ومن العلاقة الأولى إذا قسمنا طرفي المعادلة (١) على $ك_٢$

$$\frac{ك_١ ع_١}{٢} = \frac{ك_١ \bar{ع}_١}{ك_٢} + ك_٢ \bar{ع}_٢$$

$$\frac{ك_١ ع_١}{ك_٢} = \frac{ك_١ \bar{ع}_١}{ك_٢} + \bar{ع}_٢$$

$$\bar{ع}_٢ = \frac{ك_١ ع_١}{ك_٢} - \frac{ك_١ ع_١}{ك_٢}$$

$$\bar{ع}_٢ = \frac{ك_١}{ك_٢} (ع_١ - \bar{ع}_١)$$

وبتعويضها في العلاقة الثانية نصل الى :

$$\bar{ع}_١ = \frac{ك_١ - ك_٢}{ك_١ + ك_٢} \times ع_١$$

$$\bar{ع}_{٢} = \frac{٢ك_{١}}{ك_{١} + ك_{٢}} \times ع_{١}$$

فإذا كنا نعرف مقدار السرعة الابتدائية للكتلة ك١ ، تمكنا من معرفة السرعات النهائية لكل من الكتلتين . ومن هذه النتيجة نلاحظ ما يلي :

١. بما أن ك١ < ك٢ فإن ك١ - ك٢ < صفر ، وهذا يدل على أن $\bar{ع}_{١}$ هي في اتجاه معاكس لاتجاه ع١ . أي أن الكرة الصغيرة تعكس اتجاه سيرها أثناء التصادم .

٢. إذا أخذنا كرتين متساويتي الكتلة :

ك١ = ك٢

نجد أن الكرة ك١ تتوقف عن الحركة بعد التصادم ($\bar{ع}_{١}$ = صفر) بينما تتحرك الكتلة ك٢ بسرعة الكرة ك١ الابتدائية (ع٢ = ع١) أي بسرعة ع١ .

٣. إذا كانت الكرة ك٢ كبيرة جداً بالنسبة إلى ك١ ، فإن:

(ك١ + ك٢) ≈ ك٢

(ك١ - ك٢) ≈ - ك٢ ، و $\frac{ك_{١}}{ك_{٢}}$: صفر

وتكون النتيجة :

ع١ = -ع١ ، $\bar{ع}_{٢}$ = صفر

أي أن الكرة ك١ ترجع باتجاه متعاكس مع اتجاهها الابتدائي وبسرعتها الابتدائية ، بينما الكرة الثانية لا تتحرك .

مثال (١) :

كرة كتلتها ٤ كيلوجرام تسير بسرعة ٦م/ث انضمت لكرة أخرى كتلتها ٢ كيلوجراماً تسير بسرعة ٣ م/ث في نفس اتجاه الكرة الأولى فإذا صارت سرعة الكرة الأولى بعد التصادم ٤ م/ث في نفس الاتجاه فاوجد سرعة الكرة الثانية بعد التصادم .

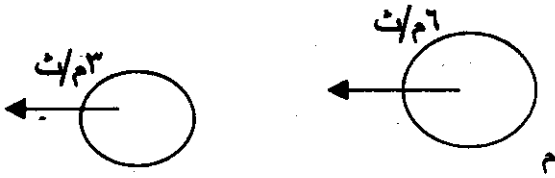
الحل :

∴ مجموع كمية التحرك للجسمين قبل التصادم = مجموع كمية التحرك للجسمين بعد التصادم .

∴ (٤ × ٦) + (٢ × ٣) = ٤ × ٣ + ٢ع٢

$\therefore$ ع$_{٢}$ = $\frac{٣٠}{٢\times١٢}$ = $\frac{٥}{٤}$ = ١,٢٥ متر/ث

أن سرعة الكرة الثانية بعد تصادمها مع الكرة الأولى تساوي ١,٢٥ م/ث في نفس الاتجاه .



مثال (٢) :

اصطدم جسم كتلته ١٥ كجم يسير بسرعة ٤ م/ث بآخر كتلته ٦ كجم ويتحرك بسرعة ١٢ م/ث في الاتجاه المضاد . فإذا ارتد الجسم الأول بعد تصادمه مع الثاني بسرعة ٤ م/ث . أوجد سرعة الجسم الثاني بعد التصادم .

