



**TRASPORTI MASSIVI E DIFFUSIVI DI
SOSTANZE LEGATI ALL'APPARATO
CARDIOCIRCOLATORIO**

*Un approccio interdisciplinare basato sul
modello spinta-corrente-resistenza*

(corso BIC e corso 1+1+1)

Christian Rivera e Giancarlo Parisi

Aspetti caratterizzanti

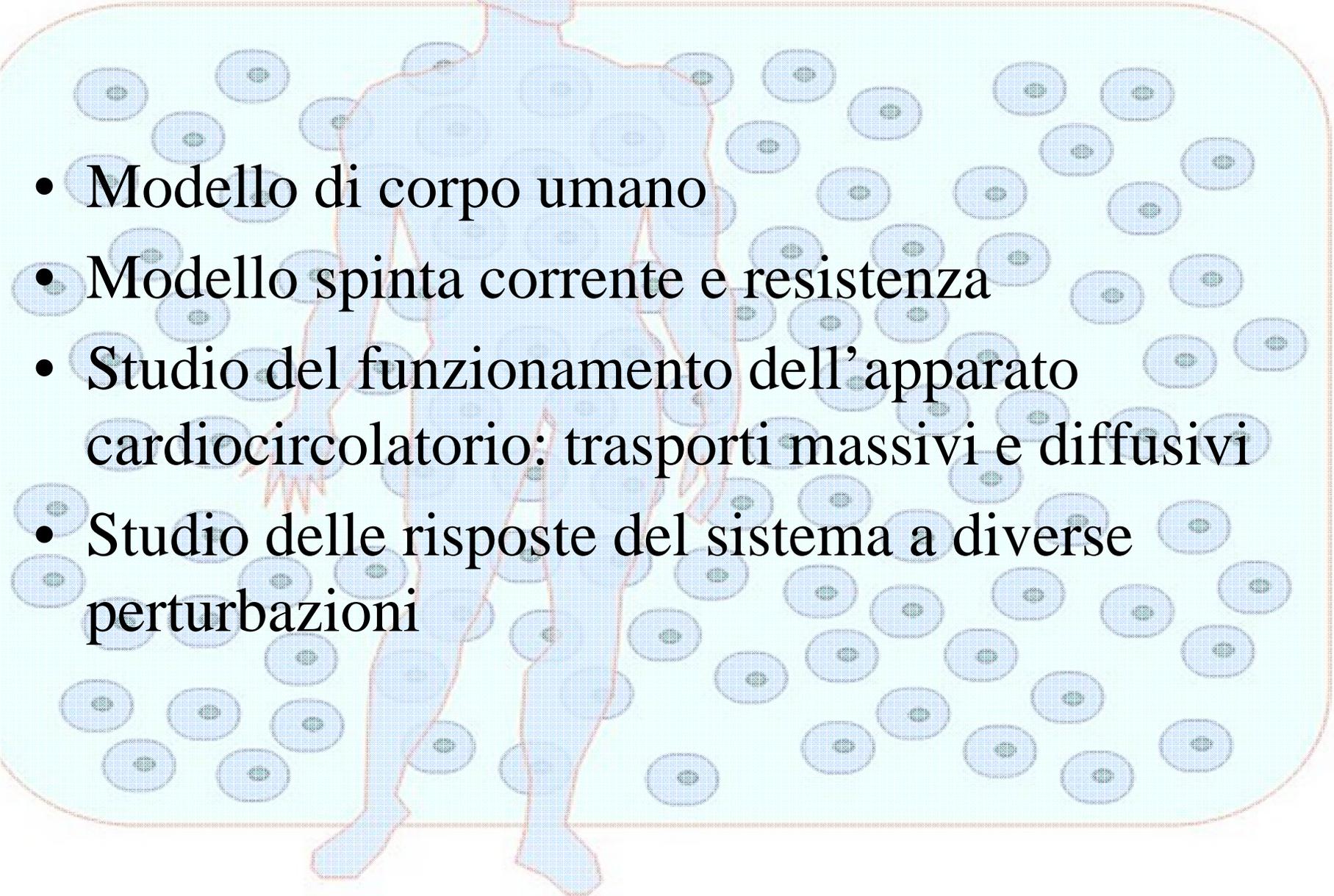
- Interdisciplinarietà
- Approccio sperimentale
- Sviluppo ed utilizzo di modelli
- Trasversalità di alcuni concetti
- Analogie

Tempo...

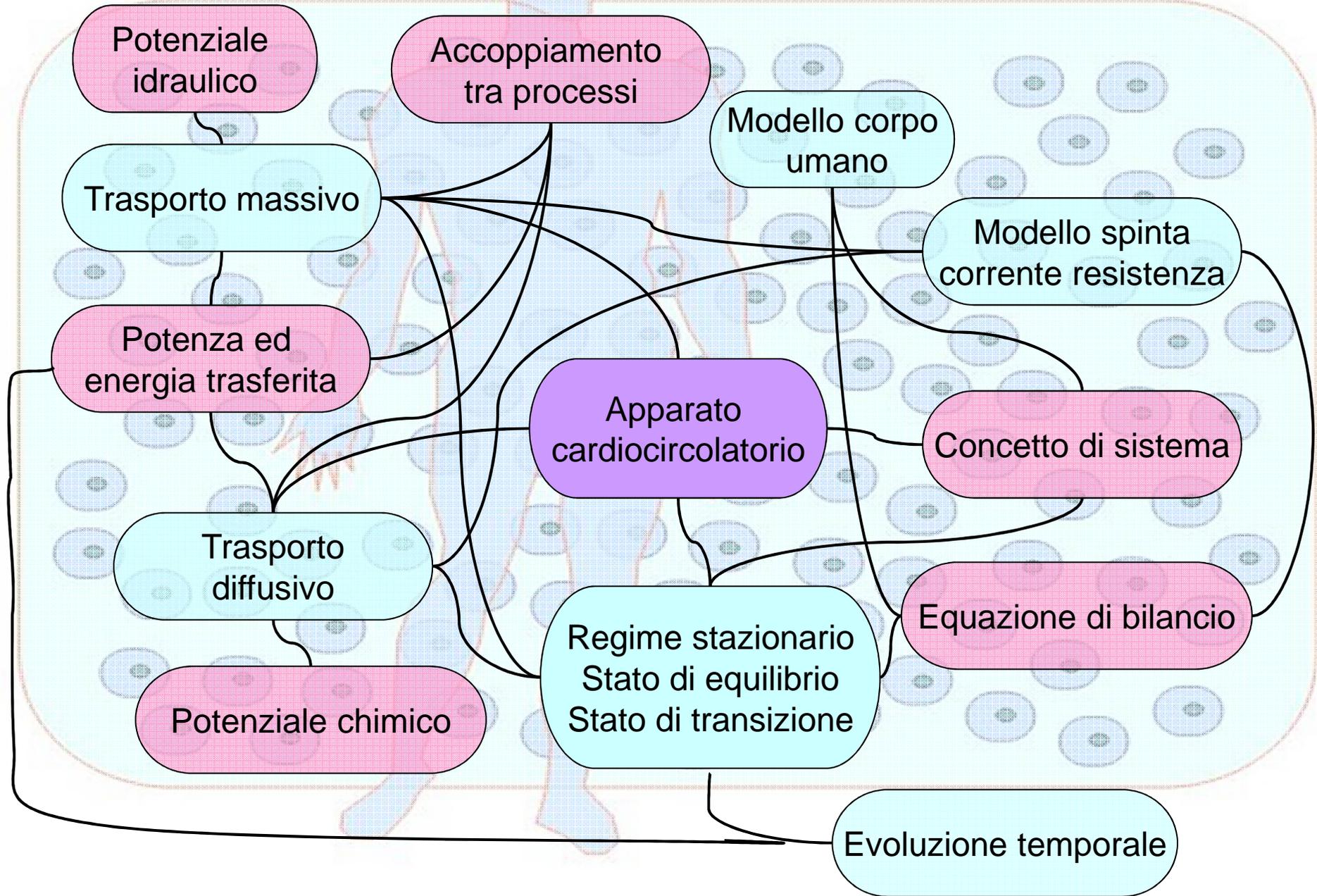


In sintesi

- Modello di corpo umano
- Modello spinta corrente e resistenza
- Studio del funzionamento dell'apparato cardiocircolatorio: trasporti massivi e diffusivi
- Studio delle risposte del sistema a diverse perturbazioni

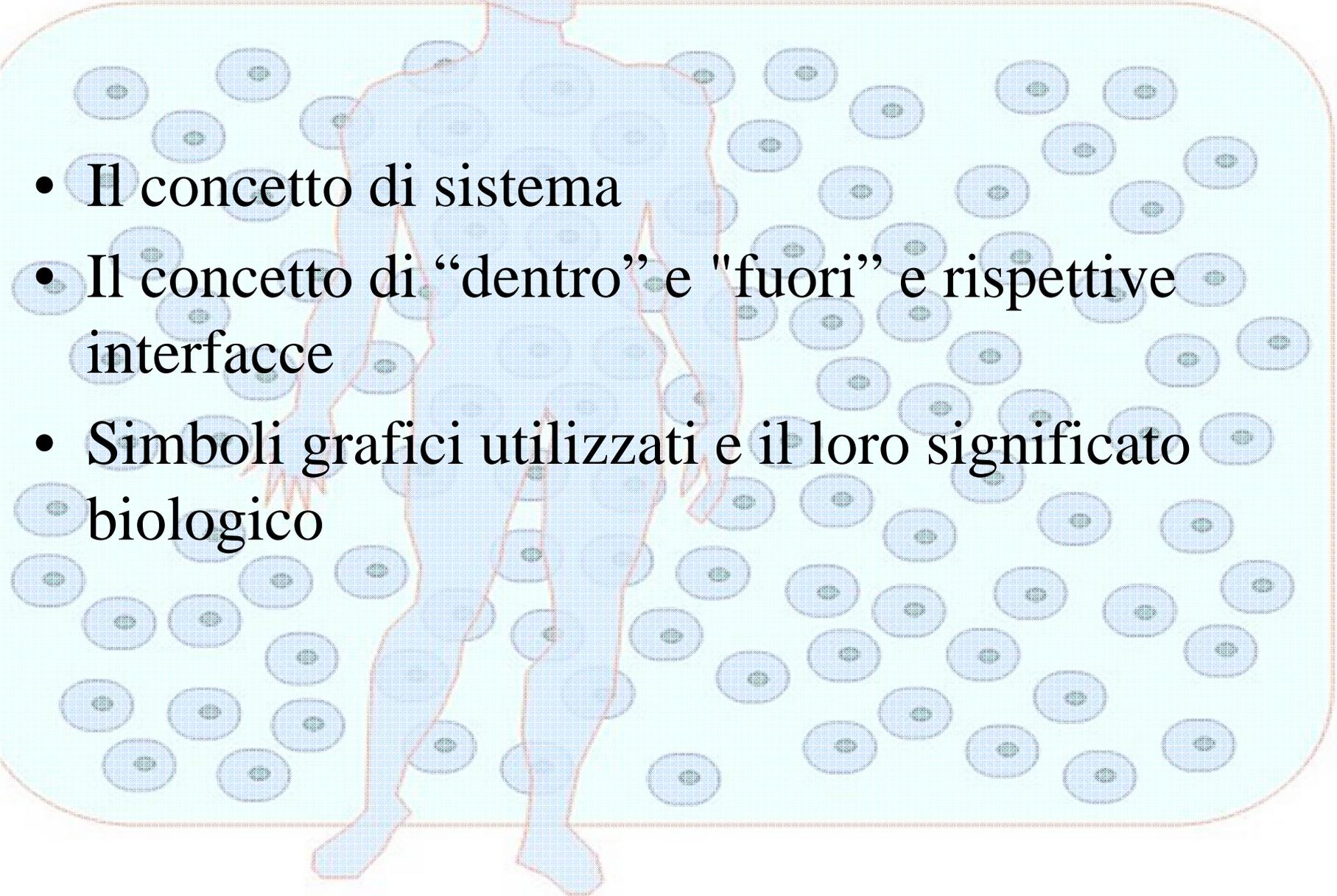


Percorso didattico

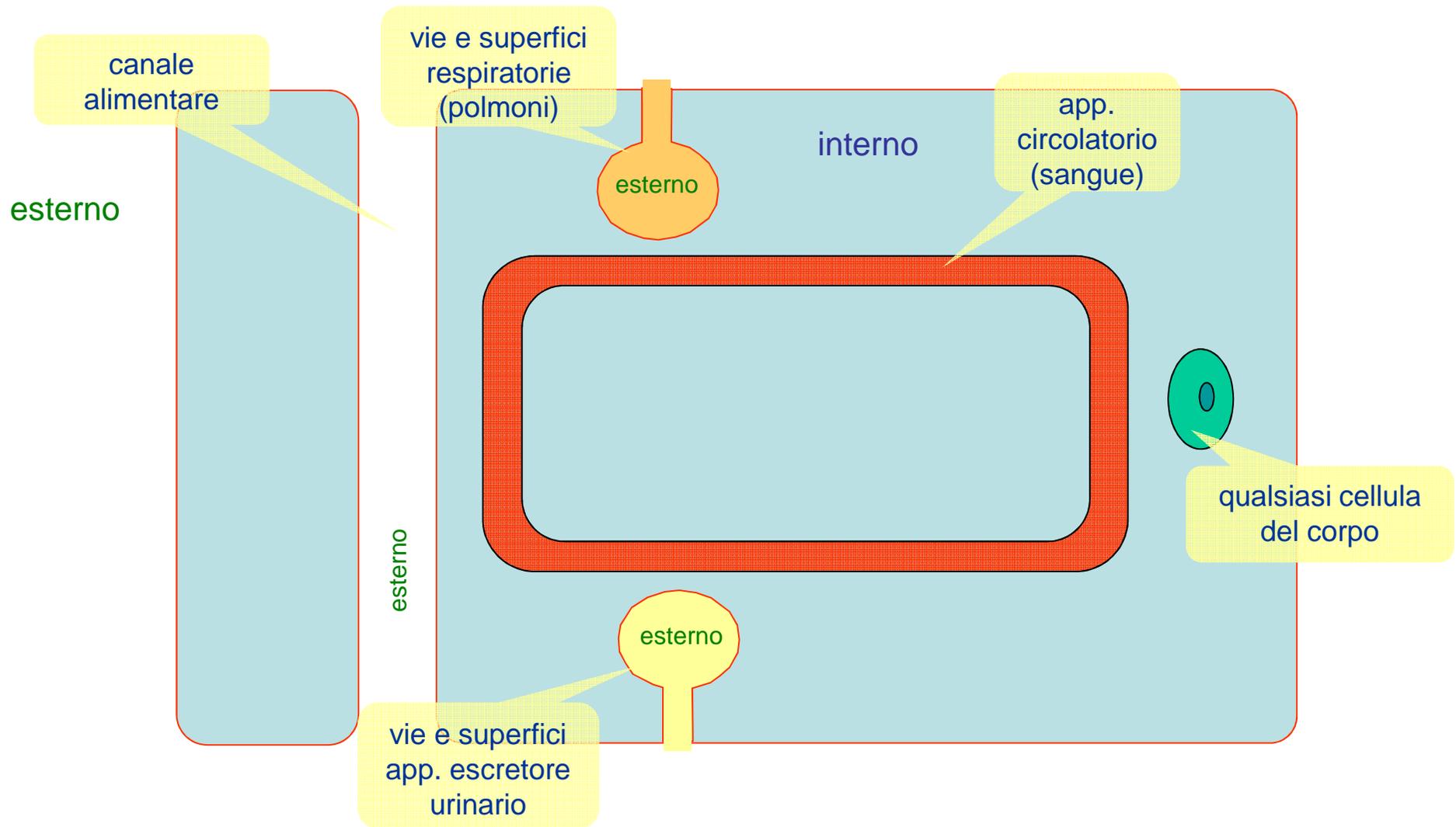


Modello di corpo umano

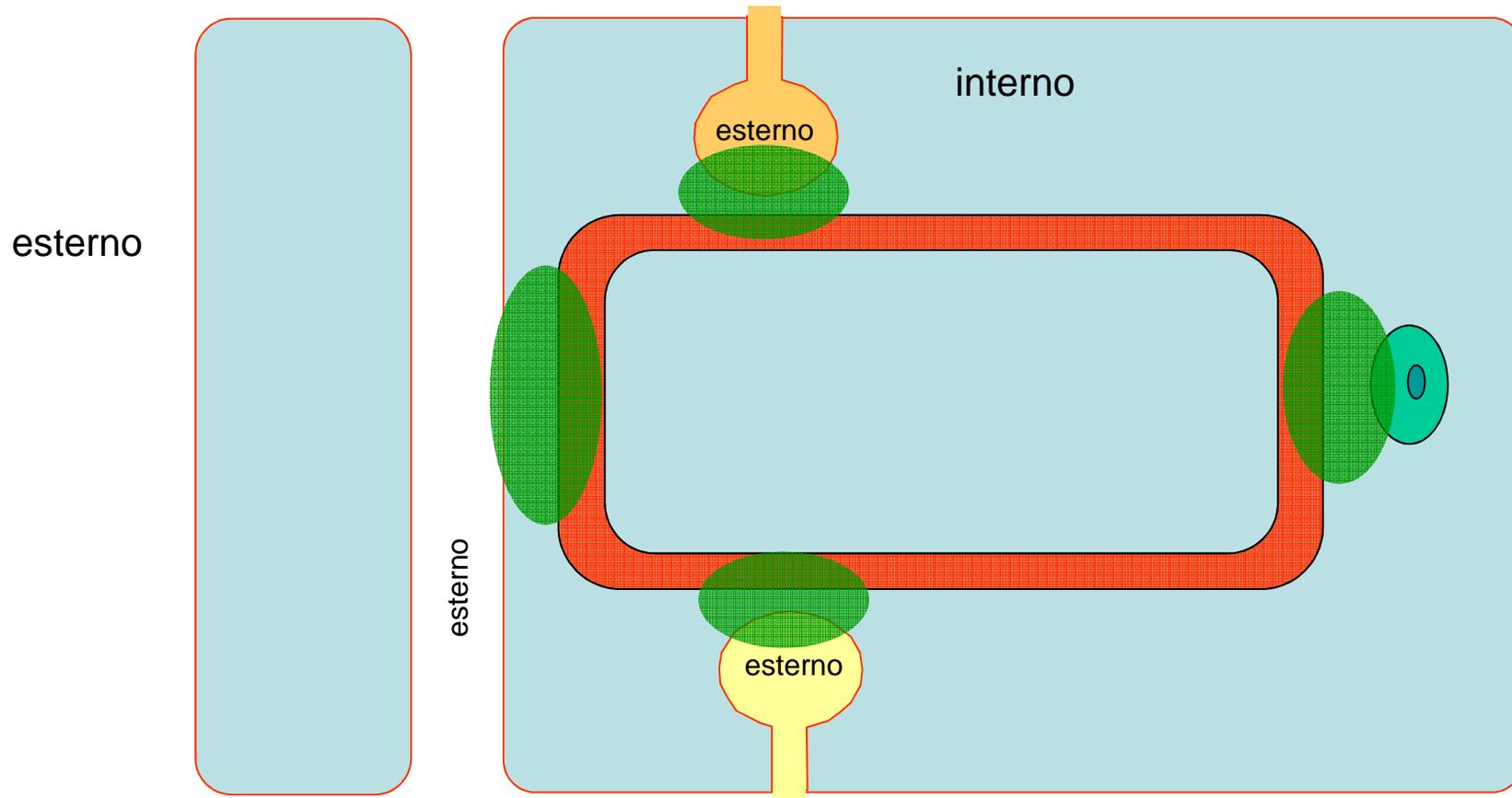
- Il concetto di sistema
- Il concetto di “dentro” e “fuori” e rispettive interfacce
- Simboli grafici utilizzati e il loro significato biologico



