فصل دوم فیزیک دهم

ویژگی های فیزیکی مواد

تالیف: مهندس رهبری

تابستان ۱۴۰۱

rodamooz

ص ۱

فشار: نسبت اندازه نیروی عمودی وارد بر یکای سطح می باشد

$$P = \frac{F}{A} \quad \begin{matrix} F \to N \\ A \to m^2 \end{matrix}$$

$$\frac{N}{m^2} = Pa \qquad \frac{N}{mm^2} = MPa$$

هر یک نیوتن بر متر مربع را به افتخار آقای پاسکال، یک پاسکال می نامند. فشار کمیتی نرده‌ای (اسکالر) است. اگر یک جسم ساکن روی سطح افق قرار بگیرد نیروی F در رابطه بالا همان نیروی وزن است.

مثال: شخصی به جرم ۶۰ kg روی سطح افقی ایستاده است. اگر مساحت کف کفش‌های این شخص روی هم $300\ cm^2$ باشد فشاری که این شخص به سطح افقی وارد می کند چند پاسکال است؟

$$g = 10\ \frac{m}{s^2} = 10\ \frac{N}{kg}$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{60 \times 10}{300 \times 10^{-4}} = \frac{6 \times 10^2}{3 \times 10^2 \times 10^{-4}}$$

$$P = 2 \times 10^4\ Pa$$

نکته: وقتی یک جسم متوازی السطوح مانند استوانه، مکعب و... از یک ماده همگن ساخته شده باشد و روی سطح افقی قرار داشته باشد علاوه بر فرمول $P = \frac{F}{A}$ می توان فشار ناشی از جسم را بصورت زیر محاسبه کرد:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{mg}{A} = \frac{\rho V g}{A} = \frac{\rho (Ah) g}{A} = \boxed{\rho g h}$$

$$P = \rho g h$$

ρ: چگالی بر حسب یکای SI باشد تا P بر حسب پاسکال بدست آید.

$$P=\frac{F}{A} \Longrightarrow P_{max}=\frac{F}{A_{min}}$$

$$P_{min}=\frac{F}{A_{max}}$$

طبق رابطه $P=\rho gh$ کلید $P_{max} \Rightarrow h_{max}$

یعنی $P_{max}=\rho g h_{max} \Rightarrow$ یعنی بزرگترین ضلع را ارتفاع بگیر

$P_{min}=\rho g h_{min} \Rightarrow$ یعنی کوچکترین ضلع را ارتفاع بگیر

ریاضی ۹۸: مکعب فلزی توپری به ابعاد ۵cm×۴cm×۲cm و جنس $8\ g/cm^3$ از طرف یکی از وجه‌هایش روی سطح افقی قرار می‌گیرد. بیشترین فشاری که مکعب می‌تواند بر سطح وارد کند چند پاسکال است؟ $g=10\ N/kg$

$\frac{4\times10^{-2}}{1,4\times10^{-3}} \mid \frac{1,6\times10^{-2}}{4\times10^{-3}}$

$$P_{max}=\rho g h_{max}=\underbrace{8\times10^{3}}_{\rho}\times\underbrace{10}_{g}\times\underbrace{5\times10^{-2}}_{h_{max}}=4\times10^{3}\ pa$$

فشار هوای محیط (P_0)

$$1atm=74\ cmHg=720\ mmHg=100\ kpa=10^5\ pa=1bar$$
$$=1\text{ }tor$$

در سطح آزاد مایع‌ها، هوا وجود دارد، اگر بخواهیم فشار را در عمق h مایع ساکن پیدا کنیم باید فشار هوا را نیز با فشار مایع جمع کنیم.

$P=\rho gh+P_0$ ← فشار کل

ρgh: فشار حاصل از مایع

P_0: فشار هوا در سطح مایع

نکته: تقریباً هر ۱۰ متر آب فشاری معادل یک اتمسفر دارد.

مثال) در عمق چند متری آب، فشار ۴ اتمسفر است؟

$g = 10\ N/kg$

$\rho = 1\ g/cm^3$ $\quad P_0 = 1atm$

$$P = P_0 + \rho g h$$

$$4\times10^5 = 10^5 + 1000\times10\times h$$

$$3\times10^5 = 10^4 \times h \Rightarrow h = \frac{3\times10^5}{10^4}$$

$$h = 30\,m$$

روش تستی ⟵

$$\begin{matrix} 10m \longrightarrow 1atm \\ h=? \longrightarrow 3atm \end{matrix} \Longrightarrow h = 30\,m$$

مثال) درون دو ظرف آب ریخته‌ایم بطوری که درون ظرف ۱ ارتفاع آب دوبرابر ارتفاع آب در ظرف ۲ است فشار درته ظرف ۱ نسبت به ظرف ۲ چگونه است؟

دوبرابر است	برابر است
بیش از ۲ برابر است	بیشتر است ولی کمتر از ۲ برابر P_2

عمق آب ظرف ۲ ⟵ h

عمق آب ظرف ۱ ⟵ $2h$

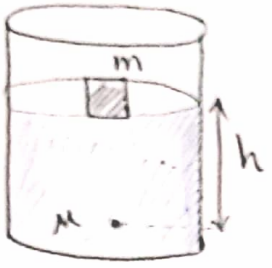
$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\rho g(2h) + P_0}{\rho g h + P_0} = 1 + \frac{\rho g h}{\rho g h + P_0}$$

عددی مثبت که حتماً کوچکتر از یک است

$$\Longrightarrow \quad P_2 < P_1 < 2P_2$$

یعنی اگر عمق مایع ۲ برابر شود فشار ناشی از ستون مایع ۲ برابر می‌شود ولی فشار کل ۲ برابر نمی‌شود.

نکته: اگر درون یک استوانه، مایعی با چگالی ρ زیر پیستونی به مساحت A باشد، فشاری که جرم پیستون و وزنهٔ روی آن m باشد، فشار وارد شده M برابر مجموع فشارهای حاصل از عوامل بالادستی باشد.



$$P_M = P_0 + \frac{mg}{A} + \rho g h$$

مثال: درون لیوانی با سطح مقطع $400\,cm^2$ تا ارتفاع $20\,cm$ روغن با چگالی $0.9\,g/cm^3$ ریخته شده است. روی روغن پیستون به جرم $1kg$ و روی پیستون وزنه‌ای به جرم $9kg$ قرار داده شده است. اگر فشار هوا $100\,kPa$ باشد، فشار کف ظرف چند کیلوپاسکال است؟

$$P = P_0 + \frac{mg}{A} + \rho g h$$

$$P = 10^5 + \frac{(1+9)\times 10}{400\times 10^{-4}} + 900\times 10\times 0/2 = 1000$$

$$P = 104/2\ kPa$$

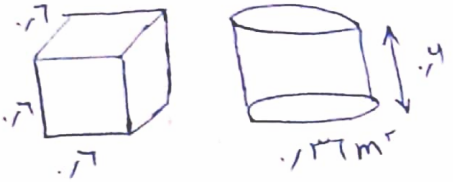
مثال: در یک زیردریایی تعدادی پنجره کوچک دایره‌ای شکل به شعاع $0/2\,m$ وجود دارد. اگر فشار آب در محل هر یک از پنجره‌ها $4\times 10^5\,Pa$ باشد، بزرگی نیرویی که آب بر سطح خارجی یکی از این پنجره‌ها وارد می‌کند چند نیوتن است؟ $(\pi = 3)$

$$A = \pi r^2 = 3\times (0/2)^2 = 0/12\ m^2$$

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = P_0 A = 4\times 10^5 \times 0/12 = 4/8\times 10^4\ N$$

۹۶ ت : مکعبی به ضلع ۶۰cm پر از آب است. اگر همه آب را درون استوانه‌ای که مساحت قاعده آن $0/36\ m^2$ است بریزیم فشاری که این آب در کف استوانه ایجاد می‌کند چند برابر فشاری است که در کف مکعب ایجاد می‌کند؟

$\frac{\pi}{3}$	π
1	$\sqrt{2}$



$$V_{\text{مکعب}} = V_{\text{آب}} = 60\,cm \times 60\,cm \times 60\,cm$$

$$S_{\text{قاعده مکعب}} = 0/6 \times 0/6 = 0/36\ m^2$$

$$S_{\text{استوانه هم برابر}} = 0/36\ m^2$$

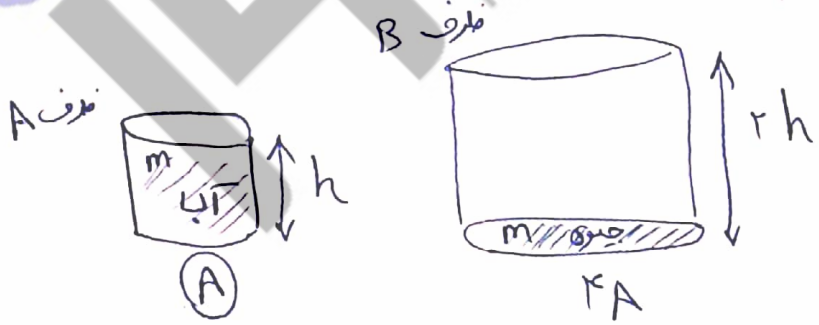
$$\Rightarrow P = \rho g h \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \boxed{1}$$

---

۹۶ خ : ابعاد ظرف استوانه B دو برابر ابعاد ظرف استوانه A است. ظرف A را پر از آب می‌کنیم و هم حجم با آب در استوانه B جیوه می‌ریزیم. فشاری که آب بر کف ظرف A وارد می‌کند چند برابر فشاری است که جیوه بر کف ظرف B وارد می‌کند؟

$$\rho_{\text{جیوه}} = 13/6\ \rho_{\text{آب}}$$

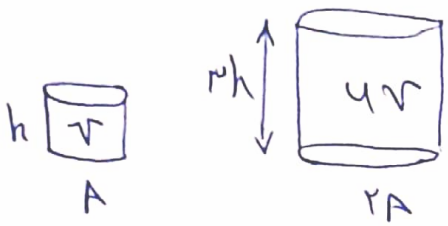
$\frac{L}{4}$	$\frac{1}{13/6}$
④	$13/6$



$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{\frac{mg}{A}}{\frac{mg}{4A}} = \boxed{4}$$

مثال یک ظرف استوانه‌ای کبریز از آب است. اگر ظرفی استوانه‌ای با ۲ برابر کف دو برابر و ارتفاع ۳ برابر قبل را از آب لبریز کنیم نیروی وارد به کف ظرف از طرف آب در دومی چند برابر اولی است؟

۳	۲
۱۲	۶



$F_2 = 6\rho\pi g$

$F_1 = mg = \rho\pi g$

$\frac{F_2}{F_1} = 6$

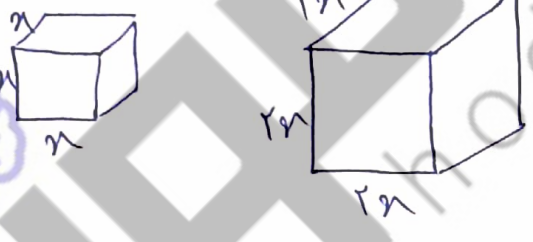
$h, 3h$ ← فشار ۳ برابر

مثال یک ظرف مکعبی پر از آب است اگر ابعاد آن را دو برابر کنیم و دوباره آن را لبریز از آب کنیم فشار و نیروی ناشی از آب در کف ظرف به ترتیب چند برابر می‌شود؟

۴,۲	۲,۲
۸,۴	(۸,۲)

ابعاد ۲ برابر $\Rightarrow$ $x \longrightarrow$ ۲ برابر $\longrightarrow$ ρ

$h \longrightarrow$ ۲ برابر $\longrightarrow$ F ۸ برابر

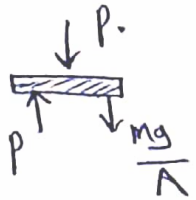


$\frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{\rho g(2x)}{\rho g x} = 2$

$\frac{F_2}{F_1} = \frac{P_2 A_2}{P_1 A_1} = 2 \times 4 = 8$

مثال مساحت روزنه خروج بخار آب، روی درب زودپزی $4\,mm^2$ است. وزنه‌ای چند گرمی باید روی این روزنه گذاشت تا فشار داخل آن در $2\,atm$ ثابت نگه داشته شود؟ $g = 10\,m/s^2$

$P_0 = 1\,atm$

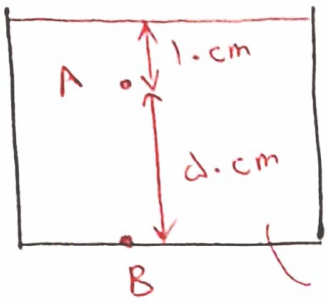


$P = P_0 + \frac{mg}{A}$

$2 \times 10^5 = 10^5 + \frac{m \times 10}{4 \times 10^{-6}}$

$10^5 = \frac{10m}{4 \times 10^{-6}} \Rightarrow m = 4 \times 10^{-2}\,kg = 40\,g$

۱۹) در شکل مقابل فشار در نقطه B چند برابر فشار در نقطه A است؟ $P_0 = 9{,}9 \times 10^4\ Pa$



$\rho = 1\ gr/cc$

$$\frac{P_B}{P_A} = \frac{9{,}9\times10^4 + 1000\times10\times0{,}9}{9{,}9\times10^4 + 1000\times10\times0{,}1} = \frac{10^4(9{,}9+0{,}9)}{10^4(9{,}9+0{,}1)} = \frac{10{,}8}{10}$$

$\times 2 \rightarrow \frac{21}{20}$

در دو ظرف استوانه‌ای به مساحت‌های قاعده A و $\frac{3}{2}A$ به حجم‌های مساوی آب ریخته‌ایم. اگر فشار کل ناشی از آب و هوا بر کف ظروف به ترتیب P_1 و P_2 باشد کدام گزینه صحیح است؟

$P_1 = \frac{3}{2}P_2$ | $P_2 = \frac{3}{2}P_1$

$P_1 < P_2 < \frac{3}{2}P_1$ $P_2 < P_1 < \frac{3}{2}P_2$

$$P_1 = P_0 + \rho g\left(\frac{3}{2}h\right)$$

$$P_2 = P_0 + \rho g(h)$$

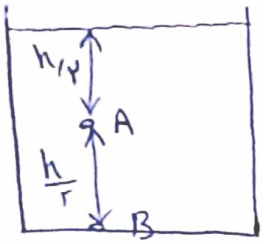
$P_2 < P_1 < \frac{3}{2}P_2$

$P_1 = \frac{3}{2}P_2$

فشار ته لیوان را در نظر بگیرید

مثال: در محلی که فشار هوا ۱۰۰ کیلوپاسکال است. فشار در کف استخری ۲۰ درصد بیشتر از فشار در نیمه عمق آن است. اگر چگالی آب را $1000\ kg/m^3$ فرض کنیم عمق استخر چند متر است؟

۵	۲
۲۰	۱۰



$$P_B = 1.2\, P_A$$

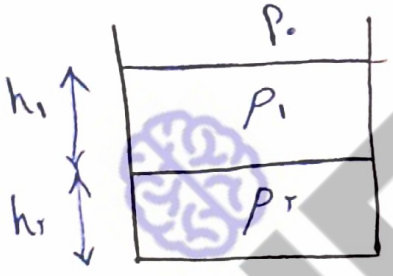
$$P_0 + \rho g h = 1.2\left(P_0 + \rho g \frac{h}{2}\right)$$

$$P_0 + \rho g h = 1.2\, P_0 + 0.6\, \rho g h$$

$$0.4\, \rho g h = 0.2\, P_0 \Longrightarrow 2\times10^3 \times 10 \times h = 10^5$$

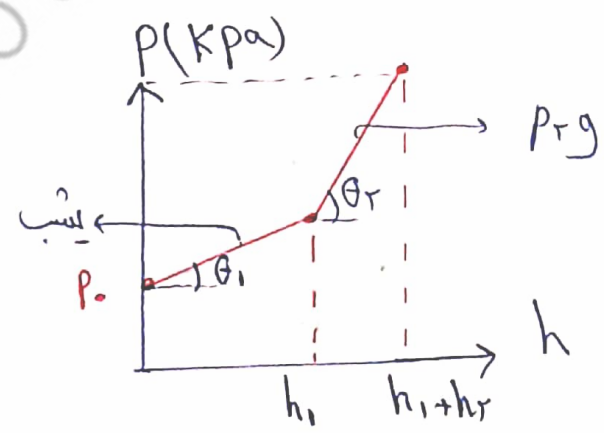
$$h = 5\ m$$

نمودار تغییرات فشار برحسب عمق ۲ مایع:



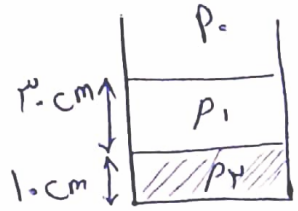
$P_2 > P_1$

$\theta_2 > \theta_1$

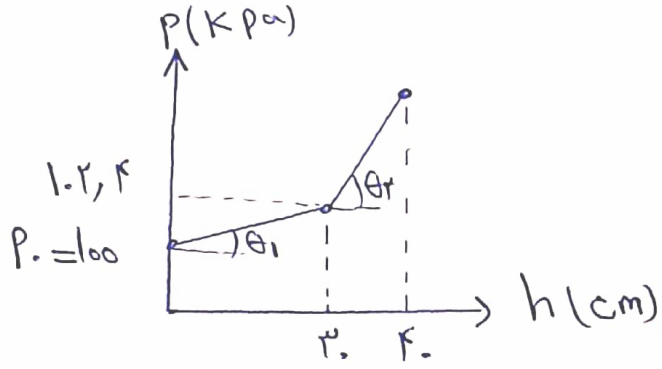


۹

۹۴ : اگر نمودار تغییرات فشار برحسب عمق ۲ مایع مطابق شکل زیر باشد و $\tan\theta_2 = 17\tan\theta_1$ باشد ρ_1 و ρ_2 در SI کدام اند؟



