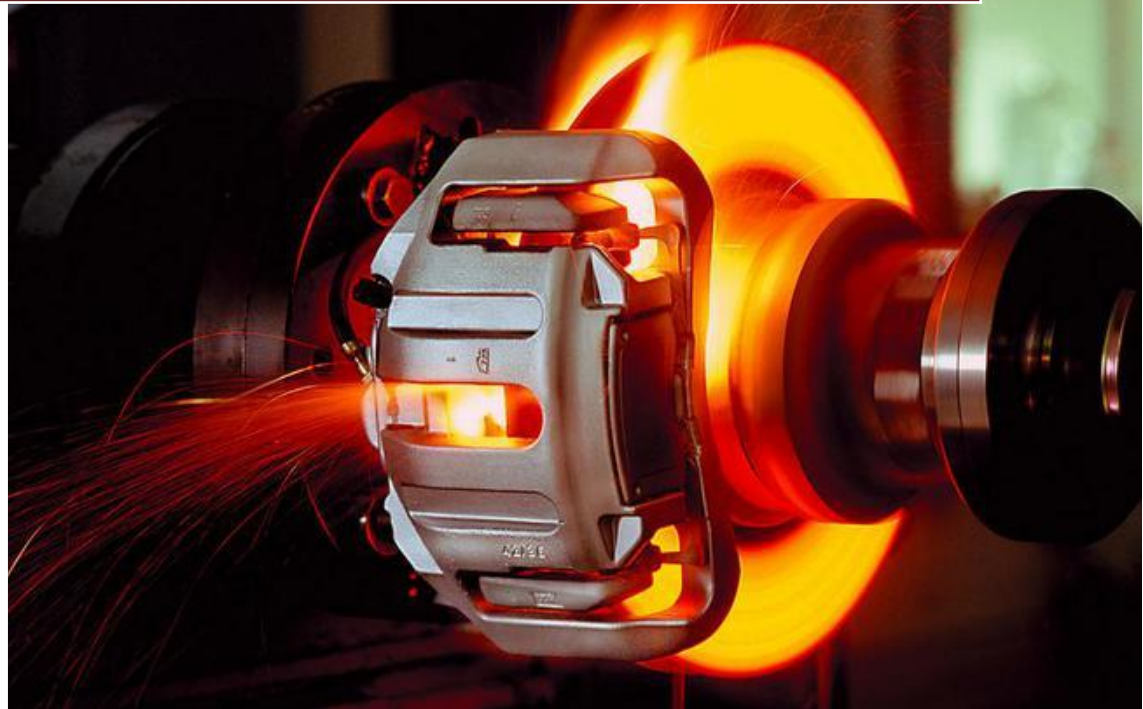


Dissipació de l'energia per fregament



Publicacions CRECIM
Col·lecció REVIR 2016



“Dissipació de l’energia per fregament”, seqüència didàctica per a l’estudi de l’energia.

Creada per Victor López, Digna Couso i Roser Pintó.

Amb la col·laboració de David Ferrer i Macarena Soto.

Maquetació i revisió: Maria Navarro i Maria Dalmases.

Es distribueix sota una llicència Creative Commons Atribució-NoComercial-SenseDerivar 4.0 Internacional

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Totes les imatges utilitzades són pròpies o d’ús lliure

Citar com:

López, V., Couso, D. i Pintó, R. (2016). *Dissipació de l’energia per fregament. Seqüència didàctica per a l’estudi de l’energia*. Barcelona: Publicacions CRECIM

El projecte REVIR és un projecte del CRECIM, amb el suport de l’Obra Social “La Caixa” i la Universitat Autònoma de Barcelona.

Indicacions per al professorat

Objectius didàctics de la seqüència

La seqüència pretén ajudar a l'estudiant de 4t ESO i 1r Batxillerat a construir el model escolar d'energia, i utilitzar-lo per interpretar fenòmens quotidians, com ara l'escalfament d'un fre per fregament i el seu posterior refredament per equilibri tèrmic amb l'entorn.

