

ESF II projekt Západočeské univerzity v Plzni

reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

06 Měření průtoku potrubím

Experimentální metody v mechanice tekutin a termodynamice

ZČU: Zkoušení energetických strojů

Prof. Václav Uruba
ÚT AVČR, ZČU Plzeň, ČVUT Praha
<http://home.zcu.cz/~uruba/ZES/>



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Obsah kurzu

- Teorie fyzikálního modelování
- Měření tlaků
- Měření teplot
- Měření viskozity tekutin
- Měření rychlosti proudění
- **Měření průtoku potrubím**
- Měření povrchového tření
- Optické metody
- Základy sběru a zpracování signálů a chyby měření
- Experimentální zařízení v mechanice tekutin



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Obsah přednášky

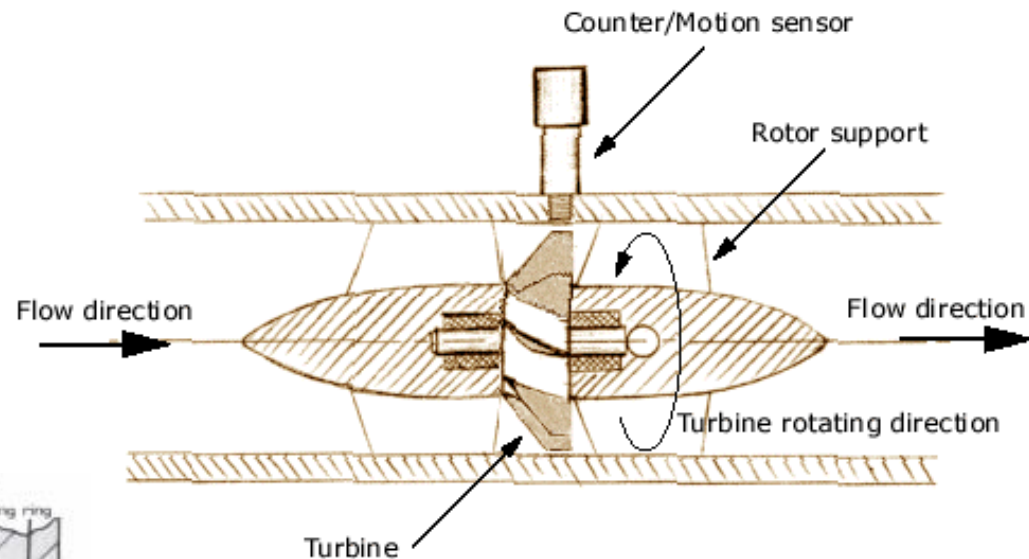
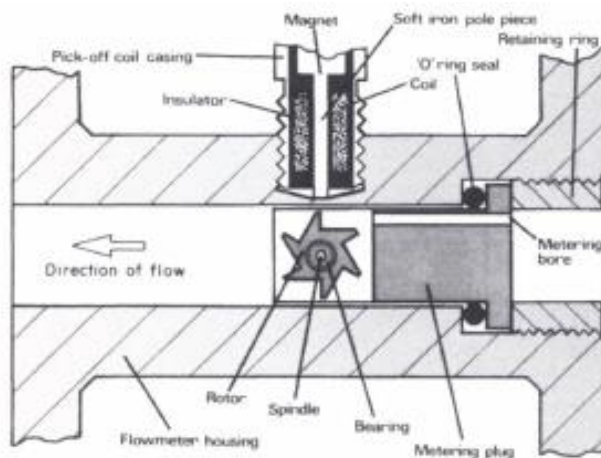
- Měření průtoku potrubím
 - Objemové metody
 - Měření tlakových ztrát
 - Ultrazvukové metody
 - Metody typu Vortex
 - Termální metody



