ABDELHALIM
ClassMan

الفصل الأول

الظّواهِرُ الميكانيكيّة

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الدَّرسُ الـ 1

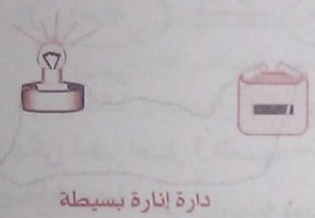
المُقاربة الكيفيَة لطاقة جُملة وحِفظها

1 . السلسلة الوظيفية

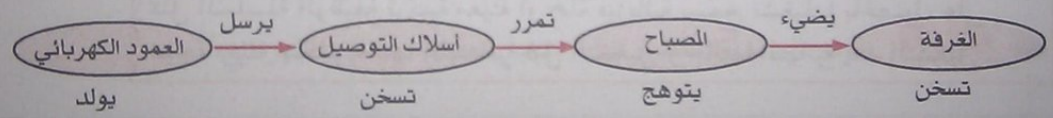
1 -1 مفهوم السلسلة الوظيفية

مثال

يمثل الشكل الجانبي دارة كهربائية بسيطة لإنارة مصباح بواسطة عمود كهربائي .ويمكننا إظهار فعل الأداء للأجسام المشاركة في هذه العملية بالمخطط التالي:

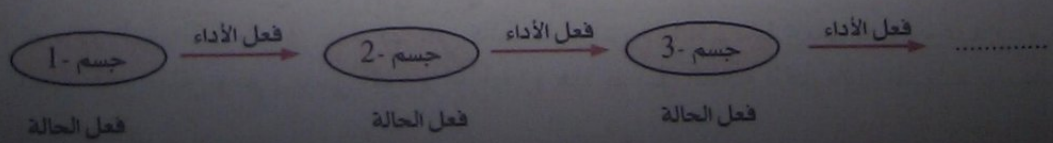


دارة إنارة بسيطة



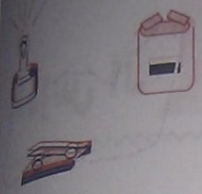
- فالعمود الكهربائي يولد التيار و يرسله إلى الدارة .
- أسلاك التوصيل تقوم بتمرير التيار فترتفع درجة حرارتها نتيجة لذلك .
- المصباح الكهربائي يتوهج و يقوم بإضاءة الغرفة .
- الغرفة تتلقى إشعاعات من المصباح فتسخن .

يمثل المخطط المذكور السلسلة الوظيفية لظاهرة معينة حيث تظهر فيها الأجسام المشاركة ووظائفها الأساسية و الأفعال التي تقوم بأدائها والتي يمكن تعميمها بالمخطط التالي :



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

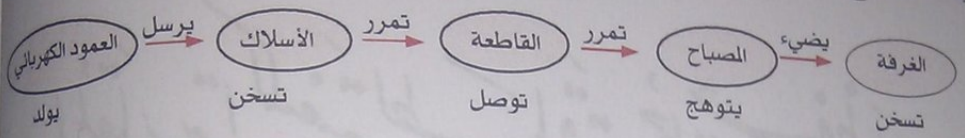
1 -2 مفهوم الجملة



مثال

نعود لدارة تغذية المصباح الكهربائي المبينة بالشكل الجانبي باستعمال عمود كهربائي وقاطعة و أسلاك توصيل .

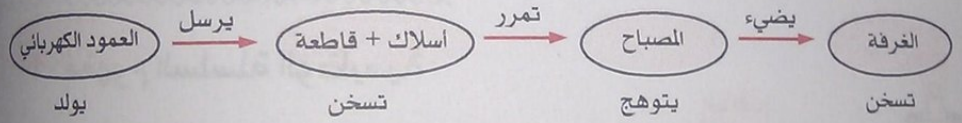
يمكننا أن نضع مخطط السلسلة الوظيفية لهذه الأجسام بالشكل التالي:



نسمي كل جسم من هذه الأجسام " بجملة " . و كل جملة من هذه الجمل يمكنها أن تقوم بفعل ذاتي أو بفعل متبادل مع جملة أخرى من الوسط الخارجي .

ـ فالأسلاك جملة تتلقى التيار من العمود الكهربائي (وسط خارجي) لترسله إلى المصباح عبر القاطعة (وسط خارجي) .

كما يمكننا أيضا أن نعيد تمثيل السلسلة الوظيفية للأجسام السابقة باعتبار (الأسلاك و القاطعة) جملة واحدة



و يمكن أيضا اعتبار (العمود – الأسلاك والقاطعة ـ المصباح) جملة واحدة هدفها إضاءة الغرفة التي تعتبر وسطا خارجيا .

نتيجة

تمثل السلسلة الوظيفة تركيبة معينة أو جملة فيزيائية يسمح تشغيلها بالحصول على نتيجة معينة تتحدد بحالتها الابتدائية قبل التشغيل و حالتها النهائية بعد التشغيل .

2 ـ الطاقة و تحولاتها

2 -1 مفهوم طاقة جملة



شكل -1

- عندما يرفع شخص ثقلا معينا من على سطح الأرض أو من عمق إلى ارتفاع معين باستعمال عضلاته أو الاستعانة بحبل وبكرة ، فإننا نقول انه يملك طاقة تمكنه من القيام بهذا العمل (شكل -1) .
- إن مرور التيار الكهربائي في جهاز كهربائي كالمطحنة أو المروحة الكهربائية يجعلها تدور . وعند مرور في مصباح فانه يجعله يتوهج و يرسل النور و الحرارة ، و هذا بفضل الطاقة الكهربائية المنقولة بواسطة التيار الكهربائي .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نتيجة

1- كل جملة تكون قادرة على القيام بأفعال ميكانيكية نقول انها تخزن طاقة. و ان الجملة التي تخزن طاقة معينة تكون قادرة على تحويل هذه الطاقة إلى شكل آخر .
2- فالطاقة هي مقدار فيزيائي تجعل الجملة تكتسبه أو تخزنه لتقوم بنشاط معين.

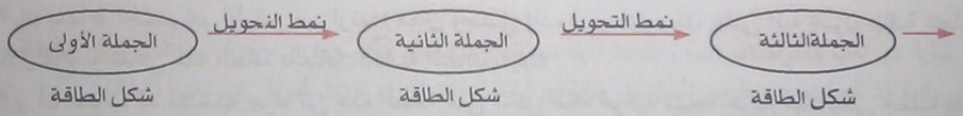
وحدات الطاقة

- الطاقة مقدار قابل للقياس و حدتها الأساسية الجول[1] (j) .و للجول مضاعفات ، هي
- الكيلو جول $1\,Kj = 10^3\,j$ - الميقا جول $1\,Mj = 10^6\,j$ الجيقا جول $1\,Gj = 10^9\,j$
- و هناك وحدة أخرى تقاس بها الطاقة هي الكيلو واط ساعي $1\,KWh = 3{,}6\,Mj$
- كما تستعمل وحدة أخرى لقياس الطاقة الحرارية هي الحريرة (Cal) $Cal = 4{,}185\,j$

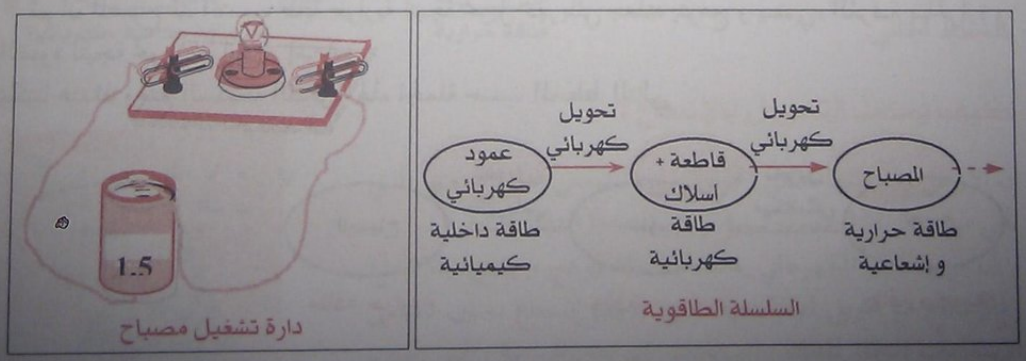
و قد قام بإيجاد هذا التكافؤ بين الحريرة و الجول العالم جول . و تدعى هذه العلاقة بالمكافىء الميكانيكي للحريرة . وقد استطاع جول حساب هذه القيمة عندما كان يبحث في التحولات المتبادلة بين الحرارة و العمل الميكانيكي .

2-2 السلسلة الطاقوية

إن الطاقة تكون مخزنة أو منتجة مباشرة وفق أشكال مختلفة . و أثناء الاستفادة منها من المصدر إلى المستهلك فإنها تمر بمجموعة من التحولات الطاقوية عبر مجموعة متسلسلة من العناصر المحولة غالبا .
نستعمل من أجل إبراز مختلف التحولات الطاقوية نموذجا مثل نموذج السلسلة الوظيفية و لكنه يظهر بالإضافة إلى ذلك طبيعة التحولات الطاقوية المختلفة من جملة إلى أخرى كما يلي :



مثال 1 نموذج السلسلة الطاقوية لدارة تشغيل مصباح كهربائي الكهربائي

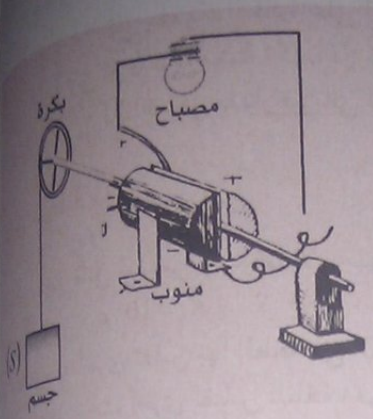


[1] - تنسب وحدة الطاقة إلى العالم جول (1818 1889) الذي اشتهر في اعماله و ابحاثه في ميدان الطاقة و الحرارة وأوجد المكافىء الميكانيكي للحريرة .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

مثال ❷ إشعال مصباح بسقوط ثقل

باستعمال منوب دراجة و بكرة و جسم صلب (S) كتلته $200\ g$ و أسلاك توصيل و خيط ومصباح كهربائي صغير (حوالي $3V$) نحقق التركيب الجانبي:

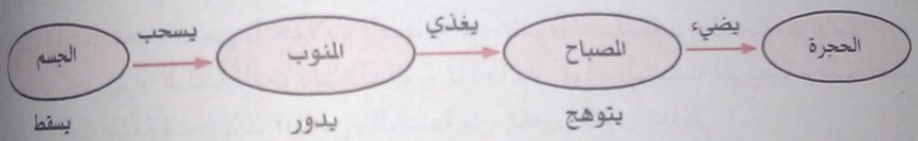


نثبت البكرة على ارتفاع معين من سطح الأرض (2 أو 3 أمتار) و نلف فوق محزها الخيط الحامل للجسم (S) لفات كثيرة ثم نحرر الجملة

- نلاحظ انه أثناء سقوط الجسم (S) نحو سطح الأرض يتوهج المصباح نتيجة دوران البكرة و جعل المنوب يدور فينتج تيارا كهربائيا. فما هو مصدر الطاقة الكهربائية هذه ؟

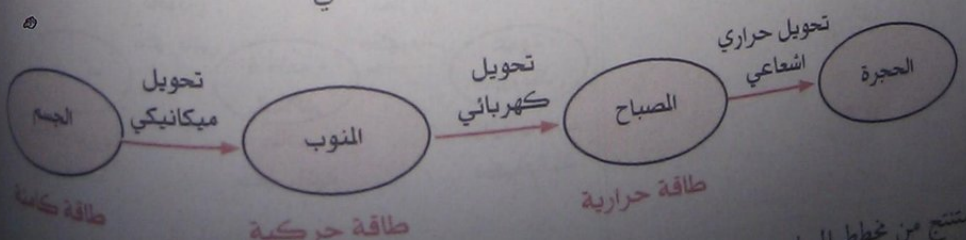
تفسير الظاهرة

لنقم الآن بتمثيل السلسلة الوظيفية لهذه الأجسام



- إن سقوط الجسم نحو الأرض من ارتفاع معين وجعل المنوب يدور يدل على انه يخزن طاقة تتعلق بالارتفاع. و تدعى هذه الطاقة بالطاقة الكامنة الثقالية Epp .
- و أن المنوب قد اكتسب جزءا من هذه الطاقة على شكل طاقة حركية نتيجة تحويل ميكانيكي جعلته يدور و ينتج طاقة كهربائية نتيجة تحول جزء من طاقته الحركية المكتسبة .
فالطاقة الحركية تتعلق بالحركة و بسرعة الدوران .
- ثم أن المصباح قد اكتسب طاقة حرارية نتيجة تحويل كهربائي جعلته يتوهج و يضيء الغرفة بالحرارة و الضوء نتيجة تحويل حراري و إشعاعي.

يمكننا عندئذ وضع السلسلة الطاقوية لهذه الجملة حسب المخطط التالي



نستنتج من مخطط السلسلة الطاقوية للجملة المدروسة أن الطاقة يمكن أن تخزن وفق أشكال معينة و يمكنها أن تتحول من شكل إلى آخر.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نتيجة

كل جملة تقوم بتخزين طاقة معينة اذا اعطت سلسلتها الوظيفية تحولا طاقويا معينا.

2 -3 أنماط تحويل الطاقة

في جميع التحولات الطاقوية تظهر جميع أنماط التحويل في جملة معينة أو من جملة إلى أخرى ، وفق أربعة أنماط أساسية هي

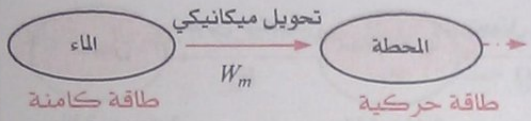
- التحويل الميكانيكي W_m
- التحويل الكهربائي W_e
- التحويل الحراري Q
- التحويل بالإشعاع E_r

كيف يحدث التحول الميكانيكي ؟

يملك السد الذي يحتوي على كمية هائلة من المياه ، طاقة كامنة ثقالية E_{PP} بالنسبة لمحطة توليد كهرباء موجودة أسفله .

عند تدفق المياه من السد نحو المحطة فإنها تكتسب طاقة حركية تمكنها من تدوير التوربينات المولدة للكهرباء بشدة فنقول أن الطاقة الميكانيكية (كامنة - حركية) قد تحولت ميكانيكيا إلى طاقة كهربائية.

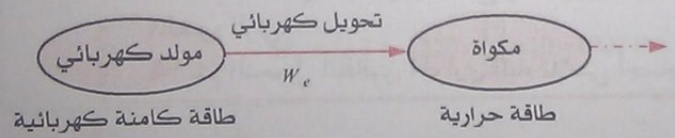
نمثل السلسلة الطاقوية من السد إلى المحطة بالمخطط المرفق.



كيف يحدث التحويل الكهربائي ؟

نمرر تيارا كهربائيا بمكواة كهربائية ، فنجد أنها تسخن بشدة و ترتفع درجة حرارتها تدريجيا. فالطاقة الكهربائية قد تحولت عن طريق التيار إلى طاقة حرارية . و نقول انه حدث تحويل كهربائي للطاقة .

نمثل السلسلة الطاقوية من مأخذ التيار إلى المكواة بالمخطط الجانبي.



كيف يحدث التحويل بالإشعاع ؟

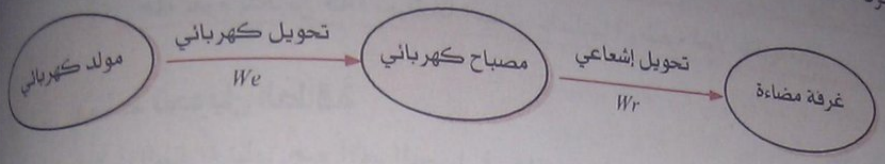

محول الطاقة الشمسية

إن الأرض وما عليها تتلقى الحرارة من الشمس عبر أشعتها التي تأتي من بعد 150 مليون كيلومتر حاملة معها الدفء و الحرارة .

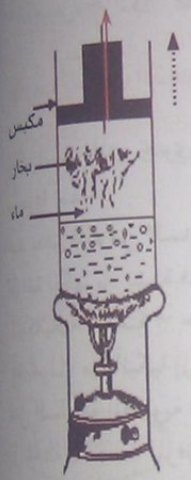
و أن مرور التيار الكهربائي بالمصباح يجعله يتوهج و يضيء بالإشعاع . فالإشعاع هو تحويل لطاقة معينة عن طريق إشعاع معين. تسمى الإشعاعات الناقلة للطاقة ، إشعاعات كهرومغناطيسية و قد تكون مرئية (الضوء الأبيض) أو غير مرئية (كالإشعاعات تحت الحمراء وفوق البنفسجية)

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

يكون مخطط السلسلة الطاقوية لإنارة المصباح بالشكل التالي



كيف يحدث التحويل بالحرارة ؟

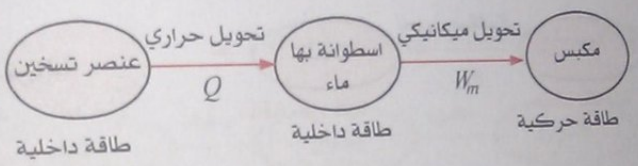


نحصر بواسطة مكبس كمية من الماء داخل اسطوانة ثم نقوم بتسخين الماء حتى التبخر .

فعند ارتفاع درجة حرارة الجملة ينطلق البخار بفعل الحرارة و يضغط على المكبس فيسبب دفعه و تحريكه نحو الأعلى.

- يدعى هذا التحول بالتحويل الحراري .

يمكن وضع مخطط السلسلة الطاقوية بالشكل التالي



نتيجة

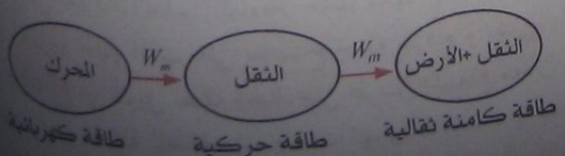
1- يتم التحويل الطاقوي ميكانيكيا بواسطة قوى خارجية
2- يتم التحويل الطاقوي كهربائيا بواسطة التيار الكهربائي
3- يتم التحويل الطاقوي بالإشعاع بواسطة الإشعاعات الكهرومغناطيسية المختلفة كالضوء المرئي.
4- يتم التحويل الطاقوي الحراري أثناء تلامس أجسام تختلف درجات حرارتها عن بعضها

4- 2 استطاعة التحويل

نريد أن نرفع ثقلا معينا من على سطح الأرض إلى ارتفاع محدد (h) فنستعمل من اجل ذلك محركين كهربائيين مختلفين ، حيث نجد ما يلي

- أن المحرك الأول يقوم بهذا الفعل خلال زمن t_1 .
- أن المحرك الثاني يقوم بنفس الفعل في زمن t_2 يكون اقل من الزمن الأول.

يعطى مخطط السلسلة الطاقوية لهذه العملية بالشكل المرفق.



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نلاحظ من المخطط الطاقوي للجملة أن المحركين يقومان بنفس التحويل الطاقوي و لكن في زمنين مختلفين ، فنقول أن المحرك الثاني يكون أسرع في تحويل الطاقة من المحرك الأول . ونسمي نسبة الطاقة المحولة إلى الزمن اللازم للتحويل ، باستطاعة التحويل

$$P=\frac{W_e}{t}$$

تعبر هذه النسبة عن غزارة تحويل الطاقة.و قد رأينا في المرحلة المتوسطة أن التوتر الكهربائي U بين نقطتين من دارة كهربائية ، يمثل النسبة بين الاستطاعة P لتحويل الطاقة الكهربائية و الشدة I للتيار الكهربائي المار بها $U=\frac{P}{I}$. و بتعويض قيمة P من هذه العلاقة نحصل على مايلي:

$$W_e=U\,I\,t$$

وحدة قياس الاستطاعة هي الواط (W). و هناك مضاعفات أخرى منها

- الكيلو واط $1\,KW=10^3\,W$ ، الميقا واط $1\,MW=10^6\,W$ ، الجيقا واط $1\,GW=10^9\,W$

تمرين تدريبي.

يحمل مصباح الدلالتين $100\,W\,,220\,V$

- احسب شدة التيار الكهربائي المار بالمصباح و كذلك مقدار التحويل الكهربائي بالواط ساعي (Wh) به خلال 10 ساعات من عمله .

الحل

- التوتر الكهربائي المطبق بين طرفي المصباح $U=220\,V$
- استطاعة التحويل الكهربائي للمصباح $P=100\,W$
- مدة التحويل $t=10\,h$
- شدة التيار المار $I=\frac{P}{U}=\frac{100}{220}=\frac{10}{22}\,A$

التحويل الكهربائي $W_e=U\,I\,t=220\times\frac{10}{22}\times10=1000\,Wh$



طاقة الرياح نموذج للطاقة الميكانيكية

3 ـ أشكال الطاقة

- تظهر الطاقة أو تخزن في الجمل المادية على نمطين ، حركي وكامن ، سواء كان ذلك على المستوى العياني أو المستوى المجهري
- فعلى المستوى العياني تكون الطاقة إما حركية E_C ترتبط بالحالة الحركية للجملة.أو طاقة كامنة E_P .
- وعلى المستوى المجهري تكون الطاقة داخلية E_i .وهي عبارة عن مجموع الطاقتين الحركية والكامنة والتي ترتبط بحالة الجملة (الحرارية، الكيميائية، النووية).

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

إن جميع أنواع الطاقة المعروفة (ميكانيكية، حرارية، كهربائية، كيميائية ، نووية....) تظهر على المستويين المذكورين وفق ثلاثة أشكال رئيسية هي الحركية E_C ، الكامنة E_P ، الداخلية E_i

3 -1 الطاقة الحركية

تجربة 1

ضع عربة صغيرة فوق مستوى أفقي طويل ثم أعطها دفعا خفيفا بالإصبع. تلاحظ إن العربة تنطلق فوق المستوى في البداية بسرعة ثم تتناقص هذه السرعة تدريجيا حتى تتوقف على مسافة معينة d_1.



أعد نفس التجربة بإعطاء العربة دفعا قويا .

تلاحظ أنها تتوقف هذه المرة بعد قطعها مسافة اكبر $d_2 \rangle d_1$.

تجربة 2

أعد نفس التجربة السابقة باستعمال عربتين خفيفة ، و أخرى ثقيلة و حاول أن تعطيهما نفس السرعة الابتدائية أثناء دفعهما . تلاحظ أن العربة الثقيلة تقطع مسافة أكبر حتى تتوقف.

تفسير الظاهرة

إن إعطاء سرعة ابتدائية للعربة يجعلها تكتسب طاقة حركية E_C تتناسب مع السرعة المكتسبة . و أن هذه الطاقة الحركية تزداد بزيادة الكتلة.

نتيجة

1- كل جسم في حالة حركة يملك طاقة حركية.

2- تتعلق الطاقة الحركية للجسم بسرعته و بكتلته فهي تزداد بزيادتهما.

3 -2 الطاقة الكامنة

تكون على عدة أنواع منها الطاقة الكامنة الثقالية و الطاقة الكامنة المرونية.

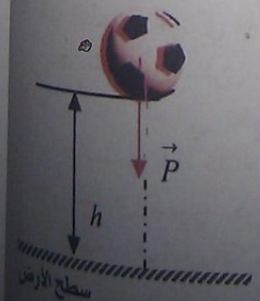
الطاقة الكامنة الثقالية

تجربة 1

عندما تسقط كرة حديدية على سطح رملي من ارتفاع $1\,m$ و لاحظ عمق الأثر الذي تتركه هذه الكرة على الرمل؟

وعندما تسقط نفس الكرة من ارتفاع $2\,m$. ستجد أن عمق الأثر الذي تتركه الكرة في الرمل يكون أكبر هذه المرة .

تجربة 2



من على ارتفاع معين ($2\,m$ مثلا) أسقط كرتين على سطح رملي بحيث تكون كتلة إحداهما اكبر من الأخرى و لاحظ الأثر الذي ينتج عن سقوطها على السطح الرملي ؟

تلاحظ بلا شك أن الكرة الأثقل هي التي تترك أثرا أعمق على الرمل.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تفسير الظاهرة

إن تشوه السطح الرملي يكون ناتجا عن الطاقة الحركية المكتسبة من طرف الكرة لحظة اصطدامها به. و هذه الطاقة تكون ناتجة عن تحول نوع آخر من الطاقة تخزنه الجملة (كرة- أرض) عندما تكون الكرة على إرتفاع معين h من السطح الرملي الموجود على سطح الأرض و هذه الطاقة تزداد بزيادة ارتفاع الكرة بالنسبة لهذا السطح و كذلك بزيادة ثقلها. و تدعى هذه الطاقة بالطاقة الثقالية E_{PP} .

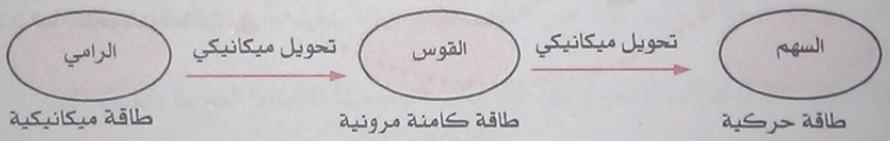
نتيجة

1- كل جسم موجود على ارتفاع معين من سطح الأرض يملك طاقة كامنة ثقالية بالنسبة للأرض.
2- تتناسب الطاقة الكامنة الثقالية للجملة (جسم- أرض) مع ثقل الجسم و مع بعده الشاقولي عن سطح الأرض.

الطاقة الكامنة المرونية



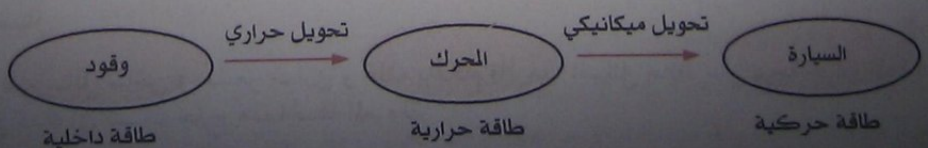
عند سحب السهم بشدة يتوتر القوس و عند تحريره يندفع بسرعة كبيرة إلى الأمام نتيجة تحويل الطاقة الكامنة المرونية للقوس إلى طاقة حركية .
و الطاقتان تشكلان تحولين للطاقة الداخلية المخزنة E_i للقوس .
يمكن وضع مخطط السلسلة الطاقوية للجملة حسب الشكلالتالي.



3- 3 الطاقة الداخلية



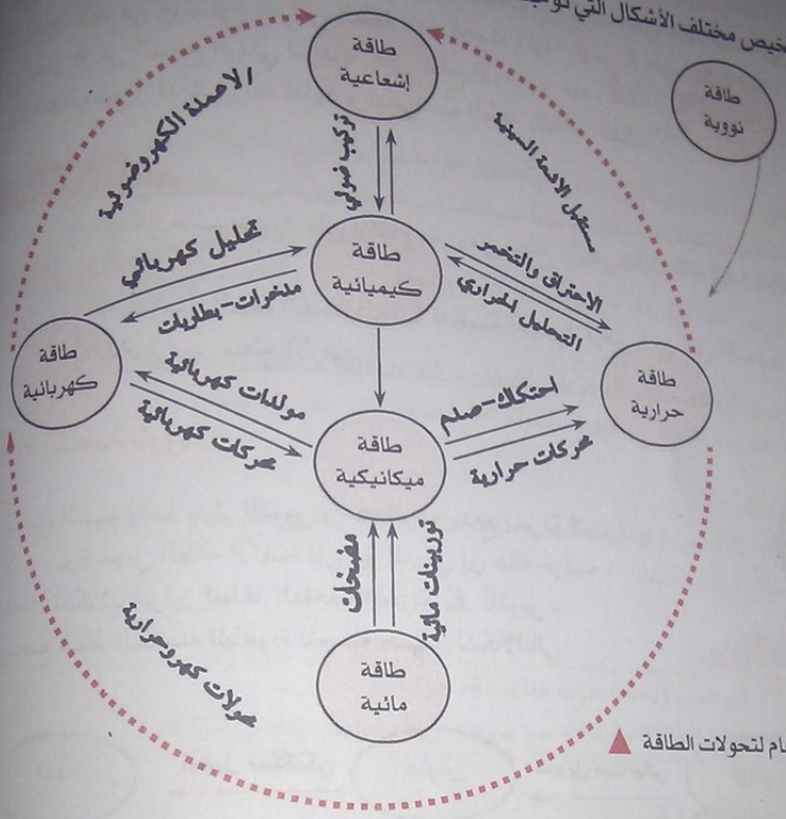
عند ملء خزان السيارة بالبنزين فان الطاقة الداخلية المخزنة به تعمل على تشغيل المحرك و دفع السيارة ـ فما هي التحولات الطاقوية لهذه الجملة ؟
يخزن الوقود طاقة كيميائية تتحول إلى طاقة حرارية أثناء تفجير الوقود (بنزين + هواء) تعمل على تغيير الطاقة الداخلية به ، فيدور المحرك نتيجة التحويل الميكانيكي الحادث و يدفع بالسيارة إلى الأمام و تكون السلسلة الطاقوية للجملة بالشكل التالي



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تعميم

يمكن تلخيص مختلف الأشكال التي توجد عليها الطاقة و طرق تحولها بالمخطط العام التالي



المخطط العام لتحولات الطاقة

4 . مبدأ انحفاظ الطاقة

4 -1 التحول المغلق للطاقة

رأينا أن الطاقة يمكنها أن تتحول من شكل إلى آخر. فإذا طرأت على جملة ما سلسلة من التحولات المغلقة دون التأثر بالوسط الخارجي فان المجموع الجبري لمختلف أشكال الطاقة المتبادلة مع عناصر الجملة يكون معدوما .أي أن $\sum E_i = 0$

و تعبر هذه النتيجة عن احد نصوص المبدأ العام لانحفاظ الطاقة كما يلي

في الجملة المادية المعزولة تبقى الطاقة محفوظة $\Delta E_i = 0$

مثال

عند وضع سائل ساخن في مسعر حراري و غلقه بإحكام فان هذا السائل يحافظ على درجة حرارة ثابتة إذا لم يكن هناك أي تسرب خارج هذه الجملة المعزولة.

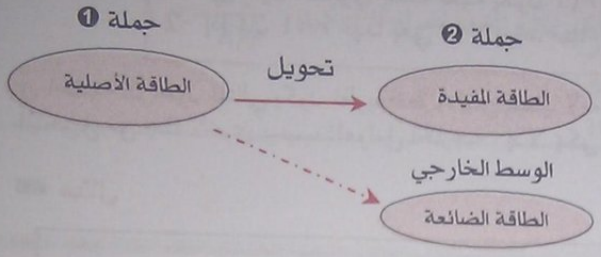
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4 -2 التحول المفتوح للطاقة

عند تحويل الطاقة من جملة إلى أخرى و يضيع جزءا منها نحو الوسط الخارجي على شكل حرارة ، فان هذه الجملة تكون غير معزولة طاقويا و يكون في هذا التحول المفتوح

الطاقة الأصلية = الطاقة المفيدة + الطاقة الضائعة

فإذا رمزنا للتحويل المفيدة بالرمز ⟶ و لغير المفيدة بالرمز ⇢ أمكننا وضع السلسلة الطاقوية حسب الشكل المرفق .



و في الحالة التي تتبادل فيها الجملة أشكالا مختلفة من الطاقة مع الوسط الخارجي فان الطاقة التي تكسبها (أو تخسرها) تكون مساوية للطاقة التي يخسرها (أو يكسبها) الوسط الخارجي ـ فالطاقة تبقى إذن محفوظة. تعبر هذه النتيجة عن مبدأ الانحفاظ العام للطاقة.

مبدأ انحفاظ الطاقة

الطاقة لا تستحدث و لا تزول ، فاذا اكتسبت جملة ما طاقة أو فقدتها فان هذه الطاقة تكون بالضرورة قد أخذتها من جملة (أو جمل) أخرى أو قدمتها لها .

إن مبدأ انحفاظ الطاقة لا ينطبق فقط على الطاقة المفيدة و إنما ينطبق على كل أشكال الطاقة بما فيها غير المفيدة .

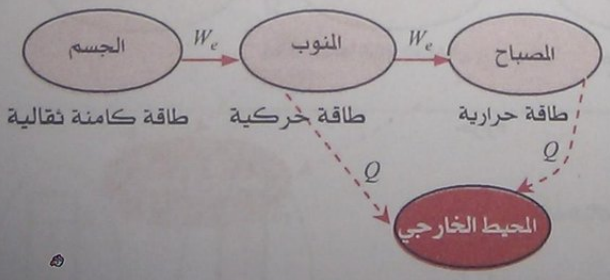
مهما اختلفت طرق تحولات الطاقة (ΔE) فانه يمكننا نمذجة مبدأ الانحفاظ العام لها بالمعادلة التالية :

$$\Delta E = W + Q$$

مثال

لنعد إلى مخطط السلسلة الطاقوية لإشعال مصباح عن طريق سقوط الثقل

بإدخال مفهوم الطاقة الضائعة والطاقة المفيدة يصبح هذا المخطط في شكله النهائي بالشكل المرفق. حيث تصبح الحجرة المضاءة جزءا من الوسط الخارجي .



4 -3 مردود التحويل

هل نستفيد كليا من الطاقة المحولة في جملة معينة ؟

بالطبع لا ، فمثلا أثناء سقوط المياه المخزنة نحو محطة توليد الكهرباء فان الطاقة المخزنة لا تتحول كليا

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

في الحطة إلى طاقة كهربائية لان جزءا منها يضيع بسبب العوامل المؤثرة الخارجية (مقاومة الهواء، الاحتكاكات ، ...) و تسمى الطاقة المخزنة الأصلية. ومن اجل ذلك فإننا نعرف مردود تحويل الطاقة (r) بنسبة الطاقتين المفيدة (E') و المستهلكة (E) :

$$r = \frac{E'}{E}$$

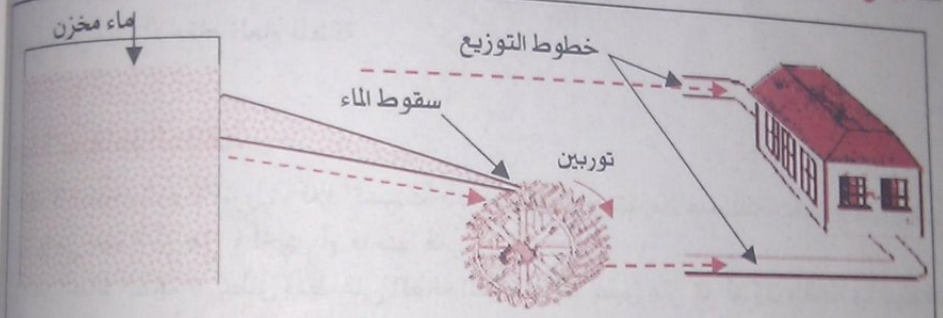
نتيجة

1- في المحول الطاقوي لجملة معينة يكون $r < 1$.

2- إذا كان $r = 1$ فهذا يعني انه لا يوجد ضياع في الطاقة أثناء تحويلها و يكون المحول مثاليا.

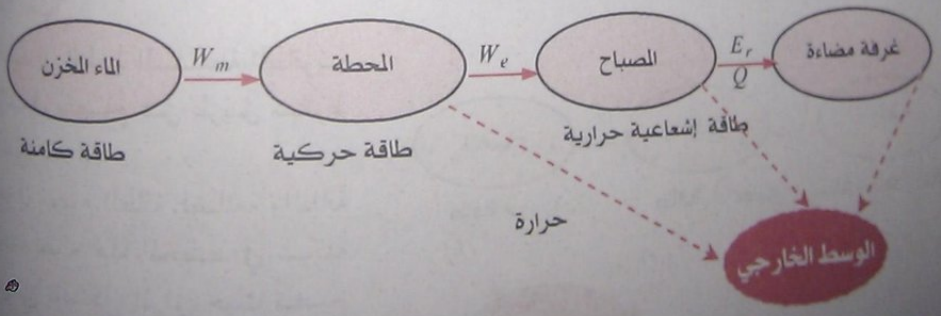
في الحقيقة أن المحول المثالي يكون نظريا فقط و ليس عمليا لأنه دوما يكون هناك ضياع في الطاقة أثناء التحويل من جملة لأخرى بسبب العوامل الخارجية ، إذ لا يمكن عزل الجملة عن الوسط الخارجي.

مثال



التحولات المختلفة للطاقة أثناء توليد الكهرباء و إضاءة المدن

يمكننا وضع مخطط السلسلة الطاقوية للجملة بالشكل التالي



نتيجة

عند تحويل الطاقة من جملة إلى أخرى فإننا نقول عن هذه الجملة
- أنها غير معزولة إذا ضاع جزء من هذه الطاقة إلى المحيط الخارجي على شكل حرارة ($r < 1$)
- أنها جملة معزولة إذا لم يضع فيها أي جزء من الطاقة ($r = 1$) .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمرين تدريبي-1

يحول مقدار 6×10^6 جول من الطاقة المخزنة بمياه أحد السدود إلى طاقة حركية مفيدة لتدوير التوربينات المولدة للكهرباء ، فإذا كان مردود عملية التحويل هو 60% فأوجد بالميقا جول مقدار الطاقة التي تتحول إلى كهرباء .

الحل

الطاقة الكامنة $E_{PP}=6\times10^6\ j=6\ Mj$

إذا كانت E_e هي الطاقة الكهربائية المفيدة المحولة فانه يكون : $r=\dfrac{E_e}{E_{PP}}$.

ومنه نجد $E_e=r.E_{PP}=\dfrac{600}{100}\times6=3{,}6\ Mj$

تمرين تدريبي-2

يحول جهاز كهربائي مقدار $8\ KWh$ من الطاقة الكهربائية إلى طاقة حرارية بمردود 80% خلال ساعة من الزمن .

1 ـ ما هو مقدار الطاقة المحولة إلى حرارة بوحدة الجول ثم الحريرة

2 – ما هي استطاعة التحويل مقدرة بالواط ثم الكيلو واط ؟

الحل

1) إذا كانت E_e هي الطاقة الكهربائية E_Q الطاقة الحرارية المحولة فانه يكون

$r=\dfrac{E_Q}{E_e}$. ومنه نجد $E_Q=r\times E_e=\dfrac{80}{100}\times8=6{,}4\ KWh$

و حيث أن $1\ KWh=3{,}6\ Mj$ يكون $E_Q=6{,}4\times3{,}6\approx23\ Mj=23\times10^6\ j$

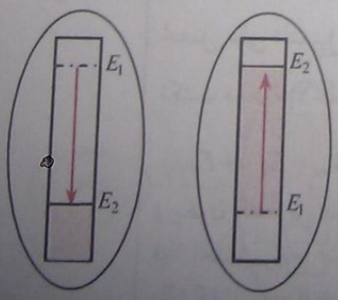
و حيث أن $1\ Cal\longrightarrow4{,}185\ j$ (حريرة) يكون :

$$E_Q=\frac{23\times10^6}{4{,}185}\approx5{,}5\times10^6\ Cal$$

2) استطاعة التحويل هي $P=\dfrac{E}{t}=\dfrac{23\times10^6}{3600}=6389\ W\approx6{,}4\ KW$

4- 4 الحصيلة الطاقوية لجملة

عند تمثيل الحصيلة الطاقوية لتحول طاقوي معين في جملة أو من جملة إلى أخرى فإننا نصطلح على ما يلي أثناء تمثيل السلسلة الطاقوية للتحويل كما مر معنا سابقا ، نمثل شكل الطاقة التي يمكن لها أن تتغير بعمود واحد لكل شكل من الطاقة داخل الفقاعة



زيادة الطاقة نقصان الطاقة

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

المثلة للجسم أو الجملة ، بحيث نبين داخل العمود كيفية تحول الطاقة من قيمتها الابتدائية E_1 المخزنة إلى قيمتها النهائية E_2 في نهاية التحويل. و يشير السهم الرابط بين القيمتين إلى جهة تغير الطاقة المخزنة (زيادة أو نقصان) .

في حالة غياب العمود الممثل لتحول الطاقة المخزنة داخل الفقاعة فان هذا يعني أن هذه الطاقة لا تتغير . ثم نعبر عن حصيلة تحول الطاقة بمعادلة تعبر عن انحفاظ الطاقة بالشكل التالي

مجموع طاقات الجملة + الطاقة المستقبلة − مجموع الطاقات المقدمة=
مجموع الطاقات النهائية للجملة .

و يمكن صياغة هذه المعادلة بشكل آخر كما يلي

الطاقة الابتدائية + الطاقة المكتسبة − الطاقة المفقودة = الطاقة النهائية

$$E_1 = E_2$$

تمرين تدريبي

من نقطة (O) على سطح الأرض تقذف كرة شاقوليا نحو الأعلى بإعطائها طاقة حركية ابتدائية قدرها E_{C1} . المطلوب

أوجد معادلة الانحفاظ للحصيلة الطاقوية ثم استنتج ، مقدار التحويل الميكانيكي W_m للجملة و مقدار الطاقة الكامنة المكتسبة.

الحل

باعتبار الجملة هي (ارض + كرة) يكون

- الطاقة الابتدائية للجملة هي

طاقة حركية E_{C1} + طاقة كامنة E_{P1}

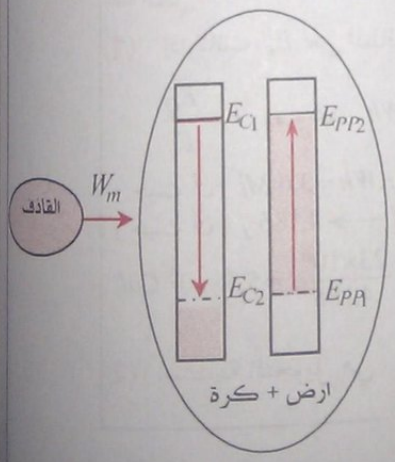
- الطاقة المكتسبة (المستقبلة) هي

W_m (تحويل ميكانيكي)

- الطاقة النهائية هي

طاقة حركية E_{C2} + طاقة كامنة E_{P2}

نحصل على التمثيل الطاقوي بالشكل المرفق.



نكتب معادلة الانحفاظ بالشكل:

$$E_{C1} + E_{PP1} + W_m = E_{C2} + E_{PP2}$$

و يكون التحويل الميكانيكي هو

$$W_m = (E_{C2} + E_{PP2}) - (E_{C1} + E_{PP1})$$

فإذا اتخذنا مرجعا لقياس الطاقة الكامنة الثقالية هو سطح الأرض $(E_{PP} = 0)$ تصبح المعادلة بالشكل

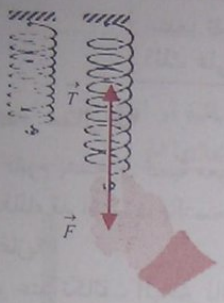
$$E_{C1} + 0 + W_m = E_{C2} + E_{PP2}$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

و عندما تبلغ الكرة أعلى نقطة من مسارها يصبح التحويل الميكانيكي معدوما $W_m = 0$
وتصبح كامل الطاقة على شكل طاقة كامنة ثقالية فيكون
$E_{C1} = E_{PP2}$. أي أن $E_{C1} + 0 + 0 = 0 + E_{PP2}$
فالتحول النهائي للطاقة الحركية يصبح بشكل طاقة كامنة ثقالية .

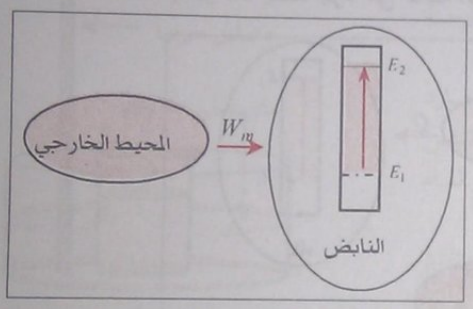
5 ـ الطاقة الداخلية والتحويل الحراري

5 -1 تغير الطاقة الداخلية لجملة



مثال 1

نؤثر بقوة معينة على الطرف السفلي لنابض مرن مثبت شاقوليا فنجد أن طوله يزداد .
و عند تحريره نلاحظ انه يستعيد شكله الأصلي
فالقوة الخارجية المؤثرة على النابض قد جعلت الطاقة الداخلية له تتغير من اجل استعادة شكله الطبيعي .
وتعمل القوى الداخلية (توتر النابض) على استعادة الشكل الطبيعي له بتوظيف هذه الطاقة المخزنة.

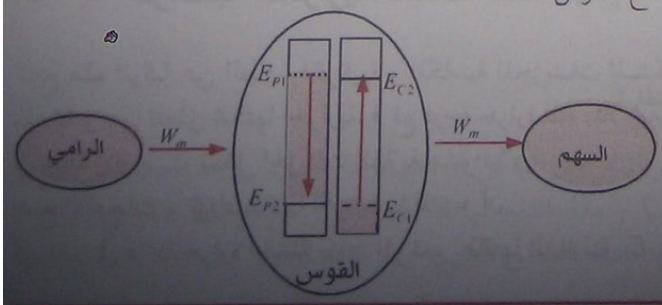


نتيجة

1 – إن عمل القوة الخارجية يؤثر في الجسم المرن و يشوه شكله .
2 – إن عملية تشويه الشكل تخزن طاقة داخلية تحول عن طريق عمل القوى الداخلية إلى طاقة حركية من اجل استعادة الشكل الطبيعي للجسم.

مثال 2

عند سحب السهم بشدة يتوتر القوس و يتشوه شكله فتقوم القوة الخارجية $\vec{F}$ المؤثرة على الجملة بعمل يخزن طاقة داخلية (بشكل طاقة كامنة). وعند إطلاق السهم تقوم القوة المرونية الداخلية (توتر القوس) بتحويل الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية تدفع القوس .
و الطاقتان تشكلان تحولين للطاقة الداخلية المخزنة (E) للقوس
– يمكن تمثيل التحول الطاقوي لهذه الجملة حسب الشكل المرفق.



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

مثال 3

• نجر صندوقا حديديا على الأرض بشدة ، نلاحظ أن درجة حرارته ترتفع

• عندما يضغط السائق بشدة على مكابح السيارة التي تسير بسرعة كبيرة محاولا إيقافها فجأة فان ال
المكابح تضغط بشدة على العجلات فترتفع درجة حرارتها .

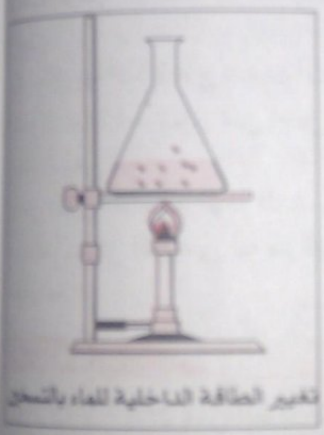
نتيجة

عندما تقوم قوة معينة بعمل ما فانه يمكن لها أن تغير من الطاقة الداخلية للجملة . و يظ
ذلك على شكل ارتفاع في درجة حرارتها .

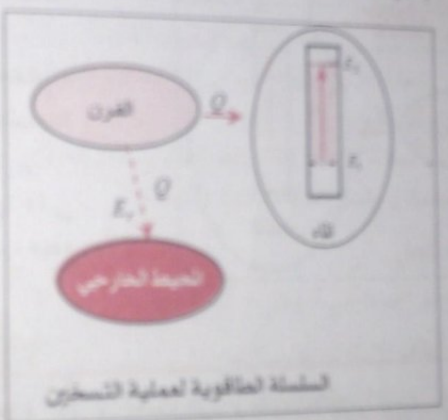
مثال 4

تقوم بتسخين كمية معينة من الماء البارد و عندما تبلغ درجة حرارته $100°C$ فانه يتبخر متحولا إلى بخ
فالماء قد اكتسب بالتسخين طاقة حرارية أدت إلى تغير طاقته الداخلية فتحول شكله من حالة سائلة إلى ح
غازية .

و عند تكاثف البخار فانه يفقد جزءا من طاقته الداخلية المختزنة فيتحول إلى حالة سائلة .



تغيير الطاقة الداخلية للماء بالتسخين



السلسلة الطاقوية لعملية التسخين

نتيجة

1- عندما تقوم القوة بعمل فإنها تستطيع أن تغير من الحالة الفيزيائية للجسم .
2- إن تغير الحالة الفيزيائية للجسم يكون ناتجا عن تغير طاقته الداخلية .

5 -2 التركيبة الحرارية للطاقة الداخلية



الحركة العشوائية للجزيئات

تنتج هذه التركيبة عن الطاقة الحركية و الكامنة للجزيئات المشكلة للمادة و هي تتعلق بحالتها الحرارية. فرفع درجة حرارة الماء مثلا يجعله في حالة بخار حيث تتنقل الجزيئات الغازية عشوائيا في جميع الاتجاهات و تزداد طاقتها الحركية بذلك و أن أي تغير في درجة حرارة الجملة يؤدي إلى تغير طاقتها الداخلية E_i

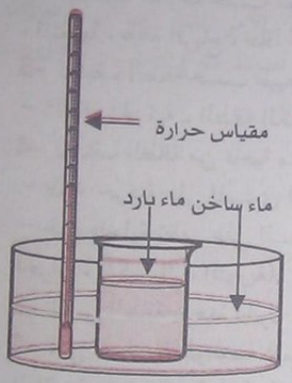
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

كما تتغير الطاقة الداخلية للجملة إذا طرأ عليها أيتحول كيميائي أو نووي
- ففي التحول الكيميائي يحدث تغير في الجزيئات .
- و في التحول النووي يحدث تغير في أنوية الذرات.
وللطاقة الداخلية عدة مركبات تتعلق بالطاقة الحركية المكروسكوبية للجزيئات الناتجة عن التأثير المتبادل بين هذه الجزيئات . فالطاقة الحركية للجزيئات تمثل المركبة الحرارية للطاقة الداخلية.

نتيجة

1- ترتبط الطاقة الداخلية للجملة بحالتها المجهرية .
2- تتغير الطاقة الداخلية للجملة بتغير حالتها الفيزيائية أو الكيميائية أو النووية .
3 - إن التغيرات الحادثة للطاقة الداخلية للجملة مهما كان شكلها تتعلق بحالتها الحرارية.

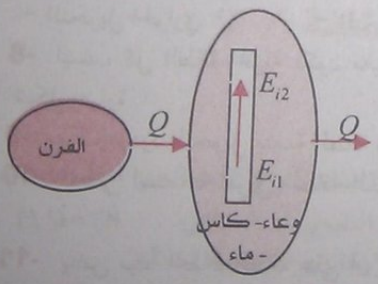
5 -3 التوازن الحراري



- قم بوضع كمية معتبرة من الماء في وعاء و سخنه إلى درجة حرارة معينة (حوالي $80°c$) باستعمال الفرن.
- انزع الوعاء من الفرن ثم أدخل به كأسا مملوء بماء بارد تكون درجة حرارته حوالي $20°c$ ثم راقب باستعمال مقياس حرارة كيف تتغير درجة حرارة كل من الماء السلخن و الماء البارد.

ستلاحظ مع مرور الزمن انخفاض درجة حرارة الأول و ارتفاع الثاني ثم استقرارهما عند درجة حرارة واحدة $(80°c\rangle\theta\rangle20°c)$.

تفسير الظاهرة



تقدم جزيئات الماء السلخن طاقة حركية لجزيئات الكأس التي تحول بدورها جزءا من هذه الطاقة إلى جزيئات الماء البارد الموجود بداخلها و الملامسة لها.
و هكذا يستمر التحويل الحراري بالتلامس حتى يصبح لكل الجزيئات نفس الطاقة الحركية و تصبح الجملة كلها في حالة توازن حراري.
نمثل الحصيلة الطاقوية للجملة بالشكل الجانبي.

5 -4 انحفاظ الطاقة الداخلية

رأينا أن تغير الطاقة الداخلية لجملة يظهر أثناء تغير الشكل أو تغير درجة الحرارة . و يحدث هذا عن طريق عمل قوة معينة (W) (تحويل ميكانيكي). و هذا التغير يرافقه تبادل الحرارة مع الوسط الخارجي (Q).
يمكننا أن نكتب إذن تغير الطاقة الداخلية لجملة بالشكل التالي $\Delta E_i = W + Q$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نتيجة

ا) إذا كان $(W+Q)\rangle 0$ أي أن $(\Delta E_i\rangle 0)$ فان الجملة تكتسب طاقة من الوسط الخارجي

ب) إذا كان $(W+Q)\langle 0$ أي أن $(\Delta E_i\langle 0)$ فان الجملة تفقد طاقة يكتسبها الوسط الخارجي.

خلاصة الدرس

1- يرتبط مفهوم الطاقة بالنشاط و الحيوية ، فكل جملة تخزن طاقة تكون قادرة على القيام بتشغيل جهاز معين بتحويل هذه الطاقة بطريقة ما .

2- الطاقات متنوعة حسب مصادرها وطرق تحويلها وتخزينها ، منها الطاقة الكهربائية ، الحرارية ، الكيميائية ، النووية ، طاقة الرياح ، طاقة حركية ، طاقة كامنة ، مرونية ،إشعاعية ، .....

3- تصنف الطاقة حسب طبيعة تخزينها إلى ثلاثة أصناف رئيسية هي

- الطاقة الحركية ـ الطاقة الكامنة ـ الطاقة الداخلية

4- تصنف الطاقة من ناحية مستوى تخزينها إلى صنفين

- طاقة حركية على المستوى العياني تتعلق بالحالة الحركية للجملة.

- طاقة داخلية تظهر على المستوى المجهري هي مجموع الطاقتين الحركية والكامنة والتي ترتبط بحالة الجملة (الحرارية، الكيميائية، النووية).

5- تقاس الطاقة بوحدة الجول . و تقاس سرعة تحويلها بوحدة الواط .

6- تمثل السلسلة الوظيفية مجموعة العناصر أو الأجسام التي تشترك في تحويل معين للطاقة . و تمثل السلسلة الطاقوية ، كيفية انتقال و تحول الطاقة من شكل إلى آخر عبر هذه الأجسام

7- يوجد أربعة أنواع من التحولات الطاقوية ،هي

- التحويل الميكانيكي W_m - التحويل الكهربائي W_e
- التحويل الحراري Q - التحويل بالإشعاع E_r

8- ليست كل الطاقة المحولة تكون مفيدة . و الجزء الضائع نحو الوسط الخارجي لجملة معينة يكون على شكل حرارة .

9- يعرف مردود التحويل بنسبة الطاقة المفيدة إلى الطاقة المستهلكة و يكون هذا المردود عمليا ($1\rangle r\rangle 0$)

10- تعطى استطاعة تحويل الطاقة الكهربائية بالعلاقة $P=\frac{W_e}{t}$ و يعطى التحول الكهربائي بالعلاقة $W_e=U\,I\,t$

11- ينص مبدأ انحفاظ الطاقة على أن الطاقة لا تضيع فالطاقة التي تكسبها أو تخسرها جملة معينة تكون مساوية تماما للطاقة التي يخسرها أو يكسبها الوسط الخارجي .

12- تعبر الحصيلة الطاقوية لجملة أو لعدة جمل عن قانون انحفاظ الطاقة، الذي يكتب بشكل معادلة ب

الطاقة الابتدائية + الطاقة المكتسبة — الطاقة المفقودة = الطاقة النهائية .

13- يرافق تغير الطاقة الداخلية لجملة ، تغيرا فيزيائيا في شكلها أو تحولا كيميائيا في جزيئاتها أو تحولا نوويا في نوى ذراتها ، و تظهر هذه التغيرات عندما تتغير درجة الحرارة .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



وثيقة دراسية

الكهرباء والتحولات الطاقوية المختلفة

1. طرق توليد الطاقة الكهربائية

إن عملية توليد أو إنتاج الطاقة الكهربائية هي في الحقيقة عملية تحويل االطاقة من شكل إلى آخر حسب مصادر الطاقة المتوفرة في مراكز الطلب عليها و حسب الكميات المطلوبة لها ، الأمر الذي يحدد أنواع محطات التوليد و كذلك أنواع الاستهلاك و أنواع الوقود و مصادره التي تؤثر في تحديد نوع المحطة و مكانها و طاقتها .

إن أنواع محطات التوليد المستعملة على المستوى العالمي هي :

- محطات التوليد البخارية .
- محطات التوليد النووية .
- محطات التوليد المائية
- محطات التوليد من المد و الجزر
- محطات التوليد ذات الاحتراق الداخلي (ديزل ـ غازية)
- محطات التوليد بواسطة الرياح .
- محطات التوليد بواسطة الطاقة الشمسية

2. كيف تتولد الكهرباء بالطرق المختلفة ؟

2 -1 محطات التوليد البخارية

إن محطات التوليد البخارية هي محولات للطاقة. و تستعمل هذه المحطات أنواعا مختلفة من الوقود حسب الأنواع المتوفرة مثل الفحم الحجري أو البترول السائل أو الغاز الطبيعي أو الصناعي.

تمتاز المحطات البخارية بكبر حجمها و رخص تكاليفها بالنسبة لإمكاناتها الضخمة كما تمتاز بإمكانية استعمالها لتحلية المياه الملحة ، الأمر الذي يجعلها ثنائية الإنتاج خاصة في البلاد التي تقل فيها مصادر المياه العذبة .

