

بِسْمِ تَعَالَى

تاریخ برگزاری: ۱۴۰۱ / ۱۲ / ۱۴

وینار کشوری با عنوان:

رفع چالشها و کج فهمی های مبحث فشار در لوله های U شکل

ناگفتنیهایی از فشار در لوله های شکل

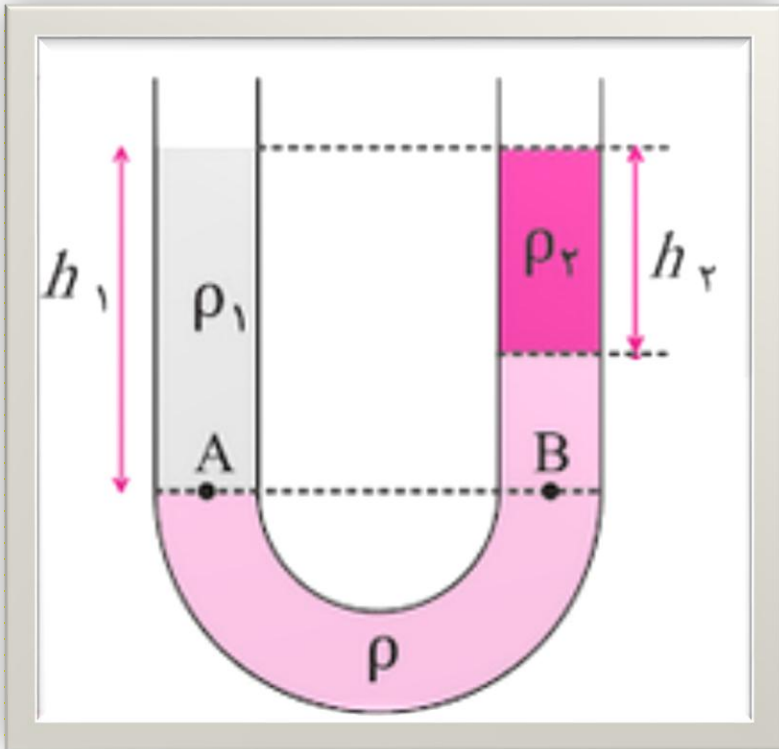
مدرس: زهرا جلیلیان



# لوله‌های U شکل

## یافتن خط تراز و نقاط هم‌فشار

- ✓ در لوله‌های U شکل دو یا چند مایع مخلوط نشدنی ریخته می‌شود و مواردی از قبیل چگالی، ارتفاع، مقایسه فشار در دو نقطه و... خواسته می‌شود.
- ✓ ابتدا سطح تراز را رسم کنید. از پایین به بالا و اولین مرز جدایی بین دو مایع همان سطح تراز است.

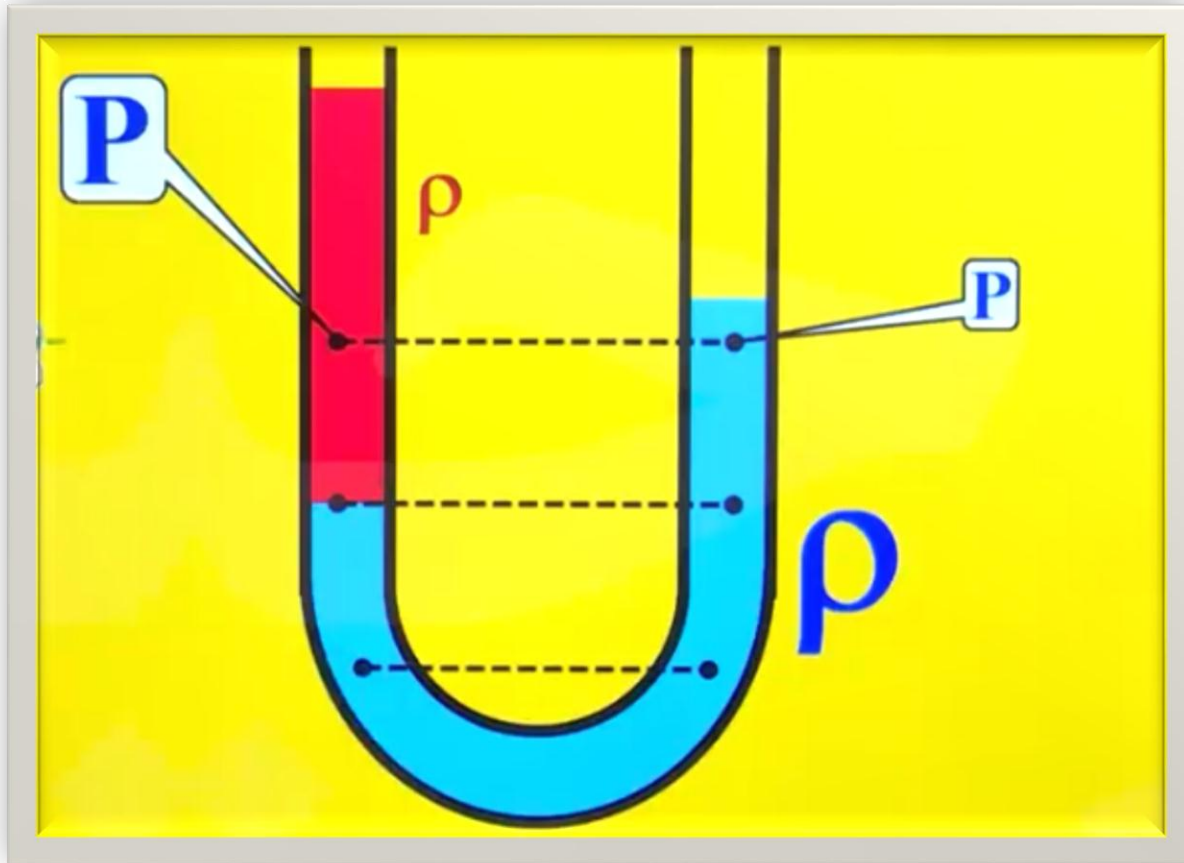


✓ تمام نقاطی که در یک مایع قرار دارند و روی یک خط افقی قرار دارند، هم‌فشارند.

✓ نسبت به سطح تراز، مایع با چگالی بیشتر، در ارتفاع کمتری می‌ایستد. و مایع با چگالی کمتر هم بالاتر می‌ایستد و ارتفاع بیشتری دارد.

✓ اختلاف فشار در دو شاخه از جایی شروع می‌شود که مایع تغییر می‌کند.

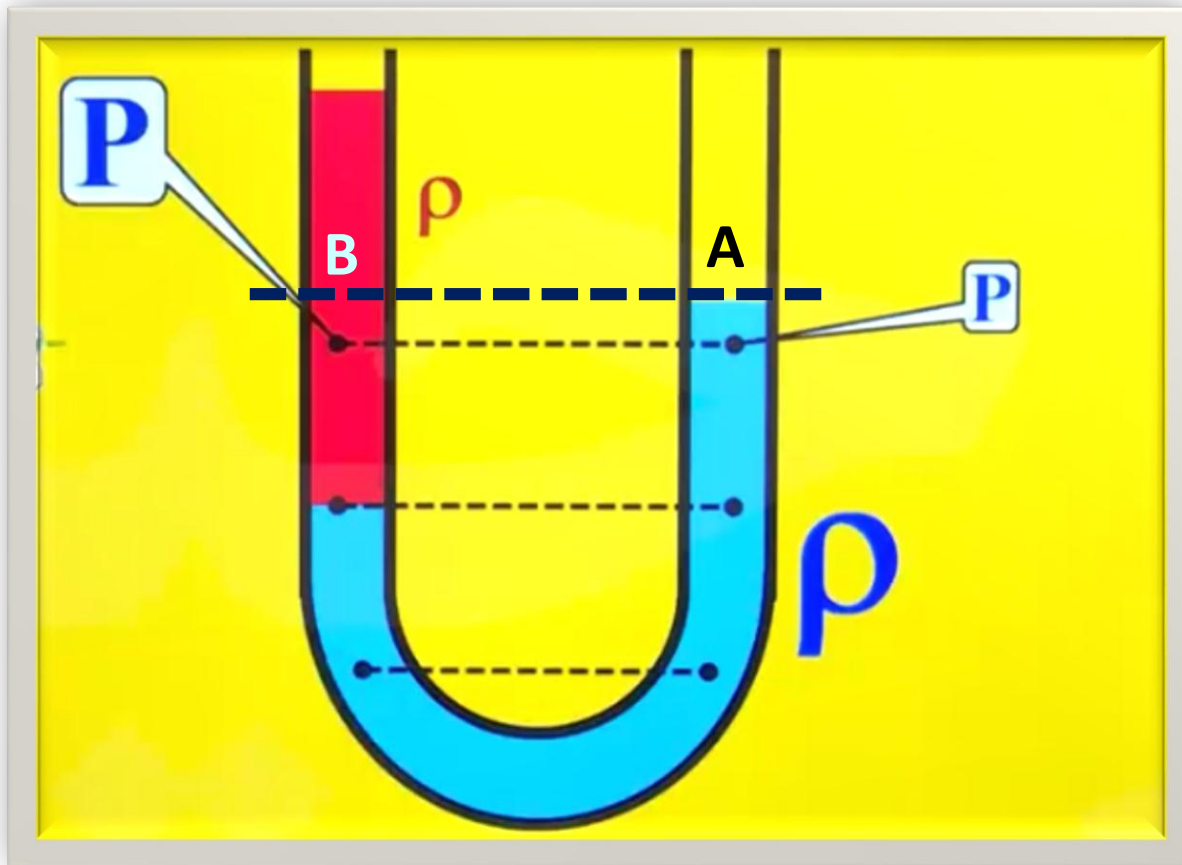
✓ تا زمانی که روی یک خط افقی در یک مایع حرکت می‌کنیم، اختلاف فشاری وجود ندارد.



