

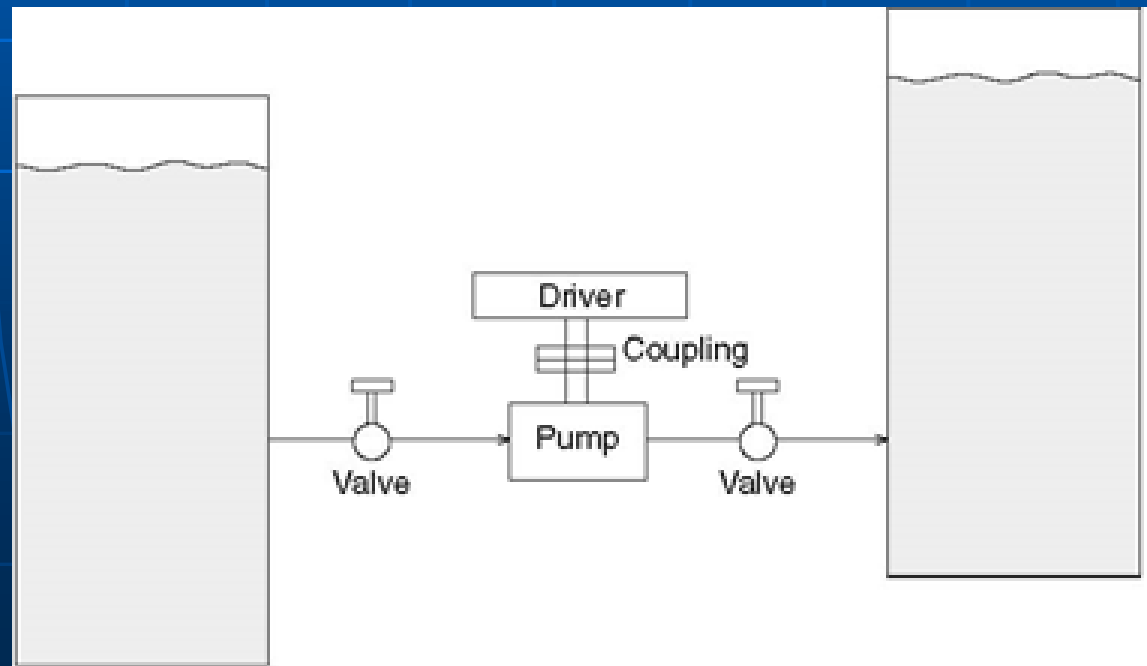
# Chemická technika

## 03 – Doprava tekutin - kapaliny

Petr Zbořil

# Obecné rysy

- $\Delta p$  mezi vtokem a výtokem
  - Předem vytvořený  $\Delta p$ 
    - Samospád (kapaliny)
    - Tlaková nádoba (plyny)
  - Čerpadlo
    - u kapalin směr – hydraulický tlak

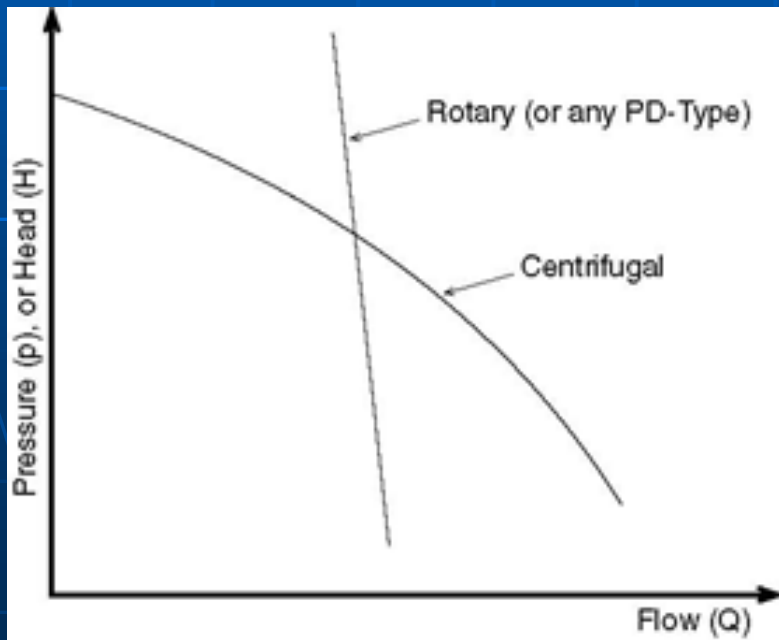


# Energetické nároky

- $E_{\text{dodaná}} = E_{\text{užitečná}} + Z_{\text{tráty}}$
- $\text{Účinnost} = E_{\text{užitečná}} / E_{\text{dodaná}}$
- Ztráty – podle typu tekutiny
  - Mechanické
  - Volumetrické, tepelné – u plynů
  - Hydraulické

# Důležité charakteristiky (parametry)

- **Průtok** – objem tekutiny za čas
- **Tlak** – jak velký hydraulický odpor musí být překonán – výtlačná výška
- Liší se u jednotlivých typů čerpadel



Čerpadlo

Objemové - Positive Displacement

Odstředivé

# Typy čerpadel

- Hydrostatická – objemová
  - Transport uzavřeného objemu mezi pevnou a pohyblivou částí
  - Pohyb vratný nebo rotační
- Hydrodynamická
  - Rotační odstředivá
  - Využití odstředivé resp. setrvačné síly
- Ostatní

# Typy čerpadel

- Hydrostatická – objemová
  - S vratným pohybem
    - Pístová, křídlová, plunžrová, vlnovcová, membránová
  - Rotační
    - Zubová, lamelová, vřetenová, s rotujícími či odvalujícími písky
  - Peristaltická - hadicová
  - Kombinovaná