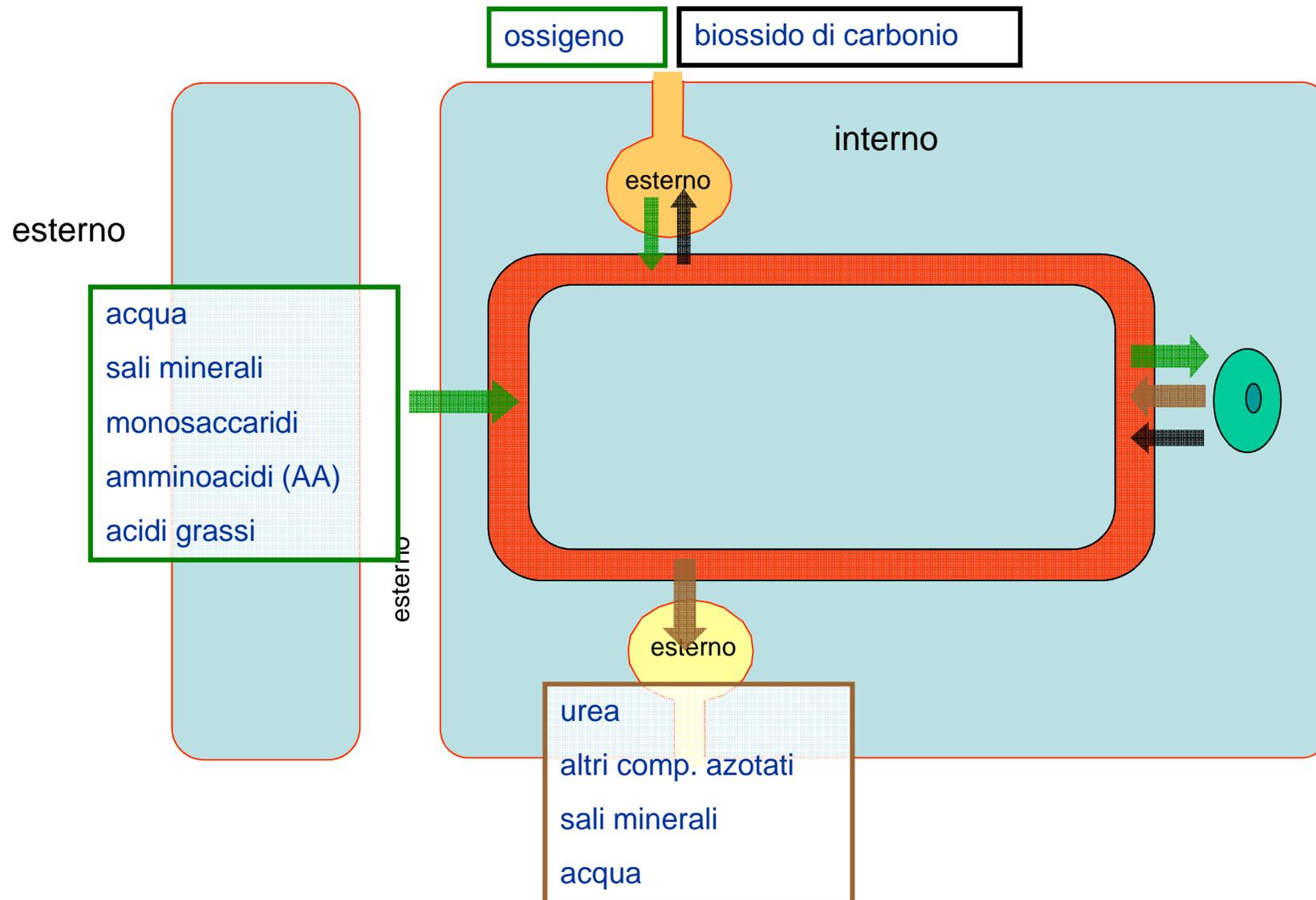
Sviluppo del modello - 1



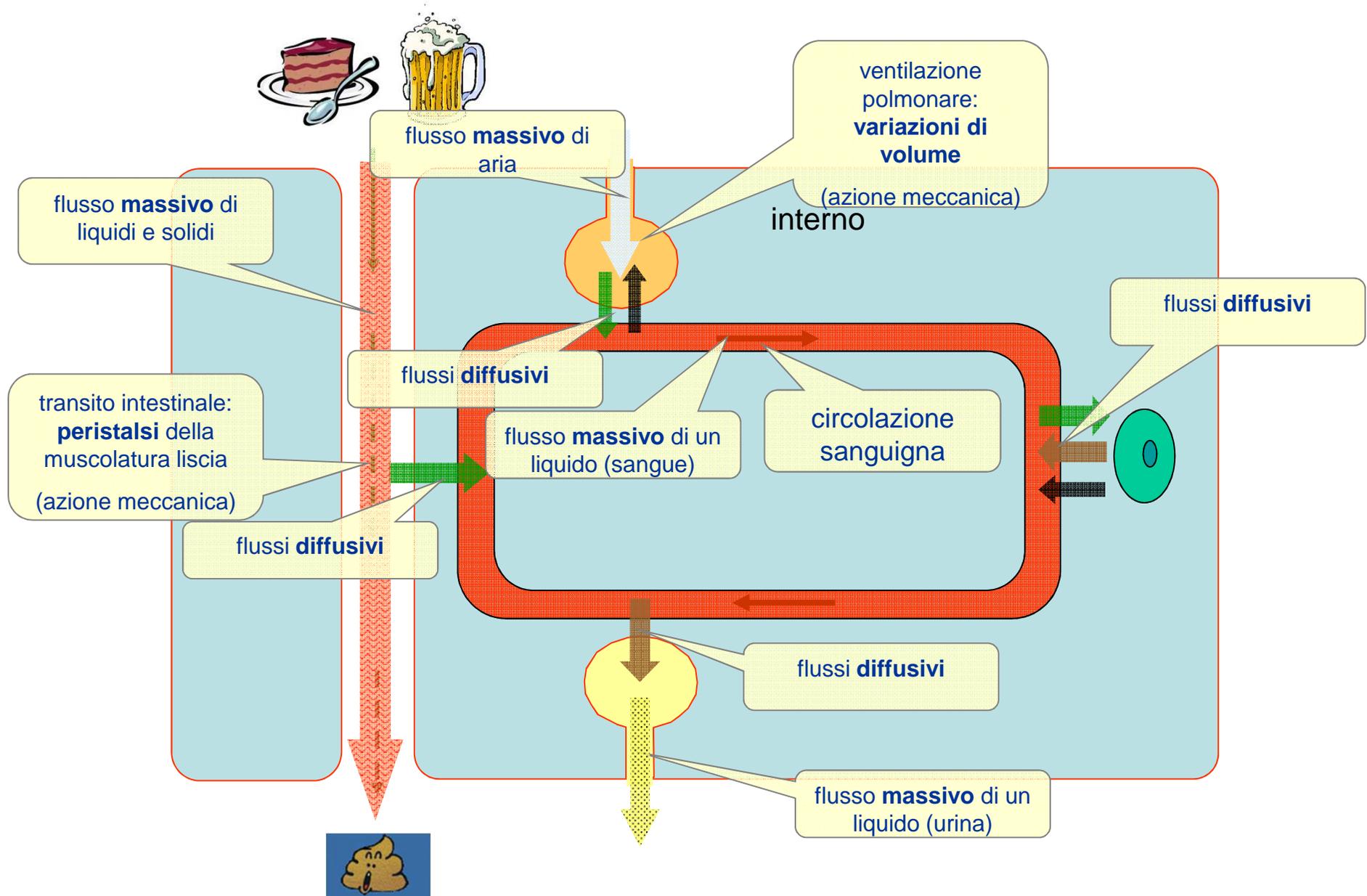
Sviluppo del modello - 2



