Mecanica fluidelor este un capitol al mecanicii care studiaza fluidele sub aspectul comportarii lor mecanice.

Fluidele pot exista in urmatoarele stari de agregare: *lichide, vapori, gaze si plasma*. Dar comportament de fluid au si sistemele eterogene disperse lichid-gaz, lichid-lichid, lichid-solid, gaz-solid, precum si corpurile care au comportari intermediare intre solide si fluide, cum ar fi: topiturile de polimeri, paste, etc.

Lichidele sunt fluide practic necompresibile care formeaza o suprafata libera in contact cu un gaz sau cu vaporii sai, sau o suprafata de separare in contact cu un alt lichid nemiscibil.

Starea lichida cat si cea solida sunt considerate *stari condensate*, doarece distanta dintre molecule sau atomi este mica.

Gazele sunt fluide care ocupa intreg volumul in care se afla si au o compresibilitate ridicata. Aceste comportari se explica prin structura moleculara a gazelor care este diferita de cea a lichidelor. La gaze fortele de atractie moleculara sunt practic neglijabile, moleculele deplasandu-se liber unele in raport ce celelalte, deplasari insotite de ciocniri elastice. Distanta dintre moleculele este mult mai mare in raport cu dimensiunile acastora cea ce explica lipsa fortelor de atractie intre moleculele gazelor.

Fluidele au o serie de proprietati fizice comune tuturor starilor de agregare: *densitatea, compresibilitatea, vascozitatea, dilatarea termica, adeziunea la suprafete solide*.

Lichidele prezinta si proprietati specifice acestei stari de agregare: *tensiunea superficiala* si *capilaritatea*.

Din punct de vedere istoric bazele mecanicii fluidelor au fost puse utilizand modelui de *fluid ideal*.

Fluide ideale (fara vascozitate) sau *fluide Pascal* sunt medii omogene fara vascozitate, adica nu opun rezistenta la deformare.

Fluidele reale sunt tot medii omogene, continue, care opun rezistenta la deformare, care este determinata de fortele de frecare dintre straturile fluidului in curgere.

Marimea fizica prin care se caracterizeaza intensitatea fortelor de frecare se numeste *vascozitate*.

Mecanica fluidelor studiaza fluidele in conditii de echilibru a fortelor ce actioneaza asupra lor – obiectul *staticii fluidelor*, sau in conditiile in care forta rezultanta este diferita de zero – obiectul *dinamicii fluidelor*.

II.1. Statica fluidelor

Studiaza fluidele in repaus adica in *echilibru static*.

Conditia ca un fluid sa fie in echilibru este ca *rezultanta tuturor fortelor care actioneaza asupra fluidului sa fie zero*.

II.1.1. Forte care actioneaza intr-un fluid. Presiunea statica

Fortele ce pot actiona asupra unui fluid sunt de doua tipuri:

- *forte de masa* – care se exercita in centrul de masa al fiecarui element de fluid si sunt proportionale cu masa acestuia. Din aceasta categorie fac parte: *forta gravitationala, forta centrifuga, forta de inertie, forta unui camp electric,* etc.

- *forte de suprafata* – care sunt proportonale cu o suprafata **A**. In functie de caracterul interactiunilor moleculare acestea se clasifica in *forte de frecare* (determinate de coeziunea moleculara) si *forte de presiune statica* (determinate de cocnirea moleculelor cu o suprafata solida).

Fortele de frecare se manifesta numai la fluide in curgere.

Fortele de presiune statica actionaeza perpendicular pe suprafata si sunt orientate spre suprafata. Intensitatea acestor forte se exprima printr-o marime numita *presiune statica*, **P**, definita prin relatia:

$$P = \lim_{\Delta A \to 0} \frac{\Delta F_s}{\Delta A} = \frac{dF_s}{dA} \qquad \text{(II.1)}$$

Presiunea statica se poate masura in raport cu doua valori de referinta: in raport cu presiunea zero, corespunzatoare *vidului absolut*, sau in raport cu *presiunea atmosferica* (fig.II.1).

Presiunea absoluta este presiunea raportata la *vidul absolut*. *Suprapresiunea*, *presiunea efectiva* sau *presiunea relativa* are ca referinta presiunea atmosferica. *Vidul* este tot o presiune relativa, dar cu valori subatmosferice.

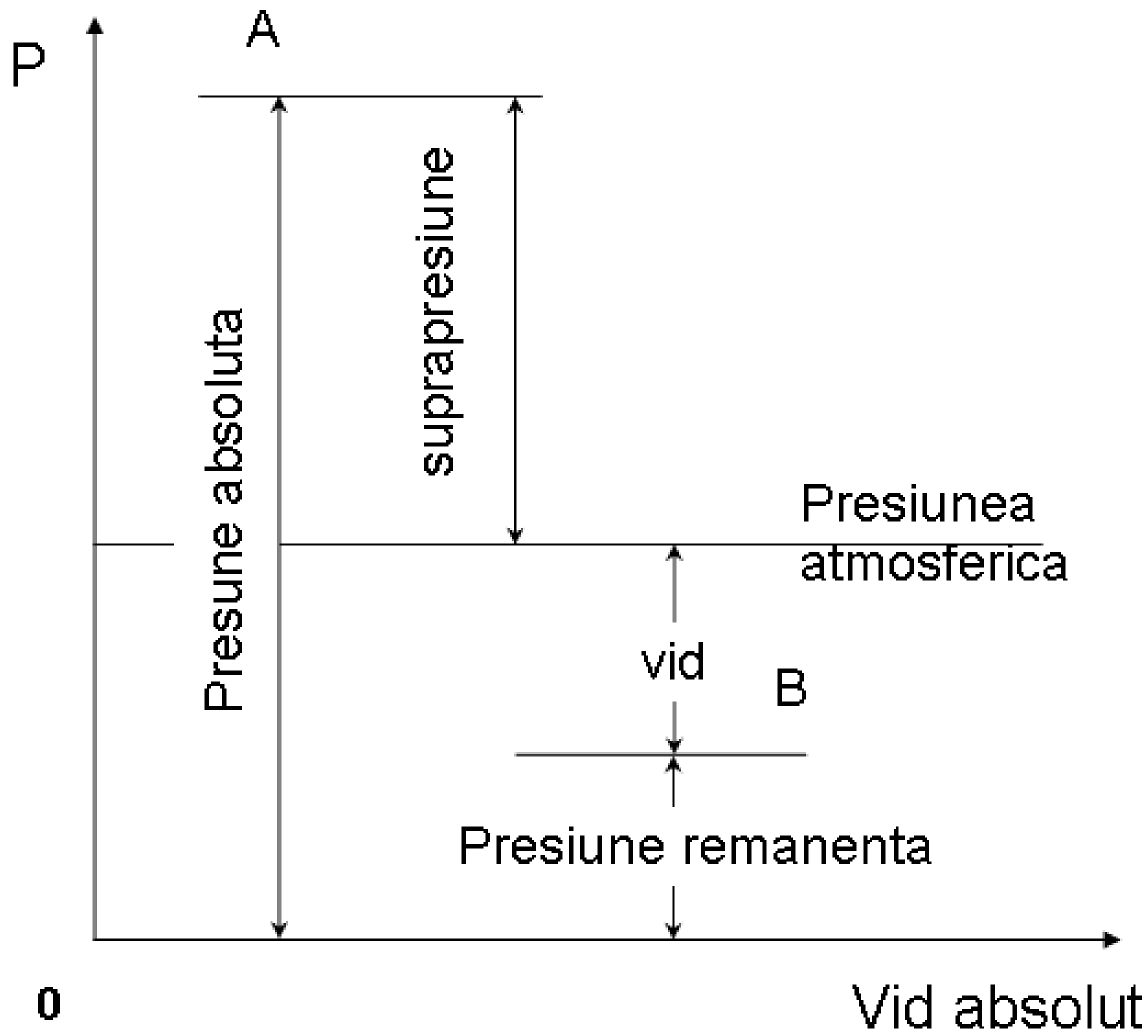

Fig.II.1
Moduri de masurare si de exprimare a presiunii statice

II.1.2. Ecuatiile diferentiale ale echilibrului hidrostatic in camp gravitational

Descrierea matematica a starii de echilibru a unui fluid este data de un set de ecuatii diferentiale cu derivate partiale, care rezulta din conditia necesara echilibrului. Aplicarea conditiei de echilibru se face asupra unui *element de volum de forma paralelipipedica* (volum de control) delimitat ipotetic din masa fluidului. Elementul de volum avand laturile **Δx**, **Δy** si **Δz** este raportat la un sistem de referinta cartezian (ortogonal), a carui axa z este orientata in sens invers sensului de actiune a fortei gravitationale (fig.II.2).

Conditia de echilibru presupune ca rezultanta tuturor fortelor care actioneaza asupra elementului de volum se fie zero. Fortele ce actioneaza asupra elementului de volum pe cele trei directii sunt prezentate in fig.II.2.

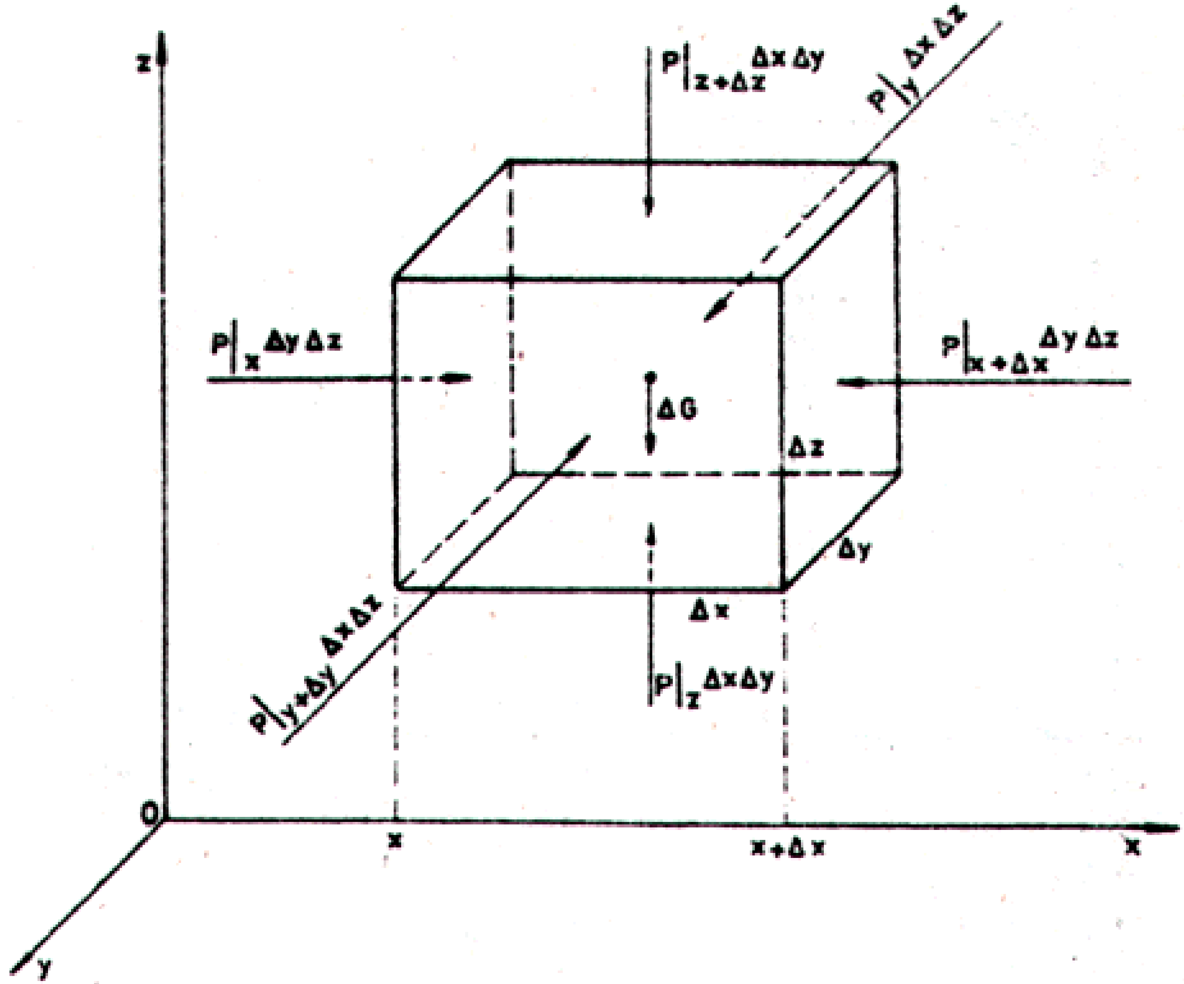

Fig. II.2
Forţele ce acţionează asupra unui element de volum de fluid, în echilibru în cîmp gravitaţional.

Conditia de echilibru a fortelor care actioneaza pe directia x va fi data de relatia:

$$P\big|_{x} \cdot \Delta y \cdot \Delta z - P\big|_{x+\Delta x} \cdot \Delta y \cdot \Delta z = 0 \qquad \text{(II.2)}$$

sau

$$\left(P\big|_{x} - P\big|_{x+\Delta x}\right)\Delta y \cdot \Delta z = 0 \qquad \text{(II.3)}$$

Prin acelasi rationament se scriu si conditia echilibrului pentru celelalte doua directii ale sistemului cartezian:

$-$ pentru directia y, avem :

$$(P\big|_{y} - P\big|_{y+\Delta y})\Delta x \cdot \Delta z = 0 \qquad \text{(II.4)}$$

$-\text{pe directia } z:$

Pe aceasta directie in afara fortelor de presiune actioneaza si forta de greutate **ΔG=ρgΔV=ρgΔxΔyΔz**, orientata in sens invers axei z. Deci conditia de echilibru este:

$$\left(P\big|_{z} - P\big|_{z+\Delta z}\right)\Delta x \Delta y - \rho g \Delta x \Delta y \Delta z = 0 \qquad \text{(II.5)}$$

Se imparte fiecare dintre ecuatiile de mai sus prin ΔV=ΔxΔyΔz si se trece la limita facand: $\Delta x \to 0, \Delta y \to 0, \Delta z \to 0$ obtinandu-se:

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{P\big|_{x} - P\big|_{x+\Delta x}}{\Delta x} = 0 \qquad \text{(II.6)}$$

$$\lim_{\Delta y \to 0} \frac{P\big|_{y} - P\big|_{y+\Delta y}}{\Delta y} = 0 \qquad \text{(II.7)}$$

respectiv:

$$\lim_{\Delta z \to 0} \frac{P\big|_{z} - P\big|_{z+\Delta z}}{\Delta z} - \rho g = 0 \qquad \text{(II.8)}$$

Prin definitie *derivata partiala de ordinul I* a unei functii de mai multe variabile este data de limita:

$$\lim_{\Delta x \to 0} \frac{P\big|_{x+\Delta x} - P\big|_{x}}{\Delta x} = \frac{\partial P}{\partial x} \qquad \text{(II.9)}$$

Tinand cont de aceasta definitie ecuatiile de mai sus devin:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial P}{\partial x} = 0 \\[2ex] \dfrac{\partial P}{\partial y} = 0 \\[2ex] \dfrac{\partial P}{\partial z} + \rho g = 0 \end{cases} \qquad \text{(II.10)}$$

Aceste ecuatii se numesc ecuatiile diferentiale ale *echilibrului hidrostatic in camp gravitational* sau *ecuatiile de echilibru ale lui Euler.* Din aceste relatii rezulta ca in interiorul unui fluid in echilibru in camp gravitational presiunea statica variaza numai pe directie verticala.

II.1.3. Aplicatii ale ecuatiilor echilibrului hidrostatic

Ecuatiile diferentiale ale echilibrului hidrostatic se pot integra pentru unele cazuri simple. Un astfel de caz este si *calculul presiunii hidrostatice exercitate de un fluid asupra peretilor unui recipient*.

Se considera ca intr-un recipient este depozitat un lichid. Daca presiunea la suprafata libera a lichidului este $\mathbf{P_0}$ se pune problema de a calcula presiunea in interiorul lichidului la o adancime **H** de la suprafata libera.

Se pleaca de la ecuatiile de echilibru ale lui Euler. Daca se inmulteste prima ecuatie cu **dx**, a doua cu **dy**, iar a treia cu **dz** si daca se aduna cele trei ecuatii, se obtine:

$$\frac{\partial P}{\partial x}dx + \frac{\partial P}{\partial y}dy + \frac{\partial P}{\partial z}dz = -\rho g dz \qquad \text{(II.11)}$$

Se recunoaste in membrul stang al relatiei de mai sus diferentiala totala a presiunii **P(x,y,z).** Prin urmare relatia devine:

$$dP = -\rho g dz \qquad \text{(II.12)}$$

A rezultat o ecuatie diferentiala cu variabile separabile care se integreaza direct, folosind conditiile limita care rezulta din fig.II.3

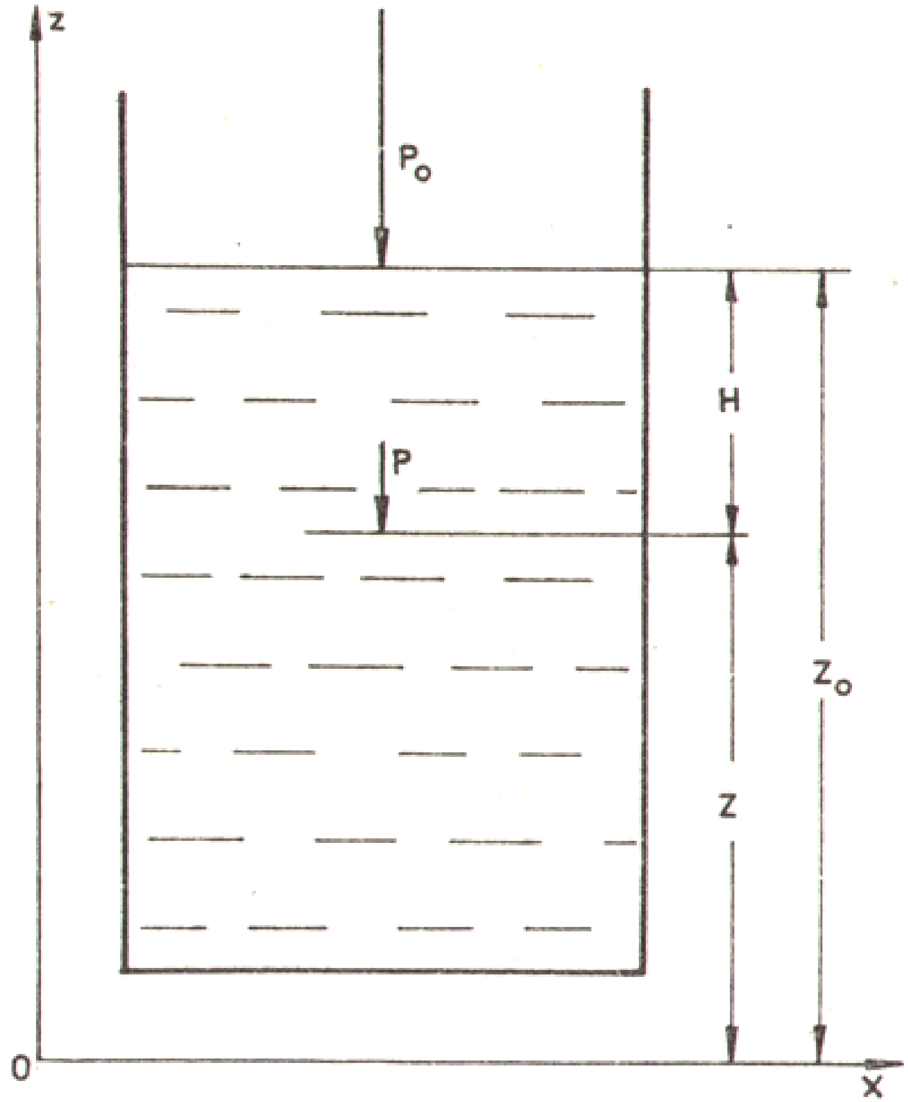

Fig. II.3
Calculul presiunii statice în interiorul unui fluid aflat într-un recipient

$$\int_{P}^{P_0} dP = -\rho g \int_{z}^{z_0} dz \qquad \text{(II.13)}$$

adica:

$$P = P_0 + \rho g(z_0 - z) \qquad \text{(II.14)}$$

si tinand cont ca, z_0-z = H, rezulta:

$$P = P_0 + \rho g H \qquad \text{(II.15)}$$

Relatia de mai sus este cunoscuta sub numele de *ecuatia fundamentala a hidrostaticii*. Din aceasta ecuatie rezulta ca presiunea **P** in interiorul lichidului la o adancime **H** este egala cu presiunea **P_0** care se exercita la suprafata libera la care se aduna *presiunea piezometrica* (*hidrostatica*) a coloanei de lichid de deasupa punctului unde se determina presiunea.

Ecuatia fundamentala a hidrostaticii are si alte aplicatii practice: permite explicarea *principiului vaselor comunicante*, *a principiului lui Arhimede*, a *principiului lui Pascal* etc.

O aplicatie importanta este si masurarea diferentelor de presiune cu *manometerle diferentiale*.

Cel mai simplu manometru diferential este un tub in forma de **U** confectionat dintr-un material transparent (sticla, de exemplu) umplut pana la un anumit nivel cu un *lichid manometric*, avand densitatea $\boldsymbol{\rho_M}$. Lichidul manometric trebuie *sa aiba densitatea mai mare decat densitatea* $\boldsymbol{\rho}$ *a fluidului masurat, sa nu fie miscibil si sa nu reactioneze cu fluidul masurat.*

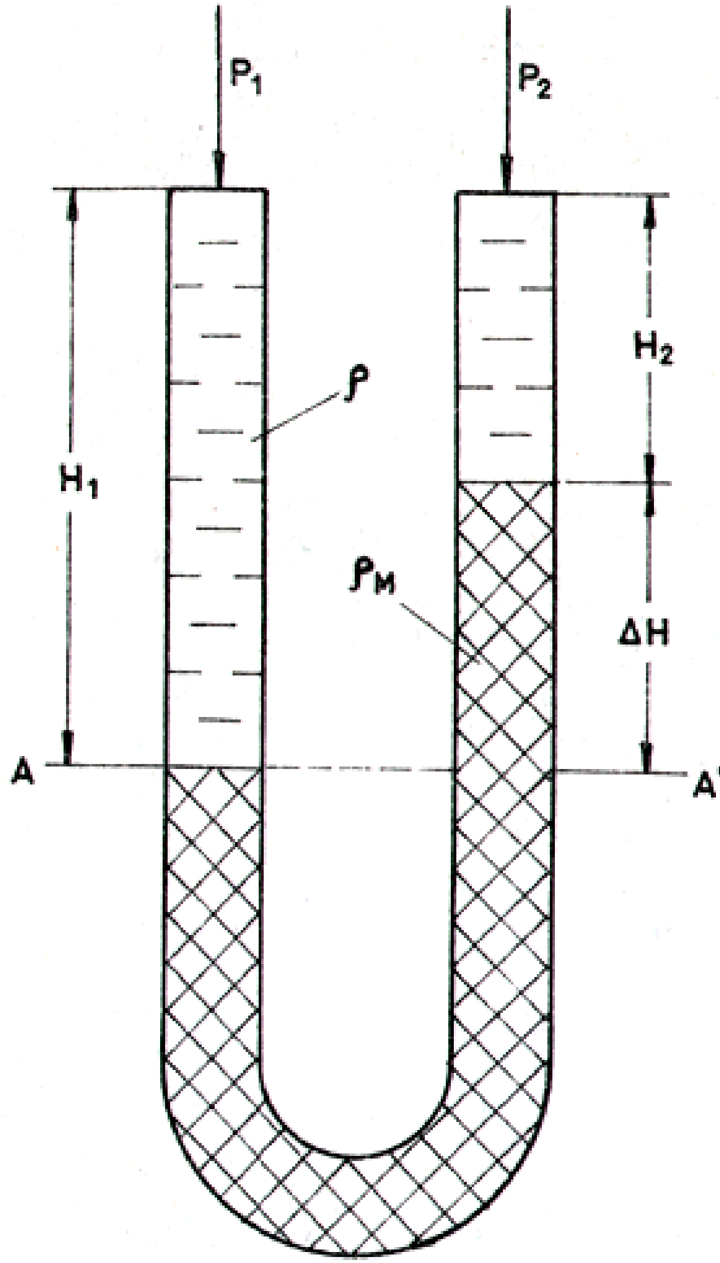

Fig. II.4
Manometrul diferențial.

Capetele libere ale manometrului se leaga la doua prize de presune. Daca presiunea este aceiasi in ambele brate **($P_1=P_2$),** pe principiul vaselor comunicante, nivelul lichidului manometric va fi acelasi in ambele brate. Daca **$P_1 \neq P_2$** , de exemplu daca **$P_1>P_2$** lichidul manometric se deniveleaza pana la stabilirea echilibrului hidrostatic.

Conditia de echilibru implica egalitatea presiunilor in cele doua ramuri ale manometrului in sectuinea in care nivelul lichidului manometeric este minim (sectiunea **A-A'** din fig. II.4).

Prin urmare tinand cont de ecuatia fundamentala a hidrostaticii, rezulta:

$$P_1 + \rho g H_1 = P_2 + \rho g H_2 + \rho_M g \Delta H \qquad \text{(II.16)}$$

Dar $\Delta P = P_1 - P_2$ si deci:

$$\Delta P = P_1 - P_2 = \rho g (H_2 - H_1) + \rho_M g \Delta H \qquad \text{(II.17)}$$

Dar $H_2 - H_1 = -\Delta H$ si relatia de mai sus devine:

$$\Delta P = (\rho_M - \rho) g \Delta H \qquad \text{(II.18)}$$

Daca masurarea presiunii se face pentru un gaz, pentru care $\rho << \rho_M$, ecuatia se simplifica:

$$\Delta P = \rho_M g \Delta H \qquad \text{(II.19)}$$

Pentru diferente de presiune foarte mici, precizia masuratorilor se poate mari utilizand manometre diferentiale inclinate la un unghi **α** fata de orizontala (fig.II.5).

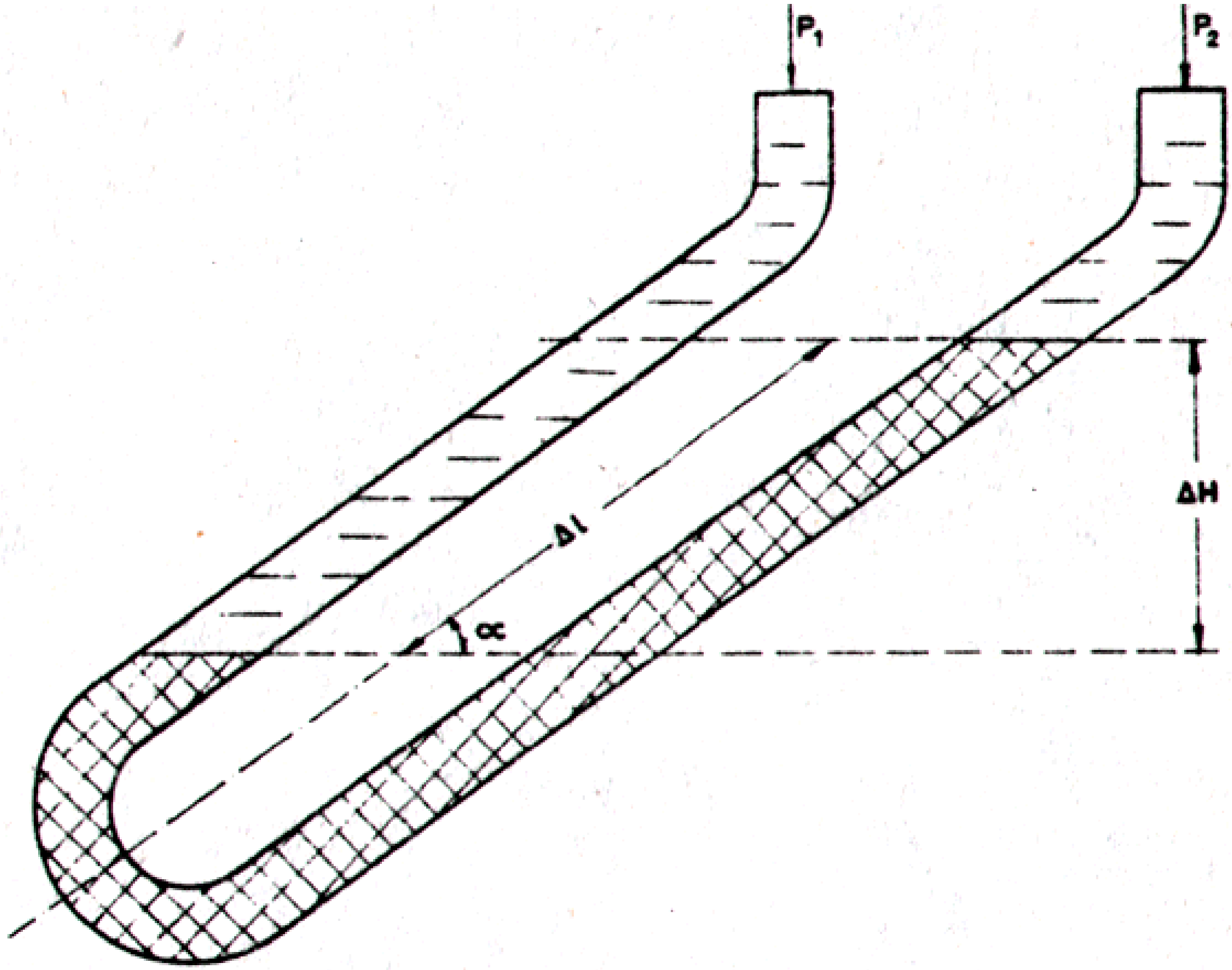

Fig. II.5
Manometrul diferenţial înclinat.

In acest caz:

$$\Delta H = \Delta l \sin \alpha \qquad \text{(II.20)}$$

iar caderea de presiune se calculeaza cu relatia:

$$\Delta P = (\rho_M - \rho) g \Delta l \sin \alpha \qquad \text{(II.21)}$$