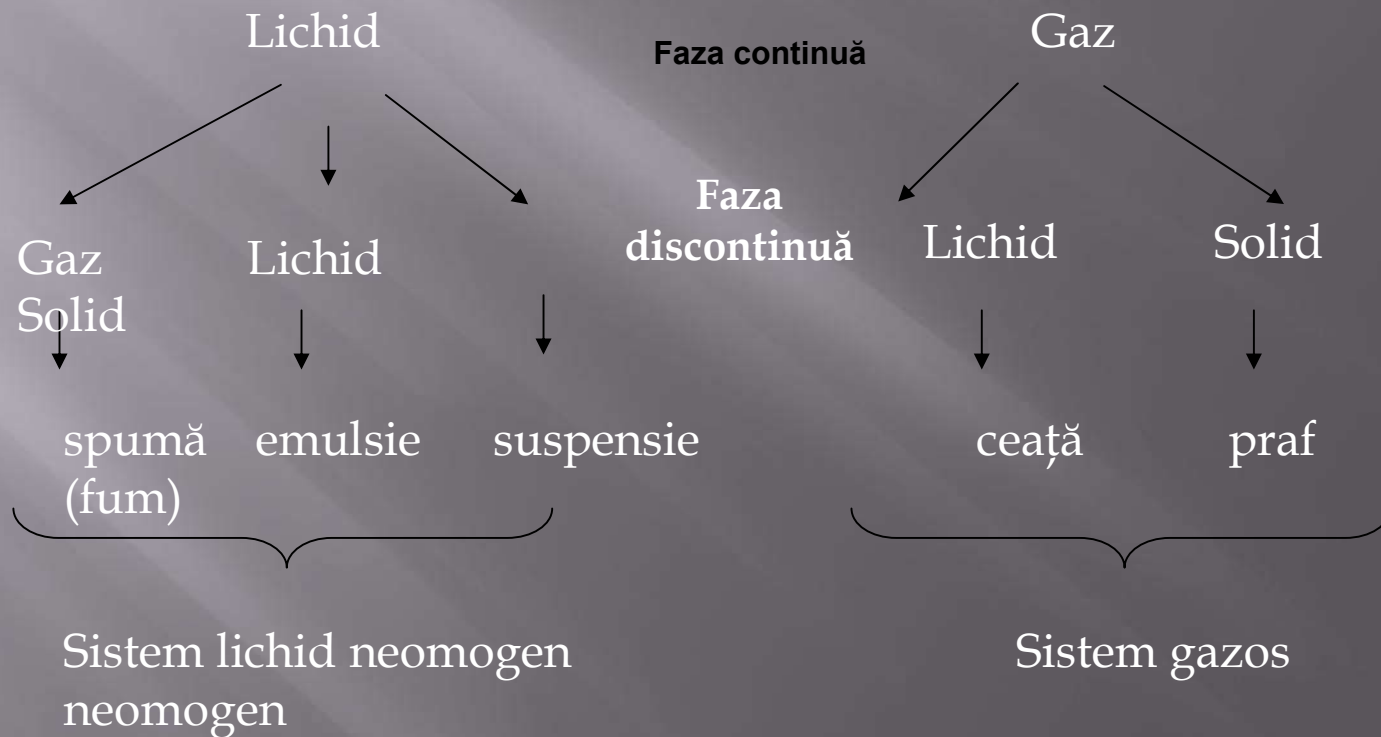


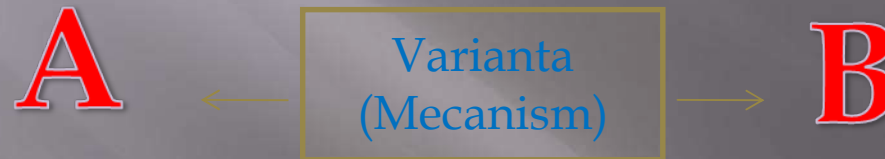
# SEPARAREA SISTEMELOR ETEROGENE

Prin sistem se înțelege un corp sau un ansamblu de corpuri limitat ca întindere spațială și conținut de substanță. Ansamblul corpurilor care formează sistemul poate să aibă stări de agregare diferite constituind astfel faze. O fază este o porțiune dintr-un sistem limitată de o suprafață de separație și având proprietăți bine determinate diferite de proprietățile celorlalte părți ale sistemului. Sistemele constituite dintr-o singură fază se numesc omogene iar cele formate din două sau mai multe faze se numesc eterogene.

În cazul sistemelor eterogene formate din două faze putem deosebi o **fază discontinuă** numită fază dispersă sau dispersată pentru că se află într-o stare de divizare fină într-o a doua **fază continuă** numită mediu de dispersie sau fază dispersantă.



Întotdeauna din considerente tehnologice, economice sau de protecția mediului este necesară separarea sistemelor eterogene, acest lucru se poate realiza prin două mecanisme:



**prin acțiunea diferențiată  
a unor forțe asupra celor  
două faze**

Sedimentarea  
Decantarea  
centrifugarea

**prin reținerea uneia  
din faze pe un mediu  
*filtrant***

Filtrarea  
Centrifugarea-filtranta

# SEDIMENTAREA

**Sedimentarea** este operația prin care fazele unui amestec eterogen sunt separate prin acțiunea diferențiată a unui câmp de forțe (gravitaționale sau centrifuge) asupra fazelor de densități diferite.

o După cum faza dispersă are densitate mai mare sau mai mică decât faza continuă, particulele dispersate se depun sau se ridică.

o Sedimentarea este o operație complexă, fiind influențată de un număr mare de factori.

o O sedimentare bună trebuie să obțină un decantat cât mai limpede și un sediment cât mai concentrat în fază solidă, într-un timp cât mai scurt și cu investiții minime.

## Viteza de sedimentare

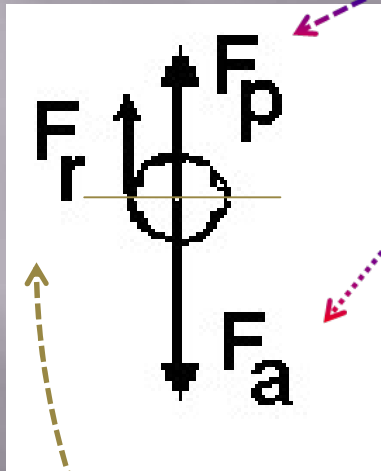
Se consideră o particulă solidă de un volum oarecare imersată într-un volum infinit de fluid și forțele ce acționează asupra particolei:

$F_p$  – forța de plutire sau forța arhimedică

$$F_p = \frac{m}{\rho_D} \cdot \rho_C \cdot a$$

$F_a$  – forța activă sau exterioară (greutatea)

$$F_a = m \cdot a = V \cdot \rho_D \cdot a$$



$F_r$  – forța de rezistență

$$F_r = \xi \cdot A \cdot \rho_C \frac{v^2}{2}$$



ARHIMEDE

## Arhimede din Siracuza (Ἀρχιμήδης)

*Arhimede (Arhimede) pictura de Fetti (1630)*

### Date personale

Născut	<u>ca. 287 î.Hr.</u> <u>Siracuza, Sicilia</u> <u>Magna Graecia</u>
Decedat	<u>ca. 212 î.Hr. (cca. 75 ani)</u> <u>Siracuza</u>
Cauza decesului	<u>Omor</u> ( ucis de un soldat roman)
Părinti	<u>Phidias</u> <sup>[?]</sup>
Naționalitate	<u>Greacă</u>
Etnie	<u>grec</u>
Ocupație	<u>matematician</u> <u>fizician</u> <u>astronom</u> <u>inventator</u> <u>inginer militar</u> <sup>[*]</sup> <u>scriitor</u> <u>filozof</u> <u>inginer</u>

$$\frac{\pi}{2} = \left(\frac{2}{1} \cdot \frac{2}{3}\right) \cdot \left(\frac{4}{3} \cdot \frac{4}{5}\right) \cdot \left(\frac{6}{5} \cdot \frac{6}{7}\right) \cdot \left(\frac{8}{7} \cdot \frac{8}{9}\right)$$

În funcție de raportul celor două forțe  $F_a$  și  $F_p$  sunt posibile următoarele situații:

1.  $F_a > F_p \Rightarrow \rho_D > \rho_C$  particola capătă o mișcare descendentă în fluid
2.  $F_a < F_p \Rightarrow \rho_D < \rho_C$  particola capătă o mișcare ascendentă în fluid
3.  $F_a = F_p \Rightarrow \rho_D = \rho_C$  particola se menține în echilibru în fluid

Pentru a fi posibilă separarea trebuie să existe o rezultantă a deplasării condiție valabilă doar în primele două cazuri.

1. În primul caz separarea se realizează prin sedimentare
2. În al doilea prin flotație.

Vom considera primul caz, în care rezultanta determină o deplasare uniform accelerată a particolei pe verticală în jos. Din momentul în care particola începe să se deplaseze în fluid se manifestă și a treia forță, forța de rezistență, care se opune mișcării particolei în fluid.

Prin compunerea celor trei forțe se obține o forță rezultantă sub acțiunea căreia particola are o mișcare uniform accelerată:

$$F_R = F_a - F_p - F_r = m \cdot \frac{dv}{dt}$$

$$m \cdot a - \frac{m}{\rho_D} \cdot \rho_C \cdot a - \xi \cdot A \cdot \rho_C \frac{v^2}{2} = m \frac{dv}{dt}$$

O data cu creșterea vitezei particolei are loc și creșterea accentuată a forței de frecare.

Deoarece forța de rezistență are semn cu minus și conține pătratul vitezei, rezultă că va exista o valoare a vitezei la care accelerația  $dv/dt$  să fie egală cu 0. Din acel moment particola nu se mai deplasează uniform accelerat, mișcare devenind uniformă cu viteză constantă. Numim viteza atinsă drept viteză **terminală** sau de **sedimentare** și o notăm cu  $v_0$ .

$$m \cdot a - \frac{m}{\rho_D} \cdot \rho_C \cdot a - \xi \cdot A \cdot \rho_C \frac{v^2}{2} = m \frac{dv}{dt} = 0$$

Din relația anterioară se obține:

$$a \left( \frac{\rho_D - \rho_C}{\rho_D} \right) = \xi \cdot A \cdot \frac{v_0^2}{2m} \cdot \rho_C$$

Din care izolând viteza de sedimentare:

$$v_0 = \sqrt{\frac{1}{\xi} \cdot \frac{2m}{A \cdot \rho_D} \cdot \frac{a(\rho_D - \rho_C)}{\rho_C}}$$



Dacă particolele au formă sferică atunci expresia vitezei devine:

$$\frac{m}{\rho_D} = V_{sfera} = \frac{\pi \cdot d^3}{6} \quad \text{iar} \quad A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad \text{deci raportul:}$$

$$\frac{2m}{A \cdot \rho_D} = 2 \cdot \frac{\frac{\pi \cdot d^3}{6}}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4}{3} \cdot d$$

$$v_0 = \sqrt{\frac{4}{3\xi} \cdot \frac{a(\rho_D - \rho_C) \cdot d}{\rho_C}} \quad \text{m/s}$$

a – accelerația (m/s<sup>2</sup>) imprimată de o forță ce acționează asupra particolei. Pentru simplificarea calculelor se definește un factor de eficacitate k fiind raportul între o forță activă și forța gravitațională

$$k = \frac{F_a}{F_g} = \frac{m \cdot a}{m \cdot g} = \frac{m \cdot \omega^2 \cdot r}{m \cdot g} = \frac{\omega^2 \cdot r}{g} \quad \text{Practic:} \quad a = k \cdot g$$

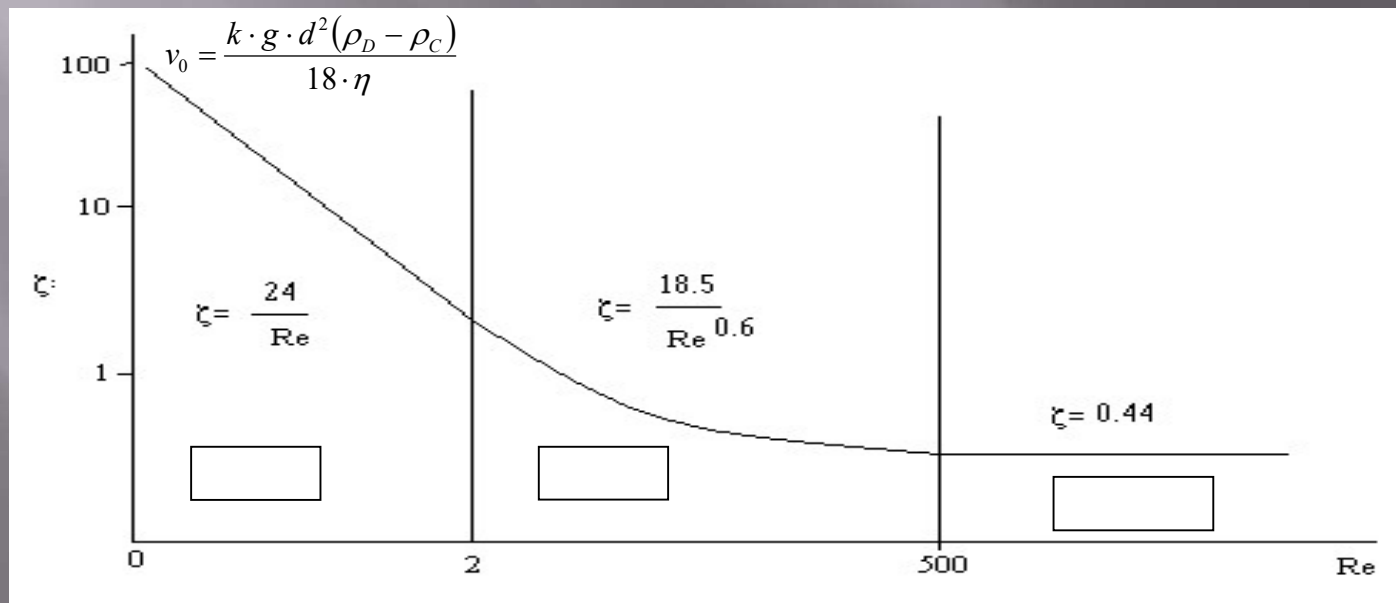
$$v_0 = \sqrt{\frac{4}{3\xi} \cdot \frac{(\rho_D - \rho_C) \cdot d \cdot k \cdot g}{\rho_C}} \quad \text{m/s}$$

Expresia vitezei de sedimentare

Mărimea  $\xi$ -coeficient de rezistență este cea mai grea de determinat.

Sedimentarea poate fi considerată că este o curgere exterioară a unui fluid în jurul unor corpuri imersate pentru care există relația:

$$\xi = f(\text{Re}, \varepsilon) \quad \text{Unde:} \quad \text{Re} = \frac{\rho_c \cdot v_0 \cdot d}{\eta_c} \quad \varepsilon\text{- rugozitatea suprafeței corpului}$$



Metode de determinare a coeficientului de rezistență și a vitezei de sedimentare.

- a.. Metoda iterațiilor sau a încercărilor succesive
- b.. Metoda criteriului lui Arhimede
- c.. Metoda criteriului Liascenko

a. Metoda iterațiilor presupune alegerea domeniului de sedimentare, evaluarea vitezei de sedimentare cu un coeficient de rezistență ales din acel domeniu, calcularea regimului (Re), verificarea domeniului ales, recalcularea mărimilor până la atingerea unei erori acceptabile.

b. Metoda criteriului lui Arhimede, presupune evaluarea acestui criteriu:

$$Ar = \frac{d^3(\rho_D - \rho_C) \cdot \rho_C \cdot g}{\eta_C^2}$$

iar din relația:  $\frac{4}{3} \cdot Ar = \xi \cdot Re^2$

se poate calcula criteriul Re, și viteza de sedimentare.

Pentru limita domeniul Stokes,  $Re=2$ ,  $\xi = \frac{24}{Re} = 12$  rezultă  $Ar=36$ ,

iar pentru limita domeniului Newton,  $Re=500$ ,  $\xi = 0.44$   $Ar=8400$   
0

c) Metoda criteriului Liascenko

Presupunere evaluarea criteriilor  $Ar$ ,  $Re$ ,  $Li$

$$Ar = \frac{d^3(\rho_D - \rho_C) \cdot \rho_C \cdot g}{\eta_C^2}$$

$$Re = \frac{\rho_C \cdot v_0 \cdot d}{\eta_C}$$

$$Li = \frac{Re^3}{Ar}$$

și calcularea vitezei de sedimentare:

$$v_0 = \sqrt[3]{\frac{Li \cdot \eta_C (\rho_D - \rho_C) \cdot k \cdot g}{\rho_C^2}}$$

Metodele numerice necesită calcule numeroase și relativ dificile numeric, preferându-se metodele grafice pe baza unor diagrame existente în literatură pentru particole particulare (rotunjite, ascuțite, colțuroase, lamelare, etc.)

# Purificarea gazelor

## Clasificare:

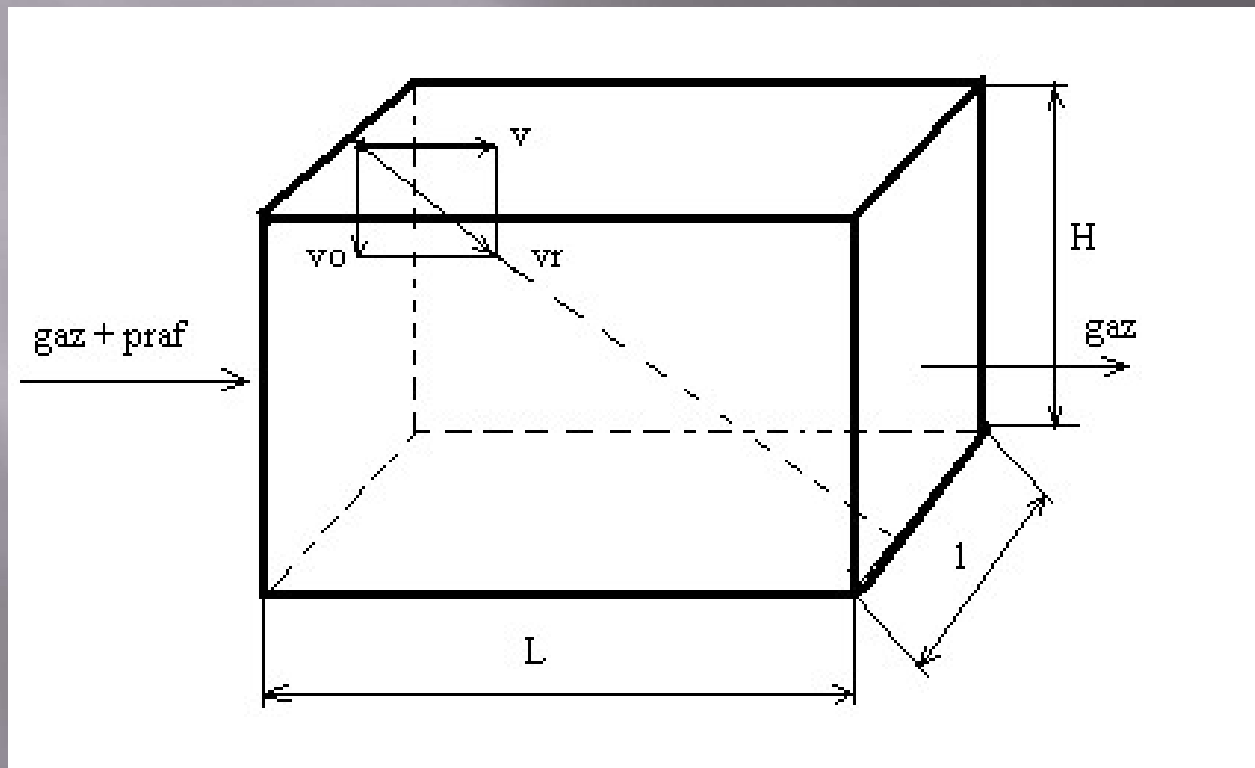
Sistemele **mecanice** se formează în urma unei operații mecanice – sfărâmare, măcinare, clasare etc. sau în urma unui transport. Dimensiunile particulelor în aceste sisteme este cuprinsă între 5 și 100 $\mu\text{m}$ .

Sistemele **condensate** se formează prin condensări fizice de vapori într-un gaz, sau în urma unor reacții chimice. De exemplu ceața de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  rezultată la reacția dintre  $\text{SO}_3$  și vaporii de apă.

# Metode de separare

- ▣ *Metode mecanice sau uscate, la acestea forța activă poate fi gravitațională, forța de inerție sau forța centrifugă*
- ▣ Metode umede, presupun spălarea gazului prin stropire sau pulverizare
- ▣ Filtrarea, reținerea fazei solide se face pe un mediu poros sau filtrant
- ▣ Metode electrice, sedimentarea se realizează într-un câmp electric
- ▣ Metode sonice, folosindu-se un câmp de unde ultrasonore se realizează aglomerarea sau coalescența particulelor.

# Camera de desprăfuire



# productivitatea camerei de desprăfuire

timpul de stationare.  $T_s = L/v$

în care  $L$  -lungimea camerei

$v$  - viteza medie a gazului.  $v = Mv / H * l$

în care  $Mv$  - *debitul volumic al gazului*

$H$  - înălțimea camerei

$l$  - lățimea camerei

Pentru timpul de sedimentare se poate scrie:  $t_0 = H/v_0$

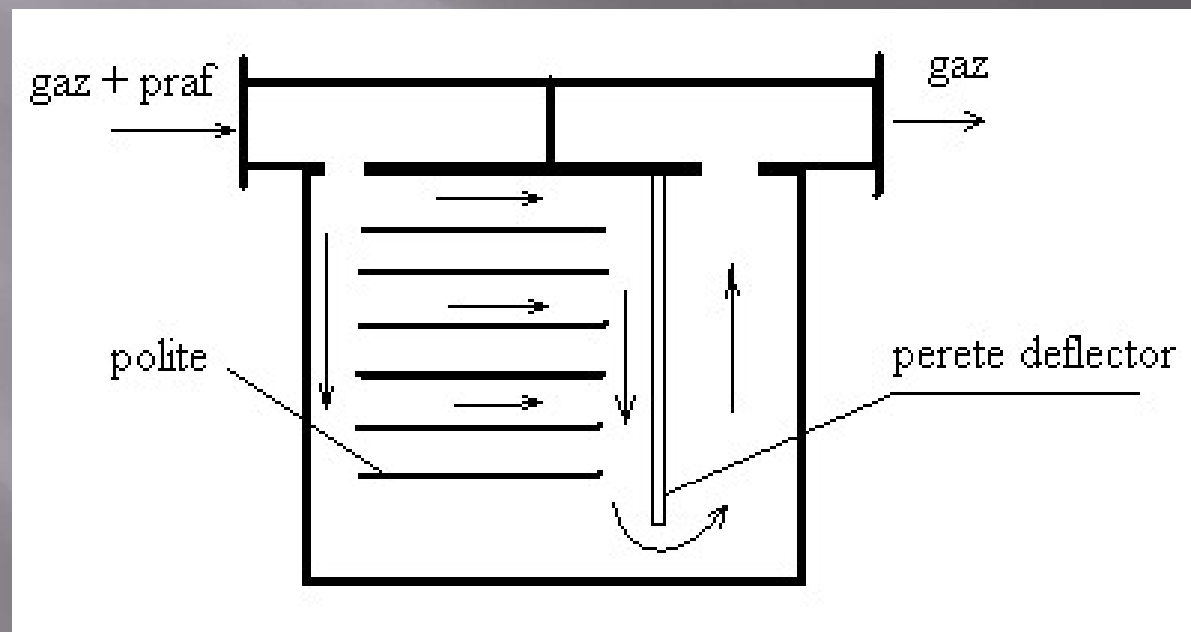
în care:  $v_0$  - viteza de sedimentare.

