المجال الأول

الميكانيك و الطاقة

الوحدة الأولى

مقاربة كيفية لطاقة جملة و انحفاظها

بطاقة تربوية

المستوى: السنــة الثانيــة علــوم تجريبيـــة

المجال: الـمـيـكـانـيـك و الـطـاقـة

الوحدة: مقاربــة كيفيــة لطاقــة جملــة و انحفاظهــا

نوع النشاط: درس

الموضوع: مقاربــة كيفيــة لطاقــة جملــة و انحفاظهــا

التوقيت: 15 ســا

التاريخ: 24 سبـتـمبـــر 2009

الكفاءات المستهدفة

* يكشف عن مختلف أشكال الطاقة و أنماط تحويلها من أجل وضعيات مختلفة و حسب الجملة المختارة.

* ينجز كيفيا حصيلة طاقوية و يعبر عنها بالكتابة الرمزية

*.يكتب في أمثلة مختلفة المعادلة المعبرة عن انحفاظ الطاقة.

* التفسير المجهري لظاهرة طاقوية.

الوسائل التعليمية و المراجع

- **المراجع:** منهاج العلوم الفيزيائية و الوثيقة المرافقة

مراحل سير الدرس

1– مدخل لدراسة الطاقة

2– نشاطات أولية حول مفهوم الطاقة.

* 2 – 1 - تحقيق نفس الوظيفة بوسائل مختلفة.

* 2 – 2 - تحقيق وظائف مختلفة اعتمادا على نفس الوسيلة.

3 – السلاسل الوظيفية.

4 – السلاسل الطاقوية.

5 – مفهوم الجملة الميكانيكية.

6 – أشكال الطاقة و أنماط تحويلها.

* 6 -1 – الطاقة الحركية.

* 6 – 2 – الطاقة الداخلية.

* 6 – 3 – الطاقة الكامنة المرونية.

* 6 – 4 – الطاقة الكامنة الثقالية.

7 – استطاعة التحويل.

8 – مبدأ انحفاظ الطاقة.

9 – الحصيلة الطاقوية.

10 – التحويل الحراري و التوازن الحراري.

الملاحظات	التقويم

1 – مدخل لدراسة الطاقة:

بالرغم من أن كلمة طاقة متداولة في الحياة اليومية , إلا أنه من الصعب إعطاءها مفهومها العلمي. فهي من أهم و أصعب المفاهيم في الفيزياء سواء من الجانب الابستمولوجي أو من الجانب التعليمي. و من دلائل هذه الصعوبة التأخر التاريخي لبروز هذا المفهوم بصفته الحالية حتى منتصف القرن 19 م عكس ما هو حال مفاهيم ميكانيكية أخرى مثل: الكتلة, القوة التي ظهرت قبلها أكثر من قرنين.

كما أنه لوحظ تشابه بين التطور التاريخي لمفهوم الطاقة و المراحل و الصعوبات التي يتلقاها التلميذ في اكتسابه لهذا المفهوم.

أي أن هذا المفهوم لم يكن واضحا بل كانت الأفكار و المفاهيم التي لها علاقة بالطاقة متداخلة فيما بينها و تحمل التباسات كثيرة و اعتقادات خاطئة. وكان غياب مفهوم الطاقة فسر الغموض الذي لقيه العلماء حين حاولوا تطبيق مبدأ الانحفاظ .

ففي عام 1847م بين الطبيب و الفيزيائي الألماني هالموتز ℌoltzeImℋ بأن القوة التي قصد بها الطاقة تعتب منطلقا لمفهوم الطاقة الحديث و مبدأ انحفاظها أي أن **الطاقة تتحول من شكل إلى آخر ولا تفقد.**

أهداف تدريس الطاقة:

1 - معرفة و تطبيق مبدأ انحفاظ الطاقة في العلوم الفيزيائية و العلوم الأخرى.

2 – معرفة و تعيين أشكال الطاقة و كيفية تغيراتها و تحولاتها.

3 – معرفة و تعيين كيفية و سبل انتقال الطاقة.

4 – تحديد الجملة الميكانيكية.

5 – تحديد القوى الخارجية المطبقة على جملة ميكانيكية.

6 – تحديد القوى الداخلية المؤثرة على جملة ميكانيكية.

7 – معرفة عبارات أشكال الطاقة.

8 – معرفة نظرية الطاقة الحركية و شروط تطبيقها.

9 – معرفة نظرية الطاقة الكامنة و شروط تطبيقها.

10 – معرفة نظرية الطاقة الميكانيكية و شروط تطبيقها.

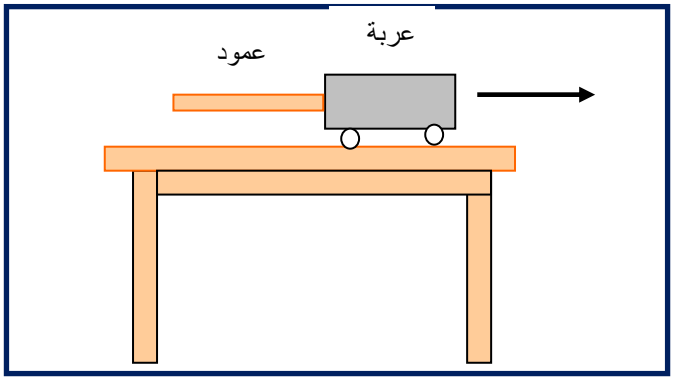
2 - نشاطات أولية حول مفهوم الطاقة:

2 – 1 – تحقيق نفس الوظيفة بوسائل مختلفة:

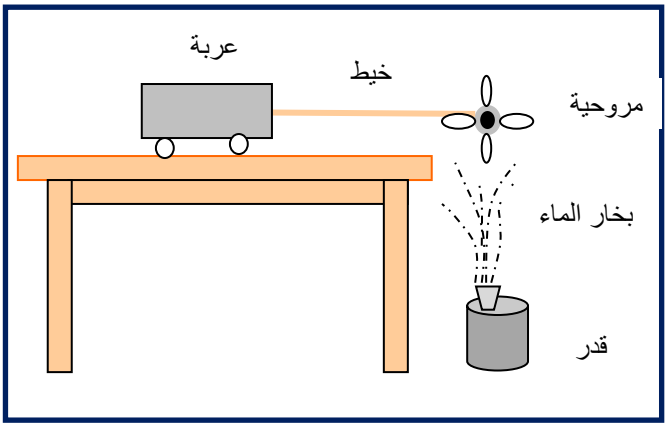
أ – تحريك عربة صغيرة:

الاقتراحات الممكنة:

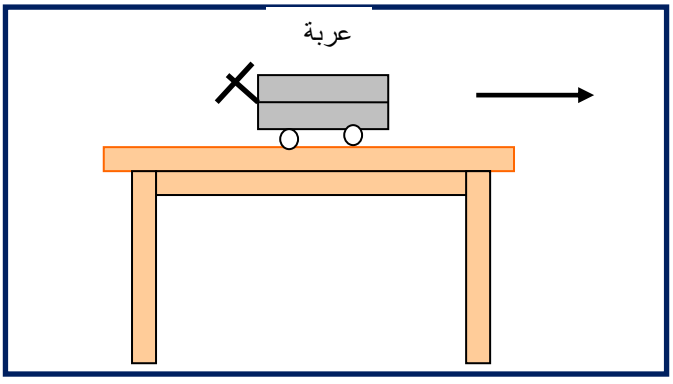
1 – دفع عربة بعمود أو باليد.



