

به نام خداوند بخشنده و مهربان

مکانیک سیالات ۱

فصل ۲: مکانیک سیال ساکن

بخش ۱: مفهوم و رابطه فشار در سیال ساکن

دانشگاه آیت الله العظمی بروجردی (ره)

محاسبات عددی (استاد جودکی)



فهرست مطالب فصل



مفهوم فشار در سیال ساکن

قانون انتقال فشار

نیروهای وارده بر سطوح صاف و خمیده

شناوری

توزیع فشار در محفظه های متحرک



سیال ساکن

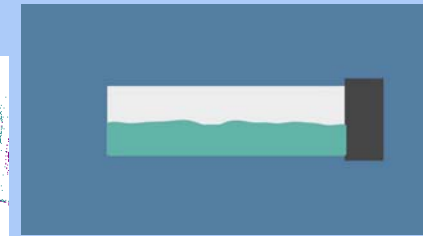
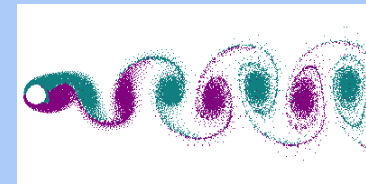
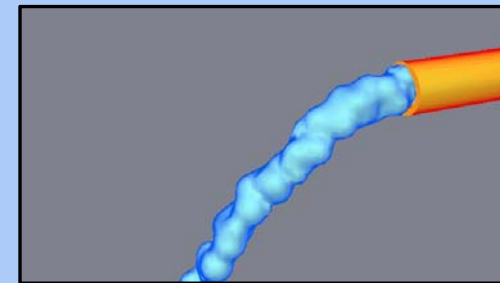


مکانیک سیالات شاخه ای از علم مکانیک است که به مطالعه رفتار سیال می پردازد.

مکانیک سیال

استاتیک سیالات
Fluid Static

دینامیک سیالات
Fluid Dynamic



فصل دوم : مکانیک سیال ساکن

دانشگاه آیت الله العظمی بروجردی (ره)

مکانیک سیالات ۱ (استاد جودکی)



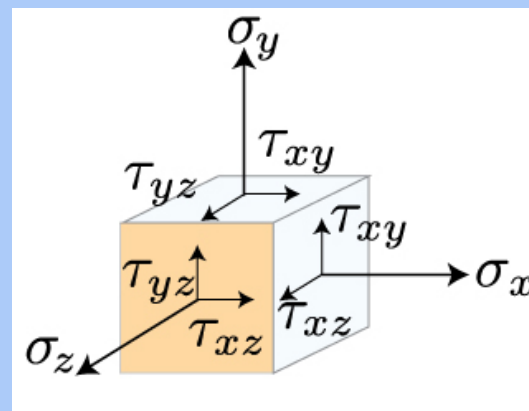
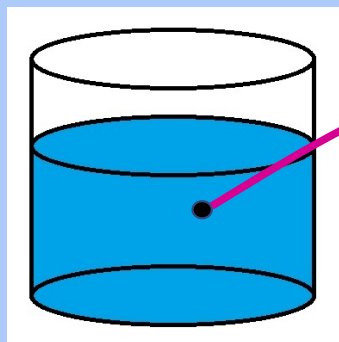
سیال ساکن



$$\tau_{ij} = 0$$

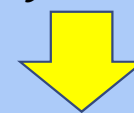
تنش برشی در هر نقطه از سیال ساکن صفر است. چرا؟

پاسخ: فصل قبل گفتیم که جریان سیال، همان لغزش و حرکت لایه های سیال روی هم است، که این حرکت در نتیجه نیروی برشی است. چون سیال ساکن حرکت ندارد پس $\tau = 0$



$$\tau_{ij} = 0$$

$$\sigma_x = \sigma_y = \sigma_z = \sigma_i$$



P فشار
(pressure)



قانون پاسکال: فشار در هر نقطه از سیال ساکن در کلیه جهات یکسان و مستقل از جهت است.

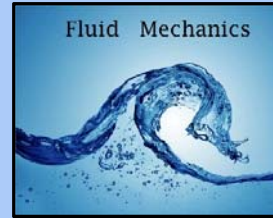
تعریف فشار: فشار در یک نقطه از سیال عبارت است از نیروی وارد شده از طرف سیال به بر واحد سطح آن نقطه.

$$P = \frac{F}{A}$$

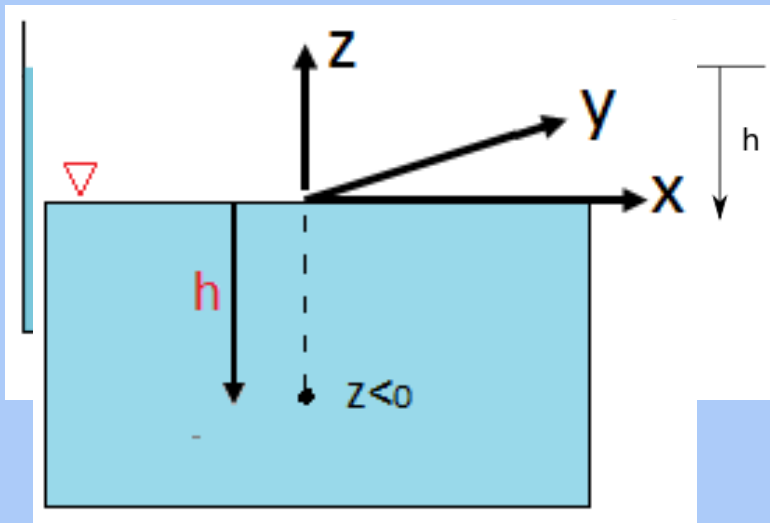
واحد فشار: نیوتن بر مترمربع (پاسکال، اتمسفر)



رابطه فشار در سیال ساکن:



در مایعات فشار هر نقطه ناشی از وزن ذرات و سیال در ارتفاع بالاتر از آن است. (اثبات در کتاب)



$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial p}{\partial x} = 0 \\ \frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g \\ \frac{\partial p}{\partial y} = 0 \end{array} \right.$$

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g$$

$$dp = -\rho g dz$$

$$\int_{p_0}^p dp = \int_0^z -\rho g dz$$

$$p - p_0 = -\rho g z$$

$$p = \rho g h + p_0$$



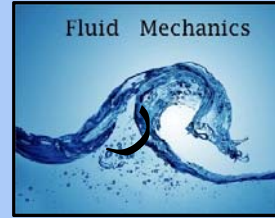
چگالی سیال

ارتفاع سیال

$$p = \rho gh + p_0$$

ثابت گرانش، 9.81 m/s^2

فشار هوای آزاد $\leftarrow p_0$



$$p = \rho gh + p_0$$

فشار مطلق:

$$p_g = p - p_0 = \rho gh$$

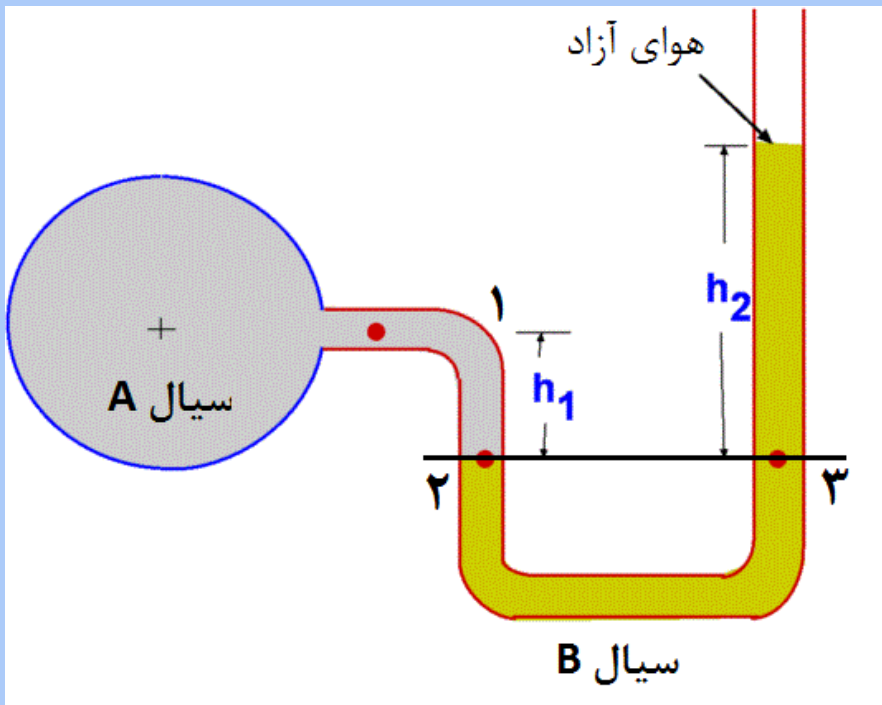
فشار نسبی:



مثال: فشار نقطه A را محاسبه کنید؟

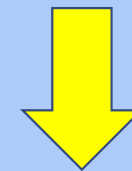
روش اول:

قانون برابری فشار در سطوح هم ارتفاع از یک سیال:



$$p_2 = p_3$$

$$p_2 = p_A + \rho_A g h_1 \quad p_3 = p_0 + \rho_B g h_2$$

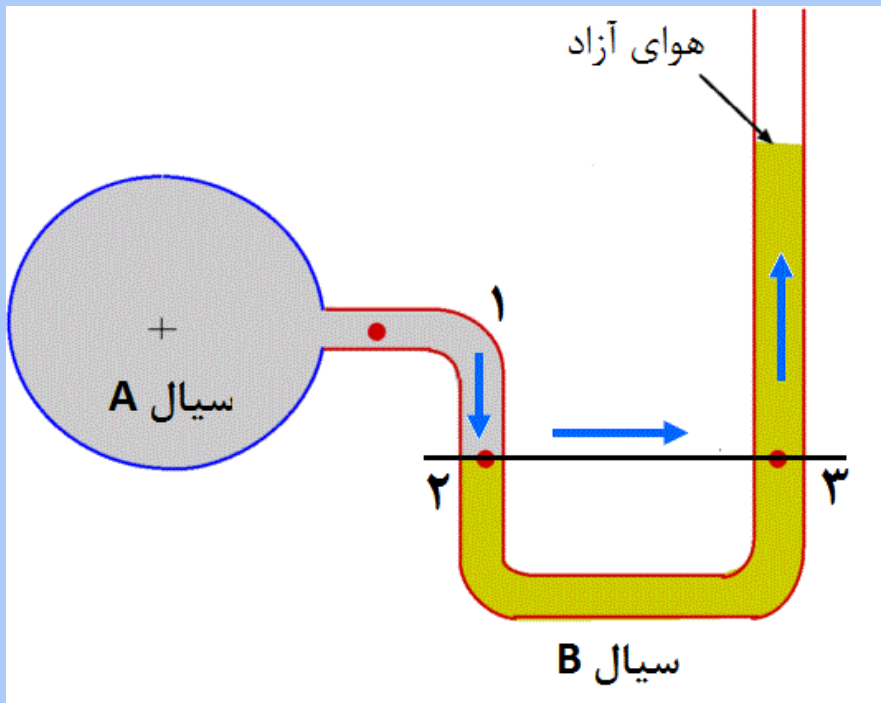


$$p_A = p_0 + \rho_B g h_2 - \rho_A g h_1$$

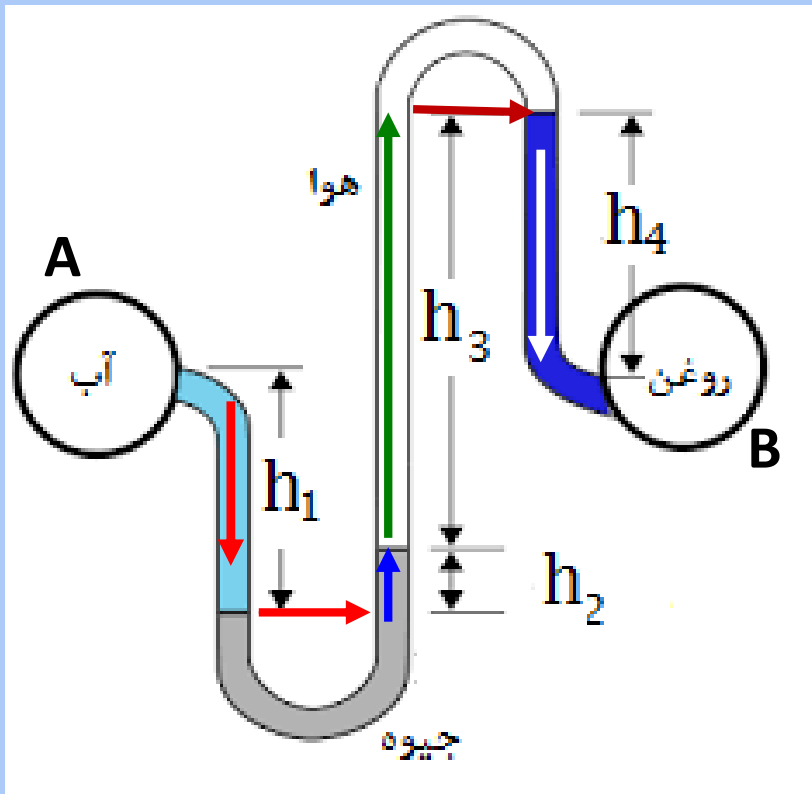
ادامه:

روش دوم:

- ۱- از یک سمت شروع می کنیم (مثلا در اینجا از نقطه ۱ یا A)
- ۲- حرکت درون لوله را شروع می کنیم. اگر حرکت به سمت پایین بود $+ \rho gh$ و در صورتی که حرکت ره به بالا بود $- \rho gh$ را اضافه می کنیم.
- ۳- اگر به سطح مشترک رسیدیم به سمت دیگر سطح جابجا شویم.



$$p_A + \rho_A g h_1 - \rho_B g h_2 = p_0$$



$$p_A + \rho_w g h_1 - \rho_{hg} g h_2 - \rho_a g h_3 + \rho_{oil} g h_4 = p_B$$



2.33 In Fig. P2.33 the pressure at point A is 25 psi. All fluids are at 20°C. What is the air pressure in the closed chamber B?

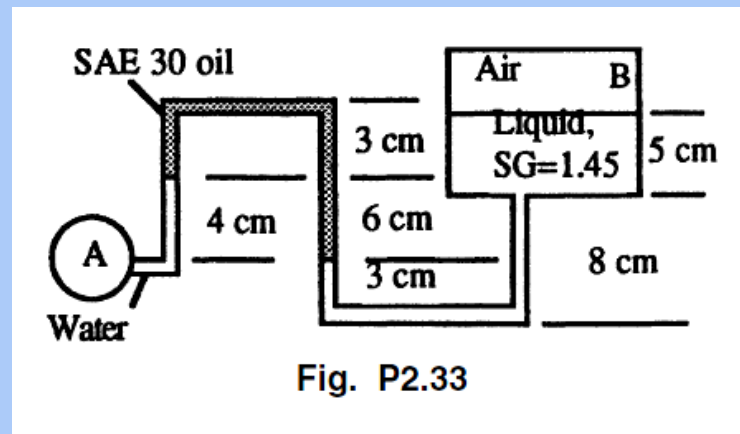
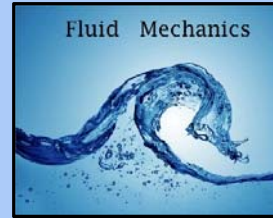


Fig. P2.33

$$\begin{aligned}
 p_A + \sum \gamma h &= 172400 - (9790 \text{ N/m}^3)(0.04 \text{ m}) + (8720)(0.06) - (14196)(0.10) \\
 &= p_B = 171100 \text{ Pa} \div 47.88 \div 144 = \mathbf{24.8 \text{ psi}} \quad \text{Ans.}
 \end{aligned}$$



به نام خداوند بخشنده و مهربان

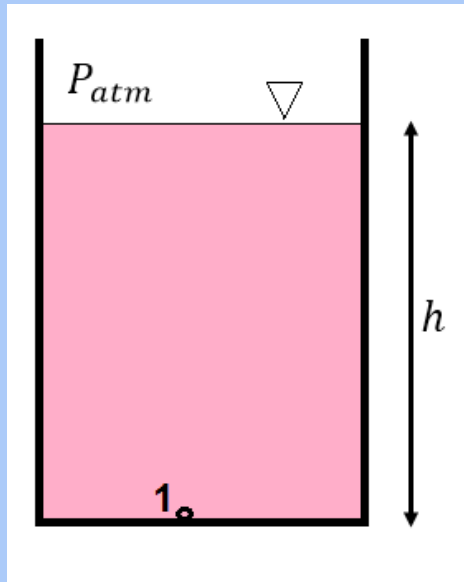
مکانیک سیالات ۱

فصل ۲: مکانیک سیال ساکن

بخش ۲: قانون پاسکال، نیروی وارده به سطوح صاف

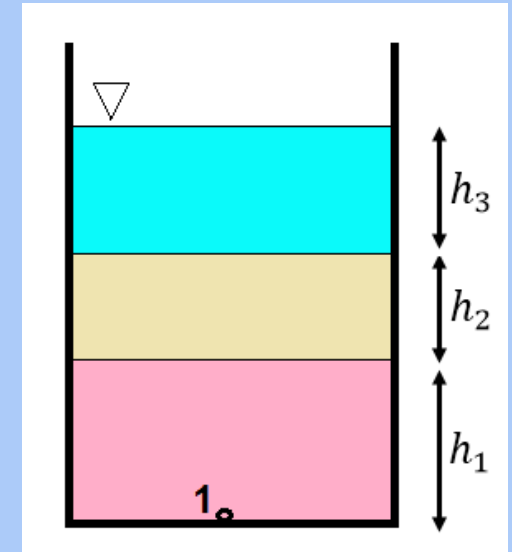


مثال:



$$P_{atm} + \rho gh = P_1$$

$$P_{atm} + \rho_1gh_1 + \rho_2gh_2 + \rho_3gh_3 = P_1$$

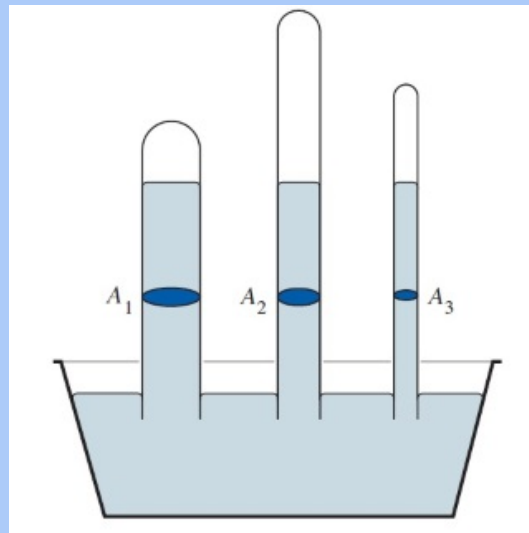
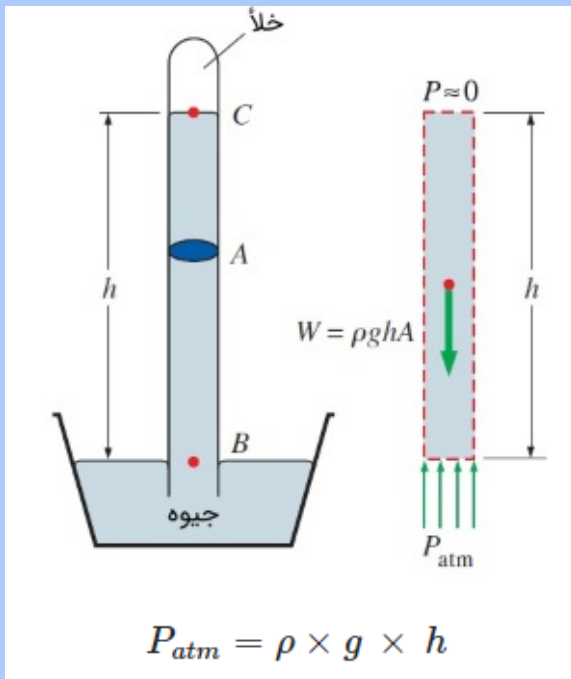




اندازه گیری فشار بارومتر (Barometer)



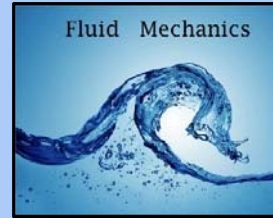
دستگاهی است که برای اندازه گیری فشار اتمسفر P_{atm} به کار می رود.
 وارونه کردن لوله پر از جیوه درون یک ظرف محتوی جیوه، می توان فشار جو را اندازه گیری کرد.



$$1 \text{ atm} = 76 \text{ cmhg}$$



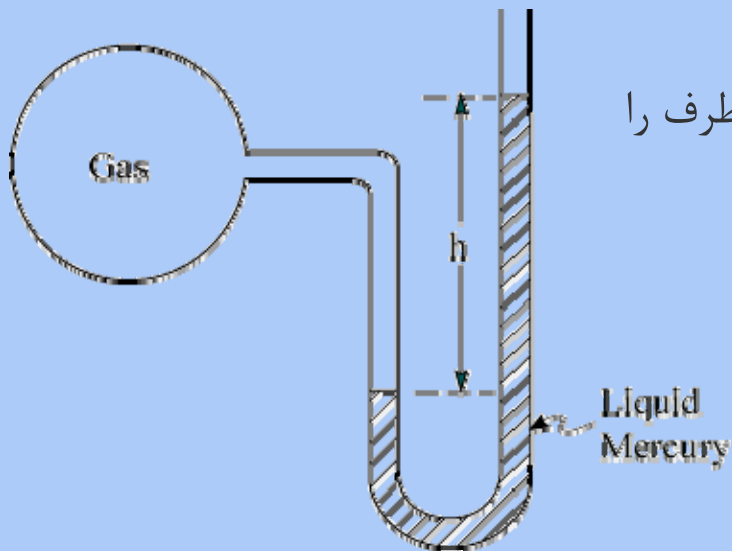
اندازه گیری فشار مانومتر (manometer)



دستگاهی است که برای اندازه گیری فشار به کار می رود.

در واقع مانومتر فشار سنجی است که با آن فشار گاز محبوس در یک ظرف را اندازه گیری می کنند

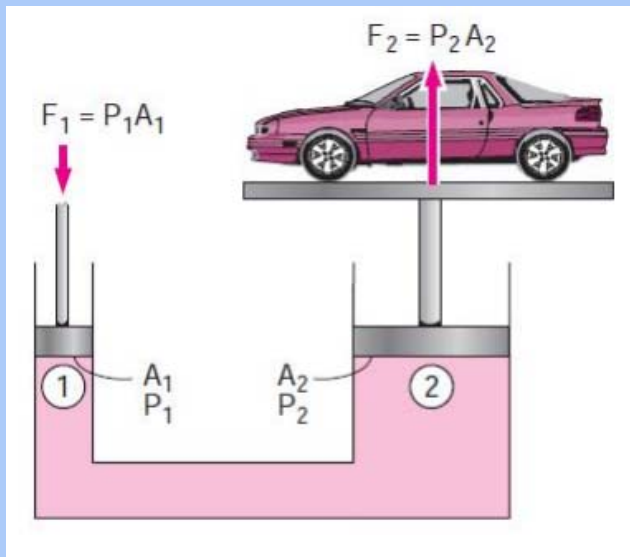
معمولاً در مانومتر از جیوه استفاده می شود.



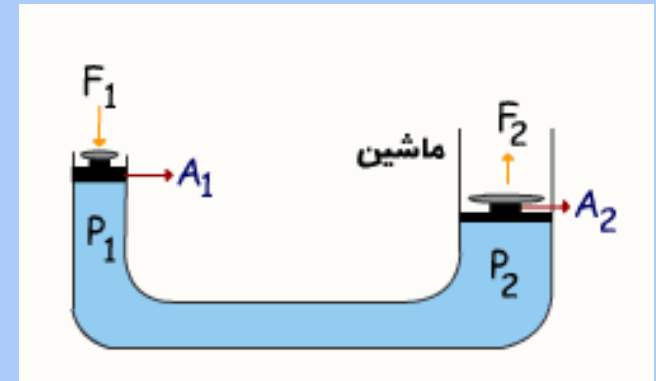


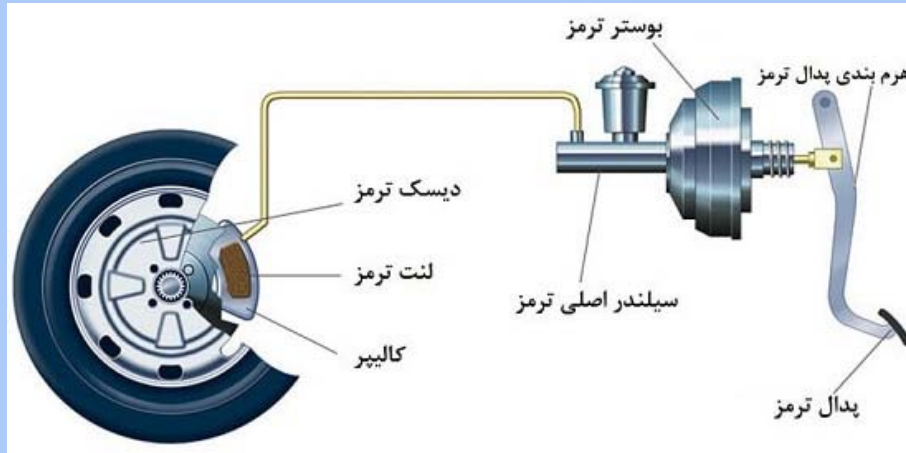
قانون پاسکال:

در حالت تعادل یک سیال تراکم ناپذیر که در محیط بسته قرار دارد، فشار وارد بر خود را بدون کاهش به تمام دیگر نقاط سیال انتقال می‌دهد.

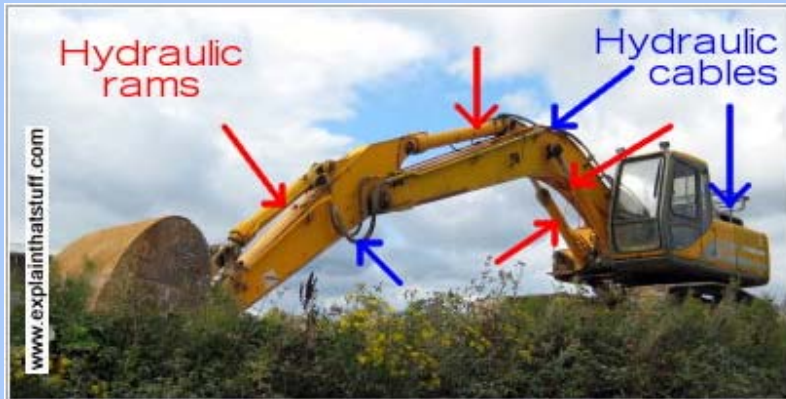


$$P_1 = P_2 \rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1}$$





کاربرد:



فصل دوم : مکانیک سیال ساکن

دانشگاه آیت الله العظمی بروجردی (ره)

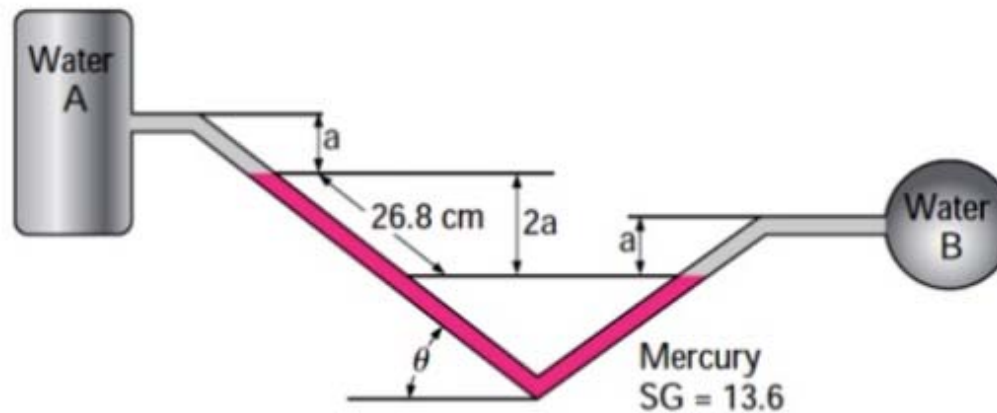
مکانیک سیالات ۱ (استاد جودکی)



Exercise 3

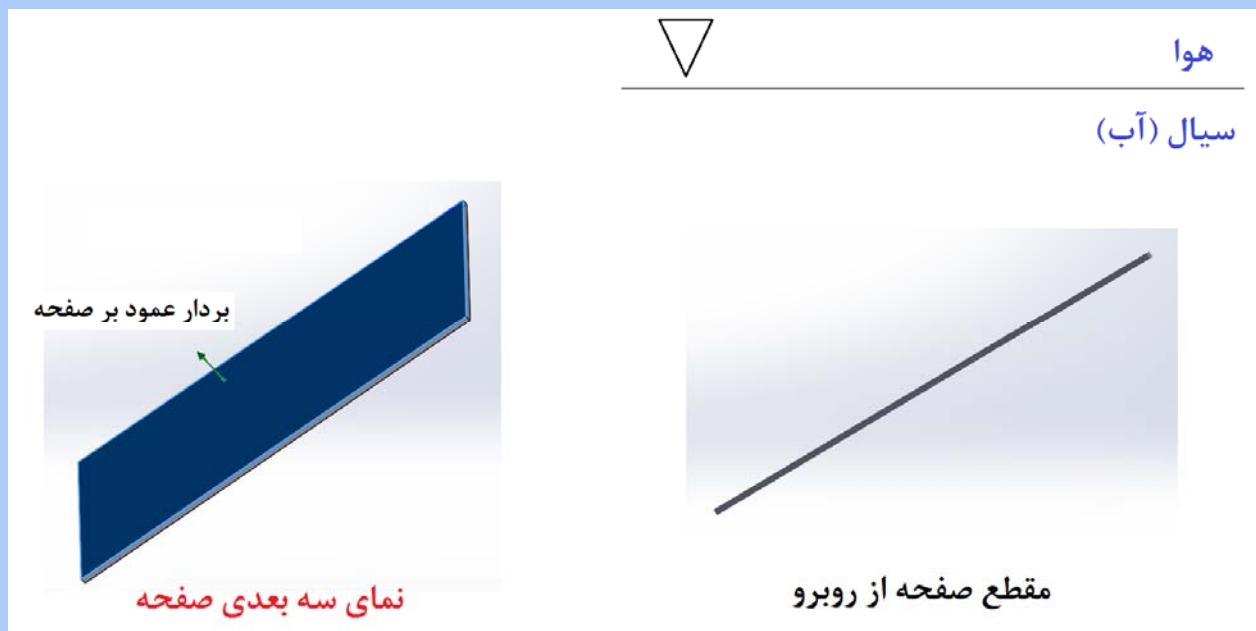
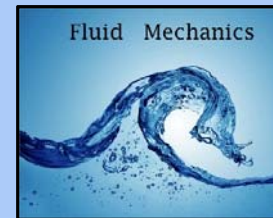
Clip slide

- Two water tanks are connected to each other through a mercury manometer with inclined tubes, as shown in the Fig. below. If the pressure difference between the two tanks is 20 kPa, calculate a and θ .



Ans $a = 7.50 \text{ cm}$ $\theta = 34.0^\circ$

نیروی وارده بر سطوح در سیال ساکن





سه سوال اساسی:



مقدار نیرو؟

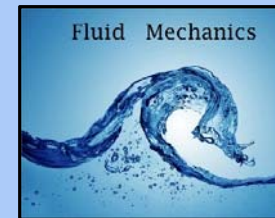
۱

محل اثر نیرو؟

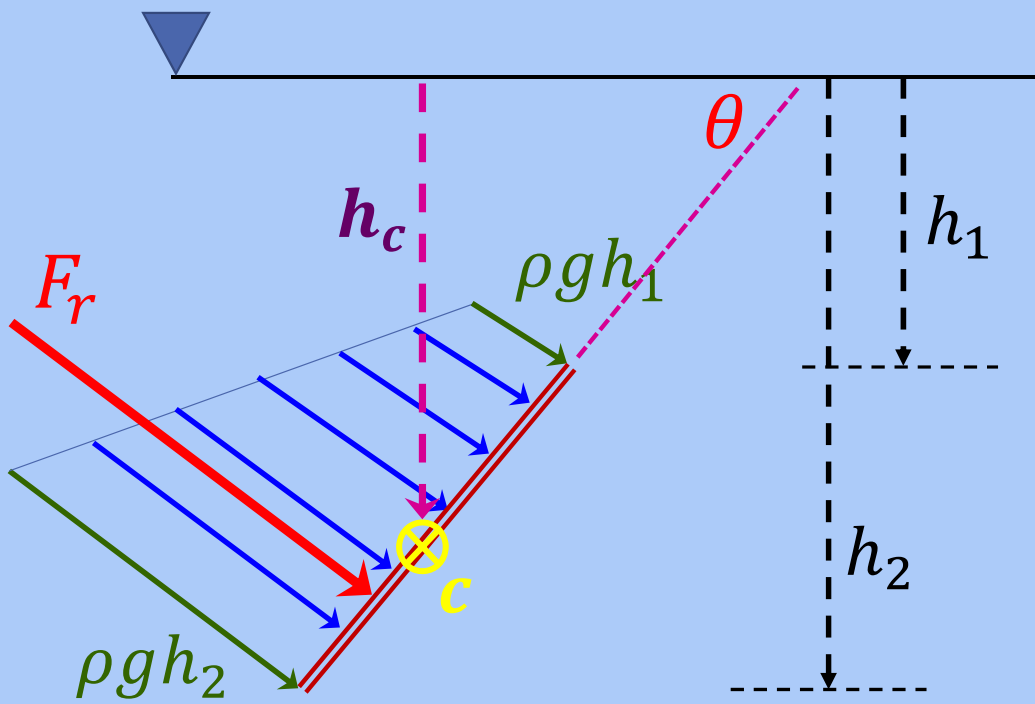
۲

جهت و راستای نیرو؟

۳

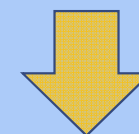


پاسخ سوال ۱:



مرکز سطح صفحه \otimes_c

ارتفاع مرکز سطح از سطح آزاد h_c



$$F_r = P_c \cdot A = (\rho g h_c + p_{atm}) \cdot A$$



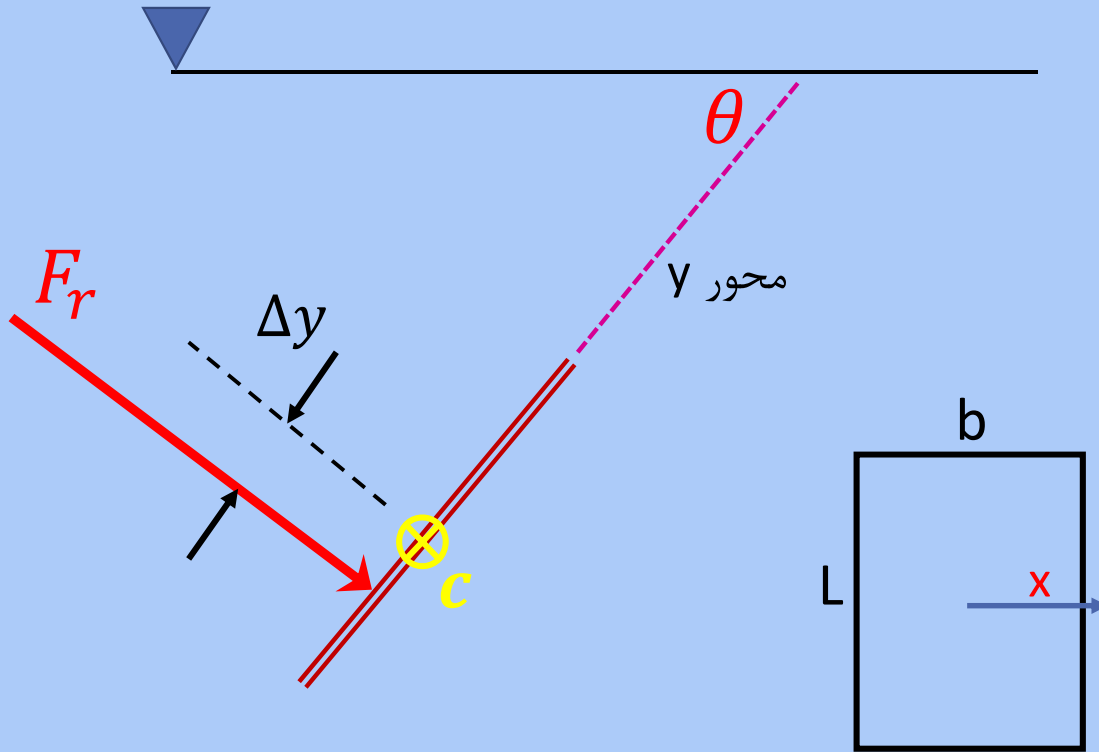
پاسخ سوال ۲:

محل اثر نیرو کجاست؟

$$\Delta y = -\frac{\rho g \sin(\theta)}{F_r} I_x$$

I_x گشتاور دوم سطح حول محور x

$$I_x = \frac{1}{12} bL^3$$



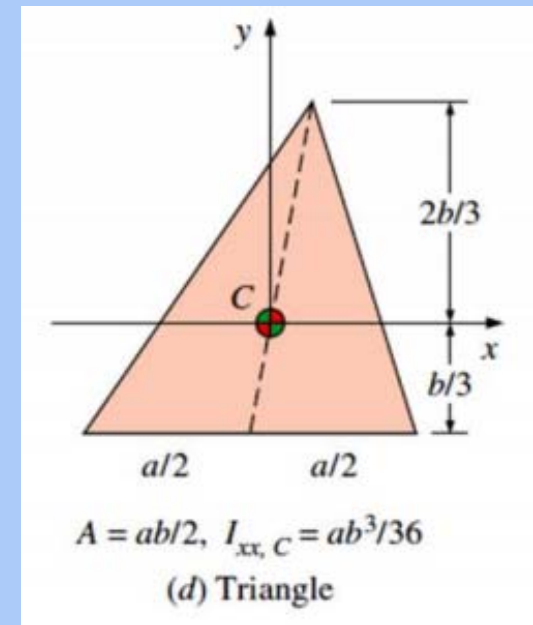
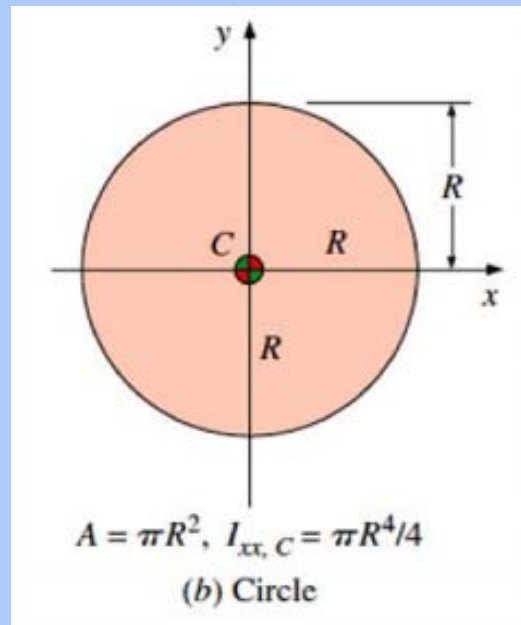
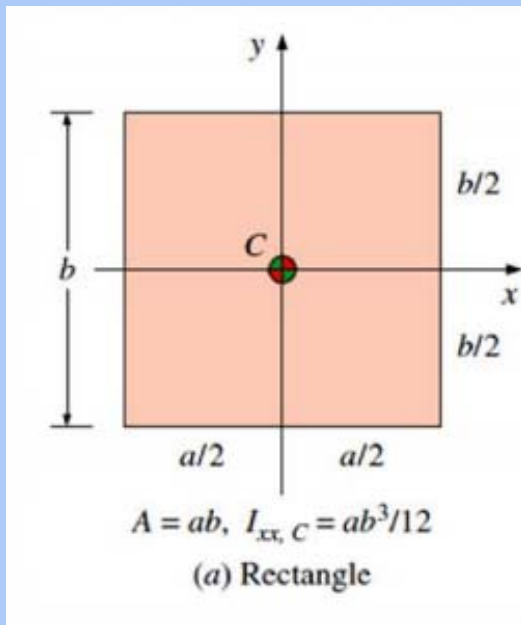
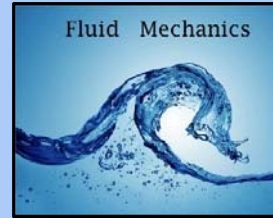
فصل دوم : مکانیک سیال ساکن

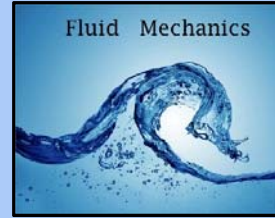
دانشگاه آیت الله العظمی بروجردی (ره)

مکانیک سیالات ۱ (استاد جودکی)



روابط محاسبه گشتاور دوم سطح



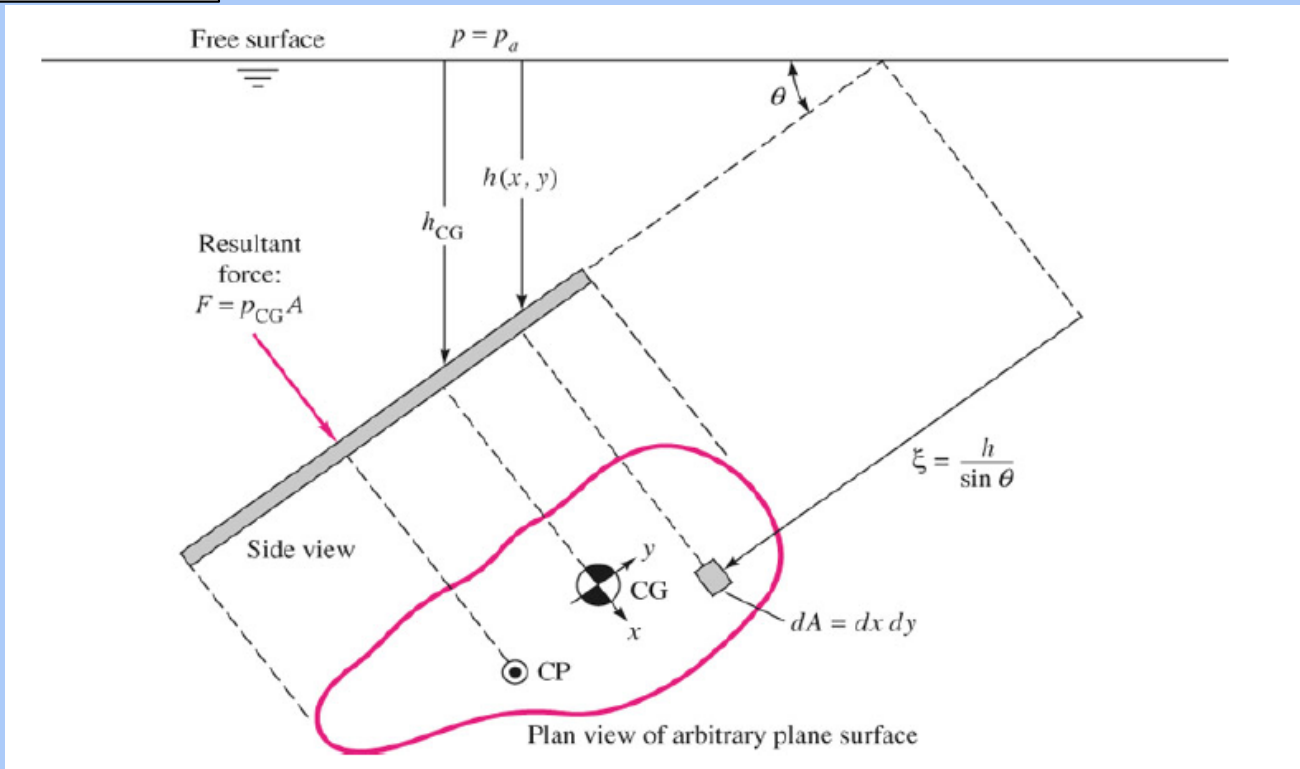


پاسخ سوال ۳:

راستا و جهت نیرو؟ پاسخ: عمود بر صفحه

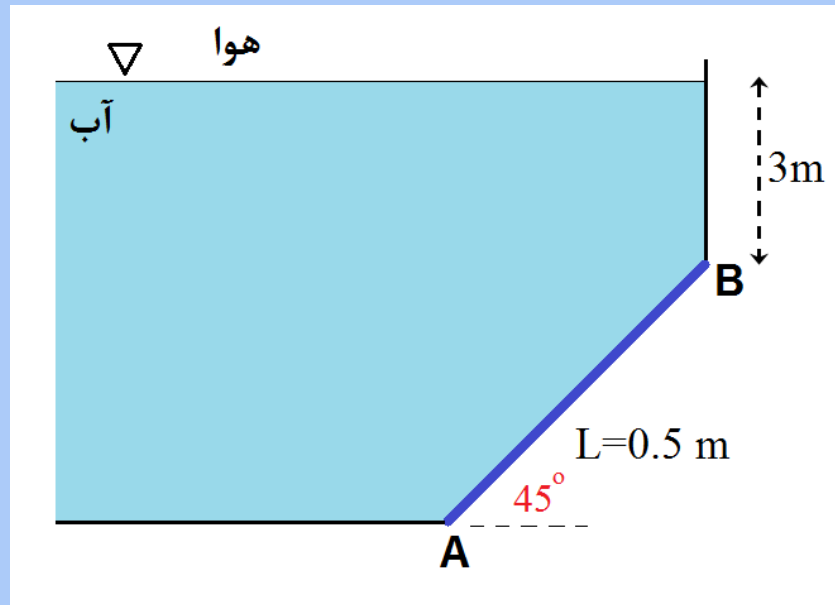


اثبات:



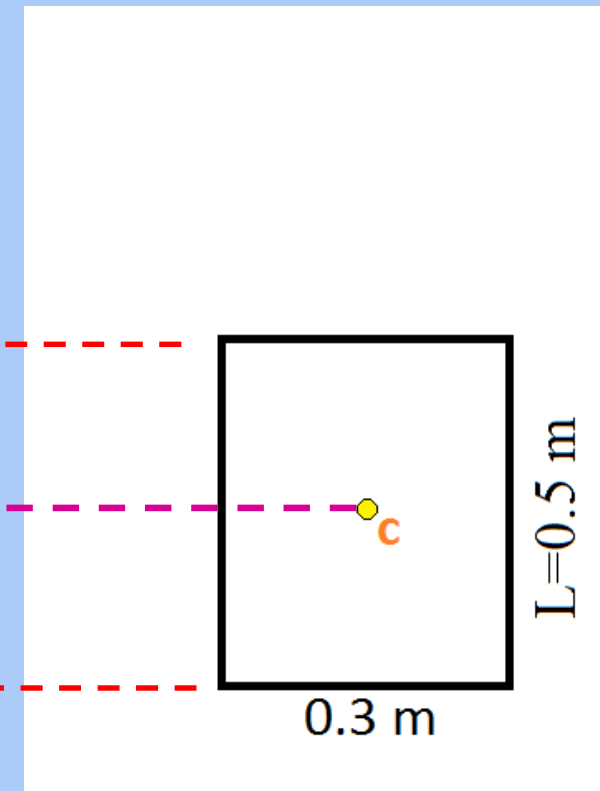
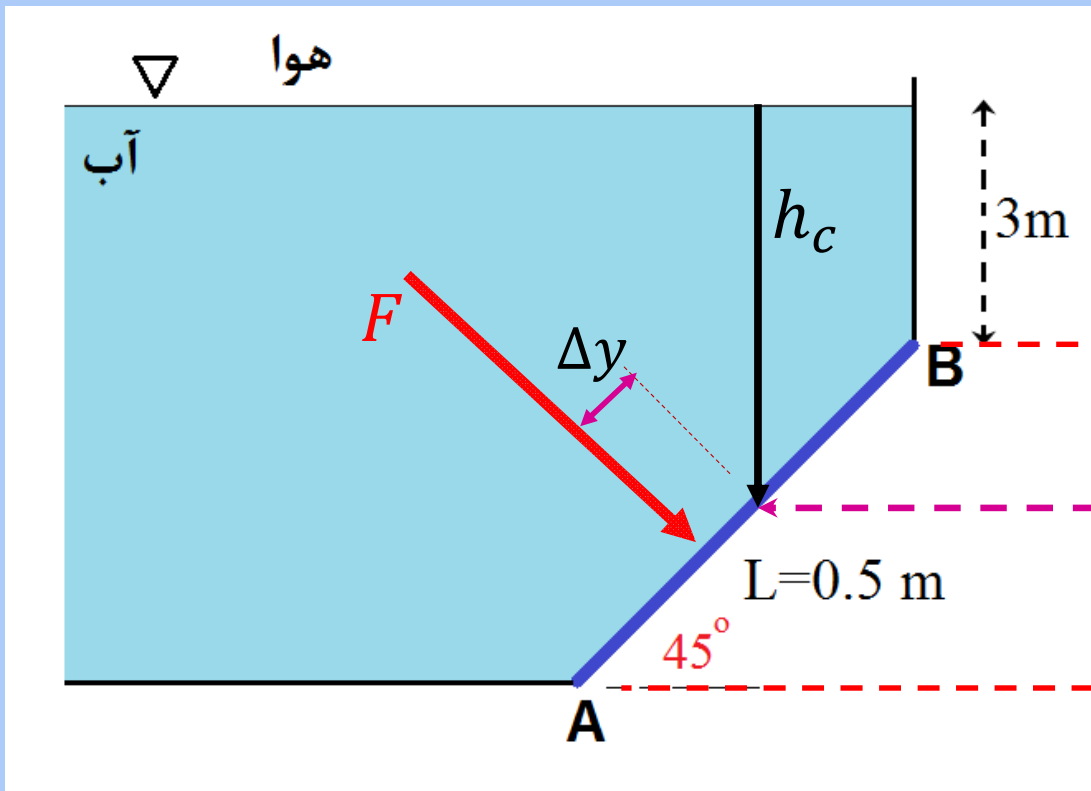


مثال: نیروی وارده بر صفحه AB درون آب را به دست آورید؟ محل اثر نیرو را بیابید؟
صفحه مستطیلی به ابعاد ۰.۳ در ۰.۵ متر می باشد.





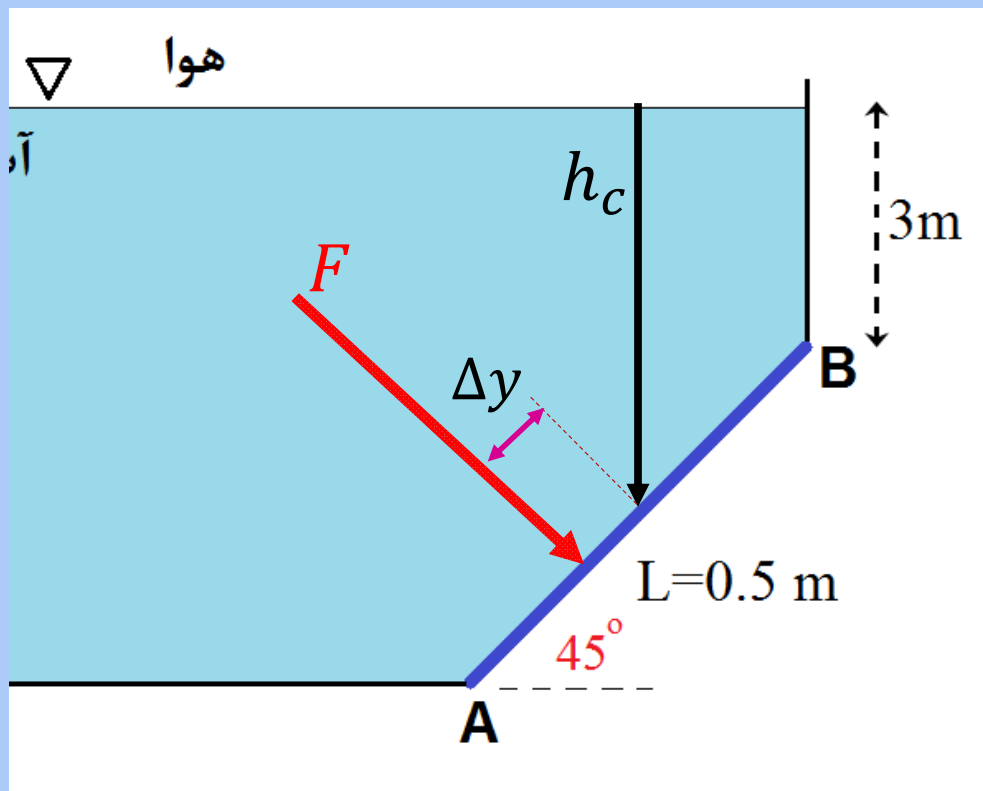
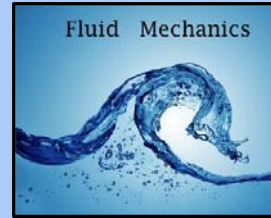
پاسخ:



فصل دوم : مکانیک سیال ساکن

دانشگاه آیت الله العظمی بروجردی (ره)

مکانیک سیالات ۱ (استاد جودکی)



$$h_c = 3 + \frac{0.5 \times \sin(45)}{2} = 3.18 \text{ m}$$

$$p_c = \rho g h_c = 1000 \times 9.81 \times 3.18 = 31195 \text{ pa}$$

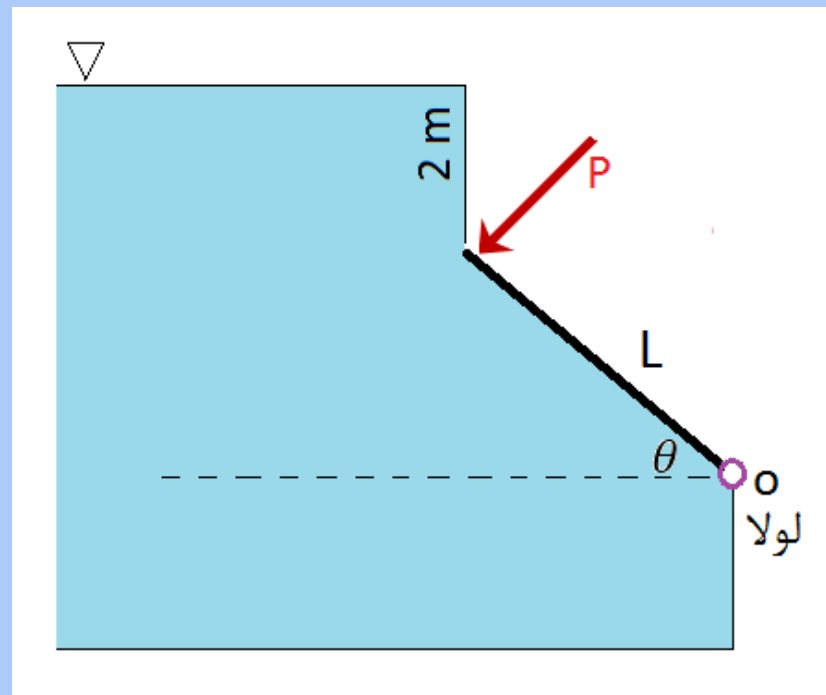
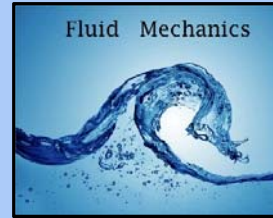
$$F = p_c \cdot A = 31195 \times (0.5 \times 0.3) = 4679 \text{ N}$$

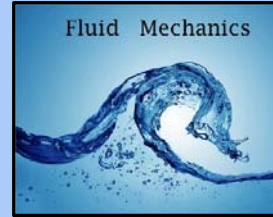
$$\left\{ \begin{array}{l} I = \frac{1}{12} \times 0.3 \times 0.5^3 = 0.003125 \text{ m}^4 \\ \theta = 45 \end{array} \right.$$

$$\Delta y = -\frac{\rho g \sin(\theta)}{p_c \cdot A} I = -0.0046 \text{ m}$$



مثال: نیروی P لازم برای بسته نگه داشتن دریچه حول نقطه O را محاسبه کنید؟
زاویه $30^\circ = \theta$ درجه ابعاد صفحه مستطیلی: $L=0.4$ m پهنای صفحه ۱ متر



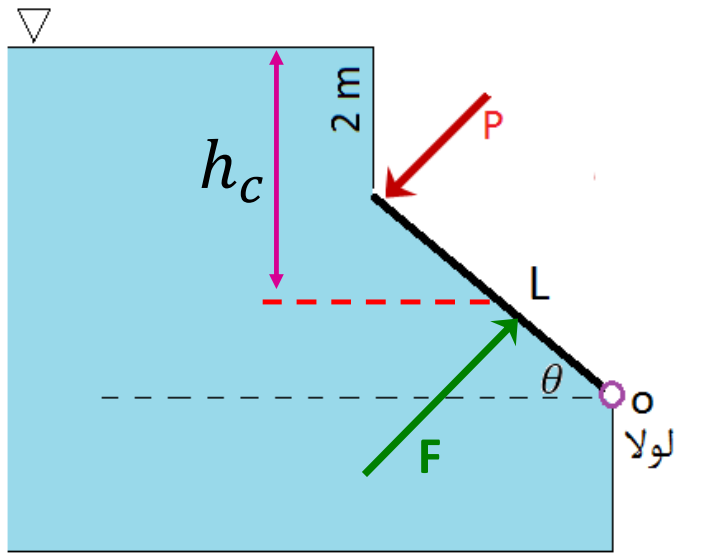


$$h_c = 2 + \frac{0.4 \times \sin(30)}{2} = 2.1 \text{ m}$$

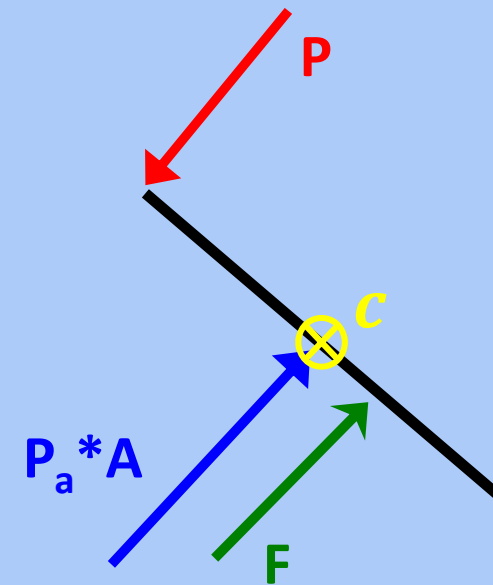
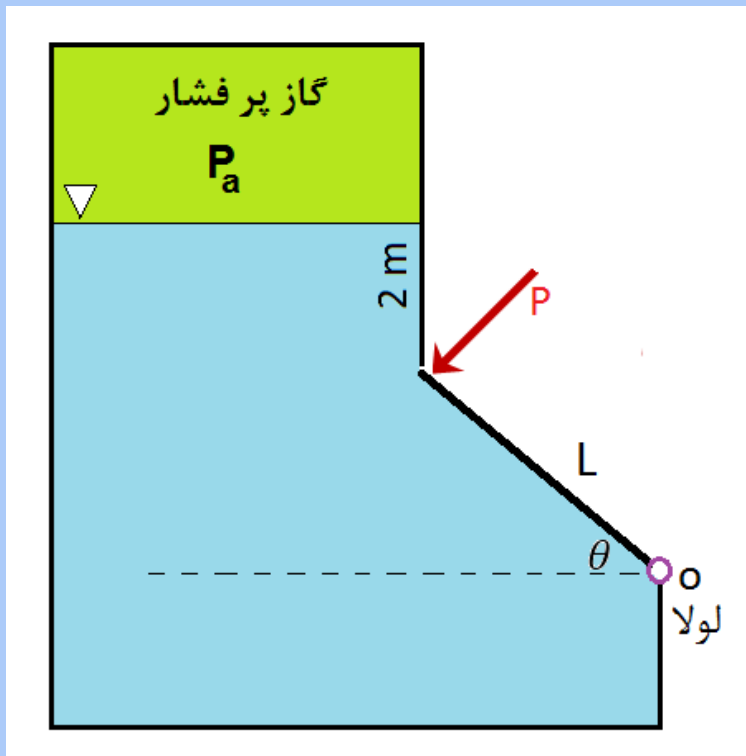
$$p_c = \rho g h_c = 1000 \times 9.81 \times 2.1 = 20601 \text{ pa}$$

$$F = p_c \cdot A = 20601 \times (0.4 \times 1) = 8240.4 \text{ N}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} I = \frac{1}{12} \times 1 \times 0.4^3 = 0.0053 \text{ m}^4 \\ \theta = 30 \\ \Delta y = -\frac{\rho g \sin(\theta)}{p_c \cdot A} I = -0.003 \text{ m} \end{array} \right.$$

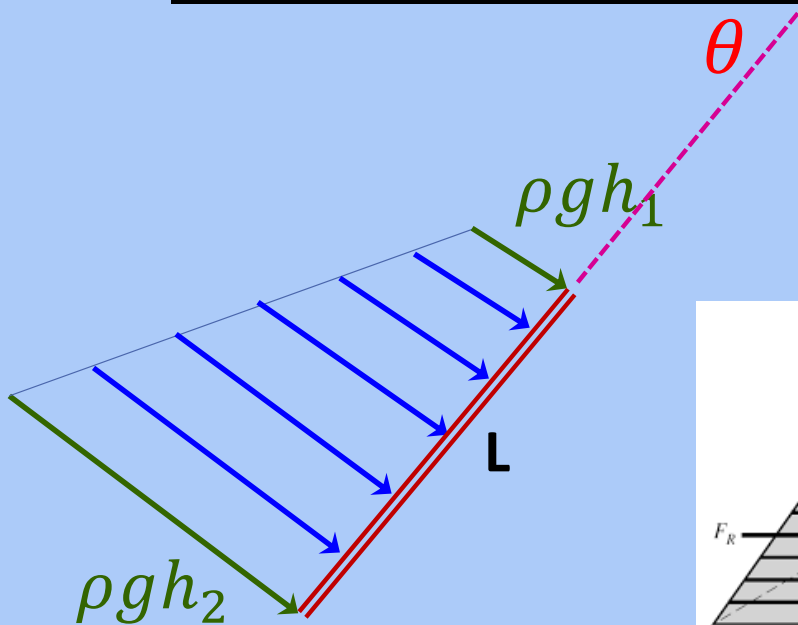


$$\sum M_o = 0 \quad \Rightarrow \quad P \times 0.4 - 8240.4 \times \left(\frac{0.4}{2} - 0.003 \right) = 0 \quad \Rightarrow \quad \boxed{P = 4058.4 \text{ N}}$$

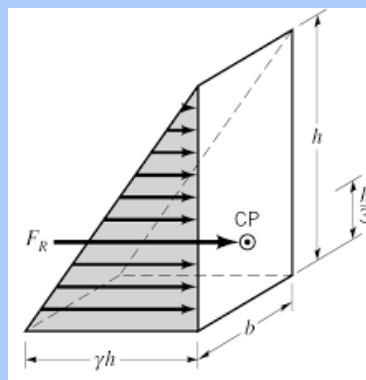




روش منشوری برای محاسبه نیرو:



$$\frac{(\rho g h_1 + \rho g h_2)}{2} \times L \times w = F$$



محل اثر نیرو: مرکز حجم منشور

