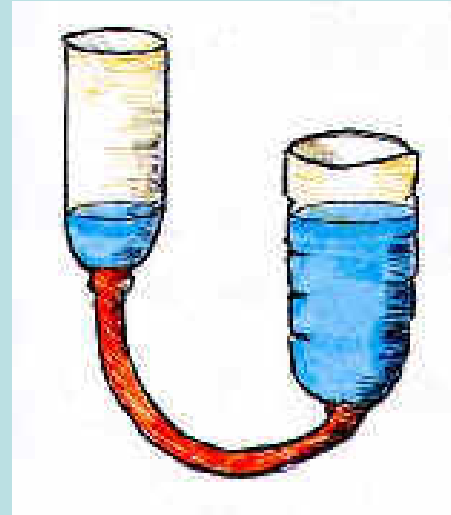


L'acqua, un pretesto per ...

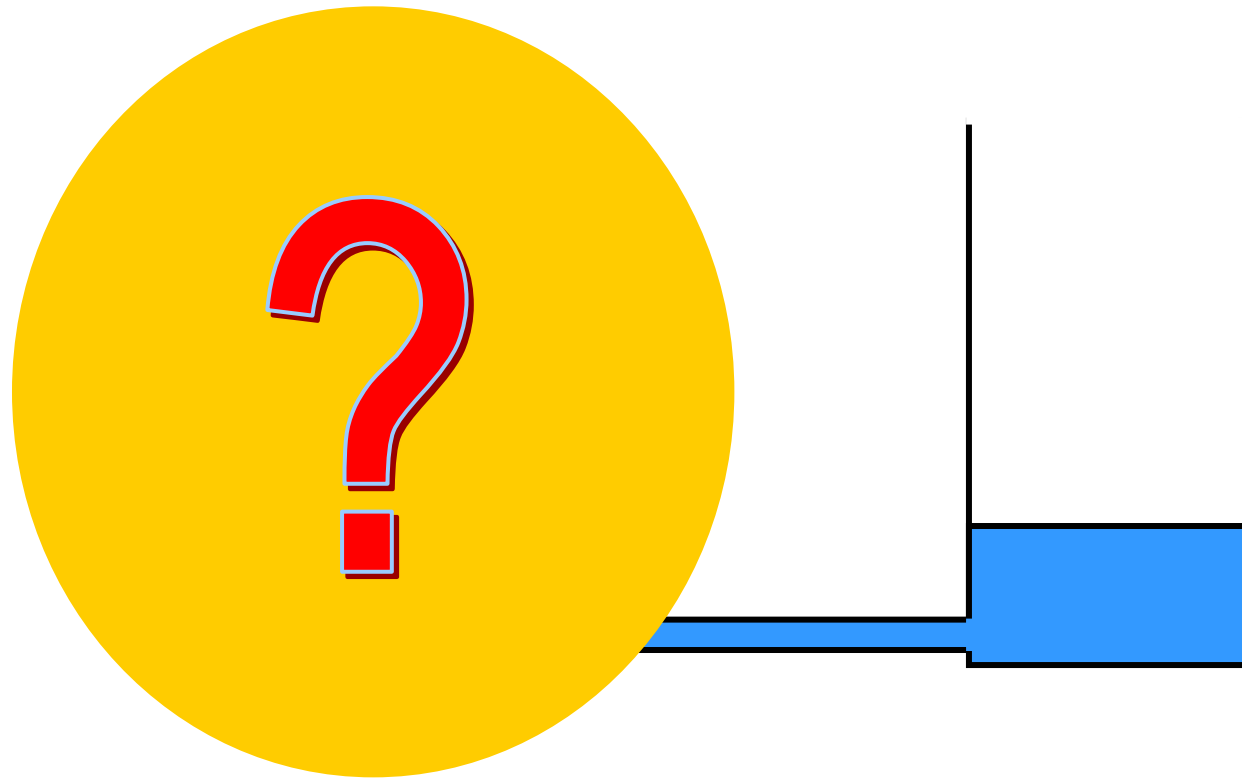


studiare una cosa e impararne quattro!

Michele Bernasconi , Paolo Lubini

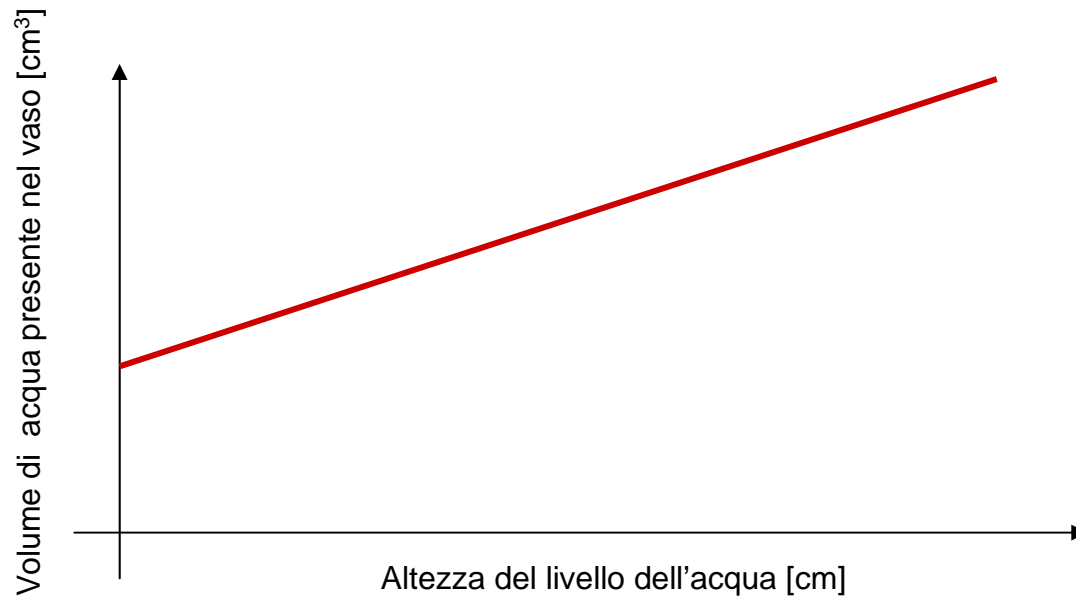
SM Breganzona, 12 marzo 2008

# SITUAZIONE-PROBLEMA



**Qual è la sezione del recipiente nascosto?**

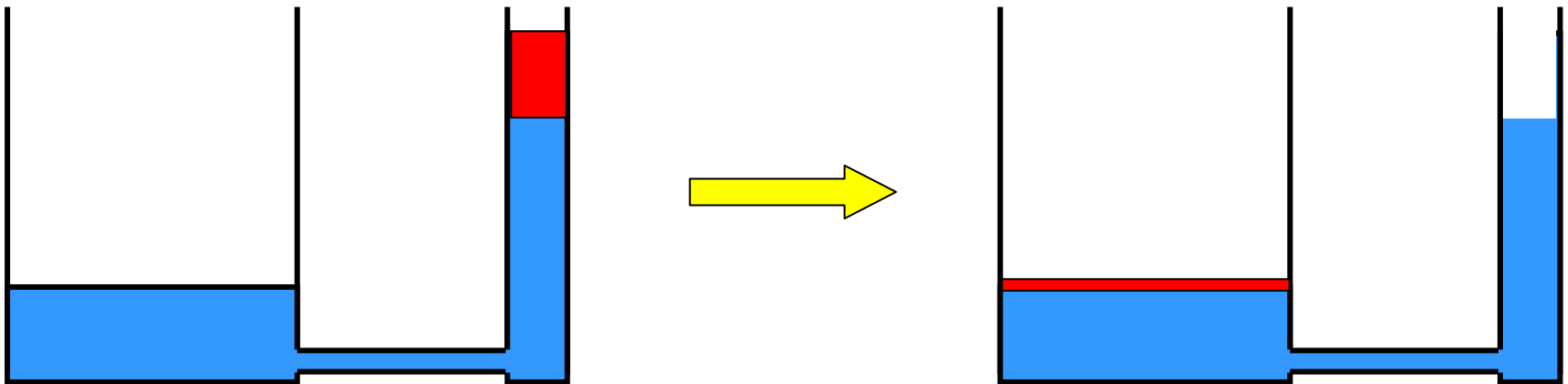
Volume totale versato (mL)	Altezza raggiunta nel vaso 1 (cm)	Volume presente nel vaso 1 (mL)	Altezza raggiunta nel vaso 2 (cm)	Volume presente nel vaso 2 (mL)
0	0	0	0	0
200				
400				
600				
800				
1000				
1200				



# Quali ipotesi implicite ci hanno permesso di risolvere il problema?

Abbiamo assunto che il volume d'acqua ha le seguenti proprietà:

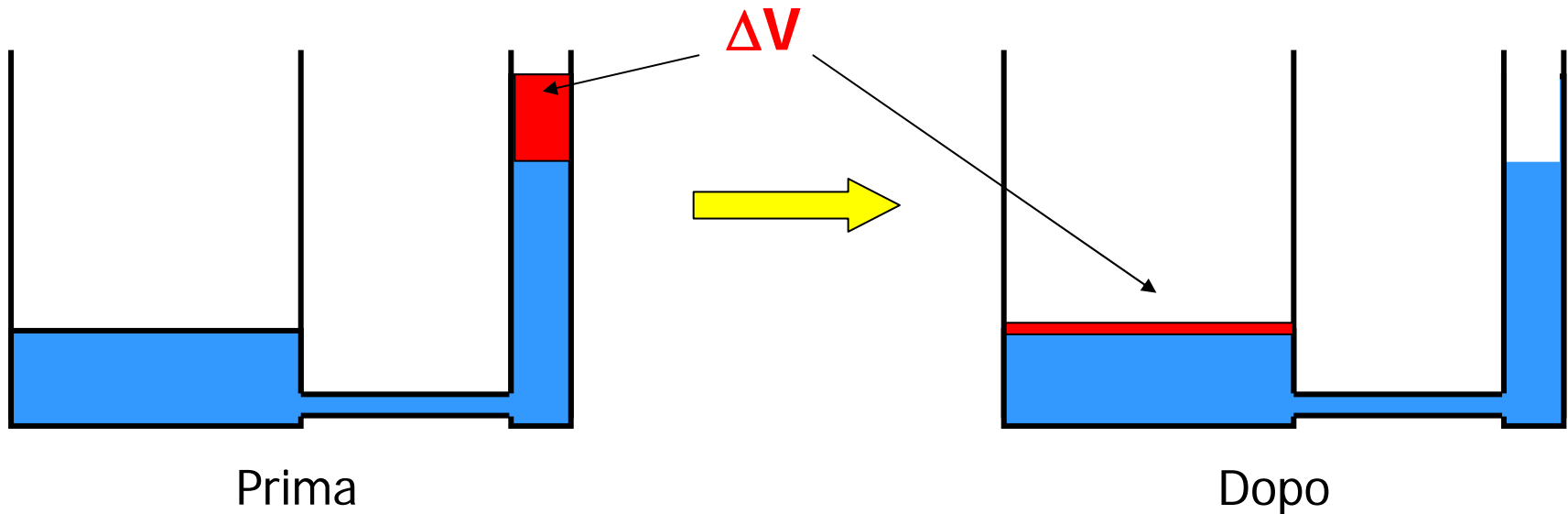
- è soggetto a una legge di bilancio;



# Quali ipotesi implicite ci hanno permesso di risolvere il problema?

Abbiamo assunto che il volume d'acqua ha le seguenti proprietà:

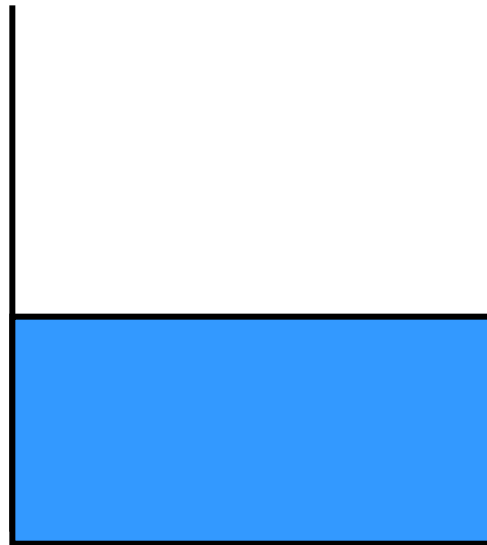
- è conservato: non può essere né prodotto né distrutto;  
non è comprimibile;



Quali ipotesi implicite ci hanno permesso di risolvere il problema?