و تعتمد محطات التوليد البخارية على استعمال نوع الوقود المتوفر و حرقه في أفران خاصة لتحويل الطاقة الكيميائية في الوقود إلى طاقة حرارية في اللهب الناتج من عملية الاحتراق ثم استعمال الطاقة الحرارية في تسخين المياه في مراجل خاصة و تحويلها إلى بخار في درجة حرارة معينة ثم تسليط هذا البخار على عنفات أو توربينات بخارية صممت لهذه الغاية فيقوم البخار السريع بتدوير محور التوربينات و بذلك تتحول الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكة تؤثر محور هذه التوربينات البخارية فيدور محور المولد الكهربائي بنفس السرعة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

و باستغلال الخاصية المغناطيسية الدوارة من المولد و الجزء الثابت منه تتولد على طرفي الجزء الثابت من
المولد الطاقة الكهربائية اللازمة .
لا يوجد فوارق أساسية بين محطات التوليد البخارية التي تستعمل أنواع الوقود المختلفة إلا من حيث طرق
نقل و تخزين و تداول و حرق الوقود . و قد كان استعمال الفحم الحجري شائعا في أواخر القرن الماضي
وأوائل هذا القرن ، إلا أن اكتشاف و استخراج البترول و منتجاته أحدث تغيرا جذريا في محطات التوليد
الحرارية حيث أصبح يستعمل بنسبة تسعين بالمئة لسهولة نقله و تخزينه و حرقه إن كان بصورة وقود سائل
أو غازي .

مكونات محطات التوليد البخارية

تتألف محطات التوليد البخارية بصورة عامة من الأجزاء الرئيسية التالية

الفرن

هو عبارة عن وعاء كبير لحرق الوقود و يختلف شكل ونوع هذا الوعاء وفقا للوقود المستعمل و يلحق به وسائل تخزين ونقل وتداول الوقود ورمي المخلفات الصلبة .

المرجل

وعاء كبير يحتوي على مياه نقية تسخن بواسطة حرق الوقود لتتحول هذه المياه إلى بخار . و في كثير من الأحيان يكون الفرن و المرجل في حيز واحد تحقيقا للاتصال المباشر بين الوقود و المحرق و الماء المراد تسخينه . و تختلف انواع المراجل حسب حجم المحطة و كمية البخار المنتج في وحدة الزمن .

العنفة الحرارية او التوربين



هي عبارة عن عنفة من الصلب بها محور ويوصل به جسم على شكل اسطواني مثبتبه لوحات مقعرة يصطدم فيها البخار فيعمل على دورانها و يدور المحور بسرعة عالية جدا حوالي 3000 دورة بالدقيقة. و تختلف العنفات في الحجم والتصميم و الشكل باختلاف حجم البخار و سرعته و ضغطه و درجة حرارته ، أي باختلاف حجم محطة التوليد

المولد الكهربائي

مؤلف من جزء دوار مربوط مباشرة مع محور التوربين و عضو ثابت .
ويلف العضوين بالأسلاك النحاسية المعزولة لتنقل الحقل المغناطيسي الدوار و تحوله إلى تيار كهربائي على أطراف العضو الثابت . و يختلف شكل هذا المولد باختلاف حجم المحطة .

المكثف

هو عبارة عن وعاء كبير من الصلب يدخل إليه من الأعلى البخار الآتي من التوربين بعد أن يكون قد قام بتدويرها و فقد الكثير من ضغطه و درجة حرارته ، كما يدخل في هذا المكثف من أسفل تيار من مياه التبريد داخل أنابيب حلزونية تعمل على تحويل البخار الضعيف إلى مياه حيث تعود هذه المياه إلى المراجل مرة اخرى بواسطة مضخات خاصة .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

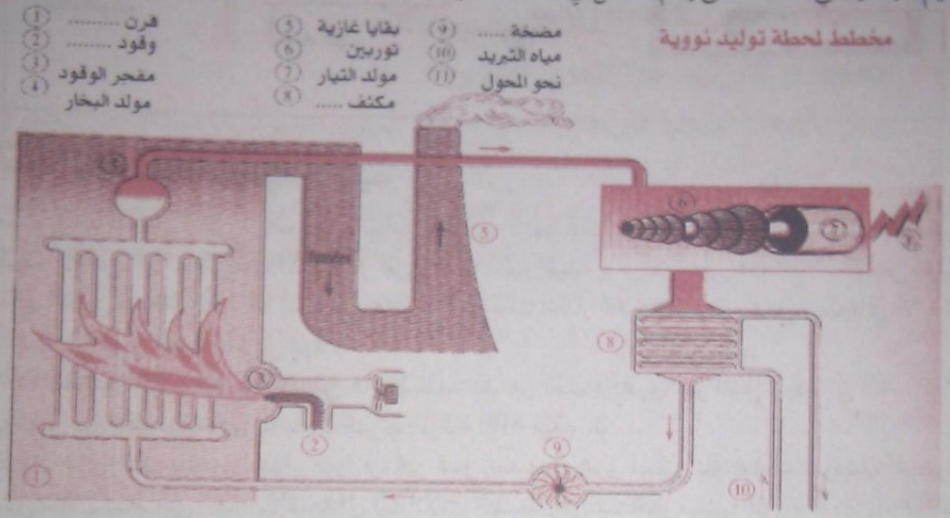
المدخنة

هي عبارة عن هيكل من الآجر الحراري اسطوانية الشكل مرتفعة جدا تعمل على طرد مخلفات الاحتراقات الغازية إلى الجو على ارتفاع شاهق للإسراع في طرد غازات الاحتراق و التقليل من تلوث البيئة المحيطة بالمحطة .

الآلات و المعدات المساعدة

هي عبارة عن عدد كبير من المضخات و المحركات الميكانيكية و الكهربائية و منظمات السرعة و معدات تنظيم البخار التي تساعد على إتمام العمل في محطات التوليد .

مخطط لمحطة توليد نووية



2-2 محطات التوليد النووية

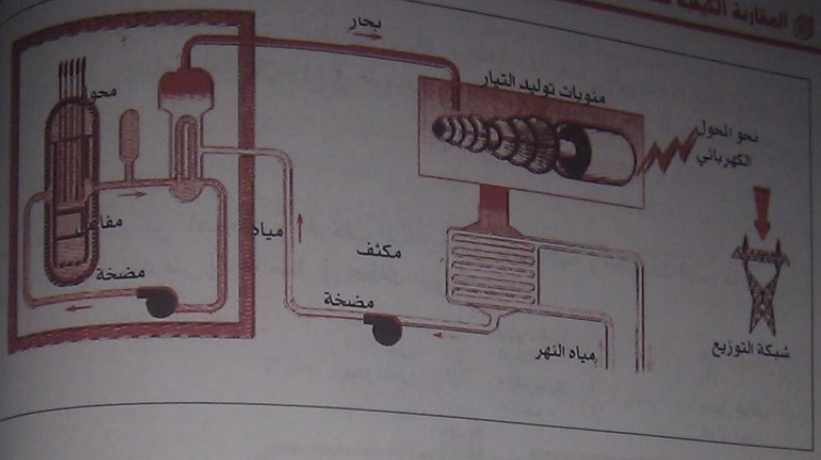
محطات التوليد النووية نوع من محطات التوليد الحرارية لأنها تعمل بنفس المبدأ وهو توليد البخار بالحرارة و بالتالي يعمل البخار على تدوير التوربينات التي بدورها تدور الجزء الدوار من المولد الكهربائي و تتولد الطاقة الكهربائية على أطراف الجزء الثابت من هذا المولد .

و الفرق في محطات التوليد النووية انه بدل الفرن الذي يحترق فيه الوقود يوجد مفاعل ذري تتولد فيه الحرارة نتيجة انشطار ذرات اليورانيوم بضربات الالكترونات المتحركة في الطبقة الخارجية للذرة وتستعمل هذه الطاقة الحرارية الهائلة في غليان المياه في المراجل و تحويلها إلى بخار ذي ضغط عال ودرجة حرارة مرتفعة جدا .

تحتوي محطة التوليد النووية على الفرن الذي يحتاج إلى جدران عازلة وواقية من الإشعاع الذري وهو يتكون من طبقة من الآجر الناري وطبقة من المياه و طبقة من الحديد الصلب ثم طبقة من الاسمنت تصل إلى سمك مترين و ذلك لحماية العاملين في المحطة و البيئة المحيطة من التلوث بالإشعاعات الذرية إن أول محطة توليد حرارية نووية في العالم نفذت عام 1954 و كانت في الاتحاد السوفياتي بطاقة 5 ميغاواط ... و محطات التوليد النووية غير مستعملة في البلاد العربية حتى الآن.

و لكن محطات التوليد الحرارية البخارية مستعملة بصورة كثيفة على البحر الأحمر و البحر الأبيض المتوسط و الخليج العربي في توليد الكهرباء ولتحلي المياه المالحة .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



3-2 محطات التوليد المائية

حيث توجد المياه في أماكن مرتفعة كالبحيرات و مجاري الأنهار يمكن التفكير بتوليد الطاقة خاصة إذا كانت طبيعة الأرض التي تهطل فيها الأمطار أو تجري فيها الأنهار جبلية و مرتفعة ففي هذه الحالات يمكن توليد الكهرباء من مساقط المياه . أما إذا كانت مجاري الأنهار ذات انحدار خفيف فيقتضي عمل سدود في الأماكن المناسبة من مجرى النهر لتخزين المياه .

تنشأ محطات التوليد عادة بالقرب من هذه السدود كما هو الحال في مجرى نهر النيل . وقد بني السد العالي و بنيت معه محطة توليد كهرباء بلغت قدرتها المركبة 800 ميغاواط .

إذا كان مجرى النهر منحدرا انحدار كبيرا فيمكن عمل تعديل في مجرى النهر باتجاه احد الوديان المجاورة و عمل شلال اصطناعي . هذا بالإضافة إلى الشلالات الطبيعية التي تستخدم مباشرة لتوليد الكهرباء كما هو الحال في شلالات نياغارا بين كندا و الولايات المتحدة الأمريكية.

و بصورة عامة أن أية كمية من المياه إلى ارتفاع أدنى تحول الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية. و إذا سلطت كمية المياه على توربينة مائية دارت بسرعة كبيرة وتكونت على محور التوربينة طاقة ميكانيكية . وإذا ربطت التوربينة مع محور المولد الكهربائي على أطراف العضو الثابت من المولد انتجت تحويلا كهربائيا.

مكونات محطات التوليد المائية

تتألف محطة توليد الكهرباء المائية بصورة عامة من الأجزاء الرئيسية التالية .

مساقط المياه (المجرى المائل)

هو عبارة عن أنبوب كبير أو أكثر يكون أسفل السد أو من أعلى الشلال إلى مخل التوربينة و تسيل فيه المياه بسرعة كبيرة . يوجد في أوله وفي آخره بوابة للتحكم في كمية المياه التي تدور التوربينات.

تجدر الإشارة إلى ان السدود وبوابات التحكم و أقنية المياه الموصلة للأنابيب المائية تختلف حسب كمية المياه و أماكن تواجدها .

التوربين

تكون التوربينة و المولد عادة في مكان واحد مركبين على محور راسي . يركب المولد فوق التوربينة . و عندما تفتح البوابة في أسفل الأنابيب المائية تتدفق المياه بسرعة كبيرة في تجاويف مقعرة فتدور بسرعة و تدير معها العضو الدوار في المولد حيث تتولد الطاقة الكهربائية على أطراف هذا المولد .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

أنبوبة السحب

بعد أن تعمل المياه المتدفقة في تدوير التوربين فلا بد من سحبها للخارج بسرعة و يسر حتى لا تعوق الدوران. لذا توضع أنابيب بأشكال خاصة لسحبها للخارج بالسرعة اللازمة.

المعدات و الآلات المساعدة

تحتاج محطات التوليد المائية إلى العديد من الآلات المساعدة مثل :
المضخات و البوابات و المفاتيح و معدات تنظيم سرعة الدوران وغيرها .

2-4 محطات التوليد من المد و الجزر

المد و الجزر من الظواهر الطبيعية المعررفة عن سكان سواحل البحار . فهم يرون مياه البحر ترتفع في بعض ساعات اليوم و تنخفض في البعض الأخر . وقد لا يعلمون أن هذا الارتفاع ناتج عن جاذبية القمر عندما يكون قريبا من هذه السواحل و أن ذلك الانخفاض يحدث عندما يكون القمر بعيدا عن هذه السواحل ، أي عندما يغيب كليا . علما أن القمر يدور حول الأرض في مدار اهليلجي أي بيضاوي الشكل دورة كل شهر هجري ، و أن الأرض تدور حول نفسها كل أربعه وعشرين ساعة . فإذا ركزنا الانتباه على مكان معين ، وكان القمر ينيره في الليل ، فهذا معناه انه قريب من ذلك المكان و أن جاذبيته قوية . لذا ترتفع مياه البحر . و بعد مضي اثني عشرة ساعة من ذلك الوقت ، يكون القمر بالجزء المقابل قطريا ، أي بعيدا عن المكان ذاته بعدا زائدا بطول قطر الكرة الأرضية فيصبح اتجاه جاذبية القمر معاكسا و بالتالي ينخفض مستوى مياه البحر .

و أكثر بلاد العالم شعورا بالمد و الجزر هو الطرف الغربي من فرنسا حيث يعمل مد وجزر المحيط الأطلسي على سواحل شبه جزيرة برتاتيا الى ثلاثين مترا وقد أنشئت هناك محطة لتوليد الطاقة الكهربائية بقدرة 400 ميغاواط . حيث توضع توربينات خاصة في مجرى المد فتديرها المياه الصاعدة ثم تعود المياه الهابطة تديرها مرة أخرى .

ومن الأماكن التي يكثر فيها المد و الجزر السواحل الشمالية للخليج العربي في منطقة الكويت حيث يصل أعلى مد إلى ارتفاع 11 مترا و لكن هذه الظاهرة لا تستغل في هذه المناطق لتوليد الطاقة الكهربائية .

2-5 محطات التوليد ذات الاحتراق الداخلي

محطات التوليد ذات الاحتراق الداخلي هي عبارة عن آلات تستخدم الوقود السائل حيث يحترق داخل غرفة احتراق بعد مزجها بالهواء بنسب معينة ، فتعمل نواتج الاحتراق وهي عبارة عن غازات على ضغط مرتفع تستطيع تحريك المكبس كما في حالة ماكينات الديزل أو تستطيع تدوير التوربينات حركة دورانية كما في حالة التوربينات الغازية.

توليد الكهرباء بواسطة الديزل

تستعمل ماكنات الديزل في توليد الكهرباء في أماكن كثيرة في دول الخليج و خاصة في المدن الصغيرة و القرى . وهي تمتاز بسرعة التشغيل و سرعة الإيقاف و لكنها تحتاج إلى كمية مرتفعة من الوقود نسبيا بالتالي فان كلفة الطاقة المنتجة منها تتوقف على أسعار الوقود . ومن ناحية اخرى لا يوجد منها وحدا

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ذات قدرات كبيرة (3 ميغاواط فقط) . وهذه المولدات سهلة التركيب و تستعمل كثيرا في حا
الطوارئ أو أثناء فترة دورة الحمل . وفي هذه الحالة يعمل عادة عدد كبير من هذه المولدات بالتوازي لـ
احتياجات مراكز الاستهلاك.

توليد الكهرباء بالتوربينات الغازية

نعتبر محطات توليد الكهرباء العاملة بالتوربينات الغازية حديثة العهد نسبيا و يعتبر الشرق الأوسط من
أكثر البلدان استعمالا لها . وهي ذات سعات و أحجام مختلفة من 1 ميغاواط إلى 250 ميغاواط ، تستعمل
عادة أثناء دورة الحمل في البلدان التي يوجد فيها محطات توليد بخارية أو مائية ، علما أن فترة إقلاعها
إيقافها تتراوح بين دقيقتين و عشرة دقائق .

و في معظم أماكن الشرق الأوسط ، و خاصة في المملكة العربية السعودية ، تستعمل التوربينات الغازية
لتوليد الطاقة طوال اليوم. و نجد اليوم في الأسواق و حدات متنقلة من هذه المولدات لحالات الطوارئ
مختلفة الأحجام و القدارت .

تمتاز هذه المولدات ببساطتها و رخص ثمنها نسبيا و سرعة تركيبها و سهولة صيانتها و هي لا تحتاج إلى مياه
كثيرة للتبريد . كما تمتاز بإمكانية استعمال العديد من أنواع الوقود (البترول الخام النقي - الغاز الطبيعي
- الغاز الثقيل و غيرها ...) و تمتاز كذلك بسرعة التشغيل و سرعة الإيقاف .

و أما مساوئها فهي ضعف المردود الذي يتراوح بين 15 و 25 % كما أن عمرها الزمني قصير نسبيا
وتستهلك كمية اكبر من الوقود بالمقارنة مع محطات التوليد الحرارية البخارية .

إن الأجزاء الرئيسية التي تتكون منها محطة التوليد بالتوربينات الغازية هي ما يلي

ضاغط الهواء

و يأخذ الهواء من الجو المحيط و يرفع ضغطه إلى عشرات الضغوط الجوية .

غرفة الاحتراق

و فيها يختلط الهواء المضغوط الآتي من مكبس الهواء مع الوقود و يحترقان معا بواسطة وسائل خاصة
بالاشتعال . و تكون نواتج الاحتراق من الغازات المختلفة على درجات حرارة عالية وضغط مرتفع .

التوربين

هو عبارة عن توربين محورها أفقي مربوط من ناحية مع محور مكبس الهواء ومن ناحية اخرى مع المولد و
لكن بواسطة صندوق تروس لتخفيف السرعة لان سرعة دوران التوربين عالية جدا لا تتناسب مع سرعة
دوران المولد الكهربائي . تدخل الغازات الناتجة عن الاحتراق في التوربين فتصطدم بتروسها الكثيرة العدد
من ناحية الضغط المنخفض (يتسع قطر التوربين من هذه الناحية) إلى الهواء عن طريق مدخنة .

المولد الكهربائي

يتصل المولد الكهربائي مع التوربين بواسطة صندوق لتخفيف السرعة كما ذكرنا و في بعض التوربينات
الحديثة تقسم التوربين إلى توربينتين واحدة للضغط و السرعة العالية متصلة مباشرة مع مكبس الهواء
الثانية تسمى توربينة القدرة متصلة مباشرة مع محور المولد الكهربائي .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الآلات و المعدات المساعدة

تحتاج محطات التوربينات الغازية إلى بعض المعدات و الآلات المساعدة على النحو التالي

1- مصافي الهواء قبل دخوله إلى مكبس الهواء .
2- مساعدة التشغيل الأولي وهو إما محرك ديزل أو محرك كهربائي
3- و سائل المساعدة على الاشتعال .
4- الآلات تبريد مياه تبريد المحطة
5- معدات قياس الحرارة و الضغط في كل مرحلة من مراحل العمل .
6- معدات القياس الكهربائية المعروفة المختلفة .

2- 6 محطات توليد الكهرباء بواسطة الرياح

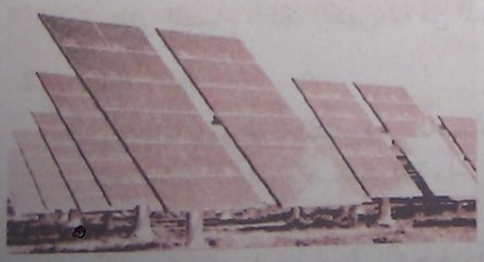


يمكن استغلال الرياح في الأماكن التي تعتبر مجاري دائمة لهذه الرياح في تدوير مراوح كبيرة و عالية لتوليد الطاقة الكهربائية . و على سبيل المثال فهناك الآن مدن صغيرة في الولايات المتحدة و اروبا تستمد الطاقة الكهربائية اللازمة للاستهلاك اليومي من محطة توليد كهرباء تعمل بالرياح يبلغ طول شفرة مروجتها 25 مترا .

و قد كانت طواحن الهواء المعروفة قديما في اروبا تشتغل بقدرة الرياح في تدوير حجر الرحى .

و في هذه الأيام يمكن للشخص الذي ينتقل على الساحل الشرقي لاسكتلندا يرى العديد من هذه المراوح التي تنتج الطاقة الكهربائية و كذلك المتنزه على الشاطىء الشمالي في لندن يرى هذه المراوح ترفع المياه من البحر إلى الملاحات لإنتاج الملح .

2-7 محطات التوليد بالطاقة الشمسية



ما يمكن أن ينتج عنه أعمال تطبيقية أصبحت في التداول التجاري هي استغلال الطاقة الشمسية لإنتاج الطاقة الكهربائية و في تسخين مياه الاستغلال المنزلي و خاصة في التجمعات الطلابية و العمالية

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تطبيقات نموذجية

تطبيق 1

يضغط راكب الدراجة برجليه على دواستي العجلة الأمامية فتدور مما تجعل الدراجة تندفع نحو الإمام و أثناء دورانها تدير معها بالتلامس و الاحتكاك المنوب الكهربائي الذي ينتج طاقة كهربائية تضيء مصباح الدراجة

1- ما هي طبيعة الطاقة التي يحولها كل من

أ) راكب الدراجة . ب) الدراجة . جـ) المنوب د) مصباح الدراجة

2- كيف تصنف هذه الطاقات من حيث تخزينها ؟

3- هل توجد أثناء هذه التحولات طاقة ضائعة ؟علل ؟

4- ارسم السلسلة الطاقوية لهذه التحولات



الحل

1) طبيعة الطاقة المحولة

أ) يخزن راكب الدراجة طاقة داخلية E_i نتيجة الغذاء الذي يقدمه لجسمه .

ب) تكتسب الدراجة طاقة حركة E_c نتيجة دوران العجلات ناتجة عن التحويل الميكانيكي للطاقة الداخلية عن طريق عضلات راكب الدراجة

جـ) يتلقى المنوب طاقة حركية نتيجة احتكاكه بالعجلة فيحول جزءا منها إلى طاقة كهربائية E_e تحويلا كهربائيا .

د) يتلقى المصباح الطاقة الكهربائية من المنوب فيحولها تحويلا إشعاعيا إلى المحيط الخارجي

2) تصنيف الطاقات

نصنف الطاقات المحولة المذكورة من ناحية تخزينها إلى نوعين

أ) طاقة داخلية (غذاء راكب الدراجة ، الحرارة الإشعاعية) تظهر على المستوى المجهري للمادة

ب) طاقة حركية ميكانيكية (الدراجة ، المنوب)

-طاقة حركية كهربائية (تحويل الشحنات الكهربائية بدارة المنوب بالمصباح)

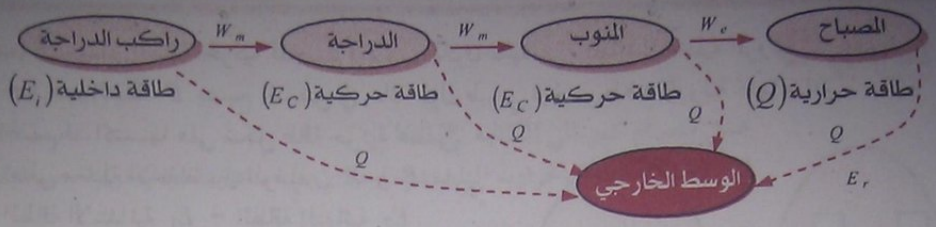
3) يضيع جزءا من هذه الطاقات المحولة في كل مرحلة من السلسلة الطاقوية بشكل حرارة

- على مستوى (الدراج ،الدراجة ، المنوب) نتيجة الاحتكاك الذي يتحول إلى حرارة

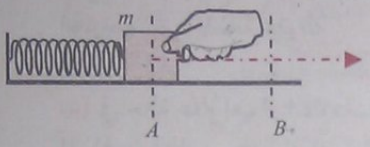
- على مستوى المصباح (بالإشعاع و الحرارة) .

4) مخطط السلسلة الطاقوية

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



تطبيق 2



تضغط النهاية الحرة لنابض مثبت أفقيا من الطرف الأيمن بواسطة جسم كتلته m حتى الوضع A و ذلك انطلاقا من الوضع B الذي يكون فيه النابض في حالة طول طبيعي.

ثم يحرر الجسم في النقطة A ليتحرك تحت تأثير قوة النابض المضغوط

1- ما نوع الطاقة التي يملكها كل من الجسم و النابض في الوضع A ؟ ما طبيعة و ما نوع القوة التي يطبقها النابض على الجسم في هذه الوضعية؟

2- في اللحظة $t=0$ يتحرر الجسم عند النقطة A

أ) مثل السلسلة الوظيفية و الطاقوية للجملة؟

ب) ما مصدر الطاقة التي يتحرك بها الجسم m ؟

جـ) عند النقطة B، ما هي الطاقة التي يملكها كل من الجسم m و النابض ؟

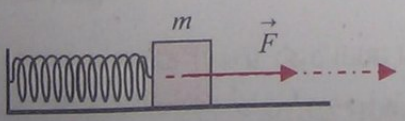
3- بتطبيق معادلة الإنحفاظ بين الوضعين (B,A) عبر عن تغير طاقة الجملة (نابض- جسم) باعتبار الجملة معزولة.

4- بعد المرور من النقطة B ، عبر عن الحصيلة الطاقوية للجملة في الحالتين

أ) باعتبار المقاومات الخارجية مهملة

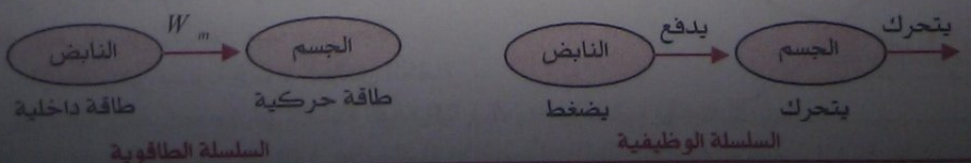
ب) باعتبار المقاومات الخارجية غير مهملة.

الحل



1) في الوضع A يكون النابض مضغوطا و الجسم ساكنا
- فالنابض يملك طاقة داخلية على شكل طاقة كامنة مرونية E_{Pe} نتيجة تغيير شكله و تشوهه .
و الجسم لا يملك أية طاقة . و في هذه الوضعية يطبق النابض على الجسم الصلب قوة مرونية $\vec{F}$ نتيجة انضغاطه تدفع بالجسم خارجا.

2 - أ) السلسلة الوظيفية و الطاقوية للجملة (جسم - نابض)



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ب) أن مصدر الطاقة الحركية للجسم الصلب تكون ناتجة عن الطاقة الداخلية المرونية للنابض

حـ) عند النقطة B يصبح النابض في حالة طول طبيعي فيخسر طاقته المرونية كلها و التي يكون الجسم قد اكتسبها على شكل طاقة حركية عظمى.

3) تعطى معادلة الإنحفاظ بين الوضعين A و B مايلي

الطاقة الابتدائية E_1 = الطاقة النهائية E_2.

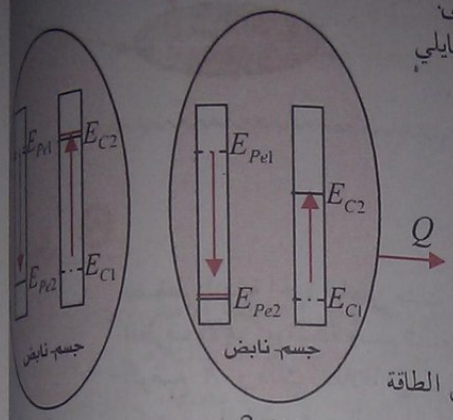
أي أن $E_{Pe_1}+E_{Pc_1}=E_{Pe_2}+E_{Pc_2}$.

ومنه يكون $E_{Pe_1}+0=0+E_{c_2}\rightarrow E_{Pe_1}=E_{c_2}$

4) بعد المرور من النقطة B نحصل على مايلي:

ا) في حالة إهمال كافة المقاومات الخارجية تبقى الطاقة محفوظة (شكل-1)

ب) في حالة عدم إهمال المقاومات يضيع جزء من الطاقة إلى المحيط الخارجي على شكل حرارة (شكل-2) .



شكل-1 شكل-2

تطبيق 3

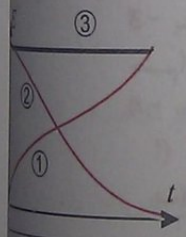
في اللحظة $t=0$ يقذف جسم (s) شاقوليا نحو الأعلى من على سطح الأرض.
يمثل المنحنيان (1) و (2) تغيرات كل من الطاقة الحركية للجسم (s) و الطاقة الكامنة الثقالية للجملة (جسم- أرض) .

1- أي المنحنيان (1) ،(2) يمثل E_C و أيهما يمثل E_{PP} ؟ علل.

2- هل الطاقة محفوظة في هذه الجملة ؟

3- ماذا يمثل المنحنى (3) ؟

4- بفرض أن الطاقة غير محفوظة في هذه الجملة
- كيف تصبح المنحنيات الطاقوية المذكورة ؟



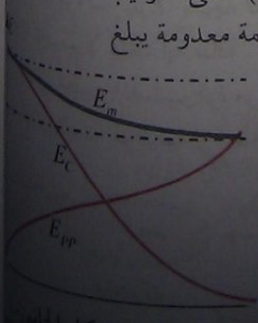
الحل

1) لحظة القذف $(t=0)$ تكون الطاقة الحركية للجسم (s) عظمى و الطاقة الكامنة الثقالية للجملة (جسم- أرض) معدومة و هذا ما يفسره المنحنيان (2) و (1) على الترتيب.

2) نلاحظ ان المنحنين (1) و (2) متعاكسين تماما ، فعندما يمر الأول بقيمة معدومة يبلغ الآخر قيمته الأعظمية و بالعكس مما يدل على أن هناك تحول كلي للطاقتين الكامنة الحركية والكامنة الثقالية على الترتيب فتكون طاقة الجملة محفوظة .

3) يعبر المنحنى (3) عن قيمة ثابتة لطاقة الجملة و هي مساوية لمجموع الطاقتين الكامنة الثقالية و الحركية . وتدعى بالطاقة الميكانيكية E_m .

4) إذا كانت الطاقة غير محفوظة في هذه الجملة فإن منحنيات الطاقة تكون ممثلة حسب الشكل الموالي



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تطبيق 4

يحمل مصباح كهربائي الكتابة $100\,W$.

1- احسب الطاقة الحرارية التي ينشرها خلال $\frac{1}{2}$ ساعة مقدرة بالحريرة ، مبينا كيفية حدوث هذا التحول في الطاقة .

2- ارسم السلسلة الطاقوية لهذه الجملة انطلاقا من مصدر تغذية المصباح .

الحل

1) من علاقة الاستطاعة يكون $P=\frac{E}{t}$

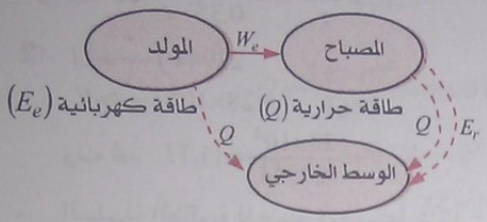
$E=P.t=100\times1800=18\times10^4\,j$

حيث $t=\frac{1}{2}h=30\,mn=1800\,s$

و هذه الطاقة ناشئة عن تحول

الطاقة الكهربائية إلى حرارة $1\,Cal \longrightarrow 4{,}18\,j$

إذن $1\,j=\frac{1}{4{,}18}=0{,}24\,Cal$ ومنه يكون $E=18\times10^4\times0{,}24=4{,}32\times10^4\,Cal$



تطبيق 5

تتكون سلسلة غذائية من الكائنات الحية التالية دجاج ـ إنسان ـ حب

1 ـ مثل تسلسل هذه الكائنات من حيث وظيفتها الغذائية.

2 ـ إذا علمت أن كمية الطاقة المحولة عن طريق هذه السلسلة إلى الإنسان في وجبة معينة هي $60\,Cal$ و أن نسبة الطاقة الضائعة هي 75% فأوجد كمية الطاقة الأصلية المتحررة من أكل الدجاج في هذه الوجبة.

الحل

1) السلسلة الغذائية المتكونة من أجل الكائنات الثلاثة هي:

إنسان ⟵ دجاج ⟵ حب

2) الطاقة المتبقية التي يستفيد منها الإنسان هي $100-75=25\%$ فيكون

$60\,Cal \longrightarrow 25\%$

$E \longrightarrow 100\%$

و منه $E=\frac{60\times100}{25}=240\,Cal$

تطبيق 6

يحول محرك طاقة ميكانيكية قدرها $9{,}8\times10^4\,j$ أثناء قيامه برفع جسم صلب إلى ارتفاع معين بمردود $0{,}35$ و ذلك باستهلاك كمية معينة من غاز طبيعي يستعمله كوقود .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1- ما هي الطاقة الداخلية المخزنة بالوقود المستعمل ؟

2- علما أن الغاز الطبيعي يستهلك عند احتراقه طاقة قدرها 23944 جول لكل لتر، احسب حجم الغاز المستهلك في هذه السلسلة الطاقوية للجملة و كذلك الحصيلة الطاقوية لها.

الحل

1) مردود التحويل $(r) = \frac{\text{الطاقة الميكانيكية } E_m}{\text{الطاقة الداخلية } E_i}$ و منه نجد

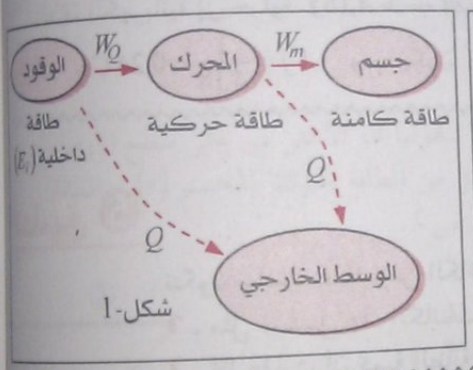
$$E_i = \frac{E_m}{r} = \frac{9,8\times10^4}{0,35} = 28\times10^4\ j$$

2) $23944\ j \longrightarrow 1l$

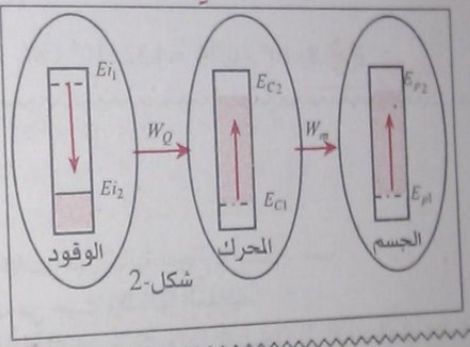
$28\times10^4\ j \longrightarrow V$

ومنه نجد $V = \frac{28\times10^4}{23944} \approx 11,7l$

السلسلة الطاقوية للجملة كما يبينها .شكل-1- و الحصيلة الطاقوية كما في شكل-2



شكل-1



شكل-2

تطبيق 7

اذا كان مولد يحول طاقة ميكانيكية قدرها $180\ Kj$ خلال ساعة واحدة .

1- احسب استطاعته الكهربائية إذا كان مردود تحويله 80% .

2- تستعمل الاستطاعة الكهربائية المحصل عليها في التحويل السابق في تغذية مقاومة كهربائية . فإذا كانت هذه المقاومة تقوم بالتحويل التام للطاقة الكهربائية ، فما هي الطاقة التي تتحول فيها إلى حرارة خلال ربع ساعة ؟

-قدر النتيجة بوحدة الحريرة .

3. إذا كانت الطاقة الكهربائية المنتشرة في المقاومة المذكورة بشكل حرارة تستعمل في تسخين الماء البارد بمردود 90%

أ) ما هي بوحدة الحريرة الطاقة الحرارية التي يكتسبها الماء خلال $\frac{1}{4}$ ساعة ؟

ب) أعط الحصيلة الطاقوية لكيفية تصريف الطاقة الكهربائية المحصل عليها.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الحل

1) مردود التحويل = $r = \frac{\text{الطاقة الكهربائية } E_e}{\text{الطاقة الميكانيكية } E_m}$. ومنه يكون

$$E_e = r \times E_m = 0{,}8 \times 180 \times 10^3 = 144 \times 10^3\, j$$

من علاقة استطاعة التحويل $P = \frac{E_e}{t}$ يكون $P = \frac{144 \times 10^3}{3600} = 40\, W$

2) الطاقة الحرارية

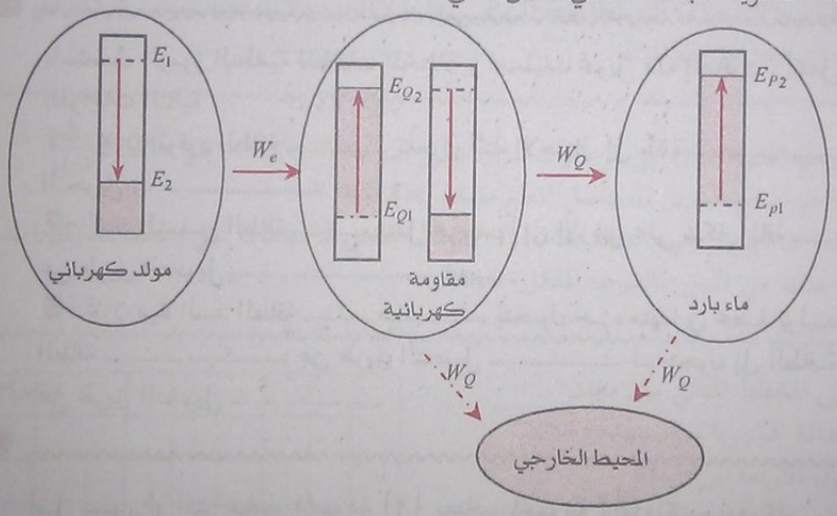
$$Q = E_e = P.t = 40 \times 15 \times 60 = 3{,}6 \times 10^4\, j$$

و حيث أن $1\, Cal \longrightarrow 4{,}185\, j$. فيكون $Q = \frac{3{,}6 \times 10^4}{4{,}185} \approx 8600\, Cal$

3) أ) الطاقة الحرارية التي يكتسبها الماء البارد بالتسخين Q'. حيث يكون

$$Q' = r.Q = 0{,}9 \times 8600 = 7740\, Cal \quad \text{ومنه نجد} \quad r' = \frac{Q'}{Q}$$

ب) الحصيلة الطاقوية للجملة كما في الشكل التالي

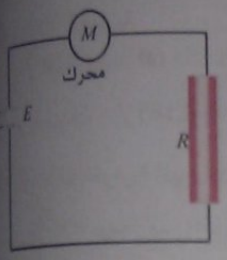


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمارين و مسائل

1

يبين الشكل الجانبي مخططا كهربائيا لدارة محرك يستعمل في رفع جسم من على سطح الأرض إلى ارتفاع معين . يغذي المحرك عمود كهربائي (E) و R هي مقاومة كهربائية (ناقل أومي).



1- حدد السلسلة الوظيفية لعناصر هذه الدارة

2- ارسم مخطط السلسلة الطاقوية لهذه الجملة .

2

باستعمال الرموز النظامية للطاقات المختلفة و لعمليات تحويل هذه الطاقات ، أكمل الفراغات التالية :

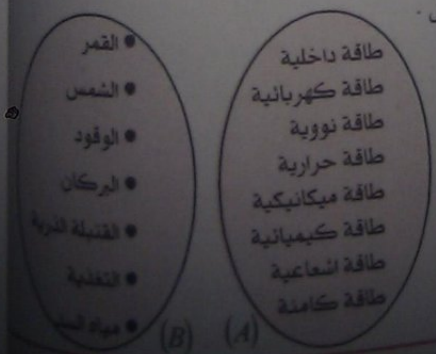
1- يخزن الوقود الطاقة ..... تتحول أثناء الاحتراق إلى طاقة ..... عن طريق التحويل .....

2- تخزن الشمس الطاقة ..... ينتقل جزء منها إلى الأرض على شكل طاقة ..... عن طريق التحويل .....

3- تخزن مياه السد الطاقة ..... يتحول جزء منها في محطة توليد الكهرباء إلى الطاقة ..... عن طريق التحويل ..... ثم يتحول إلى الطاقة ..... عن طريق التحويل .....

3

صل بسهم أو أكثر عناصر المجموعة (A) بعناصر المجموعة (B) واكتب فوق كل سهم طبيعة التحويل (W_r, W_Q, W_m, W_e)



هل العبارات التالية صحيحة أم خاطئة ؟ علل .

أ) يخزن الفحم طاقة داخلية .

ب) يخزن الفحم طاقة كهربائية

جـ) يخزن الفحم طاقة كيميائية

د) تخزن الشمس طاقة نووية

هـ) تخزن الشمس طاقة كيميائية

و) يخزن الوقود طاقة كامنة

ي) يخزن الوقود طاقة حرارية

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4

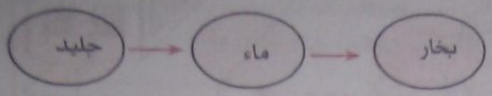
*يبين الشكل التالي مخطط السلسلة الوظيفية لعملية تحول الجليد إلى بخار

1- اكتب تحت كل سهم نوع الطاقة المخزنة و بين فوق كل سهم نوع التحول الطاقوي الموافق.

2- في أي حالة من هذه الحالات :

ا) تزداد الطاقة الحركية للجملة

ب) تزداد الطاقة الكامنة



5

*استطاعة مكواة كهربائية $1000\,W$

- ما هي الطاقة التي تستهلكها بـ بالجول وبالكيلو واط عندما تشتغل 10 دقائق؟

6

*النسب المئوية لمعدل احتياج الجسم من المواد المغذية لدى رياضي في حالة نشاط مكثف هي 13% بروتينات التي تعطي طاقة $4\,Cal/g$ و 26% دسم تعطي طاقة $9\,Cal/g$ و الباقي غلوسيدات $4\,Cal/g$

1- احسب النسبة المئوية للغلوسيدات التي يتطلبها الجسم

2- احسب الاستطاعة المتوسطة لهذا الرياضي علما ان الجسم لا يستفيد سوى 25% من الطاقة الكلية التي توفرها هذه المواد

7

**معدل استهلاك البنزين من طرف سيارة تسير بسرعة $100\,Km/h$ هو $\frac{8}{100}L/Km$.

1- ما هو حجم البنزين المستعمل لقطع مسافة $400\,Km$ ؟

2- علما أن البنزين يحرر الطاقة بمعدل $32\,Mj/L$، ما هي الاستطاعة التي ينتجها احتراق البنزين في كل ساعة من السير بالسرعة المذكورة سابقا؟

8

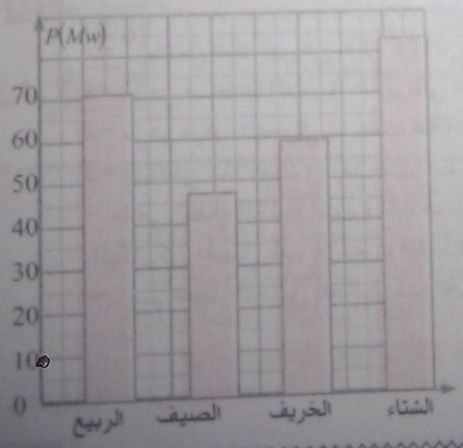
*يعطى المخطط التالي بيان معدل الاستطاعة الكهربائية المستهلكة خلال الفصول الأربعة من السنة

1- ما هو الفصل الذي تكون فيه الطاقة الكهربائية

ا) اقل ما يمكن

ب) اكبر ما يمكن

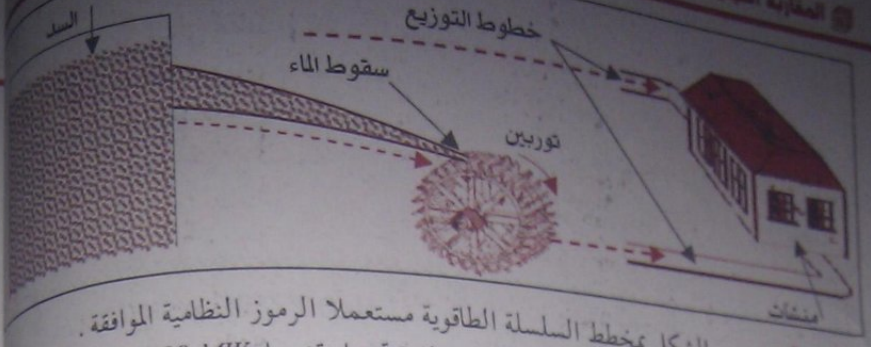
2- احسب في كل فصل مقدار الطاقة الكهربائية المستهلكة مقدرة بـ Mj ثم بـ $Kw.h$.



9

*يمثل الشكل المرافق مخطط إنتاج الطاقة الكهربائية انطلاقا من مصدرها المخزن وتحويلها عن طريق المحطة إلى أماكن استهلاكها.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



1- عبر عن الشكل بمخطط السلسلة الطاقوية مستعملا الرموز النظامية الموافقة .
2- علما أن عنفة المحطة الكهربائية توفر استطاعة تحويل قدرها $100\ MW$ بمردود 0,7
ا) ما هي الطاقة الكهربائية المتوفرة في الدقيقة ؟
ب) ما هي الطاقة الميكانيكية المستعملة في الدقيقة ؟

14

15

10

* تستعمل مقاومة كهربائية في تسخين الماء و تنشر مقدار $400\ Cal$ في مدة معينة .
فإذا كان مردود التحويل الطاقي لهذه العملية هو $r=0,80$ ، فاوجد مقدار الطاقة الحرارية الناشئة بالجول و كذلك الطاقة الكهربائية المستهلكة .
- ارسم مخطط السلسلة الطاقوية لهذه العملية

الجواب $E_Q=1672\ j$ ، $E_e=2090\ j$

16

11

** تسير دراجة بسرعة ثابتة على طريق مستقيم بحيث تكون طاقتها الحركية هي $1388,9\ j$ فإذا كان الاحتكاك يمتص مقدار 10% من هذه الطاقة المتوفرة
- ما هو مقدار الطاقة الضائعة ؟ قدر النتيجة بوحدة الحريرة (Cal).

الجواب $E=139\ j$

12

** يشتغل محرك كهربائي بتوتر $U=12\ V$ و يجتازه تيار كهربائي شدته $i=1,25\ A$
1- ما هي استطاعة التحويل الكهربائي لهذا المحرك ؟
2- ما هو مردود التحويل إذا كانت طاقة التحويل الميكانيكي خلال $\frac{1}{2}$ ساعة هي $24300\ j$ ؟
3- يستعمل هذا المحرك في رفع جسم صلب إلى ارتفاع معين بمردود قدره 50%
- ما هي الطاقة الكامنة المتوفرة أثناء هذه العلمية ؟ ما هي استطاعة التحويل الميكانيكي المحصل عليه إذا دامت العملية ربع ساعة ؟
- ارسم مخطط التحويل الطاقوي لهذه الجملة .

17

الجواب

1) $P=15\ W$ ، 2) $r=90\%$
3) $E_P=12150\ j$ و $P_m=13,5\ W$

13

** يمرر تيار كهربائي بمكواة فتنتج طاقة حرارية كلية قدرها $10000\ j$
1- ما هي هذه الطاقة بوحدة الحريرة ؟

18

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2- تستعمل هذه الطاقة في تسخين الماء بمردود 80%
- ما هي كمية الحرارة التي يمتصها الماء وما كمية الحرارة الضائعة ؟
- ما هو مردود العملية ؟. ارسم مخطط التحويل الطاقي للسلسلة الطاقوية .

14

** يستعمل سائق سيارة مكابح التوقف فجأة فتتحرر طاقة حرارية قدرها 1000حريرة نتيجة الاحتكاكات

1- ما هي الطاقة الناشئة عن الاحتكاك بوحدة الجول ؟
2- علما أن هذه الطاقة ناشئة عن تحول جزء من الطاقة الحركية للسيارة بمردود 20% .ما هي الطاقة الحركية للسيارة ؟
- ارسم مخطط التحول الطاقي للسلسلة الطاقوية الموصوفة

15

*** يبلغ استطاعة مجفف الشعر $18W$.

1- ما هي الطاقة الكهربائية التي يستهلكها خلال نصف ساعة مقدرة بالواط (W) و بالكيلو واط ساعة $(Kw.h)$ ؟
2- ما هي كمية الحرارة التي ينشرها خلال هذه الفترة إذا قبلنا بأن 25% من الطاقة الكهربائية يتحول إلى حرارة ؟ قدر النتيجة بالحريرة (Cal) ؟

الجواب

1) $E=23400j\,,9\times10^{-3}\,Wh$ ، 2) $P'=3,57\times10^{6}\,W$

16

** إليك المخطط الطاقوي المبين بالرسم المرفق.



1- ما نوع الطاقة المختزنة بالفرن ؟
2- كيف يستفيد الماء الموجود بالاسطوانة من هذه الطاقة ؟
3- كيف تتحول الطاقة التي يملكها الماء المسخن ليستفيد منها الجسم (c) الموضوع على المكبس ؟
4- ما هي العلاقة بين ثقل المكبس $(\vec{P})$ و القوة الضائعة $(\vec{F})$ على الجسم (c) حتى يرتفع الجسم بسرعة ثابتة ؟

17

5- ما هي أنواع التحولات الطاقوية التي يعبر عنها هذا المخطط ؟

** تسقط قطعة معدنية بشدة على سطح الأرض فترتفع درجة حرارتها و تكتسب كمية من الحرارة قدرها 2682 حريرة نتيجة تحول الطاقة الميكانيكية للجملة أثناء الصدم إلى حرارة . فإذا قبلنا أن مقدار 60% من الطاقة الميكانيكية المقدمة قد ضاع أثناء ملامسة الهواء ، فاحسب مقدار هذه الطاقة الميكانيكية في البداية .

الجواب $E=18,7Kj$

18

** تعمل مكواة كهربائية تحت توتر قدره $(220V)$ و يمر تيار كهربائي شدته $2,5\,A$

1- احسب استطاعة تحويل هذا الجهاز .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2- يوجد بالمكواة جهاز منظم للحرارة بحيث يسمح بمرور التيار الكهربائي في المكواة خلال دقيقة واحدة من كل أربعة دقائق عمل . إذا علمت أن ثمن الكيلواط ساعي هو 3 د ج، فكم تكلفة هذه المكواة عندما تعمل لمدة 2 ساعة ؟

الجواب

1) $P=550\,W$ 0,825 دج

19

***يحول وعاء تحليل كهربائي طاقة قدرها j 625 في مدة 8 دقائق ، 20 ثانية .

فإذا كان يمر به تيار كهربائي شدته $0,625\,A$

1- ما هي استطاعة تحويل هذا الوعاء ؟ إلى أية شكل تحول الطاقة بواسطة الوعاء؟

2- علما أن مردود هذا الوعاء هو 0,65 ، احسب الاستطاعة الكهربائية التي يستهلكها .

3- استنتج التوتر المطبق بين طرفي الوعاء عند اشتغاله.

الجواب

1) $P=1.25\,W$ ، 2) $P'=1.92\,W$ 3) $U=3,072\,V$

20

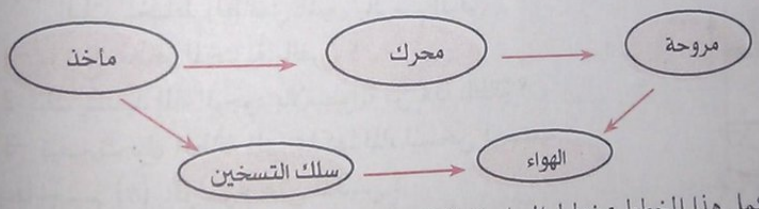
***تشتغل آلة غسيل للملابس مدة ساعتين يوميا و تحول في كل مرة طاقة كهربائية قدرها $300\,Kj$.

1- احسب استطاعة هذا التحويل .

2 احسب تكلفة غسل الملابس في اليوم إذا كان سعر الكيلو واط ساعي 1,6 د ج .

- ارسم مخطط السلسلة الطاقوية لهذه الجملة .

3- يمثل الشكل التالي المخطط الوظيفي لمجفف الشعر استطاعة تحويله $400\,W$



أ) أكمل هذا المخطط بمخطط السلسلة الطاقوية مبينا نوع التحول.

ب) احسب ثمن استهلاك الطاقة الكهربائية خلال ساعتين .

الجواب

21

1) $P=2500\,w$ ، 2) 8د.ج ، 3) 1,28دج

***تقدر الاستطاعة الإشعاعية للشمس بحوالي $4\times10^{23}\,KW$.

أ) احسب الطاقة التي تفقدها الشمس خلال سنة واحدة .

ب) يعطي احتراق الطن الواحد من البترول طاقة كيميائية قدرها $E=4,2\times10^{10}\,j$

- ما هي كتلة البترول المحترقة (m) التي تحرر نفس الطاقة الشمسية المحسوبة سابقا. قارن هذه الكتلة مع كتلة الأرض ($m_T=5,97\times10^{24}\,Kg$)

الجواب

1) $E=1,26\times10^{34}\,j$

2) $m=3\times10^{26}\,Kg$ ، $m\approx50\,m_T$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

22

*** في احد المفاعلات النووية تحرر كتلة $1\,Kg$ من اليورانيوم طاقة قدرها $45482\,Gj$ يوميا تستعمل لإنتاج الطاقة الكهربائية بمردود 30%

1- ضع مخططا وظيفيا و طاقويا لهذه العملية .

2- احسب الاستطاعة النووية لهذا المفاعل النووي ثم استنتج الاستطاعة الكهربائية المحصل عليها في كل يوم .

3- ما هو حجم الماء المخزنة بسد ، إذا استعملت لتوليد نفس الطاقة الكهربائية السابقة علما أن المتر المكعب الواحد من الماء يحول ميكانيكيا طاقة قدرها $3\times10^5\,j$ ؟ ماذا تستنتج ؟

الجواب :

1) $P=989\,MW$ ، 2) $P_e=300\,MW$ ، 3) $V=86{,}4\times10^6\,m^3$

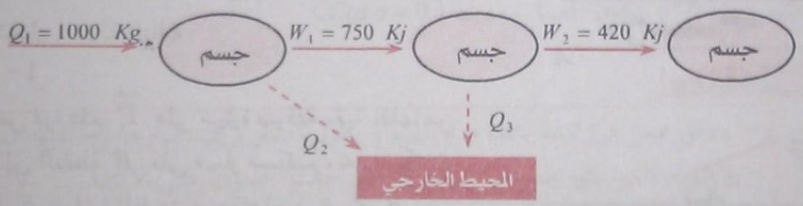
23

** يخزن عمود كهربائي طاقة كيميائية قدرها $320\,Kj$. فإذا استعمل هذا العمود في تغذية مصباح كهربائي استطاعة تحويله $6\,W$ بحيث يشتغل في اليوم مدة 15 دقيقة . احسب الزمن اللازم لتوقف تغذية المصباح .

الجواب : 59 يوم

24

** يمثل الشكل المرفق مخطط السلسلة الطاقوية لجملة معينة .



1- استخرج من هذا المخطط

أ) الطاقة الكلية التي تتلقاها الجملة . و بين طبعة هذه الطاقة .

ب) الطاقة الضائعة Q_2 .

2- ما هو مردود عملية التحويل الطاقي للجسم 2 ؟

3- ما هي بالحرية ، كمية الحرارة التي يتلقاها الوسط الخارجي ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الدرس الـ 2

العَمَل والاستِطاعة الميكانيكيّة

1 . عمل قوة ثابتة

1-1 كيف تعمل القوة ؟

لاحظ الأشكال الثلاثة التالية

في الشكل -1

يطبق شخص قوة دفع $\vec{F}$ على سيارة متوقفة بغية نقلها من النقطة A إلى النقطة B على مسار مستقيم ، بحيث يكون حامل القوة $\vec{F}$ موازيا للطريق و جهتها من A نحو B .



(شكل-1)

في الشكل -2

يطبق الشخص نفس القوة على السيارة من اجل نفس الهدف بحيث يكون حامل القوة يصنع زاوية معينة ($\alpha (90°$) مع الطريق .



(شكل-2)

في الشكل -3

يطبق نفس الشخص نفس القوة من اجل نفس الهدف ، ولكن هذه المرة يكون حامل القوة عموديا على الطريق



(شكل-3)

- هل ينجح هذه المرة في نقل السيارة ؟
- ما هو تأثير القوة على السيارة في كل حالة وفي أية حالة يحقق هذا الشخص مبتغاه بسهولة ؟ و ما هي الشروط التي تجعل القوة التي يبذلها الشخص تقوم بعمل ما ؟ ما هو تأثير الزاوية α ؟

التحليل و الاستنتاج

عندما ينقل الشخص المذكور قوة عضلية $\vec{F}$ لتحريك السيارة مسافة معينة AB فان القوة المبذولة تقوم بعمل ميكانيكي عندما تنتقل نقطة تأثيرها بانتقال السيارة المدفوعة

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- ففي الشكل -1

لا يجد الشخص المذكور صعوبة كبيرة في دفع السيارة من النقطة A نحو النقطة B.

و تكون الزاوية بين حامل القوة $\vec{F}$ و الطريق هي $\alpha=0$.

- و في الشكل -2

يجد هذا الشخص صعوبة شديدة في القيام بنفس العمل السابق و قد يزيد من شدة القوة الدافعة ، لان حامل القوة لا يكون موازيا للطريق .

- و في الشكل -3

يستحيل القيام بهذا العمل ، لان القوة المؤثرة على السيارة تكون عمودية على الطريق وهذا مهما زدنا من شدة القوة الدافعة و حتى لو استعنا بعشرات الأشخاص .

كما يمكننا أن نلاحظ ما يلي

- في الشكل -1

تكون الزاوية $\alpha=0$ و يكون العمل منجزا على أحسن وجه ($Cos\alpha=1$) .

- في الشكل -2

تكون الزاوية ($0\langle\alpha\langle\frac{\pi}{2}$) و يكون العمل منجزا و لكن بفعالية اقل ($Cos\alpha\langle 1$) .