Sviluppo del modello - 3



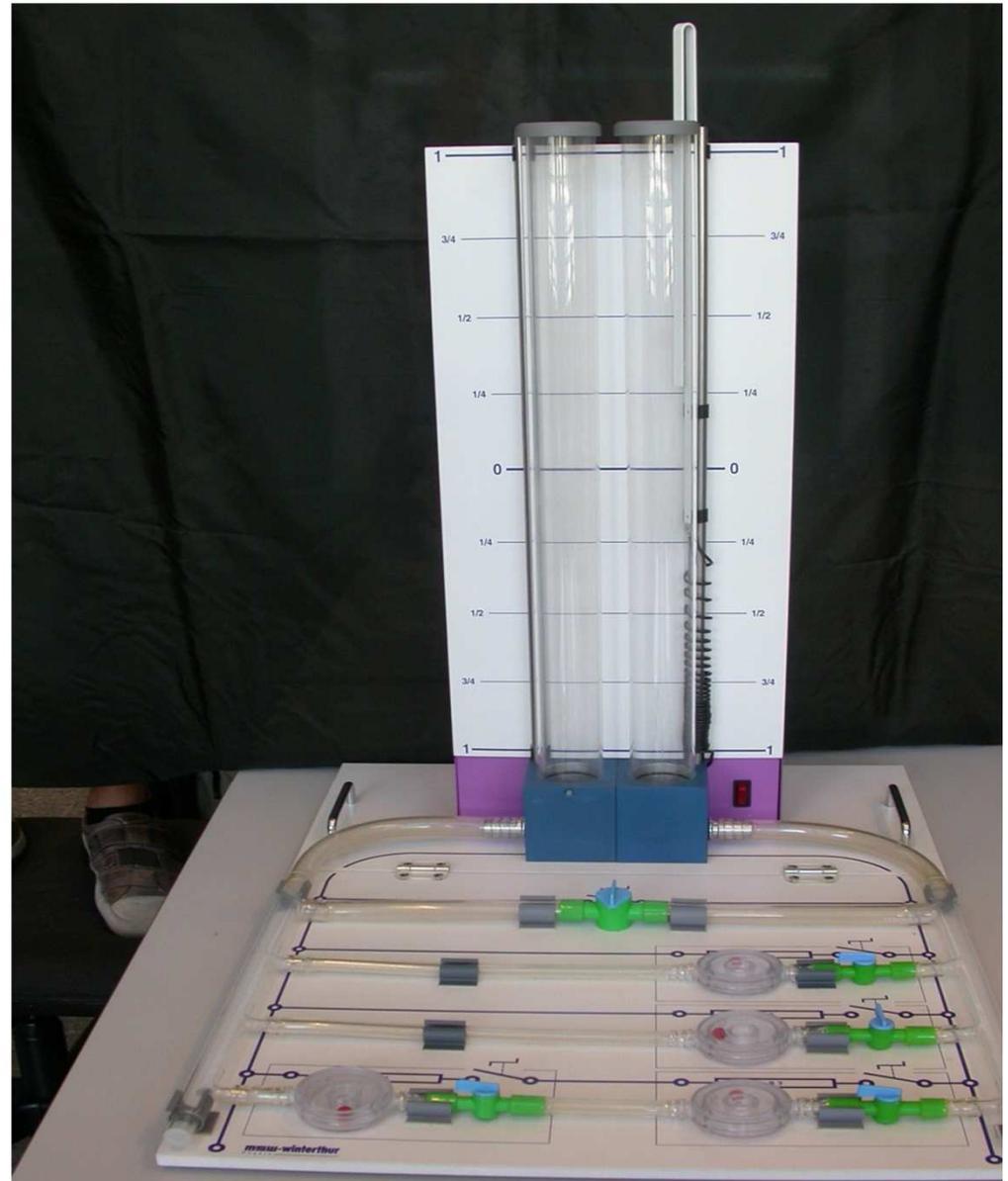
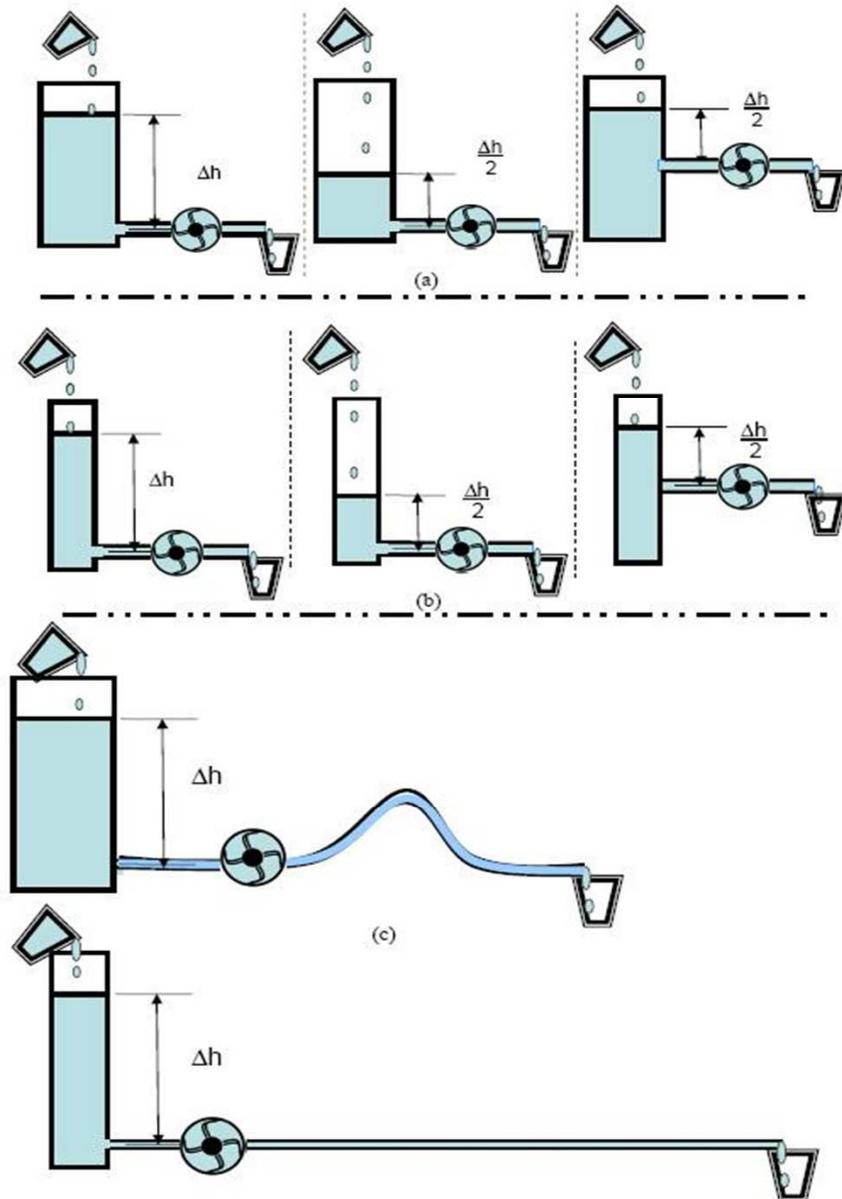
Sviluppo del modello - 4