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

Objemové metody - turbinky

- Axiální
- Radiální

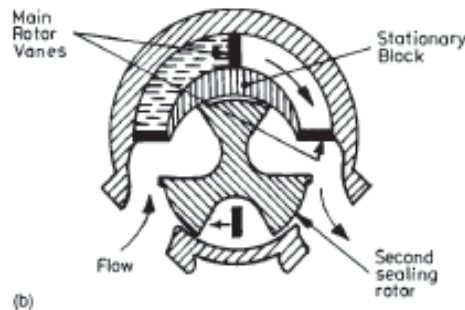
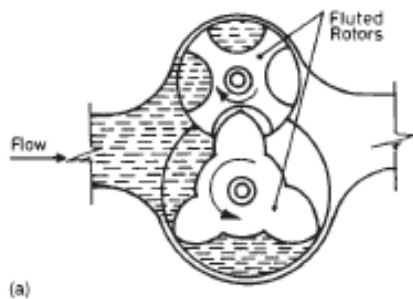


otáčky ~ průtok

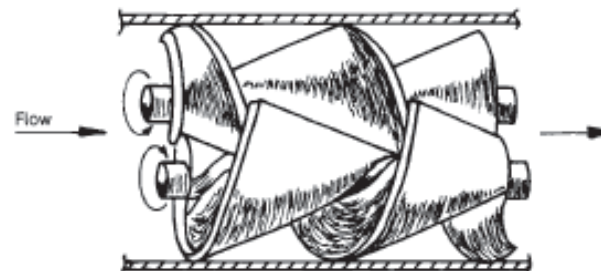
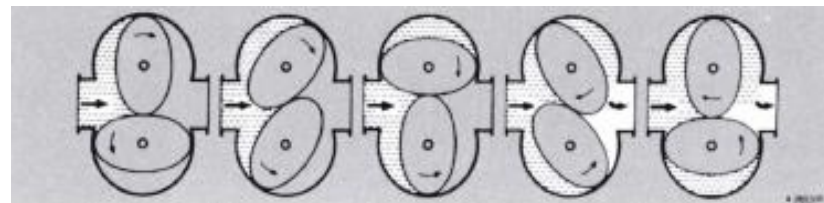


