الدرس الأول : الشغل والقدرة

❖ الشغل (w) :

- الشغل كمية فيزيائية ناتجة عن الضرب القياسي لمتجهة القوة (F) المؤثرة في جسم ما في متجهة ازاحة الجسم (d)

- الصيغة الفيزيائية لشغل ⟵ $W=F.d = Fd\cos\Theta$

❖ ملاحظة : Θ هي الزاوية المحصورة بين متجهة القوة (F) والازاحة (d)

- **الوحدة الفيزيائية :**

الكمية الفيزيائية	رمز الكمية الفيزيائية	الوحدة الفيزيائية	نوع الكمية (متجهة / قياسية)
القوة	F	N (نيوتن)	متجهة (مقدار واتجاه)
الإزاحة	d.	m (متر)	متجهة (مقدار واتجاه)
الشغل	W	J (جول) أو N.m	قياسية (مقدار فقط)

❖ **سؤال : ماذا نعني بقولنا يقاس الشغل بوحدة الجول :**

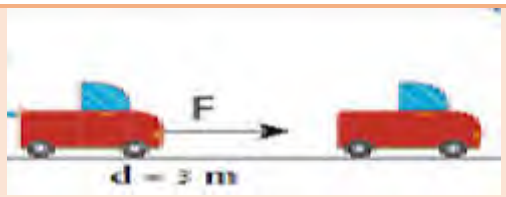
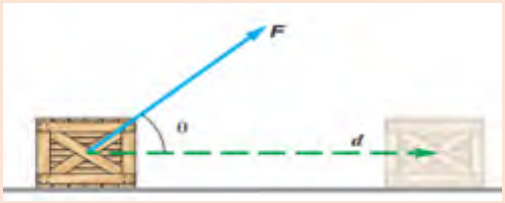
✓ **اي ان الشغل الذي تبذله قوة مقدارها (N) عندما تؤثر في جسم، وتحرك إزاحة مقدارها (m) في اتجاهها.**

- يقسم الشغل بناءا على القوة الى قسمين :

1- الشغل عندما تكون القوة ثابتة

2- الشغل عندما تكون القوة متغيرة

اولا : الشغل عندم تكون القوة ثابتة :

من حيث	اتجاه القوة والازاحة	مقدار الزاوية	القانون الفيزيائي	مثال توضيحي
الحالة (1)	نفس الاتجاه	صفر	$W_F = +Fd$	
الحالة (2)	عكس الاتجاه	180	$W_F = -Fd$	
الحالة (3)	بينهما زاوية	Θ	$W_{F_x} = F_x d\cos\theta$ $W_{F_y} = 0\ J$	
الحالة (4)	متعامدين	90	$W_F = 0$	

❖ سؤال : متى نقول ان الجسم اكتسب شغل ما :

✓ إذا أثرت قوة (F) في جسم وأحدثت له إزاحة (d) اتجاهها غيرمتعامد مع اتجاه القوة؛ فإن هذه القوة تكون قد بذلت شغلا

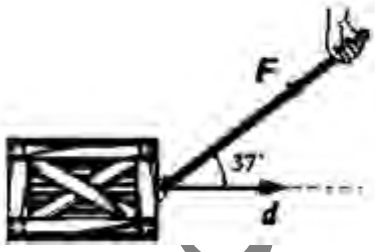
أمثلة حسابية

دفعت شفاء مزهرية تستقر على سطح طاولة أفقي أملس بقوّة مقدارها (10 N)، إزاحة أفقية مقدارها (1.6 m). أحسبُ مقدار شغل القوّة في الحالتين الآتيتين:

أ . إذا كانت القوّة في اتّجاه الإزاحة نفسه.

ب. إذا كانت القوّة تصنع زاوية (37°) مع اتّجاه الإزاحة.

أحسبُ: يسحب محمّد صندوقًا كتلته (20 kg) على سطح أفقي أملس إزاحة مقدارها (5 m)، بوساطة حبل يميل على الأفقي بزاوية مقدارها (37°)، كما هو موضّح في الشكل (6). إذا علمتُ أنّ مقدار قوّة الشد في الحبل (140 N)، فأحسبُ مقدار الشغل الذي:



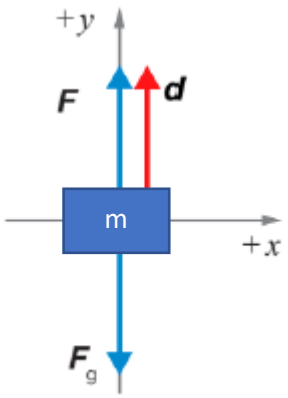
أحمد العزازمة & أسيل حسن

أ- بذلته قوة الجاذبية على الصندوق:

$$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 140\times5\times\cos(37^\circ)$$

$$W_F = 140\times5\times0.8 = 560\ J$$

يساعد خالد والدته على ترتيب المنزل، وفي أثناء ذلك يرفع صندوقًا عن سطح الأرض رأسيًا إلى أعلى بسرعة ثابتة إلى ارتفاع (1.5 m). إذا علمتُ أنّ كتلة الصندوق (5 kg)، وتسارع السقوط الحر (10 m/s²) تقريبًا، فأحسبُ مقدار الشغل:



أ. الذي يبذله خالد على الصندوق.

$$\sum F_y = ma = 0 \rightarrow F - F_g = 0$$

$$F = F_g = mg = 5\times10 = 50\ N$$

$$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 50\times1.5\times\cos(0^\circ)$$

$$W_F = 50\times1.5\times1 = 75\ J$$

ب. الذي تبذله قوّة الجاذبية على الصندوق.

$$F_g = mg = 5\times10 = 50\ N$$

$$W_{F_g} = F_g d\cos\theta \rightarrow W_{F_g} = 50\times1.5\times\cos(180^\circ)$$

$$W_{F_g} = 50\times1.5\times-1 = -75\ J$$

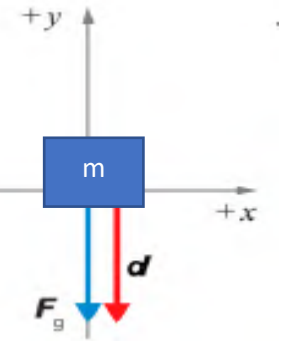
جـ. الكلّي المبذول على الصندوق.

$$W_{TOT} = W_F + W_{F_g} \rightarrow W_{TOT} = 75 + (-75) = 0\ J$$

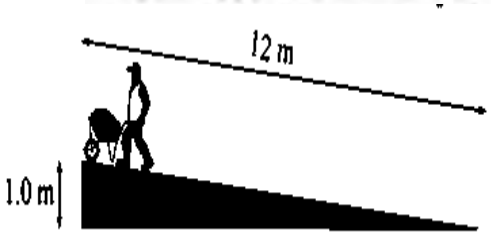
د . الذي تبذله قوّة الجاذبية على الصندوق؛ إذا سقط الصندوق من الارتفاع نفسه نحو سطح الأرض.

$$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 50\times1.5\times\cos(0^o)$$

$$W_F = 50\times1.5\times1 = 75\ J$$



أستعملُ المتغيّرات: يدفع عامل عربة بناء وزنها مع حمولتها (440 N) إذا كان مقدار القوّة المحصّلة المؤثّرة في العربة (60 N) في اتّجاه موازٍ الشكل (7)؛ فأحسبُ مقدار ما يأتي مستعينًا بالبيانات المثبّتة في الشكل

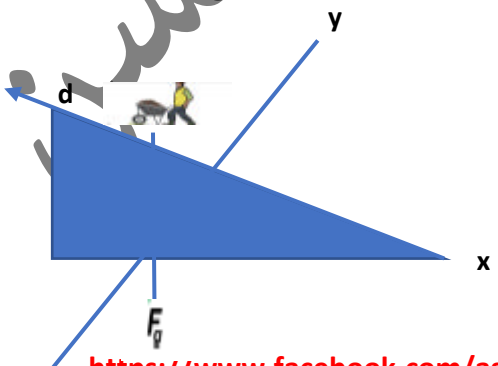


أ - الشغل الكلي المبذول على العربة عند وصولها إلى نهاية المستوى المائل.

$$W_{TOT} = W_{F_{net}} = F_{net}d\cos\theta \rightarrow W_{TOT} = 60\times12\times\cos(0^o) = 720\ J$$

ب - الشغل الذي بذلته قوة الجاذبية على العربة.

ملاحظة مهمة : يجب تحليل الرسمة



$$W_{F_g} = F_g d\cos(\theta_{F_g\&d})$$
$$\theta_{F_g\&d} = \theta + 90^o$$
$$\theta_{F_g\&d} = sin^{-1}(\frac{1}{12}) + 90^o$$
$$\theta_{F_g\&d} = 4.78 + 90^o = 94.78^o$$
$$W_{F_g} = 440x12x\cos(94.78^o)$$
$$W_{F_g} = 440x12x\text{-}0.0833 = \text{-}440$$

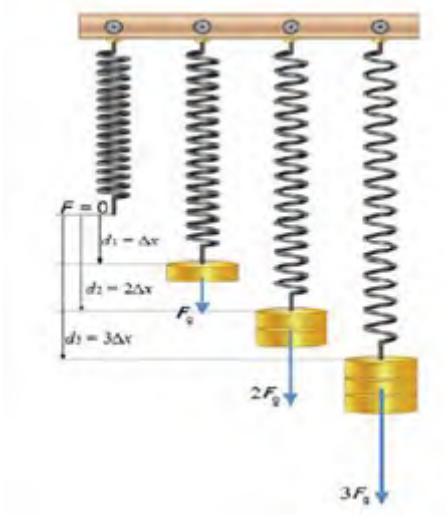
ثانيا: الشغل عندم تكون القوة متغيرة :

❖ يحسب شغل القوّة المتغيّرة بعدة طرق منها :

1. حساب المساحة المحصورة بين منحنى (القوّة – الإزاحة)
2. حساب التكامل
3. تقسيم المساحة المحصورة إلى عدّة مساحات ذات أشكال هندسية منتظمة، ثم حساب مجموع هذه المساحات

- الصيغة الفيزيائية ⟵ $W = Fd\cos\Theta = Area$
- **مساحة المستطيل = الطول ×العرض**
- **مساحة المثلث = ½ ×القاعدة × الارتفاع**

اذكر مثال على القوى المتغيّرة:



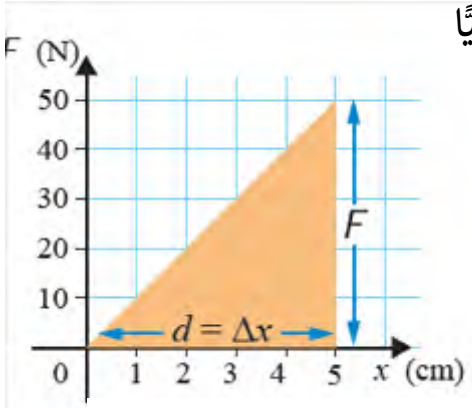
✓ القوّة اللازمة لشد نابض، أو قوّة المرونة في النابض

❖ ما العلاقة بين مقدار القوة المؤثرة و استطالة النابض

✓ يتناسب مقدار القوّة اللازم تأثيرها في نابض لزيادة استطالته، **طرديًا** مع مقدار هذه الاستطالة

أحمد العزازمة

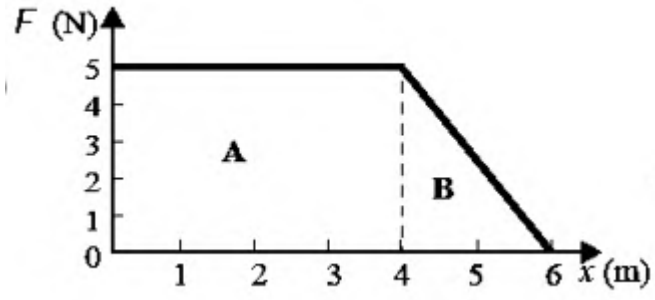
سؤال : احسب شغل القوّة المؤثّرة في نابض، تتغيّر خطيًّا عند استطالة النابض كما في الشكل :



مساحة المثلث = ½ ×القاعدة × الارتفاع

$$W_F = Area = \frac{1}{2}\times(5\times10^{-2})\times50 = 1.25\ J$$

أثرت قوة متغيرة في جسم فحركته إزاحة مقدارها (6 m)، كما هو موضح
أحسُب الشغل الذي بذلته القوّة المحصّلة:



أ . خلال (4 m) الأولى من بداية حركة الجسم.

$$W_{(0\text{-}4)} = A$$
$$= 4 \times 5$$
$$= 20\ J$$

ب. عند حركة الجسم من الموقع (4 m) إلى الموقع (6 m).

$$W_{(4\text{-}6)} = B$$
$$W = \frac{1}{2} \times (6 - 4) \times 5$$
$$W = 5\ J$$

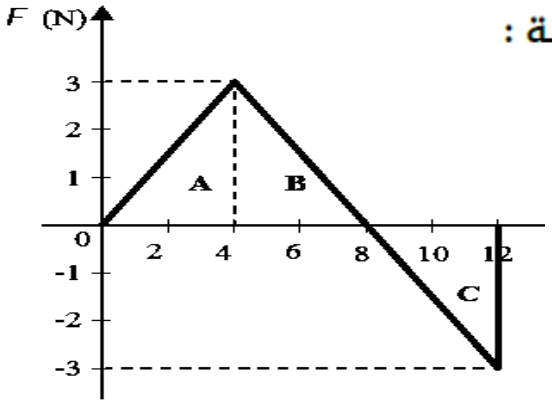
جـ. خلال فترة الإزاحة كاملة (الشغل الكلي).

$$W_{Total} = W_{(0\text{-}4)} + W_{(4\text{-}6)}$$
$$= A + B$$
$$= 20 + 5$$
$$= 25\ J$$

أو

$$W_{(0\text{-}6)} = \frac{1}{2} \times [(6 - 0) + (4 - 0)] \times 5$$
$$= \frac{1}{2} \times (6 + 4) \times 5$$
$$= 25\ J$$

أثرت قوة متغيرة في جسم فحركته إزاحة مقدارها (12 m)، كما هو موضح في الشكل. احسب الشغل الذي بذلته القوة المحصلة :



أ - خلال (4 m) الأولى من بداية حركة الجسم.

$$W_{(0-4)} = Area\ of\ A = \frac{1}{2} \times 4 \times 3 = 6\ J$$

ب - خلال (8 m) الأولى من بداية حركة الجسم.

$$W_{(0-8)} = Area\ of\ AB = \frac{1}{2} \times 8 \times 3 = 12\ J$$

جـ - عند حركة الجسم من الموقع (8 m) إلى الموقع (12 m).

$$W_{(8-12)} = Area\ of\ C = \frac{1}{2} \times 4 \times 3 = -6\ J$$

د - خلال فترة الإزاحة كاملة (الشغل الكلي).

$$W_{(Total)} = W_{(0-8)} + W_{(8-12)} = 12 + -6 = 6\ J$$

أسيل حسن

❖ القدرة (P) :

- **القدرة : المعدّل الزمني للشغل المبذول، أي إنّها تساوي ناتج قسمة الشغل المبذول (W) على الزمن المستغرق لبذله (Δt) .**
- **الصيغة لفيزيائية للقدرة** ⟵ $\overline{P} = \frac{W}{\Delta t}$
- الوحد الفيزيائية :

الكمية الفيزيائية	الوحدة الفيزيائية
الشغل (w)	جول (J)
الزمن (t)	ثانية (s)
القدرة (p)	جول/ث (J/s) واط (w) الحصان (hp)

❖ ملاحظة مهمة :

1- تقاس القدرة بوحدة الكيلو واط لان الواط وحدة صغيرة *1 kW = 1000 watt*

2- تقاس القدرة بوحدة الحصان اي انها تبذل شغل 764w خلال 1ث 1hp = 746 watt

ملاحظة :

- عند التحويل من الواط الى الحصان نقسم على (746)
- عند التحويل من حصان الى واط نضرب (746)

القدرة اللحظية : القدرة المتوسطة لجسم يتحرك بسرعة ثابتة

$$\overline{P} = \frac{W}{\Delta t} = \frac{F\, d \cos\theta}{\Delta t} = Fv\cos\theta$$

❖ **أتحقّق:** كيف أحسبُ قدرة محرّك سيّارة تتحرّك بسرعة متّجهة ثابتة؟

✓ من خلال معرفة معرفة سرعة السيارة وقوة محرك السيارة $Fv\cos\theta$

مثال (1) : مضخّة ماء ترفع (50 kg) من الماء رأسيًّا بسرعة ثابتة إلى ارتفاع (7m) خلال فترة زمنية (7.2 s) إذا علمتُ أنّ تسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$) ؛ فأحسبُ مقدار:

أ. الشغل الذي تبذله المضخّة في رفع الماء.

$$\sum F_y = ma = 0$$
$$F - F_g = 0$$
$$F = F_g$$
$$= mg = 50 \times 10$$
$$= 500\ N$$

$$W = F\,d\cos 0^\circ$$
$$= 500 \times 7 \times 1$$
$$= 3500\ J$$

ب. القدرة المتوسّطة لمحرّك المضخّة في رفع الماء.

$$\overline{P} = \frac{W}{t}$$
$$= \frac{3500}{7.2}$$
$$= 486\ watts$$

أحسبُ: سيّارة كتلتها (1400 kg) تتحرّك بسرعة متّجهة ثابتة مقدارها (25 m/s) على طريق أُفقي، ومجموع قوى الاحتكاك المؤثّرة فيها يساوي (2000 N). أحسبُ مقدار ما يأتي:

أ . قدرة محرّك السيارة بوحدة الواط (W)، ووحدة الحصان (hp).

$\sum F_x = ma = 0 \rightarrow F - f = 0$

$F = f = 2000\ N$ قوة محرك السيارة

$P_F = Fv\cos\theta \rightarrow P_F = 2000 \times 25 \times \cos(0^\circ)$

$P_F = 2000 \times 25 \times 1 = 5 \times 10^{+4}\ watts$

$$P_F = 5 \times 10^{+4}\ watts = \frac{5 \times 10^{+4}}{746}\ hp$$

ب. تسارع السيّارة إذا أصبحت القوّة التي يؤثّر بها المحرك في السيارة (2280 N)، ولم يتغيّر مجموع قوى الاحتكاك.

$$\sum F_x = ma \rightarrow 2280 - 2000 = 1400 \times a \rightarrow a = 0.2\ m/s$$

أستعملُ المتغيّرات: رافعة يولّد محرّكها قدرة مقدارها (1200 W) لرفع ثقل كتلته (400 kg) بسرعة ثابتة إلى ارتفاع (90 m) عن سطح الأرض، خلال فترة زمنية مقدارها (5 min)

فاحسبَ مقدار ما ياتي:

أ . الشغل الذي يبذله محرّك الرافعة في رفع الثقل.

$$P = \frac{W}{\Delta t} \rightarrow 1200 = \frac{W}{5\times60} \rightarrow W = 36\times10^{+4}\ J$$

ب. السرعة التي يتحرّك بها الثقل.

$$P_F = Fv\cos\theta \rightarrow 1200 = 4000\times v\times\cos(0^\circ) \rightarrow v = 0.3\ m/s$$

جـ. الشغل الذي تبذله قوّة الجاذبية على الثقل في أثناء رفعه.

$$F_g = mg = 400\times10 = 4000\ N$$

$$W_{F_g} = F_g d\cos\theta \rightarrow W_{F_g} = 4000\times90\times\cos(180^\circ)$$

$$W_{F_g} = 4000\times90\times-1 = -36\times10^{+4}\ J$$

1. **الفكرة الرئيسة:** ما المقصود بالشغل؟ وما العوامل التي يعتمد عليها؟ وما المقصود بالقدرة؟ وما وحدة قياسها حسب النظام الدولي للوحدات؟

1. **الشغل:** كمّية فيزيائية قياسية ناتجة عن حاصل الضرب القياسي لمتّجه القوّة المؤثّرة في جسم في متّجه إزاحة الجسم ورمزه (W)، ويُقاس بوحدة الجول joule (J) حسب النظام الدولي للوحدات. يعتمد الشغل على مقدار القوة المؤثرة (F) ومقدار الإزاحة (d)، وجيب تمام الزاوية المحصورة بين اتجاهي القوة والإزاحة ($\cos\theta$). **والقدرة:** هي المعدّل الزمني للشغل المبذول، أي إنّها تساوي ناتج قسمة الشغل المبذول (W) على الزمن المستغرق لبذله (Δt). وحدة قياس القدرة هي (J/s)، وتُسمّى واط watt (W) حسب النظام الدولي للوحدات.

2. **استنتج:** رفع ريّان صندوقًا من الطابق الأرضي في مدرسته إلى الطابق الأول خلال (2 min)، بينما احتاج نصر إلى (4 min) ليرفع الصندوق نفسه بين الطابقين. ما العلاقة بين مقدار الشغل الذي بذله كلّ منهما على الصندوق؟ وما العلاقة بين مقداريّ قدرتهما؟

2. مقدارا الشغل الذي بذلاه على الصندوق متساويان؛ لأن الصندوق نفسه (القوة المؤثرة تساوي وزن الصندوق) والإزاحة نفسها. وقدرة ريّان أكبر من قدرة نصر؛ لأن ريّان أنجز الشغل نفسه خلال زمن أقل. لاحظ أن حركة الصندوق تبدأ من السكون في الطابق الأرضي وتنتهي إلى السكون في الطابق الأول وبذلك لا يوجد تغير في الطاقة الحركية.

أسيل حسن

3. **أستعملُ المتغيّرات:** يسحب قتيبة حقيبة سفره بسرعة ثابتة على أرضية أفقية في المطار إزاحة مقدارها (200 m). إذا علمتُ أنّ قوّة السحب تساوي (40 N) باتّجاه يصنع زاوية (53°) على الأفقي؛ فأحسبُ مقدار ما يأتي:

أ. الشغل الذي يبذله قتيبة على الحقيبة.

ب. الشغل الذي تبذله قوّة الاحتكاك الحركي على الحقيبة.

جـ. قدرة قتيبة على سحب الحقيبة؛ إذا استغرق (3 min) لقطع هذه الإزاحة.

أ.

$$W_F = F\, d \cos\theta$$
$$= 40 \times 200 \times \cos 53^\circ$$
$$= 4800\ \text{J} = 4.8 \times 10^3\ \text{J}$$

ب. الحقيبة تتحرك بسرعة متجهة ثابتة، فتكون القوة المحصلة المؤثرة فيها في اتجاه حركتها صفرًا.

$$\sum F_x = F\cos\theta - f_k = 0$$
$$f_k = F\cos 53^\circ = 40 \times \cos 53^\circ = 24\ \text{N}$$

ويكون شغل قوة الاحتكاك الحركي:

$$W_f = f_k\, d \cos\theta$$
$$= 24 \times 200 \times \cos 180^\circ$$
$$= -4800\ \text{J} = -4.8 \times 10^3\ \text{J}$$

جـ.

$$\bar{P} = \frac{W}{\Delta t}$$
$$= \frac{4800}{3 \times 60}$$
$$= 26.67\ \text{watt}$$

4. أستعملُ الأرقام: يرفع محرّك كهربائي مصعدًا كتلته مع حمولته (1800 kg) بسرعة ثابتة مقدارها (1 m/s) من سطح الأرض إلى ارتفاع (80 m). إذا علمتُ أنّ قوّة احتكاك حركي ثابتة مقدارها (3000 N) تؤثّر في المصعد في أثناء رفعه؛ فأحسب مقدار ما يأتي:

أ. الشغل الذي يبذله المحرّك على المصعد.

ب. شغل قوّة الاحتكاك الحركي.

جـ. القدرة المتوسّطة للمحرّك في أثناء رفعه للمصعد.

$$\sum F_y = F - (F_g + f_k) = 0$$
$$F = F_g + f_k = mg + f_k$$
$$F = 1800 \times 10 + 3000 = 21000\ \text{N} = 2.1 \times 10^4\ \text{N}$$

ثم أحسب شغل المحرك.

$$W_F = F\, d \cos\theta$$
$$= 2.1 \times 10^4 \times 80 \times \cos 0^\circ$$
$$= 1.68 \times 10^6\ \text{J}$$

ب.

$$W_f = f_k\, d \cos\theta$$
$$= 3000 \times 80 \times \cos 180^\circ$$
$$= -2.4 \times 10^5\ \text{J}$$

جـ. بما أن المصعد يُرفع بسرعة ثابتة فتكون القدرة المتوسطة مساوية للقدرة اللحظية.

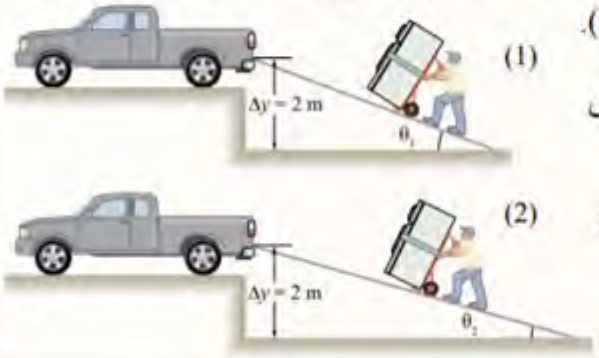
$$P = Fv \cos\theta$$
$$= 2.1 \times 10^4 \times 1 \times \cos 0^\circ = 2.1 \times 10^4\ \text{watt}$$

5. أصدِر حُكمًا: في أثناء دراستي وزميلتي ندى هذا الدرس، قالت: «إنّ الشغل الذي تبذله قوّة الجاذبية على قمر صناعي يتحرّك حركة دائرية منتظمة حول الأرض، يزداد بزيادة كتلة القمر وسرعته المماسّية». أُناقش صحّة قول ندى.

5. القمر الصناعي يتحرك حركة دائرية منتظمة، فتكون القوة المركزية (قوة الجاذبية) المؤثرة في القمر عمودية دائمًا على اتجاه إزاحته عند كل موقع في مساره الدائري؛ أي أن:

$\theta = 90^\circ$، و $\cos 90^\circ = 0$، فيكون شغل قوة الجاذبية الذي تبذله على القمر الصناعي صفرًا.

6. **التفكير الناقد:** يوضّح الشكلان (1 - 2) أدناه، رفع الثلاجة نفسها إلى ارتفاع (2 m) عن سطح الأرض؛ باستعمال مستوى مائل أملس، وألاحظ أنّ ($\theta_1 > \theta_2$).



أ. **أُقارن** بين مقدارَي الشغل المبذول من الرجل في الشكلين (1 - 2). ماذا أستنتج؟

ب. **أُقارن** بين مقداري القوّة المؤثّرة في الثلاجة في الشكلين (1 - 2). ماذا أستنتج؟

أ. مقدارا الشغل المبذول في الشكلين متساويان؛ لأن الارتفاع الرأسي النهائي في الحالتين نفسه، وزيادة طول المستوى المائل (الإزاحة) كان على حساب نقصان مقدار قوة الدفع اللازم تأثيرها في الثلاجة، فلا يتغير مقدار الشغل.

ب. بما أن زاوية ميلان المستوى المائل في الشكل (2) أقل فيكون مقدار القوة اللازم تأثيرها في الثلاجة لدفعها إلى أعلى المستوى بسرعة ثابتة في هذه الحالة أقل منها في الشكل (1). مقدار القوة اللازم تأثيرها في الثلاجة لدفعها بسرعة ثابتة إلى أعلى المستوى المائل يُعطى بالعلاقة: $F = F_g \sin\theta$، فكلّما قلّ ميلان المستوى قلّ مقدار القوة اللازم تأثيرها في الثلاجة.

أسيل حسن &

الدرس الثاني : الطاقة الميكانيكيا

- التعريف الفيزيائي للطاقة : مقدرة الجسم على بذل الشغل
- الوحدة الفيزيائية بالنظام الدولي للوحدات : جول (J)
- نوع الكمية الفيزيائية :كمية قياسية (مقدار فقط دون اتجاه)

➢ تقسم الطاقة الى عدة أنواع منها : 1- الطاقة الحركية 2- طاقة الوضع

1- الطاقة الحركية(KE) : الطاقة المرتبطة بحركة جسم $KE = \frac{1}{2} mv^2$

من حيث	الوحدة الفيزيائية
الكتة (m)	Kg
السرعة(v)	m/s
الطاقة الحركية (KE)	J أو $Kg.m^2/s^2$

➢ العوامل التي تعتمد عليها الطاقة الحركية :

1- الكتلة :تتناسب الطاقة الحركية طرديا مع الكتلة (كلما زادت الكتلة زادت الطاقة)

2- مربع السرعة:تتناسب الطاقة طرديا مع مربع السرعة(كلما زادت السرعة زادت الطاقة)

تكون الطاقة الحركية صفر عندما يكون الجسم ساكن لايتحرك v=0

❖ أنواع الطاقة الحركية بناءا على حركة الجسم :

أ- الطاقة الحركية الخطية : الحركة الخطية للجسم

ب- الطاقة الحركية الدورانية : حركة الجسم حول محور دورانه

مبرهنة الشغل – الطاقة الحركية (الشغل الكلي = الطاقة الحركية)

مثال : عربة كتلتها (m) تتحرك بسرعة متجهة ابتدائية v_i أفترض أن قوة محصلة أفقية خارجية (Fex) اثرت في العربة عندما كانت في الموقع x_i بحيث قطعت ازاحة $d=\Delta x$ فاصبحت سرعتها المتجهة v_f في عند الموقع x_f اثبت ان الشغل يساوي الطاقة الحركية :

$$\sum F_{ext} = ma \rightarrow W_{Total} = \sum F_{ext}.\Delta x = \sum F_{ext}\,\Delta x cos(0^\circ) = ma\,\Delta x$$

$$W_{Total} = ma\,\Delta x$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x \rightarrow a = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2\Delta x}$$

$$W_{Total} = ma\,\Delta x = m\,\Delta x\,(\frac{v_f^2 - v_i^2}{2\Delta x})$$

$$W_{Total} = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = KE_f - KE_i$$

ملاحظات هامة

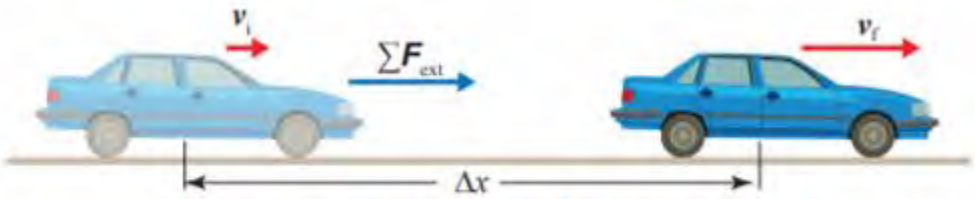
- ويزداد مقدار سرعة جسم عندما يكون الشغل الكلي المبذول عليه موجبا .
  $V_f > V_i$ ← تكون $W=+X$
- الطقة الحركية النهائية أكبر من الطاقة الحركية الابتدائية $KE_f > KE_i$
- ويقل مقدار سرعة جسم عندما يكون الشغل الكلي المبذول عليه سالبا .
  $V_i > V_f$ تكون $W=-X$
- الطاقة الحركية النهائية أقل من الطاقة الحركية الابتدائية $KE_f < KE_i$

ما هو نص مبرهنة (الشغل - الطاقة الحركية) ؟

- الشغل الكلي المبذول على جسم يساوي التغير في طاقته الحركية
- ملاحظة مهمة لايتم استخدام مبرهنة الشغل ولطاقة الحركية في حال كنت الحركة راسية بسبب وجود طاقة الوضع

$$W_{Total} = \Delta KE$$

تتحرّك سيّارة كتلتها (8×10^2 kg) نحو الشرق على طريق أفقي بسرعة مقدارها (15 m/s). ضغط سائقها على دوّاسة الوقود كي يتجاوز سيّارة أخرى، بحيث أصبح مقدار سرعة السيارة (25 m/s) بعد قطعها إزاحة مقدارها (2×10^2 m) من لحظة ضغطه على الدواسة. أنظرُ إلى الشكل (19)، أحسبُ مقدار ما يأتي:



الشكل (19): قوّة محصّلة خارجية تؤثّر في سيّارة تتحرّك نحو اليمين إزاحة مقدارها (Δx).

أ . أحسبُ الطاقة الحركية الابتدائية للسيّارة؛ باستعمال معادلة الطاقة الحركية، كما يأتي:

$$KE_i = \frac{1}{2} m v_i^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 8 \times 10^2 \times (15)^2$$
$$= 9 \times 10^4 \text{ J}$$

ب. أحسبُ التغيّر في الطاقة الحركية للسيّارة، كما يأتي:

$$\Delta KE = KE_f - KE_i = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2$$
$$\Delta KE = \frac{1}{2} m(v_f^2 - v_i^2)$$
$$= \frac{1}{2} \times 8 \times 10^2 \times [(25)^2 - (15)^2]$$
$$= 4 \times 10^2 \times [400]$$
$$= 1.6 \times 10^5 \text{ J}$$

$$W_{Total} = \Delta KE = 1.6 \times 10^5 \text{ J}$$

د. أستعملُ مبرهنة (الشغل – الطاقة الحركية).

$$W_{total} = \sum F_{ext} \Delta x = \Delta KE$$
$$\sum F_{ext} = \frac{\Delta KE}{\Delta x} = \frac{(1.6 \times 10^5)}{(2 \times 10^2)} = 8 \times 10^2 \text{ N}$$

أستعملُ المتغيّرات: سيّارة مخصّصة للسير على الرمال كتلتها (600 kg)، تتحرّك بسرعة مقدارها (28 m/s) في مسار أُفقي، أنظرُ إلى الشكل (20). أثّرت فيها قوّة محصّلة خارجية لفترة زمنية مقدارها (5 s) عملت على تباطؤها بمقدار ($1.6\ m/s^2$). أحسبُ مقدار:

أ - الطاقة الحركية النهائية للسيارة.

$$v_2 = v_1 + at$$
$$= 28 + (-1.6) \times 5$$
$$= 28 + (-1.6) \times 5$$
$$= 20\ m/s$$

$$KE_f = \frac{1}{2}mv_f^2$$
$$= \frac{1}{2} \times 6 \times 10^2 \times (20)^2$$
$$= 1.2 \times 10^5\ J$$

ب - التغير في الطاقة الحركية للسيارة خلال

$$\Delta KE = KE_f - KE_i = 1.2 \times 10^5 - \frac{1}{2}mv_i^2$$

$$\Delta KE = 1.2 \times 10^5 - \frac{1}{2} \times 6 \times 10^2 \times (28)^2$$
$$= 1.2 \times 10^5 - 2.352 \times 10^5$$
$$= -1.152 \times 10^5\ J$$

جـ - شغل القوة المحصلة الخارجية المبذول على السيارة، خلال فترة تأثير هذه القوة.

$$W_{Total} = \Delta KE$$
$$= -1.152 \times 10^5\ J$$

الطاقة الكامنة (طاقة الوضع)

➢ الطاقة الكامنة (طاقة الوضع): هي طاقة مختزنة في نظام مكون من جسمين أو أكثر تأخذ أشكالًا مختلفة وتسمى ايضا بطاقة الارتفاع

❖ وحدة قياس طاقة الوضع : جول (J)

➢ **اشكال طاقة الوضع :**

اشكال الطاقة	سببها
طاقة وضع ناشئة عن الجاذبية	طاقة وضع ناشئة عن الجاذبية
طاقة وضع كهربائية	نتيجة موقع جسم مشحون بالنسبة إلى جسم آخر مشحون
طاقة وضع مرونية	نتيجة تغير شكل الجسم مثل الأجسام المرنة كالنابض
طاقة كيميائية	نتيجة تخزينها في الروابط الكيميائية داخل المادة نفسها

➢ طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية: طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية هي الطاقة المختزنة في نظام (جسم – الأرض) نتيجة موقع الجسم في مجال الجاذبية

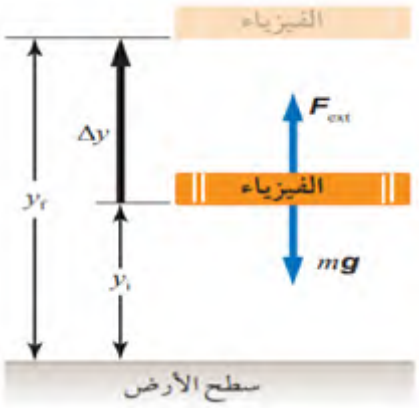
$$W_{F_{ext}} = \Delta PE = PE_f - PE_i = mgy_f - mgy_i = mg\Delta y$$

➢ مبرهنة (الشغل – طاقة وضع الناشئة عن الجاذبية)

مثال : يوضح الشكل نظاما يتكون من الارض وكتاب الفيزياء ذا اثرنا بقوة خارجية F_{ext} في كتاب كتلته (m) لرفع لكتاب رأسيا الى اعلى بسرعة ثبتة من الموقع Y_i الى الموقع Y_f بحيث يقطع ازاحة Δy احسب الشغل الذي نبذله على الكتاب يساوي :

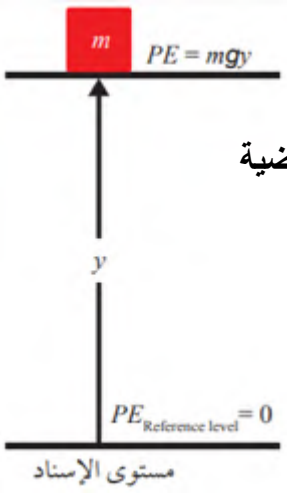
❖ ملاحظة : مقدار القوة الخارجية المؤثرة في الكتاب يساوي

مقدار قوة وزنه لان السرعة ثابتة $F_g=F_{ext}$



$$W_F = F_{ext}\,\Delta y \cos 0^\circ$$
$$= mg\,(y_f - y_i)$$
$$= mg\,y_f - mg\,y_i$$

❖ مستوى الإسناد هو سطح الأرض، إذ طاقة الوضع لأي جسم عنده تساوي صفر لان الارتفاع صفر



- عند رفع جسم كتلته Mالى ارتفاع h عن سطح الأرض فان شغل الجاذبية الارضية

$$W_g = -mgh$$

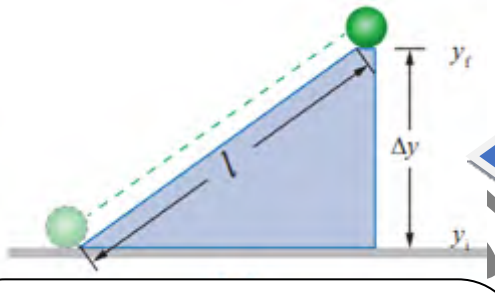
- عندما يسقط جسم كتلته Mمن ارتفاع h على سطح الأرض فان شغل الجاذبية الارضية

$$W_g = mgh$$

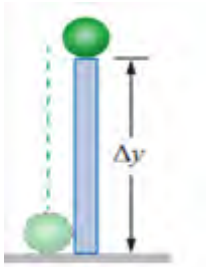
- الجسم الذي يبعد عن سطح الارض مسافة h فإن طاقة وضع الجاذبية له

$$PE = mgh$$

مثال : يبين الشكل طريقتين لرفع الثقل نفسه من الموقع الابتدائي Y_i الى الموقع النهائي Y_f



الشغل متساوي



الشكل (أ) :يتم رفع الجسم رأسيا الى الأعلى بسرعة متجهة ثابتة

الشغل الكلي المبذول على لجسم يساوي طاقة الوضع

$Wg = WFg = -\Delta PE = -(mg\Delta y)$

الشكل (أ) :يتم رفع بمستوى مائل الى الأعلى بسرعة متجهة ثابتة

الشغل الكلي المبذول على الجسم يساوي طاقة الوضع

$Wg = WFg = -\Delta PE = -(mg\Delta y)$

➢ ملاحظة : الشغل المبذول يعتم على التغير في الارتفاع الرأسي بين الموقعين وليس المسار الذي يسلكه الجسم

أحمد العزازمة

مثال (١) : إذا كانت كتلة الصندوق (10 kg)، ورفعته رأسيًا إلى أعلى بسرعة ثابتة من سطح الأرض إلى ارتفاع (9 m) عنه، فأحسبُ مقدار ما يأتي علمًا بأنّ تسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$):

أ- طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية للصندوق عند أقصى ارتفاع عن سطح الأرض.

$$PE_f = mg\,y_f$$
$$= 10 \times 10 \times 9$$
$$= 9 \times 10^2\ J$$

ب- الشغل الذي بذلته قوة الشد لرفع الصندوق إلى أقصى ارتفاع.

$$\sum F_y = ma_y = 0$$
$$F_T - F_g = 0$$
$$F_T = F_g = mg = 10 \times 10 = 10^2\ N$$

$$W_F = F_T \times \Delta y \times \cos\theta$$
$$= 10^2 \times 9 \times \cos 0^\circ$$
$$= 9 \times 10^2\ J = \Delta PE$$

ت- التغير في طاقة وضع الصندوق عند رفعه من سطح الرض إلى أقصى ارتفاع.

$$W_F = \Delta PE = 9 \times 10^2\ J$$

ث- الشغل الذي بذلته قوة الجاذبية في أثناء رفع الصندوق إلى أعلى.

$$W_{Total} = \Delta KE = 0$$
$$W_F + W_g = 0$$
$$W_g = -W_F = -\Delta PE$$
$$= -9 \times 10^2\ J$$

أستنتجُ: إصّيص أزهار كتلته (800 g)، سقط من السكون من ارتفاع (250 cm) عن سطح الأرض. أحسبُ مقدار ما يأتي، علمًا بأنّ تسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$):

أ- طاقة وضعه الناشئة عن الجاذبية، عند أقصى ارتفاع عن سطح الأرض.

أ. أختار سطح الأرض مستوى إسناد لطاقة الوضع، وأحسب طاقة وضع الإصّيص الابتدائية باستخدام معادلة طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية، كما يأتي:

$$PE_i = mgy_i$$
$$= 0.8 \times 10 \times 2.5$$
$$= 20\ J$$

ب- التغير في طاقة وضعه الناشئة عن الجاذبية عند سقوطه.

$$\Delta PE = PE_f - PE_f$$
$$= mg\,(y_f - y_i)$$
$$= 0.8 \times 10 \times (0 - 2.5)$$
$$= -20\ \text{J}$$

ت- شغل قوة الجاذبية المبذول على الإصيص.

$$W_g = -\Delta PE = -(-20) = 20\ \text{J}$$

➢ مقارنة بين طاقة الوضع والطاقة الحركية

وجه المقارنة	طاقة الحركة	طاقة الوضع
التعريف	هي الطاقة التي يمتلكها الجسم نتيجة لحركته.	هي الطاقة التي يمتلكها الجسم نتيجة لوضعه أو حالته.
العلاقة الرياضية	$K.E = \frac{1}{2} m v^2$	$P.E = m g h$
العوامل المؤثرة	تزداد بزيادة كل من: كتلة الجسم (m) سرعة الجسم (v)	تزداد بزيادة كل من: كتلة الجسم (m) الارتفاع عن سطح الأرض (h)
وحدة القياس	الجول	الجول

الطاقة الميكانيكيا (ME)

- الطاقة الميكانيكيا :مجموع الطاقة الحركية وطقة الوضع $ME = KE + PE$
- مبدأ حفظ الطاقة الميكانيكيا :عندما تتحرك قوة قريبا من سطح الارض يكون مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع (الجاذبية) محفوظا ويساوي مقدار ثابت

$$ME = KE + PE = \text{costant}$$

- ماذا يحدث عندما يتغير ارتفاع الكرة :

  - تحول طاقة الوضع إلى طاقة حركية عند حركة الجسم إلى أسفل
  - تتحول الطاقة الحركية الى طاقة وضع عند حركة الجسم إلى أعلى
  - ا تبقى الطاقة الميكانيكية ثابتة مادامت الكرة تتحرك بتأثير الجاذبية فقط

- من الأمثلة على حفظ الطاقة الميكانيكية :
  - ✓ حركة جسيم مشحون في مجال كهربائي.

القوى المحافظة والقوى غير المحافظة

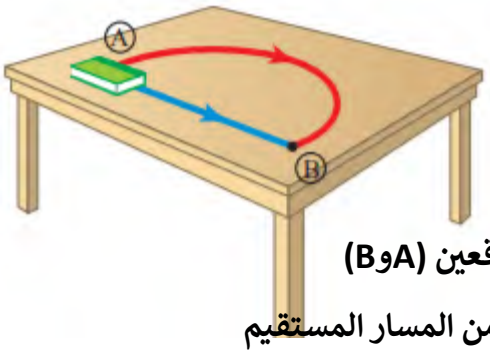
❖ تكون الطاقة الميكانيكية لنظام محفوظة في ظل وجود قوة محافظة فقط

خصائص القوة المحافظة :

- شغلها المبذول على جسم لتحريكه بين أي موقعين، لا يعتمد على المسار الذي يسلكه الجسم بينهما.
- شغلها المبذول على جسم لتحريكه عبر مسار مغلق يساوي صفر

خصائص القوة الغير المحافظة :

- شغلها المبذول على جسم لتحريكه بين أي موقعين، يعتمد على المسار الذي يسلكه الجسم بينهما.
- شغلها المبذول على جسم لتحريكه عبر مسار مغلق لايساوي صفر



❖ مثال توضيحي

ويوضح الشكل اعتماد شغل القوة غير المحافظة على المسار

الشغل الذي تبذله قوة الإحتكاك الحركي عند تحريك الكتاب بين الموقعين (AوB)

على سطح الطاولة الخشن يكون أكبر عبر المسار المنحني لانه أطول من المسار المستقيم

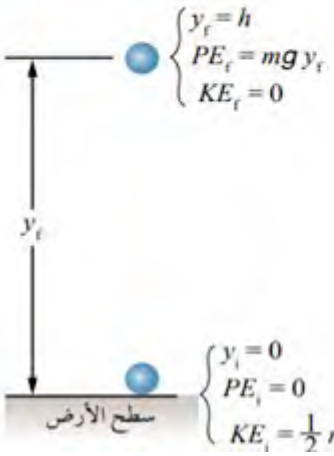
لذلك قوة الإحتكاك قوة محافظة

المقارنة	القوة المحافظة	القوة الغير محافظة
مسار الحركة	لاتعتمد عليه	تعتمد عليه
الشغل عند نقطة البداية	صفر	لتساوي صفر
الطاقة الميكانيكيا	محفوظة	غير محفوظة
الطاقة والشغل	محفوظة وقابلة للاستعادة	غير محفوظة وغير قابلة للاستعادة
مثال	▪ قوة الجاذبية ▪ القوة الكهربائية ▪ القوة المغنطيسية ▪ قوة المرونة	▪ قوة الشد ▪ قوة الاحتكك

❖ **قانون حفظ الطاقة :** $ME_i = ME_f \longrightarrow KE_i + PE_i = KE_f + PE_f$

قذف لاعب كرة كتلتها (300 g) رأسيًا إلى أعلى عن سطح الأرض بسرعة مقدارها (20 m/s)، أنظر إلى الشكل (28). أفترضُ أنه لا يوجد قوى احتكاك، وتسارع السقوط الحر (10 m/s²)، فأحسبُ مقدار ما يأتي للكرة عند وصولها إلى أقصى ارتفاع:

أ . طاقتها الميكانيكية.



أ . الطاقة الميكانيكية محفوظة؛ لا يوجد قوى غير محافظة تبذل شغًل

$$\begin{aligned} ME_f &= ME_i \\ &= KE_i + PE_i \\ &= \frac{1}{2}mv_i^2 + 0 = \frac{1}{2} \times 0.3 \times (20)^2 \\ &= 60\ \text{J} \end{aligned}$$

ب. طاقتها الميكانيكية عند أقصى ارتفاع طاقة وضع فقط:

$$ME_f = KE_f + PE_f = PE_f = 60\ \text{J}$$

أحسبُ التغيّر في طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية للكرة عند وصولها إلى أقصى ارتفاع، كما يأتي:

$$\Delta PE = PE_f - PE_i$$
$$= 60 - 0$$
$$= 60\ \text{J}$$

جـ.أقصى ارتفاع تصله عن سطح الأرض.

$$\Delta PE = PE_f - PE_i$$
$$60 = mg\Delta y = mg\,(y_f - y_i)$$
$$60 = 0.3 \times 10 \times (y_f - 0)$$
$$y_f = 20\ \text{m} = h$$

د.التغير في طاقتها الحركية.

د. لا يوجد قوّة غير محافظة تبذل شغلًا على الكرة؛ لذا، فإنّ التغيّر في طاقتها الحركية، يساوي سالب التغيّر في طاقة وضعها الناشئة عن الجاذبية:

$$\Delta KE = -\Delta PE = -60\ \text{J}$$

هـ. الشغل الذي بذلته قوة الجاذبية عليها.

هـ. الشغل الذي تبذله قوّة الجاذبية على الكرة في أثناء ارتفاعها إلى أعلى، يساوي سالب التغيّر في طاقة وضعها الناشئة عن الجاذبية، ويساوي التغيّر في طاقتها الحركية:

$$W_g = \Delta KE = -\Delta PE$$
$$= -60\ \text{J}$$

❖ اذا قذفت الكرة نفسها بسرعة 15 m/s راسيا الى اعلى عن سطح الارض فأحسب مقدار مايأتي علما بأن تسارع السقوط الحر $10m/s^2$ وبإهمال قوة الاحتكاك :

أ .الطاقة الحركية الابتدائية للكرة.

أ. أختار سطح الأرض مستوى إسناد لطاقة الوضع، فتكون $y_i = 0$ ، وأحسب الطاقة الحركية الابتدائية للكرة كما يأتي:

$$KE_i = ME_i$$
$$= \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2} \times 0.3 \times (15)^2$$
$$= 33.75\ J$$

ب. طاقة الوضع التي اكتسبتها الكرة، عند وصولها إلى أقصى ارتفاع عن سطح الأرض.

ب. الطاقة الميكانيكية للكرة عند أقصى ارتفاع طاقة وضع فقط، وتكون عظمى، وهي تساوي الطاقة الميكانيكية الابتدائية؛ حيث الطاقة الميكانيكية محفوظة:

$$ME_f = KE_f + PE_f = PE_f = 33.75\ J$$

ج-سرعة الكرة لحظة عودتها إلى المستوى نفسه الذي قذفت منه

جـ. بما أن الطاقة الميكانيكية محفوظة، والطاقة الميكانيكية للكرة لحظة قذفها طاقة حركية، فيكون مقدار سرعة الكرة لحظة قذفها مساويًا لمقدار سرعتها لحظة عودتها إلى المستوى الذي قُذفت منه؛ ويساوي 15 m/s.

شغل القوى غير المحافظة

يعبر عن شغل القوة الغير محافظة بالعلاقة الآتية :

$$W_{nc} = \Delta ME$$

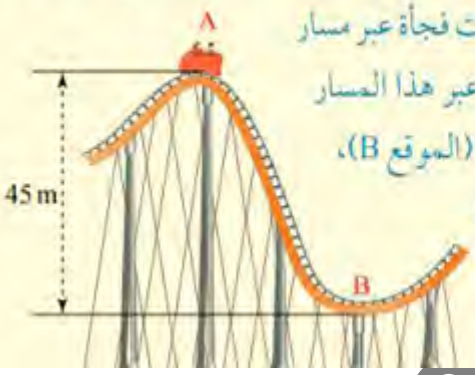
من الامثلة على القوة الغير محافظة :قوة الاحتكاك

$$W_f = \Delta ME = -f_k d$$

❖ **أتحقق: للمحافظة على حركة جسم على مسار خشن، يلزم التأثير فيه بقوة بشكل مستمر. لماذا؟**

✓ **للمحافظة على حركته؛ إذ تعمل قوة االحتكاك الحركي بين سطحي الجسم والمسار على تحويل جزء كبير من الطاقة الحركية للجسم إلى طاقة حرارية ترفع درجة حرارة السطحين المتالمسين؛ لذا يلزم بذل شغل لتعويض الطاقة المبذولة في التغلب على قوة الإحتكاك.**

ذهبت حلا وصديقتها سُرى إلى مدينة الألعاب، حيث ركبتا لعبة الأفعوانية (Roller - coaster). وعندما كانت عربة الأفعوانية تتحرّك بسرعة مقدارها (2 m/s) عند الموقع (A)، هبطت فجأة عبر مسار منحدر خشن طوله (50 m)، بحيث كان التغيّر في الارتفاع الرأسي عبر هذا المسار المنحدر (45 m)، ومقدار سرعة العربة (24 m/s) عند نهاية المسار (الموقع B)، أنظرُ إلى الشكل (30). إذا علمتُ أنّ كتلة عربة الأفعوانية مع ركّابها (3×10^2 kg)، وتسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$)؛ فأحسبُ مقدار ما يأتي عند حركة عربة الأفعوانية من الموقع (A) إلى (B):



أ. التغير في طاقة وضعها الناشئة عن الجاذبية.

$$\Delta PE = PE_f - PE_i$$
$$= mg(y_f - y_i) = 3 \times 10^2 \times 10 \times (0 - 45)$$
$$= -1.35 \times 10^5\ J$$

ب. التغير في طاقتها الحركية.

$$\Delta KE = KE_f - KE_i$$
$$= \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$$
$$= \frac{1}{2} \times 3 \times 10^2 \times [(24)^2 - (2)^2]$$
$$= 8.58 \times 10^4\ J$$

ت. التغير في طاقتها الميكانيكية.

$$ME = KE + PE$$

$$\Delta ME = \Delta KE + \Delta PE$$

$$= 8.58 \times 10^4 + (-1.35 \times 10^5)$$

$$= -4.92 \times 10^4 \text{ J}$$

د. الشغل الذي بذلته قوة الإحتكاك الحركي على العربة، في أثناء حركتها على هذا المسار.

$$W_{nc} = \Delta ME$$

$$W_f = \Delta ME$$

$$= -4.92 \times 10^4 \text{ J}$$

هـ. قوة الإحتكاك الحركي المؤثرة في العربة، في أثناء حركتها على هذا المسار.

$$W_f = \Delta ME = -f_k d$$

$$-4.92 \times 10^4 = -f_k \times 50$$

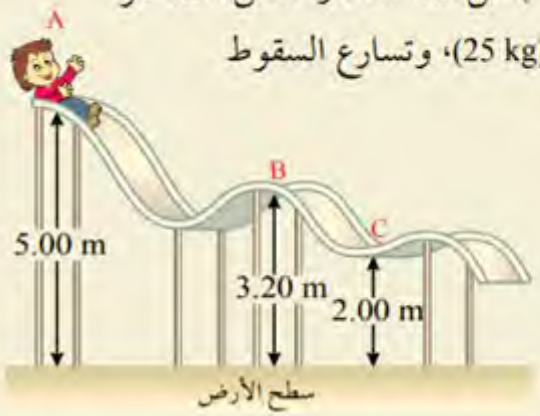
$$f_k = 9.84 \times 10^2 \text{ N}$$

أستنتجُ: ينزلق طفل بدءًا من السكون من الموقع (A) عن قمّة منحدر أملس، كما هو موضّح في الشكل (32). إذا علمتُ أنّ كتلة الطفل (25 kg)، وتسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$)؛ فأحسب مقدار ما يأتي:

أ . سرعة الطفل عند الموقع (B).

ب. الطاقة الحركية للطفل عند الموقع (C).

جـ. شغل قوّة الجاذبية المبذول على الطفل في أثناء انزلاقه من الموقع (A) إلى الموقع (C).



$$ME_A = ME_B$$

$$mgy_A + 0 = mgy_B + \frac{1}{2}mv_B^2$$

$$v_B^2 = 2g\,(y_A - y_B) = 2 \times 10 \times (5 - 3.2) = 36$$

$$v_B = 6 \text{ m/s}$$

أحمد العزازمة

ب.

$$ME_C = ME_A$$
$$mgy_C + KE_C = mgy_A + 0$$
$$KE_C = mg(y_A - y_C) = 25 \times 10 \times (5 - 2)$$
$$= 750\ J$$

جـ. الشغل الذي بذلته قوة الجاذبية على الطفل في أثناء انزلاقه من A إلى C يساوي التغير في طاقته الحركية، ويساوي سالب التغير في طاقة وضعه الناشئة عن الجاذبية.

$$W_{g(A-C)} = \Delta KE = -\Delta PE$$
$$= KE_C - KE_A = 750 - 0$$
$$= 750\ J$$

حلول سئلة الدرس الثاني ص45

1. **الفكرة الرئيسة:** ما المقصود بالطاقة الميكانيكية؟ وعلامَ تنص مبرهنة (الشغل – الطاقة الحركية)؟

1. الطاقة الميكانيكية هي مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع، ويُعبّر عنها بالمعادلة الآتية: $ME = KE + PE$. تنص مبرهنة (الشغل – الطاقة الحركية) على أنّ: "الشغل الكلّي المبذول على جسم يساوي التغيّر في طاقته الحركية".

2. **أحلّل:** في أيّ الحالات الآتية أُطبّق حفظ الطاقة الميكانيكية؟ وفي أيّها لا أُطبّقه؟

أ. قذف كرة تنس في الهواء.

أ. كرة التنس خفيفة ولا يمكن إهمال تأثير مقاومة الهواء في حركتها، لذا لا أطبّق حفظ الطاقة الميكانيكية.

ب. رمي كرة سلة نحو السلة.

ب. لأن كتلة كرة السلة كبيرة فإن تأثير مقاومة الهواء في حركتها يكون مهملًا، وبالتالي أطبّق حفظ الطاقة الميكانيكية.

ج.حركة السيارة على طريق رملي.

جـ. لا يُمكن إهمال تأثير الرمل في إعاقة حركة السيارة، لذا لا أطبّق حفظ الطاقة الميكانيكية.

د. انزلاق قرص فلزي على سطح جليدي أملس.

د. السطح الجليدي أملس، لذا أطبّق حفظ الطاقة الميكانيكية.

3. **أتوقّع**: هل يمكن أن تتغيّر سرعة جسم؛ إذا كان الشغل الكلّي المبذول عليه صفرًا؟

3. لا، لأن أي تغير في السرعة يعني بالضرورة تغيرًا في طاقة الحركة، وهذا لا يتم من دون شغل كلي مبذول على الجسم.

4. **أستعمل المتغيّرات**: كرتان متماثلتان، قُذفت الأولى بسرعة مقدارها (3 m/s)، وقُذفت الثانية بسرعة مقدارها (9 m/s). أجد نسبة الطاقة الحركية للكرة الثانية إلى الطاقة الحركية للكرة الأولى. ماذا أستنتجُ؟

$$\frac{KE_2}{KE_1} = \frac{\frac{1}{2}mv_2{}^2}{\frac{1}{2}mv_1{}^2} = \frac{v_2{}^2}{v_1{}^2}$$

$$= \frac{v_2{}^2}{v_1{}^2} = \frac{(9)^2}{(3)^2} = \frac{81}{9}$$

$$= \frac{9}{1}$$

5. **أحسبُ**: إذا علمتُ أن كتلة سوسن (50 kg)، وتسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$)؛ فأحسبُ مقدار:

ملحوظة: أفترض سطح الأرض مستوى إسناد.

أ. طاقتها الحركية؛ عندما تركض بسرعة مقدارها 3m/s :

$$KE = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 50 \times (3)^2 = 225\ J$$

ب. طاقة وضعها الناشئة عن الجاذبية؛ عندما تجلس في شرفة منزلها التي يبلغ ارتفاعها 8m عن سطح الأرض.

$$PE = mgy = 50 \times 10 \times 8 = 4000\ J = 4\ kJ$$

6. **التفكير الناقد:** يرمي خالد 3 كرات متماثلة من أعلى بناية. إذا رمى الكرات الثلاث بمقدار السرعة الابتدئية نفسه، بالاتّجاهات الموضّحة في الشكل المجاور، فأُرتّب الكرات الثلاث حسب مقادير سرعاتها لحظة وصولها إلى سطح الأرض بإهمال مقاومة الهواء. أُوضّح إجابتي.

6. الإزاحات الرأسية للكرات الثلاث متساوية لحظة وصولها الى سطح الأرض؛ لذا للكرات الثلاث التغير نفسه في طاقة الوضع. والطاقات الحركية الابتدائية للكرات الثلاث متساوية؛ لأنها رُميت بمقدار السرعة الابتدائية نفسه. وبما أنه لا يوجد قوى غير محافظة تبذل شغلًا على الكرات فتكون طاقاتها الميكانيكية متساوية، وبذلك فإن طاقاتها الحركية لحظة وصولها سطح الأرض متساوية، فتكون سرعاتها أيضًا متساوية.

مراجعة اسئلة الوحدة الاولى ص47-50

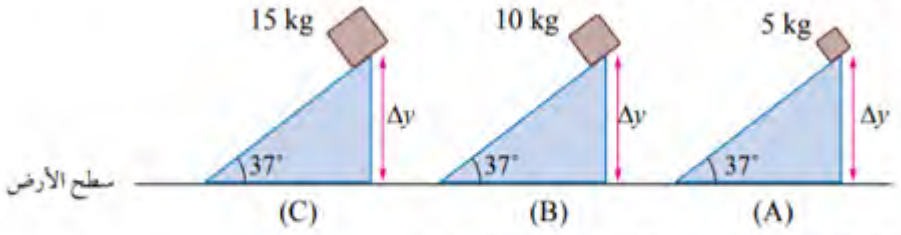
1. أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ جملة ممّا يأتي:

1. الشغل الذي تبذله قوّة مقدارها (1 N) عندما تؤثّر في جسم وتُحرّكه إزاحة مقدارها (1 m) في اتّجاهها، يُسمّى:
أ . النيوتن (N). ب . الجول (J). جـ . الواط (W). د . الحصان (hp).

2. مقدرة الجسم على بذل شغل، تُسمّى:
أ. الطاقة. ب. الشغل. جـ. القدرة. د. القوّة المحصّلة.

3. الطاقة المختزنة في جسم نتيجة موقعه بالنسبة إلى مستوى إسناد، تُسمّى:
أ. الشغل. ب. الطاقة الحركية. جـ. القدرة. د. طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية.

توضّح الأشكال الثلاثة الآتية، انزلاق 3 صناديق مختلفة الكتل من السكون، من الارتفاع نفسه على مستويات مائلة ملساء لها الميل نفسه. أستعينُ بهذه الأشكال للإجابة عن الأسئلة (4 – 7):



4. الصندوق الذي له أكبر طاقة وضع ناشئة عن الجاذبية، هو:
أ . A ب. B جـ . C د . طاقات وضعها جميعها متساوية.

5. الترتيب الصحيح للطاقة الحركية للصناديق الثلاثة لحظة وصولها إلى سطح الأرض، هو:

أ. $KE_A > KE_B > KE_C$ ب. $KE_C > KE_B > KE_A$ جـ. $KE_B > KE_A > KE_C$

د. طاقاتها الحركية جميعها متساوية.

6. الصندوق الذي له أكبر سرعة لحظة وصوله إلى سطح الأرض، هو:

أ. A. ب. B. جـ. C. د. سرعاتها جميعها متساوية.

7. الصندوق الذي يصل إلى سطح الأرض أولًا، هو:

أ. A. ب. B. جـ. C. د. تصل جميعها إلى سطح الأرض في اللحظة نفسها.

8. تكون الطاقة الميكانيكية لجسم يسقط سقوطًا حرًّا عند إهمال مقاومة الهواء:

أ. متزايدة. ب. متناقصة. جـ. ثابتة. د. صفرًا.

9. عندما تؤثّر قوّة في جسم عموديًّا على اتّجاه إزاحته؛ فإنّ شغلها يكون:

أ. موجبًا. ب. سالبًا. جـ. صفرًا. د. موجبًا أو سالبًا.

10. إذا كان شغل قوّة مؤثّرة في جسم بين موقعين، يعتمد على موقعه النهائي وموقعه الابتدائي، ولا يعتمد على المسار الفعلي للحركة؛ فإنّ هذه القوّة توصف بأنّها قوّة:

11. يتحرّك جسم أفقيًّا بسرعة ثابتة مقدارها (5 m/s) شرقًا، ويقطع إزاحة مقدارها (50 m). إنّ الشغل الكلّي المبذول على الجسم خلال هذه الإزاحة يساوي:

أ. 250 J. ب. الطاقة الحركية له. جـ. صفرًا. د. طاقته الميكانيكية.

12. تتحرّك سيّارة بسرعة (15 m/s) شرقًا، بحيث كانت طاقتها الحركية (9×10^4 J). إذا تحرّكت السيارة غربًا بالسرعة نفسها؛ فإنّ مقدار طاقتها الحركية يساوي:

أ. 9×10^4 J ب. -9×10^4 J جـ. 18×10^4 J د. 0 J

13. يركض محمد بسرعة مقدارها (3 m/s). إذا ضاعف مقدار سرعته مرّتين؛ فإنّ طاقته الحركية:

أ. تتضاعف مرّتين. ب. تتضاعف 4 مرّات. جـ. تقلّ بمقدار النصف. د. تقلّ بمقدار الربع.

14. يحمل عدنان صندوقًا وزنه (200 N) ويسير به أفقيًّا بسرعة ثابتة إزاحة مقدارها (10 m). إنّ مقدار الشغل الذي يبذله عدنان على الصندوق خلال هذه الإزاحة يساوي:

أ. 0 J ب. 2 J جـ. 200 J د. 2000 J

15. إذا كان الشغل الكلّي المبذول على جسم يساوي صفرًا، فهذا يعني أنّ الجسم:

أ. ساكن أو متحرّك بسرعة ثابتة. ب. ساكن أو متحرّك بتسارع ثابت.

جـ. ساكن أو يتحرّك إلى أسفل بتسارع. د. ساكن أو يتحرّك إلى أعلى بتسارع.

2. أُفسّر إذا كان يُبذل شغل أم لا في الحالات الآتية:

أ. تحمل هند حقيبتها، وتصعد بها إلى شقتها في الطابق الثاني.

أ. تبذل هند شغلًا موجبًا على الحقيبة من خلال تأثيرها بقوة إلى أعلى في الحقيبة بعكس وزنها، كما تبذل هند شغلًا موجبًا ضد قوة الجاذبية المؤثرة فيها. بينما تبذل قوة الجاذبية شغلًا سالبًا على كلٍ من: هند والحقيبة.

ب. يرفع ياسر حقيبة كتبه رأسيًا إلى أعلى عن سطح الأرض.

ب. يبذل ياسر شغلًا موجبًا على الحقيبة من خلال تأثيره بقوة إلى أعلى في الحقيبة بعكس وزنها، بينما تبذل قوة الجاذبية شغلًا سالبًا على الحقيبة.

جـ. تسير سارة أفقيًّا وهي تحمل حقيبة كتبها بين يديها.

جـ. لا يُبذل شغل على الحقيبة؛ لأن اتجاه قوة سارة (إلى أعلى) واتجاه قوة الجاذبية (إلى أسفل) المؤثرتين في الحقيبة متعامدتان مع اتجاه الإزاحة. تبذل كل من سارة وقوة الجاذبية شغلًا عند رفع سارة لرجلها عن سطح الأرض وعند إنزالها لها، بينما لا يُبذل شغل خلال الحركة الأفقية.

د. تحاول ليلى دفع الأريكة، ولا تستطيع تحريكها من مكانها.

د. لا تبذل ليلى شغلًا على الأريكة؛ لأنه لا يوجد إزاحة في اتجاه قوة دفع ليلى.

3. أوضّح هل يُمكن لطاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية أن تكون سالبة.

3. نعم؛ لأن طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية تعتمد على اختيارنا لمستوى الإسناد، فعندما يكون الجسم أسفل مستوى الإسناد فإن طاقة الوضع بالنسبة لمستو الإسناد تكون سالبة.

4. أصدر حُكمًا: في أثناء دراستي وزميلتي أسماء لمبرهنة (الشغل – الطاقة الحركية)، قالت: "إنّ الشغل الكلّي المبذول على جسم يساوي طاقته الحركية النهائية". أناقش صحة قول أسماء.

4. لا يكون الشغل الكلي المبذول على جسم مساويًا لطاقته الحركية النهائية دائمًا، بل يساوي التغير في طاقته الحركية. والشغل الكلي المبذول على جسم يساوي طاقته الحركية النهائية فقط عندما يبدأ الجسم حركته من السكون.

5. أحلّل: قُذفت كرة رأسيًّا إلى أعلى من سطح الأرض. عند أيّ ارتفاع يكون مقدار سرعتها مساويًا نصف مقدار سرعتها الابتدائية؟ أُفسّر إجابتي.

5. أفترض أن هذا الارتفاع هو (y)، والطاقة الميكانيكية عند هذا الارتفاع (ME_y) تساوي الطاقة الميكانيكية الابتدائية (ME_i) وتساوي الطاقة الميكانيكية عند أقصى ارتفاع (ME_f). وأقصى ارتفاع تصله الكرة (h).

$$KE_y = \frac{1}{2}mv_y^2 = \frac{1}{2}m(\frac{1}{2}v_i)^2 = \frac{1}{4}\left(\frac{1}{2}mv_i^2\right) = \frac{1}{4}KE_i = \frac{1}{4}PE_f$$

$$ME_y = ME_i = ME_f$$

$$PE_y + KE_y = PE_f$$

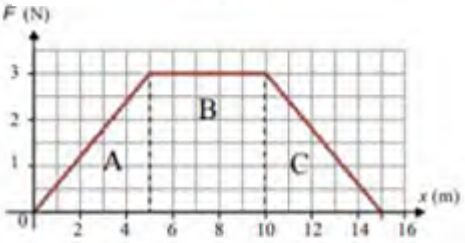
$$PE_y + \frac{1}{4}PE_f = PE_f$$

$$PE_y = \frac{3}{4}PE_f$$

$$mgy = \frac{3}{4}(mgh)$$

$$y = \frac{3}{4}h$$

6. أفسّر البيانات: أثّرت قوّة محصّلة متغيّرة في جسم كتلته (10 kg)، فحرّكته من السكون إزاحة مقدارها (15 m)، كما هو موضّح في الشكل المجاور. أحسبُ مقدار ما يأتي:



منحنى (القوّة - الإزاحة) لقوّة محصلة متغيّرة تؤثّر في جسم.

أ . الشغل الذي بذلته القوة المحصلة خلال 5m الأولى من بداية حركة الجسم

$$W_{0-5} = A$$

$$= \frac{1}{2} \times (5-0) \times 3$$

$$= 7.5\,J$$

ب.سرعة الجسم في نهاية الإزاحة 10m

$$W_{\text{Total }(0-10)} = \Delta KE$$

$$A + B = \frac{1}{2} m v_B^2$$

$$7.5 + (10-5) \times 3 = \frac{1}{2} \times 10 \times v_B^2$$

$$v_B^2 = 4.5$$

$$v_B = 2.12 \text{ m/s}$$

جـ. الشغل الذي بذلته القوة المحصلة خلال الإزاحة كاملة (الشغل الكلي)

$$W_{0-15} = \frac{1}{2} \times [(15-0) + (10-5)] \times 3$$

$$= \frac{1}{2} \times (15+5) \times 3$$

$$= 30 \text{ J}$$

7. أستعمل الأرقام: سيّارة كتلتها (8×10^2 kg) تصعد تلًّا طوله (5×10^2 m) بسرعة ثابتة مقدارها (25 m/s)، وتؤثّر فيها قوى احتكاك (5×10^2 N). إذا كانت زاوية ميلان التلّ على الأُفقي (15°)؛ فأحسبُ مقدار ما يأتي:

أ. القوّة التي يؤثّر بها محرّك السيارة.

ب. قدرة المحرّك اللازمة كي تصعد السيارة التلّ بهذه السرعة.

أ. رمز قوة محرك السيارة (F).

$$\Sigma F_{ext} = 0$$

$$F - F_g \sin\theta - f_k = 0$$

$$F = mg \sin\theta + f_k$$

$$= 8 \times 10^2 \times 10 \times \sin 15^\circ + 5 \times 10^2$$

$$= 2.57 \times 10^3 \text{ N}$$

ب.

$$P = Fv \cos\theta = 2.57 \times 10^3 \times 25 \times \cos 0^\circ = 6.425 \times 10^4 \text{ W}$$

أحمد العزازمة

8. **أستعمل الأرقام:** يجرّ قارب سفينة بحبل يصنع زاوية (25°) أسفل الأفقي بسرعة ثابتة إزاحة مقدارها (2×10^2 m) بقوّة شدّ مقدارها (2×10^3 N). إذا كان الحبل مهمل الكتلة وغير قابل للاستطالة؛ فأحسبُ مقدار ما يأتي:

أ. الشغل الذي يبذله القارب على السفينة.

ب. الشغل الذي تبذله القوى المعيقة المؤثّرة في السفينة.

أ.

$$W_T = F_T\, d \cos\theta = 2 \times 10^3 \times 2 \times 10^2 \times \cos 25^\circ = 3.64 \times 10^5 \text{ J}$$

ب. باستخدام مبرهنة (الشغل – الطاقة الحركية).

$$W_{\text{Total}} = \Delta KE = 0$$

$$W_T + W_f = 0$$

$$W_f = -W_T = -3.64 \times 10^5 \text{ J}$$

الأرض. فاستخدم مستوى مائلًا طوله (2 m) يميل على الأفقي بزاوية (30°)، ودفع الصندوق إلى أعلى المستوى المائل بقوّة موازية للمستوى بسرعة ثابتة. إذا كان مقدار قوّة الاحتكاك الحركي المؤثّرة في الصندوق (100 N)؛ فأحسبُ مقدار ما يأتي:

أ. الشغل الذي بذلته قوّة الاحتكاك على الصندوق.

ب. الشغل الذي بذله موسى على الصندوق.

أ.

$$W_f = f_k \times d \times \cos 180^\circ$$
$$= 100 \times 2 \times (-1) = -200 \text{ J}$$

ب. يوجد قوى غير محافظة مؤثرة في الصندوق تبذل شغلًا عليه، إذن الطاقة الميكانيكية غير محفوظة.

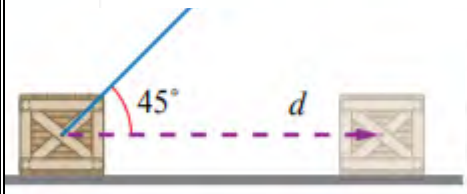
ودُفع الصندوق بقوة (F) موازية للمستوى المائل بسرعة ثابتة (لا يوجد تغير في الطاقة الحركية).

$$W_{nc} = \Delta ME$$
$$W_F + W_f = \Delta ME$$
$$W_F = \Delta KE + \Delta PE - W_f$$
$$W_F = 0 + mg\Delta y - (-200)$$
$$= 100 \times 10 \times 1 + 200$$
$$= 1.2 \times 10^3 \text{ J}$$

جـ.

$$W_g = -\Delta PE$$
$$= -(mg\Delta y)$$
$$= -100 \times 10 \times 1$$
$$= -1 \times 10^3 \text{ J}$$

10. أستعمل الأرقام: تسحب ناديا صندوقًا كتلته (50 kg) على سطح أفقي خشن بحبل يميل على الأفقي بزاوية (45°) إزاحة مقدارها (15 m)، كما هو موضّح في الشكل المجاور. إذا علمتُ أنّ مقدار قوّة الشدّ في الحبل (200 N)، واكتسب الصندوق تسارعًا مقداره ($0.3\ m/s^2$)؛ فأحسبُ مقدار ما يأتي:



سحب صندوق على سطح أفقي خشن.

أ. الشغل الذي بذلته ناديا على الصندوق.

ب. التغيّر في الطاقة الحركية للصندوق.

جـ. الشغل الذي بذلته قوّة الاحتكاك الحركي على الصندوق.

د. الشغل الكلّي المبذول على الصندوق.

أ. الشغل الذي بذلته ناديا على الصندوق.

$$W_F = F_T\ \Delta x\ \cos 45^\circ$$
$$= 2 \times 10^2 \times 15 \times 0.71$$
$$= 2.13 \times 10^3 \text{ J}$$

ب. أحسب سرعة الصندوق في نهاية الإزاحة.

$$v_f^2 = v_i^2 + 2a\Delta x$$
$$v_f^2 = (0)^2 + 2 \times 0.3 \times 15$$
$$v_f = 3 \text{ m/s}$$

ثم أحسب التغير في طاقته الحركية.

$$= \frac{1}{2} \times 50 \times (9 - 0)$$

جـ.

$$W_{\text{Total}} = \Delta KE$$
$$W_F + W_f = \Delta KE$$
$$W_f = \Delta KE - W_F$$
$$W_f = 225 - 2.13 \times 10^3$$
$$= -1.905 \times 10^3 \text{ J}$$

د.

$$W_{\text{Total}} = \Delta KE = 225 \text{ J}$$

11. **أستنتج:** مصعد كتلته مع حمولته (2×10^3 kg)، يُرفع بمحرّك كهربائي من سطح الأرض إلى ارتفاع (60 m) عن سطحها بسرعة ثابتة مقدارها (1 m/s). وتؤثر فيه في أثناء حركته إلى أعلى قوّة احتكاك حركي ثابتة مقدارها (2×10^3 N)، أحسبُ مقدار ما يأتي:

أ. الشغل الذي يبذله المحرك على المصعد :

$$\sum F = 0$$
$$F_T - F_g - f_k = 0$$
$$F_T = F_g + f_k = mg + f_k = 2 \times 10^3 \times 10 + 2 \times 10^3 = 2.2 \times 10^4 \text{ N}$$
$$W_F = F_T \, d \cos 0^\circ$$
$$= 2.2 \times 10^4 \times 60$$
$$= 1.32 \times 10^6 \text{ J}$$

ب . شغل قوة الإحتكاك الحركي

$$W_f = f_k \, d \cos 180^\circ$$
$$W_f = -f_k \, d$$
$$= -2 \times 10^3 \times 60$$
$$= -1.2 \times 10^5 \text{ J}$$

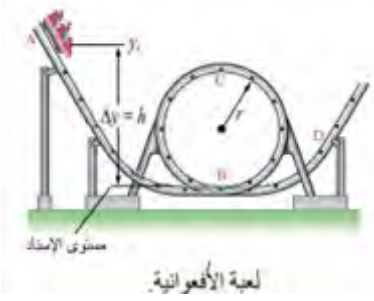
جـ . قدرة المحرك.

$$P = F_T \, v \sin\theta = 2.2 \times 10^4 \times 1 \times \sin 90^\circ = 2.2 \times 10^4 \text{ W}$$

د . التغيّر في الطاقة الميكانيكية للمصعد.

$$\Delta ME = \Delta KE + \Delta PE = 0 + mg\Delta y$$
$$= 2 \times 10^3 \times 10 \times 60$$
$$= 1.2 \times 10^5 \text{ J}$$

12. **التفكير الناقد:** يوضّح الشكل المجاور العوانيه كتلة عربتها (2×10^3 kg) تتحرّك من السكون من تل ارتفاعه (60 m) (الموقع A) إلى أسفل التل على مسار مهمل الاحتكاك، وتمرّ في أثناء ذلك بمسار دائري رأسي عند الموقع (B) على شكل حلقة نصف قطرها (20 m) وتكمل مسارها مارّة بالموقع (D). أستعينُ بالشكل المجاور لأحسب مقدار ما يأتي:



لعبة الأفعوانية

أ. سرعة عربة الأفعوانية عند الموقع (B).

ب. سرعة عربة الأفعوانية عند الموقع (C).

جـ. الشغل الكلّي المبذول على العربة في أثناء حركتها من الموقع (B) إلى الموقع (C).

د. الطاقة الميكانيكية لعربة الأفعوانية عند الموقع (D).

أ. الطاقة الميكانيكية للعربة محفوظة لعدم وجود قوى غير محافظة تبذل شغلًا عليها. لذا فإن:

$$ME_A = ME_B$$

$$KE_A + PE_A = KE_B + PE_B$$

$$\frac{1}{2}mv_A^2 + mgy_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgy_B$$

$$0 + \cancel{2 \times 10^2} \times 10 \times 60 = \frac{1}{2} \times \cancel{2 \times 10^2} \times v_B^2 + 0$$

$$v_B^2 = 1200$$

$$v_B = 34.6\ \text{m/s}$$

ب.

$$ME_A = ME_B = = ME_C$$

$$KE_A + PE_A = KE_C + PE_C$$

$$2 \times 10^2 \times 10 \times 60 = \frac{1}{2}mv_C^2 + mgy_C$$

$$\cancel{2 \times 10^2} \times 10 \times 60 = \frac{1}{2} \times \cancel{2 \times 10^2} \times v_C^2 + \cancel{2 \times 10^2} \times 10 \times 40$$

جـ. القوة الوحيدة المؤثرة في العربة التي تبذل شغلًا عليها هي قوة الجاذبية، وهي قوة محافظة. ويكون شغلها المبذول على العربة مساويًا سالب التغير في طاقة وضع العربة الناشئ عن الجاذبية، ويساوي أيضًا التغير في طاقتها الحركية.

v_C^2 :

$v_C =$

$$W_g = -\Delta PE = -(PE_C - PE_B) = -mg(y_C - y_B)$$

د. الطاقة الميكانيكية للعربة محفوظة لعدم وجود قوى غير محافظة تبذل شغلًا عليها، لذا فإن:

$$ME_A = ME_D$$

$$= KE_A + PE_A$$

$$= \frac{1}{2}mv_A^2 + mgy_A = 0 + 2 \times 10^2 \times 10 \times 60 = 1.4 \times 10^5 \text{ J}$$

13. ينزلق طفل كتلته (40 kg) بدءًا من السكون من قمة منزلق مائي أملس طوله (1×10^2 m) وارتفاعه (30 m) عن سطح الأرض، انظرْ إلى الشكل المجاور. أجيب عمّا يأتي:

أ . أحسب مقدار الطاقة الميكانيكية للطفل عند قمة المنزلق

$$ME_A = PE_A + KE_A$$

$$= mgy_A + 0 = 40 \times 10 \times 30$$

$$= 1.2 \times 10^4 \text{ J}$$

ب. أحسب مقدار الطاقة الحركية الطفل عند نهاية المنزلق

ب. بالرمز إلى نهاية المنزلق بالرمز (B). وطاقة الوضع للطفل عندها تساوي صفرًا؛ لأنه عند مستوى الإسناد. ولا يوجد قوة احتكاك؛ فتكون الطاقة الميكانيكية محفوظة.

$$ME_A = ME_B = 1.2 \times 10^4 \text{ J} = PE_B + KE_B$$

$$0 + KE_B = 1.2 \times 10^4 \text{ J}$$

$$KE_B = 1.2 \times 10^4 \text{ J}$$

جـ. أحسب مقدار سرعة الطفل عند نهاية المنزلق

$$KE_B = 1.2 \times 10^4 \text{ J}$$

$$\frac{1}{2}mv_f^2 = 1.2 \times 10^4$$

$$v_f^2 = \frac{2 \times 1.2 \times 10^4}{40} = 600$$

أحمد العزازمة

د . أحسبّ مقدار شغل قوة الجاذبية المبذول على الطفل، في أثناءّ انزلاقه من قمة المنزلق إلى أسفله.

$$W_g = -\Delta PE = -(PE_B - PE_A) = -(0 - mgy_A)$$
$$= 1.2 \times 10^4 \text{ J}$$

ه.هل يؤثر طول المنزلق في سرعة الطفل عند نهايته؟فسر جابتك

هـ. لا يؤثر طول المنزلق في سرعة الطفل عند نهايته؛ لأنه لا يوجد قوى غير محافظة تبذل شغلًا عليه، فتكون الطاقة الميكانيكية محفوظة، ولا تتغير طاقته الحركية عند وصوله نهاية المنزلق بتغير طول المنزلق.

أحمد العزازمة & أسيل حسن