# Typy čerpadel

- Hydrodynamická – rotační
  - Odstředivá – radiální a diagonální
  - Axiální
  - Obvodová
  - Labyrintová
  - Kombinovaná

# Typy čerpadel

## ■ Ostatní

- Zdvížná – řetězová, šneková, korečková, zvedací kola
- Proudová – ejektory, injektory, trkače
- Plynotlaká – monžíky, pulzometry
- Mamutová
- Elektromagnetická

<https://en.wikipedia.org/wiki/Pump>



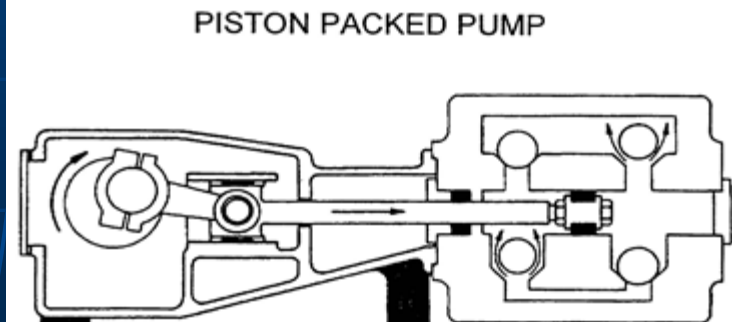
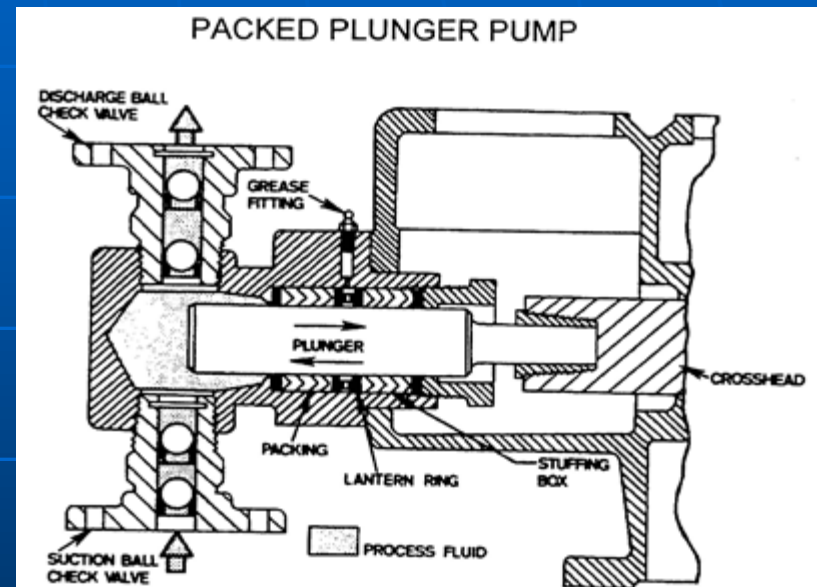
# Čerpadla kapalin - objemová

- Vratný pohyb pohyblivé části – pístu, přepážek aj.

- Schema pístového čerpadla

Teoretický výkon

S . l . n



# Čerpadla kapalin - pístová

## ■ Výhody

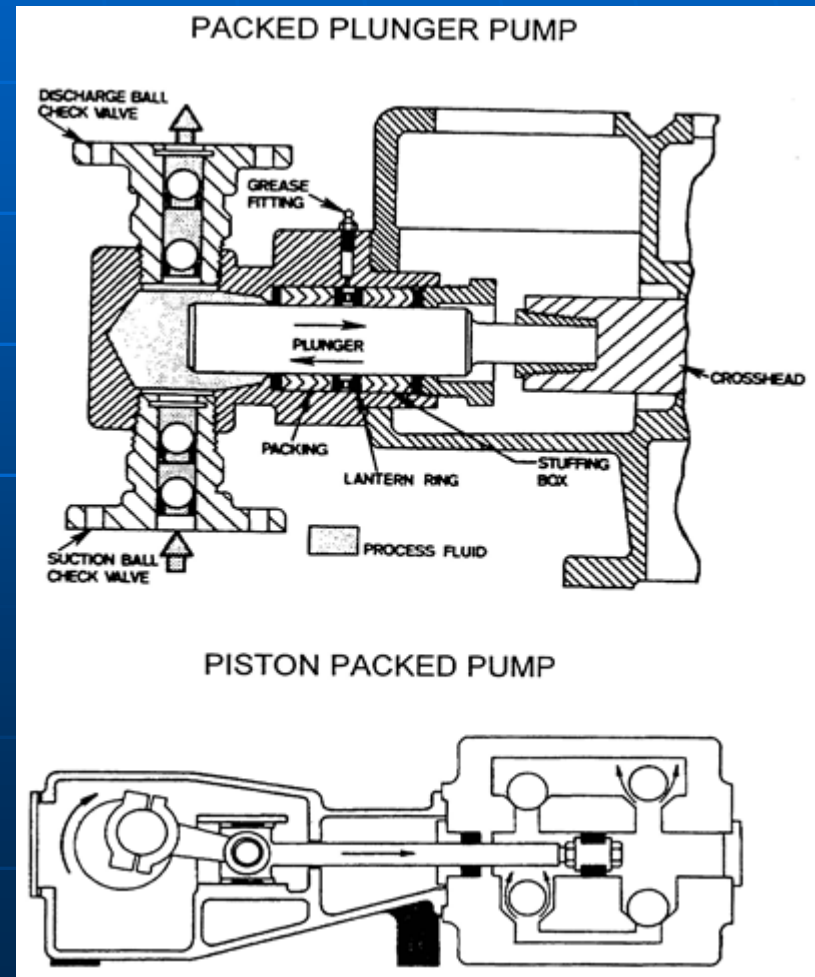
- Velká sací výška
- Velké tlaky (někdy problém)
- Hospodárnější provoz a větší účinnost

