

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

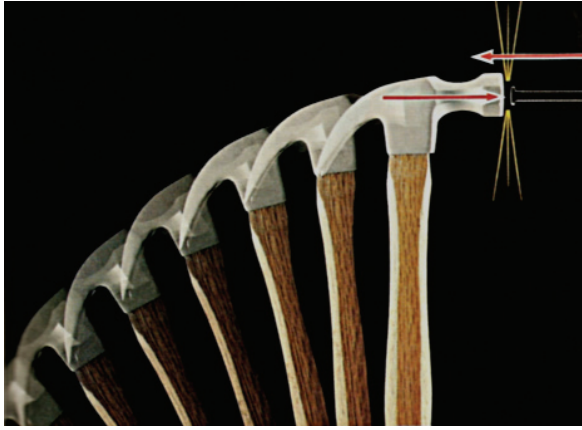
قوانين نيوتن للحركة

الفصل الثاني :

Newton's Law's of Motion



مقدمة :



نتعامل في حياتنا اليومية مع العديد من أنواع القوى المختلفة التي قد تؤثر على الأجسام المتحركة فتغير من سرعتها ، مثل شخص يدفع عربة أو يسحبها ، أو أن تؤثر القوى على الأجسام الساكنة لتبقيها

ساكنة مثل كتاب على طاولة أو صور معلقة على الحائط ، ويمكن أن تؤثر القوى أيضًا على الأجسام الساكنة فتحركها . ويكون تأثير القوة إما مباشرًا وتسمى بقوة التلامس *contact force* مثل سحب زنبرك أو دفع صندوق ، وإما أن يكون تأثير القوة عن بُعد *action-at-a-distance* مثل قوة التنافر أو التجاذب بين قطبي مغناطيس . وقد درس العالم نيوتن تأثير القوة على الأجسام الساكنة والمتحركة وطوّر مبادئ غاليليو ولخصها في ثلاثة قوانين سميت بقوانين نيوتن للحركة، ويعتبر نيوتن أول من أسس علم الديناميكا من خلال قوانينه الثلاثة التي أثبتت صحتها من خلال التجارب العملية . وسوف نقوم في هذا الفصل بدراسة ثلاثة أنواع من القوى وهي قوة الجاذبية والقوة العمودية وقوة الاحتكاك وعلاقتها بقوانين نيوتن الثلاثة ، بالإضافة إلى قانون نيوتن للجاذبية الكونية .

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

الموضوعات الرئيسة

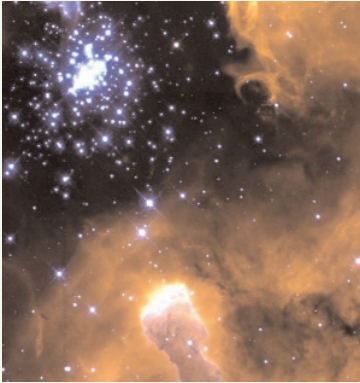
القوى . أنواع القوى .

قانون نيوتن الأول للحركة . أمثلة محلولة على قوانين نيوتن .

قانون نيوتن الثاني للحركة . قانون نيوتن للجاذبية الكونية .

قانون نيوتن الثالث للحركة .

مصطلحات علمية جديدة



الفعل ورد الفعل Action and Reaction

قوة الجاذبية الكونية Universal Gravitation Force

قوانين نيوتن للحركة Newton's Laws of Motion

القصور الذاتي Inertia

القوى العمودية Normal Force

عناوين الاستكشافات

الاستكشاف (١) : مقارنة بين حركة السيارة والعملة المعدنية .

الاستكشاف (٢) : العلاقة بين التسارع والقوة المؤثرة والكتلة .

الاستكشاف (٣) : العوامل المؤثرة على قوة الاحتكاك .

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

٢-١ القوى Forces

عندما نتكلم عن القوة فإننا نقصد القوة المحصلة المؤثرة على الجسم، فعلى سبيل المثال عندما ترمي كرة السلة فإنها تكون تحت تأثير عدة قوى كقوة الجاذبية وقوة الاحتكاك وقوة الدفع التي تؤثر بها أنت على الكرة ، وباعتبار أن القوة كمية متجهة فإن القوة المحصلة عبارة عن الجمع الاتجاهي لهذه القوى . كما أنها كمية مشتقة أي أنها تشتق من كميات أساسية تربط بينها علاقة رياضية، كما سيتضح في هذا الفصل ويرمز إليها بالرمز \vec{F} وتقاس بوحدة النيوتن (N) نسبة إلى العالم إسحق نيوتن (١٦٤٢-١٧٢٧م) . وقد استخدم نيوتن القوة في صياغة قوانينه الثلاثة التي سميت بقوانين نيوتن للحركة .

٢-٢ قانون نيوتن الأول للحركة Newton's First Law of Motion

معلومة تهمك 😊



إسحاق نيوتن

هو عالم إنجليزي ولد عام

١٦٤٢م وهو نفس العام الذي

توفي فيه العالم غاليليو . عندما بلغ من العمر ٢٥ سنة أسس جميع نظرياته حيث كان يصوغها سرًا حتى يتأكد من أنها صحيحة ١٠٠٪ . شرح نيوتن قوانين الحركة الثلاثة ، بالإضافة إلى قانون الجاذبية ، في كتابه " الأصول الرياضية للفلسفة الطبيعية " ، بالإضافة إلى ذلك فهو مكتشف ألوان الطيف وحساب التفاضل والتكامل ، إضافة إلى اختراعه للتلسكوب العاكس .

في عام ١٦٣٠م أدرك العالم غاليليو أن الجسم المنزلق على سطح أملس سيستمر في انزلاقه طالما لم تؤثر عليه قوة خارجية تُغير من حالته ، وقد استنتج أن طبيعة أي جسم هي المحافظة على حالته الحركية ، وتمكن العالم إسحق نيوتن بعد ذلك من تطوير وصياغة مبدأ غاليليو الذي عُرف بقانون نيوتن الأول للحركة .

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

الاستكشاف

مقارنة بين حركة السيارة والعملية المعدنية

سؤال علمي : ما سبب اندفاع الطلاب للأمام عند توقف حافلة المدرسة فجأة؟

المواد والأدوات : سيارة تعمل بالبطارية (لعبة)، كتاب، عملة معدنية، قطعة من الفلين أو من الخشب (دعامة)، صلصال .

الإجراءات :

١ ثبّت الدعامة على السطح العلوي للسيارة باستخدام صلصال.

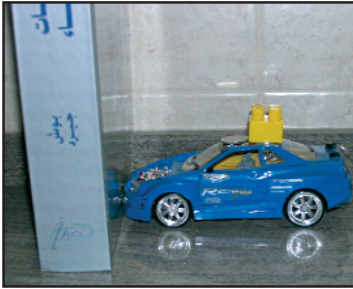
٢ ضع قطعة العملة المعدنية أمام الدعامة.

٣ اجعل السيارة تسير لمسافة بسيطة ولاحظ حركتها.

٤ ضع الكتاب أمام السيارة بحيث

تصطدم بالكتاب ، كما يوضحه

الشكل (١-٢) ودوّن ملاحظاتك .



الشكل (١-٢)

التحليل والتفسير :

١- صف حركة السيارة والعملية المعدنية قبل التصادم .

٢- ماذا لاحظت على العملة المعدنية بعد التصادم ؟ بم تفسر ذلك ؟

نلاحظ من الاستكشاف السابق أن كلاً من السيارة والعملية المعدنية كانتا تسيران

بسرعة ثابتة وفي خطٍّ مستقيمٍ عند انعدام القوة الخارجية ، إلا أنه بعد اصطدام السيارة

بالكتاب نلاحظ أن العملة المعدنية وفي محاولةٍ منها للمحافظة على حالتها الحركية

اندفعت إلى الأمام لكي تستمر في سيرها في خطٍّ مستقيمٍ وبسرعة ثابتة باعتبار أن

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

معلومة تهمك 😊

مفهوم القصور الذاتي مرتبط بشكل مباشر بكتلة الجسم ، فكلما كانت الكتلة أكبر كان القصور الذاتي أكبر لذلك الجسم . على سبيل المثال : سيارة السباق لها قصور ذاتي أقل من القطار وبالتالي فسيارة السباق تحتاج إلى قوة محصلة أقل من القطار لتغيير حالتها من السكون إلى الحركة لكي يصل كلاهما إلى سرعة 100 km/h وكذلك عند التباطؤ ، فالقصور الذاتي للقطار يعني أنه يحتاج إلى قوة محصلة أكبر لتوقيفه من 100 km/h إلى الصفر مقارنة بالسيارة.

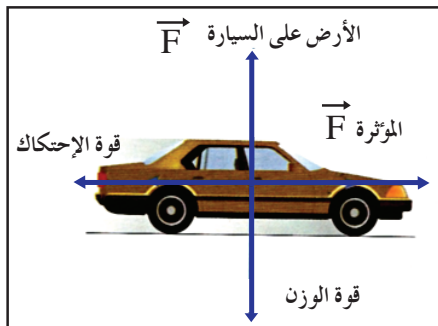
القوة أثرت فقط على السيارة ، وبالتالي لا توجد قوة محصلة تؤثر على العملة المعدنية ، وهذا التفسير حسب قانون نيوتن الأول للحركة الذي ينص على :

يبقى الجسم الساكن ساكناً والجسم المتحرك متحركاً بسرعة ثابتة وفي خطٍّ مستقيم ما لم تؤثر عليه قوة خارجية تغير من حالة سكونه أو حركته.

ويظهر ذلك واضحاً في لعبة كرة القدم ، فالكرة تتحرك في اتجاه معين وبسرعة معينة ، وعندما تؤثر عليها قوة (ضرب اللاعب لها بمشط قدمه) تغير من اتجاه حركتها ومن مقدار سرعتها أيضاً .

ويُسمى قانون نيوتن الأول أيضاً بقانون القصور الذاتي (Law of Inertia) ؛ لأنه مرتبط بخاصية الجسم التي يسعى بها إلى المحافظة على حالته السكونية أو الحركية عند غياب قوة خارجية.

وبصياغة أخرى يمكن القول إنه لو كانت القوة المحصلة المؤثرة على الجسم تساوي صفراً فإنه



الشكل (٢-٢)

يكون في حالة اتزان ، وبالتالي فالجسم في هذه الحالة إما أن يكون ساكناً وإما أنه يتحرك بسرعة ثابتة في خطٍّ مستقيم ، فعلى سبيل المثال ، هناك عدة قوى تؤثر على السيارة في أثناء سيرها كما يوضحه الشكل (٢-٢) ، و لكن بالرغم من ذلك إلا أن السيارة ستسير بسرعة ثابتة وفي خطٍّ مستقيم إذا كانت محصلة تلك القوى مساوية للصفر.

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

ومن التطبيقات الحياتية على قانون نيوتن الأول القارب السريع الذي يتحرك بسرعة ثابتة في الماء ، كما يوضحه الشكل (٢-٣ أ) ، حيث إن قوة مقاومة الماء تتزن مع القوة المبذولة من قبل محرك القارب فتكون القوة المحصلة مساوية للصفر . كذلك الطائرة التي تتحرك في الجو بسرعة ثابتة الشكل (٢-٣ ب) ، حيث تتزن كلتا القوتين: قوة الدفع من قبل محرك الطائرة وقوة الاحتكاك بين الطائرة وجزيئات الهواء ، وهو ما يجعلها في حالة اتزان.



الشكل (ب)



الشكل (أ)

الشكل (٢-٣)

اختبر فهمك

١- في ضوء ما درسته فسّر تأكيد الشرطة ضرورة استخدام حزام الأمان لكل من يركب السيارة.

٢-٣ قانون نيوتن الثاني للحركة Newton's Second Law of Motion

درسنا أن قانون نيوتن الأول يصف حالة الجسم عندما تساوي القوة المحصلة المؤثرة عليه تصفراً ، ولكن ماذا سيحدث للجسم إذا كانت القوة المحصلة المؤثرة عليه لا تساوي صفراً ؟ ما العوامل المؤثرة على حركته في هذه الحالة ؟ للإجابة عن الأسئلة السابقة قم بالاستكشاف التالي :

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

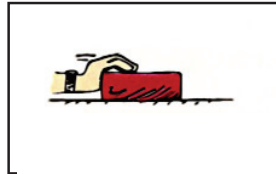
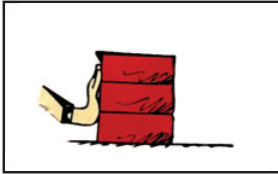
الاستكشاف ٢

العلاقة بين التسارع والقوة المؤثرة والكتلة

سؤال علمي : لماذا تحتاج إلى مساعدة زملائك في دفع سيارة ولا تستطيع دفعها بمفردك؟

المواد والأدوات : كتب (عدد ٤) بكتل متساوية .

الإجراءات :



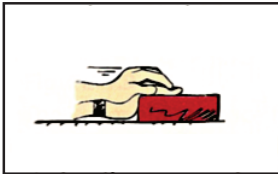
١ ضع ثلاثة كتب فوق

بعضها بعضًا والكتاب

الآخر بمفرده . لديك

الآن جسمان بكتل مختلفة.

الشكل (٢-٤ أ)



٢ ادفع الجسمين بقوة

متساوية على سطح

طاولة، كما في الشكل

(٢-٤ أ).

الشكل (٢-٤ ب)

٣ اختر الآن كتابين و ضع كلاً منهما بمفرده . لديك الآن جسمان بكتل متساوية.

٤ ادفع أحد الجسمين على سطح نفس الطاولة (لماذا نستخدم نفس السطح؟)

واترك زميلين من زملائك يدفعان الجسم الآخر معاً كما في الشكل (٢-٤ ب)

(في هذه الحالة ستكون القوة المبذولة على أحد الجسمين ضعف القوة المبذولة

على الجسم الآخر) .



الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

التحليل والتفسير :

١- أي الجسمين قطع مسافة أكبر في الخطوة (٢) والخطوة (٤)؟

٢- استنتج العوامل التي تؤثر على تسارع الجسم .

نلاحظ في الحالة الأولى وعند ثبات القوة أن الجسم الذي كتلته أكبر قطع مسافة أقل؛

أي أن تسارعه يكون أقل ، وفي الحالة الثانية عند تساوي الكتل ، فكلما كانت القوة

إذا كانت القوة المحصلة المبذولة على

الجسم لا تساوي صفراً فإن الجسم يكتسب

تسارعاً في نفس اتجاه القوة المحصلة ، ويتناسب

التسارع طردياً مع القوة المحصلة وعكسياً مع

كتلة الجسم .

المحصلة المؤثرة على الجسم أكبر قطع مسافة

أكبر ، وبالتالي يكون تسارعه أكبر . وقد

لخص نيوتن العوامل المؤثرة على حركة

الجسم في قانونه الثاني الذي ينص على:

التطبيقات الحياتية

السيارات الحديثة تُسبب تلوثاً أقل للبيئة من السيارات القديمة . وذلك لأن معظم السيارات الحديثة أقل كتلة مقارنة بمثيلاتها من السيارات القديمة لذا فهي تتكون من محرك صغير ؛ فحسب قانون نيوتن الثاني للحركة فإن الأجسام ذات الكتل الأقل تحتاج إلى قوة أصغر لتكتسب نفس تسارع الأجسام ذات الكتل الأكبر، ولأن الحركات الصغيرة تستخدم وقوداً أقل فهي تسبب تلوثاً أقل .

ومن نص القانون السابق يمكننا التوصل إلى الصيغة

الرياضية لقانون نيوتن الثاني كالاتي:

○ يتناسب التسارع طردياً مع

القوة المحصلة المؤثرة على الجسم
 $\vec{a} \propto \vec{F}$

○ يتناسب التسارع عكسياً مع الكتلة
 $\vec{a} \propto \frac{1}{m}$

○ بدمج المعادلتين السابقتين
 $\vec{a} \propto \frac{\vec{F}}{m}$

○ بتحويل العلاقة في الخطوة السابقة إلى معادلة
 $\vec{a} = k \frac{\vec{F}}{m}$

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

حيث k ثابت التناسب ، وعند استخدام الوحدات الدولية للقوة وهي النيوتن (N) وللكتلة وهي (kg) فإن $k = 1$ ، وبالتالي فإن الصيغة الرياضية لقانون نيوتن الثاني تصبح :

$$\vec{F} = m \vec{a} \quad (١-٢)$$

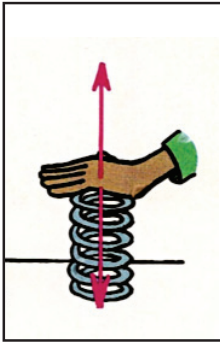
ويمكننا تعريف النيوتن (N) بأنه مقدار القوة المحصلة اللازمة لإكساب جسم كتلته 1kg تسارعاً مقداره 1 m/s^2

اختبر فهمك

١- كيف تربط بين قانون نيوتن الأول وقانون نيوتن الثاني للحركة ؟

للتحقق من قانون نيوتن الثاني قم بإجراء الدرسين العمليين (٢) و (٣) في الكراس العملي.

٢-٤ قانون نيوتن الثالث Newton's Third Law



الشكل (٢-٥)

قم بضغط زنبرك موضوع على سطح طاولة، كما هو موضح في الشكل (٢-٥) ، ماذا تلاحظ؟ هل هناك قوة تؤثر على يدك في نفس الوقت الذي تضغط فيه على الزنبرك؟ ما اتجاه تلك القوة؟

ستلاحظ أنه عندما تضغط على الزنبرك إلى أسفل أن هناك قوة تؤثر

على يدك إلى الأعلى ، وكلما أثرت على الزنبرك بقوة أكبر زادت القوة المؤثرة على يدك لكن في اتجاه معاكس ، أي أن القوى دائماً تكون متبادلة ، كذلك لو قمت بدفع الحائط بيديك فإن الحائط يدفعك أيضاً بقوة متساوية لكن في اتجاه معاكس ، ولولا هذه القوة لاخترت الحائط. وهذا ما يفسره قانون نيوتن الثالث.

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

لكل فعل رد فعل

مساوٍ له في المقدار

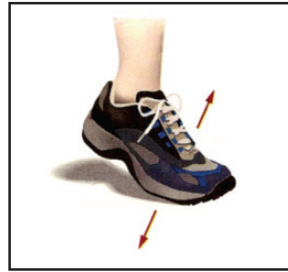
ومعاكسٍ له في الاتجاه

فإذا أثر جسم (أ) على جسم آخر (ب) بقوة فإن الجسم الآخر (ب) سيؤثر على الجسم الأول (أ) بقوة مساوية لكن في الاتجاه المعاكس. وبصيغة أخرى ينص قانون نيوتن الثالث على أن:

ويُعرف هذا القانون بمبدأ الفعل ورد الفعل. ولا بد من الانتباه هنا أن القوتين : الفعل ورد الفعل *action and reaction* تؤثران على جسمين مختلفين ، فقوة الفعل تؤثر على جسم بينما تؤثر قوة رد الفعل على جسم آخر ، وبالتالي لا يمكن القول بأن محصلتهما تساوي صفراً. ونطبق قانون نيوتن الثالث على كثير من ممارساتنا اليومية ، فعلى سبيل المثال عندما تمشي فإن قدمك تؤثر بقوة للأسفل وإلى الخلف على الأرض (قوة الفعل) ، وفي نفس الوقت فإن الأرض تؤثر بقوة إلى الأعلى وإلى الأمام على قدمك (رد الفعل) ، كما هو موضح في الشكل (٢-٦ أ). ومن الأمثلة الأخرى حركة السباح فهو يستخدم ذراعيه لدفع الماء إلى الخلف (قوة فعل) وفي نفس الوقت يدفع الماء السباح بقوة متساوية وفي اتجاه معاكس (رد الفعل)؛ وهو ما ينتج عنه حركة السباح للأمام كما هو موضح في الشكل (٢-٦ ب).



(ب)



(أ)

الشكل (٢-٦)



الشكل (٢-٧)

اختبر فهمك ٣

١- اشرح مبدأ الفعل ورد الفعل عند استخدامك للمطرقة لتثبيت المسامير في قطعة خشبية أو في جدار منزل (الشكل ٢-٧).

لمزيد من المعلومات عن قوانين نيوتن قم بزيارة الموقع التالي على الشبكة العالمية للاتصالات الدولية : www.physicsclassroom.com

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

٢-٥ أنواع القوى Types Of Forces

يمكن تصنيف القوى الميكانيكية حسب طبيعتها إلى قوى المجال مثل قوة الجاذبية وقوى التلامس ، وفيما يلي تفصيل لهذه القوى.

■ قوة الجاذبية Force of Gravity

لماذا تتساقط أوراق الشجر؟ ولماذا تسقط الكرة إلى أسفل عندما تحررها من ارتفاع معين؟
السبب هو قوة الجاذبية الأرضية حيث إنها القوة التي تؤثر بها الأرض على أي جسم يقع في مجال الجاذبية الأرضية باتجاه مركز الأرض وتساوي وزن الجسم . ولقد درست في الصف العاشر أن الكتلة $mass$ والوزن $weight$ يختلفان عن بعضهما بعضاً وتربطهما العلاقة التالية:

$$\text{الوزن (w) = كتلة الجسم (m) } \times \text{ تسارع الجاذبية (g)}$$
$$\vec{w} = mg$$

😊 معلومة تهمك

إذا كانت كتلتك 60 kg فأنت تزن على سطح كوكب المريخ 198 N حيث إن تسارع الجاذبية هناك أقل من تسارع الجاذبية الأرضية بثلاث مرات . بينما يكون وزنك بالقرب من سطح كوكب المشتري 3240 N لماذا؟
- اكتشف وزنك على أي كوكب من كواكب المجموعة الشمسية من خلال الموقع الإلكتروني :

www.exploratorium.edu/ronh/weight/index.html

حيث تسارع الجاذبية (g) هو التسارع الذي يتحرك به أي جسم عند سقوطه إلى أسفل تحت تأثير وزنه (قوة الجاذبية) وتساوي تقريباً 9.8 m/s^2 على سطح الأرض ، وهي تختلف باختلاف بُعدنا عن سطح الأرض ، لذا فإن وزنك سيختلف حتماً على سطح القمر حيث $g = \frac{9.8}{6}$ إلا أن كتلتك ستبقى ثابتة . ونلاحظ من العلاقة السابقة أن وزن الجسم يتناسب طردياً مع كتلته عند ثبات تسارع الجاذبية . وتعتبر الكتلة كمية أساسية وتقاس بوحدة (kg) في النظام الدولي للوحدات ، أما الوزن فهو كمية مشتقة ، وبما أنها تمثل نوعاً من أنواع القوة فهي تُقاس بوحدة

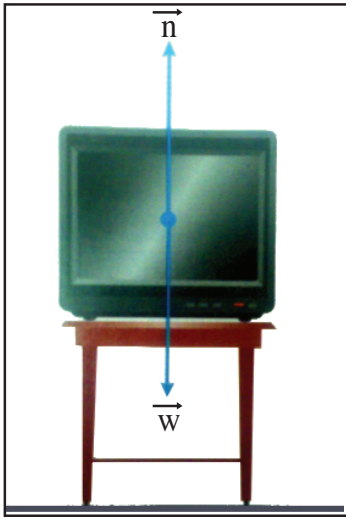
الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

النيوتن (N) كما أن الوزن كمية متجهة واتجاهها إلى الأسفل وذلك لأن تسارع الجاذبية (g) اتجاهه إلى الأسفل .

■ القوة العمودية Normal Force

تعتبر القوة العمودية نوع من أنواع قوى التلامس التي تكون دائماً عمودية على سطح



الشكل (٨-٢)

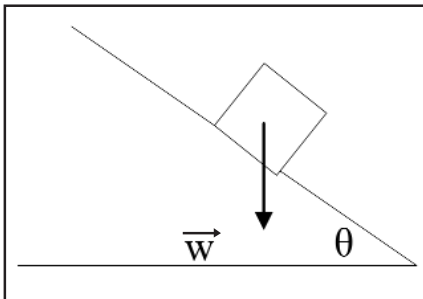
التلامس ، ويمكن تفسير ذلك كالآتي :

لو فكرنا في القوى التي تؤثر على جهاز التلفاز وهو موضوع على سطح طاولة لوجدنا أن الجهاز يتأثر بقوة الجاذبية إلى أسفل، كيف يكون بإمكاننا تطبيق قوانين نيوتن للحركة في تفسير عدم سقوط جهاز التلفاز باتجاه مركز الأرض؟

بما أن الجهاز ساكن ، أي في حالة اتزان ، إذاً حسب قانون نيوتن الأول لا بد من وجود قوة أخرى تؤثر عليه بحيث تتساوى مع قوة الجاذبية في المقدار وتعاكسها في الاتجاه لكي تحقق حالة الاتزان، وتسمى هذه القوى بالقوة العمودية، فهي

عمودية على سطح التلامس إلى أعلى ، وفي هذه الحالة تكون معاكسة لاتجاه قوة الجاذبية كما هو موضح في الشكل (٨-٢).

لكن هل تكون القوة العمودية دائماً في اتجاه معاكس لاتجاه قوة الجاذبية؟



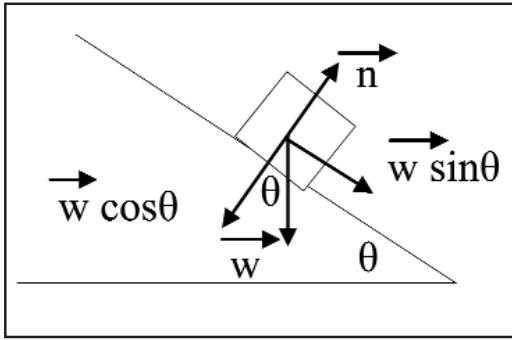
الشكل (٩-٢)

الجواب هو لا، إذا كان السطح مائلاً كما هو موضح في الشكل (٩-٢) ، لا بد من رسم المستوى الإحداثي على السطح المائل بحيث يُرسم المحور السيني موازياً للمستوى المائل ويُرسم المحور الصادي عمودياً عليه كما هو موضح في الشكل (١٠-٢). نلاحظ أن قوة

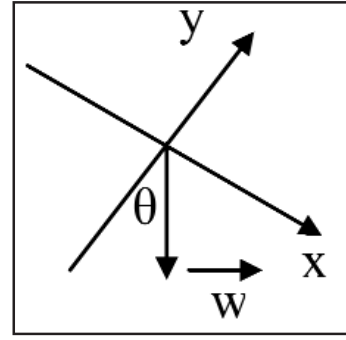
الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

الوزن تصنع زاوية (θ) مع محور الصادات ، وتحليل متجه قوة الوزن إلى مركبة سينية وصادية ورسم مخطط القوى على الجسم ، نستنتج أن القوة العمودية تساوي في المقدار المركبة العمودية لقوة الوزن وتعاكسها في الاتجاه $\vec{n} = \vec{w} \cos \theta$ كما هو موضح في الشكل (١١-٢)



الشكل (١١-٢)

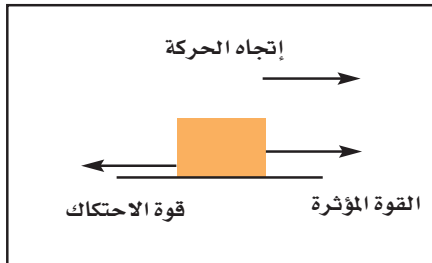


الشكل (١٠-٢)

■ قوة الاحتكاك Force of Friction

لقد درست في الصف الخامس الأساسي أن قوة الاحتكاك تعوق من حركة الجسم ، ولعلك لاحظت التغير الذي يحدث في حركة الكرة عندما ترمي بها على سطح الأرض ؛ إن سرعتها تقل تدريجياً حتى تقف بسبب مقاومة قوة الاحتكاك لحركتها ، ولكن بالرغم من إعاقة قوة الاحتكاك لحركة الجسم إلا أنها ضرورية جداً في حياتنا.

فلو تخيلت أنك تعيش في عالم عديم الاحتكاك ! سينزل الطعام من المعلقة التي تأكل بها ،



الشكل (١٢-٢)

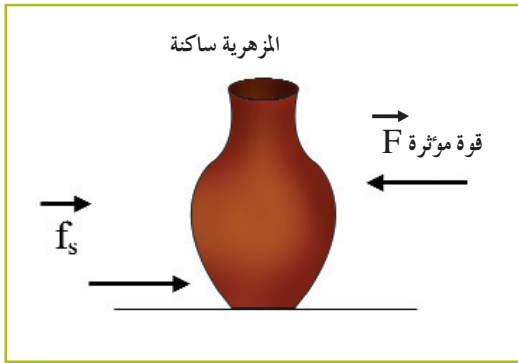
وسيكون المشي على سطح الأرض مستحيلاً ، بالإضافة إلى أن السيارات ستنزل على الشارع . إذاً لا بد لجميع الأجسام أن تخضع لقوة الاحتكاك وهي تعتبر أحد الأمثلة على القوى التلامس ، فهي تؤثر في عكس اتجاه حركة الجسم وتكون مماسية للسطح ، كما هو موضح في الشكل (١٢-٢) .

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

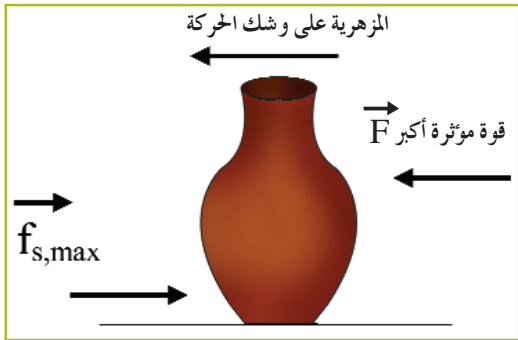
وكما أن قوة الاحتكاك موجودة في المواد الصلبة فهي موجودة أيضاً في السوائل والغازات، وسنركز هنا على قوة الاحتكاك في المواد الصلبة .

■ قوة الاحتكاك السكوني (f_s) Static Friction Force



الشكل (١٣-٢)

عندما تقوم بدفع مزهرية فخارية كبيرة فإنك لن تستطيع في البداية أن تحركها من مكانها، فقوة الاحتكاك السكوني (f_s) تمنع من حركة المزهرية وتؤثر في اتجاه معاكس لاتجاه القوة المؤثرة كما هو موضح في الشكل (١٣-٢) ، وكلما زادت القوة المؤثرة زادت قوة الاحتكاك السكوني إلى أن تصبح المزهرية على وشك الحركة التي تصل عندها قوة الاحتكاك السكوني إلى لقيمتها العظمى ($f_{s,max}$) كما هو موضح في الشكل (١٤-٢) . (١٤)



الشكل (١٤-٢)

وما دامت المزهرية ساكنة فإن قوة الاحتكاك السكوني تساوي في المقدار القوة المؤثرة لكن تعاكسها في الاتجاه.

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

■ قوة الاحتكاك الحركي (\vec{f}_k) Kinetic Friction Force

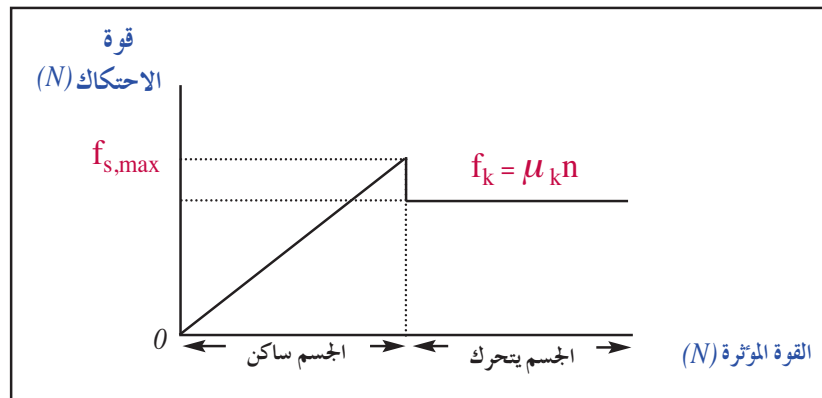
الربط بعلوم الأرض .



تؤدي التصدعات التي هي عبارة عن مجموعة من التشققات في القشرة الأرضية إلى حدوث الزلزال . في البداية تكون قوة الاحتكاك السكوني في باطن الأرض بين أسطح الصخور كبيرة ؛ الأمر الذي يؤدي بالصخور إلى أن تتمدد و تأخذ شكلاً لولياً. في نهاية الأمر تزداد هذه القوة بين الصخور؛ وهو ما يؤدي إلى انزلاقها فوق بعضها بعضاً ويصاحب ذلك انطلاق طاقة هائلة .

عندما تبذل قوة أكبر من ($\vec{f}_{s,max}$) ستبدأ المزهرية بالحركة ، وبمجرد أن تبدأ بالحركة ستؤثر عليها قوة أصغر تسمى بقوة الاحتكاك الحركي (\vec{f}_k) وتؤثر في اتجاه معاكس لاتجاه حركة المزهرية ، وتبقى هذه القوة ثابتة في المقدار مهما زادت القوة المؤثرة . ويوضح الشكل (٢-١٥) العلاقة بين قوة الاحتكاك والقوة المؤثرة ، حيث كلما زادت القوة المؤثرة زادت قوة الاحتكاك السكوني ولكن الجسم يظل ساكناً، حتى تصل قوة الاحتكاك السكوني

إلى قيمتها العظمى ($\vec{f}_{s,max}$) يكون عندها الجسم على وشك الحركة، و عندما يبدأ الجسم بالحركة تظهر قوة الاحتكاك الحركي وهي أقل في المقدار من ($\vec{f}_{s,max}$)، وتبقى قوة الاحتكاك الحركي ثابتة في المقدار مهما زادت القوة المؤثرة بعد ذلك.



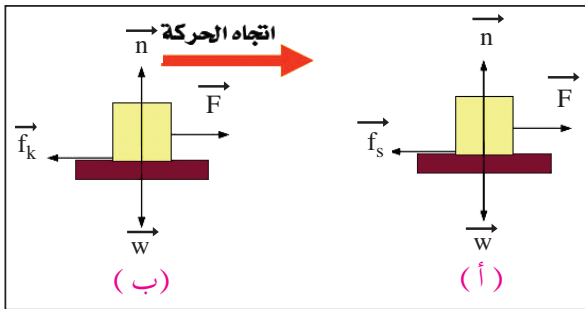
الشكل (٢-١٥)



الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

وتتناسب قوة الاحتكاك طرديًا مع القوة العمودية التي يؤثر بها السطح على الجسم . قد تتساءل ما علاقة قوة الاحتكاك بالقوة العمودية ؟ لعلك لاحظت من خلال حياتك اليومية أن الصندوق الثقيل يحتاج إلى قوة كبيرة لدفعه حيث أن الوزن الكبير يتطلب إلى قوة عمودية كبيرة (حسب قانون نيوتن الثالث) وبالتالي فإن قوة الاحتكاك تكون كبيرة.



الشكل (٢-١٦)

ويمكن تلخيص ما سبق كالآتي:

- ١- يكون اتجاه قوة الاحتكاك السكوني بين سطحين معاكسًا لاتجاه القوة المبذولة على الجسم ، كما هو موضح في الشكل (٢-١٦ أ) .
- ٢- عندما يكون الجسم على وشك

الحركة تكون قوة الاحتكاك السكوني أكبر ما يمكن، وتُحسب من المعادلة :

$$(\vec{f}_s) = f_{s,max} = \mu_s \vec{n} \quad (٢-٢)$$

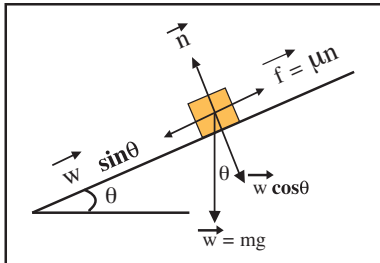
حيث :

μ_s يمثل معامل الاحتكاك السكوني .

n تمثل القوة العمودية المؤثرة من السطح على الجسم.

- ٣- يكون اتجاه قوة الاحتكاك الحركي معاكسًا لاتجاه حركة الجسم وهي تساوي :

$$(\vec{f}_k) = \mu_k \vec{n} \quad (٣-٢)$$



الشكل (٢-١٧)

- ٤- تعتمد قيمة معامل الاحتكاك السكوني والحركي على طبيعة مادة السطحين المتلامسين.

تنطبق العلاقة السابقة بين قوة الاحتكاك والقوة العمودية ومعامل الاحتكاك على الجسم عندما يكون على سطحٍ

أفقي ، ولكن إذا كان المستوى يميل بزاوية (θ) ، كما في الشكل (٢-١٧) ، فإن القوة العمودية

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

التي يؤثر بها السطح على الجسم تساوي المركبة العمودية لوزن الجسم ، وبالتالي فإن علاقته التناسب تكونان كالتالي :

$$\vec{f}_s = \mu_s \vec{w} \cos \theta \quad (٢-٤)$$

$$\vec{f}_k = \mu_k \vec{w} \cos \theta \quad (٢-٥)$$

اختبر فهمك

١- عند دفعك لصندوق ثقيل على سطح معين فإنك تحتاج إلى قوة كبيرة لتحريكه ، ولكن بمجرد أن يتحرك فإنك تحتاج إلى قوة أقل لتجعله يستمر في الحركة. علل .

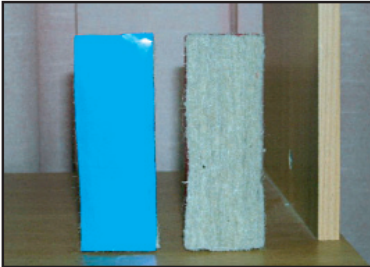
الاستكشاف

العوامل المؤثرة على قوة الاحتكاك

سؤال علمي : ما العوامل التي تعتمد عليها قوة الاحتكاك ؟

المواد والأدوات : مساحات للسلبورة (عدد ٣) (أ ، ب ، ج) بحيث يكون (أ و ب) لهما نفس الكتلة و (ج) مختلف الكتلة ، ورق قص ولصق ، مسطرة .

الإجراءات :



الشكل (٢-١٨)

١ قص ورق " القص واللصق " حسب مساحة المساحة (أ) .

٢ ألصق الورقة المقصودة على الجزء الذي يستخدم في المسح للممسحة (أ) فقط ، كما هو موضح في الشكل (٢-١٨) .

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics



الشكل (٢-١٩)

٣ ضع المسحة (أ) بجانب المسحة (ب) على سطح الطاولة من جهة المسح (قاعدة المسحة إلى أعلى) ، بحيث يكون أحد أطراف المسحتين خارج حافة الطاولة بمسافة 2 cm ، كما هو موضح في الشكل (٢-١٩).

٤ قم بدفع المسحتين معاً على سطح الطاولة باستخدام المسطرة ، وسجل المسافة التي تحركتها كل ممسحة .

٥ أعد الخطوات السابقة ولكن باستخدام المسحة (أ) و المسحة (ج) ، مع استخدام ورق قص ولصق على المسحة (ج) أيضاً .

التحليل والتفسير :

- ١- أي من المسحتين (أ) أو (ب) قطعت مسافة أكبر؟ فسّر إجابتك.
- ٢- أي من المسحتين (أ) أو (ج) قطعت مسافة أكبر؟
- ٣- ماذا تستنتج من خلال إجابتك عن السؤالين السابقين عن العوامل التي تعتمد عليها قوة الاحتكاك؟
- ٤- كيف تجعل المسحة تقطع مسافة أكبر؟

معلومة تهمك 😊

يحتاج بعض الآلات لقوة احتكاك لكي تعمل ، مثل قوة الاحتكاك بين عود الثقاب وعلبة الثقاب لتوليد حرارة ، كذلك مكابح المركبات تعمل باستخدام قوة الاحتكاك لإبطاء سرعة المركبة.

يتضح لنا فيما سبق أن قوة الاحتكاك تعتمد على كل من:

- ١- طبيعة مادة السطحين المتلامسين.
- ٢- كتلة الجسم الذي يتحرك على السطح.

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

٢-٦ أمثلة محلولة على قوانين نيوتن

مثال (١) :

رجل يسحب عربة كتلتها 2030 kg بقوة محصلة أفقية مقدارها 700 N خلال فترة زمنية مقدارها 5.0 s فإذا بدأت العربة حركتها من السكون احسب المسافة التي ستتحركها العربة في الفترة الزمنية السابقة.

الحل :

من قانون نيوتن الثاني :

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} = \frac{700}{2030} = 0.345 \text{ m/s}^2$$

من معادلات الحركة الخطية :

$$d = v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

بما أن العربة بدأت حركتها من السكون فإن $v_0 = 0$

$$d = \frac{1}{2} \times 0.345 \times (5.0)^2$$

$$d = 4.3 \text{ m}$$

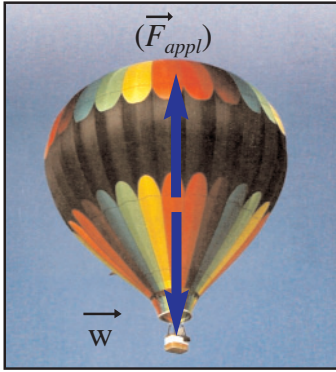
الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

مثال (٢) :

منطاد كتلته مع الركاب تساوي $9.0 \times 10^2 \text{ kg}$ تم التحكم بكثافة الهواء داخل المنطاد عن طريق ضبط حرارة الموقد بحيث يندفع المنطاد إلى أعلى بقوة مقدارها $9.9 \times 10^3 \text{ N}$. احسب تسارع المنطاد.

الحل :



الشكل (٢٠-٢)

يوضح الشكل (٢٠-٢) اتجاه القوتين قوة الوزن (\vec{w}) وتوجهه إلى أسفل والقوة الأخرى المؤثرة على المنطاد (\vec{F}_{app}) توجهه إلى أعلى .

من قانون نيوتن الثاني :

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

ونظرًا لأن القوتين متعاكستان في الاتجاه وباعتبار أن اتجاه الحركة إلى أعلى هو الاتجاه الموجب :

$$\begin{aligned} \therefore \vec{a} &= \frac{F_{app} - w}{m} \\ &= \frac{9.9 \times 10^3 - 8.8 \times 10^3}{9.0 \times 10^2} \end{aligned}$$

$$a = 1.2 \text{ m / s}^2$$

ويكون اتجاه التسارع إلى أعلى في نفس اتجاه القوة المحصلة. (ملاحظة : بإمكانك اختيار اتجاه الحركة إلى أسفل وهو الاتجاه الموجب مع مراعاة الإشارات) .

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

مثال (٣)

سحب جسم كتلته 2 kg على سطح طاولة بقوة مقدارها 5 N بسرعة ثابتة. إذا زادت القوة إلى 9 N ، احسب:

(أ) القوة المحصلة المؤثرة على الجسم

(ب) تسارع الجسم

الحل :

عندما يتحرك الجسم بسرعة ثابتة فهو في حالة اتزان وبالتالي تكون قوة الاحتكاك مساوية للقوة المبذولة 5 N وتعاكسها في الاتجاه.

(أ) عندما تزداد القوة إلى 9 N فإن القوة المحصلة تساوي :

$$9 - 5 = 4 \text{ N}$$

(ب) من قانون نيوتن الثاني للحركة :

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$$

$$a = \frac{4}{2} = 2 \text{ m/s}^2$$

مثال (٤)

يقف شخص كتلته 75 kg على ميزان أشخاص موضوع على أرضية مصعد . تحرك المصعد من السكون إلى أعلى بتسارع مقداره 2.0 m/s^2 لمدة 2.0 s ، ثم تحرك بسرعة ثابتة.

(أ) احسب مقدار القوة التي تؤثر بها أرضية المصعد على الشخص في أثناء تسارع المصعد.

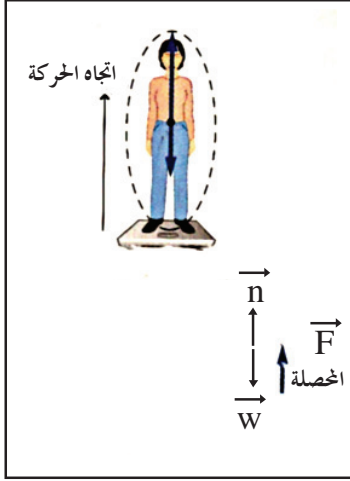
(ب) كم ستكون قراءة الميزان في أثناء تسارع المصعد؟

(ج) في أي حالة لحركة المصعد سيقرأ الميزان الوزن الحقيقي للشخص؟

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

الحل :



الشكل (٢-٢١)

يوضح الشكل (٢-٢١) القوى المؤثرة على الشخص وعلى أرضية المصعد.

يؤثر الشخص على أرضية المصعد بقوة وزنه (\vec{w}) إلى أسفل وفي نفس الوقت تؤثر أرضية المصعد على الشخص بقوة عمودية إلى أعلى (\vec{n}) ، وبما أن المصعد يتحرك إلى أعلى فسنعبر الاتجاه إلى أعلى هو الاتجاه الموجب للحركة والاتجاه إلى أسفل هو الاتجاه السالب. (بإمكانك اختيار العكس مع مراعاة الإشارات).

$$\therefore \vec{F} = \vec{n} - \vec{w}$$

ويكون اتجاهها في نفس اتجاه تسارع المصعد أي إلى أعلى

$$\begin{aligned} \vec{n} &= \vec{F} + \vec{w} \\ &= ma + mg \\ &= m(a + g) \\ &= 75 (2.0 + 9.8) \\ &= 885 \text{ N} \end{aligned}$$

ويمثل 885 N الوزن الظاهري وليس الوزن الحقيقي.

ب) الميزان هنا يقرأ الوزن الظاهري للجسم مقسوماً على تسارع الجاذبية الأرضية.

$$\text{قراءة الميزان} = \frac{885}{9.8} = 90.3 \text{ kg}$$

ج) عندما يتحرك المصعد بسرعة ثابتة فإن التسارع = صفر وسيقرأ الميزان في هذه الحالة

$$\text{الوزن الحقيقي للشخص } (\vec{n} = \vec{w})$$

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

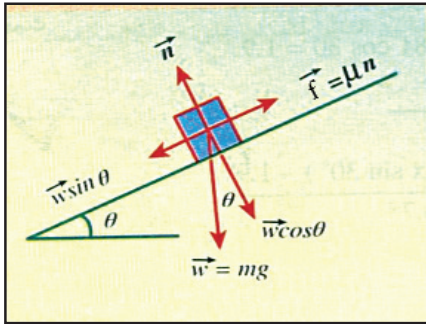
اختبر فهمك

١- إذا كنت تقف على ميزان أشخاص موضوع على أرضية مصعد ، فمتى يمكن أن يشير مؤشر الميزان إلى الصفر في أثناء حركة المصعد ؟

مثال (٥) :

مكعب من الخشب كتلته 0.75 kg موضوع فوق مستوى خشن يميل عن الأفق بزاوية (15°) لوحظ أنه ينزلق على المستوى المائل بسرعة منتظمة عند دفعه دفعةً خفيفةً.
 (أ) ارسم مخطط القوى للمكعب المنزلق على المستوى المائل.
 (ب) إذا كان المستوى المائل أملسًا، فأثبت أن التسارع يعتمد فقط على زاوية ميل المستوى.

الحل :



الشكل (٢٢-٢)

(أ) يوضح الشكل (٢٢-٢) مخطط القوى

المؤثرة على المكعب وهي :

• \vec{w} : وزن المكعب إلى أسفل ونحلله إلى مركبتين:

• $\vec{w} \cos \theta$: القوة العمودية التي يؤثر

بها المكعب على المستوى المائل .

• $\vec{w} \sin \theta$: القوة الموازية للمستوى المائل والتي تسبب حركة المكعب إلى أسفل المستوى المائل.

• \vec{n} : قوة رد فعل لمركبة الوزن $\vec{w} \cos \theta$ وتوجه إلى أعلى.

• \vec{f}_k : قوة الاحتكاك وتكون في اتجاه موازٍ للسطح المائل وفي عكس اتجاه حركة المكعب.

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

(د) عندما يكون المستوى أملسًا فإن قوة الاحتكاك تساوي صفرًا وبالتالي :

$$a = \frac{w \sin \theta}{m} = \frac{mg \sin \theta}{m}$$

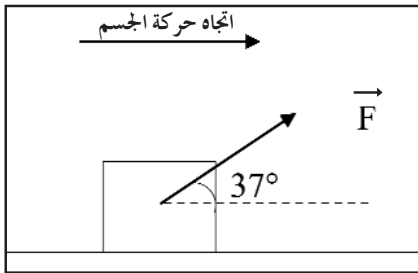
$$\therefore a = g \sin \theta$$

وبما أن (g) مقدار ثابت فإن التسارع في هذه الحالة يعتمد فقط على زاوية الميل ولا يعتمد على كتلة المكعب.

مثال (٦) :

صندوق موضوع على سطح أفقي خشب كتلته 100 kg كما هو موضح في الشكل (٢-٢٣)، أثرت عليه قوة مقدارها 200 N باتجاه يميل عن الأفق بزاوية مقدارها 37° فجعلته على وشك الحركة.

احسب :



الشكل (٢-٢٣)

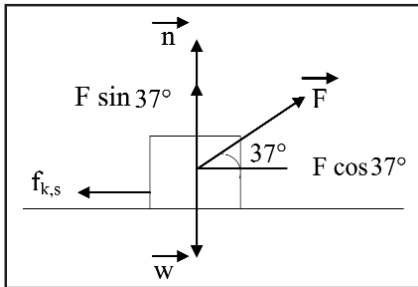
(أ) معامل الاحتكاك السكوني.

(ب) مقدار القوة اللازمة لتحريك الصندوق

بتسارع مقداره 3 m/s² في نفس الاتجاه إذا

كان معامل الاحتكاك الحركي 0.13.

الحل :



الشكل (٢-٢٤)

أولاً : لا بد من رسم مخطط القوى المؤثرة على الصندوق

وتحليل متجه القوة \vec{F} كما هو موضح في الشكل

(٢-٢٤) .

(أ) عندما يكون الصندوق على وشك الحركة فإن القيمة

العظمى لقوة الاحتكاك السكوني تكون مساوية

للمركبة الأفقية للقوة المؤثرة، أي أن

$$f_{s,max} = F \cos 37^\circ = 200 \cos 37^\circ = 160 \text{ N}$$

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics



بتطبيق قانون نيوتن الثاني على محور الصادات وباختيار أن الاتجاه إلى أعلى هو الاتجاه الموجب (بإمكانك اختيار الاتجاه إلى أسفل وهو الاتجاه الموجب) .

$$n + F \sin 37^\circ - w = 0$$

$$\therefore n = w - F \sin 37^\circ = 100 \times 9.8 - 200 \sin 37^\circ = 860 \text{ N}$$

$$f_{s,\max} = \mu_s n$$

من العلاقة

$$\therefore \mu_s = \frac{f_{s,\max}}{n} = \frac{160}{860} = 0.186$$

(ب) لتحريك الصندوق لا بد من بذل قوة خارجية (F_{appl}) في نفس الاتجاه الذي كان فيه الصندوق على وشك الحركة، وبتطبيق قانون نيوتن الثاني على محور السينات وباختيار الحركة إلى اليمين وهو الاتجاه الموجب (بإمكانك اختيار الحركة إلى اليسار وهو الاتجاه الموجب) .

$$F_{\text{appl}} + F \cos 37^\circ - f_k = ma$$

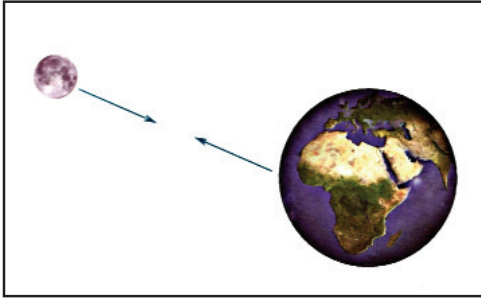
$$\begin{aligned} \therefore F_{\text{appl}} &= ma + f_k - F \cos 37^\circ \\ &= 100 \times 3 + \mu_k n - 200 \cos 37^\circ \\ &= 300 + 0.13 \times 860 - 200 \cos 37^\circ \\ F_{\text{appl}} &= 258 \text{ N} \end{aligned}$$

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

٧-٢ قانون نيوتن للجاذبية الكونية Newton's Law of Universal Gravity

توصل نيوتن من قانونه الأول إلى أن هناك قوة محصلة تؤثر على القمر فتجعله يسير في مدار بيضاوي حول الأرض، ولولا هذه القوة لكان القمر يسير في خط مستقيم، وأن نفس هذه القوة أثرت على التفاحة فجعلتها تسقط إلى سطح الأرض. ولقد أدرك نيوتن أن هذه القوة هي قوة الجاذبية وأنها موجودة بين أي جسمين لهما كتلة.



الشكل (٢-٢٥)

ويوضح الشكل (٢-٢٥) قوة التجاذب بين الأرض والقمر، فالأرض تؤثر على القمر بقوة جذب والقمر يؤثر على الأرض بقوة جذب، وبناءً على قانون نيوتن الثالث فإن هاتين القوتين متساويتان في المقدار ومتعاكستان في الاتجاه.

فقوة جذب الأرض للأجسام التي تقع عليها أكبر من قوة جذب القمر لتلك الأجسام إذا وجدت على سطحه. على سبيل المثال فإن رائد الفضاء عندما يقفز على سطح القمر فإنه يقطع مسافة أكبر مما لو كان على سطح الأرض، وذلك لأن قوة جذب القمر له أقل من قوة جذب الأرض، ويرجع السبب في ذلك إلى أن كتلة الأرض أكبر من كتلة القمر. لكن بالمقابل فإن كتلة الشمس أكبر بـ 300,000 مرة من كتلة الأرض، فلماذا لا يكون تأثير قوة جاذبية الشمس علينا أكبر من تأثير قوة جاذبية الأرض؟

السبب في ذلك هو بُعد الشمس عنا، فنحن على بُعد 150 مليون كيلومتر تقريباً من الشمس، وعند هذه المسافة فإن قوة الجاذبية بيننا وبين الشمس تكون ضعيفة جداً. بالرغم من أن قوة جاذبية الشمس لا تؤثر علينا بشكل ملحوظ، إلا أن لها تأثيراً كبيراً على

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

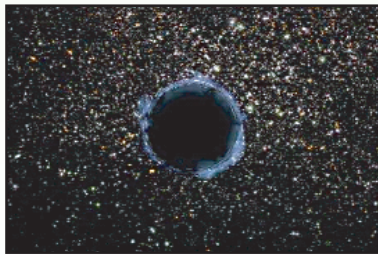
Motion and Dynamics



الأرض نفسها وعلى بقية كواكب المجموعة الشمسية. ف قوة الجاذبية بين الشمس وهذه الكواكب كبيرة جدًا لأن كتلتها كبيرة جدًا وهي التي تجعل هذه الكواكب تبقى في مداراتها أثناء دورانها حول الأرض.

الربط بعلم الفلك

تنشأ الثقوب السوداء نتيجة انهيار النجوم الضخمة. كتلة الثقوب السوداء أكبر من كتلة الشمس بعشر مرات إلى بليون مرة وهي مركزة في نقطة صغيرة جدًا ، لذلك فإن قوة جاذبيتها كبيرة بشكل لا يُصدق لدرجة أنها لا تسمح لأي جسم يدخل الثقوب السوداء بالخروج منها. حتى الضوء لا يستطيع أن يفلت من الثقوب السوداء. ولأنها لا تستطيع أن تشع الضوء فلا يمكن رؤيتها ولذلك سميت بالثقوب السوداء.



الشكل (٢٦-٢)

وقد عمم نيوتن استنتاجه في قانون سُمي بقانون نيوتن للجاذبية الكونية الذي يدرس العلاقة بين قوة الجاذبية وكتلة الأجسام المتجاذبة والمسافة بينهما. فإذا تجاذب جسمان كتليتهما m_1 و m_2 وتفصلهما مسافة (r) بين مركزيهما فإنه يمكن حساب قوة الجاذبية بينهما من العلاقة التالية :

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2} \quad (٢-٢٦)$$

حيث G مقدار ثابت ويسمى ثابت الجذب الكوني وقد تم قياسه من خلال التجارب العملية، ووجد أنه يساوي تقريبًا $6.673 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$. ويمكن استخدام العلاقة السابقة في حساب قوة الجاذبية الكونية بين الأجسام الصغيرة والكبيرة.

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

مثال (٧) :

كرة البلياردو كتلتها 0.3 kg وضعت على بُعد 0.3 m من كرة بلياردو أخرى كتلتها 0.4 kg ،
احسب مقدار قوة الجاذبية بينهما .

الحل :

من قانون نيوتن للجاذبية الكونية

$$F_g = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

$$F_g = (6.673 \times 10^{-11}) \frac{(0.3)(0.4)}{(0.3)^2}$$

$$F_g = 8.9 \times 10^{-11} \text{ N}$$

نلاحظ أن قوة الجاذبية ضعيفة جدًا ، وذلك لأن الكتل صغيرة جدًا .

اختبر فهمك ٦

(١) جسم كتلته m على سطح الأرض فإذا كانت كتلة الأرض $M_E = 5.98 \times 10^{24} \text{ kg}$ ونصف قطرها $R_E = 6.37 \times 10^6 \text{ m}$ وثابت الجذب الكوني $G = 6.673 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2 / \text{kg}^2$ ،
احسب تسارع الجاذبية الأرضية .

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

أسئلة الفصل



السؤال الأول : اختر الإجابة الصحيحة من بين البدائل المعطاة :

١- إذا قمت بمحاولة دفع صندوق ولم تستطع تحريكه، فإن القوة التي تقاوم قوة دفعك هي:

- (أ) الاحتكاك السكوني
(ب) الاحتكاك الحركي
(ج) مقاومة الهواء
(د) الجاذبية الأرضية .

٢- أحد العوامل التالية تؤثر على قوة وزن الجسم :

- (أ) القوة العمودية
(ب) السرعة
(ج) عجلة الجاذبية الأرضية
(د) قوة الاحتكاك .

٣- إذا افترضنا أن كتلة الأرض زادت إلى الضعف ، فإن وزنك :

- (أ) سيزداد لأن تسارع الجاذبية الأرضية يزداد.
(ب) سيقبل لأن تسارع الجاذبية الأرضية يزداد.
(ج) سيزداد لأن تسارع الجاذبية الأرضية يقل.
(د) سيبقى ثابتاً لأنك ما زلت على سطح الأرض.

٤- إذا زادت المسافة بين جسمين إلى ثلاثة أمثال ما كانت عليه ، فإن قوة التجاذب بينهما :

- (أ) تقل إلى الثلث
(ب) تزداد إلى ثلاثة أضعاف
(ج) تقل إلى التسع
(د) تزداد إلى تسعة أضعاف .

٥- جسم كتلته 4 kg موضوع على سطح أفقي خشن، أثرت عليه قوة باتجاه السطح الأفقي مقدارها 10 N

فإذا علمت أن قوة الاحتكاك بين الجسم و السطح تساوي 2 N ، فإن الجسم يتحرك بتسارعٍ يساوي

بوحدته m/s^2 :

- (أ) 0.5 (ب) 2 (ج) 3 (د) 4

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

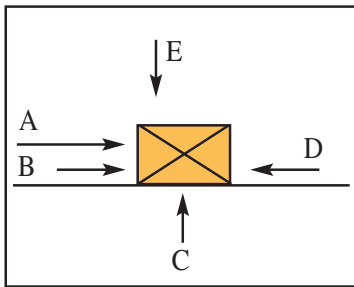
Motion and Dynamics

استخدم الشكل (٢٧-٢) للإجابة عن الأسئلة (٦-٧) .

٦- يوضح الشكل (٢٧-٢) خمس قوى تؤثر على صندوق خشبي أثناء حركته على سطح معين إذا كانت

$$A = 60 \text{ N}, B = 20 \text{ N}, C = 30 \text{ N}, D = 30 \text{ N}, E = 30 \text{ N}$$

أي من العبارات التالية غير صحيحة:



الشكل (٢٧-٢)

(أ) القوة المحصلة المؤثرة على الصندوق الخشبي تساوي

50 N ، والصندوق يتحرك باتجاه اليمين.

(ب) اتجاه التسارع إلى اليمين.

(ج) القوة المحصلة المؤثرة على الصندوق الخشبي في الاتجاه

الرأسي تساوي صفراً.

(د) القوة (C) تمثل قوة الوزن .

٧- أي القوى السابقة تمثل قوة الاحتكاك الحركي ؟

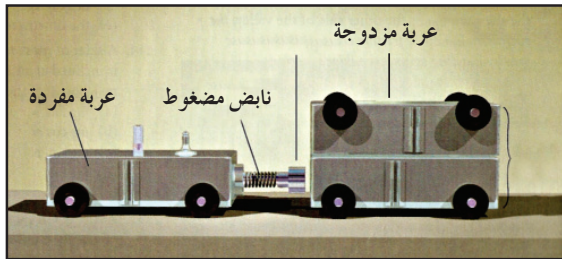
(د) E

(ج) C

(ب) D

(أ) B

استخدم الشكل (٢٨-٢) للإجابة عن السؤالين ٨ و ٩ .



الشكل (٢٨-٢)

يوضح الشكل (٢٨-٢) عربة مفردة

كتلتها 1 kg متصلة بنابض مضغوط وعربة

مزدوجة كتلتها 2 kg وكلاهما في حالة

سكون . عند تحرير النابض المضغوط أثرت

العربة المفردة على العربة المزدوجة بقوة

مقدارها 2 N خلال فترة زمنية قدرها 5 s .

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics

٨- خلال الفترة الزمنية التي تؤثر بها العربة المفردة على العربة المزدوجة ، فإن القوة التي تؤثر بها العربة المزدوجة على العربة المفردة تساوي:

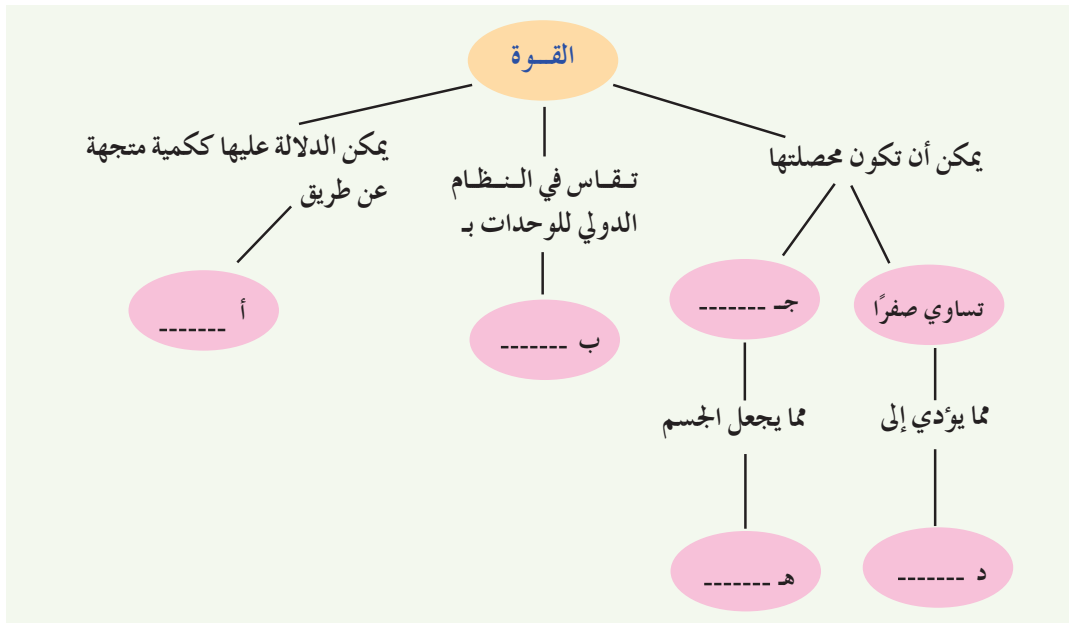
- (أ) 2 N إلى اليسار
(ب) 0 N
(ج) 4 N إلى اليمين
(د) 3 N إلى اليسار .

٩- بعد انتهاء الفترة الزمنية للتأثير وانفصال العربتين فإن القوة المحصلة المؤثرة على العربة المفردة تساوي :

- (أ) 19.6 N إلى أسفل
(ب) 2 N إلى اليسار
(ج) 19.6 N إلى أعلى
(د) صفر .

السؤال الثاني :

١- أكمل خريطة المفاهيم التالية :



٢- أكمل الفراغات التالية بما يناسبها من كلمات :

- شعورك بالألم عند اصطدام يدك بسطح طاولة يعتبر مثالاً على.....
- ثبات سرعة سقوط المظليين بعد فترة زمنية معينة من تطبيقات قانون نيوتن.....

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

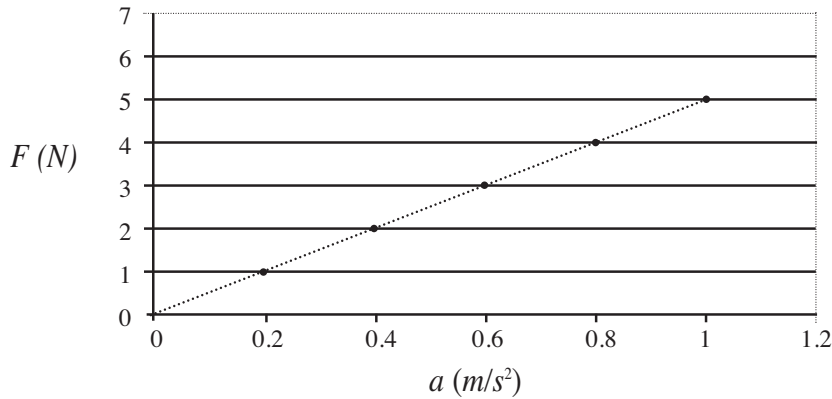
Motion and Dynamics

– عندما يتحرك جسم بسرعة ثابتة فإن محصلة القوى المؤثرة عليه تساوي.....

السؤال الثالث : أجب عما يلي :

- ١- علل : في بعض حالات السقوط الحر تحت تأثير الجاذبية الأرضية فإن الجسم لا يستمر في حركته المعجلة للأبد.
- ٢- كتاب موضوع على سطح طاولة ، إذا قمت بدفعه دفعة قوية فإنه سيتحرك مسافة معينة ثم يتوقف تدريجياً . من خلال دراستك لقوانين نيوتن أجب عن الأسئلة التالية :
 - (أ) لماذا يظل الكتاب ثابتاً على سطح الطاولة قبل أن تؤثر عليه بقوة دفع؟
 - (ب) ما الذي يجعل الكتاب يتحرك عندما تبذل عليه قوة دفع؟
 - (ج) لماذا يتوقف الكتاب عن الحركة؟
 - (د) تحت أي الظروف يمكن للكتاب أن يستمر في الحركة بسرعة ثابتة ؟
- ٣- الشكل (٢-٢٩) يوضح العلاقة بين التسارع والقوة لجسم يتحرك تحت تأثير قوة متغيرة.

منحنى التسارع والقوة



الشكل (٢-٢٩)

- (أ) كم يكون مقدار التسارع الذي يتحرك به الجسم عندما تكون القوة المؤثرة 4.5 N ؟
- (ب) احسب كتلة الجسم من خلال المنحنى.

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics



٤- قوة التجاذب بين متصارعين على بُعد 2.5 cm تساوي $2.77 \times 10^{-3}\text{ N}$ إذا كانت كتلة أحدهما

157 kg ، كم تكون كتلة المتصارع الآخر؟

٥- سيارة كتلتها 1200 kg تتحرك بسرعة 72 km/h توقفت السيارة بعد مرور أربع ثوانٍ احسب:

أ) التسارع الذي تحركت به السيارة.

ب) القوة المسببة لإيقاف السيارة.

٦- دلو كتلته 50 kg يُسحب إلى أعلى بواسطة حبل. أكبر قوة شد ممكن أن تؤثر على الحبل دون أن ينقطع

تساوي 500 N إذا تم سحب الدلو لمسافة 3 m وتحرك بسرعة 3 m/s ، و بفرض أن التسارع ثابت، هل سيكون الحبل مُعرضاً للانقطاع؟

٧- يقوم شخص بسحب صندوق خشبي مملوء بالكتب باستخدام الحبل ، وذلك عن طريق بذل قوة

مقدارها 90 N وتصنع زاوية مقدارها 30° مع سطح الأرض ، كما هو موضح في الشكل (٢-٣٠).



فإذا كانت كتلة الصندوق الخشبي 20 kg

ومعامل الاحتكاك الحركي بين الصندوق و سطح الأرض

يساوي 0.5 ، احسب التسارع الذي يتحرك به الصندوق.

الشكل (٢-٣٠)

٨- أرادت سارة إعادة ترتيب أدوات وأجهزة المطبخ، فقامت بسحب جهاز الميكروويف على أرضية المطبخ

بسرعة ثابتة مقدارها 18 cm/s ، بذلت سارة قوة أفقية إلى الأمام مقدارها 85 N وكانت قوة الجاذبية

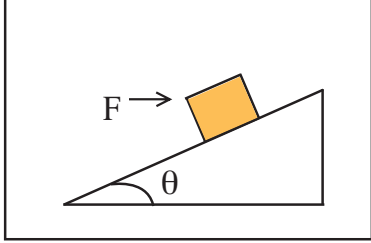
على الميكروويف تساوي 447 N احسب :

أ) القوة العمودية (\vec{n}) وقوة الاحتكاك الحركي (\vec{f}_k) المؤثرة على جهاز الميكروويف .

ب) القوة الكلية المؤثرة من أرضية المطبخ (\vec{F}_{floor}) على جهاز الميكروويف .

الوحدة الأولى : الحركة والديناميكا

Motion and Dynamics



٩- تؤثر قوة على كتلة مقدارها 5 kg لتبقيها في حالة إتران

موضوعة على سطح أملس يصنع زاوية مقدارها 30° ، كما

هو موضح في الشكل (٣١-٢) . احسب :

(أ) مقدار القوة المؤثرة (F) .

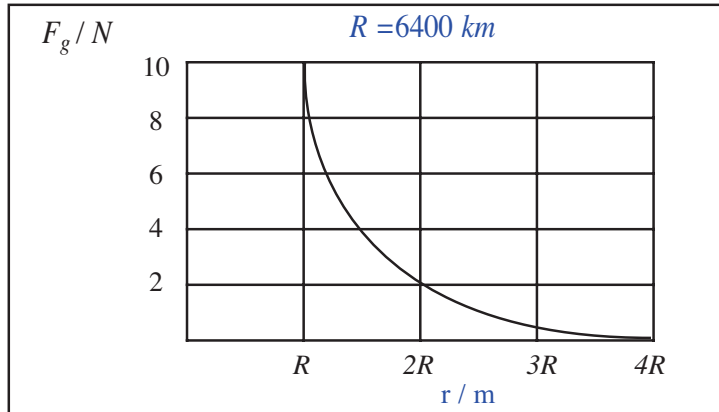
(ب) القوة العمودية التي يؤثر بها السطح المائل على الجسم .

الشكل (٣١-٢)

١٠- يوضح شكل (٣٢-٢) العلاقة بين قوة التجاذب المؤثرة على كتلة مقدارها 1 kg باتجاه الأرض

والمسافة بين الكتلة ومركز الأرض .

احسب قوة التجاذب المؤثرة على الكتلة عند مسافة $9R$ و $10R$ من مركز الأرض.



الشكل (٣٢-٢)

١١- لديك ميزان زنبركي وكتلة موضوعة على سطح خشن . صمم تجربة لقياس قوة الاحتكاك السكوني

موضحاً خطوات عمل التجربة.

١٢- صندوق فواكه كتلته 18 kg موضوع في حالة سكون فوق سطح أفقي. إذا علمت أن

$\mu_s = 0.45$ و $\mu_k = 0.41$ احسب قوة الاحتكاك و التسارع الذي سيتحرك به الصندوق في الحالتين

الآتيتين :

(أ) إذا أثرت عليه قوة أفقية مقدارها 75 N في اتجاه الشرق.

(ب) إذا أثرت عليه قوة أفقية مقدارها 95 N في اتجاه الشرق.