

1. Prednáška

ÚVOD do predmetu Chemické inžinierstvo

Chemické inžinierstvo

- návrh, projekcia, riadenie výrobných postupov a zariadení...

Uplatnenie

chemický priemysel, ropný priemysel, priemysel palív a energetiky, banícky a hutnícky priemysel, stavebný priemysel, potravinársky a spotrebný priemysel, poľnohospodárstvo....

Napriek rozdielnosti chemických výrob, ich skladba pozostáva zo zariadení a operácií, ktoré sa vyznačujú

rovnakou fyzikálnou podstatou

Koncept jednotkových operácií

Jednotková operácia – základný fyzikálny proces, ktorý sa v rôznych postupoch opakuje, jeho podstata je rovnaká (usadzovanie, filtrácia, fluidizácia, miešanie...)

Delenie jednotkových operácií:

Mechanické operácie – odovzdávanie hybnosti (transport tekutín; oddeľovanie tuhých častíc filtráciou, usadzovaním a inými postupmi...)

Tepelné operácie – prestup tepla (odovzdávanie tepla medzi dvoma tekutinami, zahusťovanie roztokov pri teplote varu...)

Difúzne operácie – prestup látky (destilácia, extrakcia, absorpcia, adsorpcia...)

Bilancie – základ rozboru výrobného procesu

Prvotné podklady návrhu výrobného zariadenia

V procese prevádzkovania - kvantifikácia technologických problémov, a komplexné analýzy

Bilancovateľné veličiny

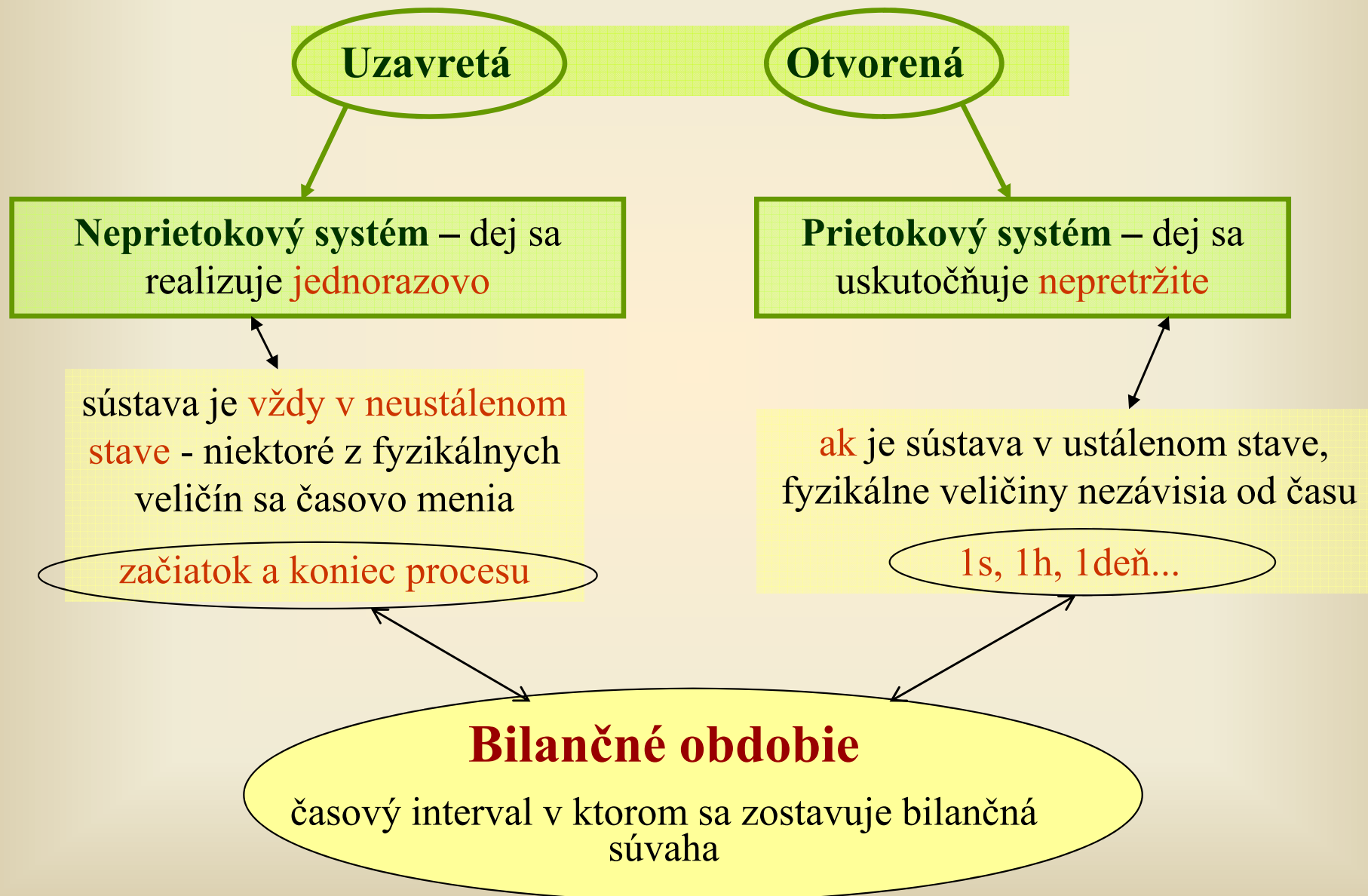
Hmotnosť **(Zákon zachovania hmotnosti)**

