حسب المنهاج الجديد

منصة تلاخيص منهاج أردني تقدم للكم

# النيرد في مادة الفيزياء

## الوحدة الأولى من مادة الفيزياء الصف الأول ثانوي

الأستاذ معاذ أبو يحيى والأستاذ عز الدين أبو رمان

يمكنكم متابعة شروحاتنا والتواصل معنا من خلال :

0795360003 مدرسة الفيزياء مدرسة الفيزياء

# مقدمة الكورس

بسم الله، والصلاة والسلام على خير معلم الناس الخير نبينا محمد وعلى آله وصحبة أجمعين، أما بعد :

مدرسة الفيزياء فكرةٌ قد بدأناها في السنة الماضية واليوم نُكمل المسيرَ معكم في المنهاج الجديد لمادة الفيزياء للصف الأول ثانوي علمي وصناعي، أردنا ألا نكون رقمًا عاديا سهلًا كما هو حال الكثيرين للآسف وإنما حدث مميز وذكرى تُخلد في ذاكرة كل طالب ومعلم وولي أمر.

اليوم أكاد أجزم وأنا كُلّي ثقة بأن ملفاتنا هي الأولى من نوعها التي تُعطي كل هذا الاهتمام والشمولية والتنوع لمادة جديدة ليست من مواد مرحلة التوجيهي وهذا العمل واللهِ ليس شطارةً وإبداعاً منا وإنما من فضل وتوفيق الله تعالى لنا ودعاء احبتنا بالخير لنا.

في هذا الكورس قُمنا بترتيب طرح المواضيع والمحتوى والأفكار وإضافة ملاحظات وشروحات لأساليب حل الأسئلة وطريقة التعامل معها ورسومات توضيحية ملونة ومُصممة خصيصًا لهذا الكورس، وقُمنا بجمع وإضافة أسئلة وتدريبات على مختلف أفكار المادة وحل أسئلة فكر والواجبات والتمارين الواردة في الكتاب المدرسي، وفي نهاية كل درس وضعنا لكم مُرفق حل أسئلة الدروس وحل أسئلة الوحدة حتى نتمم عليكم كل ما تحتاجونه في المادة وكل ما هو لازم لحصول الطالب على العلامة الكاملة.

في النهاية نسأل الله للجميع العلم النافع والعمل الصالح والتوفيق والسداد والإخلاص والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته.

أ.معاذ أمجد أبو يحيى ، أ.عز الدين أبو رمان

---

# محتويات الكورس

## الوحدة الأولى : الشغل والطاقة

الدرس الأول : الشغل والقدرة ..... 4

حلول أسئلة الدرس الأول ..... 22

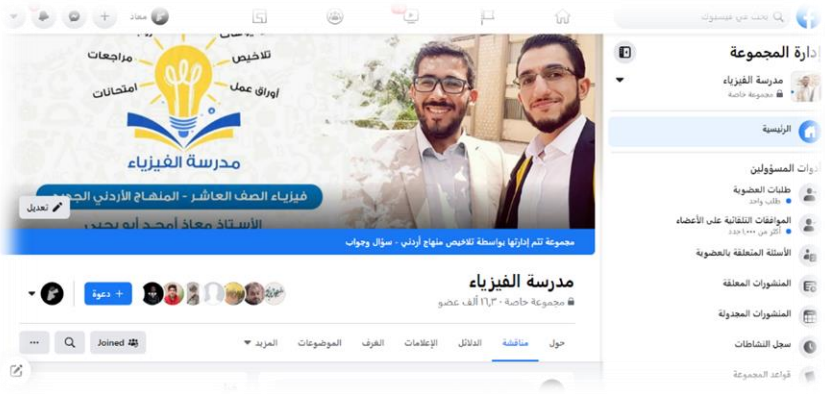
الدرس الثاني : الطاقة الميكانيكية ..... 25

حلول أسئلة الدرس الثاني ..... 50

حلول أسئلة الوحدة الأولى ..... 52

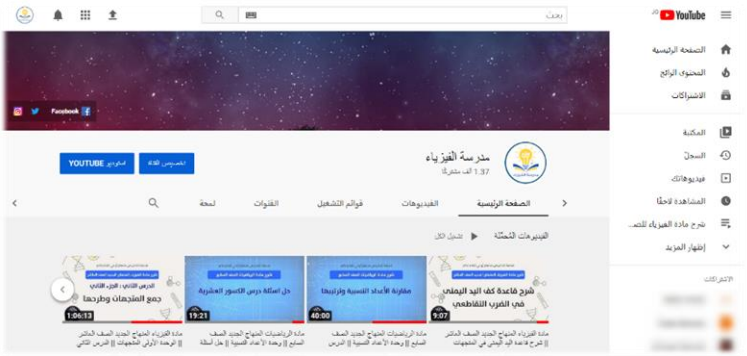
## تابعونا على مجموعة مدرسة الفيزياء على الفيس بوك :

تجدون فيها كل ما يخص المادة من أوراق عمل وامتحانات وشروحات




## تابعونا على قناة مدرسة الفيزياء على اليوتيوب :

تجدون فيها شرح جميع دروس المادة وحل أسئلة المادة

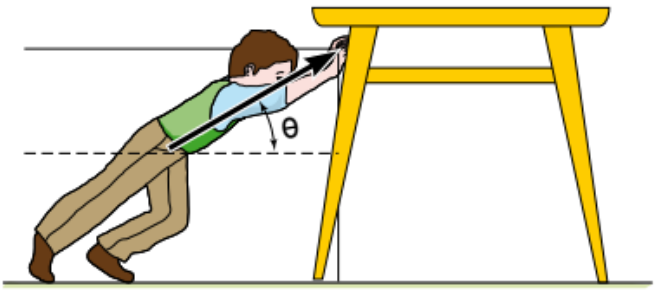


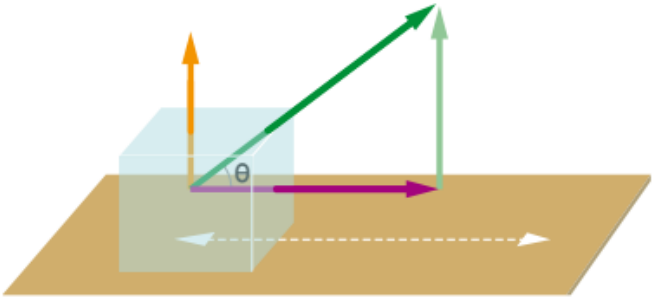

## تابعونا على منصة تلاخيص منهاج أردني على الفيس بوك :

تجدون فيها تلاخيص وشروحات المواد الدراسية لمختلف الصفوف

الوحدة الأولى من مادة فيزياء الصف الأول ثانوي

# الشغل والطاقة




## ▪ ما تحتاجه قبل البداية:

☑ أساس رياضي جيد للعمليات الحسابية على الأعداد الصحيحة والعشرية.
☑ أساس رياضي جيد للعمليات الحسابية على الأسس والجذور.
☑ معرفة ممتازة في إجراء القسمة الطويلة للأعداد الصحيحة والعشرية.
☑ معرفة ممتازة في مهارات التعويض والترتيب وإيجاد الكمية المجهولة.
☑ معرفة جيدة في مفهوم المتجهات والضرب القياسي.
☑ معرفة جيدة في تطبيقات قوانين نيوتن من تحليل القوة والمركبات وإيجاد المحصلة.

# الوحدة الأولى : الشغل والطاقة

## الدرس الأول : الشغل والقدرة

**سؤال** **ما هو التعريف الفيزيائي للشغل ؟**

كمية فيزيائية ناتجة عن الضرب القياسي لمتجه القوة المؤثرة في جسم ما في متجه إزاحة الجسم.

$$W = F.d = Fdcos(\theta)$$

الزاوية بين متجه القوة والإزاحة : $\theta$ ، الإزاحة التي تحركها الجسم : $d$ ، القوة المؤثرة في الجسم : $F$

- الشغل بشكل عام هو نتاج قوة تؤثر في الأجسام.
- يُقاس الشغل بوحدة الجول (J) joule حسب النظام الدولي للوحدات.

**يتم تقسيم الشغل من حيث القوة المؤثرة في الجسم إلى :**

1. الشغل الذي تبذله قوة أو عدة قوى ثابتة.
2. الشغل الذي تبذله قوة متغيرة.

**ملاحظات مهمة**

- متجه الإزاحة دائما يكون مع اتجاه حركة الجسم.
- نلاحظ في الشكل اتجاه قوة دفع الشخص للسيارة ومتجه الإزاحة وكلاهما في نفس الاتجاه.
- الوحدة المكافئة للجول هي (N.m)
- نلاحظ أن الشغل كمية قياسية ليس لها اتجاه.

**سؤال** **وضح ما هو المقصود بـ "الجول" ؟**

الشغل الذي تبذله قوة مقدارها (1 N) عندما تؤثر في جسم وتحركه إزاحة مقدارها (1 m) في اتجاهها.

جيمس بريسكوت جول ( 1818 -1889 م): فيزيائيّ إنجليزيّ له اكتشافات مهمّة، منها ،قانون التسخين في الموصل الكهربائي، وأبحاث عديدة في الكهرباء والمغناطيسيّة ولعلّ أشهر أعماله هو تعيين المكافئ الميكانيكيّ للحرارة، وسُميّت وحدة الطاقة باسمه (Joule)الجول .

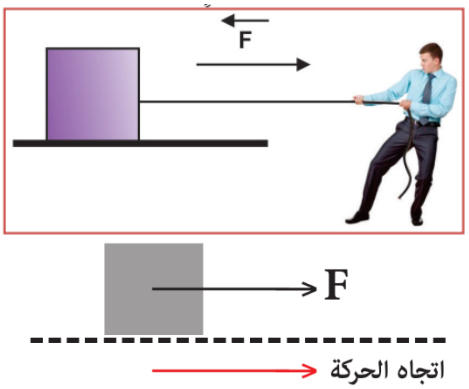
# الشغل الذي تبذله قوة ثابتة

## ■ حساب الشغل المبذول من قبل قوة ثابتة بالطريقة المباشرة :

- يتم التعويض بشكل مباشر في قانون الشغل مع مراعاة الزاوية بين متجه القوة ومتجه الإزاحة عند التعويض في القانون.
- هذه الطريقة الأسرع والأفضل لحساب الشغل وهي المعتمدة في الكتاب المدرسي.

**سؤال** سحب رجل صندوقًا كتلته (15 kg) ، إزاحة(d = 4m) بقوة (400 N) نحو اليمين على سطح أفقي (أملس) كما في الشكل المجاور.

أحسب الشغل الذي يبذله الرجل ؟



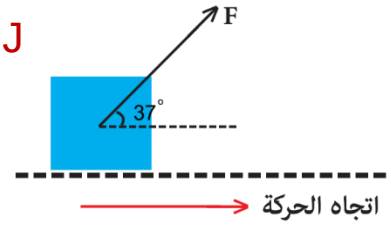

$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 400\times4\times\cos(0)$

$W_F = 400\times4\times1 = 1600\ J$

**سؤال** في الشكل المجاور جد الشغل الذي يبذله الحصان الذي يجر عربة إلى اليمين بقوة مقدارها (400 N) وتميل عن الأفقي بزاوية ($37^o$) مسافة (3 m).

$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 400\times3\times\cos(37^o)$

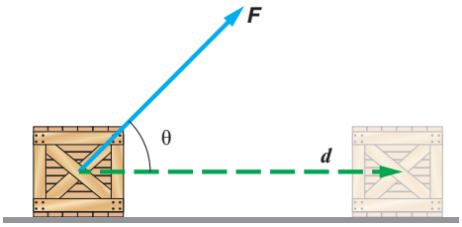
$W_F = 400\times3\times0.8 = 960\ J$

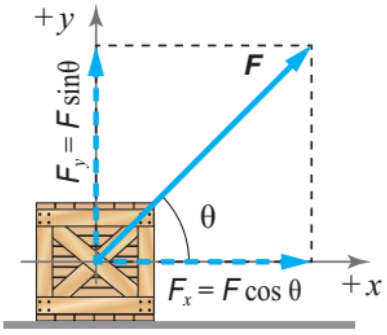



## ■ حساب الشغل المبذول من قبل قوة ثابتة بطريقة تحليل المركبات :

- إذا كانت القوة غير مُنطبقة على المحاور نقوم بتحليل متجه القوة المؤثرة إلى مركبتيه (مركبة أفقية) و (مركبة عمودية) ثم نقوم بحساب المبذول من قبل كل مركبة.
- المركبة الموازية لاتجاه الإزاحة هي التي تبذل شغلًا أما المركبة العمودية (تصنع زاوية $90^o$) مع اتجاه الإزاحة لا تبذل شغلًا لعدم وجود إزاحة في اتجاهها.
- مقدار الشغل الكلي المبذول في هذه الحالة هو ناتج الجمع الجبري للشغل المبذول من قبل المركبة العمودية والشغل المبذول من قبل المركبة الأفقية.

**سؤال** يسحب شاب صندوقًا مسافة (20 m) على أرضية أفقية بقوة مقدارها (50 N) تميل عن الأفق بزاوية مقدارها ($37^o$) كما في الشكل ، جد مقدار الشغل الذي يبذله الشاب في سحب الصندوق مستخدمًا طريقة التحليل؟




$F_y = Fsin\theta \rightarrow F_y = 50\times\sin(37^o) = 30$ N

$F_x = Fcos\theta \rightarrow F_x = 50\times\cos(37^o) = 40$ N

$W_{F_x} = F_x d cos\theta \rightarrow W_{F_x} = 40\times20\times\cos(0)$

$W_{F_x} = 40\times20\times1 = 800$ J

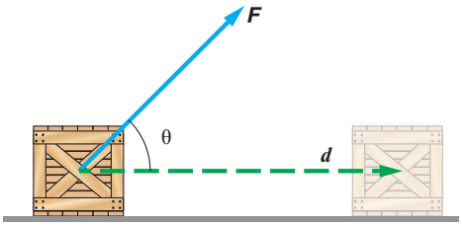
$W_{F_y} = F_y d cos\theta \rightarrow W_{F_y} = 30\times20\times\cos(90)$

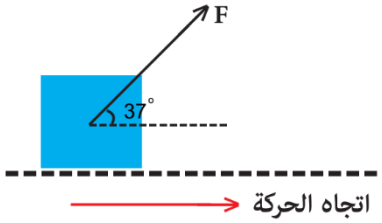
$W_{F_y} = 40\times20\times0 = 0$ J

$W_F = W_{F_x} + W_{F_y} = 800 + 0 = 800$ J

---

**سؤال** يسحب شاب صندوقًا مسافة (20 m) على أرضية أفقية بقوة مقدارها (50 N) تميل عن الأفق بزاوية مقدارها ($37^o$) كما في الشكل ، جد مقدار الشغل الذي يبذله الشاب في سحب الصندوق ؟




سنقوم الآن باستخدام طريقة الحل المباشر أسهل وأسرع !

$W_F = Fdcos\theta \rightarrow W_F = 50\times20\times\cos(37^o)$

$W_F = 50\times20\times0.8 = 800$ J

نلاحظ أن النتيجة هي نفسها في النهاية

---

## ✪ حالات خاصة يتم ملاحظتها في معادلة حساب الشغل :

❶ الحالة الأولى : القوة الخارجية المؤثرة في نفس اتجاه إزاحة الجسم.

❷ الحالة الثانية : القوة الخارجية المؤثرة بعكس اتجاه إزاحة الجسم.

❸ الحالة الثالثة : القوة الخارجية المؤثرة عمودية على اتجاه إزاحة الجسم.

## ❶ الحالة الأولى : القوة الخارجية المؤثرة في نفس اتجاه إزاحة الجسم.

- تكون الزاوية المحصورة بين القوة الخارجية المؤثرة ومتجه الإزاحة تساوي صفر وبالتالي ($\cos(0^o) = 1$).

$$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = +Fd$$

- يكون الشغل المبذول موجبا وهو في أقصى (أكبر) قيمة له في هذه الحالة.
- توضح الصورة مثال عملي على هذه الحالة حيث متجه القوة في نفس اتجاه متجه الإزاحة والحركة.

## ❷ الحالة الثانية : القوة الخارجية المؤثرة بعكس اتجاه إزاحة الجسم.

- تكون الزاوية المحصورة بين القوة الخارجية المؤثرة ومتجه الإزاحة تساوي ($180^o$) وبالتالي ($\cos(180^o) = -1$).

$$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = -Fd$$

- من الأمثلة على القوى التي تبذل شغلًا سالبا : قوة الاحتكاك الحركي وقوة الجاذبية عند رفع جسم إلى الأعلى.

## ❸ الحالة الثالثة : القوة الخارجية المؤثرة عمودية على اتجاه إزاحة الجسم.

- تكون الزاوية المحصورة بين القوة الخارجية المؤثرة ومتجه الإزاحة تساوي ($90^o$) وبالتالي ($\cos(90^o) = 0$).

$$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 0$$

- الشغل المبذول من القوة الخارجية المؤثرة ينعدم في هذه الحالة.
- من الأمثلة على القوى التي ينعدم فيها الشغل : القوة المركزية المؤثرة على قمر صناعي يتحرك حركة دائرية منتظمة حول الأرض.

**سؤال** **هل الشغل كمية أساسية أم مشتقة ؟ وضح ذلك ..**

كمية مشتقة لأنها ناتجة من الضرب القياسي لمتجهي القوة والإزاحة.

$$W_F = Fd\cos\theta$$

$d \rightarrow$ كمية أساسية ، $F \rightarrow$ كمية مشتقة

**أتحقَّقُ: متى يكون شغل قوة سالبًا ؟ ومتى يكون شغلها صفرًا ؟**

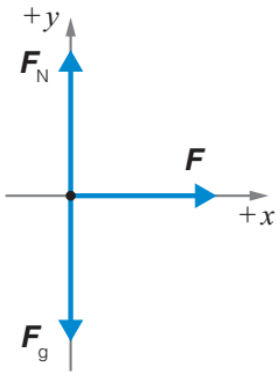
إذا كانت القوة المؤثرة معاكسة لمتجه الإزاحة يكون الشغل سالبا وإذا كانت القوة المؤثرة عمودية على متجه الإزاحة يكون الشغل صفرًا.

**دن دن موشي (1)**

**أثّرت قوتان متساويتان في جسم لتحريكه المسافة نفسها، فكان الشغل الناتج لكل منهما مختلفًا.**

**فسر سبب ذلك !؟**

**سؤال** دفعت شفاء مزهرية تستقر على سطح طاولة أفقي أملس بقوة مقدارها (10 N) ، إزاحة أفقية مقدارها (1.6 m). أحسب مقدار شغل القوة في الحالتين الآتيتين :

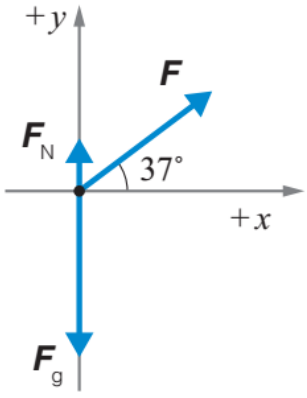



**أ - إذا كانت القوة في اتجاه الإزاحة نفسه.**

نقوم برسم مخطط الجسم الحر للمزهرية لحل السؤال..

$$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 10\times1.6\times\cos(0)$$

$$W_F = 10\times1.6\times1 = 16\ J$$




**ب - إذا كانت القوة تصنع زاوية ($37^o$) مع اتجاه الإزاحة.**

نقوم برسم مخطط الجسم الحر للمزهرية في هذه الحالة لحل السؤال..

$$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 10\times1.6\times\cos(37^o)$$

$$W_F = 10\times1.6\times0.8 = 12.8\ J$$

**تدريب** يسحب بحار قاربًا مسافة (40 m) في اتجاه الشمال مستخدمًا حبلاً يميل بزاوية ($30^o$) فوق المحور الأفقي. احسب مقدار الشغل الذي يبذله البحار على القارب إذا أثر بقوة مقدارها (110 N) في الحبل.

# الشغل الذي تبذله عدة قوى ثابتة

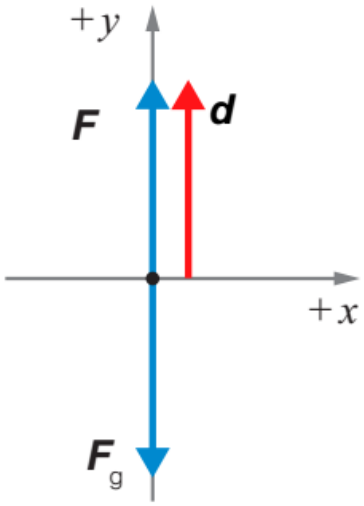
## ■ حساب الشغل المبذول من قبل عدة قوى ثابتة :

- في هذه الحالة نقوم بحساب الشغل لعدة قوى خارجية ثابتة تؤثر في الجسم.
- نقوم بإيجاد الشغل الخاص بكل قوة ثم نحسب الشغل الكلي المبذول بإيجاد ناتج الجمع الجبري لشغل القوى جميعها.

$$W_{TOT} = W_1 + W_2 + W_3 + \ldots = F_{net} d \cos\theta$$

$$W_{TOT} = F_1 d_1 \cos\theta_1 + F_2 d_2 \cos\theta_2 + F_3 d_3 \cos\theta_3 + \ldots$$

**سؤال** **يساعد خالد والدته على ترتيب المنزل ، وفي أثناء ذلك يرفع صندوقًا عن سطح الأرض رأسيا إلى أعلى بسرعة ثابتة إلى ارتفاع (1.5 m) ، إذا علمت أن كتلة الصندوق (5 kg) ، وتسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$) ، فأحسب مقدار الشغل :**




**أ - الذي يبذله خالد على الصندوق.**

بما أن سرعة رفع الصندوق ثابتة إذن محصلة القوى على المحور العمودي تساوي صفر ومن خلالها نستطيع إيجاد مقدار القوة.

$$\sum F_y = ma = 0 \rightarrow F - F_g = 0$$
$$F = F_g = mg = 5\times10 = 50\ N$$
$$W_F = F d \cos\theta \rightarrow W_F = 50\times1.5\times\cos(0^o)$$
$$W_F = 50\times1.5\times1 = 75\ J$$

**ب - الذي تبذله قوة الجاذبية على الصندوق.**

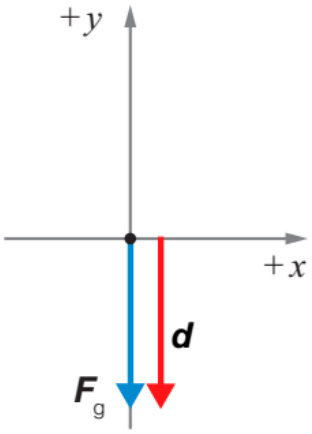
$$F_g = mg = 5\times10 = 50\ N$$
$$W_{F_g} = F_g d \cos\theta \rightarrow W_{F_g} = 50\times1.5\times\cos(180^o)$$
$$W_{F_g} = 50\times1.5\times-1 = -75\ J$$

**جـ - الكلي المبذول على الصندوق.**

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

**د - الذي تبذله قوة الجاذبية على الصندوق إذا سقط الصندوق من الارتفاع نفسه نحو سطح الأرض.**

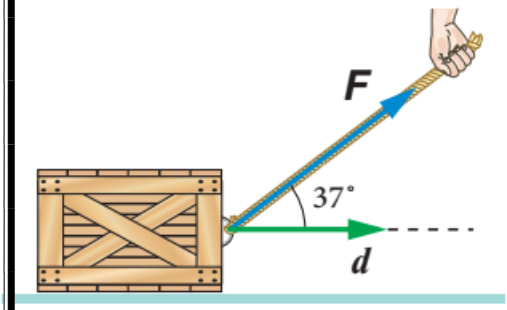
في أثناء سقوط الصندوق تكون القوة المحصلة المؤثرة فيه هي قوة الجاذبية ويكون اتجاه الإزاحة إلى الأسفل أي أن الزاوية بين متجه الوزن ومتجه الإزاحة ($0^o$).




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

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

**تمرين** **يسحب محمد صندوقًا كتلته (20 kg) على سطح أفقي أملس إزاحة مقدارها (5 m) ، بواسطة حبل يميل على الأفقي بزاوية مقدارها ($37^o$)، كما هو موضح في الشكل. إذا علمت أن مقدار قوة الشد في الحبل (140 N)، فأحسب مقدار الشغل الذي :**




**أ - بذله محمد على الصندوق.**

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

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

**ب - بذلته قوة الجاذبية على الصندوق.**

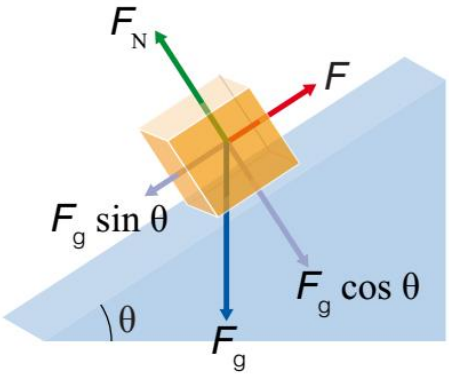
$$F_g = mg = 20\times10 = 200\ N$$

$$W_{F_g} = F_g d\cos\theta \rightarrow W_{F_g} = 200\times5\times\cos(90^o) = 200\times5\times0 = 0\ J$$

**تدريب** **ما أقصى ارتفاع تصل إليه كرة كتلتها (2.5 kg) قُذفت رأسيا إلى الأعلى. إذا كان الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية الأرضية من لحظة قذفها حتى وصولها إلى أقصى ارتفاع يساوي (-80 J).**

**تدريب** **ما مقدار الشغل المبذول على مكنسة كهربائية تُجر مسافة (40 cm) بقوة مقدارها (60 N) بزاوية ($60^o$) ؟**

**سؤال** استخدم عامل مستوىً مائلاً أملس طوله (5 m)، ويرتفع طرفه عن سطح الأرض (3 m)، لسحب صندوق كتلته (40 kg) بسرعة ثابتة كما في الشكل. احسب :




**أ - الشغل الذي بذله العامل لرفع الصندوق إلى أعلى السطح.**

المطلوب هو حساب الشغل المبذول من قبل العامل لذلك يجب معرفة مقدار القوة وبما أن السرعة ثابتة تكون محصلة القوى تساوي صفرًا وبالتالي من خلال قوانين نيوتن نستطيع معرفة مقدار القوة.

$m = 40\ kg\ ,\ d = 5\ m$

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

$F = F_g sin\theta = mgsin\theta = 40\times10\times(\frac{3}{5}) = 240\ N$

$W_F = Fdcos\theta \rightarrow W_F = 240\times5\times cos(0^o)$

$W_F = 240\times5\times1 = 1200\ J$

**ب - شغل قوة الجاذبية الأرضية (الوزن) في أثناء رفع الصندوق.**

$W_{F_{gx}} = F_{gx}dcos\theta = (mgsin\theta)dcos\theta$

$W_{F_{gx}} = 40\times10\times(\frac{3}{5})\times5\times cos(180^o) = -1200\ J$

$W_{F_{gy}} = F_{gy}dcos\theta = (mgcos\theta)dcos\theta$

$W_{F_{gy}} = 40\times10\times(\frac{4}{5})\times5\times cos(90^o) = 0\ J$

$W_{F_g} = W_{F_{gx}} + W_{F_{gy}} = -1200\ J + 0 = -1200\ J$

**جـ - الشغل الكلي على الصندوق.**

$\sum F_y = ma = 0 \rightarrow F_N - F_{gy} = 0 \rightarrow F_N = F_{gy} = 320\ N$

$\rightarrow W_{F_N} = F_N dcos\theta = 320\times5\times cos(90^o) = 0\ J$

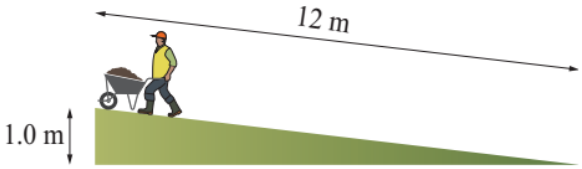
$W_{TOT} = W_{F_{gx}} + W_{F_{gx}} + W_F + W_{F_N} = -1200\ J + 0 + 1200\ J + 0$

$W_{TOT} = 0\ J$

**دن دن موشي (2)**

**هل يمكن التعميم أنه إذا تحرك جسم بسرعة ثابتة تحت تأثير مجموعة قوى فإن الشغل الكلي المبذول على الجسم يساوي صفرًا ؟ فسر إجابتك..**

**تمرين** يدفع عامل عربة بناء وزنها مع حمولتها (440 N) إلى أعلى مستوى مائل طوله (12 m). إذا كان مقدار القوة المحصلة المؤثرة في العربة (60 N) في اتجاه موازٍ للمستوى المائل، كما هو موضح في الشكل ، فأحسب مقدار ما يأتي مستعينًا بالبيانات المثبتة في الشكل :

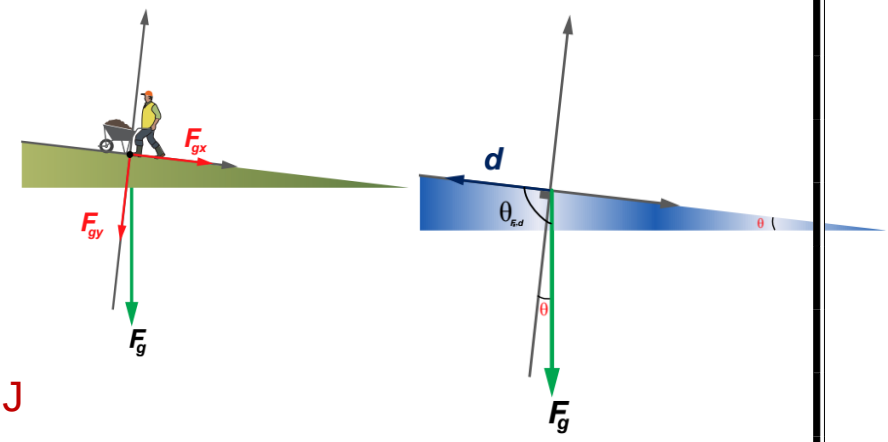



**أ - الشغل الكلي المبذول على العربة عند وصولها إلى نهاية المستوى المائل.**

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

**ب - الشغل الذي بذلته قوة الجاذبية على العربة.**

$$W_{F_g} = F_g d\cos(\theta_{F_g\&d})$$
$$\theta_{F_g\&d} = \theta + 90^o$$
$$\theta_{F_g\&d} = sin^{-1}(\frac{1}{12}) + 90^o$$
$$\theta_{F_g\&d} = 4.78 + 90^o = 94.78^o$$
$$W_{F_g} = 440\times12\times\cos(94.78^o)$$
$$W_{F_g} = 440\times12\times-0.0833 = -440\ J$$




**ملاحظات مهمة**

✪ نلاحظ أنه يمكننا حساب الشغل الكلي المبذول على الجسم بطريقة مباشرة من خلال معرفة المتجه المحصل للقوى المؤثرة على الجسم.

أو من خلال حساب الشغل المبذول من قبل كل قوة ثم نقوم بحساب الشغل الكلي المبذول من خلال الجمع الجبري.

✓ أتحقَّقُ: **كيف أحسب شغل عدة قوى خارجية ثابتة تؤثر في جسم ؟**

من خلال حساب شغل كل قوة بشكل منفرد ثم نقوم بالجمع الجبري لها.

# أسئلة إضافية وإثرائية

## ? سـؤال

يمسك معاذ صندوقًا كتلته تساوي (m kg) مشى مسافة (d m) بسرعة ثابتة تساوي (v m/s). فاحسب مقدار الشغل الذي يبذله معاذ على الصندوق بالجول.

## ? سـؤال

دفع صندوق وزنه (800 N) إلى أعلى مستوى مائل طوله (4 m) ، إذا علمت أنهُ يلزم بذل شغل كلي مقداره (3200 J) ليصل الصندوق إلى أعلى المستوى الذي يرتفع بمقدار (2 m) عن القاعدة. فما مقدار قوة الاحتكاك المؤثرة على الصندوق. (افترض أن الصندوق يبدأ من السكون وينتهي عن السكون)

## ? سـؤال

توجد ثمانية كتب على طاولة مسطحة، يبلغ سمك كل منها (4.6 cm) وكتلته (1.8 kg) فأحسب مقدار الشغل المطلوب لتكديسها بعضها فوق بعض.

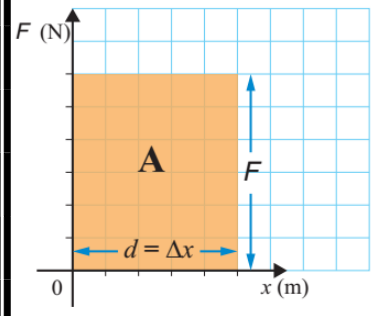
## ? سـؤال

صندوق في حالة سكون كتلته (5 kg) تؤثر عليه قوة مقدارها (40 N) تميل بزاوية ($65^o$) فوق المستوى الأفقي، إذا علمت أن مقدار قوة الاحتكاك المؤثرة في الصندوق يساوي (15 N) والمسافة التي تحركها الصندوق (45 m)، فأحسب مقدار الشغل الكلي المبذول على الصندوق.

# الشغل الذي تبذله قوة متغيرة

## ■ حساب الشغل المبذول من قبل قوة ثابتة (رياضيًا وبيانيًا):

- يمكننا استعمال معادلة الشغل ( $W = Fdcos\theta$ ) لحساب الشغل المبذول من قوة ثابتة.
- يمكننا حساب الشغل المبذول من قبل قوة ثابتة باستخدام الطريقة البيانية في حساب الشغل.



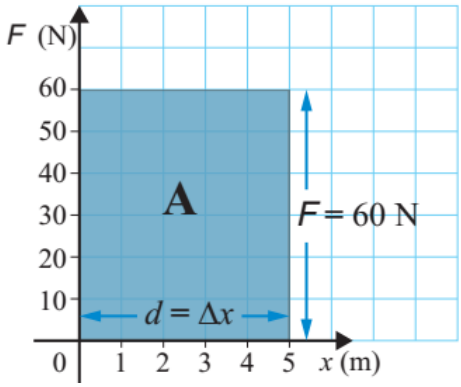

- يمثل الشكل الآتي منحى (القوة–الإزاحة) وهو يمثل العلاقة البيانية بين القوة الخارجية الثابتة والإزاحة.
- المساحة المحصورة بين منحنى (القوة–الإزاحة) و محور الإزاحة تساوي عدديًا الشغل المبذول من قبل القوة الثابتة في أثناء إزاحتها.

$W_F = Fdcos\theta$ = مساحة المستطيل = الطول × العرض

**ملاحظات مهمة**

- يمثل الشغل الذي تبذله قوة ثابتة في جسم بمساحة المستطيل تحت الخط البياني لمنحنى (القوة–الإزاحة) ويكون المنحنى خطًا مستقيمًا أفقيًا يوازي محور الإزاحة.

**سؤال** أثرت قوة ثابتة في جسم فحركته إزاحة مقدارها (5 m)، كما هو موضح في الشكل. أحسب مقدار الشغل الذي بذلته القوة الثابتة.



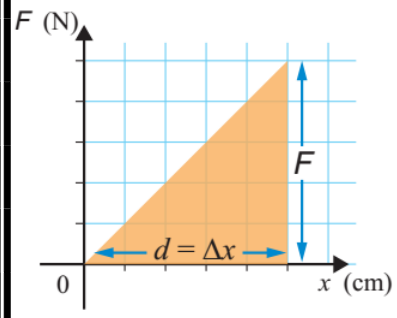

$W_F = Area = 60 \times 5 = 300$ J

**ملاحظات مهمة**

- يجب مراعاة أن الشغل يكون موجبا إذا كان الشكل فوق محور ($x$) ويكون سالبا إذا كان تحت محور ($x$).
- يجب مراعاة أن وحدة الكميات الفيزيائية الموجودة على المحاور هي الأساسية المعتمدة دوليا.

## ■ حساب الشغل المبذول من قبل قوة متغيرة (بيانيًا) :

- لا يمكننا استعمال معادلة الشغل الذي تبذله قوة ثابتة لحساب الشغل الذي تبذله قوة متغيرة.
- الطريقة المعتمدة في هذا الكتاب لحساب الشغل المبذول من قبل قوة متغيرة هي الطريقة البيانية في حساب الشغل.




