

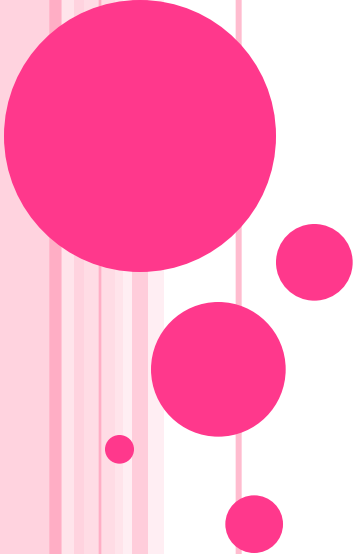
PARTE IV





ENERGIA

Difficoltà di Apprendimento e proposte di Insegnamento



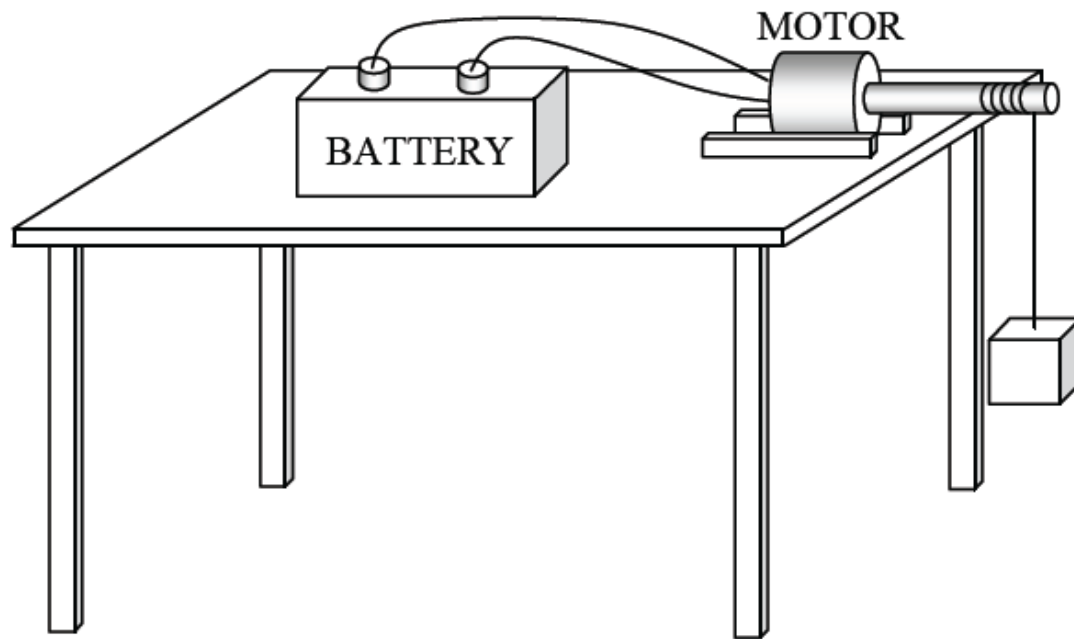
ESERCIZI APERTI DA DISCUTERE IN PICCOLO GRUPPO

30 min

Discutere dal punto di vista energetico le differenze tra un albero vivo ed uno secco

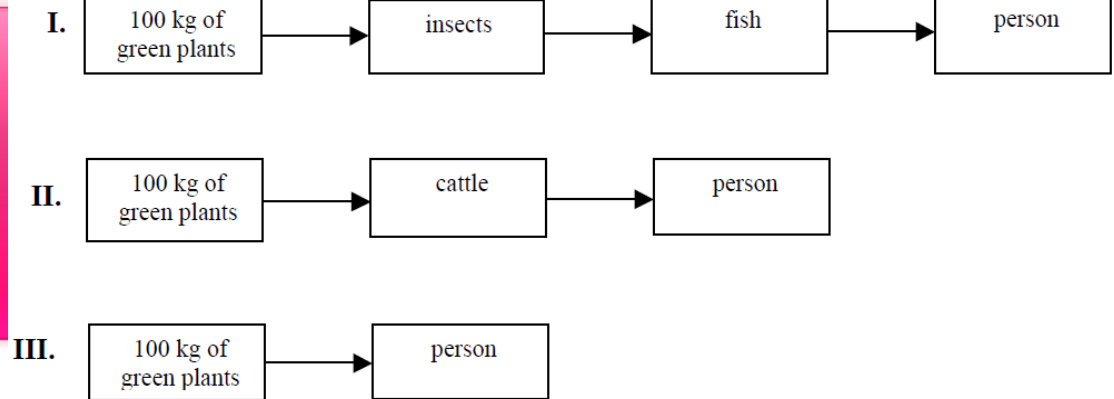
Discutere da dove viene l'energia di una candela accesa

Cosa misura il contatore dell'Enel a casa?



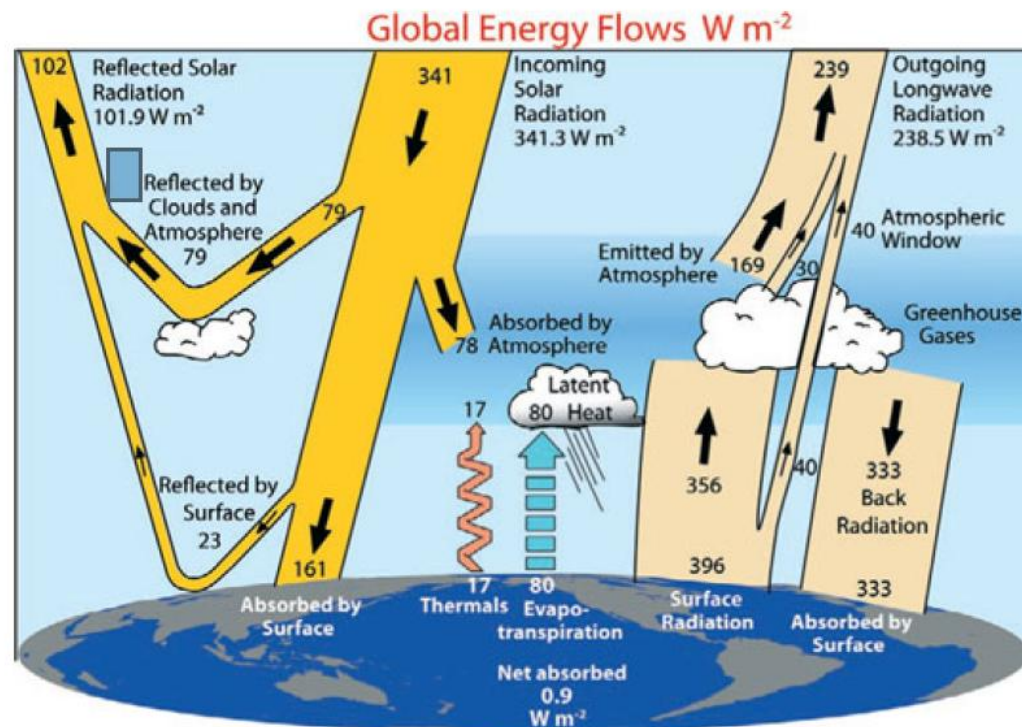
Discutere l'energia del sistema blocco + Terra dopo che il blocco è stato sollevato e si è fermato

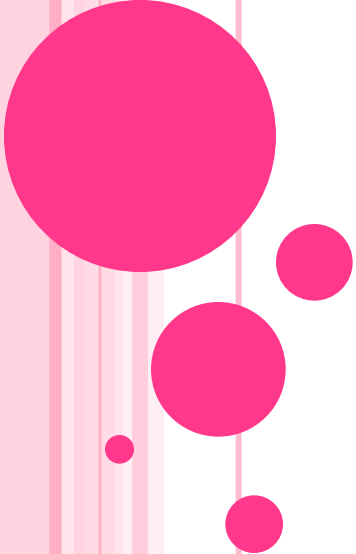
Discutere dal punto di vista energetico le seguenti catene alimentari



Cosa succede dal punto di vista energetico quando un certa massa d'acqua diventa ghiaccio?

Spiegare il grafico a destra





**PER CHI VUOLE SAPERNE DI
PIÙ....**

[HTTP://ESUMMIT-MSU.NET/](http://ESUMMIT-MSU.NET/)

- Annuario scienza e società 2012
- Leggere pagina 32 + 59
- Seminario di uno degli autori
dell'annuario il 30 maggio durante la
lezione



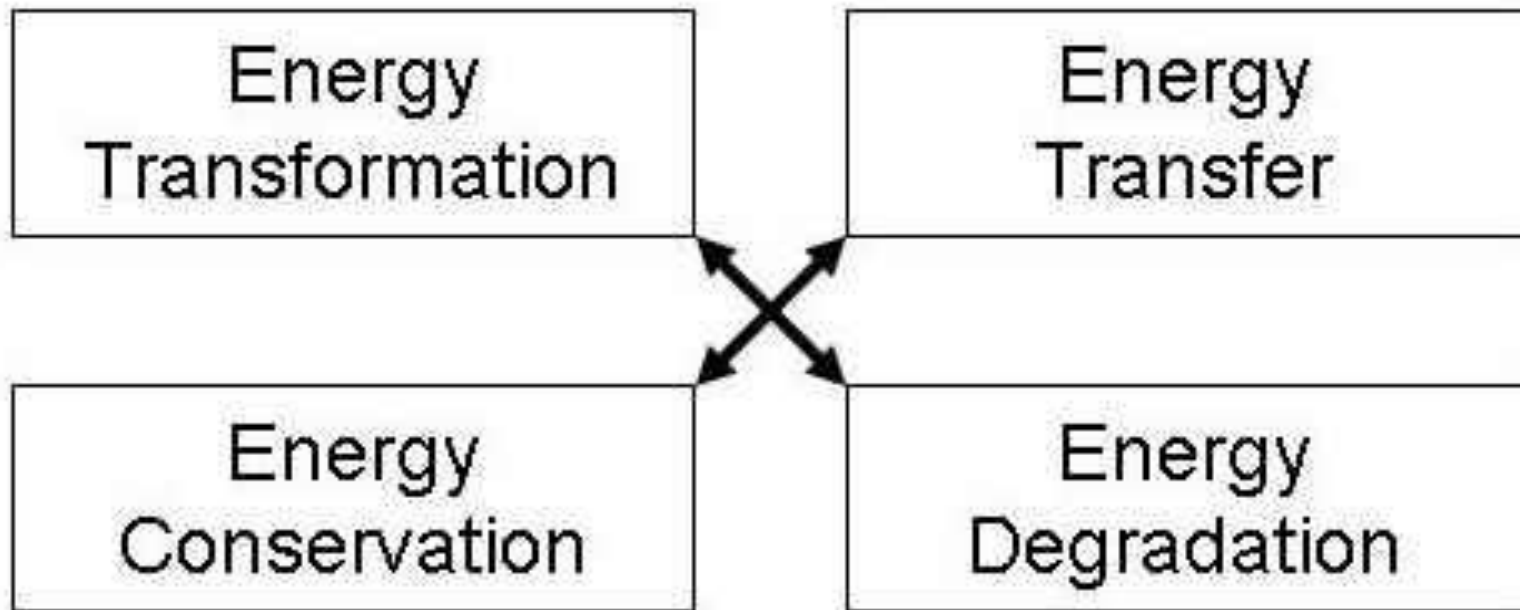
**PROBLEMATICHE DIDATTICHE
RELATIVE
ALL'INSEGNAMENTO
TRADIZIONALE DELL'ENERGIA**

APPROCCI ALL'INSEGNAMENTO DELL'ENERGIA

Approccio delle “Forme di Energia”

- E' il modo tradizionale di presentare l'Energia. L'Energia si presenta in varie “forme”: energia meccanica, elettrica, nucleare
- L'energia si “trasforma” quando avviene un processo. Passa cioè da una “forma” ad un'altra
- Vantaggio: Questo tipo di presentazione e' quello più diffuso nei libri di testo
- Svantaggi:
 - La “trasformazione” dell'Energia e' un'idea un po' “magica”
 - Introduce troppi concetti non essenziali
 - Introduce difficoltà concettuali inutili
 - Conduce ad una non corretta analisi dei processi
 - Focalizza sulla cosa sbagliata: sulla “forma” dell'energia e non sui processi di trasferimento dell'energia

RAPPRESENTAZIONE TRADIZIONALE DEL CONCETTO DI ENERGIA



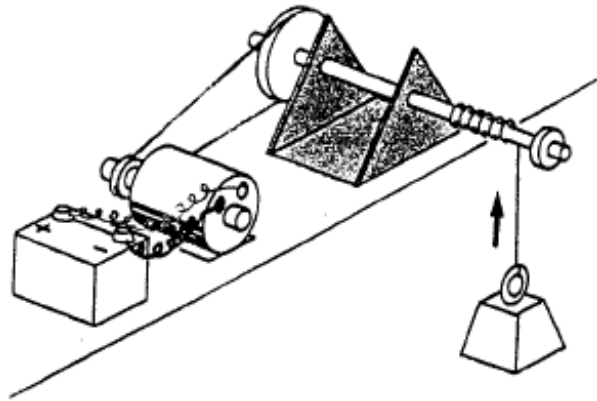
DIVERSE FORME DI ENERGIA?

(da Falk, Hermann, Schmid, Am. J. Phys., 1983)

- Problemi con le forme di energia: quale 'forma' di energia è contenuta in una pila?
- Ambigua definizione di forma di energia: 1) i vari modi in cui l'energia può essere scambiata; 2) i differenti modi in cui l'energia può essere immagazzinata
- Quando si guarda a come l'energia è scambiata le forme di energia sono: energia elettrica, energia chimica, calore, lavoro , (e la radiazione ???)
- Quando si guarda a come l'energia è immagazzinata le forme di energia sono: energia interna, energia di campo elettrico, energia cinetica, energia potenziale
- Non è dunque possibile usare il termine 'forme' di energia per indicare entrambe le accezioni
- E poi... usereste il termine forme di carica? O forme diverse di massa? Discutiamone...



Esempio di trattazione problematica



Energia chimica → Energia elettrica →

→ Energia cinetica →

→ Energia termica + potenziale

- Qual è l'oggetto o il sistema che ha l'energia elettrica? Quanto vale?
- La quantità di energia cinetica della cinghia è irrilevante per il processo: la tensione della cinghia è importante, sarebbe più consigliabile parlare dell'energia elastica?
- Se il peso si muove, perchè non considerare la sua energia cinetica?
- .. quindi meglio soffermarsi solo su inizio e fine: l'energia non è una descrizione di un meccanismo causale



ALTRO APPROCCIO TRADIZIONALE ALL'INSEGNAMENTO DELL'ENERGIA

Energia = capacità di compiere un lavoro

- E' la definizione tradizionale che risale a Maxwell
 - *The energy of a body may be defined as the capacity which it has of doing work, and is measured by the quantity of work which it can do. (Maxwell 1871)*
- Ma è in contraddizione con il secondo principio (all'equilibrio non si può compiere lavoro senza perdere “energia”).
- La definizione è legata all'energia libera F . È una “reale” energia F ? Si conserva? Cosa ci dice?

$$F = U - TS$$

Helmotz

$$F = H - TS$$

Gibbs



COS'ALTRO (NON) È L'ENERGIA?

- Essenzialmente, è un punto di vista utile per analizzare i fenomeni
- Ma si può usare per descrivere come accade un fenomeno?
- Si consideri il funzionamento di un'auto elettrica
 - l'energia chimica della batteria è trasformata in energia elettrica che è trasportata dai fili al motore. Il motore la trasforma in energia cinetica e l'auto si muove
 - la batteria genera corrente elettrica che permette al motore di girare e far muovere l'auto
- La prima spiegazione non fornisce nessun indizio in più della seconda: l'energia non è una causa, non è la descrizione di un meccanismo (come la forza)
- Dire che l'energia è ciò che fa accadere le cose, o che qualcosa accade a causa dell'energia è non corretto:
 - *una pallina continua a muoversi **perché** ha energia cinetica*
 - *la benzina fa camminare una macchina **perché** ha energia*
 - *Una pietra cade **perché** ha energia potenziale*

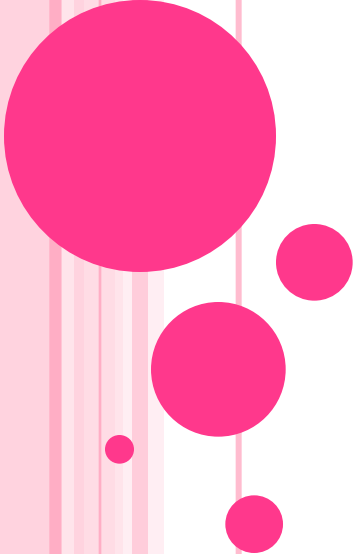


CONCEZIONI ALTERNATIVE SU ENERGIA

(1990 di Kruger, UK, maestri elementari)

- Energia come vitalità (es.: c'è una certa cosa quando tu hai tante energie, puoi fare molto, puoi muoverti, puoi saltare su e giù...)
- Energia non associata al moto
- Oggetti fermi non hanno energia (es.: un sasso su una montagna non ha energia)
- Energia è forza vitale (es.: una mucca ha energia perché ha la sua forza vitale; gli oggetti inanimati non hanno energia)
- Confusione tra energia e forza
- Energia è una forza nascosta che aspetta di essere liberata
- Energia come causa sovranaturale
- La fonte primaria di energia è il Sole
- L'energia può essere creata o distrutta a seconda della situazioni
- Confusione sull'energia potenziale gravitazionale
- Confusione sulle 'forme' di energie (elastica, sonora, chimica)





**ORDINIAMO LE IDEE
SULL'ENERGIA**

COSA SI INTENDE PER ENERGIA?

- Quando si parla di Energia ci si focalizza sui “processi”, invece che sulle “cause”, come invece si fa quando si parla di “Forze”
- Si osserva come spesso l’uso del termine “forza” sia confuso con quello di “energia”. Negli esempi mostrati si fa spesso riferimento alla “forza muscolare” confusa con l’energia chimica che i muscoli utilizzano
- Nel linguaggio comune:
 - è implicito il significato di *processo*, anche se spesso l’idea che l’Energia non vari non e’ un concetto utile (“Ho tante energie per fare...”)
 - e’ implicito il significato di *serbatoio* (“Mi sento privo di energia, di forza; “devo mangiare di piu’...”)



COSA SI INTENDE PER ENERGIA?

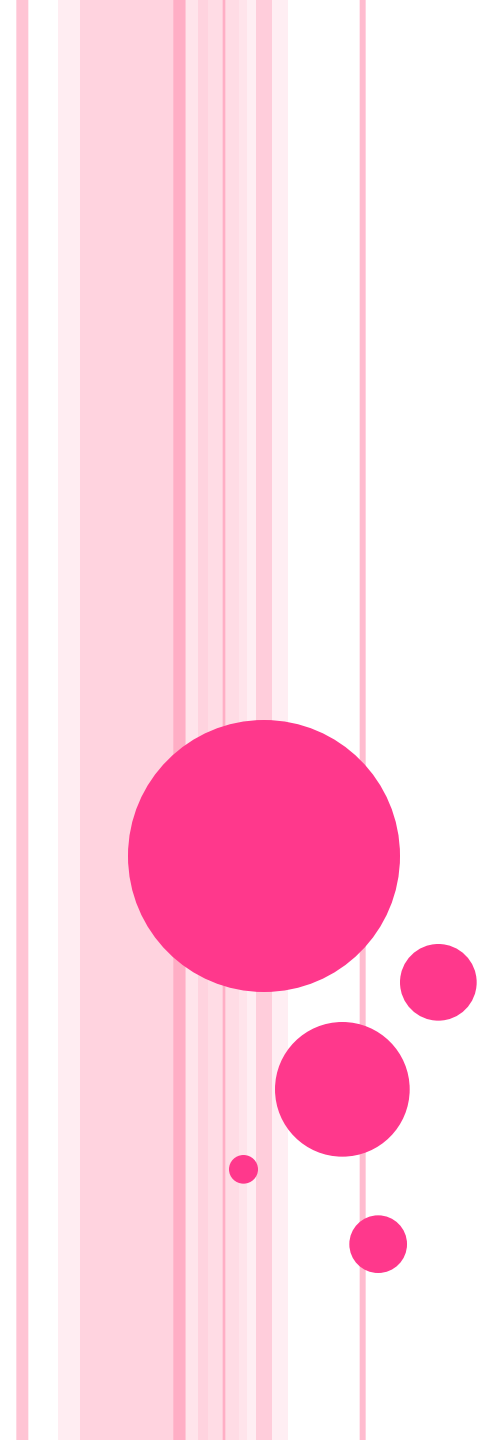
- L'Energia non si vede e non si sente, non e' una sostanza, ma e' una funzione dello stato dei corpi o dei sistemi.
- L'energia e' necessaria per far muovere gli oggetti, perchè accelerino, perchè si scaldino, perchè si illuminino, ecc ...
- Possiamo vedere gli effetti che produce quando ci sono dei cambiamenti, ma l'Energia non e' la causa dei cambiamenti (a differenza delle forze) ed il solo fatto di “avere energia” non fa avvenire un cambiamento.
- L'energia e' una funzione di stato. Lo stato di un sistema può essere definito in termini delle sue variabili cinematiche/dinamiche, magnetiche, termodinamiche etc. Avremo allora “energia meccanica, energia elettrica, etc...”
- L'Energia può essere “immagazzinata”: nei carburanti o, ancora, alzando un peso, comprimendo una molla, caricando un condensatore...



LE 4 REGOLE D'ORO DEI FISICI

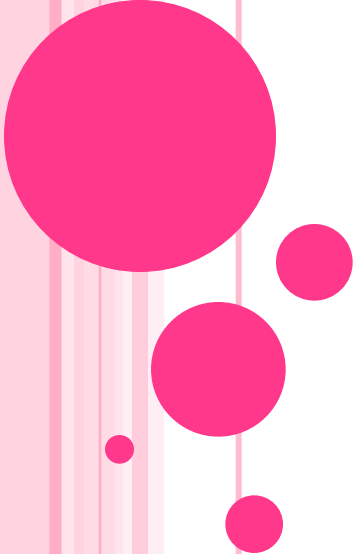
- Solo i cambiamenti in energia contano (non importa quanto ne hai tanto non lo puoi cambiare).
- Ogni cambiamento in energia è bilanciato da un altro cambiamento (Spending review!!)
- Disponibilità di energia decide cosa può accadere
- L'energia tende a disperdersi quanto più è possibile





LA SUPER REGOLA!

One can conclude that in teaching any simple and short definition of energy should be avoided; in fact, like other physical quantities, such as temperature or mass, energy is a quantity that cannot be defined by a unique sentence, it needs a progressive construction of meaning and it can be really understood only after using it in different contexts and problems (De Ambrosis & Besson, 2013)



CERCHIAMO LO STESSO DI DIRE QUALCOSA...

**APPROCCI ALTERNATIVI ALL'INSEGNAMENTO
DELL'ENERGIA**

APPROCCIO DEI “TRASFERIMENTI DI ENERGIA”

(BOOHAN, OGBORN, DRIVER & MILLAR,
PINTÒ, GUTIERREZ & COUSO)

Agli studenti si può insegnare che l'energia può essere immagazzinata e trasferita. L'Energia rimane sempre la stessa “cosa” mentre passa da un posto/oggetto/sistema ad un altro posto/oggetto/sistema. Non si dovrebbe associare l'energia con le sue “sorgenti”, ma piuttosto con i “modi” in cui viaggia. Per cui non vi sono diverse “forme” di Energia ma diversi “modi di trasferire” energia.

- L'Energia e' sempre la stessa “**cosa**”!

 *Energy is not the ‘go’ of things...the possession of energy is not what drives, explains or account for change... entropy or free energy is what decides if the change can happen (Ogborn, 1986)*



POSSIBILE CATENA CONCETTUALE SU ENERGIA (Millar, 2005)

- Discutere delle risorse di energia disponibili (cibo, ma anche altre come acqua, carbone, petrolio, idrogeno, sole) e di cui tutti i cittadini dovrebbero essere consapevoli
- Gli esempi da fare dovrebbero essere tratti dall'attualità
- Invece di enfatizzare la parola “energia” focalizzarsi su “risorsa”, “combustibile” o “carburante”
- Evitare di parlare di “uso di energia” o “consumo di energia”, perché altrimenti dopo sarà difficile convincere gli studenti che l'energia si conserva
- Si può parlare di “uso” di carburante o combustibile senza problemi
- Se si usa la parola “energia”, meglio parlare di “uso di risorsa energetica”
- Chiedere agli studenti quali sono le azioni che hanno bisogno di “carburante” e quali no
- Illustrare vari tipi di “carburante” usati nella vita di tutti i giorni:
 - la quantità necessaria in diversi momenti della vita (a casa, al lavoro, nei trasporti)
 - come tali quantità cambiano nel tempo
 - le differenze nella quantità e tipo di “carburanti” usate in differenti regioni del mondo e le conseguenze di tutto ciò



POSSIBILE CATENA CONCETTUALE SU ENERGIA

(Millar, 2005)

- Specificare che alcuni “carburanti” sono secondari, altri primari: l’elettricità è secondario, l’acqua o il carbone sono primari
- Sensibilizzare gli studenti all’uso indiscriminato di fonti di carburanti primari
- Discutere le fonti di energia rinnovabili: sole, vento, ecc..
- Focalizzarsi ad esempio sul cibo e sulla quantità segnata sulle scatole di alimenti (in J.). È un buon punto di partenza per introdurre la misura dell’energia
- Focalizzarsi sugli elettrodomestici: alcuni (asciugacapelli) usano “carburante” più rapidamente di altri (lampadina)
- Parlare di “efficienza”: - ci vuole più “carburante” per mantenere calda una quantità d’acqua in un ambiente aperto; - un riscaldatore efficiente non spreca “carburante” a riscaldare l’aria intorno la tazza; - lampade “a basso consumo” sono più efficaci perché illuminano quanto quelle “tradizionali” ma non riscaldandosi
- Attenzione: si sta trattando l’energia come una sostanza “quasi” materiale che sta in un posto e quindi, dopo un po’ di tempo, in un altro. Non è sbagliato, ma occorre essere consapevoli che è un modello



POSSIBILE CATENA CONCETTUALE SU ENERGIA

(Millar, 2005)

- Far pensare gli studenti ai processi ed eventi in termini di energia che può essere trasferita da un oggetto/sistema ad un altro
- Chiedere agli studenti chi ha meno energia alla fine e chi invece ne ha di più
- Evitare gli stadi intermedi e focalizzarsi su dove l'energia era all'inizio e dove è alla fine
- Focalizzarsi sui serbatoi di energia:
 - qualcosa che implica reazioni chimiche ha energia
 - qualcosa che è caldo ha energia
 - qualcosa che si muove ha energia
 - qualcosa che è tirato ha energia
 - qualcosa che è rimosso da una situazione di equilibrio ha energia



POSSIBILE CATENA CONCETTUALE SU ENERGIA

(Millar, 2005)

- Focalizzare l'attenzione degli studenti sul fatto che il serbatoio finale dell'energia in molti processi è l'ambiente, che diventa un po' più caldo
- Far notare che spesso l'energia inizialmente è in un solo serbatoio, quindi finisce in più serbatoi, dei quali uno o più diventano più caldi
- Discutere esempi come quelli della pila e della lampadina: piuttosto di dire che la luce è il serbatoio di energia finale, è meglio dire che gli oggetti che emettono/assorbono luce sono i serbatoi finali dell'energia



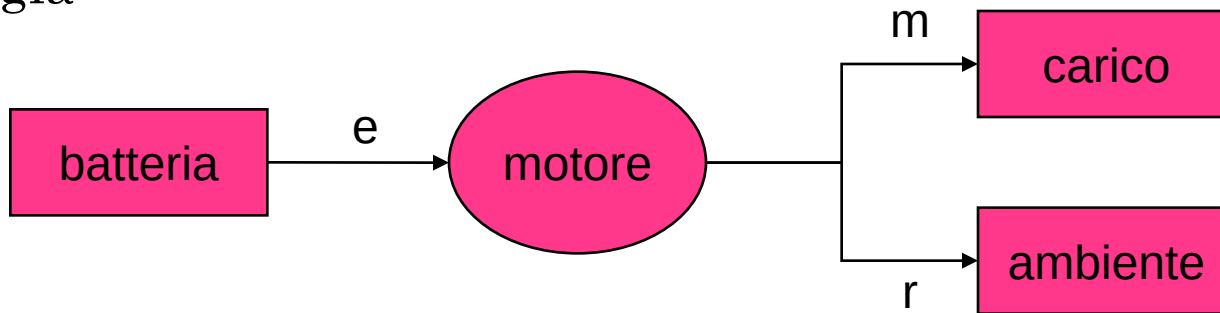
POSSIBILE CATENA CONCETTUALE SU ENERGIA (Millar, 2005)

- Identificare differenti modi in cui l'energia può passare da un serbatoio all'altro:
 - meccanicamente;
 - elettricamente;
 - riscaldamento;
 - radiazione elettromagnetica
- Discutere la conservazione dell'energia e risolvere l'apparente contraddizione legata alla domanda: perché risparmiare energia?
- Introdurre l'idea di dissipazione dell'energia allo stesso momento della conservazione dell'energia: anche se la quantità totale di energia è sempre la stessa dopo un processo, alla fine di questo è dispersa, meno utile per produrre cambiamenti nel futuro. Sono i serbatoi di energia concentrata (fossili, carbonio, acqua) che sono importanti e devono essere conservati!

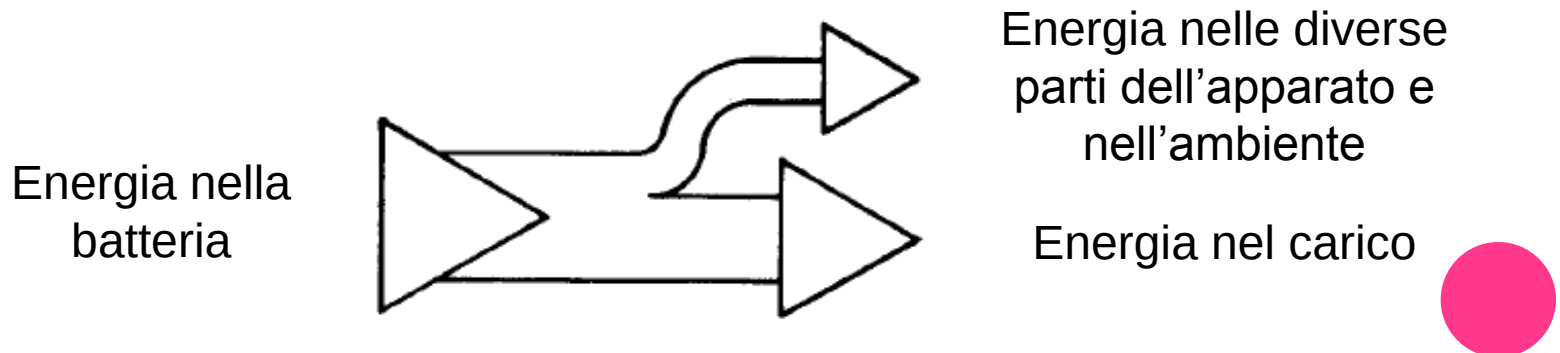
POSSIBILE CATENA CONCETTUALE SU ENERGIA

(Millar, 2005)

- Far rappresentare graficamente agli studenti i processi in termini di energia



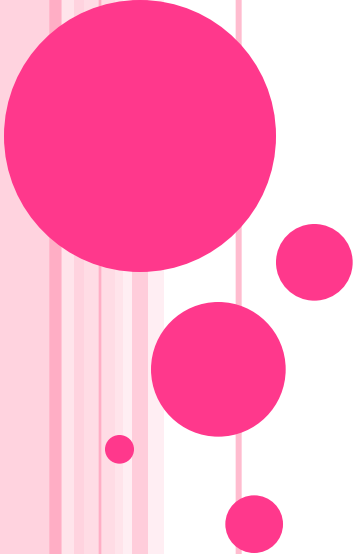
- I rettangoli rappresentano i serbatoi di energia iniziali e finali
- L'ovale rappresenta un dispositivo che cambia il modo in cui l'energia si trasferisce



VANTAGGI DELLE RAPPRESENTAZIONI GRAFICHE

- Mostrare come l'energia si trasferisce durante il processo
- Mostrare le differenti quantità di energia distribuite durante il processo
- Trasmettere iconicamente la conservazione dell'energia
- Chiedere agli studenti di schematizzare diversi processi usando una delle rappresentazioni discusse





COLLEGAMENTO DINAMICA - TERMODINAMICA

**Teorema delle Forze Vive vs. Primo Principio
della Termodinamica**

IL LAVORO

- In Dinamica è legato alle Forze ($dL = Fds$)
- In Termodinamica si definisce il Lavoro attraverso le variabili termodinamiche P, V, T.
- Come conciliare le due impostazioni?

Esaminiamo delle situazioni in cui si capisce che il lavoro di cui si parla in meccanica non e' propriamente quello di cui si parla nel primo principio

ESERCIZIO 1

Spingiamo con una forza F costante lungo un piano orizzontale una scatola a velocità costante (in presenza di attrito dinamico). Come risponderesti ad un allievo che ti chiedesse: “Come faccio a capire che i corpi a contatto aumentano la loro temperatura?”

$$L_{\text{tot}} = \int F - f_{\text{att}} \, ds = F - f_{\text{att}} \, \Delta x_{\text{CM}} = 0$$

no variazione di energia cinetica ($v = \text{costante}$)

$Q = 0$ perché non vi sono scambi di calore $\longrightarrow \Delta U = 0$

Ma quando c'è attrito fra due superfici a contatto si produce riscaldamento. Ci aspettiamo che la scatola si riscaldi e dovrebbe anche variare un poco la sua energia interna. Questa variazione di energia interna non è prevista dal teorema delle forze vive!

... PROVIAMO A MISCHIARE TEOREMA DELLE FORZE VIVE CON PRIMO PRINCIPIO

$$L_{tot} = \int F - f_{att} \, ds = F - f_{att} \, \Delta x_{CM} = 0$$

no variazione di energia cinetica ($v = \text{costante}$)

$$Q = 0 \text{ (no scambi di calore)} \longrightarrow \Delta U = 0$$

Ma quando c'è attrito fra due superfici a contatto si produce riscaldamento. Ci aspettiamo che la scatola si riscaldi e dovrebbe anche variare un poco la sua energia interna. Questa variazione di energia interna non è prevista dal teorema delle forze vive!

QUANDO VALE IL TEOREMA DELLE FORZE VIVE?

Per un punto materiale si ha il teorema delle forze vive

$$L_{tot} = \int \overrightarrow{F_{tot}} d\vec{s} = \int m \frac{d\vec{v}}{dt} d\vec{s} = \int m \vec{v} d\vec{v} = \frac{1}{2} m v_f^2 - v_i^2 = \Delta E_c$$

Per un corpo esteso o un sistema di punti materiali il teorema delle forze vive si riferisce al centro di massa: $L_{tot} = \Delta E_{cCM}$

Per corpi estesi che hanno dei gradi di libertà interni o oggetti che subiscono delle deformazioni, questo non vale.

Esempi in tal senso sono situazioni molto comuni quale: camminare, correre, saltare, spingere una scatola su un pavimento in presenza di attrito, le collisioni elastiche e inelastiche, ecc...

Nel Primo Principio il lavoro è trasferito al sistema attraverso il suo bordo; quindi la formulazione meccanica che abbiamo visto sopra non può essere presa in considerazione.

CON IL PRIMO PRINCIPIO?

- Il teorema delle forze vive è corretto per corpi puntiformi (o per il CM del corpo), senza attrito e senza gradi di libertà interni.
- Il primo principio si dovrebbe scrivere:

$$\Delta U = \Delta E_{cin} + \Delta E_{pot} + \Delta E_{chim} + \dots = Q - L_{tot}$$

$\Delta E_{cin} + \Delta E_{pot} + \Delta E_{chim} + \dots$ energia che si accumula (immagazzinata) o si perde NEL sistema associata a materia

$Q - L_{tot}$

energia “in transito” fra l’ambiente e il sistema, cioè energia che entra nel sistema ed energia che esce dal sistema. NON E’ ASSOCIATA A TRASFERIMENTO DI MATERIA. Il transito avviene attraverso la superficie di contorno del sistema in oggetto

NEL CASO DELLA SCATOLA

- Abbiamo visto che il punto di vista meccanico riduce la dimensione di un sistema allo studio di un punto e non permette di spiegare le variazioni di energia interna di sistemi estesi
- Agli scopi del problema, può essere più utile considerare il sistema terra + scatola perché l'attrito “unisce” la terra e la scatola facendolo diventare un sistema unico

$$L_{tot} = \int F ds = F \Delta x_{CM}$$

$$Q = 0$$

$$\Delta U = -F \Delta x_{CM}$$

- Nella variazione dell'energia interna rientra la variazione di temperatura delle superfici a contatto, interne al sistema. Vediamo quindi con un altro esempio da cosa può dipendere la variazione di energia intera

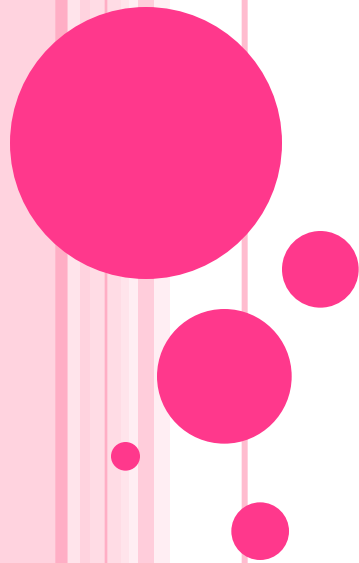
ESERCIZIO 2

Considera la seguente situazione: un ragazzo fa un salto verticale e, nel fare questo, alza il suo baricentro di Δh_{CM} .

Come risponderesti ad un allievo che ti chiedesse:

“Da dove proviene l’energia che il ragazzo usa per saltare”?

Fai una analisi utilizzando sia il teorema delle forze vive che il primo principio



DESCRIZIONE MECCANICA

- Sul ragazzo agisce la forza peso mg . La velocità iniziale è fornita dall'interazione impulsiva con la Terra
- In questo caso $-mg\Delta h_{CM}$ è il lavoro fatto “contro” la forza peso se il sistema considerato è il ragazzo
- In questo modo non si legge da dove proviene l'energia che il ragazzo usa per saltare e che ci aspettiamo sia *energia chimica muscolare*.

$$-mg\Delta h_{CM} = \frac{1}{2}mv_{CMf}^2 - \frac{1}{2}mv_{CMi}^2$$

DESCRIZIONE TERMODINAMICA

- Consideriamo il sistema ragazzo + terra.
- $L = 0$ (non vi è risultante di forze esterne sul sistema). Vi può però essere un piccolo trasferimento di calore dal sistema all'aria (trasferimento di calore in uscita dal sistema è negativo)
- Il Primo Principio ci dice quindi, trascurando il moto relativo rispetto al centro di massa e la variazione di energia termica (il ragazzo non aumenta la sua temperatura corporea):

$$\Delta U = \Delta E_{cin} + \Delta E_{pot} + \Delta E_{chim} = -Q - 0$$

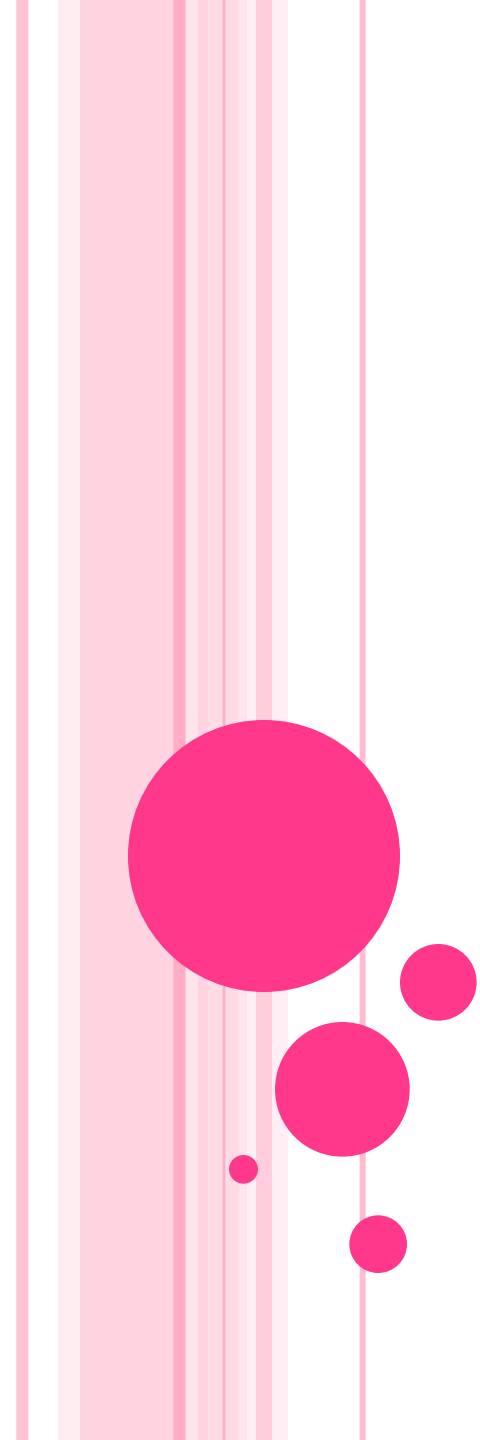
$$\Delta E_{cin} = \frac{1}{2}mv_{CMf}^2; \Delta E_{pot} = -mg\Delta h_{CM}; Q \cong 0$$

$$\frac{1}{2}mv_{CMf}^2 - mg\Delta h_{CM} + \Delta E_{chim} \cong 0; \Delta E_{chim} \cong -\left(\frac{1}{2}mv_{CMf}^2 - mg\Delta h_{CM}\right)$$

$$\frac{1}{2}mv_{CMi}^2 = \frac{1}{2}mv_{CMf}^2 - mg\Delta h_{CM}$$

$$\Delta E_{chim} \cong -\frac{1}{2}mv_{CMi}^2$$

la possibilità che ha il ragazzo di saltare verso l'alto, acquistando energia cinetica e potenziale è dovuta alla diminuzione di energia chimica (muscolare).



E ORA.. QUALCOSA DI VERAMENTE ALTERNATIVO...

La fisica “carbonara”

APPROCCIO DI KARLSRUHER

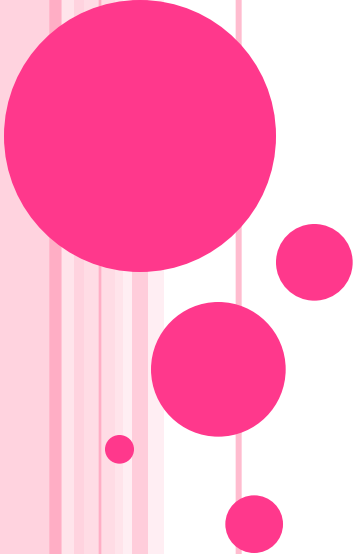
- Sappiamo che:
 - Per muovere qualcosa ci vuole energia (carburanti)
 - Per riscaldare ci vuole energia (combustibile)
- Chiamiamo portatori di energia quei carburanti o combustibili grazie ai quali l'energia arriva al motore, alla stufa
- Legno, carbone, benzina, gasolio, elettricità sono Portatori di Energia
- NON c'è energia senza portatore
- L'energia viene letteralmente portata dalla sostanza, dalla carica elettrica



APPROCCIO DI KARLSRUHER

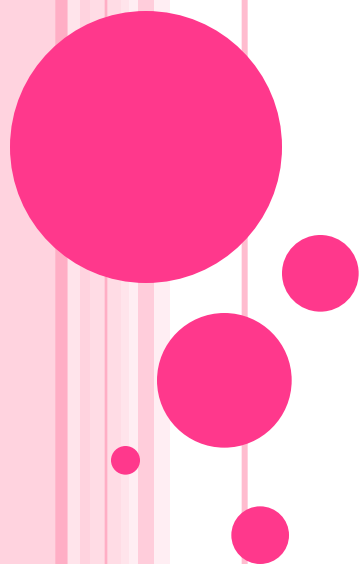
- Ad un flusso del portatore è collegato un flusso di energia
 - L'energia fluisce con la **carica** in un elettrodomestico
 - L'energia fluisce con la **quantità di moto** attraverso una fune che tira una macchina
 - L'energia fluisce con l'**entropia** attraversò le pareti di un recipiente o di una casa
- Il portatore può essere “caricato” con molta o poca energia mediante un “fattore di carico”
 - velocità, potenziale elettrico, temperatura...
- Durante un processo, l'energia può cambiare portatore. Entra in un apparecchio con un portatore, viene trasferita ad un altro e lascia l'apparecchio con un secondo portatore





DOMANDA FINALE:

**In Fisica esiste un'area di contenuto in cui
“stranamente” per parlare di energia si parla di
flusso.... Quale? E Perché?**



FINE IV PARTE