الحل :

مجموع كمية التحرك لأجسمين قبل التصادم

= مجموع كمية التحرك للجسمين بعد التصادم

$\therefore$ (١٥ × ٤) + ٦ × -١٢ = (١٥ × -٤) + ٦ ع$_{٢}$

$\therefore$ ع$_{٢}$ = ٨ م/ث

أي أن الجسم الثاني يتحرك بعد تصادمه مع الجسم الأول في الاتجاه المضاد لحركته قبل التصادم وبسرعة ٨ متر/ث

تمرين عام

١. عربة كتلتها ١٠٠ كجم تسير بسرعة ٦٠ كلم/الساعة . احسب طاقة حركتها . كم مرة تتضاعف طاقة حركتها لو ازدادت سرعتها إلى ١٢٠ كم/ساعة .

٢. مصعد كتلته ٦٠٠ كجم ارتفع للدور الرابع في عمارة . احسب طاقة الوضع لهذا المصعد عند هذا الدور الذي يعلو الطابق الأرضي بمسافة ١٢ متراً (طاقة الوضع عند الدور الأرضي = صفراً) .(د = ١٠متر/ث^{٢})

٣. عربة تسحبها قوة مقدارها (٤٠٠٠) نيوتن بسرعة ٥ م/ث وتحتاج العربة إلى ٥ دقائق حتى تصل إلى المكان المحدد . احسب الشغل المبذول ، ثم احسب الزمن اللازم حتى تصل العربة إلى نفس المكان لو كانت تسير بسرعة ٢,٥ م/ث .

٤. برهن على أن الشغل المنجز على جسم يساوي التغير في طاقته الحركية .

٥. ماكينة حفر ترفع ٤٨ طناً من التراب إلى ارتفاع مترين في مدة دقيقتين . احسب قدرة هذه الماكينة بالكيلوواط . (د = ١٠متر/ثانية).

٦. مضخة بنزين ترفع البنزين من عمق ٦ أمتار وتضخه بمعدل ٢٠ لتراً في الدقيقة . فإذا علمت أن كتلة اللتر الواحد من البنزين ٠,٧ كجم فما قدرة هذه المضخة ؟

٧. إذا كنت تركب دراجة كتلتها ٢٠ كجم وكانت كتلة جسمك ٥٠ كجم وسرعة الدراجة ١٠ كم/ساعة . فما هي الطاقة الحركية لجسمك مع الدراجة ؟

٨. صعد رجل وزنه ٧٠٠ نيوتن على سلم إلى ارتفاع ٥ أمتار . ما الشغل الذي أنجزه ؟

٩. صندوق كتلته ٥٠ كيلوجراماً . أردنا رفعه إلى ارتفاع ١,٥ متراً. ما مقدار الشغل الذي نتجزه إذا علمت أن التعجيل الأرضي يساوي ٩,٨ متر/ث/ث.

١٠. يسحب رجل جسماً كتلته ١٠ كجم على أرض أفقية بقوة مقدارهـــا ٥٠ نيوتن ، واتجاهها يشكل زاويـــة قدرهـــا ٦٠° مـــع الأرض. إذا أهملنـــا الاحتكاك بين الجسم والأرض .

أ / فما هي عجلة الجسم ؟

ب/ احسب الشغل الذي يقوم به الرجل خلال ١٠ ثواني إذا انطلق مـــن السكون .

١١. اصطدمت كرة من الصلب كتلتها ٠,٢ كجم بحائط ، ورجعـــت إلـــى الوراء على خط سيرها السابق بسرعة مقدارها ١٠ م/ث فما هي القـــوة التي تبذلها الكرة على الحائط إذا كان زمن الالتصاق ١٠ $^{-٣}$ ثانية .

١٢. يتحرك جسم كتلته ٥ كجم بخط مستقيم أفقي على أرض ملساء بســـرعة ٢٠ متر/ث . فإذا سقط عليه عمودياً جسم كتلته ١٠ كجم والتصق بـــه . فما هي سرعة الجسمين الملتصقين .

١٣. قذف حجر عمودياً لأعلى إلى أن يصل ارتفاع ٢٥٦ متر مستعيناً بقانون حفظ الطاقة احسب السرعة التي قذف بها الحجر (د = ٩,٨ متر/ث^{٢}).

١٤. اشرح ما المقصود بالطاقة الحركية وطاقة الوضع ثم اذكر تطبيقاً مفيـــداً لكل .

١٥. ولد كتلته ٧٥ كجم تسلق إلى أعلى سلالم تبلغ في ارتفاعها ١٢,٦ مـــتر في ٢٨ ثانية . ما هي القدرة التي بذلها ؟

رقم الإيداع: 2008|741