Il modello spinta corrente e resistenza

- **Esperienze di idraulica**
- Il trasporto massivo nel sistema cardiocircolatorio
- Il trasporto diffusivo ed il trasferimento di fase
- I limiti biologici dei due tipi di trasporto: confronto tra portata e potenza richiesta

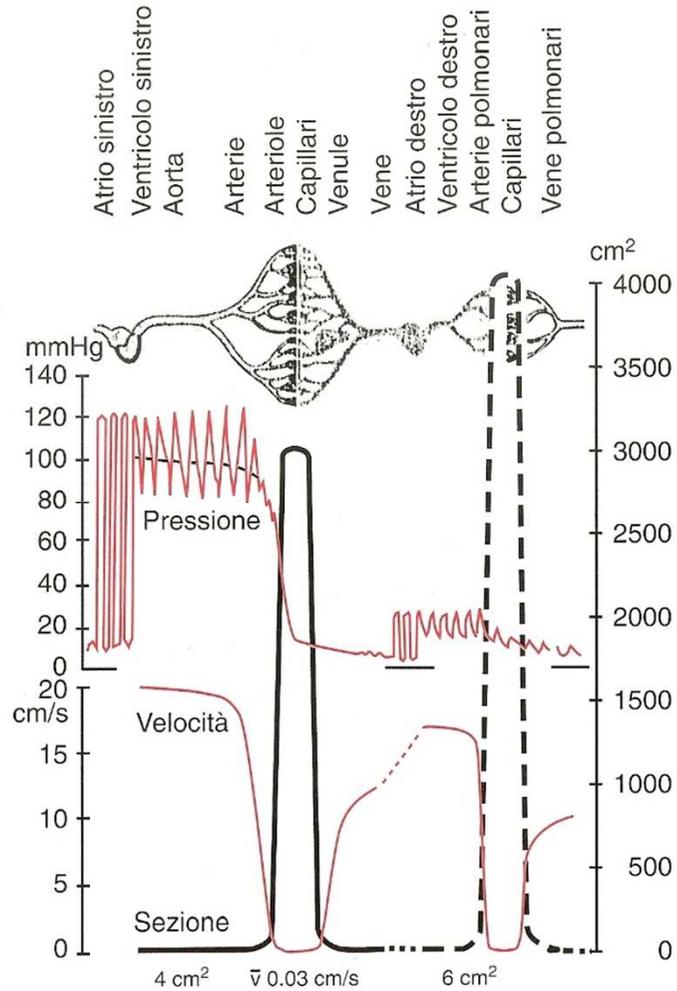
Esperienze di idraulica



Il modello spinta corrente e resistenza

- Esperienze di idraulica
- **Il trasporto massivo nel sistema cardiocircolatorio**
- Il trasporto diffusivo ed il trasferimento di fase
- I limiti biologici dei due tipi di trasporto: confronto tra portata e potenza richiesta

Trasporto massivo



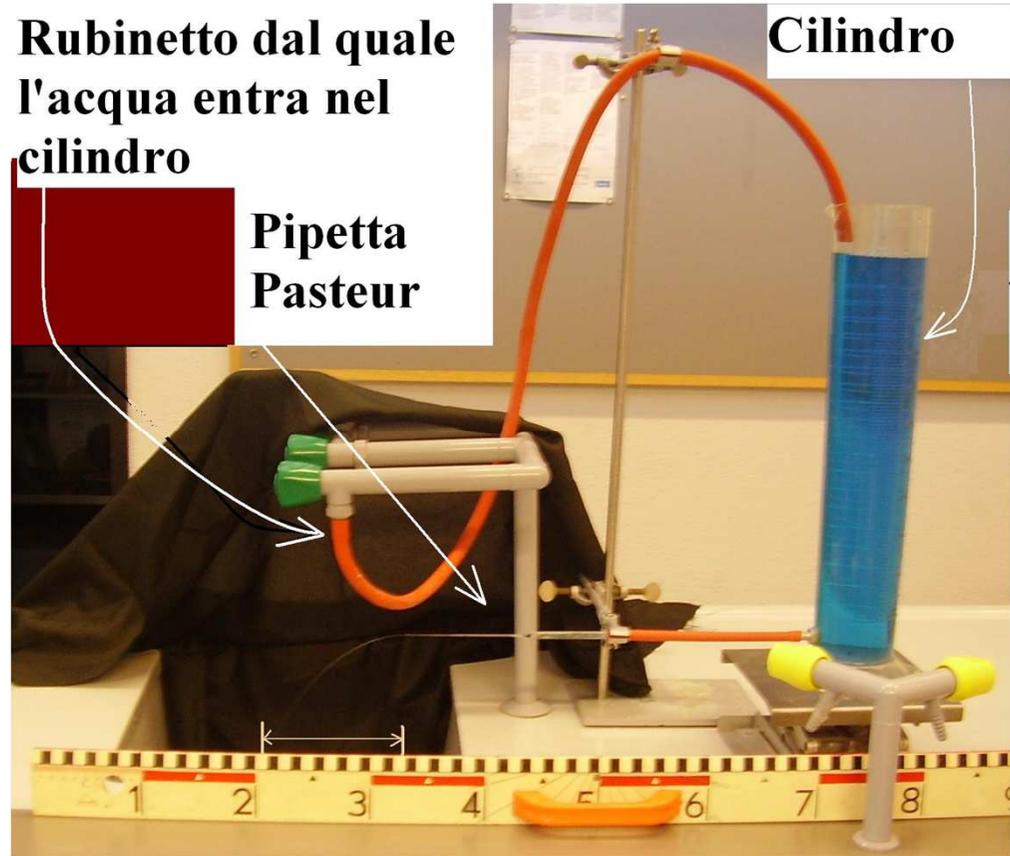
Rubinetto dal quale l'acqua entra nel cilindro

Cilindro

Pipetta Pasteur

a

b

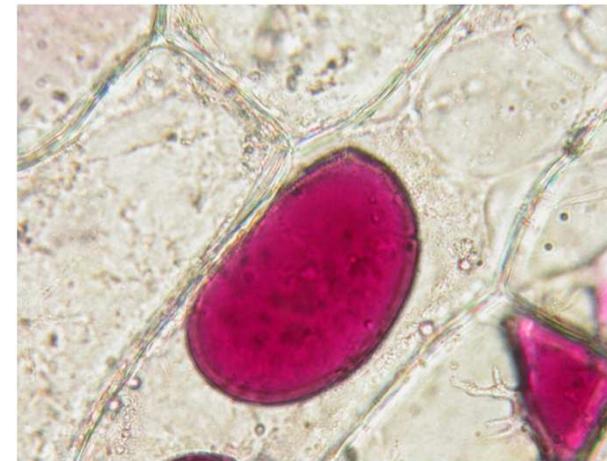
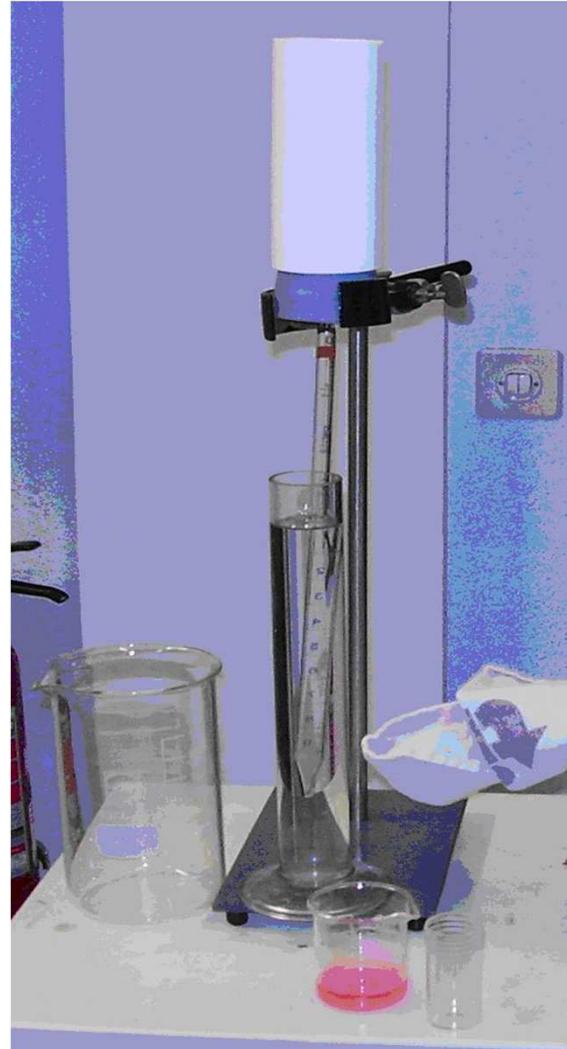
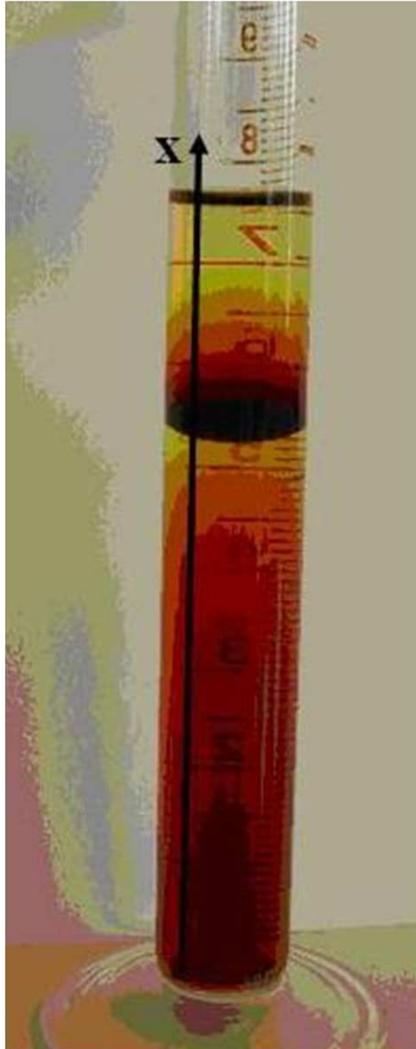


Il modello spinta corrente e resistenza

- Esperienze di idraulica
- Il trasporto massivo nel sistema cardiocircolatorio
- **Il trasporto diffusivo ed il trasferimento di fase**
- I limiti biologici dei due tipi di trasporto: confronto tra portata e potenza richiesta

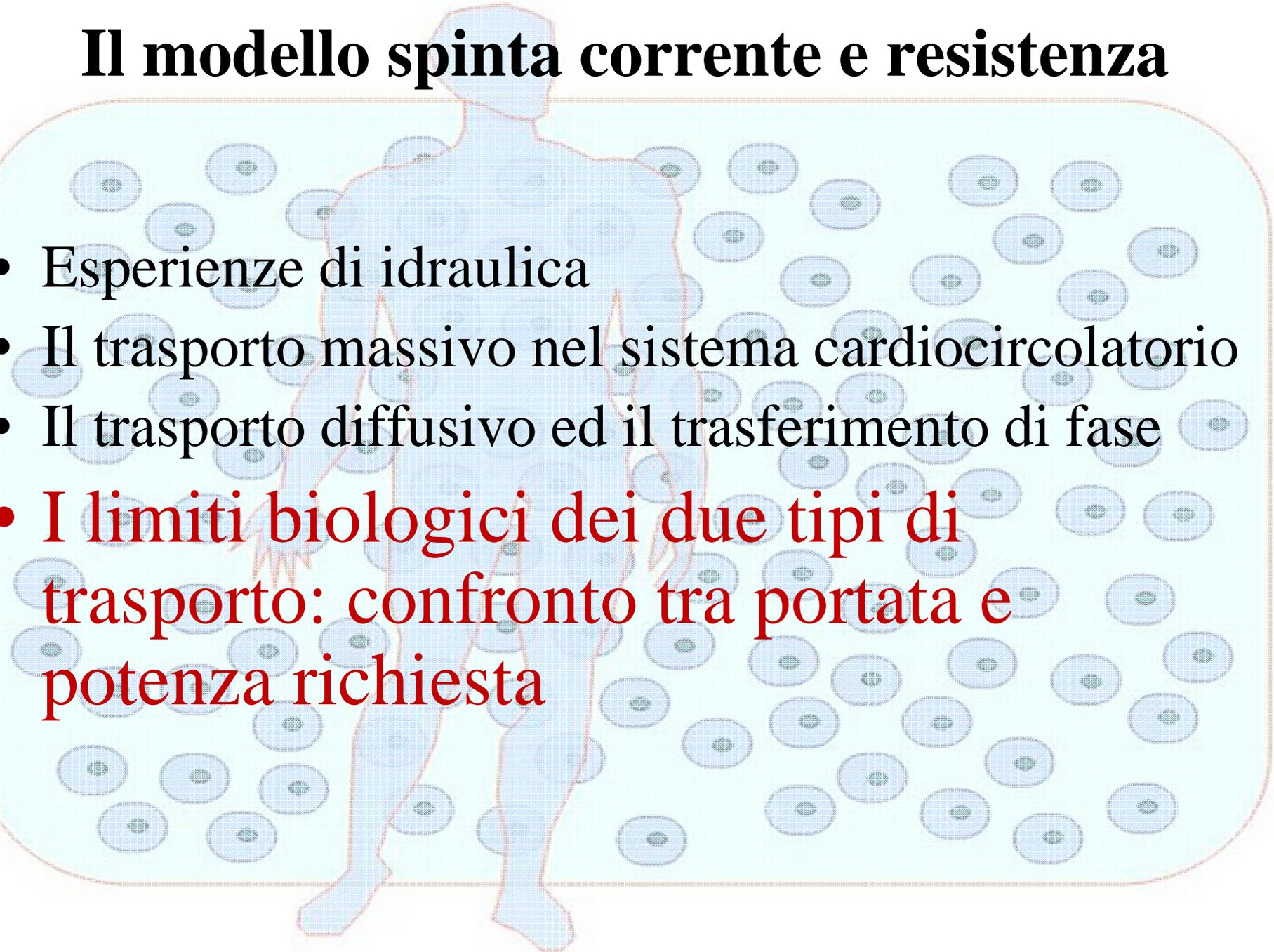


Trasporto diffusivo

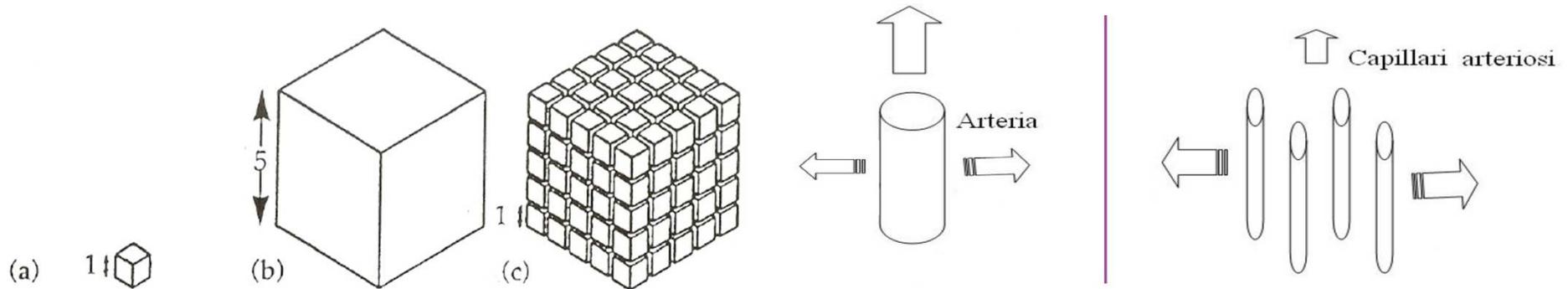


Il modello spinta corrente e resistenza

- Esperienze di idraulica
- Il trasporto massivo nel sistema cardiocircolatorio
- Il trasporto diffusivo ed il trasferimento di fase
- I limiti biologici dei due tipi di trasporto: confronto tra portata e potenza richiesta



I limiti biologici dei due tipi di trasporto: confronto tra portata e potenza richiesta



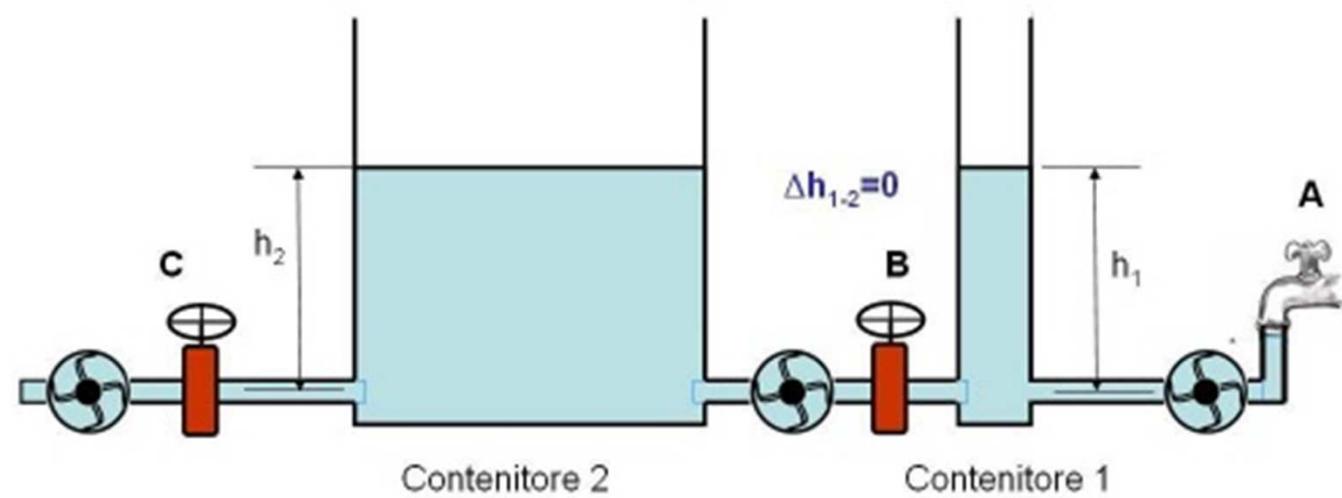
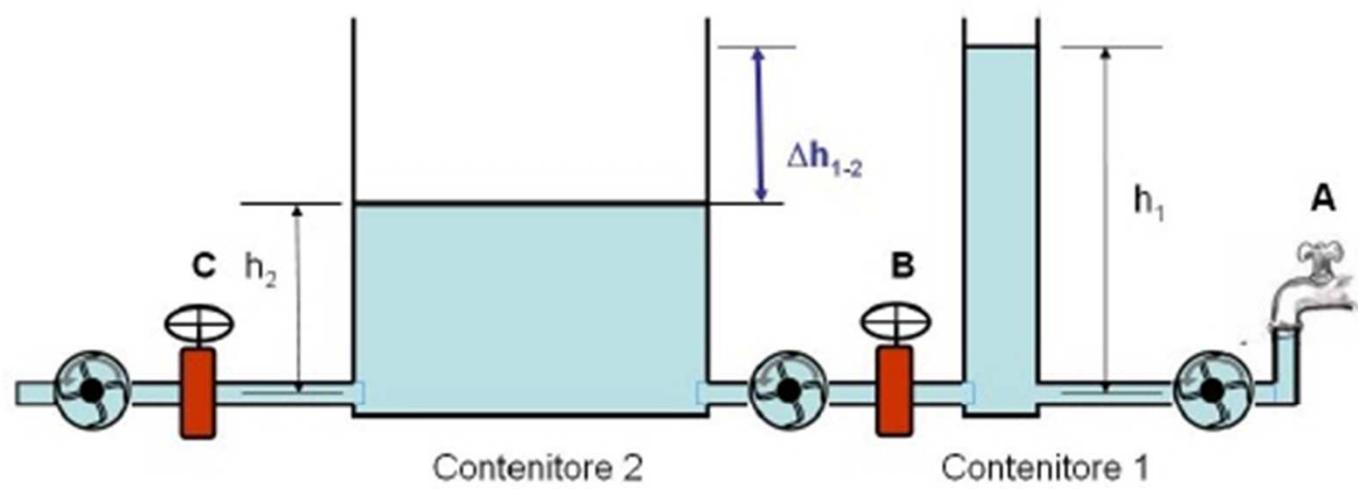
	Trasporto massivo	Trasporto diffusivo
Spinta e intensità di corrente	$\Delta p = R \cdot I_V$ $\Delta p = \frac{S^2}{8 \cdot \pi \cdot \eta \cdot l} \cdot I_V$ (Legge di Hagen-Poiseuille)	$\Delta \mu = R \cdot I_n$ $\Delta \mu = \frac{S \cdot D \cdot c}{R \cdot T \cdot l} \cdot I_n$ (Legge di Fick)
Densità di corrente e velocità	$J_V = \frac{I_V}{S} = v$	$J_n = \frac{I_n}{S} = c \cdot v$
Resistenza e parametri coinvolti	$R = \frac{8 \cdot \pi \cdot \eta \cdot l}{S^2}$	$R = \frac{R \cdot T \cdot l}{S \cdot D \cdot c}$

	Trasporto massivo		Trasporto diffusivo	
	I_V	Δp	I_n	$\Delta \mu$
	5,0 L/min	-90 mmHg	160 μ mol/s	-2370 J/mol
Potenza investita e dissipata	1,0 W		0,38 W	