## ■ Nevýhody

- Pulzace tlaku - kompenzace
- Vysoké výrobní náklady
- Koroze, opotřebení součástí (píst, ventily, sedla) – opožděné uzavírání
- Omezení (kaly, suspenze)
- Bubliny v pístu – potrubí – problém

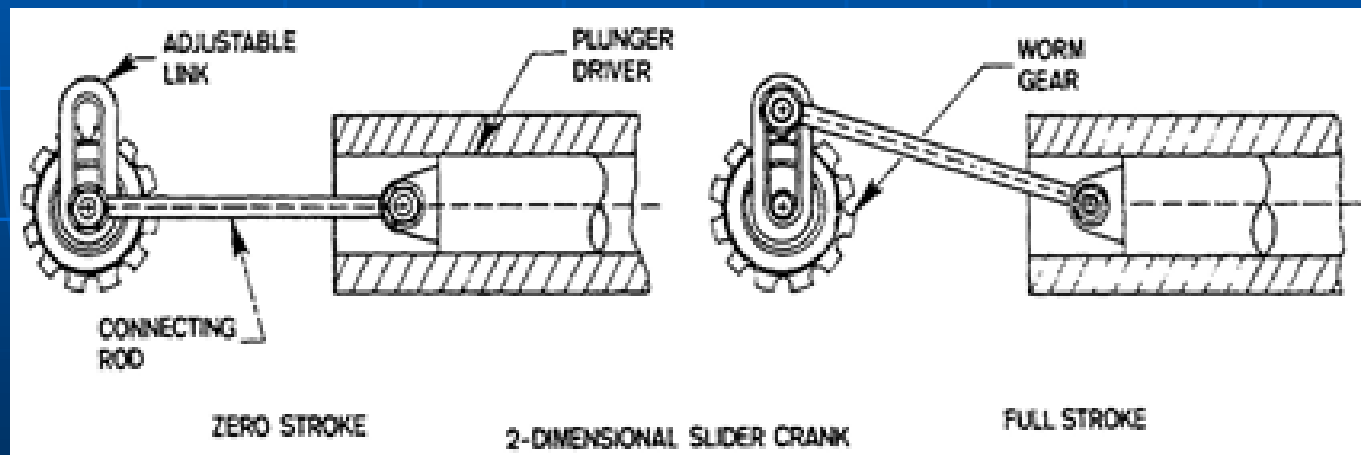
# Čerpadla kapalin - pístová

- Varianty a vylepšení
  - Vícečinná
  - Paralelní – trojčitá
  - Vícestupňová



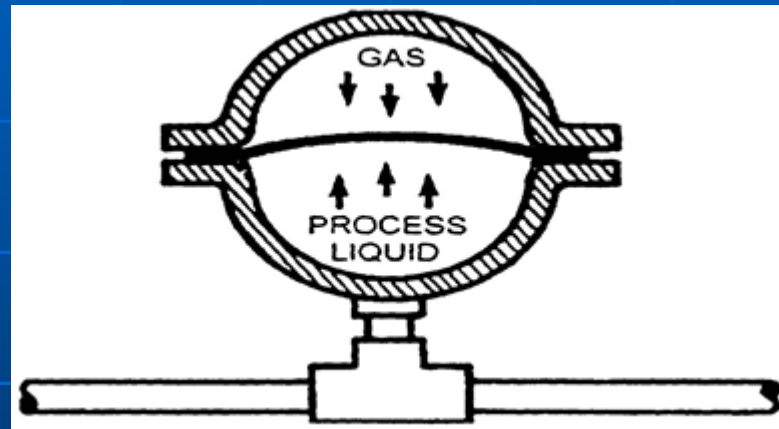
# Čerpadla kapalin - pístová

- Varianty a vylepšení
  - Regulace zdvihu



# Čerpadla kapalin - pístová

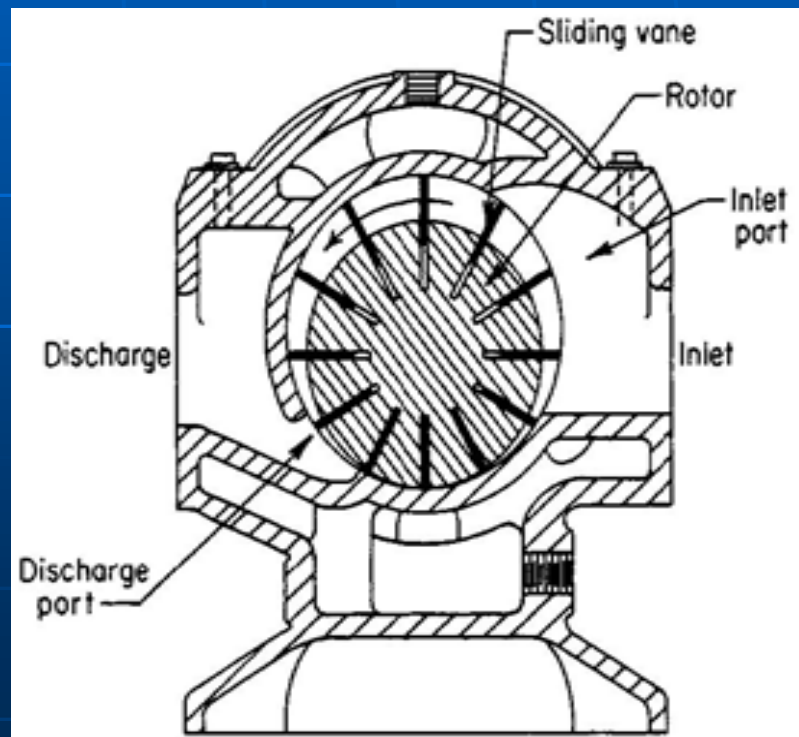
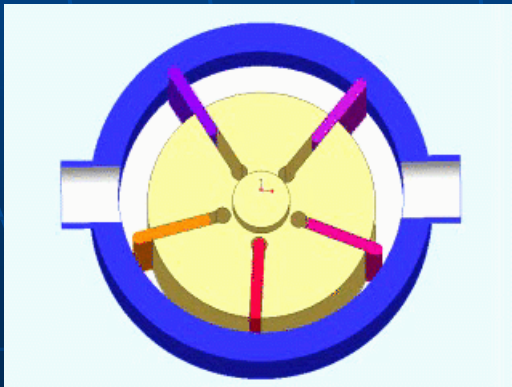
- Varianty a vylepšení
  - Kompenzace tlaku – vzdušník



- Membránová – agresivní a hořlavé kapaliny

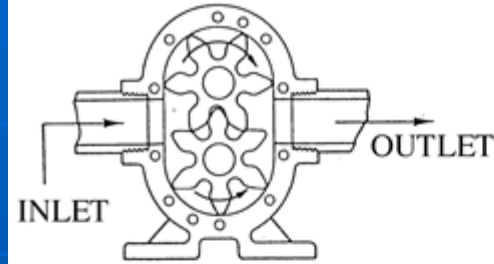
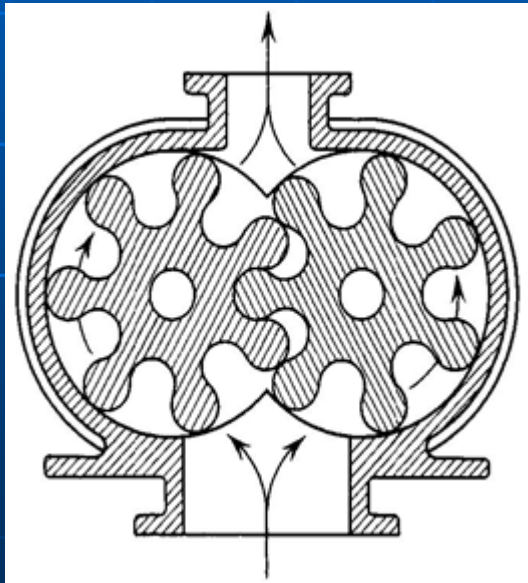
# Čerpadla kapalin - objemová

- Rotační
  - Pohyblivá součást – křídlo, závit
  - Nemají ventily
  - Menší objemy
- Lopatkové kolo

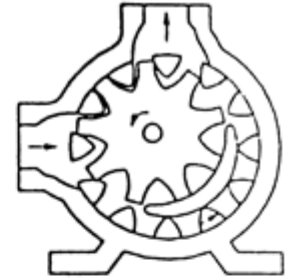


# Čerpadla kapalin - objemová

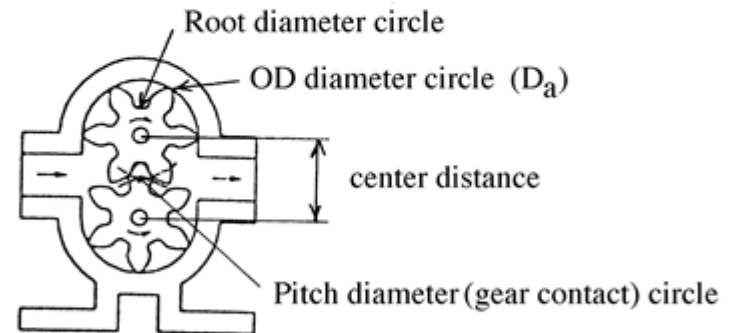
- Rotační
  - Zubová



External gear



Internal gear

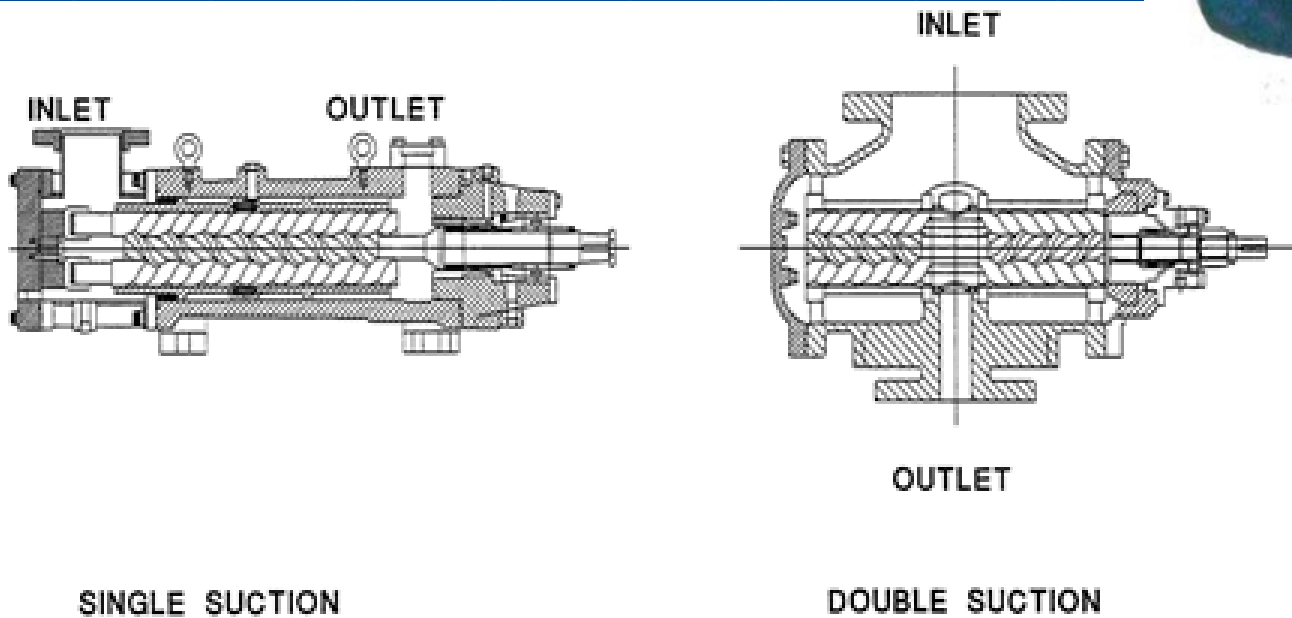


Addendum = radial distance from the pitch circle  
and OD circle  $(a = \frac{D_a - D_p}{4})$

Dedendum = radial distance from the pitch circle  
to the root circle  $(b = \frac{D_p - D_r}{4})$

# Čerpadla kapalin - objemová

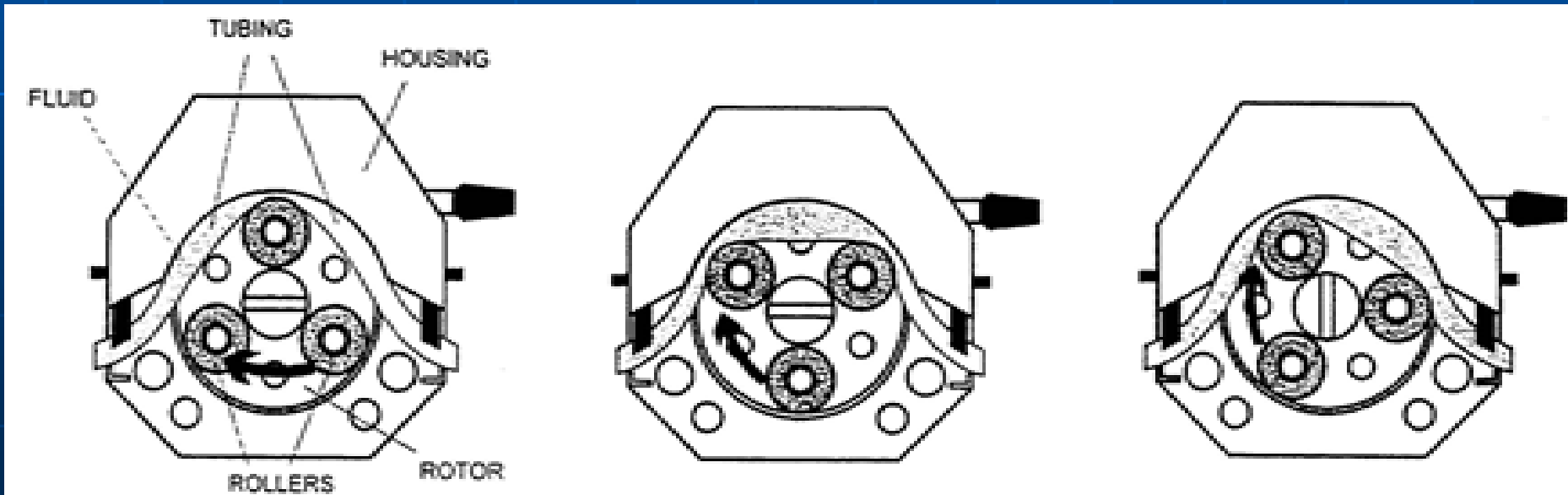
- Rotační
  - Závit – „šnek“





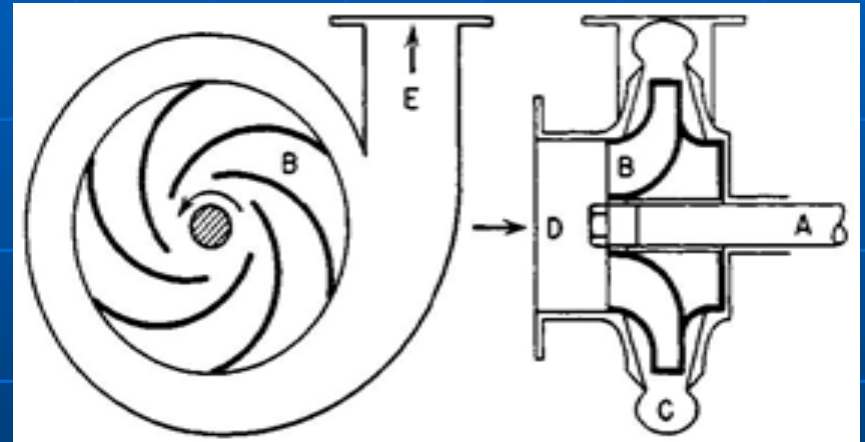
# Čerpadla kapalin - objemová

- Rotační
  - Peristaltické



# Čerpadla kapalin - odstředivá

- Využití odstředivé síly
- Rozdíl sil podle r  
Sání menší, výtlak větší r



$$p_1/\rho + v_1^2/2g = p_2/\rho + v_2^2/2g - \frac{1}{2} m (u_2^2 - u_1^2) \text{ kde } u = \omega r$$