S'espera que l'estudiant entengui l'energia com una funció d'estat, és a dir, una magnitud que s'associa a "com estan les coses", i per tant, a mirar-se els canvis que es donen a la natura a partir de "com estan les coses abans i després d'un canvi". Aquesta idea permet ajudar als estudiants a concebre la transferència d'energia com la manera d'explicar dos canvis simultanis en dos cossos o sistemes, un dels quals guanya energia i l'altre en perd, i a concebre la idea de cadena energètica com un conjunt de transferències entre cossos o sistemes. Aquesta és una manera de "seguir la pista" de l'energia al llarg de diversos canvis successius.

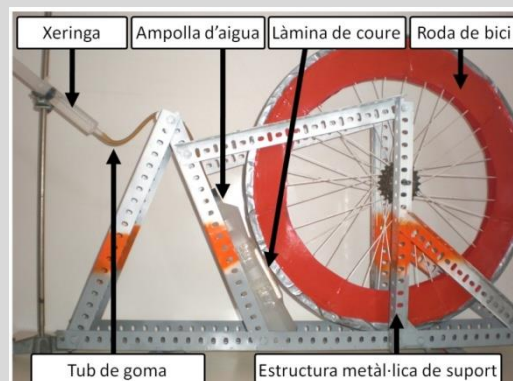
Una altra idea clau que s'aborda en la sessió són els dos mecanismes de transferir energia: calor i treball. El primer mecanisme correspon a l'intercanvi d'energia degut a una diferència de temperatura entre dos materials, mentre que el segon és l'intercanvi degut a l'aplicació d'una o més forces entre ells que provoquen desplaçaments coherents. Un cop aclarida aquesta idea, l'estudiant haurà de ser capaç d'identificar que en els fenòmens naturals calor i treball sovint van junts, ja que un treball que produeix escalfament per fregament sempre va acompanyat immediatament de la pèrdua d'energia en forma de calor cap a l'entorn. D'aquesta manera es treballa amb els estudiants que en una transferència d'energia no podem mai aprofitar el 100% d'aquesta, i que tot i que l'energia es conserva, sempre es degrada de forma irreversible, ja que l'energia útil que possibilita nous canvis és cada cop menor.

En paral·lel als continguts conceptuals, a la sessió també es treballen continguts procedimentals, com ara el disseny d'un experiment, l'elaboració d'hipòtesis i l'anàlisi i interpretació dels gràfics obtinguts experimentalment.

Material, muntatge experimentals i eines digitals que es fan servir

El muntatge experimental que fem servir consta d'una roda subjectada amb un suport, que permet el seu gir, i un sistema de frenada d'aquesta roda. En el nostre cas, fem servir un fre hidràulic format per una ampolla d'aigua connectada a una xeringa a través d'un tub de goma, de manera que al prémer a la xeringa s'infla l'ampolla d'aigua i aquesta, al fregar, frena la roda.

Col·loquem una petita làmina de coure subjectada amb cinta aïllant a l'ampolla, per tal que faci contacte amb la roda. Introduïm un sensor de temperatura (termoparell) just a sota del coure, de manera que pugui mesurar els seus canvis de temperatura. El sensor de temperatura pot ser adquirit per alguns dels principals proveïdors de sensors del mercat, com ara Vernier (<http://www.vernier.com/>), Fourier (<http://einsteinworld.com>), Pasco (<https://www.pasco.com>) o Globisens (<http://www.globisens.net>). Per a la presa de dades, la configuració recomanada és de 10 mostres per segon durant 3 minuts de mesura (el temps necessari per a l'escalfament i el posterior refredament de la làmina de coure).



Estructura de la seqüència

La seqüència es divideix en 4 parts, amb una durada aproximada de 1 hora cadascuna:

Primera part: Exploració dels fenòmens de fregament a través de vídeos, i discussió de les idees prèvies dels estudiants sobre les transferències d'energia que es produeixen en aquests fregaments.

1. Una descoberta sorprenent
2. Les rodes del cotxe de Rally
3. Generalització del fenomen

Segona part: Anàlisi experimental de la temperatura de la làmina de coure a través de la recollida de dades amb sensors.

4. Estudi del muntatge experimental
5. Presa de dades i discussió de les mesures

Tercera part: Interpretació de les dades obtingudes mitjançant la idea de transferència d'energia.

