الوحدة الثانية

العمل و الطاقة الحركية

(حالة الحركة الانسحابية)

الكفاءات المستهدفة :

- يعبر و يحسب عمل قوة ثابتة و الطاقة الحركية لجسم صلب في حركة انسحابية.
- يستعمل مبدأ انحفاظ الطاقة لتحديد سرعة جسم صلب في حركة انسحابية.

■ ما هو شكل الطاقة المحوّل في هذا الحادث ؟

بطاقة تقنية

تذكير:

الحركة الإنسحابية لجسم صلب

أعطى التصوير المتعاقب لحركة كوس في ثلاث حالات مختلفة الأشكال 1-أ و ب و ج .

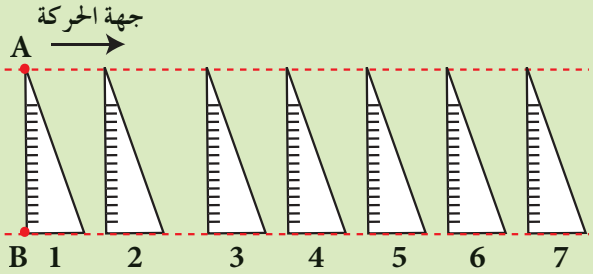
- قارن في كل حالة وضعية الضلع المدرج للكوس في مختلف المواضع المتتالية.

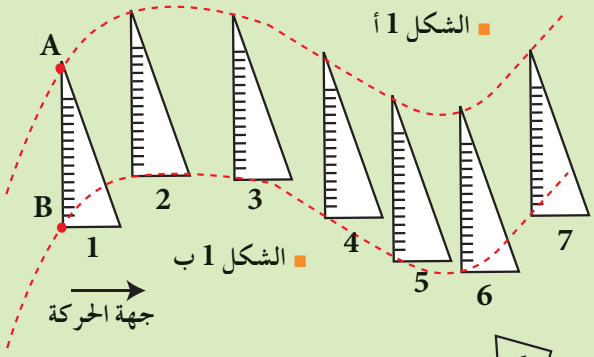
ماذا تلاحظ؟

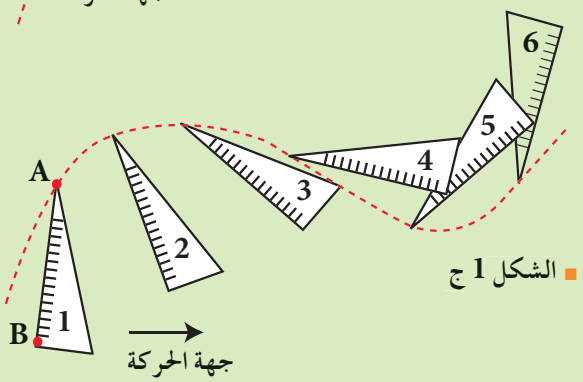
قارن شكلي مساري النقطتين A وB في كل حالة. ما نوع حركة الكوس في الشكلين 1 أ و 1ب؟

- اكمل الشكل الثالث برسم كيفي لمسار النقطة B .

ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟







النتيجة

- ينسحب الضلع المدرج للكوس في الشكلين 1أ و1ب موازيا لنفسه، ومسارات كل نقاط الكوس متماثلة يمكن مطابقتها بالإزاحة: نقول أن للكوس حركة انسحابية.

- في الشكل 1ج مسار النقطة B يختلف عن مسار النقطة A ولا يمكن مطابقتهما. حركة الكوس في هذه الحالة ليست حركة انسحابية لأن الضلع المدرج لم يبق موازٍ لنفسه خلال الحركة.

• في الحركة الانسحابية لجسم صلب، يكون لكل نقطة من نقاطه نفس شعاع السرعة $\vec{V}$.

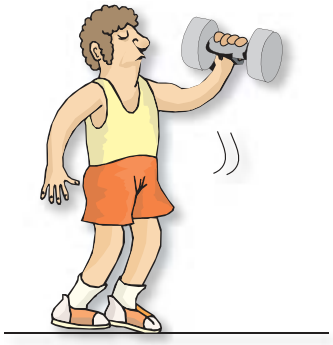
نقول حينئذ أن للجسم الصلب سرعة $\vec{V}$.

لدراسة حركة جسم صلب في حالة إنسحاب، نختار نقطة كيفية منه وتعود دراسة حركة هذا الجسم إلى دراسة حركة هذه النقطة.

العمل والطاقة الحركية

1 – عمل قوة ثابتة (حالة حركة انسحابية)

1 – 1 – مفهوم عمل قوة



إذا كانت كلمة طاقة في التعبير العام لها تقريبا نفس المعنى العلمي للطاقة فإن كلمة عمل في التعبير العام لا تعبر عن المفهوم العلمي.

ففي المفهوم العام تعبر كلمة عمل عن جهد متبوع باحساس بتعب و هذا لا يعبر عن المفهوم العلمي للعمل.

عندما يرفع ولد جسما بيده من سطح الأرض إلى ارتفاع معين نقول أن القوة التي يطبقها الولد على الجسم عملت.

إذا امسك ولد جسما عند ارتفاع ثابت فإن القوة التي يطبقها على الجسم حتى لا يسقط لا تعمل رغم التعب الذي يحس به هذا الولد.

الإحساس بالتعب ناتج عن حدوث داخل جسم الإنسان ظواهر فيزيائية و كيميائية تجعل ألياف عضلاته تنقبض و ترتخي مما يجعله يستهلك طاقة.

1 – 2 – عمل قوة ثابتة في حالة حركة انسحابية مستقيمة.

نشاط1

خذ مجفف شعر وعربة صغيرة موضوعة على سكتين.

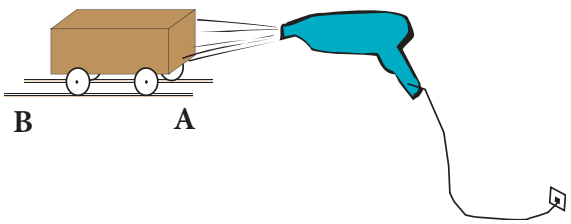
شغل مجفف الشعر و وجهه نحو العربة.

– اقترح كيفية عملية تأثر بها على العربة بمجفف الشعر بحيث تبقى القوة المطبقة من طرف الهواء المنبعث منه على العربة تقريبا ثابتة.

– إذا كانت العربة ساكنة في الموضع A، ما هي أحسن جهة لتأثير هذه القوة عليها بحيث تصل إلى الموضع B بأقصى سرعة؟ قارن كيفيا جهة الحركة مع حامل وجهة القوة.

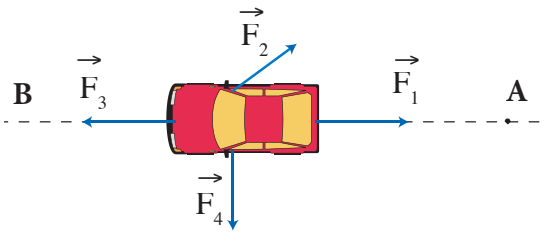
– إذا كانت العربة تتحرك من A إلى B وأردت توقيفها، ما هي أحسن جهة للتأثير عليها حتى توقفها في أقصر مسافة ؟

– في رأيك كيف يكون أثر هذه القوة على حركة العربة إذا كان حاملها عموديا على السكتين؟



الشكل 4

نشاط2



الشكل5

يمثل الشكل5 مساهمة أربعة أشخاص في نقل سيارة انطلاقا من السكون من الموضع A إلى الموضع B حيث يطبق كل واحد منهم قوة متساوية الشدّة.