Energia **(Zákon zachovania energie)**

Hybnosť **(Zákon zachovania hybnosti)**

Bilančná sústava (systém)

Časť priestoru od okolia oddelená skutočnými, alebo fiktívnymi hranicami



Látkové (materiálové) bilancie v makrosústave

Bilancie v **neprietokových** (vsádzkových) a **prietokových** sústavách

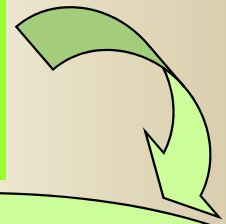
Množstvo látky vstupujúce do bil. sústavy

=

Množstvo látky z bil. sústavy vystupujúce

+

Akumulácia látky v bil. sústave



– množstvo vlastnosti hromadiace sa v systéme v priebehu deja

Neprietokový systém:

Látkové množstvo, **hmotnosť**

Prietokový systém:

Tok látkového množstva, hustota toku látkového množstva; tok hmotnosti, hustota toku hmotnosti

Vyjadrenie zloženia zmesí: $x_A, w_A, X_A, W_A, c_A,$

Vlastnosti zmesí: M_{zm}, ρ_{zm}

Zdrojové členy: ξ, X_j

Energetické bilancie v makrosústave

Bilancie v neprietokových (vsádzkových) sústavách

Energia sústavy pri
začatí deja + teplo do
sústavy dodané

=

Energia sústavy po ukončení
procesu + práca sústavou
vykonaná

Bilancie v prietokových sústavách

Súčet energií a
tepla do systému
privedených

=

Súčtu energií a
práce zo systému
odvedených

+

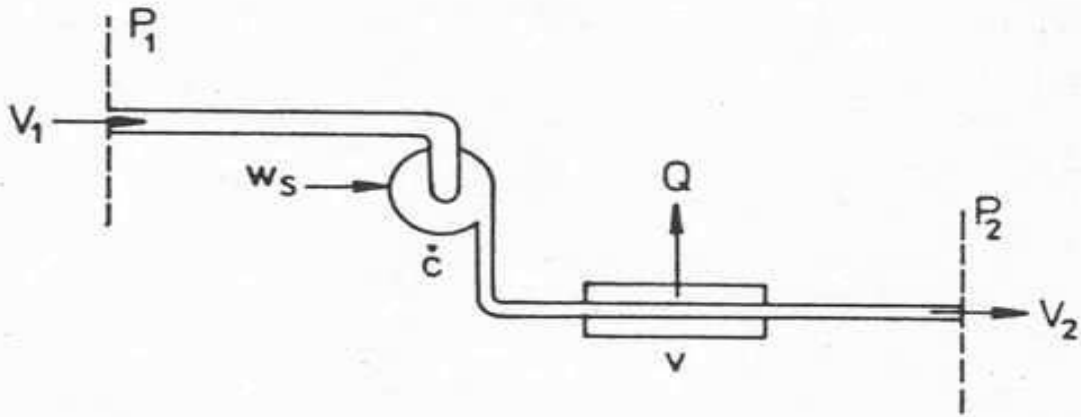
Akumulácia
energie

!!! Aplikácia I. ZT pre uzavretú sústavu a pre otvorenú sústavu

Sústava	Uzavretá	Otvorená
Energetická bilan.	$dQ = dU + dw$	$dQ = dH + dw_s$
Tepelná bilancia	$dQ = dU [V]$ $dQ = dH [P]$	$dQ = dH$



I. ZT pre otvorenú sústavu



$$Q = (U_2 - U_1) + (E_{k2} - E_{k1}) + (E_{p2} - E_{p1}) + (P_2 V_2 - P_1 V_1) + W_s$$

$U_2 - U_1$ zmena vnútornej energie prúdiacej tekutiny

$E_{k2} - E_{k1}$ zmena kinetickej energie prúdiacej tekutiny

$E_{p2} - E_{p1}$ zmena potenciálovej energie prúdiacej tekutiny

$P_1 V_1$ objemová práca vykonaná pri vtláčaní objemu V_1 proti tlaku P_1

$P_2 V_2$ objemová práca, ktorú vykoná tekutina pri výstupe z potrubia

W_s práca dodaná tekutine (odobraná turbínou...)

Entalpia: $H = U + PV$

Ak kinetický a potenciálový člen môžeme zanedbať a práca je nulová,

potom $Q = \Delta H$ platnosť bez obmedzenia!!!

Integrálna sústava – makrosústava,
sústava konečných rozmerov

Diferenciálna sústava – mikrosústava,
sústava nekonečne malej dimenzie

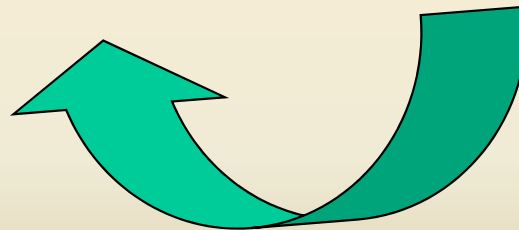
Bilančné rovnice

- matematická formulácia kvantitatívnych väzieb
- zostavené sú na základe zákonov zachovania



Integrálne bilančné rovnice
(spriemernené hodnoty fyz. veličín)

Diferenciálne bilančné rovnice
(opisujú polia závisle premenných veličín)



Bilancie v diferenciálnej sústave

Ciel': opísať polia závisle premenných veličín v zariadení
(koncentračné, teplotné a rýchlostné polia)

Opis: cez lokálny elementárny objem dV bilančnej mikrosústavy prúdi spojité prostredie

Bilancované veličiny: extenzitná veličina: $m, E, (mv)$
intenzitná veličina: $\rho, e, (\rho v)$

Len informatívne

Okamžitá **rýchlosť**
akumulácie veličiny
v lokálnom
element. objeme dV
kontinua

=

Okamžitá **rýchlosť**
vstupu veličiny do
lokál. element.
objemu dV kontinua
prúdením

+

Okamžitá **rýchlosť**
vstupu veličiny do
element. objemu dV
kontinua
molekulárnym
transportom

+

Okamžitá
rýchl. tvorby
veličiny vo
vnútri objemu
 dV kontinua

Bilancia hmotnosti v mikrosústave

! príspevok mol. transportu hmotnosti a zdrojový člen je nulový, (ZZH)

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} = -\nabla \cdot (\rho v)$$

Rovnica kontinuity

v - lokálna rýchlosť spojitého prostredia $v = v(\tau, x, y, z)$

ρ - objemová hmotnosť, (ρv) - objemová hybnosť

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} = -v \cdot \nabla \rho - \rho \nabla \cdot v$$

Dôsledok
neustálenosti
poľa hustoty

Ustálené pole \rightarrow

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} = 0$$

Dôsledok
priestorovej
nehomogenity

Divergencia
vektora lokálnej
rýchlosti prúdenia
tekutiny

Priestorovo homogénne pole $\rightarrow \nabla \rho = 0$

Nestlačiteľná tekutina

$$\nabla \cdot v = 0$$

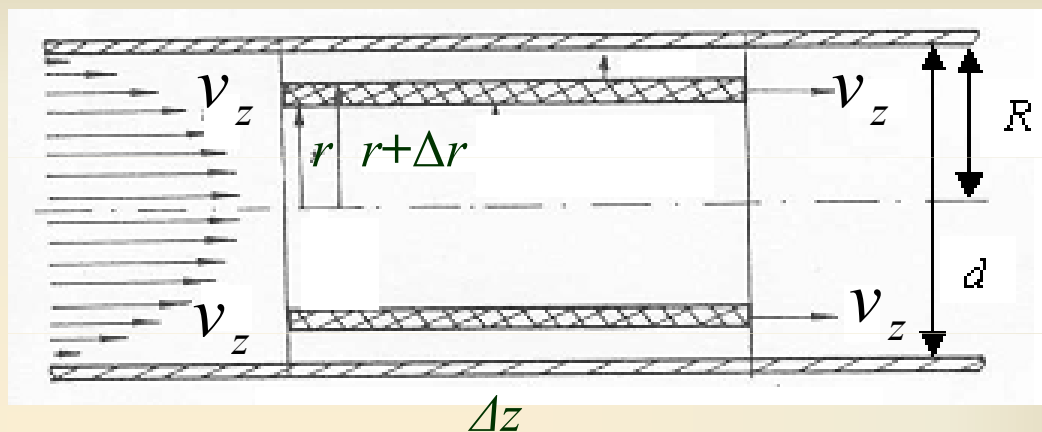
Aplikácia - potrubie \rightarrow

vyvinutý ustálený tok tekutiny v smere osi potrubia z

Bilancia hmotnostného toku v potrubí

Dutý valec objemu ΔV ,
polomeru r , hrúbky Δr
a dĺžky Δz

rez – medzikružie,



$$\frac{\partial(\rho v_z)}{\partial z} = 0$$

!!! Rovnosť platí ak súčin (ρv_z) cez určitú plochu medzikružia $dS = 2\pi r dr$ je konštantný

$$\Rightarrow \int_0^S (\rho v_z) dS = \int_0^R \rho v_z 2\pi r dr = \int_0^m d \dot{m}$$

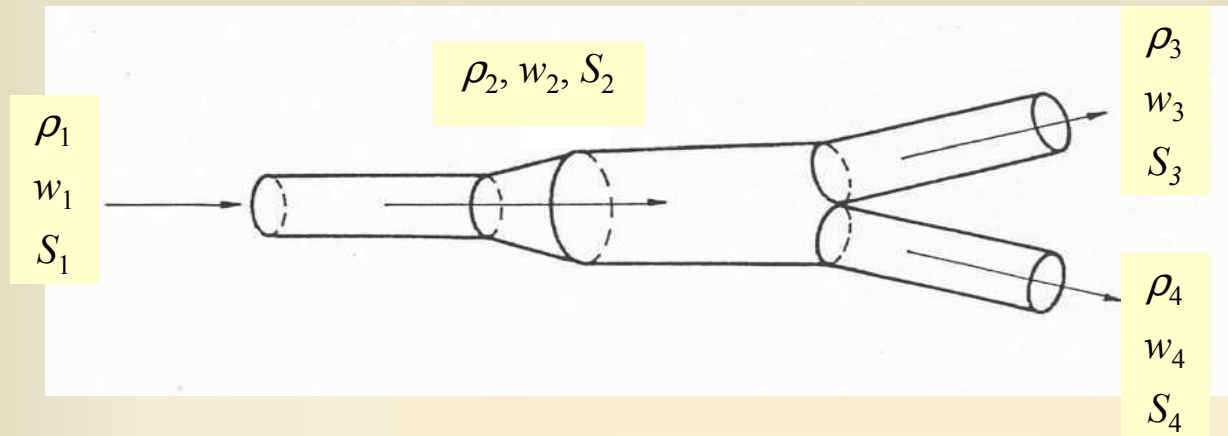
Priemerná rýchlosť prúdiacej tekutiny v potrubí

$$w = \frac{\dot{V}}{S} = \frac{\int_0^R 2\pi r v_z dr}{\int_0^R 2\pi r dr}$$

Rovnica kontinuity pre potrubie

$$\rho_1 w_1 S_1 = \rho_2 w_2 S_2$$

Bilancia hmotnostného toku v rozvetvených potrubíach



Obr. Tok tekutiny v rozvetvenom potrubí

Rovnica kontinuity pre uvedený makrosystém
má tvar

$$\rho_1 w_1 S_1 = \rho_2 w_2 S_2 = \rho_3 w_3 S_3 + \rho_4 w_4 S_4$$