$$p_1/\rho + v_1^2/2g = p_2/\rho + v_2^2/2g - \frac{1}{2} m \omega^2 (r_2^2 - r_1^2)$$

$$(p_2 - p_1)/\rho = (v_1^2 - v_2^2)/2g + \frac{1}{2} m \omega^2 (r_2^2 - r_1^2)$$

$$(p_2 - p_1) = (v_1^2 - v_2^2) \rho / 2 + \frac{1}{2} m \omega^2 (r_2^2 - r_1^2)$$

$$z_0 = v^2/2g + \Delta P / \gamma + z = \text{konst}$$

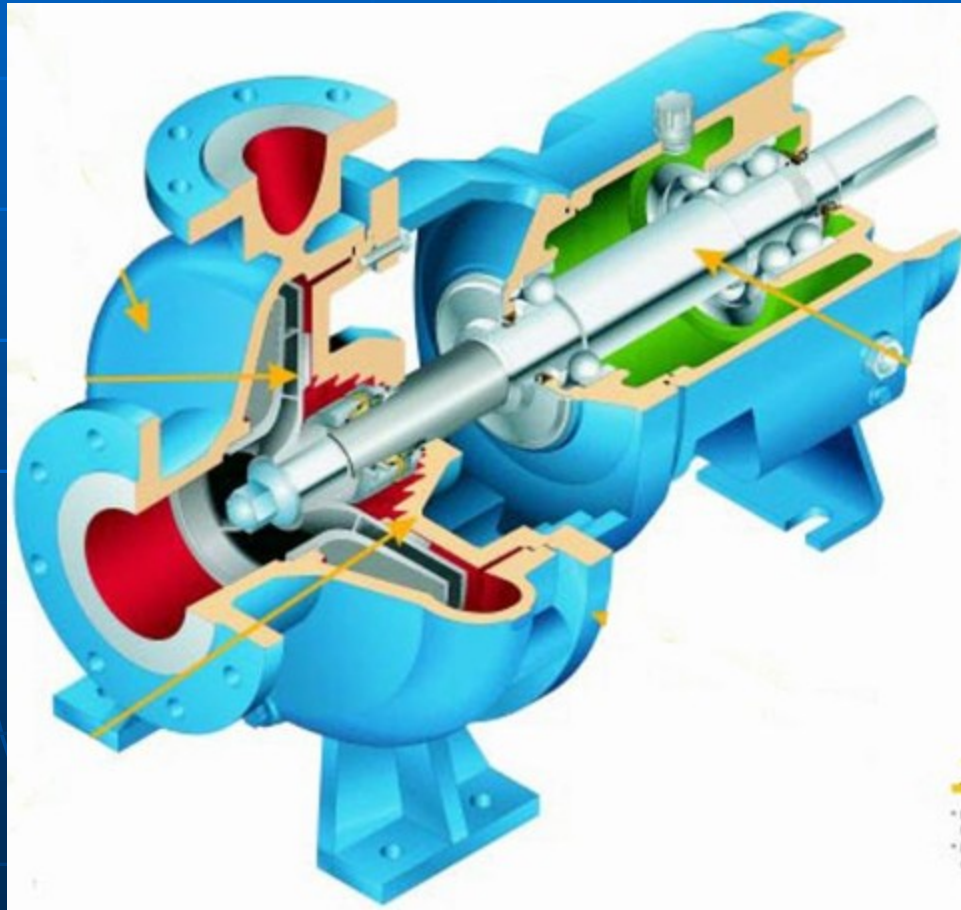
# Čerpadla kapalin - odstředivá

## ■ Charakteristiky

- Jedno i vícestupňová, ležatá, stojatá
- + Kompaktní, přímý pohon, nižší pořizovací cena
- + Nemají ventily - velká vůle, suspenze, kaly
- + Snadné odlévání – těžko opracovatelné materiály
- + Zmenšený průtok při zvětšeném odporu
- - Menší sací i výtlačná výška, menší tlaky
- - Nutnost naplnit kapalinou

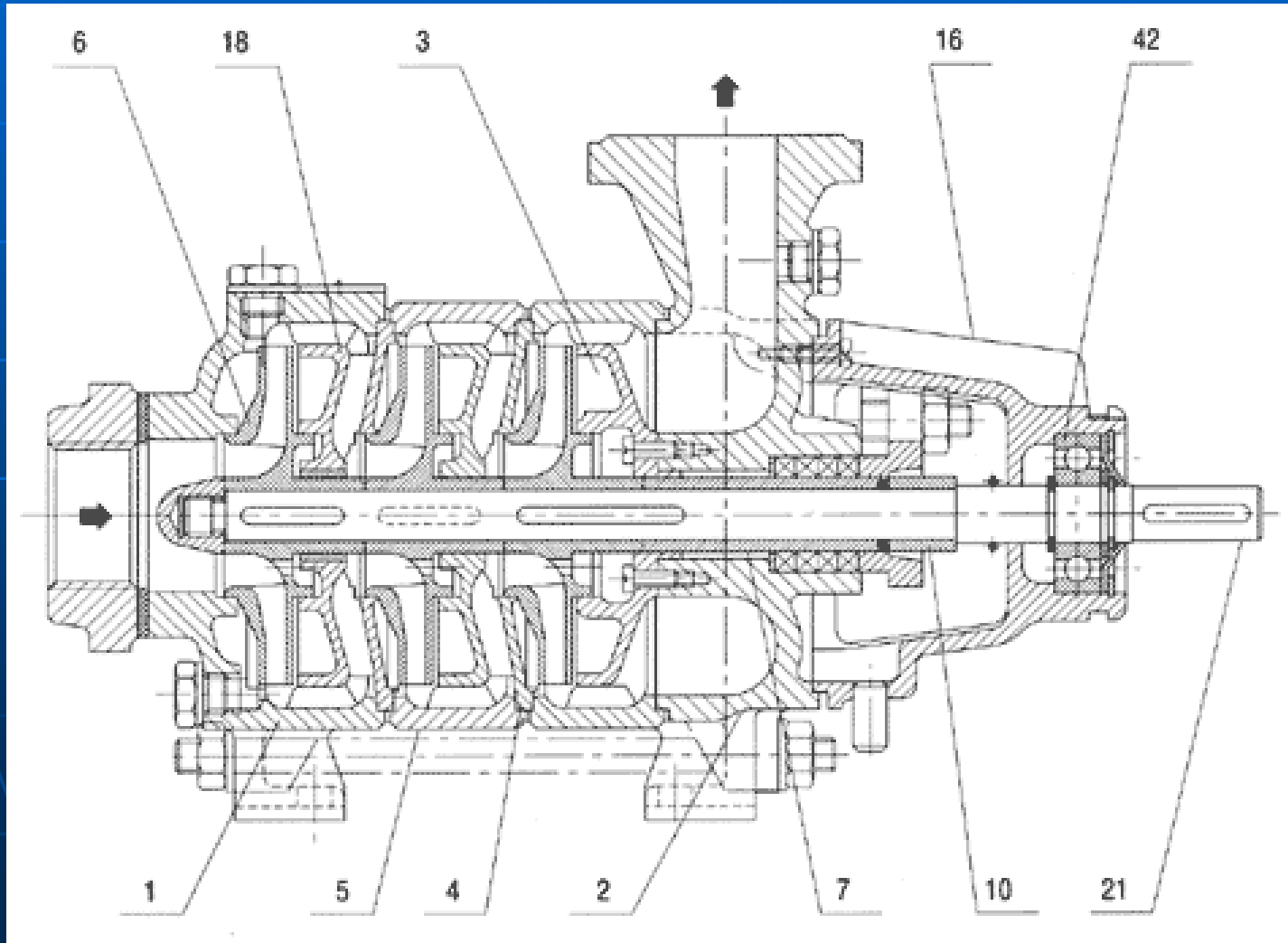
# Čerpadla kapalin - odstředivá

- Řez čerpadlem



# Čerpadla kapalin - odstředivá

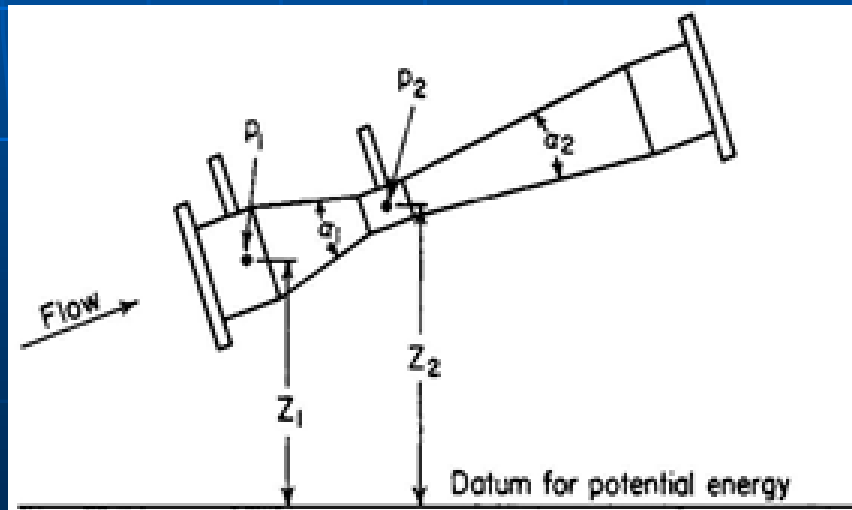
- 3stupňové čerpadlo – výkres



# Proudová

## ■ Injektory a ejektory

- $z_0 = v^2/2g + \Delta P / \gamma + z = \text{konst.}$
- Energie – potenciální x kinetická –  $\blacksquare = \text{konst.}$

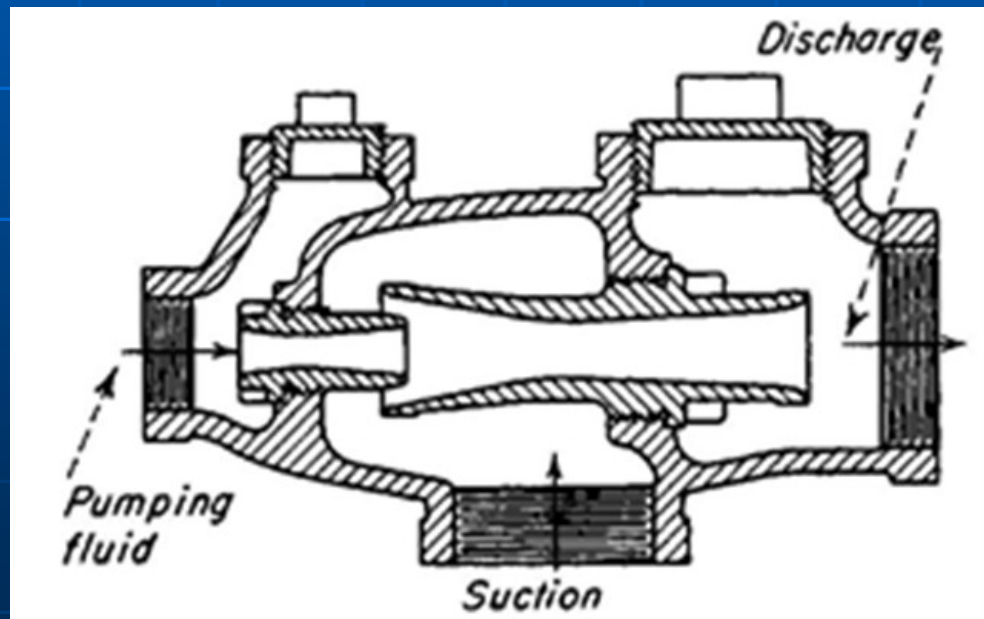


# Proudová

## ■ Hnací medium

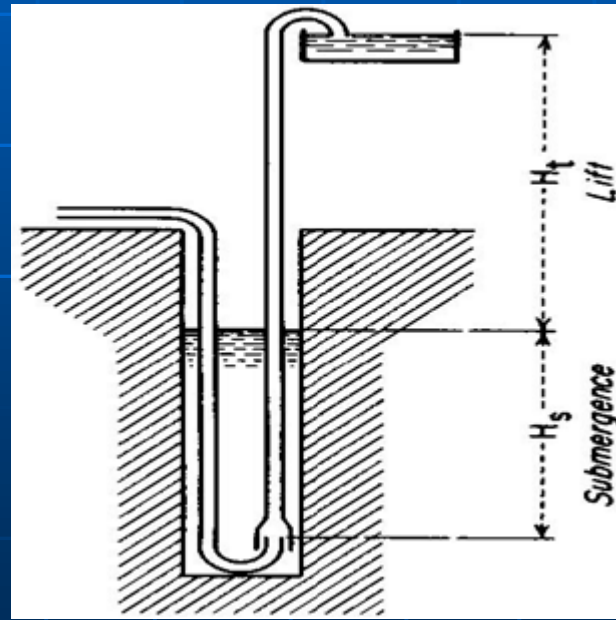
- Plyn – mísení a rozpad směsi
- Kapalina – podle mísitelnosti
- Funguje vzájemně

Jednoduché  
Malá účinnost



# Mamutová čepadla

- Čerpání kapaliny proudem plynu
- – různé hodnoty ■ kapaliny a pěny





# Mamutová čepadla

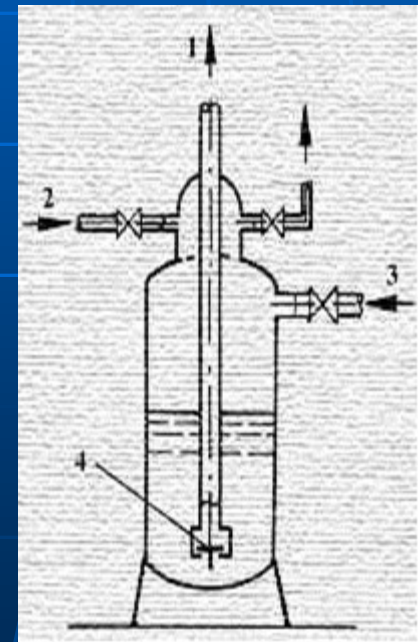
## ■ Charakteristiky

- + velmi jednoduché
- + žádné mechanické – otáčivé součásti
- + pracují dobře i při vyšších teplotách (kdy odstředivá nesají)
- - malý výkon a účinnost
- - nutný zdroj stačeného plynu (kompresorová stanice)

# Monžíky

- Tlaková nádoba naplněná kapalinou
- Výtlačk stlačeným plynem (vzduch aj.)

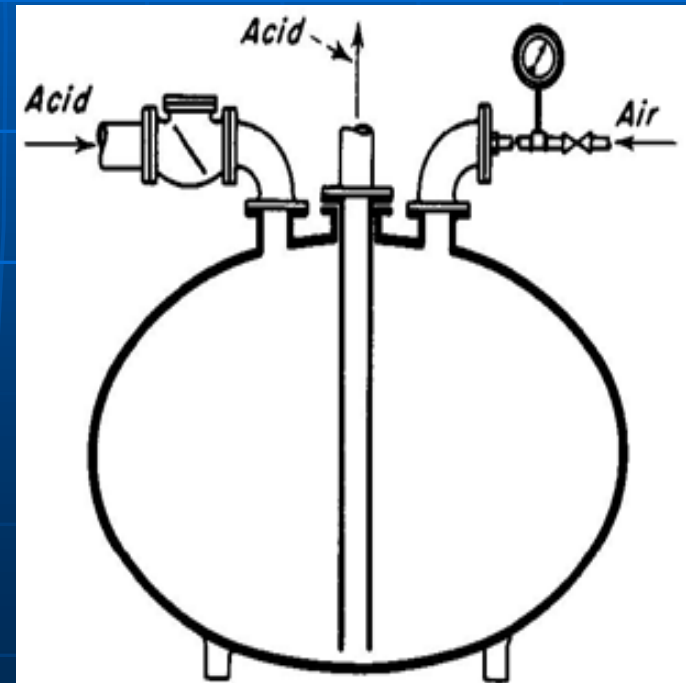
- 1 – výtlačné potrubí kapaliny
- 2 – stlačený plyn + výpust ev. vakuum
- 3 – přítok kapaliny
- 4 – vstup do výtlačného potrubí, sítko, ventil aj.



# Monžíky

- Malá množství, speciální případy
- Agresivní a hořlavé kapaliny

Přítok samospádem x podtlakem  
Regulace hladiny – plovák apod.  
Inertní plyn



# Pulzometry

- Pohon tlakovou parou
- Sání podtlakem – kondenzace páry vstříknutím vody
- Dvoukomorová uspořádání