- المساحة المحصورة بين منحنى (القوة–الإزاحة) و محور الإزاحة حسب شكلها الهندسي (مثلث ، مستطيل ، ...) تساوي عدديًا الشغل المبذول من قبل القوة المتغيرة في أثناء إزاحتها.

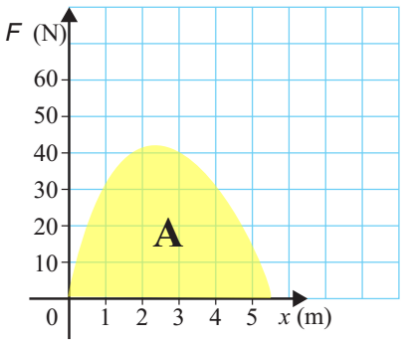
$$W_F = \text{مساحة الشكل الهندسي} \neq Fd\cos\theta$$

- يمكننا تقسيم المساحة المحصورة إلى عدة مساحات ذات أشكال هندسية منتظمة ثم نقوم بحساب مجموع هذه المساحات.

- يمكننا استخدام التكامل لإيجاد مساحة الأشكال الهندسية التي لا يمكننا تقسيمها لأشكال منتظمة لإيجاد الشغل المبذول على الجسم بواسطة قوة متغيرة.

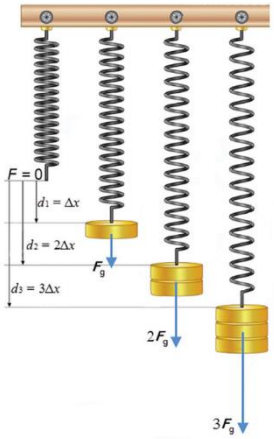
$$W_F = \int F_x . dx$$

لكن في هذا المنهاج نحن غير مُطالبين باستخدام التكامل لحساب المساحة الموجودة أسفل المنحنى في التمثيل البياني لأن مساحة الأشكال الهندسية في كتابنا المدرسي يمكن حساب مساحتها من خلال عملية التقسيم وهو المطلوب فقط.




- يمثل الشكل الآتي شكل هندسي لا يمكن تقسيمه لأشكال هندسية منتظمة وبالتالي نستخدم التكامل لإيجاد مساحته.

- من الأمثلة على القوة المتغيرة : القوة اللازمة لشد نابض وقوة المرونة في نابض.



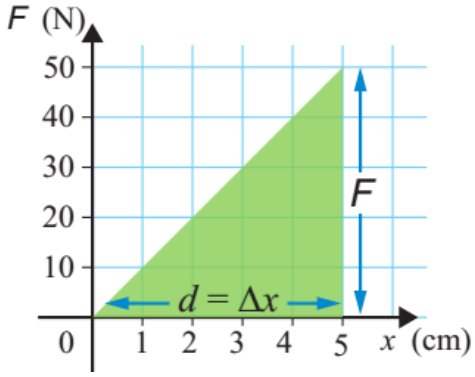

- عند شد نابض أو ضغطه نلاحظ تغير مقدار القوة المؤثرة فيه باستمرار فلزيادة استطالة النابض يلزم زيادة مقدار القوة المؤثرة فيه والعكس صحيح.

- وبالتالي يتناسب مقدار القوة اللازم تأثيرها في نابض لزيادة استطالته طرديا مع مقدار الاستطالة.

**ملاحظات مهمة**

✪ يجب مراعاة المحاور والكميات الفيزيائية الموجودة عليها ما إذا كانت أساسية ومعتمدة أم محولة ونحتاج لتجهيزها.

**سؤال** مستعينًا بالشكل الآتي ، احسب شغل القوة المؤثرة في النابض ، عند استطالته إزاحة مقدارها (50 cm) ؟

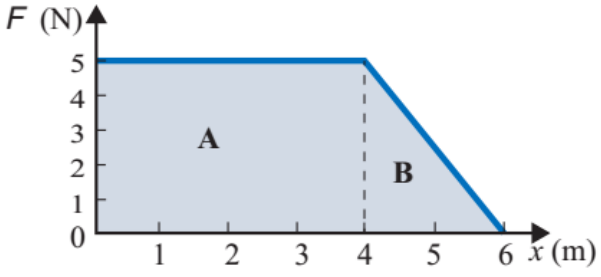



$$W_F = \text{مساحة المثلث} = \frac{1}{2} \times \text{القاعدة} \times \text{الارتفاع}$$

$$W_F = Area = \frac{1}{2} \times (5 \times 10^{-2}) \times 50 = 1.25 \text{ J}$$

---

**سؤال** أثرت قوة متغيرة في جسم فحركته إزاحة مقدارها (6 m)، كما هو موضح في الشكل. أحسب الشغل الذي بذلته القوة المحصلة :




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

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

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

$$W_{(4-6)} = Area\ of\ A = \frac{1}{2} \times 2 \times 5 = 5 \text{ J}$$

جـ - خلال فترة الإزاحة كاملة (الشغل الكلي).

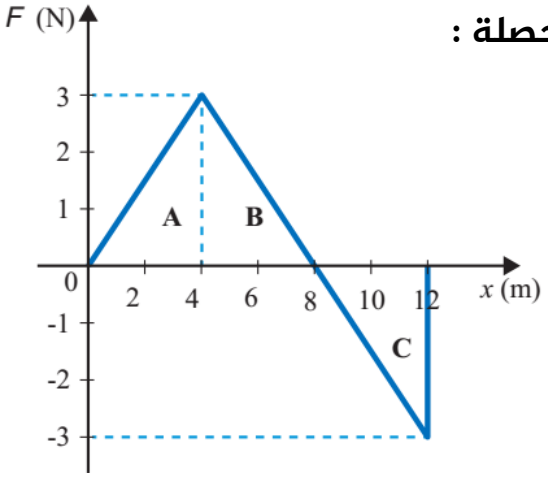
$$W_{(Total)} = W_{(0-2)} + W_{(4-6)} = 20 + 5 = 25 \text{ J}$$

جـ - أين كانت القوة ثابتة المقدار ؟

خلال الإزاحة بين الموقعين (0 m) و (4 m).

---

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




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

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

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

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

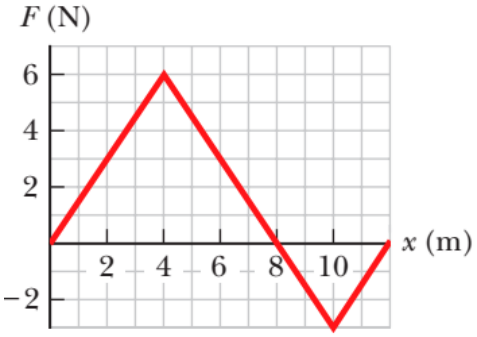
جـ - عند حركة الجسم من الموقع (8 m) إلى الموقع (12 m).

$$W_{(8-12)} = Area\ of\ C = \frac{1}{2}\times4\times3 = -6\ J$$

د - خلال فترة الإزاحة كاملة (الشغل الكلي).

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

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




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

$$W_{(0-4)} = \frac{1}{2}\times4\times6 = 12\ J$$

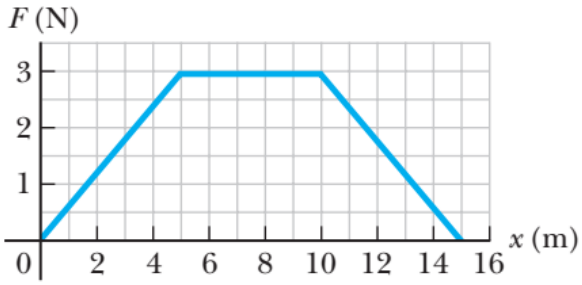
ب - عند حركة الجسم من الموقع (2 m) إلى الموقع (8 m).

$$W_{(2-8)} = W_{(0-8)} - W_{(0-2)} = \frac{1}{2}\times8\times6 - \frac{1}{2}\times2\times3 = 24 - 3 = 21\ J$$

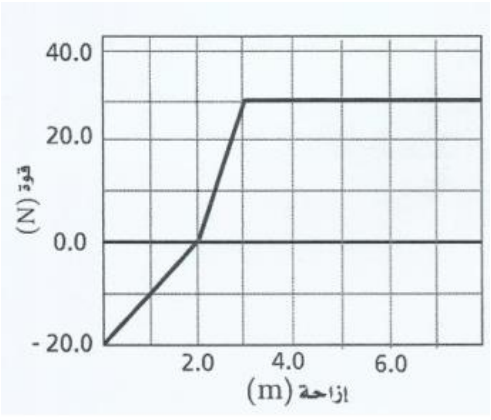
جـ - خلال فترة الإزاحة كاملة (الشغل الكلي).

$$W_{(Total)} = W_{(0-8)} + W_{(8-12)} = \frac{1}{2}\times8\times6 + \frac{1}{2}\times4\times3 = 24 + -6 = 18\ J$$

**تدريب** أثرت قوة متغيرة في جسم فحركته إزاحة مقدارها (15 m)، كما هو موضح في الشكل. أحسب الشغل الذي بذلته القوة المحصلة خلال فترة الإزاحة كاملة (الشغل الكلي) :




**تدريب** يوضح الرسم البياني منحنى (القوة - الإزاحة) لعملية سحب جسم. احسب الشغل المبذول لسحب الجسم مسافة (7 m) :



# القدرة والشغل

**سؤال** وضح ما هو المقصود بالقدرة ؟

المعدل الزمني للشغل المبذول، وهي تساوي ناتج قسمة الشغل المبذول ($W$) على الزمن المستغرق لبذله ($\Delta t$).

- يمكننا استعمال المعادلة الآتية لحساب القدرة المتوسطة :

$$P = \frac{W}{\Delta t}$$

الشغل المبذول : $W$ ، الزمن المستغرق لبذل الشغل : $\Delta t$ ، القدرة المتوسطة : $P$

- وحدة قياس القدرة هي ( $J/s$ ) وتسمى واط ( $watt$ ) أو (W) حسب النظام الدولي للوحدات.
- تقاس القدرة بوحدة أخرى وهي الكيلو واط (kW) لأن الواط وحدة صغيرة لقياسها.
- أيضا نستعمل وحدة الحصان [$Horse\ power$] (hp) لقياس القدرة.

## ■ تحويلات هامة في القدرة :

$$1\ hp = 746\ watt$$

$$1\ kW = 1000\ watt$$

**سؤال** وضح ما هو المقصود بـوحدة "الواط" ؟

قدرة آلة أو جاهز تبذل شغلًا مقداره (1J) خلال فترة زمنية مقدارها (1s).

**سؤال** وضح ما هو المقصود بـوحدة "الحصان" ؟

قدرة آلة أو جاهز تبذل شغلًا مقداره (746 J) خلال فترة زمنية مقدارها (1 s).

- يمكننا استعمال المعادلة الآتية لحساب القدرة المتوسطة لجسم يتحرك بسرعة ثابتة :

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{Fd\cos\theta}{\Delta t} = Fv\cos\theta$$

الشغل المبذول : $W$ ، الزمن المستغرق لبذل الشغل : $\Delta t$ ، القدرة المتوسطة : $P$

✓ أتحقَّقُ: **كيف يمكننا حساب قدرة محرك سيرة تتحرك بسرعة متجهة ثابتة ؟**

إذا علمنا سرعة السيارة وقوة محرك السيارة يمكننا حسب القدرة خلال معادلة حساب القدرة المتوسطة للجسم المتحرك وهي ($Fv\cos\theta$).

**سؤال** **وضح ما هو المقصود بالقدرة اللحظية ؟**

القدرة عند لحظة زمنية معينة تساوي ناتج ضرب مقدار سرعة الجسم اللحظية ($v$) في مركبة القوة في اتجاه السرعة نفسه ($F\cos\theta$) عند تلك اللحظة وهي تساوي القدرة المتوسطة إذا تحرك الجسم بسرعة ثابتة.

---

**سؤال** **مضخة ماء ترفع (50 kg) من الماء رأسيًا بسرعة ثابتة إلى ارتفاع (7 m) خلال فترة زمنية مقدارها (7.2 s). إذا علمت أن تسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$) ، فأحسب مقدار :**

**أ - الشغل الذي تبذله المضخة في رفع الماء.**

المطلوب هو حساب الشغل المبذول من قبل المضخة لذلك يجب معرفة مقدار القوة وبما أن السرعة ثابتة تكون محصلة القوى تساوي صفرًا وبالتالي من خلال قوانين نيوتن نستطيع معرفة مقدار القوة.

$$m = 50\ kg \ , \ d = 7\ m \ , \ t = 7.2\ s$$

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

$$F = F_g = mg = 50\times10 = 500\ N$$

$$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 500\times7\times\cos(0^o)$$

$$W_F = 500\times7\times1 = 3500\ J$$

**ب - القدرة المتوسطة لمحرك المضخة في رفع الماء.**

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

---

**سؤال** **سيارة تتحرك بسرعة ثابتة مقدارها (270 km/h) فاحسب قدرة محركها إذا علمت أن قوة المحرك تساوي (96 N).**

$$270\ km/h \times \frac{1000\ m}{1\ km} \times \frac{1\ h}{3600\ s} \rightarrow 75\ m/s$$

$$P_F = Fv\cos\theta \rightarrow P_F = 96\times75\times\cos(0^o) = 7200\ watts$$

---

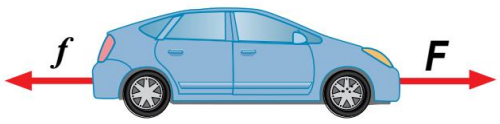
**تدريب** **جرَّار زراعي قدرة محركه (187 hp) ،ويسحب ضد قوة مقدارها (374 N). أوجد مقدار أقصى سرعة له.**

**تمرين** **سيارة كتلتها (1400 kg) تتحرك بسرعة متجهة ثابتة مقدارها (25 m/s) على طريق أفقي، ومجموع قوى الاحتكاك المؤثرة فيها يساوي (2000 N). أحسب مقدار ما يأتي :**

**أ - قدرة محرك السيارة بوحدة الواط (W) ووحدة الحصان (hp).**

المطلوب هو حساب قدرة المحرك لذلك يجب معرفة مقدار القوة المؤثرة بواسطة المحرك وبما أن السرعة ثابتة فإن محصلة القوى تساوي صفراً وبالتالي من خلال قوانين نيوتن نستطيع معرفة مقدار القوة ثم نقوم بإجاد قدرة المحرك.

$$m = 1400\ kg \ , \ v = 25\ m/s \ , \ f = 2000\ N$$




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

$F = f = 2000$ N قوة محرك السيارة

$$P_F = Fv\cos\theta \rightarrow P_F = 2000\times25\times\cos(0^o)$$

$$P_F = 2000\times25\times1 = 5\times10^{+4}\ watts$$

$$P_F = 5\times10^{+4}\ watts = \frac{5\times10^{+4}}{746}\ hp$$

**ب - تسارع السيارة إذا أصبحت القوة التي يؤثر بها المحرك في السيارة (2280 N)، ولم يتغير مجموع قوى الاحتكاك.**

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

---

**تمرين** **رافعة يولّد محركها قدرة مقدارها (1200 W) لرفع ثقل كتلته (400 kg) بسرعة ثابتة إلى ارتفاع (90 m) عن سطح الأرض، خلال فترة زمنية مقدرها (5 min)، أنظر إلى الشكل. إذا علمت أن تسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$) فاحسب مقدار ما يأتي :**

**أ - الشغل الذي يبذله محرك الرافعة في رفع الثقل.**

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

$another\ solve$ :

$$\sum F_y = ma = 0 \rightarrow F - F_g = 0 \rightarrow F = F_g = mg = 400\times10 = 4000\ N$$

$$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 4000\times90\times\cos(0^o) = 36\times10^{+4}\ J$$

ب - السرعة التي يتحرك بها الثقل.

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

جـ - الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية على الثقل في أثناء الرافعة.

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

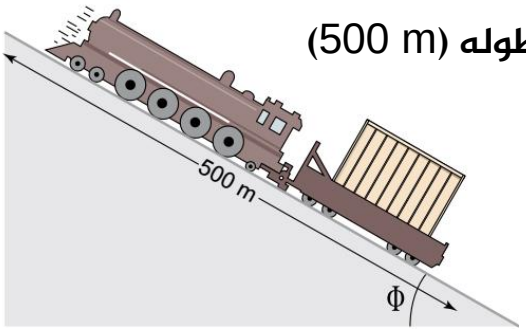
$W_{F_g} = F_g d\cos\theta \rightarrow W_{F_g} = 4000\times90\times\cos(180^o)$

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

**سؤال** مصعد كهربائي محمل بعدد من الأشخاص، يرتفع إلى الأعلى بسرعة ثابتة (0.7 m/s). فإذا كانت القدرة التي ينجزها السلط الفولاذي الحامل للمصعد (20300 watt) فأحسب قوة الشد في السلك.

$P_F = Fv\cos\theta \rightarrow 20300 = F\times0.7\times\cos(0^o) \rightarrow F = 2900\ N$

**تدريب** تصعد قاطرة كتلتها (60 Tonne) مرتفعًا طوله (500 m) يميل عن الأفق بزاوية مقدارها ($30^o$)، بسرعة ثابتة في (5 min) كما في الشكل. بإهمال قوى الاحتكاك، جد قدرة محرك القاطرة بوحدة الحصان.




## أسئلة إضافية وإثرائية

**سؤال**

يسحب حصان زلاجة أفقيًا عبر حقل مغطى بالثلج بسرعة (1.785 m/s)، إذا علمت أن معامل الاحتكاك بين الزلاجة والثلج (0.195) وكتلة الثلج بما في ذلك الحمل (202.3 kg)، فأحسب القدرة المطلوبة للقيام بذلك.

**سؤال**

يهبط راكب دراجة منحدرًا يميل بزاوية ($7^o$) عن الأفقي بسرعة ثابتة (5 m/s). افترض أن الكتلة الإجمالية (للدراجة والراكب) تبلغ (75 kg). فما إجمالي القدرة التي يجب أن يبذلها راكب الدراجة ليصعد المنحدر نفسه بالسرعة نفسها ؟

## حل أسئلة مراجعة الدرس الأول من الوحدة الأولى

**سؤال 1** **ما المقصود بالشغل؟ وما العوامل التي يعتمد عليها ؟ وما المقصود بالقدرة ؟ وما وحدة قياسها حسب النظام الدولي للوحدات ؟**

الشغل هو كمية فيزيائية ناتجة عن الضرب القياسي لمتجه القوة المؤثرة في جسم ما في متجه إزاحة الجسم ويعتمد على مقدار إزاحة الجسم ومقدار القوة المحصلة المؤثرة في الجسم والزاوية بين متجه القوة ومتجه الإزاحة.