1 – ما هي القوة من بين القوى الأربع التي تجعل العربة تصل إلى النقطة B بأقصى سرعة إذا أثرت وحدها؟

2 – رتب القوى الأربع حسب فعالية كل منها في نقل العربة من A إلى B.

3 – ما هي العلاقة من العلاقات التالية تميز أحسن فعالية كل قوة و تسمح بشرح الترتيب السابق:

Fd, Fdcosα, Fdsinα, Fdα حيث α هي الزاوية التي يصنعها شعاع القوة مع المستقيم AB وd هي المسافة AB

تعريف

يُعرّف عمل قوة $\vec{F}$ ثابتة عندما تنتقل نقطة تطبيقها وفق مسار مستقيم AB بالعبارة التالية:

$W_{AB}(\vec{F}) = F\,AB\cos\alpha$ حيث α هي الزاوية التي يصنعها الشعاع $\overrightarrow{AB}$ مع شعاع القوة $\vec{F}$.

يعبر في النظام الدولي عن المسافة AB بالمتر (m)، شدة القوة $\vec{F}$ بالنيوتن (N) والعمل W بالجول (J).

نشاط 3:

تأثر قوة على عربة لتنقلها من A إلى B ، ما هي قيمة عمل هذه القوة في الحالات التالية:

– القوة معدومة

– القوة عمودية على مسار نقطة تطبيقها

– الإنتقال AB معدوم.

1 – 3 – العمل المحرك والعمل المقاوم

نشاط1:

تُجر سيارة بقوة ثابتة فتنتقل من الموضع A إلى الموضع B.

1 – هل هذه القوة مساعدة أو معيقة للحركة؟

2 –احسب عمل هذه القوة إذا علمت أن شدتها 1000N و أن المسافة AB تساوي 100m.

3 – ما هي إشارة هذا العمل؟

نشاط 2

يفرمل سائق سيارة فتتوقف سيارته بعد قطع المسافة CD=50 m. تكافئ الفرملة قوة قدرها 500N في الاتجاه المعاكس للحركة.

1 – هل هذه القوة مساعدة أو معيقة للحركة؟

2 – احسب عمل هذه القوة.

3 – ما هي إشارة هذا العمل؟

العمل والطاقة الحركية

استنتج بإكمال الفراغات :

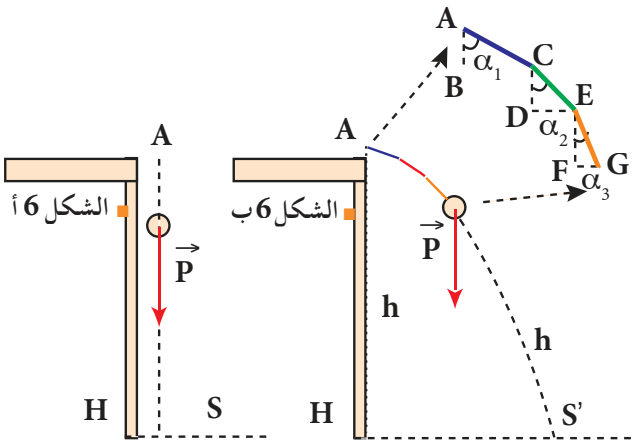
تكون القوة المطبقة على متحرك في ..... الحركة ..... لحركته و تكون إشارة عمل هذه القوة ..... و ندعوه عملا .....

تكون القوة المطبقة على متحرك في ..... المعاكس للحركة ..... لحركته و تكون إشارة عمل هذه القوة ..... و ندعوه عملا .....

4 - 1 - عمل الثقل

نترك كرية تسقط شاقوليا بدون سرعة ابتدائية من الموضع A الى الموضع S (الشكل 6 أ).

– جد عبارة عمل ثقل هذه الكرية خلال السقوط .



– كيف تكون هذه العبارة إذا قذفت الكرية أفقيا انطلاقا من نفس الموضع A لتسقط في الموضع S' متبعة المسار المبين على (الشكل 6 ب)، من أجل ذلك نقترح عليك أن تجزّئ مسار الكرية إلى قطع صغيرة جدا يمكن اعتبارها مستقيمة، فيكون عمل قوة الثقل من A الى S' هو مجموع أعمال هذه القوة وفق هذه المسارات المستقيمة (لماذا؟ علّل).

– هل تتغير عبارة عمل الثقل لو تدحرجت الكرية على مستو مائل من A الى S'؟

– ماذا تستنتج من هذه الحالات الثلاث ؟

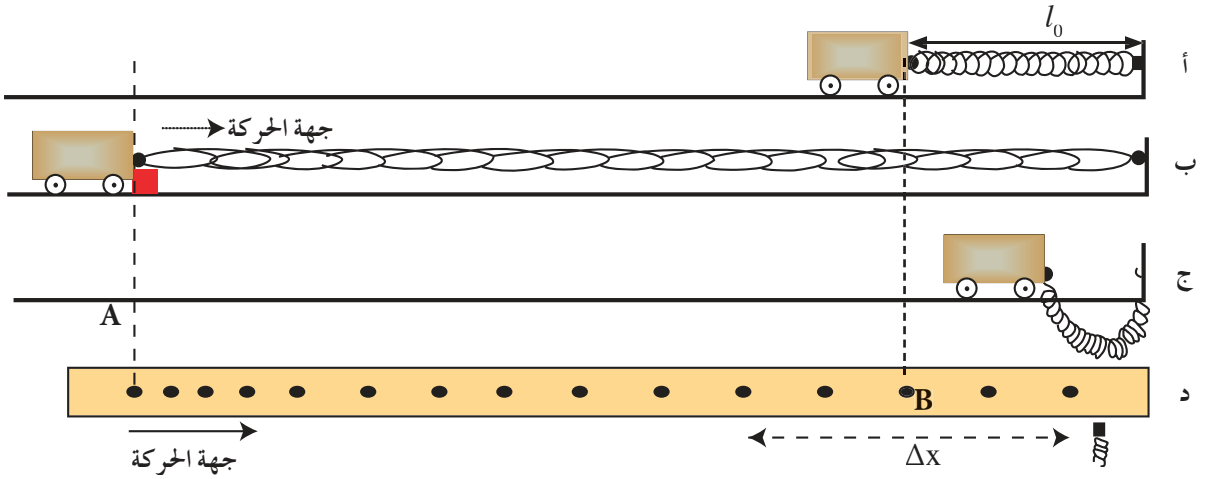
استنتج بإكمال الفراغات :

عمل الثقل لا ..... بالطريق ..... من طرف المتحرك بل يتعلق ..... الثقل و..... في الارتفاع h بين الموضع ..... والموضع ..... فقط أي : $W = P.h$

2 – العمل والطاقة الحركية :

نشاط1 : مقاربة أولية لعبارة الطاقة الحركية

نربط عربة بنابض ثم نسحبها على مستو أفقي حتى يصبح النابض مستطالا كفاية (في حدود مرونته) ثم نضع أمامها حاجزا أو نمسكها باليد (الشكل 4–ب) . نحرر العربة في لحظة معينة مع أخذ صور متعاقبة خلال حركتها. يمثل (الشكل 4–د) نموذج لتسجيل حركة العربة حيث المجال الزمني بين نقطتين متتاليتين هو ($\tau = 0.01s$) . نعلّم على الشريط النقطتين A و B الموافقتين لموضع انطلاق العربة وموضع العربة حيث يكون النابض في طوله الأصلي l_0 (حالة راحة الشكل4–أ).