۹۰۰ و ۱۰۲۰۰	۷۵۰ و ۱۲۷۵۰
۸۰۰ و ۱۳۵۰۰	۸۰۰ و ۱۳۶۰۰



حل:

$$\tan\theta_1 = \rho_1 g \Rightarrow \frac{2400}{0.3} = \rho_1 \times 10 \Rightarrow \rho_1 = 800$$

$$\theta_2 = 17\theta_1 \Rightarrow \rho_2 = 17\rho_1 \Rightarrow \rho_2 = 17 \times 800 = 13600$$

---

۸۹ : در عمق ۸ متری مایعی، فشار کل $1{,}74\ atm$ است. چگالی این مایع چند گرم بر سانتی‌مترمکعب است؟

$P_0 = 1.^5\ Pa \qquad g = 10\ m/s^2$

۹۵۰	۰,۹۵
۹۵۰	۹۵

$$P = P_0 + \rho g h$$

$$1{,}74 \times 10^5 = 1.^5 + \rho \times 10 \times 8$$

$$1{,}74 \times 10^5 - 1.^5 = 80\rho$$

$$0{,}74 \times 10^5 = 80\rho \Rightarrow \rho = \frac{74 \times 10^2}{80} = \frac{740}{8}$$

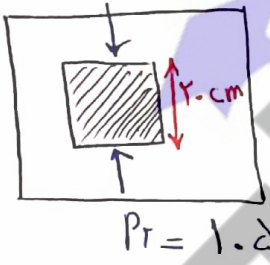
$$\rho = 950\ kg/m^3 \div 1000 \Rightarrow \rho = 0{,}95\ gr/cc$$

مثال: اختلاف بین فشار هوای بالا و پایین برج آزادی با ارتفاع ۵۰m چقدر است؟

$\rho_{هوا} = 1\ kg/m^3$ و $g = 10\ N/kg$

$$\Delta P = \rho g \Delta h$$
$$= 1 \times 10 \times 50 = 500\ pa$$

مثال: جسم مکعبی به طول ضلع ۲۰ cm درون شاره‌ای غوطه‌ور و در حال تعادل است. فشار در بالا و زیر جسم به ترتیب ۱۰۰ و ۱۰۵ کیلوپاسکال است. چگالی شاره چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟



$$\Delta P = \rho g \Delta h$$
$$(105 - 100) \times 10^3 = \rho \times 10 \times 0/2$$
$$\Rightarrow \rho = \frac{5 \times 10^3}{2} = 2/5 \times 10^3$$
$$= 2500\ kg/m^3$$

مثال هنگامی که ارتفاع آب در لوله به ۵ متر می‌رسد در پیرزن شیشه دری رود. اگر قطر در پیرزن ۵۰ cm باشد در این لحظه تقریباً چند کیلونیوتن از طرف آب به در پیرزن وارد شده است؟ قطر داخلی لوله ۲cm و چگالی آب ۱۰۰۰ کیلوگرم بر متر مکعب است. $\pi = 3$

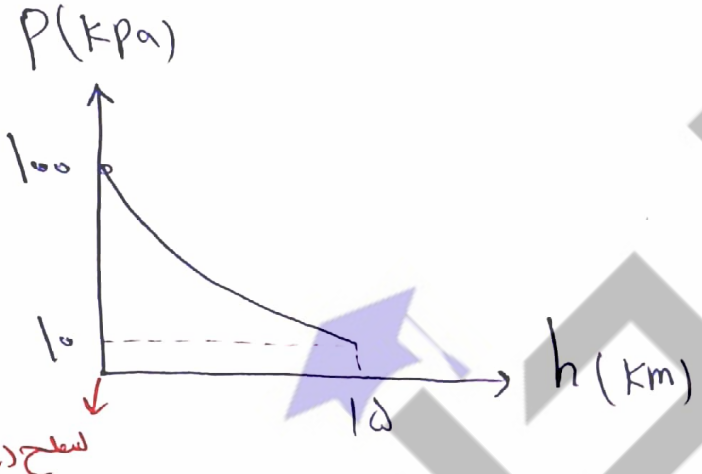
$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = P \cdot A = \rho g h A$$
$$F = 10^3 \times 10 \times 15 \times \pi (25^2 - 1^2) \times 10^{-4}$$
$$= 28080\ N = 28/08\ kN$$

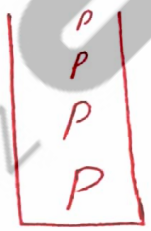
مثال: یک ستون به سطح مقطع $1m^2$ در نظر بگیرید که از سطح دریای آزاد تا بالاترین بخش خشکی زمین ادامه می‌یابد. اگر فشار هوا را در سطح دریا یک اتمسفر ($10^5 Pa$) در نظر بگیریم چند کیلوگرم هوا در این ستون فرضی وجود دارد؟

$$F = P \cdot A \Rightarrow F = mg \Rightarrow mg = P \cdot A$$

$$m \times 10 = 10^5 \times 1 \rightarrow m = 10^4 kg$$

نمودار تغییرات فشار هوا در جو زمین:

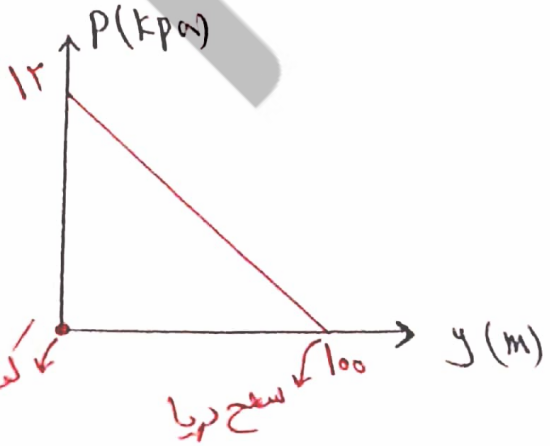


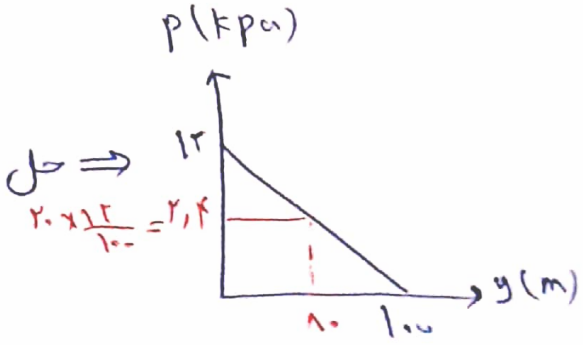


کاهش فشار هوا

مثال: نمودار تغییرات فشار سیالی برحسب فاصله از کف دریا به شکل زیر است در عمق ۲۰ متری فشار کل چند کیلو پاسکال است؟

$P_0 = 10^5 Pa$





حل ⇒

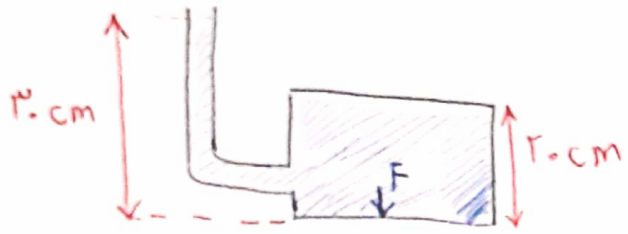
$\frac{۲۰ \times ۱۲}{۱۰۰} = ۲,۴$

پس $= \frac{۱۲}{۱۰۰}$

$$P = P_0 + \rho gh = 100 + 2,4 = 102,4 kPa$$

۹۲ خ: در شکل مقابل لوله باریکی به یک مخزن متصل شده است. مساحت کف مخزن $100\ cm^2$ است. اگر داخل لوله و مخزن مایعی به چگالی $800\ kg/m^3$ باشد. نیرویی که از طرف مایع به کف مخزن وارد می‌شود چند نیوتن است؟

۲۰	۱۶
۳۶	۲۴



$$F = pghA$$

$$F = 800 \times 10 \times 0.3 \times 100 \times 10^{-4}$$

$$F = 24 \times 10^2 \times 10^2 \times 10^{-4} = 24\ N$$

نیروی وارد به کف مستقیم ← سطح بالای مخزن! ←

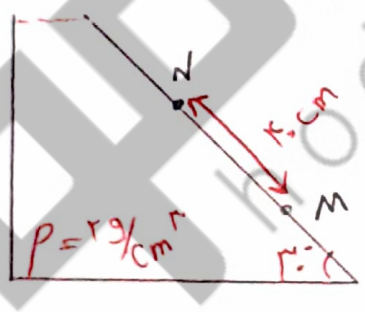
$$F = pghA \xrightarrow{h = 10\ cm}$$

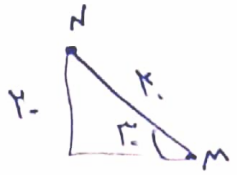
$$F = 8\ N$$

اختلاف سطح بالا و پایین ← $24 - 8 = 16\ N$

مثال اختلاف فشار بین نقاط M و N در شکل زیر چند کیلوپاسکال است؟

۲	۱
۴	۳





$$\Delta p = \rho g \Delta h$$

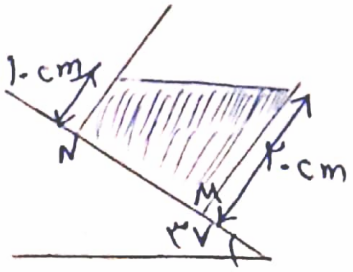
$$\Delta p = 2000 \times 10 \times \frac{20}{100}$$

$$= 4000\ Pa = 4\ kPa$$

مثال: در شکل زیر، اختلاف فشار بین ۲ نقطه M و N چند پاسکال است؟ $\sin 37° = 0.6$

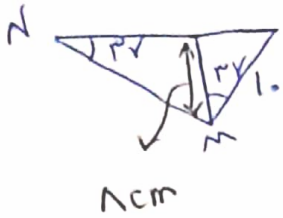
$p = 2\ gr/cm^3$

۱۹۰۰	۱۲۰۰
۲۰۰۰	۱۸۰۰



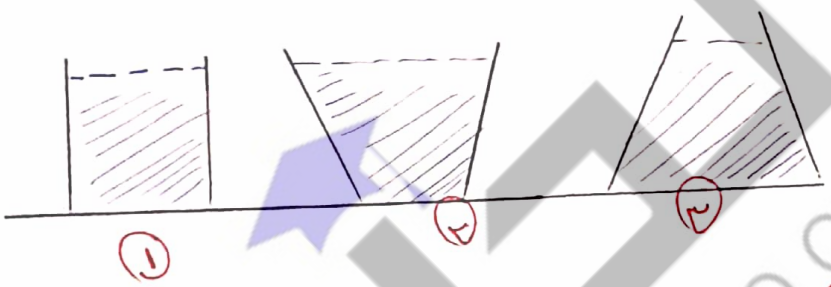
$\sin ۳۷ = ۰/۶$

$\Rightarrow \cos ۳۷ = ۰/۸$



$$\Delta p = \rho g \Delta h = ۲۰۰۰ \times ۱۰ \times \frac{۸}{۱۰۰} = ۱۶۰۰ \text{ Pa}$$

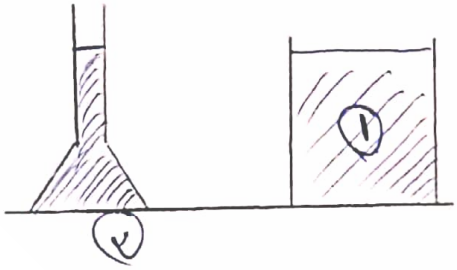
مثال ظروف زیر همگی شامل مایع‌های یکسان و هم‌ارتفاع و هم‌حجم هستند، فشار و نیروها را مقایسه کنید.



$P = \rho g h \rightarrow$ P هر ۳ یکسان

$F = \rho g h A \Rightarrow F_۳ > F_۱ > F_۲$

مثال: ظروف زیر همگی شامل مایع‌های یکسان و هم‌ارتفاع با مساحت کف مساوی‌اند، فشار و نیروی وارد به کف ظروف ها از طرف مایع را مقایسه کنید.



$P = \rho g h \Rightarrow P_۱ = P_۲$

$F = \rho g h A \Rightarrow F_۱ = F_۲$

نیروی وارد از طرف ظرف به میز $\leftarrow Mg$

۹۳) در شکل روبرو، حجم و عمق آب در دو ظرف پرازآن باهم برابر است. رابطه بین فشار و نیروی آب در کف ظرف‌ها در کدام گزینه درست است؟

۱) $F_1 = F_2$ ، $P_1 = P_2$

✓ ۲) $F_1 > F_2$ ، $P_1 = P_2$

۳) $F_1 = F_2$ ، $P_1 < P_2$

۴) $F_1 < F_2$ ، $P_1 > P_2$

$P = \rho g h \longrightarrow P_1 = P_2$

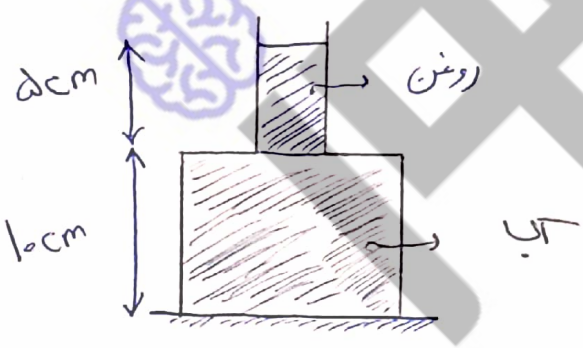
$F = \rho g h A \xrightarrow{A_1 > A_2} F_1 > F_2$

اعداد مهم در درس فشار:

۲۷۲ $\xrightarrow{\div 2}$ ۱۳۶ $\xrightarrow{\div 2}$ ۶۸ $\xrightarrow{\div 2}$ ۳۴ $\xrightarrow{\div 2}$ ۱۷

---

۹۴) در شکل زیر سطح مقطع استوانه‌ها $10\,cm^2$ و $50\,cm^2$ است. نیرویی که از طرف مایع‌ها بر کف ظرف وارد می‌شود چند نیوتن است؟ $\rho_{آب} = 1\,g/cm^3$ و $\rho_{روغن} = 0.8\,g/cm^3$



$F = P_0 A$

$F = (\rho g h_1 + \rho g h_2) A$

$F = \left(800 \times 10 \times \frac{5}{100} + 1000 \times 10 \times \frac{10}{100} \right) \times 50 \times 10^{-4}$

$F = (400 + 1000) \times 50 \times 10^{-4}$

$F = 1400 \times 50 \times 10^{-4} = 7 \times 10^4 \times 10^{-4} = 7\,N$

۹۵) دو مایع A و B را که چگالی آن‌ها $\rho_A = 1.2\ g/cm^3$ و $\rho_B = 0.6\ g/cm^3$ است با یکدیگر مخلوط کرده و در یک ظرف استوانه‌ای می‌ریزیم. اگر $\frac{1}{3}$ حجم مخلوط از مایع A و بقیه آن از مایع B و ارتفاع مخلوط در ظرف $75\ cm$ باشد فشار وارد از طرف مخلوط بر کف ظرف چند پاسکال است؟

(مخلوط ← استوانه‌ای)

$$\rho_{mix} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} = \frac{1.2\left(\frac{1}{3}V\right) + 0.6\left(\frac{2}{3}V\right)}{V} = \frac{0.4V + 0.4V}{V}$$

$$= \frac{0.8V}{V} = 0.8\ g/cm^3$$

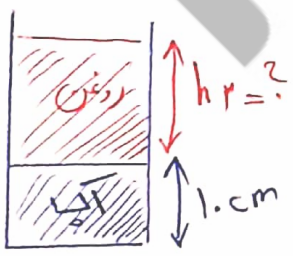
$$P = \rho g h = 800 \times 10 \times \left(\frac{3}{4}\right) = 6000\ Pa$$

($h = \frac{75}{100}$)

---

۹۵) سطح مقطع یک ظرف استوانه‌ای $20\ cm^2$ است و در آن تا ارتفاع $10\ cm$ آب ریخته شده است روی آن چند گرم روغن با چگالی $0.6\ g/cm^3$ بریزیم تا فشار حاصل از این دو مایع در کف استوانه برابر $2000\ Pa$ شود؟

$\rho_{آب} = 1\ g/cm^3$



$$2000 = P_1 + P_2$$

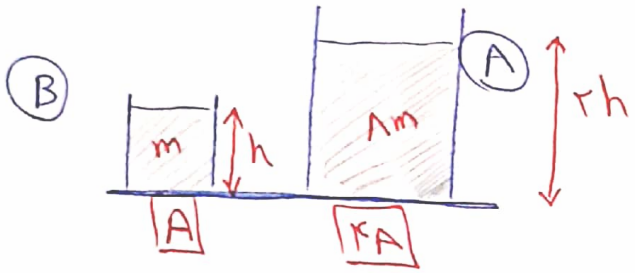
$$2000 = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2$$

$$2000 = 1000 \times 10 \times 0.1 + 600 \times 10 \times h_2$$

$$\Rightarrow h_2 = \frac{1}{4}\ m \qquad m = \rho V = \rho A h$$

$$m_2 = \rho_2 A h_2 \Rightarrow m_2 = 600 \times 20 \times 10^{-4} \times \frac{1}{4} = 0.12\ kg = 200\ gr$$

۹۶ استوانه A پر از آب است، نیروی که آب بر کف استوانه وارد می‌کند F_A و فشار حاصل از آب در کف استوانه P_A است. اگر ابعاد استوانه B نصف استوانه A باشد و آن را از آب پر کنیم نیرو و فشار مورد نظر F_B و P_B باشد نسبت‌های $\frac{F_A}{F_B}$ و $\frac{P_A}{P_B}$ کدام‌اند؟



$$P_A = 2\rho g h$$

$$P_B = \rho g h$$

$$\frac{P_A}{P_B} = 2$$

$$F_A = 8mg$$

$$F_B = mg$$

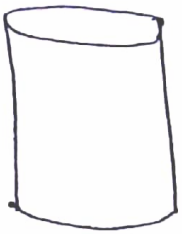
$$\frac{F_A}{F_B} = 8$$

---

۹۷ نصف حجم استوانه‌ای از مایع با چگالی ρ_1 پر شده و نیم بالایی آن از مایعی با چگالی ρ_2 پر شده است و فشار حاصل از دو مایع در کف استوانه برابر P_1 است. اگر این ۲ مایع را با هم بزنیم و در هم حل شوند فشار حاصل از محلول در کف استوانه برابر P_2 است کدام رابطه درست است؟

$P_2 > P_1$	$P_1 = P_2$ ✓
	$P_2 < P_1$

$$P_2 = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2(\rho_1 - \rho_2)}\,\rho_1$$



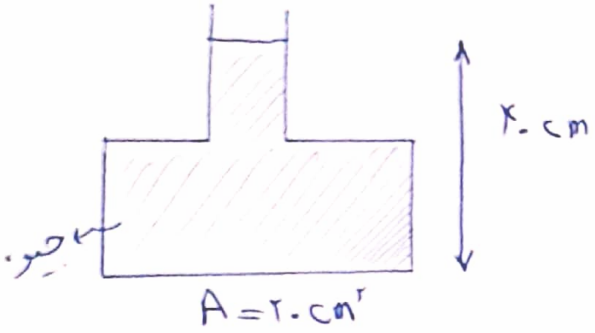
$$P = \rho g h \quad , \quad P = \frac{mg}{A}$$

با دانستن جرم کل ظرف و حجم کل ثابت است لذا طبق رابطه $P = \frac{mg}{A}$ فشار ثابت می‌شود.

