

# **L'energia esiste davvero?**

Federico Corni

Dipartimento di Educazione e Scienze Umane  
Università di Modena e Reggio Emilia

Cultura e Vita

“FLUSSI DI ENERGIA E CICLI DELLA MATERIA”

5 Novembre 2013 – Biblioteca Scientifica Interdipartimentale

It's important  
to realize that in physics  
today we have no knowledge  
of what energy is”

Richard Feynman



... IO CREDO PIUTTOSTO LA  
NATURA AVER FATTO DA  
PRIMA LE COSE A MODO SUO  
E POI FABBRICATO I  
DISCORSI DEGLI UOMINI  
ABILI A POTER CAPIRE,  
PERÒ CON FATICA GRANDE,  
ALCUNA PARTE DEI SUOI  
SEGRETI ...

## **SCALETTA:**

- Origine del concetto di energia
  - La comprensione umana e la Gestalt della Forza della Natura
- L'energia secondo il modello di portatore-trasferitore
- Esempi

# **L'ORIGINE DEL CONCETTO DI ENERGIA**

## **La comprensione umana e la gestalt delle forze della natura**

**Come conosciamo il mondo intorno a noi?**

**Come diamo un senso alla nostra esperienza?**

**1° ipotesi: La conoscenza è una rappresentazione nella nostra mente di una verità al di sopra e fuori di noi.**

Allora si tratta di cercare i libri e i trattati dove è scritta questa conoscenza astratta e imparare letteralmente i loro contenuti.

L'educazione richiede una trasformazione di questi contenuti per semplificarli in modo da essere compresi dai bambini.

I bambini non sono capaci di astrarre e il percorso da far loro seguire è quello che va dal concreto all'astratto.

**2° ipotesi: L'apprendimento e la comprensione sono il risultato di un organismo (mente e corpo) che interagisce con il mondo (naturale e sociale).**

Noi creiamo astrazioni dalle nostre interazioni ricorrenti con il mondo esterno. Percezione e astrazione sono un unico atto. La nostra mente si sviluppa creando le forme e le astrazioni basilari che ci permettono di vivere nel nostro ambiente. I bambini piccoli possiedono già queste forme e queste astrazioni con le quali li dobbiamo aiutare a scoprire il mondo.

La mente umana è “*embodied*”.

I prodotti della percezione sono astrazioni in cui il tutto è più semplice della somma delle sue parti, dei suoi aspetti.

I nostri corpi ci danno gli *schemi* con i quali comprendiamo il mondo e con i quali ci esprimiamo.

Queste astrazioni sono Gestalt, forme, schemi, modelli, ...

Si dice quindi che il pensiero umano è *figurativo*.

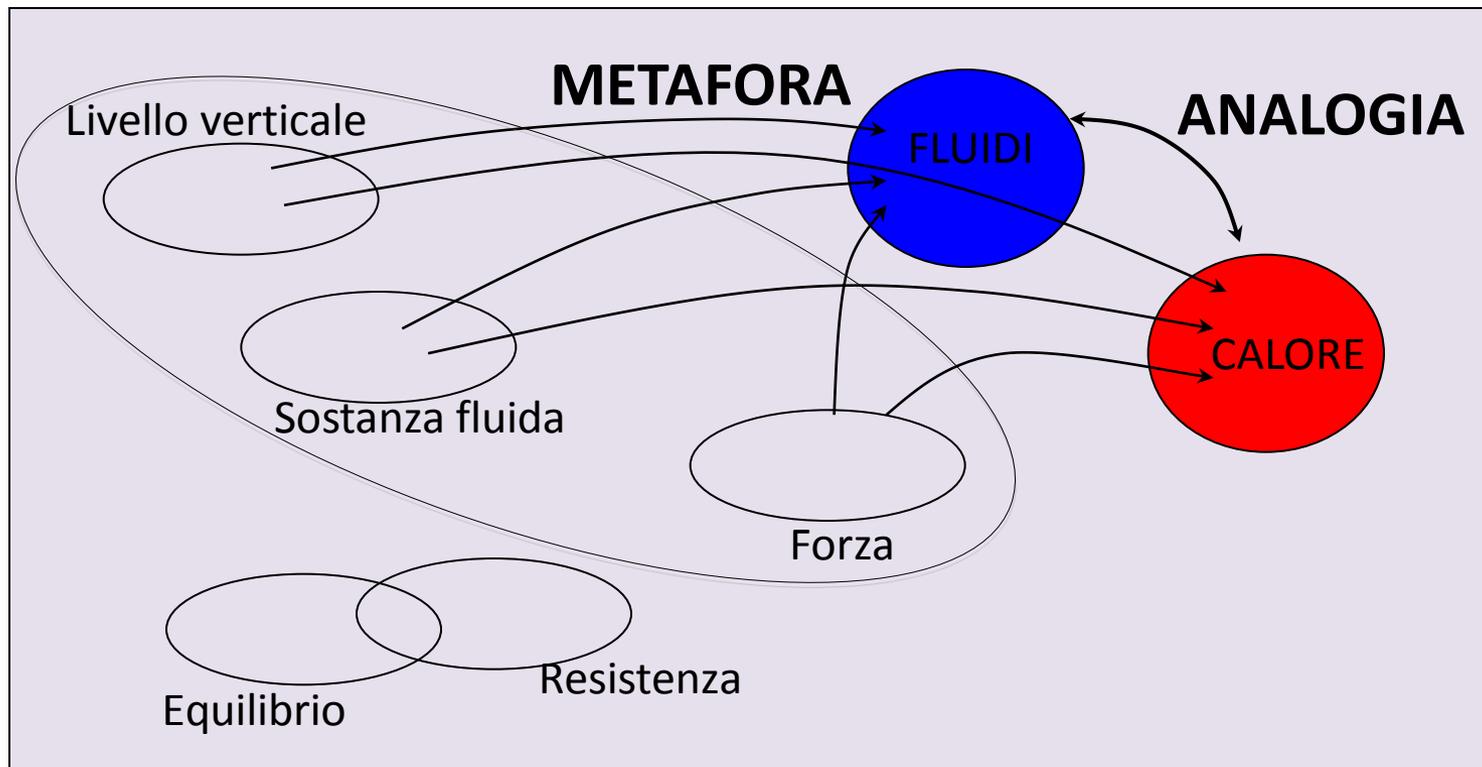
Le strutture più importanti della nostra mente sono gli ***image schema***, le ***gestalt*** percettive di fenomeni complessi, le ***metafore***, fino a unità narrative estese come le ***storie***.

## I principali *image-schema*

<b>POLARITÀ</b>	Chiaro-scuro, caldo-freddo, femmina-maschio, buono-cattivo, giusto-ingiusto, lento-veloce, alto-basso
<b>SPAZIO</b>	Su-giù, davanti-dietro, destra-sinistra, vicino-lontano, centro-periferia. Altro: contatto, percorso
<b>PROCESSO</b>	Processo, stato, ciclo
<b>CONTENITORE</b>	Contenimento/confinamento, dentro-fuori, superficie, pieno-vuoto, contenuto
<b>FORZA/CAUSA</b>	Equilibrio, forza in opposizione, costrizione/obbligo, limitazione/restrizione/ritegno, impedimento, abilitazione, bloccaggio, diversione, attrazione
<b>UNITÀ/MOLTEPLICITÀ</b>	Unione, raccolta, divisione, iterazione, parte-tutto, numerabile-non numerabile, collegamento
<b>IDENTITÀ</b>	Corrispondenza, sovrapposizione
<b>ESISTENZA</b>	Rimozione, spazio circoscritto, oggetto, sostanza, sostanza fluida

Le nostre spiegazioni sono rappresentazioni o riflessioni della nostra immaginazione. Noi proiettiamo metaforicamente gli *image schema* e le *gestalt complesse* sui fenomeni.

Ciò significa che la nostra **comprensione** è in gran parte **metaforica**.



# **Una importante gestalt complessa: La gestalt delle forze della natura o Force Dynamic Gestalt F.D.G.**

In un giorno invernale, Alessandro, quando aveva 5 anni, tornò a casa da scuola (dell'infanzia) e riferì a sua nonna che la maestra aveva detto di chiudere la porta se no il freddo sarebbe entrato.

Sua nonna volle sapere da Alessandro cosa fosse per lui il freddo.

Rispose che il freddo era un pupazzo di neve. Un pupazzo di neve era molto freddo e se avesse abbracciato Alessandro sarebbe diventato freddo anche lui e sarebbe potuto ammalarsi.

Alessandro e la nonna erano all'aperto e decisero di fare un pupazzo di neve. Quando la nonna volle farne uno grande, Alessandro disse che un pupazzo di neve grande sarebbe stato così freddo che lo avrebbe anche potuto uccidere.

Alessandro pensò che sarebbe stato meglio fare un pupazzo di neve piccolo.

Ora però la nonna volle sapere cosa pensava che fosse il calore.

Alessandro rispose che il calore era un uomo di fuoco, forse un drago.

Alessandro poteva giocare con dei piccoli draghi, non erano così caldi e pericolosi, ma un drago veramente grande sarebbe stato così caldo e forte che il suo fuoco lo avrebbe potuto uccidere.

# Una importante gestalt complessa: La gestalt delle forze della natura o Force Dynamic Gestalt F.D.G.

In un giorno invernale, Alessandro, quando aveva 5 anni, tornò a casa da scuola (dell'infanzia) e riferì a sua nonna che la maestra aveva detto di chiudere la porta se no il freddo sarebbe entrato.

Sua nonna volle sapere da Alessandro cosa fosse per lui il freddo.

Rispose che **il freddo era un pupazzo di neve**. Un pupazzo di neve era **molto freddo** e se avesse abbracciato Alessandro **sarebbe diventato freddo anche lui e sarebbe potuto ammalarsi**.

Alessandro e la nonna erano all'aperto e decisero di fare un pupazzo di neve. Quando la nonna volle farne uno grande, Alessandro disse che un **pupazzo di neve grande** sarebbe stato **così freddo** che **lo avrebbe anche potuto uccidere**.

Alessandro pensò che sarebbe stato meglio fare un **pupazzo di neve piccolo**.