في الموضع A

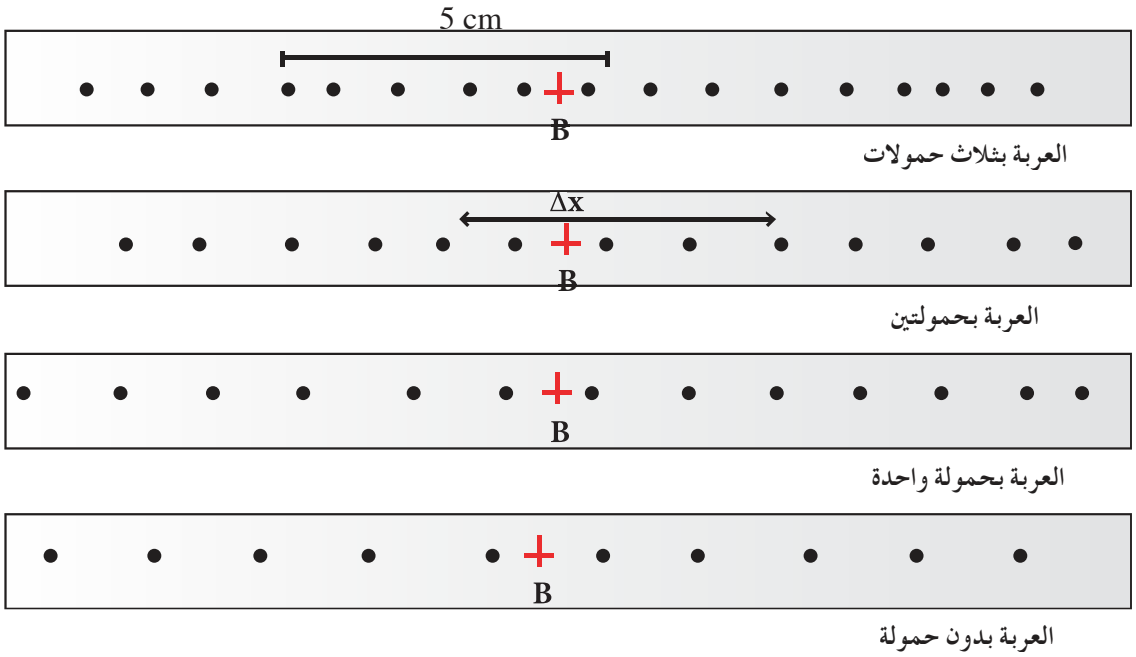
– هل تكسب العربة طاقة ؟ هل يخزن النابض طاقة ؟

في الموضع B

– هل يخزن النابض طاقة ؟

– هل تكسب العربة طاقة ؟ إذا كان الجواب نعم، من أين اكتسبتها؟

نكرر نفس التجربة بتحميل العربة بحمولة واحدة ثم حمولتين اثنتين ثم ثلاث حمولات بسحب النابض بنفس الاستطالة في كل مرة. يبين (الشكل 5) التسجيلات الموافقة المتحصل عليها.



■ الشكل 5 : أشرطة التسجيل بجوار النقطة B

نقيس على أشرطة التسجيلات المعطاة في (الشكل 5) قيم المسافات Δx المقاسة باختيار أربعة مجالات بجوار النقطة B (يمكنك التحقق من هذه النتائج).

احسب سرعة العربة في الموضع B في مختلف الحالات وأكمل الجدول التالي

كتلة العربة M (kg)		Δx(m)	سرعة العربة v (m/s)	M^2v	M v	$M v^2$
عربة بدون حمولة	0.276	0.066				
عربة بحمولة واحدة	0.376	0.055				
عربة بحمولتين	0.476	0.050				
عربة بثلاث حمولات	0.776	0.039				

في الموضع A :

– ما هو شكل طاقة الجملة المكونة من العربة و النابض؟

– هل طاقة الجملة متساوية في الحالات الأربع؟ علل.

في الموضع B :

– ما هو شكل طاقة الجملة ؟ علل.

– هل طاقة الجملة متساوية في الحالات الاربع؟ علل.

– ما هو نمط التحويل الطاقي الذي حدث بين النابض و العربة ؟

– هل قيمة هذا التحويل هي نفسها في كل تجربة؟ علل.

– كيف تتغير سرعة العربة في الموضع B عندما تزداد كتلة العربة؟

– ما هي العبارة من العبارات الثلاث المقترحة ($M v^2$، $M v$ ، M^2v) التي تناسب التحويل الذي حدث في الجملة في مختلف الحالات؟

– تحقق من نتيجة السؤال السابق برسم بيان تغيرات مربع السرعة v^2 بدلالة تغيرات مقلوب الكتلة ($1/M$).

استنتج بإكمال الفراغات :

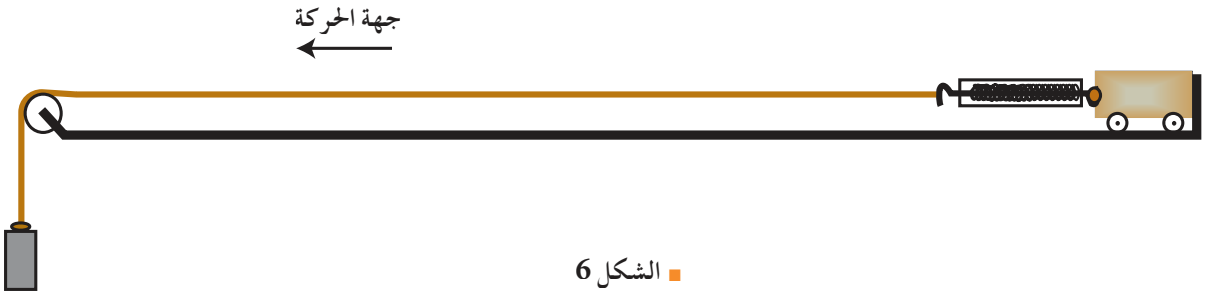
تتعلق الطاقة الحركية لجسم متحرك ب ..... و ..... وتتناسب طردا مع المقدار ..... وتكون عبارتها من الشكل : $E_c = K_c$ . . . حيث K_c قيمة ثابتة تمثل معامل التناسب.

نشاط2 : تحديد الثابت K_c

لتحديد الثابت K_c نقوم بالتجربة التالية :

يجر جسم عربة كتلتها $M = 0.60\ kg$ بواسطة خيط عديم الامتطاط مرتبط بربيعة. تطبق هذه الأخيرة قوة ثابتة على العربة فتنسحب العربة على مستو أفقي. (الشكل6)

ندرس حركة العربة باستعمال التصوير المتعاقب فنحصل على التسجيل الممثل في (الشكل7) حيث المجال الزمني بين نقطتين متتاليتين هو $\tau = 0.04\ s$.



الشكل 6

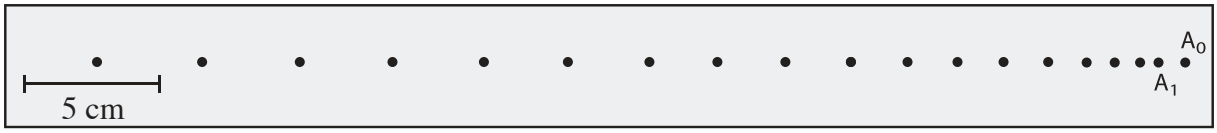
الجزء أ :

1 – مثل الحصيلة الطاقوية للعربة بين الانطلاق و لحظة كيفية.

2 – بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة تحقق أن معادلة انحفاظ الطاقة تكتب على الشكل : $W=Ec$ حيث W يمثل عمل القوة خلال انتقالها و E_c الطاقة الحركية للعربة ($E_c = K_c\ Mv^2$).

الجزء ب :

1 – رقم مواضع العربة على شريط التسجيل (A_0، A_1، A_2،.....)



الشكل 7

2 – أحسب سرعة العربة في المواضع A_2، A_4، A_6، A_8، A_{10} .....

3 – تحقق أن القوة المطبقة على العربة ثابتة بحساب شعاع تغير السرعة $\vec{\Delta v}$.

4 – أحسب المسافات di الموافقة لانتقالات العربة من نقطة الانطلاق A_0 إلى الموضع A_i.

5 – أحسب عمل القوة الموافق لهذه الانتقالات، علما أن الربيعة كانت تشير إلى القيمة 0.67N خلال حركة العربة.

6 – أحسب المقدار Mv^2 الموافق لكل موضع.

7 – دوّن نتائجك في الجدول التالي.

الموضع	v (m/s)	d(m)	Mv^2 (J)	W=Fd (J)
2				
4				
6				
8				
10				

الجزء ج :

1 – أرسم المنحنى الممثل لتغيرات المقدار Mv^2 بدلالة العمل W . ماذا تلاحظ ؟

2 – أحسب ميل المنحنى ؟

3 – استنتج قيمة الثابت K_c بالاعتماد على نتائج الجزء أ.

الجزء د :

1 – مثل الحصيلة الطاقوية للعربة بين لحظتين كيفيتين.

2 – بالاعتماد على معادلة انحفاظ الطاقة، جد العلاقة التي تربط تغير الطاقة الحركية و عمل القوى المؤثرة على العربة بين الموضعين الموافقين للحظتين المعتبرتين (نهمل قوى الاحتكاك).

استنتج بإكمال الفراغات :

عندما ينسحب جسم ذو كتلة M بسرعة v تكون طاقته الحركية $Ec = \ldots Mv^2$

تغير .... للعربة بين موضعين يساوي .... المؤثرة علي هذه العربة بين هذين الموضعين.

ملاحظة

نلاحظ من نتائج التجربة السابقة أن عمل القوة التي تؤثر بها الربيعة على العربة خلال انتقالها من الموضع الابتدائي A_0 إلى الموضع Ai يساوي الطاقة الحركية في الموضع Ai علما أن طاقتها الحركية في الموضع A_0 كانت معدومة (العربة ساكنة).

العمل والطاقة الحركية

1 – جهاز معايرة (القارورة البلاستيكية)

الهدف من هذا النشاط هو صناعة جهاز ذي استعمالين:

1 – 1 – جهاز الكتلة المتغيرة :

الشكل 8

– خذ قارورة ماء بلاستيكية شفافة صغيرة الحجم

– اقترح طرقا تستعمل فيها أدوات من الحياة اليومية تمكنك من تدريج القارورة بوحدة قياس الكتل أي بالغرام (g)، فتصبح حينئذ القارورة عبارة عن كتلة متغيرة القيمة حسب كميات الماء المضافة، علما أن الكتلة الحجمية للماء هي $1kg/l$. (الشكل 8–أ)

1 – 2 – الربيعة

– استعمل نفس القارورة السابقة و درّجها هذه المرة بوحدة قياس القوى أي بالنيوتن (N) فتصبح القارورة عبارة عن ربيعة تسمح بقراءة قيم القوى حسب كميات الماء المسكوبة فيها.

ملاحظة

رأيت في السنة الماضية أن ثقل الجسم يحسب بالعلاقة $P = mg$ حيث g يميز جاذبية الأرض في المكان المعتبر، في الجزائر العاصمة تقدر قيمته بالمقـــــــدار: $g = 9.80$ في نظام الوحدات الدولية.

2 – المعايرة

الهدف من التجربة: تهدف هذه التجربة إلى معايرة نابض وخيط مطاطي.

الأدوات المستعملة: نابض، خيط مطاطي، قارورة بلاستيكية معايرة بالنيوتن

العمل التجريبي:

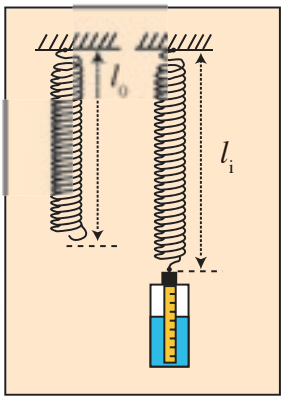
الجزء أ:

– خذ نابضا و علّق أحد طرفيه في حامل ثم قس طوله الأصلي l_0 (الشكل9).

– خذ القارورة البلاستيكية المعايرة بوحدة قياس شدة القوى أي بالنيوتن، وثبتها في الطرف الحر للنابض.

– املأ القارورة بكميات مناسبة من الماء و سجل طول النابض و شدة القوة المناسبة المطبقة عليه.

– دوّن نتائجك في الجدول التالي:



الشكل 9

l_i(m)	$(l_i - l_0)$ (cm)	F(N)

عمل تجريبي

– مثل منحنى تغيرات شدّة القوة F بدلالة الإستطالة $x = (l - l_0)$ باختيار سلم مناسب.

– ما هي العلاقة بين شدة القوة F و الإستطالة $x = (l - l_0)$ ؟

– احسب ميل المنحنى، ماذا يمثل هذا المقدار؟

الجزء ب :

باتباع نفس الخطوات أعد التجربة السابقة باستعمال خيط مطاطي.

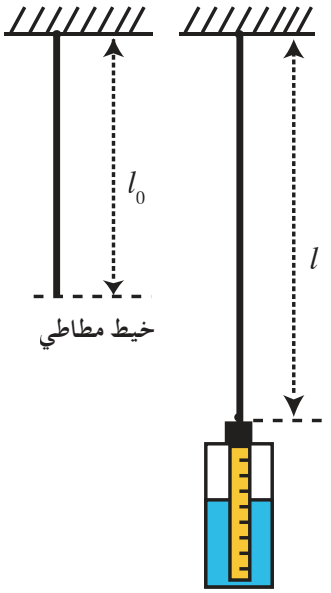
– دوّن نتائجك في جدول .

– مثل منحنى تغيرات شدّة القوة F بدلالة الإستطالة $x = l - l_0$.

– هل العلاقة التي تربط شدّة القوة F بالإستطالة $x = (l - l_0)$ خطية؟

– قارن المنحنيين السابقين، ناقش.

– هل القارورة المعايرة تلعب دور ربيعة؟ إذا كان الجواب نعم، اشرح كيفية الإستعمال.



الشكل 10

عمل تجريبي

أحتفظ بالأهم

• عبارة الطاقة الحركية :

عندما ينسحب جسم ذو كتلة M بسرعة v في معلم معين تكون طاقته الحركية $Ec = 1/2\ Mv^2$

يعبَّر في النظام الدولي عن الكتلة بالكيلوغرام (kg)، السرعة بالمتر على ثانية (m/s) و الطاقة بالجول (J) joule

• عمل قوة ثابتة :

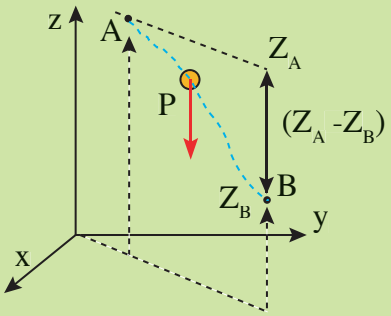
عندما تنتقل نقطة تطبيق قوة $\vec{F}$ ثابتة وفق مسار مستقيم AB يُعرّف عمل هذه القوة بالعبارة التالية :

$$W_{AB}(\vec{F}) = F\ AB\ \cos\alpha$$

حيث α هي الزاوية التي يصنعها الشعاع $\vec{AB}$ مع شعاع القوة .

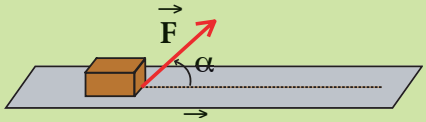
يعبَّر في النظام الدولي عن المسافة AB بالمتر (m) و شدة القوة $\vec{F}$ بالنيوتن (N) و عن العمل W بالجول (J).

• عمل الثقل



عندما ينتقل مركز ثقل جسم من نقطة A الموجودة على ارتفاع z_A في معلم معين إلى نقطة B الموجودة على ارتفاع z_B، فإن عمل ثقل هذا الجسم لا يتعلق بمسار مركز ثقله، وإنّما يتعلق بشدّة الثقل و الفرق في الارتفاع $(z_A - z_B)$.

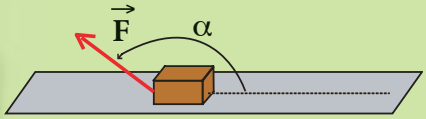
يعبر عن هذا العمل بالعبارة : $W = P.(z_A - z_B)$



عمل القوة $\vec{F}$ محرك

$\alpha < 90°\ ,W > 0$

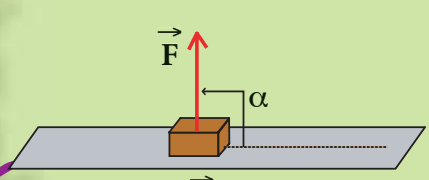
– إذا كانت القوة المطبقة على متحرك في اتجاه الحركة ، تكون إشارة عمل هذه القوة موجبة وندعوه عملا محركا.



عمل القوة $\vec{F}$ مقاوم

$\alpha > 90°\ ,W < 0$

– إذا كانت القوة المطبقة على متحرك في الاتجاه المعاكس للحركة ، تكون إشارة عمل هذه القوة سالبة و ندعوه عملا مقاوما.



عمل القوة $\vec{F}$ معدوم

$\alpha = 90°\ ,W = 0$

– إذا كانت القوة المطبقة على الجسم المتحرك عمودية على منحى الحركة يكون عملها معدوم.

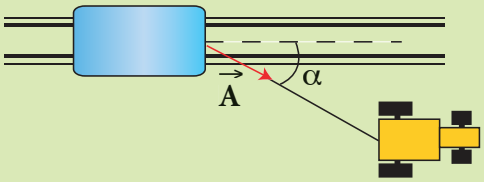
أحتفظ بالأهم

تمرين محلول

يسحب جرّار قاطرة بسرعة ثابتة $v = 9.0\ m/s$ مدة ساعة ونصف، بواسطة حبل حيث يطبق هذا الأخير قوة $\vec{F}$ ثابتة على القاطرة شدتها $15\ 10^3\ N$ ويصنع زاوية $20°$ مع مسار القاطرة.

1 – أحسب الطاقة الحركية للقاطرة إذا كانت كتلتها تساوي $8\ 10^4\ kg$

2 – أحسب عمل القوة المطبقة من طرف الحبل على القاطرة.



3 – مثل الحصيلة الطاقوية للقاطرة.

4 – استنتج عمل قوى الاحتكاك وشدّتها.

5 – أحسب استطاعة القوة $\vec{F}$.

6 – فجأة انقطع الحبل. اشرح ماذا يحدث للقاطرة.

7 – ماذا تصبح في هذه المرحلة الحصيلة الطاقوية للقاطرة.

8 – استنتج المسافة التي تقطعها القاطرة.

الحل:

1 – حساب الطاقة الحركية

بما أن سرعة القاطرة ثابتة فإن طاقتها الحركية في كل لحظة تساوي: $E_c = 1/2mv^2$

$$E_c = 1/2\ 8\ 10^4\ (9.0)^2 = 3.2\ 10^6\ J$$

2 – عمل القوة المطبقة على القاطرة

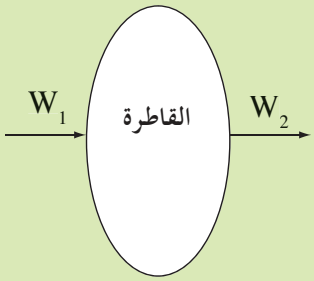
عمل القوة المطبقة من طرف الحبل على القاطرة يساوي: $W_1 = F.d.\cos\alpha$

بما أن القاطرة تتحرك بسرعة ثابتة فحركتها مستقيمة منتظمة ومنه: $d = v.\Delta t$

إذن: $W_1 = F.v.\Delta t.\cos\alpha$

تطبيق عددي: نعبّر أوّلا عن المدّة الزمنية بالثانية $\Delta t = 90.60 = 5400\ s$ ثم نعوّض في عبارة العمل فنجد: $W_1 = 15\ 10^3\ 9.0\ 5400\ \cos 20° = 6.8\ 10^8\ J$

3 – الحصيلة الطاقوية



– بما أن سرعة القاطرة ثابتة ولا يحدث أي تغيير في طاقتها فلا نمثل أعمدة داخل الفقاعة ويكون تمثيل الحصيلة الطاقوية كما في الشكل المقابل، حيث أنّ الجملة (القاطرة) تستقبل طاقة عن سبيل ميكانيكي (تحويل ميكانيكي) محسوبة بقيمة العمل W_1 وهو عمل محرك، وتفقد طاقة بسبب قوى الاحتكاك وهو تحويل ميكانيكي أيضا W_2 وهو عمل مقاوم.

4 – استنتاج عمل قوى الاحتكاك

نكتب معادلة انحفاظ الطاقة كالتالي:

الطاقة الإبتدائية للجملة + الطاقة المستقبلة – الطاقة المقدّمة = الطاقة النهائية للجملة

$$Ec_1 + W_1 - W_2 = Ec_2$$

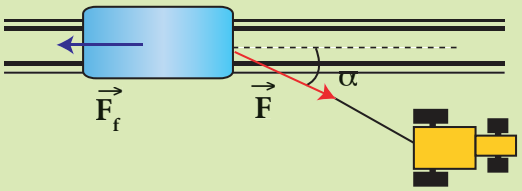
بما أن سرعة القاطرة ثابتة أي $Ec_1 = Ec_2$ نستنتج أنّ: $W_1 = W_2$

قيمة عمل قوى الاحتكاك هي إذن: $-W_2 = -6.8\ 10^8\ J$

– استنتاج شدّة قوى الاحتكاك

طريقة 1 : بما أن سرعة القاطرة ثابتة و بالاعتماد على مبدأ العطالة فإن القاطرة خاضعة لقوى احتكاك تكافئ قوة واحدة تعاكس مركبة $\vec{F}$ الموازية للمسار نسميها $\vec{F}_f$ حيث شدّتها : $F_f = F\cos\alpha$

$F_f = 15\ 10^3 \cos 20° = 1.4\ 10^4\ N$



طريقة 2 : بالاعتماد على معادلة انحفاظ الطاقة لدينا $W_1 = W_2$ و بما أن قوة الاحتكاك محمولة على المسار المستقيم نكتب إذن :

$-W_2 = -6.8\ 10^8\ J$

$-W_2 = -F_f . d = -F_f . v.\Delta t$

$F_f = W_2 / v\ \Delta t$

ومنه : $F_f = \dfrac{6.8\ 10^8}{9.0\ \ 5400} = 1.4\ 10^4\ N$

5 – استطاعة القوة $\vec{F}$

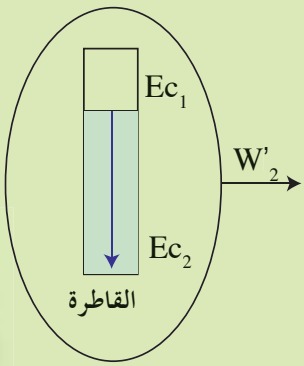
رأينا في الوحدة الأولى أن عبارة استطاعة تحويل هي $P = \dfrac{E}{\Delta t}$ حيث E تمثل بصفة عامّة الطاقة المحوّلة. في حالة تحويل ميكانيكي تساوي هذه الطاقة عدديا عمل القوة أي $E = W$ وتصبح عبارة استطاعة قوة في حالة تحويل ميكانيكي : $P = \dfrac{W}{\Delta t}$.

تطبيق عددي : $P = 6.8\ 10^8 / 5400 = 1.25\ 10^5\ Watt$

6 – حالة انقطاع الحبل

عند انقطاع الحبل تخضع القاطرة لقوة الاحتكاك فقط وبلاعتماد على مبدأ العطالة ستكون لها حركة مستقيمة متباطئة فتتوقف بعد قطعها مسافة d'.

7 – الحصيلة الطاقوية في المرحلة الأخيرة



في هذه المرحلة تفقد الجملة طاقة بتحويل ميكانيكي ناتج عن عمل قوى الاحتكاك فقط التي تبقى ثابتة طوال الحركة. تكتب معادلة انحفاظ الطاقة على الشكل : $E_{c1} - W'_2 = E_{c2}$

8 – استنتاج المسافة d'

بما أن القاطرة تتوقف في نهاية هذه المرحلة تكون عندئذ طاقتها الحركية معدومة أي $E_{c2} = 0$ وتصبح معادلة الانحفاظ : $E_{c1} - W'_2 = 0$

$E_{c1} - W'_2 = 0 \longleftarrow E_{c1} = W'_2 = F_f . d'$ ومنه : $d' = \dfrac{E_{c1}}{F_c}$

تطبيق عددي : $d' = 3.2\ 10^6 / 1.4\ 10^4 = 2.3\ 10^2\ m$

العمل

1 اختر الجواب الصحيح

• عبارة عمل قوة $\vec{F}$ شدتها ثابتة هي :

أ) $W=F\,d$ ب) $W= F\,d\,\sin\alpha$

ج) $W=F\,d\cos\alpha$ د) $W=F\,d\,\alpha$

حيث d هي المسافة التي بها انتقلت نقطة تطبيق القوة و α الزاوية بين شعاع القوة و شعاع الانتقال.

• تنتقل نقطة تطبيق قوة مسافة d = 10m، إذا كانت شدة القوة 3.0N وشعاع القوة منطبق على المسار المستقيم ومتجه في جهة الحركة يكون عمل هذه القوة :

أ) 30 J ب) 3.0 J ج) 15 J د) 3.3 J

يُحسب عمل ثقل جسم ينتقل مركز ثقله من الموضع A إلى الموضع B بإحدى العلاقات التالية :

أ) $W=P(h_B-h_A)$ ب) $W = P(h_B+h_A)$ ج) $W = P(h_A-h_B)$ د) $W = Ph_A$

• نعبّر عن الاستطاعة المتوسطة P لقوة بدلالة عملها W ومدّة انتقال نقطة تطبيقها Δt بإحدى العبارات التالية :

أ) $P = W.\,\Delta t$ ب) $P = \Delta t/W$ ج) $P = W/\Delta t$

• عندما تنتقل نقطة تأثير قوة من النقطة A إلى النقطة B يكون عملها معدوما إذا كان شعاع القوة $\vec{F}$ وشعاع الانتقال $\vec{AB}$ يصنعان زاوية قدرها :0° ، 90°، 180°.

• عندما ينتقل مركز ثقل جسم من نقطة A إلى نقطة B وفق مسار كيفي فإن عمل الثقل :

أ) يتعلق بهذا المسار ب) لا يتعلق بهذا المسار

2 صحّح التصريحات الخاطئة :

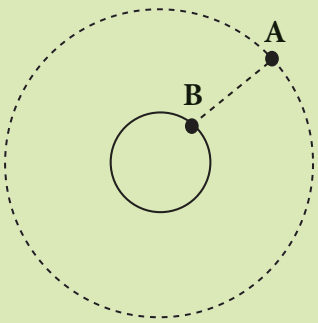
1 – عمل قوة ثابتة يساوي دائما F.d

2 – يكون عمل قوة ثابتة معدوما عندما لا تنتقل نقطة تطبيقها.

3 – عمل قوة الاحتكاك يساوي F.d

4 – يكون عمل قوة معدوما إذا كان شعاع القوة وشعاع الانتقال متعامدان

3



غادرت مركبة فضائية مدارها فانتقلت من النقطة A (من مدارها) إلى النقطة B (من سطح الأرض) هل يمكن التعبير عن العمل المنجز من طرف ثقلها بالعلاقة: $W_{AB}(\vec{P})= P.AB$ حيث يمثل AB البعد بين A وB (وفق القطر) علل إجابتك.

4

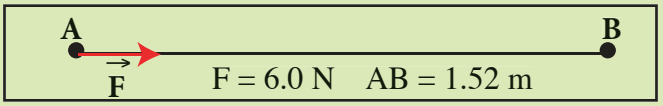
انتقلت نقطة تطبيق قوة شدتها F =10.27N وفق مسار مستقيم طوله d=13.0 m.

1 – إذا كان عمل هذه القوة W=125 J، ما هي الزاوية التي يصنعها حامل القوة مع المسار؟

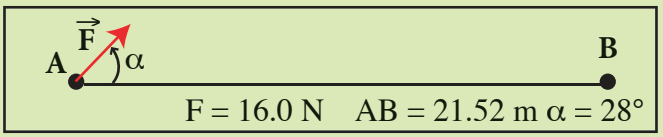
2 – هل يمكن لعمل هذه القوة أن يساوي W=134 J، علل إجابتك.

أحسب في الأمثلة التالية عمل القوة $\vec{F}$ عندما تنتقل نقطة تطبيقها من A إلى B :

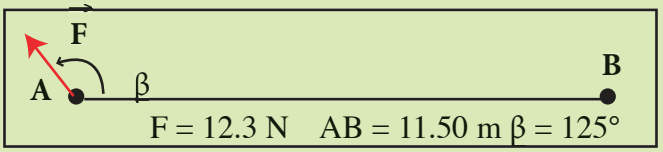
أ



ب



ج



6 نطبق على عربة قوة شدّتها 10N وحاملها يصنع زاوية α مع المسار فتنتقل نقطة تطبيقها من A إلى B وفق خط مستقيم. أحسب عمل هذه القوة في الحالات التالية :

(AB =10.0 m α =0°)

(AB =11.6 m α =30°)

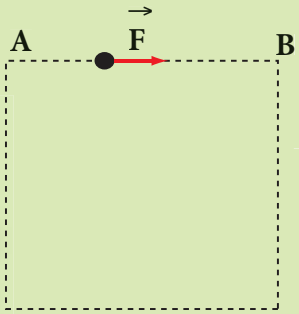
(AB = 20.0 m α =60°)

ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

7 تقطع عربة مسافة مستقيمة قدرها AB =10m تحت تأثير قوة ثابتة شدتها F وحاملها يصنع زاوية α مع AB ما هي شدّة القوة التي يجب تطبيقها على العربة كي تنجز هذه القوة عملا يساوي 100J في كل حالة من الحالات التالية : . $\alpha = 0°$, $\alpha = 30°$, $\alpha = 60°$

ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

8 تنتقل نقطة مادية وفق مسار مربع الشكل. تأثر على هذه النقطة قوة $\vec{F}$ ثابتة الشدّة والجهة خلال كل مراحل الحركة.



1 – أحسب عمل القوة وفق كل ضلع.

2 – استنتج عمل هذه القوة على المسار المغلق ABCDA .

3 – أعد التمرين عندما يصنع شعاع القوة $\vec{F}$ زاوية قدرها 30° مع الضلع AB.

ماذا تستنتج؟

9 نحرّك بسرعة ثابتة جسما شدة ثقله 980 N . ما هو العمل اللازم بذله :

1 – لرفع الجسم شاقوليا بمسافة h = 10 m.

2 – لسحبه على طريق أفقي بنفس المسافة (10m) بحيث تكافئ قوى الاحتكاك قوة معاكسة لحركة الجسم وشدتها 300N.

3 – لسحبه نحو الأعلى على مستو مائل بنفس المسافة (10m) وباعتبار نفس قوى الاحتكاك، (عندما يقطع الجسم 10m على المستوي المائل يرتفع بـ 6m عن سطح الأرض).

4 – تطلب رفع الجسم في الحالات السابقة نفس المدّة الزمنية $\Delta t = 55$ أحسب استطاعة القوة في كل حالة.

العمل والطاقة الحركية

10 صحّح التصريحات الخاطئة :

–عندما تتضاعف سرعة جسم متحرك بحركة انسحابية، تتضاعف طاقته الحركية.

–عندما تتضاعف كتلة جسم متحرك بحركة انسحابية تتضاعف طاقته الحركية.

– إذا أثرت قوة على جسم فإن طاقته الحركية تتغير حتما.

– إذا كان جسم يتحرك بسرعة ثابتة فإن عمل كل قوة مطبقة عليه معدوم.

11 اختر الجواب الصحيح

- إذا كان لجسمين نفس السرعة وكتلتان مختلفتان حيث كتلة الأول M_1 وكتلة الثاني $M_2=2M_1$ تكون العلاقة بين طاقتيهما الحركيتين : أ) $Ec_2 = 4Ec_1$ ب) $Ec_2 = 2Ec_1$ ج) $Ec_1=2Ec_2$
- عندما نقذف كرة نحو الأعلى تكون لها طاقة حركية Ec_1 في موضع القذف، عندما ترجع وتمر من نفس النقطة تكون طاقتها الحركية : أ) $Ec_2 = -Ec_1$ ب) $Ec_2 = Ec_1$ ج) $Ec_2 = 2Ec_1$

12 أحسب الطاقات الحركية للأجسام التالية :

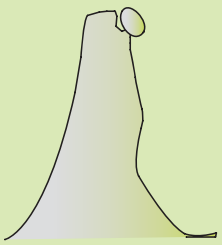
الجسم	الكتلة	السرعة	الطاقة الحركية
حركة الكترون في الأنبوب المهبطي للتلفاز	$9.1\ 10^{-31}$ kg	$2.0\ 10^{3}$ km/s	
حركة كرة القدم	400 g	14 m/s	
سيارة في الطريق السريع	1400 kg	80 km/h	
طائرة عند الإقلاع	75000 kg	250 km/h	
درّاج ودراجته في مسابقة رياضية	90 kg	40 km/h	
رصاصة تنطلق من مسدس	5 g	800 m/s	

13 تسير سيارة بسرعة v وكتلتها 1.2 طن.

1 – أحسب طاقتها الحركية في الحالات التالية : v = 120 km/h v = 80 km/h v = 40 km/h

2 – تخيل أن هذه السيارة تسقط من أعلى عمارة، ما هي الارتفاعات الموافقة لكل حالة حتى تكسب السيارة هذه الطاقة عند اصدامها بالأرض؟

3 – ماذا تستنتج بالنسبة للإفراط في السرعة في الطرقات؟



14 ينفصل حجر كتلته 60kg من أعلى جبل.

1 – إذا كان الحجر على ارتفاع 40m ، أحسب طاقته الحركية لحظة وصوله إلى سطح الأرض.

2 – استنتج سرعته عندئذ.

15 للتعبير عن الطاقة الحركية للجسيمات الأولية مثل الإلكترون نستعمل

عادة وحدة تدعى « الإلكترون–فولت » électron-volt نرمز لها بالرمز eV حيث : $1eV=1.610^{-19}$ J

1 – عبر عن الطاقة الحركية للإلكترون المحسوبة في التمرين 12 بهذه الوحدة.

2 – ما هي سرعة سيارة كتلتها 800kg إذا كانت لها طاقة حركية تساوي الطاقة الحركية للإلكترون؟

تمارين... تمارين..

16 تقلع طائرة كتلتها $70\ 10^3\ kg$ من مدرج الطيران بعد قطعها مسافة قدرها 900m حيث تبلغ سرعتها لحظة الإقلاع (مغادرتها سطح الأرض) 300km/h . تقدر القوة المحركة المطبقة عليها من طرف محركاتها النفاثة بالقيمة $3.5\ 10^5\ N$

1 – أحسب التغيّر في الطاقة الحركية للطائرة بين لحظتي الانطلاق والإقلاع.

2 – أحسب عمل القوة المحركة الموافق.

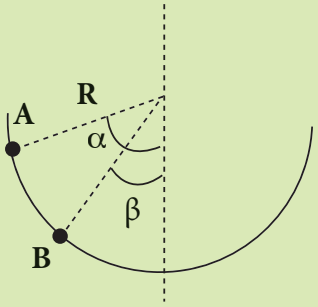
3 – مثل الحصيلة الطاقوية للطائرة بين اللحظتين السابقتين واكتب معادلة انحفاظ الطاقة.

4 – قارن قيمتي العمل والتغيّر في الطاقة الحركية، ماذا تلاحظ؟ ماذا تستنتج؟

17 تستعمل بعض المحطات الطاقة الحركية للرياح لتوليد الكهرباء.

أحسب الطاقة الحركية لواحد متر مكعب من الهواء في حالة رياح سرعتها 100km/h، 50km/h ، علما أن الكتلة الحجمية للهواء هي $1.23g/l$

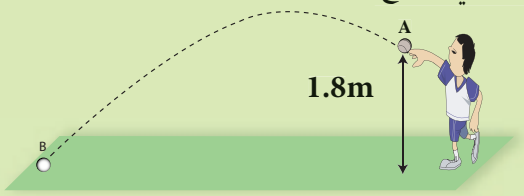
18 تتدحرج كرة صغيرة ثقلها $\vec{P}$ نعتبرها نقطة مادية ، على مسار دائري نصف قطره R.



1 – جد عبارة عمل الثقل بدلالة الزاويتين α و β الموضحتين على الشكل عندما تنتقل الكرة من الموضع A إلى الموضع B.

2 – بالاعتماد على معادلة انحفاظ الطاقة جد عبارة الطاقة الحركية للكرة في الموضع B .

19 يقذف رياضي في رمي الأثقال كرة حديدية ثقلها 25N



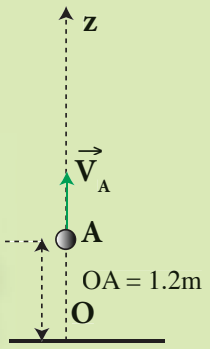
1 – أحسب عمل الثقل من النقطة A إلى النقطة B .

2 – مثل الحصيلة الطاقوية للجملة (الكرة) بين لحظتي القذف ولمس الأرض.

3 – أكتب معادلة انحفاظ الطاقة.

4 – استنتج سرعة الكرة عند لمسها سطح الأرض إذا كانت سرعتها في النقطة A تساوي 10 m/s.

20 يقذف طفل كرة شاقوليا نحو الأعلى بسرعة قدرها 6 m/s انطلاقا من نقطة A تبعد مسافة 1.2m عن سطح الأرض. ما هي سرعة الكرة عند سقوطها على الأرض (لحظة ملامستها الأرض) ؟

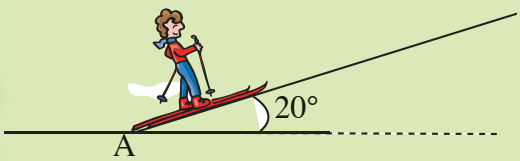


21 يصل متزحلق إلى النقطة A بداية مستوي مائل زاوية ميله 20° بسرعة $v_A = 12m/s$ باعتبار قوى الاحتكاك مهملة وكتلة المتزحلق بجهازه تساوي 80kg.

1 – أحسب سرعة المتزحلق عندما يقطع مسافة قدرها 40m .

2 – ما هي المسافة المقطوعة عندما تنعدم سرعته؟

3 – في الحقيقة انعدمت سرعته لما قطع 3/5 من المسافة السابقة، أحسب في هذه الحالة قوة الاحتكاك المطبقة عليه من طرف الأرضية.



تمارين... تمارين...

22 تجر شاحنة سيارة معطلة بواسطة حبل يصنع زاوية 30° مع المستوي الأفقي ويطبق عليها قوة شدتها 880N ، كما تشارك مجموعة من الرجال في دفع السيارة مطبقة قوة حاملها أفقي وشدتها 310N ، تكافأ قوى الاحتكاك المطبقة على السيارة قوة شدتها 270N.

1 – مثل القوى المطبقة على السيارة.

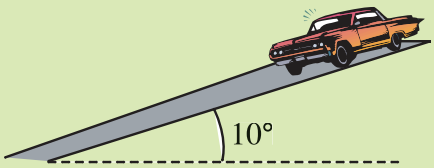
2 – أحسب مجموع أعمال القوى المطبقة على السيارة.

3 – مثل الحصيلة الطاقوية للسيارة واكتب معادلة انحفاظ الطاقة.

4 – إذا كانت كتلة السيارة تساوي 900 kg وأنها انطلقت من السكون من الموضع A ما هي سرعتها في الموضع B حيث AB = 40m ؟

5 – تشرع السيارة في صعود مستوي مائل بزاوية قدرها 10°، أجب على نفس الأسئلة السابقة (1،2،3).

6 – ما هي المسافة BC التي تقطعها السيارة عندما تصبح سرعتها ضعف القيمة في الموضع B ؟

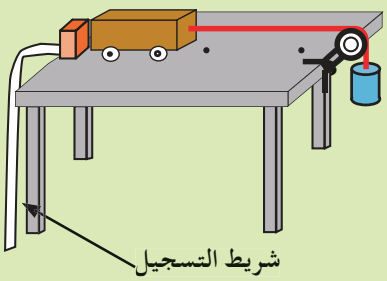


23 تنحدر سيارة كتلتها 1200kg دون تشغيل محركها ولا فراملها على طريق مائل زاوية ميله 10°. لاحظ السائق على عداد السرعة أن سرعة سيارته بلغت 20km/h بعد قطعها مسافة 120m.

1 – مثل القوى المطبقة على السيارة.

2 – احسب عمل كل قوة.

3 – استنتج قوة الاحتكاك المطبقة على السيارة (نعتبرها ثابتة خلال الحركة).



24 تنسحب عربة صغيرة كتلتها $M_1 = 674g$ على مستو أملس أفقي تحت تأثير قوة يطبقها خيط يمر على بكرة ومعلق في طرفه جسم كتلته $M_2 = 443g$. نترك الجملة لحالها (بدون سرعة ابتدائية) ونسجل حركتها بواسطة شريط ورق يمر في جهاز تسجيل حيث المجال الزمني بين نقطتين متتاليتين على الشريط هو $\tau = 0.04s$.

1 – احسب سرعة العربة في الموضعين A وB، ماذا تلاحظ؟

2 – استنتج طاقتها الحركية في هذين الموضعين.

3 – بيّن أن القوة T_1 التي يطبقها الخيط على العربة ثابتة الشدّة واستنتج قيمتها.

4 – احسب في الموضعين A وB الطاقة الحركية للجسم المعلق.

5 – بيّن أن شدّة القوة T_2 المطبقة على الجسم من طرف الخيط لا تساوي شدّة الثقل. ثم استنتج قيمتها.

6 – قارن قيمتي القوتين T_2 و T_1. ماذا تستنتج؟