(۹۱) مثال مهم: در شکل روبرو آلومینیوم نیروی که کف ظرف می‌تواند از طرف جیوه تحمل کند ۱۳۵ N باشد. حداکثر چند سانتی‌متر جیوه به ارتفاع جیوه در لوله می‌توان اضافه کرد تا ظرف نشکند؟

$\rho_{\text{جیوه}} = 13500 \frac{kg}{m^3}$ $\quad g = 10 \frac{m}{s^2}$

۹	۵
۱۰	۲۰



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

$F_{max} = P_{max} A$

$F_{max} = \rho g h_{max} A$

$135 = 13500 \times 10 \times h \times 20 \times 10^{-4}$

$135 = 135 \times 10^{3} \times h \times 2 \times 10^{-3}$

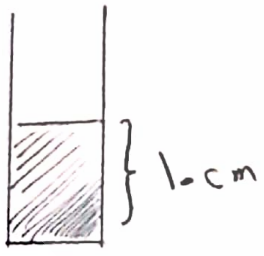
$1 = 2h \rightarrow h = \frac{1}{2} m = 50 cm$

۲۰ cm پر شده لذا نهایت ۱۰ cm دیگر مجازیم اضافه کنیم.

---

(۹۹) ت: مطابق شکل زیر درون استوانه بلندی به سطح مقطع ۲۰ cm² تا ارتفاع ۱۰ cm از یک مایع به چگالی ۱۲۵۰ گرم بر لیتر قرار دارد و فشار درون لوله P_1 است. چند سانتی‌متر مکعب از مایع دیگری به چگالی ۸۰۰ گرم بر لیتر به مایع داخل لوله اضافه کنیم تا فشار درون لوله به $1.02 P_1$ برسد؟

$g = 10 \frac{N}{kg}$ $\quad \rho_{\text{جیوه}} = 13.5 \frac{g}{cm^3}$ $\quad P_0 = 75 cmHg$



۲۵۶,۲۵	۵۱,۲۵
۲۵۶۲,۵	۵۱۲,۵

۱۸

$\Delta P = \%۲ P_۱$

$P_۱ = \rho_۱ g h_۱ + P_۰$

$P_۲ = \rho_۱ g h_۱ + \rho_۲ g h_۲ + P_۰$

$P_۲ - P_۱ = \rho_۱ g h_۱ - \rho_۱ g h_۱ + \rho_۲ g h_۲ + P_۰ - P_۰$

$\Delta P = \rho_۲ g h_۲ \Longrightarrow \%۲ P_۱ = \rho_۲ g h_۲$

$\%۲(\rho_۱ g h_۱ + P_۰) = \rho_۲ g h_۲$

$\%۲(۱۲۵۰ \times ۱۰ \times \frac{۱۰}{۱۰۰} + (۷۵ \times ۱۲۵۰)) = ۸۰۰ \times ۱۰ \times h_۲$

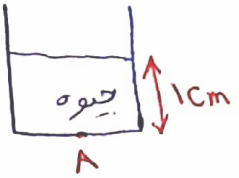
$\%۲(۱۲۵۰ + ۱۰۱۲۵۰) = ۸۰۰۰ h_۲$

$\%۲(۱۰۲۵۰۰) = ۸۰۰۰ h_۲ \longrightarrow h_۲ = \frac{\%۲ \times ۱۰۲۵۰۰}{۸۰۰۰}$

$h_۲ = ۰/۲۵۶۲۵ \text{ m} \xrightarrow{\times ۱۰۰} ۲۵,۶۲۵ \text{ cm}$

$V = Ah = ۲۰ \times ۲۵,۶۲۵ = ۵۱۲,۵$

نکته مهم: با ارتفاع جیوه برحسب cm، فشار برحسب سانتی‌متر جیوه می‌گوییم لذا 1cmHg برابر فشاری است که ظرف حاوی جیوه به ارتفاع 1cm در کف ایجاد می‌کند.



$P_A = 1\text{cmHg}$

فشار مایع: $P_A = \rho g h = ۱۳۶۰۰ \times ۱۰ \times \frac{۱}{۱۰۰} = ۱۳۶۰ \text{ Pa}$

$\Longrightarrow 1\text{cmHg} = ۱۳۶۰ \text{ Pa}$

اگر چگالی جیوه $13600\ kg/m^3$ باشد

- فشار برحسب پاسکال ← فشار برحسب cmHg × ۱۳۶۰
- فشار برحسب cmHg ← فشار برحسب پاسکال ÷ ۱۳۶۰

گاهی اوقات در مسائل چگالی جیوه را $13500\ kg/m^3$ در نظر می‌گیرند تا برای تبدیل بجای ۱۳۶۰ از ۱۳۵۰ استفاده می‌کنیم.

نکته: محاسبهٔ فشار مایع به چگالی ρ و ارتفاع h برحسب سانتی‌متر جیوه:

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

($h_{\text{جیوه}}$ بر حسب cm)

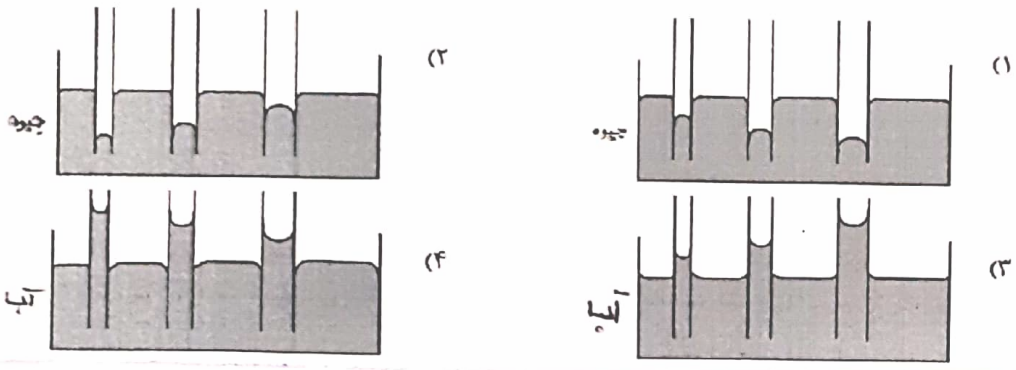
$$P_{\text{کل}} = h_{\text{جیوه}} + P_0 \ (cmHg)$$

اگر داخل ظرفی مایعی به چگالی ρ' بریزیم و ارتفاع آن h cm باشد فشار آن برحسب cmHg برابر است با

$$P = \frac{\rho'}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h'$$

(h': ارتفاع مایع بر حسب cm)

۹۸) کدام یک از شکل های زیر خاصیت مویینگی در لوله های شیشه ای را درست نشان داده است؟



در داخل لوله ای که جیوه قرار دارد جیوه پایین می رود و آب بالا می رود. هرچقدر لوله نازکتر باشد پایین روی و بالاروی بیشتری داریم.

گزینه ۱: غلط چون لوله کلفت تر بیش تر پایین آمده درحالی که لوله نازک باید بیش تر پایین بیاید

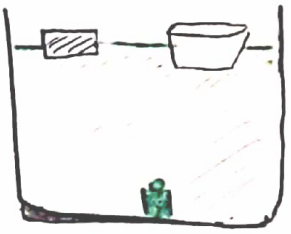
گزینه ۳: آب بالا می رود و در لوله نازکتر باید بیش تر بالا برود

گزینه ۲ و ۴ بالاروی و پایین روی رعایت شده و درست است. { جیوه ← محدب / آب ← مقعر

بیرون لوله هم باید مانند درون لوله باشد لذا گزینه ۴ هم غلط است.

---

۹۹) در شکل زیر یک ظرف خالی و یک قطعه چوب با روی آن شاور تو و یک وزنه فلزی در کف ظرف آب قرار دارد آلدرچوب را از سطح آب برداشته و داخل ظرف قرار دهیم فشار در کف ظرف آب چگونه تغییر می کند و آلدر وزنه را از جایی که قرار دارد برداریم و درون ظرف قرار دهیم و ظرف همچنان شاور بماند فشار در کف ظرف آب چگونه تغییر می کند؟



۱) کاهش می یابد ـ کاهش می یابد
۲) افزایش می یابد ـ افزایش می یابد
۳) ثابت می ماند ـ افزایش می یابد ✓
۴) ثابت می ماند ـ کاهش می یابد.

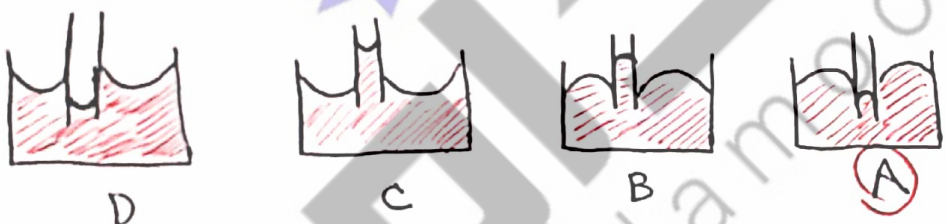
در حالت اول $P = \rho gh + P_0$

وقتی جوب فشار روی آب را به درون ظرف منتقل می‌کنیم نیروی که فشاره به سطح وارد می‌شود تغییری نمی‌کند، لذا فشار در کف ظرف نیز ثابت می‌ماند.

در حالت دوم وزنه داخل ظرف قرار می‌گیرد (حجم ظرف همچنان فشار رفت) نیروی که فشاره به سطح زیادی به مقدار زیادی افزایش می‌یابد (زیرا حجم زیادی از ظرف داخل آب قرار می‌گیرد) لذا: فشاره که نیرو تقسیم بر مساحت است فشار در کف ظرف افزایش می‌یابد.

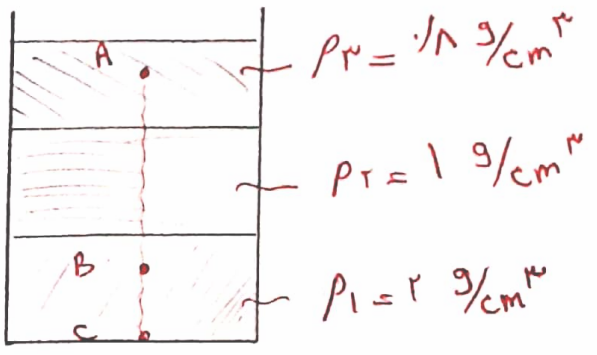
تجربی ۹۹ خ: اگر یک لوله سوین را که در ظرف آن باز است بطور ساکن درجیوه فرو ببریم بصورت کدام یک از شکل‌های زیر درمی‌آید؟

A	B
D	C

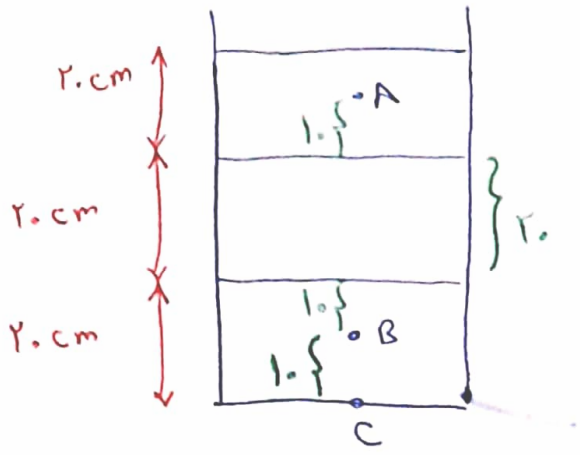


تجربی ۹۹ خ: در شکل زیر ۳ مایع مخلوط نشدنی با چگالی‌های مشخص قرار دارد و ارتفاع هر کدام از مایع‌ها ۲۰cm است. اگر $AB = 40\,cm$ و $BC = 10\,cm$ اختلاف فشار بین ۲ نقطه A و B چند پاسکال است؟ $g = 10\,\frac{m}{s^2}$

۲۶۰۰	۱۶۰۰
۴۸۰۰	۳۸۰۰



ص ۲۲



$$P_B - P_A = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3$$

$$P_B - P_A = g\left(2000 \times \frac{1}{10} + 1000 \times \frac{2}{10} + 800 \times \frac{1}{10}\right)$$

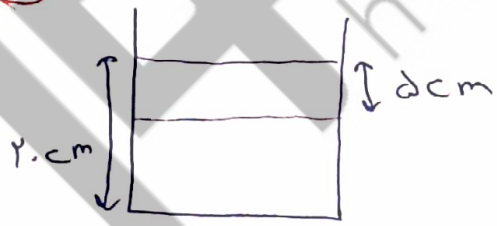
$g \to 10$

$$P_B - P_A = 10(200 + 200 + 80) = 4800\ Pa$$

ریاضی ۱۴۰۰: آلودرعمق 5cm مایعی فشار 100 کیلوپاسکال ودرعمق 20cm آن فشار 104 kPa باشد فشارهوا درمحیط چند کیلوپاسکال است؟ $g = 10\ m/s^2$

۹۷ | ۹۴
۹۹ | ۹۸

خودم شکلی فرض رسم می‌کنم.



$$\Delta P = \rho g \Delta h$$

$$(104 - 100) = \rho \times 10 \times \frac{5}{100} \quad (\times 10^3)$$

$$\Rightarrow 4000 = 0.5\rho$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{4000}{0.5 \times 10^{-1}} = 4000\ kg/m^3$$

$$P = P_0 + \rho g h \Rightarrow 100 \times 10^3 = P_0 + 4000 \times 10 \times \frac{5}{100}$$

$$100000 - 2000 = 98000\ Pa$$

تجربی ۱۴۰۰: درمکانی که شارهها $1.026\times10^5\ Pa$ است، اگر از عمق $10cm$ مایعی به عمق $43cm$ بریزیم فشار 5 برابر می‌شود چگالی مایع چند گرم بر سانتی‌مترمکعب است؟

۲٫۶	۲٫۵
۱۳٫۸	۱۳٫۵

$$\Delta P = \rho g \Delta h$$

$P_2 = 1.5 P_1$

$\hookrightarrow \Delta P = 0.5 P_1$

$$0.5 P_1 = \rho g \Delta h \Longrightarrow$$

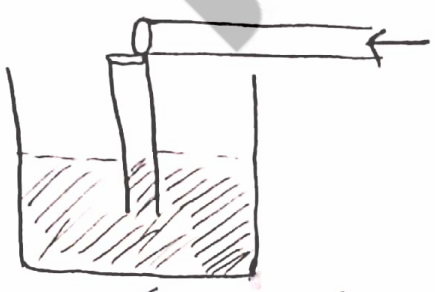
$$0.5(P_0 + \rho g h_1) = \rho g \Delta h$$

$$0.5\left(\underbrace{1.026\times10^5}_{102600} + \underbrace{\rho\times10\times\frac{1}{10}}_{\rho}\right) = \rho\times10\times\frac{43}{100}$$

$$\Longrightarrow 51300 + 0.5\rho = 4.3\rho \Rightarrow 51300 = 3.8\rho$$

$$\Longrightarrow \rho = \frac{51300}{3.8} = 13500\ kg/m^3 = 13.5\ g/cm^3$$

ریاضی ۹۹: یک نی پلاستیکی را مطابق شکل از وسط می‌بریم و بدون این‌که دو قسمت آن کاملاً از هم جدا شوند آن را ۹۰ درجه تا کرده و درون آب قرار می‌دهیم حال اگر از قسمت افقی آن درحمت نشان داده شده به سیم شارها داخل نی شاخه، چگونه تغییری کند و سطح آب داخل آن چگونه جابجایی شود؟



با افزایش عمق شارهای لوله کاهش می‌یابد لذا آب از داخل لوله بالاتر می‌آید.