نکته:

مقایسه فشار نقاط روی یک خط افقی در دوشاخه لوله U شکل که دو مایع مختلف وجود دارد:

❖ فشار در مایعی بیشتر است که چگالی کمتری دارد. به عبارت دیگر در مایعی که سطح آزاد آن در ارتفاع بیشتری نسبت به سطح تراز قرار دارد، فشار بیشتر است.



اثبات:

$$P_A = P_0$$
$$P_B = \rho g h + P_0$$
$$P_B > P_A$$

## تجربی خارج ۹۵:

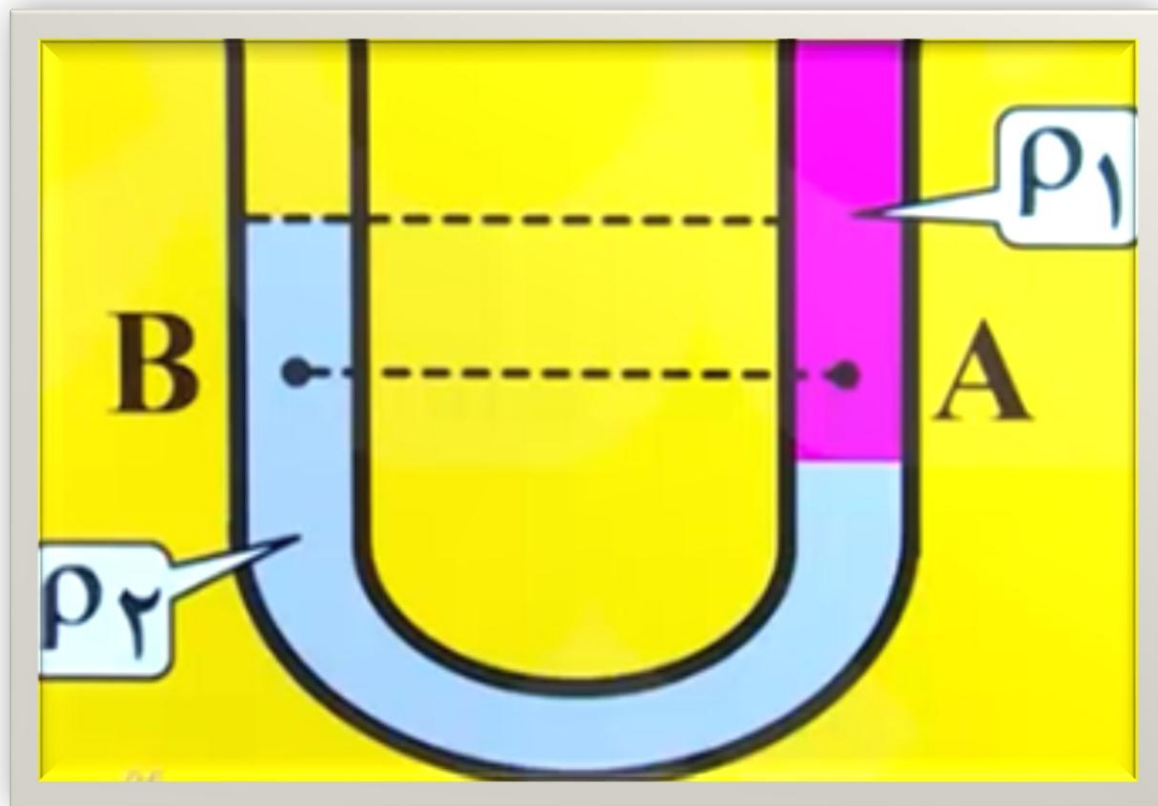
در شکل زیر، درون لوله U شکل دو مایع مخلوط نشدنی با چگالی‌های  $\rho_1$  و  $\rho_2$  ریخته شده و فشار در نقاط A و B درون دو مایع به ترتیب  $P_A$  و  $P_B$  است. کدام رابطه در این مورد درست است؟

(۱)  $P_B < P_A$  و  $\rho_2 > \rho_1$

(۲)  $P_A > P_B$  و  $\rho_2 > \rho_1$

(۳)  $P_B < P_A$  و  $\rho_1 < \rho_2$

(۴)  $P_A > P_B$  و  $\rho_1 < \rho_2$



پاسخ: گزینه ۴

## تجربی ۹۵:

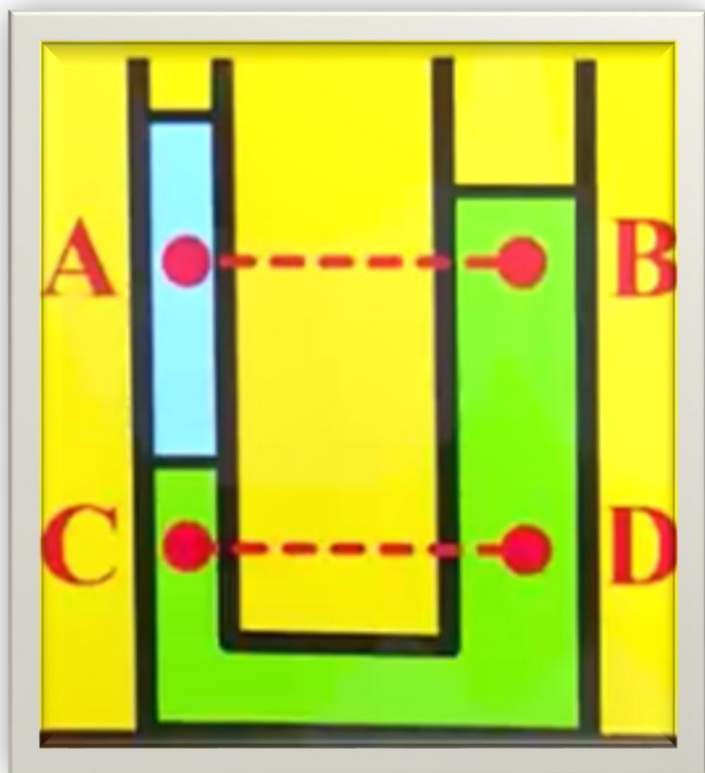
در شکل زیر، در درون لوله، دو مایع مخلوط نشدنی قرار دارند. اگر فشار در نقاط نشان داده شده در درون مایع‌ها را با هم مقایسه کنیم، کدام رابطه درست است؟

$$(۱) \quad P_A = P_B \quad \text{و} \quad P_C < P_D$$

$$(۲) \quad P_B < P_A \quad \text{و} \quad P_C < P_D$$

$$(۳) \quad P_A = P_B \quad \text{و} \quad P_C = P_D$$

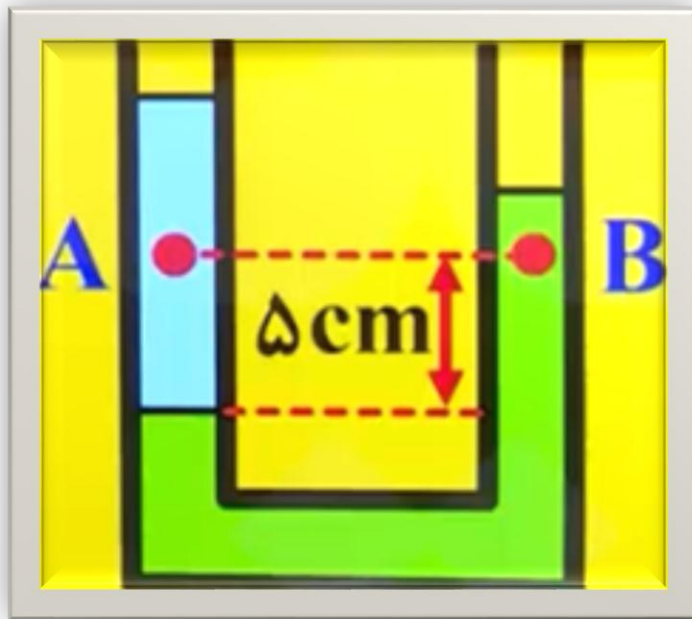
$$(۴) \quad P_A > P_B \quad \text{و} \quad P_C = P_D$$



