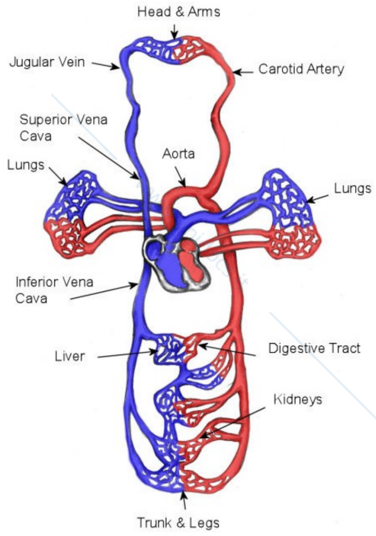
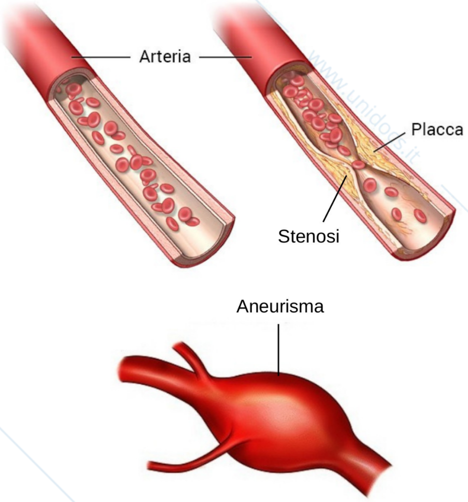
Dinamica dei fluidi



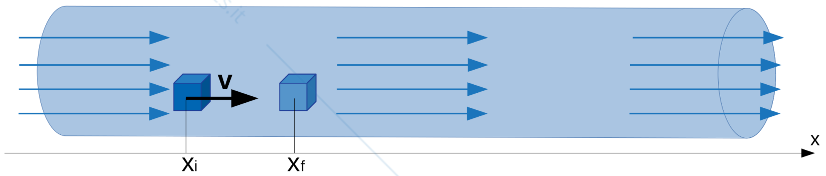


Portata

Consideriamo un fluido incomprimibile che scorre in un tubo (moto stazionario: tutte le particelle del fluido hanno la stessa velocità).

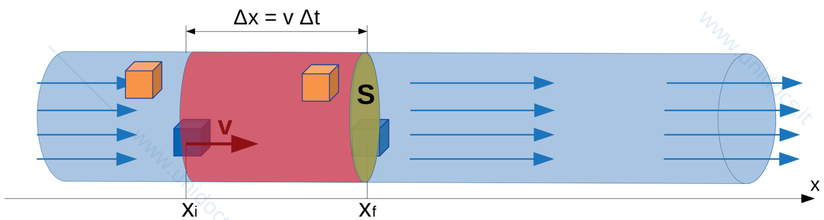
Per descrivere un fluido in moto potremmo considerare una sua particella e calcolarne la velocità:

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_f - x_i}{t_f - t_i}$$



Descrivere la velocità di ogni particella del fluido non è agevole.

Portata

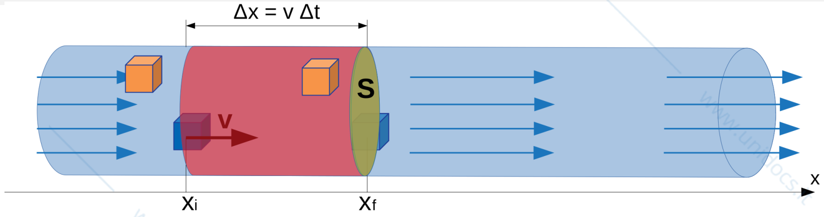


Anziché parlare di velocità si parla di **PORTATA**.

Portata (o flusso di velocità) $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t}$

La portata è il volume di fluido che attraversa una sezione S di un condotto nell'unità di tempo.

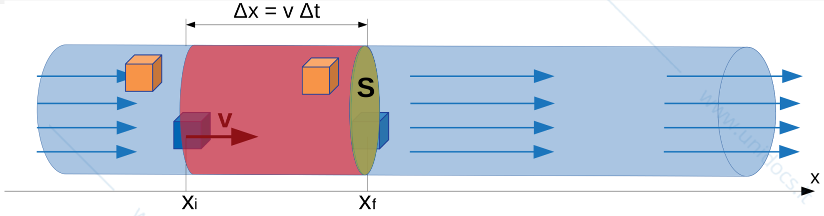
Portata



Portata (o flusso di velocità) $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t}$

- Quanto è il volume di fluido che attraversa S in Δt?
- Immaginamo di trovarci in x_f e di guardare il fluido che scorre.
- Se in Δt, il cubetto blu è arrivato in x_f, allora il volume di fluido che ha attraversato S in Δt sarà quello che inizialmente si trovava nel cilindro rosso: $\Delta Vol = S \cdot \Delta x$

Portata

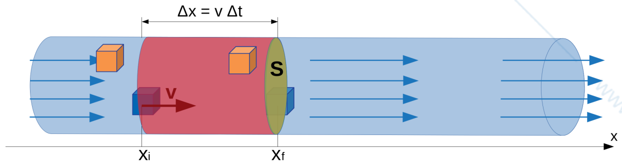


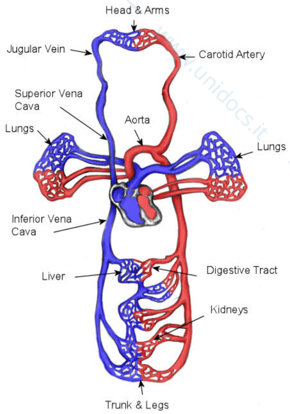
Portata (o flusso di velocità) $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t}$

- Quanto è il volume di fluido che attraversa S in Δt?
- Immaginamo di trovarci in x_f e di guardare il fluido che scorre.
- Se in Δt, il cubetto blu è arrivato in x_f, allora il volume di fluido che ha attraversato S in Δt sarà quello che inizialmente si trovava nel cilindro rosso: $\Delta Vol = S \cdot \Delta x$

Se il fluido scorre più velocemente (a parità di Δt) Δx sarà maggiore, quindi ΔVol sarà maggiore e la portata sarà maggiore.

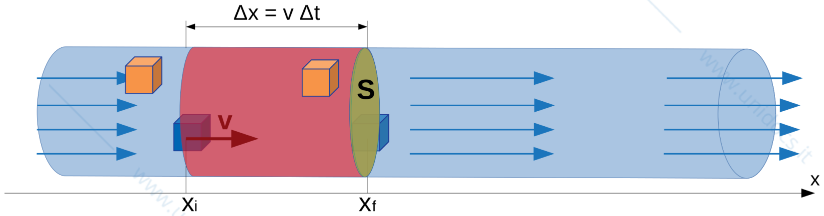
Portata cardiaca o Gittatta cardiaca





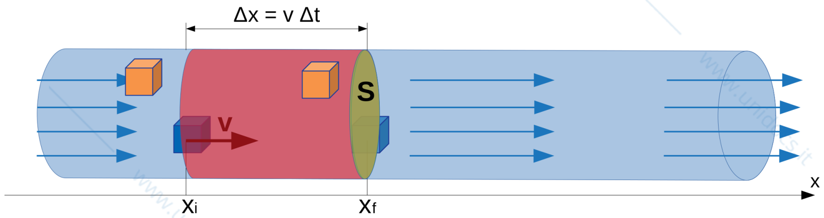
- Il sistema circolatorio umano si può approssimare con un circuito chiuso (no sorgenti, no perdite).
- Il sangue scorre nei vasi principalmente grazie all'azione del cuore.
- La portata Q vale circa $Q = 5,4 \frac{litri}{min} = 90 \frac{cm^3}{sec}$

Portata



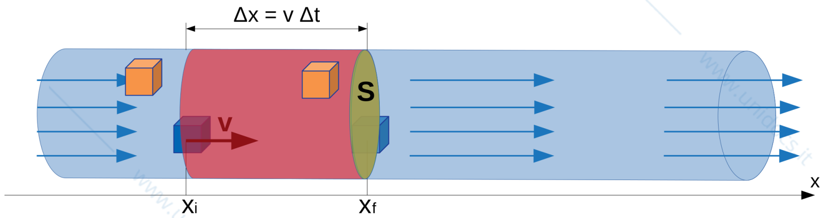
- $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t}$

Portata



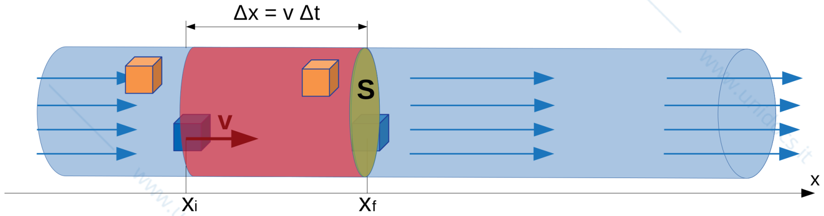
- $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t}$
- $\Delta Vol = S \cdot \Delta x$

Portata



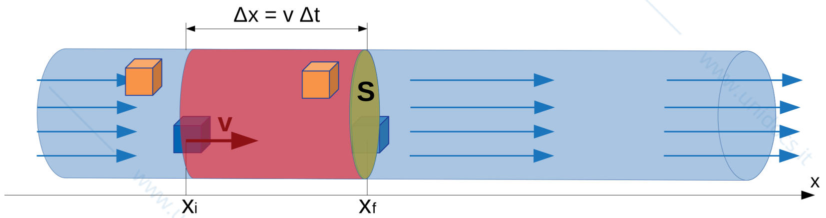
- $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t}$
- $\Delta Vol = S \cdot \Delta x$
- $\Delta x = v \cdot \Delta t$

Portata



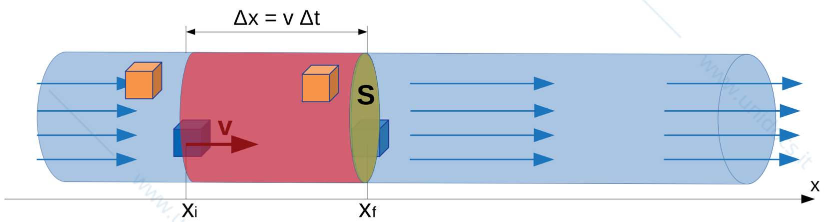
- $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t}$
- $\Delta Vol = S \cdot \Delta x$
- $\Delta x = v \cdot \Delta t \rightarrow \Delta Vol = S \cdot v \cdot \Delta t$

Portata



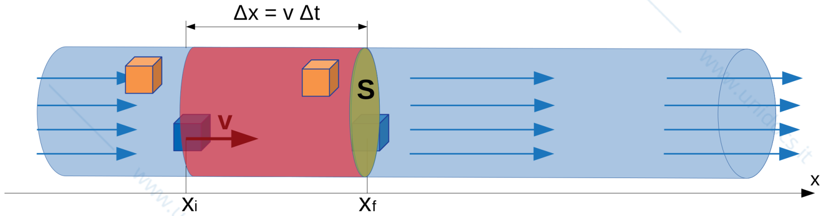
- $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t}$
- $\Delta Vol = S \cdot \Delta x$
- $\Delta x = v \cdot \Delta t \rightarrow \Delta Vol = S \cdot v \cdot \Delta t$
- Allora $Q = \frac{S \cdot v \cdot \Delta t}{\Delta t} = S \cdot v$

Portata



- $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t}$
- $\Delta Vol = S \cdot \Delta x$
- $\Delta x = v \cdot \Delta t \rightarrow \Delta Vol = S \cdot v \cdot \Delta t$
- Allora $Q = \frac{S \cdot v \cdot \cancel{\Delta t}}{\cancel{\Delta t}} = S \cdot v$

Portata



- $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t}$
- $\Delta Vol = S \cdot \Delta x$
- $\Delta x = v \cdot \Delta t \to \Delta Vol = S \cdot v \cdot \Delta t$
- Allora $Q = \frac{S \cdot v \cdot \cancel{\Delta t}}{\cancel{\Delta t}} = S \cdot v$

La portata dipende solo dalla sezione del tubo e dalla velocità con cui si muovono le particelle del fluido.