6. Escalfament per fregament
7. Refredament per contacte de cossos a diferents temperatures

Quarta part: Construcció del model d'energia basat en les idees de transferència, conservació i degradació de l'energia.

8. Les transferències d'energies
9. La degradació de l'energia
10. L'estalvi energètic en la frenada

1. Una descoberta sorprenent

La Laura i el Cristian són dos joves molt aficionats als ral·lis de cotxes, i acostumen a anar a veure campionats o exhibicions quan es fan a prop de casa. Normalment hi van a l'estiu perquè és quan se'n fan més i quan fa més bon temps, però aquest darrer hivern es feia una exhibició a les afores de Montcada i Reixac a les set del vespre i van anar-hi perquè no s'ho volien perdre.

Com que a l'hivern es fa fosc molt aviat, els cotxes anaven amb els fars encesos. Ara bé, el que més va sorprendre a la Laura i al Cristian era que un dels cotxes portava també llums a les llantes. Si més no, això és el que els hi va semblar quan va veure una escena com la que es veu en el següent vídeo:



http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=86UzeoQGXPY

El Cristian va dir: "*Mira quins fars més tuning que s'ha posat el cotxe a l'interior de les llantes de la roda!*"

Completa al teu dossier:



1a. El Cristian té raó pensant que la llum era una decoració *tuning*? Per què?

2. Les rodes del cotxe de Rally

Com que no es posaven d'acord, tot just acabat el ral·li van acostar-se al cotxe que havien vist amb la llanta il·luminada per veure de què es tractava exactament. Al fixar-se bé, tots dos van veure que no era la llanta el què s'havia il·luminat, sinó el disc de fre!

El metall, en comptes de ser gris tenia un color vermellós, i a més a més, sortia fum del disc de fre i les pastilles de fre feien una olor com de socarrimat, tal com mostra el vídeo:



http://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&v=YSPcUBY-5rg

Completa al teu dossier:



2a. Explica d'on prové i quin camí ha seguit l'energia associada a la llum del disc de frens des de que la roda està en moviment fins que el cotxe està parat i el disc deixa de brillar. Anomena l'origen de l'energia, a on va i com es transfereix d'un sistema a l'altre. Pots ajudar-te amb un dibuix o amb un esquema si ho prefereixes.

3. Generalització del fenomen

Com veuràs, el què li ha passat al cotxe no és exactament una qüestió de llums, sinó que hi intervé un fenomen que succeeix en el disc de fre. Per tant, per entendre millor el què li ha passat al cotxe del vídeo, potser primer caldria entendre una mica millor com funciona un disc de fre.

Havies sentit a parlar alguna vegada de com funciona un disc de fre? Saps com funciona? Mira les imatges que hi ha a continuació i discuteix amb els teus companys quin podria ser el seu funcionament.

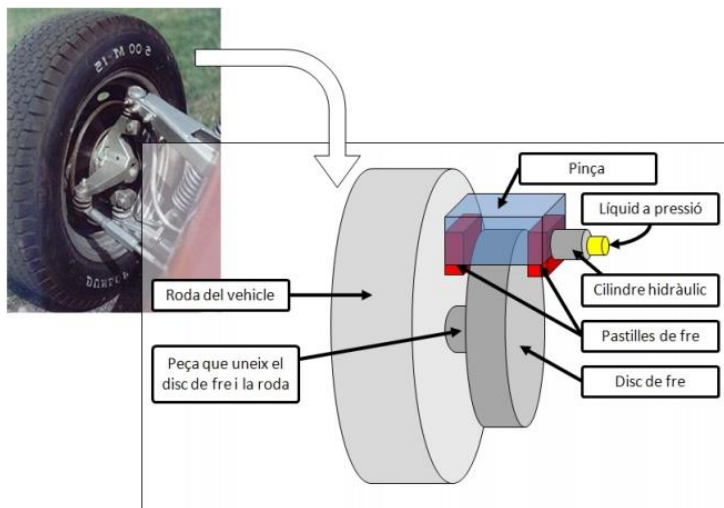


Fig. 1 Esquema del components d'un disc de fre

Ara que ja coneixes el funcionament d'un disc de fre, veuràs que tot encaixa, oi? En el vídeo, el fregament produït entre les pastilles i el disc de fre van escalfar tant el disc de fre que el seu material es va tornar incandescent. Aquesta incandescència no dura sempre perquè al deixar de frenar, el disc de fre es refreda, escalfant l'aire al seu voltant (escalfant l'ambient).

Completa al teu dossier:



3a. Se t'acut alguna altra situació on hi hagi un escalfament? Pensa en situacions quotidianes, que no tenen perquè estar relacionades amb el què passa en un disc de fre.

3b. En tots els exemples que has mencionat, els objectes s'escalfen de la mateixa manera? Com pots classificar aquestes formes d'escalfament?

4. Estudi del muntatge experimental

Ara ja saps que el fregament entre dues superfícies produeix un escalfament, però... com podem mesurar-lo?

Una possibilitat per mesurar l'escalfament que es produeix en un fregament és fer-ho a través del següent muntatge. En comptes de disc i les pastilles de fre fregant-se, farem servir una roda de bicicleta i una ampolla que s'infla quan li injectem aigua mitjançant una xeringa. Així, quan la ampolla està desinflada la roda pot girar lliurement, i quan l'ampolla està inflada, entra en contacte amb la roda i exerceix de fre.

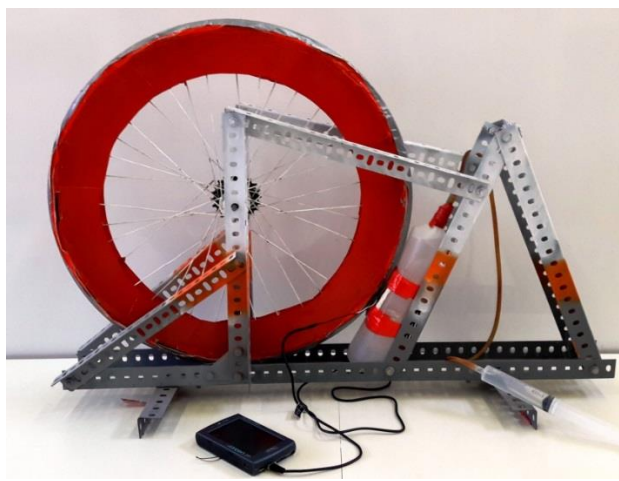


Fig. 2 Muntatge experimental del model analògic de la frenada d'una roda.

Per analitzar l'escalfament de les superfícies quan la roda es veu frenada utilitzem una petita làmina de coure situada entre l'ampolla i la roda, i un sensor de temperatura que posem just darrere de la làmina de coure.

Completa al teu dossier:



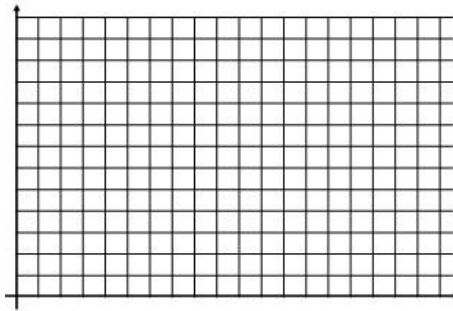
4a. Identifica els diferents elements que componen el muntatge experimental i relaciona'ls amb el sistema de discos de frens que has vist anteriorment.

En els frens d'un cotxe real	En el nostre muntatge experimental
Fregament entre les pastilles i el disc de fre	
Escalfament del disc de fre	
Líquid a pressió del sistema hidràulic	

4b. Enumera de forma ordenada les diferents etapes que pots observar al llarg del procés, des de que la roda està aturada fins que hagin passat alguns minuts de la frenada.

Etapa 1:	
Etapa 2:	
Etapa 3:	
Etapa 4:	
Etapa 5:	

4c. Tot seguit, utilitza els eixos de coordenades que trobaràs a continuació i dibuixa l'evolució de la temperatura durant tot el procés, és a dir, abans, durant i després de la frenada. Com que els eixos de coordenades no tenen valors, pots posar les unitats i els valors que tu vulguis.



5. Presa de dades i discussió de les mesures

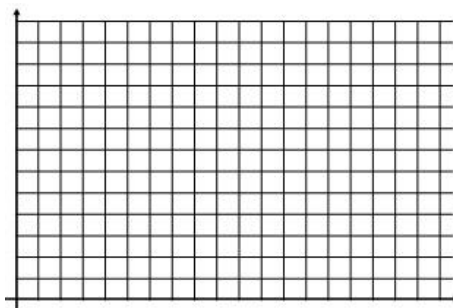
Ja estàs en disposició de prendre les mesures. Per fer-ho, tot el grup haureu de seguir els següents passos:

1. Col·loca la punta del termoparell que trobaràs sobre la taula dins la ranura situada darrera la làmina de coure. Després, fixa el termoparell amb cinta adhesiva per evitar que es mogui.
2. Ajusta l'ampolla i la làmina de coure per garantir que quan aquesta s'infla es produeixi un contacte amb la roda. Assegura't que l'ampolla està ben subjecta per evitar que es mogui.
3. Abans de començar l'enregistrament de dades, fes girar la roda a certa velocitat i quan la roda estigui girant de forma constant, comença la presa de dades.
4. Quan tot just hakis començat a mesurar, prem ràpidament la xeringa i observa els resultats durant uns minuts.

Completa al teu dossier:



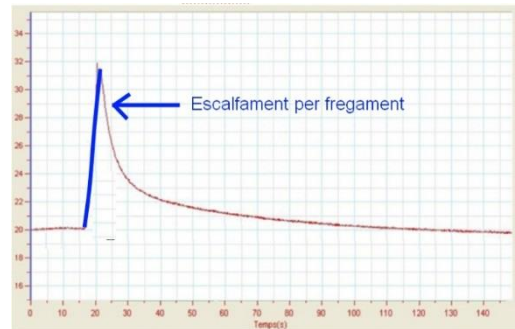
5a. Dibuixa la forma de la gràfica experimental que has obtingut en els eixos de coordenades. Explica les semblances i diferències entre la gràfica experimental i la teva predicció.



5b. Identifica en el gràfic que has dibuixat les diferents etapes del procés, i indica amb diferents fletxes quina part del gràfic correspon a aquestes etapes.

6. Escalfament per fregament

Una de les etapes que hauràs identificat en la gràfica que has obtingut és l'etapa en la que el coure s'escalfa i per tant, augmenta la seva temperatura. A aquesta etapa l'anomenarem **Escalfament per fregament**.



A continuació, estudiarem a fons aquest escalfament i intentarem explicar-ho científicament.

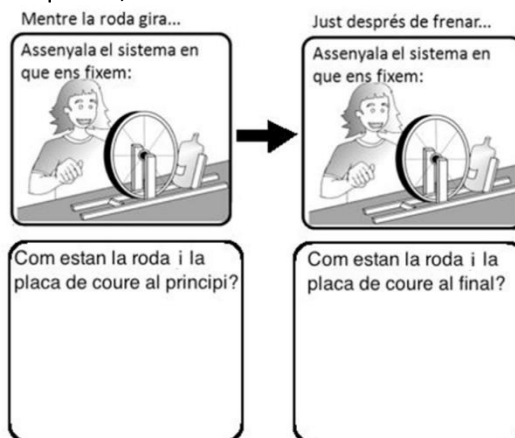
Completa al teu dossier:



6a. Selecciona amb el programa d'anàlisi de dades el tros de gràfic que correspon a l'escalfament i discuteix breument si l'escalfament que s'ha produït creus que és un valor alt o baix.

6b. Creus que la làmina sempre s'escalfa igual? Què fa que a vegades la temperatura màxima sigui més gran o més petita? Fes diferents proves comparant les diferents rodes i diferents velocitats de gir i intenta explicar la relació entre el gir de la roda i l'escalfament de la làmina de coure.

6b. Completa el següent esquema, marcant o dibuixant al dibuix des de quin sistema es transfereix l'energia:

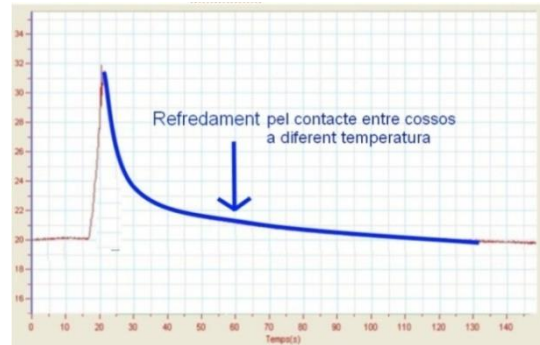


6c. Explica amb termes d'energia com és aquest canvi. Creus que tota l'energia del moviment de la roda s'ha invertit en escalfar el coure?

7. Refredament per contacte de cossos a diferents temperatures

Una altra etapa que hauràs identificat en la gràfica obtinguda és l'etapa en la que el coure es refreda. A aquesta etapa l'anomenarem **Refredament per contacte de cossos a diferents temperatures**.

A continuació, estudiarem a fons aquest refredament i intentarem explicar-ho científicament.



Completa al teu dossier:

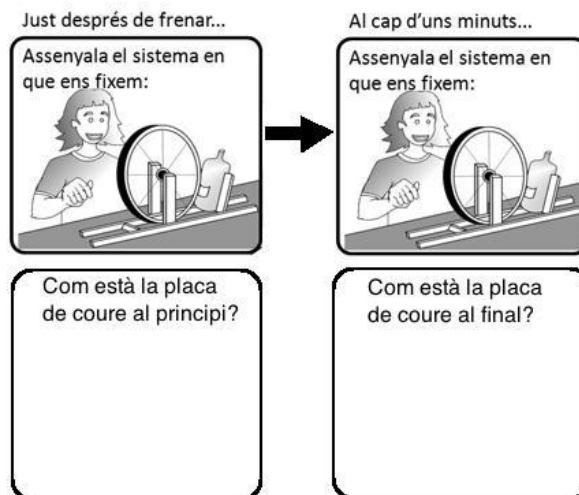


7a. Creus que el descens de temperatura és tota l'estona constant? Completa la següent taula, mesurant en cada cas la variació de temperatura que es produeix en cada interval de 10 segons.

Temps	Variació de la temperatura
0-10s	
10-20s	
20-30s	
30-40s	

7b. Quin és el valor de la temperatura a la que arriba sempre la gràfica i perquè creus que té aquest valor?

7c. Completa el següent esquema marcant o dibuixant a sobre d'aquest des de quin sistema es transfereix l'energia:



7d. Explica amb termes d'energia com és aquest canvi. En què s'ha invertit l'energia que tenia la làmina de coure calent?

8. Les transferències d'energies

Fins ara hem estudiat dos fenòmens, que són l'escalfament que es produeix per fregament i el refredament que es produeix per interacció amb l'entorn. En tots dos fenòmens els canvis que es produeixen (que la roda freni i augmenti la temperatura de la placa, que la placa es refredi i augmenti la temperatura de l'entorn) ens indica que existeix una transferència d'energia d'un sistema a un altre.

Què diu la ciència?

Existeixen dues maneres diferents de transferir energia d'un sistema a un altre:

- Quan es transfereix energia perquè hi ha forces que actuen sobre els sistemes (objectes que xoquen entre ells, es freguen, s'aixafen, s'estiren, etc.), es diu que es transfereix energia a través de **treball**.
- Quan es transfereix energia perquè hi ha dos cossos en contacte que es troben a diferent temperatura i degut a la tendència a equilibrar-se, el cos més calent es refreda i el més fred s'escalfa, es diu que es transfereix energia a través de **calor**.

És important no confondre calor i temperatura. Un objecte pot escalfar-se a través de la calor (quan li acostem un altre objecte més calent), però també pot escalfar-se (i augmentar la seva temperatura a través de treball (quan li fem forces, és a dir: el freguem, el piquem, el comprimim, l'estirem, etc.). En aquest segon cas no hi ha una font de calor.

Completa al teu dossier:



8a. Seguirem el camí de l'energia i veurem com es produeixen aquestes transferències d'energia a cada canvi, completant el següent esquema:


Abans que la roda giri...	Mentre la roda gira...	Just després de frenar...	Al cap d'uns minuts...
Assenyalat el sistema en que ens fixem:	Assenyalat el sistema en que ens fixem:	Assenyalat el sistema en que ens fixem:	Assenyalat el sistema en que ens fixem:
			
Quins canvis es produeixen?	Quins canvis es produeixen?	Quins canvis es produeixen?	Quins canvis es produeixen?
Descrició com es transfereix l'energia d'un sistema a un altre	Descrició com es transfereix l'energia d'un sistema a un altre	Descrició com es transfereix l'energia d'un sistema a un altre	Descrició com es transfereix l'energia d'un sistema a un altre
Treball <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/>	Treball <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/>	Treball <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/>	Treball <input type="checkbox"/> Calor <input type="checkbox"/>

9. La degradació de l'energia





Fixa't que en les situacions estudiades es produeixen canvis en l'estat (en com estan) els sistemes: en com es mouen, a quina temperatura estan, etc. Al llarg del procés, també veiem que uns canvis en generen uns altres, per exemple, la roda canvia el seu estadi de moviment al fregar amb la placa, i aquest canvi en genera un altre en la placa, que augmenta la seva temperatura. De la mateixa manera, la placa calenta canvia el seu estat de temperatura al refredar-se, i aquest canvi de temperatura genera un altre canvi de la temperatura de l'aire del voltant de la placa, que s'escalfa. Si sempre poguéssim aprofitar els canvis per produir uns altres canvis equivalents, aquest procés no acabaria mai.

També hem vist que una forma de pensar en el que passa durant els canvis és veure que en cada canvi hi ha una transferència d'energia associada, de manera que l'energia d'una part del sistema es transfereix a una altra. Igual que abans, si en cada canvi sempre es transferís tota l'energia i aquesta fos totalment aprofitable, aquest procés no acabaria mai.

Per estudiar si això és el que passa, analitzarem si l'energia que hi ha en cada etapa del procés és més o menys útil que en l'etapa anterior. És a dir, en cada etapa del procés ens preguntarem **“De quines altres formes podríem haver aprofitat l'energia que tenim?”**.

Completa al teu dossier: 

9a. Imaginem-nos que la persona que fa moure la roda disposa de 50J d'energia, que els associem al seu braç abans de que faci la força per empentar-la. Imagina't, a més, que podem “etiquetar” quanta energia associem a cada part del sistema en cada moment (la roda, la placa, l'entorn, etc.). Si sabem que la energia es conserva (és a dir, que sempre hi ha d'haver 50J en total), dibuixa etiquetes que indiquin quanta energia associes a cada part del sistema.

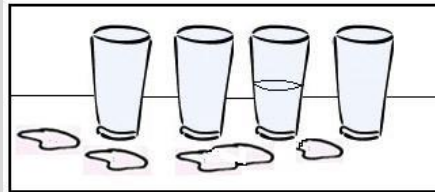
Abans que la roda giri...	Mentre la roda gira...	Just després de frenar...	Al cap d'uns minuts...
 <p>A quina característica del sistema associem l'energia:</p>	 <p>A quina característica del sistema associem l'energia:</p>	 <p>A quina característica del sistema associem l'energia:</p>	 <p>A quina característica del sistema associem l'energia:</p>
<p>De quines altres maneres s'hauria pogut aprofitar l'energia?</p>	<p>De quines altres maneres s'hauria pogut aprofitar l'energia?</p>	<p>De quines altres maneres s'hauria pogut aprofitar l'energia?</p>	<p>De quines altres maneres s'hauria pogut aprofitar l'energia?</p>

9b. Tot i que hi hagi 50J tota l'estona, la cadena de canvis que es produeix sembla tenir un final, és a dir, amb la roda parada i freda no succeeixen més canvis. Però podrien haver-hi hagut altres canvis en cadascuna de les etapes. Fent servir la imaginació, pensa de quines altres maneres s'hauria pogut aprofitar l'energia en cada moment i completa el gràfic anterior posant alguns exemples.

9c. Un cop hagi pensat de quines altres maneres s'hauria pogut aprofitar l'energia en cada moment, compara els canvis que pots produir amb l'energia de l'inici i del final del procés. A quina conclusió podem arribar respecte com d'aprofitable és l'energia en cada pas d'aquesta cadena de canvis?

Què diu la ciència?

Per entendre el camí de l'energia al llarg d'una cadena de fenòmens ens podem imaginar que tenim una filera de gots, i que juguem a passar l'aigua de l'un a l'altre, fent un símil amb la idea de transferir energia entre cossos. L'aigua que al principi està acumulada en un got la podem fer servir per bolcar-la al següent got, i després al següent, i després al següent. Però de vegades una mica d'aigua que cau a terra ja no es pot recuperar. Aquesta no ha desaparegut, si no que simplement s'ha repartit pel terra de manera que ja no és aprofitable. El mateix succeeix amb l'energia: disposem d'una quantitat inicial i a mesura que es transfereix d'un sistema a l'altre disposem de menys energia útil, però la resta d'energia no s'ha perdut, només s'ha transmès als altres sistemes, com per exemple, l'entorn.



Imaginem, a més, que alguns dels gots estan plens de coto-fluix, o tenen petits forats que fan que l'aigua s'escapi, o es trenquen... de manera que quan hi tirem aigua, aquesta després no la podem seguir aprofitant per bolcar-la als següents gots. Si pensem de nou amb el símil en l'energia, podem imaginar-nos que l'energia és conserva, però es degrada a mesura que es transfereix, és a dir, cada vegada disposem de menys energia útil. La ciència diu que aquesta degradació és espontània i irreversible, de manera que en tots els canvis de la natura cada vegada tenim l'energia més degradada: energia de menys qualitat per produir canvis.

No obstant, nosaltres necessitem produir sempre nous canvis: sempre hem de seguir fent moure els vehicles, sempre hem de seguir escalfant les cases i els aliments, sempre hem de seguir fent servir els nostres electrodomèstics, etc. Quan volem produir canvis de forma contínua i tenint en compte que l'energia dels sistemes de forma espontània es degrada, necessitem una obtenció externa d'energia útil. Això normalment s'anomena "**consumir energia**". Seguint el símil de la cadena de gots d'aigua, és com si per poder passar aigua d'un got a una altre de forma constant, i sabent que part de l'aigua s'escapa i es reparteix per l'entorn, necessitéssim anar omplint constantment el primer got de la cadena.

10. L'estalvi energètic en la frenada

Per acabar, et proposem que et fixis en un sistema que darrerament s'ha posat en pràctica en alguns vehicles per tal d'aprofitar l'energia que es dissipa en una frenada.



EVE Este Vasco de la Energía

El vehículo eléctrico

CUESTA ABAJO
El freno regenerativo aprovecha la energía cinética, la transforma en electricidad y recarga las baterías.

Posibilidad de recuperar la energía del frenado

Batería Litio-Ión

Motor eléctrico

Vehículo eléctrico

- En recta las baterías alimentan el motor.
- En cuesta abajo la energía es aprovechada para recargar las baterías.

És un sistema anomenat “**Fre regeneratiu**”, que aprofita part de l’energia que es dissipa durant el procés de frenada per carregar una bateria que incorpora el cotxe. Per fer-ho, utilitza uns imants que, al moure’s, interaccionen amb unes bobines (conjunt d’espines de material conductor connectades a un circuit elèctric) que produeixen electricitat, i aquesta electricitat carrega una bateria elèctrica. És a dir, les rodes, a través dels imants que té instal·lats, fan un treball sobre les bobines, i l’energia transferida a les bobines s’emmagatzema a una bateria, i permet posteriorment encendre altres aparells elèctrics del cotxe.

Completa al teu dossier:



10a. A partir de tot el que has après avui, explica quines diferències hi ha entre la cadena de transferència d’energia en el fre convencional i en el fre regenerador. Pots dibuixar un o varis esquemes, si vols.

10b. Com relaciones les diferències entre les dues cadenes energètiques amb la degradació de l’energia?

Revir 