① افزایش می‌یابد ـ پایین می‌رود

② کاهش می‌یابد ـ پایین می‌رود

③ افزایش می‌یابد ـ بالا می‌آید

④ ✓ کاهش می‌یابد ـ بالا می‌آید

ریاضی ۱۴۰۱: در ارتفاع حدود ۳۰۰۰ متری از سطح دریا فشار هوا ۶۸kPa است. این فشار چند cm جیوه است؟

۵۰	۴۵
۴۰	۵۵

$$P_a \div 1360 \longrightarrow P_{cmHg}$$

$$\frac{68000}{1360} = \frac{6800}{136} = \boxed{50}\ cmHg$$

ریاضی ۹۹: در یک لوله استوانه‌ای که سطح مقطع آن $5cm^2$ است، ۱۳۶ گرم جیوه و ۱۳۶ گرم آب ریخته‌ایم. اگر چگالی جیوه و چگالی آب به ترتیب $13.6\ g/cm^3$ و $1\ g/cm^3$ باشد و فشار درون لوله چند پاسکال است؟ $P_0 = 76cmHg$ $g = 10\ m/s^2$

۵۴۴۰۰	۵۴.۴
۱۰۸۸۰۰	۱۰۸۸

$$P' = P_{آب} + P_{جیوه} + P_0$$

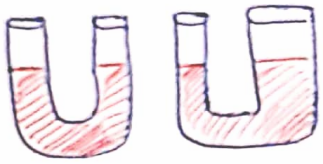
$$= \frac{mg}{A} + \frac{mg}{A} + P_0$$

$$= \frac{136\times10^{-3}\times10}{5\times10^{-4}} + \frac{136\times10^{-3}\times10}{5\times10^{-4}} + 76\times1360$$

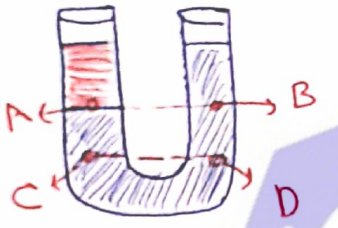
$$= 1088000\ Pa$$

لوله‌های U شکل:

① اگر یک نوع مایع داخل لوله ریخته شود بدون در نظر گرفتن قطر لوله‌ها در دو طرف، سطح مایع در آن‌ها در یک تراز قرار می‌گیرد.



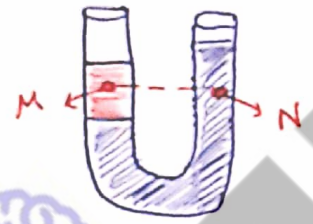
② اگر در یا چند مایع متفاوت و مخلوط نشدنی، داخل لوله‌ها ریخته شود، نقاط هم تراز داخل یک نوع مایع هم فشار هستند.



$P_A = P_B$

$P_C = P_D$

③ نقاط هم تراز ۲ مایع متفاوت هم فشار نیستند.



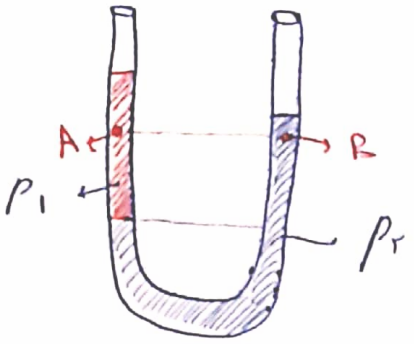
$P_M \neq P_N$

④ مایعی که چگالی بیشتری دارد پایین‌تر قرار می‌گیرد.

⑤ برای حل مسائل لوله‌ها ابتدا نقاط هم تراز از یک مایع را پیدا می‌کنیم و می‌دانیم که فشارهای برابر دارند. سپس جمله‌ی فشار بالاسر این دو نقطه را می‌نویسیم. اگر ۲ سر لوله باز باشد P_0 را لحاظ نمی‌کنیم.

hodamooz

نکته:



$P_2 > P_1$

چون P_2 پایین‌تر است لذا چگالی بیشتری دارد. برای ۲ مایع با چگالی متفاوت

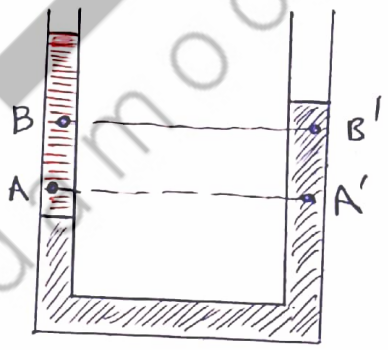
هر مایع که سطح آزاد بالاتری دارد فشار پیش‌تری دارد $(P_A > P_B)$

و از خط تراز هرچه بالاتر برویم تغییرات فشار (Δp) بیشتری میشود.

---

۹۰) با توجه مطابق شکل در حال تعادل اند اگر اختلاف فشار بین نقاط A و A' برابر ΔP_1 و اختلاف فشار بین نقاط B و B' برابر ΔP_2 باشد کدام صحیح است؟

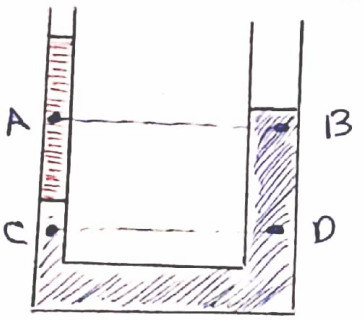
$\Delta P_1 = \Delta P_2$	$\Delta P_1 < \Delta P_2$
$\Delta P_1 > \Delta P_2$	$\Delta P_1 = \Delta P_2 = 0$



هرچه بالاتر برویم ΔP افزایش می‌یابد

---

۹۵) در شکل روبرو در درون لوله دو مایع مخلوط نشدنی قرار دارند. اگر فشار در نقاط نشان داده شده در درون مایع‌ها را مقایسه کنیم کدام رابطه درست است؟



$P_C = P_D$ ← C و D هم‌تراز

$P_A > P_B$ ← سطح مایع A بالاتر از B

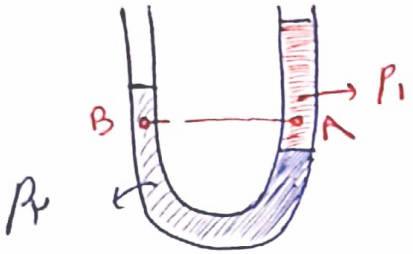
۱) $P_C < P_D$ ، $P_A = P_B$

۲) $P_C < P_D$ ، $P_A < P_B$

۳) $P_C = P_D$ ، $P_A = P_B$

۴) $P_C = P_D$ ، $P_A > P_B$ ✓

تجربی ۹۵ خ ، در شکل زیر دو لوله U شکل دو مایع مخلوط نشدنی با چگالی‌های ρ_1 و ρ_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؟



① ✓ $P_B < P_A$ ، $\rho_2 > \rho_1$

② $P_B > P_A$ ، $\rho_2 > \rho_1$

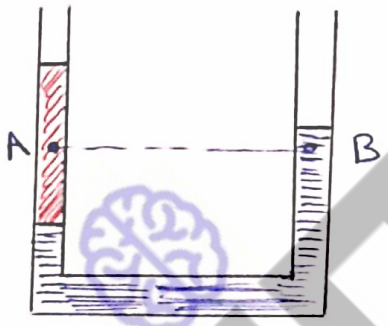
③ $P_B < P_A$ ، $\rho_2 < \rho_1$

④ $P_B > P_A$ ، $\rho_2 < \rho_1$

$\rho_2 > \rho_1$ ، $P_A > P_B$

---

۹۴ در شکل روبرو ۲ مایع مخلوط نشدنی به چگالی‌های $800\ kg/m^3$ و $1000\ kg/m^3$ در یک لوله U شکل قرار دارند. اگر فشار در نقاط A و B به ترتیب P_A و P_B باشد کدام رابطه در SI برقرار است؟



① $P_A = P_B$

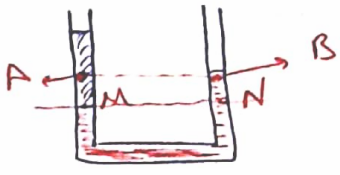
② $P_A = \frac{۴}{۵} P_B$

③ $P_A = P_B - 100$

④ ✓ $P_A = P_B + 100$

فقط در گزینه ④ رعایت شده $\longrightarrow$ روی اول $P_A > P_B$

روی دوم



$P_M = P_N \Rightarrow P_A + \rho_1 gh = P_B + \rho_2 gh$

$P_A = P_B + (\rho_2 - \rho_1) gh$

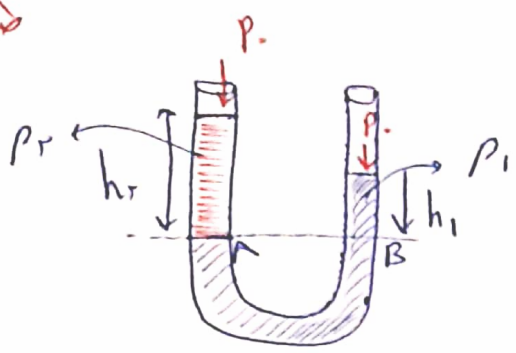
$P_1 = 800$

$\rho_2 = 1000$ و $h = 0.05m$

$P_A = P_B + 200 \times 10 \times 0.05$

$P_A = P_B + 100$

۲۸



نکته :

$$P_A = P_B$$

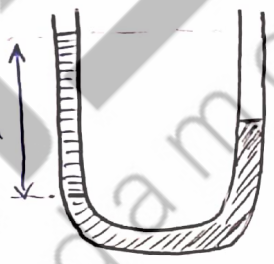
$$\rho_2 g h_2 + P_0 = \rho_1 g h_1 + P_0 \Longrightarrow \rho_2 h_2 = \rho_1 h_1$$

---

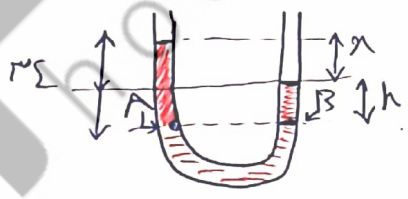
(۹۱) در شکل روبرو اختلاف ارتفاع آب و جیوه چند سانتی‌متر است؟

$\rho_{\text{آب}} = 1\ g/cm^3$

$\rho_{\text{جیوه}} = 13{,}6\ g/cm^3$



حل ⇐



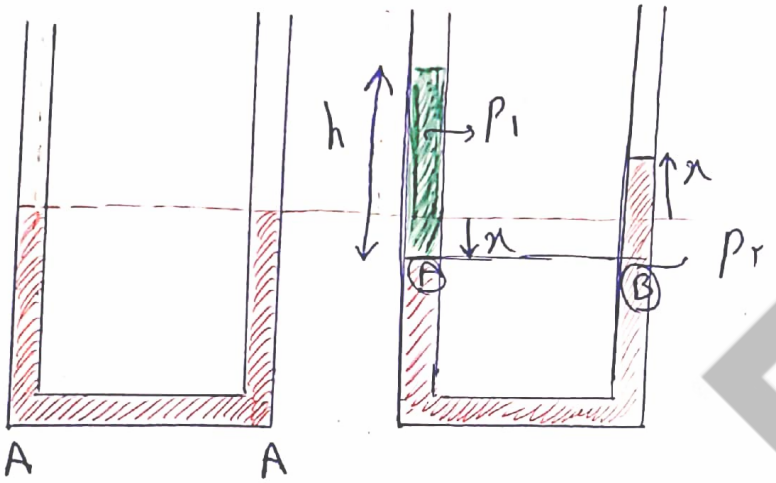
$$P_A = P_B$$

$$34 \times 1 = 13{,}6 \times h \longrightarrow h = \frac{34}{13{,}6} = \frac{340}{136} = 2{,}5\ cm$$

$$x = 34 - 2{,}5 = \boxed{31{,}5\ cm}$$

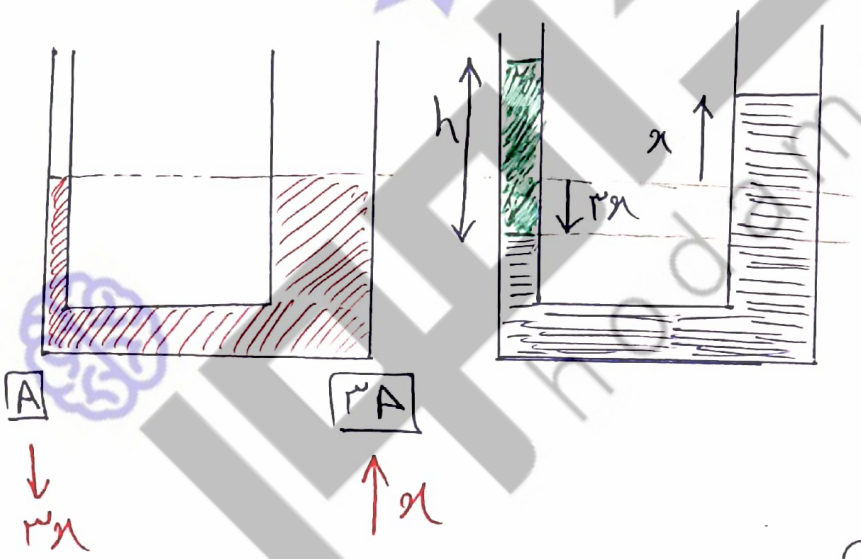
جابجایی در لوله‌ها: آب ۲ ستِ لوله U شکل هم‌مساحت باشند (هم‌قطر) هرست که x واحد پایین بیاید، ست دیگر x واحد بالا می‌رود.

فرض می‌کنیم در لوله U شکل زیر بخواهیم در ست چپ مایع جدیدی به لوله اضافه کنیم:



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

اگر مساحت لوله‌ها یکسان نباشد باتوجه به نسبت مساحت‌ها نیست جابجایی‌ها به صورت رابطه مقدرس بدست می‌آید.



$$\rho_1 h = \rho_2 (4x)$$

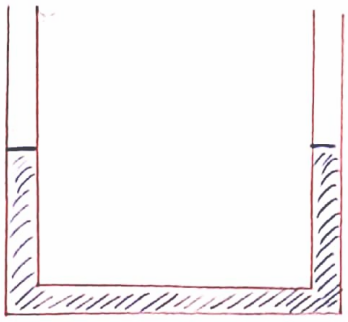
جمع مساحت‌ها

A → nA → (n+1)

(۹۱) در شکل روبرو در لوله U شکل آب ریخته شده و نقطه M روی لوله نشانه گذاری شده است.

اگر در دست راست لوله روی آب به ارتفاع ۵cm نفت بریزیم در لوله سمت چپ چند سانتی متر از نقطه M بالاتر می رود؟ چگالی نفت و آب ۰/۸ و ۱ گرم بر سانتی متر مکعب است.

۲	۱
۴	۲,۵



$$P_1 h = P_2 h_2$$

$$0.8 \times 5 = 1 \times (2x)$$

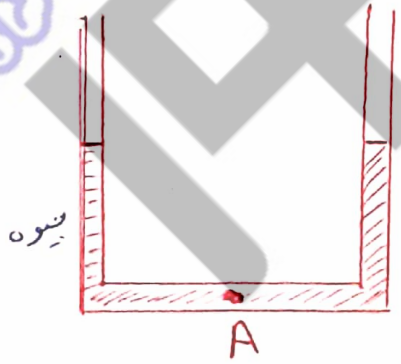
$$\Rightarrow x = 2\,cm$$

سمت راست ۲cm پایین می آید و سمت چپ ۲cm بالا می رود

---

(۹۲) در شکل روبرو سطح مقطع لوله در هر طرف برابر $2\,cm^2$ است. اگر در یکی از شاخه ها روی جیوه ۶۸ گرم آب بریزیم، فشار در نقطه A چند سانتی متر جیوه افزایش می یابد؟

$\rho_{آب} = 1\,g/cm^3$ $\quad \rho_{جیوه} = 13.6\,g/cm^3$



مساحت دو طرف برابر یعنی $\uparrow x \quad \downarrow x$

$\Leftarrow$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow 1 = \frac{68}{2 \times h} \rightarrow h = 34\,cm$$

آب

$$P_1 h = P_2 h$$

$$1 \times 34 = 13.6 \times 2x \longrightarrow x = \frac{34}{4 \times 3.4 \times 2}$$

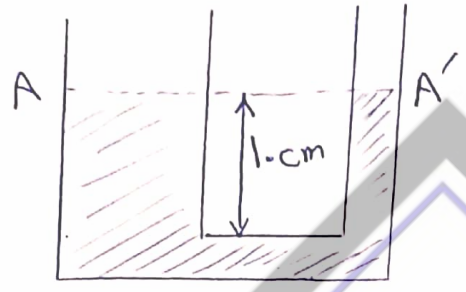
$$x = \frac{10}{8} = 1.25\,cm$$

فشار در نقطه A به اندازه ارتفاع آبی که معادل اضافه ارتفاع ستون جیوه می باشد اضافه شده است.

$$\Delta P = 1.25\,cm\,Hg$$

۹۸ در دو لوله استوانه ای مربوط به هم تا سطح AA' آب وجود دارد و سطح مقطع قاعده یکی از استوانه‌ها ۳ برابر سطح مقطع قاعده استوانه دیگر است. اگر از لوله بست چپ با ارتفاع ۵cm نفت اضافه کنیم آب در لوله باریک چند سانتی متر نسبت به حالت اول بالا می رود؟