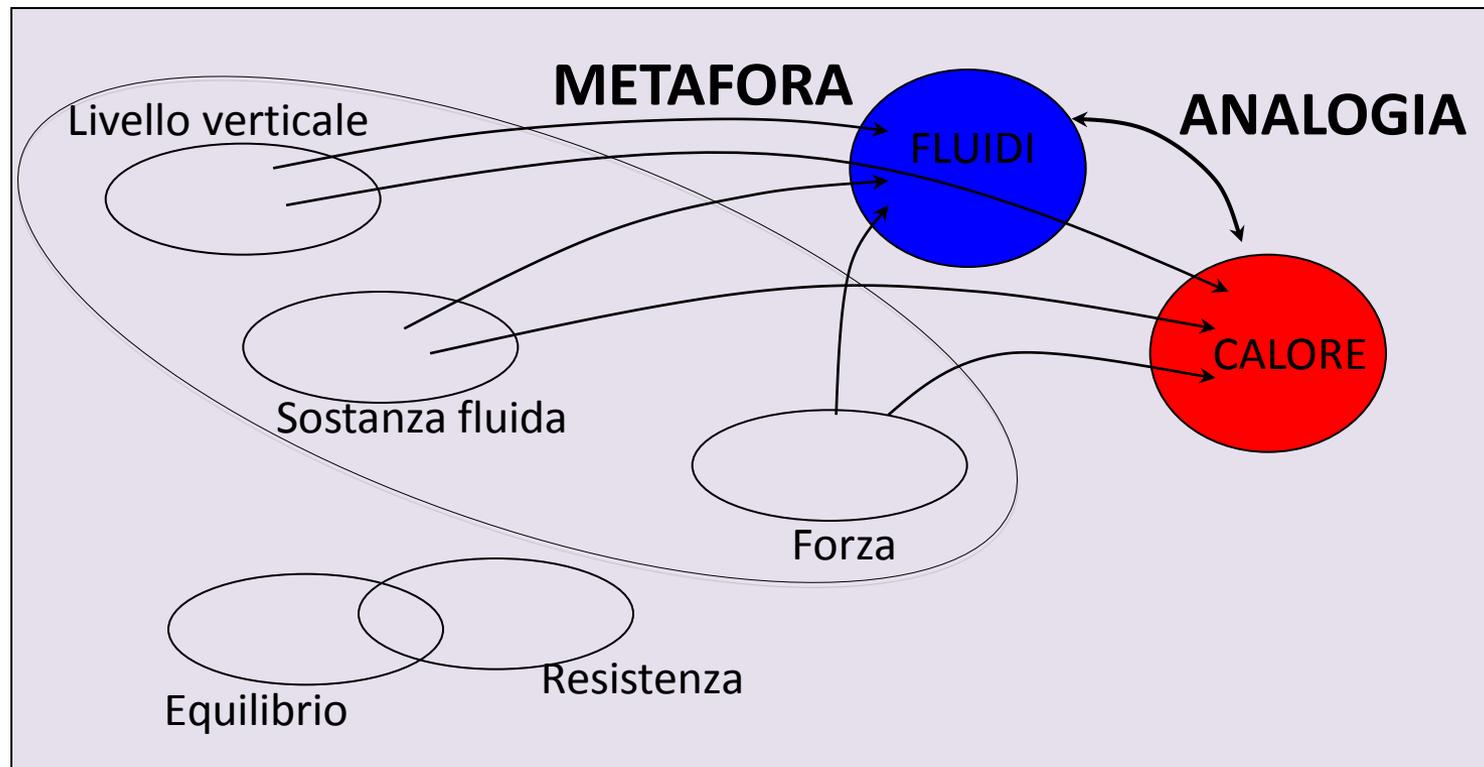
Ora però la nonna volle sapere cosa pensava che fosse il calore.

Alessandro rispose che **il calore era un uomo di fuoco, forse un drago**.

Alessandro poteva giocare con dei **piccoli draghi**, non erano **così caldi e pericolosi**, ma un **drago veramente grande** sarebbe stato **così caldo e forte** che il suo fuoco **lo avrebbe potuto uccidere**.

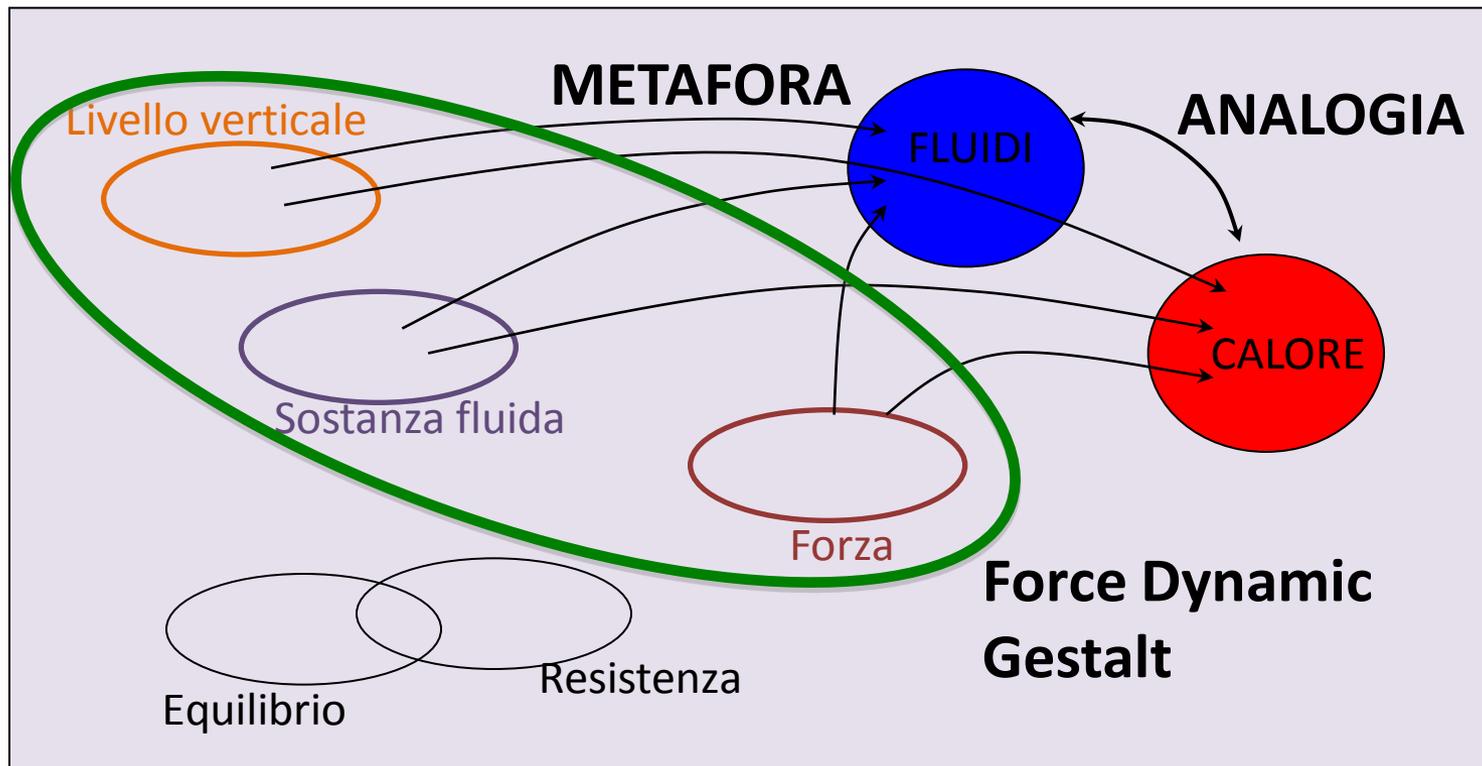
La potenza della nostra mente è in parte dovuta alla nostra abilità nel *differenziare* le gestalt dei fenomeni complessi, cioè nel lavorare sugli image schema più elementari e sulle loro proiezioni metaforiche.

La complessità delle strutture interne delle gestalt esperienziali è all'origine della complessità del pensiero e della conoscenza.



La gestalt delle forze della natura o **Force Dynamic Gestalt** si differenzia tramite strutture schematiche (image schema) elementari:

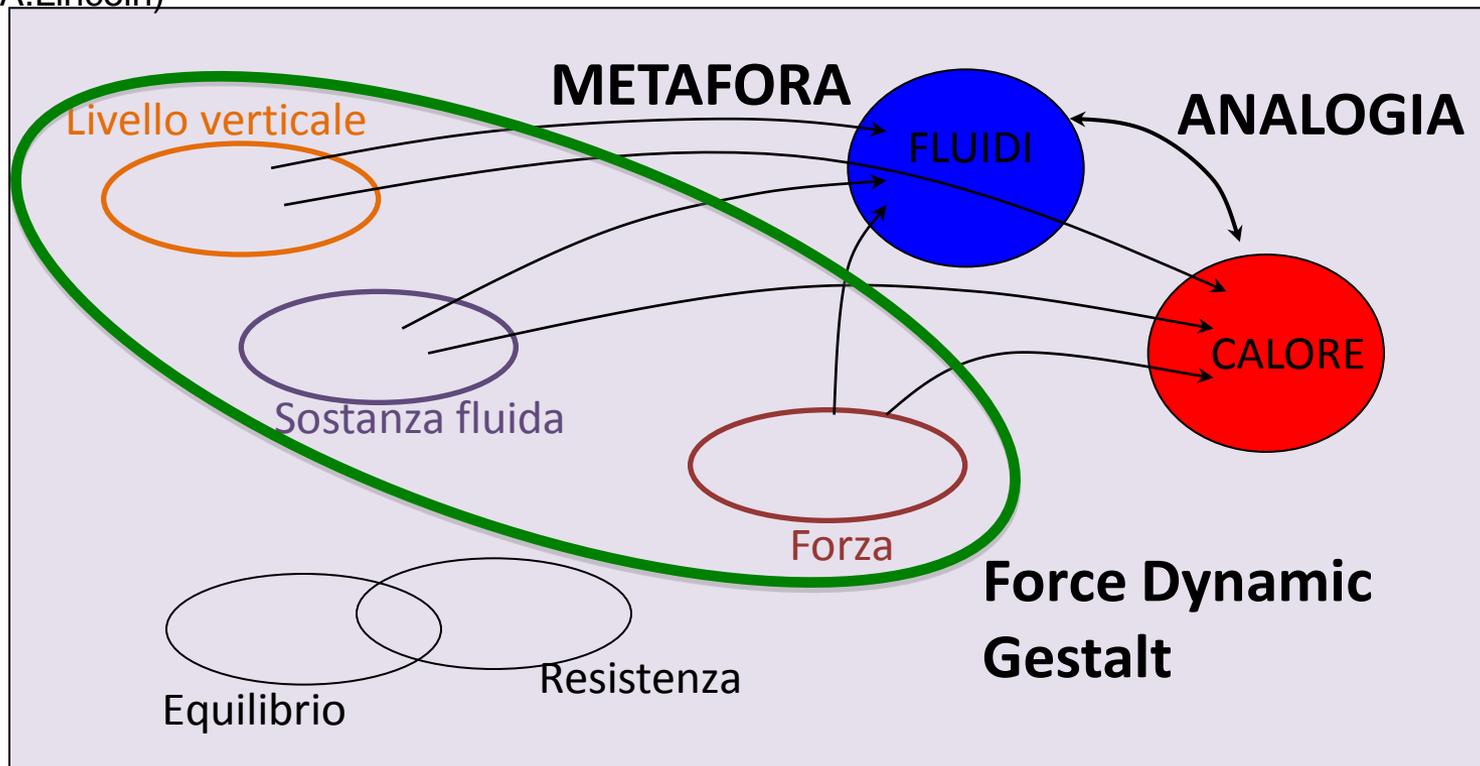
- L'immagine schema di **verticalità (scala)** che struttura l'aspetto di *intensità*
- L'immagine schema di **sostanza (fluida)** che struttura l'aspetto di *quantità*
- L'immagine schema di **forza (manipolazione diretta)** che struttura l'aspetto di *influenza/potere*



La *Force Dynamic Gestalt* si applica ad ambiti di esperienza molto diversi, ed esempio, la giustizia, la paura, il cibo, il calore, ecc.

1. Non c'è **molta** giustizia nel mondo
2. La giustizia in quel paese è **molto dura**
3. Ho sempre trovato che la **clemenza produce frutti migliori** che una **rigida applicazione della giustizia**  
(A.Lincoln)

1. Il punto non è che c'è **poco cibo**, ma che è **mal distribuito**
2. Questo è un alimento **nutriente**
3. La **quantità e qualità** del cibo hanno **effetti significativi sulla crescita**



## Aspetto di verticalità (intensità) della F.D.G.

*Quando c'è vento, ne avvertiamo la temperatura*

*Quando incontriamo un animale, ne consideriamo la ferocia*

*Quando pensiamo al cibo, ne apprezziamo il sapore, o il potere nutritivo.*

Dal punto di vista linguistico (grammaticale) l'aspetto di intensità corrisponde all'*aggettivo* che si affianca a un nome.

*Nasce da una polarità con un varie gradazioni ordinate:*

*Freddo-Caldo: gelido, freddo, tiepido, caldo, bollente*

*Cattivo-Buono: pessimo, cattivo, piacevole, buono, ottimo*

*Lento-Veloce: fermo, lento, veloce, fulmineo*

I termini che indicano l'intensità sono: *alto, intenso, basso, lieve, ecc.*

Ad esempio, l'acqua può essere:

Fredda

Liquida

Neutra

Insipida

Limpida

Potabile

Ferma

...

Calda

Solida

Dolce

Salata

Torbida

Non potabile

Gassata

...

Dagli aggettivi che indicano le gradazioni di un fenomeno si astrae un termine che è caratterizzato da una scala verticale.

Schema di scala  
di CALDO e FREDDO



Freddo Tiepido Caldo Bollente Incandescente

Schema di verticalità  
della TEMPERATURA



Alta temperatura



Bassa temperatura

<i>FORZA (FENOMENO)</i>	<i>POLARITÀ</i>	<i>VERTICALITY SCHEMA</i>
Luce, Oscurità Luce solare	LUMINOSO <--> BUIO	Brillantezza
Caldo, Freddo Fuoco, Ghiaccio	CALDO <--> FREDDO	Temperatura
Fluidità, Gas Acqua, Aria	ALTA PRESSIONE <--> BASSA PRESSIONE	Pressione
Umidità, Siccità Acqua, Nebbia, Vapore	BAGNATO <--> ASCIUTTO	Umidità
Gravità	PESANTE <--> LEGGERO	Potenziale gravitazionale
Suono	FORTE <--> PIANO	Volume
Movimento Riposo	VELOCE <--> LENTO	Velocità
Cibo	SALUTARE <--> VELENOSO	Valore nutrizionale
Sostanze (chimiche) Sapone, Medicine, Erbe, Alimenti	AGGRESSIVO <--> DELICATO	Potenziale chimico
Sale, Zucchero, Medicine	CONCENTRATO <--> DILUITO	Potenziale chimico
Elettricità	ELETTRIZZATO <--> SCARICO	Potenziale elettrico

## Aspetto di sostanza (quantità) della F.D.G.

*Quando c'è vento, valutiamo se è poco o tanto*

*Quando incontriamo un animale, ne stimiamo le dimensioni*

*Quando riceviamo del cibo, ne valutiamo la quantità.*

Dal punto di vista linguistico (grammaticale) l'aspetto di quantità corrisponde al *nome*.

*Nasce dalla ricerca dell'ente che genera una polarità e ha una caratteristica intensità:*

*Freddo-Caldo/Temperatura: Calore*

*Cattivo-Buono/Bontà: Buone maniere (persona), Sapore (cibo)*

*Lento-Veloce/Velocità: Slancio, Quantità di moto*

Gli aggettivi che caratterizzano la quantità sono: molto, tanto, grande, poco, piccolo, ecc.

FORZA (FENOMENO)	QUANTITÀ
Luce, Oscurità (Luce solare)	Quantità di luce
Calore, Freddo (Fuoco, Ghiaccio)	Quantità di calore
Fenomeni fluidi (Acqua, Aria)	Quantità di fluido, volume del fluido
Umidità, Siccità	Quantità di acqua
Gravità	Massa gravitazionale
Movimento	Quantità di moto Momento angolare
Sostanze (chimiche)	Quantità di sostanza
Elettricità	Quantità di elettricità (carica)

Nel caso dell'acqua possiamo avere:

Volume dell'acqua

Peso dell'acqua

Quantità di calore

Quantità di sale

Quantità di zucchero

Quantità di contaminanti

Quantità di gas disciolto

...

# Un'importante relazione fra quantità e intensità



*Versando acqua in un bicchiere aumenta proporzionalmente anche il livello raggiunto dall'acqua e, conseguentemente, la pressione sul fondo.*

Il bicchiere è il contenitore dell'acqua: l'*image schema* di riferimento è proprio quello di **contenitore**.

La sostanza, per il fatto di essere contenuta, cioè "costretta" in un certo spazio, aumenta di intensità.

# Una importante relazione fra quantità e intensità

*Quando gonfiamo la **gomma** di una bicicletta introduciamo progressivamente quantità di aria e di conseguenza, siccome la camera d'aria non aumenta di volume, perché è contenuta dal copertone, l'effetto della quantità d'aria introdotta determina un aumento di pressione.*

*Man mano che un **lago** artificiale riceve acqua dal suo affluente, aumenta anche la pressione che la diga deve sopportare.*

*Se poniamo sulla fiamma un tegame con dell'**acqua**, man mano che passa il tempo, cioè man mano che la fiamma cede calore all'acqua, quest'ultima aumenta di temperatura.*

*Se forniamo quantità di moto a un'**automobilina** sparandole contro piccoli proiettili di plastica con una pistola giocattolo, la velocità dell'automobilina aumenta progressivamente.*

*Se strofiniamo ripetutamente un **palloncino** di gomma con una pezza di lana, esso attrarrà sempre più intensamente dei pezzetti di carta.*

*... TUTTO, OVVIAMENTE, HA UN LIMITE!*

## **Aspetto di forza (causazione) della F.D.G.**

Gli aspetti di qualità e di quantità di un fenomeno non sono mai separati o separabili.

E' diverso però essere colpiti da un sasso piccolo o da un sasso grosso, oppure essere colpiti da un sasso lanciato lentamente o lanciato velocemente

E' diverso mangiare poco o tanto pane, oppure mangiare un etto di pane o un etto di insalata

E' diverso illuminare una stanza con una torcia piccola o una torcia grande, oppure illuminarla con una torcia scarica o con una torcia ben carica

...

**Gli effetti che può produrre un fenomeno dipendono dal suo aspetto di quantità e dal suo aspetto di qualità.**

Racconta una storia come se tu fossi l'acqua di un ruscello nel cui corso c'è un mulino.

*Sono l'acqua del ruscello, scendo veloce giù dal monte, durante la discesa mi ingrosso, aumento la mia velocità. La mia potenza farà girare le pale del mulino che incontrerò a valle. Ora che ho ceduto la mia forza, continuo tranquilla il mio percorso.*

*Scendo, placida e tranquilla, lasciandomi accarezzare dal muschio, scivolando su ciottoli levigati... Poi all'improvviso un ostacolo, un turbinio e cado, scivolo in un condotto... rimbalzo su pale agganciate a qualcosa che gira, gira... Precipito... e finalmente riprendo il mio corso, il mio sciacquo ritorna musica per il bosco.*

Racconta una storia come se tu fossi un mulino su un ruscello.

*Sono fermo, attendo ansioso l'amico ruscello che mi regalerà la sua forza che mi darà vita. Le mie pale cominceranno a girare e io potrò portare a termine il mio lavoro.*

*Anche questa mattina il mugnaio si è svegliato e ha aperto la chiusa che devia l'acqua del ruscello verso le pale della grande ruota che fa muovere le macine. C'è stato un temporale questa notte in montagna e la quantità d'acqua che scende è tanta, molta di più di ieri. Il mugnaio deve controllare il flusso perché se la forza è tanta la ruota si può rompere.*

# L'ENERGIA SECONDO IL MODELLO DI PORTATORE-TRASFERITORE

**Grandezze che in natura “si  
conservano”:**

Energia

Quantità di moto

Momento angolare

Carica

Numero di barioni

Numero di leptoni

## **Che cos' è l' Energia**

L' energia è una grandezza fisica che è stata inventata per eseguire la “contabilità” nei fenomeni naturali.

# Grandezze estensive

Che obbediscono a un' equazione di bilancio:

$$\frac{dX}{dt} = I_x + \pi_x$$

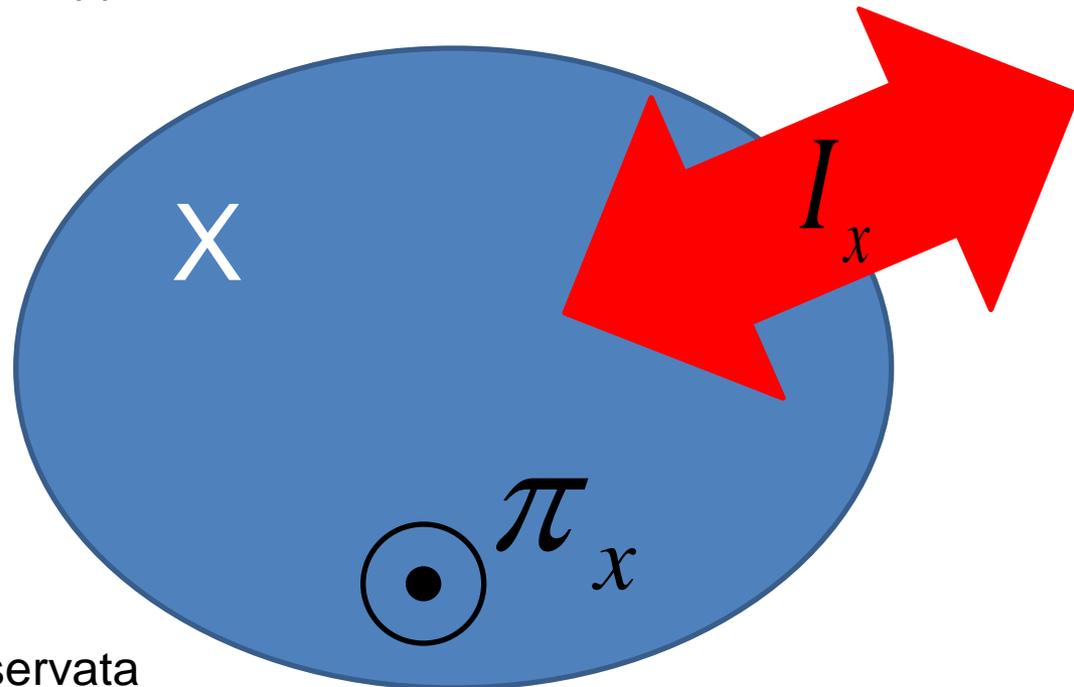
Additività di  $X, I_x, \pi_x$

ANALOGIA: SOSTANZA

$I_x$  Intensità di corrente  
attraverso la superficie

$\pi_x$  Tasso di  
creazione/distruzione

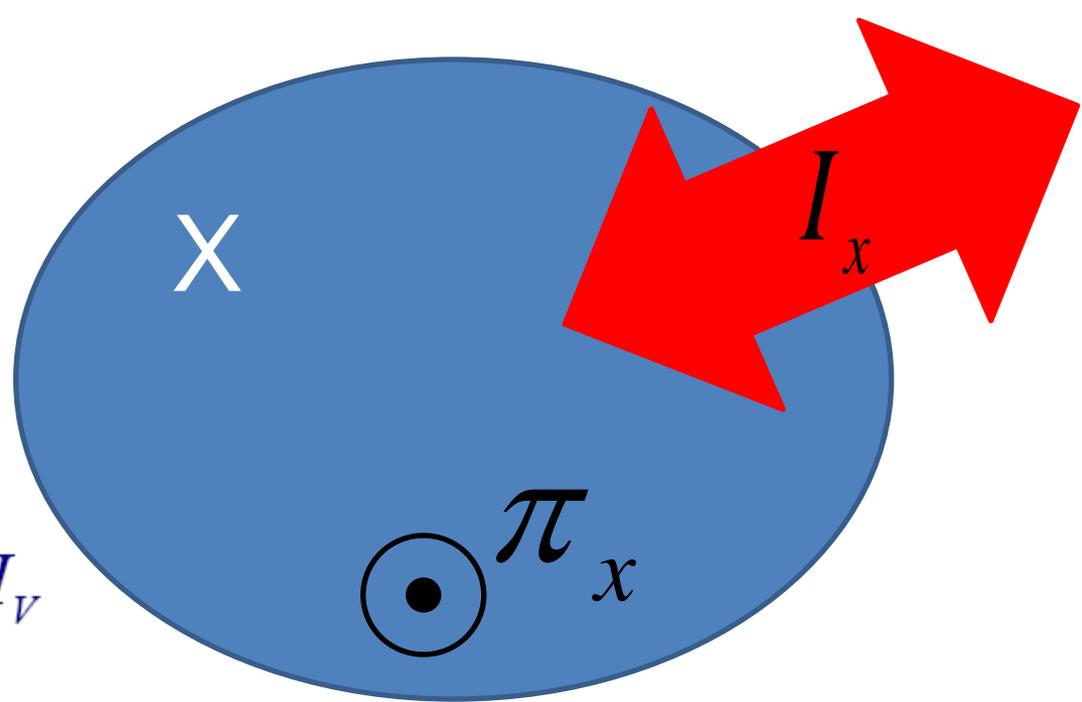
$\pi_x = 0 \Rightarrow$  Grandezza conservata



# Equazioni di bilancio:

*idraulica*

$$dV / dt = I_v$$



$$\frac{dX}{dt} = I_x + \pi_x$$

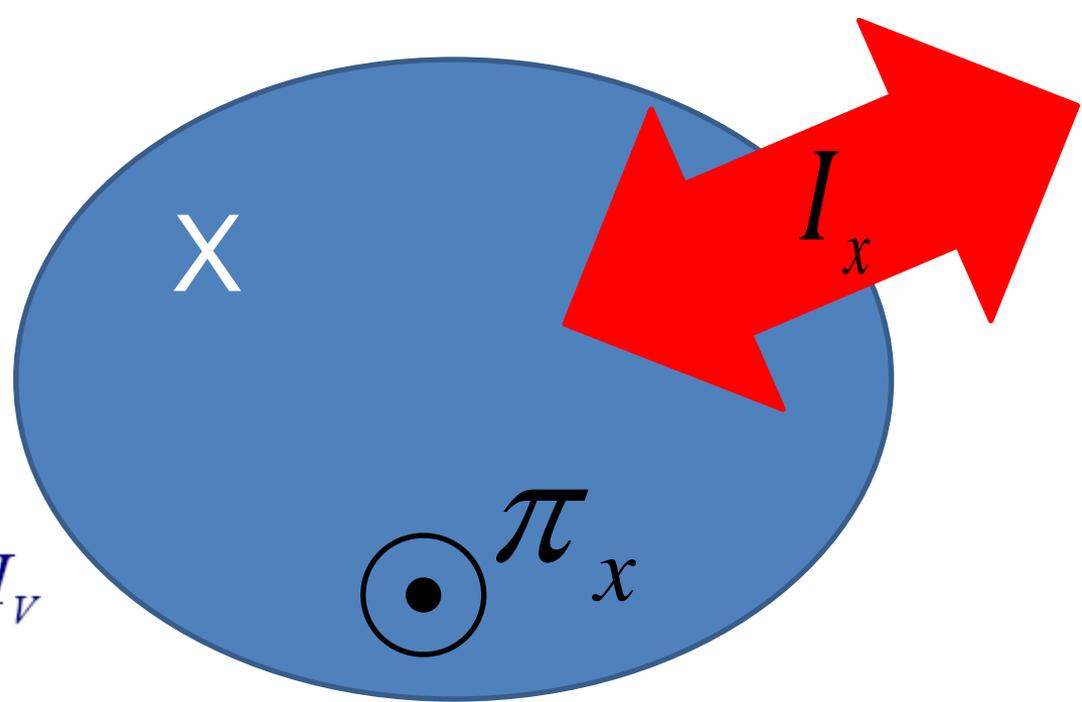
# Equazioni di bilancio:

*idraulica*

$$dV / dt = I_v$$

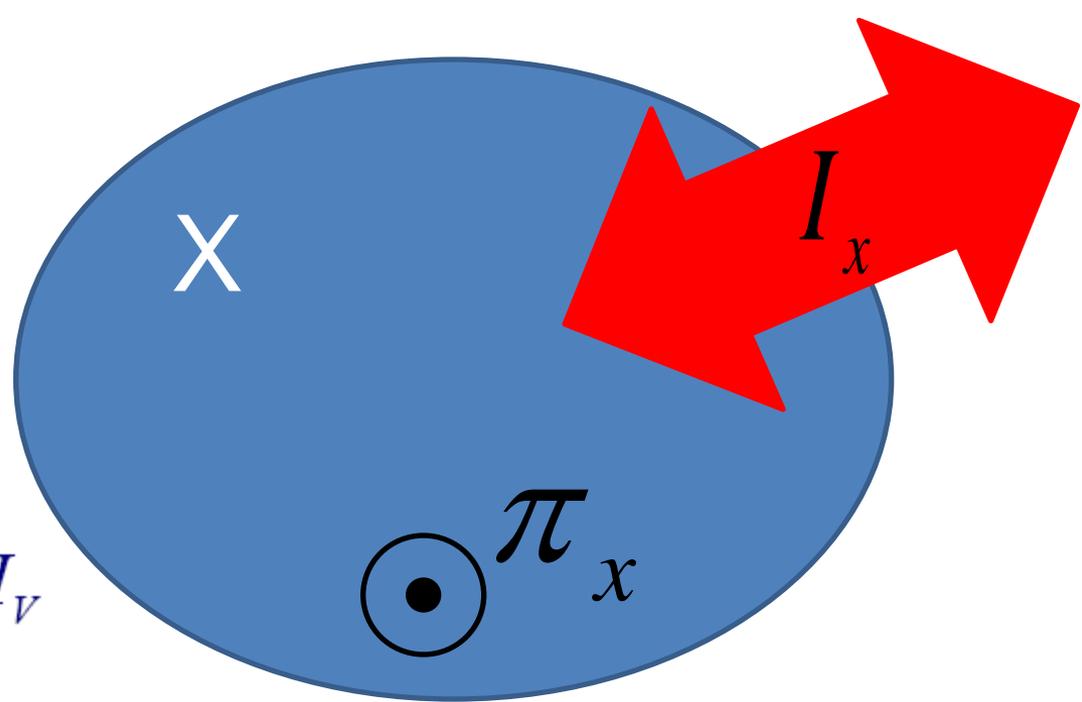
*elettricità*

$$dQ/dt = I_Q$$



$$\frac{dX}{dt} = I_x + \pi_x$$

# Equazioni di bilancio:



*idraulica*

$$dV / dt = I_V$$

*elettricit *

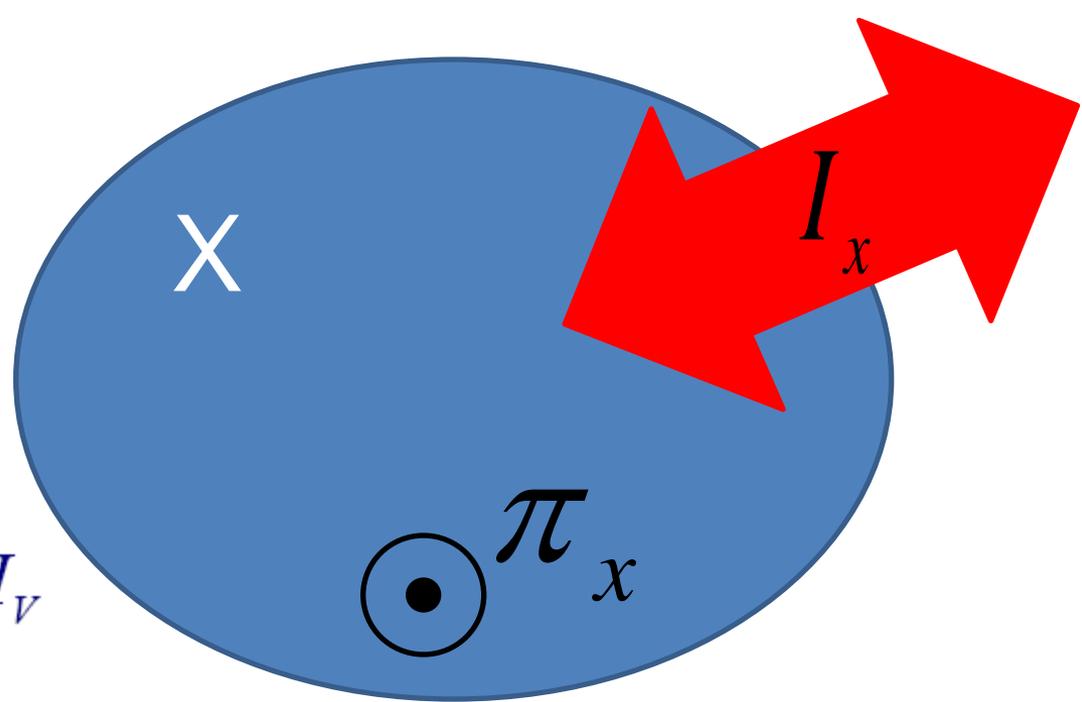
$$dQ / dt = I_Q$$

*meccanica*

$$dp / dt = F$$

$$\frac{dX}{dt} = I_x + \pi_x$$

# Equazioni di bilancio:



*idraulica*

$$dV / dt = I_V$$

*elettricit *

$$dQ/dt = I_Q$$

*meccanica*

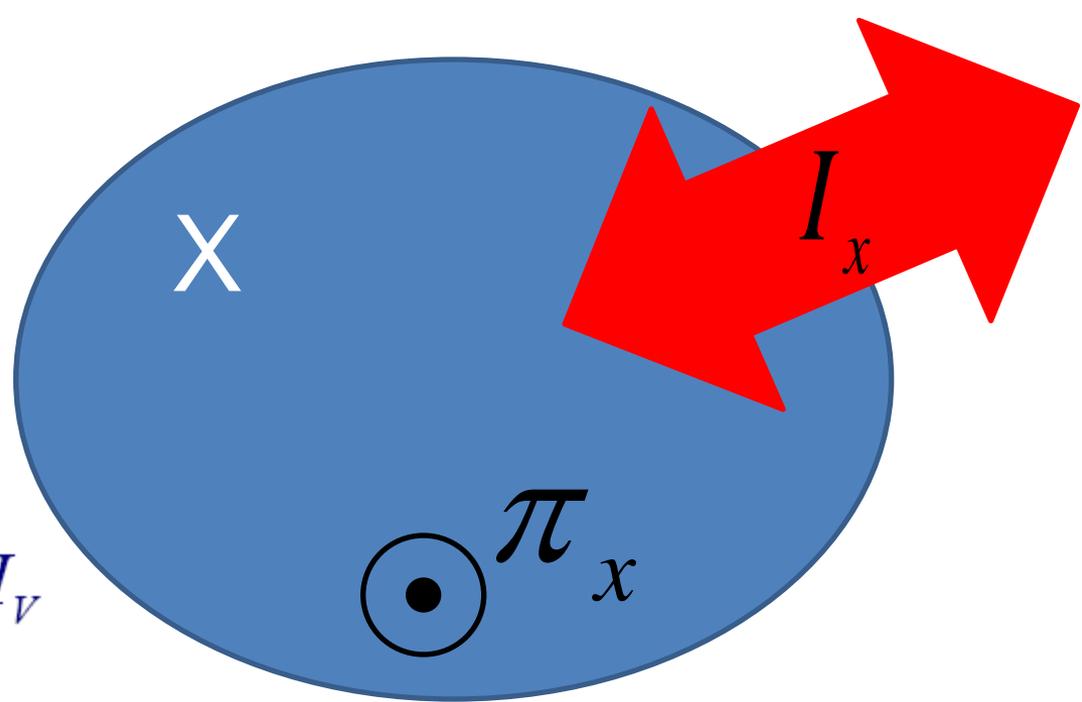
$$dp/dt = F$$

*termologia*

$$dS/dt = I_S + \pi_S$$

$$\frac{dX}{dt} = I_x + \pi_x$$

# Equazioni di bilancio:



*idraulica*

$$dV/dt = I_V$$

*elettricit *

$$dQ/dt = I_Q$$

*meccanica*

$$dp/dt = F$$

*termologia*

$$dS/dt = I_S + \pi_S$$

*chimica*

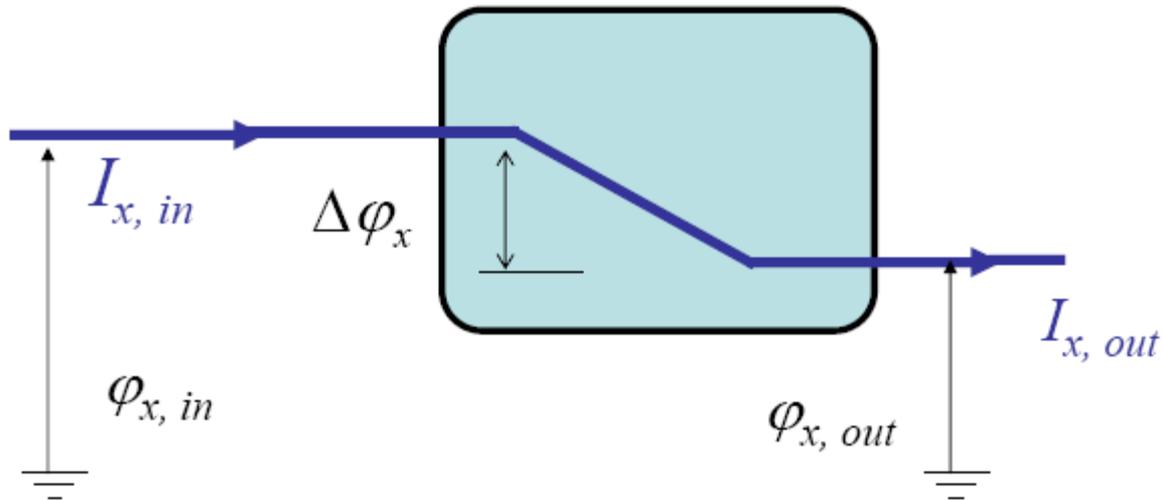
$$dn/dt = I_n + \pi_n$$

$$\frac{dX}{dt} = I_x + \pi_x$$

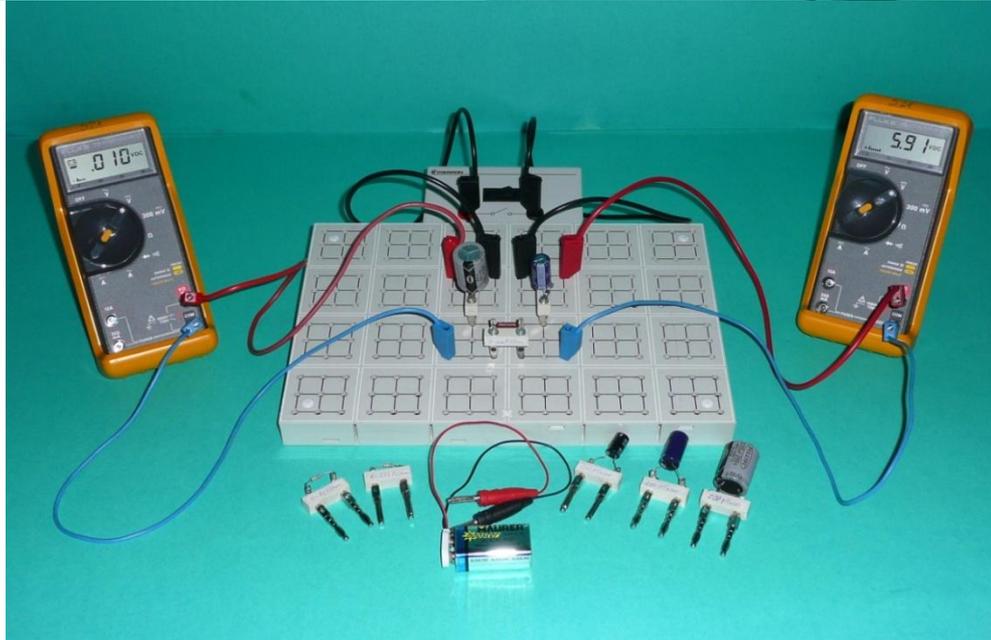
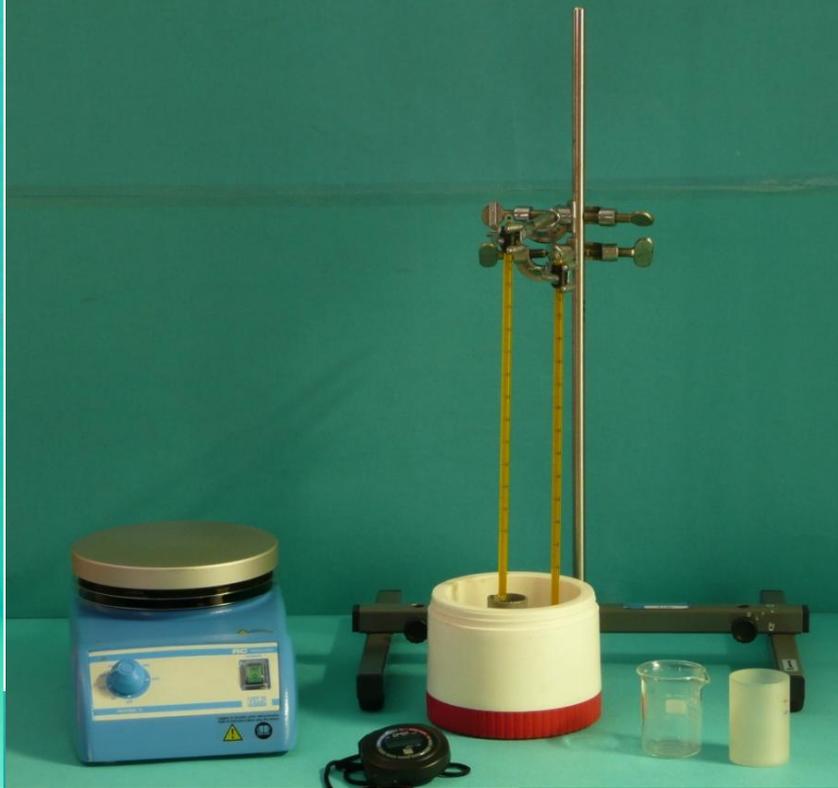
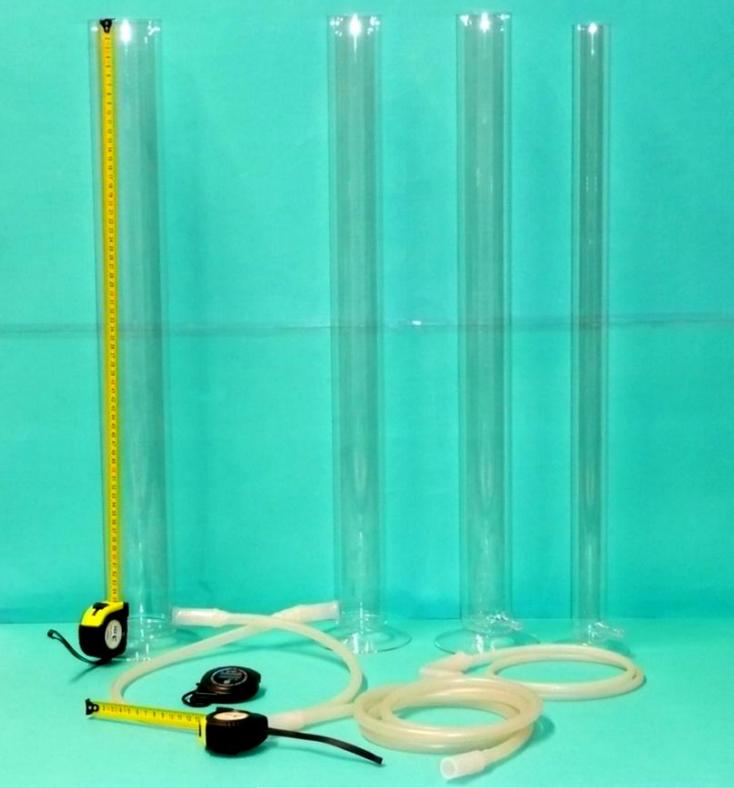
# Grandezze intensive

Potenziali generalizzati che possiamo associare a ciascuna delle grandezze estensive e che ne controllano il flusso.

Una grandezza estensiva fluisce spontaneamente da regioni o punti in cui il potenziale ha un certo valore a regioni o punti in cui il potenziale è più basso.



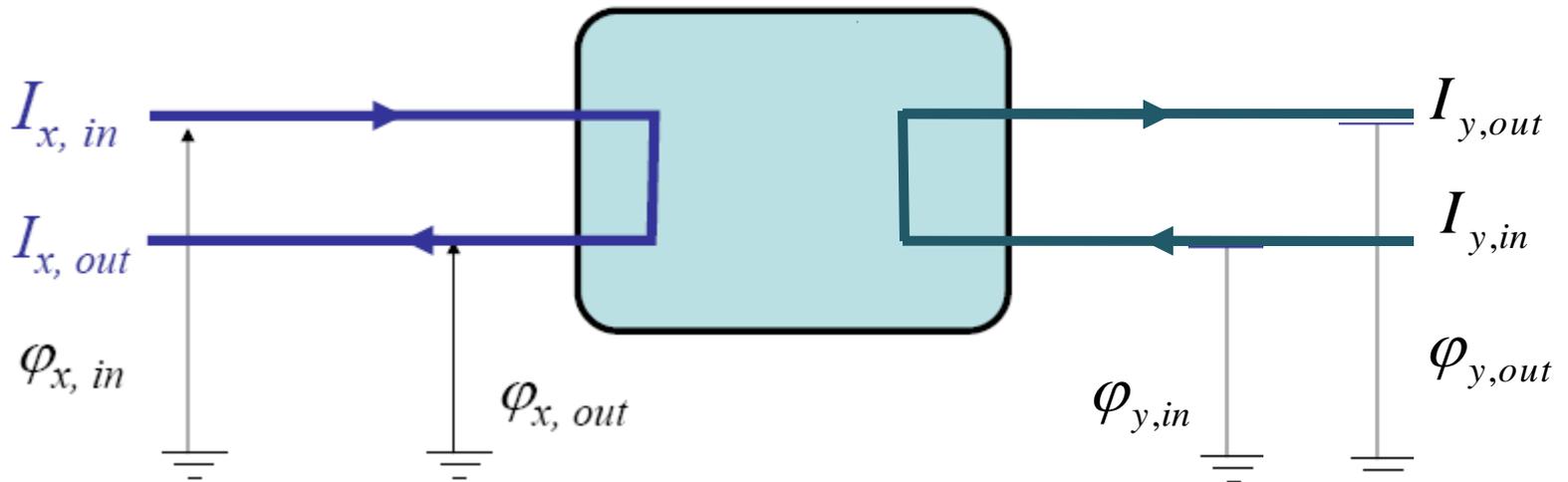
Campo di studio	Grandezza estensiva	Conservata / non conservata	Corrente associata	Grandezza intensiva	“Spinta” al trasferimento
Idraulica	<b>Volume d’acqua <math>V</math></b>	conservata	Corrente d’acqua $I_V$	<b>Pressione <math>P</math></b>	$\Delta P$
Elettricit�	<b>Carica elettrica <math>Q</math></b>	conservata	Corrente elettrica $I_Q$	<b>Potenziale elettrico <math>\varphi</math></b>	$\Delta\varphi$
Meccanica (traslazioni)	<b>Quantit� di moto <math>p_x</math></b>	conservata	Corrente meccanica (traslazioni) $I_{p_x}$ (o forza $F$ )	<b>Velocit� <math>v_x</math></b>	$\Delta v_x$
Meccanica (rotazioni)	<b>Quantit� di moto angolare <math>L_x</math></b>	conservata	Corrente meccanica (rotazioni) $I_{L_x}$ (o momento della forza $M_{mecc}$ )	<b>Velocit� angolare <math>\omega_x</math></b>	$\Delta\omega_x$
Termologia	<b>Entropia <math>S</math></b>	non conservata	Corrente d’entropia $I_S$	<b>Temperatura assoluta <math>T</math></b>	$\Delta T$
Chimica (trasformazioni della materia)	<b>Quantit� di sostanza <math>n</math></b>	non conservata	Corrente chimica (o di quantit� di sostanza) $I_n$	<b>Potenziale chimico <math>\mu</math></b>	$\Delta\mu$



Grandezza estensiva  
Grandezza intensiva  
Flusso

Capacità  
Resistenza

Quando una grandezza estensiva subisce una caduta di potenziale vi è sempre la possibilità che una seconda grandezza estensiva venga elevata a un valore più alto del rispettivo potenziale.



Esempi: pompe per l' acqua, pompa di calore, dinamo, cella elettrochimica ...

**DA CHE COSA SONO REGOLATI QUESTI ACCOPPIAMENTI?**

La “contabilità” degli accoppiamenti è svolta dalla grandezza che noi chiamiamo **energia**.

Essa ha il ruolo di ***principio regolatore***: *in una data* situazione, l’energia determina i tassi di accoppiamento tra i vari aspetti (meccanici, termici, elettrici, idraulici, chimici, ecc.) coinvolti nel processo considerato.

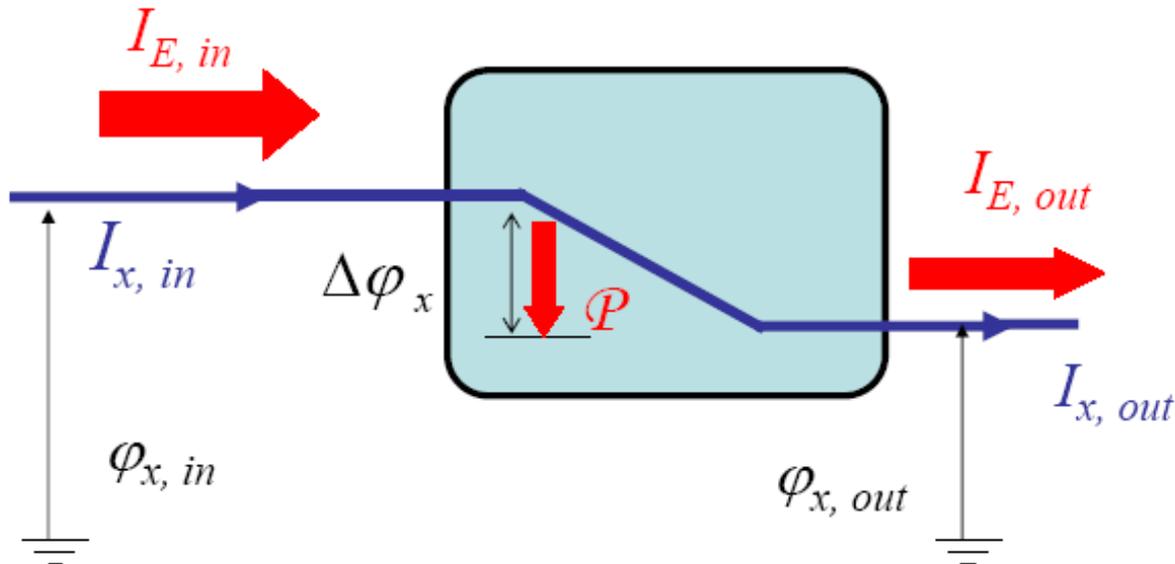
Può succedere che in un dato processo l’accoppiamento non possa essere realizzato in maniera “ideale” o risulti addirittura impossibile: allora, invariabilmente, vi è produzione di entropia e il processo in questione si rivela essere irreversibile. Tali processi vengono chiamati processi dissipativi.

# Forme di trasferimento dell' ENERGIA

La potenza  $P$ , cioè la quantità di energia che per unità di tempo viene richiesta o messa a disposizione in un determinato processo, si trova sperimentalmente che è data da

$$P = I_x \Delta\varphi_x = I_x (\varphi_{in} - \varphi_{out}) = I_{E,in} - I_{E,out}$$

Corrisponde alla quantità di energia che istante per istante, nel processo considerato, cambia di portatore ed è pari alla differenza tra le intensità della corrente di energia in entrata e in uscita.



La grandezza intensiva coniugata da una misura di quanto il portatore sia carico di energia

Campo di studio	Grandezza estensiva	Grandezza intensiva	Corrente associata	Trasporto di energia	Scambi di energia
Idraulica	<b>Volume d'acqua</b> $V$	<b>Pressione</b> $P$	Corrente d'acqua $I_V$	$I_E = I_V \cdot P$	$\mathcal{P} = I_V \cdot \Delta P$
Elettricit�	<b>Carica elettrica</b> $Q$	<b>Potenziale elettrico</b> $\varphi$	Corrente elettrica $I_Q$	$I_E = I_Q \cdot \varphi$	$\mathcal{P} = I_Q \cdot \Delta \varphi$
Meccanica (traslazioni)	<b>Quantit� di moto</b> $p_x$	<b>Velocit�</b> $v_x$	Corrente meccanica (traslazioni) $I_{p_x}$ (o forza $F$ )	$I_E = I_{p_x} \cdot v_x$	$\mathcal{P} = I_{p_x} \cdot \Delta v_x$
Meccanica (rotazioni)	<b>Quantit� di moto angolare</b> $L_x$	<b>Velocit� angolare</b> $\omega_x$	Corrente meccanica (rotazioni) $I_{L_x}$ (o momento della forza $M_{mecc}$ )	$I_E = I_{L_x} \cdot \omega_x$	$\mathcal{P} = I_{L_x} \cdot \Delta \omega_x$
Termologia	<b>Entropia</b> $S$	<b>Temperatura assoluta</b> $T$	Corrente d'entropia $I_S$	$I_E = I_S \cdot T$	$\mathcal{P} = I_S \cdot \Delta T$
Chimica	<b>Quantit� chimica</b> $n$	<b>Potenziale chimico</b> $\mu$	Corrente chimica $I_n$ rispettivamente tasso di trasformazione $\pi_n$	$I_E = I_n \cdot \mu$	$\mathcal{P} = I_n \cdot \Delta \mu$ $\mathcal{P} = \pi_{n(R)} \cdot \Delta \mu$

E' comodo parlare di latte in bottiglia e di latte nelle confezioni di plastica. E' completamente inutile tuttavia chiamare il processo di trasferirlo o il semplice berlo "trasformazione del latte", o definire il contenuto di un bicchiere o dello stomaco come differenti "forme di latte". La situazione è identica quando parliamo dell'energia.

NO FORME DI ENERGIA

NO TRASFORMAZIONE DELL'ENERGIA

NO SORGENTI DI ENERGIA

NO DISSPAZIONE DELL'ENERGIA

NO DEGRADO DELL'ENERGIA

NO ENERGIA PURA

SI FORME DI SCAMBIO O DI IMMAGAZZINAMENTO

## Portatori di energia:

Carburanti, combustibili, alimenti

Elettricità

Luce

Quantità di moto

Momento angolare

Acqua calda, aria calda

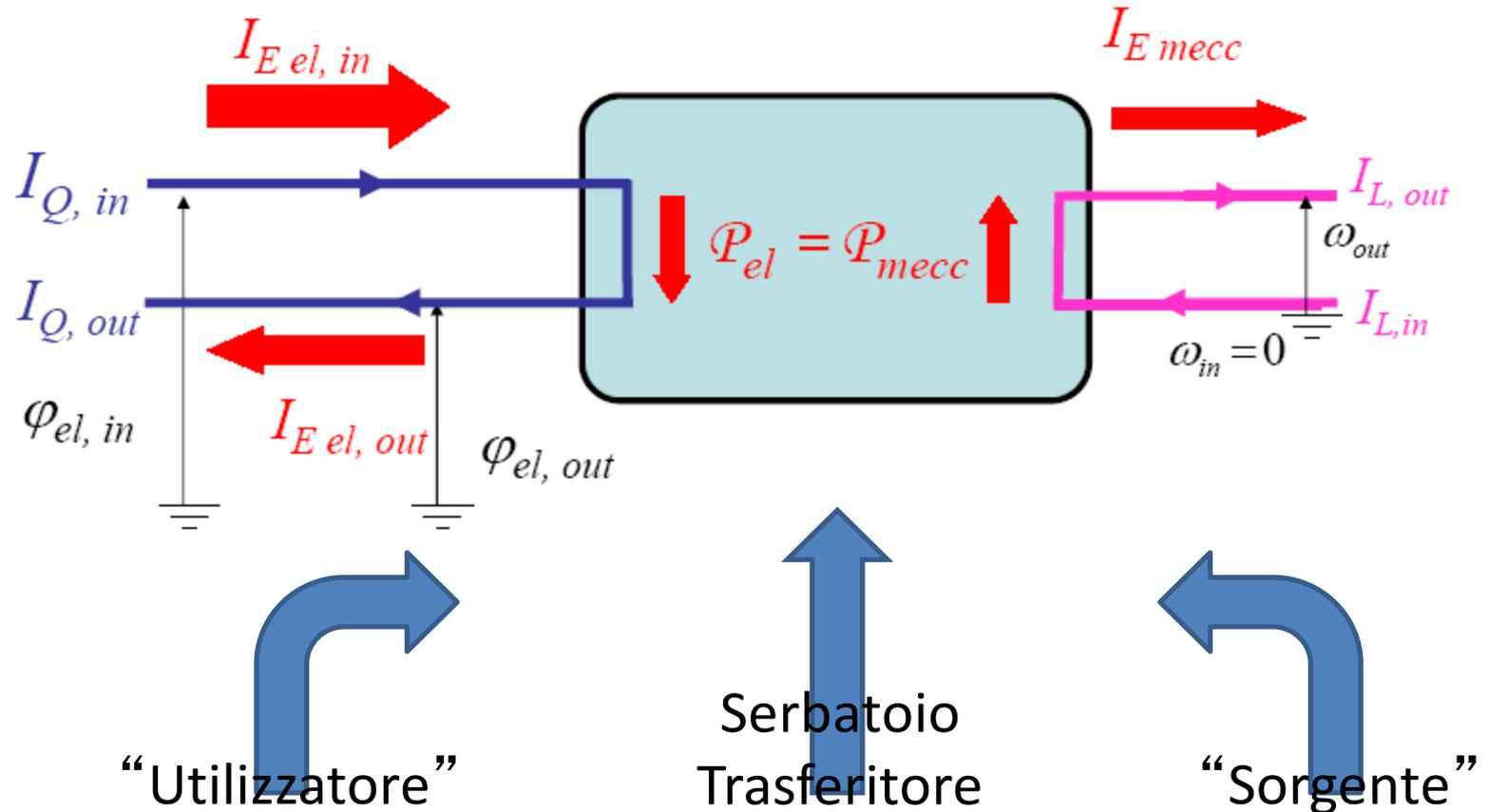
Acqua in pressione, aria in pressione

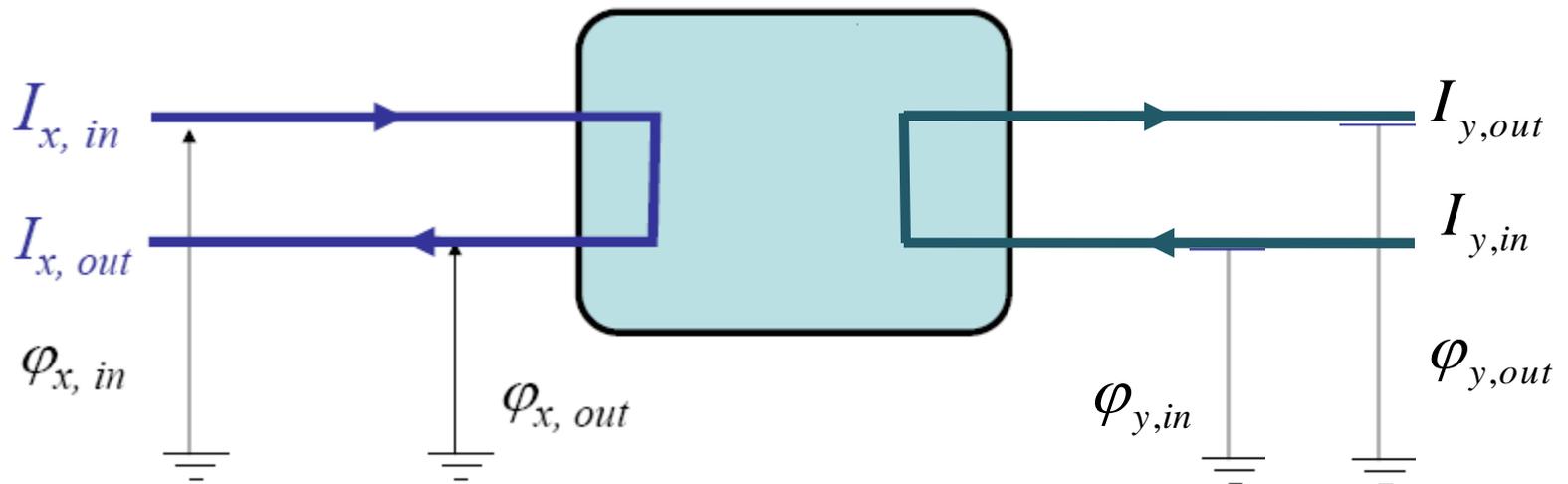
Acqua in movimento, aria in movimento

Trasferitore di energia	portatore in entrata	portatore in uscita
motore elettrico	elettricità	q. di moto angolare
lampadina	"	luce
stufetta elettrica	"	aria calda
scaldabagno	"	acqua calda
pompa elettrica	"	acqua in pressione
ventilatore	"	aria in movimento
compressore diesel	combustibile	aria compressa
centrale a carbone	"	elettricità
motore a benzina	"	q. di moto angolare
lampada a petrolio	"	luce
stufa a olio	"	aria calda
caldaia	"	acqua calda
cella solare	luce	elettricità
radiometro	"	q. di moto angolare
collettore solare	"	acqua calda
bosco	"	legno
compressore	quantità di moto	aria compressa
pompa idraulica	angolare	acqua in pressione
dinamo, generatore	"	elettricità
elica	"	aria in movimento
turbina idraulica	acqua sotto pressione	quantità di moto angolare
mulino a vento	aria in movimento	quantità di moto angolare

Processo, ossia una trasformazione in cui l'energia passa da un portatore a un altro.

Esempio: motore elettrico ideale

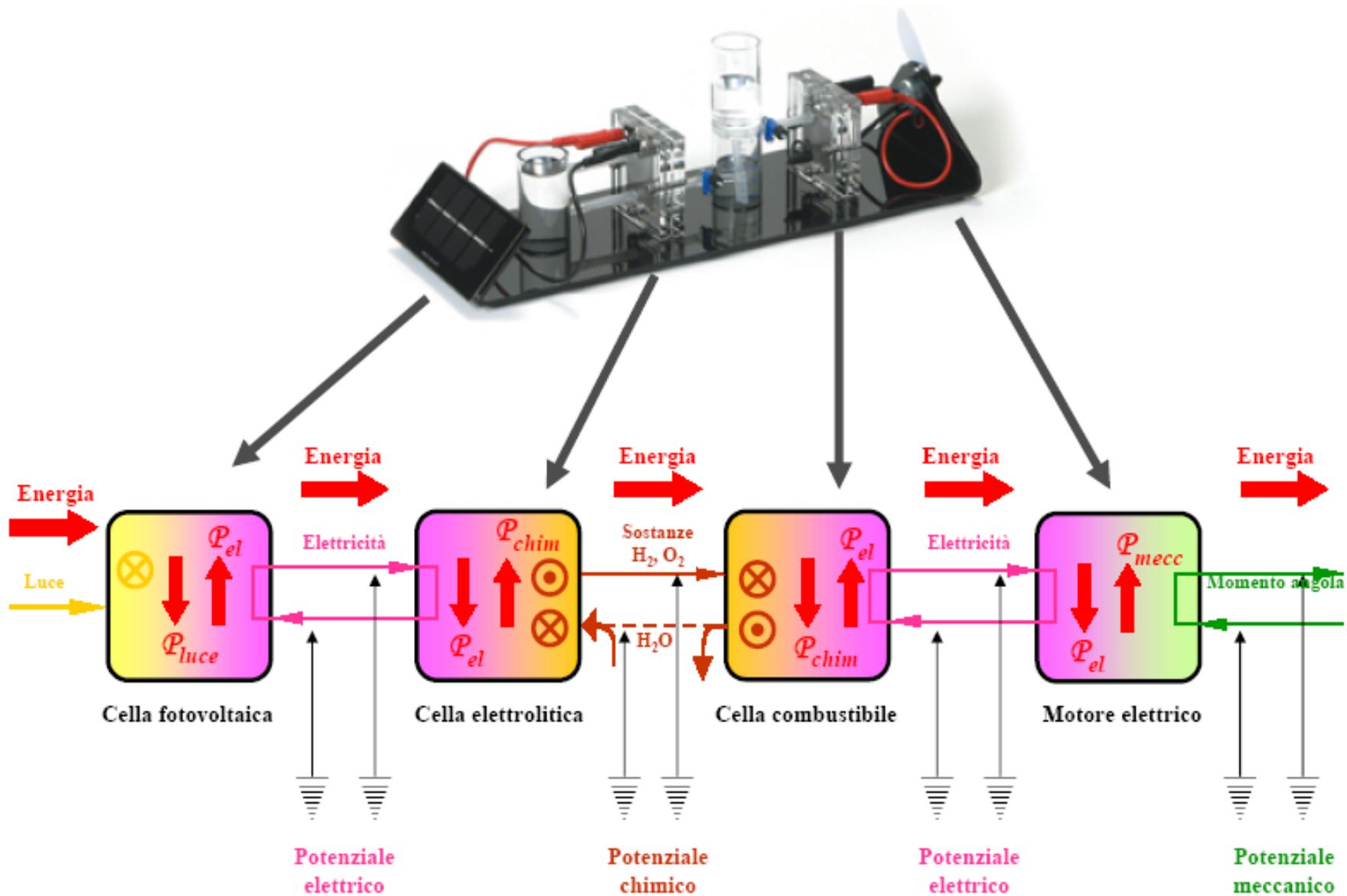




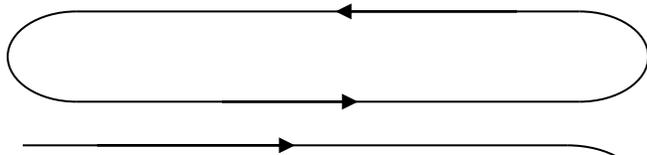
Esempio:

cella fotovoltaica +  
cella elettrolitica +  
cella a combustibile +  
motore elettrico (ideale)

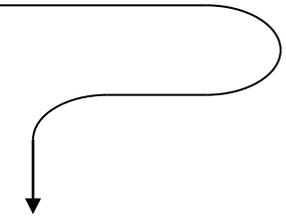




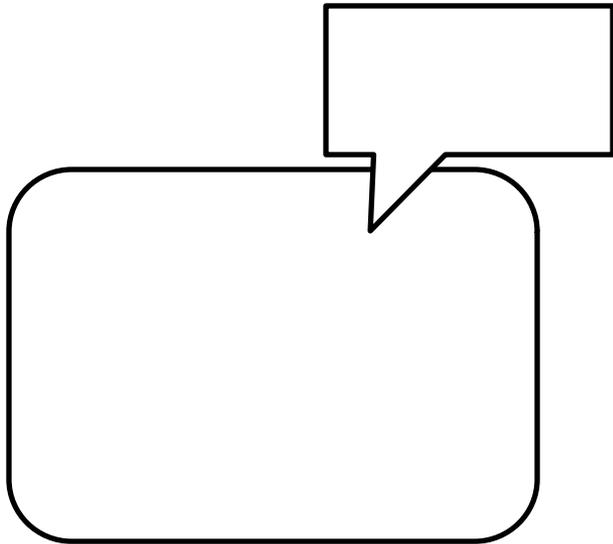
# Convenzioni sui simboli



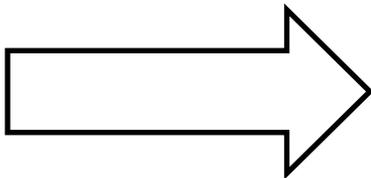
Portatore di energia



Sorgente, trasferitore, utilizzatore, serbatoio

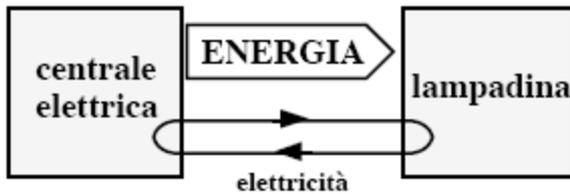
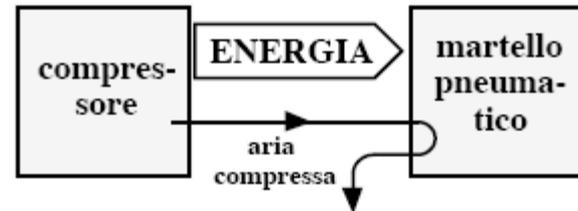
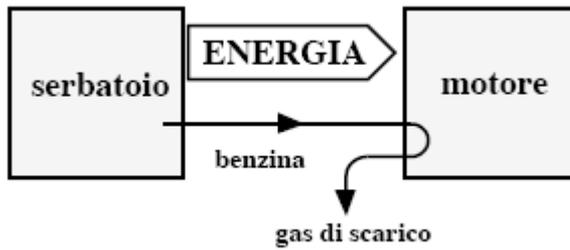
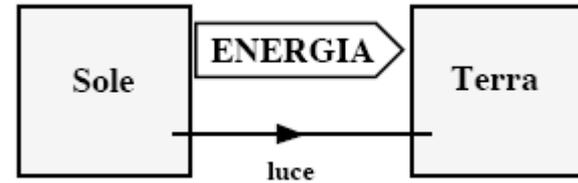


Nome del sistema

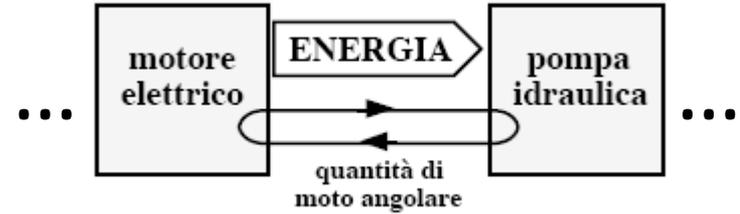
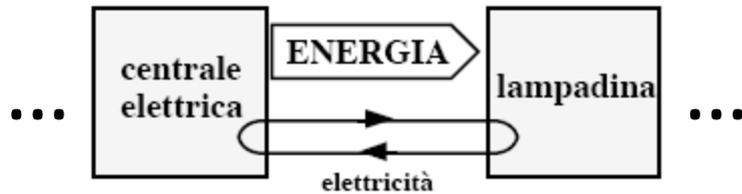
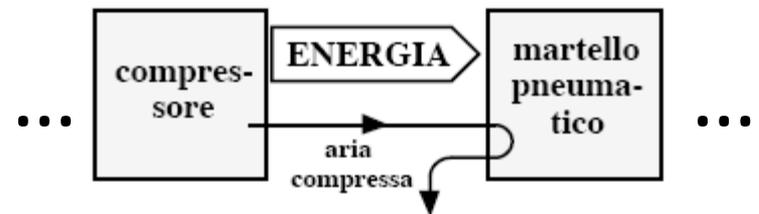
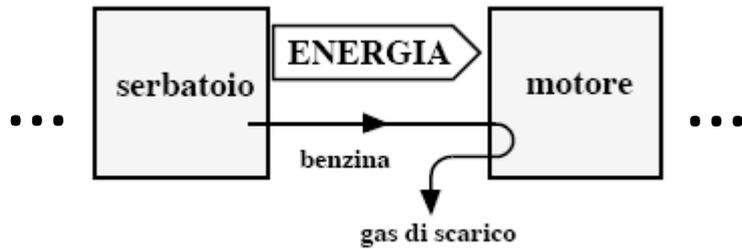
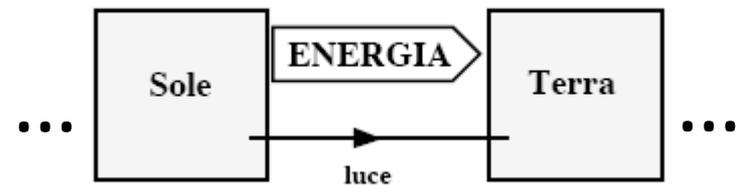


Flusso di energia

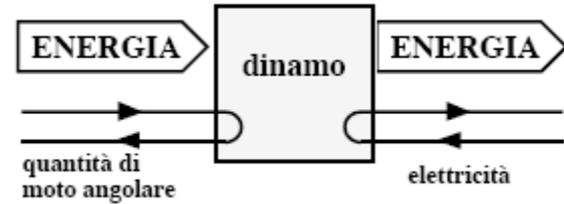
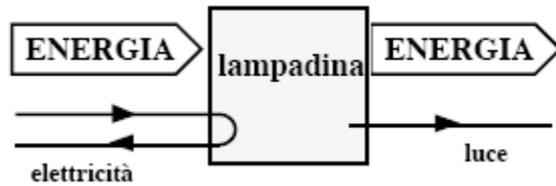
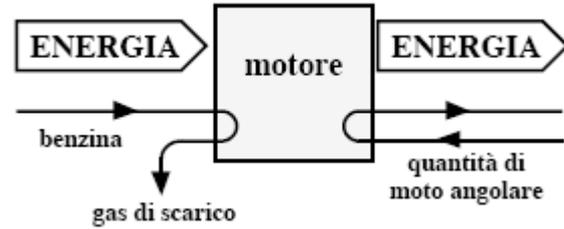
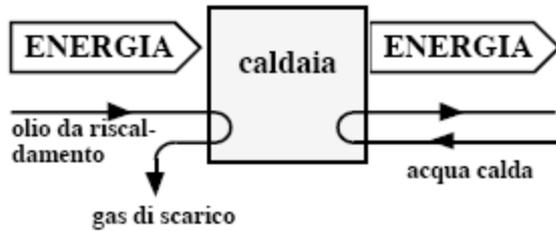
# Diagrammi di flusso dell'energia



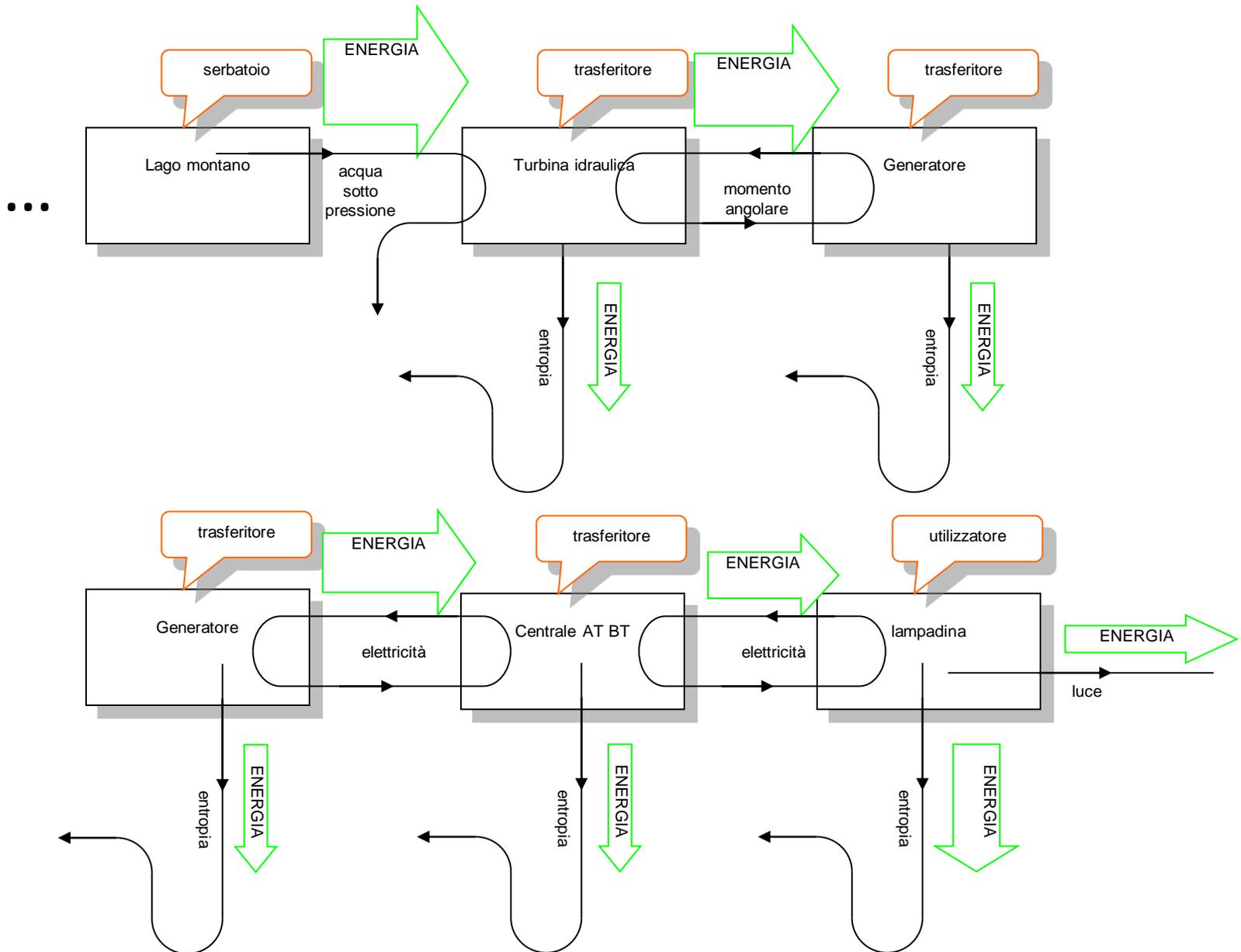
# Diagrammi di flusso dell'energia



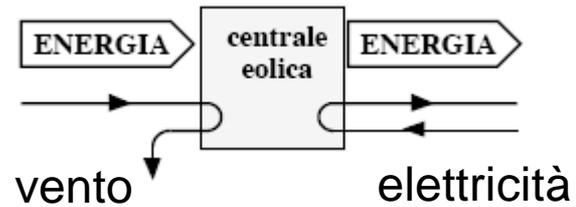
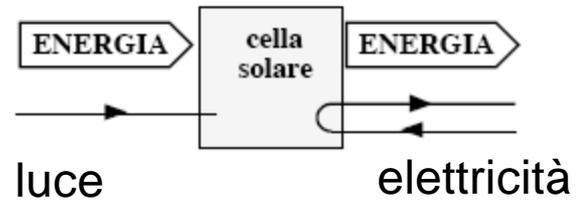
# Trasferitori di energia



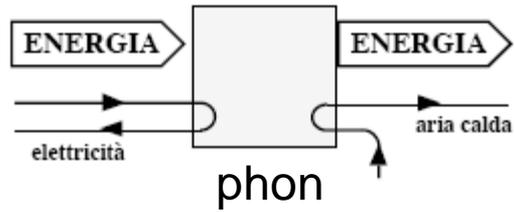
# Esempio: diagramma di flusso di energia di una lampadina



Quali sono i portatori per questi trasferitori?



Di che trasferitori di energia si tratta?



Di che trasferitori di energia si tratta?