Abbiamo assunto che il volume d'acqua ha le seguenti proprietà:

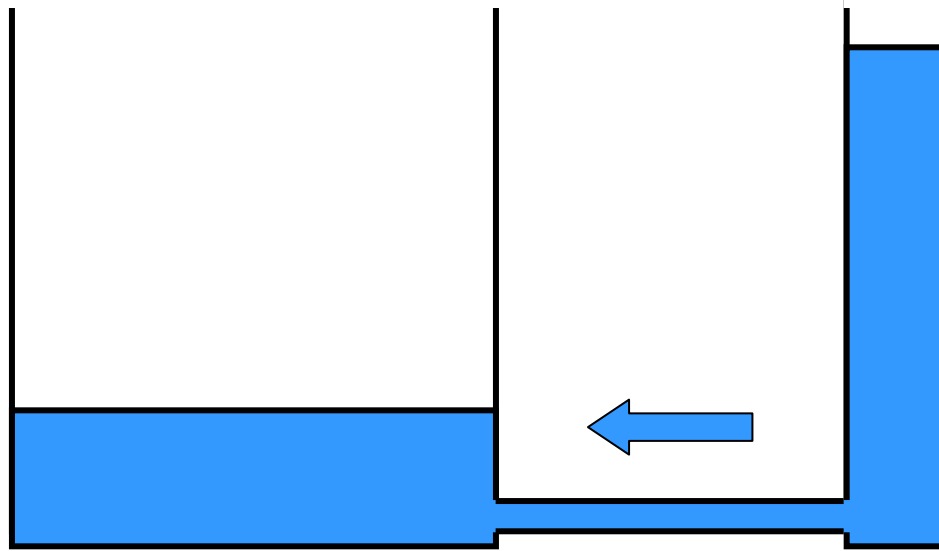
- può essere immagazzinato;



# Quali ipotesi implicite ci hanno permesso di risolvere il problema?

Abbiamo assunto che il volume d'acqua ha le seguenti proprietà:

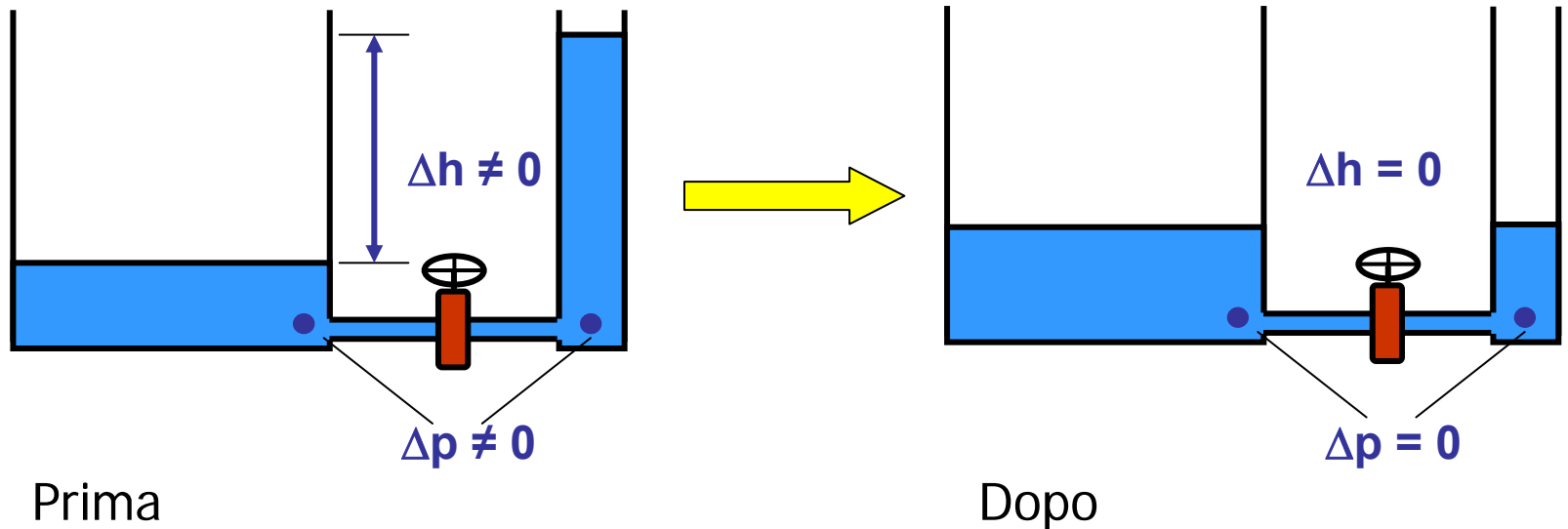
- può fluire da un contenitore a un altro; fluisce da punti a pressione maggiore verso punti a pressione minore.



# Quali ipotesi implicite ci hanno permesso di risolvere il problema?

Abbiamo assunto che il volume d'acqua ha le seguenti proprietà:

- una corrente d'acqua è generata da una differenza di pressione (**resistenza** permettendo). Pertanto in un sistema di vasi comunicanti l'acqua si dispone allo stesso livello.
- Il tempo necessario per raggiungere l'equilibrio è dell'ordine di qualche secondo

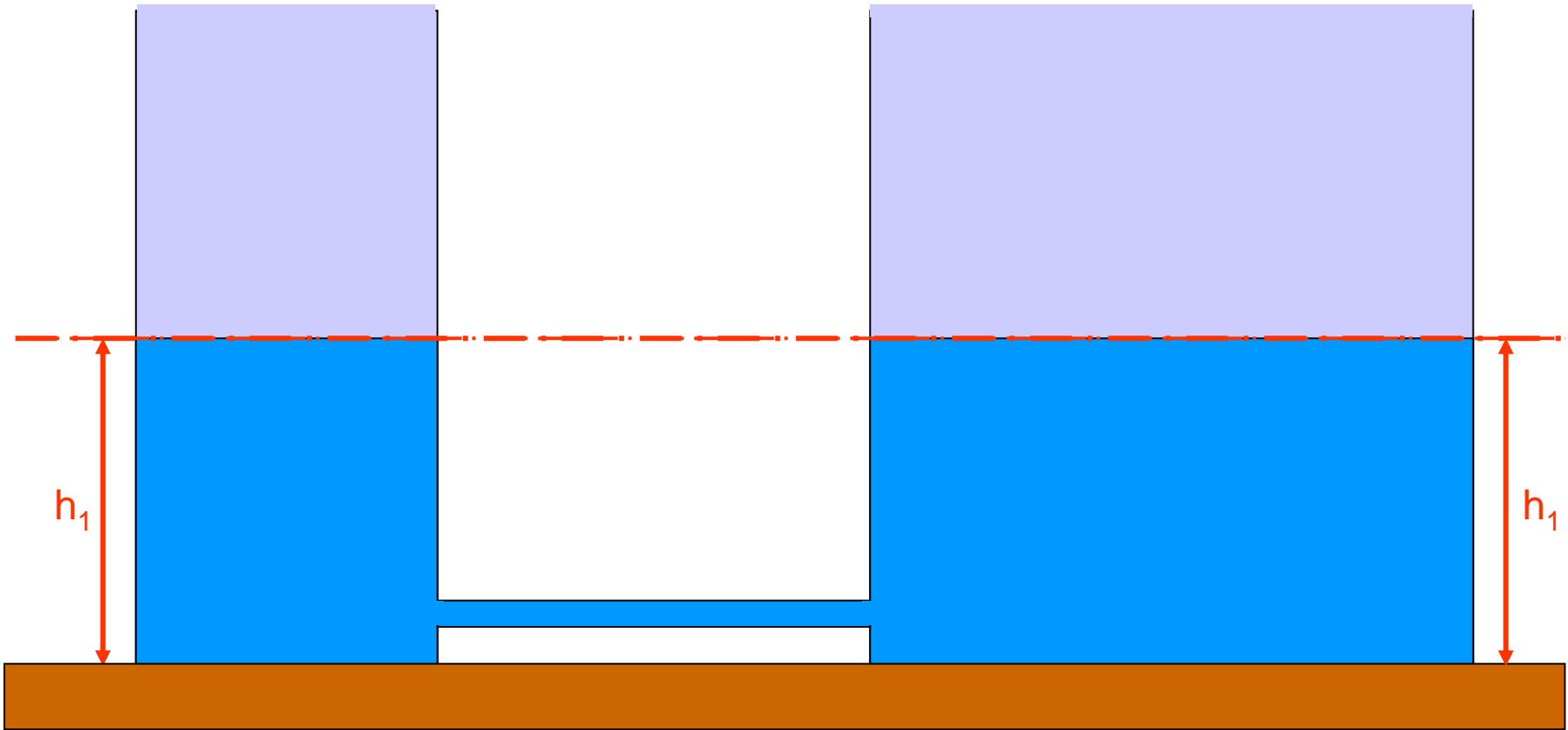


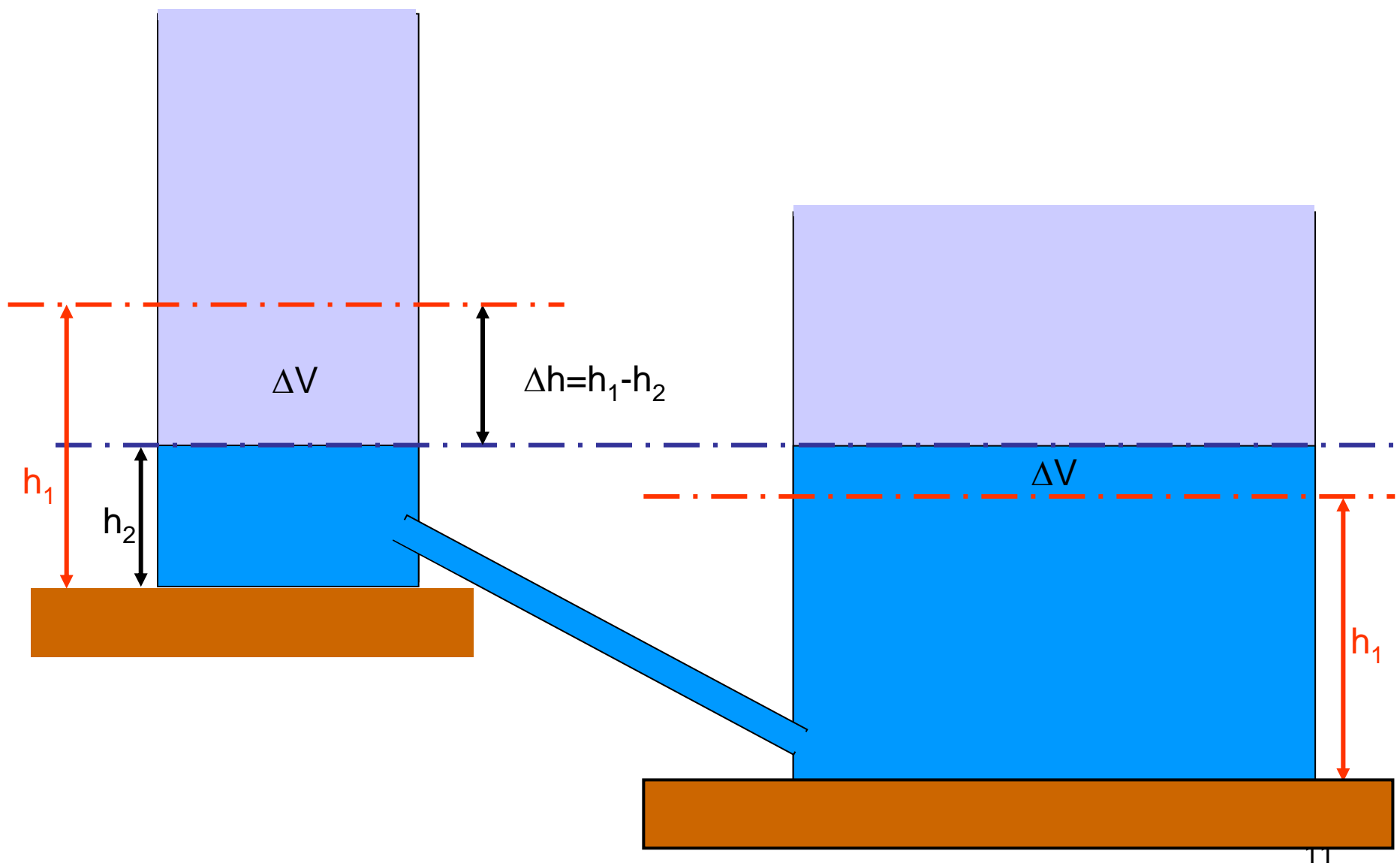


# Quali ipotesi implicite ci hanno permesso di risolvere il problema?

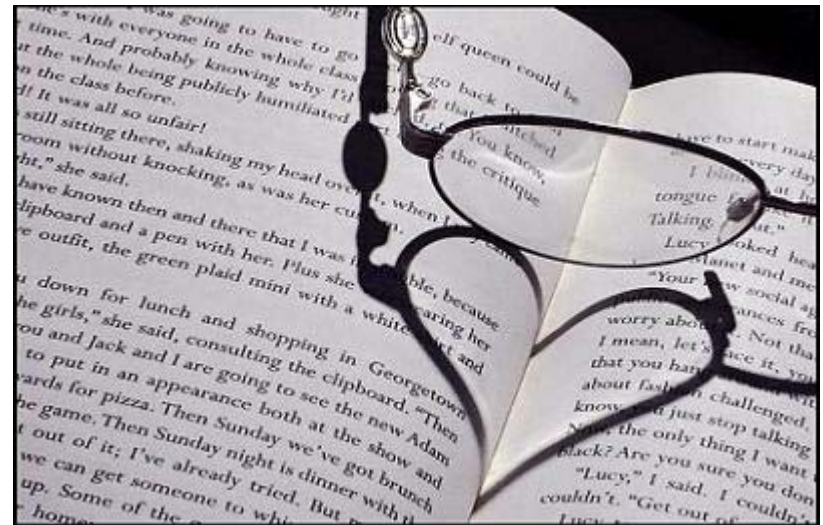
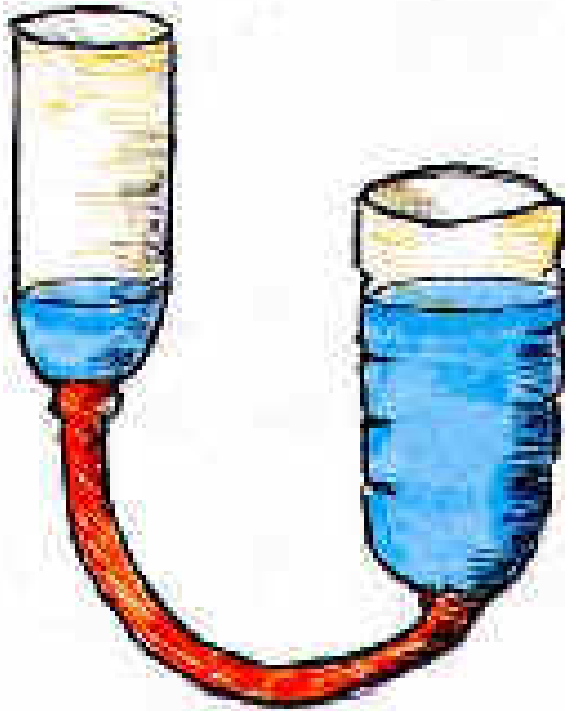
Abbiamo assunto che il volume d'acqua ha le seguenti proprietà:

- è soggetto a una legge di bilancio;
- è conservato: non può essere né prodotto né distrutto;
- non è comprimibile;
- può essere immagazzinato;
- può fluire da un contenitore a un altro; fluisce da punti a pressione maggiore verso punti a pressione minore;
- una corrente d'acqua è generata da una differenza di pressione (**resistenza permettendo**). Pertanto in un sistema di vasi comunicanti l'acqua si dispone allo stesso livello.
- Il tempo necessario per raggiungere l'equilibrio è dell'ordine di qualche secondo.

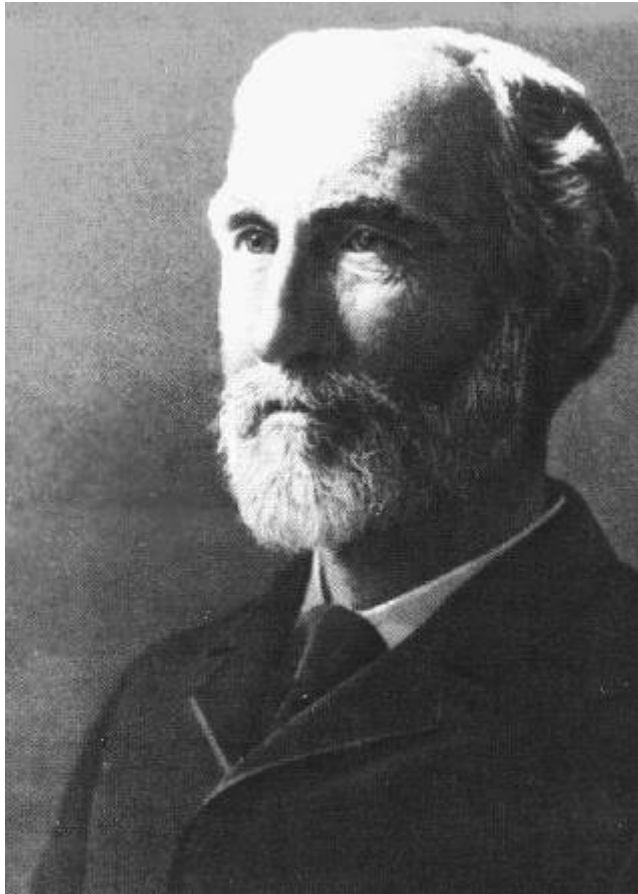




# Il gioco delle analogie nella descrizione dei fenomeni naturali



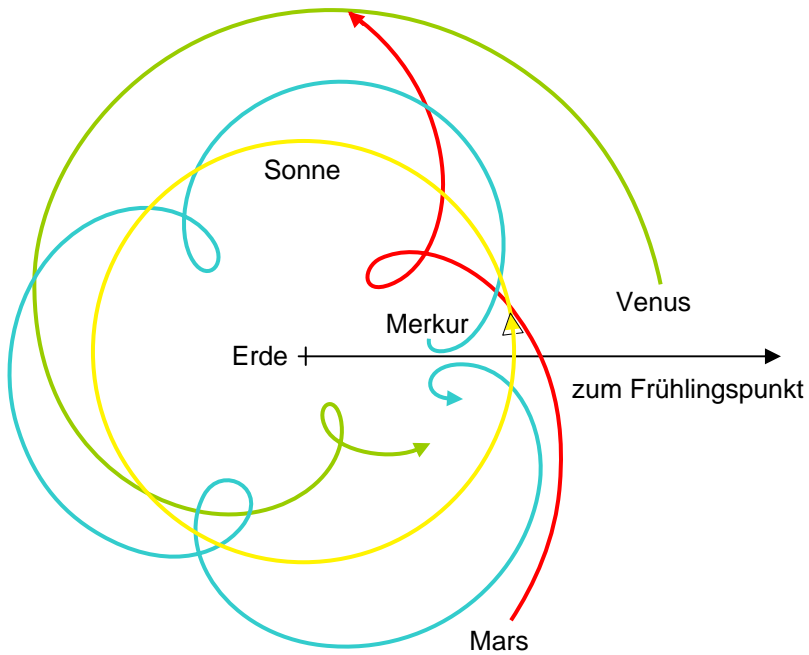
Spinta, corrente, resistenza e ... equazione di bilancio



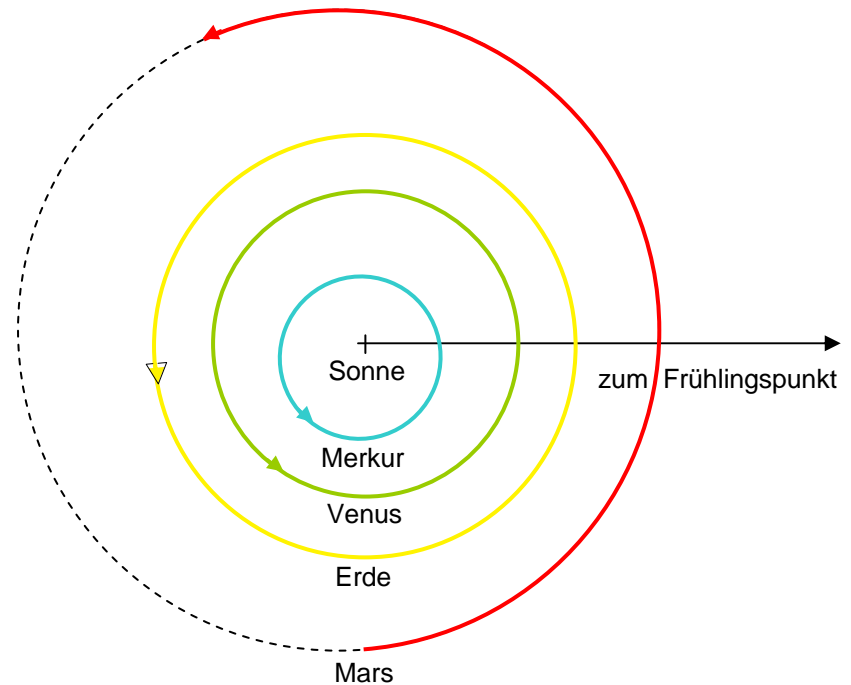
*Josiah Willard Gibbs  
(1839-1903)*

*Uno degli obiettivi della  
ricerca applicata ... è di  
trovare il punto di vista  
dal quale l'oggetto di  
studio si rivela nella sua  
massima semplicità.*

# Perché complicare le cose semplici?



**Orbita del Sole e dei pianeti (nel periodo aprile 2005 – aprile 2006) da una prospettiva geocentrica (sopra) e eliocentrica (a lato).**



# L'idraulica come pretesto per introdurre alcune idee fondamentali

**Bilancio**

**Sistema**

**Quantità  
bilanciabile**

**Capacità**

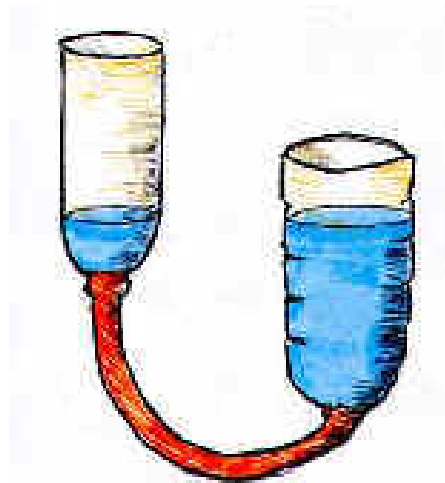
**Intensità di corrente**

**Pompa  
(creare differenze)**

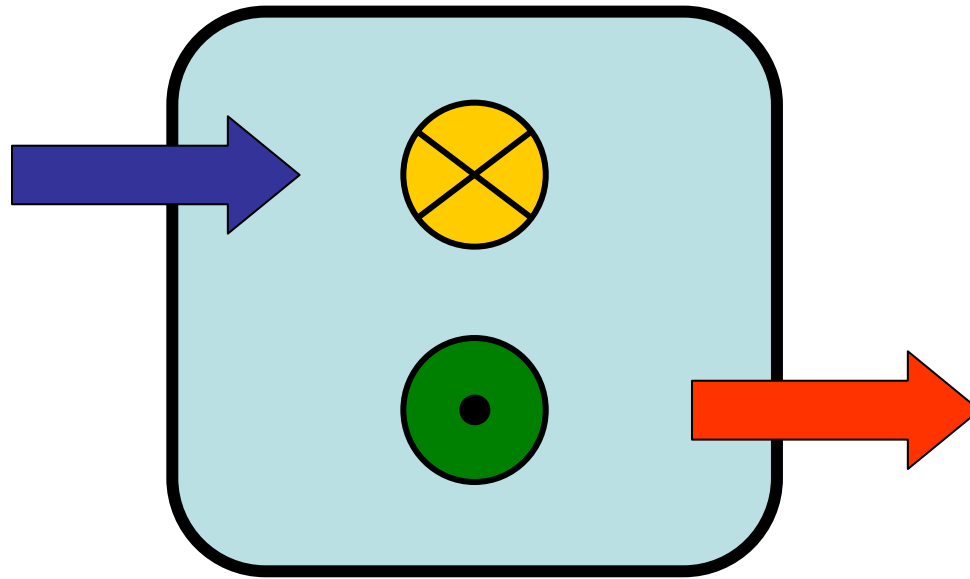
**Spinta  
(differenza)**

**Regime  
stazionario**

**Equilibrio  
(assenza di differenze)**



# L'idea di equazione di bilancio



All'interno di un sistema chiuso una grandezza estensiva (es. quantità di acqua) può variare nel tempo nei seguenti modi:

**entra nel sistema;**

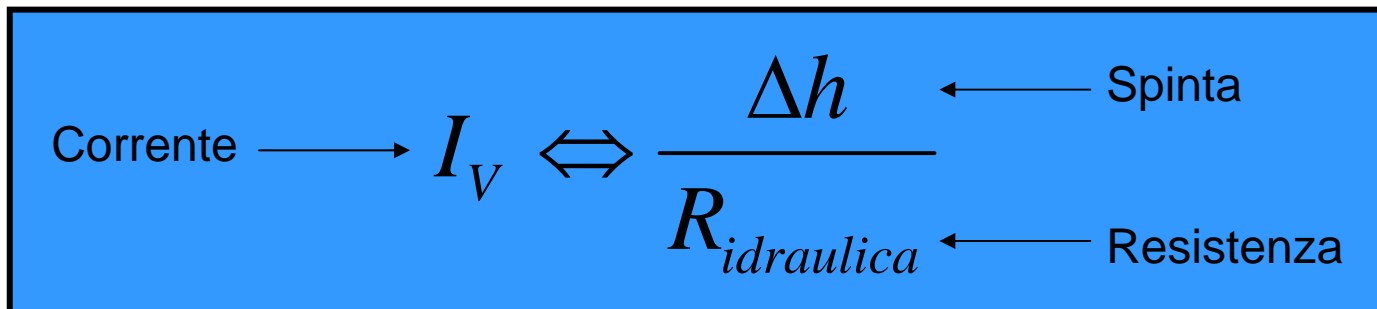
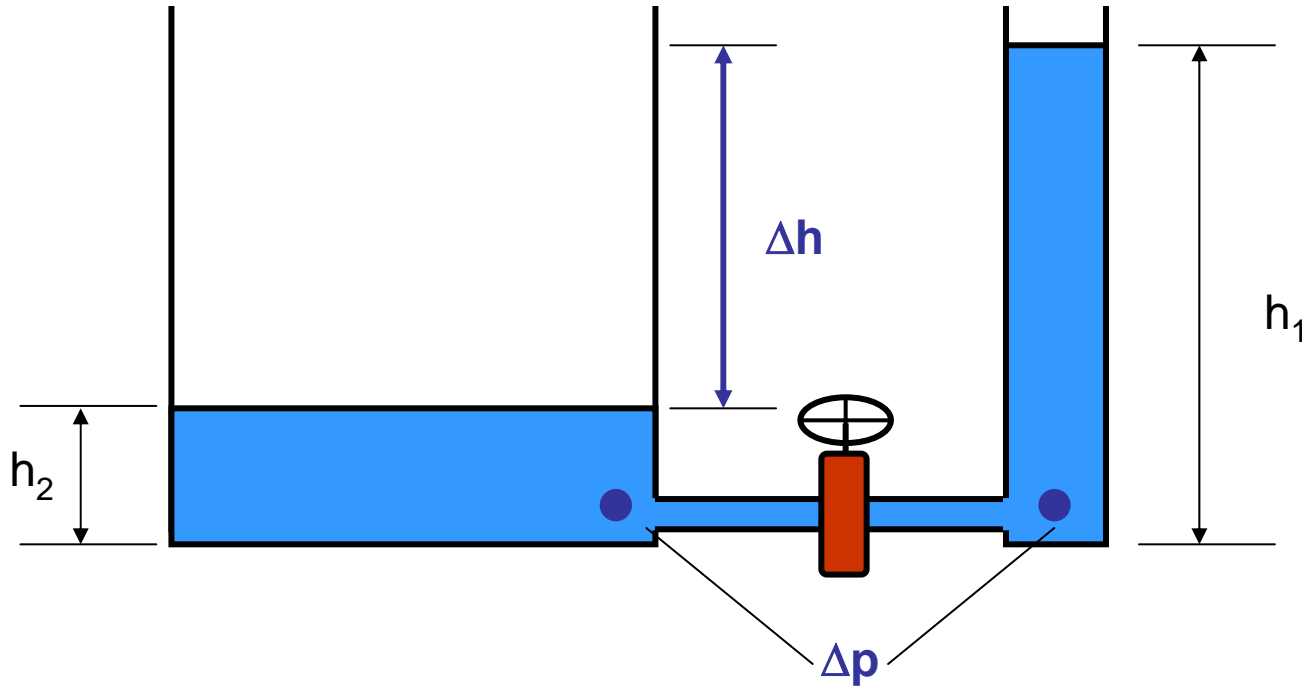
**esce dal sistema;**

**viene prodotta all'interno del sistema;**

**viene annichilata all'interno del sistema.**



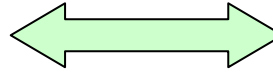
# L'idea di spinta, corrente e resistenza



# Considerazioni geometriche

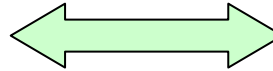
Si riferisce a:

Il potenziale



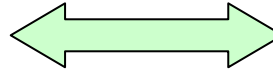
**Un punto**

La differenza di potenziale (spinta)



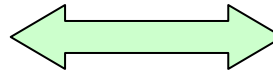
**Un segmento**

La corrente

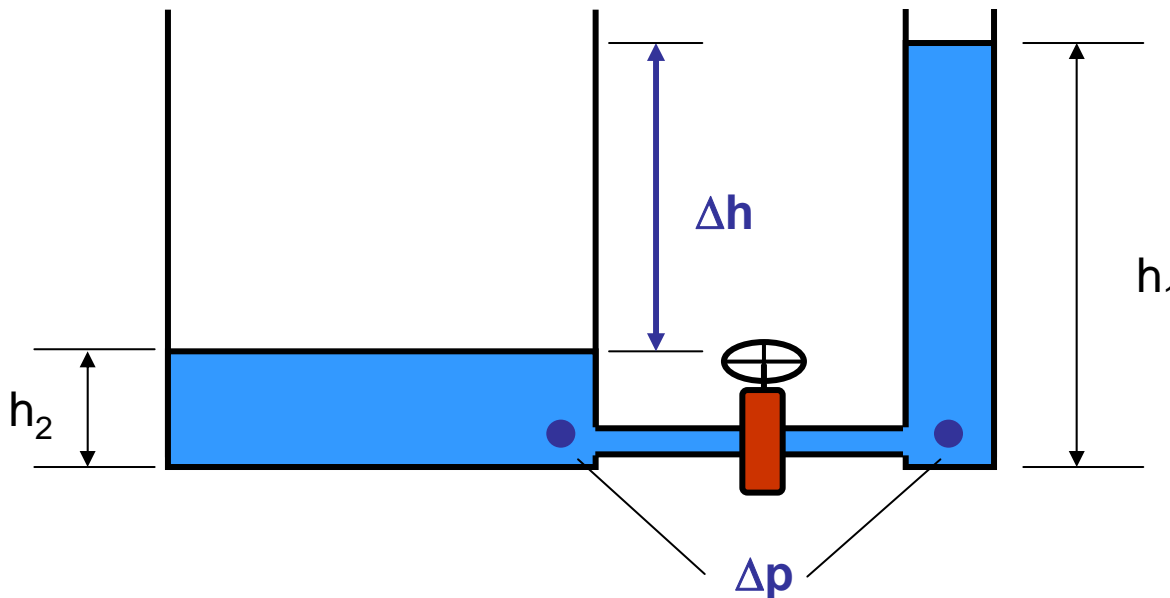


**Una superficie**

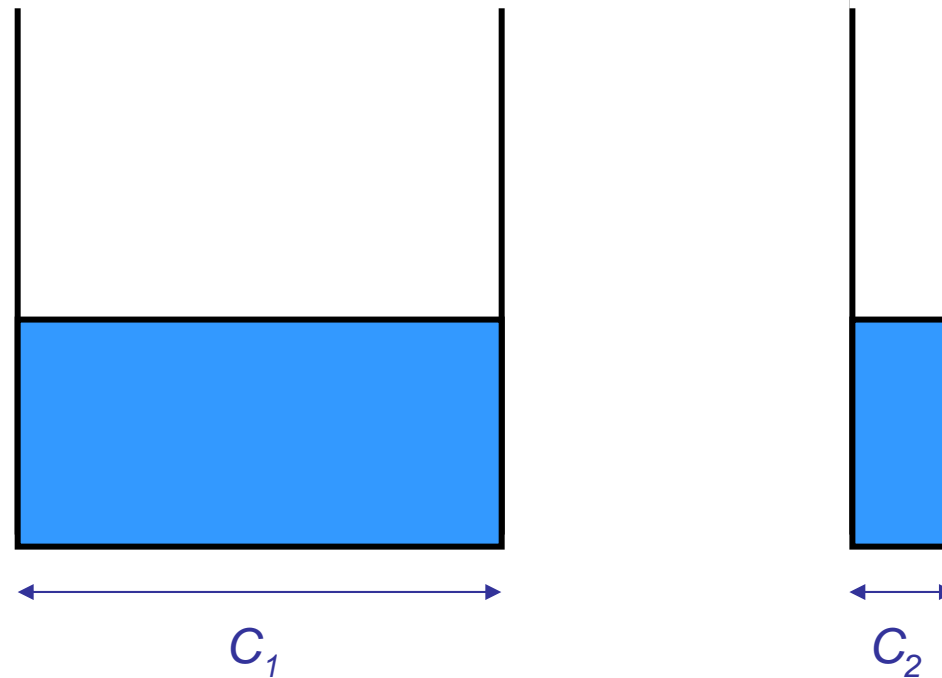
La quantità



**Una porzione di spazio**



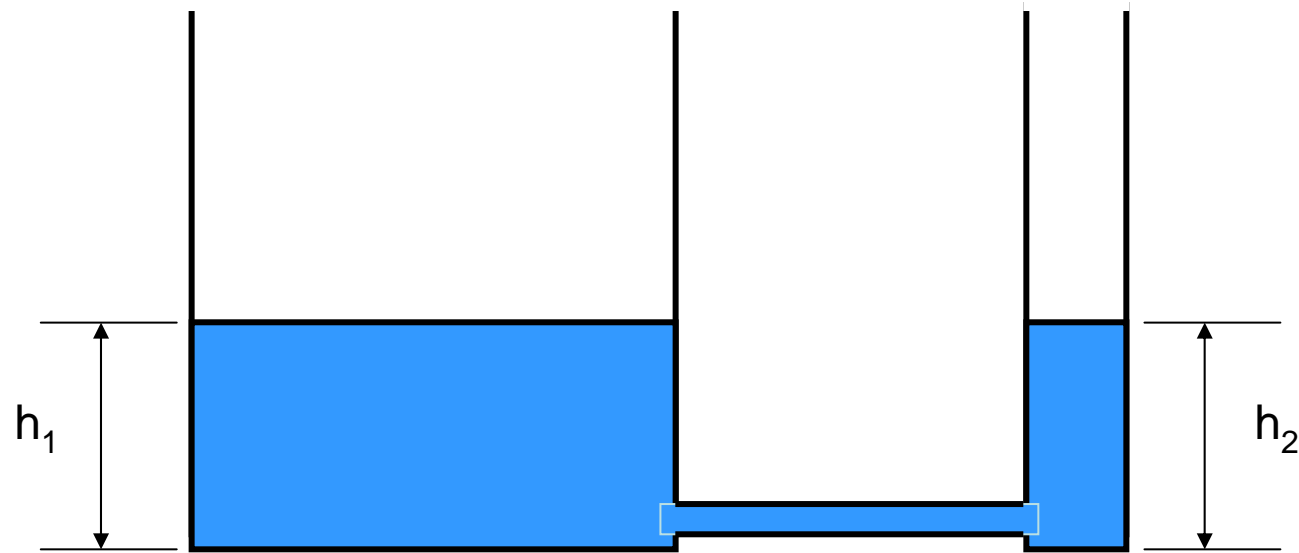
# L'idea di capacità (da NON confondere con il volume)



I due recipienti hanno capacità differenti:

- per riempirli al medesimo livello ho bisogno di differenti quantità di liquido;
- una medesima quantità di liquido causa un differente cambiamento di livello.

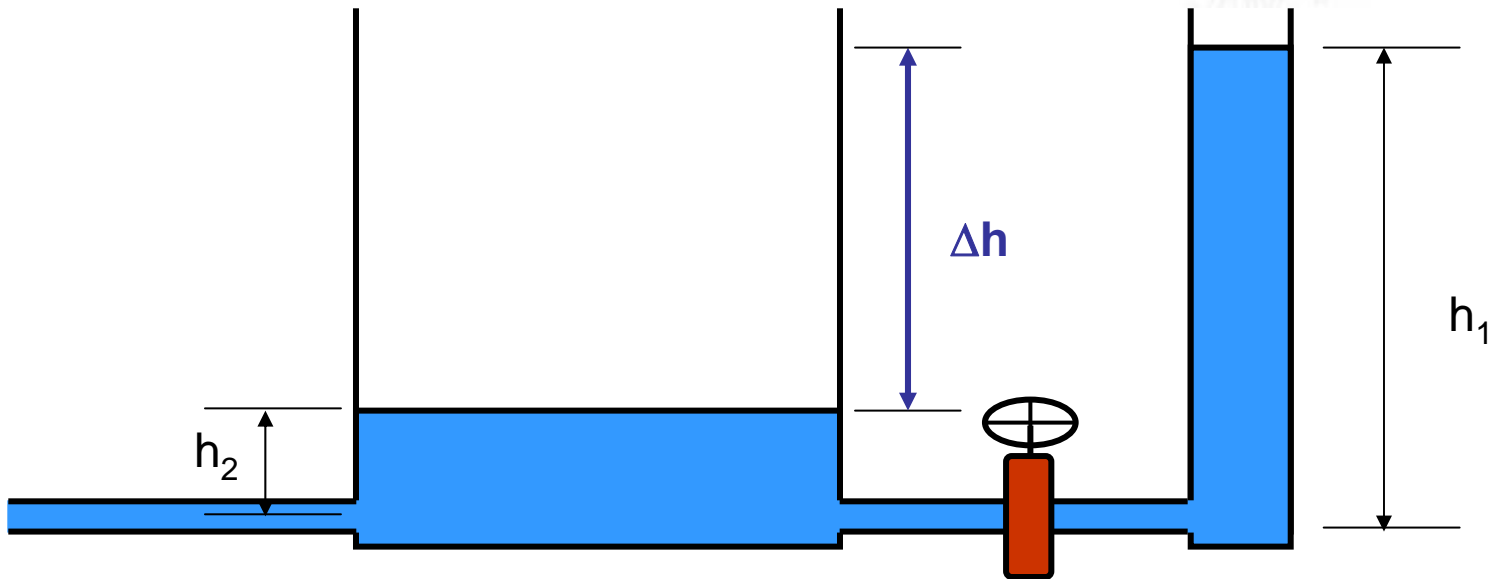
# L'idea di equilibrio



Stesso livello (potenziale), nessuna spinta al trasferimento

$$\Delta h = 0 \quad I_V = 0 \quad \dot{V} = 0$$

## L'idea di regime stazionario



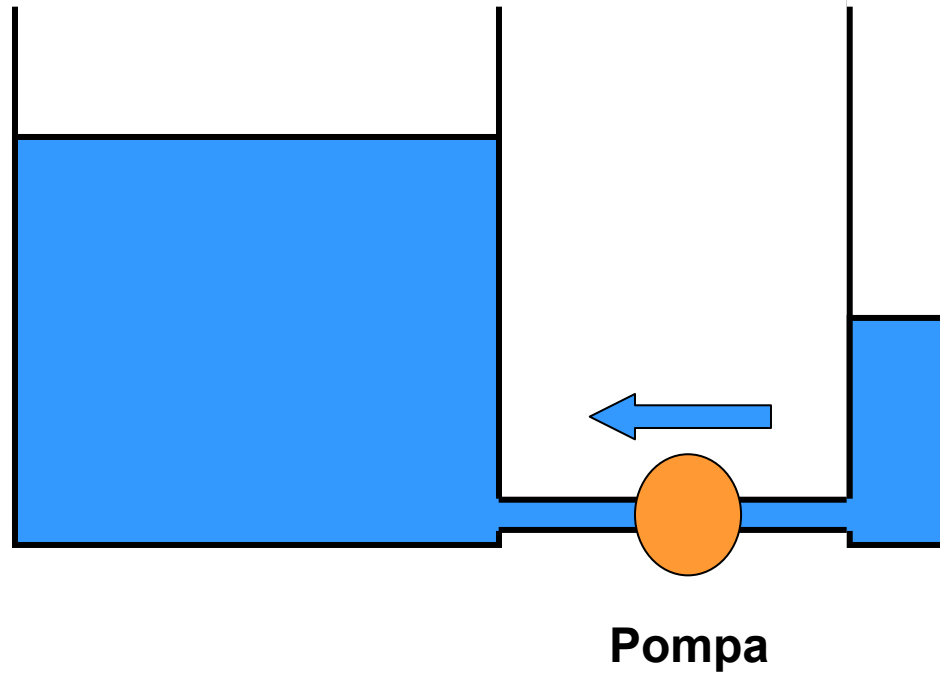
$$\Delta h \neq 0$$

$$I_V \neq 0$$

$$\dot{V} = 0$$

Da non confondere con la situazione di equilibrio!

# L'idea di pompa



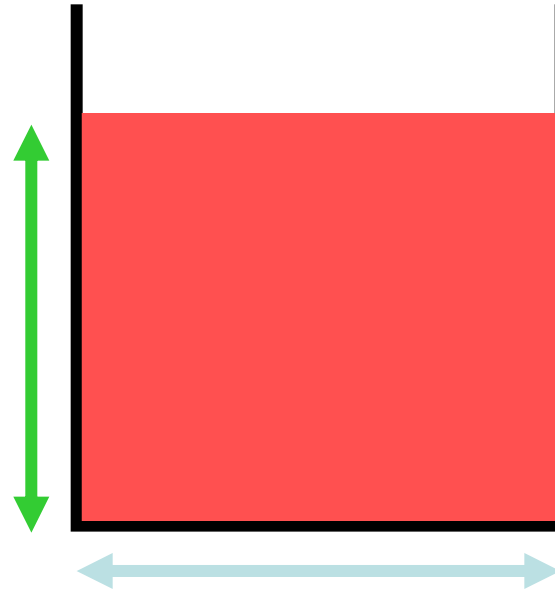
La pompa spinge l'acqua contro la sua naturale direzione di scorrimento

Per creare delle differenze ho bisogno di una pompa

# Reinvestimento dei concetti – L'analogia idraulica



**Potenziale**  
Temperatura  
Velocità  
Pot. Elettrico  
Pressione  
Pot. chimico



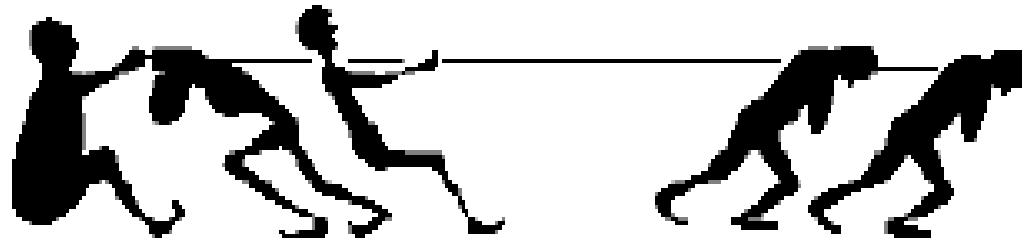
**Quantità**  
Entropia  
Quantità di moto  
Carica elettrica  
Volume d'acqua  
Quantità chimica

**Capacità (assunta costante)**  
Capacità di entropia  
Capacità di quantità di moto  
Capacità elettrica  
Capacità di volume  
Capacità chimica

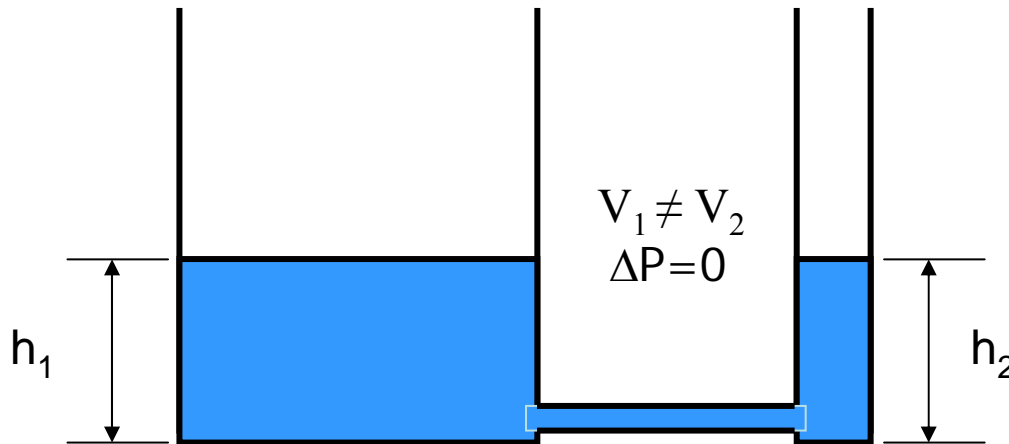
Campo di studio	Grandezza estensiva	Conservata / non conservata	Corrente associata	Grandezza intensiva	“Spinta” al trasferimento
Idraulica	<b>Volume d’acqua</b> $V$	conservata	Corrente d’acqua $I_V$	<b>Pressione</b> $P$	$\Delta P$
Elettricit�	<b>Carica elettrica</b> $Q$	conservata	Corrente elettrica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



# L'idea di equilibrio

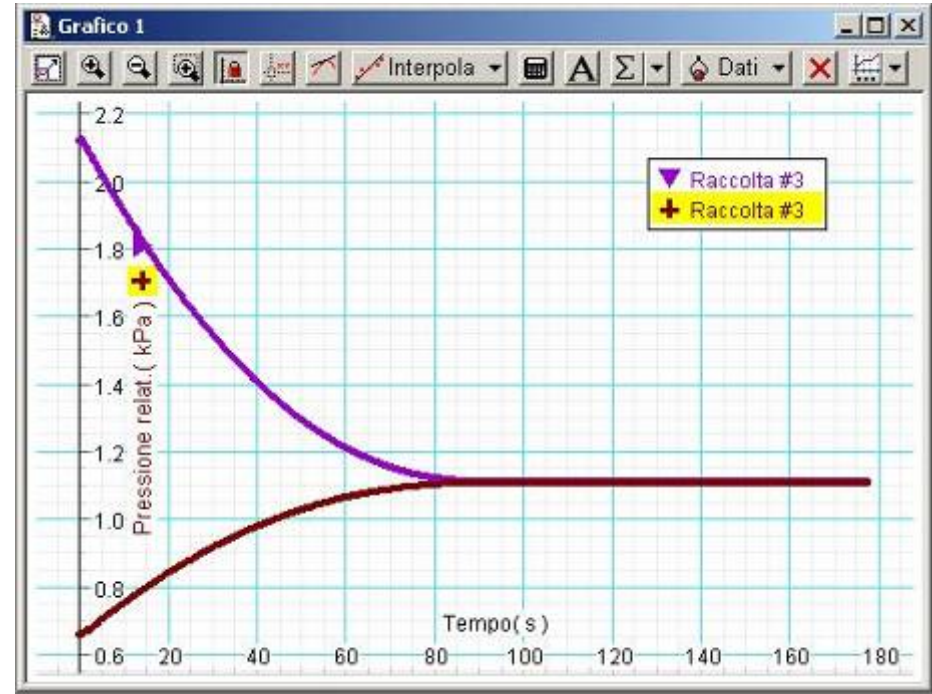
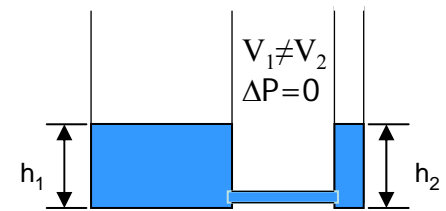


$$\Delta\varphi = 0$$



# Equilibrio idraulico

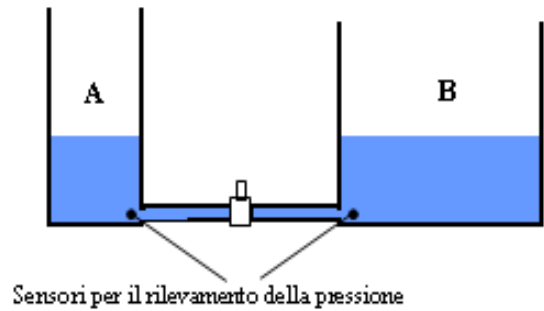
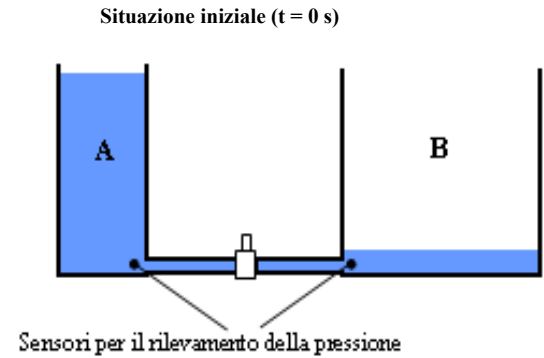
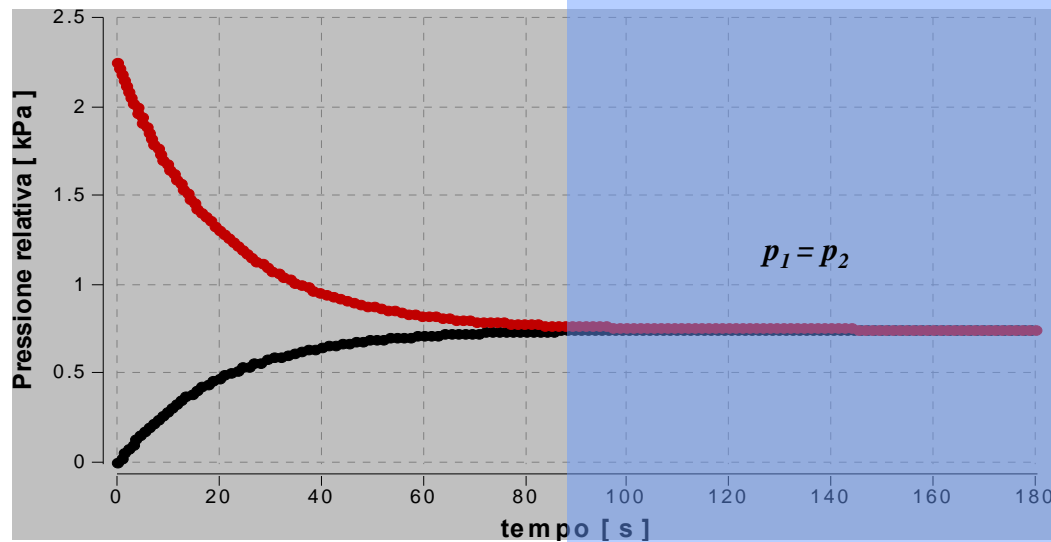
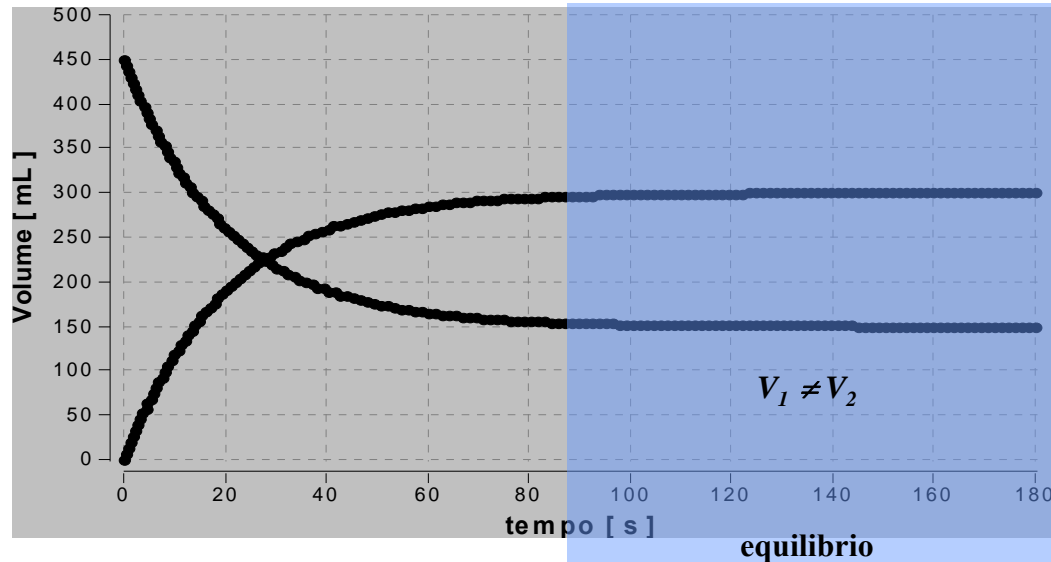
## Volume & Pressione



$$V_1 \neq V_2$$
$$\Delta P = 0$$

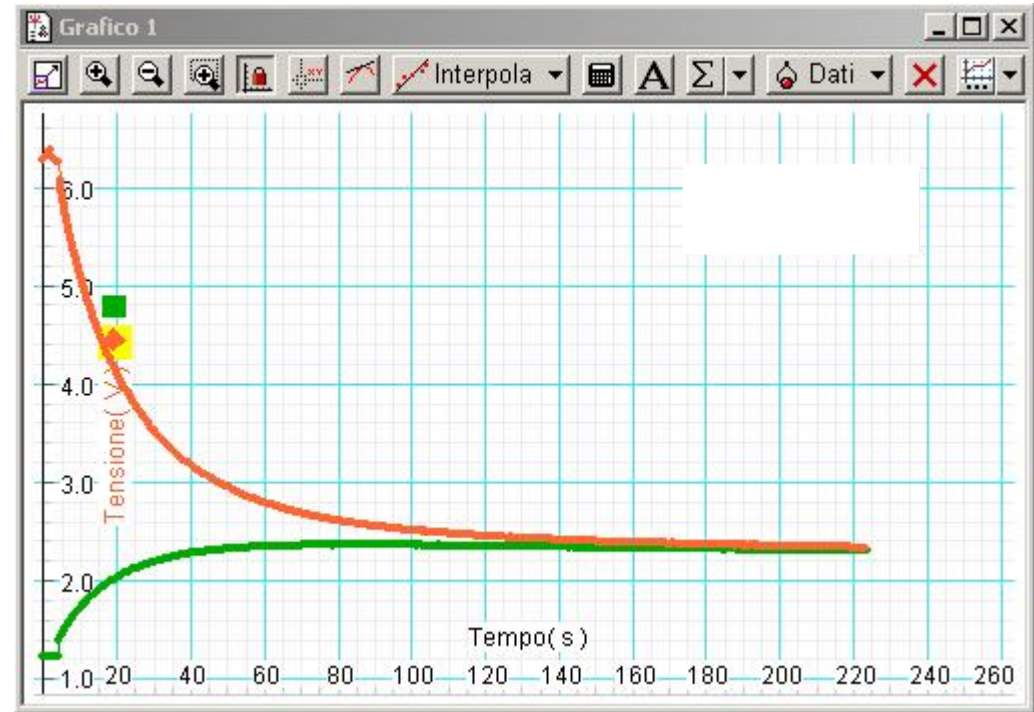
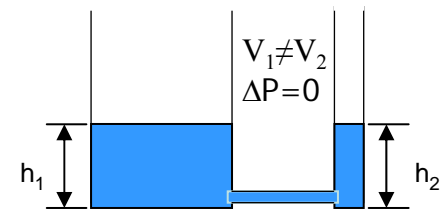
# Equilibrio idraulico

## Volume & Pressione



# Equilibrio elettrico

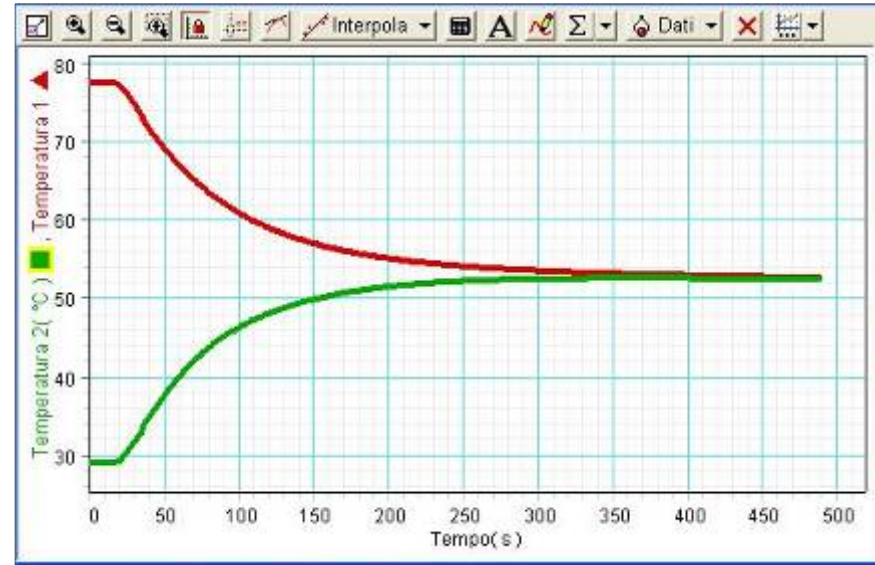
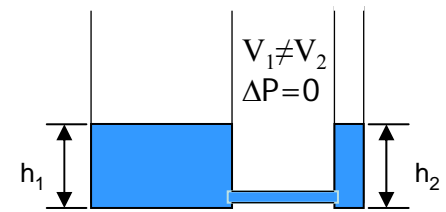
## Carica elettrica & Potenziale elettrico



$$Q_1 \neq Q_2$$
$$\Delta\varphi = 0$$

# Equilibrio termico

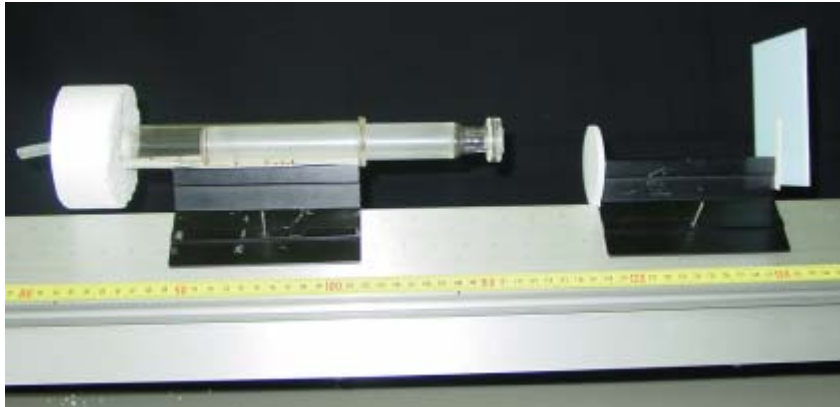
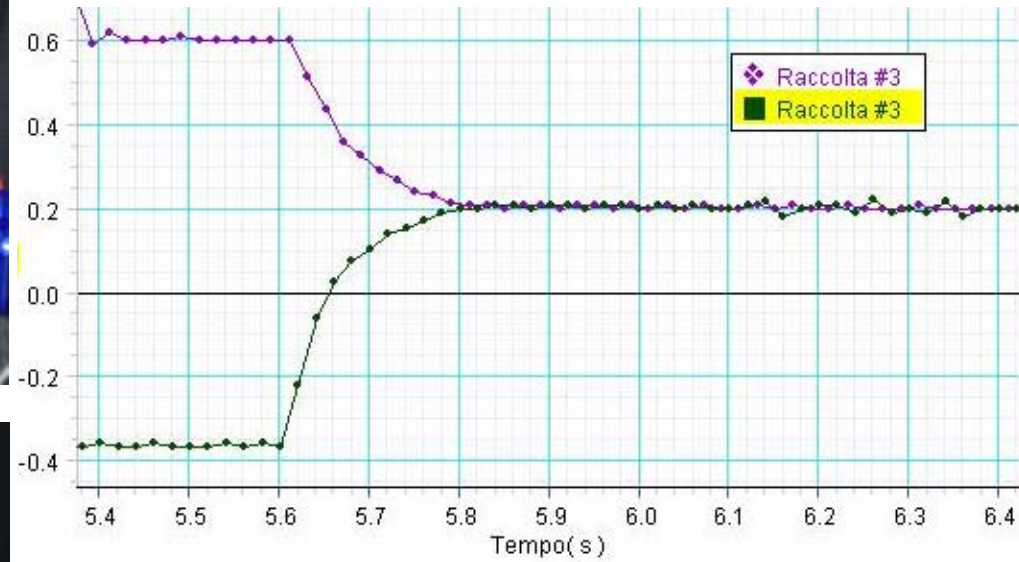
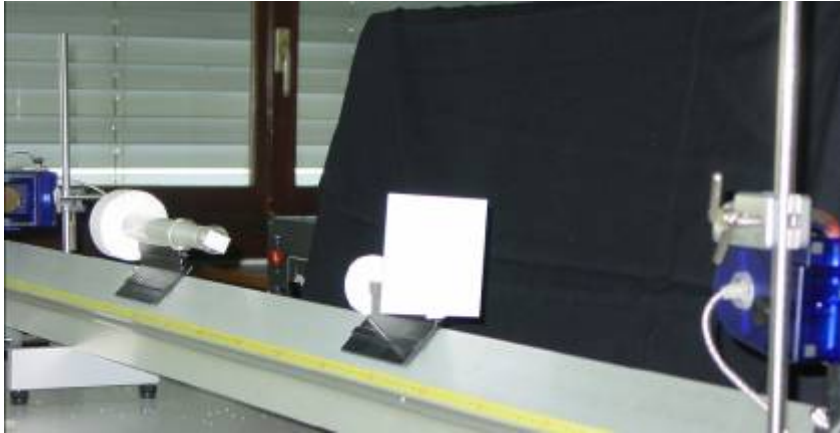
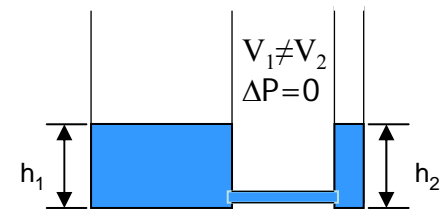
## Entropia & Temperatura



$$S_1 \neq S_2$$
$$\Delta T = 0$$

# Equilibrio meccanico

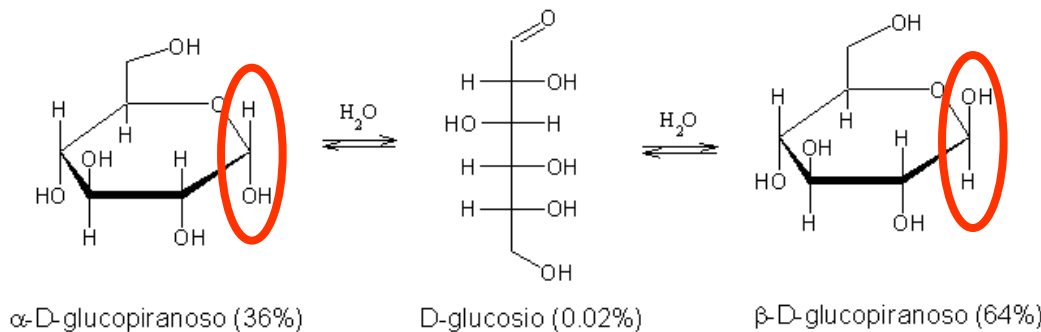
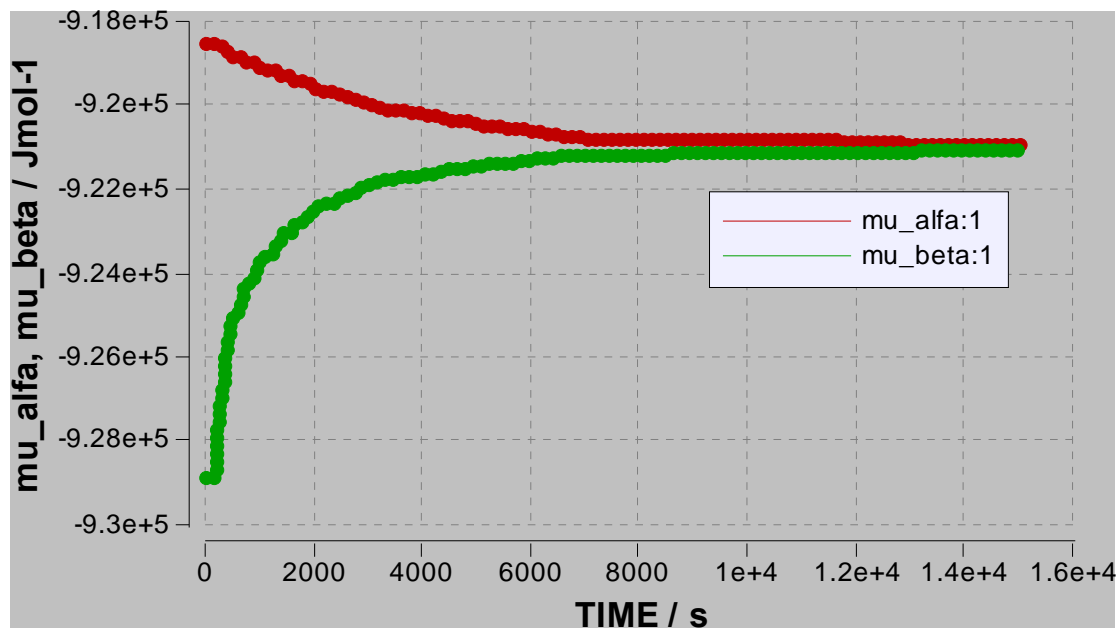
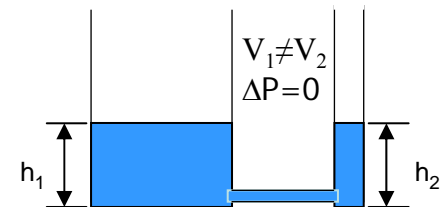
## Quantità di moto & velocità



$$p_1 \neq p_2$$
$$\Delta v = 0$$

# Equilibrio chimico

## Quantità chimica & Potenziale chimico



$$n_1 \neq n_2$$

$$\Delta\mu = 0$$

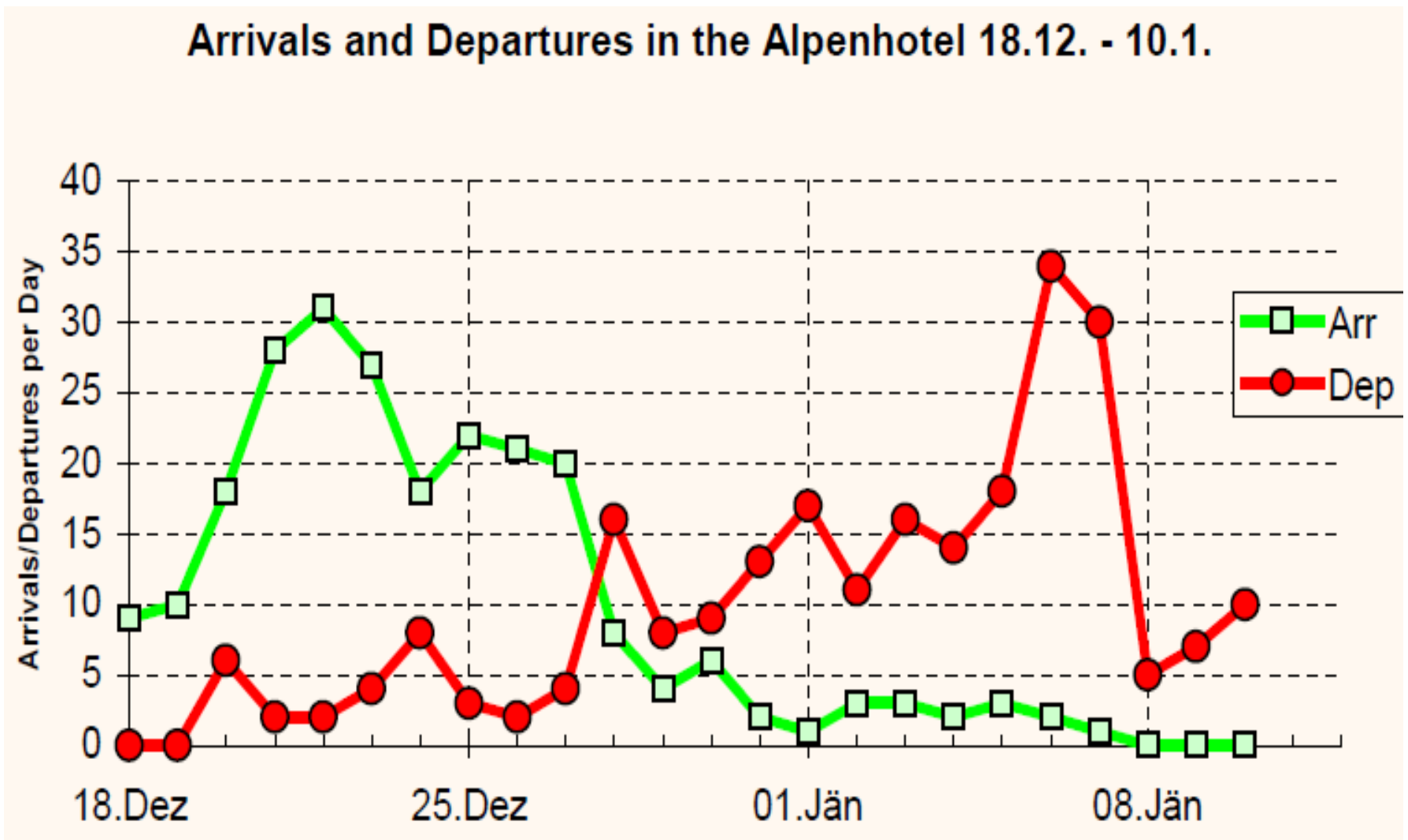
Grazie  
per la vostra attenzione!

[gesn@bluewin.ch](mailto:gesn@bluewin.ch)  
[michele.bernasconi@liceolocarno.ch](mailto:michele.bernasconi@liceolocarno.ch)  
[plubini@bluewin.ch](mailto:plubini@bluewin.ch)



Sull'importanza di saper distinguere tra quantità immagazzinata e correnti

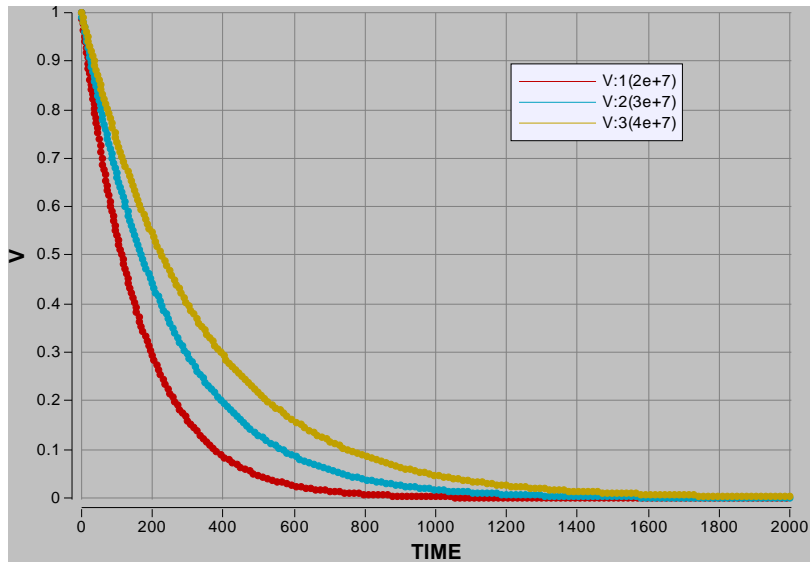
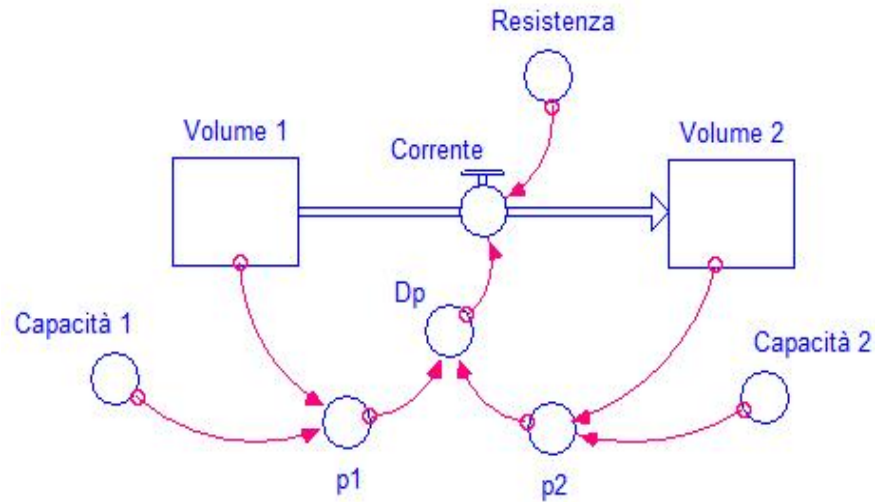
**Qual è il momento più freddo della giornata?**



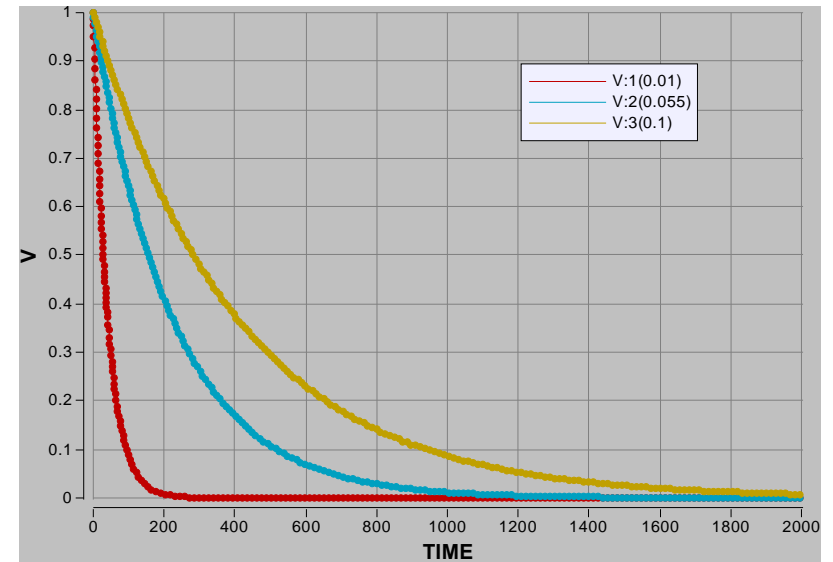
**In quale giorno c'erano più ospiti in albergo?**

Sull'importanza di saper progettare piccoli esperimenti

**Da quali fattori dipende la rapidità con la quale si svuota un vaso?**



R



C



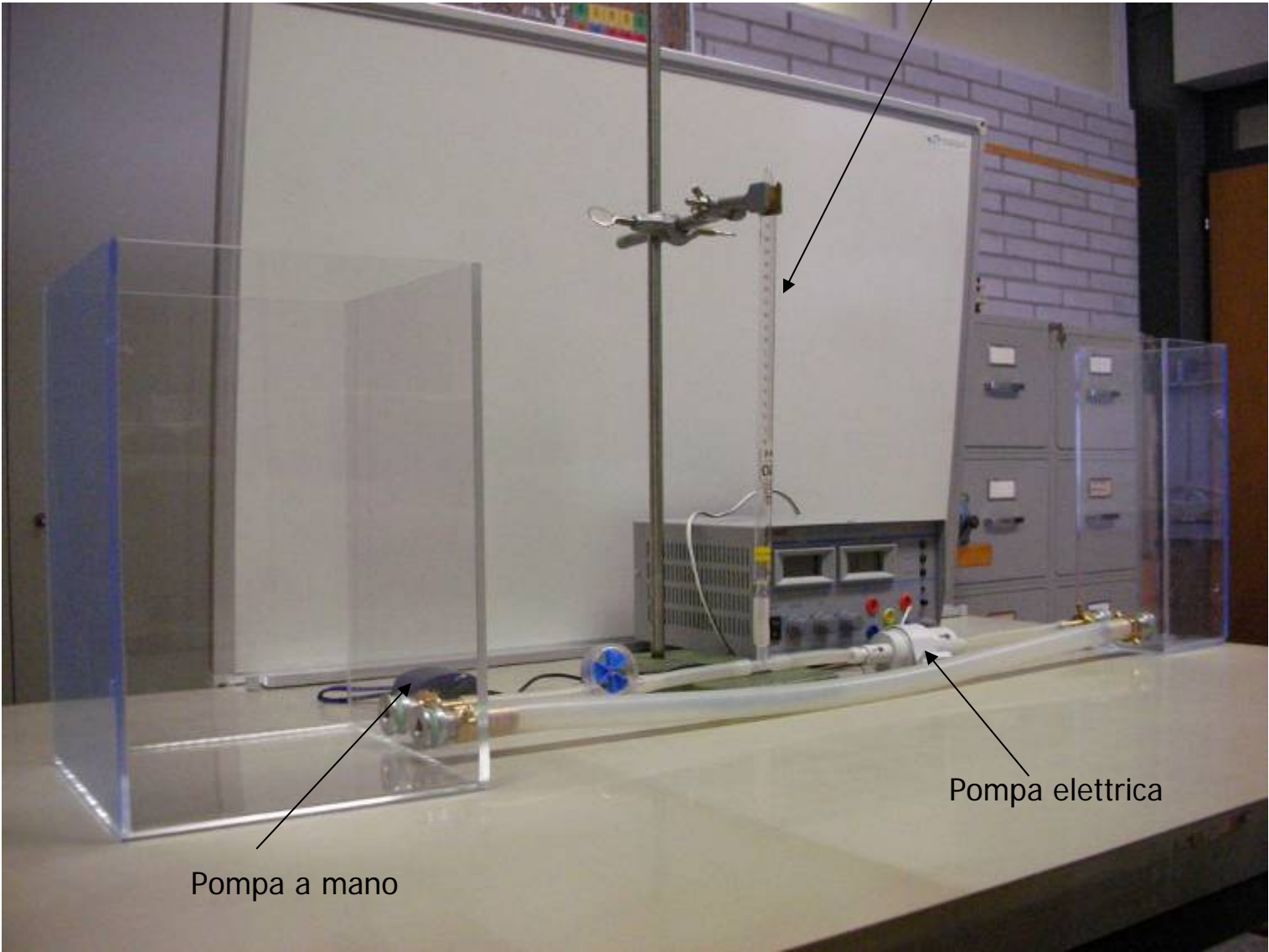
Campo di studio	Grandezza estensiva	Grandezza intensiva	Corrente associata	Trasporto di energia	Scambi di energia
Idraulica	<b>Volume d'acqua</b> $V$	<b>Pressione</b> $P$	Corrente d'acqua $I_V$	$I_E = I_V \cdot P$	$\mathcal{P} = I_V \cdot \Delta P$
Elettricit�	<b>Carica elettrica</b> $Q$	<b>Potenziale 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) $I_{px}$ (o forza $F$ )	$I_E = I_{px} \cdot v_x$	$\mathcal{P} = I_{px} \cdot \Delta v_x$
Meccanica (rotazioni)	<b>Quantit� di moto angolare</b> $L_x$	<b>Velocit� angolare</b> $\omega_x$	Corrente meccanica (rotazioni) $I_{Lx}$ (o momento della forza $M_{mecc}$ )	$I_E = I_{Lx} \cdot \omega_x$	$\mathcal{P} = I_{Lx} \cdot \Delta \omega_x$
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 $\pi_n$	$I_E = I_n \cdot \mu$	$\mathcal{P} = I_n \cdot \Delta \mu$ $\mathcal{P} = \pi_{n(R)} \cdot \Delta \mu$

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>	$\Delta\mu$

# La scatola di Pascal



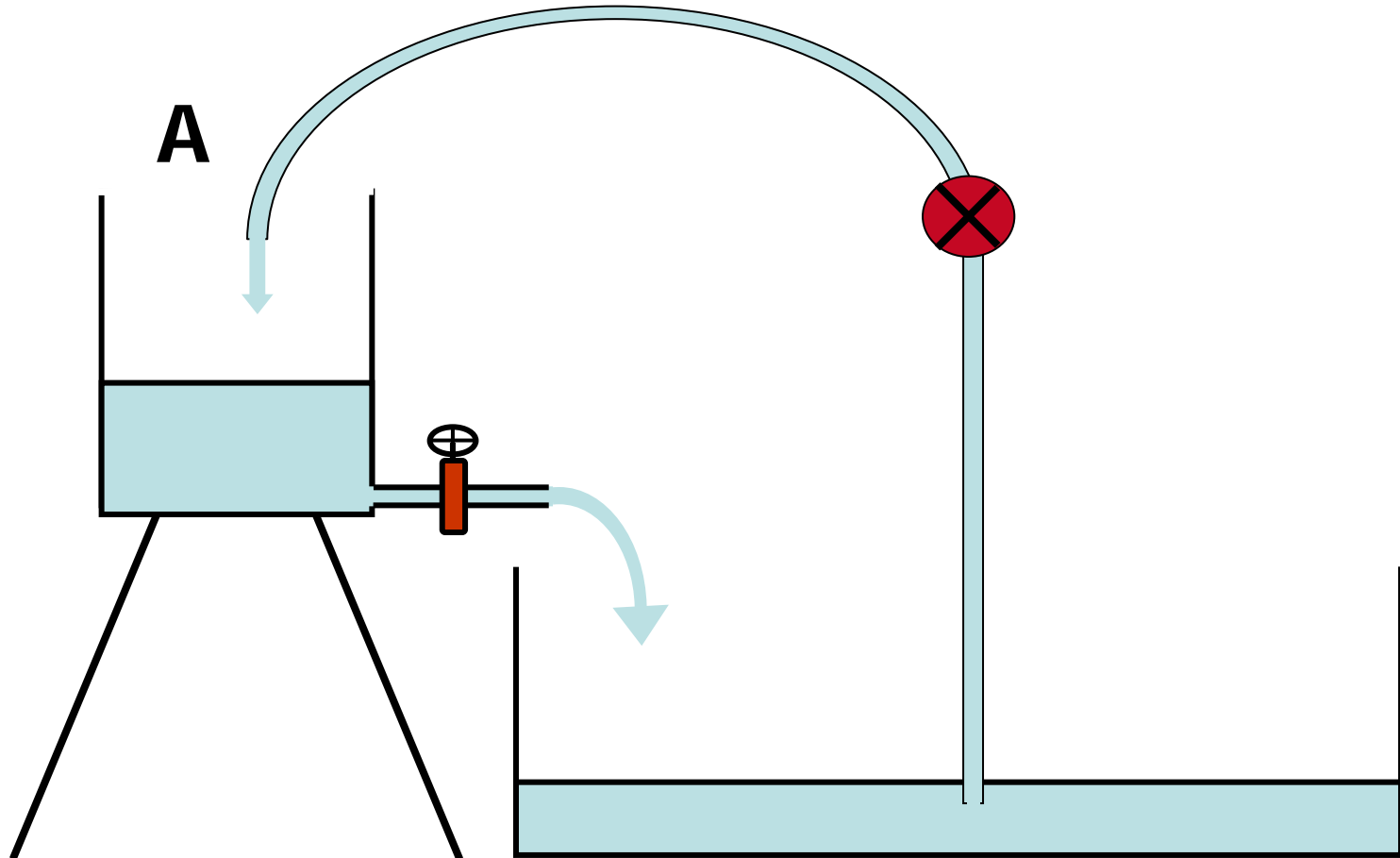
Pipetta per misurare la pressione



Pompa a mano

Pompa elettrica

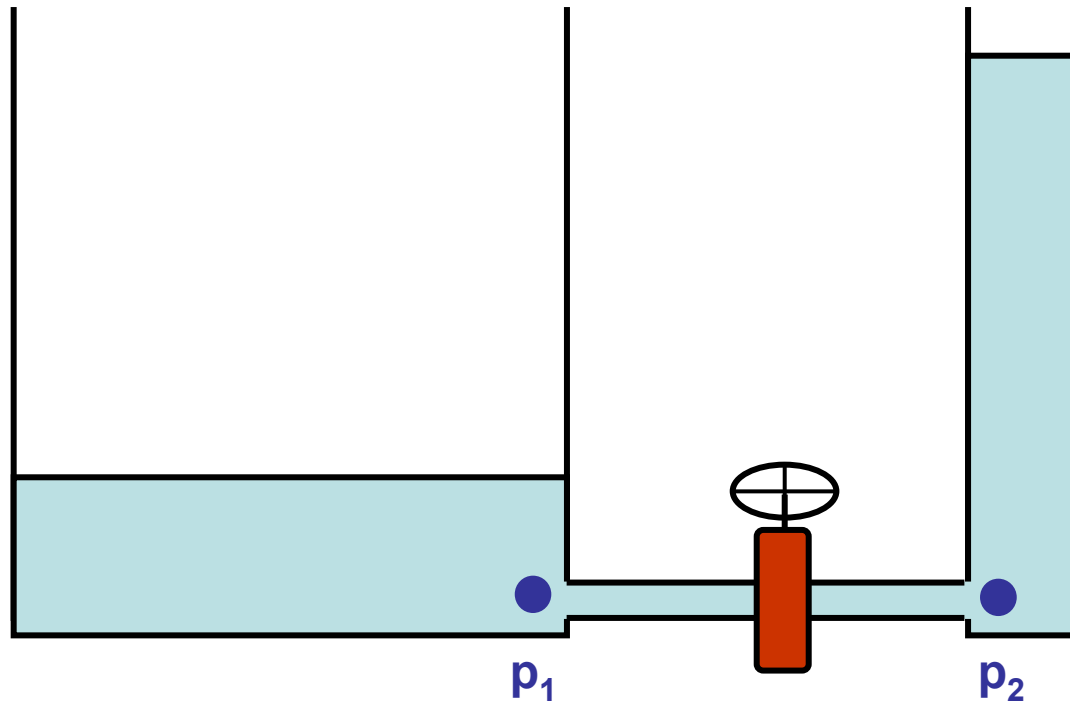
# POSTAZIONE 2



**Cosa succede se cambio il recipiente A?**



# POSTAZIONE 3



Qual è l'andamento della pressione  $p_1$  e  $p_2$  in funzione del tempo dopo l'apertura del rubinetto?