Portata

Esercizio

Un rubinetto di sezione $S = 0,000078m^2$ viene usato per riempire una vasca di lati 1,8 m, 1 m e 0,5 m. Sapendo che occorrono 5 minuti per riempire la vasca, qual è la velocità con cui l'acqua esce dal rubinetto?

Suggerimento : $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t} = v \cdot S$

Portata

Esercizio

Un rubinetto di sezione $S = 0,000078 m^2$ viene usato per riempire una vasca di lati 1,8 m, 1 m e 0,5 m. Sapendo che occorrono 5 minuti per riempire la vasca, qual è la velocità con cui l'acqua esce dal rubinetto?

Suggerimento : $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t} = v \cdot S$

Soluzione

- $v = \frac{\Delta Vol}{S \cdot \Delta t}$

Portata

Esercizio

Un rubinetto di sezione $S = 0,000078 m^2$ viene usato per riempire una vasca di lati 1,8 m, 1 m e 0,5 m. Sapendo che occorrono 5 minuti per riempire la vasca, qual è la velocità con cui l'acqua esce dal rubinetto?

Suggerimento : $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t} = v \cdot S$

Soluzione

- $v = \frac{\Delta Vol}{S \cdot \Delta t}$
- $\Delta Vol = 1,8m \cdot 1m \cdot 0,5m$

Portata

Esercizio

Un rubinetto di sezione $S = 0,000078m^2$ viene usato per riempire una vasca di lati 1,8 m, 1 m e 0,5 m. Sapendo che occorrono 5 minuti per riempire la vasca, qual è la velocità con cui l'acqua esce dal rubinetto?

Suggerimento : $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t} = v \cdot S$

Soluzione

- $v = \frac{\Delta Vol}{S \cdot \Delta t}$
- $\Delta Vol = 1,8m \cdot 1m \cdot 0,5m = 0,9m^3$;

Portata

Esercizio

Un rubinetto di sezione $S = 0,000078m^2$ viene usato per riempire una vasca di lati 1,8 m, 1 m e 0,5 m. Sapendo che occorrono 5 minuti per riempire la vasca, qual è la velocità con cui l'acqua esce dal rubinetto?

Suggerimento : $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t} = v \cdot S$

Soluzione

- $v = \frac{\Delta Vol}{S \cdot \Delta t}$
- $\Delta Vol = 1,8m \cdot 1m \cdot 0,5m = 0,9m^3$; $\Delta t = 5min = 300s$

Portata

Esercizio

Un rubinetto di sezione $S = 0,000078m^2$ viene usato per riempire una vasca di lati 1,8 m, 1 m e 0,5 m. Sapendo che occorrono 5 minuti per riempire la vasca, qual è la velocità con cui l'acqua esce dal rubinetto?

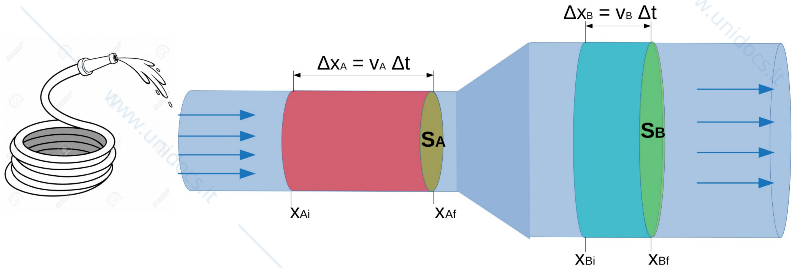
Suggerimento : $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t} = v \cdot S$

Soluzione

- $v = \frac{\Delta Vol}{S \cdot \Delta t}$
- $\Delta Vol = 1,8m \cdot 1m \cdot 0,5m = 0,9m^3$; $\Delta t = 5min = 300s$
- Allora $v = \frac{0,9m^3}{0,000078m^2 \cdot 300s} = 38,5m/s$

Equazione di continuità

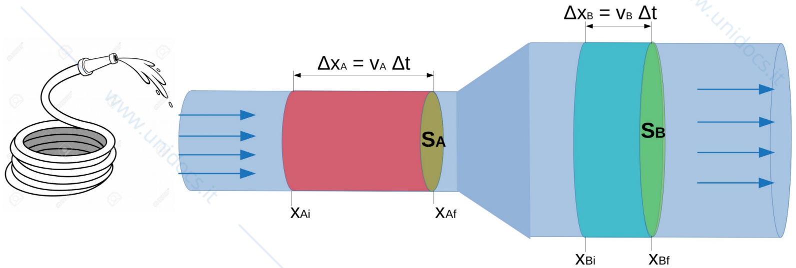
Se la sezione del tubo aumenta, cosa succede alla velocità?
La velocità del sangue è maggiore nelle arterie e nelle vene o nei capillari?



- Il fluido è incomprimibile, quindi $\Delta Vol_A = \Delta Vol_B$.

Equazione di continuità

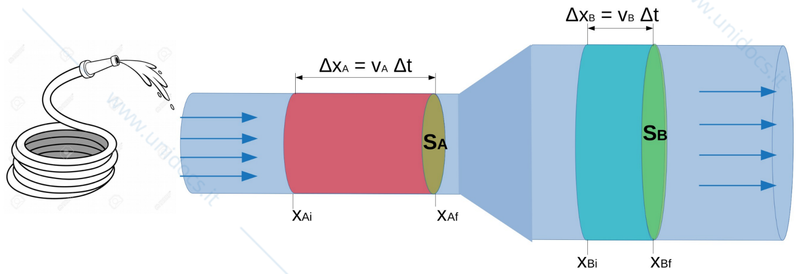
Se la sezione del tubo aumenta, cosa succede alla velocità?
La velocità del sangue è maggiore nelle arterie e nelle vene o nei capillari?



- Il fluido è incomprimibile, quindi $\Delta Vol_A = \Delta Vol_B$.
- Se la sezione è minore, allora Δx sarà maggiore.
- Nello stesso Δt, la particella nel tubo più stretto percorre un Δx **maggiore** $\rightarrow$ **v maggiore**.

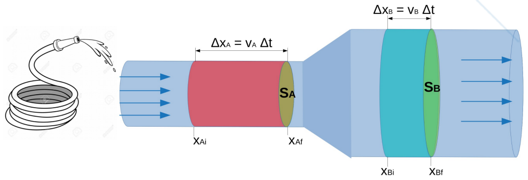
Equazione di continuità

Se la sezione del tubo aumenta, cosa succede alla velocità?
La velocità del sangue è maggiore nelle arterie e nelle vene o nei capillari?



- Il fluido è incomprimibile, quindi $\Delta Vol_A = \Delta Vol_B$.
- Se la sezione è minore, allora Δx sarà maggiore.
- Nello stesso Δt, la particella nel tubo più stretto percorre un Δx **maggiore** $\rightarrow$ **v maggiore**. Viceversa nel tubo più largo v sarà minore.

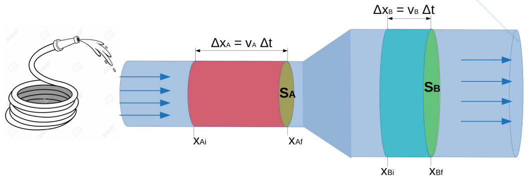
Equazione di continuità



Esempio

In un tubo entrano 0,5 L di acqua ogni secondo. Calcolare la velocità (in dm/s) con cui fluisce l'acqua all'interno del tubo sapendo che la sua sezione è di 0,007 dm^2.

Equazione di continuità



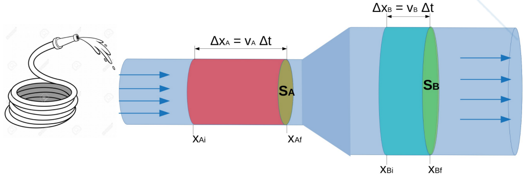
Esempio

In un tubo entrano 0,5 L di acqua ogni secondo. Calcolare la velocità (in dm/s) con cui fluisce l'acqua all'interno del tubo sapendo che la sua sezione è di 0,007 dm^2.

Soluzione

- $\Delta t = 1s$; $\Delta Vol = 0,5L = 0,5\ dm^3$; $S = 0,007dm^2$

Equazione di continuità



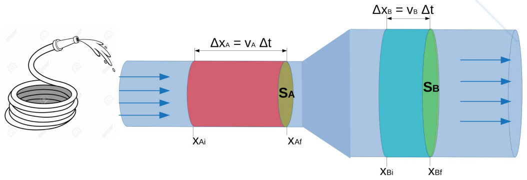
Esempio

In un tubo entrano 0,5 L di acqua ogni secondo. Calcolare la velocità (in dm/s) con cui fluisce l'acqua all'interno del tubo sapendo che la sua sezione è di 0,007 dm^2.

Soluzione

- $\Delta t = 1s$; $\Delta Vol = 0,5L = 0,5\ dm^3$; $S = 0,007 dm^2$
- $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t} = v \cdot S$

Equazione di continuità



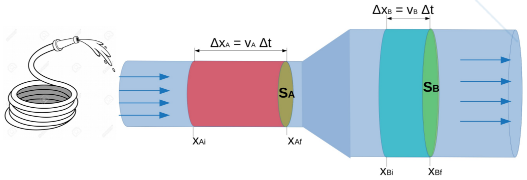
Esempio

In un tubo entrano 0,5 L di acqua ogni secondo. Calcolare la velocità (in dm/s) con cui fluisce l'acqua all'interno del tubo sapendo che la sua sezione è di 0,007 dm^2.