والقدرة هي المعدل الزمني للشغل المبذول، وهي تساوي ناتج قسمة الشغل المبذول $(W)$ على الزمن المستغرق لبذله $(\Delta t)$ وتقاس بوحدة الـ $(watt)$.

---

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

لهما نفس مقدار الشغل لكن مختلفان في مقدار القدرة (مقدار قدرة ريان أكبر من قدرة نصر) بسبب اختلاف الزمن لاعتماد القدرة على الزمن على عكس الشغل لا يعتمد على الزمن.

---

**سؤال 3** **يسحب فتية حقيبة سفره بسرعة ثابتة على أرضية أفقية في المطار إزاحة مقدارها** (200 m). **إذا علمت أن قوة السحب تساوي** (40 N) **باتجاه ي صنع زاوية** ($53^o$) **على الأفقي، فأحسب مقدار ما يأتي :**

**أ - الشغل الذي يبذله فتية على الحقيبة.**

$$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 40\times200\times\cos(53^o) = 4800\ J$$

**ب - الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك الحركي على الحقيبة.**

بما أن السرعة ثابتة فإن محصلة القوى تساوي صفرًا.

$$\sum F_x = 0 \rightarrow F - f = 0 \rightarrow F = f = 40\ N$$
$$W_f = fd\cos\theta \rightarrow W_f = 40\times200\times\cos(180^o)$$
$$W_f = 40\times200\times-1 = -8000\ J$$

**جـ - قدرة قتيبة على سحب الحقيبة، إذا أستغرق (3 min) لقطع هذه الإزاحة.**

$$P = \frac{W}{\Delta t} = \frac{4800}{3\times60} = 26.66\ watts$$

**سؤال 4** **يرفع محرّك كهربائي مصعداً كتلته مع حمولته (1800 kg) بسرعة ثابتة مقدارها (1 m/s) من سطح الأرض إلى ارتفاع (80 m). إذا علمت أن قوة احتكاك حركي ثابتة مقدارها (3000 N) تؤثر في المصعد في أثناء رفعه، فأحسب مقدار ما يأتي :**

**أ - الشغل الذي يبذله المحرّك على المصعد.**

بما أن السرعة ثابتة فإن محصلة القوى تساوي صفراً.

$$\sum F_y = 0 \rightarrow F - F_g - f = 0 \rightarrow F = F_g + f = 1800\times10 + 3000 = 21000\ N$$

$$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 21000\times80\times\cos(0^o) = 168\times10^{+4}\ J$$

**ب - شغل قوّة الاحتكاك الحركي.**

$$W_f = fd\cos\theta \rightarrow W_f = 3000\times80\times\cos(180^o) = 3000\times80\times-1 = -24\times10^{+4}\ J$$

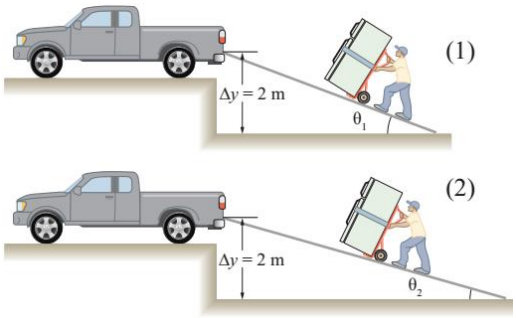
**جـ - القدرة المتوسطة للمحرك في أثناء رفعه للمصعد.**

$$P_F = Fv\cos\theta \rightarrow P_F = 21000\times1\times\cos(0^o) = 21\times10^{+3}\ watts$$

**سؤال 5** **في اثناء دراستي وزميلتي ندى هذا الدرس، قالت :( إن الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية على قمر صناعي يتحرك حركة دائرية منتظمة حول الأرض، يزداد بزيادة كتلة القمر وسرعته المماسّية). ناقش صحة قول ندى.**

كلام ندى غير صحيح ، الشغل المبذول في هذه الحالة (الحركة الدائرية المنتظمة) يساوي صفراً لأن اتجاه الحركة دائما متعامد مع القوة المركزية، وبالتالي فهو لا يعتمد على كتلة القمر أو سرعته المماسية.

**سؤال 6** يوضح الشكلان أدناه، رفع الثلاجة نفسها إلى ارتفاع (2 m) عن سطح الأرض، باستعمال مستوى مائل أملس، وألاحظ أن ($\theta_1 > \theta_2$).




**أ - قارن بين مقداري الشغل المبذول من الرجل في الشكلين. ماذا تستنتج؟**

بما أننا نصل لنفس النقطة في النهاية ولو أردنا رفع الجسم مترين لنفس النقطة بشكل مباشر ورأسي فإننا نبذل نفس الشغل وبالتالي الشغل في الشكل الأول نفس الشغل الثاني. وباختصار بسيط الشغل الرأسي يساوي الشغل على المستوى المائل بشرط إذا كان المستوى المائل أملس.

**ب - قارن بين مقداري القوة المؤثرة في الثلاجة في الشكلين. ماذا تستنتج؟**

مقدار القوة المبذولة في الشكل الثاني أكبر لأن المسار أطول.

# الوحدة الأولى : الشغل والطاقة

## الدرس الثاني : الطاقة الميكانيكية

**سؤال** **ما هو المقصود بالطاقة ؟**

مقدرة الجسم على بذل الشغل.

- الطاقة كمية قياسية وليست متجهة.
- تقاس الطاقة بوحدة الجول joule (J) حسب النظام الدولي للوحدات.

**سؤال** **ما هو مفهوم الشغل بالنسبة للطاقة ؟**

الشغل هو إحدى طرائق نقل الطاقة بين الأجسام.

---

**✪ للطاقة أشكال وأنواع متعددة في هذا الدرس سنتعامل مع نوعين رئيسين هما :**

❶ الطاقة الحركية.

❷ طاقة الوضع (الطاقة الكامنة).

---

**سؤال** **ما هي الطاقة الحركية؟**

هي الطاقة المرتبطة بحركة الجسم أو الطاقة التي يكتسبها الجسم نتيجةً لحركته.

$$KE = \frac{1}{2} mv^2$$

$KE$ : الطاقة الحركية ، $m$ : كتلة الجسم ، $v$ : مقدار سرعة الجسم

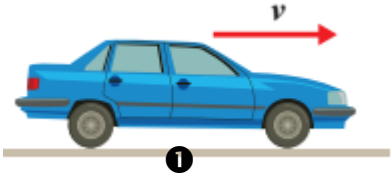
- تعتمد الطاقة الحركية على كتلة الجسم و سرعته.
- تُقاس الطاقة الحركية بوحدة الجول joule (J) حسب النظام الدولي للوحدات.
- إذا لم يكُن الجسم يتحرَّك، فلن تكون له طاقة حركة.
- تتناسب الطاقة الحركية لجسم طرديا مع كل من كتلته ومربع سرعته.

---

**✪ للطاقة الحركية نوعين رئيسين حسب حركة الجسم هما :**

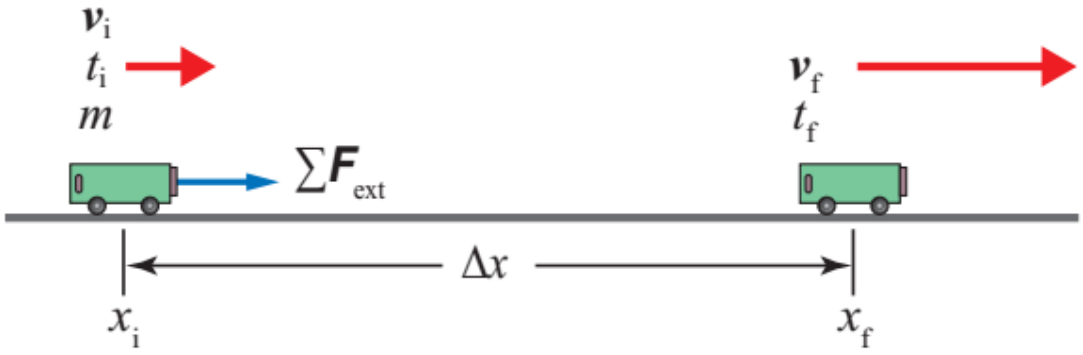
❶ الطاقة الحركية الخطية : وهي ناتجة عن الحركة الخطية للجسم.

❷ الطاقة الحركية الدورانية : وهي ناتجة عن الحركة الدورانية للجسم حول محور دوران.



# مبرهنة (الشغل – الطاقة الحركية)

✪ سنقوم في هذا الموضوع بإثبات أن الشغل الكلي المبذول على العربة يساوي التغير في طاقتها الحركية.




➲ يوضح الشكل أعلاه عربة كتلتها $(m)$ تتحرك بسرعة ابتدائية متجهة $(v_i)$

➲ نفترض بأن قوة محصلة أفقية خارجية $(\sum F_{ext})$ قد أثرت في العربة عندما كانت عند لموقع $(x_i)$ بحيث قطعت إزاحة $(d = \Delta x)$ تحت تأثير هذه القوة، فأصبحت سرعتها النهائية $(v_f)$ في نهاية الإزاحة عند الموقع $(x_f)$.

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

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

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

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

$$W_{Total} = \frac{1}{2} m v_f^2 - \frac{1}{2} m v_i^2 = KE_f - KE_i$$

➲ العلاقة الآتية تسمى مبرهنة (الشغل – الطاقة الحركية).

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

**سؤال** **ما هو نص مبرهنة (الشغل - الطاقة الحركية) ؟**

الشغل الكلي المبذول على جسم يساوي التغير في طاقته الحركية.

✪ **نستنتج من مبرهنة (الشغل – الطاقة الحركية) :**

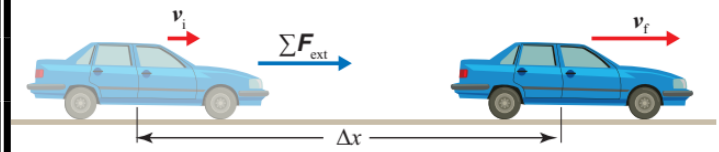
☑ مقدار سرعة الجسم يزداد عندما يكون الشغل الكلي المبذول عليه موجبًا.
الطاقة الحركية النهائية أكبر من الطاقة الحركية الابتدائية

☑ مقدار سرعة الجسم يتناقص عندما يكون الشغل الكلي المبذول عليه سالبًا.
الطاقة الحركية النهائية أقل من الطاقة الحركية الابتدائية

✓ أتحقَّقُ: **علام تنص مبرهنة (الشغل - الطاقة الحركية) ؟ ومتى يزداد مقدار سرعة الجسم ؟**

تنص على أن الشغل الكلي المبذول على جسم يساوي التغير في طاقته الحركية.
ومقدر سرعة الجسم يزداد عندما يكون الشغل الكلي المبذول عليه موجبًا.

**سؤال** **تتحرك سيارة كتلتها ($8\times10^2$ kg) نحو الشرق على طريق أفقي بسرعة مقدارها (15 m/s). ضغط سائقها دوّاسة الوقود كي يتجاوز سيارة أخرى، بحيث أصبح مقدار سرعة السيارة (25 m/s) بعد قطعها إزاحة مقدارها ($2\times10^2$ m) من لحظة ضغطه على الدواسة. أنظر إلى الشكل، أحسب مقدار ما يأتي :**



قوّة محصّلة خارجية تؤثّر في سيّارة تتحرّك نحو اليمين إزاحة مقدارها ($\Delta x$)

**أ - الطاقة الحركية الابتدائية للسيارة.**

$$KE_i = \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}\times8\times10^2\times(15)^2 = 9\times10^4 \text{ J}$$

**ب - التغير في الطاقة الحركية للسيارة خلال فترة الضغط على دوّاسة الوقود.**

$$\Delta KE = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2}\times8\times10^2\times((25)^2 - (15)^2) = 4\times10^2\times(400) = 1.6\times10^5 \text{ J}$$

**جـ - الشغل الكلي المبذول على السيارة خلال هذه الفترة.**

$$W_{Total} = \Delta KE = 1.6\times10^5 \text{ J}$$

د - القوة المحصلة الخارجية المؤثرة في السيارة.

$$W_{Total} = \sum F_{ext}\,\Delta x \rightarrow \sum F_{ext} = \frac{W_{Total}}{\Delta x} = \frac{1.6\times10^{5}}{2\times10^{2}} = 8\times10^{2}\ \text{N}$$

**تمرين** سيارة مخصصة للسير على الرمال كتلتها (600 kg)، تتحرك بسرعة مقدارها (28 m/s) في مسار أفقي. أثرت فيها قوة محصلة خارجية لفترة زمنية مقدارها (5 s) عملت على تباطؤ بمقدار ($1.6\ \text{m/s}^2$). أحسب مقدار :

أ - الطاقة الحركية النهائية للسيارة.

$$v_f = v_i + at = 28 - 1.6\times5 = 20\ \text{m/s}$$

$$KE_f = \frac{1}{2}mv_f^2 = \frac{1}{2}\times600\times(20)^2 = 12\times10^{4}\ \text{J}$$

ب - التغير في الطاقة الحركية للسيارة خلال فترة تأثير القوة المحصلة الخارجية.

$$\Delta KE = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2}\times600\times((20)^2 - (28)^2) = 300\times(-384) = -11.52\times10^{4}\ \text{J}$$

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

$$W_{Total} = W_{F_{ext}}$$

$$W_{Total} = W_{F_{ext}} = \Delta KE = -11.52\times10^{4}\ \text{J}$$

**ملاحظات مهمة**

✪ مبرهنة (الشغل – الطاقة الحركية) تستخدم فقط في حالة حركة الجسم على مسار أفقي دون حدوث تغير في ارتفاعه عن المستوى المرجعي خلال حركته ولا تستخدم إذا تغير ارتفاع الجسم عن المستوى المرجعي خلال مسار حركته بسبب نشوء طاقة الوضع.

**تدريب** ما هي العوامل التي تعتمد عليها الطاقة الحركية؟

**تدريب** ماذا يحدث للطاقة الحركية للجسم إذا قلت سرعته إلى الربع؟

# أسئلة إضافية وإثرائية

## سؤال ؟

يتحرك جسم من السكون كتلته (50 kg) في مسار أفقي، أثرت فيه قوة أفقية مقدارها (50 N) فقطع مسافة (10 m) ، فأحسب مقدار سرعته النهائية دون استعمال معادلات الحركة.

## سؤال ؟

أطلقت رصاصة أفقيًا نحو هدف خشبي ثابت فوصلته بسرعة (400 m/s)، ثم خرجت منه سرعة (100 m/s)، فإذا كان سمك الهدف الخشبي (10 cm) وكتلة الرصاصة (50 g) فأحسب :

أ - التغير في طاقة حركة الرصاصة.

ب - الشغل الضائع في أثناء اختراق الرصاصة للهدف.

## سؤال ؟

يتحرك جسم طاقته الحركية (9 J) بسرعة (10.8 km/h)، فأحسب مقدار كتلته.

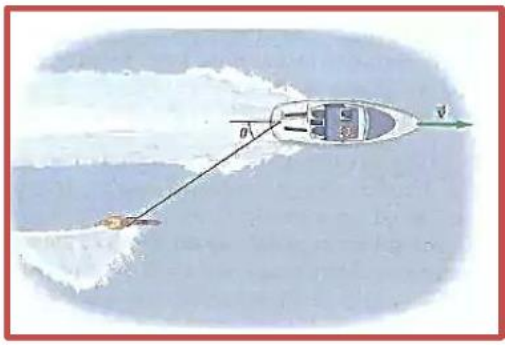
## سؤال ؟

نموذج طائرة كتلته (3 kg) له مركبات السرعة (5 m/s) للشرق و (8 m/s) للشمال.

فأحسب قيمة الطاقة الحركية للطائرة.

## سؤال ؟

يركب متزلج مائي الماء على أحد جانبي قارب كما في الشكل، حيث يتحرك القارب بسرعة (15 m/s) وقوة الشد في الحبل (75 N). إذا بذل القارب شغل قدره (3500 J) على المتزلج في (50 m). فما هي الزاوية ين الحبل والخط المركزي للقارب ؟



# الطاقة الكامنة ( طاقة الوضع )

**سؤال** **وضح ما هو المقصود بالطاقة الكامنة أو بطاقة الوضع ؟**

هي طاقة مختزنة في نظام مكون من جسمين أو أكثر تأخذ أشكالا مختلفة.
وتسمي أيضا طاقة الارتفاع ويكتسبها الجسم بسبب وقوعه تحت تأثير جاذبية مثل الجاذبية الأرضية أو تحت تأثير مجال كهربائي إذا كان له شحنة كهربائية.

**سؤال** **ما هي أشكال طاقة الوضع ؟**

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

# مقدمة لمفهوم العلاقة بين طاقة الوضع والشغل

حتى نفهم مفهوم الشغل وطاقة الوضع وكيف ممكن نتعامل معهم لازم بالبداية نفهم مبدأ عمل الناقل والمنقول .

☑ **الناقل** ← الذي يخسر ويفقد من طاقته لكي ينقل الشيء .

☑ **المنقول** ← الذي يكتسب طاقة توضع فيه وتختزن عندما ينتقل بفعل ناقل ( قوة خارجية ) .

**(الطاقة المفقودة)** من الناقل = **(الطاقة المكتسبة)** في المنقول

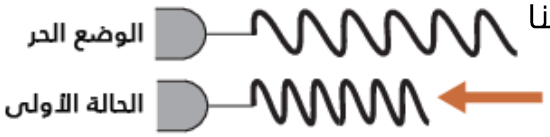
**(الشغل المبذول)** من قبل قوة خارجية = **(الطاقة الموضوعة والمختزنة)** في المنقول

$$W_F = PE$$

- سبب تسمية طاقة الوضع بهذا الاسم لأن الناقل يضع (يخزن) الطاقة في المنقول
- الشغل المبذول عبارة عن الطاقة المفقودة من الناقل.
- طاقة الوضع يمكن أن تتحول من شكل إلى آخر لذلك تعتبر طاقة كامنة

**تدريب** **إذا كانت حركة الجسم أفقية هل يختزن طاقة وضع إذا بذلنا عليه شغلاً ؟**

# مفهوم التغير في طاقة الوضع :




✪ لنتصور نابض (زنبرك) كما في الشكل المجاور والنابض هنا هو المنقول وأن هنالك شخص سيضغط على النابض بفعل قوته الخارجية طبعًا هنا الشخص يمثل الناقل ..