۱,۲	۳۶
۴	۵



$P_{نفت} = ۰/۸ \ g/cm^3$

$P_{آب} = ۱ \ g/cm^3$

مساحت ۳ برابر ← سطح مقطع ۳ برابر

x ، $۹x$

$$ph = p_2 h$$

$$۰/۸ \times ۵ = ۱ \times ۱۰x \longrightarrow x = ۰/۴ \ cm$$

$$۹x = ۹ \times ۰/۴ = ۳/۶ \ cm$$

---

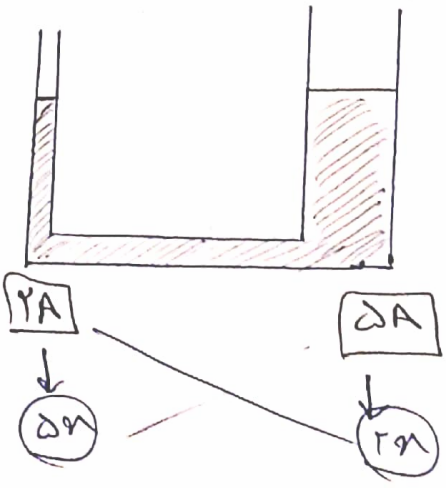
۹۶ در یک لوله U شکل که مساحت قاعده لوله سمت راست و چپ آن به ترتیب $۵cm^2$ و $۲cm^2$ آب وجود دارد در لوله سمت چپ چند لیتر لوله روغن بریزیم تا سطح آب در لوله سمت راست ۴cm بالا برود؟

۲۸	۱۷,۵
۷۰	۳۵

$P_{روغن} = ۰/۸ \ gr/cm^3$

$P_{آب} = ۱ \ gr/cm^3$

$g = ۱۰ \ \frac{N}{kg}$



$۲x = ۴ \longrightarrow x = ۲cm$

$۵x = ۱۰ \ cm \Longrightarrow$

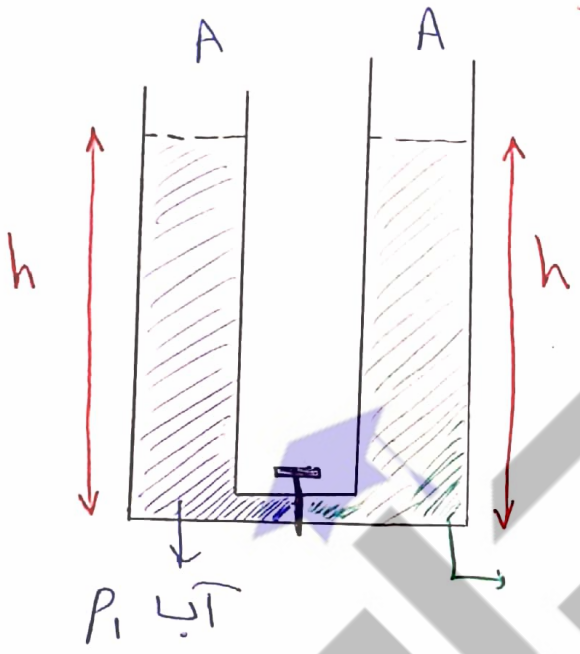
$۱۰ + ۴ = ۱۴ cm$

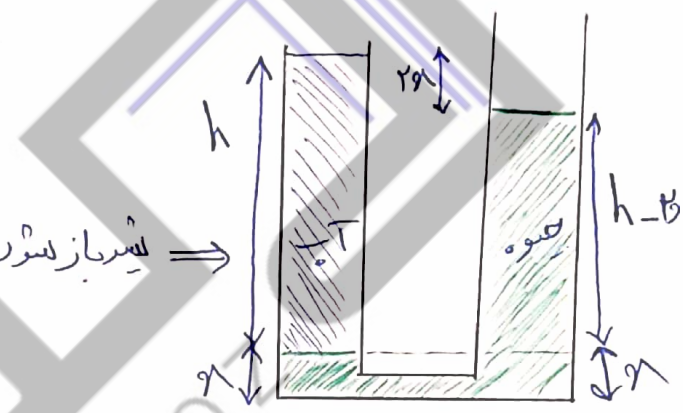
اختلاف ارتفاع

$$0/8h = 1 \times (12)^{\nearrow 8} \longrightarrow h = \frac{12}{\frac{8}{10}} = \frac{120}{8} = 17/5\,cm$$

$$m = \rho V = \rho A h = 1 \times 2 \times 17/5 = 35\,g \times \frac{8}{10} = \frac{28}{9}\,g$$

مسائل لوله‌هایی که شیر بین آن‌ها وجود دارد:



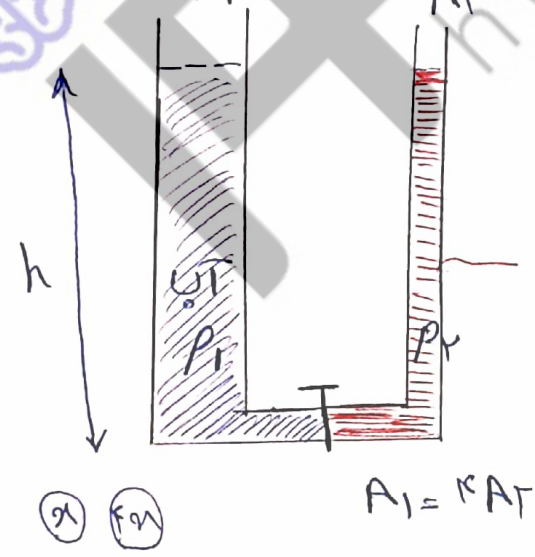


شیر باز شود ⟸

جیوه
ρ_2

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

حالت دوم: آلرسطح مقطع ۲ طرف یکسان نباشد



$A_1 = 2A_2$ آلرسطح به عنوان مثال

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

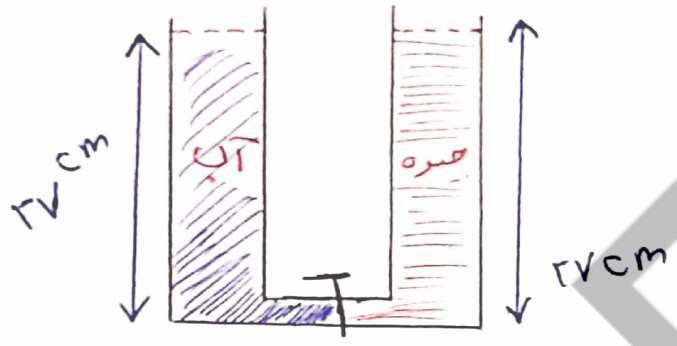
$r_1 = 2r_2$ والر

$A_1 = 4A_2$ چون ←

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

خ ۹۸: دو ظرف استوانه‌ای شبیه به وسیله لوله بسیار باریک با حجم ناچیز به یکدیگر مربوط‌اند و مطابق شکل زیر درون استوانه آب و در دیگری جیوه قرار دارد. اگر شعاع قاعده‌ی این دو ظرف را باز کنیم سطح جیوه در لوله چند سانتی‌متر پایین می‌آید؟

۵	۲
۲۵	۱۲٫۵



$\rho_{Hg} = 13{,}5\ g/cm^3$ — $\rho = 1\ g/cm^3$

$$p_1 h = p_2 (h - 2x) \Rightarrow 1 \times 27 = 13{,}5(27 - 2x)$$

(آب)

$$\Rightarrow 2 = 27 - 2x \rightarrow 2x = 25$$

$$\boxed{x = 12{,}5\,cm}$$

جیوه $12{,}5^{cm}$ پایین می‌آید و آب $12{,}5^{cm}$ بالا می‌رود. اگر سطح مقطع لوله‌ها یکسان نباشد چه تغییری در جواب ایجاد می‌شود؟

مثال: اگر در سمت راست $3A_1$ و سمت چپ A_1 باشد جیوه چند cm پایین می‌آید؟

A_1 ← $2x$ ، $3A_1$ ← x

$$p_1 h = p_2 (h - 4x)$$

$$1 \times 27 = h$$

$$1 \times 27 = 13{,}5(27 - 4x)$$

$$2 = 27 - 4x \Rightarrow 25 = 4x \rightarrow x = \frac{25}{4}$$

$$\boxed{x = 6{,}25\,cm}$$

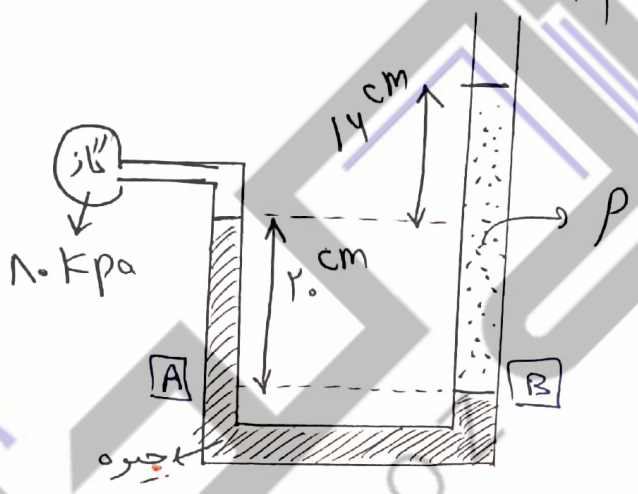
آب $4x \rightarrow 25^{cm}$ بالا می‌رود

تجربی ۱۴۰۰ مشابه تمرین آخر فصل کتاب درسی

درون لوله U شکل که به یک مخزن محتوی گاز وصل شده است، جیوه به چگالی $13600 \frac{kg}{m^3}$ و مایعی به چگالی ρ وجود دارد. اگر فشار هوای بیرون لوله $10^5 Pa$ باشد و $g = 10 \frac{m}{s^2}$

ρ چند کیلوگرم بر مترمکعب است؟

۱۵۰۰	۱۰۰۰
۲۵۰۰	۲۰۰۰



$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} + \rho g h_{\text{جیوه}} = (\rho g h)_{\text{مایع}} + P_0$

$80000 + 13600 \times 10 \times \frac{20}{100} = \rho \times 10 \times \frac{36}{100} + 100000$

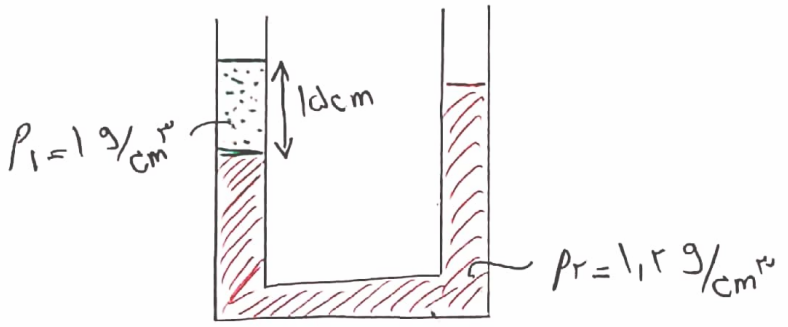
$80000 + 27200 = 3.6\rho + 100000$

$80000 + 27200 - 100000 = 3.6\rho$

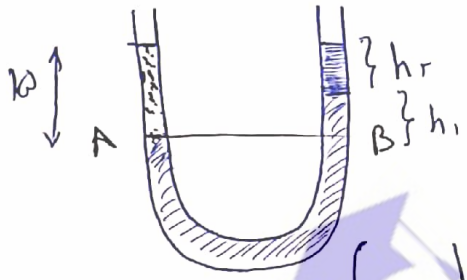
$7200 = 3.6\rho$

$\Rightarrow \rho = \frac{72 \times 10^2}{36 \times 10^{-1}} = 2 \times 10^3$

تجربی ۱۴۰۱: در شکل زیر سطح مقطع لوله $1cm^2$ است. در دست راست لوله چند cm^3 مایع مخلوط نشدنی با حجم‌های برابر به چگالی $\rho_3 = 0/8\ g/cm^3$ بریزیم تا سطح آزاد مایع‌ها در دو طرف لوله در یک سطح باشد؟



V	۳/۵
۱۲	۹



$$P_A = P_B$$

$$\begin{cases} 1\times 15 = 1/2h_1 + 0/8h_2 \xrightarrow{\times 10} 150 = 12h_1 + 8h_2 \\ h_1 + h_2 = 15 \end{cases}$$

$$\begin{cases} 12h_1 + 8h_2 = 150 \\ -8h_1 - 8h_2 = -120 \end{cases}$$

$$4h_1 = 30$$

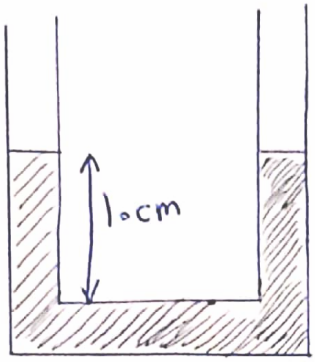
$$h_1 = 7\ cm$$

$$h_2 = 9\ cm \Longrightarrow V = Ah = 1\times 9 = 9cm^3$$

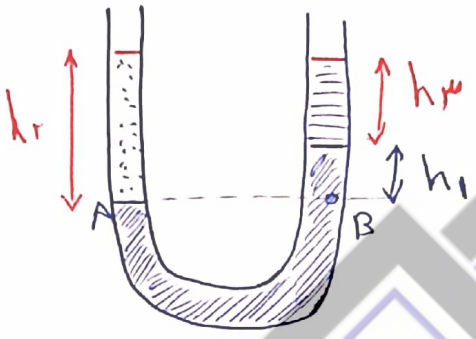
تجربی خ ۱۴۰۱: در شکل زیر سطح مقطع لوله $2cm^2$ است. در آن آب با حجم $\rho_1 = 1\ g/cm^3$ قرار دارد روی آب در یک طرف $20\ cm^3$ مایع مخلوط نشدنی با حجم $\rho_2 = 0/8\ g/cm^3$ می‌ریزیم. در لوله مقابل چند سانتی‌متر مکعب مایع مخلوط نشدنی دیگری با حجم $\rho_3 = 0/75\ g/cm^3$ بریزیم تا سطح آزاد مایع‌ها در دو شاخه لوله در یک سطح باشد؟

۱۲	۸
۱۶	۱۲/۸

۳۶



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



$$P_A = P_B$$

$$\Rightarrow \quad \rho_2 h_2 = \rho_1 h_1 + \rho_2 h_3$$

$$0.8 \times 10 = 1 \times h_1 + 0.75 h_3$$

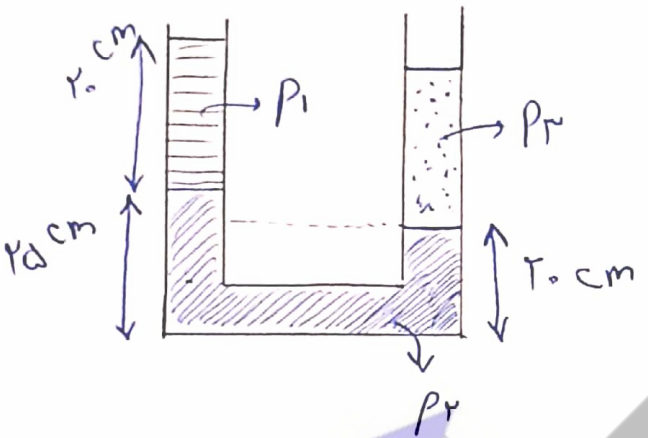
$$\Rightarrow \ominus \begin{cases} 8 = h_1 + 0.75 h_3 \\ 10 = h_1 + h_3 \end{cases} \Rightarrow 2 = (1 - 0.75) h_3$$

$$\Rightarrow \quad 2 = 0.25 h_3 \longrightarrow h_3 = \frac{2}{\frac{1}{4}} = 8\,cm$$

$$V_2 = A \cdot h_2 = 8 \times 2 = 16\,cm^3$$

تجربی ۱۴۰۰ خ : در شکل زیر سه مایع مخلوط نشدنی به چگالی‌های $\rho_1 = 0/8\ g/cm^3$ ، $\rho_2 = 2/4\ g/cm^3$ و مایع سوم با چگالی ρ_3 به حالت تعادل قرار دارند. اگر سطح مقطع لوله $2\ cm^2$ باشد، جرم مایع سوم چند گرم است؟

۴۸ | ۵۶
۳۵ | ۴۲



$$P_A = P_B$$

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

$\rho_3 g h_3 = \frac{mg}{A}$

$$\div g \Longrightarrow \rho_1 h_1 + \rho_2 h_2 = \frac{m_3}{A}$$

$$800 \times \frac{20}{100} + 2400 \times \frac{5}{100} = \frac{m}{2 \times 10^{-4}}$$

$$160 + 120 = 0/5 \times 10^4\, m$$

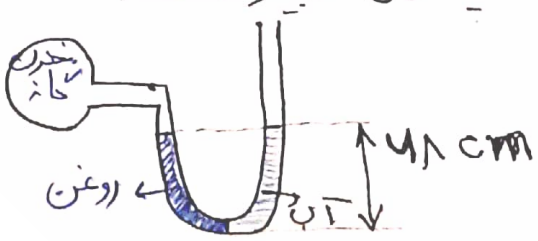
$$m = \frac{280}{0/5 \times 10^4}$$

$\times 10^3$ ⇒ g

$$m = \frac{560}{10^4} \times 10^3 = 56\ g$$

ریاضی ۱۴۰۰ مطابق شکل زیر درون لوله U شکلی که یک سر مخزن گاز متصل است، حجم مساوی از آب و روغن قرار دارد. فشار پیمانه‌ای مخزن گاز چند میلی‌متر جیوه است؟