Objemové metody - vícerotorové průtokoměry

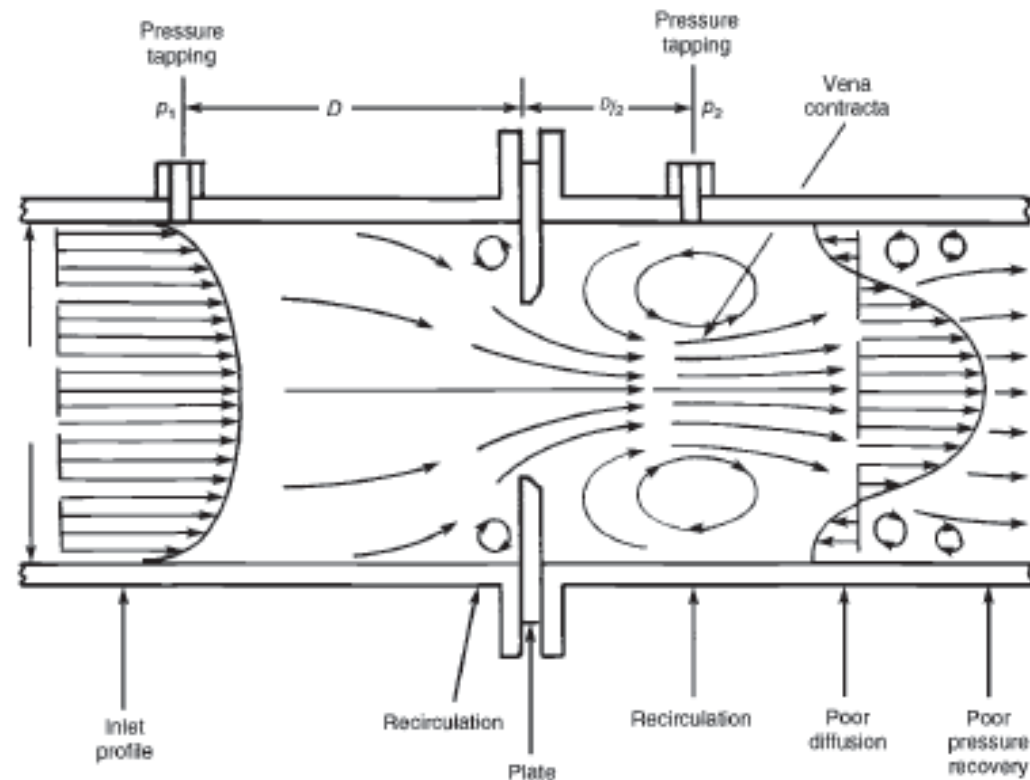
- Rovinné



- Šroubové



Energetická ztráta



tlaková ztráta ~ průtok

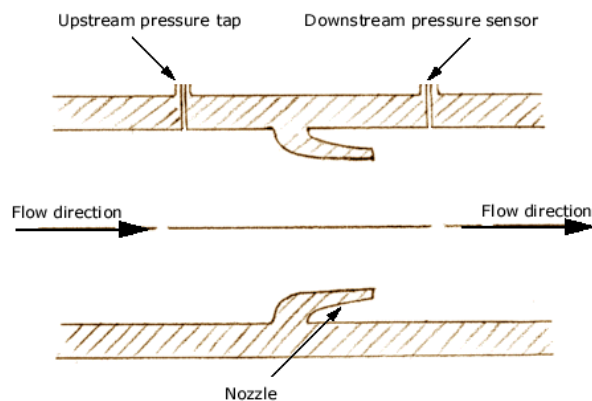
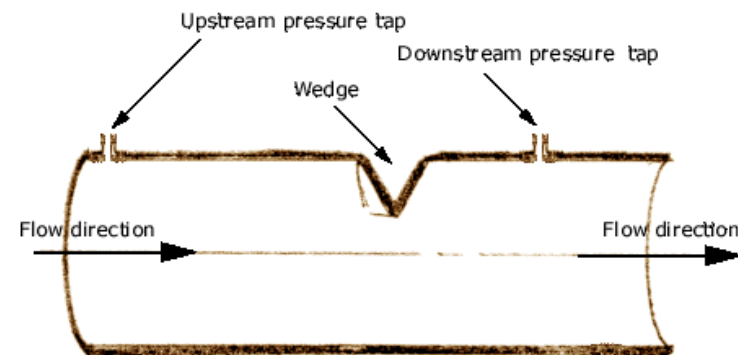
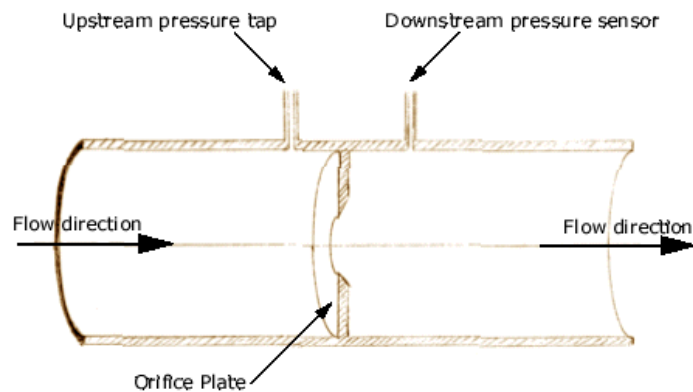


EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Tlaková ztráta

- Clona
- Klín
- Tryska



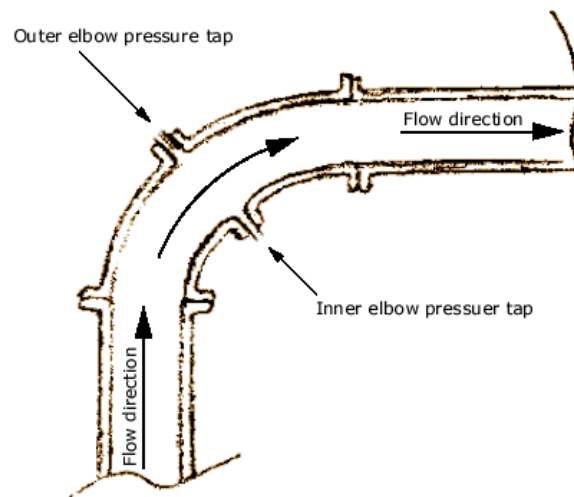
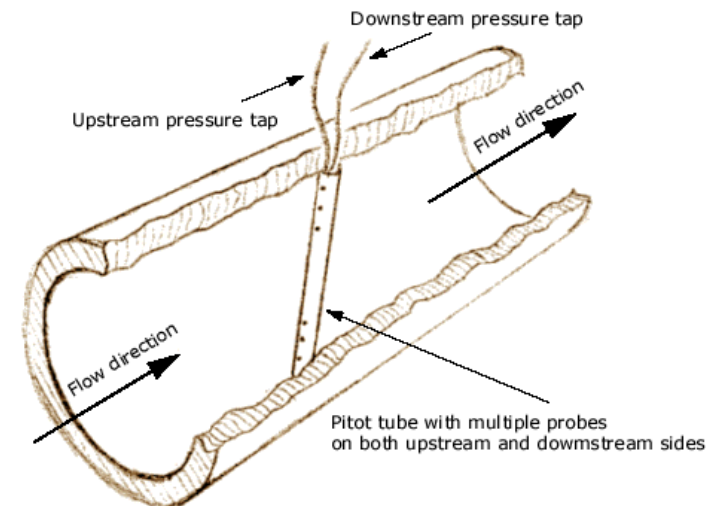
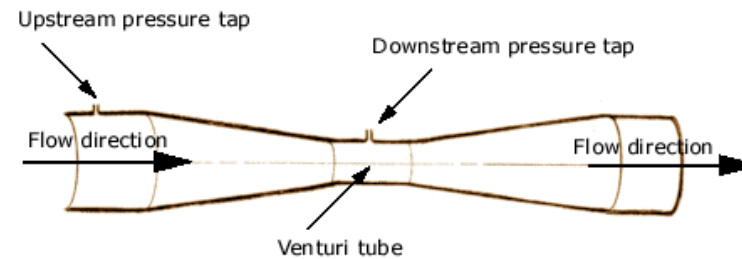
Nozzle shrinks down the cross-section area of the pipe and create pressure differential.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

Průtokoměry s indikací rozdílu tlaku

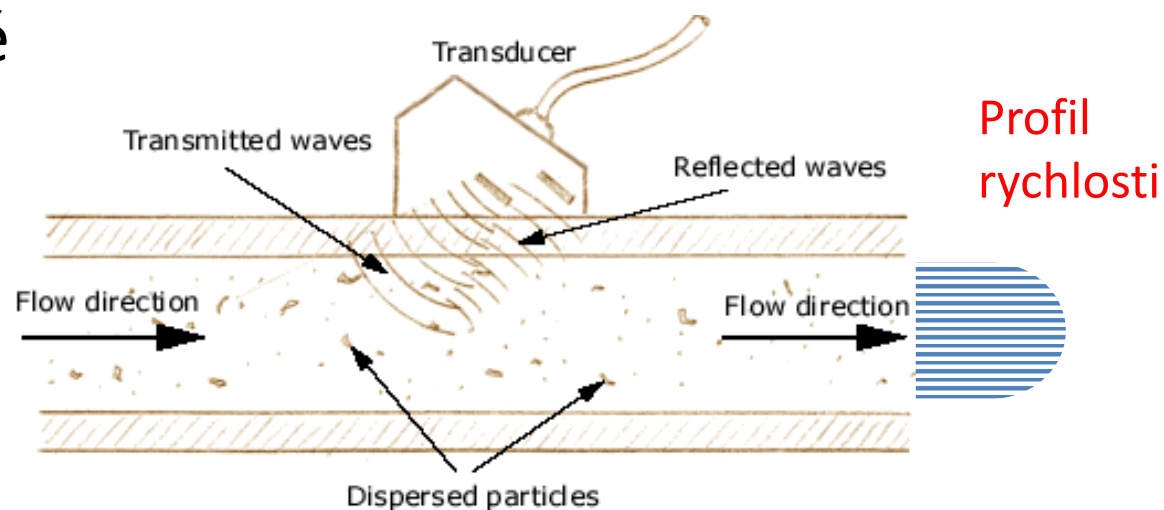
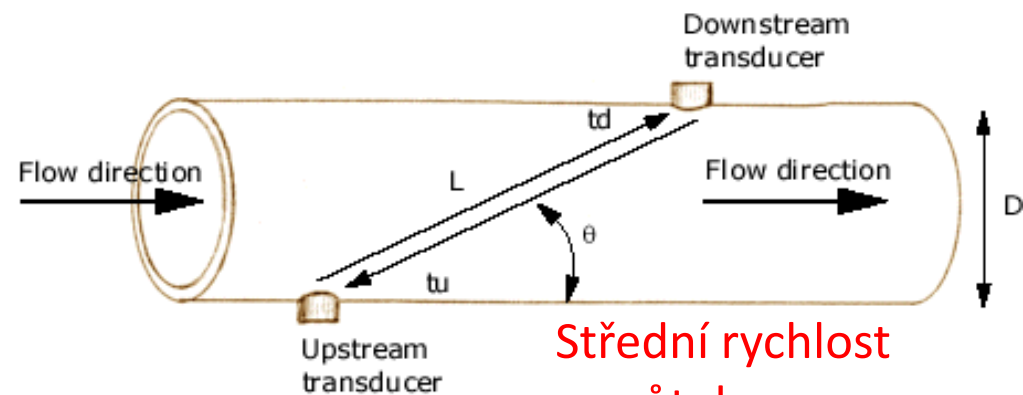
- Venturiho trubice
- Středovací Pitotova trubice
- Koleno



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

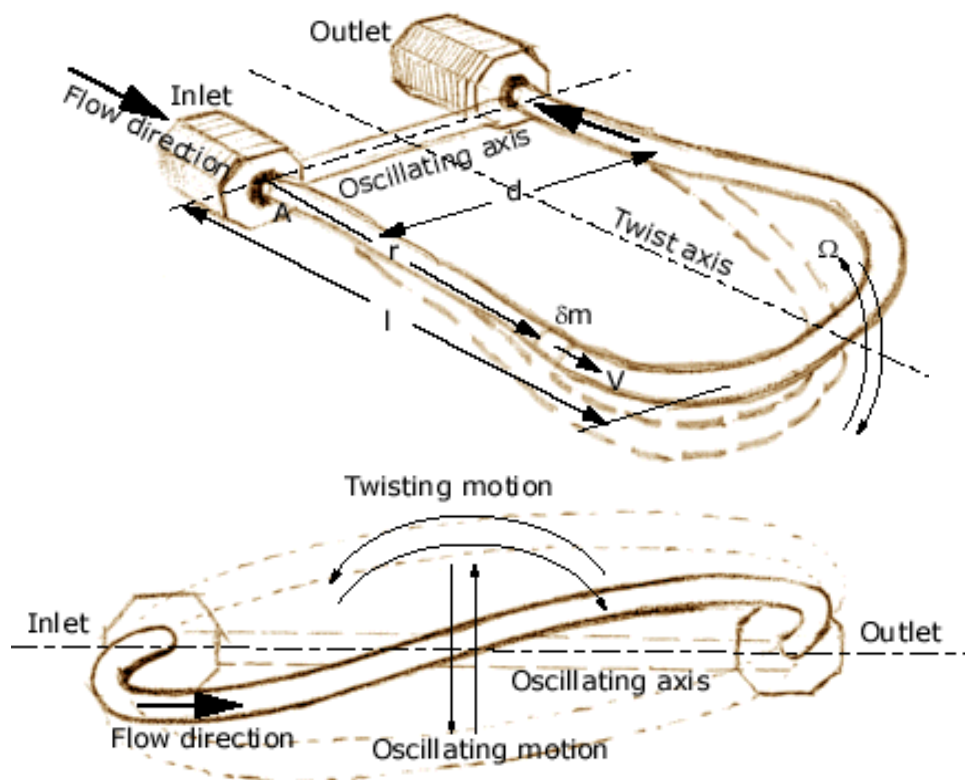
Ultrazvukové průtokoměry

- Průtokoměry „Transit Time“
- „Dopplerův“ průtokoměr

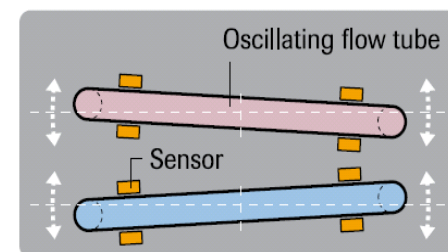


Coriolisovy průtokoměry

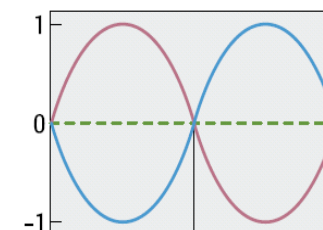
Ovlivnění vlastních vibrací



NO FLOW

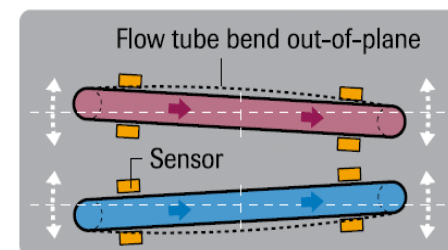


Differential sensing mode - top view

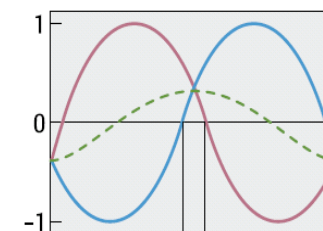


$\Delta \text{ Phase} = 0$

FLOW



Differential sensing mode - top view



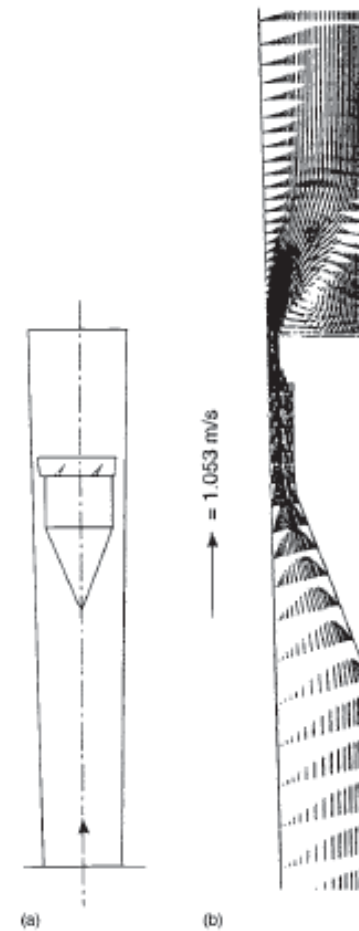
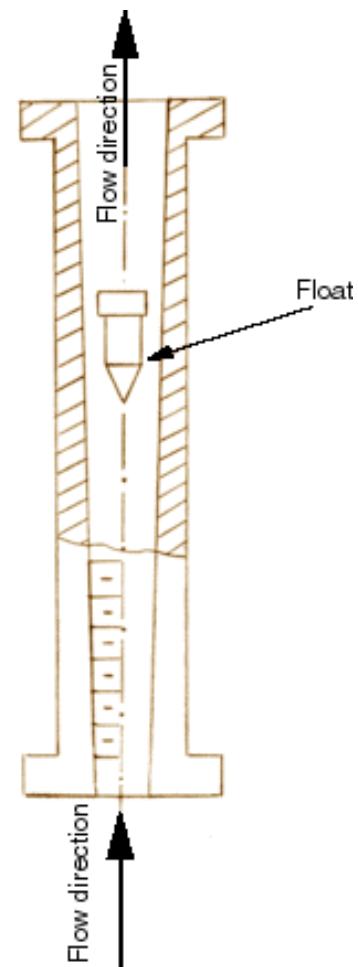
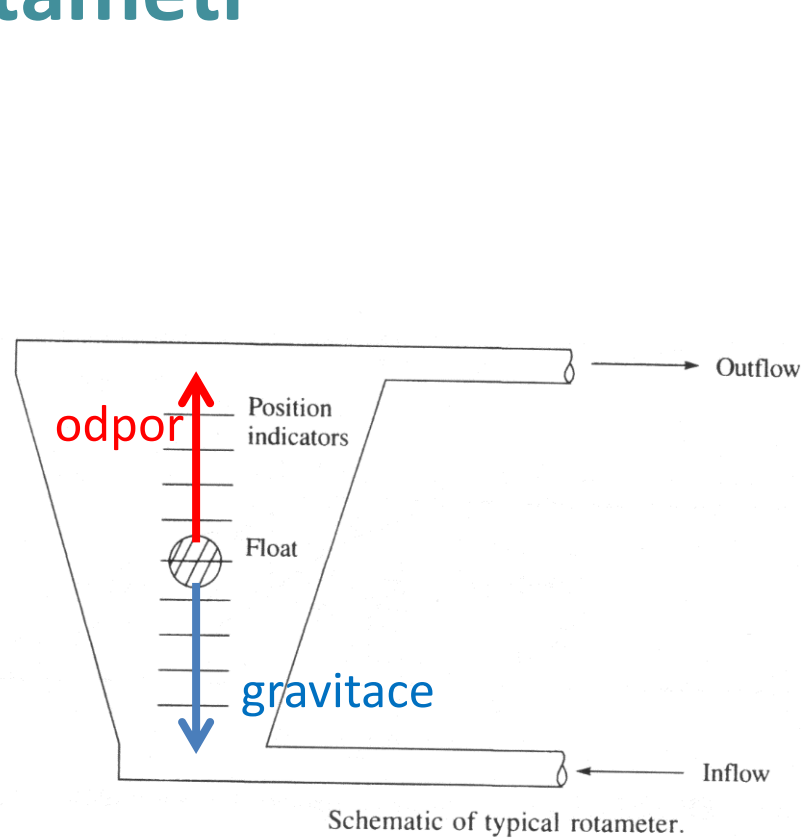
$\Delta \text{ Phase}$