Studio delle risposte di un sistema idraulico a diverse perturbazioni

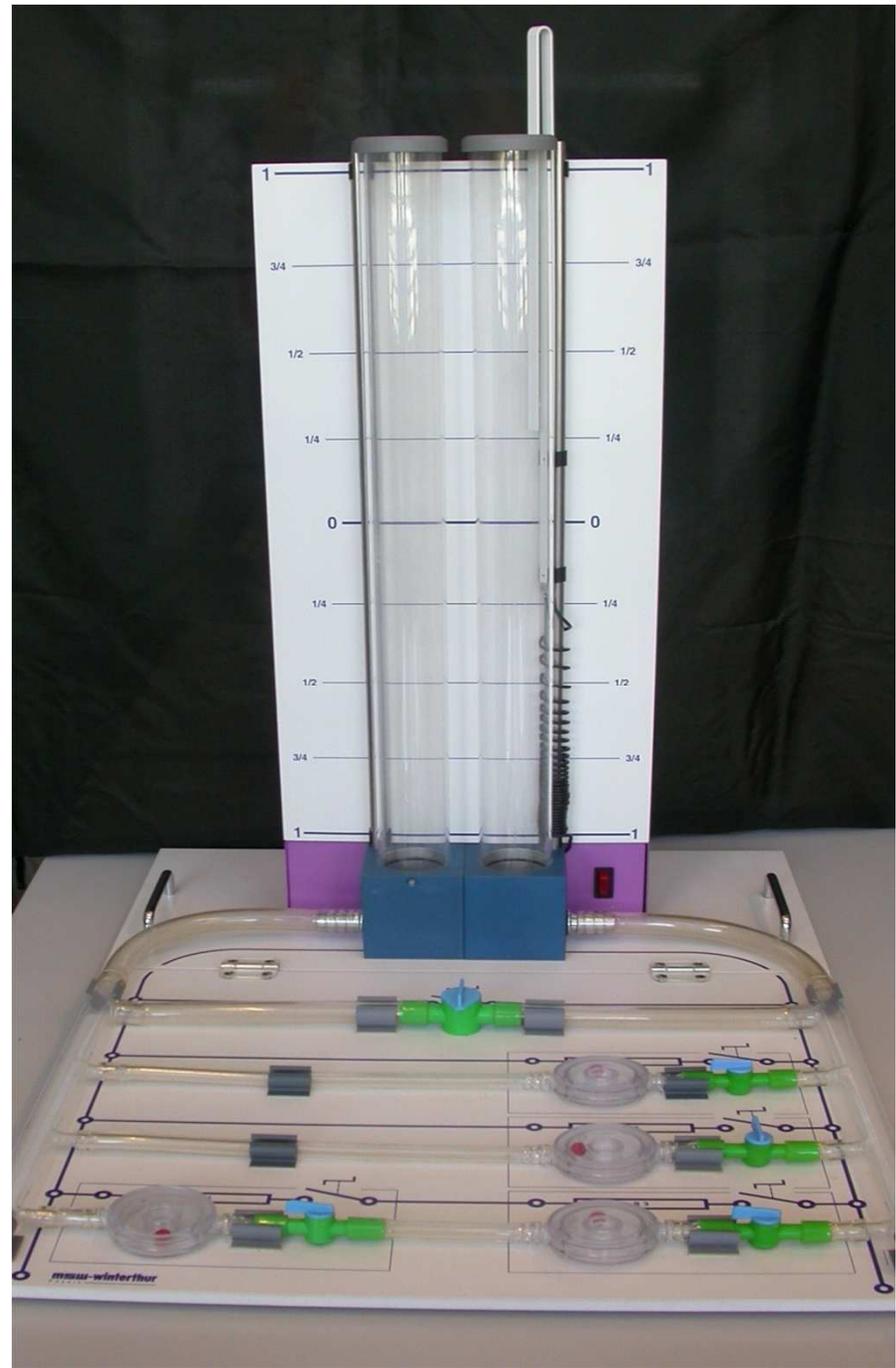
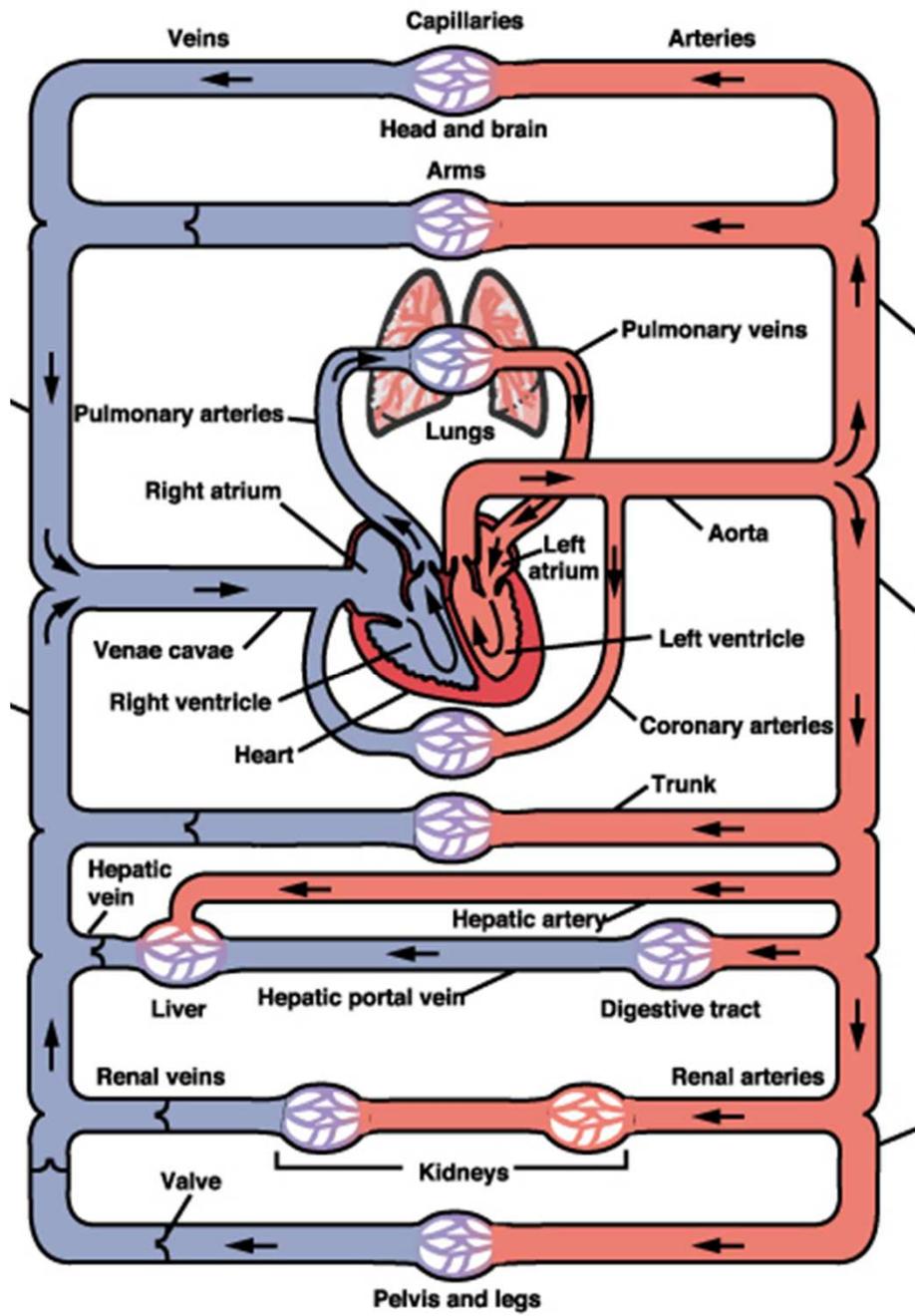
- Bilancio delle correnti in entrata ed uscita
- Effetto della capacità sulla risposta di un sistema alla perturbazione
- Regime stazionario, stato di transizione e di equilibrio





Studio delle risposte del sistema cardio-circolatorio a diverse perturbazioni

- Attività fisica: differenze tra uno stato a riposo ed uno sotto sforzo
- Stato di shock (ipovolemico): grossa perdita di sangue a causa di un'emorragia arteriosa.
- Embolia gassosa: decompressione insufficiente di un sommozzatore in emersione



Situazione reale di perturbazione	Simulazione	Effetto sul modello MSW	Variazione della grandezza	Effetto atteso sul sistema cardiocircolatorio	Validità della previsione
↑ attività fisica	rami del circuito aperti	frequenza della pompa ↑	potenza ↑	freq. cardiaca ↑ e gittata ↑	SI
		differenza d'altezza invariata	spinta invariata	pressione invariata	SI
		frequenza di rotazione della pallina ↑	corrente di volume ↑	irrorazione periferica ↑	SI
stato di shock	distacco di un tubo del circuito	frequenza della pompa ↑	potenza ↑	freq. cardiaca ↑	SI
		dislivello ↓	spinta ↓	pressione ↓	SI
		frequenza di rotazione ↓	corrente di volume ↓	scarsa irrorazione periferica	SI
embolia gassosa	iniettare aria nei tubi	frequenza della pompa ↓	potenza ↓	freq. cardiaca ↓ e gittata ↓	NO
		dislivello invariato	spinta invariata	pressione invariata	NO
		frequenza di rotazione ↓	corrente di volume ↓	scarsa irrorazione periferica	SI

Alcuni aspetti problematici per lo studente

- «La diffusione avviene spontaneamente seguendo il gradiente di concentrazione», «La diffusione di una sostanza avviene più velocemente nel solvente in cui è più solubile»
- Velocità di scorrimento e portata nel trasporto massivo
- Spinta come differenza e non come valore assoluto di una grandezza intensiva
- Differenze tra trasporto massivo e diffusivo. Dove sta il confine?

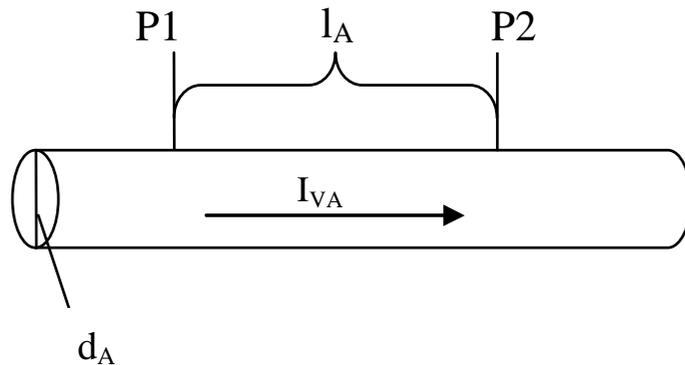
Evoluzione termodinamica del (sistema) Christian e Giancarlo

- Stato iniziale: grande entusiasmo
- Stato finale: prossimi all'equilibrio termodinamico.....

... FINE

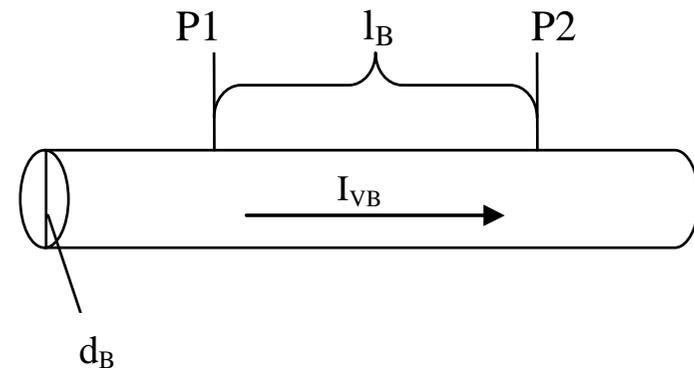
Spinta come differenza e non come valore assoluto di una grandezza intensiva

A



P1= 100 mmHg
P2= 90 mmHg

B



P1= 400 mmHg
P2= 390 mmHg

$$l_A = l_B$$
$$d_A = d_B$$

Domanda: Quanto vale I_{VA} e I_{VB} ?

Indica la risposta esatta:

a) $I_{VA} > I_{VB}$

b) $I_{VA} < I_{VB}$

c) $I_{VA} = I_{VB}$