În situația cea mai defavorabilă adică în cazul

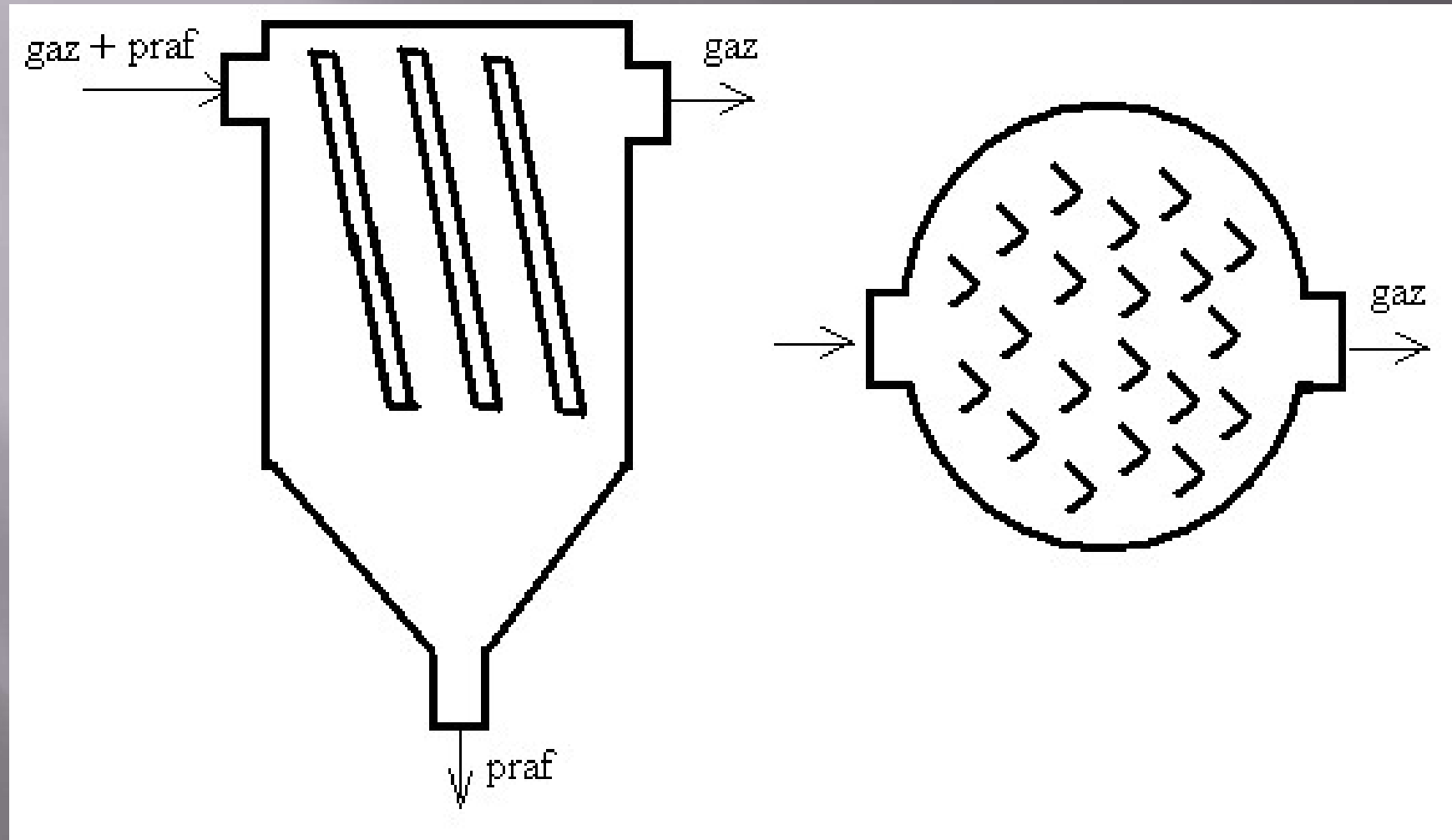
egalității timpilor se obține:  $Mv = L * l * v_0$      în  $m^3/s$ .



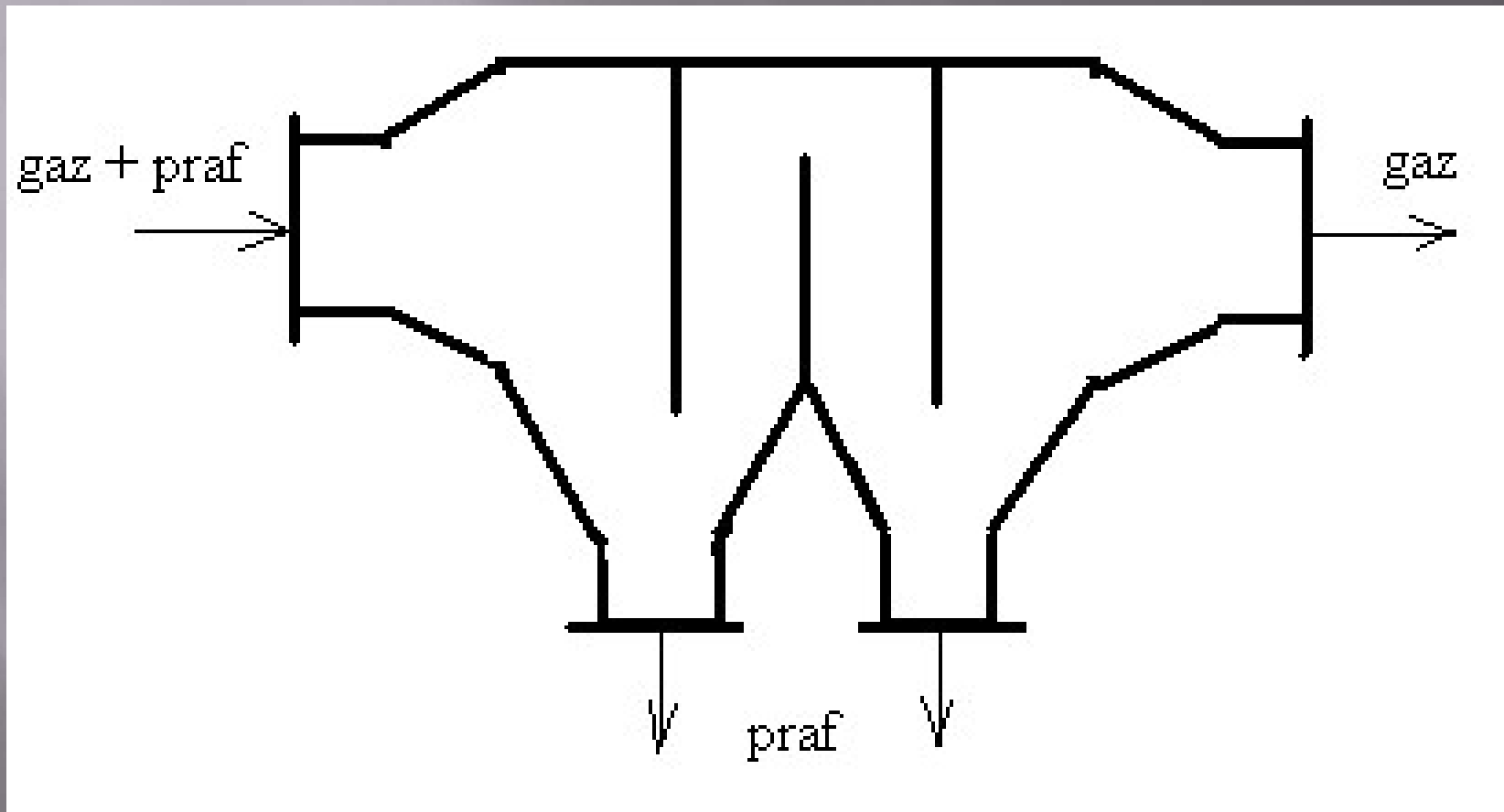
# camera de desprăfuire cu mai multe polițe



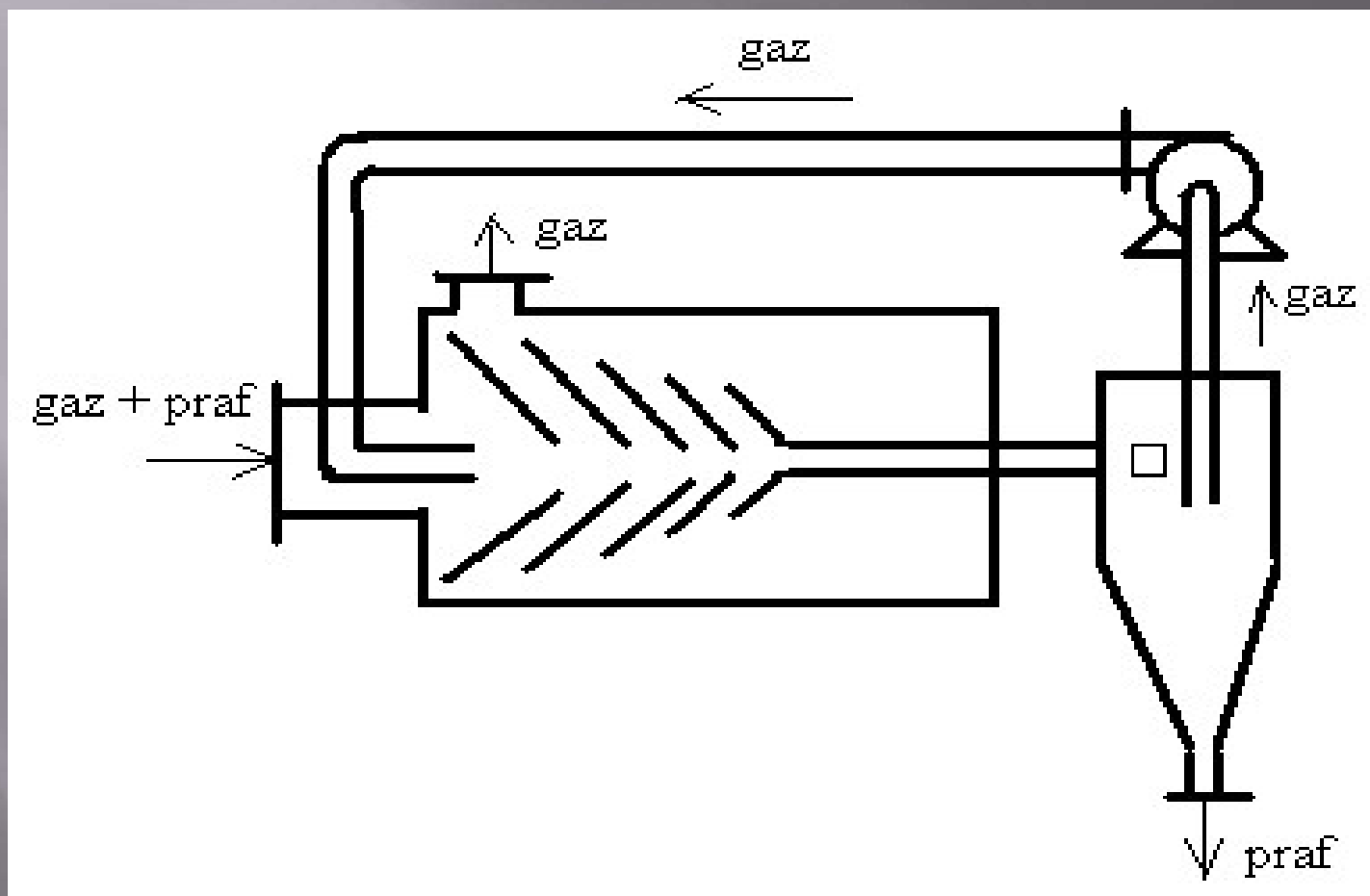
# Separatoare inerțiale



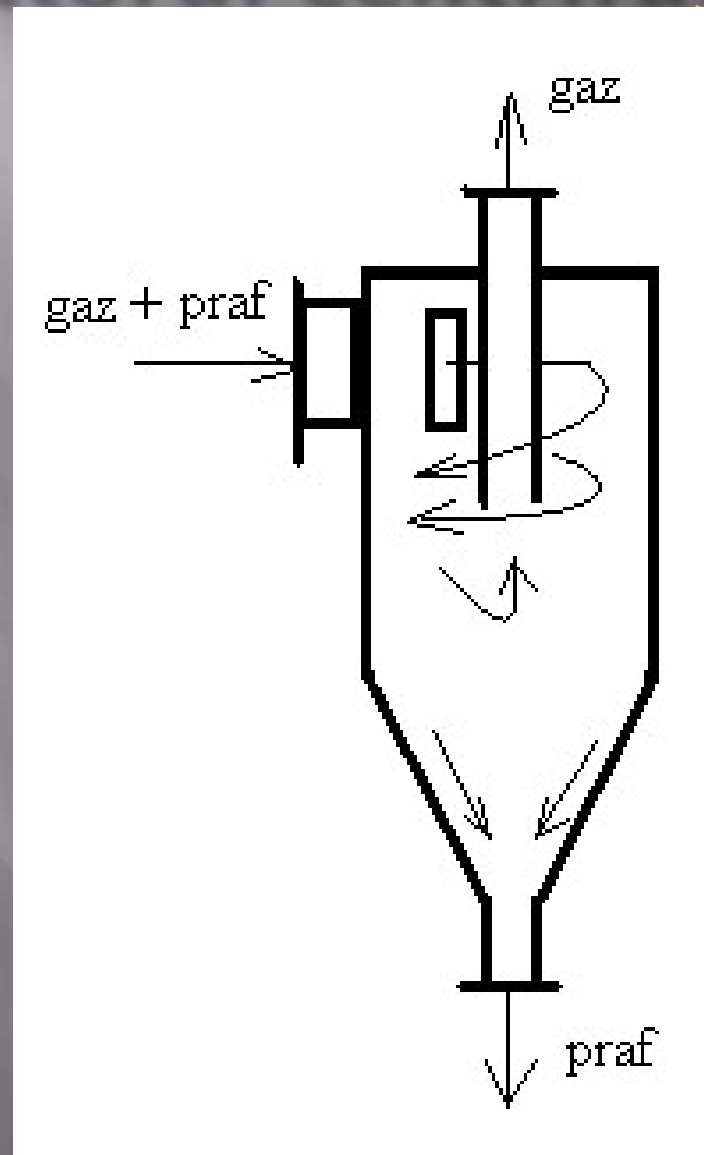
# Separatorul cu pereți despărțitori



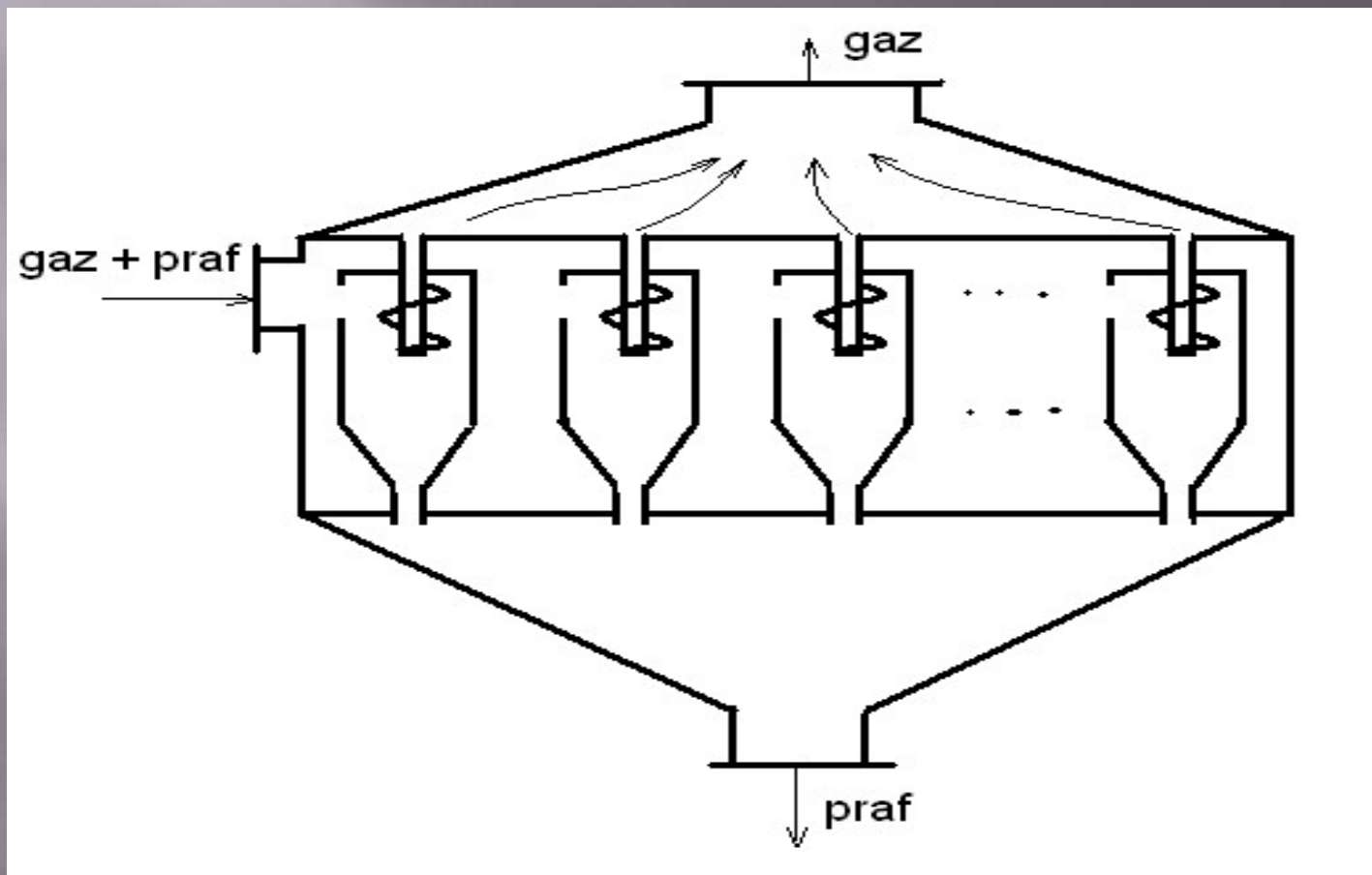
# Separatorul inerțial cu conuri



# Separatorul centrifugal – cicloul



# Multiciclonul sau baterii de cicloane



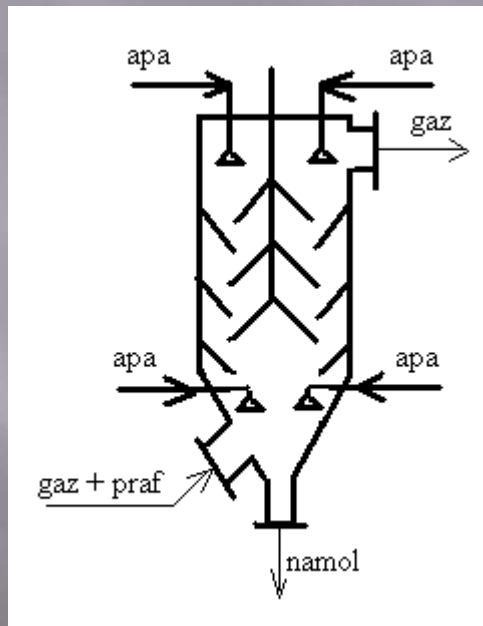
# Referinte

- ▣ Costructia unui ciclon si functionare:
- ▣ <https://youtu.be/BrGXXurZers>
- ▣ <https://youtu.be/tvVj6fx6MNI>
- ▣ <https://youtu.be/icdf1wURsf8>
- ▣ Aspecte privind proiectarea unui ciclon:
- ▣ <https://youtu.be/LwGXu4e6T1A>
- ▣ Costructia unui multiclon:
- ▣ <https://youtu.be/cGg6Az4twCs>

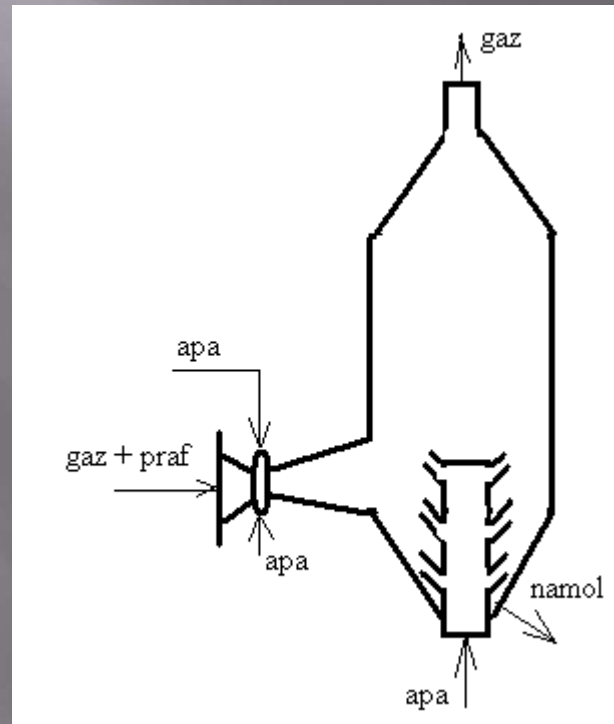
# METODE UMEDE DE PURIFICARE - SPĂLAREA GAZELOR