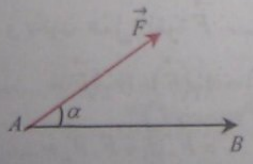
- في الشكل -3

تكون الزاوية $\alpha=\frac{\pi}{2}$ و يكون العمل معدوما ($Cos\alpha=0$)

نتيجة

- يتعلق عمل قوة ثابتة بشدة هذه القوة و بطول المسار و بوضعية حامل القوة نفسها .
- لا تقوم القوة باي عمل ميكانيكي اذا كان حاملها عموديا على الانتقال .
- يتناسب عمل القوة الثابتة مع جيب تمام الزاوية ($Cos\alpha$) المحصورة بين حامل القوة والطريق .

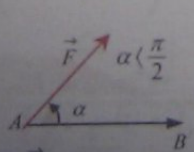
1-2 عمل قوة على مسار مستقيم



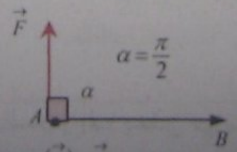
اعتمادا على النتائج السابقة ، يمكننا تعريف عمل القوة الثابتة $\vec{F}$ عندما تنتقل نقطة تأثيرها من A نحو B انتقالا مستقيما ، بالجداء السلمي لشعاع القوة في شعاع الانتقال $W_{AB}(\vec{F})=\vec{F}.\vec{AB}=F.AB.Cos\alpha$

يقاس العمل بوحدة الجول (j)

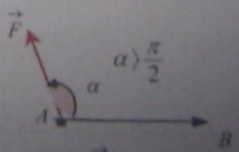
بتطبيق علاقة عمل قوة ثابتة يمكننا استنتاج ما يلي



عمل موجب $W_{AB}(\vec{F})\rangle 0$



عمل معدوم $W_{AB}(\vec{F})=\vec{0}$

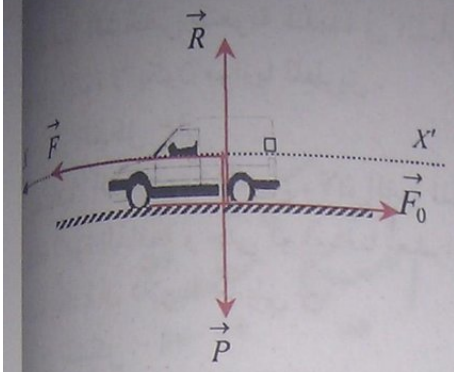


عمل سالب $W_{AB}(\vec{F})\langle 0$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نتيجة

- العمل مقدار جبري يمكن أن يكون موجبا أو سالبا أو معدوما



مثال

ان القوى المؤثرة على حركة سيارة تسير طريق مستقيم هي

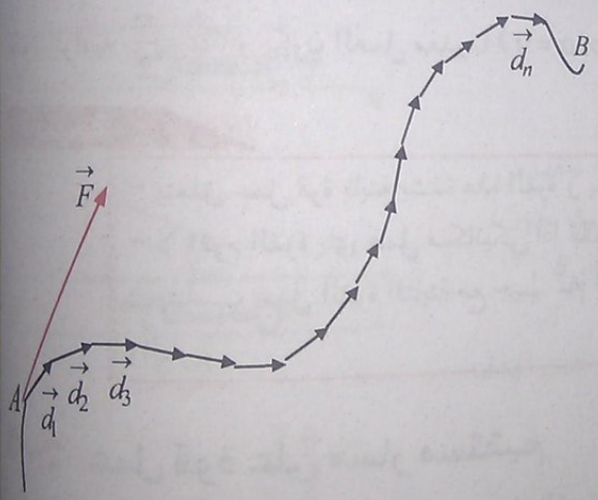
- قوة الدفع $\vec{F}$ (حاملها موازي للانتقال)

و عملها محرك أعظمي $W(\vec{F})=F.d$

- قوة المقاومات $\vec{F}_0$ الممثلة في الاحتكاكات عادة وهي موازية للطريق و بعكس جهة الانتقال، عملها سالب فهو مقاوم $W(\vec{F}_0)=-F_0.d$

- رد فعل وثقل السيارة وعمل كل منهما يكون معدوما $W(\vec{R})=W(\vec{P})=0$

1- 3 هل يتعلق عمل القوة بالمسار ؟



نعتبر مسارا كيفيا كما في الشكل ينتقل عليه جسم خاضع لتأثير قوة ثابتة $\vec{F}$.

إن هذا المسار ليس بمستقيم فلا يمكن إذن تطبيق علاقة العمل السابقة .

و من اجل إمكانية تطبيقها فإننا نجزئ المسار المنحنى إلى قطع مستقيمة صغيرة متجاورة تدعى بالانتقالات العنصرية

$\vec{d}_1$ ، $\vec{d}_2$ ، $\vec{d}_3$ ....

بحيث يكون $\vec{AB}=\vec{d}_1+\vec{d}_2+.....$

و يكون عمل القوة $\vec{F}$ مساويا لمجموع الأعمال العنصرية الموافقة لهذه الانتقالات

$$W_{AB}(\vec{F})=W_1(\vec{F})+W_2(\vec{F})+.....$$
$$=\vec{F}.\vec{d}_1+F.\vec{d}_2+.....$$
$$=\vec{F}\left(\vec{d}_1+\vec{d}_2+.....\right)=\vec{F}.\vec{AB}$$

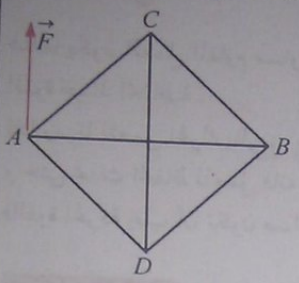
نتيجة

- لا يتعلق عمل القوة الثابتة بالمسار و إنما يتعلق بمواضع الانتقال الابتدائية و النهائية لنقطة تأثير هذه القوة .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمرين تدريبي

تنتقل نقطة مادية تحت تاثير قوة ثابتة $\vec{F}$ على محيط دائرة نصف قطرها r



1- اعط عبارة عمل هذه القوة عندما تنتقل من النقطة A نحو النقطة B ثم من B نحو A . ما هو العمل الكلي أثناء هذا الانتقل ؟

2- هل يتغير عمل هذه القوة أثناء انتقالها من النقطة A و حتى عودتها لها إذا تم الانتقال على المعين $ACBD$ ؟

الحل

1- الانتقل على محيط الدائرة

$$W_{AB}(\vec{F})=\vec{F}.\vec{AB}$$

$$W_{BA}(\vec{F})=\vec{F}.\vec{BA}=-\vec{F}.\vec{AB}$$

$$W_{AA}(\vec{F})=W_{AB}(\vec{F})+W_{BA}(\vec{F})=0$$

2- الانتقل على محيط المعين $ACBD$

$$W_{AC}(\vec{F})=\vec{F}.\vec{AC}$$

$$W_{CB}(\vec{F})=\vec{F}.\vec{CB}$$

$$W_{BC}(\vec{F})=\vec{F}.\vec{BD}$$

$$W_{DA}(\vec{F})=\vec{F}.\vec{DA}$$

$$W_{AA}(\vec{F})=\vec{F}.\left(\vec{AC}+\vec{CB}+\vec{BD}+\vec{DA}\right)=\vec{F}\,\vec{AA}=\vec{F}.\vec{0}=\vec{0}$$

نلاحظ أن عمل القوة الثابتة على مسار مغلق يكون معدوما .

1 -4 متى يكون العمل محركا ومتى يكون مقاوما ؟

لتحريك سيارة من نقطة A نحو نقطة B على مسار مستقيم فان محركها يبذل قوة أفقية دافعة $\vec{F}$ تكون في الاتجاه الموجب للحركة (من X' نحو X) . شكل -1



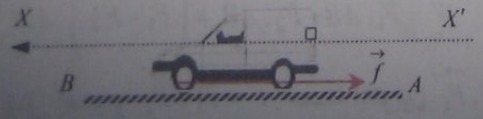
شكل-❶

ويكون عملها خلال هذا الانتقال موجبا و قيمته

$$W_{AB}(\vec{F})=\vec{F}.\vec{AB}=F.AB$$

و يدعى هذا العمل بالعمل المحرك .

و إذا افترضنا أن محرك هذه السيارة يتوقف لحظة مرورها من النقطة A فان حركتها تتباطأ تحت تأثير قوة الاحتكاك $\vec{f}$ المعاكسة لها و تتوقف تماما عند النقطة B (شكل -2) .



شكل-❷

يكون عمل هذه القوة سالبا و مقاوما

$$W_{AB}(\vec{f})=-\vec{f}.\vec{AB}=-f.AB$$ و يدعى هذا العمل بالعمل المقاوم.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نتيجة

- يكون العمل الموجب محركا في حين أن العمل السالب يكون مقاوما

حفظ العمل

عندما يكون العمل المقاوم مساويا للعمل المحرك بالقيمة المطلقة ، نقول أن هناك انحفاظ للعمل و تسمى القوة حينئذ انحفاظية .

فإذا رمزنا للعمل المحرك بالرمز W_M و للعمل المقاوم بالرمز W_R فانه يكون $|W_R|=W_M$

و حتى يحدث انحفاظ للعمل فانه يكون $|W_R|=W_M$ وهذا يعني أن $\vec{F}_M+\vec{F}_R=\vec{0}$

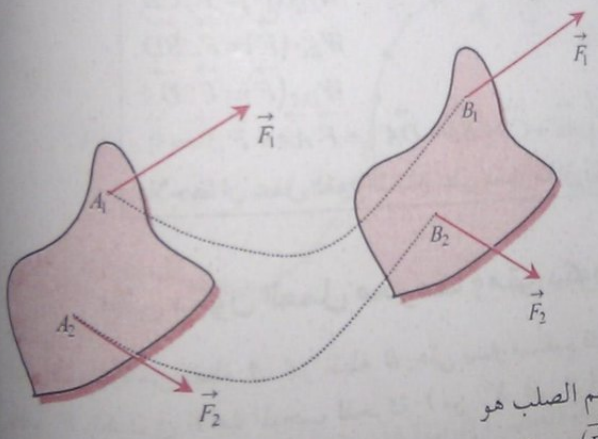
فالقوة المحركة يجب أن تكون مساوية تماما في الشدة للقوة المعيقة للحركة ، فمبدأ العطالة محقق .

نتيجة

- حتى يكون العمل محفوظا يجب ان تكون الجملة في حالة عطالة .
أي في حالة حركة مستقيمة منتظمة وتكون القوى المؤثرة انحفاظية .

1 -5 عمل مجموعة من القوى الثابتة

لإيجاد عمل مجموعة من القوى لذى تأثيرها على جسم صلب يتحرك بحركة انسحابية ، فإننا نأخذ أولا الحالة البسيطة التي يخضع فيها الجسم لقوتين فقط هما $\vec{F}_1, \vec{F}_2$



- إذا كانت نقطة تأثير القوة الأولى هي A_1 التي تنتقل خلال مسار معين إلى النقطة B_1 .

- و نقطة تأثير القوة الثانية هي A_2 التي تنتقل خلال نفس المسار إلى النقطة B_2 . يكون

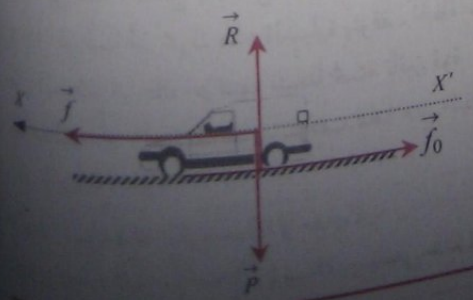
عمل القوتين $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ المؤثرتين على الجسم الصلب هو

$$W=W_{A1B1}(\vec{F})+W_{A2B2}(\vec{F})=\vec{F}_1.\vec{A_1B_1}+\vec{F}_2.\vec{A_2B_2}$$

و حيث أن الجسم الصلب عبارة عن جملة مادية متماسكة تقوم فيها جميع النقاط بنفس الحركة الانسحابية فانه يكون $\vec{A_1B_1}=\vec{A_2B_2}=\vec{AB}$

نحصل على ما يلي

$$W=\vec{F}_1.\vec{AB}+\vec{F}_2.\vec{AB}=\left(\vec{F}_1+\vec{F}_2\right).\vec{AB}$$



يمثل المجموع $\vec{F}=\vec{F}_1+\vec{F}_2$ محصلة القوتين $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ فيكون $W=\vec{F}.\vec{AB}$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

مثال

تتزن السيارة اثناء حركتها المستقيمة المنتظمة تحت تاثير اربعة قوى هي
- القوة المحركة $\vec{f}$ التي يطبقها المحرك على السيارة
- القوة المعيقة للحركة $\vec{f}_0$ و رد الفعل الناظمي $\vec{R}$ للطريق على السيارة .

فاذا كانت $\vec{F}$ هي محصلة هذه القوى فانه يكون $\vec{F}=\vec{f}+\vec{f}_0+\vec{P}+\vec{R}_N=\vec{0}$
لان الحركة مستقيمة منتظمة حسب مبدأ العطالة ، و يكون $W(\vec{F})=0$ ومنه نجد
$$W(\vec{f})+W(\vec{f}_0)+W(\vec{P})+W(\vec{R}_N)=0$$
فالعمل يكون محفوظا في هذه الجملة .

تعميم

عندما يخضع الجسم الصلب لمجموعة من القوى $\vec{F}_1, \vec{F}_2, \vec{F}_3, \ldots$ و تكون محصلة هذه القوى فانه يكون $\vec{F}=\vec{F}_1+\vec{F}_2+\vec{F}_3+\ldots$
$$W(\vec{F})=W(\vec{F}_1)+W(\vec{F}_2)+W(\vec{F}_3)+\ldots$$

نتيجة

- ان المجموع الجبري لاعمال كل القوى المؤثرة على جسم صلب يتحرك حركة انسحابية يكون مساويا لعمل محصلة هذه القوى .

ملاحظة

عندما تكون حركة الجسم الصلب مستقيمة منتظمة فان المجموع الجبري لاعمال كل القوى المؤثرة عليه يكون معدوما ، لان الجسم يكون في حالة عطالة $\sum\vec{F}_i=\vec{0}$

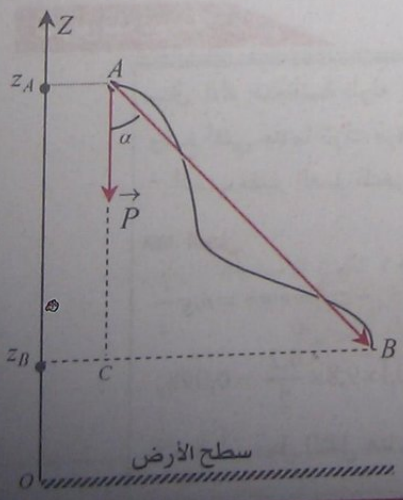
2 ـ عمل الثقل

2 -1 هل يتعلق عمل الثقل بالانتقال ؟

نعتبر جسما يسقط تحت تأثير ثقله سقوطا حرا نحو سطح الأرض متبعا مسارا كيفيا من A نحو B .

نختار محور (OZ) مبدؤه مرتبط بسطح الأرض.و لتكن Z_A, Z_B فاصلتا النقطتين A ، B على الترتيب على هذا المحور .

يكون عمل الثقل أثناء هذا الانتقل هو كما يلي
$$W_{AB}(\vec{P})=\vec{P}.\vec{AB}=P.AB.Cos\alpha \quad .....(1)$$
حيث α الزاوية التي يصنعها الثقل $\vec{P}$ مع شعاع الانتقل $\vec{AB}$.



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

في المثلث القائم ACB يكون $Cos\alpha = \frac{AC}{AB} \longrightarrow AC = AB.Cos\alpha$

بالتعويض في العلاقة (1) نجد $W_{AB}(\vec{P}) = P.AC$

وبأخذ الارتفاع $AC = h = z_A - z_B$ نجد $W_{AB}(\vec{P}) = P.(z_A - z_B) = mgh$

نتيجة

- لا يتعلق عمل الثقل بالمسار المتبع و إنما يتعلق فقط بالحالة الابتدائية و النهائية، أي بالارتفاع.

2-2 متى يكون عمل الثقل محركا ومتى يكون مقاوما؟

- حتى يكون عمل الثقل محركا فانه يكون حسب النتيجة السابقة

$W_{AB}(\vec{P}) \rangle 0$. وهذا يعني أن $P.(z_A - z_B) \rangle 0$

وحيث أن $P \rangle 0$ دوما فانه يكون

$z_A - z_B \rangle 0$ ، وهذا يعني أن $z_A \rangle z_B$

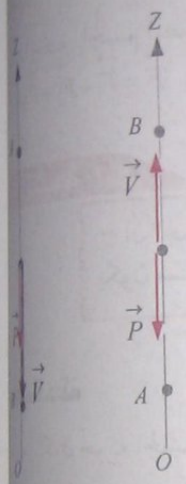
فالجسم ينزل نحو الأسفل من نقطة عليا نحو نقطة دنيا كما في الشكل-1.

- حتى يكون عمل الثقل مقاوما فانه يكون

$W_{AB}(\vec{P}) \langle 0$. وهذا يعني أن $P.(z_A - z_B) \langle 0$ فيكون $z_A \langle z_B$

فالجسم يرتفع نحو الأعلى من نقطة دنيا (A) نحو نقطة عليا (B).

(شكل -2)



شكل-❷

شكل-❶

نتيجة

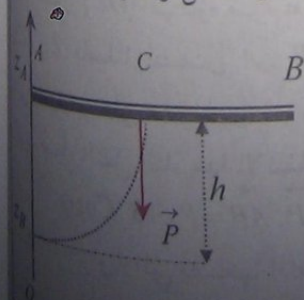
- يكون عمل الثقل محركا عندما يتناقص الارتفاع و يكون مقاوما في الحالة المعاكسة.

تمرين تدريبي-١

ساق AB متجانسة طوله $l = 20\,Cm$ ، كتلتها $m = 100\,g$ مثبتة من طرفها (A) في وضع أفقي عندما تترك حرة تنزل تحت تأثير ثقلها دائرة حول محور مار من طرفها (A).

- احسب مقدار العمل المنجز من طرف الثقل عندما يمر مركز الساق C من وضعية الشاقول.

الحل



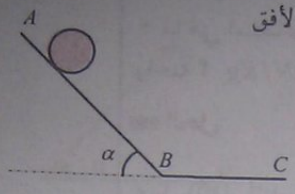
$$W(\vec{P}) = P(z_A - z_B) = mgh = mg\frac{l}{2}$$

$$= 0,1 \times 9,8 \times \frac{0,2}{2} = 0,098j$$

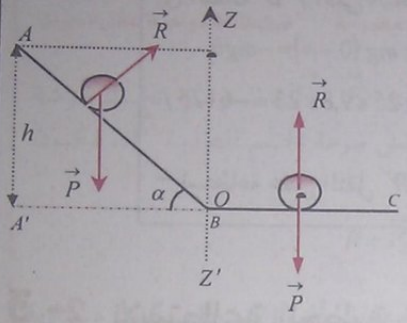
نلاحظ أن عمل الثقل هنا يكون محركا لان $z_A \rangle z_B$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمرين تدريبي 2



يتكون مسار من جزء مستقيم AB طوله $4\,m$ يميل على الأفق بزاوية $\alpha = 30°$ ثم يصبح أفقيا BC له نفس الطول .
من النقطة A نترك كرية صغيرة نقطية كتلتها $100\,g$ لتنزل تحت تأثير ثقلها بدون احتكاك .
- مثل القوى المؤثرة على الكرية أثناء حركتها ثم احسب عمل ثقلها خلال الجزء AB ثم الجزء BC من هدا الانتقال.
- هل يقوم رد فعل المسار على الكرية بعمل أثناء الانتقال المذكور ؟ تؤخذ $g = 9{,}8N/Kg$



الحل

القوى المؤثرة على الكرية هي
- ثقلها $\vec{P}$ و قوة رد فعل المسار عليها $\vec{R}$ العمودي على الانتقال.

باعتبار المحور ($Z'Z$) الذي مبدؤه النقطة (O)
نهاية الجزء المائل من المسار نحصل على ما يلي عمل الثقل على الجزء AB هو
$$W_{AB}(\vec{P}) = P.(Z_A - Z_B) = mgh$$
في المثلث $A'AB$ يكون $Sin\alpha = \frac{AA'}{AO} = \frac{h}{AO}$ و منه نجد $h = AO.Sin\alpha$

بالتعويض نجد $W_{AB}(\vec{P}) = mgAO.Sin\alpha = 0{,}100 \times 9{,}8 \times 4 \times 0{,}5 = 1{,}96\,j$
عمل الثقل على الجزء BC يكون معدوما لأنه لا يوجد تغير في الارتفاع أثناء الانتقال $W_{BC}(\vec{P}) = P.(Z_B - Z_C) = P \times 0 = 0$ لا يقوم رد فعل المسار بأي عمل أثناء الانتقالين المذكورين لان القوة عمودية على الانتقال $(Cos\alpha = 0)$

3 . استطاعة عمل ميكانيكي

3-1 الاستطاعة الميكانيكية المتوسطة

عندما تقوم القوة $\vec{F}$ بعمل ميكانيكي بين اللحظتين t ، $t+\Delta t$ تكون الاستطاعة الميكانيكية المتوسطة بين اللحظتين المذكورتين معطاة بالعلاقة التالية $P_m = \frac{W(\vec{F})}{\Delta t}$
وحدة الاستطاعة هي الواط[1] (W).

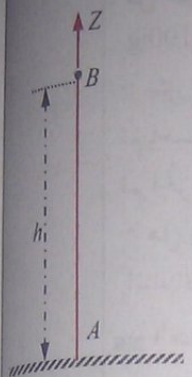
[1] - هناك وحدة اخرى لقياس الاستطاعة الميكانيكية هي الحصان البخاري (CV) بحيث يكون: $1CV = 736W$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمرين تدريبي

يتسلق قرد كتلته $25\,Kg$ نخلة ارتفاعها $25\,m$

- ما هي استطاعة عمل ثقل هذا القرد إذا استطاع الوصول إلى أعلى النخلة خلال دقيقة واحدة ؟ $g=9{,}80N/Kg$



الحل

عمل الثقل أثناء الانتقال من النقطة A (على سطح الأرض) إلى النقطة B (أعلى النخلة)

$$W_{AB}(\vec{P})=P.(Z_A-Z_B)=mg.(0-h)=-mgh$$

$$=25\times9{,}8\times25=-6125j$$

- استطاعة عمل الثقل $P_m=\dfrac{W(\vec{P})}{\Delta t}=\dfrac{-6125}{60}=-102{,}08W$

3 - 2 الاستطاعة اللحظية

في علاقة استطاعة العمل الميكانيكي المتوسطة $P_m=\dfrac{W}{\Delta t}$

عندما يكون المجال الزمني Δt قصيرا جدا (أي $\Delta t\longrightarrow 0$) فان هذه الاستطاعة تنتهي نحو قيمة ثابتة تدعى الاستطاعة اللحظية ، هي مشتق العمل بالنسبة للزمن

$$P=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{W}{\Delta t}=\frac{\delta W}{\delta t}=\frac{\delta\left(\vec{F}.\vec{d}\right)}{\delta t}=\vec{F}.\frac{\vec{\delta l}}{\delta t}$$

يمثل المقدار $\dfrac{\vec{\delta d}}{dt}$ شعاع السرعة اللحظية ، فيكون $p=\vec{F}.\vec{V}$

فالاستطاعة اللحظية هي الجداء السلمي لشعاع القوة و شعاع السرعة فيكون $P=F.V.Cos\alpha$

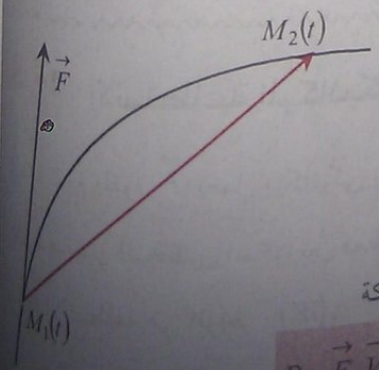
يمكن التوصل إلى علاقة الاستطاعة اللحظية بالطريقة التالية

عندما تنتقل نقطة تأثير القوة $\vec{F}$ من الوضع M_1

إلى الوضع M_2 خلال مجال زمني قصير $\Delta t=t_2-t_1$

تكون الاستطاعة الميكانيكية المتوسطة المبذولة هي

$$p=\frac{W(\vec{F})}{\Delta t}=\vec{F}.\frac{\vec{M_1M_2}}{t_2-t_1}$$

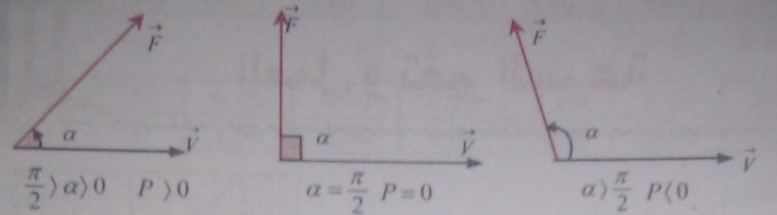


فإذا كان هذا المجال الزمني صغيرا كفاية فان السرعة الوسطى للحركة تكون مساوية للسرعة اللحظية لها وتكون لدينا العلاقة التالية $P=\vec{F}.\vec{V}$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نتيجة

- إن الاستطاعة اللحظية لاية قوة هي مقدار جبري يكون موجبا أو سالبا أو معدوما



$\frac{\pi}{2} \rangle \alpha \rangle 0 \quad P \rangle 0$ — استطاعة موجبة عمل محرك

$\alpha = \frac{\pi}{2} \quad P = 0$ — عمل معدوم استطاعة معدومة

$\alpha \rangle \frac{\pi}{2} \quad P \langle 0$ — استطاعة سالبة عمل مقاوم

- عندما يخضع الجسم الصلب لمجموعة من القوى $\vec{F_1}, \vec{F_2}, \ldots\ldots$ وهو يتحرك بحركة انسحابية فان نقاط تطبيق هذه القوى يكون لها نفس سرعة الجسم الصلب $\vec{V}$ ، فيكون المجموع الجبري لاستطاعات هذه القوى هو

$$P = \vec{F_1}.\vec{V} + \vec{F_2}.\vec{V_2} + \ldots\ldots = \left(\vec{F_1} + \vec{F_2} + \ldots\right)\vec{V} = \vec{F}.\vec{V}$$

فمجموع استطاعات القوى المؤثرة على الجسم الصلب أثناء انسحابه يكون مساويا لاستطاعة محصلة هذه القوى .

خلاصة الدرس

1- تقوم القوة بعمل ميكانيكي عندما تنتقل نقطة تأثيرها بشكل غير عمودي على المسار .

2- تعطى عبارة قوة ثابتة تنتقل على مسار مستقيم بالعلاقة $W_{AB}(\vec{F}) = F.AB.Cos\alpha$

3- لا يتعلق عمل القوة بالمسار و إنما يتعلق بشعاع الانتقال .

4- يكون عمل قوة محركا إذا كان موجبا . و يكون مقاوما إذا كان سالبا

5- يكون المجموع الجبري لأعمال القوى المؤثرة على جسم صلب في حالة حركة انسحابية ، مساويا لعمل محصلة القوى . و ينطبق هذا تماما على استطاعة هذه القوى .

6- لا يتعلق عمل الثقل إلا بالحالة الابتدائية و النهائية ، و يعطى بالعبارة $W_{AB}(\vec{P}) = P(Z_A - Z_B)$.

7- يكون عمل الثقل محركا عندما ينزل الجسم نحو الأسفل $(Z_A \rangle Z_B)$ ويكون مقاوما في الحالة المعاكسة $(Z_A \langle Z_B)$

8- تعطى استطاعة العمل الميكانيكي لقوة كما يلي

- الاستطاعة المتوسطة $P_m = \frac{W(\vec{F})}{\Delta t}$

- الاستطاعة اللحظية $P = \vec{F}.\vec{V} = F.V.Cos$

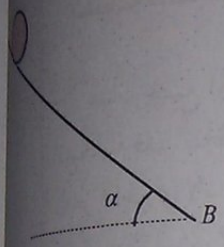
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاطات مخبرية



العمل و تغير السرعة

تجربة



فوق مستوى مائل AB يميل على الأفق بزاوية $\alpha = 30°$ نترك كرية معدنية صغيرة كتلتها $m = 200\,g$ لتنزلق نحو الأسفل تحت تأثير ثقلها بدون احتكاك .

يسمح جهاز مناسب بإعطاء فواصلها x على حامل الحركة خلال فواصل زمنية متساوية و متتابعة قدرها $\theta = 0{,}20\,s$ حسب الجدول التالي

$t(s)$	0	0,20	0,40	1,60	0,80	1,00	1,20	,40
$x(m)$	0	0,10	0,40	0,90	1,60	2,50	3,60	,90
$v(m/s)$	0							

1- ما طبيعة حركة الكرية ؟ علل .

2- بين كيف تحسب السرعة اللحظية للحركة في لحظة معينة ثم أكمل الجدول .

3- ارسم الخط البياني للدالة $v^2 = f(x)$

- ماذا تستنتج ؟ احسب الميل البياني .

4- بين برسم القوى المؤثرة على الكرية أثناء حركتها ثم أوجد عبارة عمل هذه القوى (W) بدلالة الفاصلة x عند نقطة معينة.

- ما نوع الدالة $W = f(x)$ ؟

5- عبر باستعمال النتائج السابقة عن الدالة $W = f(v^2)$.

- ما نوع بيان هذه الدالة ؟

6- أوجد من اجل المسافة $x = 0{,}10\,m$ عمل قوة الثقل باستعمال طريقتين مختلفتين .

تحليل التجربة

1- تخضع الكرية أثناء حركتها لمجموعة قوى تكون محصلتها ثابتة فتأخذ حركة مستقيمة متسارعة بانتظام.

2- في الحركة المستقيمة المتغيرة بانتظام تكون السرعة الوسطى للحركة بين طرفي مجال زمني معين مساوية للسرعة اللحظية في منتصف هذا المجال . ومن اجل ذلك فإننا نحصل على القياسات التالية

- عند الفاصلة $0{,}10\,m$

$$v_1 = v_m(0\,,\,0{,}40\,s) = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{0{,}40-0}{0.4-0} = 1\,m/s$$

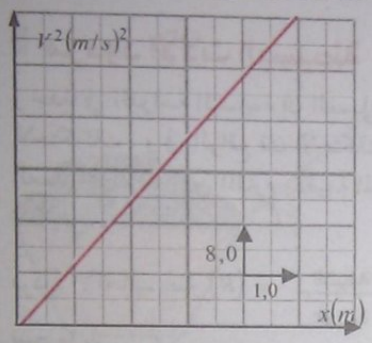
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

و هكذا يمكننا الحصول على ما يلي

$t(s)$	0	0,20	0,40	1,60	0,80	1,00	1,20	1,40
$x(m)$	0	0,10	0,40	0,90	1,60	2,50	3,60	4,90
$v(m/s)$	0	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	6,00	7,00

3- رسم بيان الدالة $v^2 = f(x)$

$x(m)$	0	0,10	0,40	0,90	1,60	2,50	3,60	4,90
$v^2(m/s)^2$	0	1,00	4,00	9,00	16,00	25,00	36,00	49,00



- بأخذ مقياس الرسم

$1,0\,m$ ⟵ الوحدة أفقيا ، $8\,(m/s)^2$ ⟵ الوحدة شاقوليا

نحصل على البيان المرفق.

الاستنتاج

البيان $v^2 = f(x)$ عبارة عن خط مستقيم معادلته من الشكل $v^2 = a\,x$ و ميله $a = \dfrac{v^2}{x} = Const$

فمربع السرعة يتناسب مع المسافة المقطوعة ميل المستقيم $a = \dfrac{\Delta v^2}{\Delta x} = \dfrac{49-0}{4,9-0} = 10$

وعليه تكون معادلة البيان هي $v^2 = 10\,x$

4- القوى المؤثرة على الكرية هي :

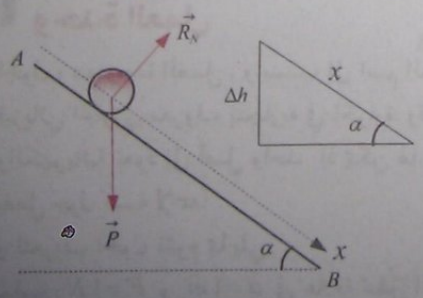
ثقلها $\vec{P} = m\vec{g}$ ورد فعل المستوى الناظمي $\vec{R_N}$

و يكون عمل هذه القوى أثناء الانتقال من النقطة A نحو نقطة كيفية M فاصلتها x

هو $W(\vec{F}) = W(\vec{P}) + W(\vec{R_N}) = P.\Delta h + 0 = mg\Delta h = mgx\,Sin\alpha = mg\,Sin\alpha\; x = a'\,x$

حيث $a' = mg\,Sin\,\alpha = 0,2\times 10\times 0,5 = 1$ فيكون $W = x$

فالعمل يتناسب مع المسافة المقطوعة .



و شكل الدالة $W = f(x)$ يكون خطا مستقيما يشمل المبدأ .

5- إيجاد الدالة $W = f(v^2)$

بيان الدالة $W = f(v^2)$ هو $v^2 = 10\,x$ .....(1)

- بيان الدالة $W = f(x)$ هو $W = x$ .....(2)

بقسم (1) على (2) طرفا لطرف نجد $\dfrac{v^2}{W} = 10$.

فيكون $W = 0,10\,V^2$.....(3) وبيان الدالة $W = f(v^2)$ عبارة عن خط مستقيم يشمل المبدأ

- فالعمل يتناسب مع مربع السرعة .

6- من اجل $x = 0,10\,m$ يكون حسب (2) $W = 0,10\,j$ ويكون حسب (3) $W = 0,10\,(1) = 0,10\,j$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



وثيقة دراسية

العمل و المردود

مردود الآلات البسيطة

و جدنا في الدراسة السابقة إن العمل يكون محفوظا في الآلات البسيطة و ذلك عندما أهملنا حي
الاحتكاكات . و في الواقع فان الاحتكاك مهما كان صغيرا فانه يبقى موجودا . و لذلك فانه لا بد أن يك
العمل المحرك أكبر من المقاوم بالقيمة المطلقة . و نميز الحالتين هنا بما يسمى بمردود الآلة البسيطة التي عر
كما يلي

$$\text{مردود الآلة البسيطة } (R) = \frac{\text{القيمة المطلقة للعمل المقاوم } W_R}{\text{القيمة المطلقة للعمل المحرك } W_m}$$

ينتج ما يلي

إذا كان $W_m = W_R$ فان $R = 1$. و تسمى الآلة حينئذ مثالية .

إذا كان $W_M \rangle W_R$ فان $R \langle 1$. و تسمى الآلة حينئذ حقيقية .

وحدة الاستطاعة

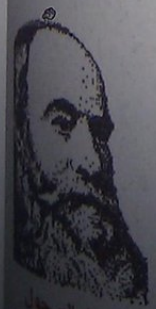


جيمس واط

إن وحدة الاستطاعة (الواط) مشتقة من اسم المهندس الاسكتلندي " جيمس وات " (1736 – 1819) أحد الذين ادخلوا " الحصان " وحدة قياس القوة .
كما سميت باسمه وحدة الطاقة الكهربائية المعروفة بالواط **(watt)**.
ومن أعظم أعماله تصميمه لمبدأ استعمال الآلة البخارية المزدوجة المفعول

وحدة العمل

الجول ، هو وحدة العمل . و ينسب إلى اسم العالم الفيزيائي (جيمس جول (1818-1889). وهو فيزيائي انجليزي معروف بتجاربه في الحرارة. وقد اكتشف أن الأشكال المختلفة للطاقة الحرارية والميكانيكية والكهربائية تعود إلى أصل واحد. إذ يمكن لها بسهولة الانتقال من شكل إلى آخر. و سمي هذا الاكتشاف بفعل جول نسبة لإسمه) .



العالم جول

و لتعريف الجول نقوم بما يلي

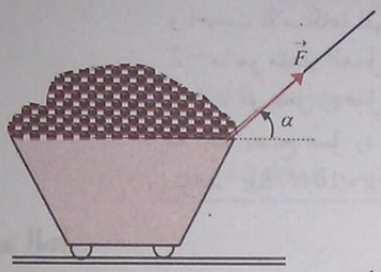
بوضع $F = 1N$ و $d = 1m$ في علاقة عمل القوة الثابتة $W(\vec{F}) = F.d$ نجد أن $1j = 1N \times 1m$

فالجول ، هو العمل المنجز من طرف قوة ثابتة شدتها 1 نيوتن عندما تنتقل نقطة تأثيرها مسافة متر واحد .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تطبيقات نموذجية

تطبيق 1



عربة صغيرة محملة بالفحم ، تجر على خط مستقيم بواسطة حبل يصنع زاوية $\alpha = 30°$ مع الأفق كما في الشكل و ذلك ببذل قوة $\vec{F}$ ثابتة شدتها $400N$.

1- ما هو العمل المبذول من طرف القوة $\vec{F}$ عندما تنتقل العربة مسافة $100\,m$

2- ما هي الاستطاعة المبذولة إذا كان زمن الانتقال هو $10\,s$ ؟

3- استنتج سرعة العربة إذا كانت الحركة منتظمة .

4- إذا تمت العملية بنفس الشروط السابقة مع $\alpha = 0$ ، اعد نفس الأسئلة .

الحل

1) عمل القوة

$$W(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{d} = F.d\,Cos\alpha = 400\times100\times\frac{\sqrt{3}}{2} = 3{,}46\times10^4\,j$$

2) استطاعة العمل

$$P = \frac{W}{t} = \frac{3{,}46\times10^4}{10} = 3{,}46\times10^3\,W = 3{,}464\,Kj$$

3) حسب العلاقة $P = \vec{F}.\vec{V} = F.V.Cos\alpha$

نجد أن $V = \dfrac{P}{F.Cos\alpha} = \dfrac{3{,}46\times10^3}{400\times\frac{\sqrt{3}}{2}} = 10\,m/s$

4) عندما $\alpha = 0$ ، $F = 400\,N$ ، $d = 100\,m$ ، $t = 10\,s$ يكون

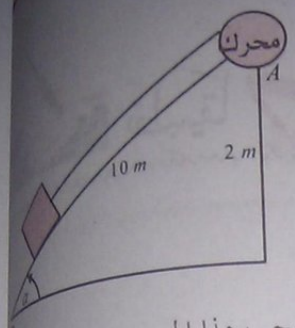
عمل أعظمي موجب $W(\vec{F}) = F.d = 400\times100 = 10^4\,j$

$$P = \frac{W}{t} = \frac{4\times10^4}{10} = 4\times10^3\,W$$

من العلاقة $W = F.V$ يكون $V = \dfrac{P}{F} = \dfrac{4\times10^3}{400} = 10\,m/s$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تطبيق 2



جسم صلب (S) كتلته $m=10\,Kg$ موجودة في أسفل مستو مائل طوله $10\,m$ يميل على الأفق بزاوية α و يرتفع عن سطح الأرض بـ $2\,m$ يرتبط الجسم (S) بحبل يوازي خط الميل الأعظم AB للمستوى المائل و يسحب بسرعة ثابتة قدرها $V=0,5\,m/s$.

1- احسب شدة القوة F التي يبذلها المحرك في سحب هذا الجسم و احسب الاستطاعة المبذولة .

2- ما هو مقدار العمل المقاوم أثناء هذا الانتقال ؟ ماذا تستنتج

3- ما هو عمل رد فعل المستوي على هذا الجسم أثناء الانتقال ؟

4- ماذا يصبح عمل رد فعل القوة $\vec{F}$ إذا كان الحبل المذكور يصنع الزاوية $\beta=30^0$

تؤخذ $g=10\,N/Kg$.

الحل

1) القوة المؤثرة على الجسم (S) أثناء صعود هي

- الثقل $\vec{P}=m.\vec{g}$

- توتر الحبل $\vec{T}$ الناشئ عن قوة الجر $\vec{F}$ و المتساويتان في الشدة .

- فعل المستوى $\vec{R}$ على الجسم و العمودي على خط الميل .

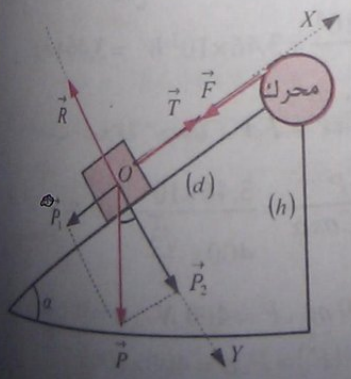
عندما يتحرك الجسم بسرعة ثابتة يكون الجسم (S) في حالة عطالة

$$\vec{T}+\vec{P}+\vec{R}=\vec{0}$$

يمكن إسقاط هذه العلاقة الشعاعية على محورين متعامدين احدهما (OX) مار من مركز الجسم O ويوازي خط الميل (حامل $\vec{F}$) و الأخر (OY) مار من O و عمودي على حامل $\vec{R}$ نجد

$$T-P_1=0 \quad .....(1)$$

$$P_2-R=0 \quad .....(2)$$



حيث $\vec{P_1}$, $\vec{P_2}$ هما مركبتا الثقل $\vec{P}$ على المحورين المذكورين .

و حيث أن زاوية الميل α تصبح هي الزاوية المحصورة بين حامل الثقل و المحور (OY) بالتناظر

حيث نجد في متوازي الأضلاع المتشكل ما يلي :

$$Sin\alpha=\frac{P_1}{P}\longrightarrow P_1=P\,Sin\alpha$$

$$Cos\alpha=\frac{P_2}{P}\longrightarrow P_2=P\,Cos\alpha$$

و بالتعويض في (1) و (2) ووضع $T=F$ نجد أخيرا

$$F-P\,Sin\alpha=0 \quad .....(3)$$

و

$$P\,Cos\alpha-R=0 \quad .....(4)$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

حيث من العلاقة (3) نجد $F = P\,Sin\alpha$

نحسب α من المثلث الكبير المشكل للمستوي المائل $Sin\alpha = \frac{h}{l}$ فيكون

$$F = P \times \frac{h}{l} = mg\frac{h}{l} = 10 \times 10\frac{2}{10} = 20N$$

حيث يكون $P = \frac{W}{t} = F \times \frac{l}{t} = F \times V = 20 \times 0{,}5 = 10\,W$

2) العمل المقاوم يتمثل في عمل الثقل فيكون

$$W(\vec{F_0}) = W(\vec{P}) = -mgh = -10 \times 10 \times 2 = -200\,j$$

وحيث أن العمل المحرك هو $W_M = W(\vec{F}) = F \times l = 20 \times 10 = 200\,j$

فنجد أن $W_M = |W_R|$ ويكون العمل محفوظا .

3) أن عمل $\vec{R}$ يكون معدوما أثناء الانتقل لان حامل $\vec{R}$ يكون عموديا على الانتقل (l)

أي أن $W(\vec{R}) = R.l\,Cos\alpha = 0 \quad (\alpha = 90°)$

و ليس بالضرورة أن يكون رد الفعل معدوم ، إذ يمكن حسابه من العلاقة (4)

$$R = P\,Cos\alpha$$

4) لتكن β الزاوية بين حامل $\vec{F}$ وبين الحبل

من شرط التوازن $\vec{T} + \vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$

نجد بالإسقاط على خط الميل الأعظم :

$$T\,Cos\beta - P\,Sin\alpha = 0 \ldots\ldots\ldots(1)$$

من (1) و بتبديل F بـ T نجد :

$$F = \frac{P\,Sin\alpha}{Cos\beta} = mg\frac{Sin\alpha}{Cos\beta}$$

حيث يكون $Sin\alpha = \frac{h}{l} = \frac{2}{10} = 0{,}2$

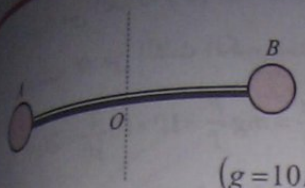
ومنه نجد $Cos\beta = Cos\,30° = \frac{\sqrt{3}}{2}$. وعليه يكون:

$$F = 10 \times 10 \times \frac{0{,}2}{\frac{\sqrt{3}}{2}} \approx 23\,N \quad \text{حيث نجد أخيرا} \quad W(\vec{F}) = F \times d\,Cos\beta = 23 \times 10 \times \frac{\sqrt{3}}{2} \cong 198\,j$$

تطبيق ❸

(A)،(B) ساق متجانسة طولها $l = 40\,Cm$ مهملة الكتلة . تثبت من منتصفها (O) بمسمار بحيث يمكنها الدوران بحرية و بدون احتكاك حول هذا المسمار . و يثبت في كل من طرفيها (A)،(B) كتلتان نقطيتان $m = 200\,g$ ، $m' = 100\,g$ على الترتيب ندير الساق (AB) حتى تصبح أفقية ، ثم نتركها حرة لحالها

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

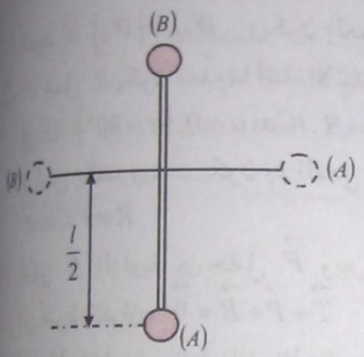


1 ـ احسب العمل المبذول من طرف ثقلي الكتلتين المذكورتين أثناء المرور من شاقول النقطة (O) و احسب مجموعهما الجبري.

2 ـ أعد نفس السؤال لو كانت $(g=10N/Kg)$ الساق تدور حور محورها من طرفها A.

الحل

1) عندما نترك الجملة حرة تنزل الكتلة الكبيرة (m) نحو الأسفل في حين تصعد الصغيرة (m') نحو الأعلى ارتفاعا قدره $h=\frac{l}{2}$ و يكون عمل ثقل الكتلة (m) هو



$W_1=P_1\,h=mg\frac{l}{2}$. و هو عمل محرك.

و يكون عمل ثقل (m') الكتلة هو

$W_2=m'g\times h=m'g\frac{l}{2}$ و هو عمل مقاوم.

$$W_1=0{,}2\times10\times\frac{0{,}4}{2}=0{,}4\ j$$

$$W_2=-0{,}1\times10\times0{,}2=-0{,}2\ j$$

المجموع الجبري للأعمال هو $W_1+W_1=0{,}4-0{,}2=0{,}2j$

2) عندما يكون محور الدوران (Δ) مارا من موضع الكتلة m (النقطة A) نحصل على ما يلي



- عمل ثقل الكتلة m معدوم

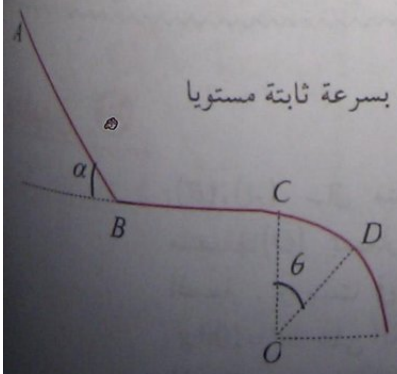
لان مركزها A لا يقوم بأي انتقال.

- عمل ثقل الكتلة m' هو

$W_2=P_2\,.\,h=m_2gh=m_2gl\ =0{,}1\times10\times0{,}4=0{,}4j$

و منه يكون $\sum W(\vec{P})=W_2=0{,}2\,j$

تطبيق 4



تبلغ كتلة سيارة مقدار $m=2000\ Kg$ تنزل بسرعة ثابتة مستويا مائلا AB ميله 10% و طوله $10\,m$ تحت تأثير قوة المكابح البالغة شدتها القيمة $F'=2000N$، ثم تبلغ مستويا أفقيا BC طوله $8\,m$ و تحافظ على سرعتها السابقة ببذل قوة دفع $\vec{F}$ ثم يكون المسار بعد ذلك ربع

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

دائرة مركزها O و نصف قطرها $R=5\,m$. أوجد :

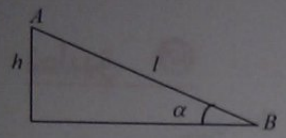
1- عمل الثقل أثناء الانتقال من النقطة A حتى D المعرفة بالزاوية

$\hat{COD}=\theta=60°$

2- عمل قوة المكابح $\vec{F'}$ على المستوي المائل AB .

3- عمل قوة الدفع $\vec{F}$ على الطريق الأفقي BC للتغلب على قوة الاحتكاك $\vec{F_0}=800N$ و التي أهملت سابقا . تؤخذ $g=9,8\,N/Kg$

الحل

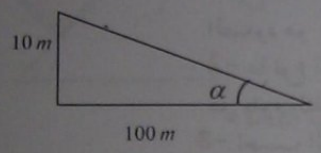


1) حساب عمل الثقل

$W(\vec{P})=P.h=mgh$

في الجزء AB تكون $Sin\alpha=\frac{h}{l}$ ومنه $h=l.Sin\alpha$ وتصبح $W(\vec{P})=mg.l\,Sin\alpha$

ميل المستوي المائل هو 10% أي انه إذا نزل المتحرك ارتفاعا قدره $h=10\,m$ كان الانتقال الأفقي $100\,m$. فيكون $Tan\alpha=\frac{h}{l}=\frac{10}{100}=0,10$



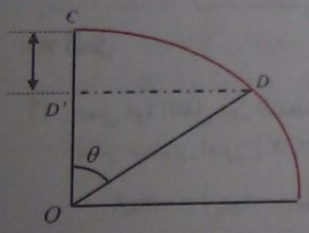
وحيث أن هذه الزاوية صغيرة فيكون

$Tan\alpha\cong Sin\alpha=0,10$ ينتج أخيرا أن

$W_1(\vec{P})=mgl\,Sin\alpha=2000\times9,8\times10\times0,10=19600\,j$

و في الجزء BC الأفقي يكون $W_2(\vec{P})=0$

لان $\vec{P}\perp\vec{l}$ و التغير في الارتفاع معدوم .



- و في الجزء $\overset{\frown}{CD}$ يكون $W_3(\vec{P})=mgh$ حيث

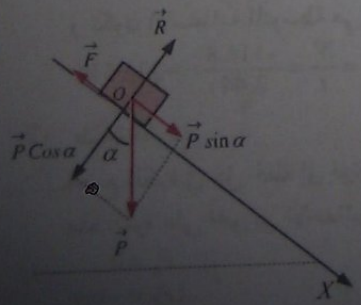
$h=CD'=R-R\,Cos\theta=R\,(1-Cos\theta)$

إذن $W(\vec{P})=mgR\,(1-Cos\theta)$

عدديا $W_3(\vec{P})=2000\times9,8\times5\,(1-Cos\,60°)=49000\,j$

2) عمل $\vec{F}$ على المستوي المائل

تخضع السيارة على المستوي المائل إلى تأثير ثقلها $\vec{P}$ و قوة المكابح $\vec{F'}$ المعيقة للحركة فإذا كانت السرعة ثابتة فالجملة تكون في حالة عطالة. و يكون $\vec{R}+\vec{P}+\vec{F'}=\vec{0}$



وبالإسقاط على المحور (OX) حامل الحركة نجد

$P\,Sin\alpha-F'=0$ ومنه $F'=mg\,Sin\alpha$

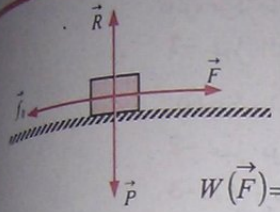
حيث يكون عمل هذه القوة مقاوما وقيمته :

$W(\vec{F'})=-mgl\,Sin\alpha=-2000\times9,8\times0,10\times10$

$=-19600\,j$

3) عمل قوة الدفع $\vec{F}$ على الجزء الأفقي BC

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



تخضع السيارة هنا إلى ثقلها $\vec{P}$ و رد فعل الطريق $\vec{R}$ و قوة الدفع $\vec{F}$ و الاحتكاك $\vec{F}_0$.

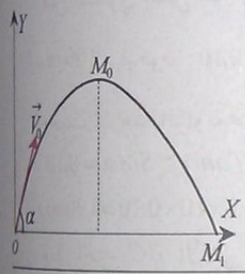
الجملة في حالة عطالة يكون $\vec{F}_0+\vec{P}+\vec{F}=\vec{0}$

وبالإسقاط يكون $F-F_0=0$

ومنه نجد $F=F_0=800N$. وعليه فان $W(\vec{F})=F.l=800\times8=6400j$

تطبيق 5

من نقطة (O) تقذف كرة كتلتها $200g$ بسرعة ابتدائية $V_0=40\,m/s$ بحيث يصنع شعاعها زاوية $\alpha=60°$ مع المحور (OX) تكون أعلى نقطة M_0 تبلغها الكرة موجودة على ارتفاع $h=58,4\,m$ من نقطة القذف .



1- احسب عمل الثقل بين النقطتين M_0, O .
ما نوع هذا العمل وما هي استطاعته إذا كان زمن الصعود هو $3,44\,s$

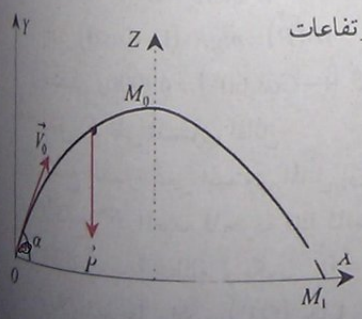
2- ما نوع الحركة على المحورين (OX)، (OY) ؟
هل يقوم الثقل بعمل على المحور (OX) ؟

3- احسب العمل الكلي بين النقطتين M_1, O بطريقتين مختلفتين .

الحل

1) عمل قوة الثقل بين النقطتين M_0, O

نعتبر مستوى المحور (OX) هو المستوى المرجعي لقياس الارتفاعات



$$W_{M_0O}(\vec{P})=P(z_O-z_{M_0})=-mgh$$
$$=-0,2\times10\times58,4=-116,8j$$

و هذا العمل يكون مقاوما .

و تكون الاستطاعة المتوسطة هي

$$P_m=\frac{W}{t}=\frac{-116,8}{3,44}=-33,95W$$

2) طبيعة الحركة

تخضع الكرة في كل لحظة إلى قوة وحيدة هي قوة جذب الأرض لها المتمثلة في ثقلها $\vec{P}$ و يعطي مسقط هذه القوة على المحورين الاحداثيين ما يلي :

$$\vec{P}\begin{cases}P_x=0\\P_y=-mg\end{cases}$$

و يكون $W_{OM_0}(\vec{P})=W(\vec{P_x})+W(\vec{P_y})=O-mgh$

فالثقل لا يقوم بأي عمل على المحور (OX) .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3) أثناء مرحلة الهبوط

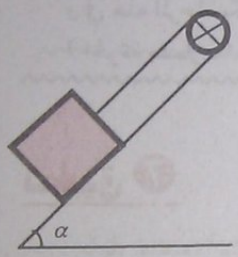
$W_{M_0M_1}(\vec{P}) = P.(z_{M_0} - z_{M_1}) = P.h = 116,8\ j$ وهنا يكون العمل محركا .

- حساب العمل الكلي $W_{OM_1}(\vec{P})$

- الطريقة الأولى $W_{OM_1}(\vec{P}) = W_{OM_0}(\vec{P}) + W_{M_0M_1}(\vec{P}) = -116,8 + 116,8 = O$

- الطريقة الثانية $W_{OM_1} = P.(z_O - z_{M_1}) = P.(O) = O$

تطبيق 6



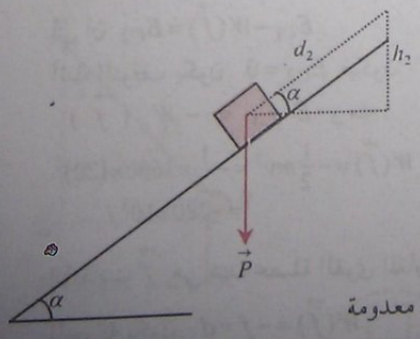
يدير محرك كهربائي بكرة يلتف على محيطها حبل مهمل الكتل بغية سحب جسم صلب كتلته $50\ Kg$ على مستوى مائل مسافة $AB = 20\ m$ يميل هذا المستوى على الأفق بزاوية α حيث $(Sin\alpha = 0,25)$. تتم الحركة كما يلي خلال الـ $10\ m$ الأولى تكون الحركة متسارعة بانتظام يكتسب الجسم في نهايتها سرعة $0,5\ m/s$ خلال 10 ثانية ثم يحافظ عليها لبقية المسافة .

1- ما هو زمن الحركة المنتظمة ؟

2- احسب عمل الثقل خلال هذه المرحلة ثم استنتج مقدار القوة $\vec{F}$ المبذولة من طرف المحرك في هذه المرحلة و احسب استطاعة عملها بطريقتين مختلفتين

3- احسب استطاعة عمل الثقل خلال المرحلة الأولى . هل يكون للقوة المحركة نفس الاستطاعة في هذه المرحلة؟

الحل



1) حساب زمن الحركة المنتظمة

$$t = \frac{d_2}{v} = \frac{10}{0,5} = 20\ s$$

2) عمل الثقل خلال المرحلة المنتظمة

$$W_{D_2}(\vec{P}) = -mgh_2 = -mgd_2\ Sin\alpha$$
$$= -50 \times 10 \times 10 \times 0,25 = -1250\ j$$

في المرحلة المنتظمة تكون محصلة القوى المؤثرة على الجسم معدومة لأنه في حالة عطالة (سرعة ثابتة) فيكون العمل محفوظا:

$W_{d_2}(\vec{F}) = \left| W_{d_2}(\vec{P}) \right| = 1250\ j$ اي ان $W_M = |W_R|$

وحسب العلاقة $W_{d_2}(\vec{F}) = F.d_2$ يكون $F = \frac{W_{d_2}(\vec{F})}{d_2} = \frac{1250}{10} = 125N$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

استطاعة عمل القوة $\vec{F}$

- الطريقة الأولى $P_m = \frac{W_{d_2}(\vec{F})}{t} = \frac{1250}{20} = 62,5\,W$
- الطريقة الثانية $P = F.V = 125 \times 0,5 = 62,5\,W$

3) حساب استطاعة عمل الثقل في المرحلة الأولى

يقوم الثقل خلال المرحلة الأولى بنفس عمل المرحلة الثانية لان الجسم يصعد نفس الارتفاع

$h_1 = h_2 \longrightarrow W_{d_1} = -1250\,j$

وتكون استطاعته $P = \frac{W_{d_1}(\vec{F})}{t_1} = \frac{-1250}{10} = -125\,W$

و في هذه المرحلة يكون لعمل القوة الجارة $\vec{F}$ استطاعة اكبر من عمل الثقل لان $\vec{F} \rangle \vec{P}$

(الحركة متسارعة).