2 – ربط أحد طرفي خيط بالعربة و الطرف الثاني يلف على محز مروحية تدور بفعل بخار الماء المنبعث من صمام قدر.



3 – نثبت على عربة نابض حلزوني ملفوف على جذع متصل بعجلاتها الأمامية.



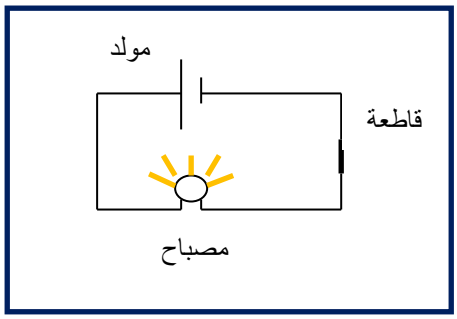
** وصف التراكيب الموضحة في الشكل – 1 – :

- تحريك عربة بجذب الخيط المشدود بها.
- تشغيل المحرك و تحريك العربة بغلق القاطعة.
- سقوط الماء ⟵ دوران المروحية ⟵ جذب الخيط للعربة

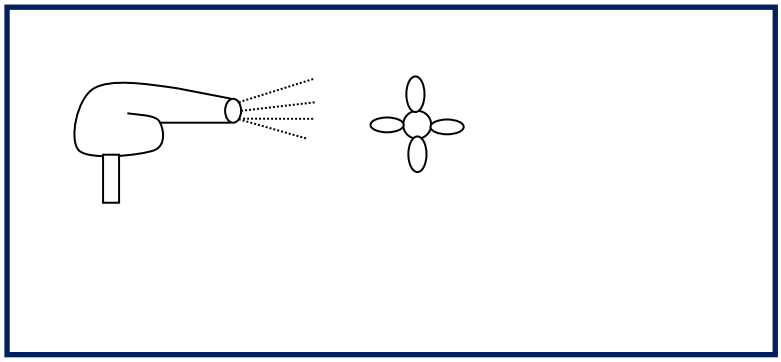
ب – اشتعال مصباح:

التراكيب المقترحة:

1 – اشتعال مصباح بواسطة مولد كهربائي.



2– اشتعال مصباح باستعمال مجفف الشعر.



2 – 2 – تحقيق وظائف مختلفة اعتمادا على نفس الوسيلة.

- استغلال أشعة الشمس.

1 – اشتعال مصباح بالطاقة الشمسية المحولة بواسطة لوح مزود بخلايا شمسية.

2 – تحريك عربة.

3 - السلاسـل الوظيفيـــة:

تعريف السلسلة الوظيفية:

هي نموذج يعبر عن مراحل الحصول على الفعل النهائي في تركيب ما.

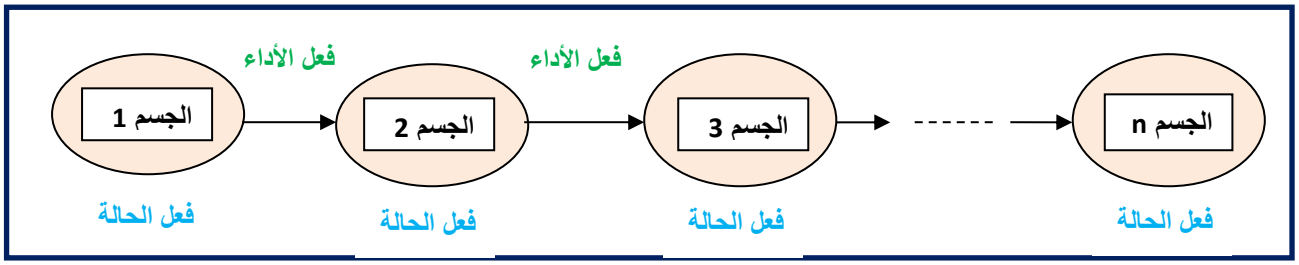
تمثيل السلسلة الوظيفية:

1 - نمثل الجسم بحلقة و نكتب بداخلها اسم الجسم.

2 – نمثل الأجسام المكونة للتركيب المدروس على التسلسل و نربط بينها بسهم موجه من الجسم الأول إلى الجسم الثاني.

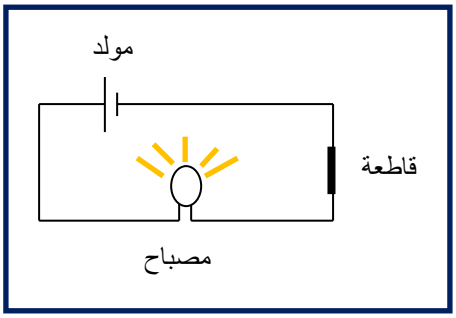
3 – نكتب أسفل الحلقة فعل الحالة .

4 – نكتب فوق كل سهم فعل الأداء. و المخطط التالي يوضح ذلك:

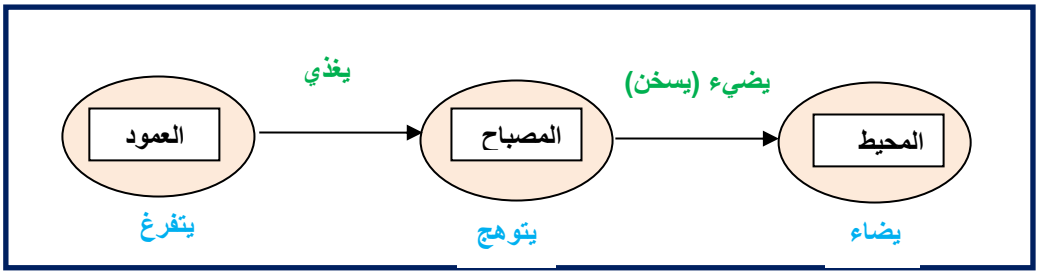


أمثلة:

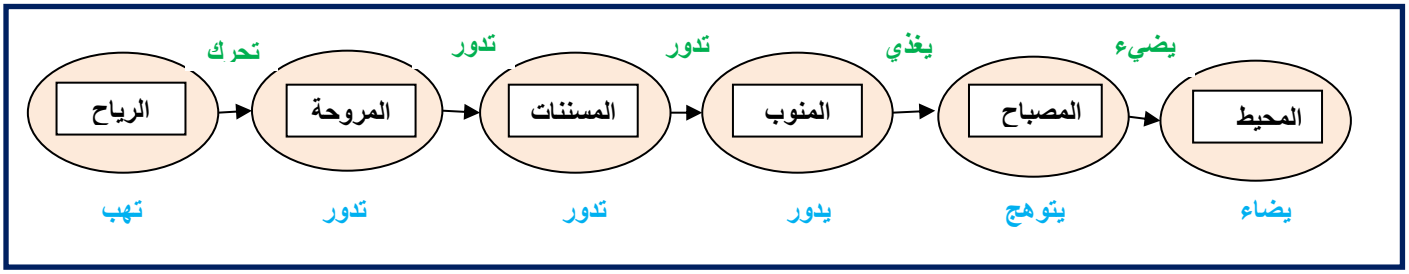
مثال1: اشتعال مصباح بواسطة عمود كهربائي.



السلسلة الوظيفية الموافقة:



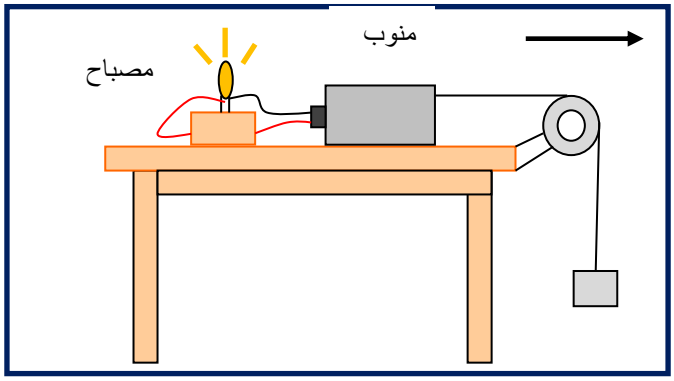
مثال 2: اشتعال مصباح باستعمال طاقة الرياح



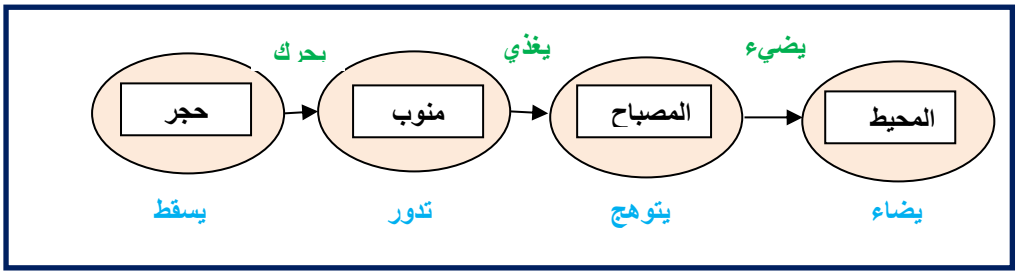
تطبيق:

ارسم التركيبات التالية ثم مثل السلاسل الوظيفية الموافقة لها.

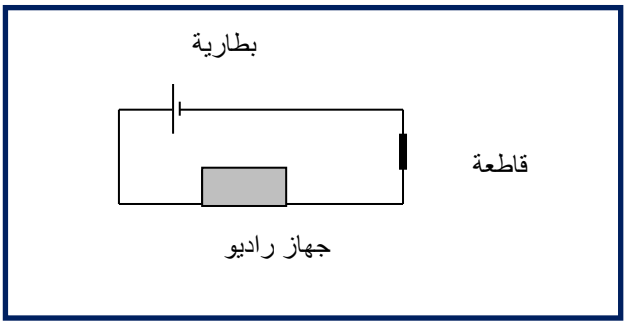
- اشتعال مصباح باستعمال منوب و جسم يسقط.



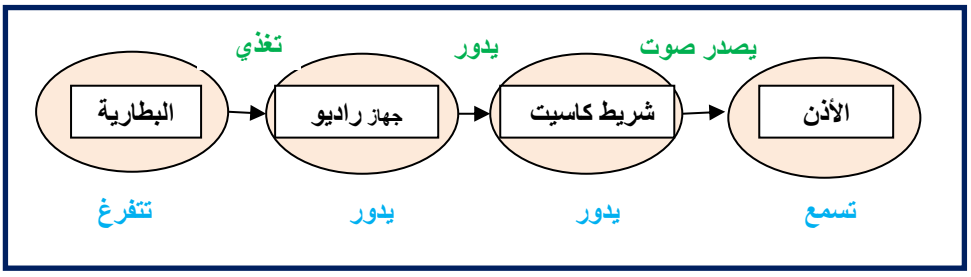
السلسلة الوظيفية الموافقة:



- اشتعال جهاز راديو باستعمال بطارية.



السلسلة الوظيفية الموافقة:



4 - السلاسل الطاقوية:

هي نموذج يعبر بوضوح أكثر مراحل الحصول على الفعل النهائي في تركيب ما, و يعتمد على السلاسل الوظيفية حيث تستبدل أفعال الحالة بـ (أشكال الطاقة) وهي ثلاثة:

- طاقة حركية E_c.
- طاقة كامنة E_p.
- طاقة داخلية E_i.

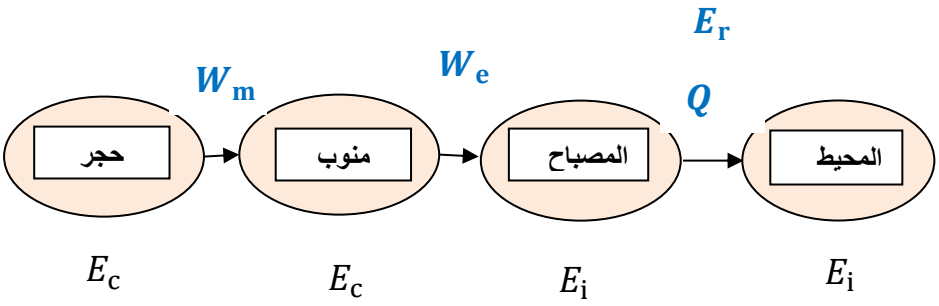
و تستبدل أفعال الأداء بـ (أنماط تحويل الطاقة) وهي أربعة:

- نمط ميكانيكي W_m.
- نمط كهربائي W_e .
- نمط حراري Q .
- نمط إشعاعي E_r.

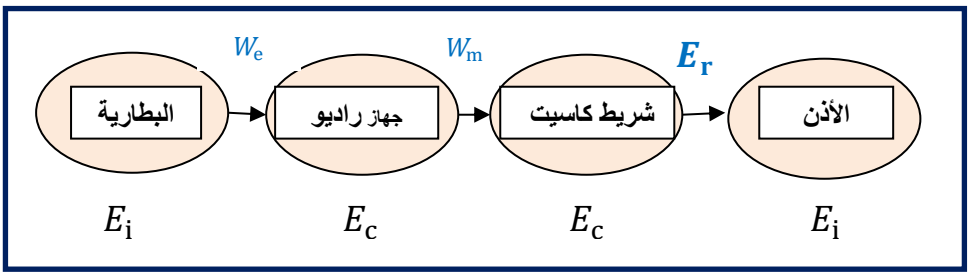
تطبيق:

مثل السلسلة الطاقوية للتراكيب التالية:

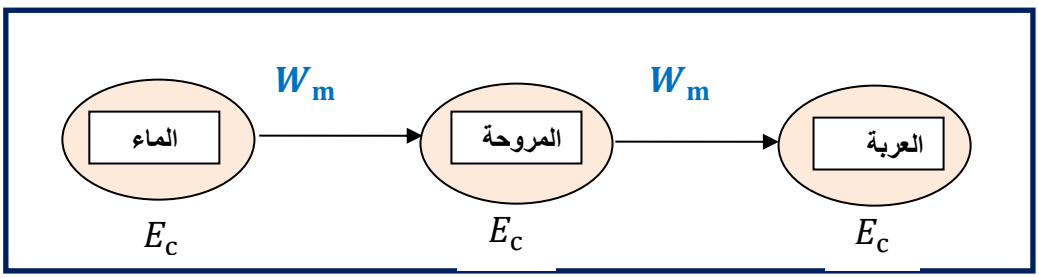
1 – اشتعال مصباح بسقوط حجر



2 - اشتعال جهاز راديو باستعمال بطارية.



3 – تحريك عربة بواسطة المياه



5 - مفهـوم الجملـة الميـكانيكيـة:

هي جسم أو جزء من جسم أو مجموعة أجسام التي هي قصد الدراسة و الوسط المحيط بها و الخارج عن حدودها يدعى وسطا خارجيا.و يمكن أن تكون صلبة أو غازية أو سائلة أو خليطا.

** مفـاهيــم أوليــة:

1 - الطاقة الحركية: تتعلق بكتلة الجسم (m) و سرعته (v) و يرمز لها بالرمز E_c .

2 - الطاقة الكامنة : لها علاقة بموضع الجسم و يرمز لها بالرمز E_p و هي نوعان:

الطاقة الكامنة الثقالية:هي طاقة تخزنها الجملة الميكانيكية (الجسم + الأرض) ناتجة عن وجود الجسم بجوار الأرض و يرمز لها ب E_{pp}.

الطاقة الكامنة المرونية: هي طاقة تتعلق بمقدار تشوه الجسم المرن و يرمز لها بالرمز E_{pe}.

3 - الطاقة الداخلية: هي طاقة كامنة ميكروسكوبية تتعلق بالحالة المجهرية للأجسام أي بالطاقة الحركية للجسيمات المكونة للجسم , يرمز لها بالرمز E_i

6 - أشكال الطاقة و أنماط تحويلها:

6 - 1 - الطاقة الحركية :

نشاط (1): علاقة الطاقة الحركية بالسرعة

نضع عربة على مستوي أملس(طاولة مثلا)مربوطة بحاجز مثبت بواسطة خيط مطاطي طوله الأصلي l_0.

نعلم الوضع الابتدائي للعربة ثم ندفعها بواسطة مسطرة مثلا بحيث تنطلق بحركة مستقيمة بسرعة معينة v_1.

1 – علم أقصى موضع تصل إليه العربة قبل أن تنعدم سرعتها.

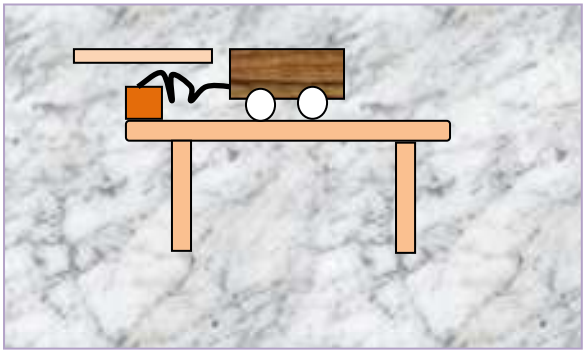
2 – سجل المسافة التي قطعتها أثناء حركتها.كيف يكون المطاط عند هذا الوضع.

3 – ماذا تستنتج؟ إلى ماذا تحولت الطاقة الحركية للعربة ؟

4 – ماذا يحدث للعربة بعد ذلك؟إلى أين تصل العربة في الاتجاه المعاكس؟ ماذا يحدث؟

5 – أعد التجربة بدفع العربة من نفس الموضع بحيث تنطلق بسرعة $v_2 > v_1$.

6 – علم أقصى موضع تصل إليه العربة قبل أن تنعدم سرعتها و سجل المسافة التي قطعتها أثناء حركتها.



7 – ماذا تلاحظ؟

8 – قارن المسافة المقطوعة في الحالتين . ماذا تستنتج؟

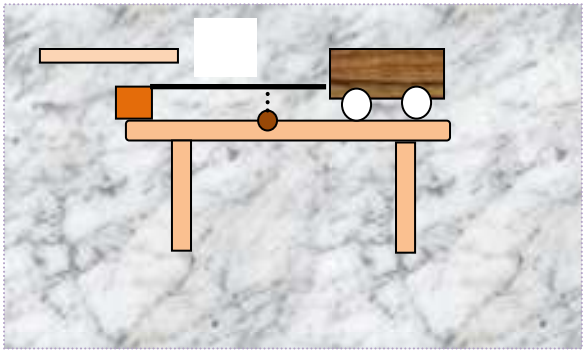
9 – عين استطالة المطاط في هذه الحالة.

10 – ماذا تستنتج بالنسبة للطاقة الحركية التي انطلقت بها العربة في الحالتين.

تحليل النشاط:

* عند بلوغ العربة أقصى موضع لها و قبل انعدام سرعتها يبلغ النابض أقصى استطالة يعني ذلك أن الطاقة الحركية التي كانت تملكها العربة تحولت كلية إلى طاقة كامنة مرونية E_{pe}.

وبعد ذلك تتحرك العربة في الاتجاه المعاكس بفقدان النابض لاستطالته واسترجاع العربة لطاقتها الحركية.

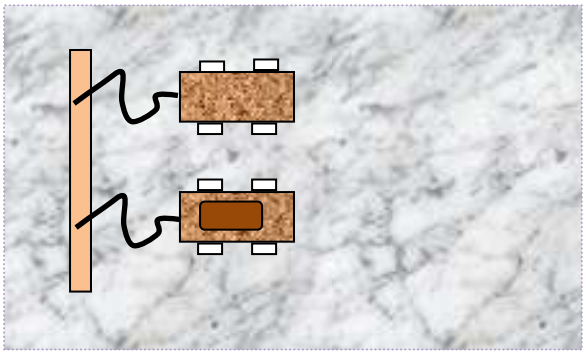


كلما زادت سرعة العربة زادت استطالة المطاط أي أن الطاقة المحولة للمطاط زادت و منه الطاقة الحركية E_c للعربة تزداد بزيادة سرعتها.

مع الملاحظة أن كتلة العربة تبقى ثابتة خلال التجربة.

نشاط (2): علاقة الطاقة الحركية بالكتلة.

نستعمل عربتين متماثلتين نغير كتلة إحداهما بمضاعفتها بحمولات.نضع العربتين فوق طاولة ملساء و نربطهما بالحاجز بواسطة مطاطين متماثلين.

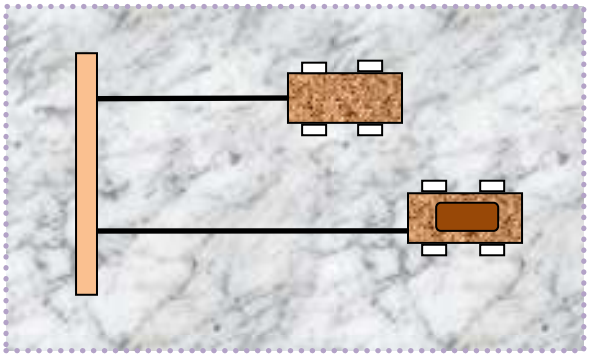


* لتحقيق هدف الدراسة يجب أن تنطلق العربتين بنفس السرعة. لماذا؟

* اقترح وسيلة عملية تعطي فيها للعربتين نفس السرعة الابتدائية.

* في رأيك لماذا نستعمل مطاطين متماثلين و كيف نتحقق من تماثلهما عمليا؟.

* كيف نبرز كيفية تغير الطاقة الحركية للعربة بتغير كتلتها؟



تحليل النشاط:

في هذه التجربة ندفع عربتين مختلفتين في الكتلة بنفس السرعة الابتدائية ومن نفس الموضع و لتحقيق ذلك ندفع العربتين باستعمال مسطرة أو قطعة خشبية تلامسهما بحيث تنطلقا في آن واحد بنفس السرعة.

يمكن التأكد من تماثل المطاطين بدفع العربتين فارغتين دون تحميل إحداهما و ملاحظة أنهما تتوقفان في نفس الموضع.

نلاحظ أن للعربة المحملة طاقة حركية أكبر أي أن الطاقة الحركية تزداد بازدياد الكتلة.

الاستنتاج:

إذا تحرك جسم في مرجع معين فانه يملك طاقة نسميها طاقة حركية و نرمز لها بالرمز E_c .

تتعلق الطاقة الحركية للجسم المتحرك بسرعته وكتلته و كلما زادت السرعة أو الكتلة زادت الطاقة الحركية.

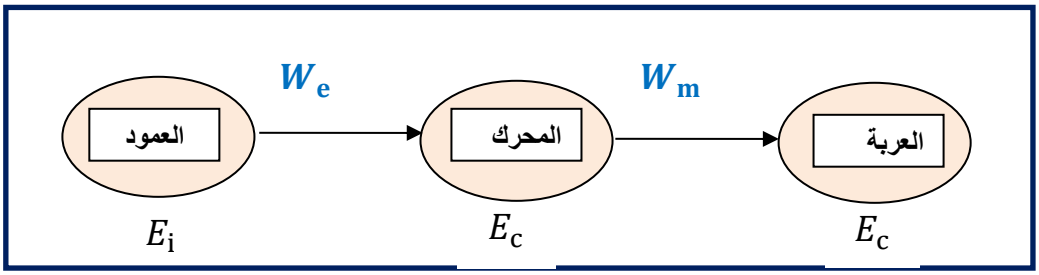
6 - 2 - الطاقة الداخلية:

نشاط (1): ص 17

بمجرد غلق القاطعة, تتحرك العربة فنقول أنها اكتسبت طاقة حركية من العمود الذي كان يخزن طاقة بداخله نسميها طاقة داخلية و نرمز لها بالرمز E_i.

تتحول الطاقة الداخلية المخزنة في العمود من العمود العربة بسبيل كهربائي لأن هناك تيار كهربائي مر في الدارة و كان سببا في تحريك العربة.

تمثيل السلسلة الطاقوية:



الاستنتاج:

يخزن العمود الكهربائي طاقة ندعوها الطاقة الداخلية و نرمز لها بالرمز E_i و هي تتعلق في هذا المثال بالحالة المجهرية لحركة الجسيمات داخل العمود.

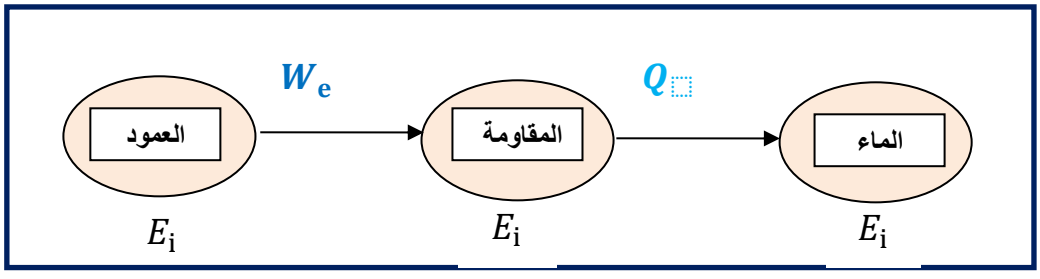
تتحول الطاقة من العمود إلى المحرك فنقول أنه حدث تحويل كهربائي و نرمز له بالرمز W_e . يتحقق هذا التحويل عندما يعبر تيار دارة كهربائية.

نشاط (2): ص 18

عندما ترتفع درجة حرارة الماء نقول أنه اكتسب طاقة داخلية و هي تتعلق بتغير درجة حرارة الماء .

نقول أنه حدث تحول للطاقة من المقاومة إلى الماء بسبيل حراري Q.

تمثيل السلسلة الطاقوية:



الاستنتاج:

عندما ترتفع درجة حرارة الماء تزداد طاقته الداخلية. نفسر ارتفاع الطاقة الداخلية للماء بزيادة الطاقة الحركية لجزيئات الماء (طاقة حركية ميكروسكوبية).

حدث تحويل حراري بين المقاومة الكهربائية و الماء و نرمز لهذا التحويل بالرمز Q.

نشاط (2): ص 18

الماء في الوعاء الأول (1) يكتسب من المصباح طاقة عن سبيل الإشعاع و عن سبيل حراري فترتفع درجة حرارته أكثر من الماء في الموجود في الوعاء (2) الذي يكتسب طاقة إلا عن سبيل حراري لأنه لا تصله أشعة الشمس الصادرة من المصباح.

الاستنتاج:

اكتسب الماء في الوعاء (1) طاقة داخلية أكبر من الطاقة الداخلية التي اكتسبها الماء في الوعاء(2) نتيجة تعرضه للأشعة.

نقول أنه حدث تحويل للطاقة بسبيل إشعاعي من المصباح إلى الماء.

يدعى هذا النمط من التحويل تحويل بالإشعاع و نرمز له بالرمز E_r.

6 - 3 - الطاقة الكامنة المرونية:

نشاط:

الشكل 20- أ

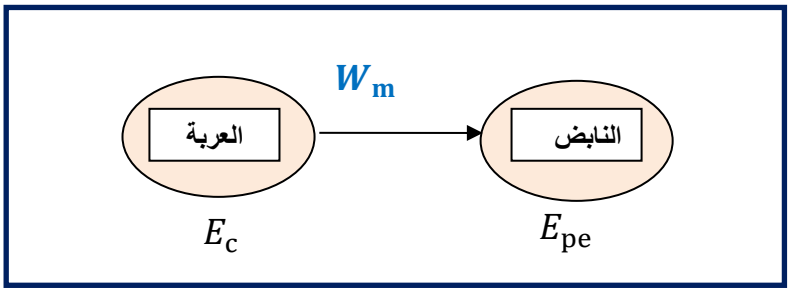
الشكل 20- ب

عندما تفقد العربة طاقتها الحركية (عند أقصى انضغاط للنابض) يكتسب حينئذ النابض طاقة نتيجة تشوهه نسميها الطاقة الكامنة المرونية و نرمز لها بالرمز E_{pe}.

تتحول الطاقة من العربة إلى النابض عن سبيل ميكانيكي W_m من جراء التأثير المتبادل بين العربة و النابض

و يدل مقدار انضغاط النابض عن قيمة الطاقة المخزنة فيه.

تمثيل السلسلة الطاقوية:



الاستنتاج :

عندما يكون نابض منضغطا (مستطالا) فانه يخزن طاقة تتعلق بمقدار انضغاطه (استطالته) نسميها الطاقة الكامنة المرونية و نرمز لها بالرمز E_{pe} كلما زاد مقدار انضغاط (استطالة) النابض زادت طاقته الكامنة المرونية المخزنة .

6 - 4 - الطاقة الكامنة الثقالية:

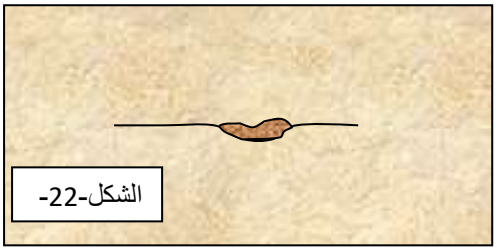
نشاط (1) :

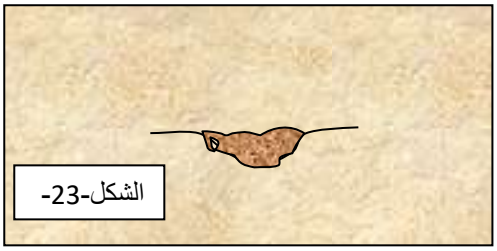
تنتج الطاقة الكامنة الثقالية عن وجود الأجسام بجوار الأرض و نكشف عنها بالأثر الذي يتركه الجسم عند سقوطه من ارتفاع معين و هذا الأثر هو تشوه يدل على تحويل طاقة من الجسم إلى الأرض.

فالمزهرية كانت تكسب طاقة كامنة ثقالية التي تحولت كلية إلى طاقة حركية أثناء سقوطها (لحظة وصولها إلى الأرض)

نشاط (2) : علاقة الطاقة الكامنة الثقالية بالارتفاع

الرسومات المقترحة الموضحة للتشوه:


الشكل-22-


الشكل-23-

الاستنتاج: طاقة المزهرية في الطابق (5) أكبر من طاقتها في الطابق (2) و ذلك حسب مقدار التشوه.

نشاط (3) : علاقة الطاقة الكامنة الثقالية بالكتلة.

الرسومات المقترحة الموضحة للتشوه:

الشكل-24-

الشكل-23-

الاستنتاج: طاقة المزهرية الأكبر كتلة أكبر من طاقة المزهرية الأقل كتلة و ما دل على ذلك هو مقدار التشوه.

الاستنتاج :

عندما يكون جسم ذو كتلة M على ارتفاع h سطح الأرض فان الجملة (الجسم + الأرض) تخزن طاقة نسميها طاقة كامنة ثقالية و هي تتعلق بالارتفاع و الكتلة في مكان معين و نرمز لها بالرمز E_{pp} .

7 - استطاعة التحويل :

ارتفعت درجة حرارة الماء في الوعاء (2) أكثر منها في الوعاء (1) خلال نفس المدة الزمنية, أي اكتسب الماء في الوعاء (2) طاقة أكبر من الطاقة التي اكتسبها الماء في الوعاء (1) .نقول أنه حدث تحويل طاقوي أسرع في الحالة (2) منه في الحالة (1).

تعريف استطاعة التحويل:

هي نسبة الطاقة المحولة في وحدة الزمن و تعطى بالعلاقة: $P(\mathrm{W}) = \frac{\mathrm{E(J)}}{\mathrm{t(s)}}$

E : الطاقة المحولة وحدتها الجول (J) $Joule$.

t : الزمن اللازم للتحويل وحدته الثانية (s) $seconde$

8 - مبدأ انحفـاظ الطاقة:

يفسر العلم كل الظواهر الفيزيائية و الكيميائية بمقدار يسمى بالطاقة الذي ينتقل من جملة الى جملة أخرى مع تغير شكله في أغلب الحالات و يخضع لمبدأ الانحفاظ و الذي ينص:

الطاقة لا تزول ولا تستحدث, إذا اكتسبت جملة ما طاقة أو فقدتها فان هذه الطاقة تكون بالضرورة قد أخذتها من جملة أخرى أو قدمتها لها.

معـادلة انحفـاظ الطـاقـة:

الطاقة الابتدائية للجملة في الحالة (1) + الطاقة المستقبلة من الوسط الخارجي − الطاقة المقدمة للوسط الخارجي = الطاقة النهائية للجملة في الحالة (2)

** متى تكون الجملة معزولة طاقويا ؟

تكون الجملة الميكانيكية معزولة طاقويا إذا لم تتبادل طاقة مع الوسط الخارجي أي:

* الطاقة المقدمة للوسط الخارجي = 0

* الطاقة المستقبلة من الوسط الخارجي = 0

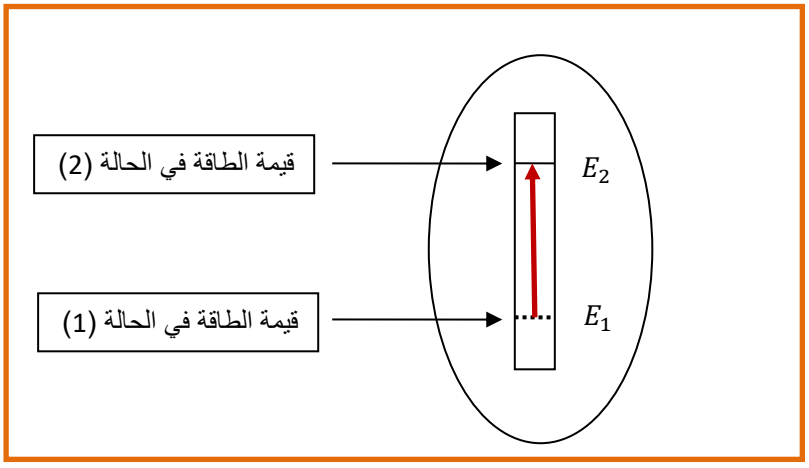
فتكون عندئذ معادلة انحفاظ الطاقة بالشكل:

الطاقة الابتدائية للجملة في الحالة (1) = الطاقة النهائية للجملة في الحالة (2)

9- الحصيلـة الطاقويـة:

1 * نمثل الجسم أو الجملة الميكانيكية بقاعة.

2 * نمثل شكل الطاقة (أشكال الطاقة) بعمود (أعمدة) و بداخله سهم يشير إلى جهة تغير شكل الطاقة المخزنة في الجسم أو الجملة الميكانيكية.



تطبيـقـــــات:

1) السقوط الحر لمزهرية.

عند سقوط المزهرية تتحول الطاقة الكامنة الثقالية كلية إلى طاقة حركية .

الحالة الابتدائية: $E_{c1} = 0$; $E_{pp1} = cte$

الحالة النهائية : $E_{c1} = cte$; $E_{pp1} = 0$

الجملة المدروسة: الأرض + المزهرية

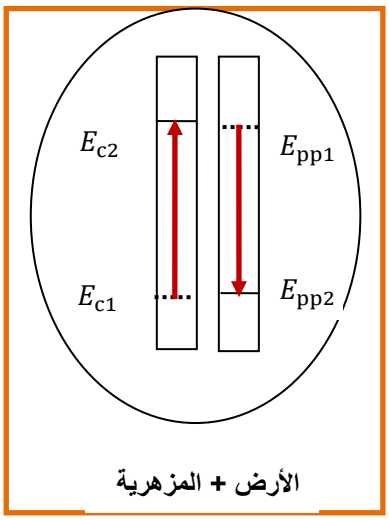
الجملة (الأرض + المزهرية) جملة معزولة طاقويا لأنها لا تتبادل الطاقة مع الوسط الخارجي.

معادلة الانحفاظ:

$$E_{c1} + E_{PP1} = E_{c2} + E_{PP2}$$

$$\mathbf{E_{PP1} = E_{c2}}$$

الحصيلة الطاقوية:



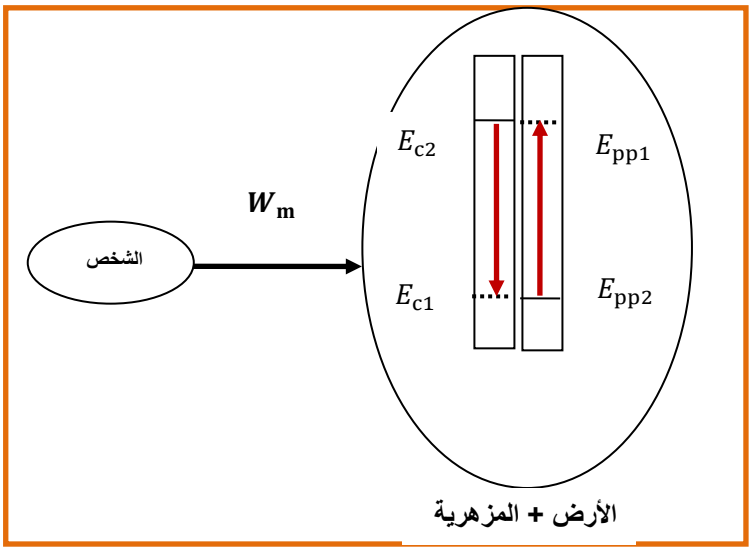
2) قذف المزهرية نحو الأعلى شاقوليا وعلى ارتفاع h من سطح الأرض.

تتلقى الجملة الميكانيكية (المزهرية + الأرض) طاقة من الوسط الخارجي بتحويل ميكانيكي W_m.

أ* الحصيلة الطاقوية:

الحالة الابتدائية للجملة: $E_{c1} = cte$; $E_{pp1} = cte$

الحالة النهائية للجملة: $E_{c2} = cte$; $E_{pp2} = cte$



ب * معادلة انحفاظ الطاقة: $E_{c1} + E_{PP1} = E_{c2} + E_{PP2}$

3) اشتعال مصباح بواسطة جسم يسقط.

الجملة المدروسة: المصباح

أ* الحصيلة الطاقوية:

الحالة الابتدائية للجملة: $E_{i1} = 0$

الحالة النهائية للجملة: $E_{i2} = cte$

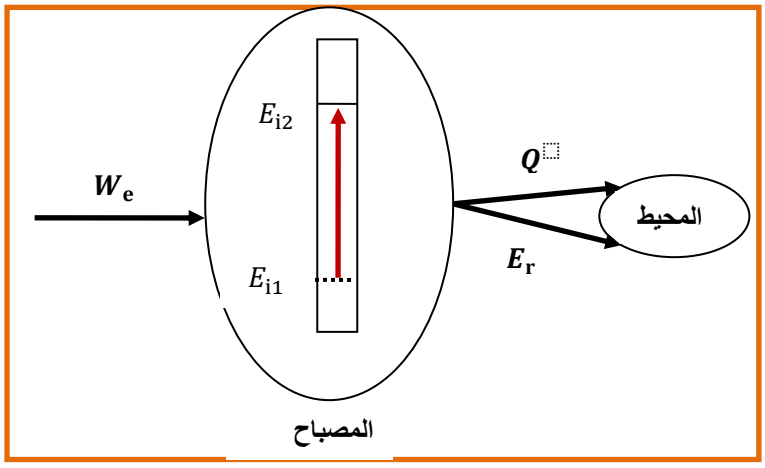
الطاقة المستقبلة من الوسط الخارجي: W_e

الطاقة المقدمة للوسط الخارجي: Q و E_r

ب * معادلة انحفاظ الطاقة:

حسب نص مبدأ الانحفاظ لدينا:

$$E_{i1} + W_e - E_r - Q = E_{i2}$$

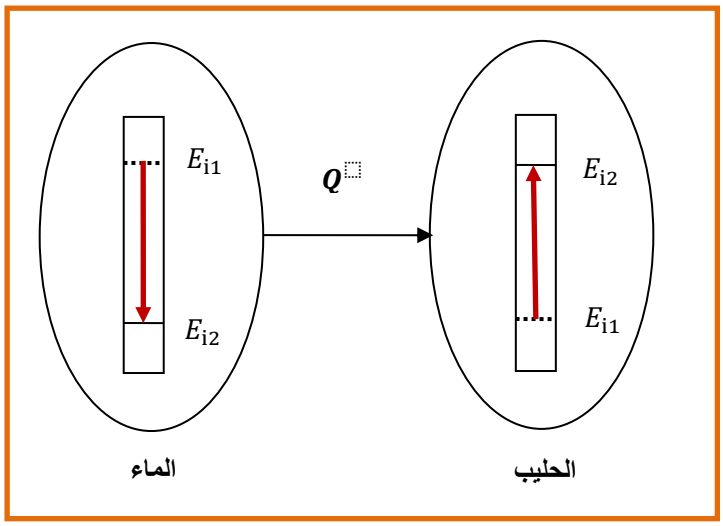


10 - التحويل الحراري و التوازن الحراري:

نشاط ص 23:

الحصيلة الطاقوية :

الجملة المدروسة: الماء و الحليب



يحدث تحويل حراري بين جسمين داخل جملة غير متوازنة حراريا من الجسم الساخن إلى الجسم البارد. يتواصل هذا التحويل إلى أن تصبح الجملة متوازنة حراريا. تكون لكل جسم نفس درجة الحرارة و نقول عندئذ أن للجملة نفس درجة الحرارة.

10-1- المركبة الحرارية للطاقة الداخلية.

10-1-1- التفسير المجهري لدرجة الحرارة.

يوافق كل تغير في درجة الحرارة جسم زيادة في طاقته الداخلية.

10-1-2- التفسير المجهري المركبة للحرارية للطاقة الداخلية .

تتعلق الطاقة الداخلية للماء بالطاقة الحركية الميكروسكوبية لجزيئاته وهذه الطاقة تمثل المركبة الحرارية للطاقة الداخلية.

10-1-3- التفسير المجهري للتحويل الحراري و التوازن الحراري.

إن جزيئات الماء الساخن تقدم جزءا من طاقتها الحركية للجزيئات المكونة للكأس القريبة منها و هذه الأخيرة تحول جزءا من طاقتها الحركية إلى جزيئات الحليب الملامسة للكأس و بدورها تقدم جزيئات الحليب هذه الطاقة الحركية إلى التي تليها , وهكذا يستمر التحويل إلى أن تصبح لكل جزيئات الحليب نفس الطاقة الحركية أي يصبح للحليب نفس درجة الحرارة . فنقول عندئذ أن الجملة الميكانيكية (حليب + ماء + كأس) في حالة توازن حراري.

حلول تمارين الكتاب المدرسي:

التمرين 12 ص 29:

عند حدوث عملية التبادل الحراري بين مادتين في وسط معزول فان كمية الحرارة المكتسبة تكون مساوية لكمية الحرارة المفقودة.

التمرين 15 ص 29:

شكل الطاقة قبل الحادث: E_{pp}

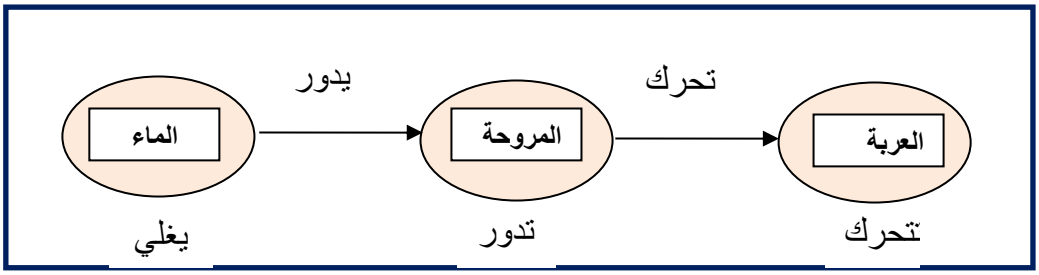
شكل الطاقة بعد الحادث: E_c

نمط تحويل الطاقة: W_m

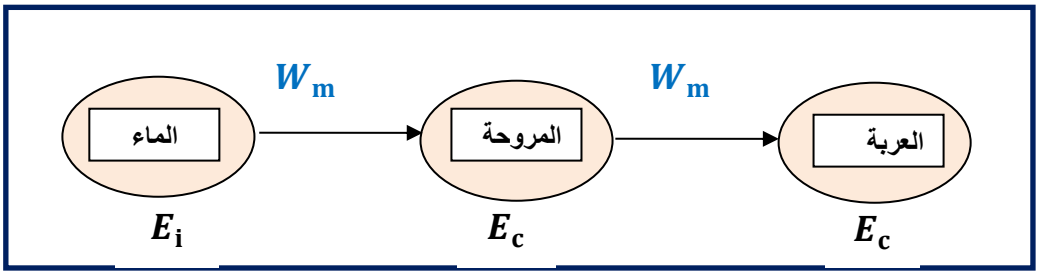
التمرين 18 ص 29:

الشكل (1):

السلسلة الوظيفية:

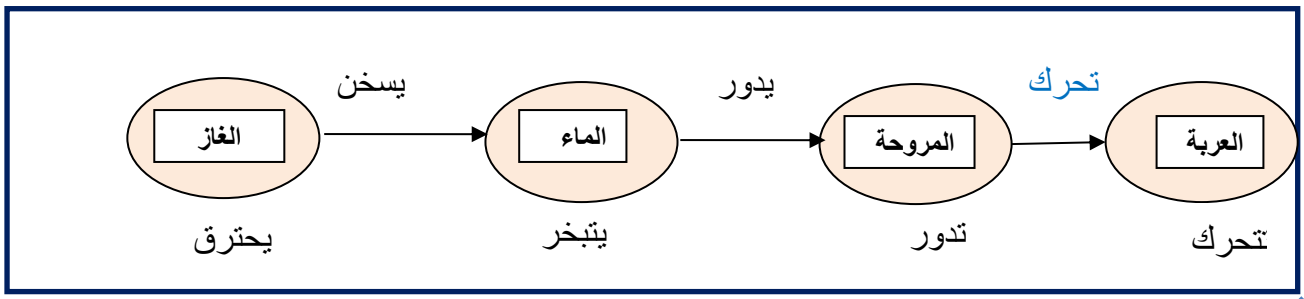


السلسلة الطاقوية:

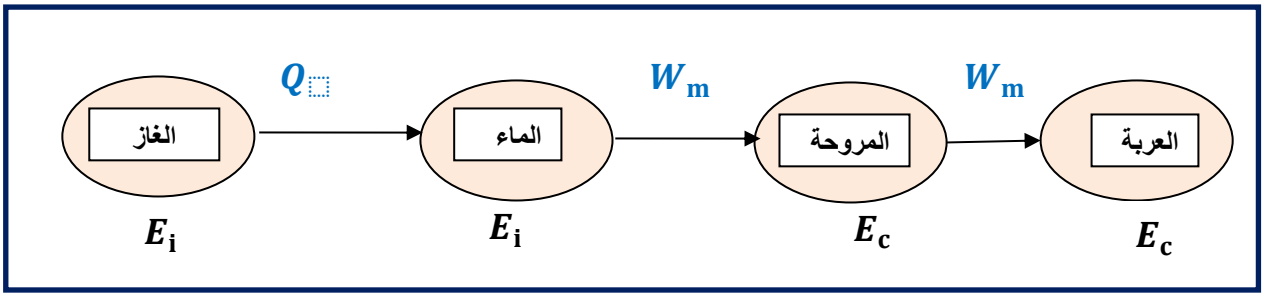


الشكل (2):

السلسلة الوظيفية:



السلسلة الطاقوية:



التمرين 19 ص:30

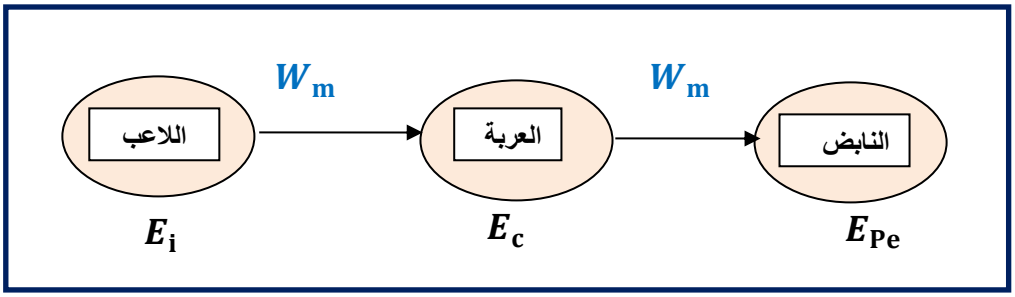
1 – إذا كانت التدريجات تعبر عن وحدة الطول فان المؤشر يشير الى مقدار انضغاط النابض.

– إذا كانت التدريجات تعبر عن وحدة القوة (الجهاز عبارة عن ربيعة) في هذه الحالة المؤشر يشير الى مقدار القوة المطبقة من طرف المكبس.

– إذا كانت التدريجات تعبر عن وحدة الطاقة و هي الجول في هذه الحالة المؤشر يشير الى مقدار الطاقة الكامنة المرونية التي اكتسبها النابض.

2 – الجهاز لا يقيس قوة اللاعب بل يعبر عن الطاقة المفقودة من طرف اللاعب.

3 – السلسلة الطاقوية:



التمرين 22 ص 30:

1 * أشكال الطاقة:

الجملة / الوضع	A	B	C
العربة	/	E_c	/
النابض	/	/	E_{pe}
عربة + نابض	/	E_c	E_{pe}
عربة + أرض	E_c	E_c	/
عربة + نابض + أرض	E_{pp}	E_c	E_{pe}

تمثيل الحصيلة الطاقوية: