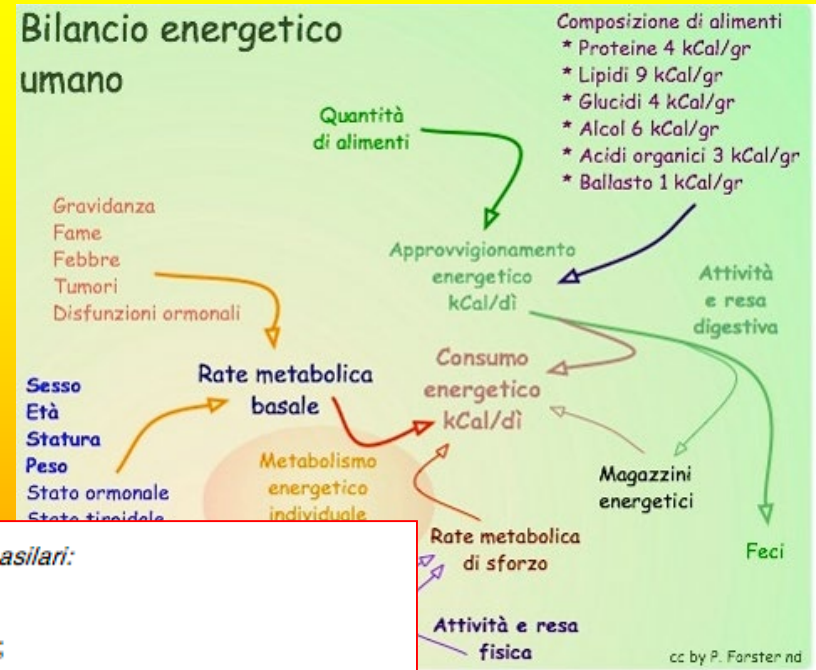


***Si fa presto a
dire:
“Energia” ...***

**Uno sguardo su un concetto più
complicato di quel che sembra**

Calorie...

- E' noto che il fabbisogno energetico del nostro corpo è circa 2000 kcal/d



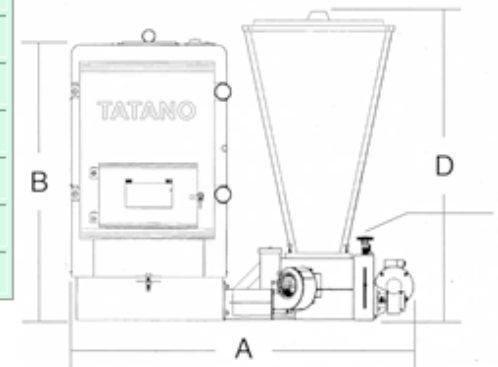
- **Donna** statura 1.76, 80 kg, 60 anni, casalinga, dorme ca. 8 ore; calcoli basilari:
 - Fabbisogno basilare ca. 1'480 kcal/dì;
 - Fabbisogno di movimento ca. 85 kcal/ora * 16 ore ca. = 1'360 kcal/dì;
 - Totale fabbisogno giornaliero ca. 2'800 kcal.
- **Uomo** statura 1.76, 80 kg, 60 anni, lavoro sedentario in locale climatizzato, dorme 8 ore; calcoli basilari:
 - Fabbisogno basilare ca. 1'650 kcal/dì;
 - Fabbisogno di movimento ca. 65 kcal/ora * 16 ore ca. = 1'000 kcal/dì;
 - Totale fabbisogno energetico giornaliero ca. 2'700 kcal.

Calorie...

- E' anche noto che le stufe forniscono "calorie".

POTENZE

20.000 Kcal/h	40.000 Kcal/h
60.000 Kcal/h	80.000 Kcal/h
100.000 Kcal/h	130.000 Kcal/h
180.000 Kcal/h	230.000 Kcal/h
300.000 Kcal/h	400.000 Kcal/h
500.000 Kcal/h	800.000 Kcal/h
1.000.000 Kcal/h	1.200.000 Kcal/h



Calorie...

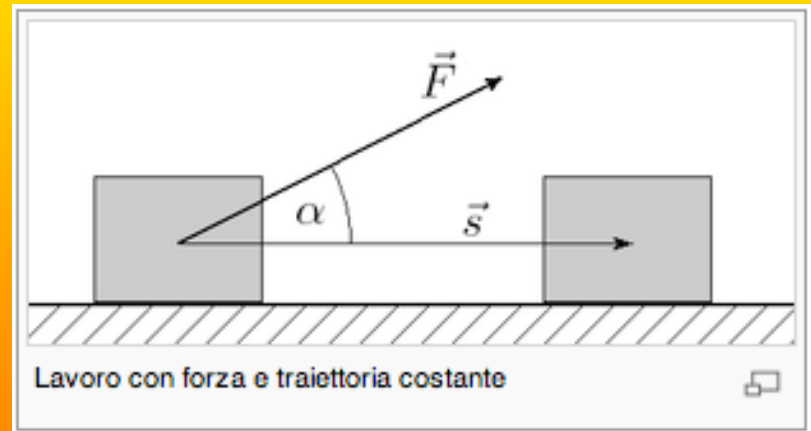
- Com'è che non ci possiamo nutrire al calore di un fuoco?
- Rispondere non è così facile.
- Ma è molto importante.



Lavoro

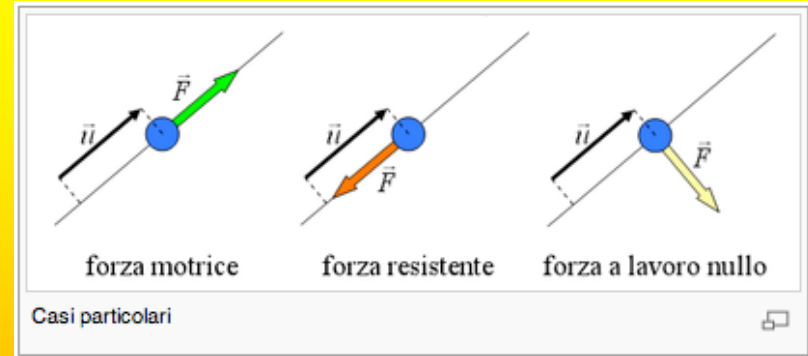
- Intanto cos'è l'energia?
- E' "capacità di compiere lavoro".
- E il "lavoro"?
- E' una misura del "mutamento" di un sistema per l'applicazione di una forza.

$$L = \vec{F} \cdot \vec{s} = |\vec{F}| |\vec{s}| \cos \alpha$$



Lavoro

- Il lavoro può essere positivo o negativo.
- Ogni tanto sparisce.
- Ogni tanto no, pare accumularsi...



Lavoro

- Tutte le costruzioni umane sono caratterizzate dal fatto che per farle, occorre compiere lavoro.
- E spesso, non ne serve mica poco...



$$\rho g \left(\frac{1}{3} L^2 h \right) \left(\frac{1}{4} h \right) = 2.5 \times 10^{12} \text{ J}$$

Energia cinetica

- Molti sistemi hanno capacità di compiere lavoro.
- Alcuni per il loro stato di moto.

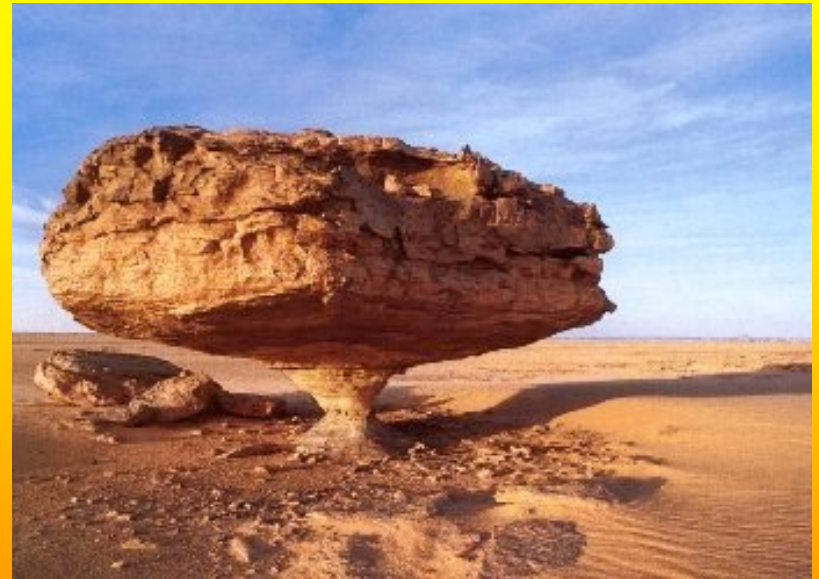
$$E_c = \frac{1}{2}mv^2$$



Energia potenziale

- Altri per la loro posizione.

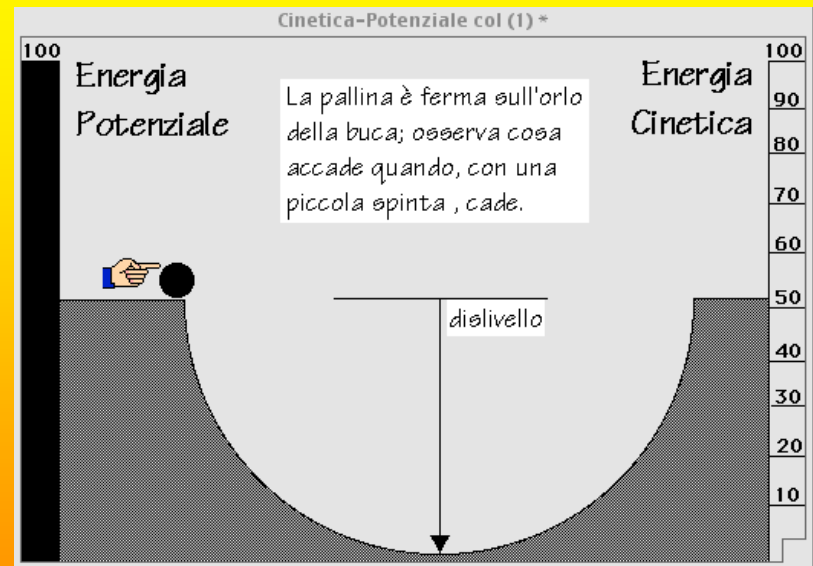
$$E_p = mgh$$



$$-\nabla E_p = \vec{F}$$

Energia potenziale

- Questi ultimi sono associati ai casi in cui il lavoro compiuto per mettere il sistema in quella configurazione non è sparito, ma c'è rimasto archiviato dentro.



Instabilità

- La regola generale è che i sistemi complicati, gli edifici, sono instabili.
- Sono “artificiali”.
- E se no, sono strani, magnifici, perché sono improbabili.
- Diventano gioielli...



Instabilità

- Va riconosciuto che a volte sono *davvero* improbabili...



Instabilità

- La tendenza naturale delle cose complesse è quella a disfarsi.
- Ad occupare uno spazio maggiore.
- Ad occupare stati più probabili.



Calore?

- E il calore?
- Non c'entra nulla.
- E' un fluido che scalda.
- ***O no?..***
- Certo, sino a fine '700 si era convinti di no.
- Con ottimi argomenti.
- Una cosa era l'energia, un'altra il calore.
- Anzi, il ***calorico***.



Calore?

- Poi si è scoperto che non è così.
- Il calorico non esiste.
- Neppure il “calore”.
- Esiste l'energia in forma termica.
- Molto, molto compressa.
- Per questo è stato così difficile accorgersene.



$$\Delta T = 0.00234 \text{ } ^\circ\text{C al metro}$$

Lavoro ed energia termica

- Ma c'è un'asimmetria fondamentale nella “equivalenza calore-lavoro”.
- Trasformare il lavoro in energia termica è facilissimo, e può essere fatto in modo completo.
- L'opposto no, è difficile e comunque dà risultati molto parziali.
- L'energia termica quindi non è solo molto compressa: è proprio molto lontana da noi...

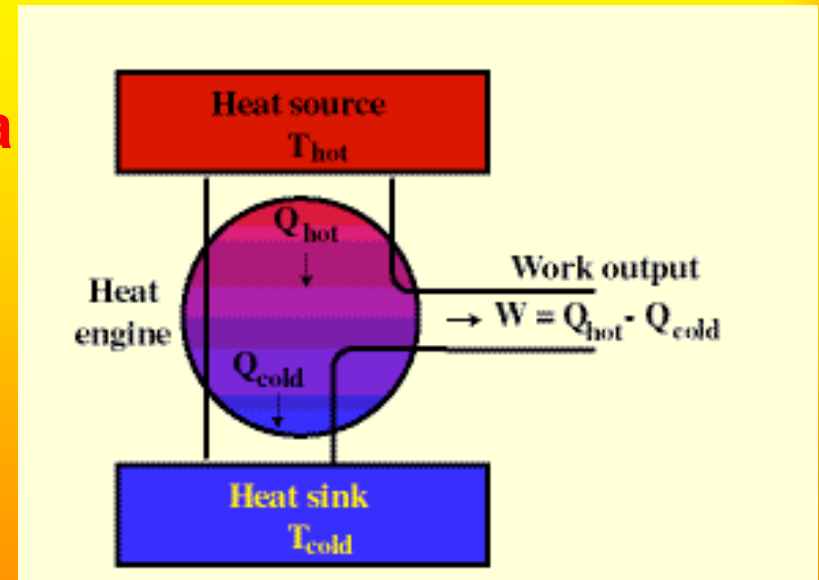
Lavoro ed energia termica

- La differenza principale della trasformazione è che il primo processo avviene spontaneamente.
- Con calma, forse, ma avviene **SEMPRE**.
- Sicuro come, appunto, la Morte.
- Il secondo no, ci vuole una struttura esterna che lo fa.
- Ma allora è come rimettere insieme dei cocci...



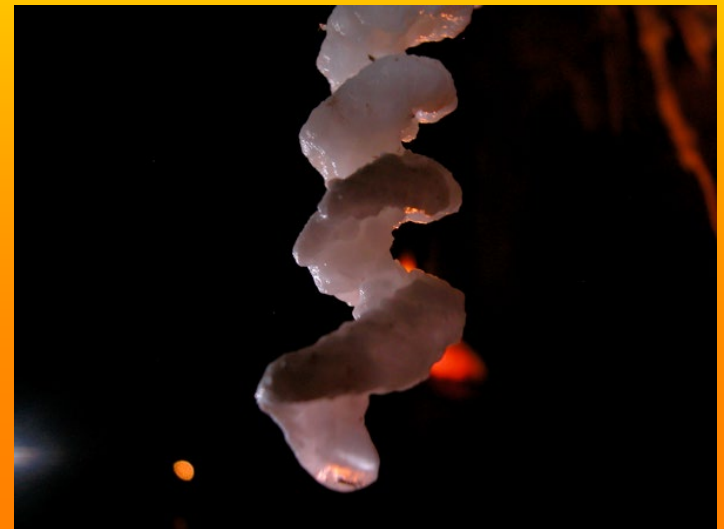
Motori termici

- La tecnica generale per estrarre lavoro dall'energia termica è questa:
- **Si fa fluire energia termica lungo una “direzione” precisa e si intercetta un po' dell'ordine che essa acquista passando, per creare del lavoro.**
- Come incanalarla?
Facendola fluire da alte a basse temperature.



Motori termici

- Nel flusso una piccola parte diviene energia ordinata, “lavoro”, al costo della degenerazione di tutto il resto.
- Come siano fatti questi “motori” in realtà non importa.
- Cambia solo la loro velocità.
- La loro efficienza è comunque bassa.
- Per questo i loro risultati sono sempre preziosi.



Entropia

- L'energia è indistruttibile e ogni Joule che scende da alta a bassa temperatura verrà conservato.
- Ma da ora in poi sarà più difficile incanalarlo.
- Ogni raffreddamento rende meno accessibile l'energia.
- La variazione di entropia in un processo di "raffreddamento" di energia termica, misura quanto lavoro (energia ordinata) potevamo estrarne.
- Se non ne abbiamo approfittato, peggio per noi.
- Abbiamo perso l'occasione per mangiare, in compenso ci siamo un po' scaldati. Finché ci basta...

Entropia

- Ad alte temperature l'energia è a bassa entropia.
- Alle basse, è ad alta entropia.
- La caratteristica fondamentale della Realtà è che le sue trasformazioni spontanee sono quelle che fanno aumentare l'Entropia.
- Quindi il calore fluisce da corpi caldi a quelli freddi.
- Il lavoro viene degradato.
- I gas si espandono.
- Gli oggetti cadono.
- Noi moriamo.

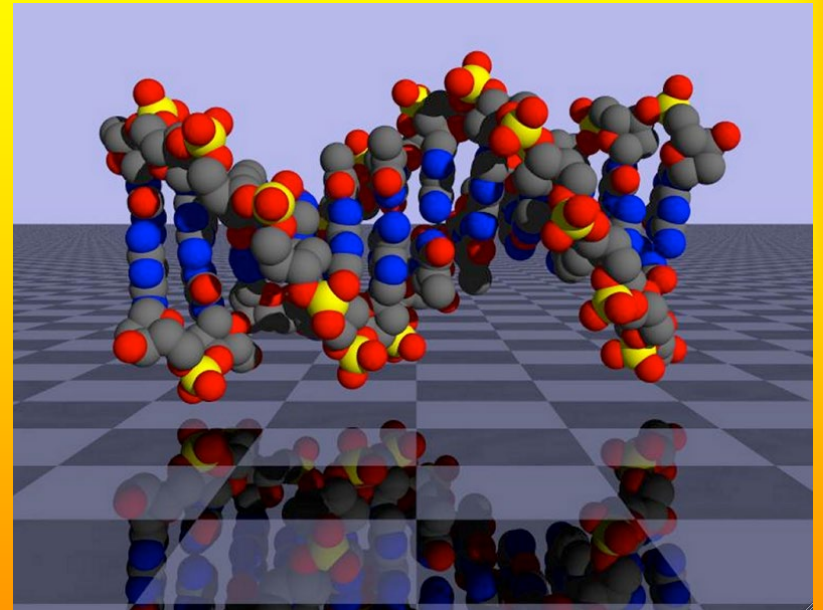
$$\Delta S = \frac{\Delta Q_{rev}}{T}$$

Entropia

- Von Neumann a Shannon sulla misura dell'incertezza:
- *You should call it “entropy” since no one knows what entropy really is, so in a debate you will always have the advantage.*

Complessità

- Non esiste crisi energetica, perché l'energia è indistruttibile.
- Esiste crisi dell'energia a bassa entropia.
- L'energia potenzialmente costruttiva.
- L'energia della complessità.
- Quella che ci tiene in vita.



Le fonti della complessità

- Ma da dove arriva quella che abbiamo intorno a noi?
- Rispondere non è così facile.
- In certi processi naturali di “raffreddamento” parte dell’ordine iniziale viene conservato e messo via.



Le fonti della complessità

- “Raffreddamento” è anche quello che facciamo col cibo, inghiottiamo poche molecole complesse e le rilasciamo spezzettate.
- Ci siamo nutriti di **ordine**, non di calorie.
- Ma da dove arriva?
- Dalla clorofilla.
- E quella?
- Dalla fotosintesi.
- E quella?





- **Dal Sole!**

- **Non esattamente: arriva dal fluire dell'energia dalle alte temperature del Sole verso lo spazio freddo che ci circonda.**

Il Sole

- L'energia è prodotta al centro, e fluisce all'esterno.
- Edificando...

$$\Delta S = -\frac{\Delta Q}{13.6 \times 10^6} + \frac{\Delta Q}{5.8 \times 10^3}$$



$$\Delta Q_{tot} \approx 10^{44} \text{ J}$$

Il Sole

- Al balzo successivo l'onda si infrange sulla Terra, in questa stanza formata da un'ostruzione che chiamiamo "acqua" ed edifica complessità...

$$\Delta S = -\frac{\Delta Q}{5.8 \times 10^3} + \frac{\Delta Q}{288}$$



Il Sole

- Ha edificato complessità anche nel passato e un po' è rimasta, fossile, come in un laghetto sospeso in montagna.
- Ora noi ci uccidiamo per impadronircene.
- Facciamo bene, è irripetibile...



Le fonti della complessità

- Ma l'unica fonte dell'energia ordinata è il Sole?
- Sassi rotolano in montagna: da dove hanno estratto il loro fluire ordinato?



Le fonti della complessità

- O da dove lo estrae una centrale nucleare?
- Un vulcano?
- Un terremoto?
- Una bomba atomica?
- Tutte le cose più tremende, eccetto gli uragani e gli uomini, da dove hanno attinto energia da far fluire?
- Dal Sole?
- No, non dal Sole.



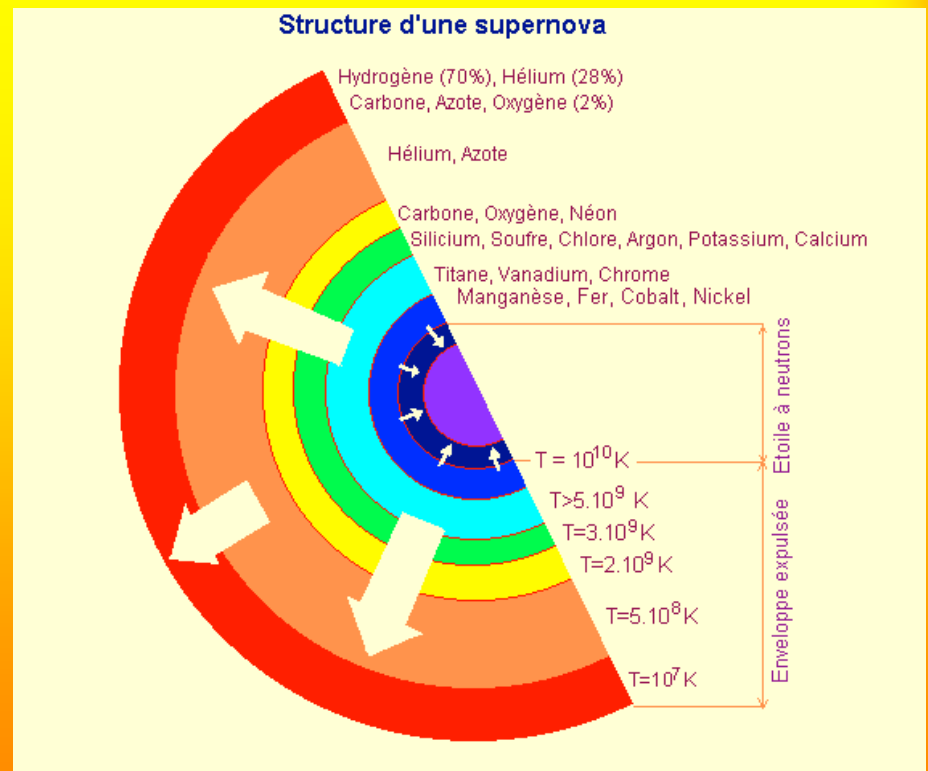


- **Dalle Supernovae!**

- **Non esattamente: l'hanno estratta dal fluire dell'energia dalle spaventose temperature del centro dell'implosione, verso lo spazio freddo.**

Le Supernovae

- L'energia della Supernova raffreddandosi, edifica.
- Costruisce di tutto, ma in particolare Supernuclei, che presto decadono, in uranio e torio.



$$\Delta S = -\frac{\Delta Q}{5 \times 10^{10}} + \frac{\Delta Q}{10^6}$$

$$\Delta Q_{tot} \approx 10^{46} \text{ J}$$

Le Supernovae

- Diventano frammenti complessi che si spargono nel freddo della galassia.
- Poi partecipano a formare pianeti.
- Ne scaldano le profondità, decadendo in piombo.
- Li arroventano.
- L'energia termica fluisce dalle profondità verso l'esterno.
- Edificando.
- Sono in noi.



Le Supernovae

- Spingono su le montagne, più rapidamente di quanto il Secondo Principio le spiani.
- L'ordine intercettato in remote Supernove ci si erge attorno.



Le Supernovae

- Intercetta aria umida che si fa neve.
- Si accumula.
- Forma ghiacciai.



Le Supernovae

- E così l'energia ordinata di remote Supernovae si mescola con quella che adesso arriva dal Sole, a formare strutture complesse.





Nessuno ci ha mai cacciati dal Paradiso Terrestre.

- **Ma ci cacceranno, è vero, se ci ostineremo a NON mangiare il frutto dell'Albero della Conoscenza.**
- **Il Paradiso continuerà senza di noi.**
- **Ma possiamo stare tranquilli, tenterà di nuovo.**
- **Non può farne a meno...**

Finiamola...

- Abbiamo bisogno di “calore”?
- Ben poco, solo per scaldarci un po’.
- Ma per vivere abbiamo bisogno della rarissima energia di alta qualità.
- Quello del fabbisogno calorico è un falso problema.
- Noi ci nutriamo di complessità.
- Bruciarla per scaldarci non ci nutre.
- Ma se rimarremo senza, ne moriremo.