Soluzione

- $\Delta t = 1s$; $\Delta Vol = 0,5L = 0,5\ dm^3$; $S = 0,007dm^2$
- $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t} = v \cdot S \rightarrow v = \frac{\Delta Vol}{\Delta t \cdot S}$

Equazione di continuità



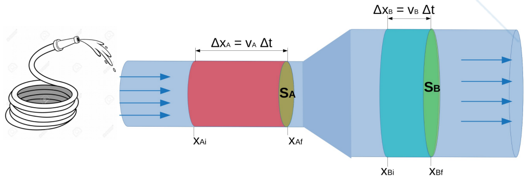
Esempio

In un tubo entrano 0,5 L di acqua ogni secondo. Calcolare la velocità (in dm/s) con cui fluisce l'acqua all'interno del tubo sapendo che la sua sezione è di 0,007 dm^2.

Soluzione

- $\Delta t = 1s$; $\Delta Vol = 0,5L = 0,5\ dm^3$; $S = 0,007dm^2$
- $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t} = v \cdot S \rightarrow v = \frac{\Delta Vol}{\Delta t \cdot S} = \frac{0,5dm^3}{1s \cdot 0,007dm^2} = 71,4\frac{dm}{s}$

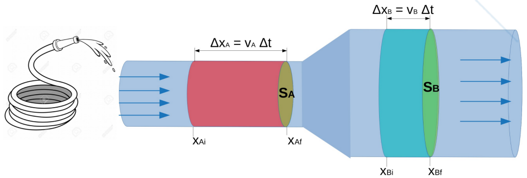
Equazione di continuità



Esempio

In un tubo entrano 0,5 L di acqua ogni secondo. Se S $= 0,007 dm^2$, allora $v = 71,4 \frac{dm}{s}$. Come diventa v se la sezione del tubo diventa 1/3 di quella iniziale?

Equazione di continuità



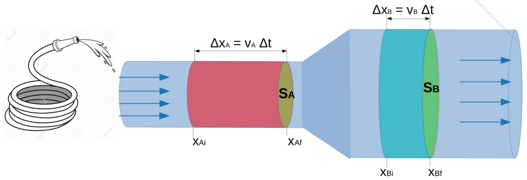
Esempio

In un tubo entrano 0,5 L di acqua ogni secondo. Se S $= 0,007 dm^2$, allora $v = 71,4\frac{dm}{s}$. Come diventa v se la sezione del tubo diventa 1/3 di quella iniziale?

Soluzione

- $\Delta t = 1s$; $\Delta Vol = 0,5L = 0,5\ dm^3$; $S_B = 0,007/3 = 0,0023 dm^2$

Equazione di continuità



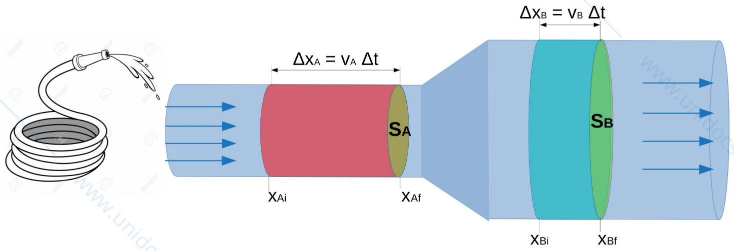
Esempio

In un tubo entrano 0,5 L di acqua ogni secondo. Se S $= 0,007dm^2$, allora $v = 71,4\frac{dm}{s}$. Come diventa v se la sezione del tubo diventa 1/3 di quella iniziale?

Soluzione

- $\Delta t = 1s$; $\Delta Vol = 0,5L = 0,5\ dm^3$; $S_B = 0,007/3 = 0,0023dm^2$
- Allora $v \cdot S \rightarrow v_B = \frac{\Delta Vol}{\Delta t \cdot S} = \frac{0,5dm^3}{1s \cdot 0,0023dm^2} = 217,4\frac{dm}{s}$
- $\frac{v_B}{v} = \frac{217,4dm/s}{71,4dm/s} = 3 \rightarrow$ v triplica!

Equazione di continuità

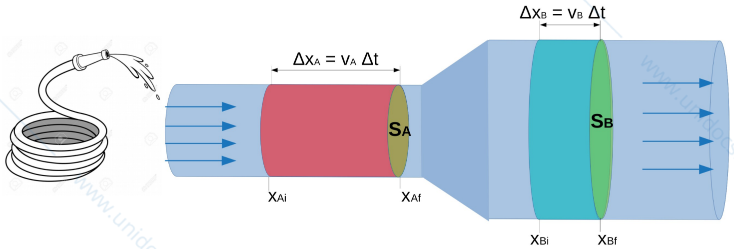


Questo è vero in generale:

Equazione di continuità

- $\Delta Vol_A = \Delta Vol_B$

Equazione di continuità

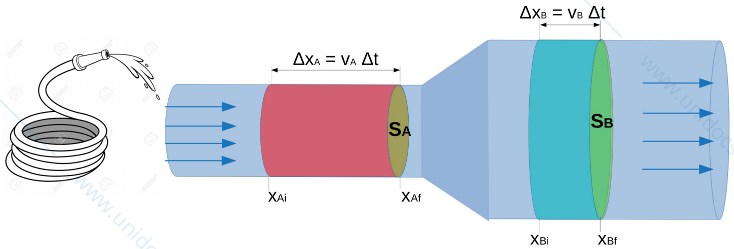


Questo è vero in generale:

Equazione di continuità

- $\Delta Vol_A = \Delta Vol_B \rightarrow S_A \cdot \Delta x_A = S_B \cdot \Delta x_B$

Equazione di continuità

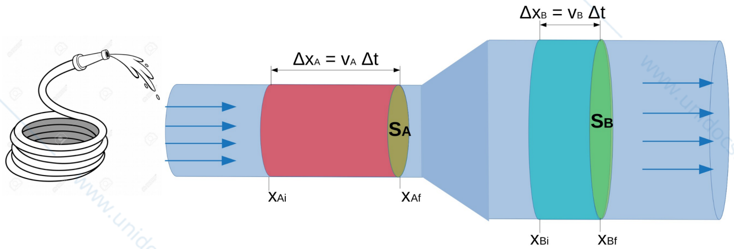


Questo è vero in generale:

Equazione di continuità

- $\Delta Vol_A = \Delta Vol_B \rightarrow S_A \cdot \Delta x_A = S_B \cdot \Delta x_B$
- $\Delta x_A = v_A \cdot \Delta t$; $\Delta x_B = v_B \cdot \Delta t$

Equazione di continuità

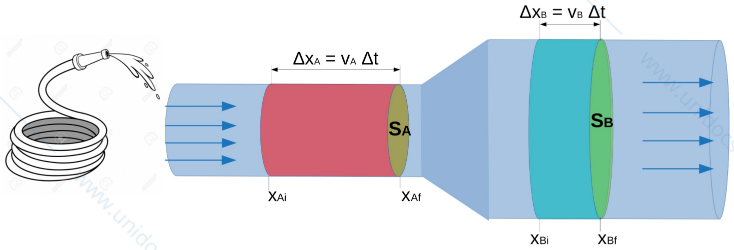


Questo è vero in generale:

Equazione di continuità

- $\Delta Vol_A = \Delta Vol_B \rightarrow S_A \cdot \Delta x_A = S_B \cdot \Delta x_B$
- $\Delta x_A = v_A \cdot \Delta t$; $\Delta x_B = v_B \cdot \Delta t$
- Allora $S_A \cdot v_A \cdot \Delta t = S_B \cdot v_B \cdot \Delta t$

Equazione di continuità

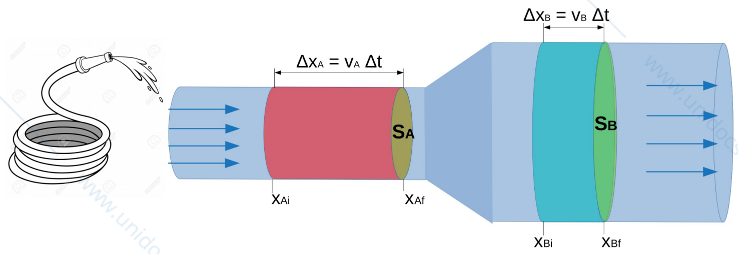


Questo è vero in generale:

Equazione di continuità

- $\Delta Vol_A = \Delta Vol_B \rightarrow S_A \cdot \Delta x_A = S_B \cdot \Delta x_B$
- $\Delta x_A = v_A \cdot \Delta t$; $\Delta x_B = v_B \cdot \Delta t$
- Allora $S_A \cdot v_A \cdot \cancel{\Delta t} = S_B \cdot v_B \cdot \cancel{\Delta t}$

Equazione di continuità



Questo è vero in generale:

Equazione di continuità

- $\Delta Vol_A = \Delta Vol_B \rightarrow S_A \cdot \Delta x_A = S_B \cdot \Delta x_B$
- $\Delta x_A = v_A \cdot \Delta t$; $\Delta x_B = v_B \cdot \Delta t$
- Allora $S_A \cdot v_A \cdot \cancel{\Delta t} = S_B \cdot v_B \cdot \cancel{\Delta t}$
- Allora $S_A \cdot v_A = S_B \cdot v_B$

Equazione di continuità

Esercizio

Dell'acqua fuoriesce da un rubinetto di sezione $S = 0,000078 m^2$ alla velocità di $v = 38,5 m/s$. Quanto vale la portata? Se la sezione diventa un decimo di quella iniziale, come diventa la velocità?

Equazione di continuità

Esercizio

Dell'acqua fuoriesce da un rubinetto di sezione $S = 0,000078m^2$ alla velocità di $v = 38,5m/s$. Quanto vale la portata? Se la sezione diventa un decimo di quella iniziale, come diventa la velocità?

Soluzione

- $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t} = S \cdot v = 0,000078m^2 \cdot 38,5\frac{m}{s} = 0,003\frac{m^3}{s}$

Equazione di continuità

Esercizio

Dell'acqua fuoriesce da un rubinetto di sezione $S = 0,000078 m^2$ alla velocità di $v = 38,5 m/s$. Quanto vale la portata? Se la sezione diventa un decimo di quella iniziale, come diventa la velocità?

Soluzione

- $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t} = S \cdot v = 0,000078 m^2 \cdot 38,5 \frac{m}{s} = 0,003 \frac{m^3}{s}$
- $S_A \cdot v_A = S_B \cdot v_B$
- Allora se $S_B = \frac{S_A}{10}$, v aumenterà di 10 volte: $v_B = 10 v_A$.