تطبيق 7

تسير سيارة كتلتها $3600\,Kg$ على طريق أفقي بسرعة ثابتة قدرها $20\,m/s$. فجأة يتوقف المحرك عن الدوران فتتوقف السيارة بعد $1000\,m$ من تلك اللحظة .

1) احسب العمل المقاوم الذي سبب التوقف .

ثم استنتج شدة محصلة القوى المقاومة للحركة .

2) ارسم المخطط الطاقوي لهذه الجملة.

الحل

1) بتطبيق معادلة إنحفاظ الطاقة يكون

الطاقة الابتدائية + الطاقة المقدمة − الطاقة الضائعة = الطاقة الكلية

أي أن $E_{C1} - W(\vec{f}) = E_{C2}$

أثناء التوقف يكون $E_{C2} = 0$ فيكون:

$E_{C1} = -W(\vec{f})$ و منه :

$W(\vec{f}) = -\frac{1}{2}mv^2 = -\frac{1}{2} \times 3600 \times (20)^2$

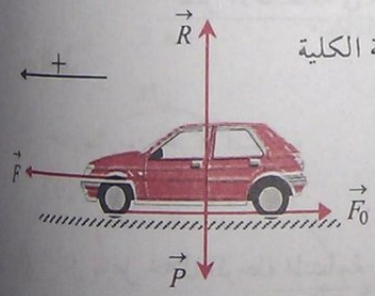
$= -720 \times 10^3\,j$

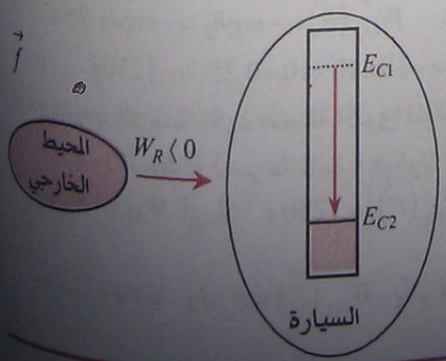
إذا كانت $\vec{f}$ هي شدة محصلة القوى المقاومة

للحركة يكون $W(\vec{f}) = -f \times d$

$f = -\frac{W(\vec{f})}{d} = \frac{720 \times 10^3}{10^3} = 720N$

- مخطط التحول الطاقوي لجملة حسب الشكل الجانبي .





قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

* **طريقة اخرى**

يمكن الاعتماد مباشرة على العلاقة الموجودة بين تغير

الطاقة الحركية للجملة والعمل الميكانيكي المبدول

$$E_{C2}-E_{C1}=\sum \vec{F}_{(ext)}$$

أثناء التوقف تنعدم السرعة و يكون العمل الوحيد أثناء هذه الفترة هو عمل القوى المقاومة W_R فيكون $0-E_{C1}=-W_R$

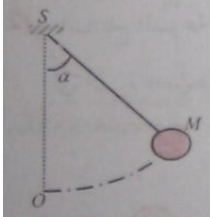
ومنه نجد $W_R=E_{C1}=\frac{1}{2}Mv^2=\frac{1}{2}\times 3600\times(20)^2=720\times10^3\,j$

وإذا كانت F_0 هي شدة محصلة القوى المقاومة فيكون عملها هو $|W_R|=F_0\times x$

ومنه نجد $F_0=\frac{|W_R|}{x}=\frac{720\times10^3}{10^3}=720N$

تطبيق 8

تحقق نواسا بسيطا باستعمال كرية صغيرة مربوطة بنهاية خيط عديم الامتطاط طوله $l=60\,Cm$ ، مثبت من أعلاه في نقطة ثابتة S .

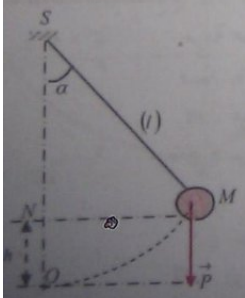


نزيح الكرية ابتداء من وضع توازنها الشاقولي O بزاوية $\alpha=60°$ ثم نتركها في اللحظة $t=0$ حرة لحالها دون أي سرعة ابتدائية

1- أوجد سرعة المرور من وضع التوازن .

2- ارسم المخطط الطاقوي لهذه الجملة .

الحل



ان التغير في الطاقة الحركية للجملة بين اللحظتين الموافقتين للوضعيتين O,M يكون:

$$E_{C2}-E_{C1}=W_{MO}(\vec{P})$$

ومنه يكون $\frac{1}{2}mV^2-0=mgh$. $V^2=2gh$

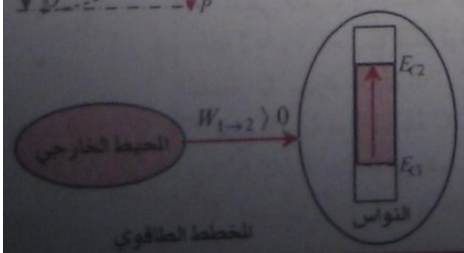
حيث نجد من الشكل

$$h=SO-SN=l-l\,Cos\alpha=l(1-Cos\alpha)$$

بالتعويض نحصل على العلاقة التالية:

ومنه نجد $V=\sqrt{2gl(1-Cos\alpha)}$

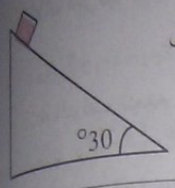
$$V=\sqrt{2\times10\times0,60(1-0,5)}=2,45\,m/s$$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تطبيق ⑨

من أعلى مستوى مائل يميل على الأفق بزاوية $\alpha = 30°$ نترك جسما كتلته $200\,g$ ليهبط تحت تأثير ثقله ابتداء من السكون نحو الأسفل.

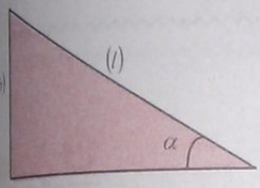


1 ـ ما هو التغير في الطاقة الحركية للجملة أثناء الوصول إلى الأسفل إذا كان طول المستوى المائل هو $l = 5\,m$ ؟

2 ـ استنتج سرعة الجسم أثناء الوصول إلى أسفل المستوى. $(g = 9{,}8\,N/Kg)$.

الحل

1) الاحتكاك و كافة القوى المقاومة مهملة فيكون بتطبيق مبدأ إنحفاظ الطاقة على الجملة (أرض – جسم) ما يلي



$$E_A = E_B \rightarrow E_{CA} + E_{PPA} = E_{CB}$$

$$E_{CB} - E_{CA} = \Delta E_C = E_{PPA}$$

حيث $E_{CA} = 0$ لأن الحركة تتم ابتداء من السكون فيكون

$$\Delta E_C = E_{PPA} = mgh$$

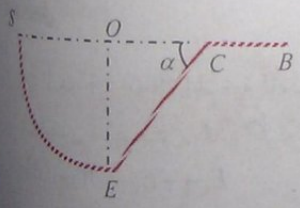
ولدينا $Sin\alpha = \frac{h}{l}$ فيكون $h = lSin\alpha$

$$\Delta E_C = mgl\,Sin\alpha = 0{,}2 \times 9{,}8 \times 5 \times 5{,}5 = 4{,}9j$$ حيث نجد

2) استنتاج السرعة $\Delta E_C = E_{C2} - E_{C1}$.

أي أن $E_{C2} - 0 = \frac{1}{2}mV^2$ ومنه يكون $V^2 = \frac{2\,\Delta E_C}{m}$. وعليه نجد $V = \sqrt{\frac{2 \times 4{,}9}{0{,}2}} = 7\,m/s$

تطبيق ⑩



عربة صغيرة كتلتها $m = 400\,g$ تتحرك في مسار يتكون من ثلاث أجزاء BC طوله $2\,m$ عبارة عن خط مستقيم أفقي.

CE مستقيم يميل على الأفق بزاوية $\alpha = 30°$.

ES عبارة عن ربع دائرة مركزها O و نصف قطرها $R = OE = 1\,m$.

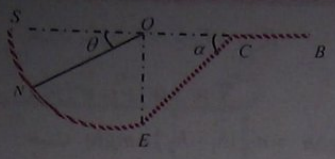
1 – تعطى للعربة في النقطة B ابتداء من السكون سرعة ابتدائية قدرها $V_0 = 2\,m/s$. احسب شلة قوة الاحتكاك المؤثرة على السيارة حتى تصل إلى النقطة C بسرعة معدومة.

2- تنزل العربة من النقطة C ابتداء من السكون.

α) إذا كان الاحتكاك في بقية المسار مهمل:

ا) احسب سرعة العربة عند النقطة E.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



ب) أوجد أعلى نقطة تبلغها العربة أثناء الصعود في الجزء ES من المسار

β) نعيد التجربة السابقة بترك العربة تنزل من النقطة C ابتداء من السكون

نلاحظ أنها تتوقف تماما في النقطة N المعرفة بالزاوية $\widehat{NOS}=\theta=30°$

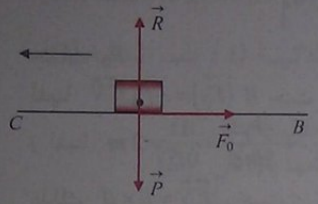
جـ) احسب عمل قوى الاحتكاك المؤثرة على العربة أثناء هذه الحركة، ثم استنتج القيمة المتوسطة لشدة محصلة القوى المقاومة. $(g=9,8N/Kg)$

الحل

1) التغير في الطاقة الحركية للجملة

$E_{C2}-E_{C1}=W_{BC}(\vec{F_0})$ فيكون $0-\frac{1}{2}MV^2=-F_0\overline{BC}$

ومنه $F_0=\frac{MV^2}{2BC}=\frac{0,4\times(2)^2}{2\times2}=0,4N$



2) α) الاحتكاكات مهملة

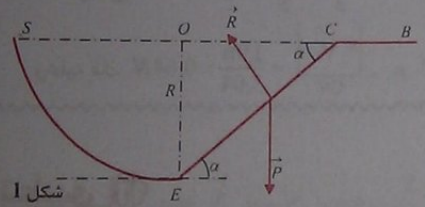
1) حساب V (شكل -1)

$E_{CE}-E_{CC}=W(\vec{P})$ ومنه يكون

$\frac{1}{2}MV_E^2-0=Mgh_1$ أي أن $V_E^2=2gh_1$

و حيث أن $h_1=OE=R$ يكون $V_E^2=2gh_1$

عدديا $V_E=\sqrt{2\times8\times9,8\times1}=4,43\,m/s$



شكل 1

ب) إيجاد الارتفاع h_2

لتكن q هي أقصى نقطة تبلغها العربة، ارتفاعها h_2 بالنسبة لأخفض نقطة (E).

$E_{Cq}-E_{CC}=W_{cq}(\vec{P})$ (شكل-2)

لدينا

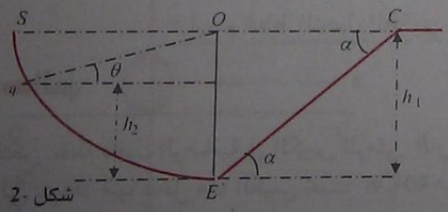
$E_{CC}=0$ لان $E_{Cq}=0$ ، $V_C=0$

و لان $V_q=0$ ، فيكون $W(\vec{P})=0$.

ومنه نجد $mg\Delta h=0$ أي أن $mg(h_1-h_2)=0$

ومنه نجد $h_1-h_2=0\rightarrow h_2=h_1$

و هذا يعني أن العربة تبلغ نفس الارتفاع الذي هبطت منه، فالنقطة q تنطبق على S

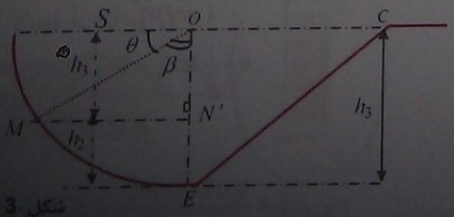


شكل 2-

β) حساب عمل القوة المقاومة

بين النقطتين C,N (شكل -3)

يكون $E_{CN}-E_{CC}=\sum W$



شكل 3

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

حيث يكون $E_{CN}-E_{CC}=0$

$$\sum W=W(\vec{P})+W(\vec{F_0})$$

حيث $W(\vec{P})=mg\Delta h=mg(h_1-h_2)=mgh_3$

وحيث $h_3=ON'=ON\,Sin\theta=R\,Sin\theta$

وعليه يكون $W(\vec{P})=mgR\,Sin\theta$

و بالتعويض في العلاقة $E_{CN}-E_{CC}W=(\vec{P})+W(\vec{F_0})$

حيث نجد أن $0=mgR\,Sin\theta+W(\vec{F_0})$ ومنه يكون $W(\vec{F_0})=-mgR\,Sin\alpha$

$$\left|W(\vec{F_0})\right|=0,4\times9,8\times1\times0,5=1,96\,j$$

حساب F_0

لدينا $W(\vec{F_0})=-F_0.\overset{\frown}{CN}$ حيث $\overset{\frown}{CN}=\overset{\frown}{CE}+\overset{\frown}{EN}$

و لدينا $Sin\alpha=\frac{h_1}{CE}\rightarrow\frac{h_1}{Sin\alpha}=\frac{1}{0,5}=2\,m$

كذلك $\overset{\frown}{EN}=R\times\beta$ حيث $\beta=90°-\theta=90°-30°=60°$

بالتعويض نجد $\overset{\frown}{EN}=1\times\frac{\pi}{3}=\frac{3,14}{3}=1,04\,m$ فيكون $CN=2+1,0,4=3,04\,m$

وعليه فان $F_0=\frac{\left|W(\vec{F_0})\right|}{CN}=\frac{1,96}{3,04}=0,64N$

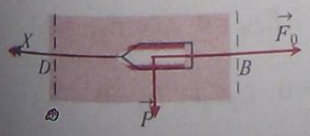
تطبيق 11

تصطدم رصاصة أفقيا بكيس رملي بسرعة $600\,m/s$ فتتوقف بعد اختراقها لـ $40\,Cm$ منه . إذا كانت كتلة الرصاصة $50g$ فاحسب شدة مقاومة الرمل للرصاصة .

- ارسم مخطط التحول الطاقوي للجملة

الحل

لتكن نقطة دخول الرصاصة في الكيس الرملي B و لتكن D النقطة التي تتوقف فيها داخل هذا الكيس بحيث $BD=40\,Cm$.



من معادلة انحفاظ الطاقة يكون:

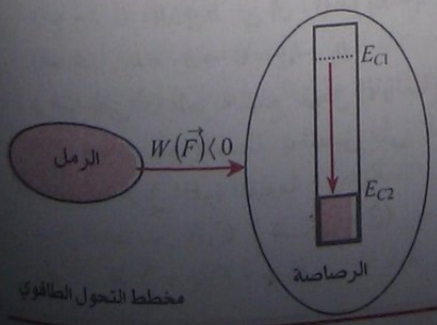
$E_D-E_B=W(\vec{F_0})$

(لاحظ أن $W(\vec{P})=0$)

إذن $0-\frac{1}{2}MV_B^2=-F_0\times BD$

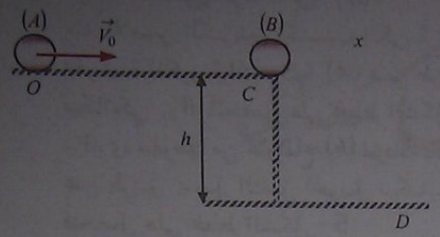
ومنه $F_0=\frac{MV_B^2}{2BD}$

$F_0=\frac{0,05\times(600)^2}{2\times0,40}=22500N$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تطبيق 12



توجد كرية نقطية كتلتها $m=200\,g$ ساكنة في نقطة O من مستوى أفقي (OC) .
في لحظة معينة تقذف في الاتجاه (Ox) بسرعة ابتدائية قدرها $V_0=2\,m/s$ و عند النقطة (C) تصدم كرية (B) مماثلة لها فتكتسب كامل طاقتها الحركية لتندفع أفقيا و تسقط في الفراغ ارتفاعا $h=2\,m$ لتسقط في نقطة D من سطح الأرض.
الاحتكاكات مهملة و $g=10N/Kg$

1- احسب الطاقة الحركية الابتدائية E_{CO} للكرية (A) عند النقطة (O) .
استنتج سرعتها عند النقطة (C) .

2- ارسم مخطط التحول الطاقوي للكرية (A) خلال الانتقال OC

3- احسب سرعة الكرية (B) عند نقطة اصطدامها بالأرض (D) .

4- ارسم مخطط التحول الطاقوي للكرية (B) خلال حركتها .

الحل

1) الطاقة الحركية الابتدائية للكرية (A) عند النقطة (O)

$$E_{CO}=\frac{1}{2}mV_0^2=\frac{1}{2}\times0,2\times(2)^2=0,4j$$

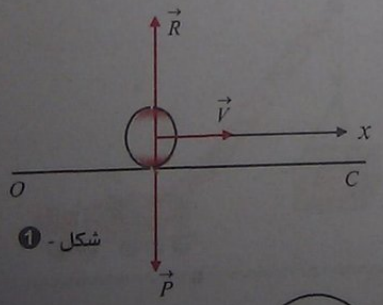
- إيجاد السرعة V_C عند النقطة (C)

على الجزء الأفقي OC تخضع الكرية لقوة ثقلها $\vec{P}$ ورد فعل المسار $\vec{R}$ عليها فيكون حسب معادلة انحفاظ الطاقة

$$E_{CC}-E_{CO}=\sum W=0$$

ومنه يكون $E_{CC}=E_{CO}$.

أي أن $V_C=V_O=2\,m/s$



شكل - 1

2) مخطط التحول الطاقوي حسب الشكل -1 .

3) حساب سرعة الكرية (B) عند النقطة D

$$E_{CD}-E_{CC}=W_{CD}(\vec{P})$$

$$\frac{1}{2}mV_D^2-\frac{1}{2}mV_C^2=mg(Z_C-Z_D)$$

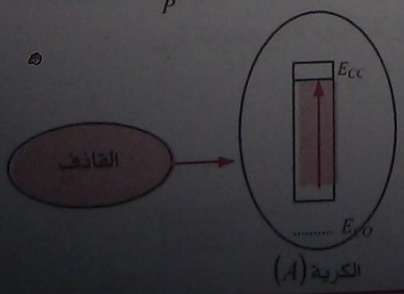
بوضع $Z_C-Z_D=h$ يكون

$$V_D^2-V_C^2=2gh$$

ومنه نجد :

$$V_D=\sqrt{V_C^2+2gh}$$

$$=\sqrt{(2)^2+2\times10\times2}=6,63\,m/s$$

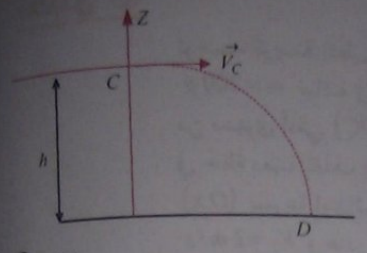


قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

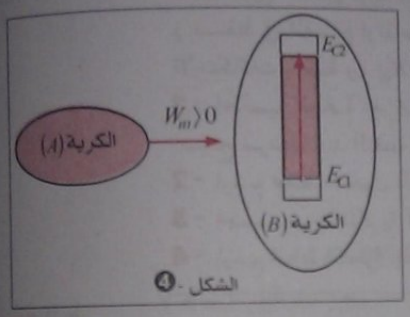
4) المخطط الطاقوي لحركة الكرية (B)

عند تلامس الكريتين تكتسب الكرية (B) الطاقة الحركية للكرية المتحركة (A) عن طريق تحويل ميكانيكي W_m فنحصل على مخطط الشكل -4

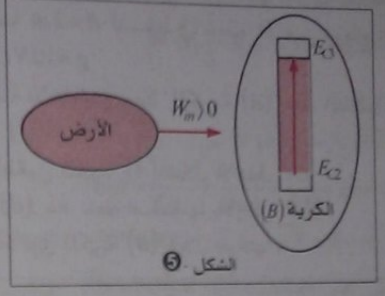
و لدى سقوطها من الارتفاع (h) تزداد طاقتها الحركية عن طريق عمل الثقل (تحويل ميكانيكي W_m) فنحصل على مخطط الشكل -5



شكل - 3



الشكل - 4



الشكل - 5

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمارين و مسائل

1 عمل قوة ثابتة

1

أعط تفسيرا فيزيائيا للحوادث التالية ، و بين طبيعة التحول الطاقوي المرافق ونوع العمل الذي تقوم به الجملة أثناء التحول

1- يسحب صندوق حديدي على سطح الأرض بشدة ، فيلاحظ أن درجة حرارته ترتفع لماذا ؟

2- تصطدم رصاصة بشدة بكيس رملي فتتوقف داخله.

2

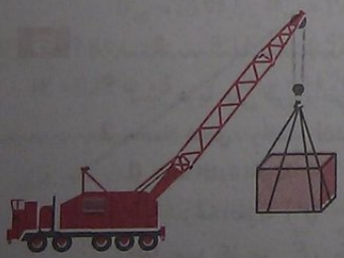
يدور محركان كهربائيان الأول بمعدل 50 دورة /ثا و الثاني بمعدل 100دورة /ثا ويستعمل المحركان لضخ نفس كمية المياه إلى نفس الارتفاع

1- أي المحركين تكون له استطاعة عمل اكبر من الثاني ؟

2- هل يقوم المحركان بإنجاز نفس العمل ؟

3

* في الشكل المقابل يرفع شخص ثقلا باستعمال رافعة لمسافة معينة حيث تطبق الرافعة قوة سحب $\vec{F}$



ا)- من يقوم بعمل أثناء هذا الانتقال

- الشخص أم الرافعة ؟

- القوة $\vec{F}$ أم توتر الكابل $\vec{T}$ أم الثقل

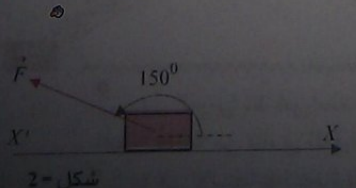
المرفوع ؟. ما نوع كل عمل ؟

ب) ماذا تسمى الاستطاعة التي يبذلها كل من

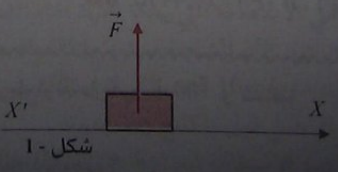
- الشخص ، القوة $\vec{F}$ ، توتر الكابل $\vec{T}$ ، الثقل .

4

* فيما يلي يكون الانتقال فوق المحور (XX') من X' نحو X تحت تأثير مجموعة قوى بين طبيعة عمل القوة $\vec{F}$ في كل حالة

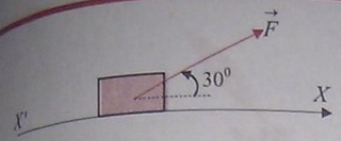


شكل - 2

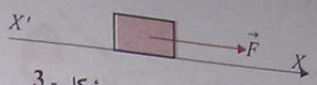


شكل - 1

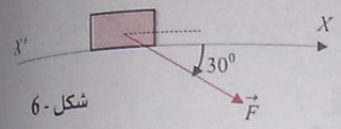
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



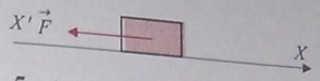
شكل - 4



شكل - 3



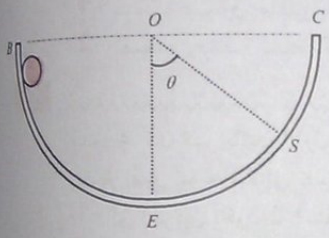
شكل - 6



شكل - 5

5

** ينزلق جسم كتلته $100\,g$ على مسار يشكل نصف دائرة مركزها (O) و نصف قطرها $R=50\,Cm$ موجودة في مستوى شاقولي ابتداء من النقطة (B) تحت تأثير قوة احتكاك شدتها $F_0=0,2N$



ا) احسب كلا من عمل الثقل و العمل المقاوم عند الوصول إلى النقطة E

ب) ما هو العمل الكلي لكل من القوتين $\vec{P}$ ، $\vec{F_0}$ عند النقطة S المعرفة بالزاوية $\theta=30°$ ؟ تؤخذ $g=10N/Kg$

الجواب

ا) $W(\vec{P})=0,5j$, $W(\vec{F_0})=-0,157j$

ب) $W(\vec{P})=0,433j$, $W(\vec{F_0})=-0,202j$

6

* تسير عربة على طريق أفقي بسرعة ثابتة تحت تأثير استطاعة المحرك البالغة 2 حصان بخاري . وتخضع أثناء سيرها لقوة احتكاك $\vec{F_0}$ شدتها $147,2\,N$. أوجد

ا) شدة القوة المحركة $\vec{F}$ للعربة

ب) سرعة العربة (V)

جـ) عمل كل من $\vec{F}$ ، $\vec{F_0}$ أثناء الانتقال الذي يدوم $20\,s$.

الجواب

ا) $F=147,2N$ ب) $V=10\,m/s$

جـ) $W(\vec{F})=29,44\,Kj$ ، $W(\vec{F_0})=-W(\vec{F})$

7

* ينزل الماء من سد نحو محطة توليد للكهرباء ارتفاعا قدره $100\,m$ و تستقبل المحطة $60\,m^3$ من الماء في الدقيقة

1 - ما هي الاستطاعة المتوفرة التي يقدمها الماء للمحطة ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

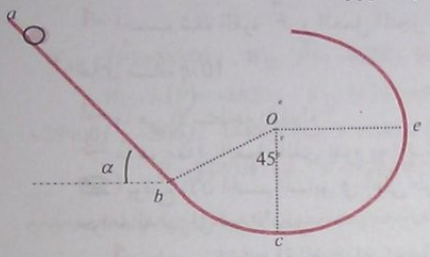
2 – احسب مقدار الطاقة الكهربائية التي تنتجها المحطة في الدقيقة علما أنها تحول فقط 60% من عمل الثقل إلى طاقة كهربائية. $(g=10N/Kg)$

الجواب

1) $p=10^6\,W$ 2) $E=36\times10^6\,j$

8

✻ في الشكل المجاور ab مستوى مائل طوله $l=10\,m$ يميل على الأفق بزاوية $\alpha=60°$. نترك كرية معدنية كتلتها $m=200\,g$ لتنزل من أعلاه (a) تحت تأثير ثقلها حيث تلاقي في نهايته (b) مسارا دائريا مركزه (O) و نصف قطره $CO=R=4\,m$ النقطة C هي اخفض نقطة من المسار تتعين بالزاوية $\hat{obc}=45°$



و e نقطة من المسار تقع على نفس القطر الأفقي oe للدائرة.

1 – ما هو عمل الثقل لحظة المرور من النقطة b ثم من c ؟

2 – ما هو عمل قوى الاحتكاك التي شدتها $F_0=0,5N$ أثناء الانتقال السابق ac ؟

3 –ما هو عمل الثقل أثناء الانتقال من c إلى e ؟

4 – ما هو العمل الكلي للثقل أثناء الانتقال من a نحو e ؟

5 – ما هي الاستطاعة الضائعة بفعل الاحتكاكات أثناء الانتقال السابق، اذا استغرقت الحركة زمنا قدره $80\,s$ أثناء هذا الانتقال ؟

الجواب

1) $W_{ab}=16,95\,j$ ، $W_{ac}=19,3\,j$

2) $W(\vec{F_0})=-6,57\,j$ 3) $W_{ce}=-7,84\,j$

4) $W_{aE}=11,76\,j$ 5) $W=0,12\,w$

9

✻✻ تنتقل شاحنة كتلتها $6\,T$ على طريق أفقي بسرعة ثابتة قدرها $90\,Km/h$ تحت تأثير قوى مقاومة للحركة شدتها $440N$ (يحافظ عليها في كل المسألة) . تؤخذ $g=10N/Kg$.

1 – احسب شدة القوة الدافعة للشاحنة و كذلك الاستطاعة التي يبذلها المحرك.



2- احسب عمل هذه القوة خلال انتقال قدره $2,5\,Km$.

3 – تصعد الشاحنة بالسرعة المذكورة مرتفعا ميله 5% ، ما هي الاستطاعة التي يبذلها المحرك أثناء الصعود ؟

4 – تنزل الآن الشاحنة مستويا مائلا ميله 10% بسرعة ثابتة و قدرها $10\,m/s$ تحت تأثير قوى المكابح و تستغرق زمنا قدره $20\,s$ للهبوط ، استنتج من ذلك .

ا) عمل قوى المكابح أثناء الهبوط .

ب) الاستطاعة الضائعة على شكل حرارة بفعل قوى المكابح.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الجواب

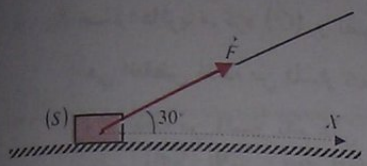
$W=-11\times10^5\,j$ (2 $F=440N$, $P=11Kw$ (1

$P=83,5Kw$ (3

$P=55,6Kw$ (ب $W=-1112\,Kj$ (1-4

10

*** **1-)** جسم (S) كتلته $m=200\,Kg$ قوة الاحتكاك المؤثرة عليه أثناء انزلاقه على سطح الأرض هي $20N$.
ينسحب أفقيا باستعمال حبل يصنع زاوية $30°$ مع الأفق بسرعة ثابتة قدرها $5\,m/s$.

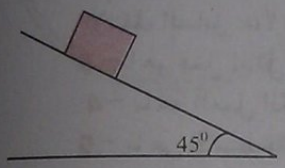


1- احسب شدة القوة $\vec{F}$ و العمل المنجز خلال مسافة $10\,m$.

2- ما هي الاستطاعة المبذولة ؟

3- ما هو مقدار العمل الذي تقوم به القوة المعاكسة للحركة ؟

2) يوضع الآن الجسم السابق في أعلى طريق مائل يميل على الأفق بزاوية $45°$ ثم يترك حرا لحاله لينزلق نحو الأسفل



1- ما هي شدة محصلة القوى المحركة لهذا الجسم ؟

2- ما هو العمل الذي ينجزه الثقل أثناء مرحلة الهبوط إذا كان طول الطريق $30\,m$ و ما نوعه ؟

3- ما هو عمل قوى الاحتكاك وما نوعه ؟

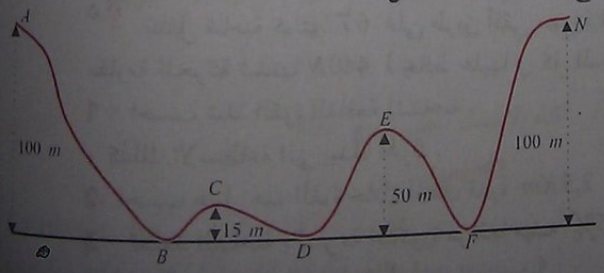
الجواب

$W=-230\,j$ (3 $116,25\,W$ (2 $200\,j\,,23,25N$ (1-1

$W=-200\,j$ (3 $W=42\times10^3\,j$ (2 $F=1380N$ (1-2

11

*** متزحلق على الثلج كتلته مع آلته $60\,Kg$ يبدأ حركته ابتداء من السكون من نقطة A تحت تأثير ثقله و يتبع المسار المبين بالشكل .



1- نأخذ $g=9,8N/Kg$.

ا) احسب الأعمال الآتية

$W_{BC}(\vec{P})$,$W_{AB}(\vec{P})$

$W_{CD}(\vec{P})$, $W_{EF}(\vec{P})$

$W_B(\vec{P})$, $W_{BC}(\vec{P})$

$W_{CD}(\vec{P})$, $W_{EF}(\vec{P})$

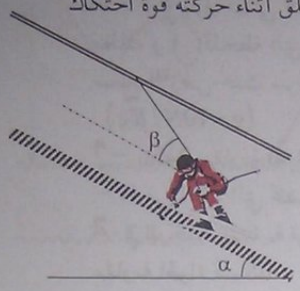
ب) استنتج مما سبق الأعمال التالية $W_{AN}(\vec{P})$, $W_{BD}(\vec{P})$, $W_{DE}(\vec{P})$

جـ) استنتج سرعة المتحرك في النقطة (N) .

2- يستعمل الآن كابل لإصعاد المتزحلق إلى قمة مرتفع على مستوى مائل يميل على الأفق بزاوية $\alpha=30°$ كما في الشكل .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

بحيث يصنع الكابل زاوية $\beta = 45°$ مع خط الميل الأعظم للمستوي المائل ، يتحكم في الحركة محرك يجعل الجملة تتحرك بسرعة ثابتة $5\,m/s$ تؤثر على المتزحلق أثناء حركته قوة احتكاك ثابتة شدتها $F_0 = 50N$. المطلوب



ا) احسب شدة القوة $\vec{F}$ الجارة.

ب) احسب عمل كل من $\vec{P}, \vec{F_0}, \vec{F}$ (ثقل المتزحلق) لدى قطع مسافة $d = 100\,m$

جـ) استنتج مقدار الاستطاعة المبذولة أثناء هذه الحركة .

د) كم يجب أن تكون قيمة هذه الاستطاعة ، إذا تمت عملية الصعود في زمن قدره $10\,s$.

الجواب

1-ا) $W_{AB}(\vec{P}) = 58800\,j$ ، $W_{BC}(\vec{P}) = -8820\,j$

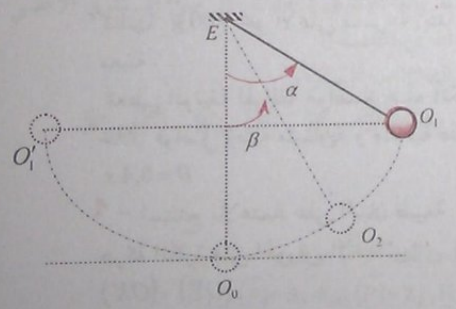
$W_{CD}(\vec{P}) = +8820\,j$ ، $W_{EF}(\vec{P}) = 29400\,j$

2-ا) $-29400\,j$ ، $-500\,j$ ، $34400\,j$ **ب)** $F = 485N$

جـ) $P = 1720\,W$ **د)** $P = 3440\,W$

12

** يتكون نواس بسيط من خيط طوله $l = 1\,m$ يحمل كرية معدنية صغيرة كتلتها $m = 50\,g$ و مثبت في نقطة E من أعلاه ابتداء من موضع التوازن الشاقولي يزاح النواس بزاوية $\alpha = 60°$ ثم يترك حرا لحاله .



ا) احسب عمل الثقل عندما ينتقل النواس من الوضع من النقطة O حيث $\alpha = 60°$ إلى الموضع $O_2\,(\beta = 30°)$.

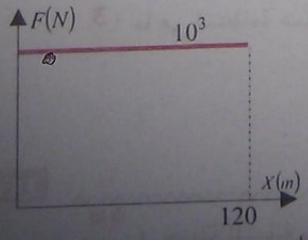
ب) ماذا يصبح هذا العمل لحظة المرور من وضع التوازن (O_0) ؟

جـ) ما هو عمل الثقل أثناء الانتقال من النقطة O_1 إلى O_1' نظيرة O_1 ؟ تؤخذ ($g = 9,80N/Kg$)

الجواب ا) $0,18\,j$ ب) $0,245\,j$ جـ) $-0,245\,j$ د) $W = 0$

13

*** بين المخطط التالي ، القوة المؤثرة على سيارة بدلالة فاصلتها x على محور الحركة التي تسير عليه بسرعة ثابتة.



1- احسب مساحة السطح المحصور بين منحنى القوة ومحور الفواصل .

2- استنتج مقدار عمل القوة $\vec{F}$ أثناء انتقال مسافة $100\,m$.

الجواب

1) $W(\vec{F}) = 12 \times 10^4\,j$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

14 ** - ينزل مظلي كتلته الكلية مع مظلته $120\,Kg$ شاقوليا مسافة $100\,m$ قبل أن تنفتح مظلته و في اللحظة التي تنفتح هذه المظلة عند (النقطة B) يكون على ارتفاع $1200\,m$ من سطح الأرض حيث سرعته $6\,m/s$ التي يحافظ عليها في بقية مرحلة النزول .

$(g=10N/Kg)$



1 - بإهمال مقاومة الهواء في المرحلة الأولى من الهبوط

- ما هي القوة التي تخضع لها الجملة وما هو عملها ؟

2 - في المرحلة الثانية من الحركة تظهر قوة جديدة تتمثل في مقاومة الهواء للمظلة

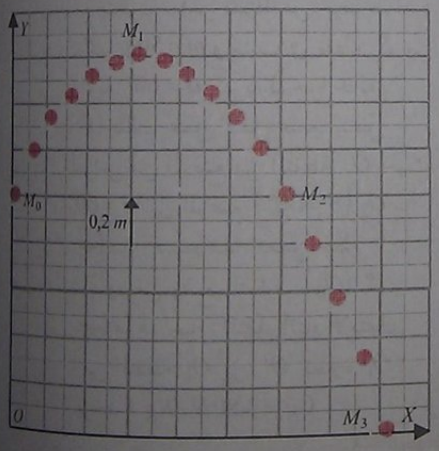
- ارسم القوى المؤثرة على الجملة و استنتج شدة القوة المقاومة $\vec{F_0}$ ثم احسب عمل هذه القوى حتى الوصول إلى سطح الأرض .

هل يكون العمل محفوظا في هذه المرحلة ؟

الجواب

1) $W=120\,Kj$ 2) $\sum W=0, F_0=1200N$

15 **



من نقطة M_0 تقع على ارتفاع h_0 من سطح الأرض (OM_3) تقذف كرة كتلتها $200\,g$ نحو الأعلى بسرعة ابتدائية معينة .

تعطي الوثيقة المرافقة مواضع هذه الكرة خلال فواصل زمنية متساوية و متعاقبة قدرها $\theta=0,4\,s$.

1 - استنتج بالاعتماد على البيان طبيعة حركة الكرة على المحورين الاحداثيين (OX) ، (OY).

- ما هي القوة التي تخضع لها الكرة أثناء حركتها ؟

2 - احسب عمل الثقل خلال الانتقالات التالية M_0M_1 , M_1M_2 , M_1M_3 ثم M_0M_3 .

3) ما هي استطاعة عمل الثقل أثناء هذه الحركة ؟ $(g=10N/Kg)$

الجواب

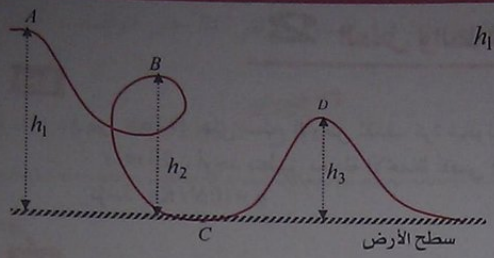
1) $W_{M_0M_1}=1,2j$, $W_{M_1M_2}=1,2j$

2) $W_{M_1M_3}=3,2j$, $W_{M_0M_3}=2j$ 3) $P=0,312W$

16 **

في حديقة التسلية يكون مسار عربة للركاب كتلتها $m=250\,Kg$ موجود في مستوي شاقولي في الفضاء كما يبينه الشكل المجاور بحيث تكون الارتفاعات عن سطح الأرض هي

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



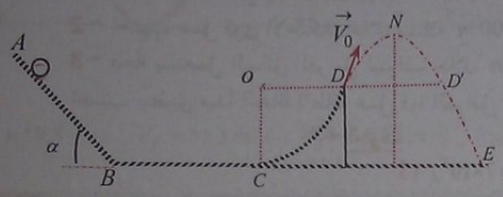
$h_1 = 25\,m$, $h_2 = 18$, $h_3 = 15m$

- احسب عمل ثقل العربة
المذكورة بين النقطتين $(A\ ,\ B)$
ثم النقطتين (C,B)
ثم النقطتين (D,C)
تؤخذ ($g = 10N/Kg$)

17

يتكون مسار من الأجزاء التالية

- الجزء AB عبارة عن مستقيم طوله $6\,m$ يميل على الأفق بزاوية $\alpha = 30°$.
- الجزء BC عبارة عن
مستقيم طوله $5\,m$
- الجزء CD عبارة عن
ربع دائرة في مركزها
(O) و نصف قطرها
$r = 2\,m$.



تؤخذ ($g = 10N/Kg$).

عند النقطة A تترك كرية صغيرة نقطية كتلتها $100\,g$ لتتدحرج ابتداء من السكون تحت تأثير ثقلها . عند النقطة D تقذف في الفضاء لتسقط بعد ذلك في النقطة E من المستوي الأفقي BCE . الاحتكاكات مهملة . D' هي نظيرة D في الفضاء .

1 - مثل القوى المؤثرة على الكرية في الأجزاء الثلاثة من المسار .

2 - احسب الأعمال التالية $W_{AB}(\vec{P})$, $W_{BC}(\vec{P})$, $W_{CD}(\vec{P})$, $W_{DD'}(\vec{P})$, $W_{DE}\vec{P}$

- استنتج العمل الكلي $W_{AE}(\vec{P})$

الجواب

$$W_{AB}(\vec{P}) = 3j\,, W_{BC}(\vec{P}) = 0\,, W_{CD}(\vec{P}) = -2j$$
$$W_{DD'}(\vec{P}) = 0\,, W_{DE}(\vec{P}) = 2j\,, W_{AE}(\vec{P}) = 3j$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2 العمل والطاقة الحركية

18

من نقطة O على سطح الأرض تقذف كرة شاقوليا نحو الأعلى بسرعة ابتدائية قدها $20\,m/s$. أوجد بتطبيق معادلة الانحفاظ أقصى ارتفاع تبلغه هذه الكرة .

تؤخذ $g=10N/Kg$.

الجواب $h=20\,m$

19

* تسير سيارة بسرعة ثابتة قدرها $72Km/h$ تحت استطاعة المحرك البالغة $2000\,W$ إذا كانت كتلة السيارة هي $3500\,Kg$

1- احسب الطاقة الحركية للجملة .

2- احسب عمل قوى الاحتكاك خلال مسافة $100\,m$.

3- فجأة يستعمل السائق الفرامل ليتوقف خلال $100\,m$.

احسب بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة عمل قوة الفرامل ثم استنتج شدة هذه القوة $\vec{F}$.

الجواب

1) $E_C=7\times10^5\,j$ 2) $W=10^4\,j$ 3) $W=69\times10^4\,j$

20

* نجعل جسما يسقط من ارتفاعات مختلفة (h) سقوطا حرا و نقيس سرعة مروره من نقطة ثابتة O فنحصل على جدول القياسات التالي

$h(m)$	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
$V(m/s)$	3,52	7,64	11,76	15,68	19,6

المطلوب

1- ارسم الخط البياني $V^2=f(h)$ ماذا تستنتج ؟

2- احسب ميل الخط البياني .

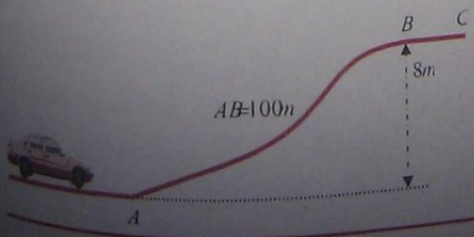
3- بين بتطبيق معادلة انحفاظ الطاقة الدلالة الفيزيائية لهذا الميل ، استنتج قيمة الجاذبية الأرضية في مكان التجربة .

4- احسب اعتمادا على ما سبق مقدار العمل الذي يقوم به الثقل أثناء السقوط في كل مرة يمر فيها مركز الجسم بالسرعة السابقة من النقطة المذكورة O، علما أن كتلة الجسم هي $m=1\,Kg$.

21

** سيارة كتلتها $2000\,Kg$ عند المرور من النقطة A بالسرعة $20\,m/s$ توقف المحرك و تصبح سرعتها عند النقطة B هي $5\,m/s$.(لاحظ الشكل المرفق).

- ما هي شدة قوة الاحتكاك المؤثرة على السيارة أثناء الحركة من A إلى B حيث تكون المسافة $AB=100\,m$



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- ما هي المسافة التي تقطعها السيارة بعد ذلك فوق المستوى الأفقي BC حتى تتوقف.
تؤخذ $(g=9,8N/Kg)$

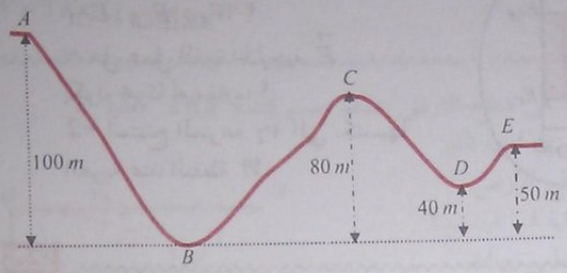
الجواب

$x=11,46\,m$ ، $F_0=2182N$

22

* يبدأ متزحلق على الثلج انحداره دون احتكاك من النقطة A دون أي سرعة ابتدائية.

- احسب سرعته في النقاط E,D,C,B الموضحة في الشكل المرفق.

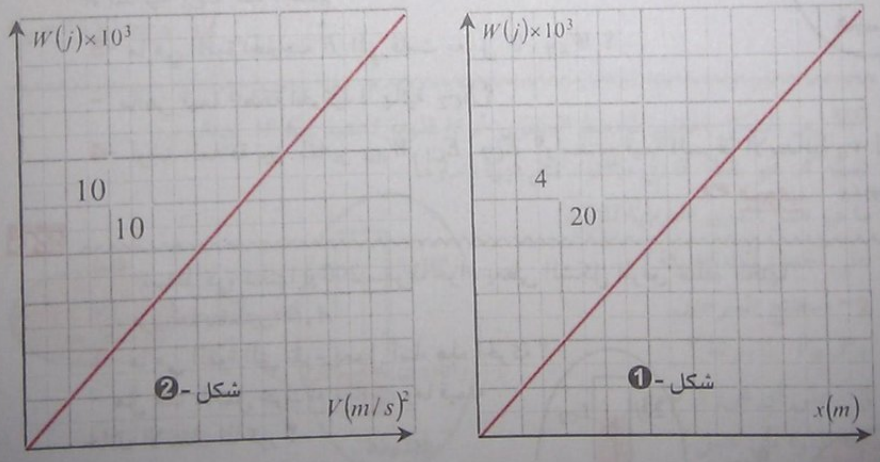


الجواب

$V_C=19,8\,m/s$ ، $V_E=31,3\,m/s$ ، $V_B=44,27\,m/s$ ، $V_D=34,3\,m/s$

23

* يمثل الشكلان (1) ، (2) مخططي عمل القوة المحركة $\vec{F}$ المؤثرة على سيارة تسير على طريق مستقيم وذلك بدلالة المسافة ومربع السرعة المكتسبة.



1- ما هي العلاقة الموجودة بين عمل القوة $\vec{F}$ و بين كل من المسافة المقطوعة (x) و مربع سرعة الحركة ؟

2- استنتج بالاستعانة بالبيانين ما يلي

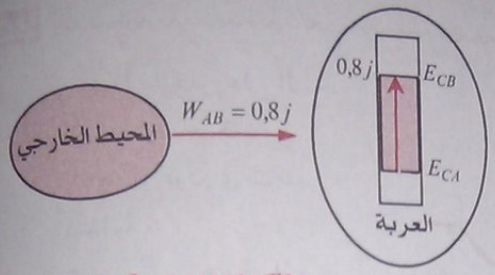
أ) شدة القوة $\vec{F}$.

ب) كتلة السيارة m

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

24

*يدفع شخص عربة صغيرة كتلتها $400\ g$ فوق مستو أفقي ابتداء من السكون .
يمثل الشكل المرفق المخطط الطاقوي لهذه الجملة ، عندما تتحرك بين نقطتين A و B من مسارها المستقيم

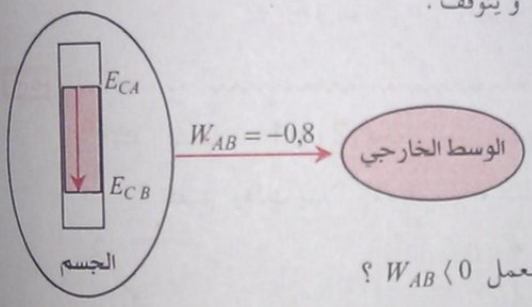


1- ما هي العلاقة الموجودة بين المقادير W_{AB}, E_{CB}, E_{CA} ؟
- هل عمل القوة الخارجية $\vec{F}$ يكون محركا أم مقاوما ؟
2- استنتج السرعة v_2 التي تكتسبها العربة عند النقطة B .

الجواب
1) $v_2=2\ m/s$

25

**من نقطة A على مستوى أفقي خشن ، يقذف جسم ساكن كتلة $400\ g$ بسرعة ابتدائية $\vec{V_0}$ ، فيقطع مسافة AB و يتوقف .
يمثل الشكل المخطط الطاقوي للجملة .

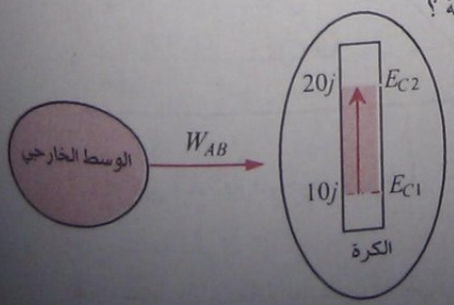


1- هل اكتسب الجسم المذكور أثناء حركته طاقة أم فقدها ؟
2- ما هي قيمة الطاقة الحركية الابتدائية E_{CA} لهذا الجسم ؟
3- ما هي القوة الخارجية $\vec{F}$ التي قامت بعمل $W_{AB}<0$ ؟
- ما هي قيمة الطاقة الحركية النهائية E_{C2} ؟
4- أوجد العلاقة بين المقادير W_{AB}, E_{C1}, E_{C2} ؟واستنتج قيمة السرعة الابتدائية $\vec{v_0}$ للقذف.

الجواب
$v_0=2\ m/s$

26

**تسقط كرة كتلتها $200\ g$ سقوطا حرا . يعطى الشكل المرفق مخطط طاقتها أثناء مرورها بنقطتين A, B



1- ما هي القوة التي تقوم بعمل أثناء هذه الحركة ؟
- هل هذا العمل محرك أم مقاوم ، وما قيمته خلال الانتقال المذكور ؟
2- في ماذا يتمثل الوسط الخارجي الذي قدم عملا للكرة ؟
- استنتج سرعتي مرور الكرة من النقطتين A, B

الجواب
1) $W_{AB}=10j$ 2) $V_1=10\ m/s$, $V_2=10\sqrt{2}\ m/s$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

27

** تبلغ الطاقة الحركية لقمر صناعي يدور في مدار دائري حول الأرض مقدار $E_C = 2{,}5\ Gj$.

1 – ما هي القوى التي يخضع لها هذا القمر الصناعي و هو في مداره ؟

– هل تقوم هذه القوى بعمل معين ؟

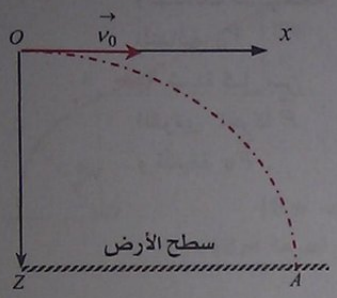
2 – استنتج سرعته على مداره ، علما أن كتلة القمر الصناعي هي $m = 20\ Kg$

الجواب

$V = 5\ Km/s$

28

** من على ارتفاع $h = 100\ m$ من سطح الأرض يقذف جسم كتلته $2\ Kg$ أفقيا بسرعة ابتدائية $v_0 = 10\ m/s$ لينزل تحت تأثير ثقله و يرتطم بالنقطة A من سطح الأرض .



1 – ما هي الطاقة الحركية الابتدائية لهذا الجسم ؟

2 – ما هي القوة التي تعمل على زيادة سرعة الجسم أثناء هبوطه ؟

3 – عبر عن العلاقة الموجودة بين السرعتين V_A ,V_0 .

– استنتج قيمة V_A

4 – ضع مخططا طاقويا لهذه الجملة .

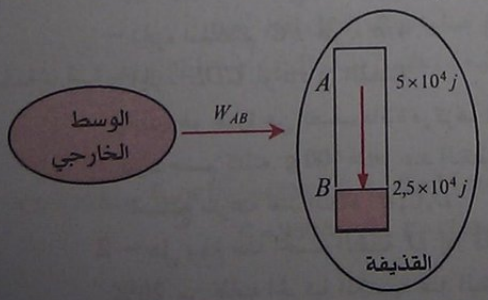
الجواب

1) $E_{C0} = 100\ j$

2) $V_A = 45{,}82\ m/s$

29

** يبين الشكل الجانبي المخطط الطاقوي لحركة قذيفة كتلتها $10\ Kg$ تقذف من نقطة A نحو نقطة B في الفضاء تمثل ذروة مسارها



ما هو عمل القوى الخارجية المؤثرة على الجملة أثناء الحركة ؟

2 – استنتج السرعتين V_B ,V_A للحركة ؟

3 – على أي محور لا تقوم هذه القوة بأي عمل ؟

– استنتج عندئذ الزاوية (α) التي يصنعها شعاع السرعة الابتدائية $\vec{V_A}$ لحظة القذف مع المحور الأفقي (OX).

الجواب

2) $V_A = 100\ m/s$ ، $V_B = 50\sqrt{2}\ m/s$

3) $\alpha = 45°$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

30

** يمثل الشكل المرفق المخطط الطاقوي لحركة سيارة كتلتها $2000\ Kg$ تتم على طريق أفقي مستقيم AB طوله $200\ m$ تحت تأثير قوتين هما المحرك $\vec{F}$ وقوة الاحتكاكات المعيقة للحركة $\vec{F}_0$.

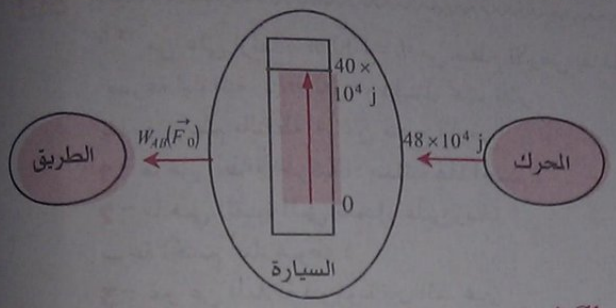
1 – هل حركة هذه السيارة منتظمة ؟

2 ـ استنتج من المخطط ما يلي

ا) مقدار كل من العمل المحرك $W_{AB}(\vec{F})$ و العمل المقاوم $W_{AB}(\vec{F}_0)$.

ب) السرعة الابتدائية V_A للسيارة وكذلك سرعتها النهائية V_B.

جـ) شدة كل من القوتين المحركة $\vec{F}$ و المعيقة $\vec{F}_0$.



الجواب

2-ا) $W_{AB}(\vec{F}_0)=-8\times10^4\ j$ ، $W_{AB}(\vec{F})=48\times10^4\ j$

ب) $V_B=20\ m/s$, $V_A=0$

جـ) $F_0=400\ N$, $F=2400N$

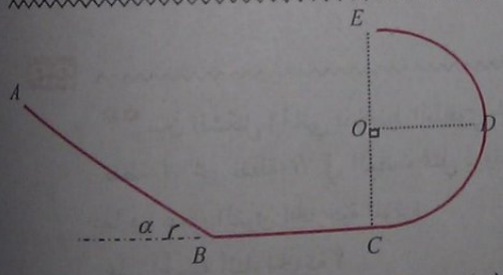
31

** يتكون مسار من الأجزاء التالية

– الجزء AB طوله $5\ m$ عبارة عن خط مستقيم يميل على الأفق بزاوية $\alpha=30°$.

– الجزء المستقيم BC طوله $4\ m$.

– الجزء CDE الموجود في الفضاء



والذي هو عبارة عن نصف دائرة مركزها (O) و قطرها $CE=5\ m$

1- يترك جسم كتلته $m=400\ g$ عند النقطة A لينزلق تحت تأثير ثقله ابتداء من السكون.

– استنتج سرعته عند النقاط B,C,D.

2 – هل يبلغ هذا الجسم النقطة D إذا كان الاحتكاك على الجزء BC فقط موجودا و يمثل 20% من طاقته الحركية المكتسبة عند النقطة B ؟

3 – نهمل الاحتكاك من جديد

– بأي سرعة ابتدائية V_A ينبغي أن يقذف هذا الجسم عند النقطة A وفق خط الميل الأعظم AB حتى يستطيع أن يصل النقطة E ؟

الجواب

1) $V_A=7,75\ m/s$ (2 $V_D=0$, $V_C=V_B=7,07\ m/s$

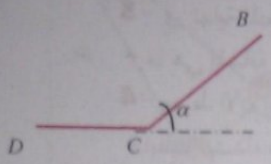
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

32

*** 1- متزحلق على الجليد كتلته مع آلته $100\,Kg$ يبدأ حركته ابتداء من السكون من أعلى تل BC طوله $20\,m$ يميل على الأفق بزاوية $\alpha = 30°$. باهمال الاحتكاك

أ) احسب مقدار العمل المحرك عند الوصول إلى النقطة C.