۵ | ۱
۵۰ | ۱۰



$\rho_{جیوه} = 13/6\ g/cm^3$

$g = 10\ m/s^2$

$\rho_{روغن} = 0/8\ \rho_{آب} = 0/8\ g/cm^3$

$$P_{\text{مخزن}} + P_{\text{روغن}} = P_{\text{آب}} + P_{\text{هوا}}$$

$$P_{\text{مخزن}} + 4\,cmHg = 5\,cmHg + P_{\text{هوا}}$$

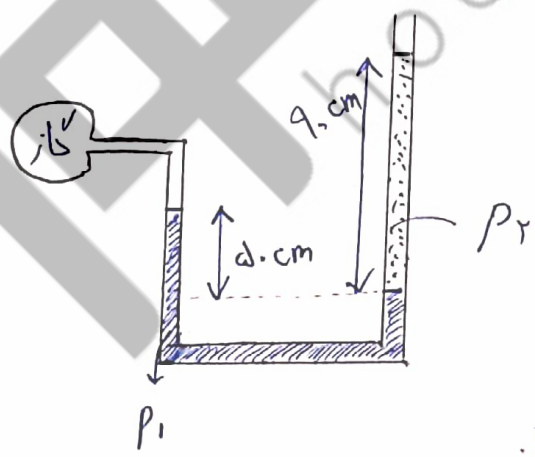
$$P_{\text{مخزن}} - P_{\text{هوا}} = 1\,cmHg = 10\,mmHg$$

$$P_{\text{روغن}} = \frac{8}{13.6} \times 68 = \frac{8}{136} \times 68 = 4\,cm$$

$$P_{\text{فشار}} \Rightarrow \frac{1}{13.6} \times 68 = \frac{68}{136 \times 10^{-1}} = \frac{68 \times 10^{1}}{136} = 5\,cm$$

ریاضی ۱۴۰۰ : در شکل زیر دو مایع به حالت تعادل قرار دارند اگر چگالی آن‌ها $\rho_1 = 1.2\ g/cm^3$ باشد فشار پیمانه‌ای گاز چند پاسکال است؟ $\rho_2 = 1\ g/cm^3$

$$g = 10\ \frac{N}{kg}$$



$$P_A = P_B$$

$$P_{\text{گاز}} + \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 + P_0$$

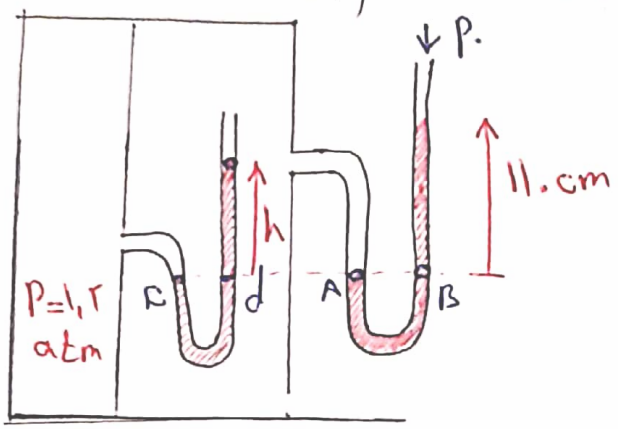
$$P_{\text{گاز}} + 1200 \times 10 \times \frac{50}{100} = 1000 \times 10 \times \frac{90}{100} + P_0$$

$$P_{\text{گاز}} + 6000 = 9000 + P_0$$

$$\Rightarrow P_{\text{گاز}} - P_0 = 3000\ Pa$$

درون لوله‌ها آب است و حجمی از آن را که cm^3 ۹۰ فرض کنید مقدار h چند سانتی‌متر است؟

$P_0 = 1atm$



۹۵	۹۰
۱۱۰	۱۰۰

$$P_A = P_0 + \rho gh = P_0 + 1000 \times 10 \times \frac{110}{100}$$

$$= 10^5 + 0.11 \times 10^5 = 1.11 \times 10^5$$

$$P_C = P_d$$

$$1.12 \times 10^5 = \rho gh + 1.11 \times 10^5$$

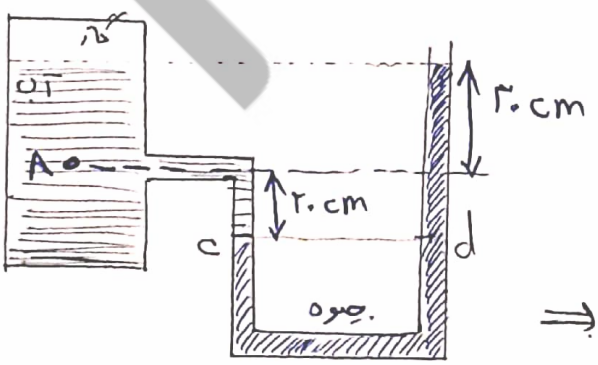
$$0.01 \times 10^5 = 1000 \times 10 \times h \Rightarrow h = 0.1m = 10cm$$

---

(۹۴) در شکل مقابل فشار در نقطه A چند کیلو پاسکال است؟

$P_0 = 1.0 \times 10^5 Pa$

$P_{آب} = 1 gr/cm^3$ $\quad P_{جیوه} = 13.6 gr/cm^3$



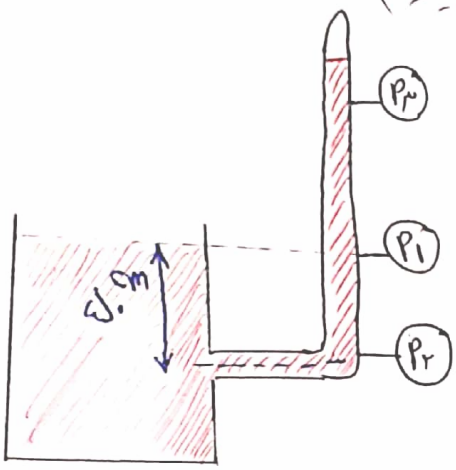
$$P_C = P_d$$

$$\Rightarrow P_A + \underset{\text{آب}}{\rho gh} = \underset{\text{جیوه}}{\rho gh} + P_0$$

$$\Rightarrow P_A + 1000 \times 10 \times \frac{20}{100} = 13600 \times 10 \times \frac{50}{100} + 10^5$$

$$\Rightarrow P_A + 2000 = 68000 + 100000 \Rightarrow P_A = 170000 Pa = 170 kPa$$

۱۰ در شکل روبرو آلبر درون لوله و ظرف جیوه باشد و فشار هوای اطراف $76\,cmHg$ باشد فشارسنج چه عددی را نشان می دهد؟ (برحسب سانتی متر جیوه)



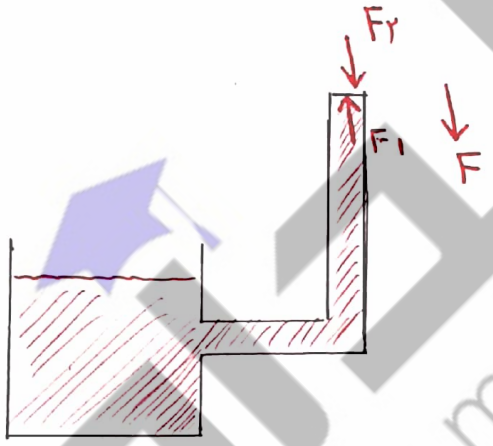
$P_3 = -50$

$P_1 = 0$

$P_2 = 50$

نیروی درون و بیرون:

حالت اول:



F_1: نیروی وارده از طرف مایع به دریوش

F_2: نیروی وارده از طرف جیوه به دریوش

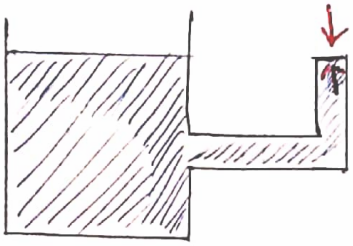
F: نیروی خالص (برآیند) وارد به دریوش

$F_1 = PA$ ✗

$F_2 = P_0 A$ $\Longrightarrow$ $F = (P - P_0)A$

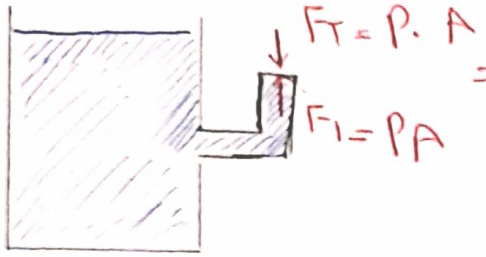
$F = P_{g_0} A$

حالت دوم

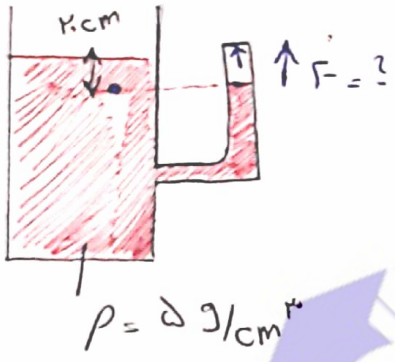


$\Longrightarrow F = 0$

حالت سوم



مثال) در شکل روبرو فشار هوای اطراف یک اتمسفر است. نیروی که هوای محبوس به انتهای لوله با مساحت $2\,cm^2$ وارد می‌کند چند نیوتن است؟



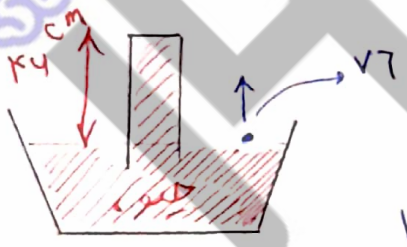
$$F = P_x A = (\rho g h + P_0) A$$

$$F = \left(5000 \times 10 \times \frac{20}{100} + 10^5\right) 2 \times 10^{-4}$$

$$F = \left(0.1 \times 10^5 + 10^5\right) \times 2 \times 10^{-4}$$

$$= 1.1 \times 10^5 \times 2 \times 10^{-4} = 22\,N$$

مثال) در شکل مقابل نیروی وارد از طرف جیوه بر درب لوله با مساحت $2.5\,cm^2$ تقریباً چند نیوتن است؟



$P_0 = 76\ cmHg$

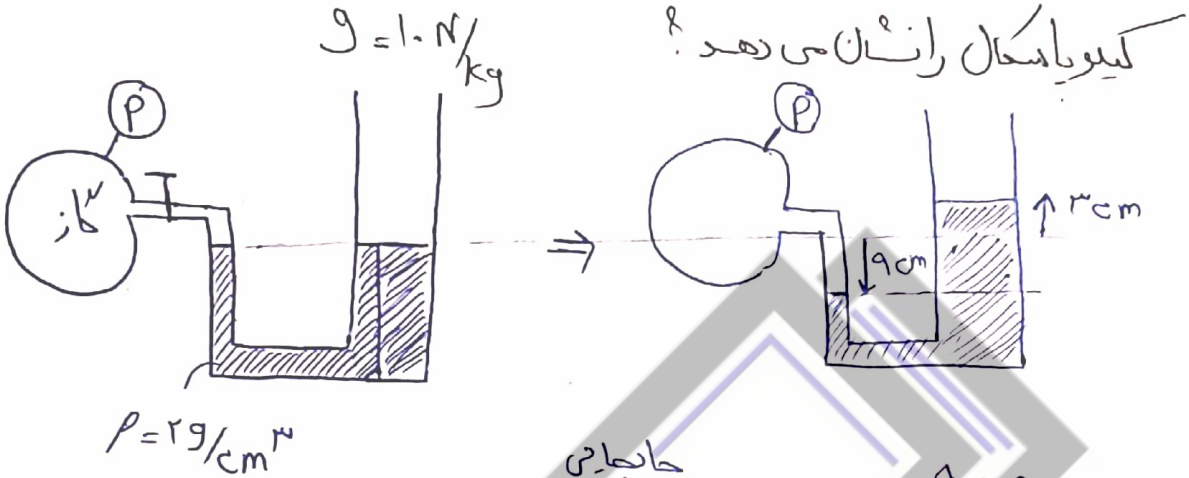
$\rho = 13.6\ g/cm^3$

لوله $P = 76 - 46 = 30\ cmHg$

$$F = P_0 A = 30 \times 1360 \times 2.5 \times 10^{-4}$$

$$= 10.2 \simeq 10\,N$$

مثال سوم : در شکل زیر آلر سطح مقطع لوله ست راست سه برابر سطح مقطع لوله ست چپ باشد با باز کردن شیر گاز مایع در ست راست ۳ سانتی‌متر از جای اولش بالا می‌رود. فشار سنج در این حالت چند کیلو پاسکال را نشان می‌دهد؟



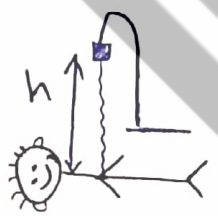
جابجایی
A ⟶ ۳x ⟹ ۹ cm
۳A ⟶ x ⟶ ۳cm بالا می‌رود ⟹ x = ۳ cm

دو سطح ۱۲cm جابجا دارند

فشار سنج همان فشار پیمانه‌ای pgh را نشان می‌دهد.

$$P = ۲۰۰۰ \times ۱۰ \times \frac{۱۲}{۱۰۰} = ۲۴۰۰ pa$$
$$= ۲,۴ pa$$

مثال اگر فشار پیمانه‌ای در سیاهرگ ۱۲۰۰ pa باشد ارتفاع کمینه h چند سانتی‌متر باشد تا محلول درون سیاهرگ نفوذ کند؟ چگالی محلول را $۱۰۰۰ kg/m^3$ در نظر بگیرید.



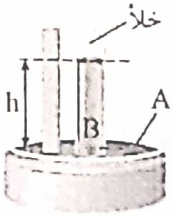
فشار مایع داخل سرم بیش از فشار داخل رگ باشد

$$P - P_0 = \rho g h$$
$$۱۲۰۰ = ۱۰۰۰ \times ۱۰ \times h$$
$$\Rightarrow h = ۰,۱۲ m$$

این قسمت شامل بخش‌های زیر است:

آ) جوسنج (بارومتر) ← ب) فشارسنج (مانومتر) ← پ) فشارسنج بوردون و گاز زیر پیستون

آ) جوسنج (بارومتر)



اگر مطابق شکل یک لولهٔ آزمایش بلند را پر از جیوه کرده و سپس دهانهٔ آن را با انگشت بگیرید و به طور بر عکس درون ظرف حاوی جیوه قرار دهید، سطح جیوه در لوله پایین آمده و ثابت می‌شود. در این حالت می‌گوییم فشار هوا معادل ارتفاع h از جیوه است. این وسیلهٔ ساده جوسنج نامیده می‌شود و اولین بار توسط توریچلی اختراع شد.

نکته ۱) اگر ارتفاع مایع درون لولهٔ آزمایش و جنس مایع را بیان کنید در حقیقت فشار هوا را بر حسب ستون مایع بیان کرده‌اید. مانند $P_0 = ۷۶\,cmHg$

۲) اگر درون ظرفی تا ارتفاع h مایعی باشد، می‌توانید ارتفاع و جنس مایع را به عنوان فشار بیان کنید. به عنوان مثال اگر داخل استخری به ارتفاع ۲m آب باشد، فشار ناشی از آب در کف استخر برابر «۲ متر آب» است.

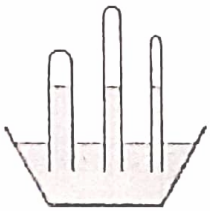
تست: ارتفاع ستون جیوه در جوسنجی برابر ۵۰cm است. فشار هوا در منطقهٔ مورد نظر چند کیلوپاسکال است؟

$(g = ۱۰\,N/kg \;،\; \rho_{\text{جیوه}} = ۱/۳۶ \times ۱۰^۴\,kg/m^۳)$

۱) ۶/۸ ۲) ۶۸ ۳) ۳/۴ ۴) ۳۴

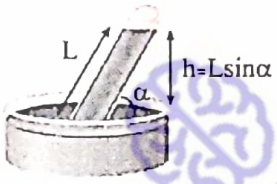
پاسخ: ارتفاع جیوهٔ داخل لوله برابر ۵۰cm است، بنابراین $P_0 = ۵۰\,cmHg$

$P_0 = \rho gh = (۱/۳۶ \times ۱۰^۴)(۱۰)(۰/۵) = ۶۸۰۰۰\,Pa = ۶۸\,kPa \Rightarrow$ گزینهٔ (۲) درست است.



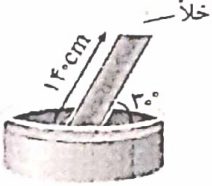
نکته آزمایش توریچلی، مطابق شکل با سه لوله آزمایش مختلف، هم‌زمان انجام شده است.

همان‌طور که می‌بینید سطح مقطع و طول لوله‌های آزمایش متفاوت است. ولی جیوه تا ارتفاع یکسان بالا آمده است. بنابراین سطح مقطع و طول لولهٔ آزمایش تأثیری بر آزمایش ندارد. توجه کنید که طول قسمتی از لولهٔ آزمایش که بیرون جیوهٔ داخل ظرف قرار می‌گیرد باید به اندازه‌ای باشد که در بالای لولهٔ آزمایش فضای خالی باقی بماند.



نکته اگر لولهٔ آزمایشی را کج کنید، باید ارتفاع قائم جیوه از سطح جیوهٔ داخل ظرف را اندازه‌گیری کنید.

تست: در آزمایش توریچلی مقابل، فشار هوا چند سانتی‌متر جیوه (cmHg) است؟

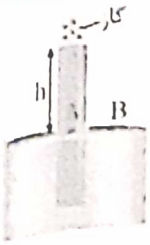


۱) ۶ ۲) ۶۰ ۳) ۷۰ ۴) ۱۴۰

پاسخ: ارتفاع قائم جیوه از سطح جیوهٔ داخل ظرف را به‌دست می‌آوریم:

$\sin ۳۰^\circ = \frac{h}{L} \Rightarrow h = \frac{۱}{۲} \times (۱۴۰) = ۷۰\,cm$

$P_0 = ۷۰\,cmHg \Rightarrow$ گزینهٔ (۳) درست است.