Equazione di continuità

Esercizio

Dell'acqua fuoriesce da un rubinetto di sezione $S = 0,000078 m^2$ alla velocità di $v = 38,5 m/s$. Quanto vale la portata? Se la sezione diventa un decimo di quella iniziale, come diventa la velocità?

Soluzione

- $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t} = S \cdot v = 0,000078 m^2 \cdot 38,5 \frac{m}{s} = 0,003 \frac{m^3}{s}$
- $S_A \cdot v_A = S_B \cdot v_B$
- Allora se $S_B = \frac{S_A}{10}$, v aumenterà di 10 volte: $v_B = 10 v_A$.
- Infatti $v_B = \frac{S_A \cdot v_A}{S_B}$

Equazione di continuità

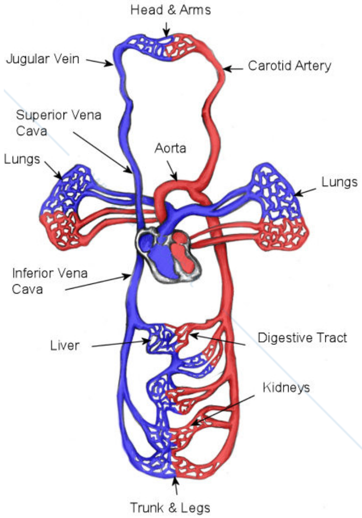
Esercizio

Dell'acqua fuoriesce da un rubinetto di sezione $S = 0,000078m^2$ alla velocità di $v = 38,5m/s$. Quanto vale la portata? Se la sezione diventa un decimo di quella iniziale, come diventa la velocità?

Soluzione

- $Q = \frac{\Delta Vol}{\Delta t} = S \cdot v = 0,000078m^2 \cdot 38,5\frac{m}{s} = 0,003\frac{m^3}{s}$
- $S_A \cdot v_A = S_B \cdot v_B$
- Allora se $S_B = \frac{S_A}{10}$, v aumenterà di 10 volte: $v_B = 10v_A$.
- Infatti $v_B = \frac{S_A \cdot v_A}{S_B} = \frac{\cancel{S_A} \cdot v_A \cdot 10}{\cancel{S_A}} = 10 \cdot v_A$

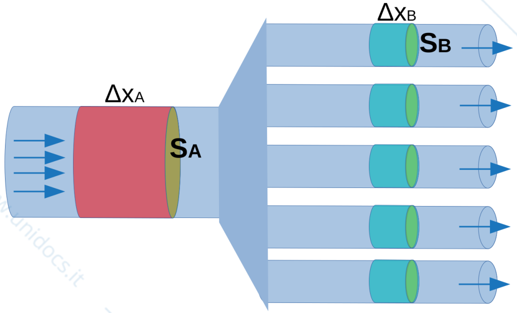
Sistema cardio-circolatorio



$$S_A \cdot v_A = S_B \cdot v_B$$

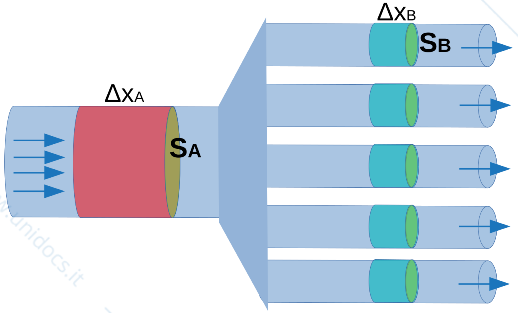
I capillari sono più stretti delle arterie ma il sangue scorre più lentamente. Perché?

Sistema cardio-circolatorio



Il volume in entrata ΔVol_A è uguale al volume in totale in uscita $N \cdot \Delta Vol_B$

Sistema cardio-circolatorio



Il volume in entrata ΔVol_A è uguale al volume in totale in uscita $N \cdot \Delta Vol_B$

Esempio

Se in 1 sec entrano $\Delta Vol_A = 0{,}03\ m^3$ di acqua e il tubo si suddivide in 5 tubi, il volume di acqua in uscita da ciascun tubo sarà:
$\Delta Vol_B = \frac{\Delta Vol_A}{5} = 0.006 m^3$

Sistema cardio-circolatorio

Esercizio

Il raggio dell'aorta è circa $R_A = 1,2 cm$ e il sangue vi scorre con velocità $v_A = 40 cm/s$. Un capillare tipico ha un raggio di circa $R_B = 0,0004 cm$ e il sangue vi scorre con $v_B = 0,05 cm/s$. Quanti capillari ci sono nel corpo? ($S = \pi R^2$)

Sistema cardio-circolatorio

Esercizio

Il raggio dell'aorta è circa $R_A = 1,2cm$ e il sangue vi scorre con velocità $v_A = 40cm/s$. Un capillare tipico ha un raggio di circa $R_B = 0,0004cm$ e il sangue vi scorre con $v_B = 0,05cm/s$. Quanti capillari ci sono nel corpo? ($S = \pi R^2$)

Soluzione

- $\Delta Vol_A = N \cdot \Delta Vol_B$

Sistema cardio-circolatorio

Esercizio

Il raggio dell'aorta è circa $R_A = 1,2cm$ e il sangue vi scorre con velocità $v_A = 40cm/s$. Un capillare tipico ha un raggio di circa $R_B = 0,0004cm$ e il sangue vi scorre con $v_B = 0,05cm/s$. Quanti capillari ci sono nel corpo? ($S = \pi R^2$)

Soluzione

- $\Delta Vol_A = N \cdot \Delta Vol_B \rightarrow N = \frac{\Delta Vol_A}{\Delta Vol_B(1 capillare)}$

Sistema cardio-circolatorio

Esercizio

Il raggio dell'aorta è circa $R_A = 1,2cm$ e il sangue vi scorre con velocità $v_A = 40cm/s$. Un capillare tipico ha un raggio di circa $R_B = 0,0004cm$ e il sangue vi scorre con $v_B = 0,05cm/s$. Quanti capillari ci sono nel corpo? $(S = \pi R^2)$

Soluzione

- $\Delta Vol_A = N \cdot \Delta Vol_B \rightarrow N = \frac{\Delta Vol_A}{\Delta Vol_B(1 capillare)}$
- $\Delta Vol = S \cdot \Delta x = S \cdot v \cdot \Delta t$

Sistema cardio-circolatorio

Esercizio

Il raggio dell'aorta è circa $R_A = 1,2cm$ e il sangue vi scorre con velocità $v_A = 40cm/s$. Un capillare tipico ha un raggio di circa $R_B = 0,0004cm$ e il sangue vi scorre con $v_B = 0,05cm/s$. Quanti capillari ci sono nel corpo? $(S = \pi R^2)$

Soluzione

- $\Delta Vol_A = N \cdot \Delta Vol_B \rightarrow N = \frac{\Delta Vol_A}{\Delta Vol_B(1 capillare)}$
- $\Delta Vol = S \cdot \Delta x = S \cdot v \cdot \Delta t$
- Allora $N = \frac{S_A \cdot v_A \cdot \Delta t}{S_B \cdot v_B \cdot \Delta t}$

Sistema cardio-circolatorio

Esercizio

Il raggio dell'aorta è circa $R_A = 1,2cm$ e il sangue vi scorre con velocità $v_A = 40cm/s$. Un capillare tipico ha un raggio di circa $R_B = 0,0004cm$ e il sangue vi scorre con $v_B = 0,05cm/s$. Quanti capillari ci sono nel corpo? $(S = \pi R^2)$

Soluzione

- $N = \frac{\Delta Vol_A}{\Delta Vol_B(1 capillare)}$
- $\Delta Vol = S \cdot \Delta x = S \cdot v \cdot \Delta t$
- Allora $N = \frac{S_A \cdot v_A \cdot \cancel{\Delta t}}{S_B \cdot v_B \cdot \cancel{\Delta t}} = \frac{S_A \cdot v_A}{S_B \cdot v_B}$

Sistema cardio-circolatorio

Esercizio

Il raggio dell'aorta è circa $R_A = 1,2cm$ e il sangue vi scorre con velocità $v_A = 40cm/s$. Un capillare tipico ha un raggio di circa $R_B = 0,0004cm$ e il sangue vi scorre con $v_B = 0,05cm/s$. Quanti capillari ci sono nel corpo? $(S = \pi R^2)$

Soluzione

- $N = \frac{\Delta Vol_A}{\Delta Vol_B(1 capillare)}$
- $\Delta Vol = S \cdot \Delta x = S \cdot v \cdot \Delta t$
- Allora $N = \frac{S_A \cdot v_A \cdot \cancel{\Delta t}}{S_B \cdot v_B \cdot \cancel{\Delta t}} = \frac{S_A \cdot v_A}{S_B \cdot v_B}$
- $S_A = 3,14 \cdot 1,2^2 cm^2 = 4,5cm^2$;
  $S_B = 3,14 \cdot 0,0004^2 cm^2 = 5 \cdot 10^{-7} cm^2$

Sistema cardio-circolatorio

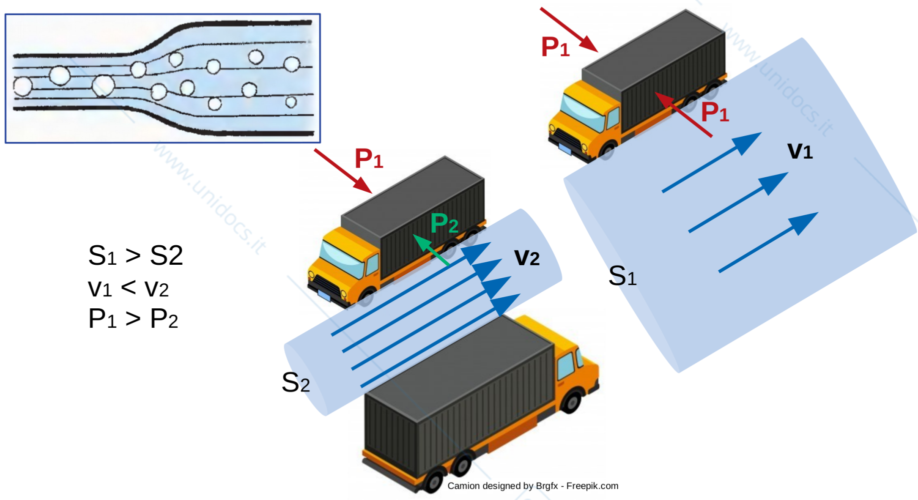
Esercizio

Il raggio dell'aorta è circa $R_A = 1,2cm$ e il sangue vi scorre con velocità $v_A = 40cm/s$. Un capillare tipico ha un raggio di circa $R_B = 0,0004cm$ e il sangue vi scorre con $v_B = 0,05cm/s$. Quanti capillari ci sono nel corpo? $(S = \pi R^2)$

Soluzione

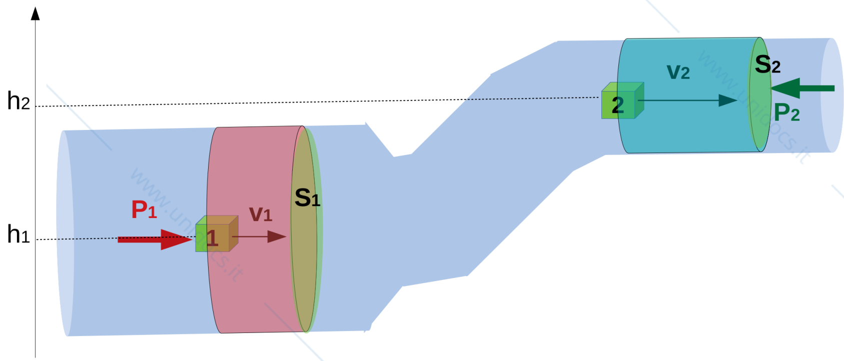
- $N = \frac{\Delta Vol_A}{\Delta Vol_B(1 capillare)}$
- $\Delta Vol = S \cdot \Delta x = S \cdot v \cdot \Delta t$
- Allora $N = \frac{S_A \cdot v_A \cdot \cancel{\Delta t}}{S_B \cdot v_B \cdot \cancel{\Delta t}} = \frac{S_A \cdot v_A}{S_B \cdot v_B}$
- $S_A = 3,14 \cdot 1,2^2 cm^2 = 4,5 cm^2$;
  $S_B = 3,14 \cdot 0,0004^2 cm^2 = 5 \cdot 10^{-7} cm^2$
- $N = \frac{4,5 cm^2 \cdot 40 cm/s}{5 \cdot 10^{-7} cm^2 \cdot 0,05 cm/s} = 7\ 200\ 000\ 000$

Teorema di Bernoulli



$S_1 > S_2$
$v_1 < v_2$
$P_1 > P_2$

Teorema di Bernoulli

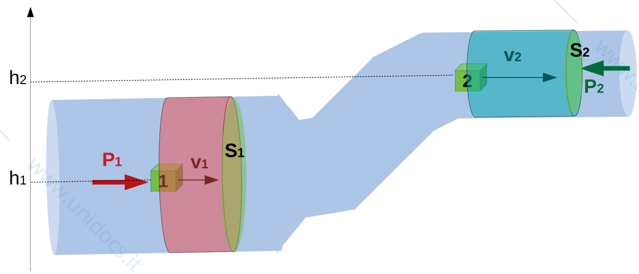


Conservazione energia

$E_{tot}(1) = E_{tot}(2)$

$E_{tot} = E_c + U$

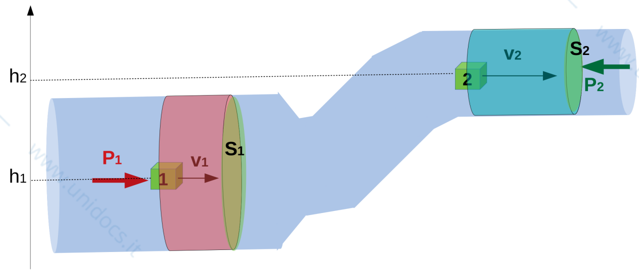
Teorema di Bernoulli



Energia cinetica

- Il fluido nei volumi $Vol_1 = Vol_2 = Vol$ ha massa $m = d \cdot Vol$
- Nel punto 1 il fluido ha $v_1 \rightarrow E_c(1) = \frac{1}{2}mv_1^2$
- Nel punto 2 il fluido ha $v_2 \rightarrow E_c(2) = \frac{1}{2}mv_2^2$

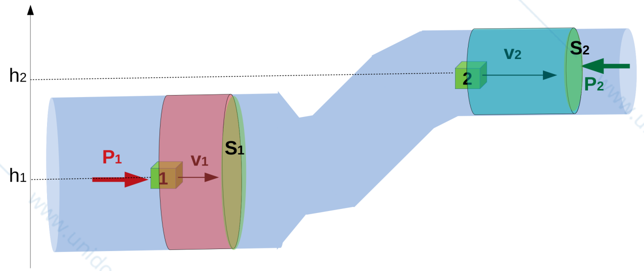
Teorema di Bernoulli



Energia potenziale dovuta alla forza gravitazionale

- $U_g(1) = m \cdot g \cdot h_1$
- $U_g(2) = m \cdot g \cdot h_2$

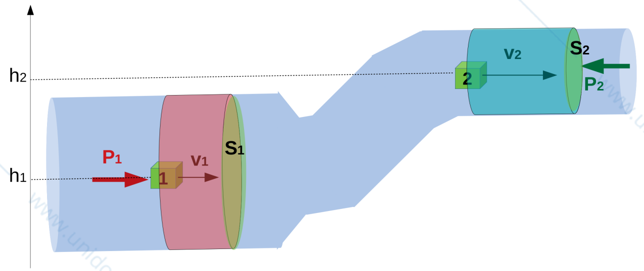
Teorema di Bernoulli



Energia potenziale dovuta alla forza di pressione

- La pressione è uguale in tutte le direzioni (principio Pascal)

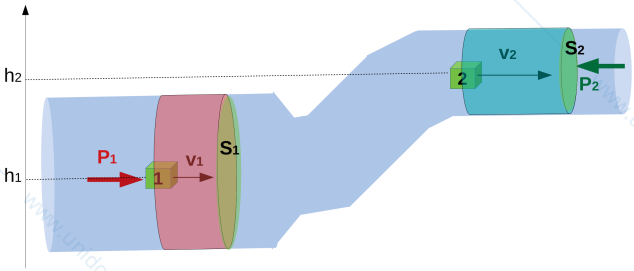
Teorema di Bernoulli



Energia potenziale dovuta alla forza di pressione

- La pressione è uguale in tutte le direzioni (principio Pascal)
- Il fluido sulla sinitra esercita una pressione verso destra (P_1) grazie a cui il fluido scorre.

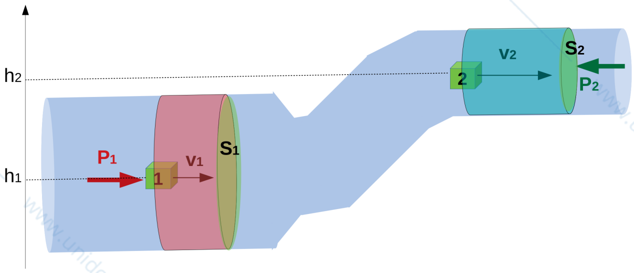
Teorema di Bernoulli



Energia potenziale dovuta alla forza di pressione

- La pressione è uguale in tutte le direzioni (principio Pascal)
- Il fluido sulla sinitra esercita una pressione verso destra (P_1) grazie a cui il fluido scorre.
- Il fluido sulla destra esercita una pressione verso sinistra (P_2) che si oppone al moto del fluido.

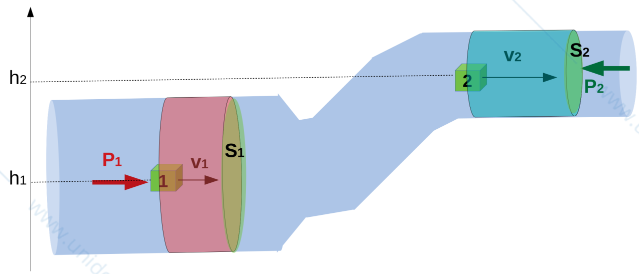
Teorema di Bernoulli



Energia potenziale dovuta alla forza di pressione

- Il fluido sulla sinistra esercita una forza $F_1 = P_1 \cdot S_1$

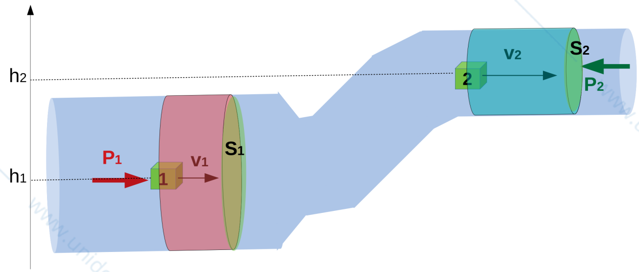
Teorema di Bernoulli



Energia potenziale dovuta alla forza di pressione

- Il fluido sulla sinistra esercita una forza $F_1 = P_1 \cdot S_1$ e sposta il fluido di Δx_1.

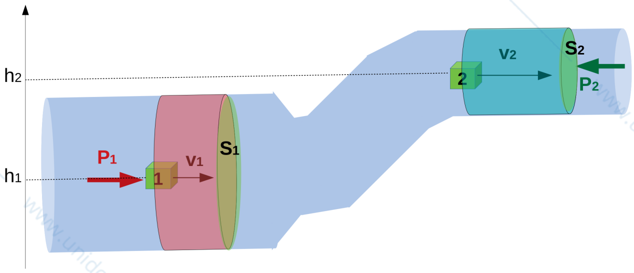
Teorema di Bernoulli



Energia potenziale dovuta alla forza di pressione

- Il fluido sulla sinistra esercita una forza $F_1 = P_1 \cdot S_1$ e sposta il fluido di Δx_1.
- Quindi compie un lavoro $L(1) = F_1 \cdot \Delta x_1$

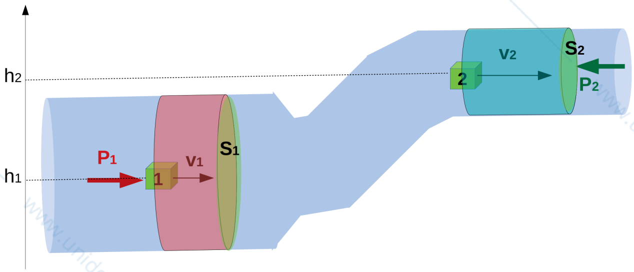
Teorema di Bernoulli



Energia potenziale dovuta alla forza di pressione

- Il fluido sulla sinistra esercita una forza $F_1 = P_1 \cdot S_1$ e sposta il fluido di Δx_1.
- Quindi compie un lavoro $L(1) = F_1 \cdot \Delta x_1 = P_1 \cdot S_1 \cdot \Delta x_1$
- $U_p(1) = L(1) = P_1 \cdot S_1 \cdot \Delta x_1$