⊂ في حالة الوضع الحر تكون طاقة الوضع صفر لأنه لا يوجد أي شغل مبذول على الزنبرك

⊂ في الحالة الأولى لنفترض بإنه بذلنا شغلًا مقداره 30 جول لذلك يقابل ذلك طاقة وضع يتم تخزينها في الزنبرك (المنقول) مقدارها 30 جول مساوية للشغل المبذول

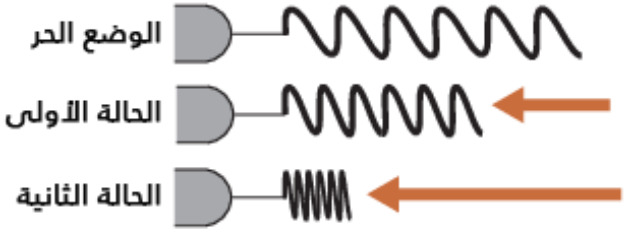
⊂ لو تركنا النابض في الحالة الأولى وقمنا بإزالة الشخص الذي يضغط عليه فأن النابض سيعود بفعل الطاقة المختزنة فيه بدون قوة خارجية محولًا بذلك النقصان في طاقة الوضع المختزنة فيه إلى زيادة في الطاقة الحركية

◄ في حالة الوضع الحر : الشغل المبذول = طاقة الوضع = صفر

◄ في الحالة الأولى : الشغل المبذول = 30 جول وطاقة الوضع = 30 جول

---

✪ الآن لنفترض أنه تم بذل شغل جديد إضافة لما بذلناه في الحالة الأولى وكان مقدار هذا الشغل الجديد 50 جول في هذه الحالة – الحالة الثانية كما في الشكل – يظهر لنا مفهوم جديد هو مفهوم التغير في طاقة الوضع ويحدث ذلك عندما نبذل شغلًا على جسم يكون أصلًا مختزن فيه طاقة وضع من قبل ...




◄ في حالة الوضع الحر :
الشغل المبذول = طاقة الوضع = صفر

◄ في الحالة الأولى :
الشغل المبذول = 30 جول وطاقة الوضع = 30 جول

◄ في الحالة الثانية :
الشغل المبذول = 50 جول
طاقة الوضع المختزنة = 30 جول (التي كانت مختزنة سابقًا ) + 50 جول (التي تم تخزينها من الشغل المبذول الجديد ) = 30 + 50 = 80 جول

وهنا يصبح الشغل مساويًا لمقدار الفرق بين طاقة الوضع في الحالة الثانية وطاقة الوضع في الحالة الأولى.

$$W_F = \Delta PE = PE_f - PE_i$$

## ملخص الحكاية

■ $(W_F = PE)$ ⊂ عندما لا يختزن الجسم طاقة اصلًا

■ $(W_F = \Delta PE = PE_f - PE_i)$ ⊂ عندما يكون اصلًا مختزن في الجسم طاقة ويبذل عليه شغلاً جديداً.

■ إشارة التغير ($\Delta$) نستخدمها عندما يكون اصلًا مختزن في الجسم طاقة ويبذل عليه شغلاً جديداً ولا يمكن استخدامها في الشغل ( $\Delta W$ خطأ ) فقط للطاقة.

■ النقصان في طاقة الوضع يتحول إلى زيادة في الطاقة الحركية $(-\Delta PE = +\Delta KE)$

■ هنالك ثلاثة احتمالات للتغير في طاقة الوضع :

❶ ($\Delta PE = +$) ويعني ذلك زيادة في طاقة الوضع بفعل قوة خارجية (ق خ) أو شغل مبذول على الجسم.

❷ ($\Delta PE = -$) ويعني ذلك نقصان في طاقة الوضع ويتحول هذا النقصان إلى زيادة في الطاقة الحركية للجسم.

❸ ($\Delta PE = 0$) ويعني ذلك بأنه لم يحدث تغير في طاقة الوضع المختزنة.

## ملاحظات مهمة

✪ تُشكل الأرض مع أي جسم يقع ضمن مجالها نظامًا يُعرف بـ (نظام الجسم – الأرض) وبالمثل إذا وضعت شحنة كهربائية في مجال كهربائي خارجي فأن الشحنة والمجال يشكلان نظامًا يسمى بـ (نظام الشحنة الكهربائية – المجال الكهربائي) وتختزن في النظام طاقة وضع كهربائية.

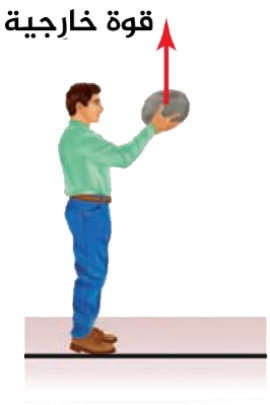
✪ النظام الذي سنقوم بدراسته في هذا الكتاب هو (نظام الجسم – الأرض).

✪ عند دراسة حركة نظام مكون من جسم والأرض فإننا اختصارًا نذكر طاقة وضع الجسم بدلًا من طاقة وضع (الجسم – الأرض).

✪ أنتبه دائما إلى نوع القوة المطلوب حساب شغلها (قوة خارجية ، قوة جاذبية أو وزن..).

# نظام (الجسم – الأرض)

يؤثر مجال الجاذبية الأرضية في أي جسم داخله بحيث يكتسب الجسم طاقة وضع تختزن فيه إذا ارتفع عن سطح الأرض وبالتالي هنا نعتبر سطح الأرض موقع مرجعي تكون عنده $PE = 0$ يعني باختصار بسيط :




اذا انتقل الجسم بفعل قوة خارجية نحو الأعلى كما في الشكل فأن الشغل يكون مساويًا لموجب التغير في طاقة الوضع

$$W_{F_{ext}} = +\Delta PE$$

$$W_{F_{ext}} = PE_f - PE_i = PE_f - 0 = +PE_f$$

اذا انتقل الجسم بدون تأثير قوة خارجية عليه (فقط وزنها) كسقوط الكرة من ارتفاع معين فأن الشغل يكون مساويًا لسالب التغير في طاقة الوضع.

$$W = -\Delta PE$$

$$W = PE_f - PE_i = 0 - PE_i = -PE_i$$

**سؤال** **ما هو المقصود بمستوى الإسناد أو المستوى المرجعي ؟**

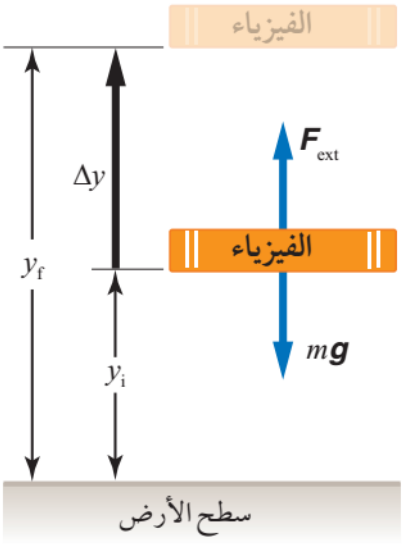
هو مستوى مرجعي اختياري نفترض عنده أن طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية لأي جسم عنده تساوي صفرًا ، ويتم اختياره بحيث يسهل حل المسألة.

**تدريب** **أرسم أفضل خط بياني يمثل العلاقة بين تغير طاقة الوضع وتغير طاقة الحركة لجسم يسقط سقوطًا حرًا في مجال الجاذبية الأرضية.**

**تدريب** **بيّن تحولات الطاقة لجسم ساقط سقوطًا حرًا.**

**الآن كيف يتم حساب طاقة الوضع المؤثرة في جسم مرتفع عن المستوى المرجعي دون معرفة الشغل المبذول عليه ؟**

# طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية




- يوضح الشكل نظامًا يتكون من الأرض وكتاب الفيزياء، إذا أثرنا بقوة خارجية ($F_{ext}$) في الكتاب الذي كتلته ($m$) لرفع الكتاب رأسيا إلى الأعلى بسرعة ثابتة من الموقع الابتدائي ($y_i$) إلى الموقع النهائي ($y_f$) بحيث يقطع إزاحة ($\Delta y$) فإننا نبذل شغلًا على الكتاب يُعطى بالمعادلة الآتية :

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

$$W_{F_{ext}} = mgy_f - mgy_i$$

- نلاحظ أن مقدار القوة الخارجية المؤثرة في الكتاب مساوي لوزن لكتاب لأن الجسم يتحرك بسرعة متجهة ثابتة.
- يتم اختزان شغل القوة الخارجية على شكل طاقة وضع في نظام (الكتاب–الأرض).
- في حال سقوط الكتاب تتحول هذه الطاقة المختزنة إلى طاقة حركية تمكن الجسم من إنجاز شغل.

---

- يمكننا حساب طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية (المختزنة في الجسم) من خلال القانون:

$$PE = mgy$$

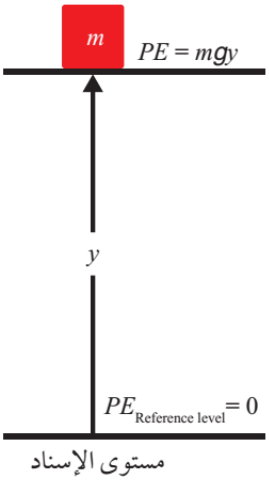
الإزاحة الرأسية أو العمودية التي قطعها الجسم : $y$ ، تسارع الجاذبية: $g$ ، كتلة الجسم : $m$

---

**سؤال** **ما هو المقصود بطاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية ؟**

هي الطاقة المختزنة في نظام (جسم–الأرض) نتيجة وجود الجسم في مجال الجاذبية الأرضية.

---

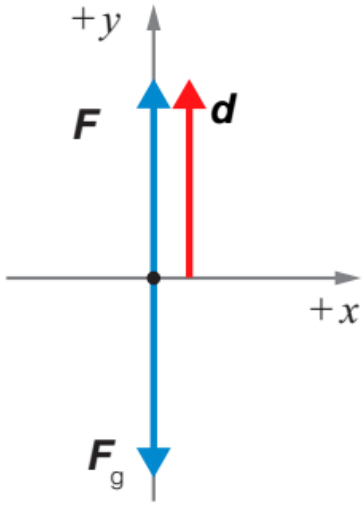



- في العادة نختار سطح الأرض كمستوى إسناد لتسهيل حل المسألة.
- طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية لجسم معين تعتمد فقط على ارتفاعه الرأسي عن سطح الأرض (مستوى الإسناد).
- التغير في طاقة الوضع عند حركة الجسم بين موقعين في مجال الجاذبية الأرضية فيعتمد فقط على التغير في الارتفاع الرأسي بين الموقعين الابتدائي والنهائي ($\Delta y$).

يمكننا كتابة معادلة شغل القوة الخارجية بدلالة التغير في طاقة الوضع عند حركة جسم بسرعة ثابتة بين موقعين كما يأتي :

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

**سؤال** قام معاذ برفع صندوق عن سطح الأرض رأسيا إلى أعلى بسرعة ثابتة إلى ارتفاع (1.5 m) ، إذا علمت أن كتلة الصندوق (5 kg) ، وتسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$) ، فأحسب مقدار




**أ - الشغل الذي يبذله معاذ على الصندوق مستخدمًا معادلة حساب الشغل الأساسية.**

بما أن سرعة رفع الصندوق ثابتة إذن محصلة القوى على المحور العمودي تساوي صفر ومن خلالها نستطيع إيجاد مقدار القوة.

$$\sum F_y = ma = 0 \rightarrow F - F_g = 0$$
$$F = F_g = mg = 5\times10 = 50\ N$$
$$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 50\times1.5\times\cos(0^o)$$
$$W_F = 50\times1.5\times1 = 75\ J$$

**ب - الشغل الذي يبذله معاذ على الصندوق مستخدمًا معادلة شغل القوة الخارجية.**

$$W_F = mg\Delta y \rightarrow W_F = 5\times10\times1.5 = 75\ J$$

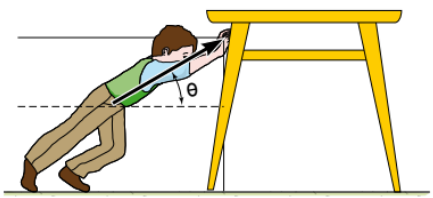
**جـ - طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية.**

$$PE = mgy \rightarrow PE = 5\times10\times1.5 = 75\ J$$

**د - طاقة الوضع المختزنة في الصندوق.**

$$PE = mgy \rightarrow PE = 5\times10\times1.5 = 75\ J$$

**سؤال** قام عُمر بدفع طاولة كتلتها (10 kg) كما في الشكل نحو جهة الشرق مسافة (3 m)، وبقوة مقدارها (10 N). فأحسب الشغل الذي يبذله عمر على الطاولة مستخدمًا معادلة شغل القوة الخارجية.

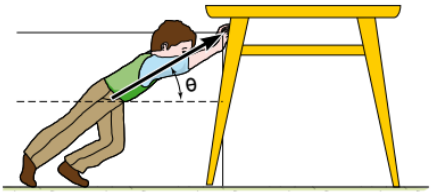



$$W_F = mg\Delta y \rightarrow W_F = 10\times10\times0 = 0\ J$$

الحل خاطئ ! ☹

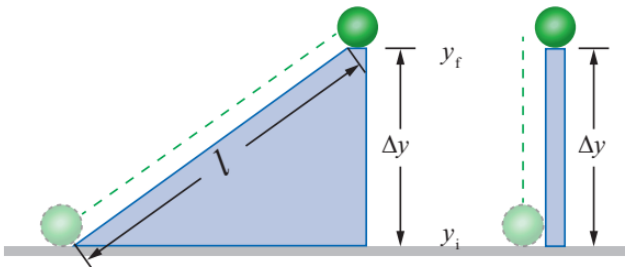
معادلة شغل القوة الخارجية فقط إذا كان هنالك إزاحة رأسية حسب نظام (الجسم–الأرض).

**تدريب** في السؤال السابق قُم بحساب الشغل الذي يبذله عُمر على الطاولة مستخدمًا معادلة حساب الشغل الأساسية.




## الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية

- يبين الشكل طريقتين لرفع الثقل نفسه من الموقع الابتدائي $(y_i)$ إلى الموقع النهائي $(y_f)$.




1. في الطريقة الأولى : يتم رفع الجسم رأسيا إلى الأعلى بسرعة متجهة ثابتة.
2. في الطريقة الثانية : يتم دفع الجسم إلى أعلى المستوى المائل الأملس بسرعة متجهة ثابتة.

- نلاحظ أن الشغل المبذول على الجسم يساوي التغير في طاقة وضعه الناشئة عن الجاذبية وبما أن التغير في طاقة الوضع في الحالتين هو نفسه لذا يلزمنا بذل مقدار الشغل نفسه على الجسم في الحالتين.
- الشغل المبذول على جسم عند تحريكه بين موقعين في مجال الجاذبية يعتمد فقط على التغير في الارتفاع الرأسي بين الموقعين ولا يعتمد على المسار الذي يسلكه الجسم بينهما.

- الشغل المبذول على جسم عند تحريكه بين موقعين في مجال الجاذبية يعتمد فقط على التغير في الارتفاع الرأسي بين الموقعين ولا يعتمد على المسار الذي يسلكه الجسم بينهما.

- يُحسب الشغل المبذول لنقل جسم بين موقعين مختلفين في الارتفاع في مجال الجاذبية من دون تغيير طاقته الحركية بمعرفة التغير في طاقة وضعه الناشئة عن الجاذبية لأنه أسهل بكثير من حسابه باستعمال معادلة الشغل وبخاصة عند حركة الجسم في مسارات متعرجة.

- يمكننا حساب الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية على الجسم باستخدام القانون الآتي :

$$W_g = W_{F_g} = -\Delta PE = -(mg\Delta y)$$

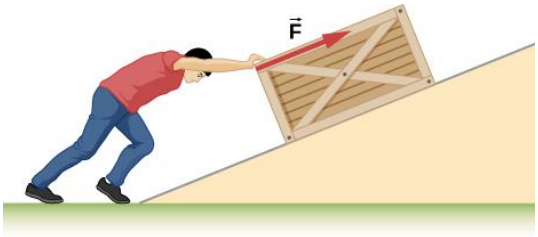
☑ إذا تحرك الجسم نحو الأعلى تكون الإزاحة موجبة وبالتالي التغير في طاقة الوضع موجب فيصبح الشغل سالبًا (لأن اتجاه إزاحة الجسم نحو الأعلى معاكس لاتجاه قوة الجاذبية).

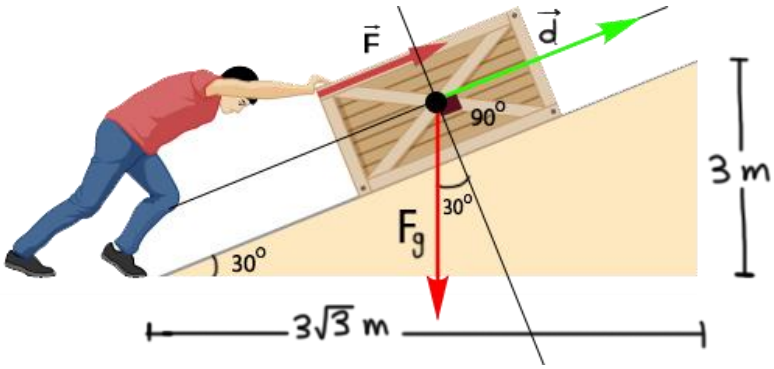
☑ إذا تحرك الجسم نحو الأسفل تكون الإزاحة سالبة وبالتالي التغير في طاقة الوضع سالبة فيصبح الشغل موجبا (لأن قوة الجاذبية وإزاحة الجسم في نفس الاتجاه).

✓ أتحقَّقُ: **ما العلاقة بين شغل قوة الجاذبية، والتغير في طاقة وضع الجسم الناشئة عن الجاذبية؟**

شغل قوة الجاذبية يساوي سالب التغير في طاقته الحركية.

**سؤال** **يدفع خالد صندوقًا خشبيًا إلى أعلى مستوى مائل أملس طوله (6 m) بقوة مقدارها (100 N) تميل بزاوية ($30^o$) عن الأفقي كما في الشكل، إذا علمت أن تسارع الجاذبية الأرضية ($10\ m/s^2$) وكتلة الصندوق (10 kg)، فأحسب الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية.**




$W_{F_g} = -\Delta PE$

$\Delta PE = mg\Delta y$

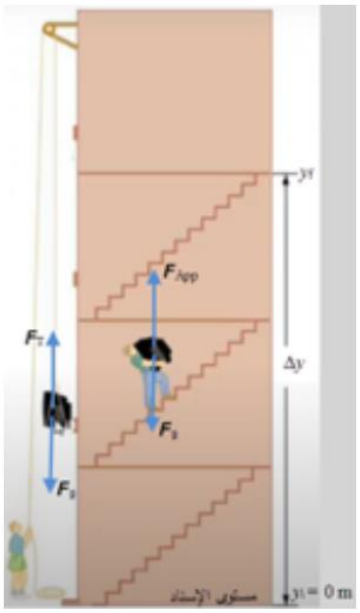
$\Delta PE = 10\times10\times3 = 300\ J$

$W_{F_g} = -\Delta PE = -300\ J$

*Another solution* :

$W_{F_g} = F_g d\cos(\theta) = 100\times6\times\cos(120^o) = 100\times6\times(-0.5) = -300\ J$

**سؤال** **في الشكل الآتي، إذا كانت كتلة الصندوق (10 kg)، ورفعته رأسيًا إلى أعلى بسرعة ثابتة من سطح الأرض إلى ارتفاع (9 m) عنه، فأحسب مقدار ما يأتي علمًا بأن تسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$) :**




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

$PE_f = mgy_f \rightarrow PE = 10\times10\times9 = 900\ J$

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

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

$F_T = F_g = mg = 10\times10 = 100\ N$

$W_{F_T} = F_T d\cos\theta \rightarrow W_F = 100\times9\times\cos(0^o) = 900\ N$

جـ - التغير في طاقة وضع الصندوق عند رفعه من سطح الأرض إلى أقصى ارتفاع.

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

$W_{F_{ext}} = 10\times10\times9 - 10\times10\times0 = 900 - 0 = 900\ J$

$Another\ solution$ :

$W_{F_{ext}} = \Delta PE = W_F = +900\ J$

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

$W_{F_g} = -\Delta PE = -900\ J$

$Another\ solution$ :

$W_{F_g} = F_g d\cos(\theta) = 100\times9\times\cos(180^o) = 100\times9\times(-1) = -900\ J$

---

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

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

$PE_i = mgy_i \rightarrow PE = (800\times10^{-3})\times10\times(250\times10^{-2}) = 20\ J$

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

$\Delta PE = PE_f - PE_i = mgy_f - mgy_i$

$\Delta PE = (800\times10^{-3})\times10\times0 - (800\times10^{-3})\times10\times(250\times10^{-2})$

$\Delta PE = 0 - 20 = -20\ J$

جـ - شغل قوة الجاذبية المبذول على الإصّيص.

$W_{F_g} = -\Delta PE = -(-20) = +20\ J$

$Another\ solution$ :

$W_{F_g} = F_g d\cos(\theta) = (800\times10^{-3}\times10)\times(250\times10^{-2})\times\cos(0^o) = +20\ J$

---

**دن دن موشي (3)**

يركب شخص على عجلة دوارة، إذا قامت العجلة بدورة كاملة فأحسب محصلة الشغل المبذول على الشخص بقوة الجاذبية.

# أسئلة إضافية وإثرائية

## سـؤال

حدد نوع الشغل المبذول على الجسم في الحالات التالية : موجب أم سالب أم معدوم :

أ - الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية على جسم يتحرك رأسيا إلى أسفل.....

ب - الشغل الذي تبذله القوة المركزية على جسم يتحرك في مسار دائري .....

جـ - الشغل الذي تبذله قوة مقاومة الهواء على جسم يسقط سقوطًا حرًا.....

## سـؤال

صندوق كتلته (800 g)، سقط من السكون من ارتفاع ($y$) عن سطح الأرض. إذا علمت أنّ مقدار التغير في طاقة وضعه الناشئة عن الجاذبية عند سقوطه من أقصى ارتفاع (-20 J) ، فما هو الارتفاع الذي سقط منه الصندوق ؟

## سـؤال

إذا كانت طاقة الوضع الجاذبية لحجر كتلته (40 kg) هي (500 J) باعتبار الأرض هي المستوى المرجعي، فما هو مقدار طاقة وضعه الجاذبية الجديدة إذا رفعنا الحجر إلى ضعف ارتفاعه الأصلي ؟

## سـؤال

أي مما يلي لا يُعد وحدة طاقة :

a) N.m  b) J  c) $kg.m^2/s^2$  d) KW/h  e) all above is correct

# الطاقة الميكانيكية

**سؤال** ما هو المقصود بالطاقة الميكانيكية ؟

هو مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع.

$$ME = KE + PE$$

- عندما يتحرك جسم قريبًا من سطح الأرض يكون مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية لنظام (الجسم–الأرض) محفوظًا عند إهمال مقاومة الهواء، ويساوي مقدارًا ثابتًا.

# حفظ الطاقة الميكانيكية

$$ME = KE + PE = constant$$

- تتحول طاقة الوضع إلى طاقة حركية عند حركة الجسم إلى الأسفل (المستوى المرجعي).
- تتحول الطاقة الحركية إلى طاقة وضع عند حركة الجسم إلى الأعلى.
- تبقى الطاقة الميكانيكية ثابتة ما دام الجسم يتحرك تحت تأثير قوة الجاذبية فقط.

**سؤال** أعط مثالاً على حفظ الطاقة الميكانيكية؟

حركة جسيم مشحون في مجال كهربائي.
حركة جسم في مجال الجاذبية الأرضية.

**يتم تصنيف القوى إلى :**

1. قوى محافظة.
2. قوى غير محافظة.

**سؤال** ما هي القوى المحافظة ؟

هي القوى التي لا يعتمد شغلها على المسار الذي يتبعه الجسم خلال حركته وتبقى طاقتها الميكانيكية الكلية محفوظة خلال مسار حركتها كقوة الجاذبية والقوة الكهربائية.

**سؤال** ما هي خصائص القوى المحافظة ؟

1. شغلها المبذول على جسم لتحريكه بين أي موقعين، لا يعتمد على المسار الذي يسلكه الجسم بينهما وإنما يعتمد فقط على موقعي الجسم الابتدائي والنهائي فقط.
2. شغلها المبذول على جسم لتحريكه عبر مسار مغلق يساوي صفرا.
3. تبقى الطاقة الميكانيكية الكلية محفوظة.

**سؤال** **ما هي القوى غير المحافظة ؟**

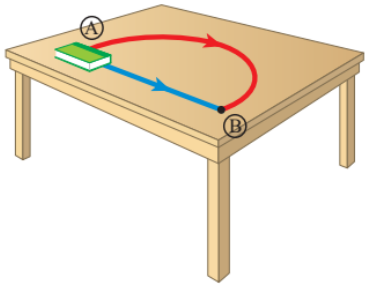
هي القوى التي يعتمد شغلها على المسار الذي يتبعه الجسم خلال حركته ولا تبقى طاقتها الميكانيكية الكلية محفوظة خلال مسار حركتها كقوة الشد قوة الاحتكاك الحركية.

**سؤال** **ما هي خصائص القوى غير المحافظة ؟**

1. شغلها المبذول على جسم لتحريكه بين أي موقعين، يعتمد على المسار الذي يسلكه الجسم بينهما.
2. شغلها المبذول على جسم لتحريكه عبر مسار مغلق لا يساوي صفرا.
3. لا تبقى طاقتها الميكانيكية الكلية محفوظة.

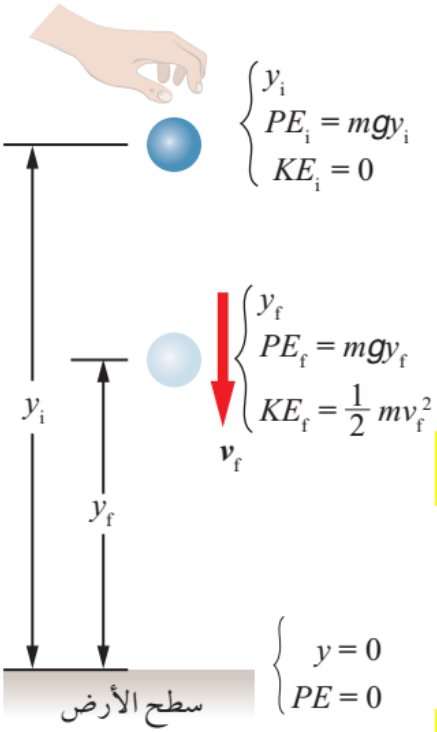
| المقارنة | القوى المحافظة | القوى غير المحافظة |
|---|---|---|
| مسار حركة الجسم | لا تعتمد عليه | تعتمد عليه |
| الطاقة الميكانيكية الكلية | محفوظة | متغيرة غير محفوظة |
| الشغل المبذول عند عودة الجسم لنقطة بداية الحركة | تساوي صفرً | لا يساوي صفرًا |
| الطاقة والشغل | محفوظة وقابلة للاستعادة | مفقودة غير قابلة للاستعادة ويتحول من شكل لآخر |
| أمثلة عليها | قوة الجاذبية ، القوة الكهربائية ، القوة المغناطيسية ، قوى المرونة | قوة الاحتكاك الحركي ، قوة الشد |

- إذا أعاقت قوة محافظة حركة جسم ما فإن طاقة وضعه تزداد (كمثال القوة المؤثرة عكس الوزن أي أن الجسم يرتفع نحو الأعلى) أما عندما تُحرك القوة المحافظة الجسم تقل طاقة وضعه (كمثال القوة المؤثرة في نفس اتجاه الوزن أي أن الجسم يسقط نحو سح الأرض).




- الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك الحركي عند تحريك الكتاب بين الموقعين (A) و (B) يختلف حسب مسار الحركة حيث تكون أكبر إذا تحرك الكتب عبر المسار المنحني لأنه أطول من المسار المستقيم.
- لذلك لا تُعتبر قوة الاحتكاك قوى محافظة كما أن شغلها لا يُختزن بل يتحول جزء كبير منه إلى طاقة حرارية.

# الاشتقاق الرياضي لمعادلة حفظ الطاقة الميكانيكية




- عند إمساك كرة على ارتفاع $(y_i)$ بالنسبة سطح الأرض تكون الطاقة الميكانيكية للكرة عند أقصى ارتفاع فقط طاقة وضع ناشئة عن الجاذبية لأن الطاقة الحركية الابتدائية للكرة صفر لأنها ساكنة لا تتحرك.
- بعد إفلات الكرة تسقط إلى الأسفل فتزداد طاقتها الحركية بينما تقل طاقة وضعها وعند وصول الكرة إلى الموقع النهائي $(y_f)$ تكون قوة الجاذبية قد بذلت عليها شغلًا يُعطى بالعلاقة :

$$W_g = -\Delta PE$$

- قوة الجاذبية هي قوة محافظة وهي القوة الوحيدة المؤثرة في الكرة هنا هي قوة الجاذبية فيكون الشغل الكلي المبذول على الكرة هو نفسه شغل قوة الجاذبية :

$$W_{Total} = W_g = -\Delta PE = +\Delta KE$$

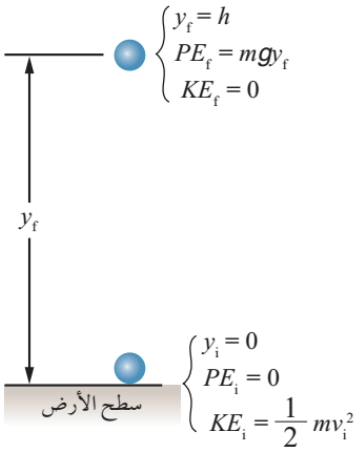
$$-\Delta PE = +\Delta KE \rightarrow \Delta KE + \Delta PE = 0$$

$$(KE_f - KE_i) + (PE_f - PE_i) = 0$$

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \rightarrow ME_i = ME_f \rightarrow \Delta ME = 0$$

- المعادلة التي تصف حفظ العلاقة الميكانيكية في ظل وجود قوى محافظة فقط :

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \rightarrow ME_i = ME_f \rightarrow \Delta ME = 0$$




**سؤال** قذفت هدى كرة كتلتها (300 g) راسيًا إلى أعلى عن سطح الأرض بسرعة مقدارها (20 m/s)، أنظر إلى الشكل. أفترض أنه لا يوجد قوى احتكاك، وتسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$) ، فأحسب مقدار ما يأتي للكرة عند وصولها إلى أقصى ارتفاع :

أ - طاقتها الميكانيكية.

$$ME_f = ME_i = KE_i + PE_i = \frac{1}{2}mv_i^2 + 0$$

$$ME_f = ME_i = \frac{1}{2} \times 0.3 \times (20)^2 + 0 = 60\ J$$

ب - التغير في طاقة وضعها الناشئة عن الجاذبية.

$ME_f = KE_f + PE_f = 0 + PE_f = PE_f = 60\ \text{J}$

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

جـ - أقصى ارتفاع تصله عن سطح الأرض.

$PE_f = 60\ \text{J} \rightarrow PE_f = mgy_f \rightarrow 60 = 0.3 \times 10 \times y_f \rightarrow y_f = 20\ \text{m}$

د - التغير في طاقتها الحركية.

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

هـ - الشغل الذي بذلته قوة الجاذبية عليها.

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

---

**تمرين** في المثال السابق إذا قذفت هدى الكرة نفسها بسرعة (15 m/s) رأسيًا إلى أعلى عن سطح الأرض، فأحسب مقدار ما يأتي علمًا بأن تسارع السقوط الحر ($10\ \text{m/s}^2$)، وبإهمال قوى الاحتكاك :

أ - الطاقة الحركية الابتدائية للكرة.

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

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

$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \rightarrow 33.75 + 0 = 0 + PE_f \rightarrow PE_f = 33.75\ \text{J}$

جـ - سرعة الكرة لحظة عودتها إلى المستوى نفسه الذي قُذفت منه.

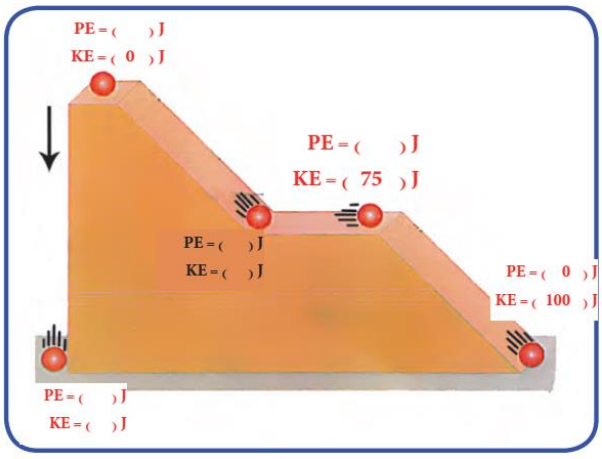
$v = -15\ \text{m/s}$ تكون سالبة لأن الجسم يتحرك نحو الأسفل

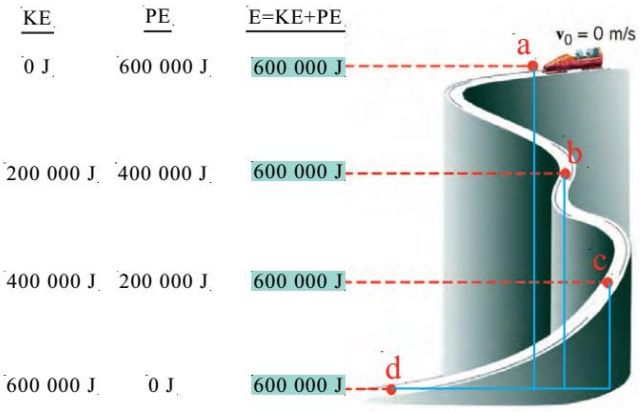
---

**تدريب** يوضح الشكل كرة موضوعة في أعلى سطح مائل (بإهمال مقاومة الهواء والاحتكاك) املأ الفراغات في الشكل في الحالات الآتية :

أ - سقوط الكرة سقوطًا حرًا.

ب - حركة الكرة على المستوى المائل.






**تدريب** يبين الشكل الطاقة التي يمتلكها جسم عند نقاط مختلفة في أثناء نزوله (بإهمال مقاومة الهواء والاحتكاك) ثم أجب عن الأسئلة الآتية :

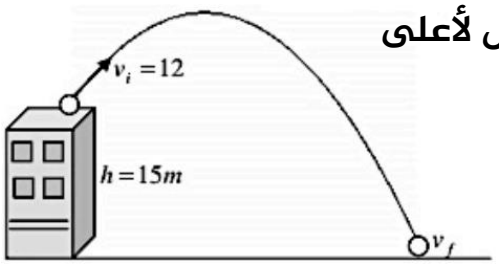
أ - عند أي نقطة تكون للطاقة الكامنة قيمة عظمى ؟ ولماذا ؟

ب - عند أي نقطة تكون للطاقة الحركية قيمة عظمى ؟ ولماذا ؟

جـ - كيف تصف التغير في الطاقة الكامنة والطاقة الحركية في أثناء حركة الجسم ؟

د - جد حاصل جمع الطاقة الكامنة والطاقة الحركية عند كل نقطة؟ ماذا تلاحظ ؟

---




**سؤال** قذف حجر من ارتفاع (15 m) عن سطح الأرض لأعلى بسرعة ابتدائية مقدارها (12 m/s)، أحسب سرعته لحظة وصول الأرض.

بما أن حركة الحجر هي في مجال الجاذبية الأرضية المحافظ، فإن طاقته الميكانيكية تكون محفوظة على طول مساره أي نستخدم قانون حفظ الطاقة الميكانيكية.

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \rightarrow \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f$$

$$\frac{1}{2}\times m\times(12)^2 + m\times 10\times 15 = \frac{1}{2}\times m\times v_f^2 + m\times 10\times 0$$

$$72\times m + m\times 150 = \frac{1}{2}\times m\times v_f^2 \rightarrow m(72+150) = \frac{1}{2}\times m\times v_f^2$$

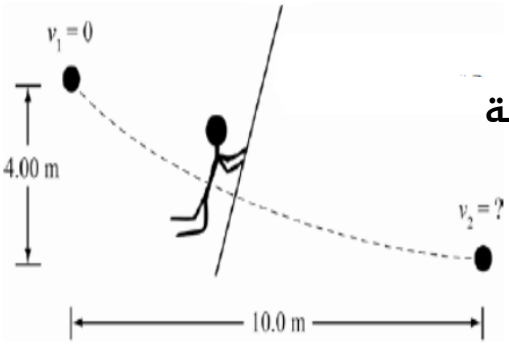
$$v_f^2 = 444 \rightarrow v_f = 21 \text{ m/s}$$

---

**سؤال** كرة كتلتها (1.5 kg) تتحرك بسرعة (20 m/s) على ارتفاع (15 m) فوق سطح الأرض، فما هي الطاقة الميكانيكية الكلية للكرة ؟

$$ME = KE + PE \rightarrow \frac{1}{2}mv^2 + mgy = \frac{1}{2}\times 1.5\times(20)^2 + 1.5\times 10\times 15$$

$$ME = 300 + 225 = 525 \text{ J}$$




**سؤال** يتأرجح رجل على كرمة مشدودة من كوخه الشجري إلى فرع شجرة مجاورة موجودة على مسافة أفقية (10 m) من نقطة بدايته ومسافة رأسية (4 m) أسفلها. ومن حسن حظه أن الكرمة لم تتمدد وتنكسر، لذا يمثل مسار الرجل جزءًا من دائرة. إذا كانت سرعة الرجل عند نقطة البداية صفرًا. فما هي سرعته عندما يصل إلى فرع الشجرة ؟

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \rightarrow \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f$$

$$0 + m\times10\times4 = \frac{1}{2}\times m\times v_f^2 + m\times10\times0$$

$$40\times m = \frac{1}{2}\times m\times v_f^2 \rightarrow v_f^2 = 80 \rightarrow v_f = 8.94 \text{ m/s}$$

---

**سؤال** يقترب سائق دراجة من تل بسرعة (8.5 m/s) فإذا كانت كتلة السائق والدراجة (85 kg) فأحسب الطاقة الحركية الابتدائية للنظام. وإذا صعد السائق التل، فأحسب الارتفاع الذي ستتوقف عنده الدراجة بإهمال المقاومات.

$$KE_i = \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}\times85\times(8.5)^2 = 3.1\times10^3 \text{ J}$$

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \rightarrow \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f$$

$$\frac{1}{2}\times85\times(8.5)^2 + 85\times10\times0 = \frac{1}{2}\times85\times0 + 85\times10\times h$$

$$h = 3.7 \text{ m}$$

---

**سؤال** ينزلق طفل كتلته (40 kg) بدءًا من السكون من قمة منزلق مائي أملس طوله (100 m) وارتفاعه (30 m) عن سطح الأرض، أنظر إلى الشكل المجاور. أحسب مقدار شغل قوة الجاذبية المبذول على الطفل، في أثناء انزلاقه من قمة المنزلق إلى أسفله.

$$W_{F_g} = -\Delta PE = mg(y_f - y_i)$$

$$W_{F_g} = 40\times10\times(30-0) = 12000 \text{ J}$$

# أسئلة إضافية وإثرائية

## سؤال ؟

كرة كتلتها (1.5 kg) تتحرك بسرعة (20 m/s) على ارتفاع (15 m) فوق سطح الأرض، فما هي الطاقة الكلية للكرة ؟.

## سؤال ؟

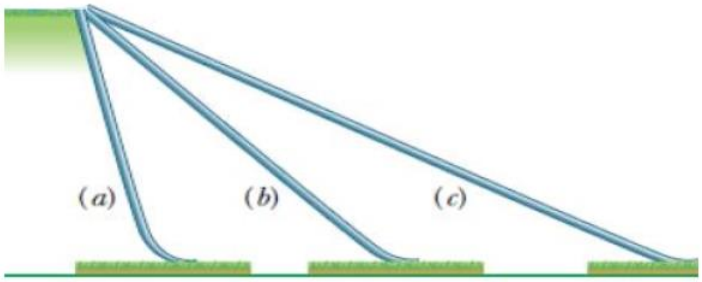
سقط جسم كتلته (6 kg) من وضع السكون من ارتفاع (4 m) فوق سطح الأرض. بإهمال القوى المعيقة، جد :

أ - الطاقة الكامنة للجسم عندما يصبح على ارتفاع (1 m) من سطح الأرض، على فرض أن الطاقة الكامنة صفر عند سطح الأرض.

ب - الشغل الذي تبذله قوة الجاذبية الأرضية على الجسم بين الموقعين.

## سؤال ؟

طفل يريد أن ينزلق على المستويات المائلة كما في الصورة. أي المستويات الثلاثة يكون شغل الجاذبية لها أكبر ؟.

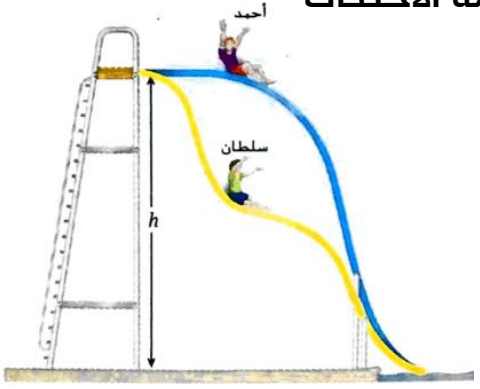



## سؤال ؟

بدأ أحمد وسلطان من السكون في الوقت نفسه عند الارتفاع (h) في أعلى منحدرين مائيين مختلفين في التكوين. إذا علمن أن المنحدرات عديمة الاحتكاك تقريبا.

أ - أي منهما يصل إلى أسفل أولاً ؟

ب - أي منهما يصل إلى أسفل أسرع ؟



# شغل القوى غير المحافظة

- عند تأثير قوة غير محافظة في جسم (وبذلها شغلًا عليه) فإن طاقته الميكانيكية تصبح غير محفوظة .
- يُعبر عن شغل القوى عير المحافظة بالعلاقة الآتية :

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

- لو كانت القوة المؤثرة غير المحافظة هي قوة احتكاك فإنه يتم التعبير عن شغلها بالعلاقة الآتية :

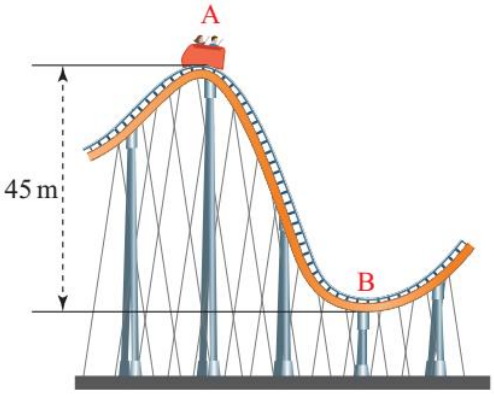
$$W_f = \Delta ME = f_k d\cos(180^o) = -f_k d$$

✓ أتحقَّقُ: **للمحافظة على حركة جسم على مسار خشن، يلزم التأثير فيه بقوة بشكل مستمر؟ لماذا؟**

لأن قوة الاحتكاك بين الجسم وسطح المسار الخشن تعمل على تحويل جزء كبير من الطاقة الحركية للجسم إلى طاقة حرارية ترفع درجة حرارة السطحين المتلامسين لذا يلزمنا بذل شغل على الجسم لتعويض الطاقة المبذولة في التغلب على قوة الاحتكاك.

---

**سؤال** **ذهبت حلا وصديقتها سُرى إلى مدينة الألعاب حيث ركبتا لعبة الأفغوانية. وعندما كانت عربة الأفغوانية تتحرك بسرعة مقدارها (2 m/s) عند الموقع (A)، هبطت فجأة عبر مسار منحدر خشن طوله (50 m)، بحيث كان التغير في الارتفاع الرأسي عبر هذا المسار المنحدر (45 m)، ومقدار سرعة العربة (24 m/s) عند نهاية المسار (الموقع B)، أنظر إلى الشكل. إذا علمت أن كتلة عربة الأفغوانية مع ركابها (300 Kg) وتسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$) ، فأحسب مقدار ما يأتي عند حركة عربة الأفغوانية من الموقع (A) إلى الموقع (B):**




**أ - التغير في طاقة وضعها الناشئة عن الجاذبية.**

$$\Delta PE = PE_f - PE_i = mgy_f - mgy_i$$

$$\Delta PE = 300\times10\times0 - 300\times10\times45 = -1.35\times10^5\ J$$

ب - التغير في طاقتها الحركية.

$$\Delta KE = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2}\times 300\times((24)^2 - (2)^2) = 8.58\times10^4 \text{ J}$$

جـ - التغير في طاقتها الميكانيكية.

$$\Delta ME = \Delta KE + \Delta PE = 8.58\times10^4 + -1.35\times10^5 = -4.92\times10^4 \text{ J}$$

د - الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك الحركي على العربة، في أثناء حركتها على المسار.

$$W_f = \Delta ME = -4.92\times10^4 \text{ J}$$

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

$$W_f = -f_k d = -4.92\times10^4 \rightarrow -f_k\times50 = -4.92\times10^4 \rightarrow f_k = 9.84\times10^2 \text{ N}$$

---

**سؤال** يسحب عمر صندوقًا كتلته (60 kg) من السكون على أرضية أفقية خشنة بقوة شد مقدارها (200 N) بحبل يصنع زاوية ($37^o$) على الأفقي، إزاحة مقدارها (50 m) جهة اليمين، إذا كانت سرعة الصندوق في نهاية الإزاحة (5 m/s)، أنظر إلى الشكل. إذا كان مقدار قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في الصندوق (100 N)، والحبل مهمل الكتلة وغير قابل للاستطالة، و($\cos 37^o = 0.8$)، فأحسب مقدار ما يأتي:

أ - شغل قوة الاحتكاك الحركية.

$$W_f = -f_k d = -100\times50 = -5000 \text{ J}$$

ب - التغير في الطاقة الميكانيكية للصندوق.

$$\Delta ME = \Delta KE + \Delta PE = \frac{1}{2}\times60\times((5)^2 - (0)^2) + 0 = 7.5\times10^2 \text{ J}$$

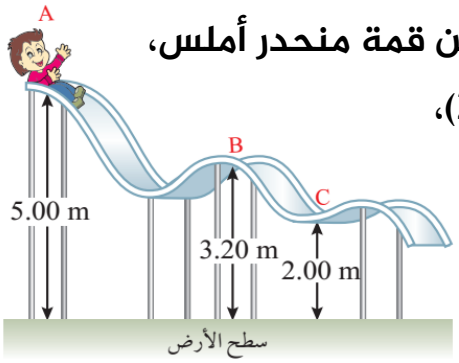
جـ - شغل قوة الشد.

$$W_{nc} = W_T + W_f = \Delta ME \rightarrow W_T = \Delta ME - W_f = 7.5\times10^2 - -5000$$

$$W_T = 7.5\times10^2 - 5000 = 5.75\times10^3 \text{ J}$$

*Another solution* :

من خلال معادلات الحركة نقوم بإيجاد التسارع ثم نقوم بإيجاد مقدار قوة الشد من خلال قانون نيوتن الثاني ونقوم بتعويضها في معادلة الشغل الأساسية لإيجاد الشغل المبذول.




**تمرين** ينزلق طفل بدءًا من السكون من الموقع (A) عن قمة منحدر أملس، كما هو موضح في الشكل. إذا علمت أن كتلة الطفل (25 kg)، وتسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$)، فأحسب مقدار ما يأتي :

أ - سرعة الطفل عند الموقع (B).

$$KE_{i_A} + PE_{i_A} = KE_{f_B} + PE_{f_B} \rightarrow 0 + mgy_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f$$

$$\frac{1}{2}\times 25\times 0 + 25\times 10\times 5 = \frac{1}{2}\times 25\times v_f^2 + 25\times 10\times 3.20$$

$$v_f^2 = 36 \rightarrow v_f = 6\ m/s$$

ب - الطاقة الحركية للطفل عند الموقع (C).

$$KE_{i_A} + PE_{i_A} = KE_{f_C} + PE_{f_C} \rightarrow 0 + mgy_i = KE_{f_C} + mgy_f$$

$$0 + 25\times 10\times 5 = KE_{f_C} + 25\times 10\times 2 \rightarrow KE_{f_C} = +750\ J$$

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

$$\Delta PE = PE_C - PE_A = mgy_C - mgy_A$$

$$\Delta PE = 25\times 10\times 5 - 25\times 10\times 2 = +750\ J$$

$$W_g = -\Delta PE = -750\ J$$

## حل أسئلة مراجعة الدرس الثاني من الوحدة الأولى

**سؤال 1** **ما المقصود بالطاقة الميكانيكية ؟ وعلام تنص مبرهنة (الشغل - الطاقة الحركية) ؟**

الطاقة الميكانيكية هي مجموع الطاقة الحركية وطاقة الوضع.

وتنص مبرهنة (الشغل–الطاقة الحركية) على أن الشغل الكلي المبذول على جسم يساوي التغير في طاقته الحركية.

---

**سؤال 2** **في أي الحالات الآتية أطبّق حفظ الطاقة الميكانيكية؟ وفي أيّها لا أطبّقه ؟**

1. **قذف كرة تنس في الهواء.** (تطبق)
2. **رمي كرة سلة نحو السلة.** (تطبق)
3. **حركة سيارة على طريق رملي.** (لا تطبق)
4. **انزلاق قرص فلزي على سطح جليدي أملس.** (تطبق)

---

**سؤال 3** **هل يمكن أن تتغير سرعة جسم، إذا كان الشغل الكلي المبذول عليه صفرًا؟**

لا يمكن أن تتغير سرعة الجسم، لأنه عندما يكون الشغل الكلي المبذول على الجسم صفرًا فذلك يعني أن سرعته ثابتة أو منعدمة وبالتالي يكون التغير في طاقته الحركية صفرًا والشغل الكلي المبذول عليه صفرًا.

---

**سؤال 4** **كرتان متماثلتان قُذفت الأولى بسرعة مقدارها (3 m/s) وقُذفت الثانية بسرعة مقدارها (9 m/s). جد نسبة الطاقة الحركية للكرة الثانية إلى الطاقة الحركية للكرة الأولى. ماذا تستنتج ؟**

$$\frac{KE_2}{KE_1} = \frac{\frac{1}{2}mv_2{}^2}{\frac{1}{2}mv_1{}^2} = \frac{v_2}{v_1} = \frac{81}{9} \rightarrow \frac{v_2}{v_1} = 9$$

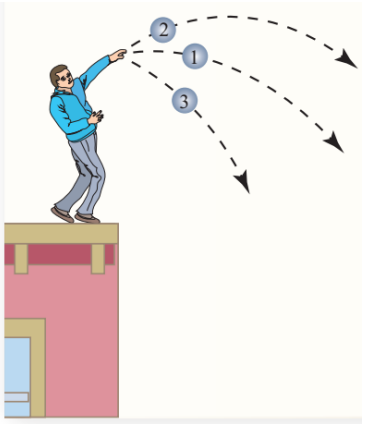
**سؤال 5** إذا علمت أن كتلة سوسن (50 kg)، وتسارع السقوط الحر ($10\ m/s^2$)، فأحسب مقدار :

أ - طاقتها الحركية، عندما تركض بسرعة مقدارها (3 m/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 (8 m) عن سطح الأرض.

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




**سؤال 6** يرمي خالد (3) كرات متماثلة من أعلى بناية. إذا رمى الكرات الثلاث بمقدار السرعة الابتدائية نفسها، بالاتجاهات الموضحة في الشكل المجاور، فرتب الكرات الثلاثة حسب مقادير سرعاتها لحظة وصولها إلى سطح الأرض بإهمال مقاومة الهواء.

موضحًا إجابتك..

بما أن حركة الكرات جميعها هي في مجال الجاذبية الأرضية المحافظ، فإن الطاقة الميكانيكية لكل كرة تكون محفوظة على طول مساره أي نستخدم قانون حفظ الطاقة الميكانيكية.

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \rightarrow \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f$$

$$v_f = \sqrt{2gy_i + v_i^2}$$

يتضح من المعادلة أن السرعة النهائية لكل كرة تعتمد فقط على الارتفاع الذي بدأ منه الجسم (حيث أن السرعة الابتدائية للكرات الثلاثة متساوية) وبالتالي تصل جميع الكرات إلى الأرض في نفس الزمن ونفس السرعة.

## حل أسئلة مراجعة الوحدة الأولى

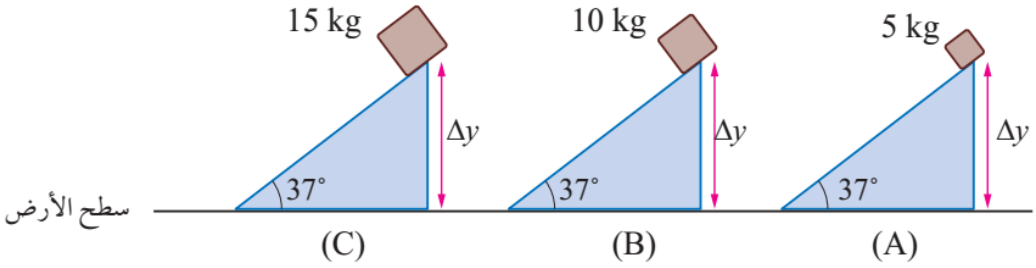
**سؤال 1** ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكل جملة مما يأتي :

1. الشغل الذي تبذله قوة مقدارها (1 N) عندما تؤثر في جسم وتحركه إزاحة مقدارها (1 m) في اتجاهها، يُسمى :
(الجول).

2. مقدرة الجسم على بذل شغل، تُسمى :
(الطاقة).

3. الطاقة المختزنة في جسم نتيجة موقعه بالنسبة إلى مستوى إسناد، تُسمى :
(طاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية).

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




4. الصندوق الذي له أكبر طاقة وضع ناشئة عن الجاذبية، هو :
(C).

5. الترتيب الصحيح للطاقة الحركية للصناديق الثلاثة لحظة وصولها إلى سطح الأرض، هو :
($KE_C > KE_B > KE_A$).

6. الصندوق الذي له أكبر سرعة لحظة وصوله إلى سطح الأرض، هو :
(سرعاتها جميعها متساوية).

7. الصندوق الذي يصل إلى سطح الأرض أولاً، هو :
(تصل جميعها إلى سطح الأرض في اللحظة نفسها).

**8. تكون الطاقة الميكانيكية لجسم يسقط سقوطًا حرًا عند إهمال مقاومة الهواء :**
(ثابتة).

**9. عندما تؤثر قوة في جسم عموديًا عل اتجاه إزاحته، فإن شغلها يكون :**
(صفرًا).

**10. إذا كان شغل قوة مؤثرة في جسم بين موقعين، يعتمد على موقعه النهائي وموقعه الابتدائي، ولا يعتمد على المسار الفعلي للحركة، فإن هذه القوة توصف بإنها قوة :**
(محافظة).

**11. يتحرك جسم أفقيًا بسرعة ثابتة مقدارها** (5 m/s) **شرقًا ويقطع إزاحة مقدارها** (50 m)**. أن الشغل الكلي المبذول على الجسم خلال هذه الإزاحة يساوي :**
(250 J).

**12. تتحرك سيارة بسرعة** (15 m/s) **شرقًا، بحيث كانت طاقتها الحركية** ($9\times10^{+4}$ J)**. إذا تحركت السيارة غربًا بالسرعة نفسها، فإن مقدار طاقتها الحركية يساوي :**
($9\times10^{+4}$ J).

**13. يركض محمد بسرعة مقدارها** (3 m/s)**. إذا ضاعف مقدار سرعته مرتين فإن طاقته الحركية :**
(تتضاعف 4 مرات).

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

**15. إذا كان الشغل الكلي المبذول على جسم يساوي صفرًا، فهذا يعني أن الجسم :**
(ساكن أو متحرك بسرعة ثابتة).

**سؤال 2** فسر إذا كان يُبذل شغل أم لا في الحالات الآتية :

أ. تحمل هند حقيبتها وتصعد بها إلى الطابق الثاني.

نعم، يبذل شغل

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

نعم، يبذل شغل

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

لا، لا يبذل شغلًا لأن القوة متعامدة مع متجه الإزاحة.

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

لا، لا يبذل شغلًا لأن الجسم لم يتحرك وبالتالي الإزاحة تساوي صفرًا.

---

**سؤال 3** وضح هل يُمكن لطاقة الوضع الناشئة عن الجاذبية أن تكون سالبة.

لا يمكن لإنها تعتمد على الكتلة وتسارع الجاذبية والارتفاع وجميعها كميات موجبة دائما.

---

**سؤال 4** في أثناء دراستي وزميلتي أسماء لمرهنة (الشغل – الطاقة الحركية)، قالت : "أن الشغل الكلي المبذول على جسم يساوي طاقته الحركية النهائية" ناقش صحة قول أسماء.

كلام أسماء غير صحيح لأنه لا يمكن تعميم كلامها على جميع الحالات فلو كان الجسم مقذوف نحو الأعلى فعندئذ تكون الطاقة الحركية النهائية صفرًا لكن الشغل لا ، وهكذا ..

---

**سؤال 5** قُذفت كرة رأسيا إلى أعلى من سطح الأرض. عند أي ارتفاع يكون مقدار سرعتها مساويًا نصف مقدار سرعتها الابتدائية؟ فسر إجابتك ..

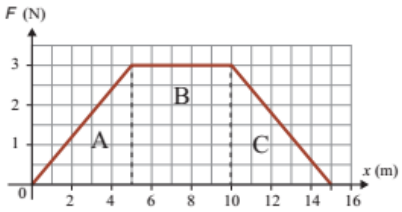
$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \rightarrow \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i = \frac{1}{2}mv_f^2 + mgy_f$$

$$\frac{1}{2}v_i^2 + 0 = \frac{1}{2}v_f^2 + gy_f \rightarrow \frac{1}{2}v_i^2 + 0 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{2}v_i\right)^2 + gy_f$$

$$\frac{1}{2}v_i^2 = \frac{1}{8}v_i^2 + gy_f \rightarrow \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{8}\right)v_i^2 = gy_f \rightarrow y_f = \frac{3}{80}v_i^2$$

عند ارتفاع $\left(\frac{3}{80}v_i^2\right)$ تكون سرعة الجسم مساوية لنصف مقدار سرعتها الابتدائية.

**سؤال 6** أثرت قوة محصلة متغيرة في جسم كتلته (10 kg) ، فحركته من السكون إزاحة مقدارها (15 m)، كما هو موضح في الشكل المجاور. أحسب مقدار ما يأتي :



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

أ. الشغل الذي بذلته القوة المحصلة خلال (5 m) الأولى من بداية حركة الجسم (الفترة A).

$$W_A = Area = \frac{1}{2}\times5\times3 = 7.5\ J$$

ب. سرعة الجسم في نهاية الإزاحة (10 m).

$$F = ma \rightarrow 3 = 10\times a \rightarrow a = 0.3\ m/s^2$$

$$v_2^2 = v_1^2 + 2ad \rightarrow v_2^2 = 0 + 2\times0.3\times10 \rightarrow v_2^2 = 6 \rightarrow v_2 = 2.44\ m/s$$

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

$$W_{TOT} = W_A + W_B + W_C \rightarrow W_{TOT} = 7.5 + 3\times5 + \frac{1}{2}\times5\times3 = 30\ J$$

---

**سؤال 7** سيارة كتلتها ($8\times10^{+2}$ kg) تصعد تلاً طوله ($5\times10^{+2}$ m) بسرعة ثابتة مقدارها (25 m/s)، وتؤثر فيها قوى احتكاك ($5\times10^{+2}$ N). إذا كانت زاوية ميلان التل على الأفقي ($15^o$)، فأحسب مقدار ما يأتي :

أ. القوة التي يؤثر بها محرك السيارة.

$$\sum F_x = ma = 0 \rightarrow F - F_g sin\theta - f = 0 \rightarrow F - mgsin\theta - f = 0$$

$$F - 800\times10\times0.25 - 500 = 0 \rightarrow F = 2500\ N$$

ب. قدرة المحرك اللازمة كي تصعد السيارة التل بهذه السرعة.

$$P_F = Fvcos\theta \rightarrow P_F = 2500\times25\times\cos(0^o) \rightarrow P_F = 62500\ watt$$

---

**سؤال 8** يجرّ قارب سفينة بحبل يصنع زاوية ($25^o$) أسفل الأفقي بسرعة ثابتة إزاحة مقدارها ($2\times10^{+2}$ m) بقوة شد مقدارها ($2\times10^{+3}$ N). إذا كان الحبل مهمل الكتلة وغير قابل للاستطالة، فأحسب مقدار ما يأتي خلال هذه الإزاحة :

أ. الشغل الذي يبذله القارب على السفينة.

$$W_{F_T} = F_T d cos\theta \rightarrow W_{F_T} = 2000\times200\times\cos(25^o) = 360000 = 36\times10^{+4}\ J$$

ب. الشغل الذي تبذله القوى المعيقة المؤثرة في السفينة.

$W_{F_g} = F_g d\cos\theta \rightarrow W_{F_g} = 800\times10\times200\times\cos(90^o) = 0\ J$

**سؤال 9** يريد موسى رفع صندوق كتلته (100 kg) إلى ارتفاع (1 m) عن سطح الأرض. فاستخدم مستوى مائلاً طوله (2 m) يميل على الأفقي بزاوية ($30^o$)، ودفع الصندوق إلى أعلى المستوى المائل بقوة موازية للمستوى بسرعة ثابتة. إذا كان مقدار قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في الصندوق (100 N)، فأحسب مقدار ما يأتي :

أ. الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك على الصندوق.

$W_f = f d\cos\theta \rightarrow W_f = 100\times2\times\cos(180^o) = -200\ J$

ب. الشغل الذي بذله موسى على الصندوق.

$\sum F_x = ma = 0 \rightarrow F - F_g\sin\theta - f = 0 \rightarrow F - mg\sin\theta - f = 0$

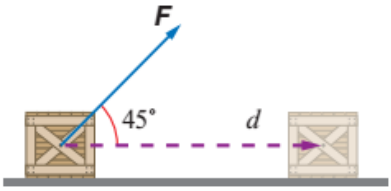
$F - 100\times10\times0.5 - 100 = 0 \rightarrow F = 600\ N$

$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 600\times2\times\cos(0^o) = 1200\ J$

جـ. الشغل الذي بذلته قوة الجاذبية على الصندوق.

$W_{F_g} = F_g d\cos\theta \rightarrow W_{F_g} = 100\times10\times2\times\cos(120^o) = -1000\ J$

**سؤال 10** تسحب ناديا صندوقًا كتلته (50 kg) على سطح الأفقي خشن بحبل يميل على الأفقي بزاوية ($45^o$) إزاحة مقدارها (15 m)، كما هو موضح في الشكل المجاور. إذا علمت أن قوة الشد في الحبل (200 N)، واكتسب الصندوق تسارعًا مقداره ($0.3\ m/s^2$)، فأحسب مقدار ما يأتي :




أ. الشغل الذي بذلته ناديا على الصندوق.

$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 200\times15\times\cos(45^o) = 2100\ J$

ب. التغير في الطاقة الحركية للصندوق.

$\Delta KE = W_{TOT} = W_F + W_{F_g} + W_{F_N} + W_f$

$W_F = 2100\ J\ ,\ W_{F_g} = 0\ J\ ,\ W_{F_N} = 0\ J$

$\sum F_x = ma \rightarrow F\cos\theta - f = 50\times0.3 = 15$

$\rightarrow 200\times0.70 - f = 15 \rightarrow f = 125\ N$

$W_f = fd\cos\theta \rightarrow W_f = 125\times15\times\cos(180^o) = -1875$ J

$\Delta KE = W_{TOT} = W_F + W_{F_g} + W_{F_N} + W_f = 2100 + 0 + 0 + -1875$

$\Delta KE = W_{TOT} = 225$ J

جـ. الشغل الذي بذلته قوة الاحتكاك الحركي على الصندوق.

$W_f = fd\cos\theta \rightarrow W_f = 125\times15\times\cos(180^o) = -1875$ J

د. الشغل الكلي المبذول على الصندوق.

$W_{TOT} = W_F + W_{F_g} + W_{F_N} + W_f = 2100 + 0 + 0 + -1875 = 225$ J

---

**سؤال 11** مصعد كتلته مع حمولته ($2\times10^{+3}$ kg)، يرفع بمحرك كهربائي من سطح الأرض إلى ارتفاع (60 m) عن سطحها بسرعة ثابتة مقدارها (1 m/s). وتؤثر فيه في أثناء حركته إلى أعلى قوة احتكاك حركي ثابتة مقدارها ($2\times10^{+3}$ N)، أحسب مقدار ما يأتي :

أ. الشغل الذي يبذله المحرك على المصعد.

$\sum F_y = ma = 0 \rightarrow F - F_g - f = 0 \rightarrow F - 2\times10^{+3}\times10 - 2\times10^{+3} = 0$

$F = 22000 = 22\times10^{+3}$ N

$W_F = Fd\cos\theta \rightarrow W_F = 22\times10^{+3}\times60\times\cos(0^o) = 132\times10^{+4}$ J

ب. شغل قوة الاحتكاك الحركي.

$W_f = fd\cos\theta \rightarrow W_f = 2\times10^{+3}\times60\times\cos(180^o) = -12\times10^{+4}$ J

جـ. قدرة المحرك.

$P_F = Fv\cos\theta \rightarrow P_F = 22\times10^{+3}\times25\times\cos(0^o) \rightarrow P_F = 55\times10^{+4}\, watt$

د. التغير في الطاقة الميكانيكية للمصعد.

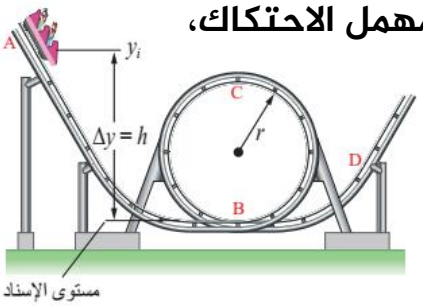
$\Delta KE = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$

$\Delta KE = \frac{1}{2}\times2\times10^{+3}\times((0)^2 - (1)^2) = -1\times10^3$ J

$\Delta PE = mgy_f - mgy_i = 2000\times10\times60 - 2000\times10\times0 = 1200\times10^3$ J

$\Delta ME = \Delta KE + \Delta PE = -1\times10^3 + 1200\times10^3 = 1199\times10^3$ J

**سؤال 12** يوضح الشكل المجاور أفغوانية كتلة عربتها (2000 kg) تتحرك من السكون من تل ارتفاعه (60 m) (الموقع A ) إلى أسفل التل على مسار مهمل الاحتكاك، وتمر في أثناء ذلك بمسار دائري رأسي عند الموقع (B) على شكل حلقة نصف قطرها (20 m) وتُكمل مسارها مارّة بالموقع (D). أستعين بالشكل المجاور لأحسب مقدار ما يأتي :




أ. سرعة عربة الأفغوانية عند الموقع (B).

$$KE_A + PE_A = KE_B + PE_B \rightarrow 0 + mgy_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + 0$$

$$2000\times10\times60 = \frac{1}{2}\times2000\times v_B^2 \rightarrow 600 = \frac{1}{2}\times v_B^2$$

$$v_B^2 = 1200 \rightarrow v_B = 34.64 \text{ m/s}$$

ب. سرعة عربة الأفغوانية عند الموقع (C).

$$KE_B + PE_B = KE_C + PE_C \rightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 + 0 = \frac{1}{2}mv_C^2 + mgy_C$$

$$\frac{1}{2}\times2000\times1200 = \frac{1}{2}\times2000\times v_C^2 + 2000\times10\times40$$

$$600 = \frac{1}{2}\times v_C^2 + 400 \rightarrow v_C^2 = 400 \rightarrow v_B = 20 \text{ m/s}$$

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

$$W_{TOT} = \Delta KE = \frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = \frac{1}{2}m(v_C^2 - v_B^2)$$

$$W_{TOT} = \Delta KE = \frac{1}{2}\times2000\times((20)^2-(34.64)^2) = -8\times10^5 \text{ J}$$

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

$$KE_B + PE_B = KE_D + PE_D \rightarrow \frac{1}{2}mv_B^2 + 0 = \frac{1}{2}mv_D^2 + mgy_D$$

$$\frac{1}{2}\times2000\times1200 = \frac{1}{2}\times2000\times v_D^2 + 2000\times10\times20$$

$$600 = \frac{1}{2}\times v_D^2 + 200 \rightarrow v_D^2 = 800 \rightarrow v_D = 28.28 \text{ m/s}$$

$$\Delta ME_D = KE_D + PE_D = \frac{1}{2}mv_D^2 + mgy_D$$

$$\Delta ME_D = \frac{1}{2}\times2000\times800 + 2000\times10\times20 = 12\times10^5 \text{ J}$$

**سؤال 13** ينزلق طفل كتلته (40 kg) بدءًا من السكون من قمة منزلق مائي أملس طوله (100 m) وارتفاعه (30 m) عن سطح الأرض، أنظر إلى الشكل المجاور. أجيب عما يأتي :

أ. أحسب مقدار الطاقة الميكانيكية للطفل عند قمة المنزلق.

$$\Delta ME_i = \Delta KE_i + \Delta PE_i = \frac{1}{2}mv_i^2 + mgy_i$$

$$\Delta ME_i = \frac{1}{2}\times 40\times 0 + 40\times 10\times 30 = 12000\ J$$

ب. أحسب مقدار الطاقة الحركية للطفل عند نهاية المنزلق.

$$KE_i + PE_i = KE_f + PE_f \rightarrow 0 + mgy_i = KE_f + 0 \rightarrow mgy_i = KE_f$$

$$KE_f = mgy_i \rightarrow 40\times 10\times 30 = 12000\ J$$

جـ. أحسب مقدار سرعة الطفل عند نهاية المنزلق.

$$\Delta KE_f = \frac{1}{2}mv_f^2 = 12000\ J \rightarrow \frac{1}{2}\times 40\times v_f^2 = 12000 \rightarrow v_f = 24.5\ m/s$$

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

$$W_{F_g} = -\Delta PE = mg(y_f - y_i) = 40\times 10\times (30-0) = 12000\ J$$

هـ. فسر هل يؤثر طول المنزلق في سرعة الطفل عند نهايته؟ فسر إجابتك..

لا ، لا تؤثر لأن سرعة الطفل النهائية لا تعتمد على طول المسار وإنما على الارتفاع.

---

**سؤال 14** تسحب رافعة سيارة كتلتها ($1.6\times10^{+3}$ kg) من السكون على طريق أفقي بقوة شد مقدارها ($2\times10^{+3}$ N) بحبل يميل على الفقي بزاوية ($37^o$) إزاحة مقدارها ($5\times10^{+2}$ m) ، إذا كانت سرعتها في نهاية الإزاحة (25 m/s)، أنظر إلى الشكل المجاور. إذا علمت أن مقدار قوة الاحتكاك الحركي المؤثرة في السيارة ($6\times10^{+2}$ N)، والحبل مهمل الكتلة وغير قابل للاستطالة، فأحسب مقدار ما يأتي :

أ. شغل قوة الاحتكاك الحركي.

$$W_f = fd\cos\theta \rightarrow W_f = 6\times10^{+2}\times5\times10^{+2}\times\cos(180^o) = -3\times10^{+5}\ J$$

ب. شغل قوة الشد.

$W_{F_T} = F_T d\cos\theta \rightarrow W_{F_T} = 2\times10^{+3}\times5\times10^{+2}\times\cos(37^o) = 8\times10^{+5}$ J

جـ. التغير في الطاقة الحركية للسيارة.

$$\Delta KE = \frac{1}{2}mv_f^2 - \frac{1}{2}mv_i^2 = \frac{1}{2}m(v_f^2 - v_i^2)$$

$$\Delta KE = \frac{1}{2}\times1.6\times10^{+3}\times((25)^2 - (0)^2) = 500\times10^3 = 5\times10^5 \text{ J}$$

د. التغير في الطاقة الميكانيكية للسيارة.

$\Delta PE = mgy_f - mgy_i = 1.6\times10^{+3}\times10\times0 - 1.6\times10^{+3}\times10\times 0 = 0$ J

$\Delta ME = \Delta KE + \Delta PE = 5\times10^5 + 0 = 5\times10^5$ J