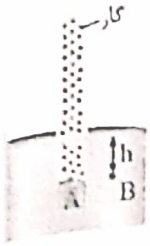


نکته اگر مطابق شکل روبه‌رو درون لولهٔ جوسنج، گاز یا هوا حبس شود، می‌توان فشار آن را به‌صورت زیر محاسبه کرد:

حالت اول:

$$P_A = P_B \Rightarrow \underbrace{P_h} + P_{\text{گاز}} = P_0 \Rightarrow P_{\text{گاز}} = P_0 - P_h$$

فشار ناشی از اختلاف سطح مایع

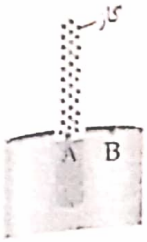


حالت دوم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} = \underbrace{P_h} + P_0$$

فشار ناشی از اختلاف سطح مایع

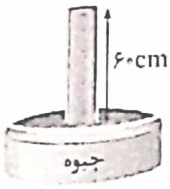
توجه کنید که اگر فشار گاز بر حسب پاسکال مورد سؤال باشد $P_h = \rho gh$ است و اگر فشار گاز بر حسب سانتی‌متر یا میلی‌متر جیوه مورد سؤال باشد، P_h را بر حسب سانتی‌متر یا میلی‌متر جیوه پیدا می‌کنیم و در رابطه قرار می‌دهیم.



حالت سوم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} = P_0$$

تست: فشار هوا در منطقه‌ای ۷۵cmHg است. فشار هوای محبوس در بالای لوله چند سانتی‌متر جیوه است؟



۱) ۶۰
۲) ۷۵
۳) ۱۵
۴) ۱۳۵

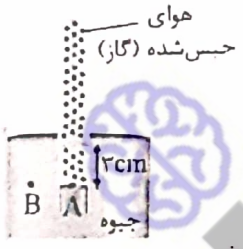
پاسخ:

گزینهٔ (۳) درست است. $P_{\text{گاز محبوس}} = 15\text{cmHg} \Rightarrow P_0 = P_{\text{گاز محبوس}} + P_h \Rightarrow 75 = P_{\text{گاز محبوس}} + 60$

تست: لولهٔ انتها بسته‌ای را وارونه در ظرف جیوه فرو می‌بریم. سطح جیوه در درون لوله ۳ سانتی‌متر پایین‌تر از سطح آزاد جیوه قرار می‌گیرد. اگر فشار هوا ۷۶ سانتی‌متر جیوه باشد، فشار هوای محبوس در لوله چند سانتی‌متر جیوه است؟

۱) ۷۳
۲) ۷۹
۳) ۷۴/۵
۴) ۷۷/۵

پاسخ:



گزینهٔ (۲) درست است. $P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} = P_h + P_0 \Rightarrow P_{\text{گاز}} = 3 + 76 = 79\text{cmHg}$

تبدیل ستون‌های مایع به یکدیگر

برای تبدیل یکای ستون مایع به مایعی دیگر از رابطهٔ روبه‌رو استفاده می‌شود:

$$\rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

ρ و h به ترتیب چگالی مایع و ارتفاع ستون مایع می‌باشد.

نکته یکای ρ و h در طرفین باید مشابه یکدیگر باشد و لزومی ندارد یکاها بر حسب SI باشند.

تست: در آزمایش توریچلی، فشار هوا ۷۰cmHg اندازه‌گیری شده است. اگر به جای جیوه از آب استفاده شود، حداقل طول لولهٔ آزمایش مورد نیاز چند سانتی‌متر است؟ ($\rho_{\text{آب}} = 1\text{g/cm}^3$ ، $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6\text{g/cm}^3$)

۱) ۷۰۰
۲) ۸۶۰
۳) ۱۳۶۰
۴) ۹۵۲

پاسخ: فشاری که آب و جیوه نشان می‌دهند باید یکسان باشد:

گزینهٔ (۴) درست است. $P_{\text{جیوه}} = P_{\text{آب}} \Rightarrow \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 \Rightarrow 13/6 \times 70 = 1 \times h_2 \Rightarrow h_2 = 952\text{cm}$

تست: مایعی به چگالی $2g/cm^3$ تا ارتفاع ۲/۷۲ متر در ظرفی ریخته‌ایم. اگر فشار هوا ۷۶ سانتی‌متر جیوه و چگالی جیوه $13/6g/cm^3$ باشد، فشار وارد بر کف ظرف محتوی مایع بر حسب سانتی‌متر جیوه چقدر است؟

۱) ۱۲۰/۴ ۲) ۱۱۶ ۳) ۹۶ ۴) ۸۰

پاسخ: ابتدا فشار حاصل از ستون مایع را بر حسب سانتی‌متر جیوه پیدا می‌کنیم:

$$\rho h = \rho_{Hg} h_{Hg} \Rightarrow (2)(272) = (13/6)h_{Hg} \Rightarrow h_{Hg} = 0/4m = 40cm$$

یعنی فشار ستون مایع معادل $40cmHg$ است.

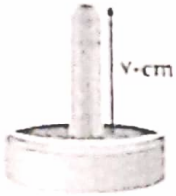
$$P_{کل} = P_{مایع} + P_0 = 40 + 76 = 116cmHg \Rightarrow$$ گزینهٔ (۲) درست است.

نکته اگر طول لولهٔ آزمایش در فشارسنج کم‌تر از فشار هوا باشد، بالای لولهٔ آزمایش خالی نمی‌ماند و به انتهای لولهٔ آزمایش فشار وارد می‌شود که این فشار مطابق شکل محاسبه می‌شود:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 = \rho g h_1 + P'$$

P' فشاری است که به انتهای لوله وارد می‌شود.

تست: مطابق شکل، اگر فشار هوا $75cmHg$ و سطح لوله $5cm^2$ باشد، چه نیرویی بر انتهای لوله وارد خواهد شد؟



$(g = 10N/kg \cdot \rho_{جیوه} = 13/6g/cm^3)$

۱) ۲/۵N ۲) ۵N ۳) ۱/۷N ۴) ۳/۴N

پاسخ: فشار وارد بر ته لوله را P' در نظر می‌گیریم:

$$P_0 = P_{مایع} + P' \Rightarrow 75 = 70 + P' \Rightarrow P' = 5cmHg$$

برای این‌که بتوانیم نیروی حاصل از این فشار را پیدا کنیم، باید این فشار را بر حسب پاسکال داشته باشیم:

$$P' = \rho_{Hg} g h_{Hg} \Rightarrow P' = (13/6 \times 10^3)(10)(5 \times 10^{-2}) = 6/8 \times 10^3 Pa$$

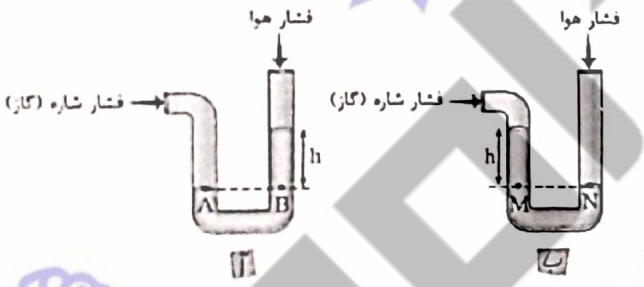
$$P' = \frac{F}{A} \Rightarrow F = P'A = (6/8 \times 10^3)(5 \times 10^{-4}) = 3/4N \Rightarrow$$ گزینهٔ (۴) درست است.

ب) فشارسنج (مانومتر)

از این فشارسنج برای محاسبهٔ فشار یک شارهٔ محصور استفاده می‌شود. اگر لولهٔ U شکل حاوی مایع را به ظرف حاوی گاز متصل کنید، دو حالت رخ می‌دهد:

آ) فشار گاز بیش‌تر از فشار هوا

ب) فشار گاز کم‌تر از فشار هوا

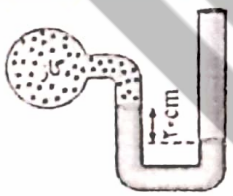


در هر دو حالت می‌توان با استفاده از نقاط هم‌تراز، فشار گاز محصور را به‌دست آورد:

(آ) شکل: $P_A = P_B \Rightarrow P_{گاز} = P_0 + P_{ستون\ مایع}$

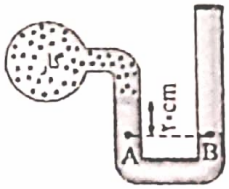
(ب) شکل: $P_M = P_N \Rightarrow P_{گاز} + P_{ستون\ مایع} = P_0$

تست: مطابق شکل، مخزنی حاوی گاز را به مانومتر متصل می‌کنیم. اگر چگالی مایع داخل مانومتر $14g/cm^3$ باشد، فشار گاز ..... کیلوپاسکال ..... از فشار هوا است. $(g = 10N/kg)$



۱) ۱۴، بیش‌تر ۲) ۲۸، بیش‌تر ۳) ۱۴، کم‌تر ۴) ۲۸، کم‌تر

پاسخ: نقاط هم‌تراز A و B هم‌فشار هستند.



$$P_A = P_B \Rightarrow P_{گاز} + \rho gh = P_0$$

$$\Rightarrow P_{گاز} - P_0 = -\rho gh = -(14 \times 10^3)(10)(0/2) = -28 \times 10^3 Pa = -28kPa$$

یعنی فشار گاز $28kPa$ از فشار هوای محیط کم‌تر است و گزینهٔ (۴) درست است.

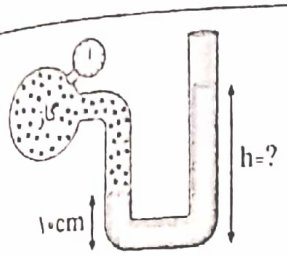
می‌شود و طبق توضیحات قبل این اختلاف ممکن است منفی یا مثبت باشد.

۲۶

$P_{گاز} - P_0 = P_g$ ⟨ $P_{گاز} > P_0$ ⟹ $P_g > 0$; $P_{گاز} < P_0$ ⟹ $P_g < 0$

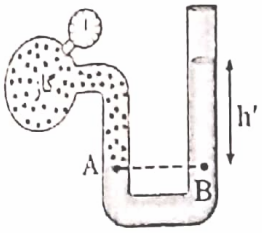
توجه فشارسنج‌های پزشکی و صنعتی فشار پیمانه‌ای را نشان می‌دهند.

تست: در شکل مقابل، چگالی مایع استفاده‌شده $4g/cm^3$ است و فشارسنج عدد $8kPa$ را نشان می‌دهد. h چند سانتی‌متر است؟ $(g = 10\ N/kg)$



۱) ۱۰
۲) ۲۰
۳) ۳۰
۴) ۴۰

پاسخ: نقاط A و B هم‌فشار هستند و فشارسنج، فشار پیمانه‌ای را نشان می‌دهد:



$$P_A = P_B \Rightarrow P = P_0 + \rho g h' \Rightarrow P - P_0 = \rho g h'$$

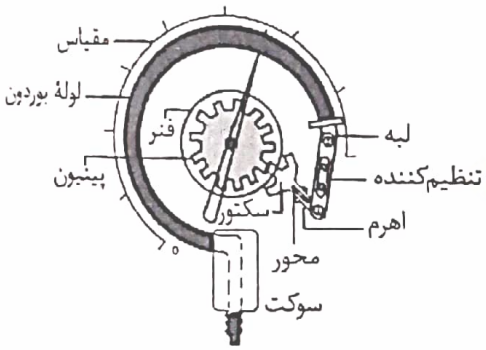
$$\Rightarrow P_g = \rho g h' \Rightarrow 8 \times 10^3 = (4 \times 10^3)(10) \times h'$$

$$\Rightarrow h' = 0/2m = 20cm \Rightarrow h = h' + 10 \Rightarrow h = 30cm \Rightarrow$$ گزینهٔ (۳) درست است.

پ) فشارسنج بوردون و فشار گاز زیر پیستون

در این بخش ابتدا فشارسنج بوردون و سپس فشار گاز زیر پیستون را بررسی می‌کنیم.

پ ـ ۱) فشارسنج بوردون



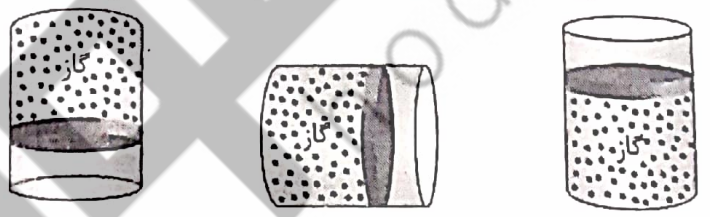
این فشارسنج، شامل لوله‌ای خمیده و توخالی است که به ورودی شاره متصل می‌شود. با افزایش فشار داخل لوله، قسمت خمیده تغییر شکل داده و باعث حرکت عقربه می‌شود.

از این فشارسنج برای اندازه‌گیری فشار باد لاستیک وسیله‌های نقلیه و اندازه‌گیری فشار در مخزن‌های گاز استفاده می‌شود.

در اغلب این فشارسنج‌ها از یکای psi برای نشان دادن فشار استفاده می‌کنند. به طوری‌که $1psi = 6900\ Pa$ است. (psi به معنای پوند ـ نیرو بر اینچ مربع است.)

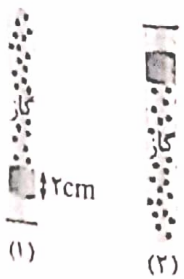
پ ـ ۲) فشار گاز زیر پیستون

اگر زیر پیستون مقداری گاز حبس شده باشد، با توجه به نوع قرار گرفتن ظرف، می‌توانیم فشار گاز را به‌دست آوریم. حالت‌های مختلف مطابق شکل‌های زیر است:



$P_{گاز} = P_{پیستون} + P_0$ $\quad P_{گاز} = P_0$ $\quad P_0 = P_{گاز} + P_{پیستون}$

تست: مطابق شکل درون یک لولهٔ آزمایش مقداری گاز توسط جیوه حبس شده است. اگر لولهٔ آزمایش را از حالت (۱) به (۲) برگردانیم، فشار گاز ..... سانتی‌متر جیوه زیاد می‌شود.

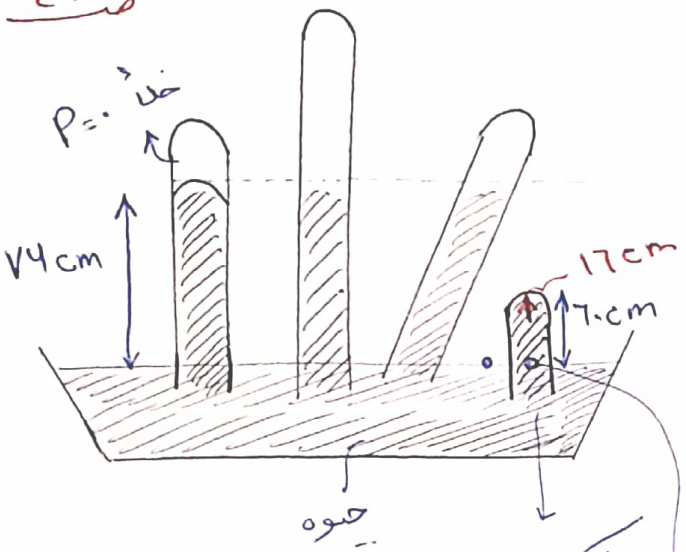


۱) صفر
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

پاسخ: با توجه به مطالب گفته‌شده، اگر در شکل (۱) فشار گاز را P_1 و در شکل (۲) فشار گاز را P_2 بنامیم، می‌توان نوشت:

در شکل (۱): $P_0 = 2 + P_1 \Rightarrow P_1 = P_0 - 2$
در شکل (۲): $P_2 = P_0 + 2$
$\Rightarrow P_2 - P_1 = (P_0 + 2) - (P_0 - 2) = 4\ cmHg$

جو سنج (بارومتر) جیوه ای :



لوله بلندتر انتخاب میشود بازهم جیوه درون لوله ۷۶cm خواهد بود

لوله کوتاه‌تر باشد ⟹

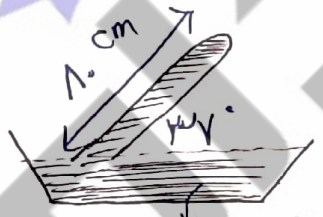
$۷۶ - ۶۰ = ۱۶ cm$

فشاری که به کف لوله وارد می‌شود.

در این تصمه فشار ۷۶ می باشد به اندازه ۶۰cm درون لوله بالایی ردیم فشار $۷۶ - ۶۰ = ۱۶ cm$

مثال در شکل زیر فشار هوا ۷۸ cmHg است جیوه از داخل لوله چه فشاری برحسب سانتی متر جیوه به انتهای بسته لوله وارد می کند؟

$\sin ۳۷ = ۰.۶$



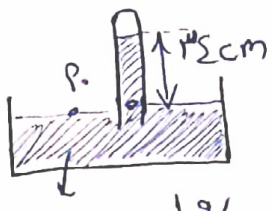
۱۸	۳۰
۲۴	۴۸

$h = ۸۰ \sin ۳۷ = ۸۰ \times \frac{۶}{۱۰} = ۴۸ cmHg$

$۷۸ - ۴۸ = ۳۰ cmHg$

۹۳ : در شکل روبرو فشار گاز جمع شده در انتهای لوله، ۷۲ cmHg است. فشار هوا چند سانتی متر جیوه است!