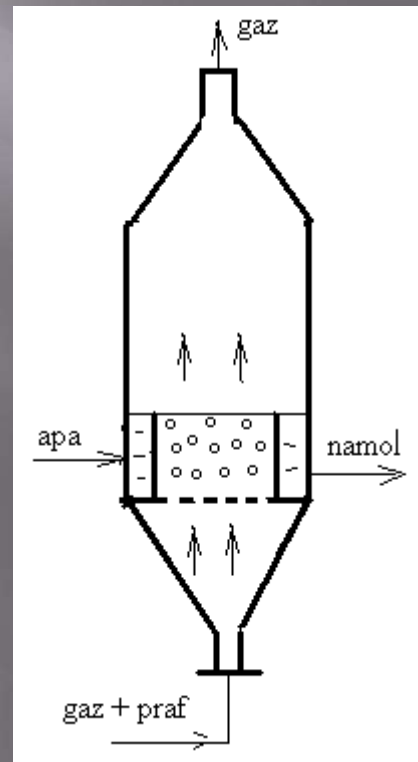
# Turnul de spălare cu șicane conice



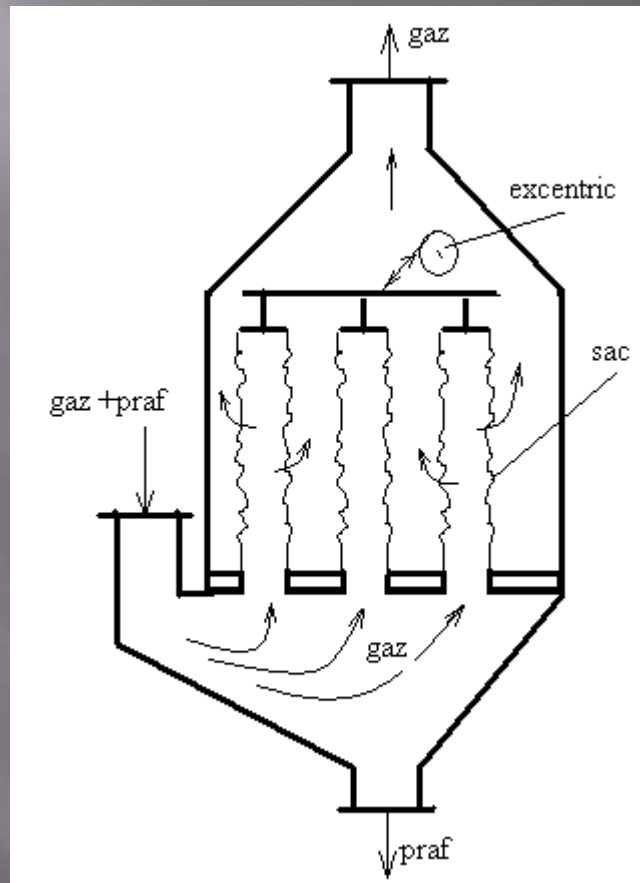
# Scrubberul Venturi



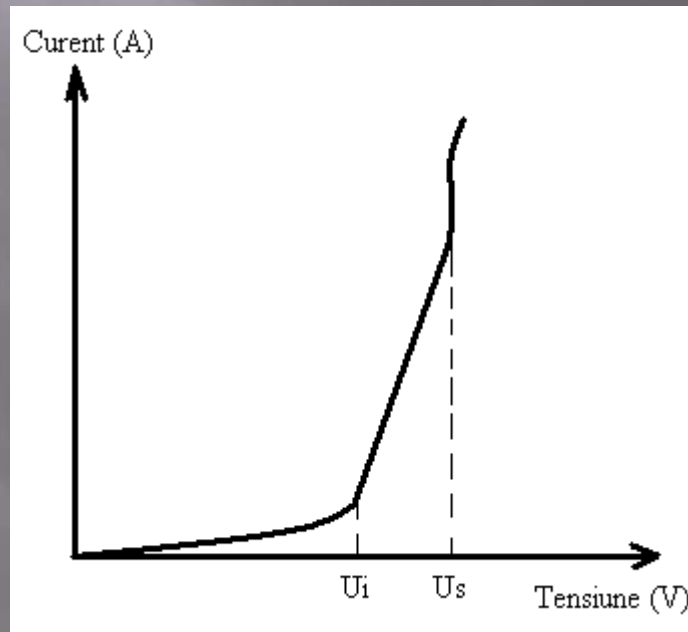
# Spălătorul cu gaz spumant



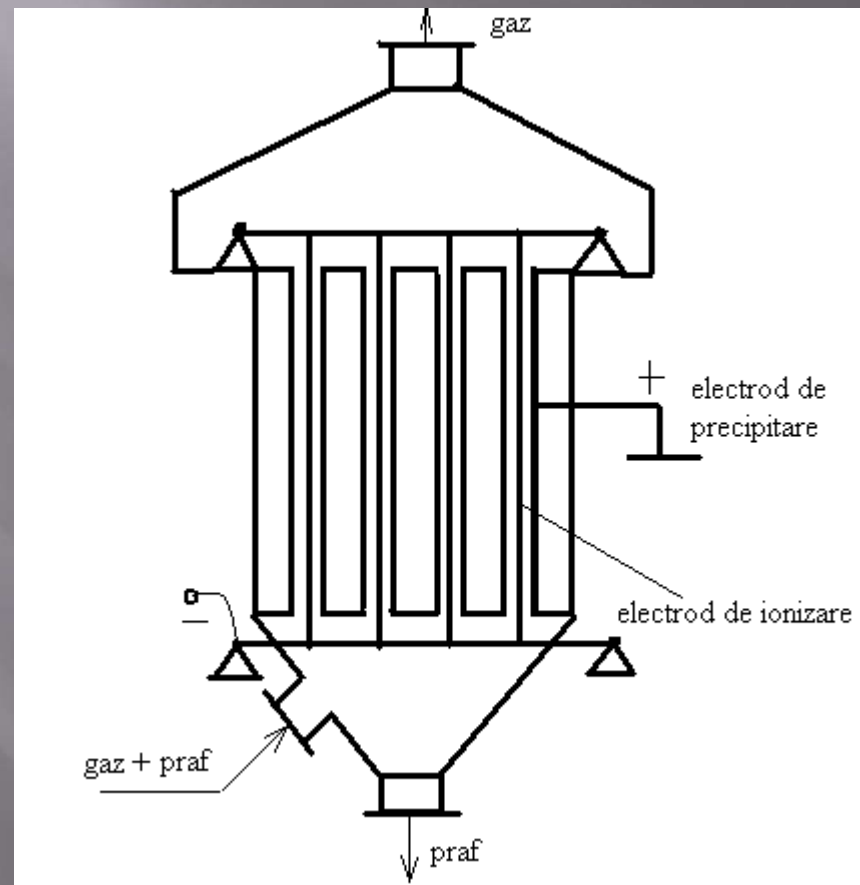
# Purificarea gazelor prin filtrare



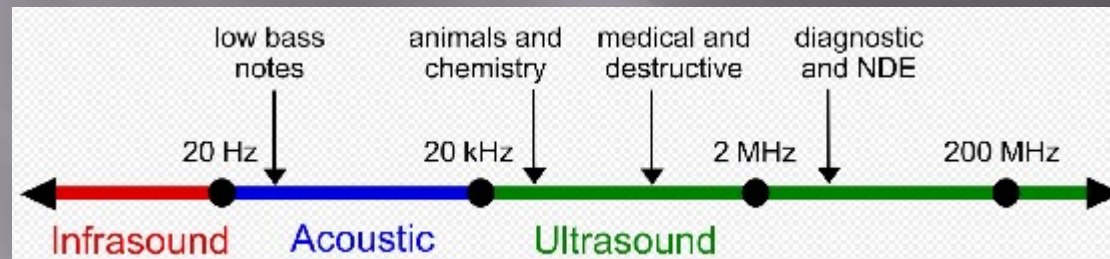
# Metode electrice de purificare



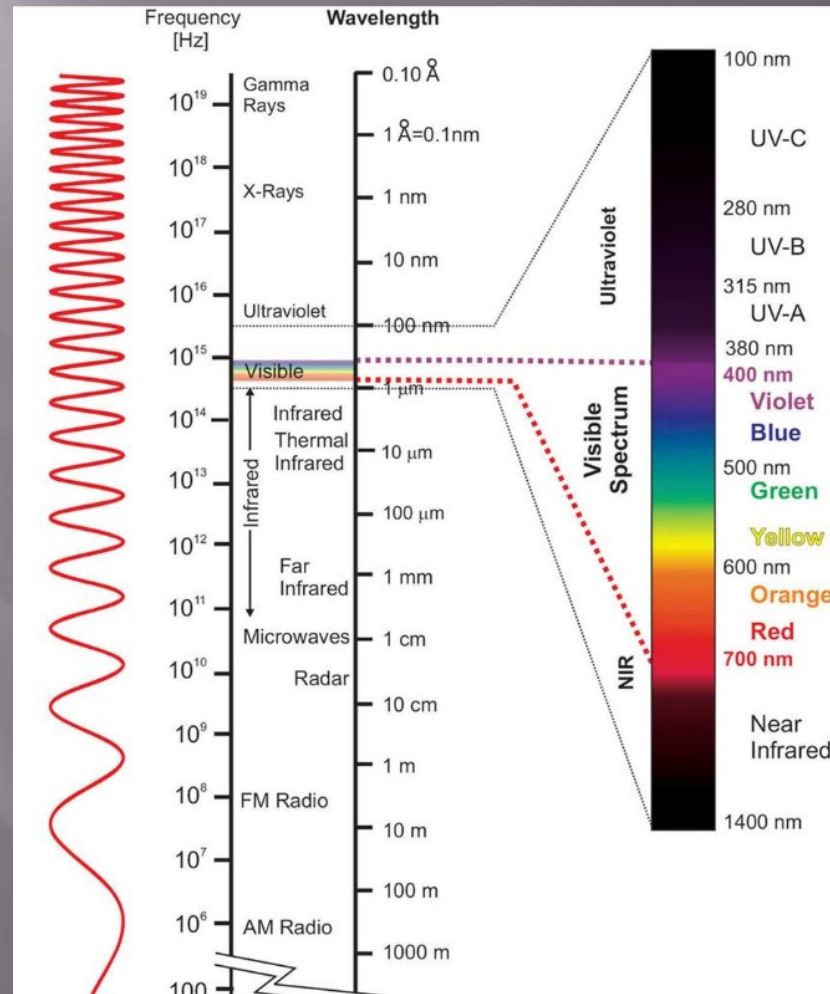
# Filtrul electric tubular



# Purificarea gazelor cu ultrasunete

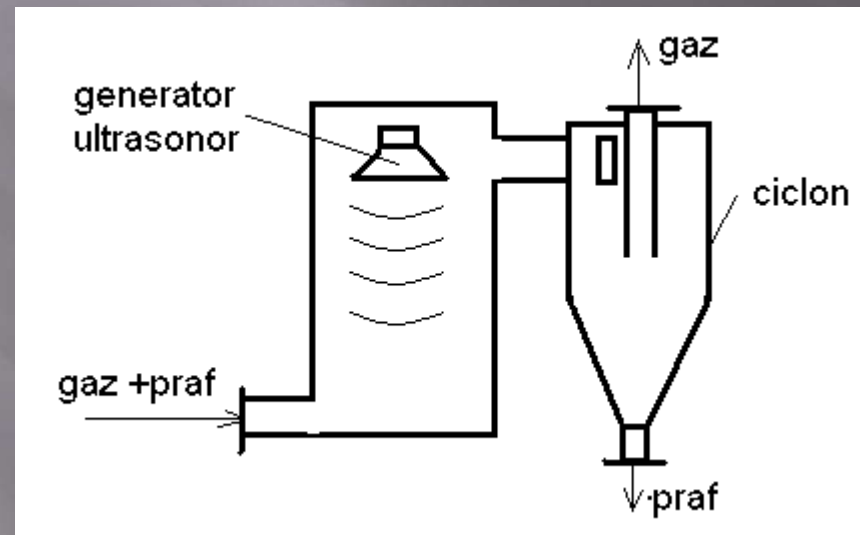


# Spectrul de radiatie electromagnetica





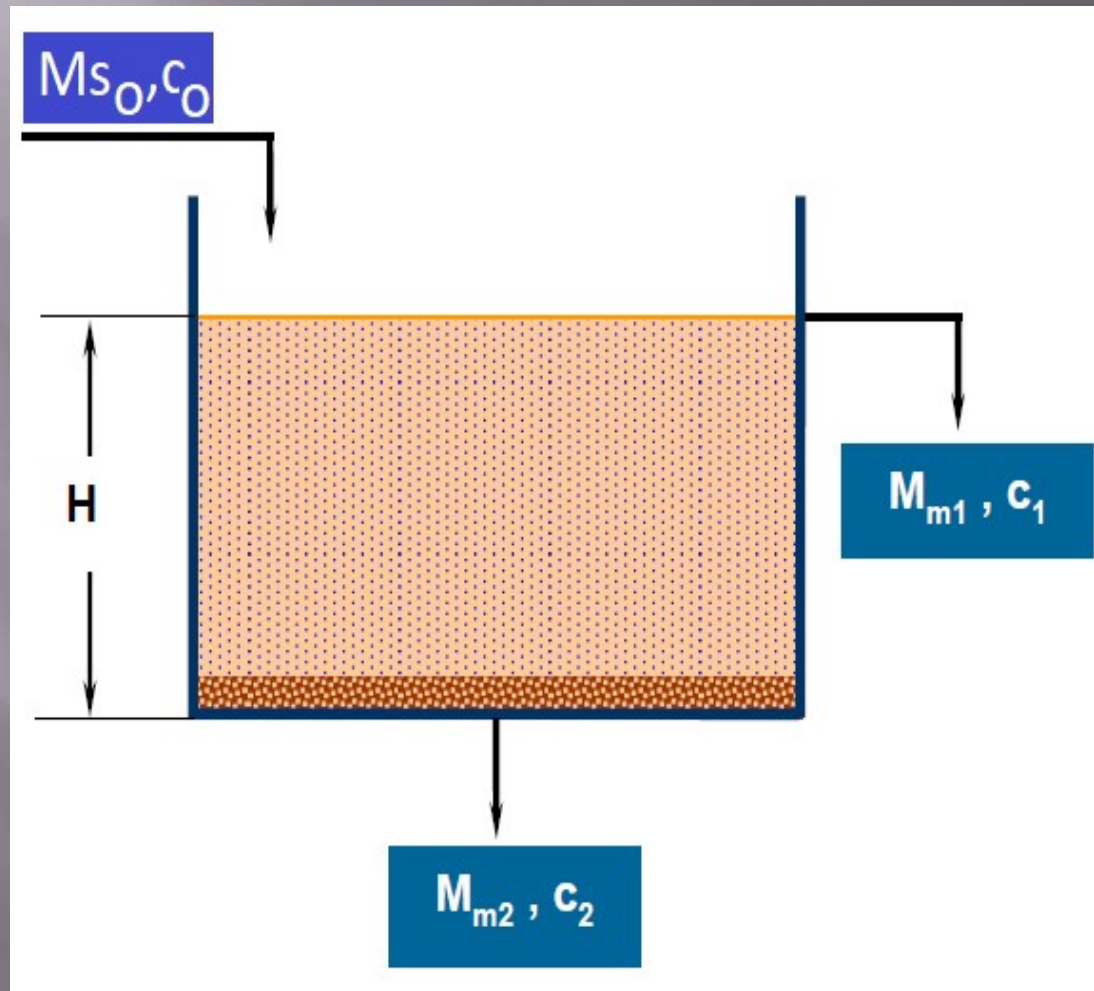
# Separatorul cu ultrasunete



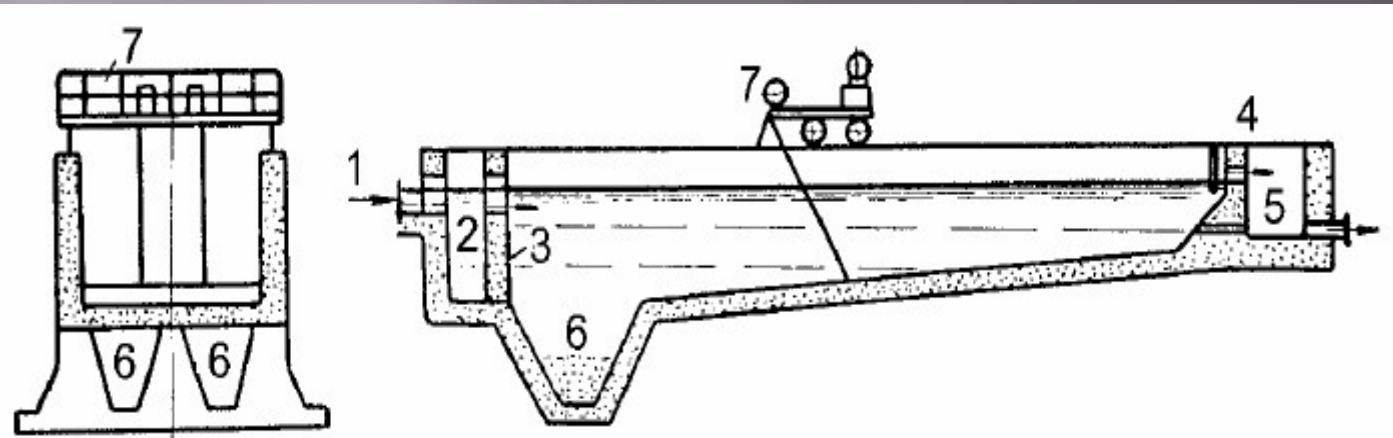
# Separarea sistemelor eterogene lichide

- ▣ Suspensiile reprezintă sisteme eterogene formate dintr-un mediu de dispersie lichid și din particole solide aflate în echilibru. Suspensiile pot fi grosiere la care dimensiunile particolelor depășesc  $100\mu\text{m}$ , suspensii fine la care particolele au dimensiuni cuprinse între  $0,5\div 100\mu\text{m}$ , suspensii tulburi la care dimensiunile sunt cuprinse între  $0,1\div 0,5\mu\text{m}$ , suspensii coloidale, când dimensiunile particulelor sunt mai mici de  $0,1\mu\text{m}$ .
- ▣ Separarea suspensiilor se face ca și la sistemele eterogene gazoase sub acțiunea forței de gravitație, a forței centrifuge sau sub acțiunea unei diferențe de presiune când există și un material filtrant.

# Dimensionarea decantoarelor

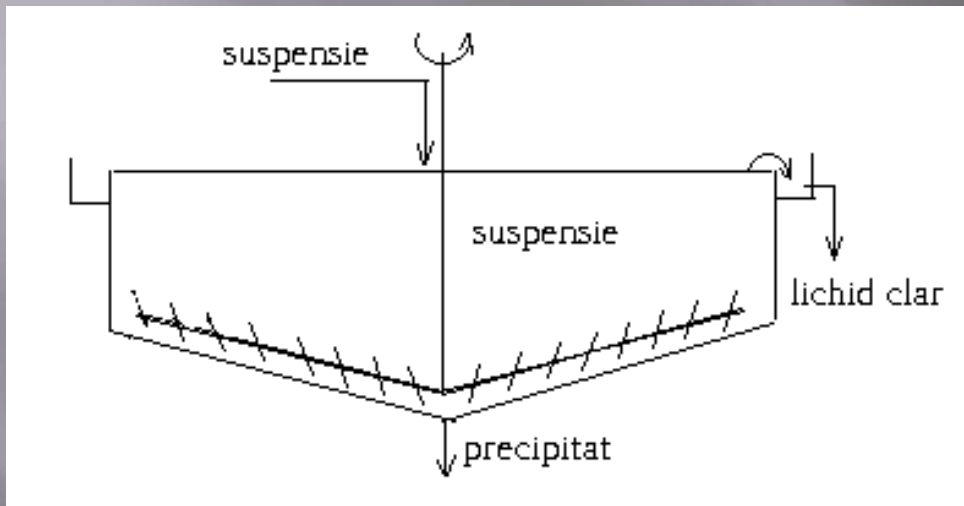


# Decantor dreptunghiular

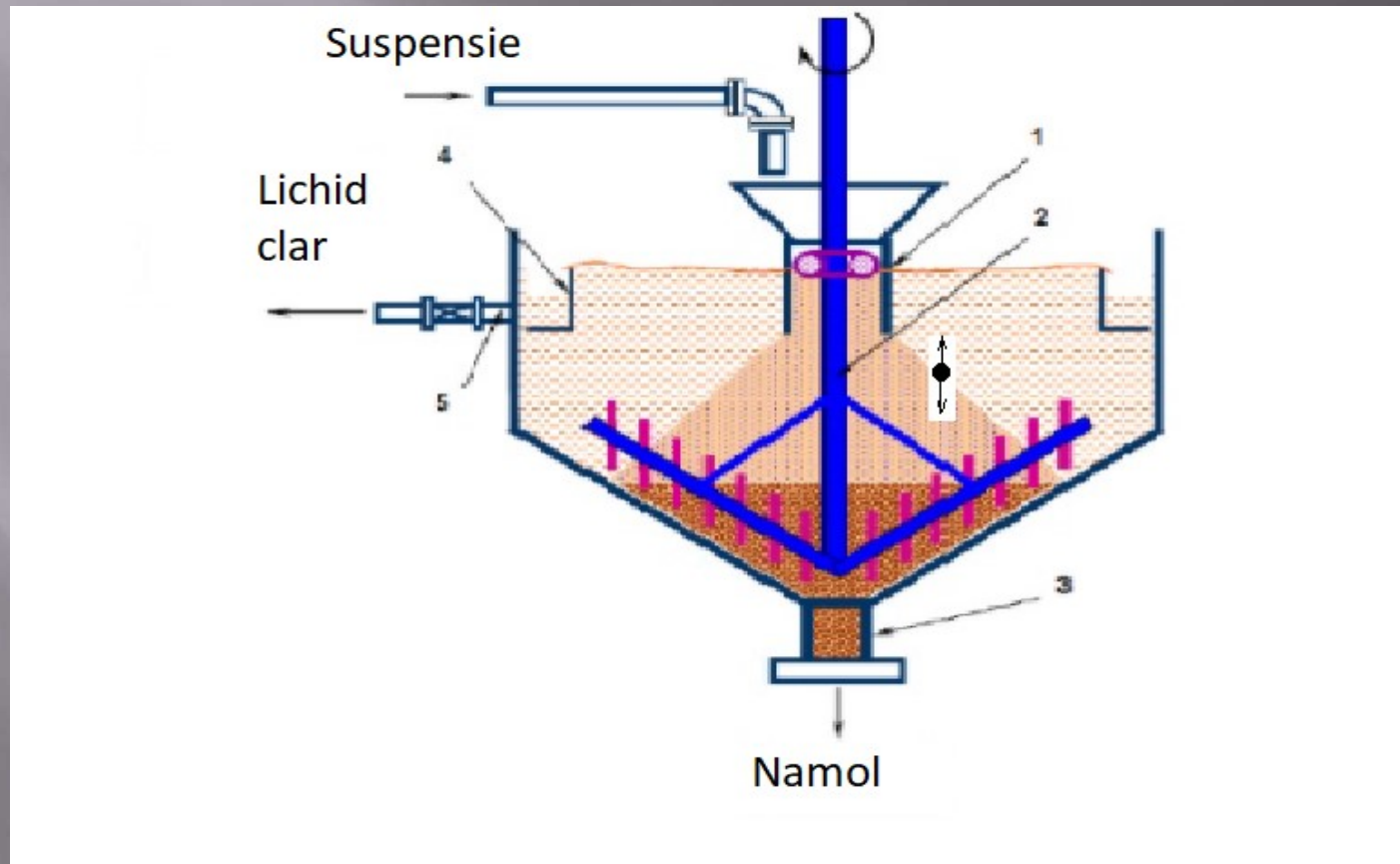


*Decantor dreptunghiular. 1 – intrarea apei impură; 2 – cameră de distribuție; 3 – perete pentru repartizarea uniformă a apei; 4 – baraj deversor; 5 – cameră pentru colectarea apei decantate; 6. – șanț pentru colectarea nămolului; 7 – curățitor cu racletă pentru nămol*

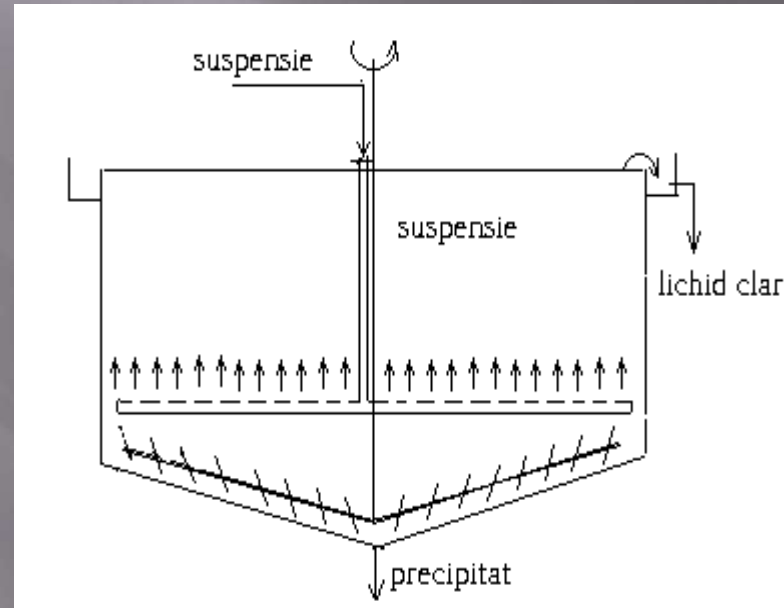
# Decantorul Dorr – decantor radial



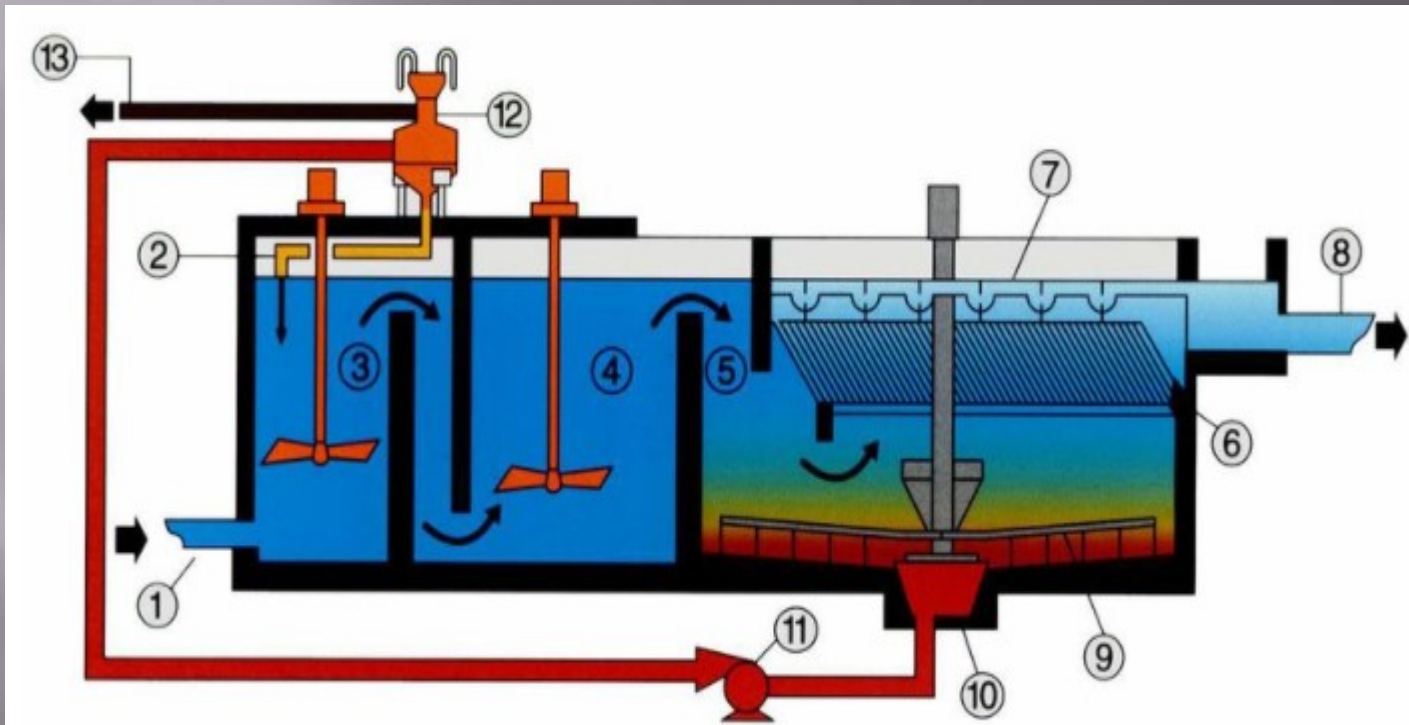
# Decantorul Dorr



# Limpezitoare



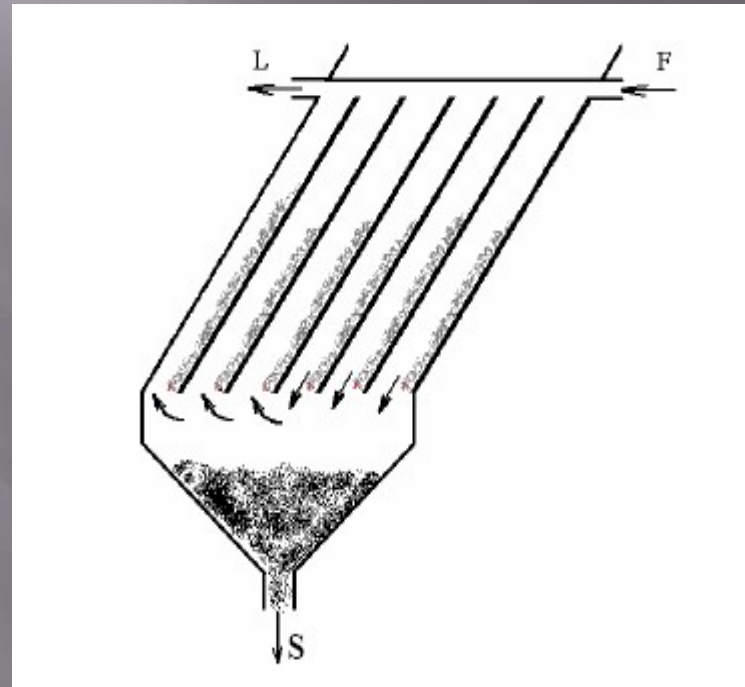
# Sedimentarea cu adaos de coagulant



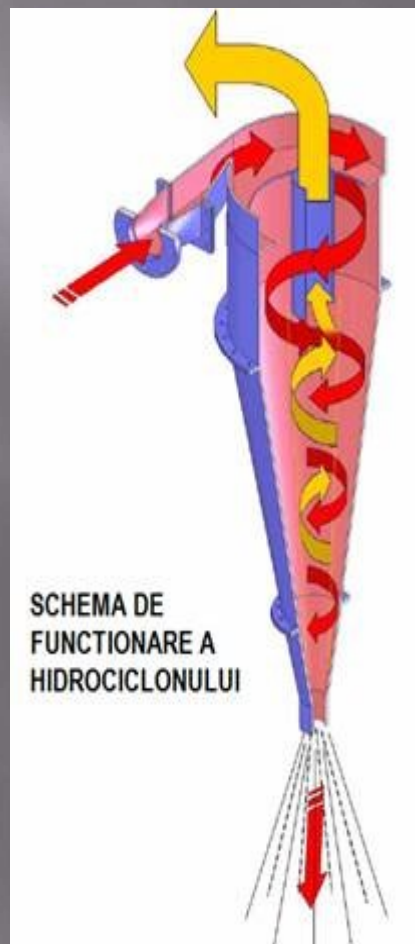
20. Decantor cu suport solid de floclare. 1. Apa brută; 2. Injecție micro-nisip; 3. Cameră de reacție rapidă (coagulare); 4. Cameră de reacție lentă (floclare); 5. Intrare în decantor; 6. Module lamelare; 7. Sistem evacuare apă decantată; 8. Apa decantată; 9. Pod raclor; 10. Bașă nămol; 11. Pompă recirculare; 12. Hidrocicloane sortare micro-nisip; 13. Evacuare nămol.



# Decantor lamelar



# Hidrocicloul



# Baterii de hidrocicloane



# Filtrarea-- clasificare

- ▣ filtrarea clasică (macrofiltrare)  $d_p > 5 \mu\text{m}$
- ▣ microfiltrarea  $0.1 \mu\text{m} < d_p < 5 \mu\text{m}$
- ▣ ultrafiltrarea  $0.005 \mu\text{m} < d_p < 0.1 \mu\text{m}$
- ▣ nanofiltrarea  $0.5 \text{ nm} < d_p < 5 \text{ nm}$
- ▣ hiperfiltrarea (osmoză inversă)  $d_p < 1 \text{ nm}$

# Materiale filtrante

- gratare, site, ciururi, table perforare, confectionate de obicei din oțel, fontă, bronz, alamă.
- țesături realizate din materiale vegetale (in, cânepă, bumbac) sau din materiale de natură animală (lână, mătase) sau din alte materiale de sinteză (materiale plastice)
- membrane de natură vegetală, animală sau sintetice
- materiale sinterizate de natură ceramică, sticlă, grafit etc.
- materiale granulare sau pulverulente dispuse sub formă de straturi (nisip, pietriș, cocs etc.)

# Legea lui Darcy

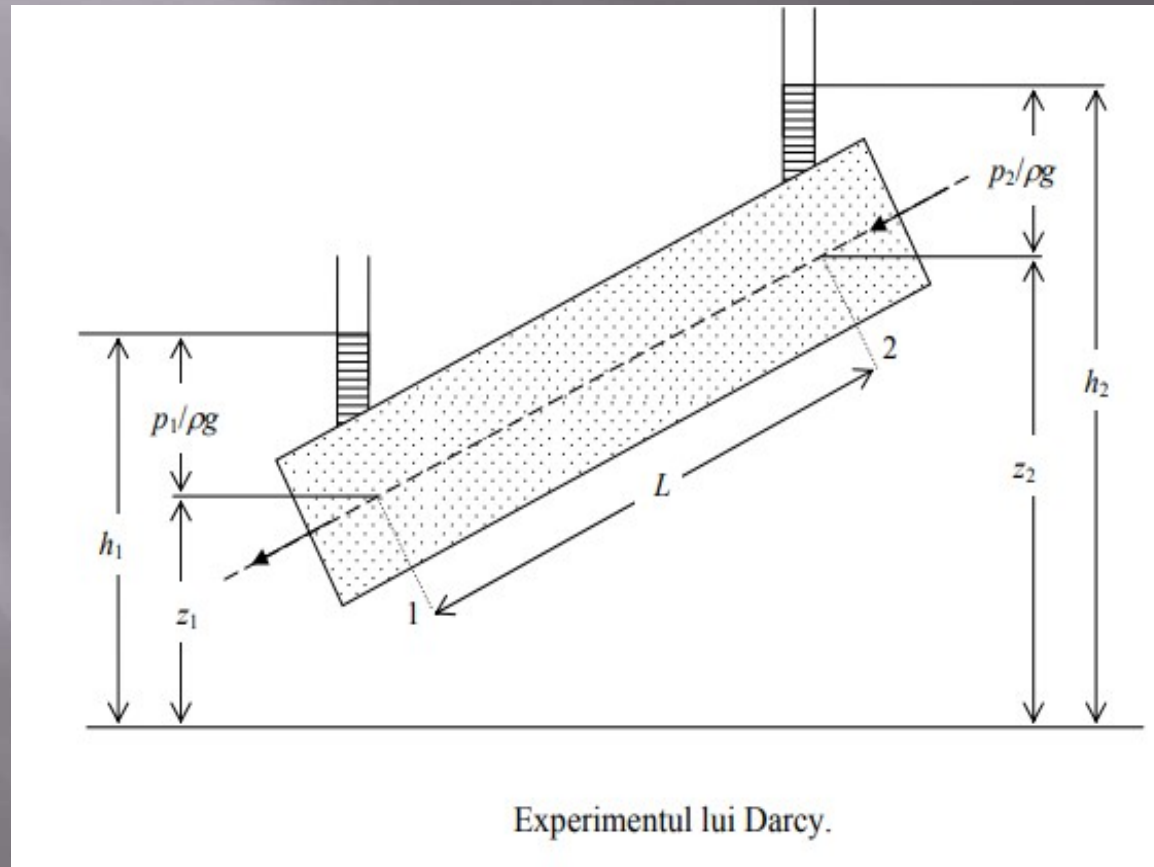
**Henry Darcy**



Henry Darcy

<b>Născut</b>	10 iunie 1803 Dijon
<b>Decedat</b>	3 ianuarie 1858 (54 de ani) Paris
<b>Naționalitate</b>	limba franceza
<b>Alma Mater</b>	École Polytechnique École des Ponts et Chaussées
<b>Cunoscut pentru</b>	Legea lui Darcy
<b>Premii</b>	Legiunea de Onoare <sup>[1]</sup>
	<b>Cariiera științifică</b>
<b>Câmpuri</b>	Hidraulică

# Legea lui Darcy



$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \rho_c \frac{v^2}{2}$$

# Teoria filtrării

- Teoria se bazează pe noțiunea de filtru ideal, adică un strat permeabil, cu pori cilindrici cu diametrul constant și uniform repartizați în stratul de material filtrant.
- Printr-un singur por, curgerea respectă legea:

$$\Delta p = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \rho_c \frac{v^2}{2} \text{ [Pa]} \text{ în care:}$$

- - pierderea de presiune la curgerea printr-un por;
- $\lambda$  - coeficient de frecare -adimensional;
- $l$  - lungimea unui por, egală cu grosimea filtrului, în m;
- $d$  - diametrul unui por, în m;
- $\rho_c$  - densitatea lichidului, în kg/m<sup>3</sup>;
- $v$  - viteza lichidului în porii filtrului, în m/s;



# ecuația diferențială a filtrării.

□

$$Mv = \frac{dV}{dt} = A^2 \frac{(\Delta p)^{1-s}}{r_1 \cdot \eta \cdot c \cdot V}$$

# Filtrarea la presiune constantă

- ▣ Este modalitatea cea mai întâlnită în practică, dar deoarece stratul de precipitat crește în timpul filtrării, are loc scăderea continuă a debitului de filtrat, evident continuarea operației sub un anumit debit nu mai este economică.

$$\left(\frac{V}{A}\right)^2 = 2 \frac{(\Delta p)^{1-s}}{r_1 \cdot \eta \cdot c} t = K_1 \cdot t$$

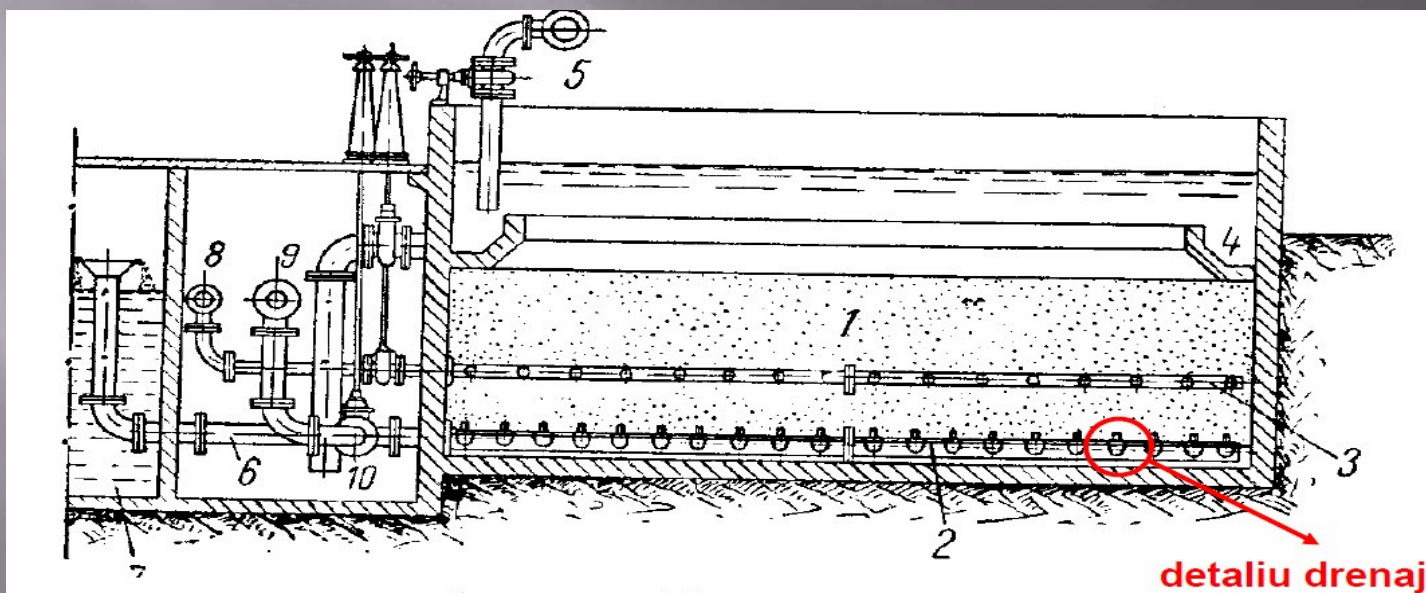
# Forma integrala

$$\left(\frac{V}{A}\right)^2 = 2 \frac{(\Delta p)^{1-s}}{r_1 \cdot \eta \cdot c} t = K_1 \cdot t$$

# Filtrarea la debit constant

$$\left(\frac{V}{A}\right)^2 = \frac{(\Delta p)^{1-s}}{r_1 \cdot \eta \cdot c} \cdot t = K_2 \cdot (\Delta p)^{1-s} \cdot t$$

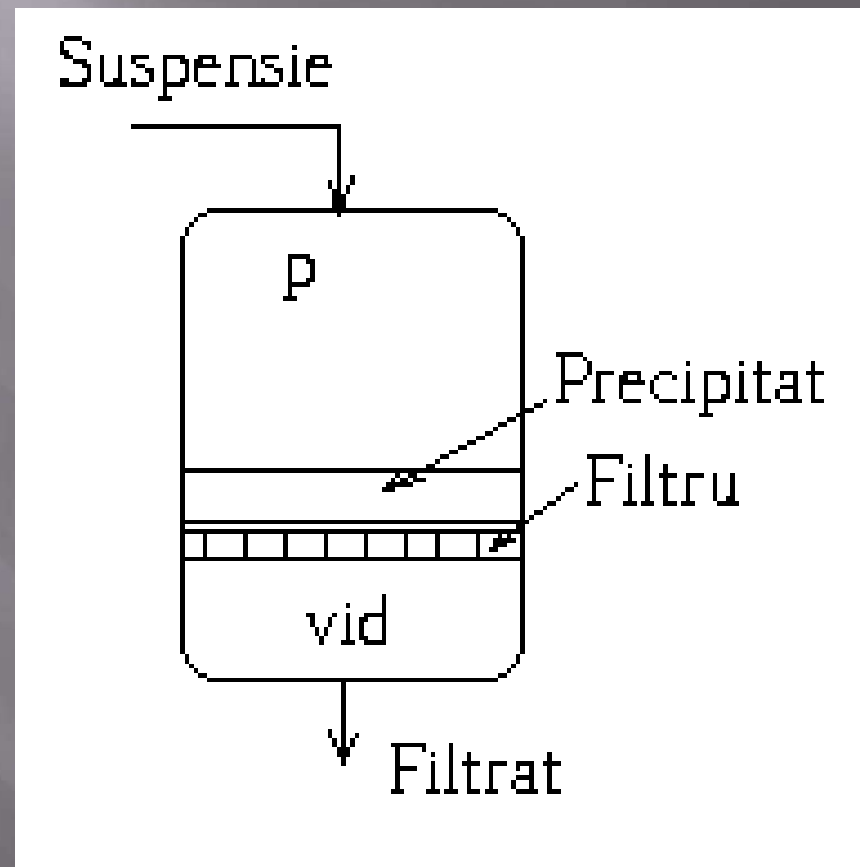
# Filtre cu strat granular



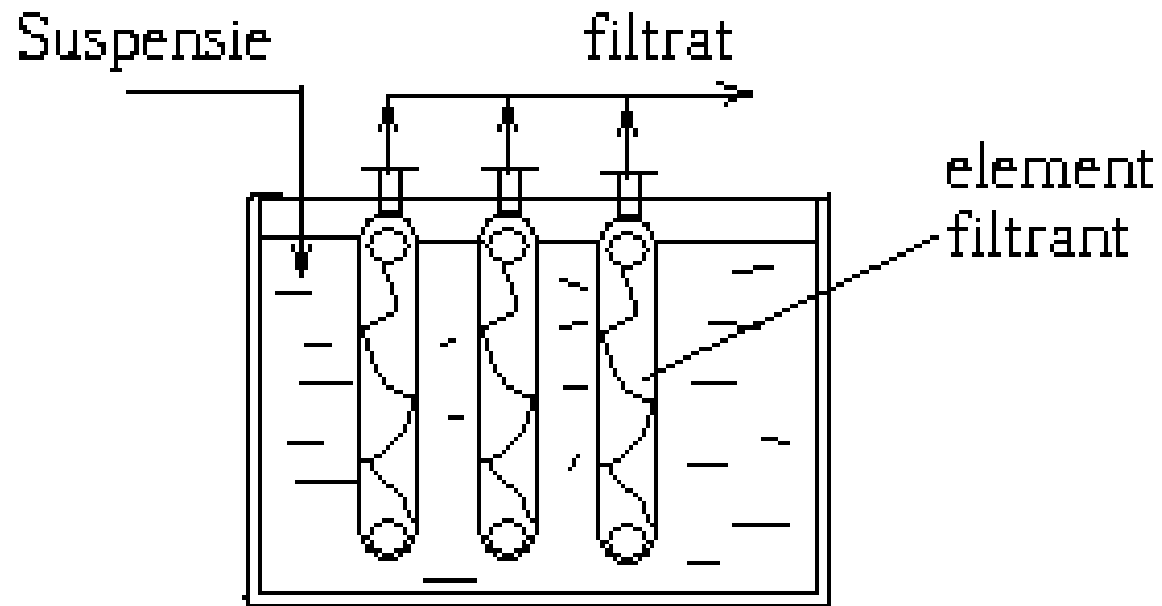
Filtru rapid deschis:

1 — strat filtrant (nisip); 2 — placa de susținere cu crepine; 3 — țevi găurite pentru intrarea aerului comprimat; 4 — rigolă; 5 — conductă de alimentare cu apă brută; 6 — conductă pentru apa filtrată; 7 — canal colector de apă filtrată; 8 — conductă de aer comprimat; 9 — conductă pentru aducerea apei de spălare; 10 — conductă pentru evacuarea apei de spălare.

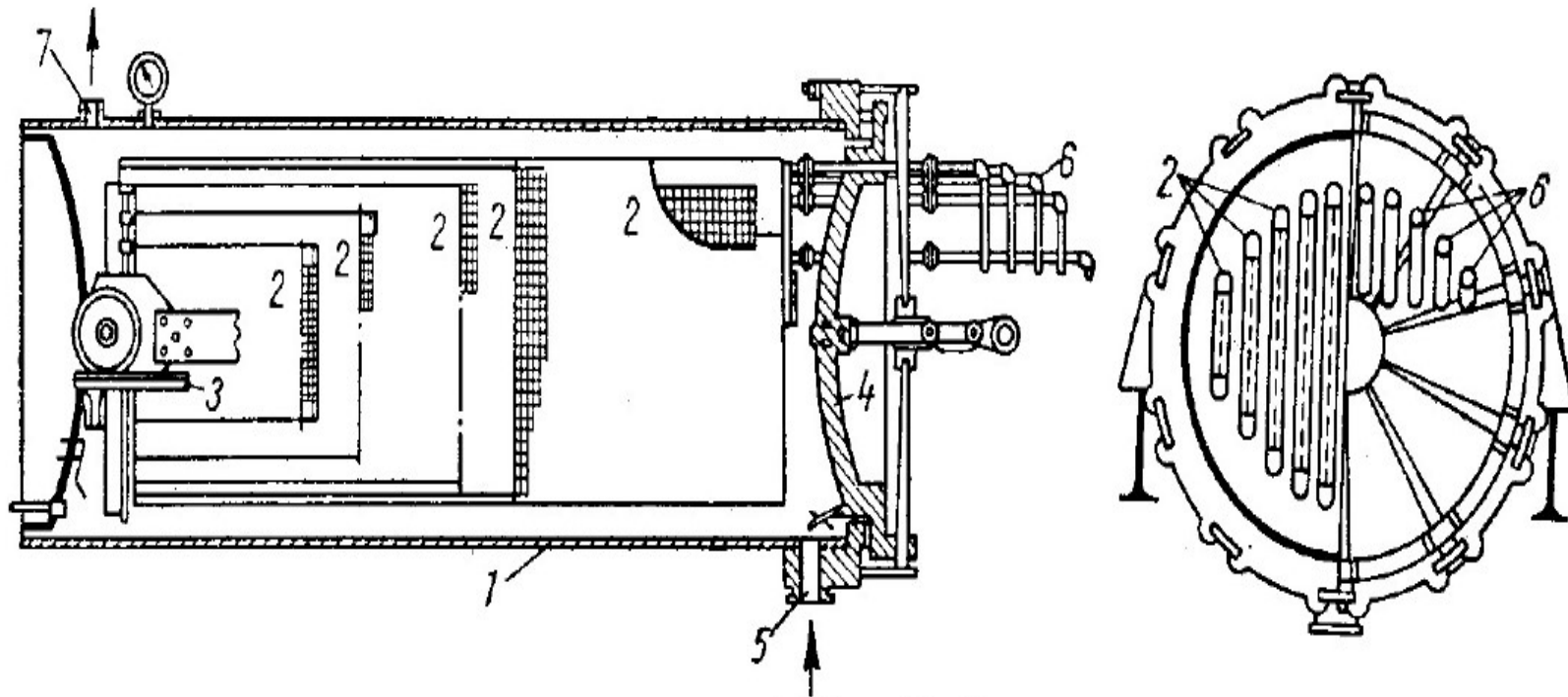
# Filtre cu suprafață filtrantă poroasă (tip Nuce)



# Filtru cu saci



# Filtrul Kelly

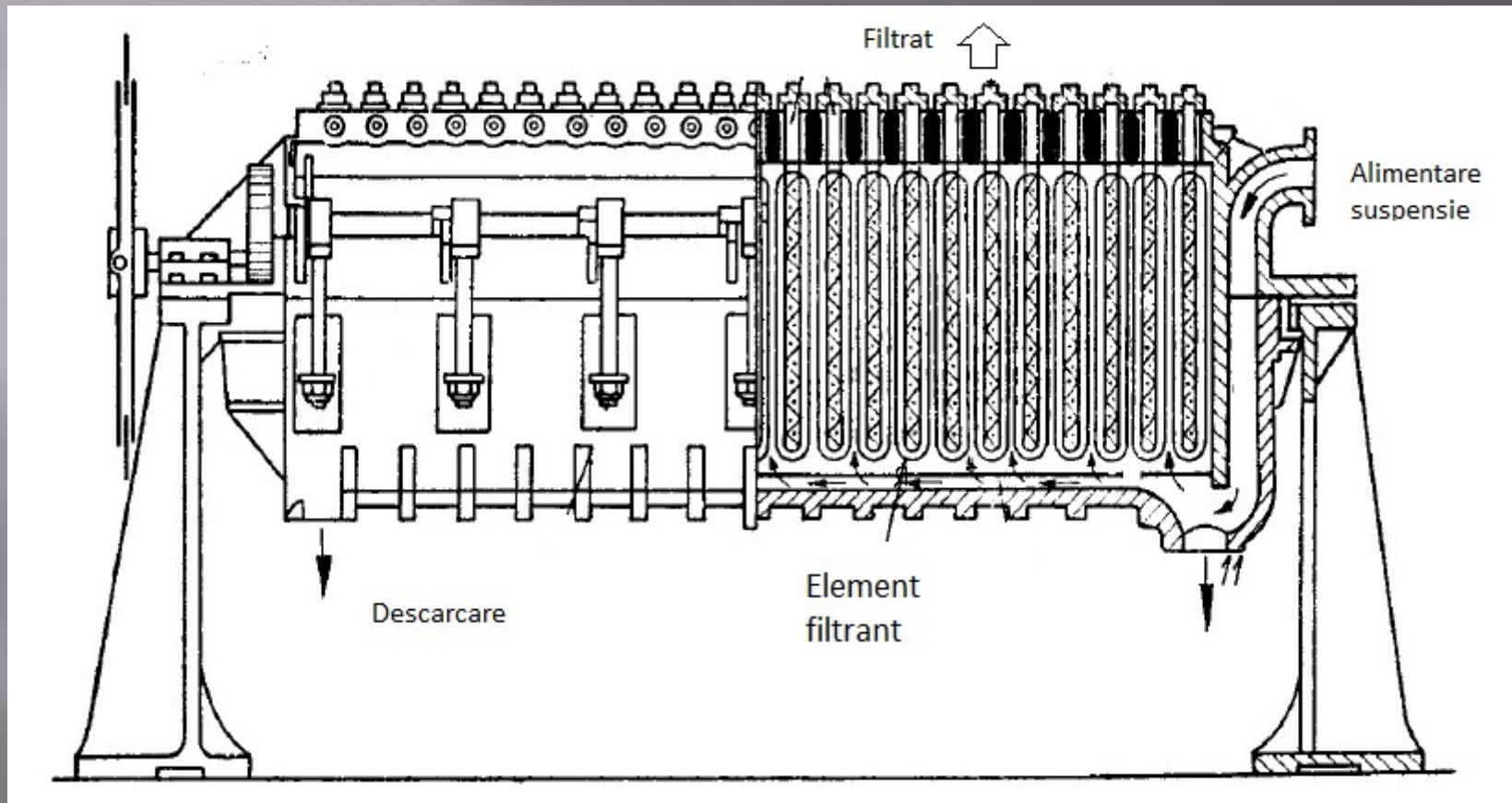


Filtru Kelly:

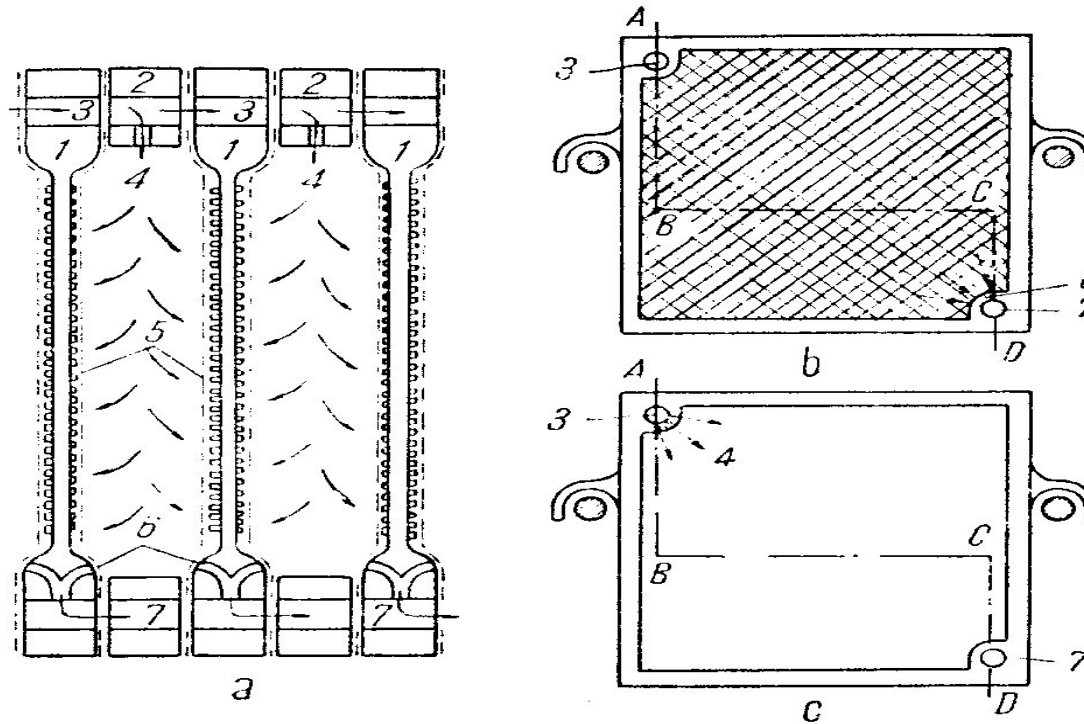
1 — mantaua filtrului; 2 — elemente filtrante; 3 — șine; 4 — capacul mantalei; 5 — intrarea suspensiei; 6 — țevile elementelor filtrante; 7 — aerisirea.



# Filtru SWEETLAND



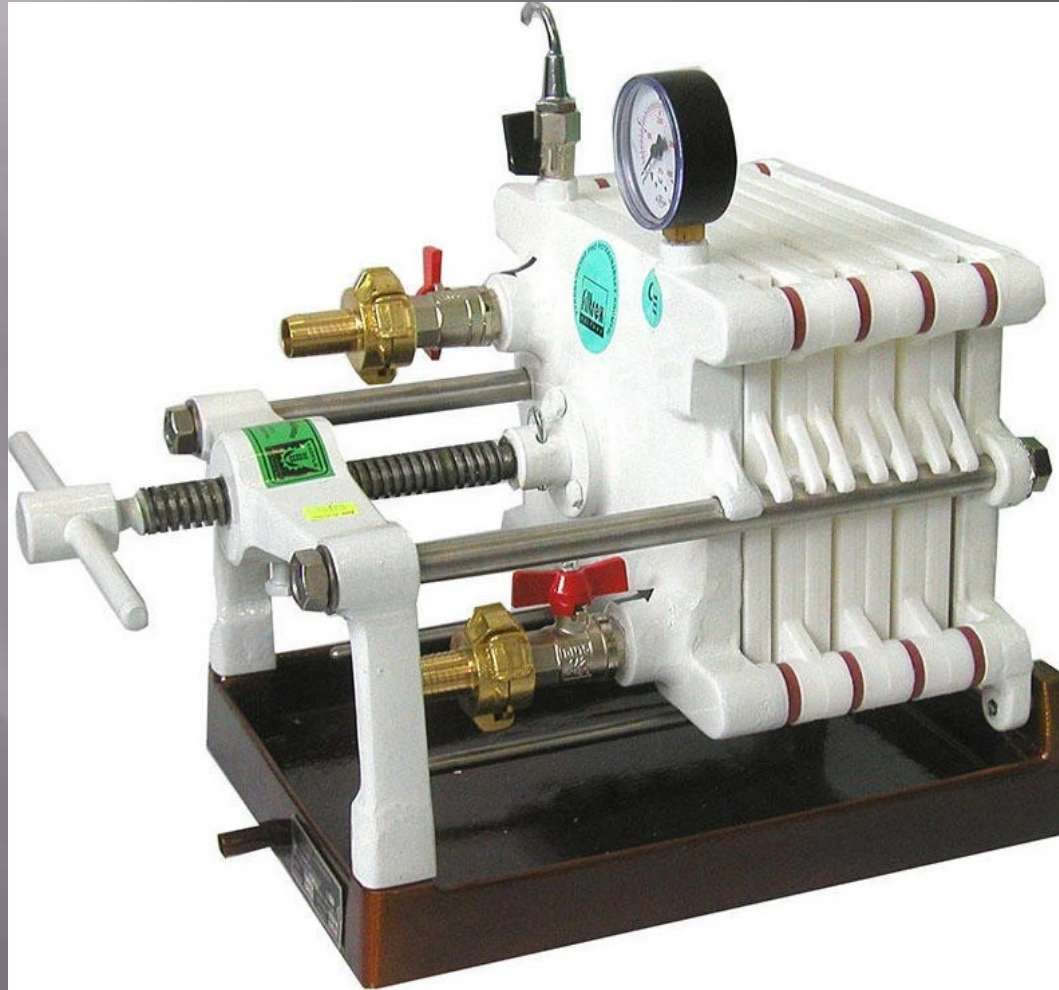
# Filtre tip presă



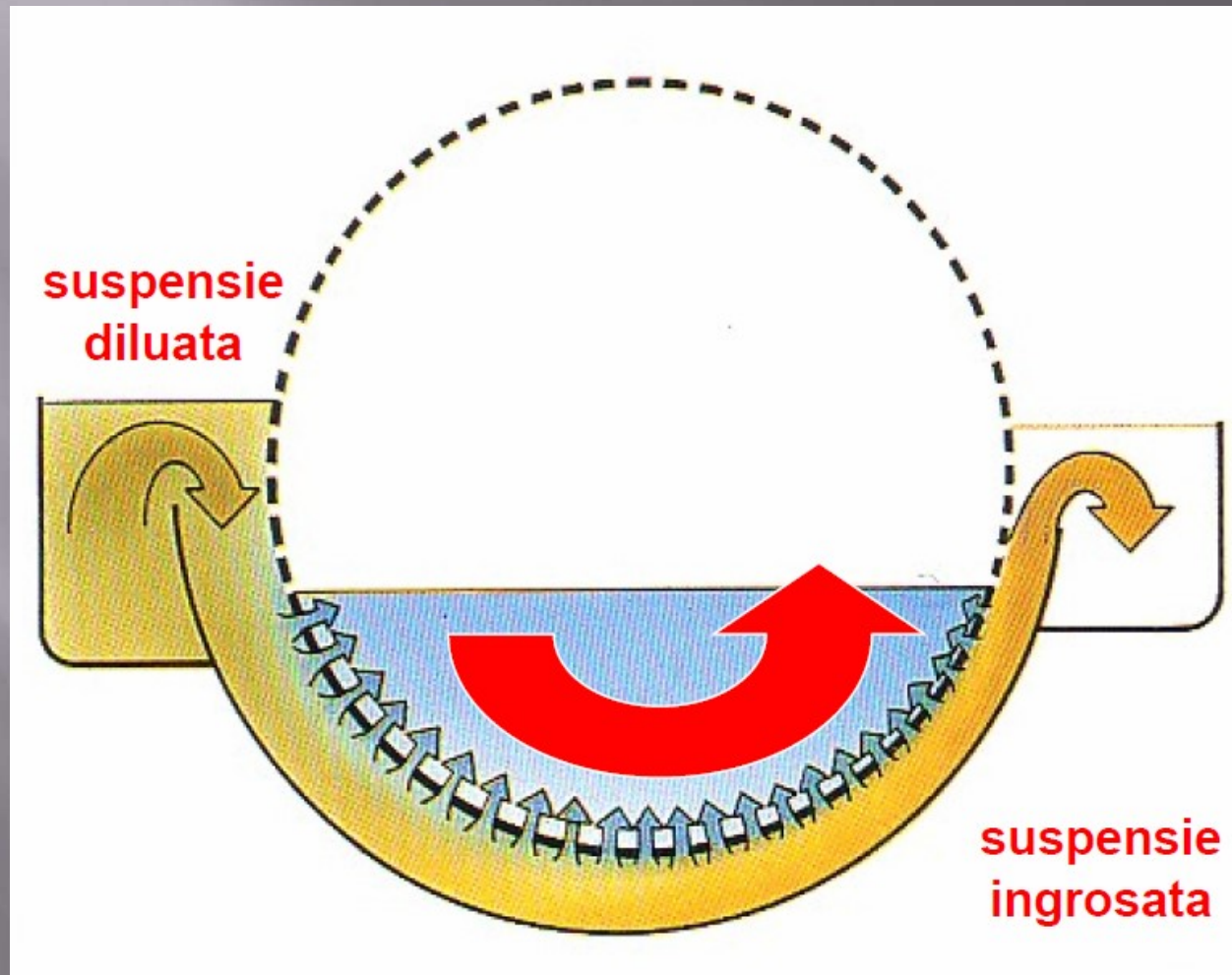
Filtro-presă cu rame, cu evacuare închisă:

*a* — secțiunea transversală ABCD; *b* — placă (vedere);  
*c* — ramă (vedere);  
 1 — plăci filtrante; 2 — rame; 3 — canal de alimentare cu  
 suspensie (și apă de spălare); 4 — găuri pentru intrarea  
 suspensiei în interiorul ramelor; 5 — pinze filtrante 6 — găuri  
 pentru colectarea filtratului de pe suprafețele plăcilor; 7 — canal  
 pentru evacuarea (închisă) a filtratului.

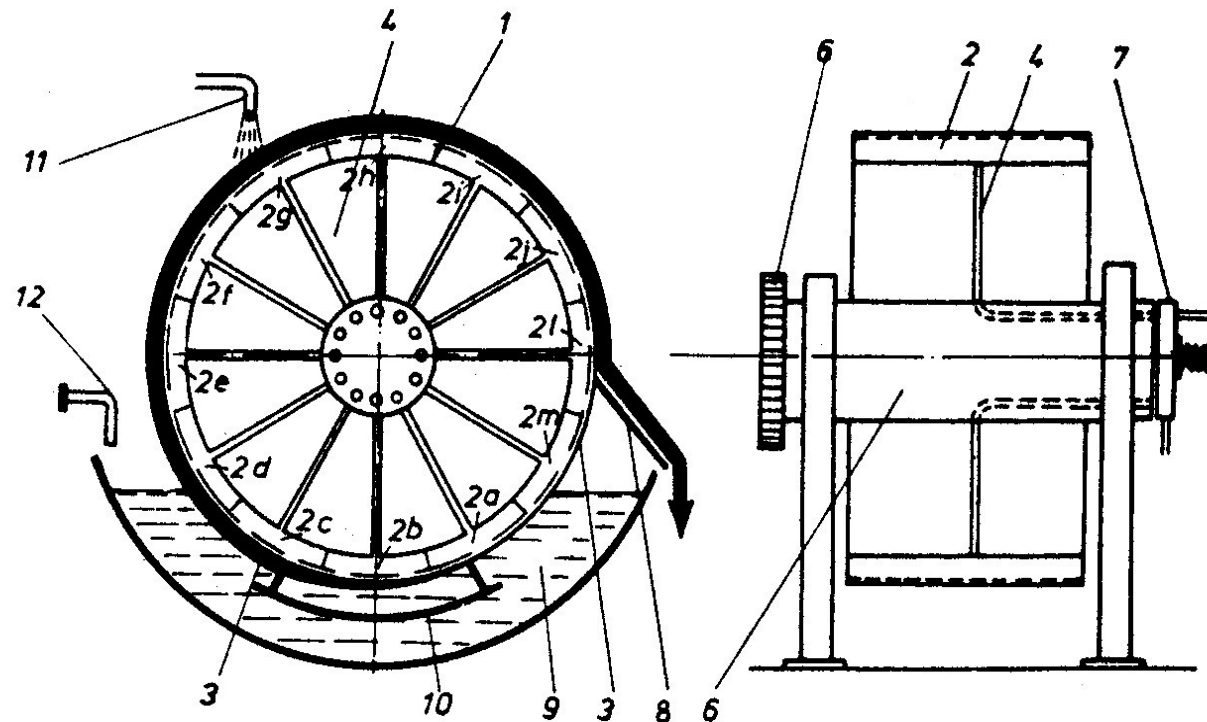
# Unitate de filtrare cu plăci



# Filtru cu tambur gravitational



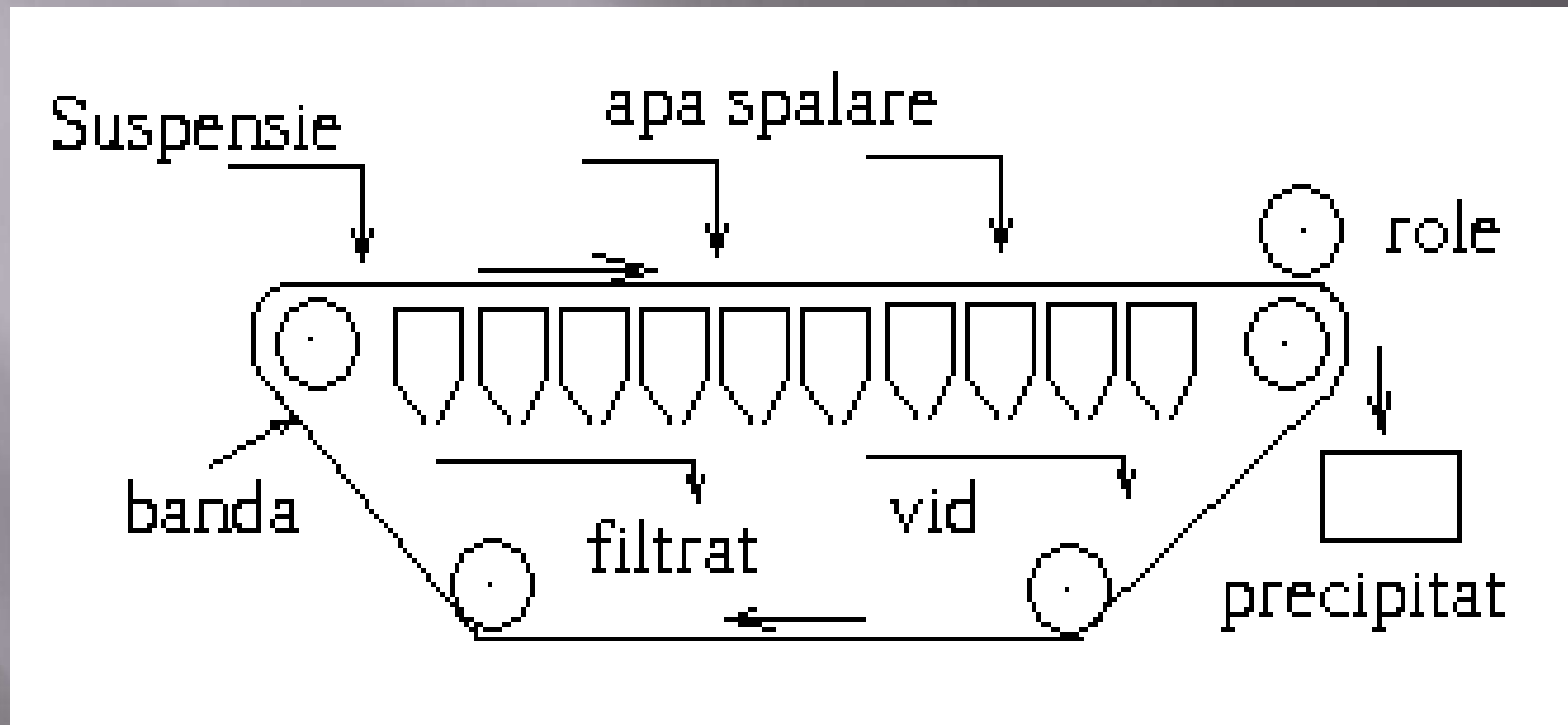
# Filtre celulare rotativ Oliver



Filtro rotativ:

1 – tambur; 2 – celule; 3 – pînă; 4 – tuburi de legătură; 5 – arbore; 6 – roată dințată de acționare; 7 – cap de distribuție; 8 – cuțit; 9 – cuvă; 10 – agitator pendular; 11 – alimentare apă; 12 – alimentare suspenzie.

# Filtrul cu bandă transportoare



# Amestecarea materialelor

- ▣ În industria chimică rareori avem un singur material prelucrat, de obicei intervin mai multe materiale, în diferite stări de agregare și evident cu multiple proprietăți specifice. De multe ori produsul finit este un amestec, bine omogenizat, al unor materii prime (vopsele, cosmetice, insecticide etc.)

# Factori ce intervin în operația de amestecare

- ▣ Factori referitori la materia primă-starea de agregare, densitate, vîscozitate etc.
  - ▣ Factori referitori la tehnica de amestecare- durata, intensitatea, temperatură etc.
- ▣ Factori referitori la utilajul de amestecare – tipul de agitator, turația, etc
  - ▣ Factori referitori la produsul urmărit –
    - ▣ grad de omogenizare, aspect, etc.



# Puterea la agitare

$$P_t = \rho \cdot n^3 \cdot d^5 \frac{C}{Re_{ag}^m}$$

Tabel cu valorile constantelor C și m

nr.crt.	Tipul agitatorului	Rapoarte dim.			C	m	Limite
		D/d	H/d	h/d			
1	cu 2 brate	3	3	0.33	6.8	0.2	
2	cu 4 brate	3	3	0.33	8.52	0.2	
3	ancoră	1.11	1.11	0.11	6.2	0.25	
4	elice cu 2 palete	3	3	0.33	0.985	0.15	
5	elice cu 3 palete	3.8	3.5	1	4.63	0.35	Re<3000
6	turbină cu 3 palete	3	3	0.33	3.9	0.2	

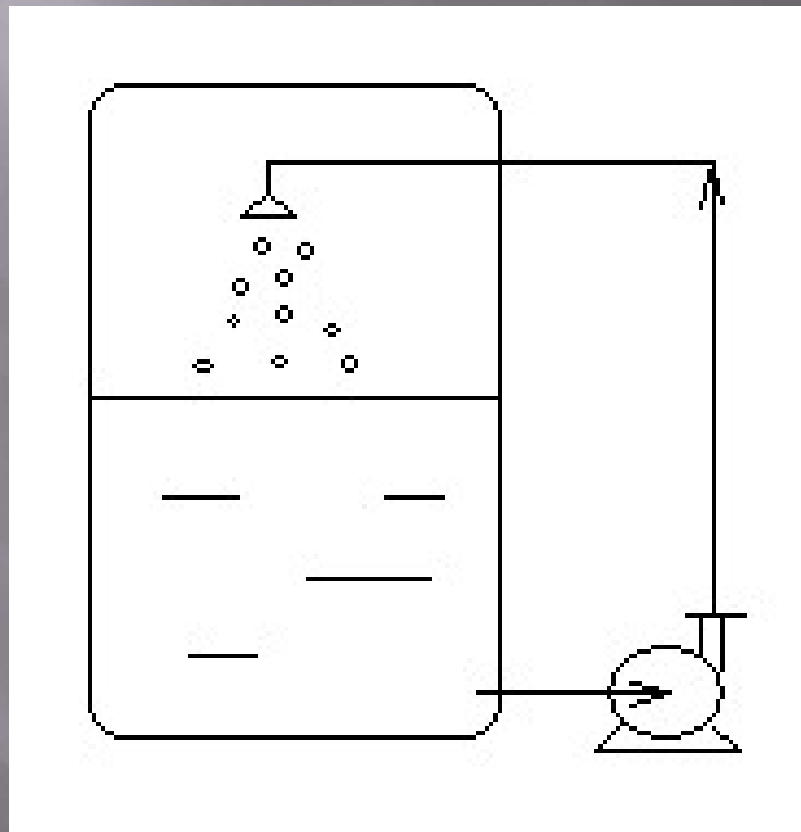
# Tipuri de amestecătoare

- ▣ Amestecarea o dată cu transportul
- ▣ Amestecare prin barbotarea unui gaz
- ▣ Amestecare prin recirculare
- ▣ Amestecare prin antrenarea vasului
- ▣ Amestecare mecanică cu agitator
- ▣ Amestecare mecanică cu elice
- ▣ Amestecătoare planetare
- ▣ Amestecătoare cu valțuri

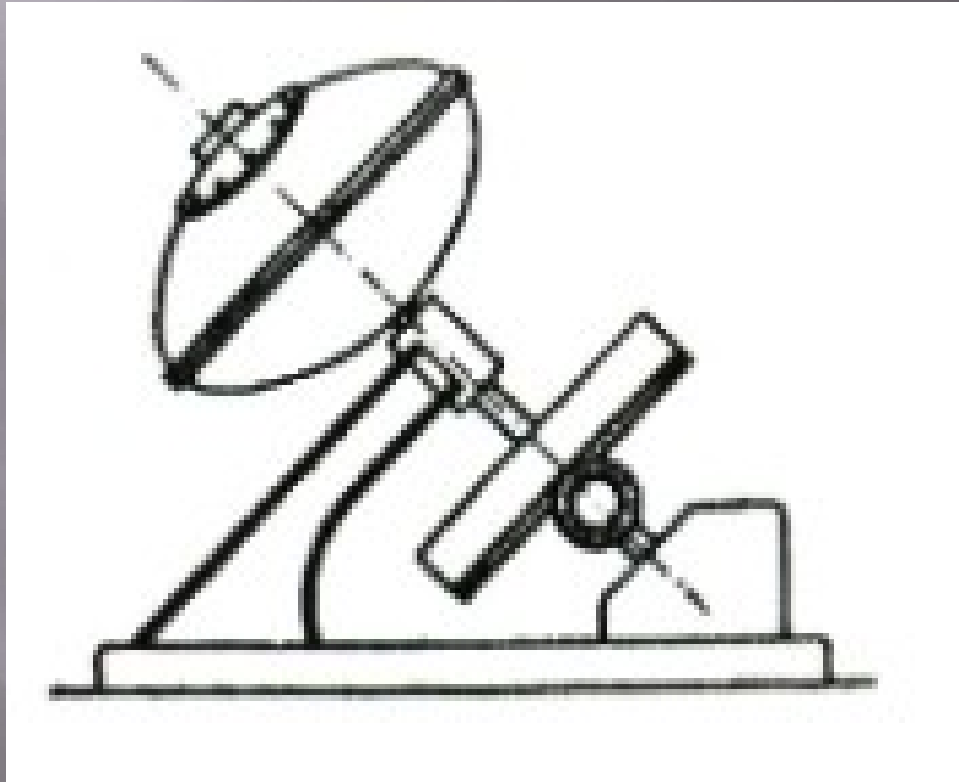
# amestecator static



# Amestecare prin recirculare



# Amestecare prin antrenarea vasului



# Amestecare mecanică cu elice

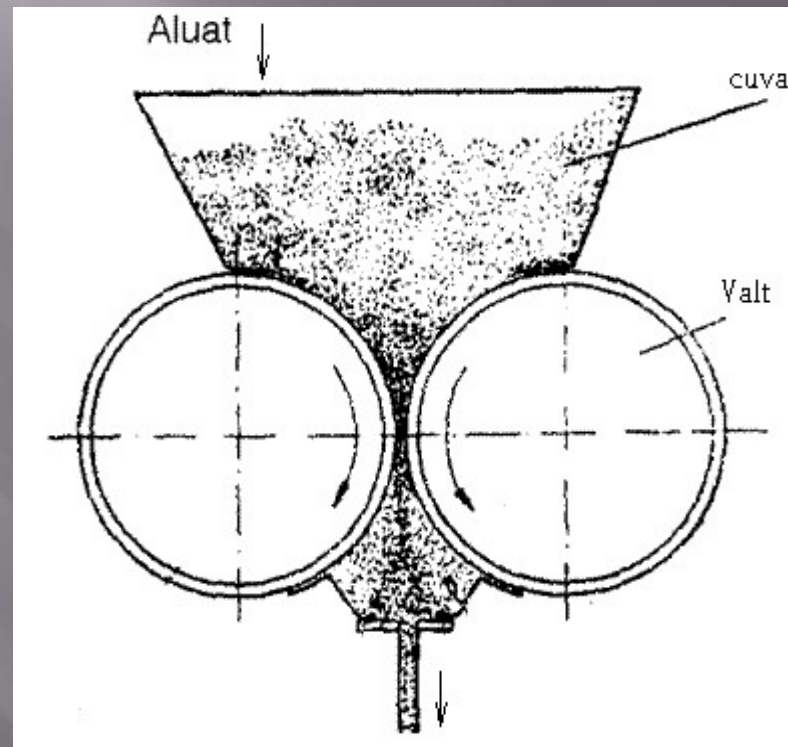


# Amestecătoare planetare





# Amestecătoare cu valțuri



# Agenți termici

## Clasificare:

- ▣ Agenți termici pentru încălzire
- ▣ Agenți termici pentru răcire

Funcție de starea de agregare inițială a agentului

- ▣ Gazoși
- ▣ Lichizi
- ▣ Solizi

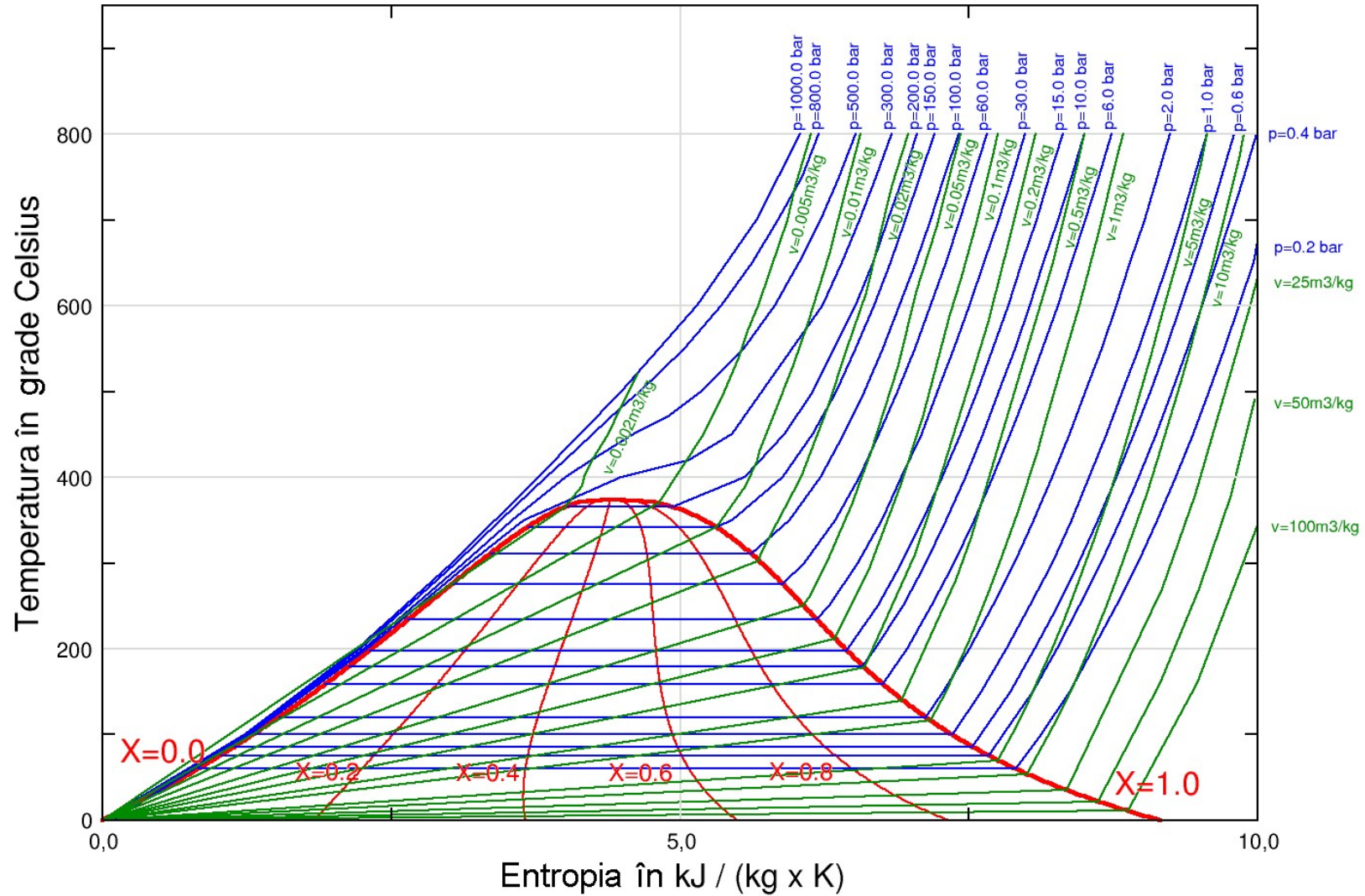
# Aburul

- ▣ *abur saturat umed*, când mai conține lichid;
- ▣ *abur saturat uscat*, când nu mai conține umiditate, dar o mică cedare de căldură îl aduce în stare de abur saturat umed;
- ▣ *abur supraîncălzit*, când temperatura lui e superioară celei de saturație la presiunea respectivă.

# După presiune

- ▣ abur pentru termoficare, cu presiunea de 1,2 - 2,0 bar;
- ▣ abur de presiune joasă (până la 15 bar), utilizat în scopuri tehnologice și uneori în instalații de încălzire;
- ▣ abur de presiune medie (15 - 80 bar), folosit în turbine de parametri medii;
- ▣ abur de presiune înaltă (80 - 221 bar), folosit în turbine de putere mare;
- ▣ abur de presiune supracritică (peste 221 bar), folosit în turbine de foarte mare putere

# Diagramă T - s pentru abur



# Agenți termici lichizi:

- ▣ Apa la presiunea atmosferică până la 80°C dar generează depuneri dacă nu este distilată. Este ieftină, ușor de regenerat, poate fi îmbunătățită prin adaosuri diverse.
- ▣ Uleiuri minerale sau sintetice pot fi utilizate până la 380°C
- ▣ Substanțe organice lichide – glicerină, etilenglicol, pot fi utilizate până la temperatura de fierbere a acestora. Se pot degrada în timp.
- ▣ Săruri topite – azotați de sodiu sau K, pot fi utilizate până la 400°C
- ▣ Metale topite – Na, K, Pb, utilizate în tehnica nucleară, sunt greu de vehiculate

# Agenți termici solizi:

- ▣ Încălzirea cu bile sau pulberi în utilaje ce utilizează strat fluidizat sau strat străpuns. Bilele sunt de sticlă, cuarț, grafit sau metale, catalizatori sau suporturi pentru catalizatori.

# AGENȚI DE RĂCIRE

- ▣ **Agenți de răcire gazoși**
- ▣ Aerul – este ieftin dar are coeficient de transfer foarte mic  $\alpha$ -curgere libera  $<10\text{W}/\text{m}^2\text{K}$  -curgere forțată  $<100\text{W}/\text{m}^2\text{K}$
- ▣ De obicei se folosește contactul direct, iar sursa de căldură are o temperatură ridicată.
- ▣ Gaze inerte – sunt utilizate când de urmărește o atmosferă controlată și inertă.
- ▣ Gazele pot fi utilizate și în schimbătoare de căldură, dar pentru creșterea eficienței se recomandă extinderea suprafeței de transfer de partea gazului (suprafețe cu aripioare).



turnuri de răcire.



# Agenți frigorifici

Denumirea	Tf °C	exponent k
Amoniac R717	-33.35	1.3
R12	-29.8	1.14
R22	-40.84	1.16
Clorura de metil	-23.74	1.2
R502	-45.6	1.18
CO2	-78.5	1.3
R134	-26.4	1.14

# Transferul de căldură, operații termice

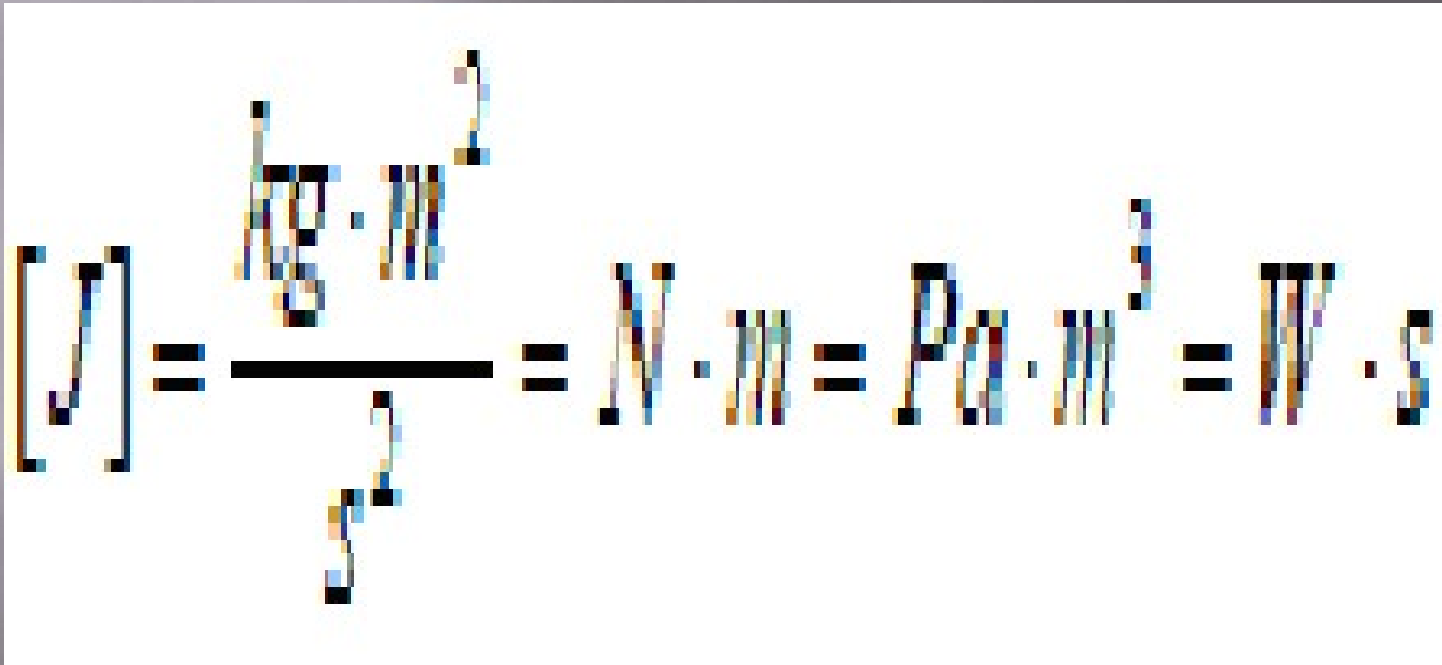
Transferul de căldură este știința proceselor spontane, ireversibile, de propagare a căldurii în spațiu și timp, reprezintă schimbul de energie termică între două corpuri, două regiuni ale unui corp sau două fluide sub acțiunea unei diferențe de temperatură.

# Operațiile termice

- ▣ încălzirea,
- ▣ răcirea,
- ▣ evaporarea,
- ▣ condensarea,
- ▣ cristalizarea
- ▣ sublimarea

$$[J] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{Pa} \cdot \text{m}^3 = \text{W} \cdot \text{s}$$

Energia [J] James Prescott  
Joule (1818–1889).


$$[J] = \frac{\text{kg} \cdot \text{m}^2}{\text{s}^2} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{Pa} \cdot \text{m}^3 = \text{W} \cdot \text{s}$$

# surse de energie

- ▣ Surse chimice de energie
- ▣ Surse electrice
- ▣ Surse nucleare
- ▣ Surse regenerabile de energie

# *Combustibilii fosili*

- ▣ cărbunele,
- ▣ gazele naturale
- ▣ petrolul

Combustibilii fosili sunt clasificați ca *epuizabili*, pentru că rezervele existente se consumă mai repede decât se produc.

# Surse electrice

- ▣  $1\text{Wh} = 1\text{W} \cdot 3600\text{sec} = 3600\text{ J} = 3.6\text{ kJ}$
- ▣  $1\text{kWh} = 3600 \cdot 1000\text{ J} = 3.6\text{MJ}$
- ▣  $1\text{MWh} = 3.6\text{ GJ}$
- ▣  $1\text{GWh} = 3.6\text{ TJ}$
- ▣  $1\text{TWh} = 3600\text{ TJ}$

Producția de energie electrică a României a fost de:  
aproximativ 64,7 TWh în anul 2008.  
și 56.7 TWh pentru anul 2020



# efectele curentului electric

- ▣ *Efectul termic* denumit și *efect Joule-Lenz*
- ▣ *Efectul magnetic*
- ▣ *Efectul chimic* –electroliza
- ▣ *Efectul piezoelectric*
- ▣ *Efectul fotoelectric*
- ▣ **Efecte termoelectrice**
- ▣ **Electroterapia**

# Surse nucleare

- ▣ *Energia nucleară* (circa 11% din producția energetică a țării) are la bază izotopul U235, uraniul fiind un metal ce se găsește în scoarța planetei într-o cantitate destul de redusă, dar mai abundent decât Au, în diferite minereuri (pehblendă, uraninit, torbernit, carnotit, etc) fiind prezenți trei izotopi ai uraniului, după extracție aceștia sunt: ( U238-99.2%, U235-0.7% , U234-0.004%).

# Surse regenerabile de energie

- ▣ *Energia solară*
- ▣ *Energia vântului*
- ▣ *Energia hidro*
- ▣ *Energia geotermală*
- ▣ *Energia biomasei*

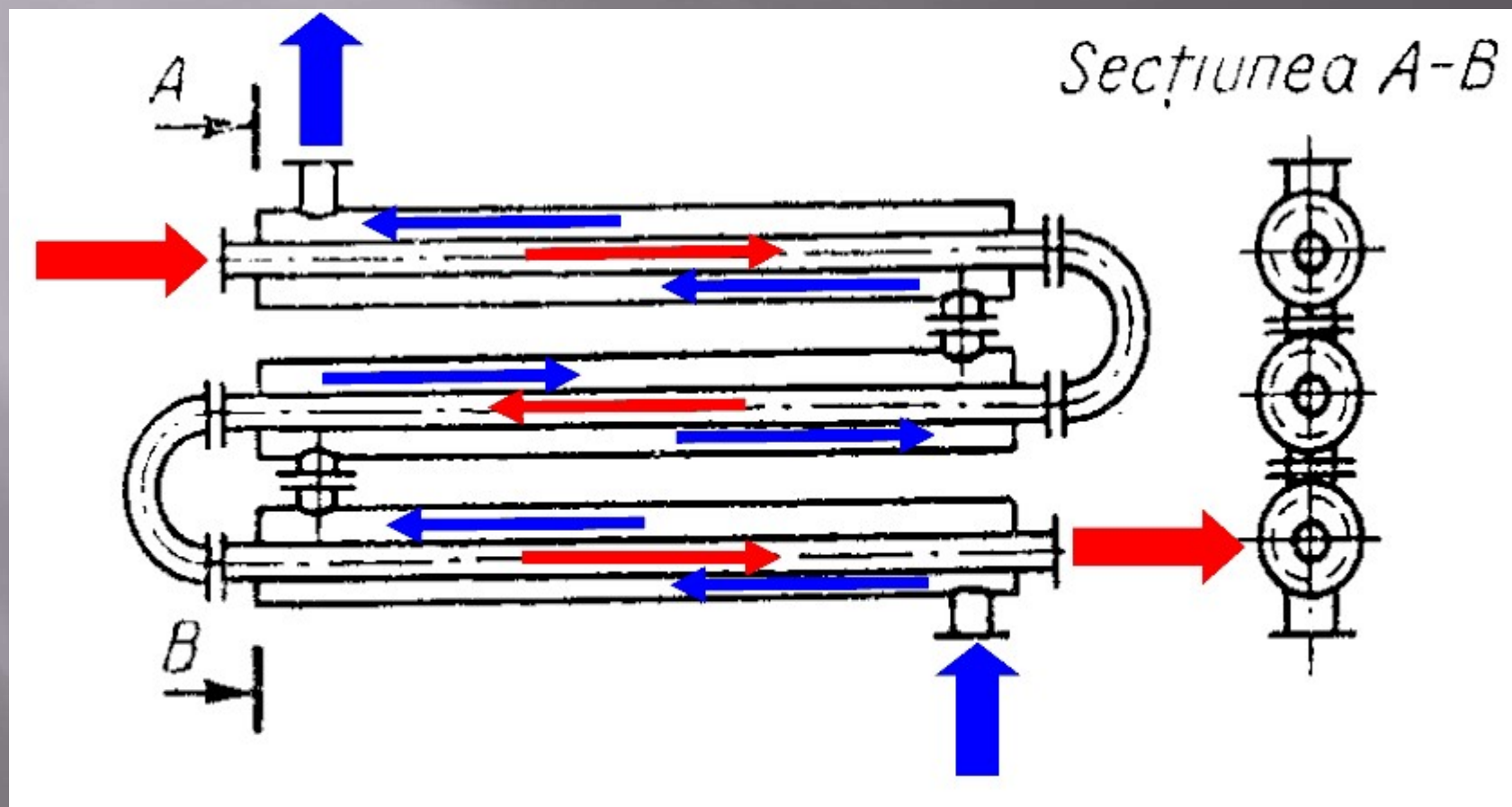
# SCHIMBĂTOARE DE CĂLDURĂ

- o Modificarea temperaturii (încălzire, răcire);
  - o Modificarea stării de agregare (fierbere, evaporare, condensare, topire, solidificare);
- o Modificarea speciilor moleculare (reacții chimice);
  - o Procese termice combinate.

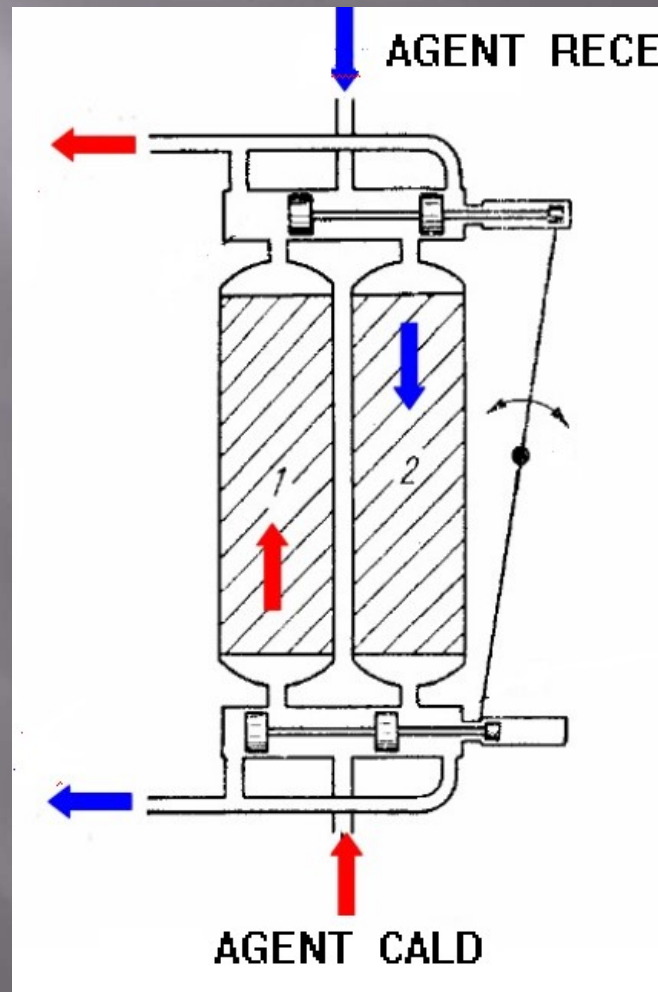
# SCHIMBĂTOARE DE CĂLDURĂ - CRITERII DE CLASIFICARE

- ▣ După modul de transmitere a căldurii;
- ▣ După regimul de lucru al aparatului;
- ▣ După transformările fizico-chimice ale agenților termici;
- ▣ După schema de curgere a agenților termici;
- ▣ După numărul de treceri ale agentului termic;
- ▣ După configurația suprafeței de transfer de căldură;
- ▣ După modul de preluare a dilatarilor termice;
- ▣ După poziția aparatului;
- ▣ După materialul de construcție folosit;
- ▣ După modul de asamblare;
- ▣ După destinația aparatului în procesul termic.

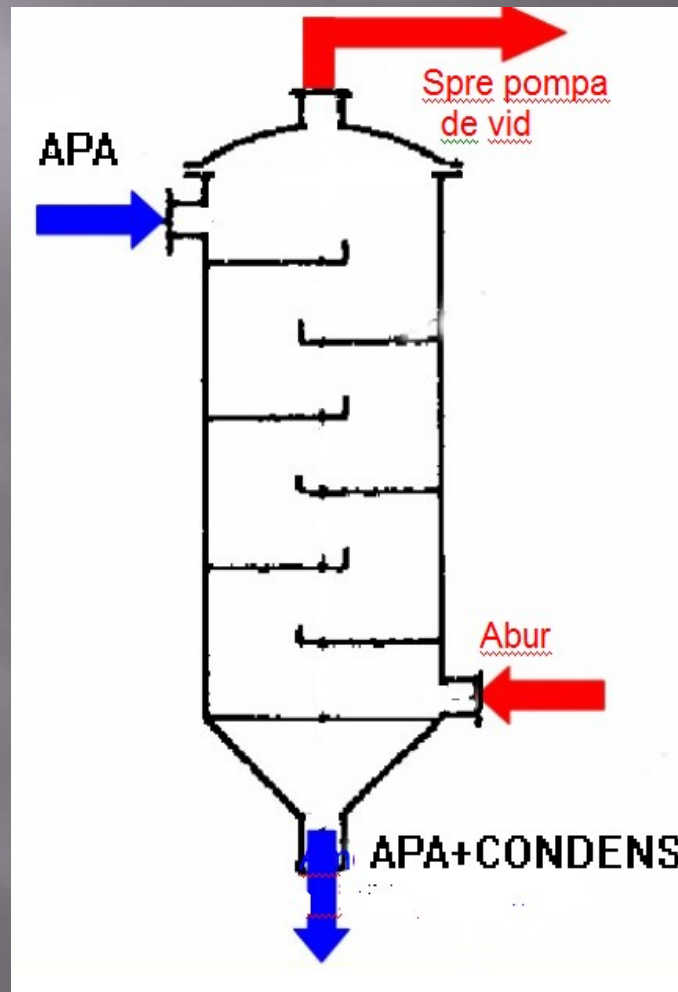
# SCHIMBĂTOARE DE CĂLDURĂ DE SUPRAFAȚĂ



# Schimbătoare de căldură regenerative



# SCHIMBĂTOARE DE CĂLDURĂ DE AMESTEC





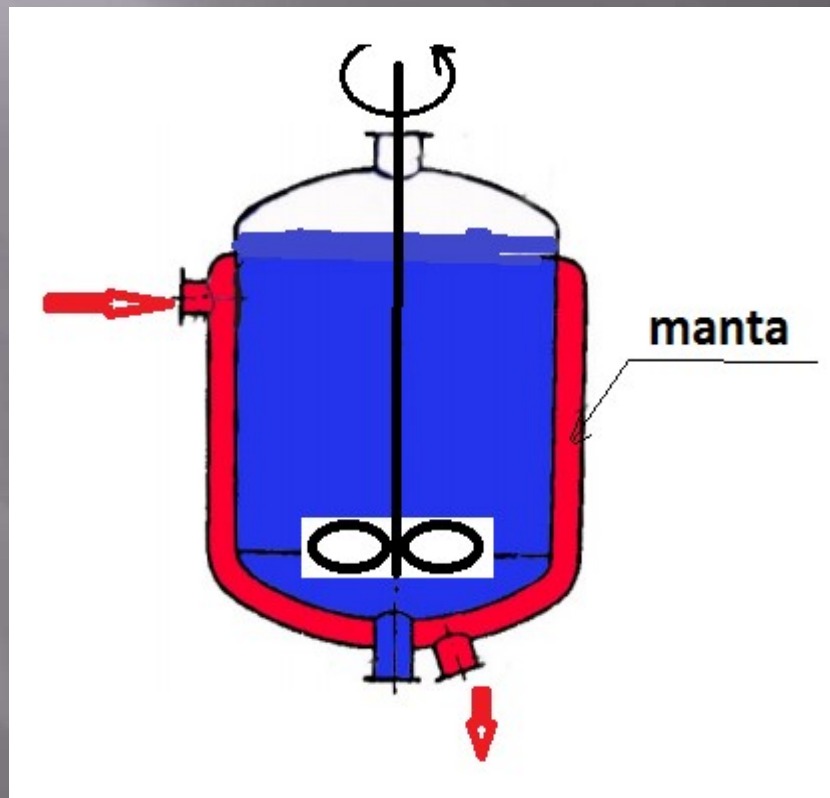
# Clasificare frecvent utilizată in industria chimică

- ▣ schimbătoare de căldură cu manta
- ▣ schimbătoare de căldură in spirală
- ▣ schimbătoare de căldură cu serpentină
- ▣ schimbătoare de căldură cu țevi coaxiale
- ▣ schimbătoare de căldură cu fascicul tubular
- ▣ schimbătoare de căldură cu suprafețe extinse
- ▣ schimbătoare de căldură cu plăci
- ▣ schimbătoare de căldură de constructie particulară sau mixte

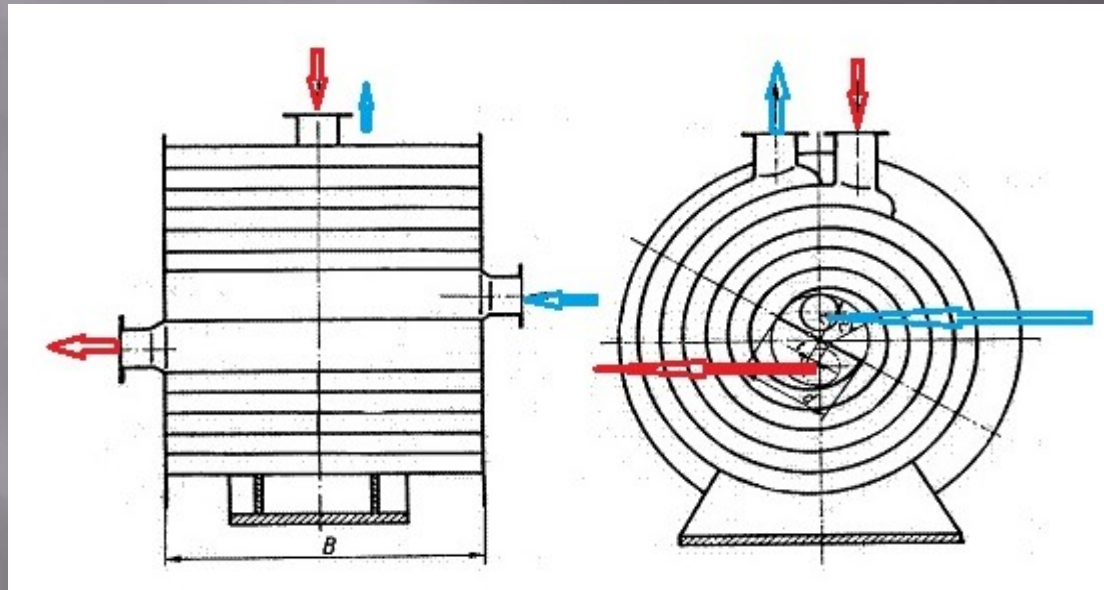
# *PROIECTAREA SCHIMBĂTOARELOR DE CĂLDURĂ*

- ▣ Un calcul de proiectare
- ▣ Un calcul de verificare

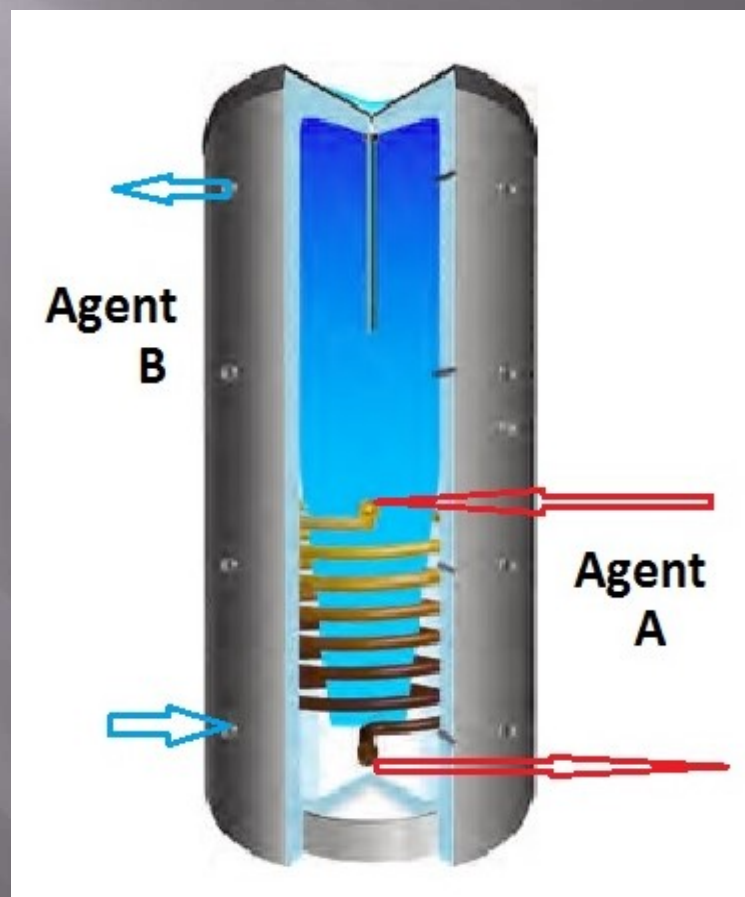
# PROIECTAREA SCHIMBĂTOARELOR DE CĂLDURĂ CU MANTA



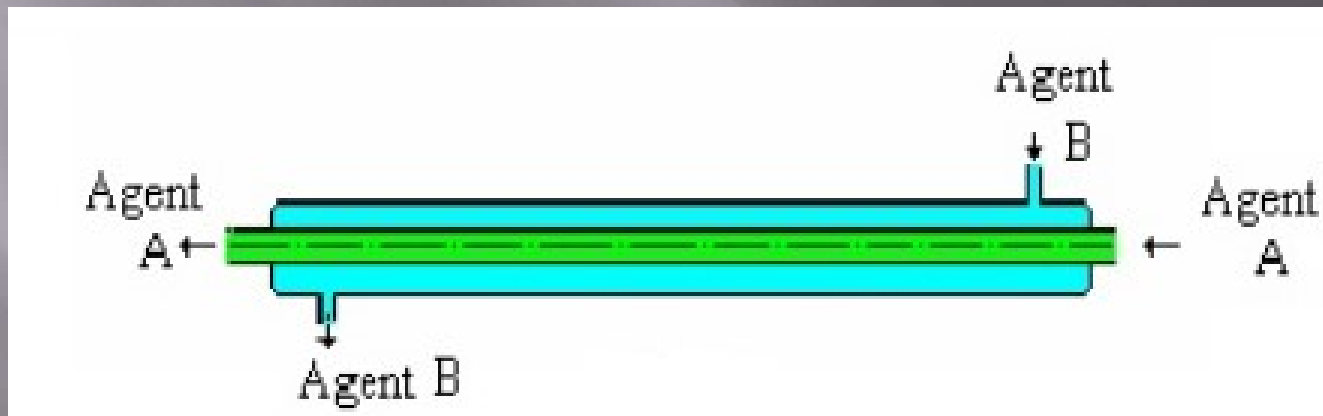
# PROIECTAREA SCHIMBĂTOARELOR DE CĂLDURĂ SPIRALE



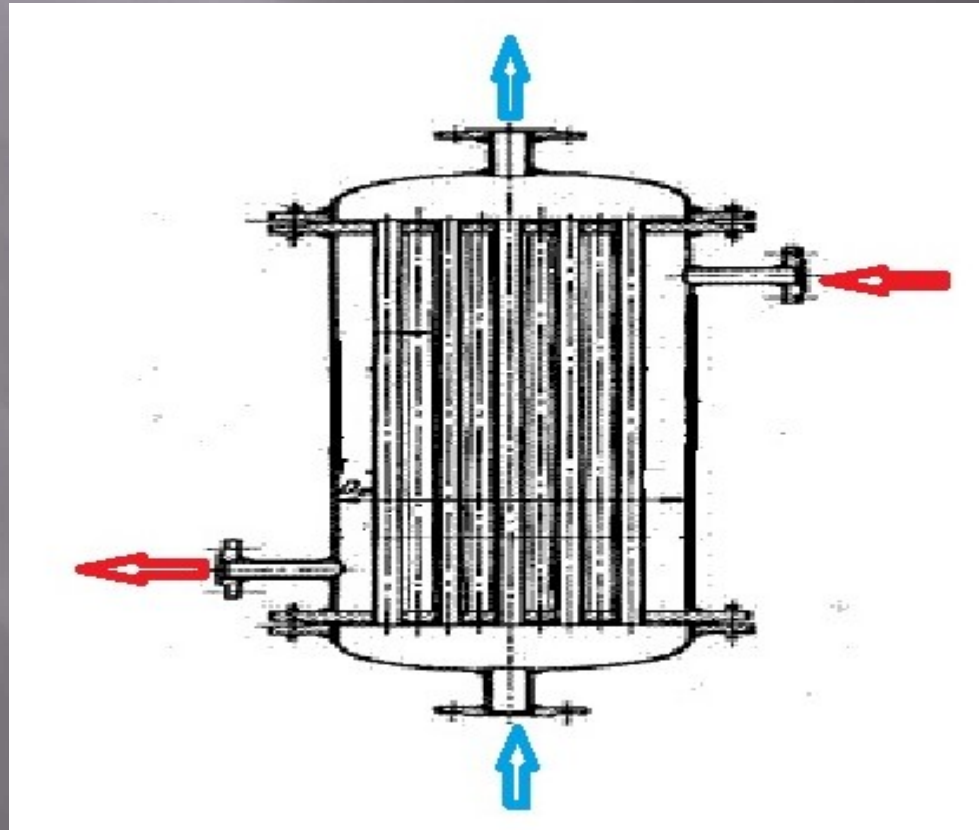
# *Schimbător de căldură cu serpentină interioară*



# PROIECTAREA SCHIMBĂTOARELOR DE CĂLDURĂ CU ȚEVI COAXIALE



# PROIECTAREA SCHIMBĂTOARELOR DE CĂLDURĂ CU FASICUL TUBULAR

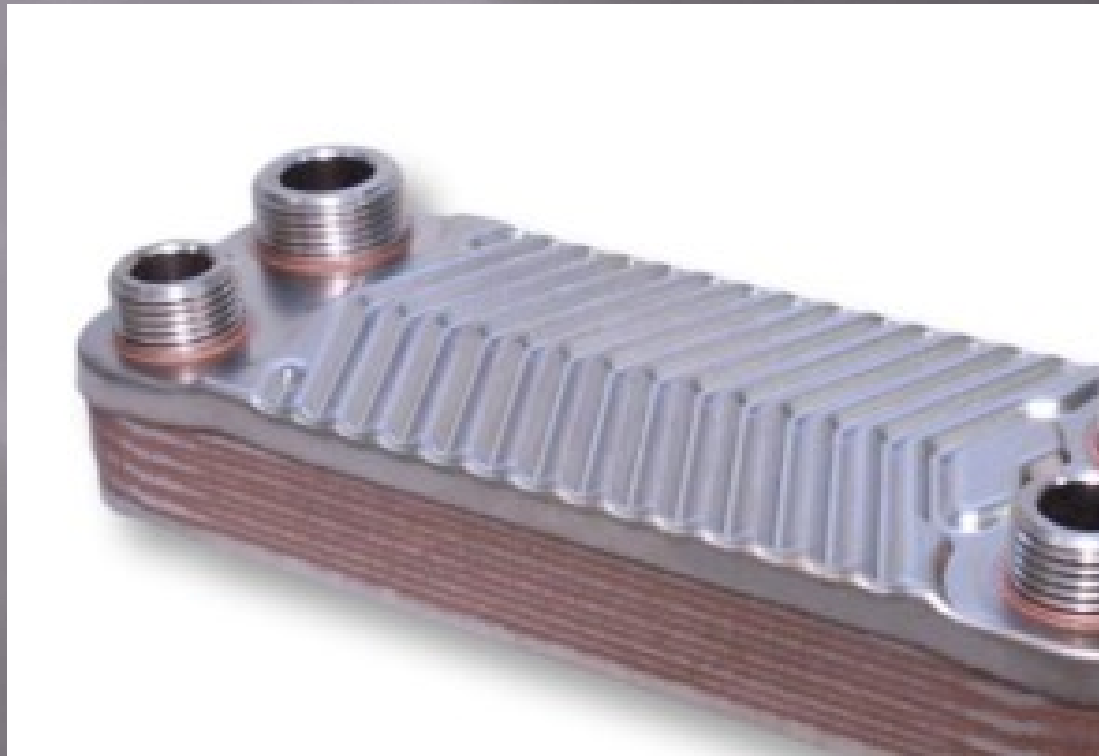


# Schimbătoare cu țevi cu aripioare





# *Schimbător de căldură cu plăci*



# EVAPORAREA

- ▣ Evaporarea este operația de îndepărtare prin fierbere a unui solvent dintr-o soluție cu scopul de a concentra acea soluție

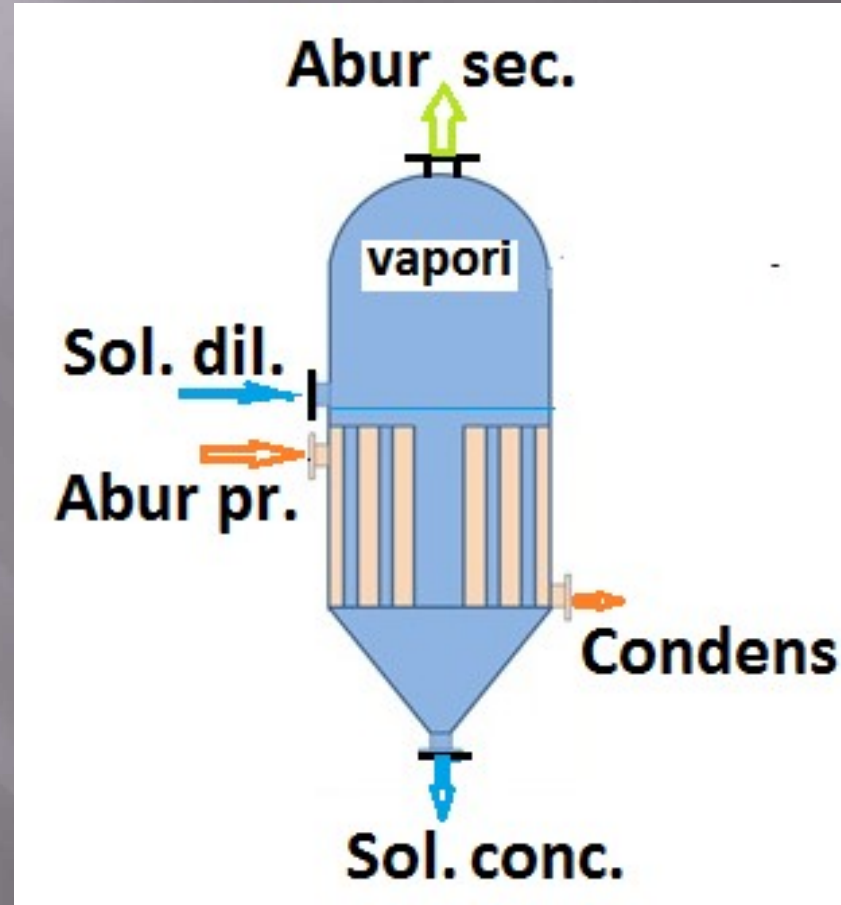
# Factori ce influențează operația de evaporare

- ▣ Factori ce țin de natura solutului din soluția diluată
- ▣ Factori ce țin de natura solventului ce se îndepărtează
- ▣ Factori ce țin de procesul ales

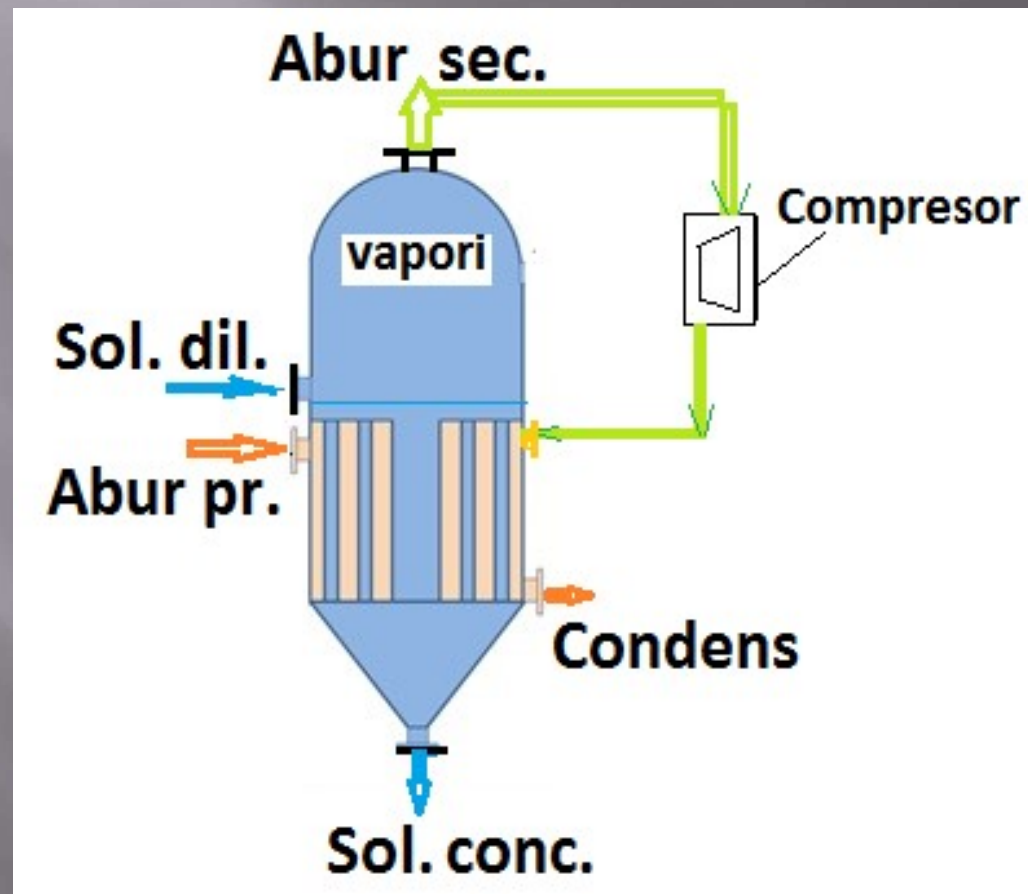
# Metode de evaporare

- ▣ - evaporarea simplă;
- ▣ - evaporarea cu pompă de căldură;
- ▣ - evaporarea cu efect multiplu.

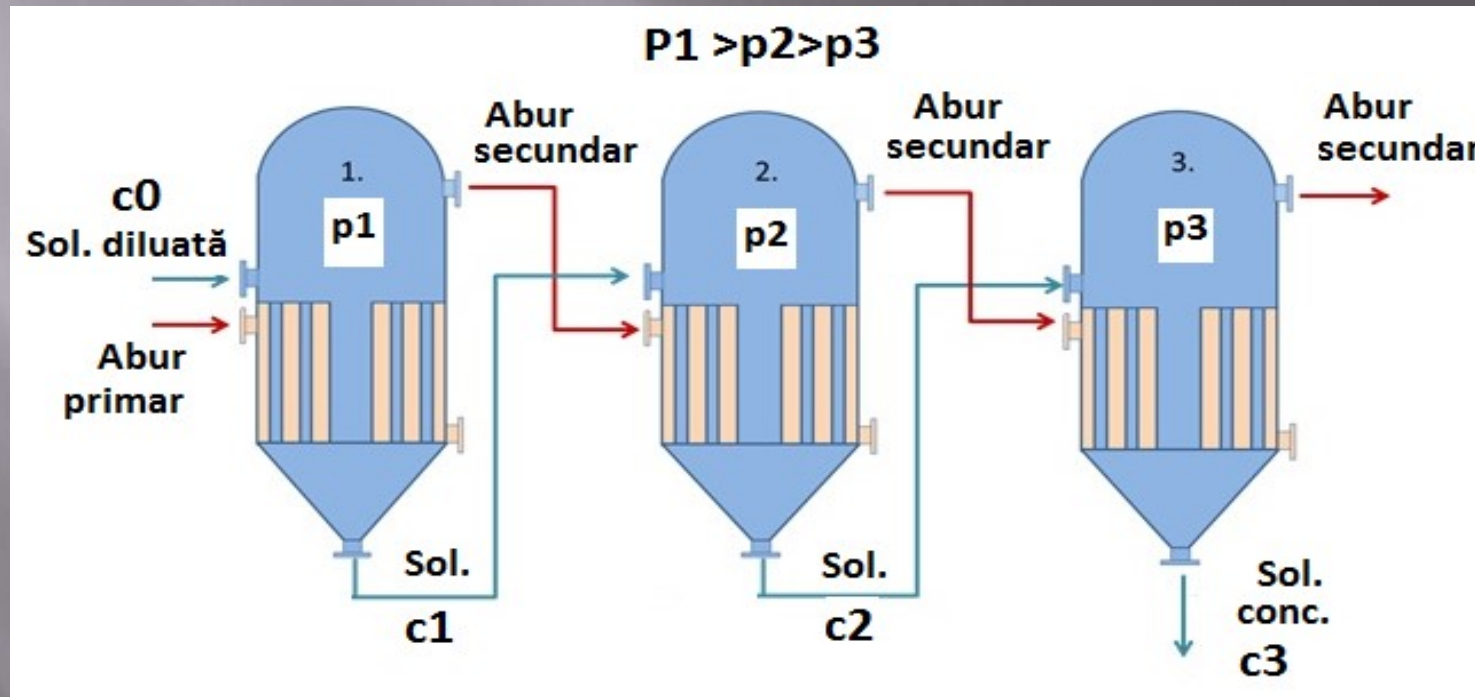
# *evaporatorul Robert*



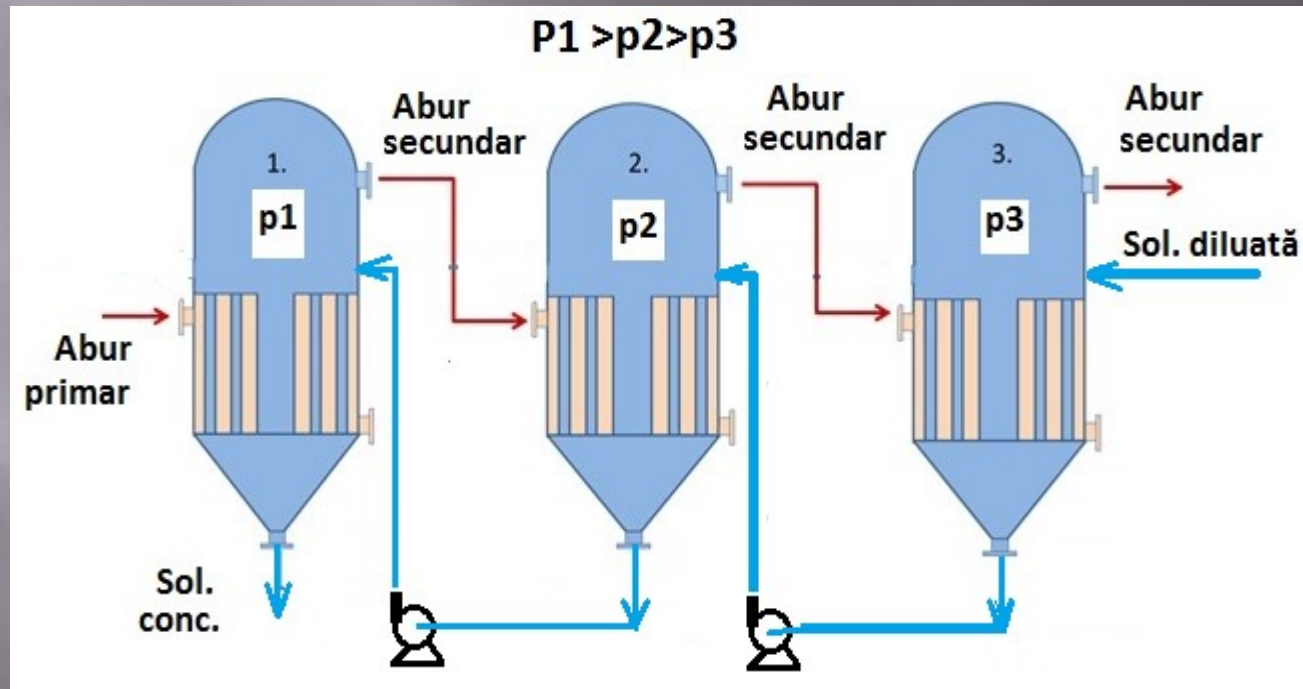
# Evaporarea cu pompă de căldură



# Evaporarea cu efect multiplu

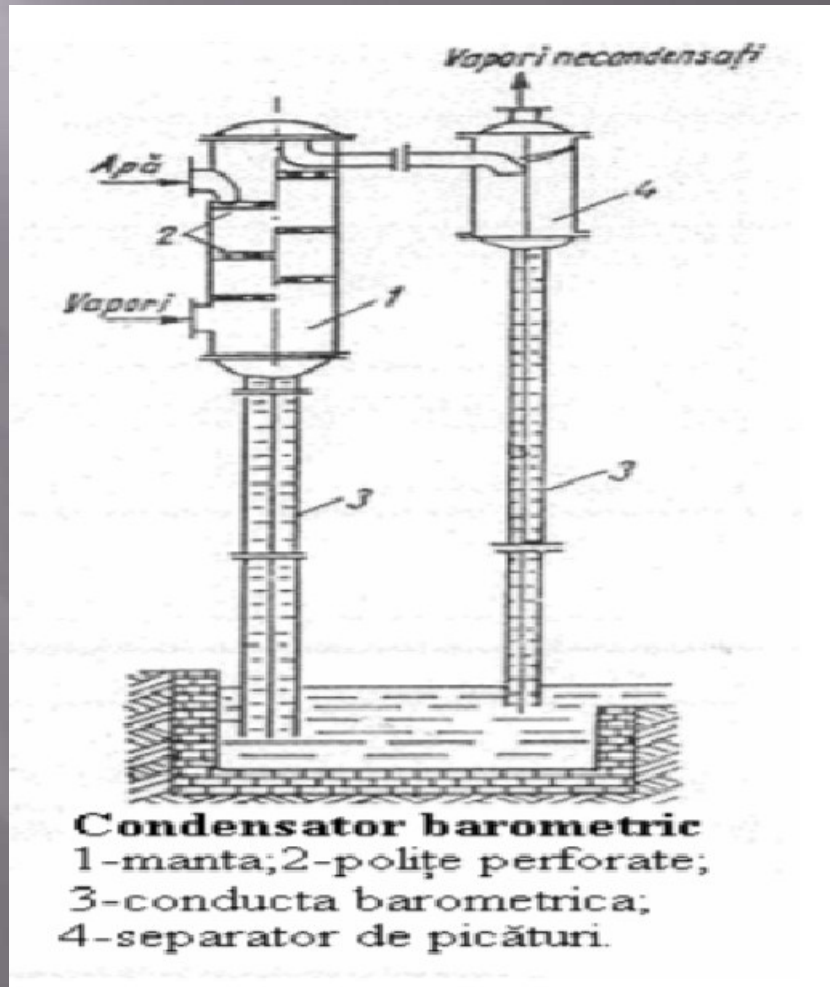


# instalații de evaporare în contracurent

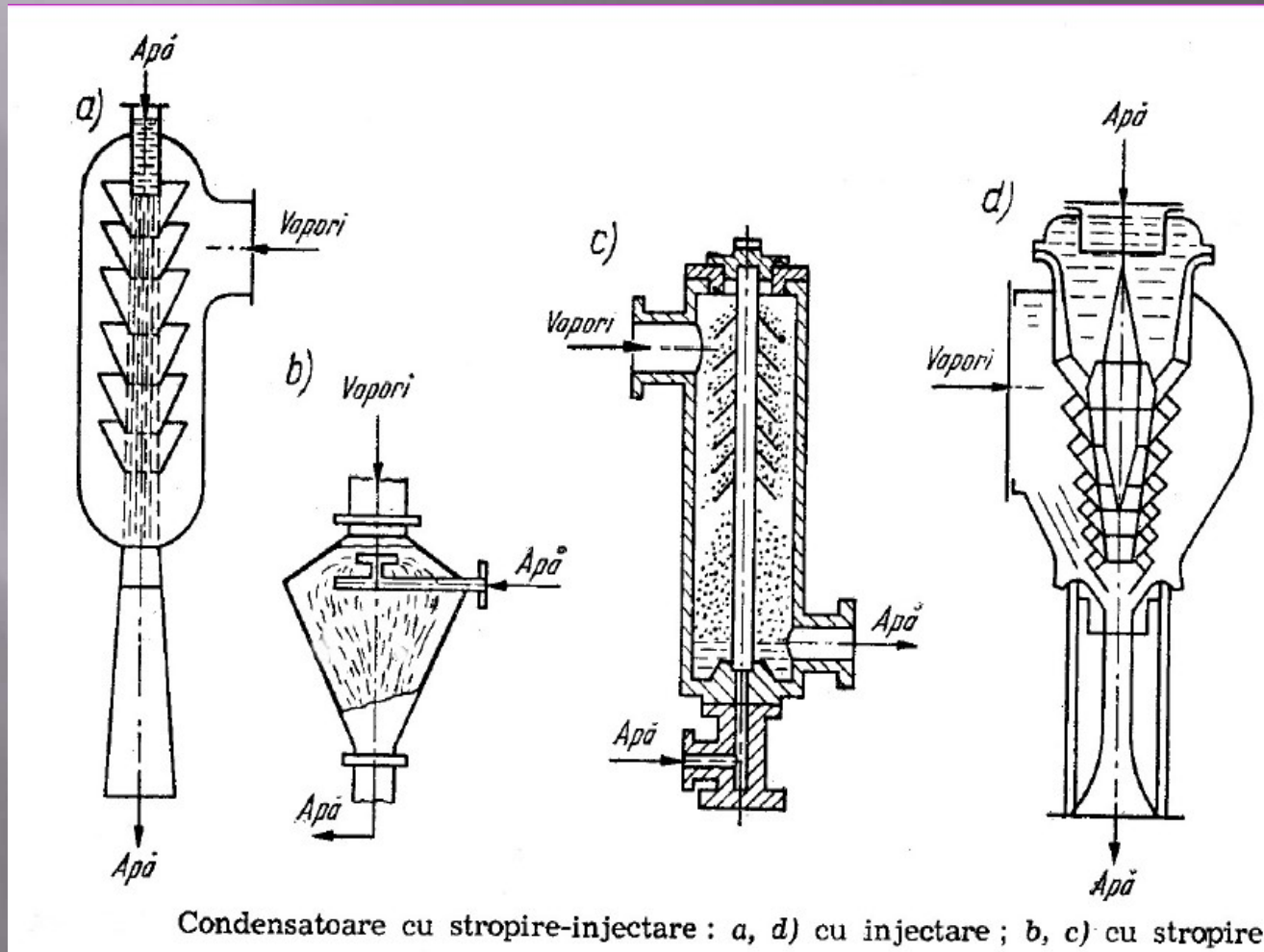




# Condensatorul barometric



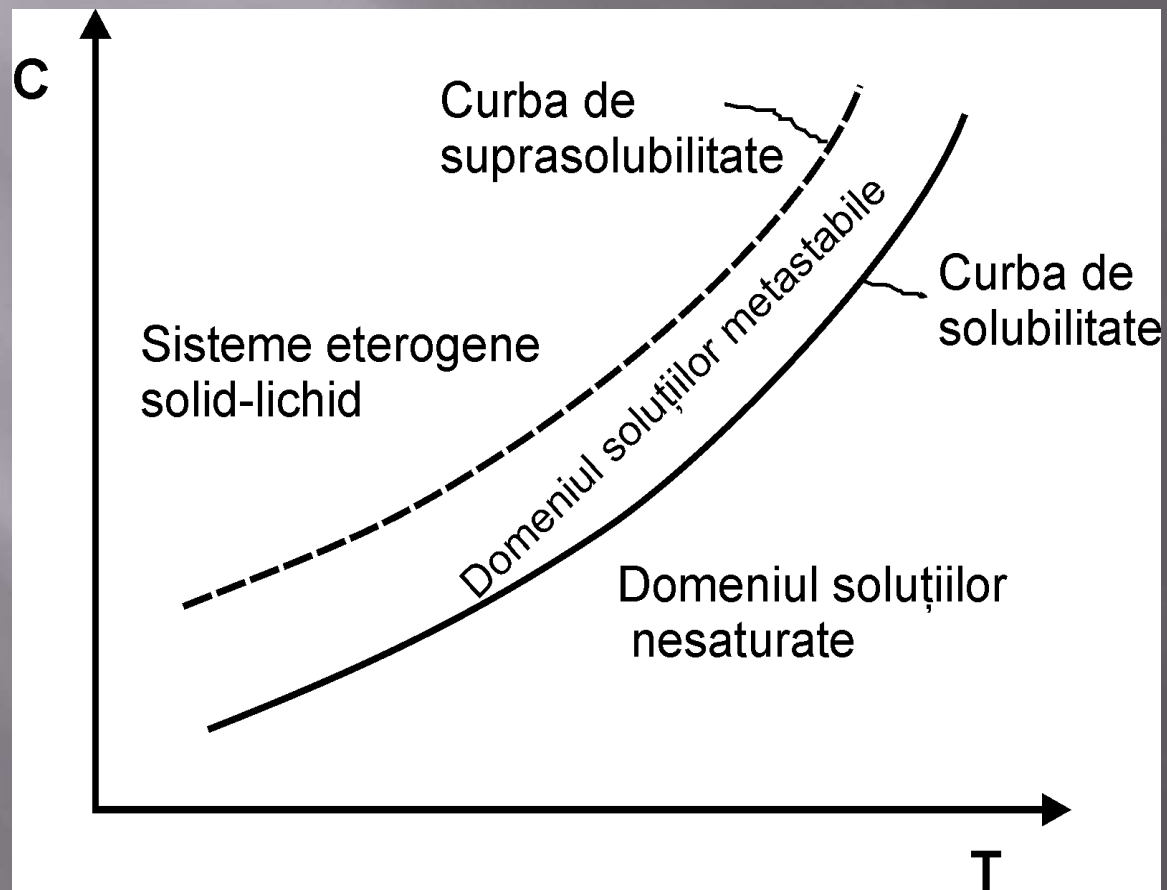
# Condensatoare de amestec



# Cristalizarea

Cristalizarea este operația de separare a unui component dintr-o fază lichidă (soluție sau topitură) prin trecerea acesteia sub formă de cristale și separarea cristalelor formate.

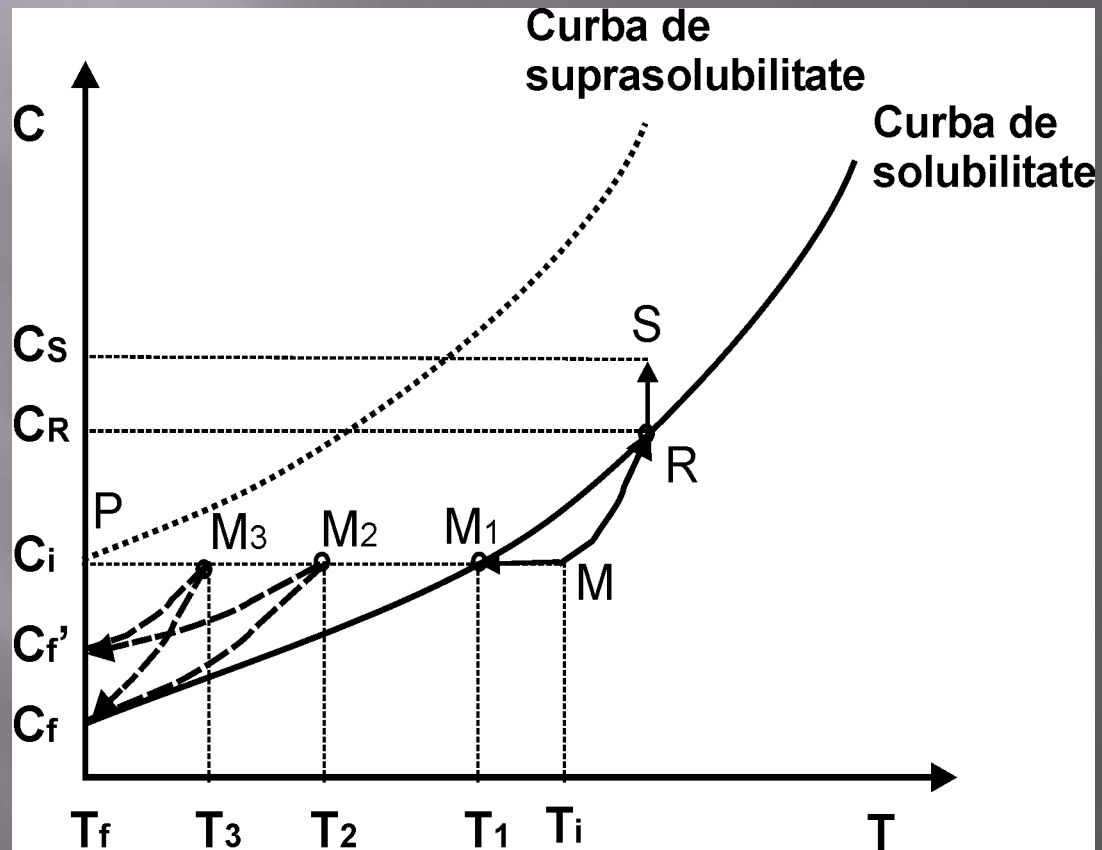
# Echilibrul solid-lichid. Solubilitate



# Procedee de cristalizare

- ▣ cristalizarea izohidrică (prin răcire sau fără îndepărtare de solvent);
- ▣ cristalizarea izotermă (prin evaporare);
- ▣ cristalizarea adiabatică (la vid);
- ▣ cristalizarea prin perlare;
- ▣ cristalizarea prin salifiere;
- ▣ cristalizarea cu ajutorul reacțiilor chimice;
- ▣ topirea zonală.

# *Cristalizarea izohidrică*



# *Cristalizarea prin salifiere*

- ▣ Suprasaturația se realizează, în acest caz, cu ajutorul unei substanțe care introdusă în soluția inițială micșorează solubilitatea solutului. Substanța care se adaugă la soluția inițială se numește salifiant. Salifianții pot fi în stare gazoasă, lichidă sau solidă. De exemplu: amoniacul, aminele, alcoolii și unele săruri care au un ion comun cu sarea ce urmează a fi separată

# *Cristalizarea prin perlare*

- ▣ Se aplică atunci când faza lichidă este o topitură. Topitura este pulverizată în turnuri de granulare prin care circulă aer. Prin răcire, picăturile se solidifică și se transformă în granule. Acest procedeu este aplicat la granulara îngrășămintelor chimice.



## *Cristalizarea cu ajutorul reacțiilor chimice*

- ▣ – presupune realizarea suprasaturației cu ajutorul unei reacții chimice. Acest procedeu este întâlnit la obținerea bicarbonatului de sodiu, prin tratarea soluției apoase de NaCl cu amoniac și dioxid de carbon. În reacție se formează bicarbonat de sodiu, care, având solubilitate mică, va cristaliza.

# *Cristalizarea adiabatică sau la vid*

- ▣ se realizează prin autoevaporarea la vid a soluției fierbinți care conține substanța ce urmează a fi cristalizată. Prin autoevaporare se îndepărtează solvent și în același timp are loc și răcirea soluției

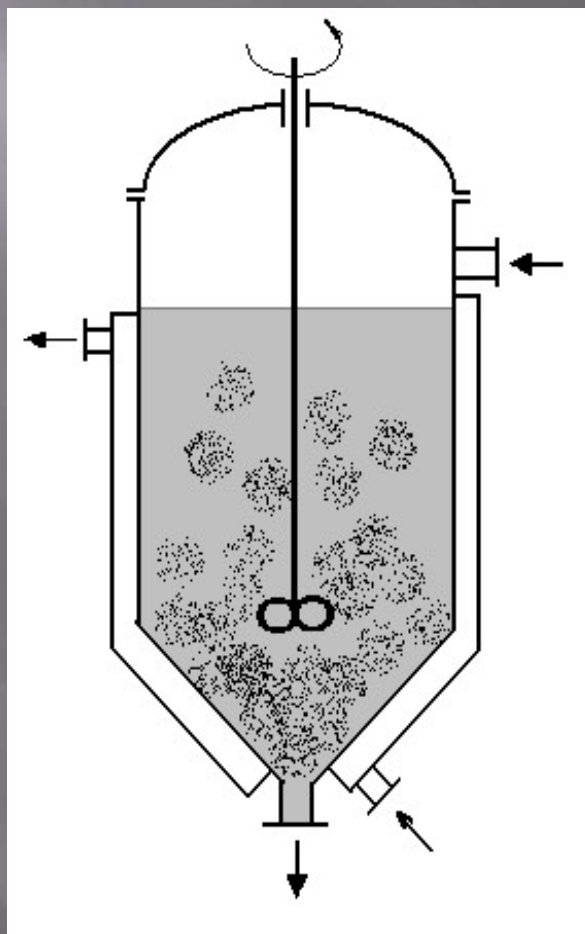
# *Topirea zonala*

- ▣ este o tehnică de purificare a metalelor sau aliajelor metalice ce presupune un proces dinamic de încălzire și răcire, ce se realizează pe o bară din acel metal, frontul de topire locală și de răcire succesivă se deplasează în lungul barei, acumulându-se astfel impuritățile la un capăt, prin detasarea acelei zone cu impurități rezultă o purificare a metalului. Se practică acest sistem la obținerea siliciului ultra-pur necesar în aplicații cu semiconductori.

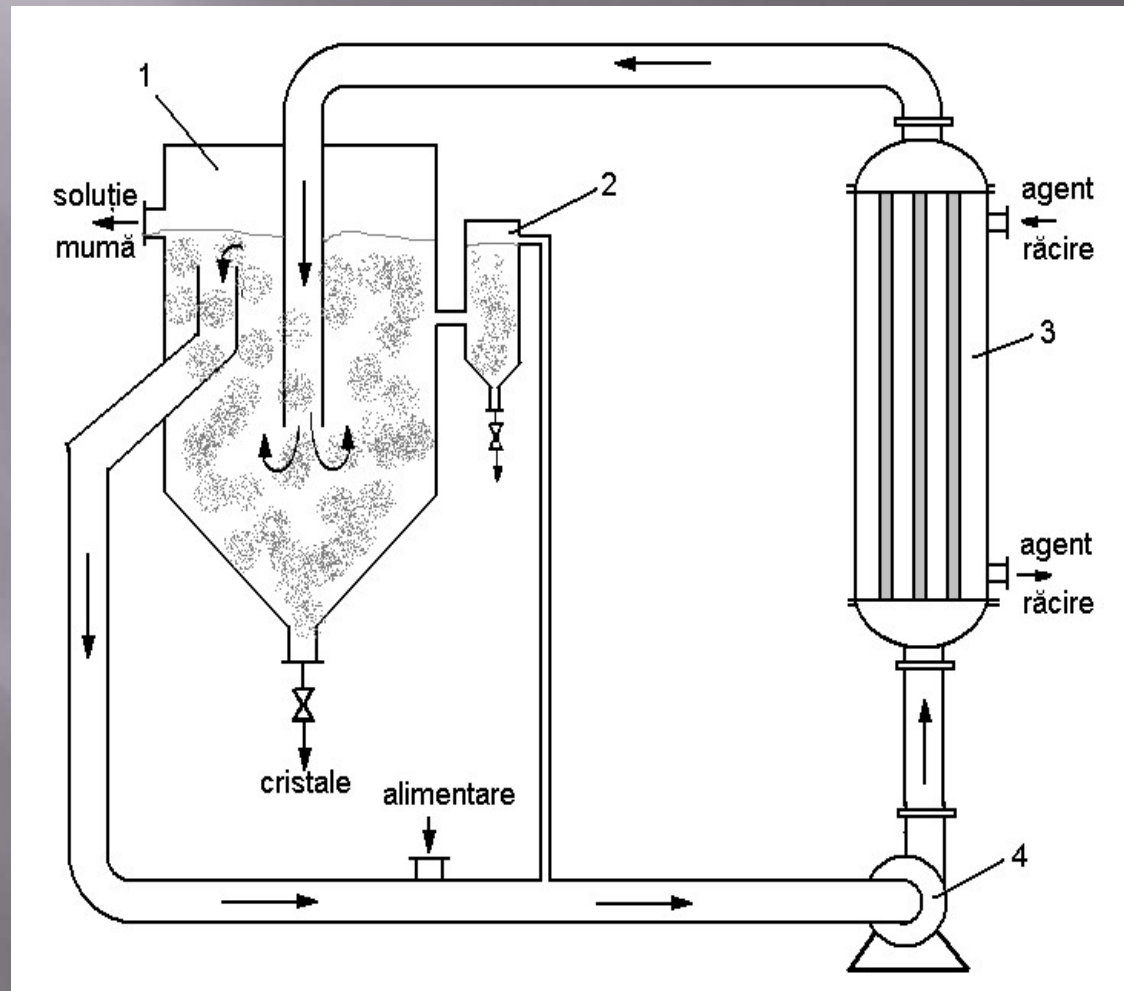
# Clasificarea și descrierea utilajelor pentru cristalizare

după modul de funcționare:  
cristalizoare cu funcționare continuă;  
cristalizoare cu funcționare discontinuă;  
din punct de vedere constructiv:  
cu elemente mobile;  
fără elemente mobile;  
după procedeul de cristalizare:  
pentru cristalizare izohidrică;  
pentru cristalizare izotermă;  
pentru cristalizare adiabată  
care funcționează după procedee combinate

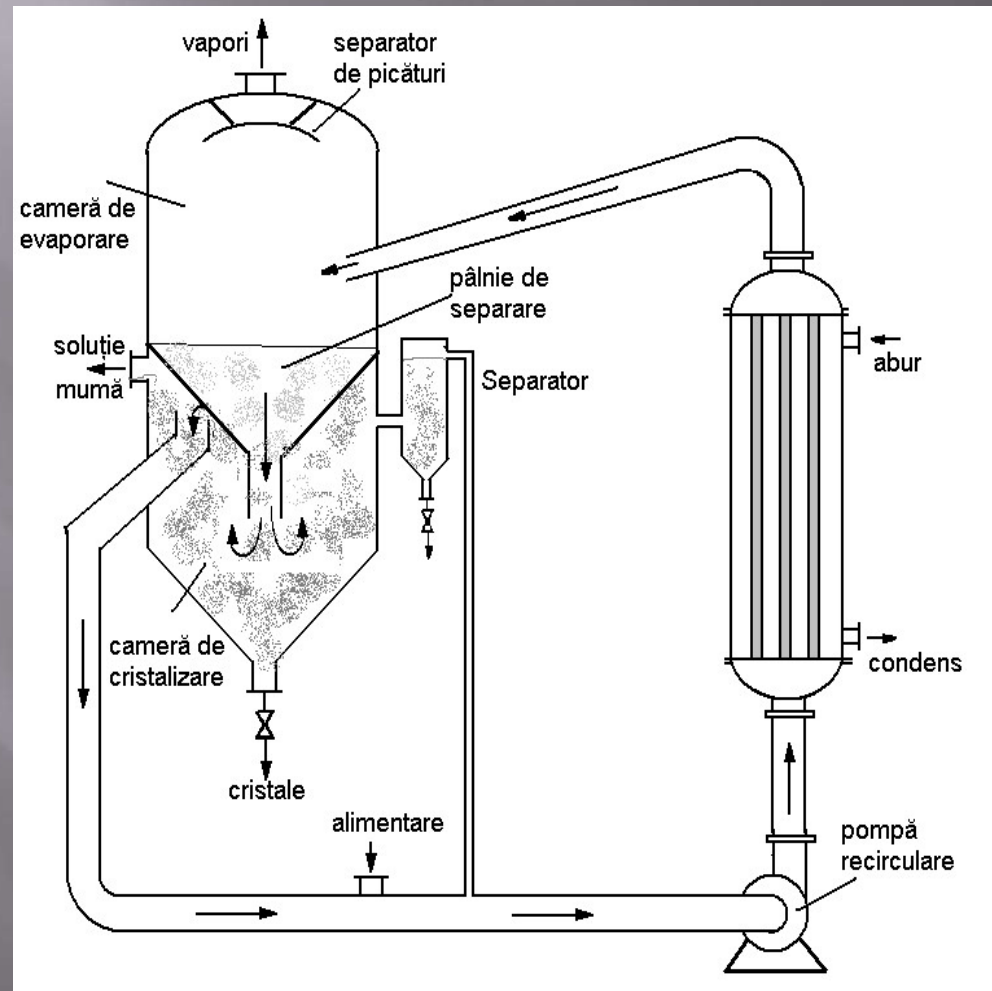
# *Cristalizadorul tip recipient cu agitare*



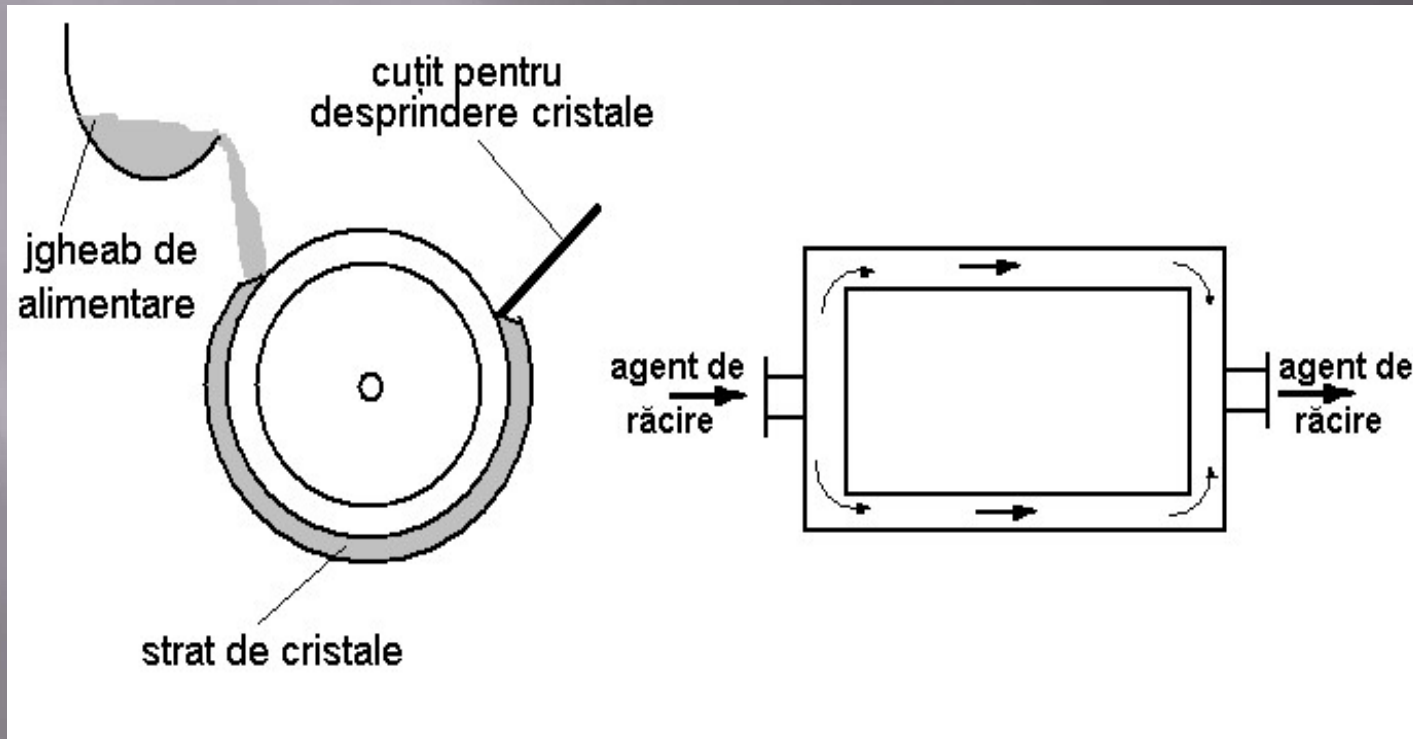
# *Cristalizorul în strat fluidizat pentru cristalizare izohidrică*



# *Cristalizorul cu strat fluidizat pentru cristalizarea izotermă*



# *Cristalizadorul cu tambur rotativ*





# Topirea zonală