پاسخ: گزینه ۴

## تجربی ۹۴:

در شکل روبرو، دو مایع مخلوط نشدنی به چگالی‌های  $800 \frac{kg}{m^3}$  و  $1000 \frac{kg}{m^3}$  در یک لوله U شکل قرار دارد. اگر فشار در نقطه‌های A و B به ترتیب  $P_A$  و  $P_B$  باشد، کدام رابطه درست است؟



$$P_A = P_B \quad (۱)$$

$$P_A = \frac{4}{5} P_B \quad (۲)$$

$$P_A = P_B - 100 \quad (۳)$$

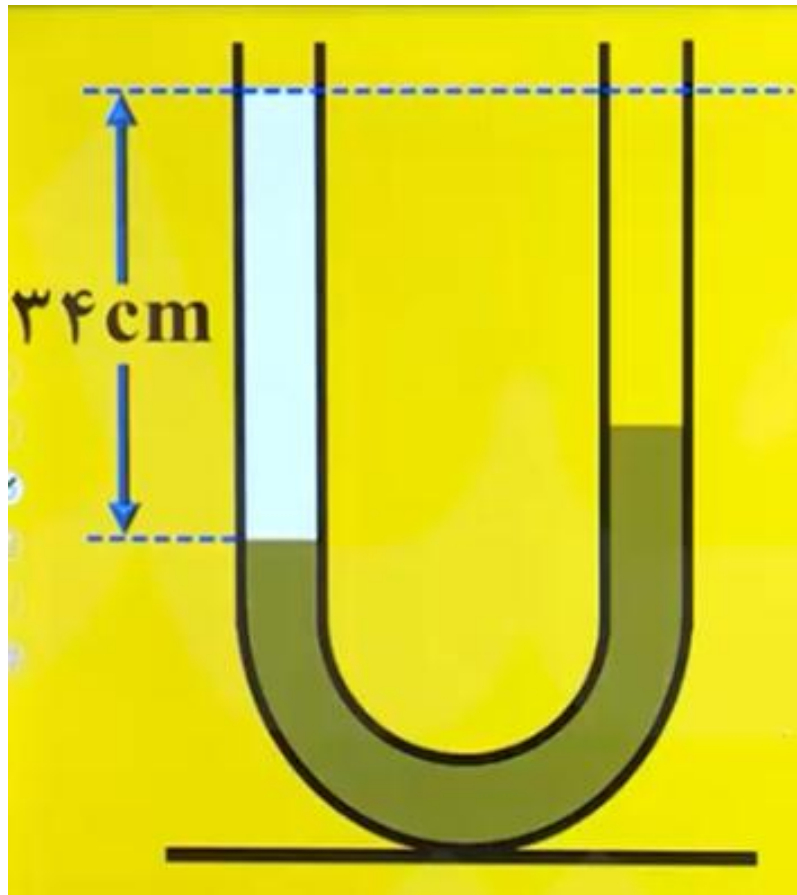
$$P_A = P_B + 100 \quad (۴)$$

راه دوم: محاسبه

$$\Delta P = \Delta \rho g h = (1000 - 800) \times 10 \times 0/05 = 100$$

در شکل روبرو، اختلاف ارتفاع آب و جیوه چند سانتی متر است؟

$$\rho_{\text{آب}} = 1 \frac{g}{cc} \quad \text{و} \quad \rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \frac{g}{cc}$$



پاسخ:

$$\rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}}$$

$$1 \times 34 = 13.6 \times h_{\text{جیوه}}$$

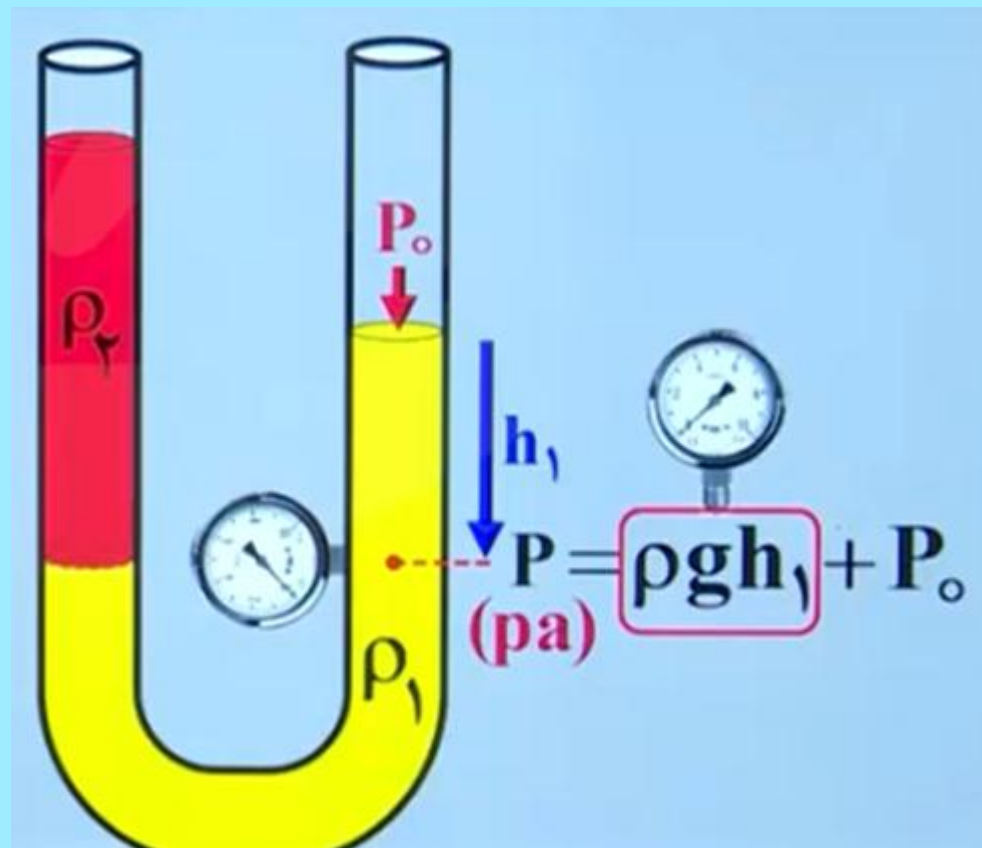
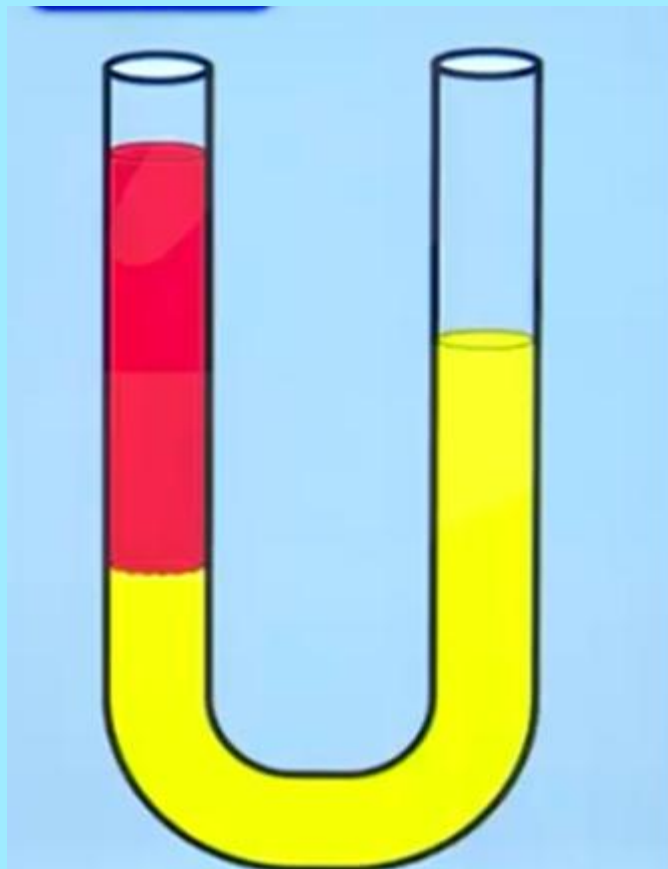
$$h_{\text{جیوه}} = \frac{34}{13.6} = 2.5 \text{ cm}$$

$$\Delta h = 34 - 2.5 = 31.5$$



سوال:

با قرار دادن یک فشارسنج در محل نشان داده شده کدام کمیت اندازه‌گیری می‌شود؟



نکته:

□ هر چه از سطح تراز به سمت سطح آزاد مایع حرکت کنیم اختلاف فشار بیشتر می شود.

$$\Delta P_{CD} < \Delta P_{\acute{C}\acute{D}}$$

اثبات:

$$P_C = \rho_2 gh + P_{\acute{C}} \quad P_C - P_{\acute{C}} = \rho_2 gh \quad (1)$$

$$P_D = \rho_1 gh + P_{\acute{D}} \quad P_D - P_{\acute{D}} = \rho_1 gh \quad (2)$$

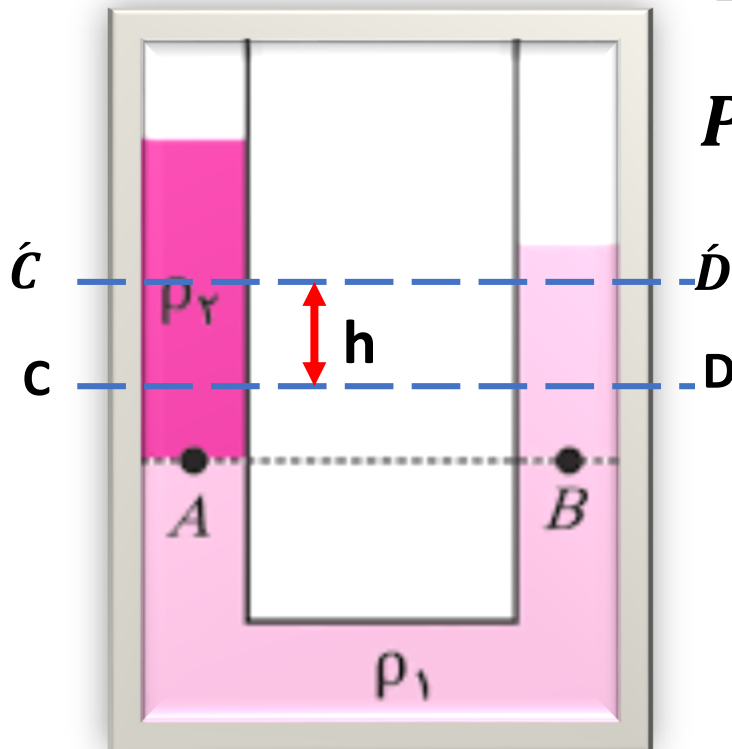
$$\rho_1 > \rho_2 \rightarrow$$

$$P_C - P_{\acute{C}} < P_D - P_{\acute{D}}$$

$$P_C - P_D < P_{\acute{C}} - P_{\acute{D}}$$

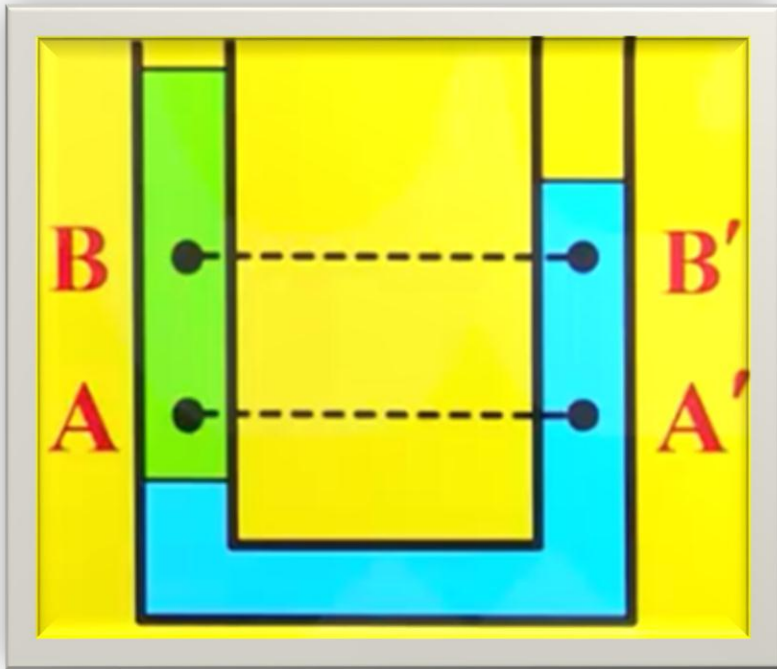
$$\Delta P_{CD} < \Delta P_{\acute{C}\acute{D}}$$

$$\Delta P_{\acute{C}\acute{D}} - \Delta P_{CD} = \Delta \rho gh$$



سوال:

آب و نفت مطابق شکل در حال تعادلند. اگر اختلاف فشار بین نقاط A و A' برابر  $\Delta P_1$  و اختلاف فشار بین نقاط B و B' برابر  $\Delta P_2$  باشد، کدام گزینه صحیح است؟



$$\Delta P_1 = \Delta P_2 = 0 \quad (1)$$

$$\Delta P_1 = \Delta P_2 \quad (2)$$

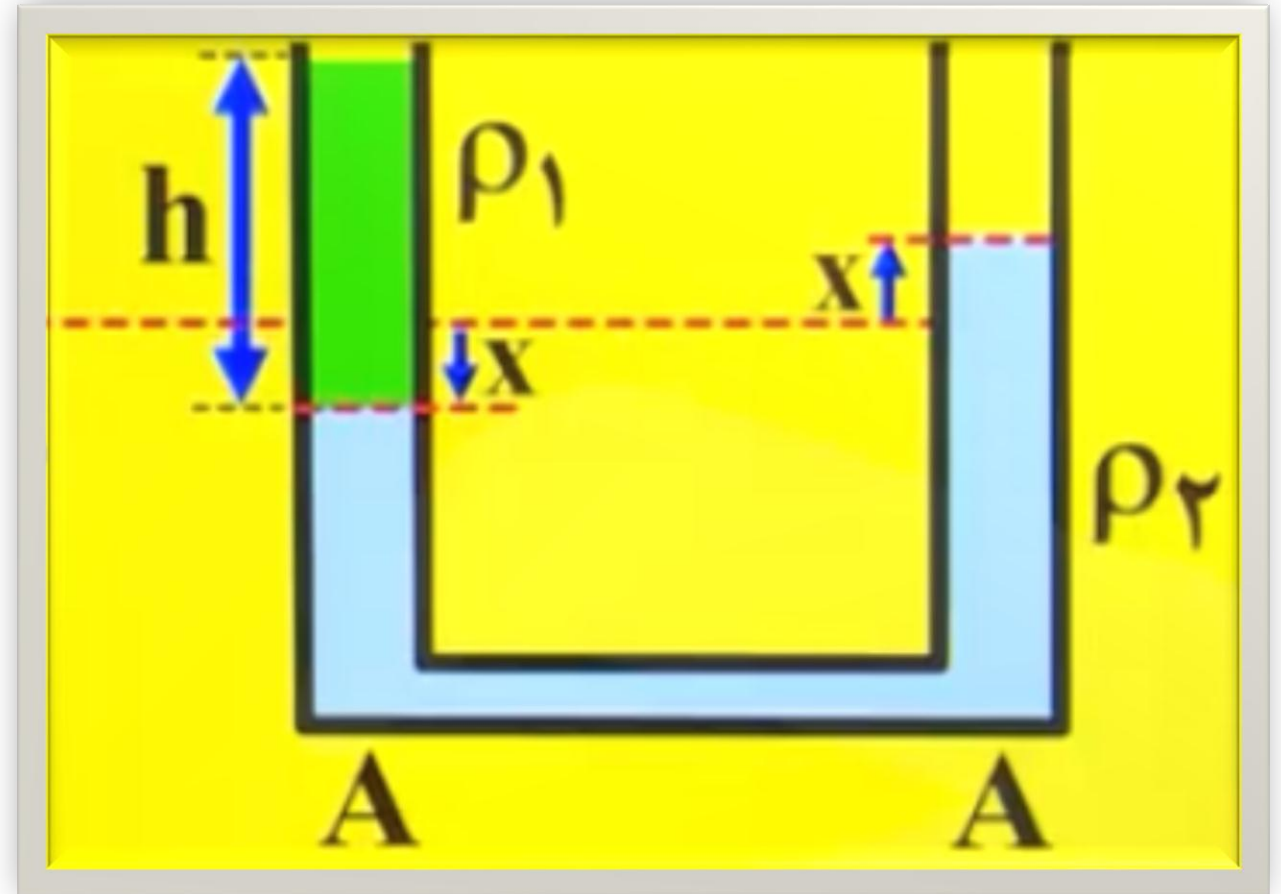
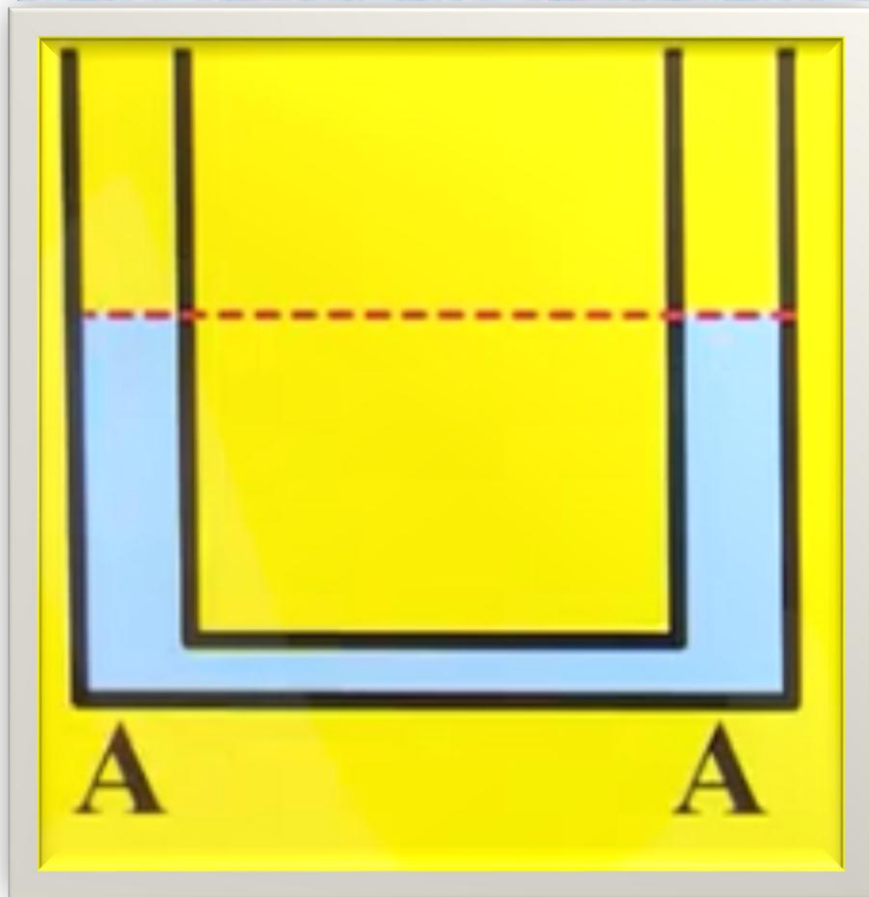
$$\Delta P_1 < \Delta P_2 \quad (3)$$

$$\Delta P_1 > \Delta P_2 \quad (4)$$

پاسخ: گزینه ۳

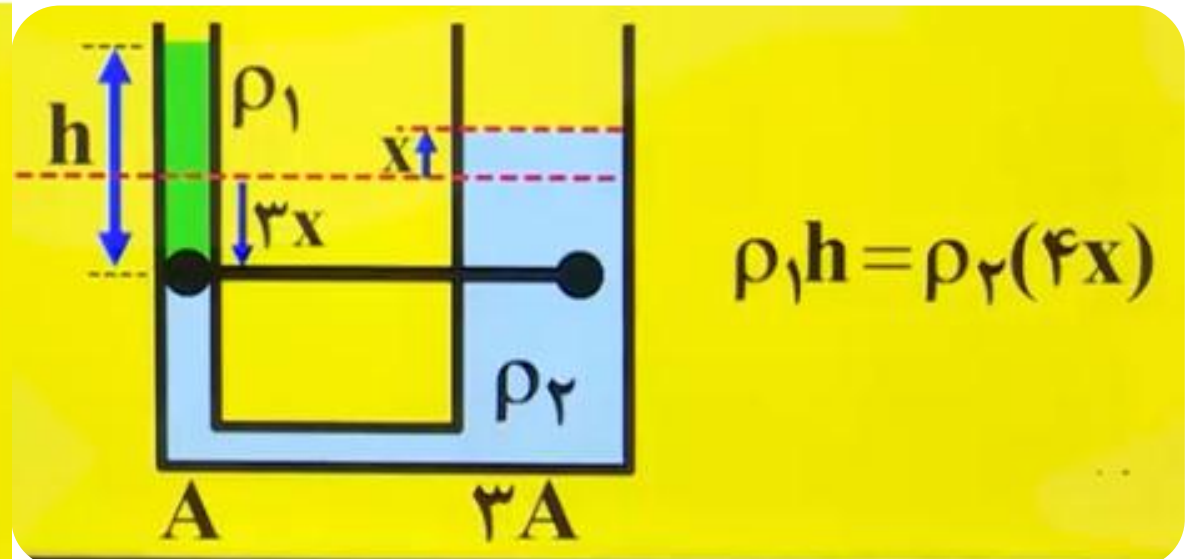
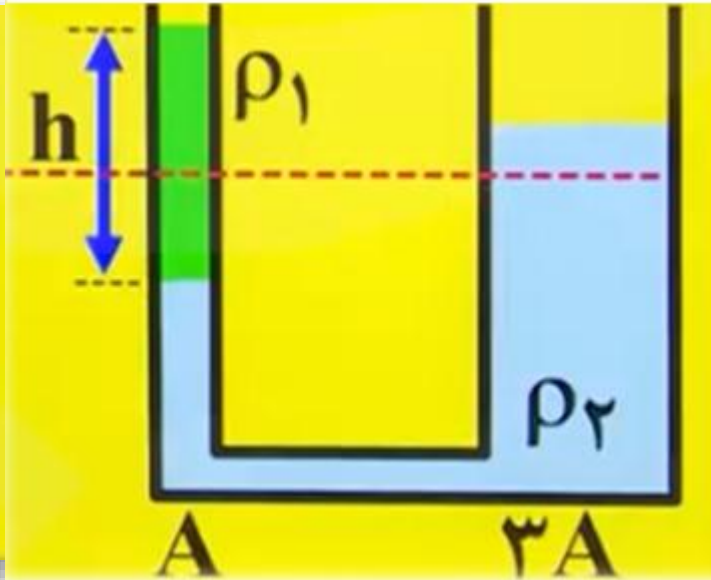
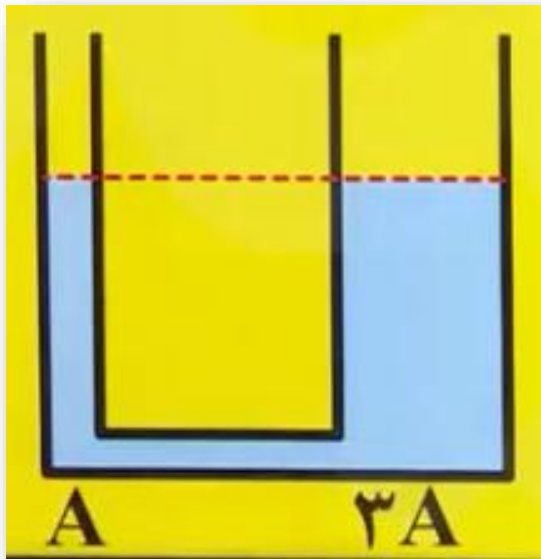
# جابجایی مایعات در لوله های U شکل

سطح مقطع در دو طرف یکسان است



$$\rho_1 h = \rho_2 (2x)$$

سطح مقطع در دو طرف یکسان نیست



فرمول تعمیم یافته

$$\frac{A_2}{A_1} = n$$

$$\rho_1 h = \rho_2 (n + 1)x$$

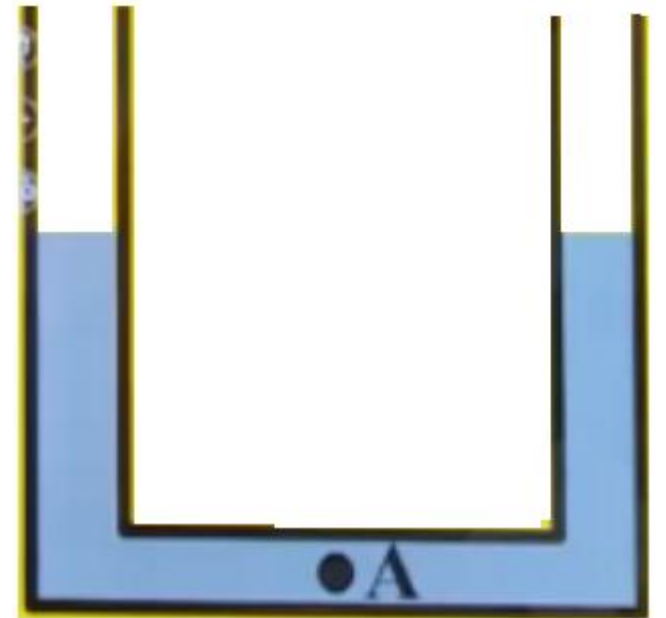


در شکل روبه‌رو، سطح مقطع لوله در هر طرف برابر  $2\text{cm}^2$  است. اگر در یکی از شاخه‌ها روی جیوه  $68$  گرم آب بریزیم، فشار در نقطه A چند سانتی‌متر جیوه افزایش می‌یابد؟

$$(\rho_{\text{آب}} = 1\text{g/cm}^3, \rho_{\text{جیوه}} = 13/6\text{g/cm}^3)$$

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 (2x) \rightarrow 1 \times (34) = 13/6 \times (2x) \rightarrow x = 1/25\text{cm}$$

$$\Delta P = 1/25\text{cmHg}$$



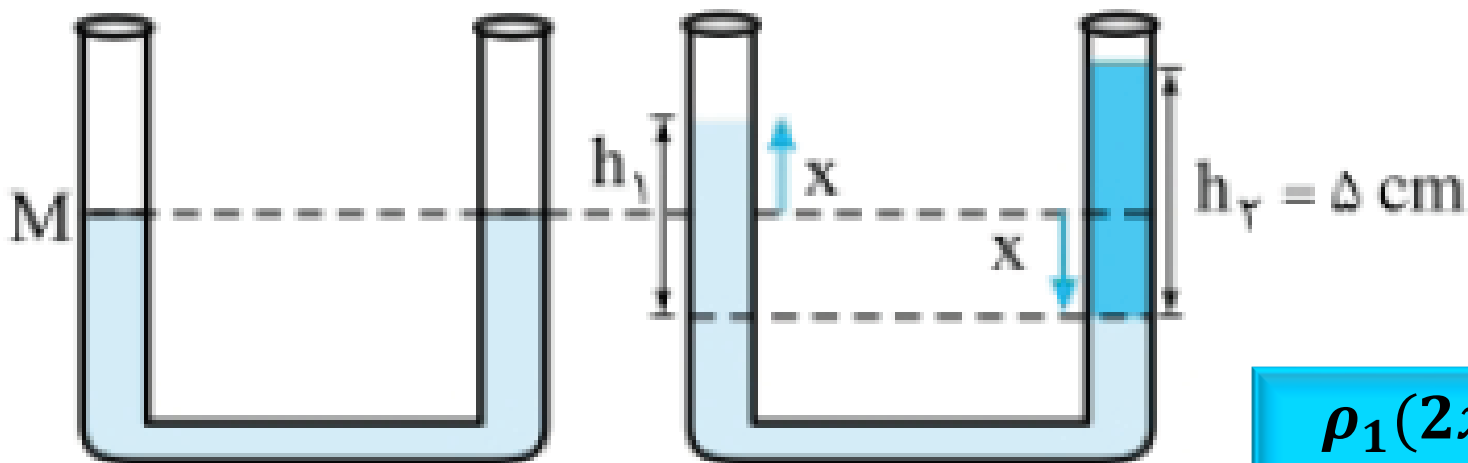
در شکل روبه‌رو، در لوله‌ی U شکل آب ریخته شده و نقطه‌ی M روی لوله نشانه‌گذاری شده است. اگر در قسمت راست لوله، روی آب، به ارتفاع ۵ سانتی‌متر نفت بریزیم، در لوله‌ی مقابل، سطح آب چند سانتی‌متر از نقطه‌ی M بالاتر می‌رود؟ (چگالی نفت و آب، به ترتیب ۰/۸ و ۱ گرم بر سانتی‌متر مکعب و قطر شاخه‌های سمت راست و سمت چپ لوله برابر است.)

۴ (۴)

۲/۵ (۳)

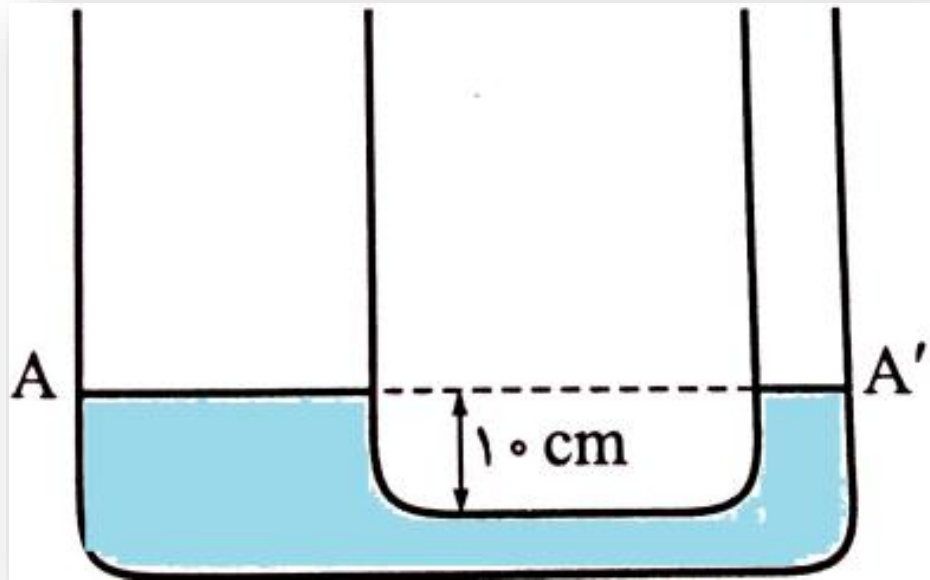
۲ (۲)

۱ (۱)



$$\rho_1(2x) = \rho_2 h_2 \rightarrow 1 \times (2x) = 0/8 \times 5$$
$$\rightarrow x = 2 \text{ cm}$$

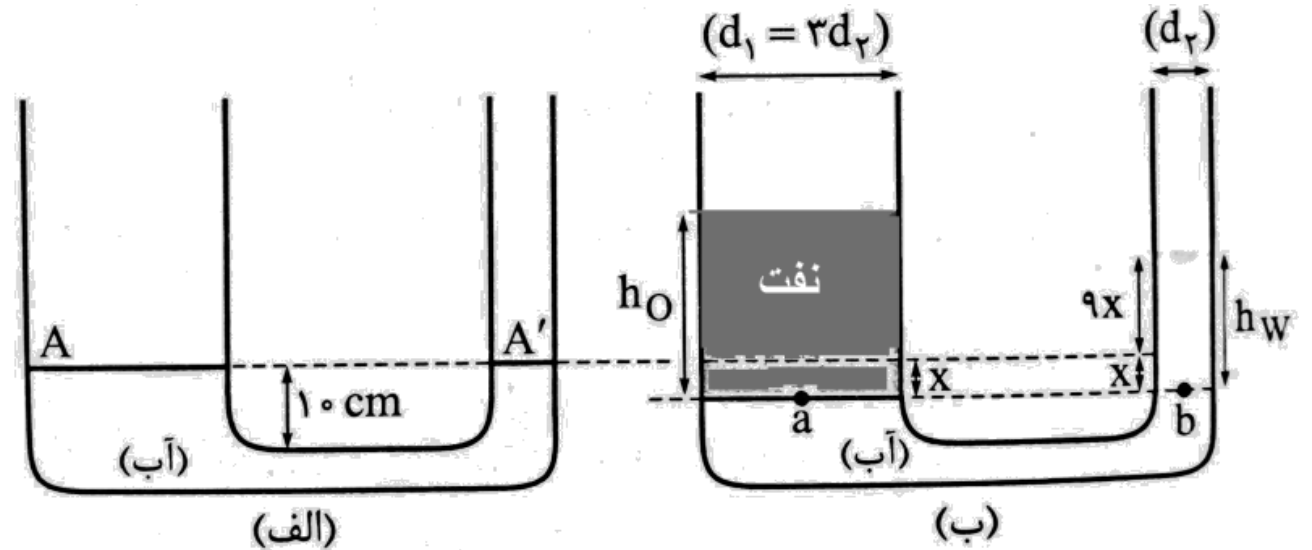
در دو لوله استوانه‌ای مربوط به هم تا سطح  $AA'$  آب وجود دارد و قطر قاعده یکی از استوانه‌ها ۳ برابر قطر قاعده استوانه دیگر است. اگر از لوله سمت چپ تا ارتفاع ۵ سانتی‌متر نفت اضافه کنیم، آب در لوله باریک چند سانتی‌متر نسبت به حالت اول بالا می‌رود؟ ( $\rho_{\text{نفت}} = 0/8 \frac{g}{cm^3}$ ,  $g = 10 \frac{m}{s^2}$ ,  $\rho_{\text{آب}} = 1 \frac{g}{cm^3}$ ) (سراسری تجربی ۹۸)



$$\rho_1 h = \rho_2 (n + 1)x$$

$$\rightarrow 0/8 \times 5 = 1 \times 10x \rightarrow x = 0/4 cm$$

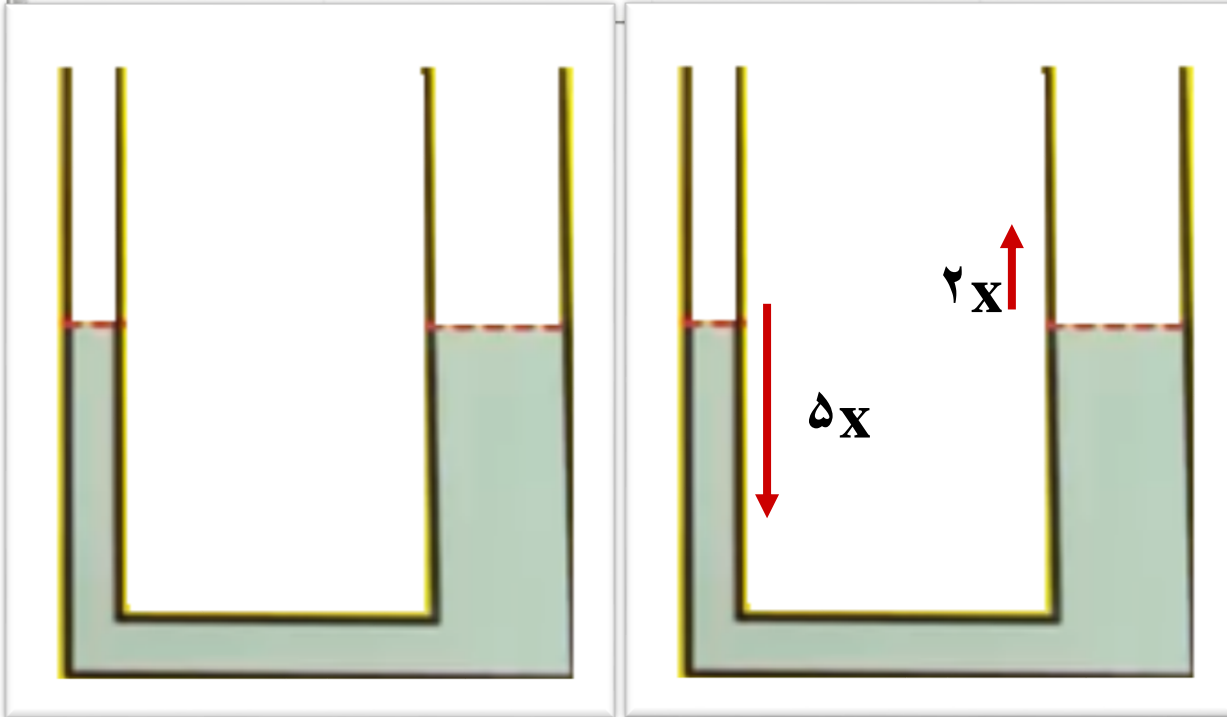
۵ (۴	۴ (۳	۳/۶ (۲	۱/۲ (۱
------	------	--------	--------



$$9x = 9 \times 0/4 cm = 3/6 cm$$



در یک لوله U شکل که مساحت قاعده لوله سمت راست و سمت چپ آن به ترتیب  $5\text{cm}^2$  و  $2\text{cm}^2$  است، آب ریخته‌ایم. در لوله سمت چپ چند روغن بریزیم تا سطح آب در لوله سمت راست ۴ سانتیمتر بالا برود؟



$$\rho_{\text{روغن}} = 0/8 \text{ g/cc} \text{ و } \rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cc}$$

- ۱۷/۵(۱)
- ۲۸(۲)
- ۳۵(۳)
- ۷۰(۴)

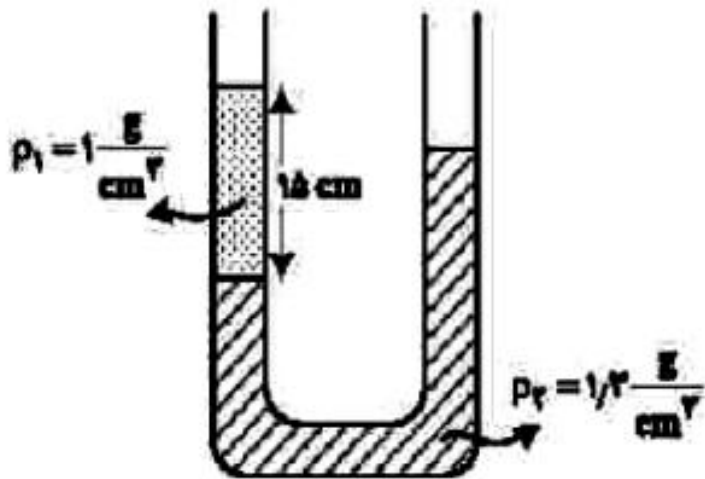
$$\rho_1 h = \rho_2 (n + 1)x$$

$$m = 35 \times 0/8 = 28\text{g}$$

$$0/8h = 1 \times 7x \quad 0/8h = 1 \times 14$$

$$h = 17/5\text{cm} \quad v = 2 \times 17/5 = 35$$

در شکل زیر، سطح مقطع لوله  $1 \text{ cm}^2$  است. در سمت راست لوله، چند سانتی متر مکعب مایع مخلوط نشدنی به چگالی  $\rho_3 = 0/8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$  بریزیم تا سطح آزاد مایع‌ها در دو طرف لوله یکسان باشد؟



$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 + \rho_3 h_3$$

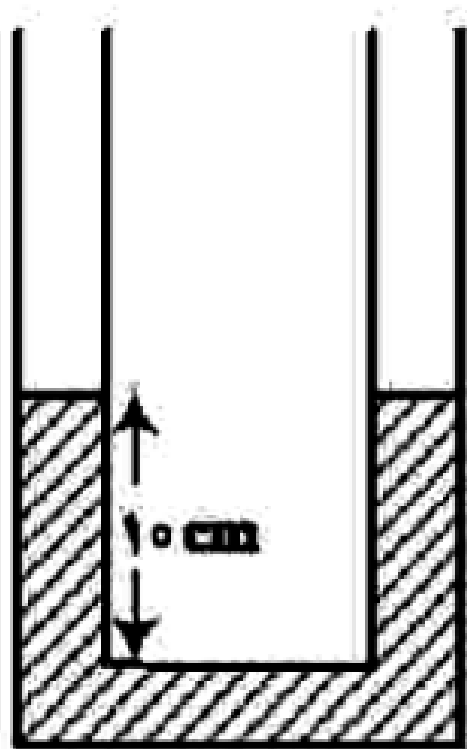
$$1 \times 15 = 1/3(15 - x) + 0/8x$$

$$x = 9 \text{ cm}$$

$$v = Ah \quad v = 1 \times 9 = 9 \text{ cm}^3$$

۳/۵ (۱)  
۷/۲ (۲)  
۹ (۳)  
۱۲ (۴)

در شکل زیر، سطح مقطع لوله  $2\text{cm}^2$  است. و در آن آب با چگالی  $\rho_1 = 1 \frac{g}{\text{cm}^3}$  قرار دارد. روی آب در یک طرف  $20\text{cm}^2$  مایع مخلوط نشدنی با چگالی  $\rho_2 = 0/8 \frac{g}{\text{cm}^3}$  می‌ریزیم. در لولهٔ مقابل چند سانتی متر مکعب مایع مخلوط نشدنی دیگری با چگالی  $\rho_3 = 0/75 \frac{g}{\text{cm}^3}$  بریزیم، تا سطح آزاد مایعها در دو شاخهٔ لوله در یک سطح باشد؟



$$h_2 = \frac{V_2}{A} = \frac{20}{2} = 10\text{cm}$$

$$\rho_2 h_2 = \rho_1 h_1 + \rho_3 h_3$$

$$0/8 \times 10 = 1 \times h_1 + 0/75 h_3$$

$$8 = h_1 + 0/75 h_3$$

$$h_1 + h_3 = 10$$

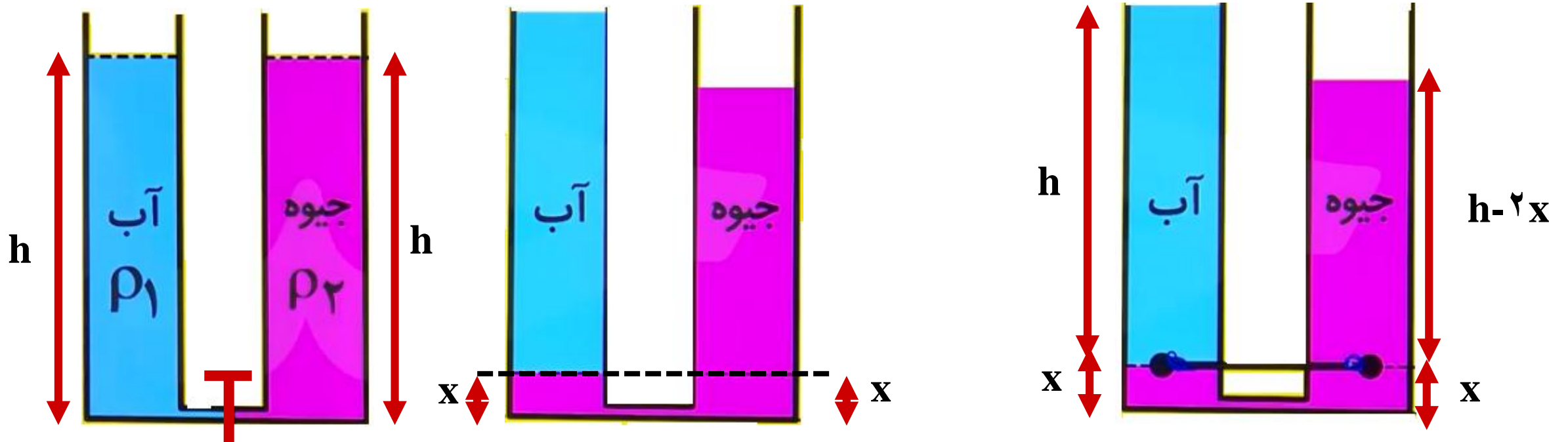
$$h_3 = 8\text{cm}$$

$$V_3 = Ah_3 = 2 \times 8 = 16\text{cm}^3$$

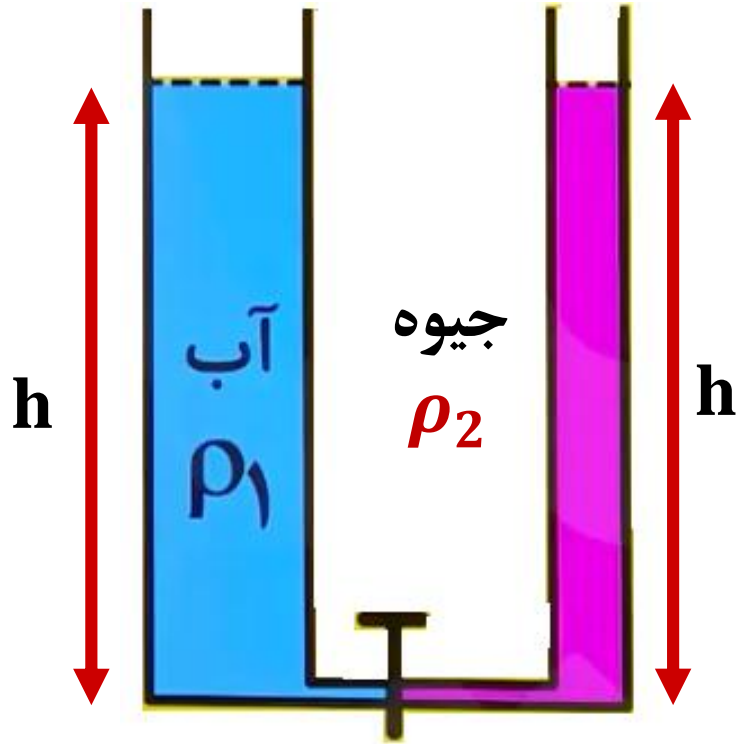
۸	(۱)
۱۲	(۲)
۱۲/۸	(۳)
۱۶	(۴)

اگر دو طرف لوله به وسیله شیر رابط از هم جدا شده باشند:

سطح مقطع دو طرف یکسان باشد



$$\rho_1 h = \rho_2 (h - 2x)$$



$$A_1 = 2A_2$$

در شکل روبرو اگر:

$$\rho_1 h = \rho_2 (h - 3x)$$

$$r_1 = 2r_2$$

در شکل روبرو اگر:

$$\rho_1 h = \rho_2 (h - 5x)$$

$$A_1 = nA_2$$

در شکل روبرو اگر:

$$\rho_1 h = \rho_2 (h - (n + 1)x)$$

(سراسری تجربی ۹۸، خارج از کشور)

دو ظرف استوانه‌ای مشابه به وسیله لوله بسیار باریک با حجم ناچیز، به یکدیگر مربوط اند و مطابق شکل روبه‌رو، در یک استوانه آب و در دیگری جیوه قرار دارد. اگر شیر ارتباطی بین دو ظرف را باز کنیم، سطح جیوه در لوله

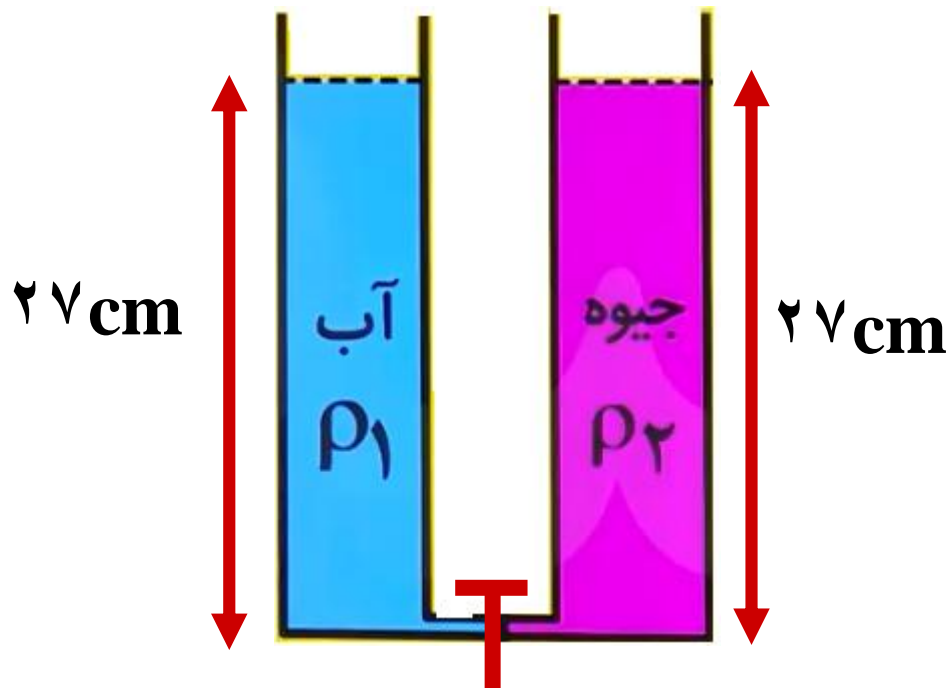
چند سانتی‌متر پایین می‌آید؟ ( $\rho_{\text{جیوه}} = 13/5 \frac{g}{cm^3}$ ,  $\rho_{\text{آب}} = 1 \frac{g}{cm^3}$ )

۲۵ (۴)

۱۲/۵ (۳)

۵ (۲)

۲ (۱)

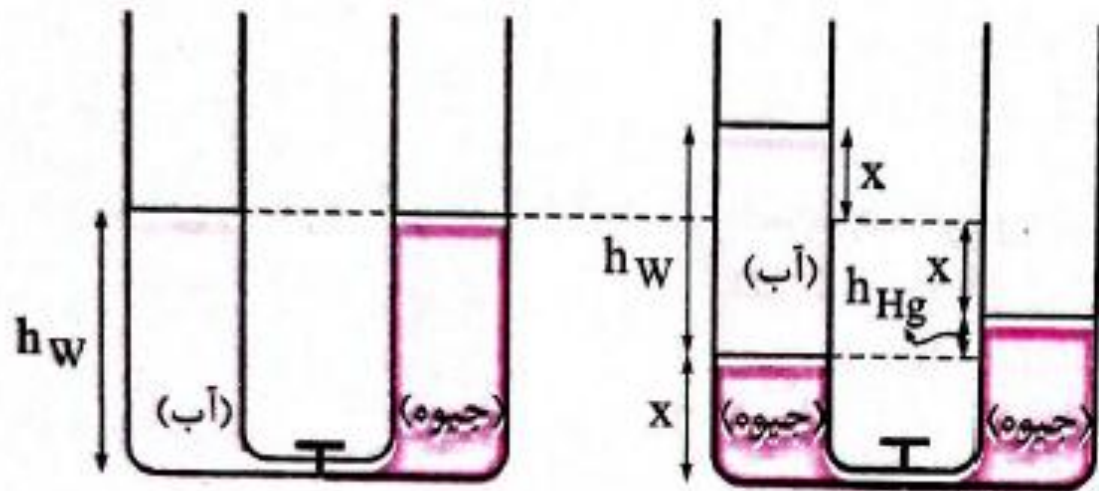


$$\rho_1 h = \rho_2 (h - 2x)$$

$$1 \times 27 = 13/5 \times (27 - 2x)$$

$$x = 12.5 \text{ cm}$$

## لوله‌های U شکل



(ب) شیر ارتباطی باز است. (الف) شیر ارتباطی بسته است.

چون مساحت مقطع دو ظرف مشابه، یکسان است طبق رابطه  $V = Ax$ ، ارتفاع جیوه در ظرف سمت راست به همان اندازه پایین می‌آید که در ظرف سمت چپ بالا می‌رود ( $x$ ). با دقت به شکل (ب) می‌بینیم که:

$$P_0 + P_W = P_0 + P_{Hg} \rightarrow \rho_W g h_W = \rho_{Hg} g h_{Hg} \rightarrow \rho_W h_W = \rho_{Hg} h_{Hg}$$

$$\rightarrow 1 \times 27 = 13/5 h_{Hg} \rightarrow h_{Hg} = 2 \text{ cm}$$

$$h_W = x + x + h_{Hg} = 2x + h_{Hg} \rightarrow 27 = 2x + 2 \rightarrow 2x$$

$$= 25 \rightarrow x = \frac{25}{2} = 12/5 \text{ cm}$$