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MSMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Rotametr



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

MŠMT
MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Průtokoměry typu Vortex

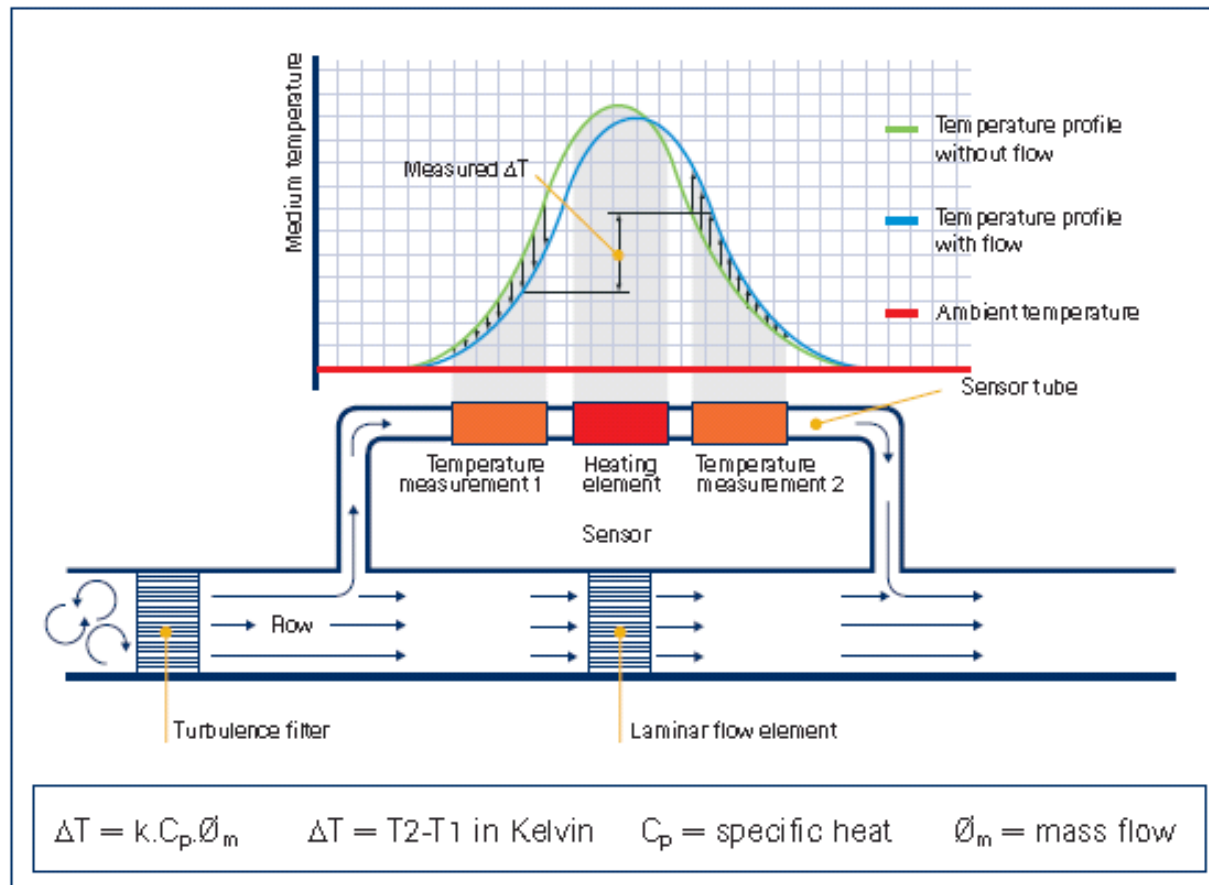
Strouhalova frekvence

$$Sh = \frac{fD}{U} \Rightarrow U = \frac{fD}{Sh}$$



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

Termální průtokoměry



Otázky pro studenty

- Vyjmenujte metody měření průtoku v potrubí a popište fyzikální princip.



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání

ESF II projekt Západočeské univerzity v Plzni

reg. č. CZ.02.2.69/0.0/0.0/18_056/0013239



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání


MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY