دولة ليبيا
وزارة التعليم
مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية

الفيزياء

الجزء الثاني (الميكانيكا)
للسنة الثالثة
بمرحلة التعليم الثانوي
(القسم العلمي)

الاسبوع الثاني عشر

المدرسة الليبية بفرنسا ـ تور

العام الدراسي
1441 / 1442 هـ . 2020 / 2021 م

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

2.2 حد الاحتكاك (limiting friction)

والسؤال المطروح الآن ماهو حد قوة الاحتكاك؟

يعتمد حد قوة الاحتكاك على مجموعة من العوامل مثل:

- نوع المواد التي تتلامس أسطحها.
- شكل ومساحة المناطق المتلامسة بين السطحين.
- قوى أخرى تؤثر على الجسم المتلامس.

ومن الواضح أن أول هذه العوامل يعد ذا أهمية عكس العوامل الأخرى المتشابهة حيث نلاحظ انزلاق الخشب على الحصى ينتج قوة احتكاك أكبر من انزلاق حديد مصقول على ثلج وعند وضع نموذج الاحتكاك يجب الانتباه والأخذ في الحسبان الفرق في خشونة المواد المختلفة.

دلت التجارب العملية على أن كلاً من الشكل والمساحة لا تغير كثيراً في قيمة النهاية القصوى لقوة الاحتكاك إلا أن هناك بعض الحالات، مثل الإطارات الجديدة للعربات المصممة بشكل معين تنتج قوة احتكاك أكبر من الإطارات المستعملة رغم صنعهما من نفس المادة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

وإذا أجريت تجارب دقيقة فإنك ستلاحظ أن هناك علاقة مباشرة بين حد قوة الاحتكاك وقوة الاتصال العمودية وعلى سبيل المثال إذا ما ضوعفت قوة الاتصال العمودية فإن حد قوة الاحتكاك سيتضاعف.

ويمكن تلخيص قاعدة حساب حد قوة الاحتكاك كما يلي:

حد قوة الاحتكاك بين سطحين يتناسب طردياً مع قوة الاتصال العمودية فإذا كان حد قوة الاحتكاك ($f_{حد}$) وقوة الاتصال العمودية (R) فإن:

$$f_{حد} \propto R$$

$$f_{حد} = \mu R$$

حيث (μ) مقدار ثابت

يدعى الثابت (μ) معامل الاحتكاك وتعتمد قيمته بالأساس على المواد التي يتكون منها السطحان.

الحرف (μ) هو أحد الأحرف الإغريقية وينطق «إميو» وهو يستخدم دائماً لمعامل الاحتكاك، وتكون قيمة (μ) لمعظم الأسطح بين (0.3) و (0.9)، إلا أن قيم أصغر أو أكبر (ربما أكبر من 1) يمكن حدوثها.

وإذا ما كانت قيمة (μ) صغيرة جداً يمكن أن تحصل على نتائج تقريبية بإهمال قوة الاحتكاك . وفي هذه الحالة يمكن اعتبار السطح بأنه أملس.

أما إذا كانت قيمة (μ) أكبر من (0) ففي هذه الحالة تعتبر الأسطح خشنة وعندها تحتاج إلى اعتبار قوة الاحتكاك.

وفي بعض الأحيان يستخدم مصطلح (very rough) كثير الخشونة لوصف أسطح تكون قيمة (μ) كبيرة بحيث ليس هناك إمكانية عملية في انزلاق سطح على آخر.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال 1.2.2

يحاول شخص جر خزانة على أرضية، فإذا كانت كتلة الخزانة(76 kg) ومعامل الاحتكاك (0.5).

صف ماذا يحدث للخزانة إذا ما تم جرها بقوة أفقية مقدارها:

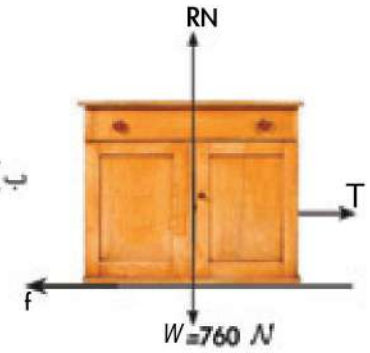
أ. (200 N) ب. (400 N)

يوضح الشكل (7.2) القوى المؤثرة على الخزانة قوة الاتصال العمودية (R N) تساوي وزن الخزانة والتي تساوي (760 N). حد قوة الاحتكاك يكون (0.5 R N) والتي تساوي(380 N).