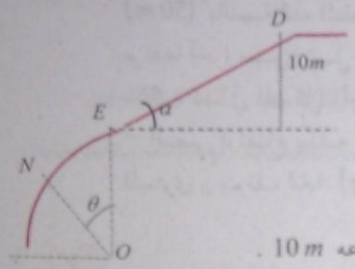
ب) استنتج سرعة الحركة عند هذه النقطة.



2 - في الحقيقة أن المتحرك يصل إلى النقطة C بالسرعة $10\,m/s$ فقط، نظرا لوجود قوى مقاومة للحركة ثم يتوقف تماما في النقطة D من المستوى الأفقي CD

أ) احسب عمل القوى المقاومة للحركة

ب) احسب طول المستوى الأفقي CD.



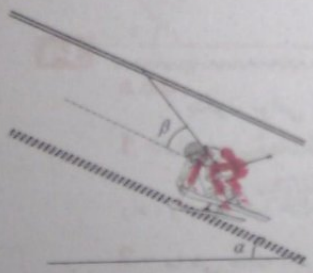
3 - تهمل المقاومات فيما يلي

ينزلق الآن المتزحلق من النقطة D ابتداء من السكون تحت تأثير ثقله، مستويا مائلا DE زاوية ميله بالنسبة للأفق هي $\alpha = 30°$ و ارتفاعه $10\,m$.

عند النقطة E يصبح المسار ربع دائرة مركزها O، نصف قطرها $R = 10\,m$ و في النقطة N منها المعرفة بالزاوية $\widehat{EON} = \theta = 60°$ يغادر المتزحلق مساره

أ) احسب الطاقة الحركية للجملة عند النقطة E.

ب) استنتج سرعته لدى مغادرته هذه النقطة.



4 - لإصعاد المتزحلق من أسفل مستوى مائل زاوية ميله بالنسبة للأفق هي $\alpha = 45°$، يستعمل كابل يصنع زاوية $\beta = 60°$ مع خط الميل الأعظم.

عندما تتحرك المجموعة بسرعة ثابتة قدرها $10\,m/s$، يطلب ما يلي

أ) احسب شدة القوة F الجارة، ثم استنتج عملها خلال انتقال قدره $10\,m$.

ب) بين انه يمكن إيجاد هذه النتيجة ثانية، بتطبيق مبدأ التغير في الطاقة الحركية تؤخذ $(g = 9{,}8\,N/Kg)$.

الجواب

1-أ) $W = 9800\,j$ ب) $V = 14\,m/s$ 2-أ) $W(\vec{F_0}) = 4800\,j$ ب) $CD = 20{,}83\,m$

3-أ) $E_C = 9800\,j$ ب) $V = 17{,}14\,m/s$ 4) $F = 980\,N$

33

*** متزحلق على الثلج كتلته مع آلته $60\,Kg$.

1- يبدأ حركته من السكون ليهبط منحدرا طوله $100\,m$ و يميل على الأفق بمقدار 10% باهمال الاحتكاك، أوجد

أ) طاقته الحركية عندما يصل أسفل المنحدر.

ب) سرعته في تلك اللحظة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2- في الحقيقة أن المتزحلق يستهلك مقدار 5% من عمله المحرك السابق كي يتغلب على قوة الاحتكاك أثناء النزول و الباقي يتحول إلى طاقة حركية

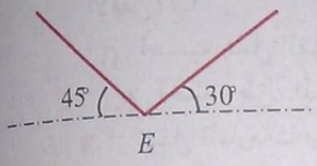
أ) احسب السرعة الحقيقية التي يصل بها أسفل المنحدر.

ب) استنتج مقدار قوة الاحتكاك $\vec{F_0}$ المؤثرة عليه (يحافظ على هذه القيمة في بقية المسألة).

3- في نهاية المنحدر السابق يصادف المتزحلق مستويا أفقيا

- ما هي المسافة التي يقطعها و يتوقف ؟

4- يهبط الآن المتزحلق منحدرا يميل على الأفق بزاوية $30°$ نحو نقطة منخفضة (E) ، هابطا ابتداء من السكون ارتفاعا قدره $(50\,m)$ بالنسبة لهذه النقطة و عندها يصادف مرتفعا آخرا مستويا يميل على الأفق بزاوية $45°$ ، كما في الشكل . أوجد



- أقصى ارتفاع يبلغه المتزحلق فوق هذا المستوى و يتوقف تماما. $(g=10N/Kg)$.

الجواب

1- أ) $V=14{,}14\,m/s$ ب) $6000\,j$

2- أ) $V=13{,}8\,m/s$ ب) $F_0=300N$

3) $d=1900\,m$ 4) $h=49\,m$

34

***

يتكون نواس بسيط من خيط طوله $l=1\,m$ يحمل كرية صغيرة كتلتها $m=50\,g$.

1- ما هي سرعته الخطية لحظة مروره بوضع التوازن بعد أن يزاح بالزاوية $\alpha_1=6°$ ثم $\alpha_2=\frac{\pi}{3}$ راد ، و يترك حرا لحاله .

2- ما هي طاقته الحركية لحظة مروره بوضع توازنه بعد أن يزاح بمسافة (x) صغيرة جدا بالنسبة لطوله $(x=2\,Cm)$.

3- يهتز النواس المذكور بسعة قدرها $\alpha=6°$. و يلاحظ أن الاهتزازات المتشكلة تبدأ بالتخامد شيئا فشيئا نظرا للاحتكاكات و المقاومات التي أهملت سابقا ، حيث تنقص السعة حتى الربع خلال $\frac{1}{2}$ ساعة .

- احسب عمل القوى المقاومة خلال هذه الفترة و استنتج مقدار الاستطاعة المتوسطة اللازم بذلك للمحافظة على السعة ثابتة . $(g=10N/Kg)$

ملاحظة من اجل الزاويا الصغيرة يكون $Cos\alpha\cong 1-\frac{\alpha^2}{2}$

الجواب

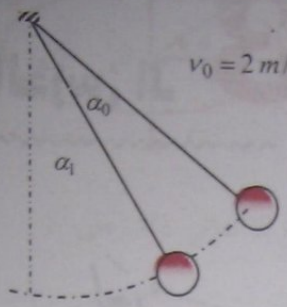
1) $V_1=0{,}33\,m/s\,,V_2=3{,}14\,m/s$

2) $E_C=\frac{1}{2}mg\frac{V^2}{l}=99\times10^{-6}\,j$

3) $W=-\frac{15}{16}mV^2=-5\times10^{-3}\,j$ ، $P=2{,}7\times10^{-6}W$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

35



** نواس بسيط طول خيطه $l=90\,Cm$ و كتلة كريته $m=50g$.

1- ابتداء من وضع التوازن الشاقولي تدفع الكرية أفقيا بسرعة $v_0=2\,m/s$ أوجد أقصى ارتفاع تبلغه الكرية و كذلك زاوية الانفراج (α_0) للخيط بالنسبة للشاقول .

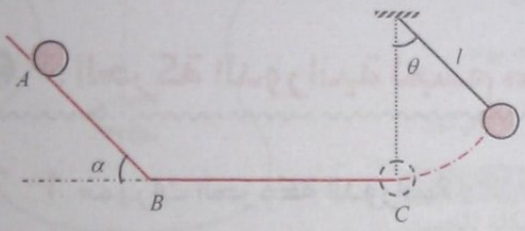
2- أثناء الهبوط تنفصل الكرية (m) من الخيط في اللحظة التي تكون فيها سرعتها مساوية نصف قيمتها العظمى السابقة - أوجد مقدار الزاوية (α) التي يصنعها الخيط مع الشاقول لحظة الانفصال.

الجواب

1) $\alpha_0=38,9°\ ,h=20\,Cm$ **2)** $\alpha=33,6°$

36

** كرية نقطية تبدأ حركتها ابتداء من السكون تحت تأثير ثقلها من نقطة A فوق مستوى مائل طوله $AB=4\,m$ يميل على الأفق بزاوية $\alpha=30°$ ثم يصبح المسار أفقيا طوله $BC=4\,m$.



و عند النقطة C تصدم هذه الكرية كرة نواس أخرى مماثلة لها طوله $l=60\,Cm$ فينفرج عن وضع توازنه الشاقولي بزاوية θ .

1- احسب السرعات المكتسبة عند النقطتين C,B بإهمال الاحتكاكات .

2- استنتج زاوية الانفراج θ للنواس في الحالتين

أ) كرية النواس تكتسب كامل الطاقة الحركية للكرية المتحركة .

ب) كرية النواس تكتسب نصف الطاقة الحركية للكرية المتحركة

ثم ارسم مخطط التحول الطاقوي للجملة في كل حالة .

37

*** أرجوحة بها طفل تبلغ كتلتها الكلية $30\,Kg$. تبدأ الحركة من السكون و ذلك بسقوطها من ارتفاع $3\,m$ بالنسبة لأخفض نقطة O تبلغها في مسارها .

1- بإهمال القوى المقاومة للحركة ، أوجد أعلى ارتفاع تبلغه هذه الأرجوحة من الجهة الأخرى

2- إن حركة الأرجوحة هذه تبدأ بالتخامد نظرا للقوى المقاومة للحركة . و يلاحظ انه خلال دقيقة من الحركة تبلغ فقط $\frac{1}{5}$ الارتفاع الذي نزلت منه في البداية . استنتج

- عمل القوى المقاومة للحركة خلال هذه الفترة .
- مقدار الاستطاعة الواجب بذلها للمحافظة على كون الارتفاع الذي تبلغه هذه الأرجوحة ثابتا خلال الفترة الزمنية المذكورة .

الجواب

1) $h=3\,m$ **2)** $W(\vec{F_0})=-720\,j\ ,p=12\,W$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

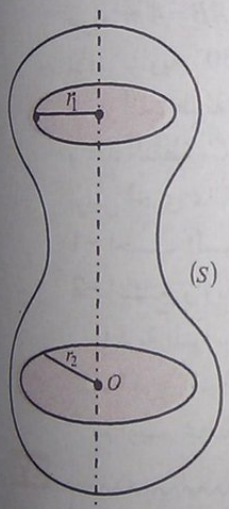
الدَّرسُ الـ 3

العَملُ والطَّاقةُ الحركيةُ الدَورانيةُ

1 . الحركة الدورانية لجسم صلب

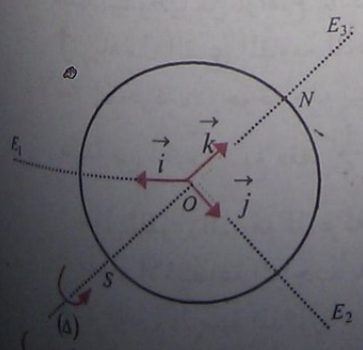
1 -1 مميزات الحركة الدورانية

ندعو بالجسم الصلب ، كل جملة ميكانيكية متماسكة .
فعندما يدور الجسم الصلب حول محور معين (Δ) فان جميع النقاط المادية المشكلة له ترسم حول هذا المحور مسارات دائرية تقع مراكزها عليه . يدعى هذا المحور بمحور الدوران . و قد يكون هذا المحور ثابتا أو متغيرا أثناء الدوران.



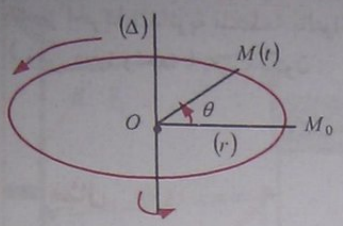
مثال

في معلم ارضي مركزي $\left(O,\vec{i},\vec{j},\vec{k}\right)$ تدور الأرض حول محورها المائل (NS) الذي يتجه من القطب الجنوبي (S) نحو القطب الشمالي (N) و هذا المحور يكون غير ثابت باعتبار الأرض تدور حول نفسها و حول الشمس في نفس الوقت.
عندما يدور الجسم الصلب حول محوره فانه يمكن تحديد موقعه في كل لحظة بتحديد موقع نقطة مادية منه M :
فباعتبار M_0 هي الموضع الابتدائي على المسار الدائري ففي اللحظة (t) تنتقل هذه النقطة إلى الموضع $M(t)$ حيث يمسح نصف القطر الدائر $r=OM$ الزاوية الحظية $\theta=\left(\overrightarrow{OM_0},\overrightarrow{OM}\right)$



▲ (الحركة الدورانية للأرض)

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

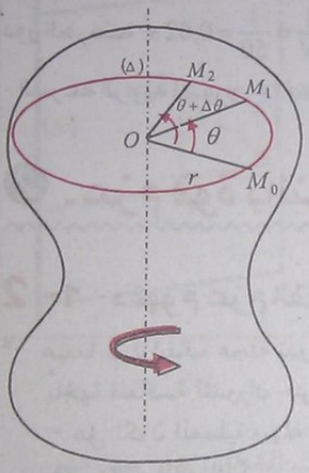


و تدعى الزاوية θ بالفاصلة الزاوية .
كما يدعى القوس $\overset{\frown}{M_0M} = S_M$ الفاصلة المنحنية.
و العلاقة التي تربط هذين المقدارين هي كما يلي :

$$S_M = r.\theta$$

1 -2 سرعة الحركة الدورانية

نفترض أن نقطة مادية M من الجسم الصلب تنتقل في اللحظة t من الموضع الابتدائي M_0 على مسارها إلى الوضع M_1 ماسحة الزاوية θ بحيث $\overset{\frown}{M_0M_1} = r.\theta$



وفي اللحظة $t+\delta t$ تصبح في الوضع M_2 ماسحة الزاوية $\theta+\delta\theta$ بحيث $\overset{\frown}{M_0M_2} = r.(\theta+\delta\theta)$

ففي المجال الزمني δt تكون المسافة المقطوعة هي $\overset{\frown}{M_1M_2} = r.\delta\theta$
فإذا كان المجال الزمني δt قصيرا كفاية ، فإننا نحصل بقسمة الطرفين على δt على سرعة هذه النقطة $v_M = r.\dfrac{\delta\theta}{\delta t}$

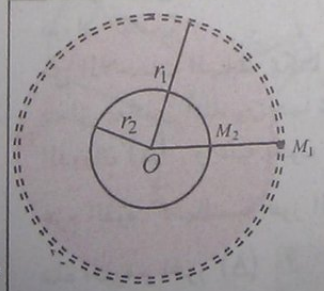
نمثل المقدار $\dfrac{\delta\theta}{\delta t}$ عمليا السرعة الزاوية للدوران (ω) فيكون :

$$v_M = r.\omega$$

يلاحظ من العلاقة أن سرعات النقاط المادية المشكلة للجسم الصلب تكون مختلفة عن بعضها باعتبار أبعادها بالنسبة لمحور الدوران (r) غير ثابتة .

تمرين تدريبي

تدور عجلة بسرعة زاوية قدرها $\omega = \pi\ rad/s$. نصف قطر هذه العجلة هو $r_1 = 40\ Cm$ ، و جذعها عبارة عن قرص صغير ملتحم معه نصف قطره $r_2 = 5\ Cm$.
احسب سرعتي نقطتين ماديتين M_1, M_2 الاولى تقطع على محيط العجلة و الثانية على محيط جذعها .



الحل

علاقة السرعة الخطية بالسرعة الزاوية هي : $v = r.\omega$
العجلة و الجذع يشكلان جسما صلبا يدور حول محوره بالسرعة الزاوية ω . فيكون :
$v_{M1} = r_1.\omega = 0{,}40 \times \pi = 1{,}256\ m/s$ و $v_{M2} = r_2.\omega = 0{,}04 \times \pi = 0{,}157\ m/s$

3- حالة الحركة الدائرية المنتظمة

ما تكون السرعة الزاوية للجسم الصلب الدائر ثابتة تصبح حركة كل نقطة من نقاطه دائرية منتظمة .
الحركة الدائرية المنتظمة تتناسب الزاويا الممسوحة مع الأزمنة اللازمة لمسحها ، فيكون $\theta = \omega.t$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تتميز الحركة الدائرية المنتظمة بالتواتر N (عدد الدورات /ثا) و بدور الحركة T (زمن دورة واحدة) بحيث يكون :

$$T=\frac{2\pi}{\omega} \quad , \quad N=\frac{1}{T} \quad , \quad \omega=2\pi N$$

مثال

عندما يدور محرك كهربائي بمعدل 3000 دورة في الدقيقة نجد حسب ما سبق ما يلي :

- تواتر الحركة $N=3000\,tr/Min=\frac{3000}{60}=50\,tr/s$

دور الحركة $T=\frac{1}{N}=\frac{1}{50}=0,02\,s$

- السرعة الزاوية للدوران $\omega=2\pi N=2\pi\times 50=100\pi\,rad/s$

2 . عزم قوة بالنسبة لمحور

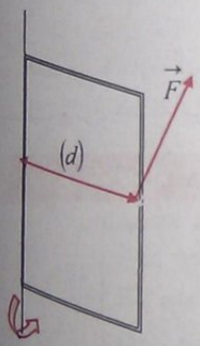
2 -1 مفهوم عزم القوة

- عندما تريد إيقاف عجلة تدور حول محورها فانك تؤثر عليها بقوة مماسية بالجهة المعاكسة للدوران حتى يسهل إيقافها .

– هل تكون العملية سهلة لو كانت نقطة تأثير هذه القوة بقرب محور الدوران ؟

- و عندما تريد أن تفتح بابا فانك تدفعه أو تسحبه من طرفه بقوة عمودية .

– هل تسهل العملية لو كان حامل القوة مائلا أو قريبا من محور دوران الباب ؟



من الملاحظات السابقة يمكننا أن نستنتج بأن الفعل التدويري للقوة يتعلق بعاملين أساسيين هما شدة القوة ، و بعدها العمودي عن محور الدوران (Δ) . و عليه يكون تعريفا :

عزم القوة $\vec{F}$ بالنسبة لمحور الدوران (Δ) هو جداء شدة هذه القوة في البعد العمودي (d) بين حامل هذه القوة و المحور (Δ) $\quad M_{\vec{F}/(\Delta)}=F.d$

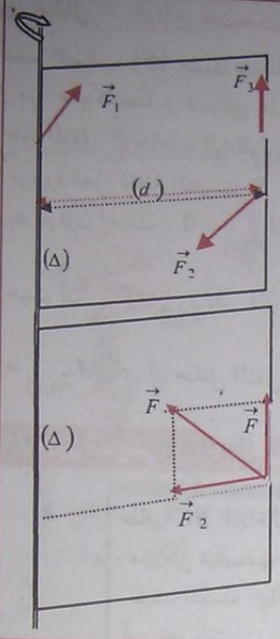
يسمى البعد (d) ذراع القوة . و يقاس العزم بوحدة النيوتن $(N)\times$ المتر (m) .

نتيجة

و لما كان عزم القوة يؤدي إلى دوران الجسم الصلب حول محوره بجهة معينة ، فقد اصطلح على اختيار جهة معينة للدوران موجبة ، فإذا دار الجسم في تلك الجهة كان العزم موجبا ، و إلا فهو سالبا .

1- عندما يكون البعد $d=0$. أي ان حامل القوة يلاقي محور الدوران فانه يكون : $M_{\vec{F}/(\Delta)}=\|\vec{F}\|\times d=0\times 0=0$ و بالتالي لا يكون للقوة أي فعل تدويري مهما بلغت شدتها

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



2- عندما يكون حامل القوة موازيا لمحور الدوران و يقع معه في نفس المستوى فلا يكون للقوة أي فعل تدويري ايضا .

و يكون : $M_{\vec{F}/(\Delta)}=0$.

و في الشكل المجاور يكون:

$M_{\vec{F}_1/(\Delta)}=0$ (لان $\vec{F}_1$ يلاقي المحور (Δ))

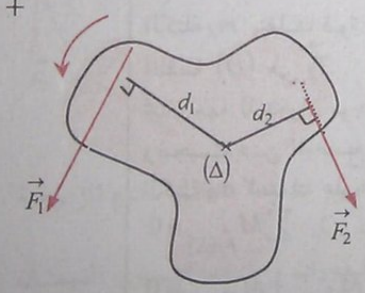
$M_{\vec{F}_2/(\Delta)}=F_2.d$ و $M_{\vec{F}_3/(\Delta)}=0$ (لان $\vec{F}_3 // \Delta$)

3- عندما يكون حامل القوة غير عمودي على مستوي محور الدوران فانه يكون للقوة فعل تدويري ضئيل ، اذ يمكن تحليل القوة إلى مركبتين احداهما تلاقي محور الدوران فلا يكون لها أي فعل ، و الاخرى عمودية على مستوي الدوران فيكون لها فعل تدويري . و في الشكل المجاور يكون :

$$M_{\vec{F}/(\Delta)}=M_{F_1/(\Delta)}+M_{F_2/(\Delta)}=F_1.d+0=F_1.d$$

2-2 نظرية العزوم

نعتبر جسما صلبا (S) قابل للدوران حول محوره (Δ) العمودي على مستوى الشكل . فإذا خضع هذا الجسم لقوتين $\vec{F}_1, \vec{F}_2$ (الشكل المجاور) و باعتبار الجهة الموجبة للدوران هي بعكس جهة دوران عقارب الساعة فانه يكون :



- عزم القوة $\vec{F}_1$ بالنسبة لمحور الدوران (Δ) موجب لأنه يدير الجسم في الاتجاه الموجب : $M_{\vec{F}_1/(\Delta)}=F_1.d_1$.

- عزم القوة $\vec{F}_2$ بالنسبة لمحور الدوران (Δ) سالب لأنه يدير الجسم في الاتجاه السالب $M_{\vec{F}_2/(\Delta)}=-F_2.d_2$.

و حتى يبقى الجسم متزنا تحت تأثير هذين العزمين فإنه يكون:

$$M_{\vec{F}_1/(\Delta)}+M_{\vec{F}_2/(\Delta)}=O$$

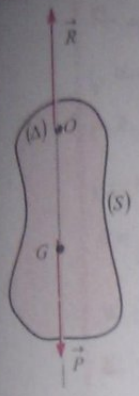
تعميم

عندما يخضع الجسم الصلب لمجموعة قوى ، فانه يمكن تعميم النتيجة السابقة بشكل نظرية عامة تدعى نظرية العزوم كما يلي :

يتزن الجسم الصلب القابل للدوران حول محور (Δ) و الخاضع لعدة قوى إذا كان المجموع الجبري لعزوم هذه القوى بالنسبة لمحور الدوران معدوما :

$$\sum M_{\vec{F}/(\Delta)}=0$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



مثال : توازن جسم صلب مثبت

الجسم الصلب (S) مثبت بنقطة (O) منه ، بحيث يكون حر الحركة حول محور مار من هذه النقطة و عمودي عليه ، فهو يخضع لتأثير قوتين :

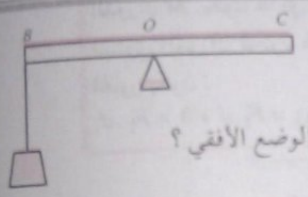
- قوة الثقل $\vec{P}$ حاملها الشاقول و جهتها نحو الأسفل .
- قوة رد فعل نقطة التثبيت $\vec{R}$.

شرط توازن الجملة : $M_{\vec{P}/(\Delta)} + M_{\vec{R}/(\Delta)} = 0$

و حيث أن $M_{\vec{R}/(\Delta)} = 0$ لان $\vec{R}$ يمر من محور الدوران فيكون:

$M_{\vec{P}/(\Delta)} = 0$ أي ان حامل الثقل $\vec{P}$ يجب أن يمر من محور الدوران (Δ) أيضا .

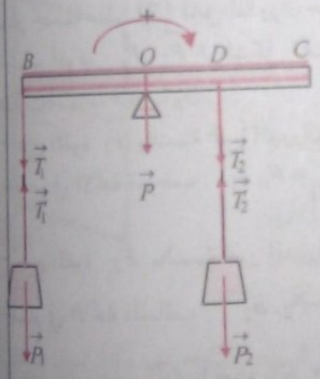
تمرين تدريبي



ساق BC قابلة للدوران حول محور مار من منتصفها (O) .
تثبت الكتلة $m_1 = 200g$ في طرفها (B) .
أين يجب تثبيت الكتلة $m_2 = 400g$ حتى تتوازن في الوضع الأفقي ؟

الحل

نفترض أن نقطة تثبيت الكتلة m_2 من الساق هي (D).



تحدث الكتلة m_1 بثقلها قوة شد في الخيط عند النقطة (B) هي $\vec{T_1}$. و تحدث الكتلة m_2 بثقلها قوة شد في الخيط عند النقطة (D) هي $\vec{T_2}$.

نختار جهة للدوران موجبة كما في الشكل ونبحث عن الوضع D لنقطة تثبيت الكتلة m_2 اعتمادا على نظرية العزم :

$$\sum M_{\vec{F}/(\Delta)} = 0$$

$$M_{\vec{T_1}/(\Delta)} + M_{\vec{P_1}/(\Delta)} + M_{\vec{T_2}/(\Delta)} = 0$$

ومنه نجد: $-T_1 . \overline{BO} + 0 + T_2 . \overline{DO} = 0$ (لان ثقل الساق $\vec{P}$ يلاقي المحور (Δ))

و في حالة التوازن يكون $P_1 = T_1$ ، $P_2 = T_2$

فإذا كان طول الساق هو l فان $BO = \frac{l}{2}$ ، بالتعويض ينتج $-P_1 . \frac{l}{2} + P_2 . \overline{DO} = 0$

أي أن $P_2 . \overline{DO} = P_1 . \frac{l}{2}$.

ومنه يكون $\overline{DO} = \frac{P_1 . \frac{l}{2}}{P_2} = \frac{m_1 g . l}{2 m_2 g} = 0,25\, l$ إذن $\overline{DO} = \frac{l}{4}$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

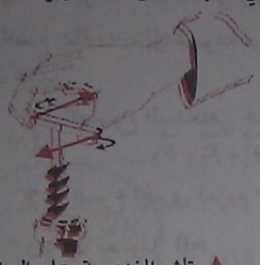
2- 2 مزدوجة القوى

تعريف المزدوجة

المزدوجة هي زوج من القوى المتوازية و المتساوية في الشدة و المتعاكسة في الجهة ، تحاولان تدوير الجسم في جهة معينة. نرمز لها بـ $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ أو بالرمز M_C.

من أمثلة المزدوجات ما يلي:

- مزدوجة القوى التي تؤثر من طرف الساق على مقود السيارة لتديره .
- مزدوجة القوى المؤثرة من طرف الأصابع على الحنفية بغية فتحها . و المزدوجة المؤثرة على سدادة الفلين لفتحها .



▲ تاثير المزدوجة على الحنفية

عزم المزدوجة

نعتبر مزدوجة القوى $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ المؤثرة على جسم صلب في نقطتين A, B منه كما في الشكل بحيث يستطيع الجسم الدوران حول محوره (Δ) عمودي على مستوى الشكل ومار من مركزه (O) . يكون :

$$M_{\vec{F}_1/(\Delta)} = F_1.\overline{AO}$$

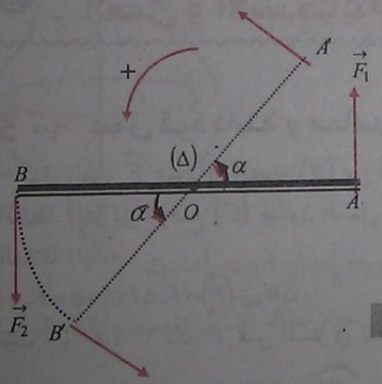
$$M_{\vec{F}_2/(\Delta)} = F_2.\overline{BO}$$

و عزم المزدوجة $(\vec{F}_1, \vec{F}_2)$ هو :

$$M_C = M_{\vec{F}/(\Delta)} + M_{\vec{F}/(\Delta)} = F_1.\overline{AO} + F_2.\overline{BO}$$

يدعى البعد AB بين نقطتي تأثير القوتين $(\vec{F}_1; \vec{F}_2)$ بذراع المزدوجة d فيكون :

$$M_C = F_1.d$$

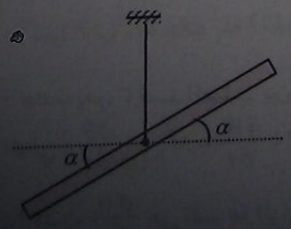


المزدوجة المحركة و المزدوجة المقاومة لمحرك

يحتوي المحرك الكهربائي على قسم دائر يدعى جذع المحرك يدور حول محور بسرعة تتعلق بعزم المزدوجة المحركة (الناشئة عن القوة) و المزدوجة المعيقة (الناشئة عن الاحتكاكات).

فعند الإقلاع تكون المزدوجة المحركة اكبر من المقاومة ، فتزداد سرعة الدوران. و عندما تتساوى القيمتان يصبح الدوران ذا سرعة ثابتة .

مزدوجة الفتل



نثبت ساقا متجانسة من وسطها بسلك. وابتداء من وضع التوازن الأفقي ندير الساق في مستويها الأفقي حول سلك التعليق بزاوية معينة (α) ثم نتركها حرة لحالها . فنلاحظ أن الساق تدور بعكس الاتجاه الذي أدرناه فيه ، لتعود دائرة إلى وضع توازنها .

فعند إدارة الساق حول نفسها بالزاوية (α) تنشأ بالسلك مزدوجة ثانية تسمى مزدوجة الفتل يتناسب عزمها مع زاوية الفتل (α) و يعاكسه في الإشارة ، يعطى بالعلاقة :

$$M_t = -C\alpha$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

و يدعى الثابت C ثابت فتل السلك ، و هو مقدار مميز له يتعلق بطبيعة مادته و يتناسب عكسا مع طوله

(حيث K ثابت التناسب) $C=\frac{K}{l}$

2-3 الشرط العام لتوازن جملة ميكانيكية

عندما تخضع جملة مادية إلى مجموعة من القوى الكيفية و تكون متزنة في مرجع ارضي، يكون الشرطان التاليان محققين :

1- المجموع الشعاعي لجميع القوى الخارجية المؤثرة على الجملة ، يكون معدوما :

$\vec{F_1}+\vec{F_2}+\vec{F_3}.....=\vec{0}$

2- المجموع الجبري لعزوم القوى المؤثرة ، بالنسبة لمحور (Δ) الذي بإمكان الجملة أن تدور حوله

و يكون معدوما $\sum_{\vec{F}/(\Delta)}=0$

و هذان الشرطان لازمان و لكن غير كافيين.

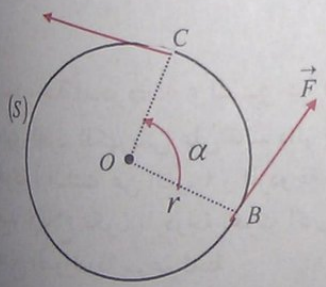
3 . العمل و الاستطاعة في الحركة الدورانية

3-1 عمل قوة ثابتة و مماسية للمسار

- تؤثر القوة $\vec{F}$ مماسيا في النقطة (B) من الجسم (S) فيدور حول (O) بزاوية α و تنتقل النقطة (B) إلى الوضع (C) فيكون العمل العنصري خلال الانتقال العنصري Δl على المسار معطى بالعلاقة التالية :

$\Delta W_{BC}(\vec{F})=F.\Delta l.Cos\alpha=F.\Delta l$

حيث : $Cos\alpha=1$ لان $\vec{F}$ تمس المسار في نقطة التماس .



و يكون العمل الكلي خلال الانتقال $\overset{\frown}{BC}$ هو :

$W_{BC}(\vec{F})=\sum F.\Delta l=F\sum\Delta l=F.\overset{\frown}{BC}$

و لدينا $\overset{\frown}{BC}=r\times\alpha$ فيكون $W_{BC}(\vec{F})=F.r.\alpha$

و حيث أن : $F.r=M_{\vec{F}/(\Delta)}$ نحصل على العلاقة التالية

$$W(\vec{F})=M_{\vec{F}/(\Delta)}\times\alpha$$

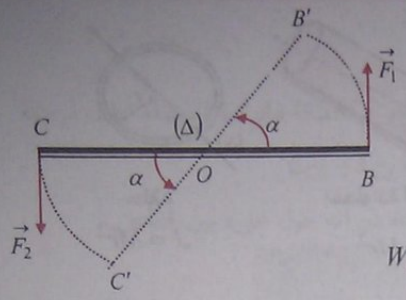
- عندما يدور الجسم الصلب بين لحظتين $t,t+\delta t$ زاوية $\delta\theta$ فان استطاعة العمل تكون بالشكل التالي : $P=\frac{\delta W}{\delta t}=M_{\vec{F}/(\Delta)}.\frac{\delta\theta}{\delta t}$

فإذا كانت $\frac{\delta\theta}{\delta t}$ هي السرعة الزاوية للدوران في اللحظة t فانه يكون :

$$P=M_{\vec{F}/(\Delta)}.\omega$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3 - 2 عمل مزدوجة ثابتة



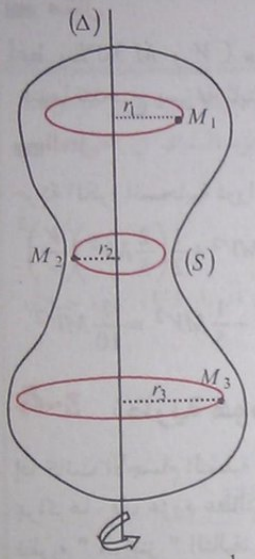
تحاول مزدوجة القوى $\left(\vec{F}_1, \vec{F}_2\right)$ تدوير الجسم بزاوية (α) بجهة معينة فيكون عمل كل قوة هو :

$$M_{\vec{F}_1/(\Delta)} = F_1.\overset{\frown}{BB'} = F_1.BO.\alpha$$

يكون عمل المزدوجة هو $W_C = F_1(BO+OC).\alpha = F_1.BC.\alpha$

المقدار $F_1.BC = M_C$ يمثل عزم المزدوجة فيكون :

$$W_C = M_C \times \alpha$$



4 - الطاقة الحركية لجملة دورانية

4 - 1 مفهوم الطاقة الحركية الدورانية

نعتبر جسما صلبا (S) يدور حول محوره الثابت (Δ).

تكون الطاقة الحركية لكل نقطة مادية منه من الشكل $E_{C1} = \frac{1}{2}mv^2$

و الطاقة الحركية الكلية للجسم الصلب هي :

$$E_C = \sum \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m_1v_1^2 + \frac{1}{2}m_2v_2^2 + ...$$

فإذا كانت (ω) هي السرعة الزاوية للدوران يكون :

$v_1 = \omega r_1$, $v_2 = \omega r_2$ ..... ومنه :

$$E_C = \frac{1}{2}m_1\omega^2 r_1^2 + \frac{1}{2}m_2\omega^2 r_2^2 + ... = \frac{1}{2}\left(m_1 r_1^2 + m_2 r_2^2 + ...\right)\omega^2 = \frac{1}{2}\left(\sum m r^2\right)\omega^2$$

إن المقدار $\sum Mr^2$ يمثل ممانعة الجسم الصلب للدوران و يدعى بعزم عطالة الجسم الصلب (S) بالنسبة لمحوره فيكون:

$$J_{(\Delta)} = \sum Mr^2$$

وحدة J هي $Kg \times m^2$. وتصبح عبارة الطاقة الحركية الدورانية للجسم (S) هي كما يلي :

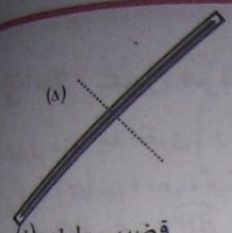
$$E_C = \frac{1}{2}J\omega^2$$

إذا كان الجسم الصلب يتحرك حركة انسحابية ودورانية معا (كتدحرج عجلة) فان طاقته الحركية الكلية تعطى بالمجموع التالي $E_C = \frac{1}{2}Mv^2 + \frac{1}{2}J_{(\Delta)}\omega^2$

4 - 2 عزوم عطالة بعض الأجسام الدورانية

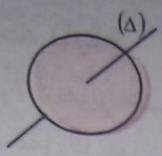
يمكن إعطاء عزوم عطالة بعض الأجسام الدورانية المتجانسة بالنسبة لمحاورها ، بالعلاقات التالية المحسوبة بطريقة رياضية لا مجال لذكرها هنا :

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



قضيب طوله (l)

$J = \frac{1}{12} M\ l^2$



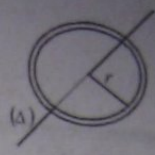
كرة

$J = \frac{2}{5} Mr^2$



اسطوانة او قرص

$J = \frac{1}{2} Mr^2$



حلقة

$J = Mr^2$

مثال

أعط بدلالة(M و V) عبارة الطاقة الحركية لكرة كتلتها M و نصف قطرها r عندما تتدحرج بسرعة ثابتة قيمتها (V) على مستوى أفقي.

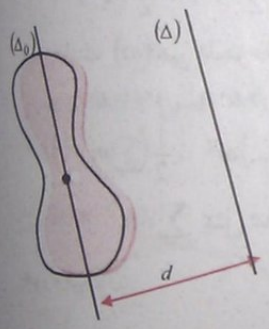
الحل

حركة الكرة انسحابية دورانية ، فيكون :

$$E_C = \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}J\omega^2 = \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}\left(\frac{2}{5}Mr^2\right)\left(\frac{V}{r}\right)^2$$

$$= \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{5}MV^2 = \frac{7}{10}MV^2$$

3-4 نظرية هويجنز[1]



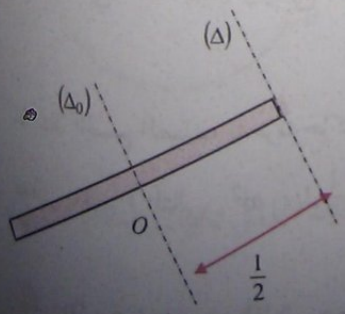
إذا كانت الأجسام الصلبة تدور أثناء حركتها حول محاور خارجية لا تمر بمراكزها ، فان عزوم عطالتها بالنسبة لهذه المحاور ، تحسب اعتمادا على نظرية " هويجنز " التالية:

عزم عطالة جسم صلب بالنسبة لمحور خارجي (Δ) لا يمر من مركزه ، يكون مساويا إلى عزم عطالته (J_0) بالنسبة لمحوره (Δ_0) ، مضافا إليه جداء كتلته في مربع البعد بين المحورين المتوازيين $J = J_0 + md^2$

مثال

أوجد عزم عطالة قضيب طوله (l) و كتلته (m) بالنسبة لمحور (Δ) عمودي على مستويه ومار من طرفه .

الحل



عزم عطالة القضيب بالنسبة لمحوره هو $J_0 = \frac{1}{12} m l^2$

وعزم عطالته بالنسبة للمحور الخارجي هو :

$$J = J_0 + mB^2 = \frac{1}{12} m l^2 + m\left(\frac{l}{2}\right)^2 = \frac{m l^2 + 3m l^2}{12}$$

إذن $J = \frac{1}{3} m l^2$.

[1] - هويجنز: فيزيائي مهندس وفلكي هولندي من اكبر العلماء على مر العصور. اشتغل بفرنسا من 1665 إلى 1680 اهتم بعلم الإحصاء اخترع الرقاص ووضع عدة نظريات. اهتم بالدراسات الفلكية ورصد الكواكب. اعطى تفسيرا موجيا لطبيعة الضوء عام 1678.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4-4 العمل و تغير الطاقة الحركية

رأينا سابقا حسب مبدأ انحفاظ الطاقة أن العمل الميكانيكي هو تغير في الطاقة الحركية للجملة خلال مرحلة انتقالها تحت تأثير القوى الخارجية المؤثرة عليها $E_{CB}-E_{CA}=\sum_{AB}(\vec{F}_{ext})$

وتبقى هذه العلاقة صحيحة في الحركة الدورانية لجسم صلب أثناء دورانه حول محوره بين لحظتين :

$$\frac{1}{2}J_{(\Delta)}\omega_2^2-\frac{1}{2}J_{(\Delta)}\omega_1^2=\sum W_{1\to2}(\vec{F}_{ext})$$

تمرين تدريبي

يبدأ محرك دورانه ابتداء من السكون ليبلغ السرعة 3600 دورة / دقيقة تحت تأثير مزدوجة محركة عزمها ثابت بالنسبة لمحور الدوران . إذا كان عزم عطالة الجزء الدائر في المحرك هو $J=82\times10^{-5}Kg\times m^2$ فأوجد :

1 – الطاقة الحركية التي تكتسبها الجملة أثناء هذه الفترة .

2 – عمل المزدوجة المحركة

3 – عزم هذه المزدوجة بالنسبة لمحور الدوران إذا علمت أن المحرك قد دار 100 دورة خلال هذه المدة .

الحل

1– الطاقة الحركية الدورانية للجملة : $E_C=\frac{1}{2}J_{(\Delta)}\omega^2$

ω هي السرعة الزاوية المكتسبة في نهاية الفترة ونحسبها من العلاقة :

$\omega=2\pi N$ حيث N تواتر الحركة $N=\frac{3600}{60}=60\,Tr/s$.

ومنه يكون: $\omega=2\pi\times60=120\pi\,rad/s$ نجد: $E_C=\frac{1}{2}\times82\times10^{-5}\times(120\pi)^2\cong59\,j$

2– وبتطبيق العلاقة بين تغير الطاقة الحركية والعمل المستخرجة من المعادلة العامة لحفظ الطاقة بين اللحظة $t=0$ ، و اللحظة t التي يبلغ فيها المحرك سرعة الدوران السابقة يكون :

$E_{C_2}-E_{C_1}=\sum W_{1\to2}(\vec{F}_{ext})$ نجد . $E_{C_2}-0=W$

بإهمال كافة المقاومات فان العمل الوحيد هو عمل المزدوجة المحركة W فيكون:

$W=E_{C2}=59\,j$

3– إن عمل المزدوجة يعطى بالعلاقة $W=M\times\alpha$ فيكون $W=\frac{M}{\alpha}$

حيث α هي الزاوية التي دارها المحرك . نجد ما يلي:

$\alpha=2\pi\times100=200\pi\,rad$.

ومنه $M=\frac{59}{200\pi}=9{,}39\times10^{-2}\,N\times m$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

خلاصة الدرس

1 - تدور مجموعة النقاط المشكلة للجسم الصلب بنفس السرعة الزاوية التي يدور بها حول محوره.
و تعطى سرعة كل نقطة بالعلاقة $v = r.\omega$

2 - يتعين موضع الجسم الصلب الدائر في كل لحظة بموقع نقطة مادية منه $S_M = r.\theta$.

3 - عندما تكون حركة الجسم الصلب دائرية منتظمة تكون زاوية الدوران معطاة بالعلاقة $\theta = \omega t$
و تعطى عناصر الحركة بالعلاقات $\omega = 2\pi N$ و $N = \frac{1}{t}$ و $T = \frac{2\pi}{\omega}$.

4 - يتمثل الفعل التدويري للقوة بعزم هذه القوة بالنسبة لمحور الدوران $M_{\vec{F}/(\Delta)} = F.d$ و لا يكون لهذه القوة أي فعل إذا كان حامل القوة يلاقي محور الدوران أو يقع معه في نفس المستوى.

5 - يتزن الجسم الصلب القابل للدوران حول محور ثابت إذا كان المجموع الجبري لعزوم القوى المؤثرة عليه بالنسبة لهذا المحور معدوما $\sum M_{\vec{F}/(\Delta)} = 0$.

6 - يعطى عزم مزدوجة القوى الثابتة بالنسبة لمحور الدوران بالعلاقة : $M_C = F.D$.
حيث D هو ذراع المزدوجة.

7 - يعطى عمل قوة ثابتة ومماسية للمسار في الحركة الدورانية بالعلاقة $W(\vec{F}) = M_{\vec{F}/(\Delta)}.\theta$.
و تعطى علاقة الاستطاعة اللحظية بـ : $P = M_{\vec{F}/(\Delta)}.\omega$.

8 - تعطى عبارة الطاقة الحركية الدورانية بالعلاقة : $E_C = \frac{1}{2}J_{(\Delta)}\omega^2$ ويكون التغير في الطاقة الحركية لجملة ميكانيكية بين لحظتين معطى بالعلاقة :

$$\frac{1}{2}J_{(\Delta)}\omega_2^2 - \frac{1}{2}J_{(\Delta)}\omega_1^2 = \sum W_{1\to 2}(\vec{F}_{ext})$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاطات تجريبية



تغير الطاقة الحركية لجملة دورانية

تجربة 1

يسمح برنامج معين بحساب الطاقة الحركية لقرص يدور حول محوره بحركة متسارعة ، بحساب طاقته الحركية الدورانية من اجل تواترات معينة N ليبلغها أثناء دورانه حسب الجدول التالي :

$N(t_r/s)$	2	4	6	8	10
$E_C(j)$	0,32	1,28	2,88	5,12	8,00

1- ارسم بيان الدالة $E_C = f(N^2)$ ، ماذا تستنتج ؟

2- احسب الميل البياني . ما هو المعنى الفيزيائي لهذا الميل ؟

-استنتج عزم عطالة القرص الدائر بالنسبة لمحور دورانه .

تجربة 2

يعطى الجدول من اجل التواترات السابقة (N) عدد الدورات الكلية (N') التي ينجزها القرص في كل لحظة :

$N(t_r/s)$	2	4	6	8	10
$N'(tr)$	2,55	10,20	22,93	40,10	63,70

1- ارسم الخط البياني لتغيرات الطاقة الحركية للقرص بدلالة الزاوية (α) التي يمسحها نصف القطر الدائر : $E_C = f(\alpha)$. ماذا تستنتج ؟

2- استخرج بالاعتماد على البيان:

ا) عزم القوة الثابتة $\vec{F}$ المؤثرة على القرص بالنسبة لمحور دورانه .

ب) شدة هذه القوة إذا كانت تؤثر عموديا على بعد $r = 5\,Cm$ من محور دوران القرص .

تحليل التجربتين

التجربة الأولى

علاقة الطاقة الحركية بمربع التواتر

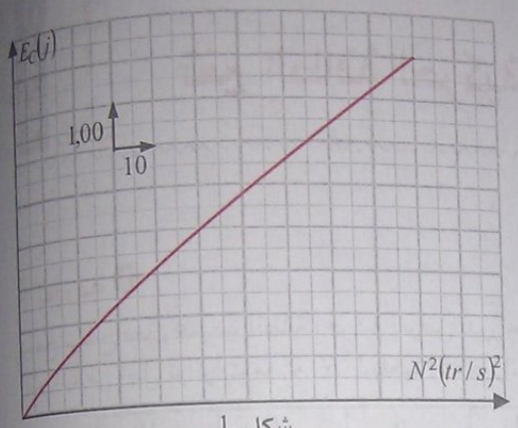
1- رسم البيان : $E_C = f(N^2)$:

- مقياس الرسم :

$1j \longrightarrow$ الوحدة شاقوليا ، الوحدة أفقيا $\longrightarrow 10\,(tr/s)^2$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$N^2(t_r/s)^2$	4	16	36	64	100
$E_C(j)$	0,32	1,28	2,88	5,12'	8,00



شكل -1

نحصل على البيان المرفق . (شكل -1)

الاستنتاج

البيان : $E_C = f(N^2)$ عبارة عن خط مستقيم معادلته من الشكل : $E_C = a\,N^2$. فالطاقة الحركية المكتسبة في كل لحظة تتناسب مع مربع التواتر و بالتالي مع مربع السرعة الزاوية المكتسبة .

2- حساب ميل المستقيم :

$$a = \frac{\Delta E_C}{\Delta N^2} = \frac{8-0,32}{100-4} = 0,08$$

- إيجاد المعنى الفيزيائي للميل :

لدينا معادلة البيان $E_C = aN^2 \ldots\ldots(1)$

ومن جهة أخرى فان الطاقة الحركية للجملة الدورانية تكون بالشكل التالي :

$$E_C = \frac{1}{2}J\omega^2 = \frac{1}{2}J(2\pi N)^2 = 2\pi^2 JN^2 = aN^2 \ldots\ldots(2)$$

من العلاقتين (1) ، (2) نجد أن $a = 2\pi^2 j$ حيث j هو عزم عطالة القرص الدائر بالنسبة لمحور دورانه . فيكون :

$$j = \frac{a}{2\pi^2} = \frac{0,08}{2\pi^2} \approx 4\times10^{-3}\,Kg\times m^2$$

التجربة الثانية

علاقة الطاقة الحركية بزاوية الدوران

1- رسم البيان : $E_C = f(\alpha)$

يسمح عدد الدورات الكلية (N') للقرص في كل لحظة بمعرفة زاوية الدوران حسب العلاقة : $\alpha = 2\pi N'$. نحصل على الجدول التالي بمساعدة الجدول السابق :

$E_C(j)$	0,32	1,28	8, 88	5,12	8,00
$\alpha(rad)$	$5,1\pi$	$20,4\pi$	$45,86\pi$	$80,2\pi$	$127,4\pi$

- مقياس الرسم :

الوحدة أفقيا $\longrightarrow 10\pi\,rad$

الوحدة شاقوليا $\longrightarrow 1,00\,j$

نحصل على البيان المرفق . (شكل -2)

الاستنتاج

البيان : $E_C = f(\alpha)$ عبارة عن خط مستقيم معادلته من الشكل: $E_C = a'\alpha$ فالطاقة الحركية المكتسبة تتناسب مع الزاوية الممسوحة .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2- استنتاج قيمتي $F , M_{\vec{F}/(\Delta)}$:

أ) لدينا بيانيا: $E_C = a'.\alpha$.....(1)

ومن ناحية أخرى فان التغير في الطاقة الحركية للجملة يكون مساويا لعمل القوة المطبقة عليها :

$$E_{C_2} - E_{C_1} = E_C = W_{1\to 2}(\vec{F})$$

وحيث أن $E_{C_1} = 0$ لان الحركة تتم ابتداء من السكون.

و أن $W(\vec{F}) = W_{\vec{F}/(\Delta)}.\alpha$ ، فيكون :

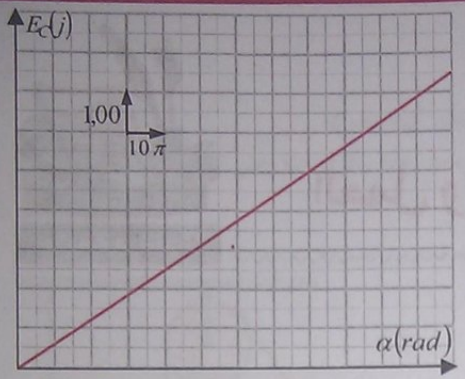
$$E_C = W_{\vec{F}/(\Delta)}.\alpha .....(2)$$

من العلاقتين (1) ، (2) نجد :

$$a' = M_{\vec{F}/(\Delta)} = \frac{\Delta E_C}{\Delta \alpha} = \frac{8-0,32}{(127,4-5,1)\pi} = 0,02\ N\times m$$

ب) لدينا $M_{\vec{F}/(\Delta)} = F.r$ ومنه نجد :

$$F = \frac{M_{\vec{F}/(\Delta)}}{r} = \frac{0,02}{0,05} = 0,4N$$



شكل -2

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



العمل و الآلات البسيطة

يستخدم الإنسان في حياته اليومية كثيرا من الأجهزة و الآلات التي تساعده على إنجاز عمله اليومي و تسهل له كثيرا من الأمور دون بذل جهد عضلي كبير. و سنتطرق في هذا الفصل إلى بعض الآلات الميكانيكية البسيطة التي تقوم بعمل كبير باستخدام قوة صغيرة كما سنرى مثل البكرة ، الملفاف، الرافعة .



1. البكرة

تستخدم البكرة في رفع ثقل كبير إلى علو معين بالاستعانة بحبل يمر على محيطها و يجر هذا الثقل . و هي على نوعين :
بكرة ثابتة و بكرة متحركة .

1 - 1 البكرة الثابتة

تكون البكرة ثابتة عندما يبقى محورها ثابتا أثناء الدوران .

- **شرط التوازن :**

شرط توازن الجسم (S) هو :

$$\vec{P}+\vec{T}=0 \rightarrow P=T \ldots\ldots(1)$$

شرط توازن البكرة هو :

$$\sum M_{\vec{F}/\Delta}=0 \rightarrow F.r-T'.r=0 \rightarrow F=T' \ldots\ldots(2)$$

و حسب مبدأ الفعلين المتبادلين يكون : $T=T'$

من (1) و (2) نجد أن : $F=P$ وهو شرط التوازن .

- **انحفاظ العمل**

عندما يرتفع الثقل $\vec{P}$ مسافة AB فان نقطة تطبيق هذه القوة تنتقل من A إلى B و عندها فان أية نقطة من الفرع الآخر للحبل و الذي يخضع إلى قوة السحب $\vec{F}$ تنتقل بنفس المسافة $A'B'$. فيكون

- عمل $\vec{F}$ محركا : $W_M=F.A'B'$

- و عمل $\vec{P}$ مقاوما: $W_R=-P.AB$

وحيث أن : $F=P$ من شرط التوازن فنجد ما يلي : $W_m=W_R$

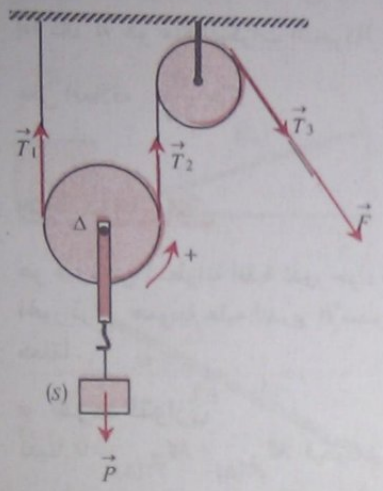
فالعمل إذن محفوظ في البكرة الثابتة .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1 - 2 البكرة المتحركة

نقول عن بكرة أنها متحركة ، عندما لا يبقى محور دورانها ثابتا أثناء الحركة .
عند استعمال بكرة متحركة لرفع ثقل معين فإننا نستعمل معها عادة بكرة ثابتة حتى تسهل عملية الرفع ، ونسمي المجموعة المتشكلة بـ : البكر المزدوج

▪ شرط التوازن



نعتبر أن ثقل البكرة المتحركة مهملا أمام الثقل المراد رفعه فيكون عند التوازن :

$\vec{P}+\vec{T_1}+\vec{T_2}=\vec{0}$ (البكرة متحركة)

أي أن: $T_1+T_2=P$.....(1)

كذلك $\vec{T_2}+\vec{T_3}=\vec{0}$ (البكرة ثابتة)

أي أن $T_1=T_3$.

و حيث أن : $T_3=F$ يكون بالتعويض في (1) ما يلي

$T_1+F=P$.....(2)

و يكون أيضا :

$M_{\vec{P}/(\Delta)}+M_{\vec{T_1}/(\Delta)}+M_{\vec{T_2}/(\Delta)}=\vec{0}$ فيكون :

$T_2.r-T_1.r=0 \rightarrow T_2=T_1$

ولما كان $T_2=T_3=F$ فيكون ، بعد التعويض في (2) :

$P=F+F$ و منه نجد $P=2F$. نحصل على النتيجة النهائية بالشكل $F=\frac{P}{2}$

فشدة القوة المطبقة على البكرة المتحركة تساوي فقط نصف ثقل الجسم . فهي عمليا أحسن من البكرة الثابتة .

▪ انحفاظ العمل

عندما يرتفع مركز ثقل الجسم بمسافة l يقل كل من فرعي الخيط على جانبي البكرة بالمسافة l فتنتقل أية نقطة من نقاط فرع الحبل الذي يخضع إلى القوة $\vec{F}$ بالمسافة $2l$.

فيكون :

عمل القوة $\vec{F}$ محرك $W_m=F.2l$

عمل الثقل مقاوم $W_R=-P.l$

لكن $F=\frac{P}{2}$ (حسب شرط التوازن)

إذن $W_R=-2F.l$. ومنه نجد $W_R=W_m$. فالعمل إذن يكون محفوظا.

1 - 3 البكر المزدوج

عند استعمال بكر مزدوج يتكون من بكرتين ثابتتين و بكرتين متحركتين يكون :

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

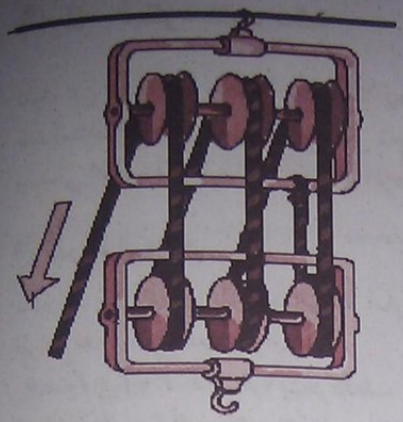
$$F=\frac{P}{2\times 2}=\frac{P}{4}$$

- و عند استعمال بكر مزدوج يتكون من ثلاث بكرات ثابتة و ثلاثة متحركة فانه يكون :

$$F=\frac{P}{2\times 3}=\frac{P}{6}$$

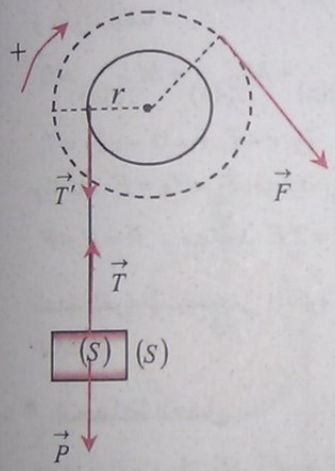
- و في الحالة العامة :

إذا كان n هو عدد البكرات المتحركة(أو الثابتة) فإننا نحصل على العلاقة $F=\frac{P}{2n}$



2. الملفاف

هو عبارة عن اسطوانة أفقية تدور حول محور أفقي مثبت بها و منطبق على محورها الأفقي وقد ثبت بهذا المحور ذراع عمودية عليه لتدوير الاسطوانة .و يلف على محيط الاسطوانة حبل يحمل بنهايته الأخرى ثقلا معلقا .



▪ شرط التوازن

لدينا $M_{\vec{F}/(\Delta)}+M_{\vec{T'}/(\Delta)}=0$ فيكون :

$F.l-T'.r=0$. ومنه نجد :

$$F.l=T'.r.....(1)$$

ومن شرط توازن الجسم (S) : $\vec{P}+\vec{T}=\vec{0}$

يكون : $T=P$. بالتعويض في العلاقة (1) نجد :

$F.l=P.r$ (حيث $T=T'$) . نحصل على النتيجة $F=\frac{r}{l}\times P$

وهو شرط التوازن . و نلاحظ أنه إذا كان $r<l$ فان $F<P$

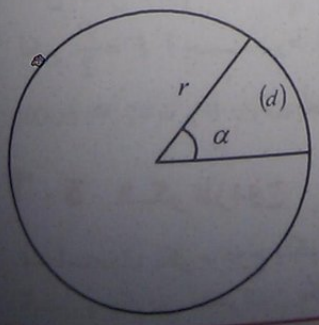
▪ انحفاظ العمل

عندما يرتفع الجسم نحو الأعلى بمسافة d يكون عمل الثقل مقاوما . أي :

$$W_R=-P.d.....(1)$$

و عندما يلتف على محيط الاسطوانة جزء من الحبل طوله d و تكون قد دارت زاوية α بحيث يكون

$d=r\times\alpha\rightarrow\alpha=\frac{d}{r}$



و في نفس الوقت تدور نقطة تطبيق القوة $\vec{F}$ نفس الزاوية α

و يكون عملها محركا وقيمته :

$$W_m=M_{\vec{F}/(\Delta)}.\alpha=F.l\times\frac{d}{r}.....(2)$$

ومن شرط التوازن يكون $F=P\times\frac{r}{l}$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

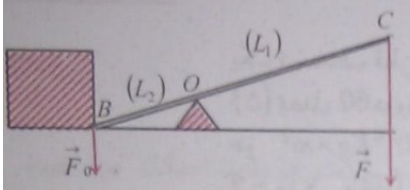
وبالتعويض في العلاقة (2) نجد $W_R = P.\frac{r}{l} \times l \times \frac{d}{r} = P.d = W_R$

ومنه نستنتج أن $W_m = W_R$. إذن فالعمل يكون محفوظا في الملفاف .

3. الرافعة

هي عبارة عن قضيب معدني متين يستطيع الدوران حول محور (Δ) مار من نقطة الإسناد يستعمل لرفع ثقل كبير من على سطح الأرض .

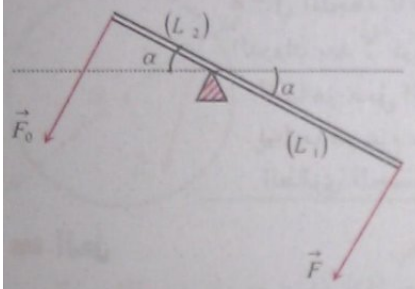
▪ شرط التوازن



لرفع جسم يجب بذل قوة $\vec{F}$ في طرف الرافعة C للتغلب على القوة المقاومة $\vec{F_0}$ في طرف القضيب B أثناء التوازن يكون (باعتبار القوتين متعامدتين تقريبا للرافعة لصغر زاوية الدوران) :

$M_{\vec{F}/(\Delta)} + M_{\vec{F_0}/(\Delta)} = 0$ ومنه نجد $F.L_1 = F_0.L_2$

فنحصل على هذه العلاقة $F = \frac{L_2}{L_1} F_0$



▪ حفظ العمل

لرفع الجسم تدير الرافعة حول محورها (Δ) بزاوية α (عمليا تكون الزاوية α صغيرة مما يسمح ببقاء القوة المقاومة $\vec{F_0}$ عمودية على الرافعة) فيكون عندئذ :

$W_m = W_R(\vec{F}) = M_{\vec{F}/(\Delta)}.\alpha$

(القوة التي تدير الجسم).

ومنه يكون :

$W_m = F.L_1.\alpha$

ومن شرط التوازن لدينا $F = F_0.\frac{L_2}{L_1}$ فيكون :

$W_m = F_0.\frac{L_2}{L_1}.L_1.\alpha$

ومنه نستنتج أن $W_m = W_R$

فالعمل يكون محفوظا أيضا في الرافعة .



▲ رافعة صناعية

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تطبيقات نموذجية

تطبيق 1

بكرة نصف قطرها $r=10\,Cm$ تدور بدون احتكاك حول محورها الثابت (Δ) بمعدل 60 دورة في الدقيقة . علما أن عزم عطالة البكرة بالنسبة لمحور دورانها هو $J=10^{-4}\,Kg\times m^2$

1- ما هي طاقتها الحركية ؟

2- في اللحظة $t=0$ تؤثر مماسيا على البكرة قوة $\vec{F}$ بغية إيقافها فتتوقف على الدوران بعد 5 دورات

أ) ما هو عمل القوة الخارجية $\vec{F}$ التي أوقفت البكرة خلال هذه المرحلة ؟

ب) ما هو عزم هذه القوة بالنسبة لمحور الدوران و ما شدتها ؟ ثم ارسم المخطط الطاقوي للجملة .

الحل

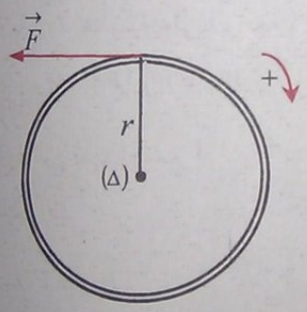
1) الطاقة الحركية للجملة الدورانية $E_{C_1}=\frac{1}{2}j\omega^2$

حيث يكون :

- تواتر الحركة $N=\frac{60}{60}=1\,tr/s$

- السرعة الزاوية $\omega=2\pi N=2\pi\,rad/s$

ومنه يكون $E_{C_1}=\frac{1}{2}j\omega^2=\frac{1}{2}\times10^{-4}\times(2\pi)^2=2\times10^{-3}\,j$



2) أ) خلال مرحلة التوقف تعطي معادلة انحفاظ الطاقة ما يلي

$$E_{C_2}-E_{C_1}=W_{1\to2}(\vec{F})$$

$$W_{1\to2}(\vec{F})=0-E_{C_1}=-2\times10^{-3}\,j$$

ب) إيجاد عزم القوة $\vec{F}$ بالنسبة لمحور الدوران (Δ)

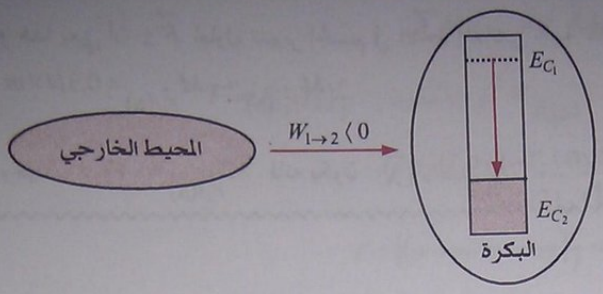
الزاوية الممسوحة خلال مرحلة التوقف $\alpha=2\pi N'=10\pi\,rad$

من العلاقة $W(\vec{F})=M_{\vec{F}/(\Delta)}\times\alpha$ يكون $M_{\vec{F}/(\Delta)}=\frac{W(\vec{F})}{\alpha}=-\frac{2\times10^{-3}}{10\pi}=-63{,}4\times10^{-4}\,N.m$

ومن علاقة العزم $M_{\vec{F}/(\Delta)}=-F.r$ يكون $F=-\frac{M_{\vec{F}/(\Delta)}}{r}=-\frac{(-63{,}4\times10^{-4})}{0{,}10}=63{,}4\times10^{-3}\,N$

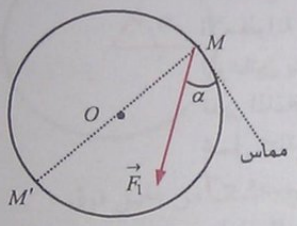
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

- المخطط الطاقوي للجملة يبينها الشكل الجانبي.



تطبيق ❷

قرص دائري نصف قطره $r = 30\,Cm$ يستطيع الدوران بدون احتكاك حول محوره (Δ) المار من وسطه.



1- تؤثر في النقطة (M) من محيط القرص قوة $\vec{F}_1$ شدتها $2N$ بحيث يصنع حاملها زاوية $\alpha = 60°$ مع المماس نحو الداخل.

- احسب عزم هذه القوة بالنسبة لمحور الدوران (Δ).

2- ما هي شدة وجهة القوة $\vec{F}_2$ التي ينبغي أن تؤثر في النقطة M' نظيرة M بالنسبة لـ (O) مماسيا حتى لا يدور القرص؟

الحل

1) نحلل القوة $\vec{F}_1$ إلى مركبتين

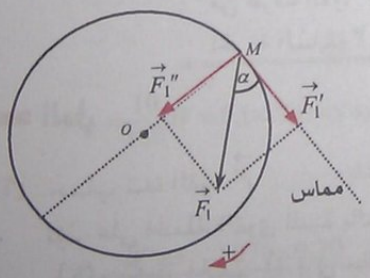
$\vec{F}_1'$ محمولة على المماس.

$\vec{F}_1''$ محمولة على الناظم للمماس (القطر)، بحيث يكون

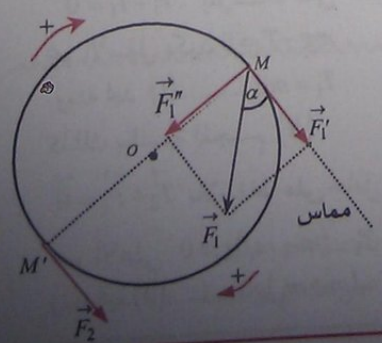
$$M_{\vec{F}_1/(\Delta)} = M_{\vec{F}_1'/\Delta} + M_{\vec{F}_1''/\Delta} = F_1'.r + 0$$

(لان حامل $\vec{F}_1''$ يلاقي المحور (Δ).

إذن $M_{\vec{F}_1/(\Delta)} = F_1' r$. حيث يكون :



$Cos\alpha = \frac{F_1'}{F_1}$ ومنه $F_1' = F_1.Cos\alpha$ وعليه فان :



$$M_{\vec{F}_1/(\Delta)} = F_1'.r = F_1.Cos\alpha \times r = 2 \times \frac{1}{2} \times 0{,}3 = 0{,}3N \times m$$

2) حتى يبقى القرص في حالة التوازن ، يجب أن يكون $M_{\vec{F}_1/(\Delta)} + M_{\vec{F}_2/(\Delta)} = \vec{0}$ أي أن $M_{\vec{F}_1/(\Delta)} = -M_{F_2/(\Delta)}$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

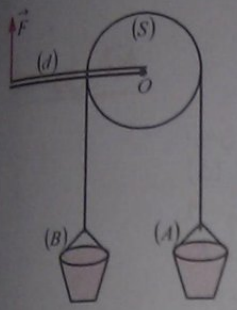
و هذا يعني أن $\vec{F'}_2$ تحاول تدوير الجسم في الاتجاه المعاكس لجهة تدويره من طرف $\vec{F'}_1$ فيكون

$$M_{\vec{F}_2/(\Delta)} = -M_{\vec{F}_1/(\Delta)} = 0,3N\times m$$

وحيث $M_{\vec{F}_2/(\Delta)} = -F_2.r$. فانه يكون

$$F_2 = \frac{M_{\vec{F}_2/(\Delta)}}{r} = \frac{-(-0,3)}{0,3} = 1\,N$$

تطبيق 3



يلتف حبل على محيط اسطوانة ملفاف (S) نصف قطرها $r=20\,Cm$ و ينتهي بوعائين $(A),(B)$ كتلة كل منهما وهما فارغين (m) . تستعمل ذراع طولها $d=40\,Cm$ لتدوير الاسطوانة حول محورها ، بحيث عندما يرتفع احد الوعائين ينزل الأخر .

ندير الملفاف بسرعة ثابتة لرفع الوعاء (B) الذي يحمل كتلة إضافية قدرها $m_1=10\,Kg$ مسافة $10\,m$

1- احسب شدة القوة $\vec{F}$ التي تؤثر عموديا على طرف الذراع أثناء هذه الحركة ، و استنتج مقدار الاستطاعة المبذولة إذا دامت العملية دقيقة واحدة. $g=9,8N/Kg$

2- إذا كانت الاحتكاكات تمتص مقدار 10% من العمل الحقيقي السابق المنجز من طرف القوة $\vec{F}$ ، فما هي شدة القوة الفعلية المبذولة في تدوير الملفاف أثناء الحركة السابقة ؟

الحل

1) حساب شدة القوة $\vec{F}$

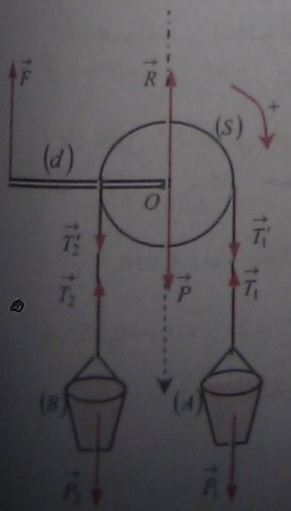
تؤثر على الجملة، القوى المبينة بالشكل أثناء دوران الاسطوانة (S) و يكون الجسم (A) في حالة عطالة لان سرعته ثابتة $\vec{P_1}+\vec{T_1}=\vec{0}$. بالإسقاط على حامل الحركة الموجهة نحو الأسفل يكون $mg-T_1=0$.

ومنه نجد $T_1=mg$.....(1)

كذلك بالنسبة للجسم (B)

$\vec{T_2}+\vec{P_2}=\vec{0}$ بالإسقاط على حامل الحركة الموجه نحو الأعلى $T_1-(m+m_1)g=0$.

ومنه نجد $T_1=(m+m_1)g$.....(2)



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

شرط توازن الملفاف (جملة دورانية) $\sum M_{\vec{F}/(\Delta)}=0$

أي أن $M_{\vec{F}/(\Delta)}+M_{\vec{T_1'}/(\Delta)}+M_{\vec{T_2'}/(\Delta)}=0$ ومنه يكون $F=(T_1'-T_2')\frac{r}{l}$

و حسب مبدأ الفعلين المتبادلين يكون $T_1'=T_1$ ، $T_2'=T_2$.

و بتعويض قيمتي T_1 ، T_2 من (1) ، (2) نجد :

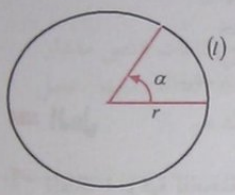
$$F=[(m+m_1)g-mg]\frac{r}{l}=m_1g\frac{r}{l}=10\times9{,}8\times\frac{20}{40}=49N$$

لدينا الاستطاعة المبذولة (3).....$p=\frac{M_{\vec{F}/\Delta}}{t}$. ومنه يكون $W(\vec{F})=M_{\vec{F}/(\Delta)}.\alpha$.

حيث أن α الزاوية التي تدورها الاسطوانة.

و نلاحظ انه عندما يلتف الطول l من الحبل على محيط الاسطوانة و تكون α الزاوية الموافقة ،

فانه يكون $l=r\times\alpha$ ومنه $\alpha=\frac{l}{r}$



و حيث أن $M_{\vec{F}/(\Delta)}=F.d$ يكون بالتعويض في العلاقة (3)

$$p=\frac{M_{\vec{F}/(\Delta)}.\alpha}{t}=F\times l\times\frac{\alpha}{t}=\frac{F\times d}{t}.\frac{l}{r}$$

عدديا

$l=10\,m$ المسافة التي يتحركها كل من الوعائين $(A),(B)$ (نفس الطول الملتف من الحبل فوق محيط الاسطوانة) فيكون $p=\frac{49\times0{,}4\times10}{60\times0{,}20}=16{,}33\,W$

2) العمل الحقيقي المبذول من طرف القوة السابقة $\vec{F}$ هو

$$W\left(\vec{F}\right)=M_{\vec{F}/(\Delta)}\times\alpha=F\times d\times\frac{l}{r}=49\times0{,}4\times\frac{10}{0{,}2}=980\,j$$

و حسب العلاقة $W=p.t$ يكون $W=Pt=16{,}33\times60\cong980\,j$

و عليه فإن مقدار العمل الممتص من طرف قوى الاحتكاك هو $W_R=\frac{10}{100}W=0{,}1\times980=98\,j$

حيث يكون العمل الحقيقي المنجز = العمل المبذول + العمل المقاوم

أي $W'=W+W_R=980+98=1078\,j$

وحسب العلاقة $W'=M_{\vec{F}/(\Delta)}\times\alpha=F\times d\times\frac{l}{r}$ يكون $F=\frac{W'\times r}{d\times l}=\frac{1078\times0{,}20}{0{,}40\times10}=53{,}0N$

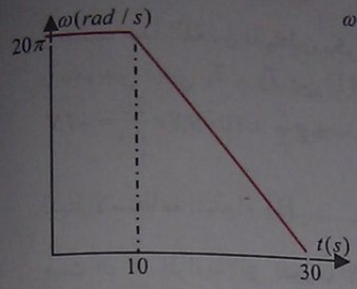
وهي شدة القوة الفعلية المبذولة .

تطبيق 4

عجلة نصف قطرها $r=50\,cm$ عزم عطالتها بالنسبة لمحورها هو $J=4\times10^{-3}\,Kg.m^2$ تدور دون احتكاك حول محورها. في اللحظة $t=10\,s$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تؤثر على محيطها قوة معيقة للحركة $\vec{F}$ فتتباطأ حركتها و تتوقف تماما في اللحظة $t=30\,s$ بعد إنجاز 100 دورة خلال هذه المرحلة .



يبين الشكل المرفق مخطط السرعة الزاوية $\omega(t)$ لحركة العجلة خلال المرحلتين المذكورتين .

1- أحسب الطاقة الحركية E_{C1} للعجلة في اللحظة $t=10\,s$

2- استنتج عدد الدورات المنجزة خلال المرحلة الأولى من الحركة

3-أ) بتطبيق معادلة انحفاظ الطاقة ، احسب عمل القوة $\vec{F}$ ، ثم استنتج عزمها بالنسبة لمحور الدوران ثم قيمة هذه القوة .علما أن الزاوية التي دارتها العجلة خلال المرحلة الأخيرة هي $200\pi\,rad$.

ب) ارسم الحصيلة الطاقوية للجملة خلل المرحلة الأخيرة.

الحل

1- الطاقة الحركية للعجلة في اللحظة $t=10\,s$

السرعة الزاوية للدوران $\omega=20\pi\,rad/s$ فيكون

$$E_{C1}=\frac{1}{2}J\omega^2=\frac{1}{2}\times4\times10^{-3}\times(20\pi)^2\approx8\,j$$

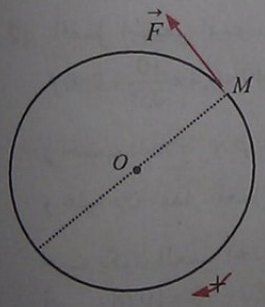
2- إيجاد عدد الدورات N المنجزة خلال المرحلة الأولى من الحركة

السرعة الزاوية للحركة ثابتة و الحركة دائرية منتظمة فيكون حسب قانون الحركة $\theta=\omega t$.

و منه نجد $\theta=20\pi\times10=200\pi\,rad$ الزاوية المسموحة.

خلال كل دورة تكون الزاوية المسموحة هي 2π فيكون:

$\theta=2\pi.N$ و منه نجد $N=\frac{\theta}{2\pi}=\frac{200\pi}{2\pi}=100tr$



3-أ) تطبيق معادلة انحفاظ الطاقة خلال المرحلة الثانية

الطاقة الابتدائية + الطاقة المكتسبة- الطاقة المفقودة = الطاقة النهائية

حيث يكون:

- الطاقة الابتدائية هي E_{C1}
- الطاقة المكتسبة $=0$
- الطاقة المفقودة $W_r=W(\vec{F})$ تحويل ميكانيكي (عمل مقاوم)
- الطاقة النهائية هي $E_{C2}=0$ لأن العجلة تتوقف عن الدوران.

يكون بالتعويض :

$$E_{C1}+W_r=0\longrightarrow W_r=W(\vec{F})=-E_{C1}=-8\,j$$

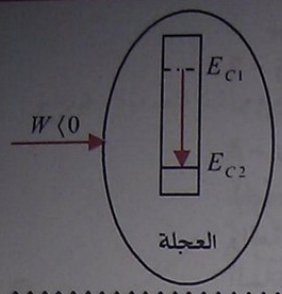
ومن علاقة عمل القوة التي تدير الجسم $W(\vec{F})=M_{\vec{F}/\Delta}.\alpha$ يكون :

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$$M_{\vec{F}/\Delta} = \frac{W(\vec{F})}{\alpha} = \frac{-8}{200\pi} = -12{,}7\times10^{-3}\,N.m$$

و من علاقة العزم $M_{\vec{F}/\Delta} = -F.d$ يكون

$$F = -\frac{M_{\vec{F}/\Delta}}{d} = -\frac{M_{\vec{F}/\Delta}}{r} = \frac{12{,}7\times10^{-3}}{0{,}50} = 25{,}4\times10^{-3}N$$



ب) الحصيلة الطاقوية للجملة حسب الشكل المرفق.

تطبيق 5

يدور محرك ابتداء من السكون تحت تأثير عزم مزدوجة محركة فيبلغ السرعة $1800\,tr/\min$ بعد $30\,s$ من بدء الدوران.
إذا كان عمل المزدوجة المعيقة M_R للحركة المتمثلة في الاحتكاكات يمتص مقدار 10% من عمل المزدوجة المحركة فأوجد بتطبيق معادلة إنحفاظ الطاقة ، مقدار عمل المزدوجة المحركة ، علما أن عزم عطالة الجزء الدائر من المحرك هو $J = 18\times10^{-3}\,Kg.m^2$.

الحل

- إذا كان عزم المزدوجة المحركة هو M_M

فيكون عزم المزدوجة القاومة هو $M_R = \frac{10}{100}M_M = 0{,}1M_M$.

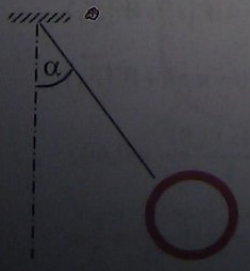
من معادلة انحفاظ الطاقة يكون $E_{C1} + W_M - W_R = E_{C2}$

نجد $0 + W_M - 0{,}1W_M = E_{C2} \longrightarrow 0{,}9W_M = E_{C2}$ و منه يكون $W_M = \frac{E_{C2}}{0{,}9} = \frac{\frac{1}{2}Jw^2}{0{,}9}$

تواتر الحركة $N = \frac{1800}{60} = 30tr/s$ ، السرعة الزاوية للدوران هي $\omega = 2\pi N = 60\pi\ rad/s$

و منه يكون $W_M = \frac{\frac{1}{2}\times18\times10^{-3}\times(60\pi)^2}{0{,}9} = 360J$

تطبيق 6



يتكون نواس من خيط طوله $l = 0{,}80\,m$ يشد حلقة نصف قطرها $r = 20\,Cm$ و كتلتها $m = 100\,g$.

1 - تزاح الجملة ابتداء من وضع التوازن بزاوية $\alpha = 60°$. ثم تترك حرة لحالها ، أوجد

أ) طاقتها الحركية أثناء المرور من وضع التوازن .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

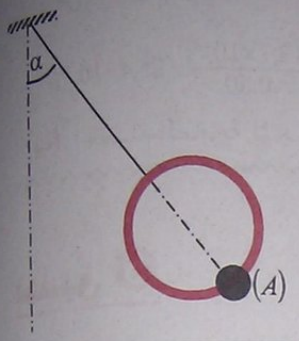
ب) سرعتها الخطية حينئذ .

2 - في الحقيقة أن سرعة المرور من وضع التوازن هي فقط $2,80\ m/s$

- أوجد مقدار عمل القوى المقاومة للحركة أثناء هذا الانتقال .

3 - تثبت كتلة نقطية قدرها $m'=20\ g$ في النقطة (A) من محيط الحلقة ، بحيث انه أثناء التوازن تكون واقعة على الشاقول الحامل للخيط . تعاد التجربة السابقة ($\alpha=60°$) ثم تترك الجملة حرة لحالها . أثناء المرور من وضع التوازن تنفلت الكتلة (m') . بإهمال الاحتكاك

- أوجد مقدار الزاوية الجديدة التي ينفرج بها الخيط عن الشاقول (A) من الجانب الأخر .



الحل

1) بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة بين اللحظتين $t=0$ (الوضع الابتدائي (1) الموافق للزاوية $\alpha=60°$) و اللحظة t (الوضع النهائي (2)) الموفق للحظة المرور بوضع التوازن ، نجد :

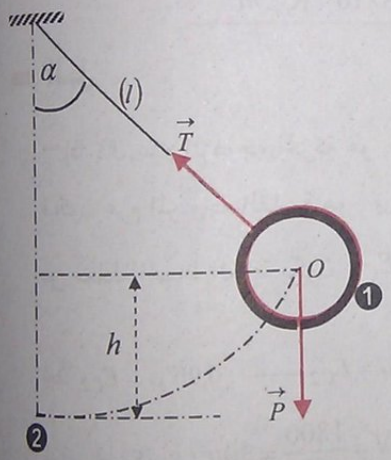
$$E_{C_2}-E_{C_1}=W(\vec{P})$$

$$E_{C_2}-0=W(\vec{P})$$

أي أن $E_{C_2}=mgh=mg(l+r)(1-Cos\alpha)$

حيث يكون $h=(l+r)-(l+r)Cos\alpha$

إذن $E_C=0,1\times9,8\times1\left(1-\frac{1}{2}\right)=0,49\,j$



ب) لدينا $E_{C_2}=\frac{1}{2}J\omega^2=\frac{1}{2}J\frac{V^2}{(r+l)^2}$

و منه نجد $V=\sqrt{\frac{2E_{C_2}(r+l)}{J}}$. وحيث ان :

$J=mr^2+m(r+l)^2=m\left[\left(r^2+(r+l)^2\right)\right]=0,1\left[(0,2)^2+1\right]=0,104\ Kg\times m^2$ (نظرية هويجنز)

نحصل على $V=\sqrt{\frac{2\times0,49\times1}{0,104}}\cong3\ m/s$

2) سرعة المرور الحقيقية من وضع التوازن هي $V=2,80\ m/s$ يكون

$$E_{C_2}-E_{C_1}=W(\vec{P})+W(\vec{F_0})$$

ومنه نجد $E_{C_2}-0=mgh+W(\vec{F_0})$

، وعليه فان : $W(\vec{F_0})=E_{C_2}-mgh$

$E_{C_1}=\frac{1}{2}\omega\frac{V^2}{(r+l)^2}=\frac{1}{2}\times\frac{0,104\times(2,8)^2}{1}=0,40\,j$

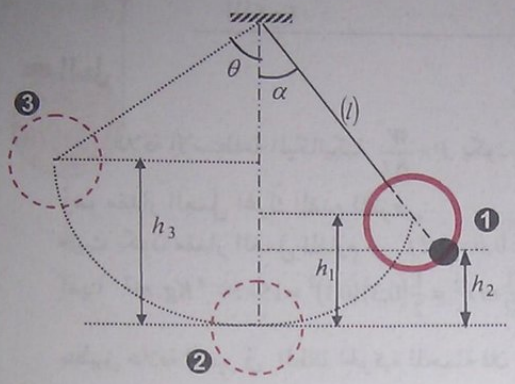
$h=(l+r)(1-Cos\alpha)=1\times\left(1-\frac{1}{2}\right)=\frac{1}{2}m$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

حيث نجد $W(\vec{F_0}) = 0,40 - (0,1)\times(9,8)\times(0,5) = -0,09\,j$

3) عند انفلات الكتلة m' لحظة المرور من وضع التوازن ، ينقص العمل المقاوم أثناء الصعود ، فينزاح الخيط بزاوية θ اكبر من الجهة الأخرى ،
فيكون أثناء الهبوط (بين (1) و، (2))

$$E_{C_2} - 0 = mgh_1 + m'gh_2$$



حيث نجد من الشكل أن :

$$h_1 = (l+r)(1-Cos\alpha)$$

$$h_2 = (l+2r)(1-Cos\alpha)$$

(لاحظ أن m' تقع على بعد $(l+2r)$ من محور الدوران).

إذن $h_1 = (0,8+0,2)(1-\frac{1}{2}) = 0,5\,m$

$$h_2 = (0,8+0,4)(1-\frac{1}{2}) = 0,60\,m$$

$$E_{C_2} = (0,1\times 9,8\times 0,5 + 0,02\times 9,8\times 0,5) \approx 0,6\,j$$

وهي مقدار الطاقة الحركية للجملة لحظة المرور من وضع التوازن . وعليه فان :

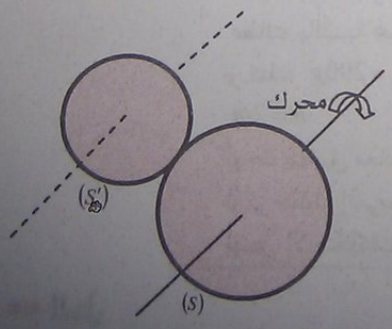
$E_{C_3} - E_{C_2} = W_{2\to 3}(\vec{P})$. أي أن $0 - E_{C_2} = -mgh_3$.

حيث نجد $h_3 = (l+r)(1-Cos\theta)$ أي آن $E_{C_2} = mg(l+r)(1-Cos\theta)$. ومنه يكون

$$Cos\theta = 1 - \frac{E_{C_2}}{(l+r)mg} = 1 - \frac{0,60}{(0,8+0,2)\times 0,1\times 9,8} = 0,388$$

و عليه فان $\theta = 67,17°$ هي زاوية الانفراج الجديدة من اليسار .

تطبيق 7



قرص دائري (S) متجانس كتلته $m = 300\,g$ ، نصف قطره $r = 10\,Cm$ ، يتصل محوره بجذع محرك ويلامس محيطه قرصا أخرا (S') نصف قطره $R = 8\,Cm$ دون أن يكون مستندا عليه ، يبدأ القرص (S) حركته الدروانية حول نفسه ابتداء من السكون بتأثير فعل المحرك و يبلغ السرعة $(\omega\,rad/s)$ خلال فترة زمنية قدرها $\Delta t = 0,6\,s$ يقدم المحرك خلالها للقرص استطاعة قدرها $15\,W$، يضيع منها $2\,W$ للتغلب على قوى الاحتكاك .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1- احسب السرعة الزاوية (ω) و عدد الدورات التي يبلغها القرص مقدرة بالدورة/ثا

2- استنتج مقدار عزم المزدوجة المقاومة المثلة في قوى الاحتكاك أثناء تلامس القرصين علما أن الزاوية الممسوحة أثناء هذه الحركة هي $\alpha = 20,6\ rad$

- استنتج مقدار السرعة الزاوية (ω) التي يكتسبها القرص (S') في نهاية الفترة المذكورة .

الحل

1) من علاقة الاستطاعة الميكانيكية $P = \frac{W}{\Delta t}$ يكون $W = P.\Delta t = 15 \times 0,6 = 9\ j$

وهو مقدار العمل المحرك المقدم للقرص .

حيث يكون مقدار العمل المقاوم هو $W_R = 2 \times 0,6 = 1,2\ j$

لدينا $J = \frac{1}{2} m r^2 = \frac{1}{2}(0,3)(0,1)^2 = 15 \times 10^{-4}\ Kg.m^2$

بتطبيق علاقة التغير في الطاقة الحركية للجملة فان $\frac{1}{2} J\omega^2 - 0 = W - W_R$. ومنه نجد

$$\omega = \sqrt{\frac{2(W - W_R)}{J}} = \sqrt{\frac{2(9-1,2)}{15 \times 10^{-4}}} = 102\ rad/s \quad N = \frac{\omega}{2\pi} = \frac{102}{2\pi} = 16,24\ rad/s$$

2) لدينا $W_R = M_R \times \alpha$ و منه $M_R = \frac{W_R}{\alpha} = \frac{1,2}{30,6} = 0,039 N \times m$

3) إذا كانت V هي السرعة الخطية المكتسبة للقرصين في نهاية الفترة المذكورة ، نجد :

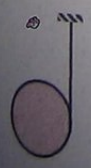
$V = \omega.r = 102 \times 0,1 = 10,2\ m/s$.

ومن العلاقة $V = \omega_1 \times R$ نحصل على $\omega_1 = \frac{V}{R} = \frac{10,2}{0,08} = 127,5\ rad/s$.

و هي السرعة الزاوية للقرص (S')

تطبيق 8

خيط مثبت شاقوليا من طرفه الأول A و هو ملتف حول محيط قرص متجانس عزم عطالته بالنسبة لمحور دورانه $J = 4 \times 10^{-3}\ Kg.m^2$ و نصف قطره $r = 20\ cm$ و كتلته $m = 200g$ يترك القرص فجأة حرا لينزل تحت تأثير ثقله ارتفاعا قدره $h = 2m$.



أوجد بتطبيق معادلة انحفاظ الطاقة السرعة الخطية V لمركز عطالة القرص بعد نزوله المسافة المذكورة .

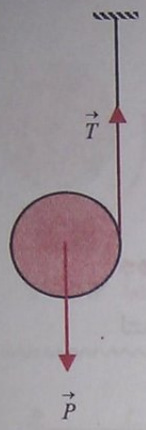
نهمل الاحتكاكات و تؤخذ $g = 10N/Kg$.

الحل

معادلة الانحفاظ

الطاقة الابتدائية + الطاقة المكتسبة − الطاقة المفقودة = الطاقة النهائية

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



حيث يكون

- الطاقة الابتدائية معدومة لأن القرص ساكن
- الطاقة المكتسبة = التحويل الميكانيكي (عمل الثقل $W(\vec{P})$).
- الطاقة المفقودة معدومة لأن الاحتكاكات مهملة.
- الطاقة النهائية = الطاقة الحركية E_C.

يكون بالتعويض $W(\vec{P})-0=E_C+0$

القرص يتحرك حركتين انسحابية و دورانية فيكون

$$mgh=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}J\omega^2$$

بوضع $\omega=\frac{v}{r}$ يكون $mgh=\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}J\frac{v^2}{r^2}$

نجد $mgh=\frac{1}{2}v^2(m+\frac{J}{r^2})$.

وبوضع $J=\frac{1}{2}mr^2$ يكون $mgh=\frac{1}{2}v^2(m+\frac{\frac{1}{2}mr^2}{r^2})$

حيث نجد $mgh=\frac{3}{2}mv^2$. ومنه النتيجة التالية $v=\sqrt{\frac{2}{3}gh}=\sqrt{\frac{2}{3}\times10\times2}=3{,}65m/s$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمارين و مسائل

1

** تترك كرة من أعلى مستوى مائل AB طوله (l) و يميل على الأفق بزاوية (α) لتتدحرج دون انزلاق وفق خط ميله الأعظم ، دون احتكاك

ا- أوجد عبارة الطاقة الحركية للكرة لحظة وصولها إلى النقطة B أسفل المستوى .

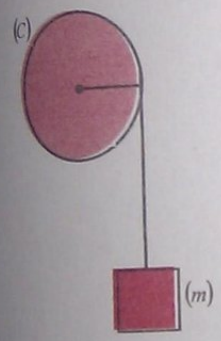
ب- استنتج عبارة السرعة الخطية لمركز ثقل الكرة في تلك اللحظة .

الجواب

1- $E_C=\frac{7}{10}Mv^2$ (ا-2 $V=\sqrt{\frac{10}{7}g\,l\,Sin\alpha}$

2

** اسطوانة (C) كتلتها $m=200\,g$ ، نصف قطرها $r=10\,Cm$. تستطيع الدوران حول محورها الأفقي (Δ) دون أي احتكاك



1- ابتداء من السكون تكتسب هذه الاسطوانة سرعة دوران قدرها 100دورة/ثا . بعد 10ثا من بدء الحركة

- احسب الطاقة الحركية للاسطوانة في تلك اللحظة و كذلك الاستطاعة المقدمة .

2- يلف على محيط الاسطوانة خيط يحمل الكتلة $m=100\,g$. ابتداء من السكون تترك الجملة حرة لحالها

- احسب سرعة الجسم (S) بعد $2\,m$ من الهبوط . $g=9,8\ N.Kg^{-1}$.

الجواب

1) $P=20\,W$, $E_C=200\,g$ 2) $V=4,43\,m/s$

3

** تؤثر على جذع محرك مزدوجة محركة عزمها $M=0,26\,N\times m$ بالنسبة لمحور الدوران ، فيكتسب سرعة دوران قدرها $3600\,tr/Min$ خلال $10\,s$ ، احسب

- استطاعة تحويل هذا المحرك وعزم عطالة الجزء الدائر بالنسبة لمحور الدوران.

الجواب

$J=69\times10^{-4}.Kg.m^2$ ، $P=49\,W$

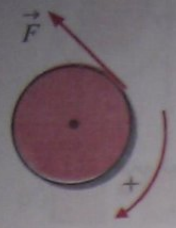
4

** يدور دولاب نصف قطره $r=50\,Cm$ ، بمعدل 180 دورة / الدقيقة حول محوره و تكون الاستطاعة التي يقدمها هي 2 واط

1- احسب العمل الذي يقدمه الدولاب كل دقيقة ثم استنتج مقدار عزم القوة المحركة له .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

2 – تسلط على الدولاب قوة $\vec{F}$ مماسية بغية إيقافه فيتوقف تماما بعد 10 دورات من تلك اللحظة.



أ) أوجد عمل القوة $\vec{F}$ أثناء هذه الحركة.

ب) احسب عزم القوة $\vec{F}$ و شدتها.

جـ) احسب الاستطاعة الضائعة خلال هذه الفترة.

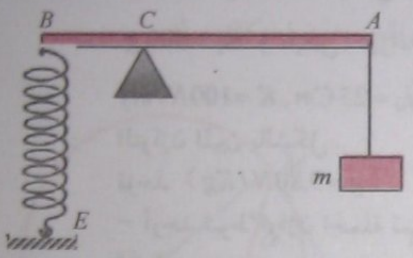
الجواب

1) $W = 120j$ ، $M_{\vec{F}/(\Delta)} = 0{,}106N \times m$

2-) $W(\vec{F}) = -120j$ ب) $F = 3{,}8N$ ، $M_{\vec{F}/(\Delta)} = -1{,}91N \times M$ جـ) $P = 2W$

5

ساق AB متجانسة طولها l كتلتها $m = 100\,g$ ، يمكنها الدوران حول محور مار من نقطة إسنادها C التي تبعد عن B بمقدار $\frac{l}{4}$



يثبت بكل من نهايتيها A ، B على الترتيب كتلة قدرها $m = 200\,g$ و نابض مرن ثابت مرونته هو $100N/m$

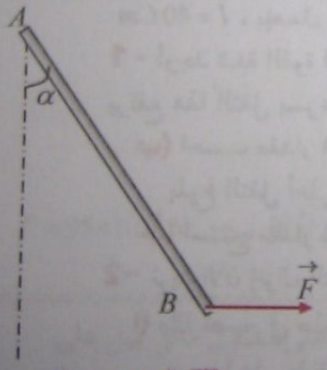
بحيث تبقى الساق متوازنة في الوضع الأفقي، كما في الشكل. المطلوب

– حساب مقدار استطالة النابض في هذه الحالة $g = 10N/Kg$

الجواب $\Delta l = 7Cm$

6

ساق متجانسة AB كتلتها m طولها l مثبتة شاقوليا بواسطة تمفصل A.

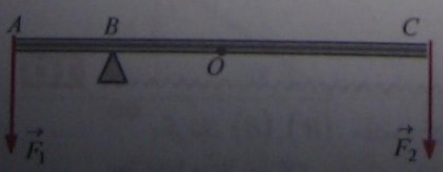


فإذا كانت هذه الساق في حالة توازن شاقولي وهي قابلة للدوران حول محور مار من هذا التمفصل (طرفها العلوي A)، فعندما تؤثر على طرفها السفلي B قوى $\vec{F}$ أفقية مساوية نصف ثقل هذه الساق تتزن في وضع تصنع فيه زاوية α مع الشاقول. احسب مقدار الزاوية α.

الجواب $\alpha = 45°$

7

ساق AC طولها l و كتلتها $(m = 200\,g)$ قابلة للدوران حول محور (Δ) ثابت مار من نقطة (B) بحيث $AB = \frac{l}{4}$. تؤثر في طرفي الساق A, C قوتان متوازيتان $\vec{F_1}, \vec{F_2}$ كما في الشكل بحيث يكون



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

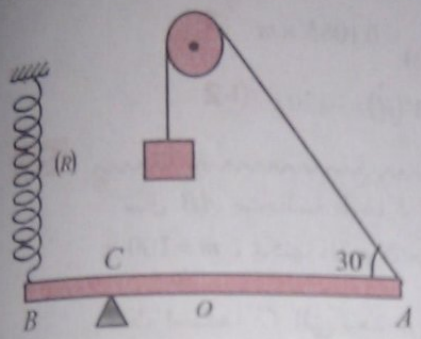
$F_1 = 2F_2$ و تبقى الساق متزنة في وضعها الأفقي.

- أوجد شدة القوتين $\vec{F_1}$ ، $\vec{F_2}$ و كذلك رد فعل محور الدوران $\vec{R}$.

الجواب

$F_2 = 0,4N$ ، $F_1 = 0,8N$ ، $R = 2,4N$

8



ساق متجانسة طولها $l = AB$ و كتلتها $(m = 200\,g)$ قابلة للدوران حول محور أفقي (Δ) مار من نقطة (C) تقع على بعد $\frac{l}{4}$ من طرفها (B).

بواسطة بكرة و خيط مهملي الكتلة و الكتلة النقطية $m_1 = 400\,g$ و نابض، مميزاته $R(l_0 = 25\,Cm, K = 100\,N/m)$ نحقق التوازن المبين بالشكل.

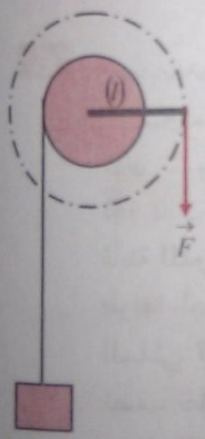
تؤخذ $(g = 9,80\,N/Kg)$.

- أوجد شرط توازن الجملة ثم استنتج شدة توتر النابض (R) و طوله (l_1).

الجواب

$T = 1,96N$ ، $l_1 = 29,96\,Cm$

9



من اجل رفع ثقل $1000N$ من عمق $10\,m$، نستعمل ملفافا نصف قطر اسطوانته $r = 20\,Cm$ وطول ذراعه $l = 40\,Cm$، بإهمال الاحتكاكات

1 - أوجد شدة القوة المؤثرة عموديا على طرف الذراع حتى يرتفع هذا الثقل بسرعة ثابتة.

ب) احسب مقدار الزاوية التي تدورها الاسطوانة عندئذ. حتى بلوغ الثقل أعلى نقطة من مساره.

جـ) استنتج مقدار العمل المحرك و كذلك المقاوم أثناء الحركة.

2- نريد الآن إنزال الثقل السابق إلى نفس العمق بسرعة ثابتة

ا) ماذا تصبح في هذه الحالة شدة القوة $\vec{F}$ المديرة للذراع عموديا على طرفها؟

ب) احسب مقدار العمل المحرك وكذلك المقاوم أثناء هذه الحركة.

الجواب

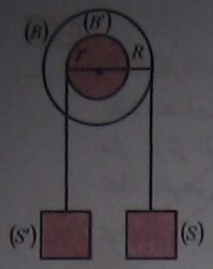
1- ا) $F = 500N$ ، ب) $\alpha = 50\,rad$ جـ) $W = |W_R| = 10^4\,j$

2- ا) $F = 500N$ ، ب) $W = |W_R| = 10^4\,j$

10

بكرتان (B)، (B'). ملتحمتان لهما نفس المحور، نصفا قطريهما على الترتيب $r = 5\,Cm$ ، $R = 10\,Cm$ يمر على محيطهما خيطان يحملان جسمين (S)، (S')

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



كتلة الأول $m=300\,Kg$ و الثاني (m').

1 – احسب الكتلة m' حتى تتزن المجموعة في حالة سكون

2 – ندير الجملة حول محورها بحيث ينزل الجسم (S) ويصعد (S') بسرعة ثابتة

أ) احسب العمل المنجز من طرف كل من الثقلين عندما ينزل الجسم (S) مسافة $10\,m$.

ب) احسب الاستطاعة المبذولة إذا كان زمن هذه الحركة هو $20\,s$.

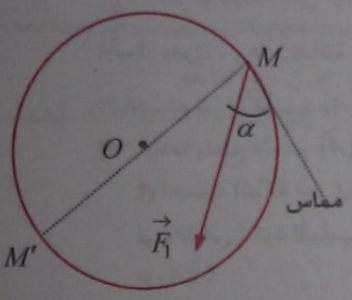
الجواب

1. $m'=600\,g$

2-أ) $W_1=30\,j, W_2=-30\,j$ ب) $p=1{,}5\,w$

11

** قرص دائري كتله $200\,g$ نصف قطره $r=6\,Cm$ يدور بدون احتكاك حول محوره بالسرعة الزاوية الثابتة $10\,rad/s$.



1 – احسب الطاقة الحركية للقرص أثناء هذا الدوران .

2 – في اللحظة $t=0$ تؤثر في نقطة من محيط القرص قوة $\vec{F}$ يقع حاملها في نفس مستوى القرص و بشكل يصنع فيه حاملها زاوية $\alpha=60°$ مع المماس لتلك النقطة (كما في الشكل) فيتوقف القرص عن الدوران بعد 10 دورات من تلك اللحظة

أ – ما هو عمل القوة F خلال هذه الفترة وما نوعه ؟

ب – استنتج شدة القوة $\vec{F}$.

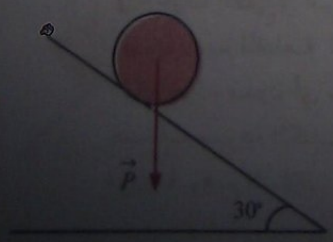
الجواب

1) $E_C=18\times10^{-3}\,j$

2-أ) $W(\vec{F}_0)=-18\times10^{-3}\,j$ ب) $F=95\times10^{-4}\,N$

12

** اسطوانة متجانسة ($m=200\,g$ $r=10\,Cm$) تترك من أعلى مستوى مائل يميل على الأفق بـ $30°$ لتتدحرج ابتداء من السكون نحو الأسفل وفق خط ميله الأعظم ، فتصل بالسرعة $10\,m/s$.



– احسب مقدار التغير في الطاقة الحركية للجملة أثناء هذا الانتقال .

– استنتج طول المستوى المائل (l) .

الجواب

1) $\Delta E_C=15\,j$ 2-أ) $l=15\,m$

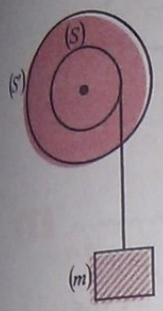
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

13

** بكرة مؤلفة من قرصين متجانسين (S) و (S') متمحورين لهما نفس السمك و نفس طبيعة المادة متصلين أحدهما بالأخر و بإمكانهما الدوران حول محور أفقي ثابت (Δ) مار بمركز البكرة.

كتلة القرص (S) هي (m) و نصف قطره (r). ($r=20\,Cm$)

كتلة القرص (S') هي (m') ونصف قطره $r'=\frac{r}{2}$



1- بين أن $m'=\frac{m}{4}$ ثم عبر بدلالة m ، r عن عزم عطالة البكرة بالنسبة لمحور دورانها (Δ)

2- نلف على محيط القرص (S) خيطا مهمل الكتلة و عديم الامتطاط يحمل في نهايته الأخرى جسما (A) كتلته $M=\frac{m}{4}$ و يوجد على ارتفاع $4\,m$ من سطح الأرض تترك الجملة بدون سرعة ابتدائية حرة لحالها

- احسب سرعة الجسم (A) بعد $2\,m$ من الهبوط.

3- عندما يقطع الجسم (A) مسافة $2{,}1\,m$ ينقطع الخيط

أ) احسب الطاقة الحركية للجسم (A) عند بلوغه سطح الأرض.

ب) ما هي القوة المماسية التي يجب تطبيقها على محيط (S) لتتوقف البكرة بعد أن تنجز 5 دورات ؟

الجواب

1) $v\approx 2\,m/s$ 2-أ) $E_C=1{,}05\,j$ ب) $F=0{,}14N$

14

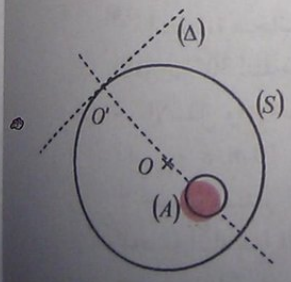
** قرص (S) كتلته $m=200\,g$ و نصف قطره $r=20\,Cm$.

بإمكانه أن يدور حول محور (Δ) مار بنقطة O' من محيطه وعمودي على مستويه.

نثبت على القرص كتلة نقطية $M=\frac{m}{2}$ في النقطة (A) حيث $OA=\frac{r}{2}$.

1- احسب عزم عطالة الجملة (j) بالنسبة للمحور (Δ).

2- نحرف القرص عن وضع توازنه بطريقة تكون معها القطعة OA في وضع أفقي ثم نتركه حرا، بدون أي سرعة ابتدائية، يطلب حساب سرعة الكتلة النقطية (M) عند مرورها بوضع التوازن.



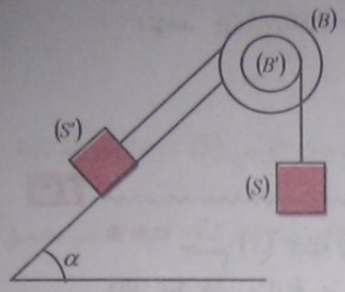
الجواب

1) $j=\frac{21}{8}mr^2=21\times10^{-3}\,Kg.m^2$ 2) $v=\sqrt{3rg}=2{,}4\,m/s$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

15

** في الشكل المجاور (B')،(B) بكرتان ملتحمتان لهما نفس محور الدوران . نصف قطريهما على الترتيب $r=10\,Cm$ ، $r'=\frac{r}{2}$.



عزم عطالة الجملة بالنسبة لمحورها هو $j=4\times10^{-4}\,Kg\times m^2$.

يلف على محيط البكرتين جسمان (S')،(S) لهما نفس الكتلة ($m=200\,g$) كما في الشكل ، بحيث يمكن للجسم (S') أن ينزلق دون احتكاك على مستوى مائل يميل على الأفق بزاوية $15°$.

- بين جهة الحركة ثم احسب السرعة الزاوية للجملة بعد أن تدور البكرتان دورتين .

الجواب $\omega\approx20,4\,rad/s$

16

** قرص متجانس كتلته $(200\,g)$، نصف قطره $(10\,Cm)$ تطبق على جذعه مزدوجة محركة فيبلغ سرعة دوران $1800\,tr/min$ خلال فاصل زمني قدره $\Delta t=0,628\,s$ ابتداء من السكون . فإذا كان عمل القوى المقاومة للحركة يمتص مقدار 5% من عمل المزدوجة المحركة . أوجد

1 - العمل المحرك و الاستطاعة المتوفرة .

2. عزم المزدوجة المحركة بالنسبة لمحور الدوران .

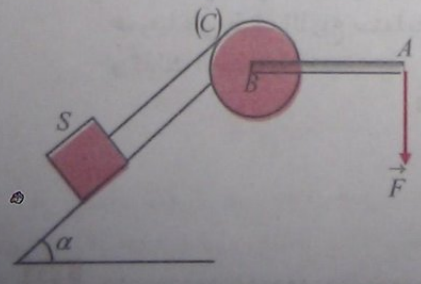
3 - الاستطاعة الضائعة بفعل القوى المقاومة خلال هذه الفترة .

الجواب

1) $W=4,67\,j$ ، $P=7,43\,W$ (2 $M\equiv0,08\,N.m$ (3 $P'=0,37\,W$

17

*** تستعمل اسطوانة ملفاف (C) نصف قطرها $r=10\,Cm$ في اصعاد جسم (S) كتلته $m=10\,Kg$ على مستوي مائل يميل على الأفق بزاوية $\alpha=30°$



تستعمل في تدوير الاسطوانة ذراع AB طولها $l=40\,Cm$

1 - ما هي شدة القوة $\vec{F}$ الواجب تطبيقها عموديا على طرف الساق A ، حتى تبقى الجملة متزنة في حالة السكون ، و ذلك في الحالتين الآتيتين

أ) الاحتكاك مهمل .

ب) شدة قوة الاحتكاك بين الجسم (S) و المستوي المائل $2\,N$ ؟

2 - تدور الاسطوانة الآن أثناء صعود (S) بسرعة ثابتة و بمعدل 1 دورة / ثا

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

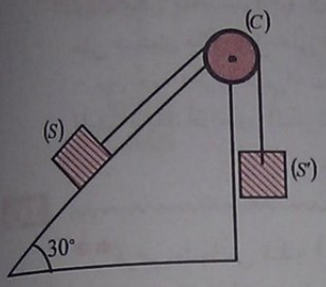
ا) هل تتغير شدة القوة $\vec{F}$ ؟ علل دون أي حساب .
ب) احسب الاستطاعة الميكانيكية للجملة .
جـ) احسب بطريقتين مختلفتين شدة توتر الحبل ، بوجود قوة الاحتكاك المشار اليها سابقا.
(تؤخذ $g=9,80N/Kg$) .

الجواب

1-ا) $12,25N$ ب) $11M25N$
2-ا) لا ب) $31,4W$ جـ) $51N$

18

*** جسم (S) كتلته $m=2\,Kg$ يتزن على مستو مائل يميل على بزاوية بـ $30°$ بفعل خيط يمر على اسطوانة (C) موجودة في أعلى المستوى المائل و ينتهي بجسم آخر (S') . كتلته (m') كما في الشكل . طول المستوى المائل هو $10\,m$

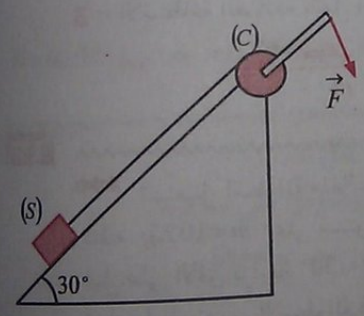


1- الجملة ساكنة في حالة توازن . اوجد قيمة الكتلة (m') .

2- يدور الآن محرك الاسطوانة (C) انطلاقا من اللحظة $t=0$ التي يكون فيها الجسم (S) في أسفل المستوى المائل و الجسم (S') أعلاه ، بحيث ينزل (S') و يصعد (S) و تدوم العملية $49\,s$. أوجد بإهمال الاحتكاكات

ا) العمل المنجز من طرف الثقلين خلال هذه العملية .
ب) استطاعة المحرك .

3- تستعمل الآن الاسطوانة المذكورة التي نصف قطرها $r=10\,Cm$ كملفاف طول ذراعه $l=40\,Cm$ لاصعاد الجسم (S) من أسفل المستوى المائل وفق خط ميله الأعظم وذلك بسرعة ثابتة قدرها $2\,m/s$



- احسب العمل المنجز من طرف القوة التي تؤثر عموديا على طرف الذراع عندما يتم الصعود و كذلك الاستطاعة المقدمة .

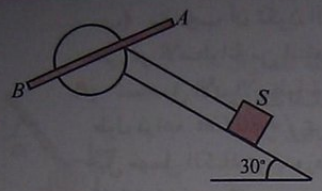
الجواب

1) $m'=1\,Kg$
2-ا) $W_1=-98j\,,W_2=49j$ ب) $P=1w$
3) $W=98j\,,P=4,9w$

19

*** ساق متجانسة مهملة الكتلة طولها $l=0,5\,m$ مثبتة من منتصفها بكرة مهملة AB الكتلة و على امتداد احد أقطارها .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



يلف حول البكرة خيط ينتهي بجسم صلب (S) كتلته $m=50\,g$ يستطيع الانـزلاق دون أي احتكـاك علـى مستوى مائل يصنع زاوية $30°$ مع الأفق .

نأخذ $g=10N/Kg$

1- يوضع الجسم (S) في أسفل المستوى المائل الذي طوله $d=1{,}88\,m$ ، ثم تؤثر على طرف الساق (A) قوة $\vec{F}$ عمودية فتدور البكرة حول محورها و يصعد الجسم (S) نحوها بسرعة ثابتة و تستغرق العملية مدة $5\,s$

أ) احسب عدد الدورات الكلية التي تنجزها البكرة خلال هـذه الحركـة ، ثـم احـسب عمـل القوة $\vec{F}$ لدى هذا الانتقال .

ب) احسب عمل ثقل الجسم (S) أثناء الصعود . ما نوع هذا العمل ؟ ماذا تلاحظ ؟

جـ) احسب الاستطاعة المقدمة أثناء هذه العملية .

2- عندما يكون الجسم (S) في أعلى المستوى المائل ، يلغى مفعـول القـوة $\vec{F}$ ، فينـزل الجـسم (S) منزلقا على المستوى المائل حتى الأسفل خلال مدة زمنية قدرها $(1\,s)$

أ) احسب الاستطاعة المقدمة خلال هذه العملية بإهمال قوى الاحتكاكات.

3- في الحقيقة أن الاحتكاكات تستهلك 5% من قيمة العمل المقدم سابقا.

- احسب مقدار العمل المقدم أثناء النزول و كذلك الاستطاعة المتوفرة .

الجواب

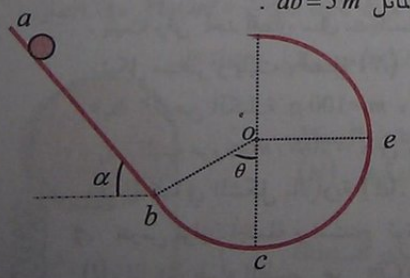
1) **أ)** $N=3\,tr\,,W=0{,}47\,j$ **ب)** $W(\vec{P})=0{,}47\,j$ **جـ)** $P=0{,}094\,W$

2) $P=0{,}47\,W$ **3)** $W=0{,}47\,j\,,P=0{,}49\,W$

20

*** اسطوانة كتلتها $m=600\,g$ و نصف قطرها $r=10\,Cm$

1- توضع هذه الاسطوانة ساكنة في أعلى مستوى يميل على الأفق بزاوية $\alpha=30°$ كي تتـدحرج وفق خط ميله الأعظم نحو الأسفل . طول المستوى المائل $ab=5\,m$.



- استنتج من ذلك

أ) التغير في الطاقـة الحركيـة ، للجملـة لحظة الوصول إلى النقطة (b) .

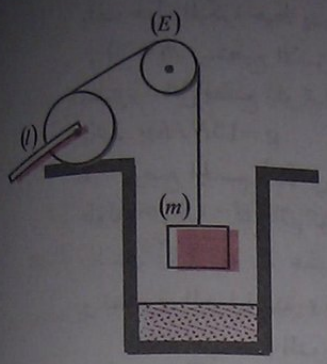
ب) سرعة الاسطوانة عند النقطـة (b) و لتكن V_1 .

2- في الحقيقة أن قـوى الاحتكـاك تمـتص مقدار 5% من العمل المحرك المبذول أثناء تدحرج الاسطوانة في هذه الحالة . أوجد السرعة الحقيقية عن الوصول إلى (b) ولتكن V_2

3- عند الوصول إلى النقطة (b) أسفل المستوى المائـل بالـسرعة المحسوبة سـابقا (V_1) يكـون المسار بعد ذلك قوسا دائريـا . bce نـصف قطـره $R=2\,m$ و مركـزه (O) موجـود في مـستوى شاقولي (الشكل) . فإذا كانت الزاوية $\hat{bce}=\theta=\alpha$ المطلوب

أ) سرعة الاسطوانة عند النقطة (c) أخفض نقطة في هذا المسار .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



ب) ماذا يجب أن تكون السرعة الصغرى في النقطة (c) حتى تمر الاسطوانة من النقطة (E) ؟

4) نستعمل الآن الاسطوانة السابقة كملفاف طول ذراعه $l=20\,Cm$ يمر على الاسطوانة حبل مهمل الكتلة يمر بدوره على بكرة (P) ثابتة كتلتها مهملة ، يستعمل لرفع ثقل كتلته $m'=100\,Kg$ من بئر .

- نـؤثر عموديـا بقـوة $\vec{F}$ علـى طـرف ذراع الملفـاف فيـصعد الثقـل بـسرعة ثابتـة قـدرها $2\,m/s$ ارتفاعا قدره $(21\,m)$ ، المطلوب

ا - احسب شدة القوة $\vec{F}$ المؤثرة على ذراع الملفاف أثناء مرحلة الصعود هذه .

ب - احسب عدد الدورات التي أنجزتها الاسطوانة خلال صعود الجسم (m')

جـ - يستطيع محرك أن يعيد تشغيل الملفاف و يرفع الجسم (m') لنفس المسافة السابقة بسرعة ثابتة قدرها $25\,Cm/s$

- احسب استطاعة هذا المحرك . تؤخذ $g=10N.Kg^{-1}$.

الجواب

1-ا) $\Delta E_C=15\,j$ ب) $v_1=5,77\,m/s$

2) $v_2=5,63\,m/s$

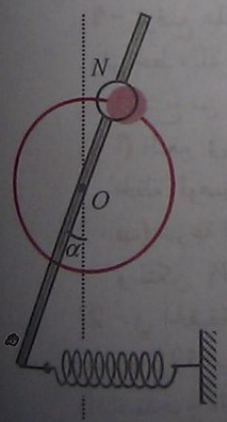
3-ا) $v=5,79\,m/s$ ب) $V=16\,m/s$

4-ا) $F=500N$ ب) $N=33,44\,tr$

جـ) $p=250w$

21

*** قـرص متجـانس نـصف قطـره $r=20\,Cm$ يستطيع الدوران حول محور أفقي مار من منتـصفه (O) . يثبت وفق احد أقطاره ساق متجانسة و طولها $l'=4r$ بشكل متناظر و يثبت بالنقطة (N) من الـساق و علـى محيط القرص الكتلـة $m=100\,g$ ، و بأسـفلها نـابض مرن ثابت مرونته $K=50N/m$ في وضع أفقي. تتـوازن الجملة كما في الشكل بالزاوية (α).



1- ادرس توازن الجملة و استنتج توتر النابض و طوله (l)، إذا كان طوله الطبيعي هو $l_0=16\,Cm$ وكانت الزاوية $\alpha=45°$.

2) فجأة ينفصل النابض احسب التغير في الطاقة الحركية للجملة لحظة مرور الكتلة (m) بوضع التوازن الشاقولي . تعطى $(g=10N/Kg)$

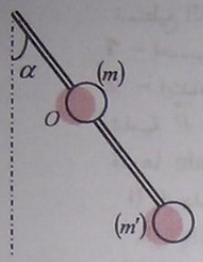
الجواب

1) $l=17\,Cm$ 2) $\Delta E_C=0,34\,j$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

22

***سلك متجانسة AB كتلتها مهملة طولها $l=1m$ قابلة للدوران حول محور مار من طرفها A. تثبت في طرفها B كتلة نقطية $m=60\,g$ و كتلة اخرى $m'=80\,g$ بمنتصفها ثم نزيحها ابتداء من وضع التوازن الشاقولي بزاوية $\frac{\pi}{2}$ و نتركها حرة لحالها



1) احسب الطاقة الحركية العظمى للجملة.

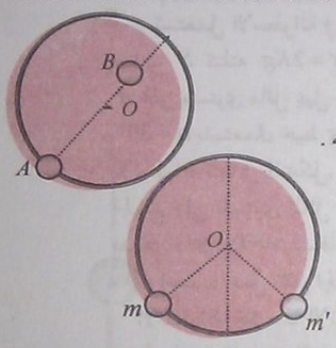
2) أثناء المرور من وضع التوازن بالسرعة السابقة تسقط الكتلة النقطية (m') أوجد

1) زاوية الانفراج β الجديدة من اليسار.

2) مقدار النقص في الطاقة الحركية للجملة.

23

***قرص متجانس (S) كتلته $m=200\,g$ و نصف قطره $r=10\,Cm$. يمكنه الدوران حول محور مار من مركزه (O) في مستوى شاقولي.



1- تثبت كتلة نقطية $m=100\,g$ في نقطة (A) من محيطه.

ا) ما هي أوضاع التوازن الممكنة ؟

ب) احسب مقدار رد الفعل عند النقطة O.

2- تثبت كتلة أخرى نقطية m' في نقطة B على نفس القطر AB و لكن من الجهة الأخرى و على بعد $OB=\frac{r}{2}$ بحيث تبقى الجملة متوازنة.

ا) ما هو وضع التوازن الجديد الذي تأخذه الجملة و ما قيمة الكتلة m' ؟

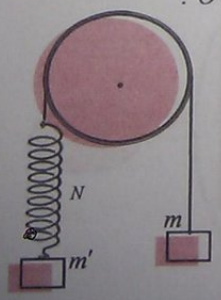
ب) ماذا يحدث لو أن البعد $OB=r$ ؟

3- نثبت الآن الكتلة $m'=150\,g$ في نقطة من المحيط بحيث تكون $m\hat{O}m'=\frac{\pi}{2}rad$ في حالة التوازن

ا) أوجد الزاوية α التي يصنعها نصف القطر $m'O$ مع شاقول النقطة O.

ب) ماذا تصبح الزاوية α لو أن $m'=m$ ؟

4- يمر الآن خيط على محيط القرص (S) و نحقق الشكل الجانبي باستعمال الكتلتين $m=m'=100\,g$ و النابض (N) الذي ثابت مرونته $K=50N/m$.



ا) أوجد شرط توازن الجملة، ثم استنتج مقدار استطالة النابض في حالة التوازن.

ب) احسب رد فعل محور الدوران على القرص.

الجواب

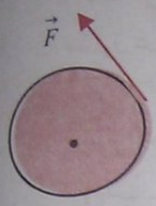
1) $R=2N$ ، m' توازن مطلق $m=m'$. m' نحو الأسفل $m'=2\,m$

3-ا) $\alpha=33,7°$ ب) $\alpha=45°$

4-ا) توازن مطلق ب) $R=3N$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

24



اسطوانة (C) كتلتها $m=400\,g$ ، نصف قطرها $r=10\,Cm$ تستطيع الدوران حول محورها الأفقي (Δ) دون احتكاك.

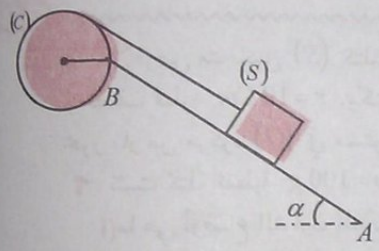
1 – احسب عزم عطالتها J_0 بالنسبة لمحور الدوران.

2 – ابتداء من السكون تؤثر على محيط الاسطوانة قوة مماسية $\vec{F}$ ثابتة تجعل الاسطوانة تكتسب سرعة دوران قدرها $180tr/\min$ بعد 10 ثانية من بدء الدوران .

أ) اوجد السرعة الزاوية ω المكتسبة للدوران ثم احسب الطاقة الحركية العظمى المكتسبة من طرف الاسطوانة في تلك اللحظة و كذلك الاستطاعة المقدمة .

ب) بالاعتماد على معادلة انحفاظ الطاقة للجملة اوجد عمل القوة $\vec{F}$ خلال هذه الفترة ثم استنتج عزمها بالنسبة لمحور الدوران علما أن الزاوية الممسوحة خلال هذه الفترة هي $\theta=30\pi$.

ارسم الحصيلة الطاقوية للاسطوانة.



3 – تستعمل الاسطوانة في سحب جسم صلب S كتلته $m'=2Kg$ من النقطة A على مستوى مائل يميل على الأفق بزاوية $\alpha=30°$ باستعمال خيط يمر على محيط الاسطوانة كما في الشكل. يتم صعود الجسم على المستوى المائل بسرعة ثابتة قدرها $v=0,5m/s$ لمسافة $AB=10m$. الاحتكاكات مهملة.

أ) احسب عمل ثقل الجسم S من اجل الانتقال المذكور . وكذلك الزاوية α التي دارتها الاسطوانة خلا هذا الانتقال.

ب) باعتبار المستوى المرجعي لقياس الطاقة الكامنة الثقالية هو المستوى الأفقي المار من النقطة A –ارسم الحصيلة الطاقوية لكل من الجسم S و الاسطوانة (C) أثناء الصعود .تؤخذ $g=10\,N.Kg^{-1}$

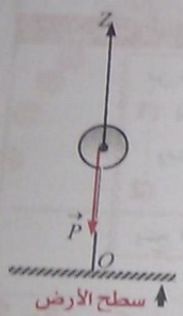
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الدّرسُ الـ 4

العَمَلُ وَالطّاقة الكامِنة

1 ـ الطاقة الكامنة الثقالية

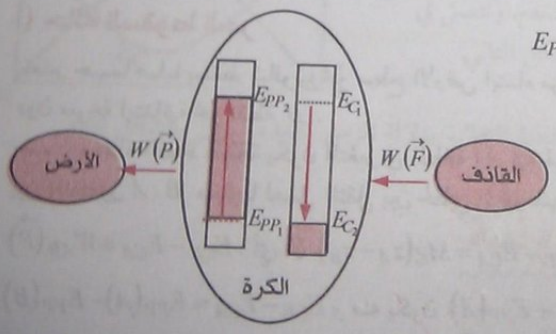
1 -1 مفهوم الطاقة الكامنة الثقالية



عندما تقذف كرة شاقوليا نحو الأعلى فان طاقتها الحركية الابتدائية المكتسبة تتناقص تدريجيا حتى الوصول إلى أعلى نقطة من مسارها حيث تنعدم كليا لتعود نحو سطح الأرض تحت تأثير قوة وحيدة هي قوة ثقلها $\vec{P}$ إذا ما أهملت بقية التأثيرات الخارجية .

وقوة الثقل هذه تكون ناتجة عن التأثير المتبادل بين الكرة والأرض حسب قانون الجذب العام ، و هذا التأثير يجعل الكرة تتبادل طاقة مع الأرض عن طريق عمل ثقلها .

و تدعى هذه الطاقة بالطاقة الكامنة الثقالية E_{pp}



فالطاقة الكامنة الثقالية لجسم في تأثير متبادل مع الأرض تتعلق بموقع هذا الجسم بالنسبة للأرض و بثقله :

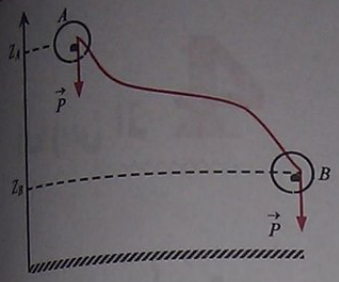
- فعند زيادة الارتفاع تزداد الطاقة الكامنة الثقالية .
- و عند تناقص الارتفاع تتناقص الطاقة الكامنة الثقالية .

و يمكن وضع مخطط طاقوي للجملة السابقة حسب الشكل المرفق.

فعمل القوة الدافعة للكرة $\vec{F}$ يكسب الكرة طاقة حركية E_C تتناقص تدريجيا مع زيادة الارتفاع في حين أن الكرة تكتسب بالمقابل طاقة كامنة ثقالية E_{pp} تزداد تدرجيا عن طريق عمل الثقل $\vec{P}$ الناشئ عن التأثير التجاذبي المتبادل بين الأرض و الكرة.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1 -2 تغير الطاقة الكامنة الثقالية



نعتبر جسما صلبا يسقط تحت تأثير ثقله $\vec{P}$ سقوطا حرا و يتبع مسارا كيفيا بين نقطتين A, B كما في الشكل.

إن تغير الارتفاع خلال هذا الانتقال يؤدي إلى تغير الطاقة الكامنة الثقالية للجسم عن طريق العمل.

و يكون عمل الثقل خلال الانتقال AB هو:

$$W_{AB}(\vec{P}) = P.(Z_A - Z_B) = mgZ_A - mgZ_B = E_{PP(A)} - E_{PP(B)} = -(E_{PP_2} - E_{PP_1}) = -\Delta E_{PP}$$

فعمل الثقل يكون مساويا للتغير في الطاقة الكامنة الثقالية المحملة (جسم ـ أرض) :

$$W_{AB}(\vec{P}) = -\Delta E_{PP}$$

فالطاقة الكامنة الثقالية لجسم في تجاذب مع الأرض تعطى بالعلاقة

$$E_{PP} = mgz$$

حيث Z ارتفاعه بالنسبة لمرجع ارضي معين تكون فيه ($E_{PP} = 0$)

نتيجة

من العبارة $W_{AB}(\vec{P}) = P(z_A - z_B)$ نجد:

1) اذا كان $z_A > z_B$ (الجسم يهبط نحو الاسفل) يكون $E_{PP(A)} > E_{PP(B)}$

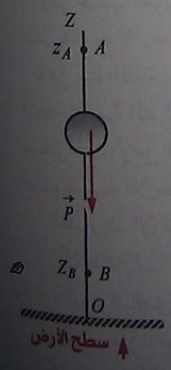
ومنه نجد: $W_{AB}(\vec{P}) > 0$. فالعمل المحرك هو تناقص للطاقة الكامنة الثقالية للجملة.

2) اذا كان $z_A < z_B$ (الجسم يصعد نحو الاعلى) يكون $E_{PP(A)} < E_{PP(B)}$

ينتج ان: $W_{AB} < 0$. فالعمل المقاوم هو ازدياد للطاقة الكامنة الثقالية للجملة.

1 -3 كيف تتحول الطاقة الكامنة الثقالية ؟

ا) حالة السقوط الحر



نعتبر جسما صلبا يسقط شاقوليا نحو سطح الأرض ابتداء من نقطة A دون سرعة ابتدائية نحو نقطة B.

حسب معادلة انحفاظ الطاقة يكون التغير في الطاقة الحركية لهذا الجسم بين النقطتين A ، B مساويا لعمل الثقل بين لحظتي المرور منهما :

$E_{CB} - E_{CA} = W_{AB}(\vec{P})$. أي أن $E_{CB} - E_{CA} = Mg(z_A - z_B)$

و منه يكون $E_{CB} - E_{CA} = E_{PP}(A) - E_{PP}(B)$

$$E_{CB} + E_{PP}(B) = E_{CA} + E_{PP}(A)$$

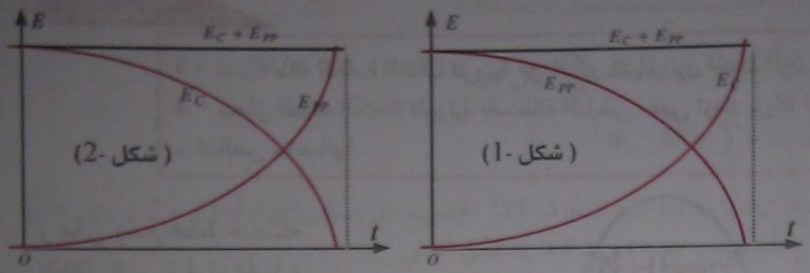
نتيجة

إن مجموع الطاقتين الحركية و الكامنة الثقالية لجسم صلب يسقط سقوطا حرا يكون ثابتا في كل لحظة : $E_C + E_{PP} = Const$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تبين هذه النتيجة انه إذا كان الجسم في حالة تأثير تجاذبي متبادل مع الأرض فانه يحدث تبادل بين طاقته الحركية و طاقته الكامنة الثقالية :

- فعندما يسقط الجسم نحو الأسفل ابتداء من السكون ، تزداد طاقته الحركية و تتناقص طاقته الكامنة الثقالية (شكل -1)
- و عندما يقذف الجسم شاقوليا نحو الأعلى فان طاقته الحركية تتناقص في حين أن طاقته الكامنة الثقالية تزداد . (شكل -2)

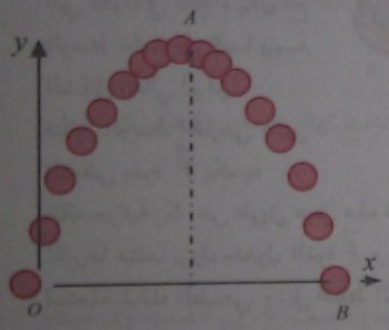


ب) حالة قذيفة

نعتبر قذيفة قذفت من النقطة (O) بإتجاه معين بسرعة ابتدائية $\vec{V_0}$.

- في مرحلة الصعود (OA):

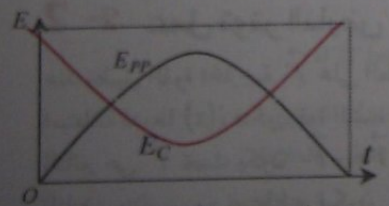
تتناقص الطاقة الحركية للقذيفة في حين أن طاقتها الكامنة الثقالية تزداد .وعند ذروة المسار (A) تكون السرعة اقل ما يمكن و تكون الطاقة الحركية صغرى في حين أن الطاقة الكامنة الثقالية تصبح عظمى .



- في مرحلة الهبوط (AB):

يحدث العكس ، و تأخذ الطاقة الحركية عند النقطة B قيمتها العظمى في حين أن الطاقة الكامنة الثقالية تنعدم. ونحصل في كل لحظة على علاقة الانحفاظ في الطاقة بالشكل التالي:

$$E_C + E_{pp} = Const$$



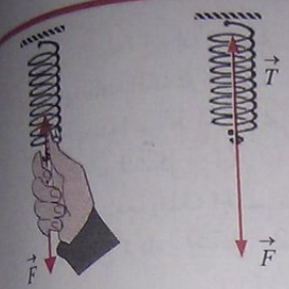
و يمكن تمثيل تغيرات الطاقتين الحركية و الكامنة الثقالية بدلالة الزمن كما هو مبين بالشكل المجاور.

2 . الطاقة الكامنة المرونية

2 -1 مفهوم الطاقة الكامنة المرونية

لجعل نابض مرن يستطيل بمسافة معينة فانه ينبغي أن نطبق على نهايته قوة $\vec{F}$ خارجية فتنشأ به حسب مبدأ الفعلين المتبادلين قوة تعاكس القوة الأولى و تساويها في الشدة هي قوة التوتر $\vec{T}$ يطبقها النابض على الوسط الخارجي من اجل استعادة شكله الطبيعي .

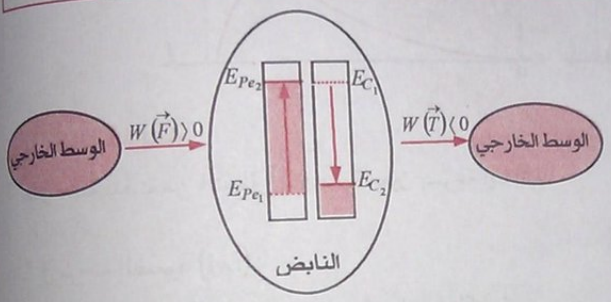
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



و هذا التأثير يجعل النابض يتبادل طاقة من الوسط الخارجي عن طريق عمل توتره و هذه الطاقة تتعلق باستطالة النابض x في كل لحظة ، و تدعى بالطاقة الكامنة المرونية E_{Pe}

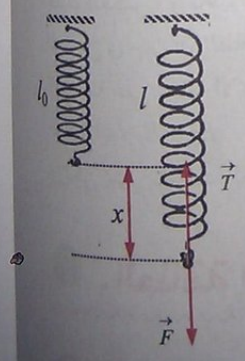
نتيجة

1- تنشأ الطاقة الكامنة الثقالية المرونية عن التأثير المتبادل بين الجسم المرن و الوسط الخارجي
2- تتعلق الطاقة الكامنة المرونية باستطالة النابض ، فهي تزداد بزيادة الاستطالة و تتناقص بنقصانها .



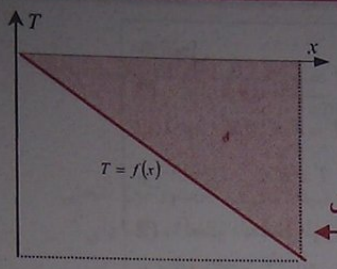
و يمكن وضع مخطط لحصيلة الطاقة بالنسبة لهذه الجملة التي تكون في تأثير متبادل مع الوسط الخارجي كما يبينه الشكل التالي المرفق.
فتأثير الوسط الخارجي على النابض بقوة $\vec{F}$ يكسبه طاقة حركية E_C عن طريق عمل هذه القوة تجعل النابض يخزنها على شكل طاقة كامنة مرونية E_{Pe} يظهر تأثيرها عندما يزول مفعول القوة $\vec{F}$ و ذلك عندما يؤثر النابض بقوة توتره $\vec{T}$ على الوسط الخارجي محاولا استعادة شكله الطبيعي. ويمثل مخطط الشكل المرفق الحصيلة الطاقوية للجملة.

2-2 عمل توتر النابض

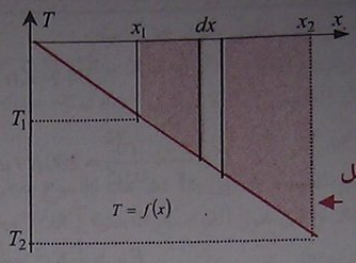


عند تطبيق القوة الخارجية $\vec{F}$ على الطرف الحر للنابض فانه يعاني استطالة قدرها (x)، فتكون قوة الشلة بالنابض الناشئة عن هذا التأثير هي $\vec{T}$ بحيث يكون $\vec{T}=-\vec{F}$ و قد رأينا سابقا أن توتر النابض يتناسب مع استطالته، فيكون $T=Kx$ حيث K هو ثابت مرونة النابض . و حيث أن توتر النابض يعاكس القوة المحركة $\vec{F}$ فنكتب $T=-Kx$ و يكون عمله سالبا لأنه مقاوما للحركة .
إن بيان الدالة $T=f(x)$ يكون مستقيما معادلته من الشكل $T=ax$. حيث $a<0$ حسب الشكل-1 .
و هذا يبن أن التوتر قوة غير ثابتة . و لحساب عملها عندما تنتقل الاستطالة (x) من القيمة x_1 إلى القيمة x_2 فإننا نقوم بحساب العمل العنصري dW للتوتر خلال الانتقال العنصري dx (شكل -2)، فيكون :

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



شكل -1-



شكل -2-

$dW(\vec{T}) = T.dx = -Kx\,dx$. ويكون العمل الكلي هو:

$$W_{1\to 2}(\vec{T}) = \sum_{x_1}^{x_2} -Kx\,dx \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

و يعطى هذا المجموع رياضيا مساحة شبه المنحرف (S) المحصورة بين منحنى التوتر $T = f(x)$ و بين محور الفواصل (OX) و المستقيمين $x = x_1$, $x = x_2$ بالشكل التالي:

$S = \frac{(T_1 + T_2)\times(x_2 - x_1)}{2} = \frac{K(x_1 + x_2)(x_1 - x_2)}{2} = \frac{1}{2}K(x_1^2 - x_2^2)$ وبالتعويض في العلاقة (1) نجد:

$$W_{1\to 2}(\vec{T}) = \frac{1}{2}K(x_1^2 - x_2^2)$$

وعندما تنتقل استطالة النابض من الوضع الابتدائي $(x_1 = 0)$ إلى وضع نهائي $(x_2 = x)$ فانه يكون :

$$W(\vec{T}) = -\frac{1}{2}K\,x^2$$

3- 2 علاقة الطاقة الكامنة المرونية بالعمل

نعتبر جملة ميكانيكية تتكون من نابض مرن تنتقل فيه الاستطالة من القيمة x_1 إلى القيمة x_2 تحت تاثير توتره $\vec{T}$. يكون عمل التوتر خلال هذا الانتقال هو :

$$W(\vec{T}) = \frac{1}{2}K(x_1^2 - x_2^2) = \frac{1}{2}Kx_1^2 - \frac{1}{2}Kx_2^2 = E_{P_e}(1) - E_{P_e}(2) = -\Delta E_{Pe}$$

فعمل التوتر بين نقطتين يكون مساويا لتغير الطاقة الكامنة المرونية لهذا النابض .
فالطاقة الكامنة المرونية لنابض في تاثير متبادل مع الوسط الخارجي تعطى بالعلاقة

$$E_{Pe} = \frac{1}{2}K\,x^2$$

تمرين تدريبي.

نابض مرن طوله الاصلي $l_0 = 10\,Cm$ و عندما نعلق فيه ثقلا قدره $P = 10\,N$ يستطيل بمقدار $5\,Cm$.

1 - ما هو ثابت مرونه هذا النابض ؟

2 - ما هي الطاقة الكامنة المرونية المختزنة في النابض نتيجة الاستطالة المذكورة ؟

ما هو عمل توتر النابض إذا ما انفصل الثقل المعلق فجأة ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



الحل

1) عند توازن النابض يكون $\vec{T}+\vec{P}=\vec{0}$.

ومنه نجد $T=P=10N$

من العلاقة $T=K\,x$ يكون $K=\frac{T}{x}=\frac{10}{0,05}=200N/m$

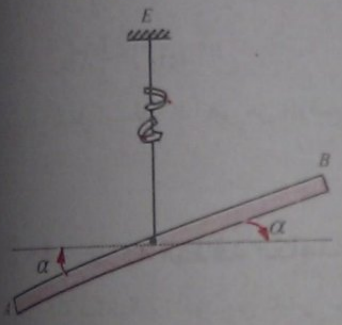
2) الطاقة الكامنة المرونية للنابض :

$$E_{Pe}=\frac{1}{2}Kx^2=\frac{1}{2}\times 200(5\times 10^{-2})^2=25\times 10^{-2}\,j$$

$$W(\vec{T})=-\Delta E_{Pe}=E_{Pe}(1)-E_P(2)=\frac{1}{2}Kx^2-0=25\times 10^{-2}\,j$$

3 . الطاقة الكامنة الفتلية

3-1 مفهوم الطاقة الكامنة الفتلية



نثبت طرف خيط أو سلك قابل للفتل في منتصف ساق AB متجانسة ثم نثبت طرف الخيط الحر شاقوليا في نقطة ثابتة E .

نحصل على جملة دورانية قابلة للدوران حول محور (Δ) منطبق على الخيط .

تمثل هذه الجملة نواس فتل .

ابتداء من وضع التوازن الأفقي لهذه الساق ندیرها في مستوى أفقي حول محورها بزاوية معينة ثم نتركها حرة لحالها دون أي سرعة ابتدائية فنلاحظ أن الساق تدور بعكس الجهة التي أدرناها فيها نتيجة فتل خيط التعليق بزاوية معينة . فالساق قد اكتسبت من الوسط الخارجي طاقة كامنة فتلية تتعلق بزاوية الفتل (α) في كل لحظة نرمز لها بالرمز E_{Pf}

يعطي الشكل المرفق مخطط التحول الطاقي للجملة.



الحصيلة الطاقوية للجملة

3-2 عمل مزدوجة الفتل

عند إدارة الساق السابقة حول سلك ا لتعليق بزاوية معينة (α) و تركها حرة لحالها فانه ينشأ بالسلك مزدوجة فتل تعمل على إرجاع الساق إلى وضعها الأصلي (وضع التوازن) .

إن عزم مزدوجة الفتل هذه يتناسب مع زاوية الفتل و يعاكسها في الإشارة، فهو عزم إرجاع: $M_t=-C\alpha$

يدعى C ثابت فتل السلك . ووحدته هي $N\times m/rad$

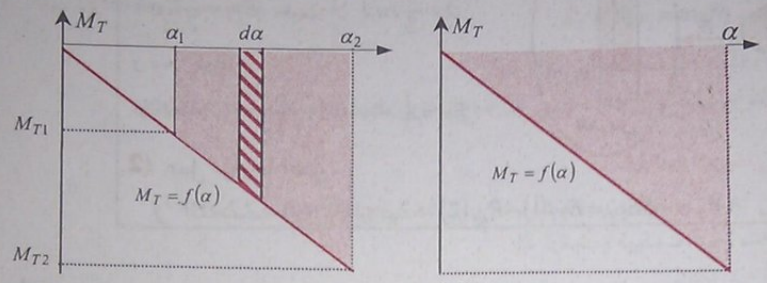
إن بيان الدالة $M_t=f(\alpha)$ يكون خطا مستقيما معادلته هي $M_t=a.\alpha$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

وهذا يعني أن عزم مزدوجة الفتل يكون غير ثابت .
و لحساب عمل مزدوجة الفتل خلال الدوران بزاوية معينة α ، فإننا نقوم بحساب العمل العنصري dW خلال الانتقال العنصري $d\alpha$ فيكون $dW = M_t . d\alpha = -C\alpha\, d\alpha$
يكون العمل الكلي هو $M_t = \sum -C\alpha . d\alpha$

و خلال الانتقال من القيمة α_1 إلى α_2 فان هذا المجموع يعطى بمساحة شبه المنحرف المحصور بين منحنى الدالة $M_t = f(\alpha)$ و بين محور الفواصل المنحنية (OX) و المستقيمين $\alpha = \alpha_1 , \alpha = \alpha_2$ كما يلي :

$$W_t = -\frac{1}{2}C\left(\alpha_1^2 - \alpha_2^2\right)$$



وعندما تنتقل زاوية الفتل من القيمة الابتدائية $(\alpha_1 = 0)$ إلى القيمة اللحظية $(\alpha_2 = \alpha)$ فان عمل مزدوجة الفتل خلال هذا الدوران يعطى بالعلاقة :

$$M_t = -\frac{1}{2}C\,\alpha^2$$

3 -3 كيف تتحول الطاقة الكامنة الفتلية ؟

لإدارة نواس فتل بزاوية معينة (α) حول سلك التعليق فانه ينبغي بذل عمل يكون مساويا لعمل مزدوجة الفتل الناشئة في السلك $M_t = -\frac{1}{2}C\,\alpha^2$

و هذا العمل يكسب الجملة طاقة كامنة مرونية E_{Pt} . و بين القيمتين α_1 , α_2 للزاوية α يكون:

$$W_t = -\frac{1}{2}C\left(\alpha_1^2 - \alpha_2^2\right) = E_{Pt}(1) - E_{Pt}(2) = -\Delta E_{Pt}$$

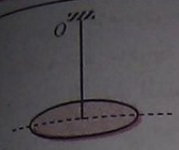
فعمل مزدوجة الفتل بين لحظتين يكون مساويا لتغير الطاقة الكامنة الفتلية لنواس الفتل .
فالطاقة الكامنة الفتيلة لنواس فتل في تأثير متبادل مع الوسط الخارجي تعطى بالعلاقة التالية:

$$E_{Pt} = \frac{1}{2}C\,\alpha^2$$

تمرين تدريبي.

يتكون نواس فتل من قرص متجانس مثبت من وسطه بسلك ثابت فتله $C = 4\times10^{-3}\,N\times m/rad$ ابتداء من وضع التوازن يدار القرص حول سلك تعليقه بزاوية $\alpha = 60°$ ثم يترك حرا لحاله .

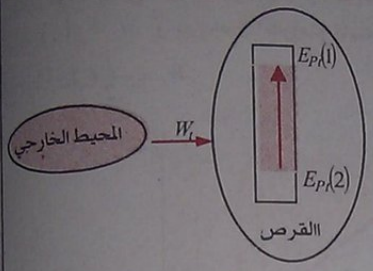
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



1 - ما هي الطاقة الكامنة الفتلية التي تخزنها هذه الجملة أثناء إدارتها بالزاوية المذكورة

2 - ما هو العمل الذي تقوم به مزدوجة الفتل عند تحرير الساق ؟ ارسم المخطط الطاقي لهذه العملية

الحل



1) الطاقة الكامنة الفتلية المخزنة بالجملة :

$E_{Pt}=\frac{1}{2}C\alpha^2$ حيث أن $\alpha=\frac{\pi}{3}rad$

و منه يكون:

$$E_{Pt}=\frac{1}{2}\times 4\times 10^{-3}\times\left(\frac{\pi}{3}\right)^2\approx 2{,}2\times 10^{-3}\,j$$

2) عمل مزدوجة الفتل :

$$W_t=-\Delta E_{Pt}=E_{Pt}(1)-E_{Pt}(2)=2{,}2\times 10^{-3}-0=2{,}2\times 10^{-3}\,j$$

4 . حفظ الطاقة الميكانيكية

4 -1 مبدأ انحفاظ الطاقة

رأينا سابقا في حركة السقوط الحر و في حركة القذيفة انه يوجد تحول متبادل بين الطاقتين الحركية و الكامنة الثقالية عن طريق عمل القوى الداخلية .

ويمكن أن نكتب $E_C+E_{PP}=Const$

و ذلك باعتبار الجسم المدروس و الأرض يشكلان جملة واحدة فالثقل يكون قوة انحفاظية .

و يمكن تعميم هذه النتيجة على أية قوة انحفاظية اخرى مثل توتر النابض و مزدوجة الفتل

نتيجة

1 - عندما تكون القوى المؤثرة داخل جملة ميكانيكية انحفاظية فانه يكون هناك انحفاظ للطاقتين الحركية و الكامنة للجملة و تكون هذه الجملة حينئذ شبه معزولة

2 - عندما تكون الجملة الميكانيكية غير معزولة تكون القوى المؤثرة عليها من الوسط الخارجي غير انحفاظية و تكون الطاقة الضائعة مساوية لعمل هذه القوة

4 -2 تطبيقات مبدأ انحفاظ الطاقة

مثال 1

باعتبار جملة (النواس - أرض) جملة شبه معزولة فانه يمكننا تفسير تحول طاقة الجملة من كامنة ثقالية إلى حركية و بالعكس .

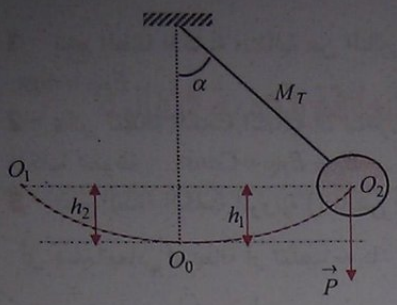
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

في الوضع O_1 تكون طاقة الجملة على شكل طاقة كامنة $E_1 = E_{PP_1} = mgh_1$ .....(1)

و أثناء المرور من وضع التوازن (O_0)

تتحول كامل الطاقة الكامنة إلى حركية :

$E_2 = E_{C_2} = \frac{1}{2}mv^2$ .....(2)



و عندما يبلغ النواس ارتفاعه الأعظمي من اليسار (O_2) تتحول هذه الطاقة إلى طاقة كامنة ثقالية من جديد

$E_3 = E_{PP_3} = mgh_2$ .....(3)

من العلاقات (1) ، (2) ، (3) نستنتج أن $h_1 = h_2$

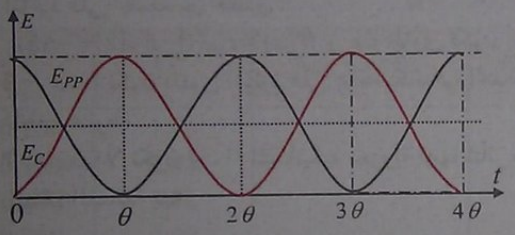
نلاحظ ان كرية النواس تبلغ من جديد نفس الارتفاع الذي سقطت منه بسبب انحفاظ الطاقة

التمثيل البياني لغيرات الطاقة

إن تحول الطاقة من كامنة إلى حركية و بالعكس يمكن أن نمثله بالبيان المرفق حيث يحدث التحول خلال فترات زمنية متساوية ومتعاقبة θ :

- ففي اللحظة $t = 0$ تكون الطاقة على شكل طاقة كامنة ثقالية و تكون الطاقة الحركية معدومة وهذا عند وجود النواس في الوضعية الجانبية .

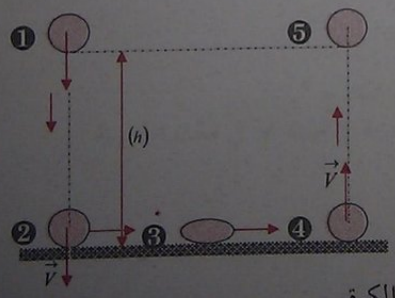
و عند المرور من وضع التوازن يحدث العكس . وهكذا .....



تحولات الطاقة

مثال ❷

نجعل كرة مرنة تسقط تحت تأثير ثقلها ابتداء من السكون نحو سطح الأرض ، ارتفاعا (h)



- في الوضع - ❶ :

للجملة (كرة ـ ارض) طاقة كامنة ثقالية هي : $E_{PP} = mgh$

- في الوضع - ❷ :

تتحول كامل الطاقة الكامنة إلى طاقة حركية : $E_C = \frac{1}{2}MV^2$

- في الوضع - ❸ :

تتحول الطاقة الحركية للكرة إلى طاقة كامنة مرونية نتيجة تشوه الكرة .

- في الوضع - ❹ :

تستعيد الكرة طاقتها الحركية لتندفع نحو الأعلى بنفس السرعة التي بلغت بها سطح الأرض

- في الوضع - ❺ :

تنعدم السرعة من جديد لتتحول الطاقة الحركية إلى كامنة ثقالية على نفس الارتفاع.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

خلاصة الدرس

1 - تنتج الطاقة الكامنة الثقالية عن التاثير التجاذبي المتبادل بين الجسم و الارض ، و تعطى بالعلاقة $E_{PP} = mgz$.

2 - يمكن للطاقة الكامنة الثقالية أن تتحول إلى حركية و بالعكس عن طريق عمل الثقل بحيث تبقى الطاقة الكلية محفوظة $E_C + E_{PP} = Const$

3 - تنتج الطاقة الكامنة المرونية في نابض عن التأثير المتبادل بينه وبين الوسط الخارجي .

أي عندما يعاني استطالة أو تقلصا معينا .

و تعطى بالعلاقة $E_{Pe} = \frac{1}{2} K x^2$

4 - تنشأ الطاقة الكامنة الفتلية في نواس فتل عن التأثير المتبادل بينه و بين المحيط الخارجي .

أي عندما يعاني فتلا معينا بزاوية (α) و تعطى هذه الطاقة بالعبارة : $E_{Pt} = \frac{1}{2} C \alpha^2$.

5 - إن الطاقات الثلاث الكامنة المذكورة هي طاقات داخلية يكون تغيرها مساويا لعمل القوى الداخلية المؤثرة على الجملة بين لحظتين :

$W_{1\to 2} = E_P(1) - E_P(2) = -\Delta E_P$ و هذه القوى تكون بالضرورة المحافظية .

6 - عندما تكون القوى المؤثرة على جملة ميكانيكية المحافظية تكون هذه الجملة شبه معزولة و تبقى فيها الطاقة محفوظة .

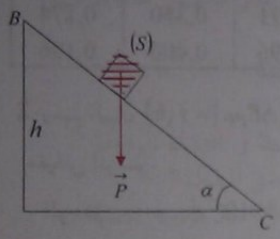
7 - عندما لا تكون الجملة الميكانيكية معزولة فإنها تتأثر من الخارج بقوى غير المحافظية يكون عملها مساويا للطاقة الضائعة بها .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

نشاطات تجريبية

تأثير الارتفاع على التغير في الطاقة الكامنة الثقالية

تجربة



من النقطة B أعلى مستوى مائل، طوله $1\,m$ وزاوية ميله بالنسبة للأفق (α)، نترك جسما صلبا (S) كتلته $M=50\,g$ لينزلق نحو الأسفل ابتداء من السكون دون احتكاك. نغير زاوية الميل (α) في كل مرة و نقوم بقياس سرعة مركز الجسم (S) لدى وصوله إلى النقطة C أسفل المستوى، نحصل على ما يلي :

$Sin\alpha$	$V^2(m/s)^2$	$E_{CC}=\frac{1}{2}MV^2$	E_{PP_B}	ΔE_{PP} .	$h(m)$	$W(\vec{P})$
0,100	1,96					
0,150	2,94					
0,200	3,92					
0,250	4,90					
0,300	5,88					
0,350	6,86					
0,400	7,84					

المطلوب :

1- أكمل الجدول السابق .

2- ارسم الخط البياني $|\Delta E_{PP}|=f(h)$. ماذا تستنتج ؟

3- استنتج ، اعتمادا على هذا البيان تسارع الجاذبية الأرضية g في مكان التجربة

تحليل التجربة

1- إكمال الجدول :

الجملة المادية معزولة و الطاقة الكلية محفوظة $E_B=E_C=E_{PP_B}=E_C=\frac{1}{2}MV^2$

يقاس الارتفاع (h) بالعلاقة المثلثية $h=x\,Sin\alpha$ حيث أن $x=1\,m$

أما عمل الثقل فيكون مساويا للانخفاض في الطاقة الكامنة الثقالية للجملة .

$W(\vec{P})=-\Delta E_{PP}=-(E_{PP_C}-E_{PP_B})=+E_{PP_B}$ أي أن

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

فنحصل على الجدول التالي :

$Sin\alpha$	$V^2(m/s)^2$	$E_C=\frac{1}{2}MV^2$	E_{PP_B}	ΔE_{PP}	$h(m)$	$W(\vec{P})$
0,100	1,96	0,049	0,049	-0,049	0,100	0,049
0,150	2,94	0,073	0,073	-0,073	0,150	0,073
0,200	3,92	0,098	0,098	-0,098	0,200	0,098
0,250	4,90	0,122	0,122	-0,122	0,250	0,122
0,300	5,88	0,147	0,147	-0,147	0,300	0,147
0,350	6,86	0,171	0,171	-0,171	0,350	0,174
0,400	7,84	0, 196	0,196	-0,196	0,400	0,196

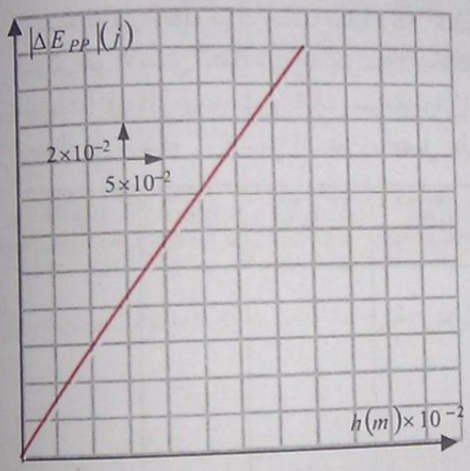
2- رسم البيان $|\Delta E_{PP}|=f(h)$

مقياس الرسم :

الوحدة $\longleftarrow 5\times10^{-2}m$ (أفقيا)

الوحدة $\longleftarrow 2\times10^{-2}j$ (شاقوليا)

نحصل على الشكل المرفق .



الاستنتاج

البيان $|\Delta E_{PP}|=f(h)$ عبارة عن خط مستقيم معادلته من الشكل $|\Delta E_{PP}|=ah$

ميله $a=\frac{|\Delta E_{PP}|}{h}$

فالتغير في الطاقة الكامنة الثقالية للجملة يتناسب مع الارتفاع .

3- استنتاج (g) بيانيا :

لدينا $|\Delta E_{PP}|=ah$ (بيانيا)

$|\Delta E_{PP}|=|0-E_{PP_B}|=E_{PP_B}=mgh$ (نظريا)

بالمطابقة نجد $a=mg$ ومنه $g=\frac{a}{m}$.

حيث يكون $a=\frac{|\Delta E_{PP}|}{\Delta h}=\frac{0,196-0,049}{4,400-0,100}=0,49$ و $M=0,05\,Kg$

وعليه فان $g=\frac{0,49}{0,05}=9,8N/Kg$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تطبيقات نموذجية

تطبيق 1

يحتوي سد على **10** ملايين متر مكعب من المياه توجد على ارتفاع $100\,m$ من محطة لتوليد الكهرباء .

1- احسب الطاقة الكامنة الثقالية للجملة (سد ـ محطة) .

2- تتلقى المحطة $100\,m^3$ من المياه في الدقيقة .

أ) احسب الطاقة الحركية للمياه الساقطة عند المحطة في الدقيقة الواحدة بفرض انه لا يوجد أي ضياع للطاقة . ما هو العمل المبذول ؟

ب) احسب الطاقة الكهربائية الجاهزة في الدقيقة إذا كان مردود العملية 50% ($g=9,8N/Kg$)

- ارسم مخطط التحويل الطاقي لهذه العملية .

الحل

1) $E_{PP}=mgh$

كتلة الماء الموجود بالسد $M=\mu\times v=10^{10}Kg$ (الكتلة الحجمية للماء $1000Kg/m^3$)

ومنه يكون $E_{PP}=10^{10}\times 9,8\times 10^2=98\times 10^{11}\,j$

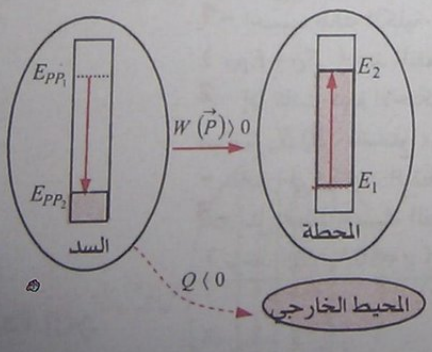
2) **أ)** الجملة المادية شبه معزولة و الطاقة محفوظة. فالطاقة الكامنة الثقالية للجملة تتحول عند المحطة كليا إلى طاقة حركية $E_1=E_2\rightarrow E_{PP_1}=E_{C_2}$

$E_{PP_1}=mgh$ حيث m هي كتلة المياه التي تتلقاها المحطة في الدقيقة

$m=\mu\times v=100\times 10^3=10^5Kg$

$E_{PP_1}=mgh=10^5\times 9,8\times 10^2=98\times 10^6\,j$

ومنه يكون $E_C=98\times 10^6\,j$



العمل المبذول هو عمل ثقل المياه الساقطة و يكون التغير في الطاقة الحركية للجملة مساويا لعمل الثقل:

$W(\vec{P})=\Delta E_C=E_{C_2}-E_{C_1}=E_{C_2}-0=98\times 10^6\,j$

ب) إن الطاقة الحركية المكتسبة من طرف المياه الساقطة في كل دقيقة تتحول جزئيا إلى طاقة كهربائية بمردود 50% فيكون $E_e=0,50E_{C_2}=0,50\times 98\times 10^6=49\times 10^6\,j$

- رسم مخطط التحول الطاقي حسب الشكل المرفق .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تطبيق 2

نابض مرن ثابت مرونته $K=50N/m$

1- احسب الطاقة الكامنة المرونية للجملة ، عندما يعاني النابض استطالة قدرها $x=5\,Cm$. ما هو التغير في الطاقة الكامنة المرونية للجملة عندما يعاني النابض الاستطالة السابقة ابتداء من وضع الراحة ؟ ما هو العمل المبذول عندئذ ؟

2- احسب عمل القوة المرونية للنابض عندما تنتقل الاستطالة من القيمة $x_1=5\,Cm$ إلى القيمة $x_2=2\,Cm$.

الحل

1) $E_{Pe}=\frac{1}{2}Kx^2 \quad =\frac{1}{2}\times 50\times(0,05)^2=625\times10^{-4}\,j$

في وضع الراحة يكون $E_{Pe_1}=0$ لان $x=0$

ويكون التغير في الطاقة الكامنة المرونية للجملة عندما تنتقل الاستطالة من $x_1=0$ إلى $x_2=5\,Cm$

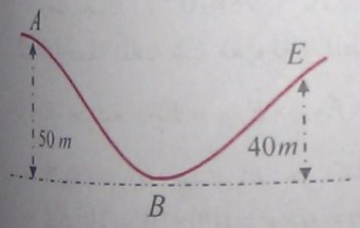
هو $\Delta E_{Pe}=E_{Pe_2}-E_{Pe_1}=625\times10^{-4}-0=625\times10^{-4}\,j$

فالطاقة الكامنة تزداد و العمل المبذول هو تغير للطاقة الكامنة :

$$W=-\Delta E_{Pe}=E_{Pe_1}-E_{Pe_2}=-625\times10^{-4}\,j$$

2) $W=E_{Pe_1}-E_{Pe_2}=\frac{1}{2}K\left(x_1^2-x_2^2\right) \quad =\frac{1}{2}\times50\left[(0,05)^2-(0,02)^2\right]=525\times10^{-4}\,j$

تطبيق 3



متزحلق على الجليد كتلته $80\,Kg$ يبدأ حركته تحت تأثير ثقله ابتداء من لسكون من النقطة A . الاحتكاكات مهملة .

1- احسب طاقته الكلية (E_C+E_{PP}) عند النقطة A ثم استنتج سرعته عند النقطتين E,B .

2- إذا كانت شلة الاحتكاكات المؤثرة عليه خلال مرحلة الهبوط $(AB=70\,m)$ مساوية $20\,N$ ، فاستنتج من ذلك :

- طاقته الحركية عند النقطة B و سرعته .

3- مثل مخطط حصيلة الطاقة للجملة أثناء مرحلة الهبوط في الحالتين المذكورتين (تؤخذ $g=10N/Kg$)

الحل

1) الطاقة الكلية للجملة $E_A=E_{C1}+E_{PP1}$.

باعتبار المستوى المرجعي لقياس الطاقة الكامنة الثقالية عند النقطة B يكون $E_{C_1}=0$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$$E_{PP_1} = mgh = 80\times10\times50 = 4\times10^4\,j$$

$$E_A = E_{C_1} + E_{PP_1} = 4\times10^4\,j$$

- عند النقطة B يكون $E_B = E_{C_2} + E_{PP_2} = E_{C_2} + +0$

و باعتبار القوى الخارجية المؤثرة على الجملة (جسم ـ ارض) معدومة فان الطاقة تكون محفوظة ،

فيكون $E_A = A_B \rightarrow E_A = E_{C_2} = \frac{1}{2}mv_B^2$

ومنه نجد $V_B = \sqrt{\frac{2E_A}{m}} = \sqrt{\frac{2\times4\times10^4}{80}} = 31{,}62\ m/s$

- عند النقطة E يكون $E_E = E_{C_3} + E_{PP_3}$

$$E_E = E_A = E_B$$

حيث يكون $E_{PP3} = mgh = 80\times10\times40 = 32000\,j$ ومنه نجد:

$$E_{C3} = E_E - E_{PP3} = 4\times10^4 - 3{,}2\times10^4 = 0{,}8\times10^4\,j$$

من العلاقة $E_{C3} = \frac{1}{2}mV_E^2$ يكون:

$$V_E = \sqrt{\frac{2E_{C3}}{m}} = \sqrt{\frac{2\times0{,}8\times10^4}{80}} = 2\sqrt{5}\ m/s$$

2) عندما تؤثر قوة الاحتكاك تصبح الطاقة الكلية غير محفوظة و يكون النقص فيها مساويا لعمل القوة الخارجية ، فيكون $E_B - E_A = W_{AB}(\vec{F_0})$.

أي أن $E_B = E_A + W_{AB}(\vec{F_0})$

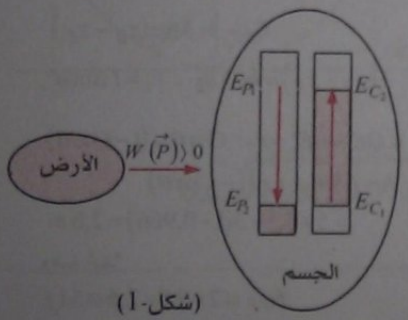
حيث يكون $E_A = 4\times10^4\,j$

$$W_{AB}(\vec{F_0}) = -F_0\times AB = -20\times70 = -1400N$$

$$E_B = 4\times10^4 - 1400 = 38600\,j$$

من العلاقة $E_B = E_{CB} = \frac{1}{2}mV_B^2$

يكون $V_B = \sqrt{\frac{2E_B}{m}} = \sqrt{\frac{2\times38600}{80}} \approx 31\,m/s$

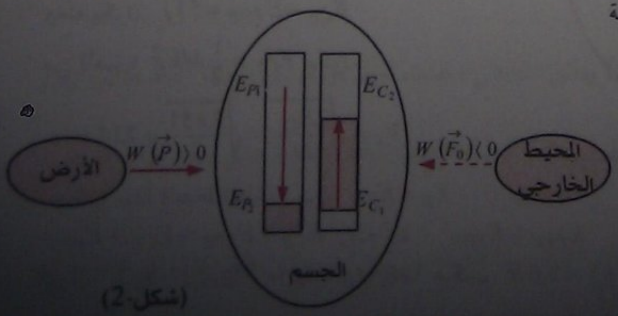


(شكل-1)

3) مخطط الحصيلة الطاقوية للجملة :

أ) الحالة الأولى : الجملة شبه معزولة و الطاقة محفوظة . نحصل على الشكل-1.

ب) الحالة الثانية : الجملة غير معزولة و الطاقة غير محفوظة . نحصل على الشكل-2.

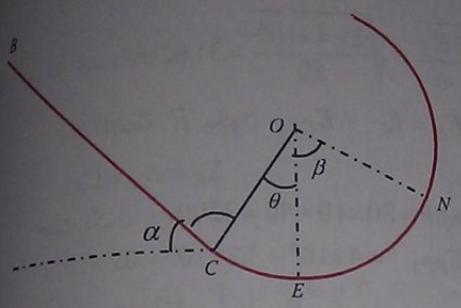


(شكل-2)

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تطبيق 4

جسم صلب كتلته $m=2\,Kg$ ينزلق دون احتكاك ابتداء من السكون من النقطة B تحت تأثير ثقله حيث يكون المسار BC مستقيما طوله $l=5\,m$ و يميل على الأفق بزاوية $\alpha=30°$ ثم يصبح بعد ذلك قوسا دائريا CE نصف قطره $r=3\,m$ و مركزه O. النقطة E المعرفة بالزاوية $\theta=C\hat{O}E=15°$ هي اخفض نقطة من المسار الكلي

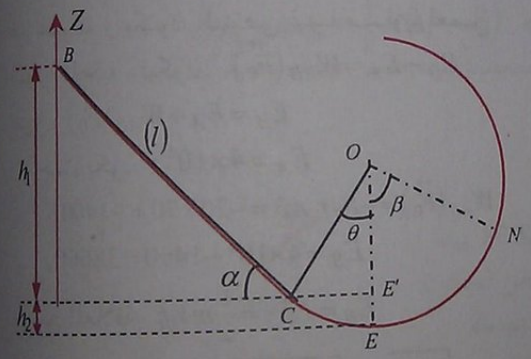


1- احسب الطاقة الكامنة للجملة عند النقطة B .

2- احسب الطاقة الحركية عند النقطة E و ذلك بتطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة ، ثم استنتج سرعة المتحرك في تلك النقطة .

3- عين النقطة N موضع توقف المتحرك المعرفة بالزاوية $\beta=E\hat{O}N=\beta$ ثم عين قيمة الزاوية β

الحل



$$E_{PP_B}=Mgz(z_B-z_E)$$

$$(z_B-z_E)=h_1+h_2 \;،\; h_1=l\,Sin\alpha$$

$$h_2=OE-OE'=r-r\,Cos\theta=(1-Cos\theta)$$

$$h=l\,Sin\alpha+r(1-Cos\theta)$$

$$=5\times0,5+3(1-0,966)=2,6\,m$$

ومنه نجد:

$$E_{PP}=2\times9,8\times2,6\cong51j$$

الطاقة الكلية للجملة محفوظة :

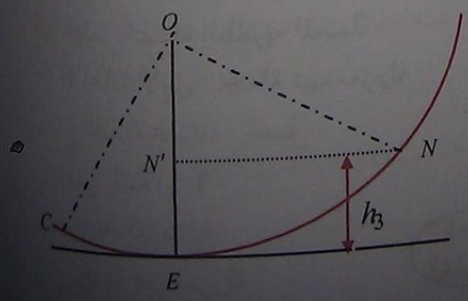
$$E_E=E_B\rightarrow E_{CE}+E_{PPE}=E_{CB}+E_{PPB}$$

$$E_{CE}+0=0+E_{PPB}$$

ومنه يكون $E_{CE}=E_{PPB}=51j$

من العبارة $E_{CE}=\frac{1}{2}MV_E^2$ يكون:

$$V_E=\sqrt{\frac{2E_{CE}}{M}}=\sqrt{\frac{2\times51}{2}}=7,14\,m/s$$



حسب مبدأ انحفاظ الطاقة يكون $E_B=E_N$

ومنه نجد $E_{CB}+E_{PPB}=E_{CN}+E_{PPN}$

أي أن $Mg(z_B-z_E)=Mg(z_N-z_E)$ فيكون $h_B=h_N=2,6\,m$

$E_{PPB}=E_{PPN}$

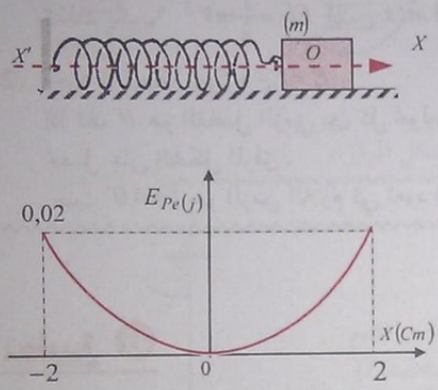
قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

$$h_N = h_3 = EN' = r - r\,Cos\beta$$

ومنه $Cos\beta = \frac{2,6-3}{3} = 0,133 \rightarrow \beta \cong 82,36°$

تطبيق 5

نابض مرن ثابت مرونته K ينتهي بكتلة نقطية $m = 100\ g$ و موجود فوق حامل أفقي ابتداء من وضع التوازن O يسحب النابض أفقيا بمسافة صغيرة x_0 ثم يترك حرا لحاله فيبدأ بالاهتزاز بين وضعين متناظرين لـ O هما O_1، O_2 . الشكل التالي يبين لنا كيفية تحول الطاقة الكامنة المرونية للنابض أثناء حركة الكتلة m المثبتة به بين الوضعين O_1، O_2 على المحور الموجه (XOX') . استنتج من المخطط مع الشرح :



ا) مقدار الطاقة الحركية العظمى للجملة .

ب) مقدار الإزاحة x_0 .

جـ) مقدار ثابت المرونة (K) و كذلك قيمة السرعة العظمى .

2- ارسم اعتمادا على النتائج السابقة الخط البياني لتحولات طاقة الجملة (E) بدلالة الزمن .

الحل

1) تحولات الطاقة الكامنة المرونية للنابض $E_{Pe} = f(x)$

لدينا $E_{Pe} = \frac{1}{2}Kx^2 = Ax^2$. والمنحنى عبارة عن قطع مكافئ ، كما يوضحه المخطط

ولدينا $E = E_C + E_{Pe}$

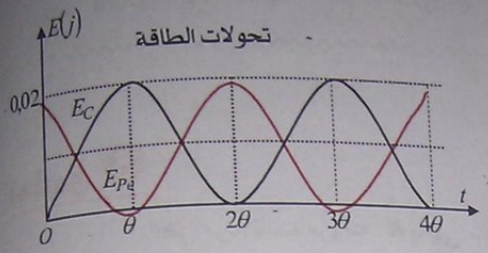
و يلاحظ انه أثناء اهتزاز الكتلة (m) بتأثير النابض ، يحدث تحول دوري بين الطاقة الكامنة المرونية و الطاقة الحركية للجملة :

- فعند إزاحة الكتلة بمسافة عظمى x (هي $2\,Cm$ هنا) تكون الطاقة الكلية على شكل طاقة كامنة مرونية $\frac{1}{2}Kx_0^2$.

و عند تركها حرة و مرورها بوضع التوازن (مبدأ الفواصل O) تتحول الطاقة كلها إلى طاقة حركية حيث تكون السرعة عظمى ($x = 0$) .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

وهكذا يحدث نفس الشيء من الجهة الأخرى المناظرة . وعلى هذا نتوصل إلى ما يلي :



ا) $E_C = 0,02\,j$

ب) $x_0 = 2\,Cm$

جـ) ثابت مرونة النابض K

لدينا $E_C = E_{Pe}$ (بعد التحول)

فيكون $E_C = \frac{1}{2}Kx_0^2$

ومنه نجد :

$$K = \frac{2E_C}{x_0^2} = \frac{2\times 0,02}{(2\times 10^{-2})^2} = 100\,N/m$$

كذلك يكون $E_C = \frac{1}{2}mV^2$ إذن $V = \sqrt{\frac{2E_C}{m}} = \sqrt{\frac{2\times 0,02}{0,1}} = 0,63\,m/s$

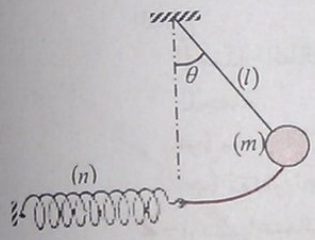
2) تحولات الطاقة $E = E_C + E_{Pe}$

إذا كان θ هو الفاصل الزمني بين كل تحولين متتاليين للطاقة (من كامنة إلى حركية و بالعكس) .

نحصل على الشكل المرفق .

حيث $t = 4\theta$ هو الزمن اللازم كي تعود الكتلة إلى نفس نقطة انطلاقها الأولى .

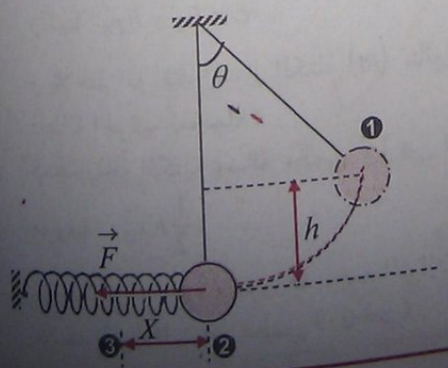
تطبيق 6



نواس بسيط كتلته $m = 50\,g$ وطول خيطه $l = 1,5\,m$. يزاح عن وضع توازنه الشاقولي بزاوية θ، ثم يترك حرا لحاله دون أي سرعة ابتدائية ، فيصدم أثناء مروره بوضع التوازن طرف نابض مرن (n) مثبت أفقيا من جهته الأخرى .فإذا كان ثابت مرونة هذا النابض هو $K = 100\,N/m$ و كان مقدار الانضغاط الأعظمي الذي تسببه هذه الصدمة له هو $10\,Cm$ ، أوجد مقدار الإزاحة θ

- ارسم مخطط التحول الطاقي للجملة

الحل



لتكن $\vec{V}_0$ هي سرعة مرور النواس من وضع توازنه (2) . ولتكن $\vec{V} = 0$ هي سرعته بعد حدوث الصدم و توقف النواس عندما يتقلص النابض بمسافة (x) (الوضع 3) .

يكون التغير في الطاقة الحركية للجملة هو:

$$\Delta E_C = \sum W_{1\to 2}(\vec{F})$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

بين الوضعين (1) ، (2) نجد $E_{C_2}-E_{C_1}=W_{1\to2}(\vec{P})$

$$\frac{1}{2}MV-0=mgh \quad \ldots\ldots(1)$$

كذلك يكون $E_{C_3}-E_{C_2}=W_{1\to2}(\vec{T})$ (بين الوضعين (2) ، (3))

$$0-\frac{1}{2}MV^2=-\frac{1}{2}Kx^2 \quad \ldots\ldots(2)$$

من العلاقتين (1) ، (2) نجد أن $mgh=\frac{1}{2}Kx^2$

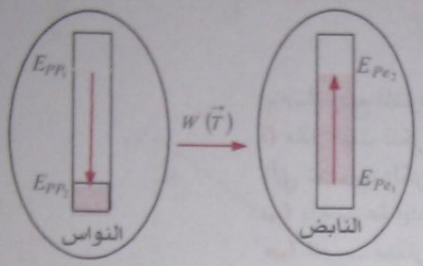
ومنه يكون $h=\frac{\frac{1}{2}Kx^2}{m.g}=\frac{\frac{1}{2}\times100\times(0,10)}{0,05\times9,8}=1,02m$

ومن الشكل نلاحظ أن $h=l-lCos\theta$

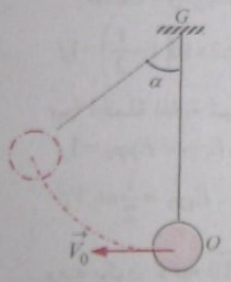
فيكون $Cos\theta=\frac{l-h}{l}=\frac{1,5-1,02}{1,5}=0,32$

وعليه فان $\theta\cong71,34°$

و يكون مخطط التحول الطاقي للجملة كما هو مبين بالشكل المرفق .



تطبيق 7



يتكون نواس بسيط من خيط مهمل الكتلة و عديم الامتطاط طوله $l=1m$ مثبت شاقوليا بنقطة G وهو يحمل كرية صغيرة نقطية كتلتها $m_1=200g$.

1- ابتداء من وضع التوازن الشاقولي (O) تقذف الكرية أفقيا بسرعة ابتدائية V_0 فينفرج الخيط بزاوية $\alpha=\frac{\pi}{3}$. باهمال الاحتكاك واخذ $g=10N/Km$:

أ) ما هي الطاقة الكامنة الثقالية E_{PP} التي تكتسبها الكرية ؟

ب) بأية سرعة V_1 تعود الكرية لتمر من وضع توازنها (O) و ما هو الارتفاع (h_2) الذي تبلغه من الجانب الأخر ؟

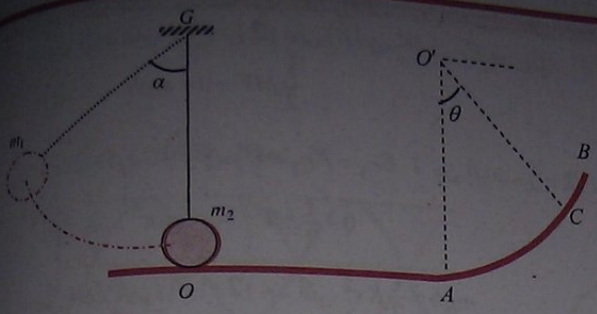
ج) ما هي القوى المؤثرة على الكرية أثناء هذه الحركة و هل تكون المحافظية ؟ علل .

- ارسم مخطط حصيلة الطاقة للجملة (ارض ـ نواس) خلال مرحلة الصعود .

د) ارسم مخطط تحولات الطاقة للجملة في المجال $\left[-\frac{\pi}{3},\frac{\pi}{3}\right]$

2- نفترض الآن انه أثناء مرور الكرية (m_1) من النقطة (O) بالسرعة المحسوبة سابقا تصدم كرية نقطية اخرى كتلتها $m_2=2m_1$ فتكسب كامل طاقتها الحركية لتندفع أفقيا فوق مستوى أفقي OA ليصبح المسار بعد ذلك جزءا كرويا AB نصف قطره $r=1m$ و مركزه (O') موجود في مستوى شاقولي و تتوقف تماما عند النقطة C منه المعرفة بالزاوية $\theta=A\hat{O}'C$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



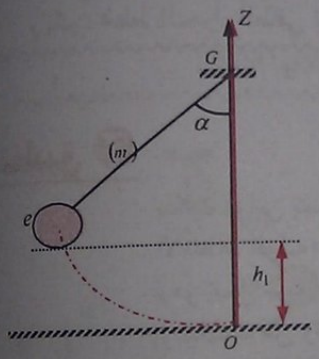
بإهمال جميع المقاومات :

ا) ماذا يحدث للكرية (m_1) بعد الصدم مباشرة ؟ وما هي الطاقة الكلية التي تكتسبها الكرية (m_2) ؟

ب) بأية سرعة ابتدائية V_0' تنطلق الكرية (m_2) ؟

جـ) احسب مقدار الزاوية θ .

الحل



ا) ا) الطاقة الكامنة الثقالية للجملة :

$$E_{PP} = m_1 g(z_O - z_e) - m_1 g h_1 = -m_1 gl(1-Cos\alpha)$$

$$= -0{,}2\times 10\left(1-\frac{1}{2}\right) = 1j$$

ب) الجملة المادية شبه معزولة و الطاقة محفوظة فيكون :

$$E_{CO} = E_{PPe} = 1j$$

$$E_{CO} = \frac{1}{2} m_1 V_1^2 .$$

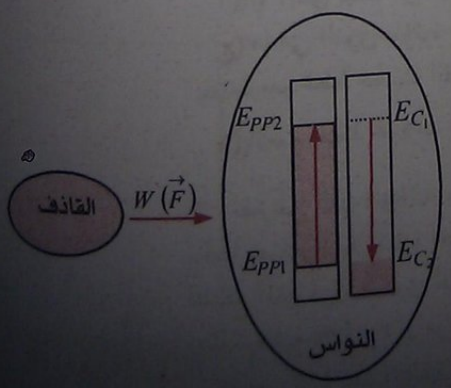
ومنه يكون $V_1 = \sqrt{\frac{2E_{CO}}{m_1}} = \sqrt{\frac{2\times 1}{0{,}2}} = \sqrt{10}\ m/s$

جـ) القوة الانحفاظية المؤثرة على الكرية هي قوة الثقل $\vec{P}$ لان عملها لا يتعلق إلا بالحالة الابتدائية و النهائية للحركة . أي بالارتفاع :

يوجد تبادل بين الطاقتين الحركية و الكامنة فيكون $h_2 = h_1 = l(1-Cos\alpha) = 0{,}5\ m$

$$W(\vec{P}) = -\Delta E_{PP} = E_{PP_1} - E_{PP_2} = mgh$$

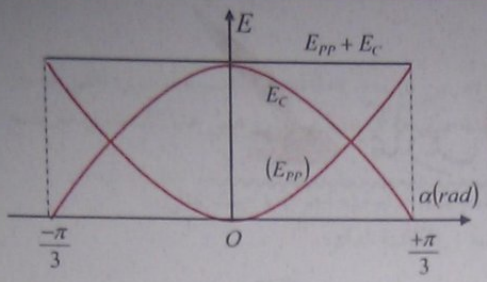
د) مخطط تحولات الطاقة :



نلاحظ انه يحدث تبادل بين الطاقتين الحركية E_C و الكامنة E_{PP} في كل مرحلة هبوط أو صعود و تكون الطاقة الكلية للجملة محفوظة :

$$E_C + E_{PP} = Const$$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM



لحصل على البيان المرفق.

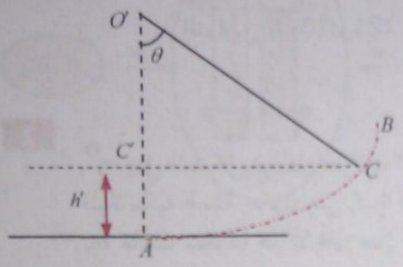
2) أ) لحظة الصدم تفقد الكرية المتحركة (m_1) كامل طاقتها الحركية التي تكتسبها الكرية (m_2) :

- فالكرية (m_1) تسكن عند النقطة (O)
- و الكرية (m_2) تندفع أفقيا مكتسبة الطاقة الحركية $E_C = 1\,j$

ب) سرعة انطلاق الكرية الثانية V'_0 :

$$E_C = \frac{1}{2}m_2 V_0'^2 = \frac{1}{2}(2m_1)V_0'^2 = m_1 V_0'^2$$

ومنه نجد $V'_0 = \sqrt{\frac{E_C}{m_1}} = \sqrt{\frac{1}{0,2}} = \sqrt{5}\ m/s$



جـ) حساب الزاوية θ :

الطاقة محفوظة :

$$E'_C = E'_{PP} = 1\,j$$

$$E'_{PP} = m_2 g h' = 2\,m_1 g h'$$

ومنه $h' = \frac{E'_{PP}}{2\,m_1 g} = \frac{1}{2\times 0,2\times 10} = 0,25\ m$

ولدينا $h' = r - r\,Cos\theta = 0,75$

فيكون $Cos\theta = \frac{r-h'}{r} = \frac{1-0,25}{1} = 0,75$ ومنه نجد $\theta = 41,4°$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

تمارين و مسائل

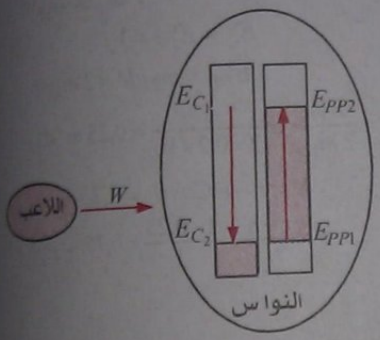
ملاحظة

التمارين (من16الى21) خاصة بشعبتي الرياضيات والتقني رياضي

1

*- يمثل الشكل مخطط تحولات الطاقة الميكانيكية لجملة تتكون من كرة كتلتها m قذفت شاقوليا نحو الأعلى من طرف لاعب بسرعة ابتدائية قدرها $V_0 = 10\,m/s$ بحيث يكون :

$E_{PP_2} = 10\,j$, $E_{PP_1} = 0$, $E_{C_2} = 0$, $E_{C_1} = 10\,j$



1- هل يوجد ضياع في طاقة الجملة أم لا ؟

2- ماذا يمثل العمل W و ما هي طبيعته و قيمته ؟

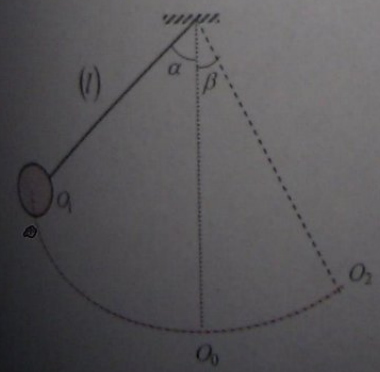
3- استنتج قيمة الكتلة m و مقدار الارتفاع (h) الذي تبلغه الكرة . تؤخذ ($g = 10N/Kg$)

الجواب :

$h = 5m$, $m = 200\,g$

2

*- يتكون نواس بسيط من خيط طوله $l = 1\,m$ وكرية صغيرة كتلتها $m = 50\,g$ يزاح بزاوية $\alpha = 60°$ (الوضع O_1) ثم يترك حرا الحاله دون سرعة ابتدائية :



أ) احسب الطاقة الكلية للجملة .

ب) استنتج سرعة المرور من وضع التوازن (الوضع O_0) .

جـ) ماذا تصبح هذه السرعة في اللحظة التي يصنع فيها الخيط الزاوية $\beta = 30°$ من الجهة الأخرى (الوضع O_2) .

الجواب :

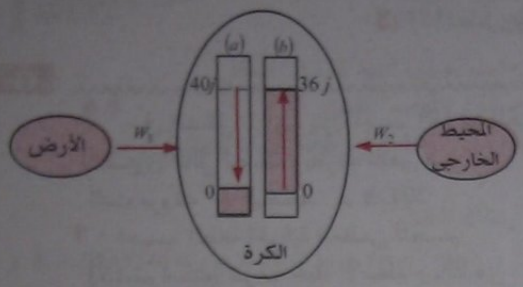
أ) $E = 0,245\,j$ ب) $V = 3,13\,m/s$ جـ) $V = 2,67\,m/s$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

3

- تسقط كرة معدنية كتلتها $m=400\,g$ من ارتفاع $h=10\,m$ بالنسبة لمستوى أفقي معين سقوطا حرا ابتداء من السكون لتصطدم بشدة صفيحة معدنية مستقرة على هذا المستوى فترتفع درجة حرارتها بمقدار معين .

يبين الشكل المرفق مخطط التحول الطاقوي للجملة أثناء هذه الحركة ، حيث يمثل العمودان $(a),(b)$ تغيرات الطاقتين الحركية و الكامنة للكرة .



1 - أي العمودين $(a),(b)$ يمثل مخطط الطاقة الحركية E_C للجملة و أيهما يمثل مخطط الطاقة الكامنة لها ؟ علل .

2 - هل الجملة (كرة ـ ارض) معزولة ؟ علل

3 - ما نوع التحولين W_1, W_2 ؟ ما هي القيمة العددية لكل منها ؟

4 - كيف تفسر ارتفاع درجة حرارة الصفيحة ؟ وما هي نسبة الطاقة الضائعة بتأثير الوسط الخارجي ؟

5 - ما هي سرعة اصطدام الكرة بالصفيحة ؟

الجواب :

1) $\Delta E=10\%$ 2) $W_2=-4j\,,\ W_1=36j$ 3)

5) $V=13{,}42\,m/s$

4

- جسم صلب كتلته $1\,Kg$ موجود على ارتفاع $10\,m$ من سطح الأرض ، يسقط هذا الجسم ابتداء من السكون تحت تأثير ثقله .

1 ـ أ) ما هي الطاقة الكامنة للجملة (جسم ـ ارض) في حالة السكون ؟

ب) احسب سرعة الجسم لدى اصطدامه بالأرض .

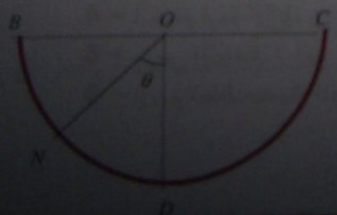
2 - في الحقيقة أن الجسم يصل إلى الأرض بالسرعة $12\,m/s$ فقط نظرا لوجود قوى مقاومة أهملت سابقا . احسب متوسط شدة هذه القوى .

- ارسم المخطط الطاقوي للجملة في الحالتين (1) ، (2)

الجواب :

1-1) $E_{pp}=98j$ ب) $V=14\,m/s$ جـ) $F_0=2{,}6\,N$

5



- مسار دائري عبارة عن نصف دائرة $\overset{\frown}{BC}$ مركزها (O) و نصف قطرها $r=2\,m$ موجود في مستوى شاقولي.

من النقطة B نترك جسما كتلته $50\,g$ ليتزلق نحو الأسفل ابتداء من السكون و بدون احتكاك :

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

1- أوجد عبارة الطاقة الحركية للجسم في النقطة N من المسار المعرفة بالزاوية $\theta = \widehat{NOD}$

2- أوجد عبارة الطاقة الميكانيكية للجملة عند النقطة N بدلالة (m, g, r) وبين أنها ثابتة.

احسب القيمة العددية لهذه الطاقة.

3- في أية نقطة (S) من الجزء $\overset{\frown}{DC}$ يتوقف الجسم تماما ؟

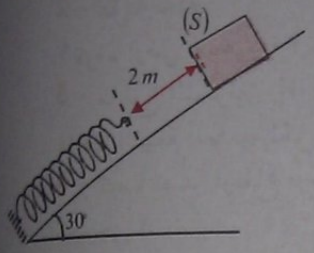
الجواب :

1) $E_C = mgr\,Cos\theta$ 2) $E = mgr = 0{,}98\,j$

3) (S) تنطبق على C

6

** - في الشكل المرفق ، ينزل الجسم (S) ذو الكتلة $m = 300\,g$ وفق خط الميل الأعظم للمستوى المائل ليصطدم بطرف نابض مرن ثابت مرونته K فينضغط بـ $20\,Cm$.



1- احسب الطاقة الحركية العظمى للجسم (S)، ثم استنتج سرعته لحظة الاصطدام بالنابض .

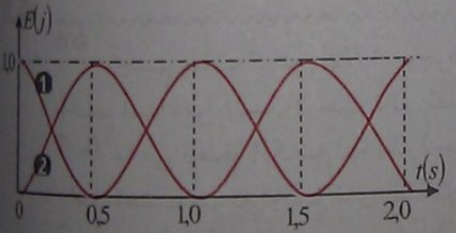
2- احسب عمل القوة المورنية للنابض ثم استنتج مقدار ثابت مرونته (K). تؤخذ: $g = 10N/Kg$

الجواب :

1- $E_C = 3\,j$ ، $V = 4{,}47\,m/s$ 2) $|W| = 3{,}30\,j$ ، $K = 165N/m$

7

** - يمثل الشكل التالي تحولات الطاقة لنواس بسيط طول خيطه $1\,m$ يحمل كرية نقطية كتلتها (m) أثناء حركته.



في اللحظة $t = 0$ يكون النواس مزاحا في الوضعية الجانبية بزاوية عظمى قدرها $\alpha = 60°$.

تؤخذ: $g = 10N/Kg$

1- هل يخضع النواس لقوة خارجية ؟ و هل طاقته محفوظة ؟

2- من بين المنحنيين (1)، (2) بين منحنى تغيرات الطاقة الكامنة الثقالية للنواس E_{PP} ، منحنى تغيرات الطاقة الحركية E_C .

3- استنتج السرعة العظمى V التي يمر بها النواس من وضع التوازن الشاقولي وذلك بطريقتين مختلفتين . $(g = 10\,N/Kg)$

4- استنتج قيمة الكتلة m .

5- ما هي اللحظة t التي تفصل مرورين متتابعين للنواس من نفس الفاصلة ؟

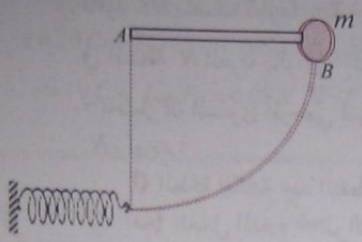
6- ارسم مخطط حصيلة الطاقة لهذه الجملة .

الجوب :

3) $V = 3{,}16\,m/s$ 4) $m = 200\,g$ 5) $t = 2s$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

8



** - تثبت كرية صغيرة نقطية كتلتها $m=200\,g$ في طرف ساق AB مهملة الكتلة طولها $l=50\,m$ و هي قابلة للدوران حول محور أفقي (Δ) مار من طرفها الأخر.

تزاح الساق ابتداء من وضع توازنها الشاقولي حتى تصبح أفقية ثم تترك حرة لحالها بدون سرعة ابتدائية ، و أثناء المرور من شاقول النقطة (A) تصدم الطرف الحر لنابض مرن مثبت بصورة أفقية كما في الشكل .

1- احسب الطاقة الكامنة الثقالية للجملة في الوضع العلوي .

2- بافتراض أن كل المقاومات الخارجية مهملة ، ماذا تصبح طاقة الجملة لحظة المرور من شاقول النقطة (A) ؟

- استنتج سرعة مرور الكرية حينئذ من تلك النقطة

3- احسب أقصى انضغاط يعانيه النابض نتيجة الصدم علما ان ثابت مرونته $K=200N/m$ و انه يكتسب كامل الطاقة الحركية للكرة

4- ارسم المخطط الطاقوي للجملة (ارض - نواس - نابض)

تؤخذ $g=10N/Kg$.

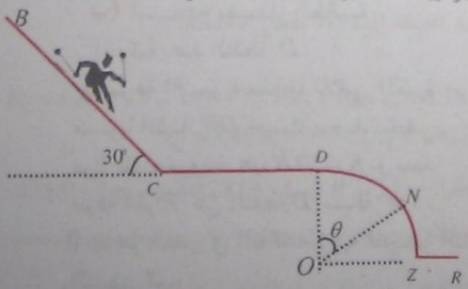
الجواب :

1) $E_{pp}=1j$ 2) $V=\sqrt{10}\ ms$ 3) $\Delta l=10\,Cm$

9

*** - متزحلق على الثلج كتلته مع آلته $m=80\,Kg$.

1- يبدأ المتزحلق حركته تحت تأثير ثقله ابتداء من السكون من النقطة B وفق مسار مستقيم BC طوله $50\,m$ يميل على الأفق بزاوية $30°$. بإهمال الاحتكاك أوجد



أ) التغير في الطاقة الكامنة للجملة .

ب) سرعة المرور من النقطة C .

2 - في الحقيقة أن المتزحلق يصل إلى النقطة C فقط بالسرعة $16\,m/s$ احسب :

أ) التغير في الطاقة الكامنة للجملة أثناء هذا الانتقال .

ب) عمل القوى المقاومة للحركة و شدة القوة المقاومة بفرض أنها توازي المسار و تعاكسه. (يحافظ على هذه القوة خلال بقية المسار).

3- بالسرعة $16\,m/s$ المكتسبة في النقطة C يلاقي المتحرك مستويا أفقيا CD و يصل إلى نهايته بالسرعة $8\,m/s$ احسب :

أ) مقدار العمل المقاوم خلال الانتقل CD ؟

ب) طول المسار $\overline{CD}$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

4- ابتداء من السكون ينزلق المتحرك فوق قوس دائرية موجودة في مستوى شاقولي عبارة عن ربع دائرة DZ نصف قطرها $r=3\,m$ مركزها O .

في النقطة N المعرفة بالزاوية $\theta=\hat{DON}=45°$ يغادر المتزحلق مساره :

- باعتبار أن المستوى المرجعي لقياس الطاقة الكامنة الثقالية هو المستوى الأفقي المار من النقطة N ، أوجد :

أ) الطاقة الكلية عند النقطة D

ب) العمل المقاوم خلال الانتقال $\overset{\frown}{DN}$.

جـ) الطاقة الكلية للجملة عند النقطة N .

د) سرعة المتحرك عند النقطة N . تؤخذ $g=9,80N/Kg$

الجواب :

1-أ) $\Delta E_{PP}=19600\,j$ ب) $V=22,13\,m/s$

2-أ) $\Delta E_{PP}=-9360\,j$ ، ب) $F_0=187,2N$ ، $W=-9360\,j$

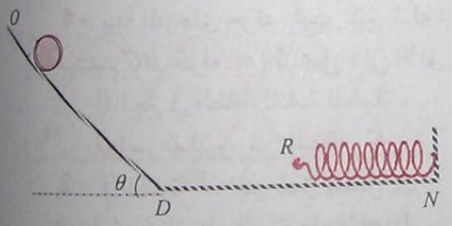
3-أ) $W=-7680\,j$ ب) $\overline{CD}\cong 41\,m$

4-أ) $E_D=694\,j$ ب) $W\cong 441\,j$

جـ) $E_N=153\,j$ د) $V_N=2,5\,m/s$

10

*** - مستوى مائل طوله $OD=2\,m$ يميل على الأفق بزاوية $\theta=30°$. تترك في اللحظة $t=0$ كرة صغيرة (كتلتها $m=100\,g$ و نصف قطرها r مهمل) تتدحرج من أعلاه O ابتداء من السكون .



1) الجملة شبه معزولة :

1-أ) احسب الطاقة الكلية للجملة .

ب) استنتج مقدار الطاقة الحركية عند النقطة D .

بالسرعة المحسوبة سابقا تلاقي الكرة مستويا أفقيا DN حيث يوجد نابض مرن ثابت مرونته $K=50\,N/m$ و يبعد طرفه الحر R عن النقطة D مسافة $1\,m$

أ) ما هو التغير في الطاقة الحركية للجملة أثناء الانتقال DR ؟ وبأي سرعة تصدم الكرة طرف النابض ؟

ب) ما هو أقصى انضغاط يعانيه هذا النابض ؟

2) في الحقيقة أن الجملة غير معزولة . و أن العمل المقاوم يمتص مقدار 8% من العمل المحرك أثناء الهبوط . استنتج من ذلك :

أ- عمل القوة المقاومة $W(\vec{F_0})$ ثم استنتج شدة هذه القوة .

ب) أقصى انضغاط يعانيه النابض أثناء الصدم . ($g=10N/Kg$)

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الجواب :

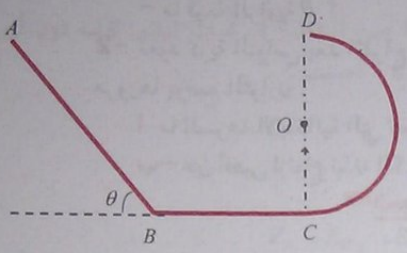
1 **ا-1)** $E=1j$ ، $E_C=1j$, $V_D=4,47\ m/s$ **ب)**

2 ا-1) $V_R=4,47m/s$ ، $\Delta E_C=0$ **ب)** $x=20\,Cm$

2 **ا-1)** $W(\vec{F})=-0,08\ j$ $F_0=0,08N$ **ب)** $x=19\,Cm$

11

*** - يتكون مسار من مستوى مائل طوله $AB=4\,m$ يميل على الأفق بزاوية $\theta=60°$.
يتصل بمستوى أفقي BC طوله $3\,m$.
ثم جزء أخرا CD يقع في نفس المستوى الشاقولي ، عبارة عن نصف دائرة قطره $CD=4\,m$ مركزها O.



نترك جسما صلبا كتلته $m=200\,g$ لينزلق من الأعلى (A) ابتداء من السكون و فق خط الميل الأعظم للمستوى المائل ، و ذلك تحت تأثير ثقله فقط :

1 – الاحتكاك مهمل . $g=9,8N/Kg$

ا) أعط قيمة الطاقة الكلية للجملة .

ب) استنتج مقدار الطاقة الحركية عند النقطة B و كذلك السرعتين V_C,V_B.

جـ) أوجد النقطة N التي يتوقف فيها الجسم تماما ، ثم استنتج مقدار الزاوية $\hat{CON}$.

2 – في الحقيقة أن الجسم يتوقف تماما في النقطة N' المعرفة بـ $\hat{CON'}=\frac{\pi}{2}$.

استنتج من ذلك :

ا) عمل قوى الاحتكاك خلال الانتقال $ABCN'$.

ب) شدة هذه القوة ، **جـ)** النسبة المئوية للطاقة الضائعة بفعل الاحتكاك .

الجواب :

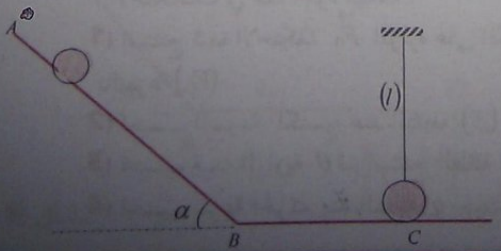
1-ا) $E=6.78\ j$ ، **ب)** $E_C=6,78j$, $V_B=V_C=8,23\,m/s$

جـ) $\hat{CON}=136,88°$, $h_C=3,46\,m=h$

2-ا) $W(\vec{F_0})=-2,86\,j$ ، **ب)** $F_0=0,282N$ **جـ)** $42,18\%$

12

*** – بواسطة نواس طول خيطه $l=80\,Cm$ و كتلة كريته النقطية $m=100\,g$ و كرية أخرى مائلة لها نحقق الشكل الجانبي .
تترك الكرية الأولى من النقطة A أعلى مستوى مائل طوله $AB=2\,m$ و زاوية ميله $\alpha=30°$ ، لتتدحرج نحو الأسفل دون أي احتكاك ، و تلاقي بعد ذلك مستويا أفقيا BC



قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

حيث توجد الكرية الثانية المعلقة بالخيط (l) دون أن تكون مستقرة على هذا المستوي.
و أثناء صدم الكرية الأولى للأخيرة يلاحظ أنها تسكن مكانها بعد الصدم في حين أن كرية النواس تندفع إلى الأمام لينفرج الخيط بزاوية عظمى θ :

ا) احسب الطاقة الكلية للجملة لحظة الصدم بين الشكل الذي توجد عليه في تلك اللحظة.

ب) كيف تفسر سكون الكرية المتحركة و تحرك الكرية الساكنة ؟

جـ) ما هي السرعة الابتدائية لانطلاق الكرية الساكنة ؟ و أقصى ارتفاع تبلغه ؟

- ما قيمة الزاوية θ ؟

2- تعود كرية النواس بعد انفراج خيطها بالزاوية θ لتصدم الكرية الساكنة أثناء عودتها و مرورها بوضع التوازن :

ا- ما السرعة الابتدائية التي تصدمها بها ؟

ب- عين أقصى ارتفاع تبلغه الكرية الثانية بعد تحركها على المستوى المائل . حدد نقطة توقفها.

الجواب :

1-ا) $V_B = V_C = 4,47 m/s$ ، ب) $E = 1 j$

د) $\theta = 104,48°$ ، $h = 1m$ ، $V_0 = 4,47 m/s$

2-ا) $V_0 = 4,47 m/s$ ، ب) $h = 1 m$ (النقطة A)

ب) $F_0 = 0,060 N$ ، $W(\vec{F_0}) = -4 j$

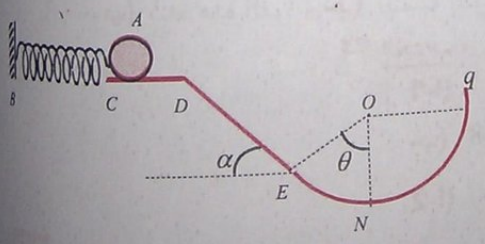
4-ا) $V_0 = 6,32 m/s$ ب) $V_0 = 15,11 m/s$

13

** - نابض (R) مرن ثابت مرونته $K = 100 N/m$ مثبت أفقيا من طرفه الأول بنقطة (B) و تتصل به كرية صغيرة نقطية (A) كتلتها $m = 200 g$.

يضغط هذا النابض بواسطة الكرية مسافة $5 Cm$ ابتداء من نقطة توازنه (C) ويترك حرا :

عند المرور من النقطة (C) تتحرر الكرية بالسرعة $V_0 = 2,5 m/s$ على الجزء $CD = 3,125 m$: حيث توجد قوة احتكاك $(\vec{F_0})$ و عند النقطة D تنعدم سرعتها لتهبط تحت تأثير ثقلها مستويا مائلا أملسا طوله $DE = 5 m$ و يميل على الأفق بزاوية α بحيث $Sin\alpha = 0,25$ و عند النقطة E يصبح المسار جزءا كرويا مركزه (O) موجود في مستوي شاقولي و نصف قطره $R = 1 m$.



- الاحتكاكات في هذا الجزء مهملة.

1) استنتج شلة الاحتكاك $\vec{F_0}$ المؤثرة على الكرية على الجزء CD من المسار بعد دفعها بالسرعة (V_0) .

2) احسب السرعة المكتسبة عند النقطة (E) نهاية المستوى المائل .

3) احسب قيمة الزاوية θ ثم استنتج الطاقة الحركية للكرية عند N وكذلك السرعة V_N.

4) احسب سرعة الحركة عند النقطة q حيث $\widehat{NOq} = 90°$.

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الجواب :

1) $F_0 = 0,2N$ 2) $V_E = 5\,m/s$

3) $\theta = \alpha$ ، $E_{CN} = 2,56\,j$ ، $V_N = 5,06m/s$

4) $V_q = 2,36\,m/s$

14

- يتكون مسار جليدي كما في الشكل-1 :

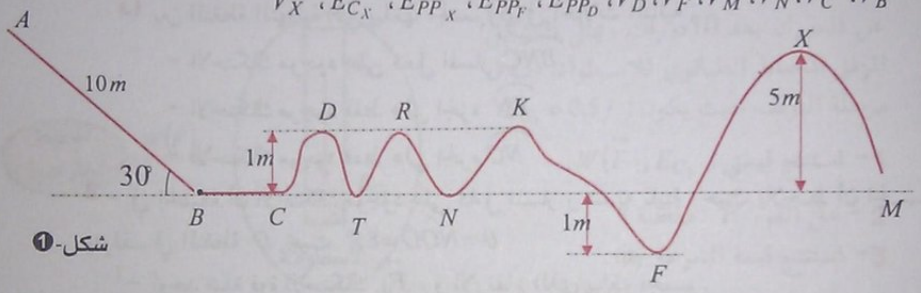
1- ابتداء من السكون ينزل متزحلق كتلته $80\,Kg$ من النقطة A تحت تأثير ثقله دون أي احتكاك . بأخذ مبدأ قياس الطاقة الكامنة عند النقطة B ، أحسب :

أ) الطاقة الكلية للجملة عند النقطة (A)

ب) الطاقة الحركية عند النقطة (B).

جـ) المقادير التالية:

V_X ، E_{C_X} ، E_{PP_X} ، E_{PP_F} ، E_{PP_D} ، V_D ، V_F ، V_M ، V_N ، V_C ، V_B



شكل-1

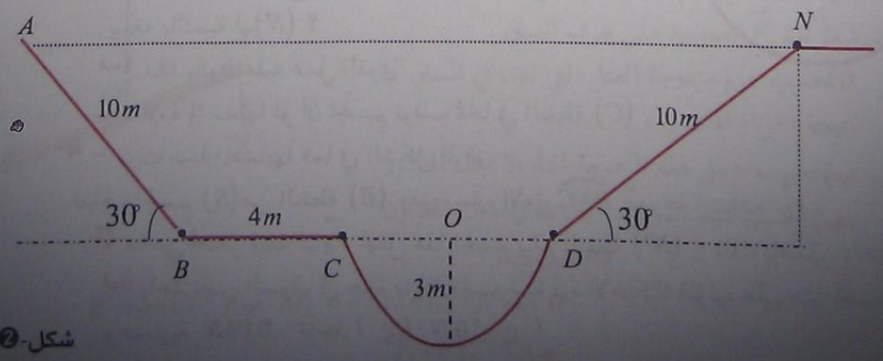
2- نعتبر الآن المسار الجديد المبين (شكل -2)

ينطلق المتزحلق السابق من السكون من النقطة A بإهمال الاحتكاك ـ أوجد :

أ) سرعته عند النقاط B,C,D,N.

ب) في أية نقطة D' من المسار DN تكون سرعته $V = \frac{V_D}{2}$ ؟

جـ) إذا كانت قوة الاحتكاك المؤثرة على المتزحلق أثناء حركته ثابتة و مساوية $\frac{1}{2}$ ثقله ، فأوجد النقطة R من المسار التي يتوقف فيها نهائيا . ($g = 9,8N/Kg$)

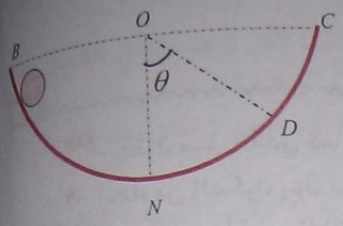


شكل-2

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

15

*** ـ يتكون مسار من نصف كرة $\overset{\frown}{BNC}$ موجود ضمن مستوى شاقولي نصف قطره $r=2\,m$:



1- نترك جسما (S) كتلته $m=200\,g$ لينزلق وفق المسار من النقطة B ابتداء من السكون و دون أي احتكاك .

أ) احسب الطاقة الكلية التي تملكها الجملة عند النقطة (B) .

ب) ماذا تصبح هذه الطاقة عند وصول الجسم (S) إلى النقطة (N) و على أي شكل توجد ؟

جـ) بين أن الجسم (S) سيبلغ النقطة (C) نظيرة (B) أثناء حركته .

د) بين النقطة النهائية التي يبلغها الجسم (S) في الحالات التالية :

- الاحتكاك موجود على كامل المسار $\overset{\frown}{BNC}$.
- الاحتكاك موجود فقط على الجزء $\overset{\frown}{BN}$.
- الاحتكاك موجود فقط على الجزء $\overset{\frown}{NC}$.

2- في الحقيقة أن الاحتكاك موجود على كامل المسار و شدته ثابتة ، حيث يلاحظ أن الجسم (S) يتوقف في النقطة D بحيث $\theta=\widehat{NOD}=85°$

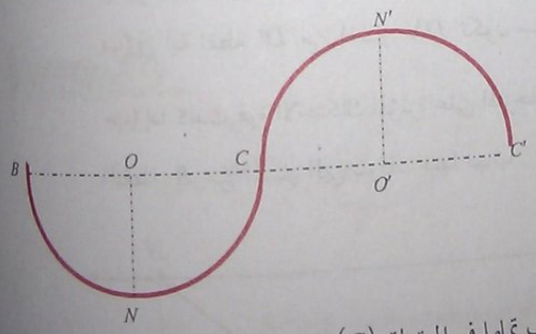
أ- أوجد شدة قوة الاحتكاك $\vec{F_0}$. و الارتفاع الذي يبلغه الجسم .

ب- أوجد نسبة الطاقة الضائعة خلال هذه الحركة .

جـ- احسب عمل القوى المقاومة عندما تتخامد الحركة نهائيا .

د- ما هي الاستطاعة الضائعة إذا دامت عملية التخامد مدة دقيقة واحدة ؟

3- نهمل الاحتكاكات من جديد و نقذف الجسم من النقطة (B) وفق مساره BNC بالسرعة $V=2\,m/s$:



أ) ما هو أقصى ارتفاع يبلغه بالنسبة لـ (N) ؟

ب) ماذا يكون عليه عمل القوى المقاومة و شدتها لو أن الجسم توقف تماما في النقطة (C) .

4- نثبت مسارا مشابها كما في الشكل المرفق.

نقذف الجسم (S) من النقطة (B) وفق مساره الأول $\overset{\frown}{BNC}$ بسرعة ابتدائية $\vec{V_0}$:

أ) ما هي أصغر قيمة لـ $\vec{V_0}$ تجعل هذا الجسم يبلغ النقطة (N') و ذلك بإهمال الاحتكاك؟

ب) اعد نفس السؤال في حالة ما إذا كانت شدة قوة الاحتكاك المؤثرة على هذا الجسم ثابتة و مساوية $0{,}04N$. تؤخذ ($g=10\,N/Kg$) .

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

الجواب :

1-ا) $E_B = 4j$ ، ب) $E_N = E_{C_N} = 4j$

جـ) $h_B = h_C$ ، د) قبل (C)

2-ا) $h = 1{,}82\,m$ ، $F_0 = 0{,}04N$ ب) $8{,}7\%$

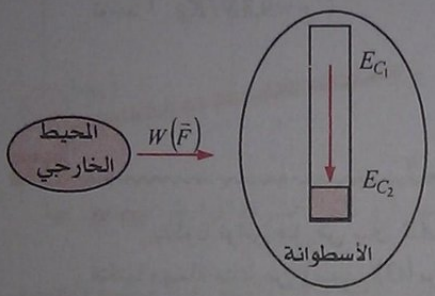
جـ) $W(\vec{F_0}) = -4j$ ، د) $p = 66\times10^{-3}\,w$

3- ا) $h = 2{,}2\,m$ ، $F_0 = 0{,}060\,N$ ب) $W(\vec{F_0}) = -4j$

4-ا) $V_0 = 6{,}32\,m/s$ ، ب) $V_0 = 15{,}11\,m/s$

16

* تدور اسطوانة عزم عطالتها بالنسبة لمحور دورانها $j = 10^{-3}\,Kg\times m^2$ حول محورها الثابت (Δ) بدون احتكاك بسرعة زاوية ثابتة (ω_0) . في لحظة معينة تؤثر على محيط الاسطوانة قوة مماسية $\vec{F}$ معيقة لحركتها فتتوقف عن الدوران بعد 10دورات . يمثل الشكل المرفق المخطط الطاقوي للاسطوانة خلال مرحلة التوقف حيث يكون : $E_{C_1} = 0{,}5j$



1- استنتج قيمتي : $W(\vec{F}), E_{C_2}$.

2 - هل القوة $\vec{F}$ المحافظة ؟

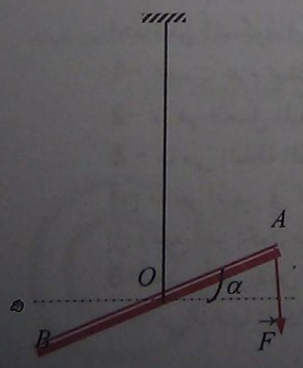
3- استنتج قيمة السرعة ω_0 .

الجواب :

1) $E_{C_2} = 0$ ، $W(\vec{F}) = -0{,}5j$ 2) $\omega_0 = 10\pi\ rad/s$

17

** يتكون نواس فتل من ساق AB مربوطة من وسطها O بسلك فتل ثابت فتله هو : $C = 10^{-2}\,N\times m/rad$ وطوله $l = 40\,Cm$.



ابتداء من وضع التوازن الأفقي ندير الساق حول سلك تعليقها نصف دورة ثم نجعلها متزنة في تلك الوضعية بتسليط قوة $\vec{F}$ عمودية على طرف الساق .

ا) احسب عزم مزدوجة الفتل التي تنشأ في الساق نتيجة الحركة المذكورة .

ب) احسب عمل هذه المزدوجة أثناء الانتقال المذكور .

جـ) احسب شدة القوة $\vec{F}$ اللازمة لإحداث التوازن .

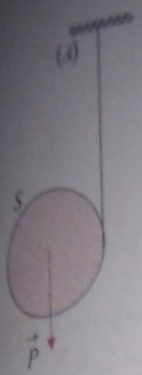
الجواب :

ا) $M_C = -3{,}14\times10^{-2}\,N\times m$ ب) $W = 5\times10^{-2}\,j$

جـ) $F = 0{,}157N$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

18



✲ ✲ قرص (S) كتلته $m=200\,g$، و نصف قطره $r=10\,Cm$ يلتف على محيطه مهمل الكتلة خمس (5) لفات و يثبت طرفه الحر بنقطة ثابتة (A).

في اللحظة $t=0$ يترك القرص حرا لحاله دون أي سرعة ابتدائية إذا كان الحبل الملفوف مثبتا من طرفه في نقطة من محيط القرص بحيث يبقى معلقا بعد زوال اللفات المطلوب :

1- ما هي الطاقة الكلية للجملة في اللحظة $t=0$ ؟

2- ما هي الطاقة الحركية للجملة لحظة وصول الجسم أدنى نقطة من مساره ؟

3- ما هو عمل الثقل أثناء الهبوط ؟

4- احسب مقدار السرعة التي يكتسبها مركز القرص لدى وصوله النقطة المذكورة

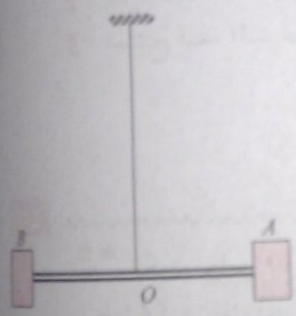
تؤخذ ($g=9,8N/Kg$)

الجواب :

1) $E=6,15j$ 2) $E_C=6,15j$

3) $W=6,15j$ 4) $V=6,4\,m/s$

19



✲ ✲ يتكون نواس فتل من ساق AB طولها $l=20\,Cm$، كتلتها مهملة مثبتة من وسطها (O) بواسطة سلك ثابت فتله:

$C=8\times10^{-3}N\times m/rad$

يثبت بطرفي الساق كتلتان قيمة كل منهما $m=50\,g$. تدار الساق حول سلك التعليق دورة كاملة ثم تترك لحالها ابتداء من السكون في اللحظة $t=0$:

1- احسب عزم عطالة المجموعة بالنسبة لمحور الدوران .

2- ما هو العمل المبذول لإدارة الساق بالزاوية المذكورة انطلاقا من وضع توازنها ؟

3 - ما هي الطاقة الكامنة التي تملكها الجملة في اللحظة $t=0$ ؟

4- ما هو التغير في الطاقة الكامنة للجملة عندما تنتقل الساق من الوضع الموافق للحظة $t=0$ إلى وضع أخر تكون فيه قد دارت نصف دورة عائلة إلى وضع توازنها ؟

5-احسب بطريقتين مختلفتين ،مقدار السرعة الزاوية (ω) للساق لحظة عودتها إلى وضع التوازن.

- ما هي طاقتها الميكانيكية عندئذ ؟ و على أي صورة تظهر؟ ($g=9,8N/Kg$)

الجواب :

1) $J=10^{-3}Kg\times m^2$ 2) $W=0,16j$

3) $E_{PP}=0,16j$ 4) $\Delta E_{PP}=-0,12j$

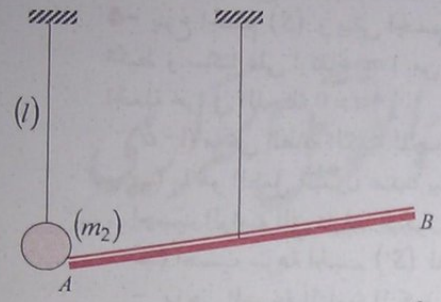
5) $E=0,16j$ ، $\omega=17,88\,rad/s$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

20

*** ساق AB كتلتها $m_1=200g$ و طولها $l'=40\,Cm$ مثبتة من منتصفها بسلك فتل ثابت فتله $K=0,04\,N\times m/rad$ وحدة دولية . في حالة التوازن يكون طرف الساق A ملامسا لكرية نقطية صغيرة كتلتها $m_2=100g$ معلقة بخيط طوله $l=80\,Cm$

- تزاح الساق AB بزاوية $\alpha_1=\frac{\pi}{2}rad$ حول سلك تعليقها في مستوى أفقي ثم تترك حرة لحالها دون آية سرعة ابتدائية . أثناء المرور من وضع توازنها تصدم الكرية (m_2) يلاحظ أن خيط هذه الكرية ينفرج بزاوية عظمى (α_2) ، في حين أن الساق تنفرج بزاوية قدرها $\theta=\frac{\alpha_1}{2}$ فقط .



باعتبار أن الجملة شبه معزولة :

ا- كيف تفسر حركة الساق و الكرية (m_2) بعد الصدم ؟ علل .

- أعط مقدار الطاقة الميكانيكية للجملة .

- لماذا نقصت سعة نواس الفتل حتى النصف ؟

جـ- ما هي الطاقة الميكانيكية التي فقدتها الساق ؟ و ماهي السرعة الزاوية التي تعود بها لوضع التوازن بعد ذلك ؟

د- استنتج مقدار الزاوية (α_2) و الارتفاع الذي تبلغه هذه الكرية بعد عملية الصدم . (تؤخذ $g=10N/Kg$).

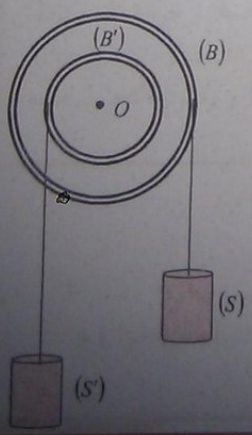
الجواب :

ا) $E=0,05\,j$ جـ) $\omega=3\,rad/s$ ، $\Delta E=-0,0375\,j$

د) $\alpha_2=17,6°$ ، $h=3,75\,Cm$

21

*** في الشكل المجاور : $(B),(B')$ بكرتان يمكنهما الدوران حول محور واحد (O) نصف قطر الأولى $r=10\,Cm$ و الثانية $r'=\frac{r}{2}$ عزم عطالة الأولى هو $J=10^{-3}Kg\times m^2$ و الثانية مهملة الكتلة . يلتف حول محيط البكرتين خيطان يحملان بنهايتيهما الجسمين $(S),(S')$ كتلة كل منهما $m=50g$ في اللحظة $t=0$ يكون الجسم (S) على ارتفاع $2\,m$ من سطح الأرض بينما الجسم (S') يلامس سطح الأرض. نترك الجملة حرة لحالها :



1- احسب الطاقة الكامنة الثقالية للجملة .

2- عندما ينزل الجسم (S) مسافة $1\,m$:

ا) ما هو موقع الجسم (S') عندئذ من سطح الأرض ؟

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM

ب) ما هو التغير في الطاقة الكامنة بالنسبة لسطح الأرض لكل من الأجسام الثلاثة : (B) ، (B') ، (S') ؟

جـ) احسب سرعة الجسم (S) ثم (S').

ما هي السرعة الزاوية للجملة الدائرة عندئذ ؟

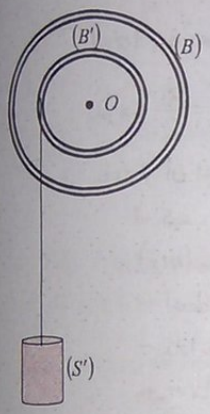
د) ما هو العمل الكلي الذي تبذله القوى المؤثرة على الجملة؟

هـ) ما هي الطاقة الحركية المكتسبة من طرف كل جسم؟

3- عندما يبلغ الجسم (S) مستوى سطح الأرض :

ا) ما هي الطاقة الميكانيكية الكلية للجملة ؟

ب) ما هو موقع الجسم (S') عندئذ ؟ وما هو العمل الذي يبذله ثقله ؟



4- ينزع الجسم (S) و يبقى الجسم (S') مثبتا في نهاية الخيط و ساكنا على ارتفاع $1m$ من سطح الأرض . نترك الجملة حرة في اللحظة $t=0$:

α -ا) ما هي الطاقة الكلية للجملة في اللحظة $t=0$ ؟

ب) ما هو العمل المبذول عندما يبلغ الجسم سطح الأرض ؟ احسب الزاوية التي دارتها البكرة عندئذ .

جـ) احسب سرعة الجسم (S') لدى وصوله إلى سطح الأرض

- ما هي السرعة الزاوية للبكرة عندئذ ؟

β عند وصول (S') إلى سطح الأرض ، ينفلت الخيط من البكرة تاركا إياها خاضعة لمزدوجة مقاومة فتتوقف عن الدوران بعد 10 دورات :

- احسب عمل هذه المزدوجة المعيقة خلال فترة التوقف ($g=9,8N/Kg$)

الجواب :

1) $E_{PP}=0,98j$

2-ا) $h=0,5\,m$ ب) $0,245j\,,-0,49j$

جـ) $V=1,73m/s, V'=0,965m/s, \omega=17,3rad/s$

د) $W=0,245j$

هـ) $E_{CB}=0,15j\;\; E_{C_S}=0,075j, E_{C_{S'}}\cong 0,019j$

3-ا) $E=0,98j$ ، ب) $h=1\,m, W=-0,49j$

4- α -ا) $E=0,49j$ ، ب) $W=0,49j, \alpha=20\,rad$

جـ) $V'=4,43\,m/s, \omega=88,6\,rad/s$

β) $W(\vec{F_0})=-3,92j$

قلم الجزائر
WWW.DZPEN.COM