

## قوى الضغط الهيدروستاتيكي:

عندما يُغمر سطح في سائل، فإنه تنشأ قوى ضغط هيدروستاتيكي عليه. ويكون من الهام تحديدها عند تصميم العديد من المنشآت الهيدروليكية. عندما يكون المائع ساكناً، فإنّ هذه القوى تكون عمودية على السطح حيث تنعدم قوى القص، بينما يتغيّر الضغط بشكل خطي مع العمق.

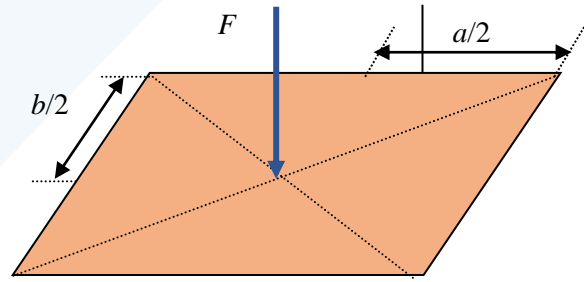
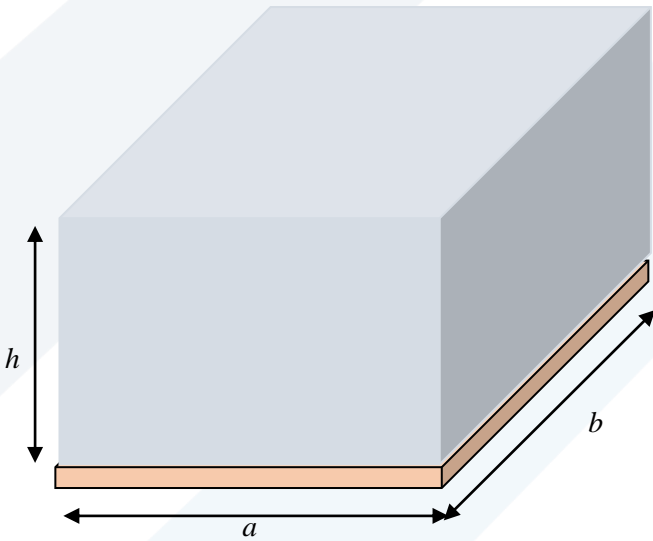
نقطة تأثير القوة التي يضغط بها المائع على صفيحة مستوية هي مركز الضغط نرمل له بـ  $C_p$ ، وهو يختلف عن مركز الثقل  $C_g$ .

وكلّما ازداد العمق، كلّما ازداد الضغط وبالتالي فإنّ مركز الضغط يقع دائماً أسفل مركز الثقل.

فيما يلي سنتعرف على قوة الضغط الهيدروستاتيكي المؤثرة على سطح مستو أفقي أو شاقولي أو يميل على الأفق بزوايا معينة، كما سنقوم بتحديد نقطة تأثيرها.

## قوة الضغط الهيدروستاتيكي المؤثرة على سطح مستو أفقي:

يكون الضغط في كلّ نقطة من السطح متساو.



يمكن حساب الضغط المؤثر على السطح A من العلاقة:

$$P = \rho \cdot g \cdot h = \gamma \cdot h$$

وبالتالي تكون القوة المؤثرة على السطح:

$$F = P \cdot A$$

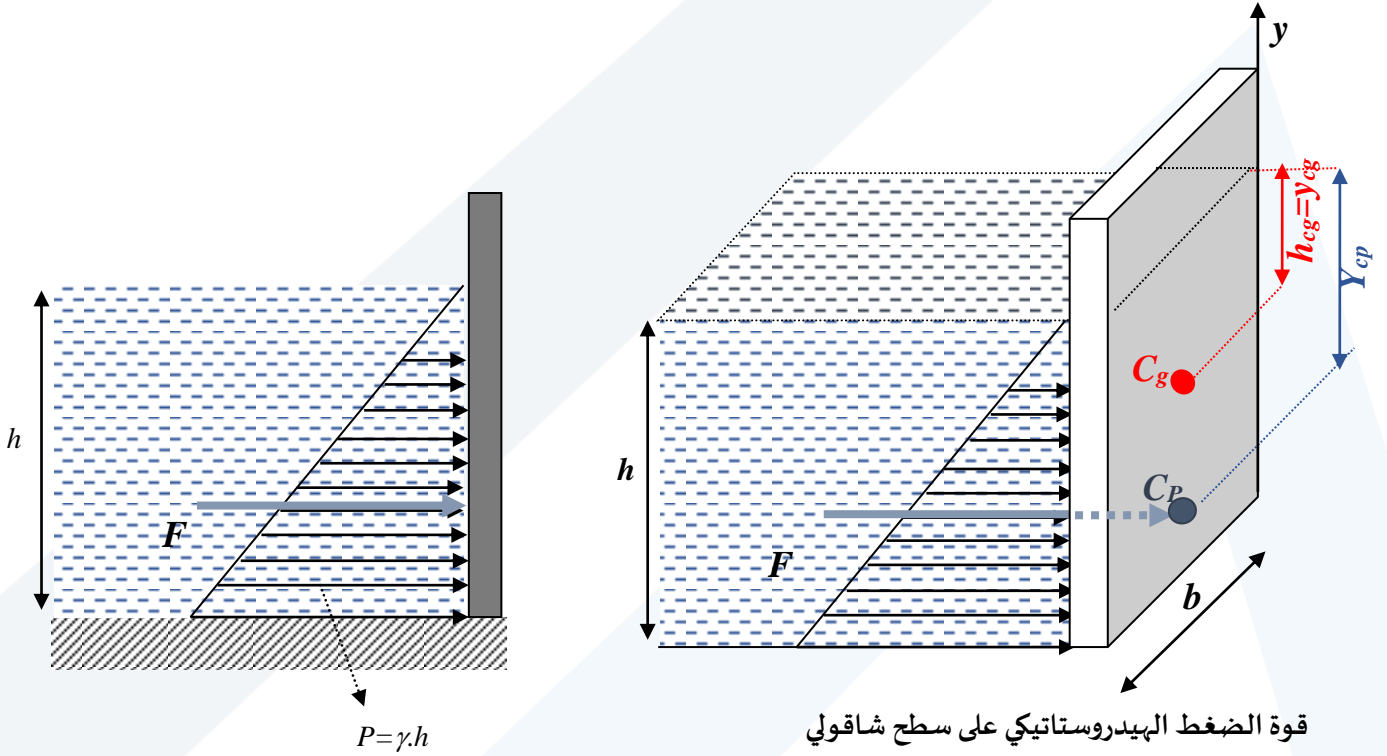
⇒

$$F = \rho \cdot g \cdot h \cdot A = \gamma \cdot h \cdot A$$

حيث A هي مساحة السطح:  $A = a \cdot b$

## قوة الضغط الهيدروستاتيكي المؤثرة على سطح شاقولي:

يزداد الضغط يزداد مع العمق في حالة السطح الشاقولي، وبالتالي يكون مركز تأثير قوة الضغط  $C_p$  يقع دائماً أسفل مركز الثقل  $C_g$ .



قوة الضغط الهيدروستاتيكي على سطح شاقولي

تساوي القوة المؤثرة على السطح الشاقولي:

$$F = \rho \cdot g \cdot h_{cg} \cdot A = \gamma \cdot h_{cg} \cdot A$$

وتكون نقطة تأثير القوة الهيدروستاتيكية (مركز الضغط) على السطح:

$$y_{cp} = \frac{I_{cg}}{y_{cg} \cdot A} + y_{cg}$$

$$y_{cp} = \frac{I_{cg}}{h_{cg} \cdot A} + h_{cg}$$

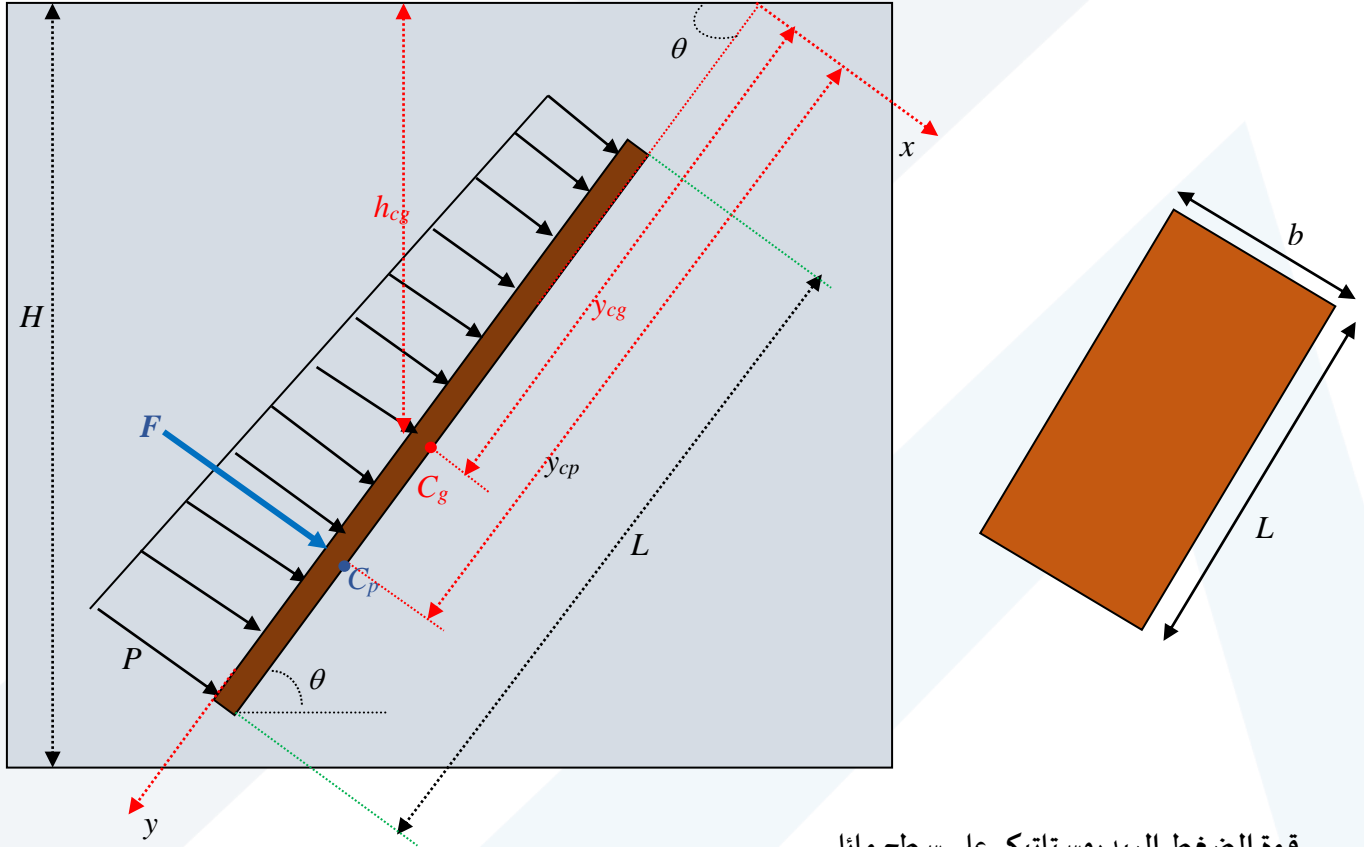
لكن:  $y_{cg} = h_{cg}$  وبالتالي:

حيث:  $I_{cg}$  هو عزم عطالة السطح بالنسبة لمحور مار من مركز ثقله:

$$I_{cg} = \frac{h^3 \cdot b}{12}$$

$$A = h \cdot b$$

قوة الضغط الهيدروستاتيكي المؤثرة على سطح مائل:



قوة الضغط الهيدروستاتيكي على سطح مائل

عندما يميل السطح بزاوية مقدارها  $\theta$  بالنسبة للأفق.

تساوي القوة المؤثرة على السطح المائل:

$$F = \rho \cdot g \cdot h_{cg} \cdot A = \gamma \cdot y_{cg} \cdot \sin \theta \cdot A$$

تكون نقطة تأثير القوة (مركز الضغط  $C_p$ ):

$$y_{cp} = \frac{I_{cg}}{y_{cg} \cdot A} + y_{cg}$$

$I_g$  هو عزم عطالة السطح بالنسبة لمحور مار من مركز ثقله ويساوي:

$$I_{cg} = \frac{L^3 \cdot b}{12}$$

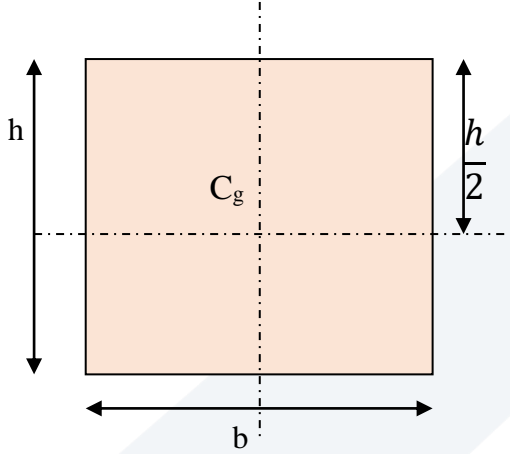
$$A = L \cdot b$$

ملاحظة 1:

عندما يكون السطح شاقولي فإن:

$$\theta = 90^\circ \Rightarrow \sin\theta = 1 \Rightarrow F = \rho \cdot g \cdot y_{cg} \cdot A = \rho \cdot g \cdot h_{cg} \cdot A$$

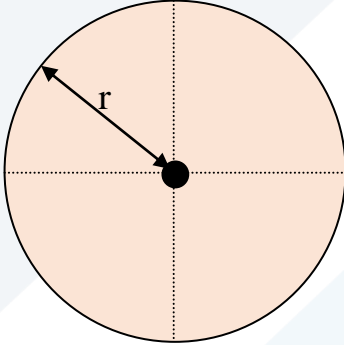
ملاحظة 2:



عزم العطالة للسطح للمستطيل:

$$I_{cg} = \frac{b \cdot h^3}{12}$$

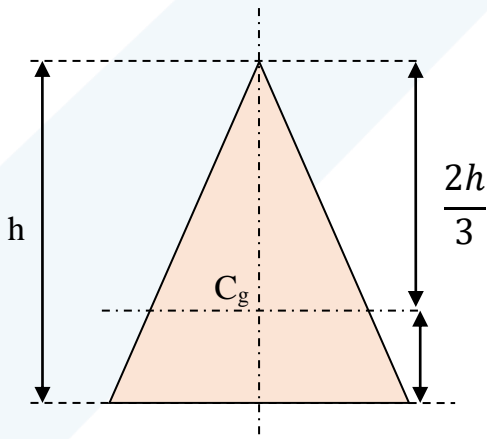
ومساحة السطح:  $A = b \cdot h$



عزم العطالة للسطح الدائري:

$$I_{cg} = \frac{\pi \cdot r^4}{4}$$

ومساحة السطح:  $A = \pi \cdot r^2$

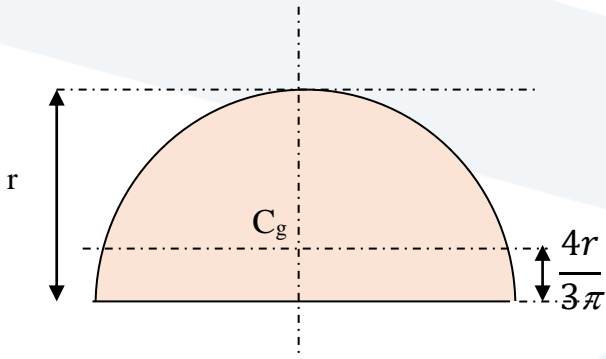


عزم العطالة للسطح للمثلث:

$$I_{cg} = \frac{b \cdot h^3}{36}$$

ومساحة السطح:  $A = \frac{1}{2} \cdot b \cdot h$

عزم العطالة للسطح نصف الدائري:



$$A = 0,11 \cdot r^4$$

$$A = \frac{\pi d^2}{12} \text{ ومساحة السطح:}$$

قوة الضغط الهيدروستاتيكي المؤثرة على سطح منحن:

قد يكون السطح المغمور ضمن السائل عبارة عن سطح منحن. في هذه

الهيدروستاتيكي F المؤثرة على السطح المنحني بتحليلها إلى مركبة شاقويبة  $F_V$  ومركبة احيبيبة  $F_H$

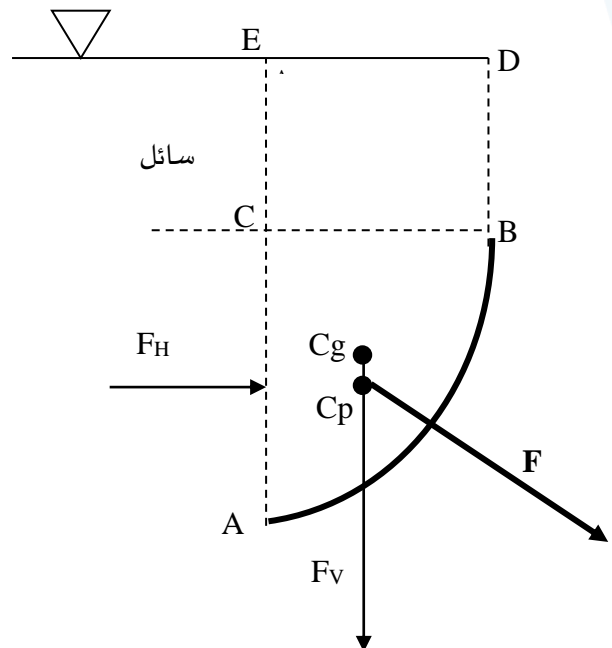
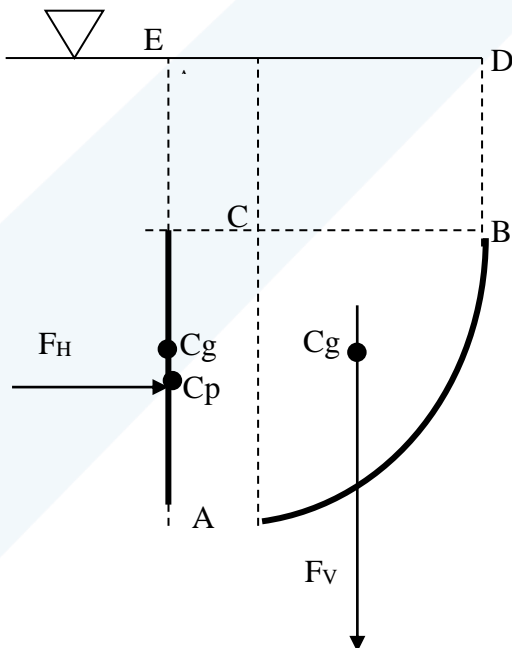
$$F = \sqrt{F_V^2 + F_H^2}$$

قوة الضغط الهيدروستاتيكي المؤثرة على سطح محدب:

تتألف القوة الناتجة عن ضغط المائع والمؤثرة على السطح المحدب من مركبتين أفقية وشاقولية يجب حساب كل منهما على انفراد.

نوضح على الشكل التالي مسقطاً شاقولياً لسطح محدب مغمور ضمن سائل ما. سندرس حالتين عندما يكون السائل يؤثر على السطح المحدب من الداخل أو من الخارج.

- السائل يؤثر من الجهة الداخلية:

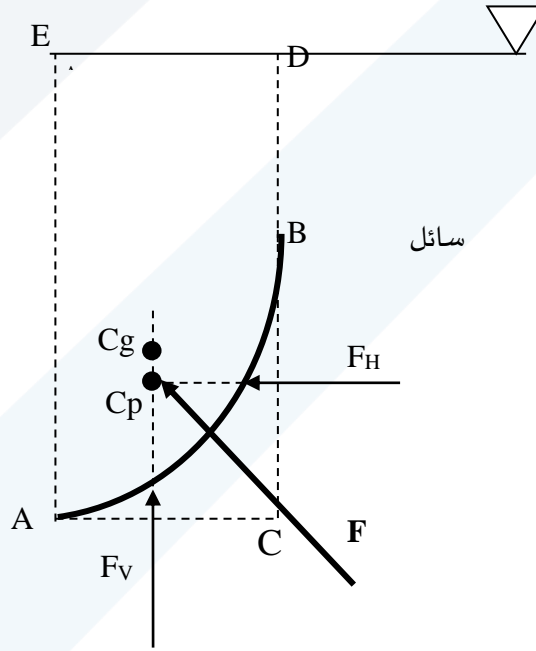


حيث:

المركبة الشاقولية  $F_V$  عبارة عن وزن عمود المائع الذي يملأ القطاع AEDBA الموجود فوق السطح المنحني وتؤثر في مركز الثقل وتتجه نحو الأسفل.

المركبة الأفقية  $F_H$  عبارة عن القوة المؤثرة على مسقط السطح المنحني على المستوى الشاقولي وتؤثر في مركز الضغط وتتجه نحو السطح.

- السائل يؤثر من الجهة الخارجية:



تكون في هذه الحالة:

المركبة الشاقولية  $F_V$  عبارة عن وزن عمود المائع الذي يملأ القطاع ABDCA، وتؤثر في مركز الثقل، وتتجه نحو الأسفل.

المركبة الأفقية  $F_H$  عبارة عن القوة المؤثرة على مسقط السطح المنحني على المستوى الشاقولي وتؤثر في مركز الضغط وتتجه نحو السطح.

وفي كلتا الحالتين تكون القوة المؤثرة على السطح المحدب:

$$F = \sqrt{F_V^2 + F_H^2}$$

وزاوية ميلها:

$$\text{tag}\theta = \frac{F_V}{F_H}$$

ونقطة تأثيرها هو مركز الضغط.

### مخطط الضغط (موشور الضغط):

بالنسبة للأسطح الشاقولية، يكون من السهل حساب قوة الضغط الهيدروستاتيكي باستخدام طريقة مخطط الضغط (موشور الضغط) لكنّها صعبة بالنسبة للأسطح المائلة.

إنّ موشور الضغط هو الموشور الذي قاعدته = السطح المطلوب حساب قوة الضغط المؤثرة عليه ( $bh$ ) وارتفاعه في أي نقطة هو ( $P=\rho.g.z$ ) حيث  $z$  هو البعد الشاقولي عن السطح الحر للسائل، أي أنّ:

قوة الضغط الهيدروستاتيكية = حجم الموشور

مثلاً:

سطح شاقولي مغمور ارتفاعه  $h$ ، عرضه  $b$  سيكون توزيع الضغط عليه كما هو موضح على الشكل، يؤثر الضغط عند العمق  $h$  بمقدار  $\gamma h$  وقوة الضغط ( $F=P.A$ ) تؤثر بشكل عمودي على السطح وتؤثر في مركز الضغط  $C_p$ .

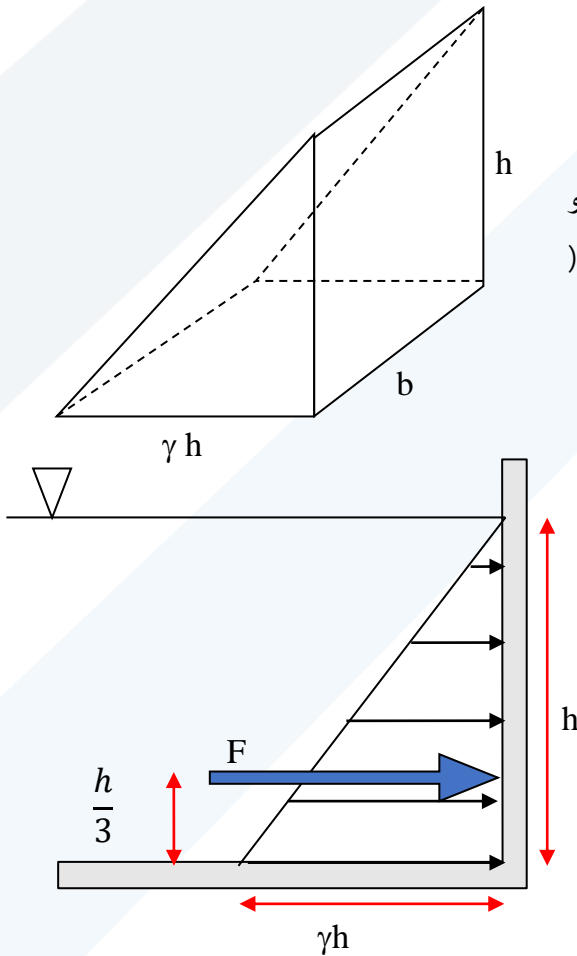
$$F = \frac{1}{2} \gamma h . b . h$$

حيث:

$b$ : عرض السطح و  $h$ : ارتفاعه.

نقطة تأثير قوة الضغط تقع في مركز الموشور أي ( $\frac{2h}{3}$ )

(وهو البعد الشاقولي لمركز الضغط عن السطح الحر للماء).



ملاحظة:

عندما يكون لدينا سائلين لايمتزجان  $\gamma_1$  و  $\gamma_2$  وعمق السائل الأول  $h_1$  وعمق السائل الثاني  $h_2$  والسطح الفاصل بينهما هو 1 سيكون توزيع الضغط كما هو موضح على الشكل:

وتكون القوة المؤثرة هي:

$$F = F_1 + F_2 + F_3$$

ولإيجاد نقطة تأثيرها نأخذ العزوم:

$$F \cdot y = F_1 \cdot y_1 + F_2 \cdot y_2 + F_3$$

