

DIFFERENZE E CAMBIAMENTO ED IL CORSO DI FISICA DI KARLSRUHE

Strutture del pensiero immaginario in fisica

Hans U. Fuchs

Department of Physics

Zurich University of Applied Sciences at Winterthur

8401 Winterthur, Switzerland

Relazione ad invito per il Convegno

Innovazione nella Didattica della Fisica di base e la fisica di Karlsruhe:

risultati e prospettive.

Università “Federico II” di Napoli, Settembre 28–30, 2006

Indice

- Parte 1 Introduzione: polarità binarie e dinamica**
- Parte 2 Energia e Cambiamento: Un esempio di un progetto curricolare britannico**
- Parte 3 La forma (gestalt) dei processi fisici**
- Parte 4 Grandezze del tipo Sostanza e d Energia nel Corso di fisica di Karlsruhe**
- Parte 5 Differenze di potenziale, energia, e processi**

Parte 1

INTRODUZIONE: POLARITÀ BINARIE E DINAMICA

La cosmologia Egiziana e Babilonese è basata su opposizioni polari. La nozione di opposizione polare è un elemento centrale del pensiero mitico. Le opposizioni polari sono l'origine della dinamica del mondo...

CREARE E MANTENERE LE DIFFERENZE



<http://www.civilization.ca/civil/egypt/images/reli28b.jpg>

Nella mitologia Egizia il mondo viene creato dal caos non differenziato attraverso un processo di differenziazione. Shu (l'aria) separa Nut (il cielo) da Geb (la Terra). Bisogna tenere su il Cielo, altrimenti cade sulla Terra.

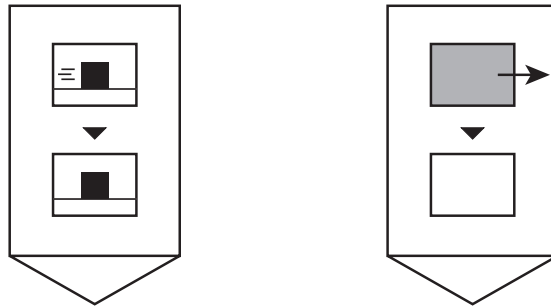
Ciò suona molto moderno. Il Sole deve fornire energia utile per mantenere le differenze di potenziale sul nostro pianeta. Queste differenze sono la causa dei processi vitali.

Parte 2

ENERGIA E CAMBIAMENTO: UN ESEMPIO DI UN PROGETTO CURRICOLARE BRITANNICO

Richard Boohan e Jon Ogborn hanno creato un curriculum che enfatizza i processi di cambiamento. Essi sottolineano che le differenze sono il motore del cambiamento, che le differenze si attenuano, e che le differenze possono creare altre differenze. Essi cominciano con le differenze di livello, di pressione, di temperatura. E poi di colpo cambiano la loro storia...

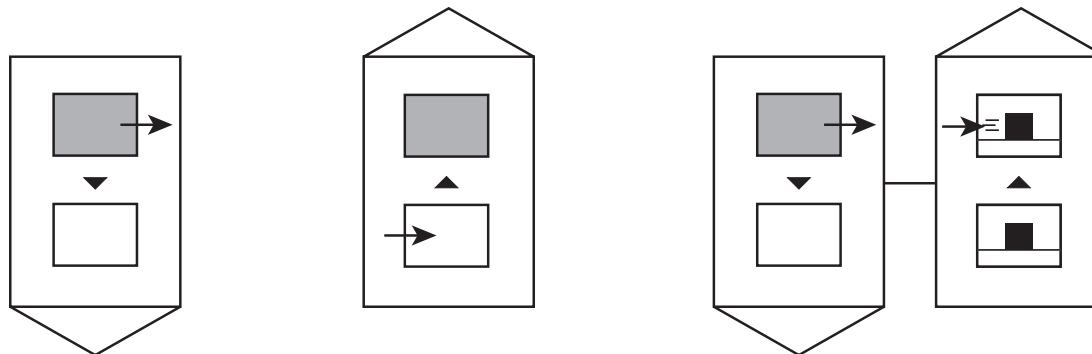
DIFFERENZE E CAMBIAMENTO



a sinistra: un corpo rallenta a causa della differenza di velocità tra il corpo ed il terreno.

a destra: un corpo si raffredda fino alla temperatura dell'ambiente circostante.

CAMBIAMENTI SPONTANEI E NON-SPONTANEI

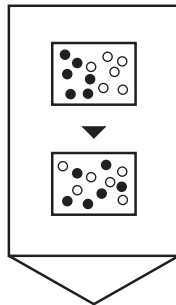
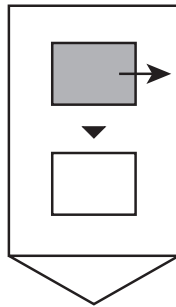


a sinistra: un corpo si raffredda spontaneamente.

in mezzo: un corpo diventa più caldo dell'ambiente circostante. Questo non può accadere spontaneamente.

a destra: un cambiamento non spontaneo è accoppiato ad uno spontaneo.

DIFFUSIONE DI MATERIA ED ENERGIA...



Boohan and Ogden cambiano la storia e passano alle differenze di concentrazione di materia ed energia:

- La Materia si diffonde a causa di differenze di concentrazione;
- L'Energia si diffonde a causa di differenze di concentrazione di energia.

Incongruenze con questo tipo di approccio

- L'Energia pura è la controparte della materia.
- L'Energia ha due aspetti le cui differenze non vengono mai spiegate: si diffonde, ed è misura e causa di ciò che accade.
- L'approccio di BO si basa sulla meccanica statistica; prima però usano esempi tratti dalla fisica macroscopica.

Parte 3

LA FORMA (GESTALT) DEI PROCESSI FISICI

La percezione umana porta all'astrazione di una forma (gestalt) strutturata di esperienze molto diverse come l'amore, il dolore, il calore oppure il movimento. Le caratteristiche di questa forma (gestalt) sono la quantità, l'intensità, ed (una terza che chiameremo) forza...

Un rovesciamento immagine sfondo di questa concettualizzazione può produrre il concetto di "movimento di piccole particelle" che spiega il meccanismo di funzionamento della natura.

LA FORMA (GESTALT) DEI CONCETTI ASTRATTI

Concetti come **amore** o **malvagità** o **pensiero** sono derivati dall'esperienza come una forma (gestalt) strutturata preconcettuale con le caratteristiche di

sostanza (quantità) / intensità (qualità) / forza o potenza

Espressioni linguistiche per evil (malvagità):

- She had no idea how strong evil could be.
- Evil burned intensely.
- Evil grew amongst us.
- Evil gained control of this group of people.
- Slowly, evil left his soul.
- Evil made him do things he would not have done otherwise.

Conseguenze della concettualizzazione

Due persone malvagie significa raddoppiare la malvagità. Più malvagità significa maggiore intensità. Più malvagità significa che essa è più potente. Con maggiore intensità la malvagità aumenta il suo potere.

Prove evidenti per la Forma (Gestalt) dei processi Fisici 1

Si chiede alle persone se sono d'accordo o meno su certe espressioni

- La temperatura è alta
- Oggi il calore è alto
- C'è molto calore in questa stanza
- C'è molta temperatura in questa stanza
- Il calore aziona il motore
- La temperatura aziona il motore

Tabella 1: Accordo con le classi di espressione^a

	come sostanza	come livello	come causa
calore	0.67 (1)	0.14 (0)	0.77 (1)
temperatura	0.09 (0)	0.83 (1)	0.09 (0)

a. Agreement (1) or disagreement (0) with expressions using heat and temperature. Expected results in parentheses. Results of a questionnaire given to journalism students in Summer of 2004.

Prove evidenti per la Forma (Gestalt) dei processi Fisici 2

Il concetto di calore nell'Accademia del Cimento

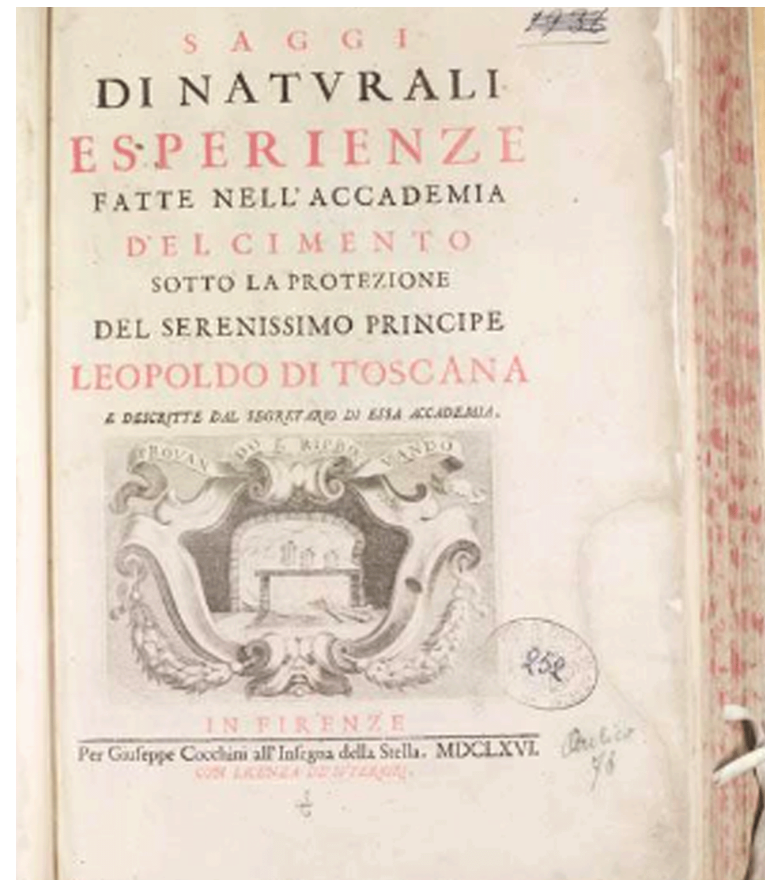
Il concetto di calore dei membri della Accademia del Cimento: Saggi di naturali esperienze... (1667)

M. Wiser and S. Carey (1983): When Heat and Temperature were one.

“Il concetto di calore degli “Sperimenta-tori” aveva tre aspetti: **sostanza** (particelle), **qualità** (ardore), e **forza**.”

Una forma (gestalt) debolmente differenziata

Sembra che gli Sperimentatori non distinguessero veramente tra questi aspetti della forma (gestalt) del calore.

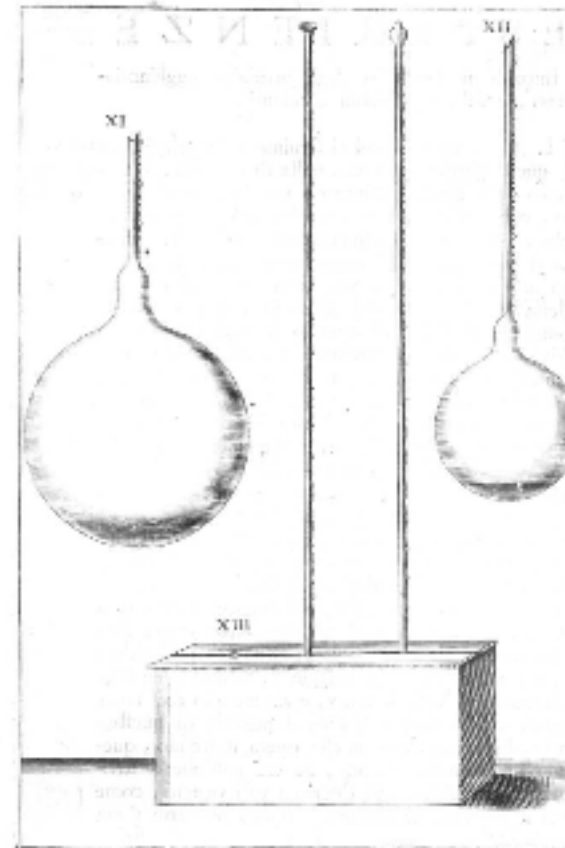


Il concetto di calore nella Accademia del Cimento

Il concetto di calore dei membri della Accademia del Cimento: Saggi di naturali esperienze... (1667)

La descrizione fenomeni termici degli Sperimentatori dimostra chiaramente l'aspetto corrispondente alla causalità diretta: i corpi caldi o freddi sono le sorgenti del caldo o del freddo. Caldo e freddo vengono emessi dalle sorgenti ed hanno effetto su altri corpi. Gli Sperimentatori erano interessati nella "forza" o "potenza" del caldo e del freddo.

See M. Wiser and S. Carey (1983)



LA FORMA (GESTALT) DEI PROCESSI FISICI

La percezione umana di fenomeni come i fluidi, l'elettricità, il calore, il movimento

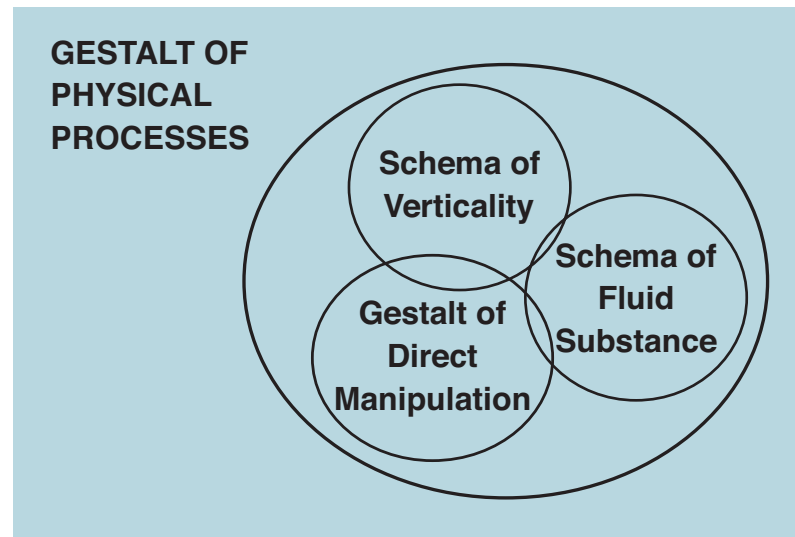
Il concetto di “calore”, per esempio, viene astratto attraverso la percezione dalla somma complessiva delle esperienze termiche come una forma (**gestalt**): una entità che è più della somma delle sue parti. Mentre non differenziamo la forma (gestalt) di un fenomeno collettivo (come l'elettricità o il calore) in modo conscio, però notiamo alcuni **aspetti**. Gli aspetti più importanti di cui parlano gli umani a proposito di questa forma (**gestalt**) sono

Tabella 2: La forma (gestalt) dei fenomeni fisici collettivi

ASPETTI DELLA GESTALT	STRUTTURA METAFORICA
Intensità (qualità)	Polarità Binaria (come chiaro-scuro, caldo-freddo, alto-basso, veloce-lento, forte-debole). I concetti sono strutturati metaforicamente nello schema immagine della verticalità (intensità come livello).
Quantità (sostanza)	Concetti del tipo Sostanza sono strutturati metaforicamente nello schema immagine di sostanze fluide.
Forza o potenza	Causazione prototipica della gestalt della manipolazione diretta.

FORMA (GESTALT) COME TUTTO STRUTTURATO E PRECONCETTUALE

- La forma (gestalt) è strutturata, ha aspetti o elementi.
- La forma (gestalt) è preconconcettuale. I concetti sono generati dalla applicazione e dalla proiezione metaforica di schemi immagine agli aspetti della forma (gestalt). Forma e struttura sono presentate in questo modo alla nostra esperienza e comprensione (M. Johnson, 1987, p.75).
- Non si possono togliere aspetti senza distruggere la forma (gestalt).



GLI SCHEMI IMMAGINE SONO FORME (GESTALTS)

(M. Johnson, 1987; W. Croft and D. A. Cruse, 2004; V. Evans and M. Green, 2006)

POLARITÀ BINARIE	chiaro-scuro, caldo-freddo, alto-basso, veloce-lento, forte-debole, maschio-femmina, buono cattivo, giusto ingiusto ...
SPAZIO	Polarità binarie: su-giù-down, davanti-dietro, sinistra-destra, vicino-lontano, centro-periferia. Altri: contatto, traiettoria
PROCESSO	processo, stato, ciclo
CONTENITORE	contenimento, dentro-fuori, superficie, pieno-vuoto, contenuto
FORZA / CAUSAZIONE	bilancio, contrappeso, costrizione, freno, avvio, blocco, deviazione, attrazione
UNITÀ / MOLTEPLICITÀ	fondersi, raccogliere, suddividere, iterare, parte-tutto, misurare una quantità, collegare
IDENTITÀ	confrontare, sovrapporre
ESISTENZA	rimozione, spazio limitato, oggetto, sostanza, sostanza fluida

CAUSAZIONE PROTOTIPICA: LA FORMA (GESTALT) DELLA MANIPOLAZIONE DIRETTA

La forma (gestalt) della manipolazione diretta

Lakoff (1987, p. 54), Lakoff and Johnson (1980, p. 70)

Aspetti della forma (gestalt)

1. C'è un **agente** che fa qualcosa.
2. C'è un **paziente** che subisce un cambiamento ad un nuovo stato.
3. Le proprietà 1 e 2 costituiscono un singolo evento: esse si sovrappongono nello spazio e nel tempo; l'agente viene a contatto con il paziente.
4. Parte di ciò che l'agente fa (movimenti od ordini) precede il cambiamento nel paziente.
5. L'agente è la **sorgente di energia**; il paziente è la **destinazione dell'energia**; c'è un **trasferimento di energia dall'agente al paziente**.
6. ...

LA FORMA (GESTALT) DEI PROCESSI FISICI È SOLO DEBOLMENTE DIFFERENZIATA

- Questa semplice descrizione non deve indurci a pensare che la fisica sia semplice. Gli aspetti della forma (gestalt) qui sottolineati in genere non sono differenziati a livello conscio. A livello preconcio essi sono così fortemente intrecciati che una differenziazione cosciente richiede qualche sforzo.
- Quantità ed intensità (livello) sono metaforicamente legate (PIÙ È SU) (MORE IS UP)
- La forza (potenza) della forma (gestalt) è intimamente collegata all' intensità. Non differenziamo facilmente tra intensità , forza, vigore...

Ciononostante, c'è qualche speranza...

- Se ci rendiamo conto dell'esistenza di questa struttura del pensiero umano, ci può venire in mente di usarlo fin dall'inizio in didattica. Possiamo utilizzare al meglio la capacità di pensiero mitico che è molto sviluppata nei bambini piccoli (K. Egan, 1988, 1997).

IL ROVESCIAMENTO FIGURA-SFONDO NELLE METAFORE DUALI PUÒ ESSERE ALL'ORIGINE DELLA METAFORA MECCANICA STATISTICA PER I PROCESSI FISICI



Il Rovesciamento Figura-Sfondo nelle metafore duali

Molti concetti hanno almeno una struttura metaforica spaziale ed una del tipo Sostanza che sono collegate da un Rovesciamento Figura-Sfondo.

Strutture Metaforiche Duali 1

Concettualizzazione metaforica della mente

(G. Lakoff and M. Johnson: *Philosophy in the Flesh*, Chapter 12)

Metafore	Espressioni Metaforiche Linguistiche
PENSARE È MANIPOLARE OGGETTI THE MIND IS A BODY THINKING IS OBJECT MANIPULATION IDEAS ARE MANIPULABLE OBJECTS COMMUNICATING IS SENDING UNDERSTANDING IS GRASPING	Combine these ideas... Students are cramming their heads full of ideas This is going right over my head He carefully crafted this idea Teachers put ideas into students heads Did you grasp this? MIND/PERSON = GROUND, IDEAS = FIGURE
PENSARE È MOVIMENTO THE MIND IS A BODY THINKING IS MOVING IDEAS ARE LOCATIONS REASON IS A FORCE	My mind wandered for a moment How did you reach that conclusion? We have arrived at a crucial point in our argument Where are you in the discussion? His argument forced me to conclude that... IDEAS = GROUND, MIND/PERSON = FIGURE

Strutture Metaforiche Duali 2

Metafore Spaziali e del tipo Sostanza per il calore ed il movimento

	Metafore Spaziali	Metafore del tipo Sostanza
Calore	THE STONE IS WARM The temperature is higher today The body quickly reached this temperature The thermal state is metaphorically structured as a location of the body on a vertical scale CALORE = SFONDO, CORPO = FIGURA	THE STONE CONTAINS HEAT Heat has flowed out of the room The room contains a lot of heat The thermal state is metaphorically structured as the possession of heat that flows into or out of the object HEAT = FIGURA, BODY = SFONDO
Movimento	THE STONE IS MOVING The stone is fast The speed is a lot higher Motion is metaphorically structured as a location of the body on a vertical scale MOTO = SFONDO, CORPO = FIGURA	THE STONE POSSESSES MOMENTUM The stone has a lot more momentum It has lost momentum Motion is metaphorically structured as the possession of momentum that flows into or out of the object MOTO = FIGURA, CORPO = SFONDO

Parte 4

QUANTITÀ DEL TIPO SOSTANZA ED ENERGIA NEL CORSO DI FISICA DI KARLSRUHE

Uno degli aspetti importanti del KPK – se non il più importante – è la relazione tra le Quantità del tipo Sostanza e l'Energia. Con il concetto dei Portatori dell'Energia la si può rappresentare graficamente. Questa relazione è la stessa in ogni campo della fisica (fluidi, calore, elettricità, movimento...). Questo è un buon esempio dell'uso di analogie forti in fisica.

THE GIBBS FUNDAMENTAL FORM

F. Herrmann: KPK, Lehrerband, 1995

Change of energy of the system

Instantaneous value of potential

Change of substance-like quantity of the system

$$dE = TdS + \phi dQ + vdp + \mu dn + \dots$$

Energy flow into/out of of the system

Instantaneous value of potential

Current of substance-like quantity into/out of the system

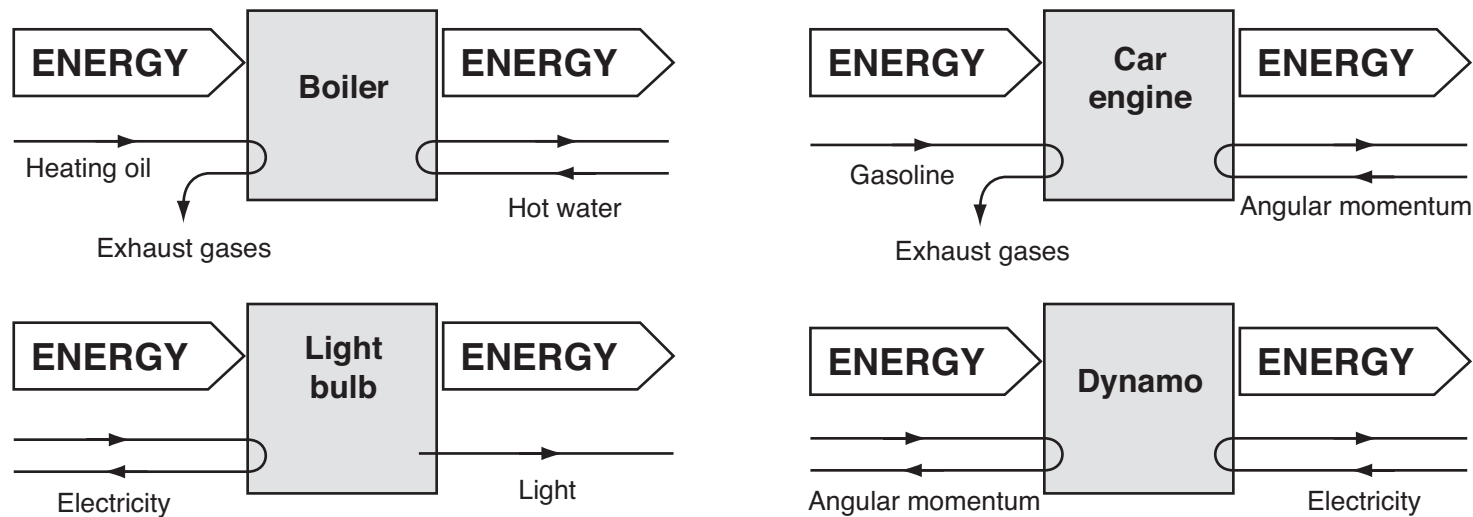
$$I_E = TI_S + \phi I_Q + vI_p + \mu I_n + \dots$$

Ogni fenomeno è caratterizzato da un potenziale e da una quantità del tipo sostanza. Questo ci permette di trattare in modo analogo tutte le aree della fisica...

ENERGY CARRIERS, ENERGY, AND ENERGY FLOW DIAGRAMS 1

F. Herrmann: KPK, Vol. 1, 1995

Energy carriers and energy flows



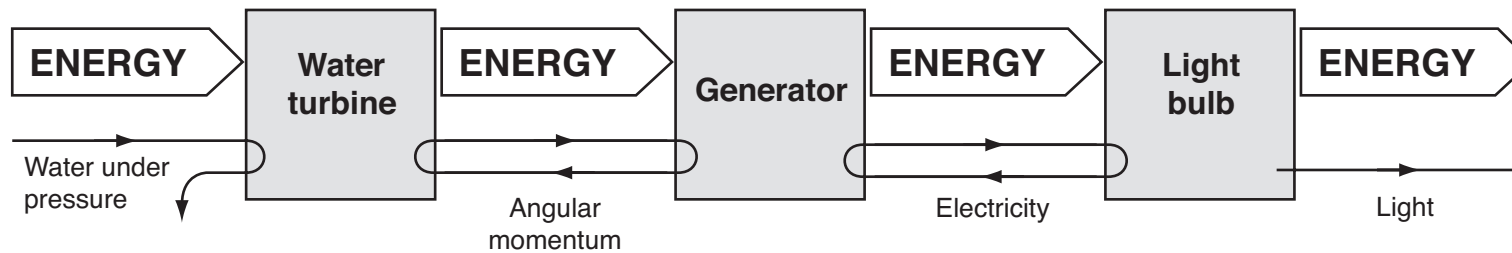
*L'energia si trasferisce dentro e fuori dei sistemi
insieme ai portatori dell' Energia.*

*L'energia NON è simile alla materia. Ha un ruolo
completamente diverso nei processi fisici.*

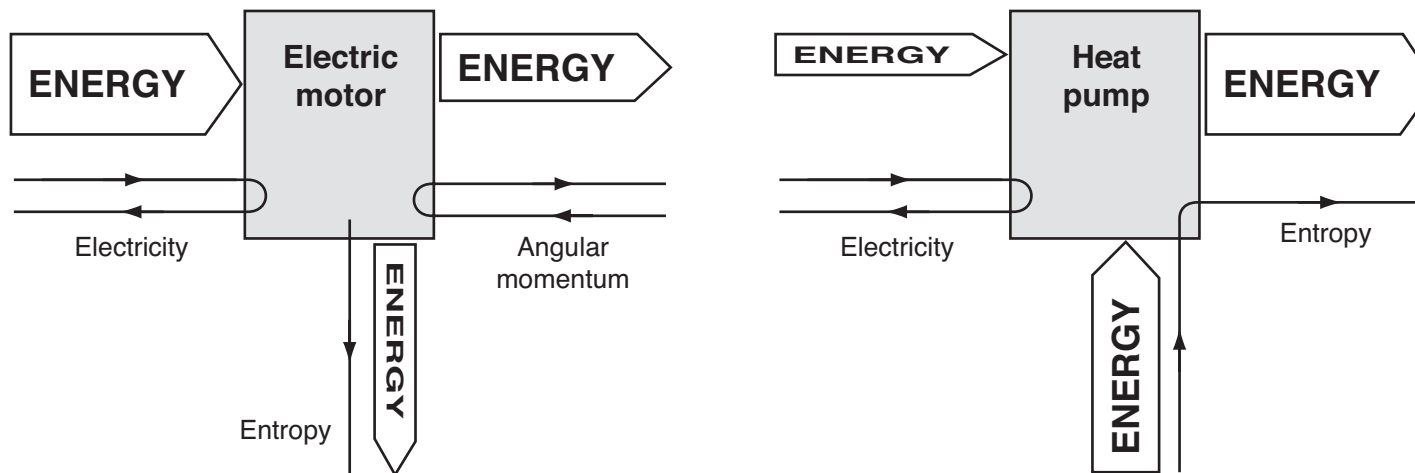
ENERGY CARRIERS, ENERGY, AND ENERGY FLOW DIAGRAMS 2

F. Herrmann: KPK, Vol. 1

A chain of systems and processes...



Motori...

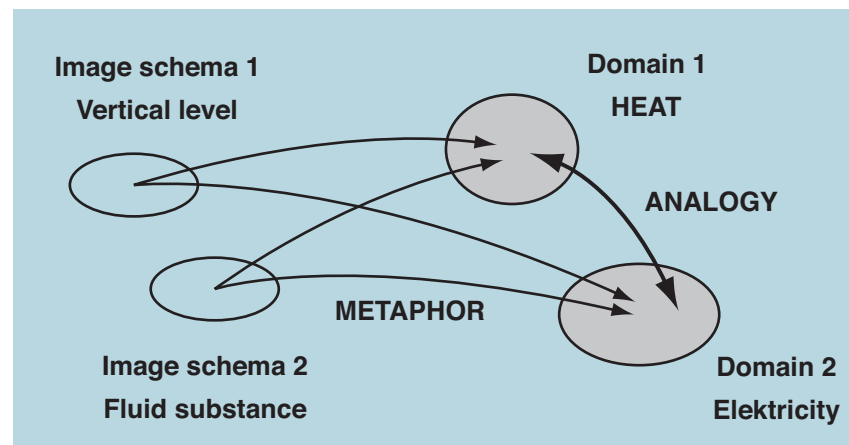


Metafore e Ragionamento Analogico

Origine e Significato delle Analogie

Quando aree diverse dell'esperienza vengono strutturate metaforicamente dallo stesso campo di origine (così come dallo stesso schema immaginato), questi campi diventano paragonabili (cominciano a sembrare simili).

Questo paragone può essere applicato alla costruzione delle analogie. Una analogia è una corrispondenza biunivoca (più o meno simmetrica).



Parte 5

DIFFERENZE DI POTENZIALE, ENERGIA E PROCESSI

Se fin dall'inizio sottolineiamo l'importanza delle differenze come forza motrice del cambiamento, all'approccio del KPK si aggiunge un importante elemento figurativo. Otteniamo una rappresentazione fedele della forma (gestalt) dei processi fisici che rientra perfettamente nello schema del KPK...

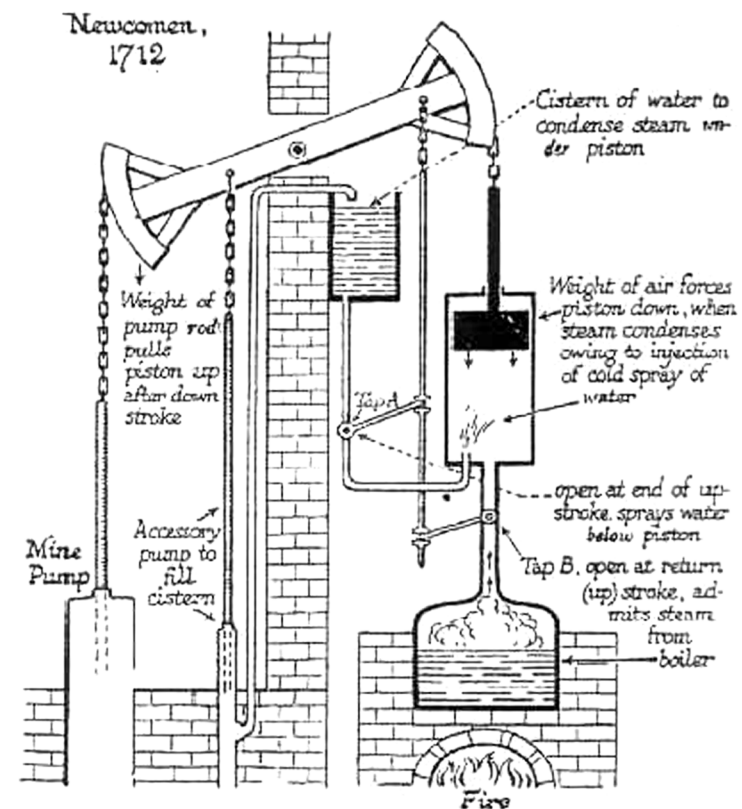
LA RAPPRESENTAZIONE DELLA POTENZA DEL CALORE DI SADI CARNOT



Sadi Carnot (1796-1832)

Réflexions sur la puissance
motrice du feu

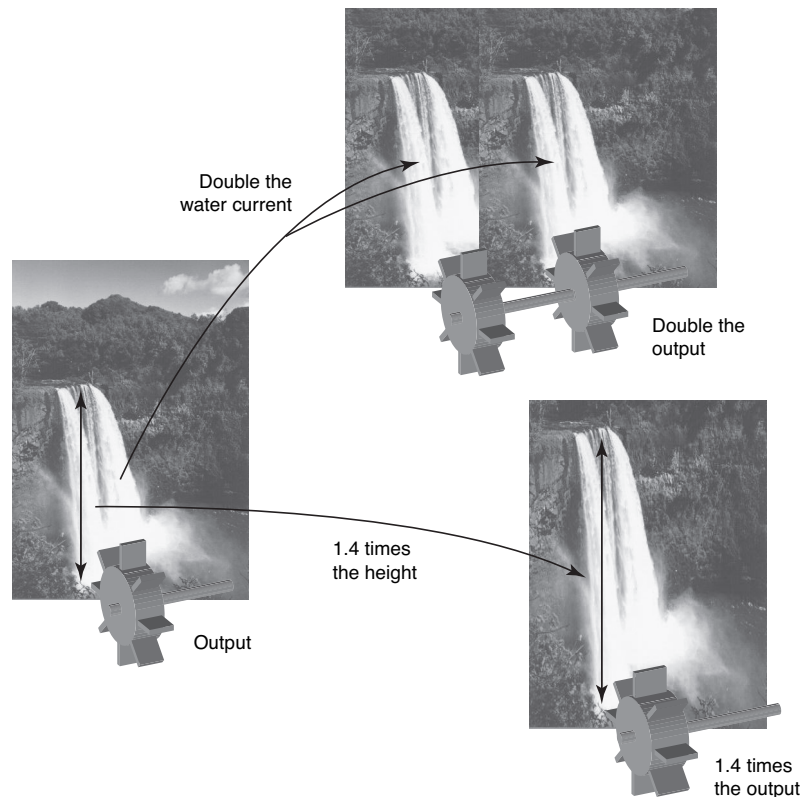
D'après les notions établies jusqu'à présent, on peut comparer avec assez de justesse la *puissance motrice de la chaleur* à celle d'une chute d'eau [...]. La puissance motrice d'une chute d'eau dépend de sa hauteur et de la quantité du liquide; la puissance motrice de la chaleur dépend aussi de la quantité de calorique employé, et de ce qu'on pourrait nommer, de ce que nous appellerons en effet *la hauteur de sa chute*, c'est-à-dire de *la différence de température* des corps entre lesquels se fait l'échange du calorique.



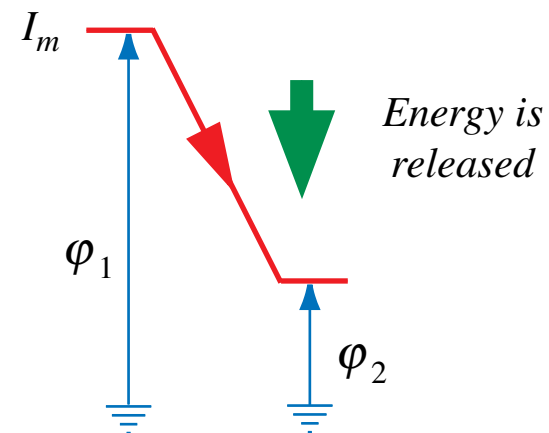
DIAGRAMMATIC VIEW OF NEWCOMEN'S ATMOSPHERIC OR
FIRE ENGINE (1712)

CONSEGUENZE DELLA STRUTTURA METAFORICA DEI CONCETTI FISICI

Un esempio di conseguenza che può essere messo in forma quantitativa

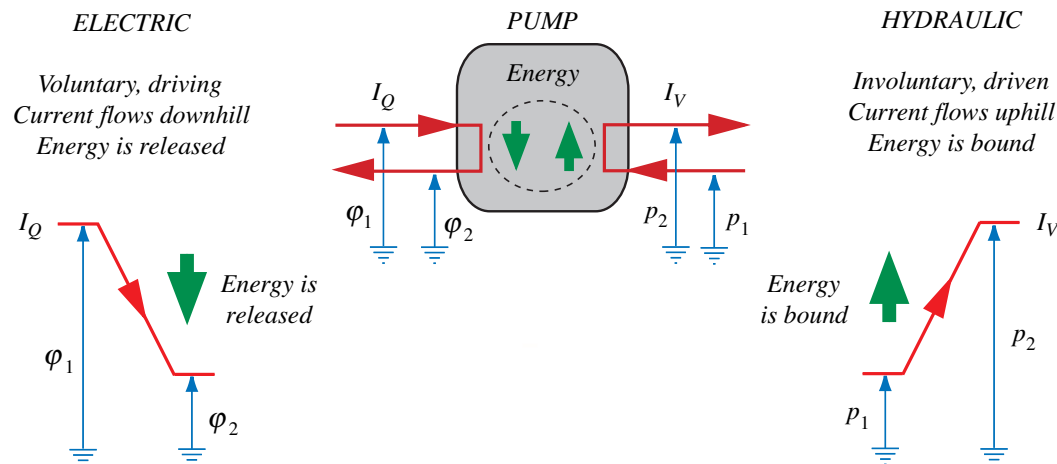


Potenza =
Differenza di Livello · Corrente della
sostanza

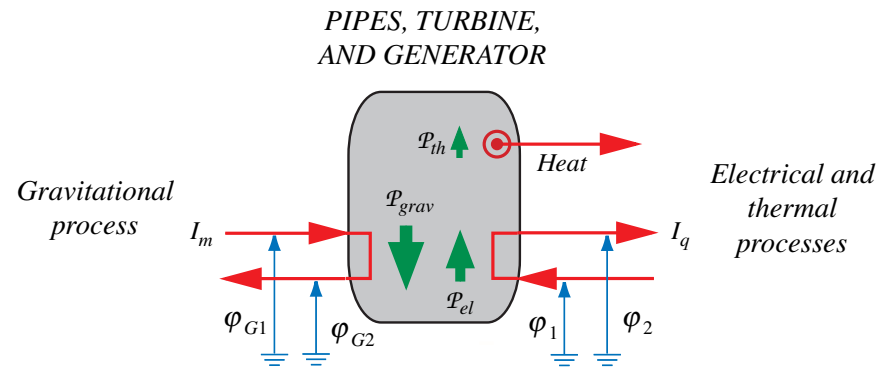


LA RAPPRESENTAZIONE DELLA CASCATA D'ACQUA NEI DIAGRAMMI DI PROCESSO

- **Accoppiamento Ideale**

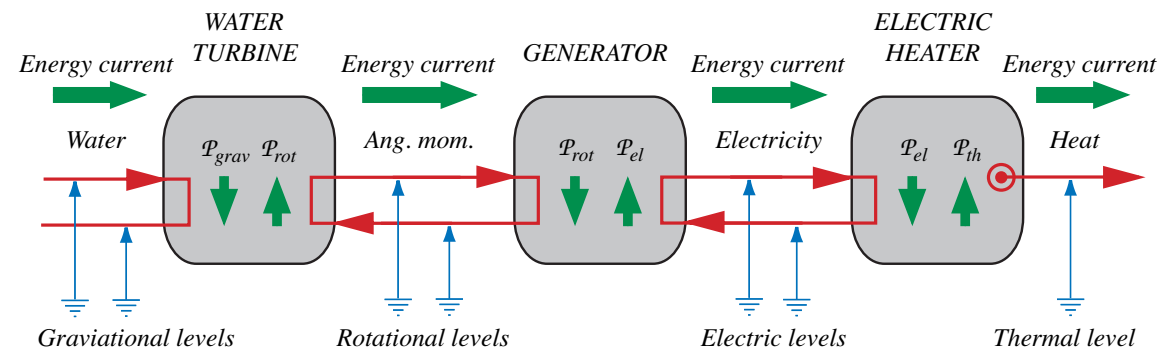


- **Accoppiamento Reale**

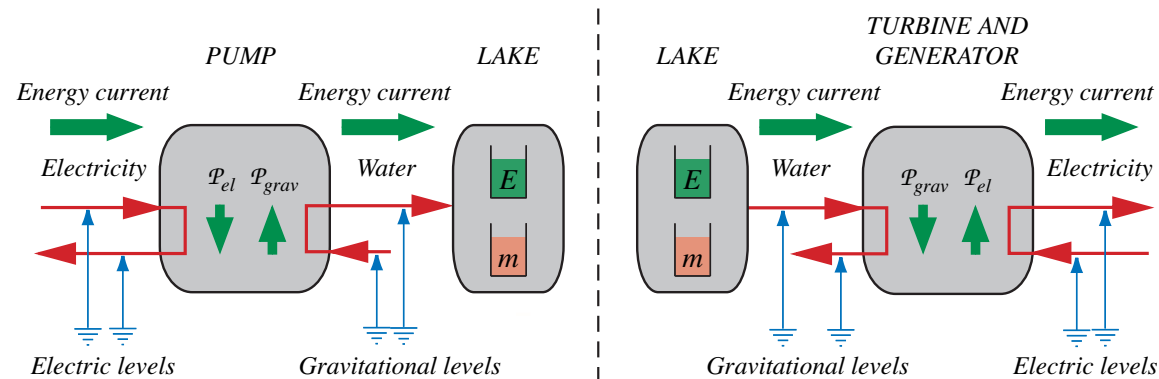


FLUSSO DI ENERGIA E IMMAGAZZINAMENTO NEI DIAGRAMMI DI PROCESSO

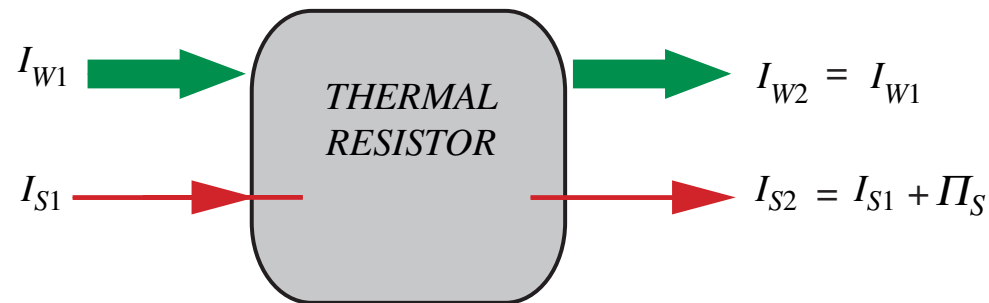
- Trasporto d Energia



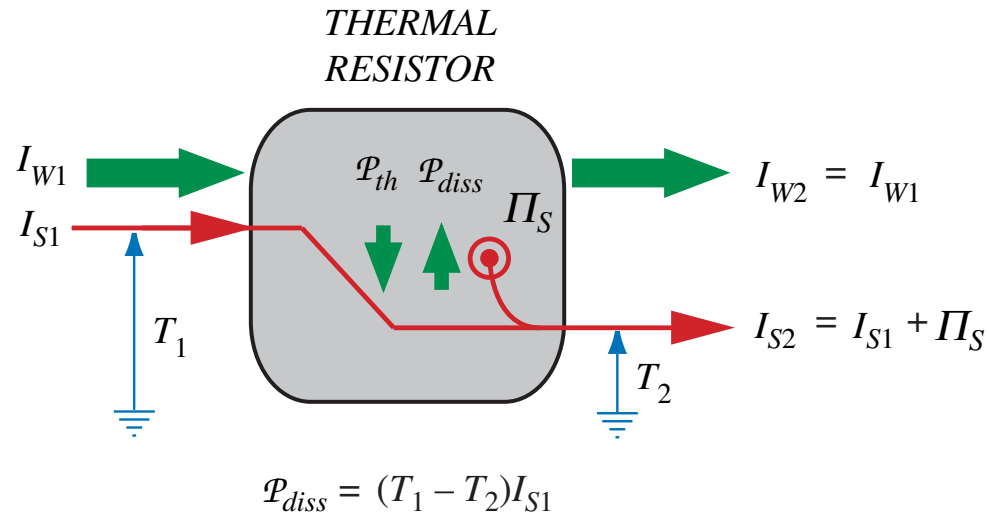
- Immagazzinamento di Energia



LA NECESSITÀ DEL CONCETTO DI POTENZA



Nessuna differenza tra le correnti di energia potrebbe servire come misura del ritmo a cui viene dissipata l'energia.



L'immagine della cascata spiega facilmente il significato dell'energia dissipata (e dell'entropia prodotta) nella conduzione del calore.

$$\frac{dj_E}{dx} = 0 \quad , \quad j_E = Tj_S$$

$$\frac{d(Tj_S)}{dx} = T \frac{dj_S}{dx} + j_S \frac{dT}{dx} = 0$$

UN SISTEMA CON REAZIONI CHIMICHE

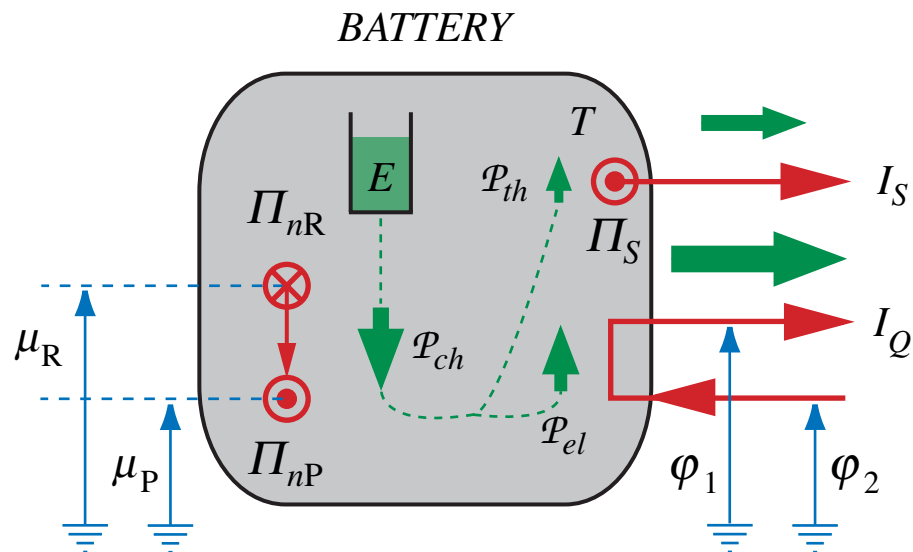


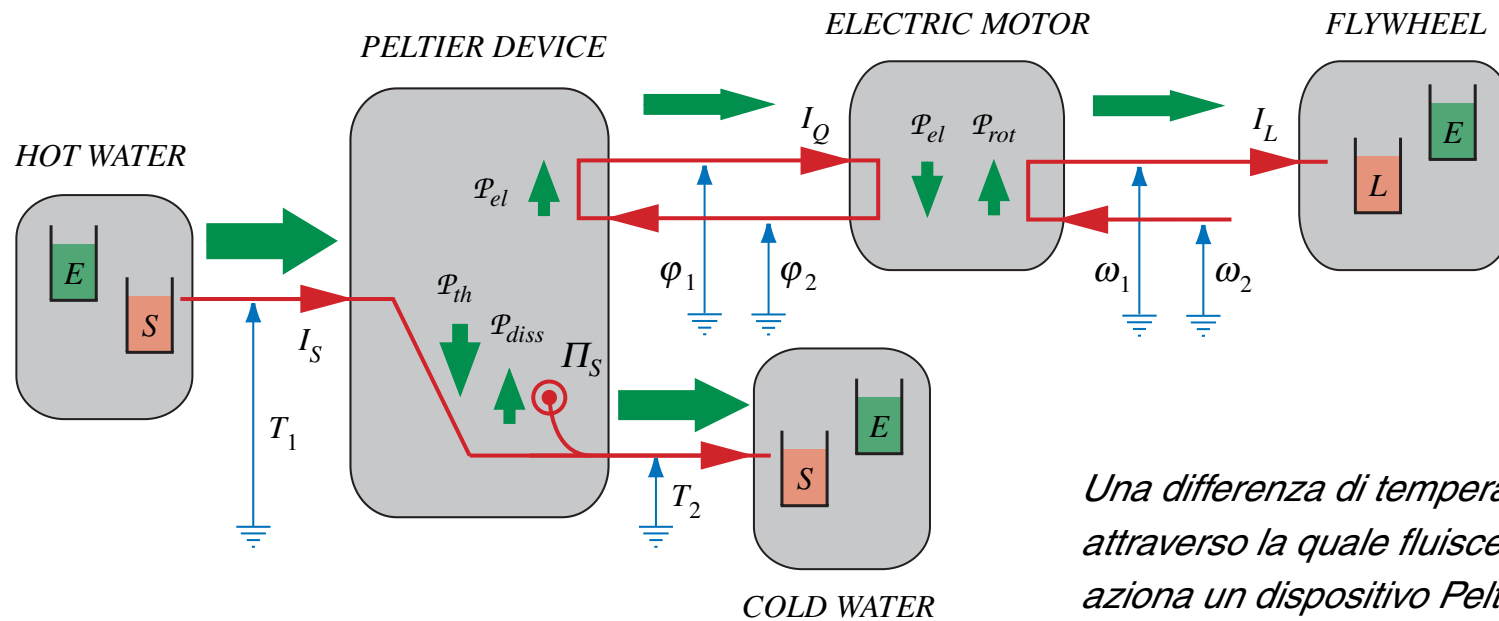
Diagramma di Processo di una Batteria, inclusa la produzione di entropia.

Non c'è alcun trasferimento di energia dal o nel sistema con sostanze chimiche.

L'energia liberata nelle reazioni proviene dall'energia contenuta.

La Potenza dei processi chimici è suddivisa tra i processi elettrici e quelli termici.

UNA DIFFERENZA DI TEMPERATURA AZIONA UN VOLANO



Una differenza di temperatura, attraverso la quale fluisce entropia, aziona un dispositivo Peltier, cioè stabilisce una differenza elettrica.

La differenza elettrica aziona un motore elettrico, il quale stabilisce una differenza di velocità angolari...

RIASSUNTO

- La mente umana “vede” una forma (gestalt) strutturata nei processi fisici. Questa struttura è ben descritta da tre aspetti: **quantità, intensità, forza**.
- Con cura e pazienza la forma (gestalt) può essere sempre più differenziata durante la crescita intellettuale dei discenti.
- Nella fisica macroscopica ci sono concetti che possono venire collegati a questi aspetti:

QUANTITÀ	Quantità del tipo Sostanza
INTENSITÀ	Differenza di Potenziale
FORZA	Potenza di un processo

- E' possibile esprimere la struttura della forma (gestalt) dei processi con l'aiuto dei Diagrammi di Processo. Questo ci dà la possibilità di progettare un interessante corso di fisica qualitativo adatto alle moderne esigenze.
- Il KPK e la fisica del continuo ci possono insegnare a costruire una teoria fisica formalizzata che è vicina allo schema immagine preconettuale qui descritto.

LITERATURE

- Accademia del Cimento (Magalotti, Lorenzo, 1667): *Saggi di naturali esperienze fatte nell'Accademia del Cimento sotto la protezione del serenissimo principe Leopoldo di Toscana e descritte dal segretario di essa Accademia*. Electronic Edition: Istituto e Museo di Storia della Scienza, Firenze, <http://www.imss.fi.it/biblio/ebibdig.html>
- Borer, Frommenwiler, Fuchs, Knoll, Kopacsy, Maurer, Schuetz, Studer (2005): *Physik – ein systemdynamischer Zugang*, 2. Auflage, h.e.p. verlag, Bern.
- Boohan R. and J. Ogborn (1996): *Energy and Change*. The Association for Science Education, London, UK.
- Carnot S. (1824): *Réflexions sur la puissance motrice du feu*. Édition critique avec Introduction et Commentaire, augmentée de documents d'archives et de divers manuscrits de Carnot, Paris : Librairie philosophique J. Vrin (1978). English: *Reflections on the Motive Power of Fire*. E. Mendoza (ed.), Peter Smith Publ., Gloucester, MA (1977). Deutsch: *Betrachtungen über die bewegende Kraft des Feuers*, in Ostwald, Wilhelm, Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Frankfurt am Main: Verlag Harri Deutsch (2003).
- Croft W. and D. A. Cruse (2004): *Cognitive Linguistics*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.

- Egan K. (1997): *The Educated Mind. How Cognitive Tools Shape Our Understanding*. The University of Chicago Press, Chicago.
- Egan K. (1988) *Primary Understanding*. Rutledge, NY.
- Evans V. and M. Green (2006): *Cognitive Linguistics. An Introduction*. Edinburgh University Press, Edinburgh.
- Falk G. and W. Ruppel (1979): *Energie und Entropie*. Springer-Verlag, Berlin.
- Fuchs H. U. (1996): *The Dynamics of Heat*. Springer-Verlag, New York.
- Herrmann F. (2003): *Der Karlsruher Physikkurs. Band 1, Sekundarstufe I*. Aulis Verlag Deubner. ISBN 3-761-42517-1.
- Johnson M. (1987): *The Body in the Mind. The Bodily Basis of Meaning, Imagination, and Reason*. University of Chicago Press, Chicago.
- Lakoff G. and Johnson M (1980): *Metaphors We Live By*. University of Chicago Press, Chicago (with a new Afterword, 2003).
- Lakoff G. and Johnson M. (1999): *Philosophy in the Flesh: The Embodied Mind and Its Challenge to Western Thought*. Basic Books, New York.
- Wiser M. and S. Carey (1983): When Heat and Temperature were one, in D. Gentner and A. L. Stevens eds.: *Mental Models*, Lawrence Earlbaum Associates, Hillsdale, new Jersey, 1983 (pp. 267-297)