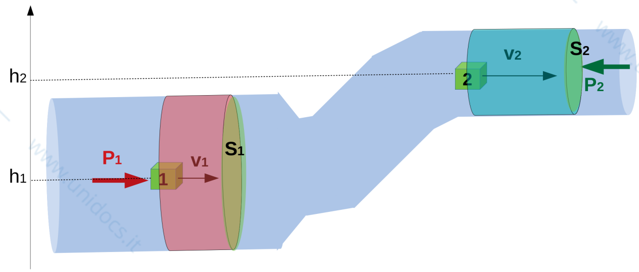
Teorema di Bernoulli



Energia potenziale dovuta alla forza di pressione

- Il fluido sulla sinistra esercita una forza $F_1 = P_1 \cdot S_1$ e sposta il fluido di Δx_1.
- Quindi compie un lavoro $L(1) = F_1 \cdot \Delta x_1 = P_1 \cdot S_1 \cdot \Delta x_1$
- $U_p(1) = L(1) = P_1 \cdot S_1 \cdot \Delta x_1$
- Analogamente $U_p(2) = L(2) = P_2 \cdot S_2 \cdot \Delta x_2$

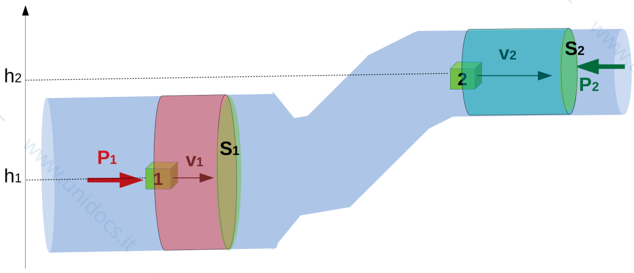
Teorema di Bernoulli



Energie in gioco: $E_c(1)$, $E_c(2)$, $U_g(1)$, $U_g(2)$, $U_p(1)$, $U_p(2)$

- $E_{tot}(1) = E_{tot}(2)$

Teorema di Bernoulli



Energie in gioco: $E_c(1)$, $E_c(2)$, $U_g(1)$, $U_g(2)$, $U_p(1)$, $U_p(2)$

- $E_{tot}(1) = E_{tot}(2)$
- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$
- $Vol_1 = Vol_2 = Vol$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$
- $Vol_1 = Vol_2 = Vol$
- $E_c(1) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$
- $Vol_1 = Vol_2 = Vol$
- $E_c(1) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_1^2$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$
- $Vol_1 = Vol_2 = Vol$
- $E_c(1) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_1^2$
- $E_c(2) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$
- $Vol_1 = Vol_2 = Vol$
- $E_c(1) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_1^2$
- $E_c(2) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_2^2$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$
- $Vol_1 = Vol_2 = Vol$
- $E_c(1) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_1^2$
- $E_c(2) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_2^2$
- $U_g(1) = m \cdot g \cdot h_1$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$
- $Vol_1 = Vol_2 = Vol$
- $E_c(1) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_1^2$
- $E_c(2) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_2^2$
- $U_g(1) = m \cdot g \cdot h_1 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_1$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$
- $Vol_1 = Vol_2 = Vol$
- $E_c(1) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_1^2$
- $E_c(2) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_2^2$
- $U_g(1) = m \cdot g \cdot h_1 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_1$
- $U_g(2) = m \cdot g \cdot h_2$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$
- $Vol_1 = Vol_2 = Vol$
- $E_c(1) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_1^2$
- $E_c(2) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_2^2$
- $U_g(1) = m \cdot g \cdot h_1 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_1$
- $U_g(2) = m \cdot g \cdot h_2 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_2$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$
- $Vol_1 = Vol_2 = Vol$
- $E_c(1) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_1^2$
- $E_c(2) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_2^2$
- $U_g(1) = m \cdot g \cdot h_1 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_1$
- $U_g(2) = m \cdot g \cdot h_2 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_2$
- $U_p(1) = P_1 \cdot S_1 \cdot \Delta x_1$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$
- $Vol_1 = Vol_2 = Vol$
- $E_c(1) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_1^2$
- $E_c(2) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_2^2$
- $U_g(1) = m \cdot g \cdot h_1 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_1$
- $U_g(2) = m \cdot g \cdot h_2 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_2$
- $U_p(1) = P_1 \cdot S_1 \cdot \Delta x_1 = P_1 \cdot Vol$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$
- $Vol_1 = Vol_2 = Vol$
- $E_c(1) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_1^2$
- $E_c(2) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_2^2$
- $U_g(1) = m \cdot g \cdot h_1 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_1$
- $U_g(2) = m \cdot g \cdot h_2 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_2$
- $U_p(1) = P_1 \cdot S_1 \cdot \Delta x_1 = P_1 \cdot Vol$
- $U_p(2) = P_2 \cdot S_2 \cdot \Delta x_2$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$
- $Vol_1 = Vol_2 = Vol$
- $E_c(1) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_1^2$
- $E_c(2) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_2^2$
- $U_g(1) = m \cdot g \cdot h_1 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_1$
- $U_g(2) = m \cdot g \cdot h_2 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_2$
- $U_p(1) = P_1 \cdot S_1 \cdot \Delta x_1 = P_1 \cdot Vol$
- $U_p(2) = P_2 \cdot S_2 \cdot \Delta x_2 = P_2 \cdot Vol$

$$\frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_1^2 + d \cdot Vol \cdot g \cdot h_1 + P_1 \cdot Vol = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_2^2 + d \cdot Vol \cdot g \cdot h_2 + P_2 \cdot Vol$$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$
- $Vol_1 = Vol_2 = Vol$
- $E_c(1) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_1^2$
- $E_c(2) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_2^2$
- $U_g(1) = m \cdot g \cdot h_1 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_1$
- $U_g(2) = m \cdot g \cdot h_2 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_2$
- $U_p(1) = P_1 \cdot S_1 \cdot \Delta x_1 = P_1 \cdot Vol$
- $U_p(2) = P_2 \cdot S_2 \cdot \Delta x_2 = P_2 \cdot Vol$

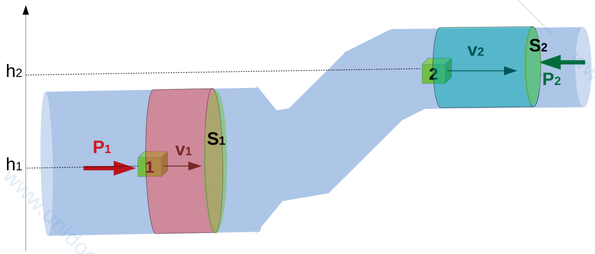
$$\frac{1}{2} \cdot d \cdot \cancel{Vol} \cdot v_1^2 + d \cdot \cancel{Vol} \cdot g \cdot h_1 + P_1 \cdot \cancel{Vol} = \frac{1}{2} \cdot d \cdot \cancel{Vol} \cdot v_2^2 + d \cdot \cancel{Vol} \cdot g \cdot h_2 + P_2 \cdot \cancel{Vol}$$

Teorema di Bernoulli

- $E_c(1) + U_g(1) + U_p(1) = E_c(2) + U_g(2) + U_p(2)$
- $m = d \cdot Vol$
- $Vol_1 = Vol_2 = Vol$
- $E_c(1) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_1^2$
- $E_c(2) = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot Vol \cdot v_2^2$
- $U_g(1) = m \cdot g \cdot h_1 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_1$
- $U_g(2) = m \cdot g \cdot h_2 = d \cdot Vol \cdot g \cdot h_2$
- $U_p(1) = P_1 \cdot S_1 \cdot \Delta x_1 = P_1 \cdot Vol$
- $U_p(2) = P_2 \cdot S_2 \cdot \Delta x_2 = P_2 \cdot Vol$

$$\frac{1}{2} \cdot d \cdot v_1^2 + d \cdot g \cdot h_1 + P_1 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_2^2 + d \cdot g \cdot h_2 + P_2$$

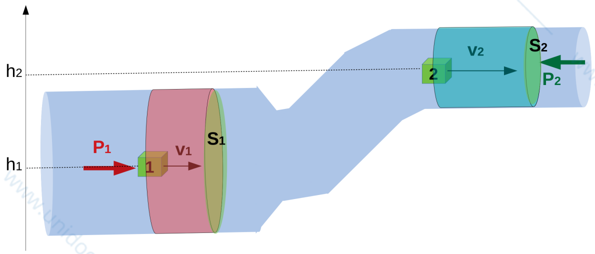
Teorema di Bernoulli



$\frac{1}{2} \cdot d \cdot v_1^2 + d \cdot g \cdot h_1 + P_1 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_2^2 + d \cdot g \cdot h_2 + P_2$

- Se $h_1 = h_2$, allora $U_g(1) = U_g(2)$

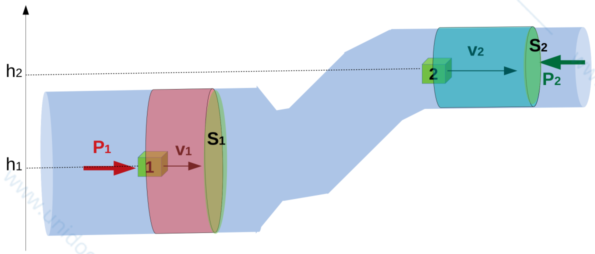
Teorema di Bernoulli



$\frac{1}{2} \cdot d \cdot v_1^2 + d \cdot g \cdot h_1 + P_1 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_2^2 + d \cdot g \cdot h_2 + P_2$

- Se $h_1 = h_2$, allora $U_g(1) = U_g(2)$
- Allora $\frac{1}{2} \cdot d \cdot v_1^2 + \cancel{d \cdot g \cdot h_1} + P_1 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_2^2 + \cancel{d \cdot g \cdot h_2} + P_2$

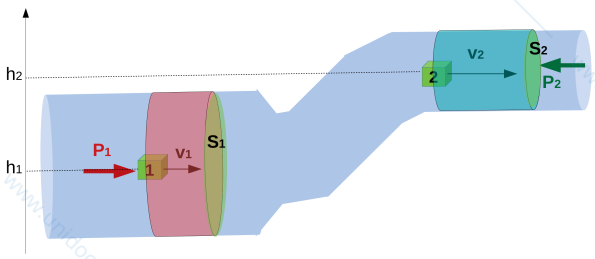
Teorema di Bernoulli



$\frac{1}{2} \cdot d \cdot v_1^2 + d \cdot g \cdot h_1 + P_1 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_2^2 + d \cdot g \cdot h_2 + P_2$

- Se $h_1 = h_2$, allora $U_g(1) = U_g(2)$
- Allora $\frac{1}{2} \cdot d \cdot v_1^2 + \cancel{d \cdot g \cdot h_1} + P_1 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_2^2 + \cancel{d \cdot g \cdot h_2} + P_2$
- Allora $\frac{1}{2} \cdot d \cdot v_1^2 + P_1 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_2^2 + P_2$

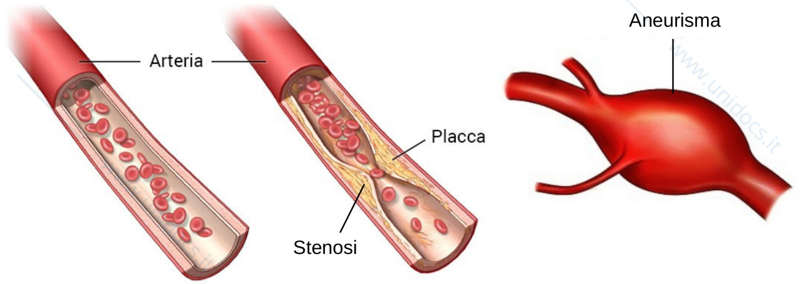
Teorema di Bernoulli



$\frac{1}{2} \cdot d \cdot v_1^2 + d \cdot g \cdot h_1 + P_1 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_2^2 + d \cdot g \cdot h_2 + P_2$

- Se $h_1 = h_2$, allora $U_g(1) = U_g(2)$
- Allora $\frac{1}{2} \cdot d \cdot v_1^2 + \cancel{d \cdot g \cdot h_1} + P_1 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_2^2 + \cancel{d \cdot g \cdot h_2} + P_2$
- Allora $\frac{1}{2} \cdot d \cdot v_1^2 + P_1 = \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_2^2 + P_2$
- Nell'aneurisma $v_1 < v_2$, allora $P_1 > P_2$

Teorema di Bernoulli -Stenosi



- Nella sténosi si ha S minore → v maggiore → P minore. La stenosi tende quindi a peggiorare.
- Nell'aneurisma si ha S maggiore → v minore → P maggiore. L'aneurisma tende quindi a peggiorare.

Teorema di Bernoulli

Esercizio

$S_A = 4,5cm^2$, $v_A = 40cm/s = 0,4m/s$,
$P_A(media) = 100\ mmHg = 100\ \cancel{mmHg} \cdot \frac{101325Pa}{760\cancel{mmHg}} = 13332Pa$.
Se la stenosi dimezza la sezione dell'aorta, quanto vale la pressione media?
($d_{sangue} = 1060\ kg/m^3$; $S_A v_A = S_S v_S$; $p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2$)

Teorema di Bernoulli

Esercizio

$S_A = 4,5 cm^2$, $v_A = 40 cm/s = 0,4 m/s$, $P_A(media) = 13332 Pa$.
Se la stenosi dimezza la sezione dell'aorta, quanto vale la pressione media?
$(d_{sangue} = 1060\ kg/m^3;\ S_A v_A = S_S v_S;\ p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2)$

Soluzione

- $S_S = S_A/2 = 2,25 cm^2$

Teorema di Bernoulli

Esercizio

$S_A = 4,5cm^2$, $v_A = 40cm/s = 0,4m/s$, $P_A(media) = 13332Pa$.
Se la stenosi dimezza la sezione dell'aorta, quanto vale la pressione media?
($d_{sangue} = 1060\ kg/m^3$; $S_A v_A = S_S v_S$; $p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2$)

Soluzione

- $S_S = S_A/2 = 2,25cm^2$
- $S_A \cdot v_A = S_S \cdot v_S$

Teorema di Bernoulli

Esercizio

$S_A = 4,5cm^2,\ v_A = 40cm/s = 0,4m/s,\ P_A(media) = 13332Pa.$
Se la stenosi dimezza la sezione dell'aorta, quanto vale la pressione media?
$(d_{sangue} = 1060\ kg/m^3;\ S_A v_A = S_S v_S;\ p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2)$

Soluzione

- $S_S = S_A/2 = 2,25cm^2$
- $S_A \cdot v_A = S_S \cdot v_S \rightarrow v_S = \frac{S_A \cdot v_A}{S_S}$

Teorema di Bernoulli

Esercizio

$S_A = 4,5 cm^2$, $v_A = 40 cm/s = 0,4 m/s$, $P_A(media) = 13332 Pa$.
Se la stenosi dimezza la sezione dell'aorta, quanto vale la pressione media?
($d_{sangue} = 1060\ kg/m^3$; $S_A v_A = S_S v_S$; $p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2$)

Soluzione

- $S_S = S_A/2 = 2,25 cm^2$
- $S_A \cdot v_A = S_S \cdot v_S \rightarrow v_S = \frac{S_A \cdot v_A}{S_S} = \frac{4,5 cm^2 \cdot 40 cm/s}{2,25 cm^2}$

Teorema di Bernoulli

Esercizio

$S_A = 4,5cm^2,\ v_A = 40cm/s = 0,4m/s,\ P_A(media) = 13332Pa.$

Se la stenosi dimezza la sezione dell'aorta, quanto vale la pressione media?

$(d_{sangue} = 1060\ kg/m^3;\ S_A v_A = S_S v_S;\ p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2)$

Soluzione

- $S_S = S_A/2 = 2,25cm^2$
- $S_A \cdot v_A = S_S \cdot v_S \rightarrow v_S = \frac{S_A \cdot v_A}{S_S} = \frac{4,5cm^2 \cdot 40cm/s}{2,25cm^2} = 80cm/s = 0,8m/s$

Teorema di Bernoulli

Esercizio

$S_A = 4,5cm^2$, $v_A = 40cm/s = 0,4m/s$, $P_A(media) = 13332Pa$.
Se la stenosi dimezza la sezione dell'aorta, quanto vale la pressione media?
($d_{sangue} = 1060\ kg/m^3$; $S_A v_A = S_S v_S$; $p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2$)

Soluzione

- $S_S = S_A/2 = 2,25cm^2$
- $S_A \cdot v_A = S_S \cdot v_S \rightarrow v_S = \frac{S_A \cdot v_A}{S_S} = \frac{4,5cm^2 \cdot 40cm/s}{2,25cm^2} = 80cm/s = 0,8m/s$
- Teorema di Bernoulli: $p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2$

Teorema di Bernoulli

Esercizio

$S_A = 4,5cm^2,\ v_A = 40cm/s = 0,4m/s,\ P_A(media) = 13332Pa.$
Se la stenosi dimezza la sezione dell'aorta, quanto vale la pressione media?
$(d_{sangue} = 1060\ kg/m^3;\ S_A v_A = S_S v_S;\ p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2)$

Soluzione

- $S_S = S_A/2 = 2,25cm^2$
- $S_A \cdot v_A = S_S \cdot v_S \rightarrow v_S = \frac{S_A \cdot v_A}{S_S} = \frac{4,5cm^2 \cdot 40cm/s}{2,25cm^2} = 80cm/s = 0,8m/s$
- Teorema di Bernoulli: $p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2$
- $p_S = p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 - \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2 =$

Teorema di Bernoulli

Esercizio

$S_A = 4,5cm^2$, $v_A = 40cm/s = 0,4m/s$, $P_A(media) = 13332Pa$.
Se la stenosi dimezza la sezione dell'aorta, quanto vale la pressione media?
$(d_{sangue} = 1060\ kg/m^3;\ S_A v_A = S_S v_S;\ p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2)$

Soluzione

- $S_S = S_A/2 = 2,25cm^2$
- $S_A \cdot v_A = S_S \cdot v_S \rightarrow v_S = \frac{S_A \cdot v_A}{S_S} = \frac{4,5cm^2 \cdot 40cm/s}{2,25cm^2} = 80cm/s = 0,8m/s$
- Teorema di Bernoulli: $p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2$
- $p_S = p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 - \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2 =$
  $p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot (v_A^2 - v_S^2) =$

Teorema di Bernoulli

Esercizio

$S_A = 4,5cm^2,\ v_A = 40cm/s = 0,4m/s,\ P_A(media) = 13332Pa.$
Se la stenosi dimezza la sezione dell'aorta, quanto vale la pressione media?
$(d_{sangue} = 1060\ kg/m^3;\ S_A v_A = S_S v_S;\ p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2)$

Soluzione

- $S_S = S_A/2 = 2,25cm^2$
- $S_A \cdot v_A = S_S \cdot v_S \rightarrow v_S = \frac{S_A \cdot v_A}{S_S} = \frac{4,5cm^2 \cdot 40cm/s}{2,25cm^2} = 80cm/s = 0,8m/s$
- Teorema di Bernoulli: $p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2$
- $p_S = p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 - \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2 =$
  $p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot (v_A^2 - v_S^2) =$
  $13332\ Pa + \frac{1}{2} 1060 \frac{kg}{m^3} (0,4^2 - 0,8^2) \frac{m^2}{s^2}$

Teorema di Bernoulli

Esercizio

$S_A = 4,5 cm^2$, $v_A = 40 cm/s = 0,4 m/s$, $P_A(media) = 13332 Pa$.
Se la stenosi dimezza la sezione dell'aorta, quanto vale la pressione media?
$(d_{sangue} = 1060\ kg/m^3;\ S_A v_A = S_S v_S;\ p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2)$

Soluzione

- $S_S = S_A/2 = 2,25 cm^2$
- $S_A \cdot v_A = S_S \cdot v_S \rightarrow v_S = \frac{S_A \cdot v_A}{S_S} = \frac{4{,}5 cm^2 \cdot 40 cm/s}{2{,}25 cm^2} = 80 cm/s = 0,8 m/s$
- Teorema di Bernoulli: $p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2$
- $p_S = p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 - \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2 =$
  $p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot (v_A^2 - v_S^2) =$
  $13332\ Pa + \frac{1}{2} 1060 \frac{kg}{m^3} (0,4^2 - 0,8^2) \frac{m^2}{s^2}$
  $= 13332\ Pa - 254,4\ Pa$

Teorema di Bernoulli

Esercizio

$S_A = 4,5 cm^2$, $v_A = 40 cm/s = 0,4 m/s$, $P_A(media) = 13332 Pa$.
Se la stenosi dimezza la sezione dell'aorta, quanto vale la pressione media?
$(d_{sangue} = 1060\ kg/m^3;\ S_A v_A = S_S v_S;\ p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2)$

Soluzione

- $S_S = S_A/2 = 2,25 cm^2$
- $S_A \cdot v_A = S_S \cdot v_S \rightarrow v_S = \frac{S_A \cdot v_A}{S_S} = \frac{4,5 cm^2 \cdot 40 cm/s}{2,25 cm^2} = 80 cm/s = 0,8 m/s$
- Teorema di Bernoulli: $p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 = p_S + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2$
- $p_S = p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_A^2 - \frac{1}{2} \cdot d \cdot v_S^2 =$
  $p_A + \frac{1}{2} \cdot d \cdot (v_A^2 - v_S^2) =$
  $13332\ Pa + \frac{1}{2} 1060 \frac{kg}{m^3} (0,4^2 - 0,8^2) \frac{m^2}{s^2}$
  $= 13332\ Pa - 254,4\ Pa = 13077,6\ Pa \cdot \frac{760\ mmHg}{101325\ Pa} = 98\ mmHg$

Fluidi reali

Fluidi ideali

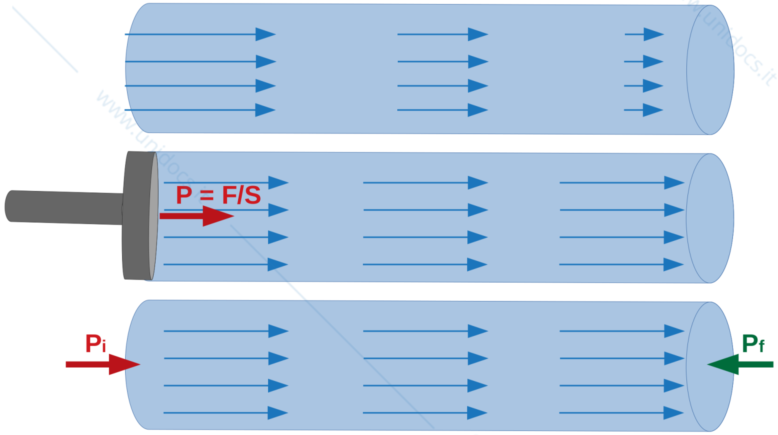
- senza attrito
- incomprimibile (densità costante)

Fluidi Reali

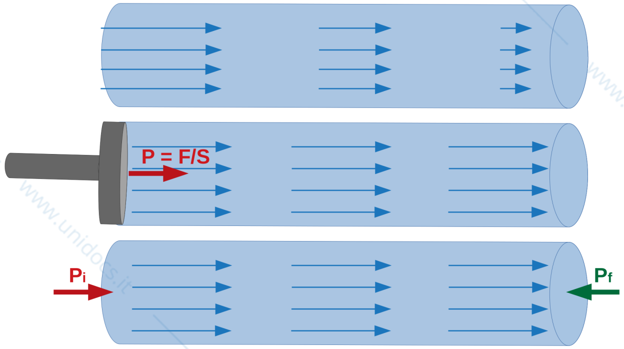
- attrito viscoso
- comprimibile (nei liquidi la comprimibilità è 'piccola')

Fluidi reali

Per mantenere un fluido reale in moto stazionario è necessario applicare una ΔP.

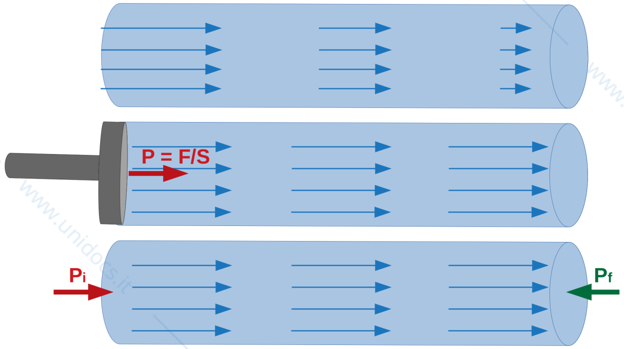


Fluidi reali



In presenza di attrito viscoso la portata Q è proporzionale alla ΔP

Fluidi reali



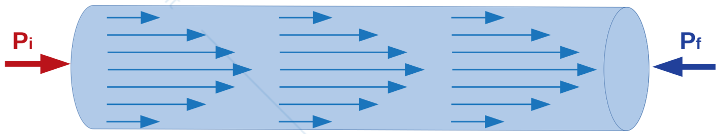
In presenza di attrito viscoso la portata Q è proporzionale alla ΔP:

$$Q = \frac{\pi}{8}\frac{\Delta p \cdot R^4}{\eta \cdot L}$$

dove R è il raggio del tubo, L la sua lunghezza e η è la viscosità del fluido

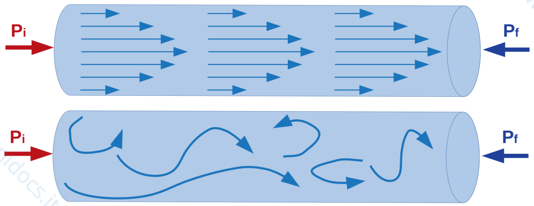
Fluidi reali

- L'attrito viscoso è dovuto alle forze di interazione tra le molecole del fluido e tra il fluido e la parete del condotto.
- A causa dell'attrito viscoso la velocità del fluido è minore vicino ai bordi del tubo e massima al centro.



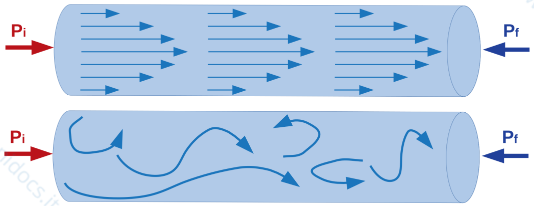
Moto laminare e turbolento

- Se la velocità del fluido supera la velocità critica v_c, il flusso diventa turbolento e l'attrito aumenta.



Moto laminare e turbolento

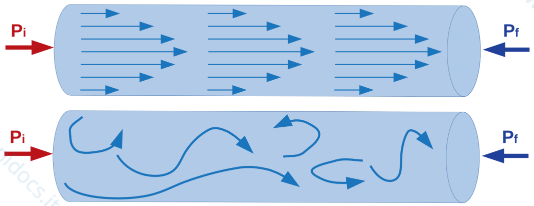
- Se la velocità del fluido supera la velocità critica v_c, il flusso diventa turbolento e l'attrito aumenta.



- v_c dipende dal fluido (viscosità e densità) e dalla gemetria del condotto: $v_c = \frac{N_R \cdot \eta}{d \cdot R}$

Moto laminare e turbolento

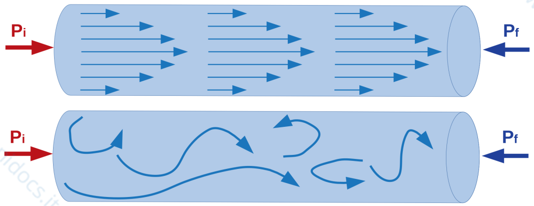
- Se la velocità del fluido supera la velocità critica v_c, il flusso diventa turbolento e l'attrito aumenta.



- v_c dipende dal fluido (viscosità e densità) e dalla gemetria del condotto: $v_c = \frac{N_R \cdot \eta}{d \cdot R}$
  dove N_R (numero di Reynolds) dipende dalla geometria del condotto; $N_R \sim 1200$ per un condotto cilindrico; η=viscosità; d=denistà; R=raggio del tubo

Moto laminare e turbolento

- Se la velocità del fluido supera la velocità critica v_c, il flusso diventa turbolento e l'attrito aumenta.



- v_c dipende dal fluido (viscosità e densità) e dalla gemetria del condotto: $v_c = \frac{N_R \cdot \eta}{d \cdot R}$
dove N_R (numero di Reynolds) dipende dalla geometria del condotto; $N_R \sim 1200$ per un condotto cilindrico; η=viscosità; d=denistà; R=raggio del tubo
- Nel moto turbolento la portata Q è proprozionale a $\sqrt{\Delta P}$.

Aterosclerosi

Esercizio

Il sangue è un fluido viscoso. La sua velocità critica nell'aorta ($S = 5,3 cm^2$) è $v_c = 43 cm/s$. Sapendo che la portata è $Q = 90 cm^3/s$, verificare se il sangue si muove di moto laminare o turbolento nell'aorta.

Aterosclerosi

Esercizio

Il sangue è un fluido viscoso. La sua velocità critica nell'aorta ($S = 5,3 cm^2$) è $v_c = 43 cm/s$. Sapendo che la portata è $Q = 90 cm^3/s$, verificare se il sangue si muove di moto laminare o turbolento nell'aorta.

Soluzione

- Se $v < v_c$ il moto è laminare, altrimenti turbolento.

Aterosclerosi

Esercizio

Il sangue è un fluido viscoso. La sua velocità critica nell'aorta ($S = 5,3 cm^2$) è $v_c = 43 cm/s$. Sapendo che la portata è $Q = 90 cm^3/s$, verificare se il sangue si muove di moto laminare o turbolento nell'aorta.

Soluzione

- Se $v < v_c$ il moto è laminare, altrimenti turbolento.
- $Q = S \cdot v$

Aterosclerosi

Esercizio

Il sangue è un fluido viscoso. La sua velocità critica nell'aorta ($S = 5,3 cm^2$) è $v_c = 43 cm/s$. Sapendo che la portata è $Q = 90 cm^3/s$, verificare se il sangue si muove di moto laminare o turbolento nell'aorta.

Soluzione

- Se $v < v_c$ il moto è laminare, altrimenti turbolento.
- $Q = S \cdot v \rightarrow v = \frac{Q}{S}$

Aterosclerosi

Esercizio

Il sangue è un fluido viscoso. La sua velocità critica nell'aorta ($S = 5,3cm^2$) è $v_c = 43cm/s$. Sapendo che la portata è $Q = 90cm^3/s$, verificare se il sangue si muove di moto laminare o turbolento nell'aorta.

Soluzione

- Se $v < v_c$ il moto è laminare, altrimenti turbolento.
- $Q = S \cdot v \rightarrow v = \frac{Q}{S} = \frac{90cm^3/s}{5,3cm^2} = 17cm/s$

Aterosclerosi

Esercizio

Il sangue è un fluido viscoso. La sua velocità critica nell'aorta ($S = 5,3 cm^2$) è $v_c = 43 cm/s$. Sapendo che la portata è $Q = 90 cm^3/s$, verificare se il sangue si muove di moto laminare o turbolento nell'aorta.

Soluzione

- Se $v < v_c$ il moto è laminare, altrimenti turbolento.
- $Q = S \cdot v \rightarrow v = \frac{Q}{S} = \frac{90 cm^3/s}{5,3 cm^2} = 17 cm/s < v_c$.

Aterosclerosi

Esercizio

Il sangue è un fluido viscoso. La sua velocità critica nell'aorta ($S = 5,3 cm^2$) è $v_c = 43 cm/s$. Sapendo che la portata è $Q = 90 cm^3/s$, verificare se il sangue si muove di moto laminare o turbolento nell'aorta.

Soluzione

- Se $v < v_c$ il moto è laminare, altrimenti turbolento.
- $Q = S \cdot v \rightarrow v = \frac{Q}{S} = \frac{90 cm^3/s}{5,3 cm^2} = 17 cm/s < v_c$.

In presenza di stenosi determinate da placche aterosclerotiche S diminuisce, quindi v aumenta e può diventare $> v_c$.
Il flusso turbolento sbatte contro le pareti dell'arteria e può staccare la placca causando trombi.