الحل:

أ). في هذه الحالة قوة الشد (200 N) أقل من حد قوة الاحتكاك(380 N). وقوة الشد ستقاوم بقوة الاحتكاك والتي تساوي (200 N) وعليه سوف لن تتحرك الخزانة.

$$F_{(\rightarrow)} \qquad T < f$$



الشكل (7.2)

ب). في هذه الحالة قوة الشد (400 N) أكبر من حد قوة الاحتكاك (380 N) عليه فإن قوة الاحتكاك تكون في نهايتها وسوف تبدأ الخزانة في الحركة ، بفرض أنه يتحرك بعجلة $(a \frac{m}{s^2})$

$$F_{(\rightarrow)} \qquad T - f = ma$$

$$F(\rightarrow) \quad 400 - 380 = 76\,a$$

$$a = \frac{20}{76}$$

والتي تُعطي $a = 0.263 \frac{m}{s^2}$

عليه تتحرك الخزانة بعجلة قدرها $0.26 \frac{m}{s^2}$ لأقرب رقمين عشريين.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

4.2 الحركة والاحتكاك (Friction and motion)

بعد أن أدركت وأصبح لديك الانطباع بأن الاحتكاك دائماً له أفعال تمنع الحركة. كما يعد الاحتكاك ضرورياً لبعض أنواع الحركة تخيل المحاولة للجري على رصيف أملس، أو ركوب دراجة على ثلج، أو قيادة عربة على طريق وحلة في جميع هذه الحالات المعضلة بأن مقدار قوة الاحتكاك ليس كبيراً بما فيه الكفاية للحركة.

فالاحتكاك هو الذي يجعل من الممكن الركض على رصيف أملس أو ركوب دراجة أو قيادة السيارة.

سوف ينزلق الرياضي إذا لم يوجد احتكاك بين قدميه والأرض، وحركة إطارات الدراجة إلى الخلف تدفعها للحركة إلى الأمام بفعل الاحتكاك بين العجلات والأرض، ويعمل محرك السيارة على دوران عجلاتها وبفعل الاحتكاك بين العجلات والأرض تتحرك السيارة، عليه يعد الاحتكاك ضرورياً لحركة السيارة. كل هذه الحالات موضحة في الأشكال : (11.2) و (12.2) و (13.2).

الشكل (11.2)

الشكل (12.2)

الشكل (13.2)

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

5.2 مسائل تحتوي الاحتكاك (Problems involving friction)

عندما تتعامل مع مسائل تحتوي الاحتكاك عليك أن تستخدم طريقة التحليل التي وصفت في الفصل الأول مع المعادلات التي تعبر عن قوة الاحتكاك والتي تلخص كما يلي باستخدام (f) و(R) للتعبير عن قوة الاحتكاك وقوة الاتصال العمودية.

- إذا كان الجسم على وشك الحركة فإن قوة الاحتكاك تكون في نهاية قيمتها وتؤثر في اتجاه عكس الاتجاه المزمع الحركة فيه.
- إذا حدثت الحركة (بسرعة ثابتة أو بعجلة) فإن قوة الاحتكاك تكون في نهاية قيمتها وتؤثر في اتجاه عكس الحركة.
- إذا كانت قوة الاحتكاك في قيمتها النهائية فإن ($f = \mu R$) حيث (μ) معامل الاحتكاك.
- سواءً كانت قوة الاحتكاك في قيمتها النهائية أم لا فإن ($f \leq \mu R$).

مثال 1.5.2

تستقر كتلة وزنها ($20\ N$) على سطح أفقي أثرت عليها قوة ($12\ N$) في اتجاه يصنع زاوية ($30°$) فوق الأفقي فكانت الكتلة على وشك الحركة. أوجد معامل الاحتكاك بين الكتلة والسطح.

مسائل على الاحتكاك

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

الحل:

القوى المؤثرة على الكتلة موضحة في الشكل (2-14). حيث إن الكتلة على وشك الحركة إلى اليمين فإن قوة الاحتكاك تؤثر إلى اليسار في عكس اتجاه الحركة، وتكون في قيمتها النهائية متزنة مع القوة المؤثرة.

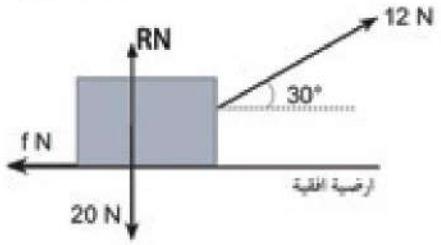
$$f = \mu R$$

F ($\rightarrow$) $f = 12 \cos 30° = 10.39$

F ($\uparrow$) $R + 12 \sin 30° = 20$

$$\therefore R = 14\ N$$

$$\mu = \frac{f}{R} = \frac{10.39}{14} = 0.74$$



الشكل (14.2)

عليه يكون معامل الاحتكاك يساوي (0.74).

وهناك خطأ شائع في هذه الحالة حيث يُظن أن ($R = 20\ N$) عندما نحلل في الاتجاه الرأسي، بل يجب أن يتضمن جميع مركبات القوى في الاتجاه الرأسي.

مثال 2.5.2

تميل هضبة على الأفقي بزاوية (13°) مغطاة بالثلج، وضعت زلاجة تزن (75 N) على أعلى الهضبة، فإذا علمت أن معامل الاحتكاك بين الزلاجة والهضبة يساوي(0.15)، أوجد مدى امكانية إنزلاق الزلاجة إلى أسفل الهضبة.

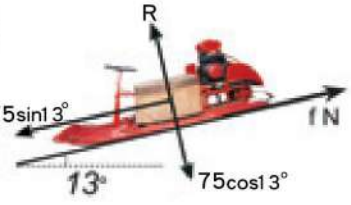
الحل:

يوضح الشكل (2 - 15) ثلاث قوى تؤثر على الزلاجة

F (الهضبة $\perp$) $R = 75 \cos 13° = 73.07$ N

القيمة القصوى لقوة الاحتكاك تكون ($\mu R\ N$) حيث:

$$f = \mu R = 0.15 \times 73.07 = 10.96\ N$$



الشكل (15.2)

مركبة الوزن والتي تؤثر إلى أسفل الهضبة تساوي

$$75 \sin 13° = 16.87\ N$$

حيث إن مركبة الوزن المؤثرة إلى أسفل الهضبة أكبر من القيمة القصوى لقوة الاحتكاك فإن الزلاجة سوف تنزلق أسفل الهضبة.

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا

مثال 3.5.2

حبل طوله ($25\ m$) مشدود بزاوية ($35°$) مع الأفقي يستخدم كجزء من خط هجوم جيش. وضعت حلقة خفيفة في أعلى نهاية الحبل، تعلق بها عسكري كتلته ($80kg$) وإنزلق إلي أسفل الحبل فإذا كان معامل الاحتكاك بين الحبل والحلقة يساوي (0.4). أوجد سرعة العسكري عندما يصل إلى أسفل الحبل.

الحل:

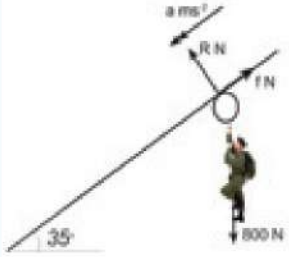
يوضح الشكل (16.2) القوى المؤثرة على العسكري والحلقة عند نقطة من هبوطه.

قوة الإتصال العمودية تكون ($R\ N$)، قوة الاحتكاك ($f\ N$) والعجلة ($a\ \frac{m}{s^2}$).

وزن العسكري ($800\ N$) يمكن إهمال وزن الحلقة

F (للحبل ||) $800 \sin 35° - f = 80\, a$

F (الحبل ⊥) $800 \cos 35° = R$



الشكل (16.2)

حيث إن هناك حركة تكون القيمة القصوى لقوة الاحتكاك تساوي ($f = 0.4\ R$)

عليه:

$$800 \sin 35° - 0.4 \times 800 \cos 35° = 80\, a$$

$$\therefore a = 10 \sin 35° - 4 \cos 35° = 2.459\ \frac{m}{s^2}$$

حيث إن قيمة العجلة ثابتة ونرغب في الحصول على سرعة العسكري بعد أن يقطع مسافة ($25\ m$) إلى أسفل الحبل نستخدم المعادلة: $v^2 = u^2 + 2\,a\,s$

بسرعة ابتدائية $u = 0$ $\quad a = 2.45\ \frac{m}{s^2}$ $\quad s = 25\ m$

$$v^2 = 0^2 + 2 \times 2.459 \times 25 = 122.9$$

$$\therefore v = \sqrt{122.9} = 11.08\ \frac{m}{s}$$

عليه سوف يصل العسكري إلى أسفل الحبل بسرعة قدرها ($11.1\ \frac{m}{s}$) تقريباً .

جميع الحقوق محفوظة لـ مركز المناهج التعليمية والبحوث التربوية ـ ليبيا