چگالی جیوه $P = ۱۳.۶ g/cm^۳$



$P_۰ = ۷۲ + \frac{۱}{۱۳.۶} \times ۳۴$

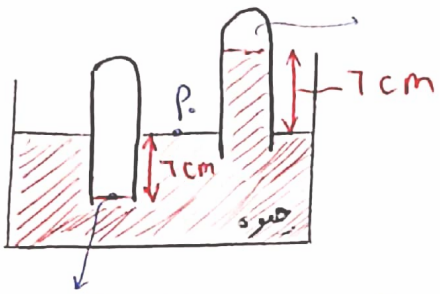
$P_۰ = ۷۲ + ۲.۵$

$= ۷۴.۵$

۴۸

لوله‌های یک آزمایشگاه را مطابق شکل در ظرف جیوه‌ای فرو برده‌ایم. فشار گاز درون لوله ۲ چند سانتی‌متر جیوه بیشتر از فشار گاز درون لوله ۱ است؟

۱۲	۶
۴۸	۲۴



$P_0 - 6$

$P_0 + 6 \Rightarrow P_0 + 6 - (P_0 - 6) = 12$

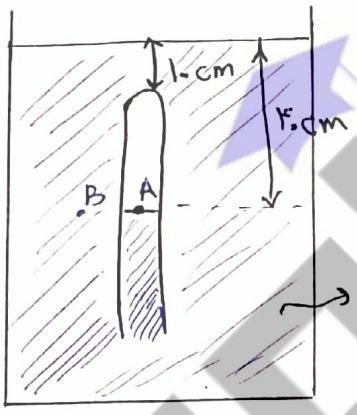
۹۱

گزینه ۱ : در شکل زیر فشارسنج‌ای گاز محبوس در لوله چند سانتی‌متر جیوه است؟

$g = 10\ m/s^2$

$\rho_{جیوه} = 13.6\ g/cm^3$

۱۴	۵
۸۱	۷۱



$\rightsquigarrow \rho = 1.7\ g/cm^3$

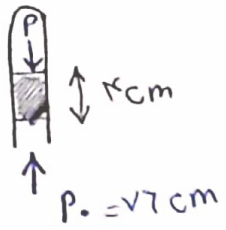
$P_A = P_B \Rightarrow P_A = \rho g h + P_0$

$P_A - P_0 = \rho g h = 1700 \times 10 \times \frac{4}{10} = 4800\ Pa$

$4800\ Pa \div 13.6 \longrightarrow 5\ cmHg$

روش دوم $\Rightarrow$ $h_{جیوه} = \frac{1.7}{13.6} \times 40 = 5\ cmHg$

مقداری جیوه به ارتفاع ۴cm در لوله‌های آزمایش کیپ افتاده است. اگر فشار هوای اطراف ۷۶cmHg باشد فشار هوای محبوس در لوله‌ها چند سانتی‌متر جیوه است؟



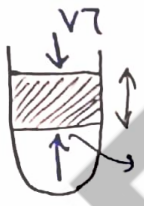
هرچه بالا برویم فشار کم می‌شود

۷۶cm ← ۴cm بالا

$P = ۷۶ - ۴$

$= ۷۲ cmHg$

حالت دوم:



$P = ۷۶ + ۴ = ۸۰ cmHg$

(۹۷) لوله بلندی به‌صورت قائم نگه داشته شده است و در آن تا ارتفاع ۴cm جیوه ریخته شده است. اگر فشار هوا $۱.۰۳۶ \times ۱۰^۵ Pa$ باشد ارتفاع جیوه درون لوله را به چند سانتی‌متر برسانیم تا فشار درته لوله دوبرابر شود؟

$g = ۱۰ m/s^۲$

$\rho = ۱۳.۶ \ g/cm^۳$

$۸۲ \quad (۸۴)$

$۷۸ \quad ۸۰$

$P. = ۷۶ cmHg$

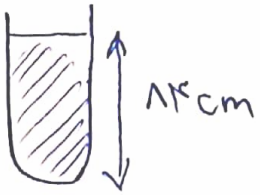
$P = P. + \rho g h$

$P = ۷۶ + ۴ = ۸۰ cmHg$

$۲P \Rightarrow ۱۶۰ cmHg$ فشار جدید

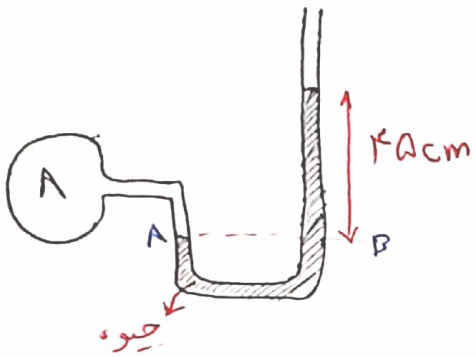
$۱۶۰ = ۷۶ + h$ (هوا)

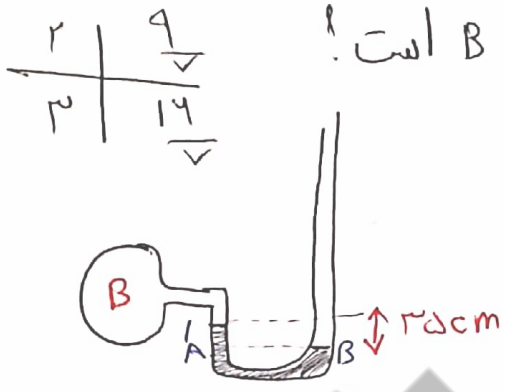
$\Rightarrow h = ۱۶۰ - ۷۶ = ۸۴ cmHg$



از سوال می‌گفت چقدر فشار را زیاد کنیم ← ۸۰cm

(۹۸) آلرنژ رهط در حل آزمایش ۷۵cm Hg باشد فشار گاز درون مخزن A چند برابر فشار درون مخزن B است؟





$P_A = P_B$

$P_A = \rho gh + P_0 = 75 + 45 = 120$

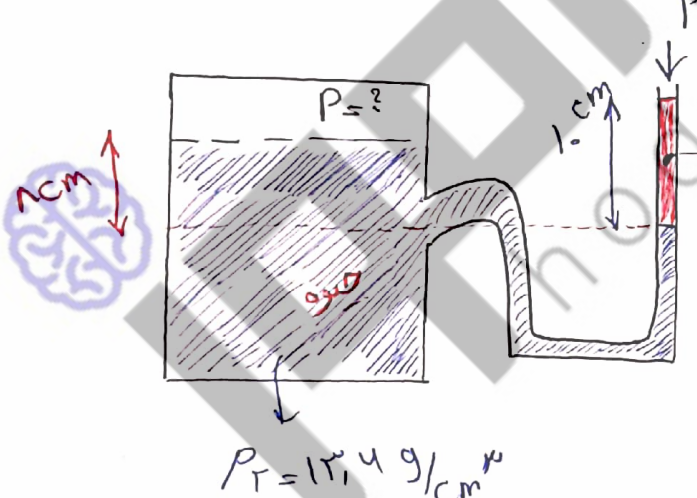
$P_B + \rho gh = P_0$

$P_B + 35 = 75$

$P_B = 40$

$\frac{P_A}{P_B} = \frac{120}{40} = 3$

در شکل مقابل مقدار P را بیابید.



$\rho h_{\text{مایع}} = \rho h_{\text{جیوه}}$

$13.6 h_{\text{جیوه}} = 6.8 \times 10$

$h_{\text{جیوه}} = \frac{10 \times 6.8}{13.6} = 5cm$

یعنی $10cm$ از آن مایع معادل $5cm$ جیوه است. حال $76^{cm} + 5^{cm} = 81cm$ در لحظه هم‌تراز

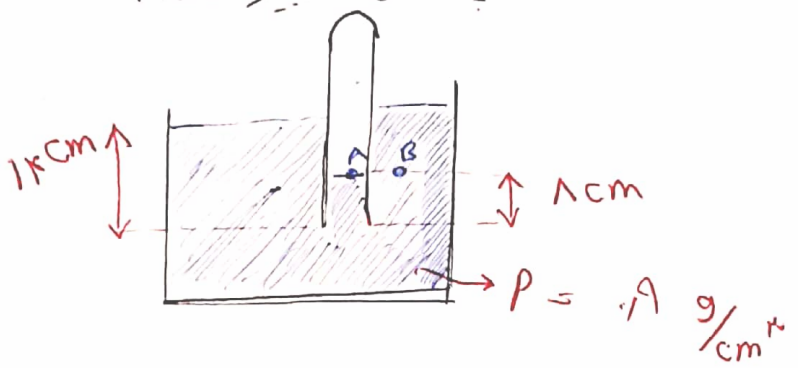
پس درون جیوه $8cm$ بالاتر روی هم $81 - 8 = 73^{cm}$ ←

مثال: فشار هوای داخل لوله چند سانتی‌متر جیوه است؟

$P_0 = 76\ cmHg$

$\rho_{Hg} = 13.5\ g/cm^3$

$g = 10\ N/kg$



$P_A = P_B$

$P_A = 76 + h_{\text{مایع}}$ برحسب جیوه

$h = \frac{0.9}{13.5} \times 6 = 0.4$

$P_A = 76 + 0.4 = 76.4$

مثال: فشار هوا در سطح دریا $70\ cm$ جیوه باشد در عمق چند متری آب فشار برابر $90\ cmHg$ می‌شود؟

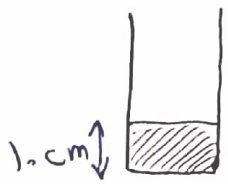
$\rho_{\text{جیوه}} = 13.6\ g/cm^3$ $\quad \rho_{\text{آب}} = 1\ gr/cm^3$

۲۰	۲
۲۷.۲	۲.۷۲

$90 - 70 = 20\ cmg$

$20 = \frac{1}{13.6} h \Rightarrow h = 272\ cm = 2.72\ m$

در یک ظرف استوانه‌ای به مساحت کف $10\ cm^2$، $1360\ g$ آب و $1360\ g$ جیوه ریخته‌ایم فشار پیمانه‌ای در کف ظرف چند سانتی‌متر جیوه است؟



۲۰	۱۰
۳۰	۲۲

$V_{\text{جیوه}} = \frac{m}{\rho} = \frac{1360}{13.6} = 100\ cm^3$

$V_{\text{جیوه}} = A \times h \Rightarrow 100 = 10 \times h \longrightarrow h_{\text{جیوه}} = 10\ cm$

$P = \frac{mg}{A}$ ← هم آب و جیوه برابرند و سطح تماس یکسان است لذا فشارها برابرند

$10 + 10 = 20\ cm_{\text{جیوه}}$

مثال ۳ مهم

حجم‌های مساوی از آب و جیوه را در ظرف استوانه‌ای شکلی ریخته‌ایم. مجموع ارتفاع ۲ مایع ۲۹ cm شده است. فشار پیمانه‌ای ته ظرف چند سانتی‌متر جیوه است؟

$\rho_{\text{جیوه}} = 13.5\ g/cm^3$

$\rho'_{\text{آب}} = 1\ gr/cm^3$

$m_1 = m_2 \Rightarrow \rho_1 V_1 = \rho_2 V_2$

آب جیوه

$\rho \uparrow V \downarrow$

$V = Ah$

$V_{\text{آب}} = 13.5\ V_{\text{جیوه}} \Rightarrow A\,h_{\text{آب}} = 13.5\,h_{\text{جیوه}}$

$h_{\text{آب}} + h_{\text{جیوه}} = 29 \Rightarrow 14.5\,h_{\text{جیوه}} = 29$

$h_{\text{جیوه}} = 2\ cm \Rightarrow h_{\text{آب}} = 27\ cm$

$P_{\text{کل}} = 2 + 2 = 4\ cm\ Hg$

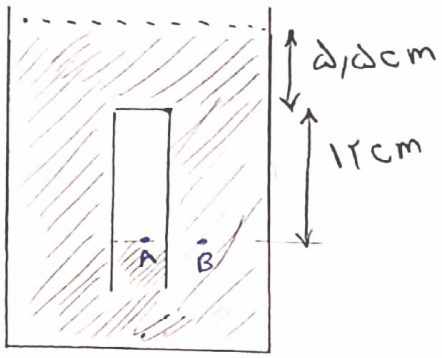
نکته: جرم‌های برابر در یک سطح مقطع فشارهای برابر دارند

$P_{\text{جیوه}} = 2\ cm\ Hg$

$P_{\text{آب}} = 2\ cm\ Hg$

ریاضی ۱۴۰۰ خ : در شکل زیر مایع درون ظرف جیوه است و لوله‌ای که درآن هوا محبوس است بصورت وارونه درون جیوه فرو برده شده است اگر فشار هوا ۷۵cm جیوه باشد، انتهای لوله را در راستای قائم چند سانتی‌متر از سطح جیوه بالاتر ببریم تا جیوه درون ظرف و لوله در یک سطح قرار گیرند؟ (دما ثابت)

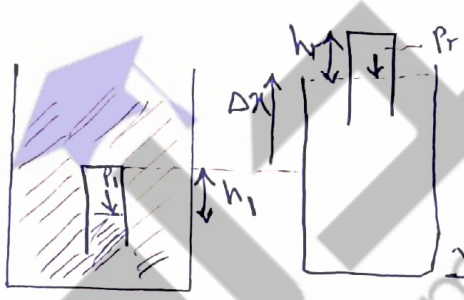
۱۸٫۶	۱۴٫۸
۲۷٫۲	۲۰٫۳



حالت اول $P_A = P_B$

$\Rightarrow P_A = 75 + 12 + 5/5 = 92cmHg$

حالت دوم



$T = ثابت \Rightarrow P_1V_1 = P_2V_2$

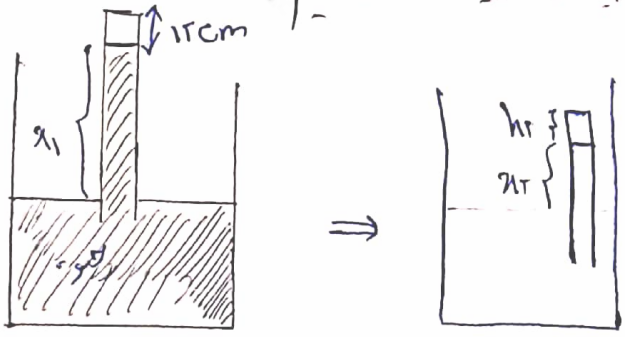
$V = Ah \Rightarrow 92/5 h_1 = 75 h_2$

$\Rightarrow h_2 = \frac{92/5 \times 12}{75} = 14/8 cm$

جابجایی لوله $\Delta x = 5/5 + 14/8 = 20/3 cm$

تجربی ۱۴۰۰ : در شکل زیر فشار هوا $76cmHg$ است و فشار گاز محبوس در لوله $2cmHg$ است. در دمای ثابت لوله را چند سانتی‌متر بیشتر در جیوه فرو ببریم تا فشار گاز درون لوله $4cmHg$ شود؟

۵	۴
۷	۶



$T = cte \Rightarrow P_1V_1 = P_2V_2$

$\Rightarrow P_1h_1 = P_2h_2 \Rightarrow$

$2 \times 12 = 3 \times h_2 \rightarrow h_2 = 8cm$

$2 \rightarrow x_1 = 76 \rightarrow x_1 = 74 \Rightarrow H_1 = 74 + 12 = 86cm$

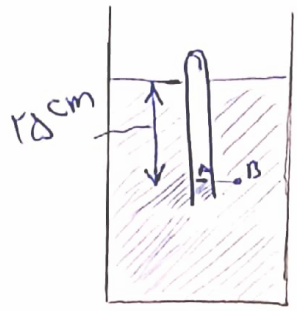
$3 \rightarrow x_2 = 76 \Rightarrow x_2 = 73 \Rightarrow H_2 = 73 + 8 = 81cm$

$\rightarrow \Delta h = 86 - 81 = 5cm$

(۹۶) ریاضی: در شکل زیر آلرجیایی مایع $2\ g/cm^3$ باشد فشار گاز محبوس درون لوله چند کیلو پاسکال است؟

$P_0 = 10^5\ Pa$

$g = 10\ m/s^2$



۹۵	۸۵
۱۲۵	۱۰۵

$P_A = P_B$

$\Rightarrow P_A = P_0 + \rho g h$

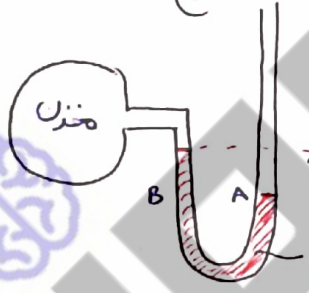
$= 10^5 + 2000 \times 10 \times \frac{25}{100}$

$P_A = 100000 + 5000 = 105000\ Pa$

$= 105\ kPa$

مثال) مخزن گازی مطابق شکل به لوله U شکل متصل است. اگر فشار هوای خارج ۷۶cm جیوه باشد فشار مخزن گاز چند cmHg است؟

$\rho_{جیوه} = 13.6\ g/cm^3$

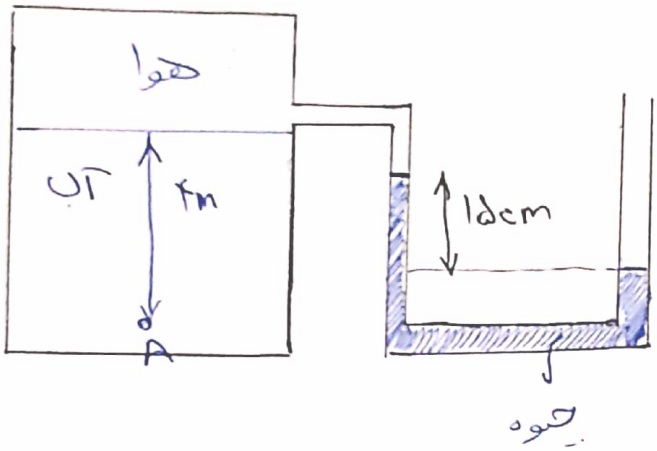


$P_A = P_B \Rightarrow \rho g h_B + P_{مخزن} = P_0$

$\frac{6.8}{13.6} \times 12 + P_{مخزن} = 76$

$6 + P_{مخزن} = 76 \longrightarrow P_{مخزن} = 70\ cmHg$

۹۴) فشار در نقطه A چند کیلو پاسکال است؟



$P_{\text{هوای درون مخزن}} = P_0 + \rho g h = -۱۳۶۰۰ \times ۱۰ \times \frac{۱۵}{۱۰۰} + ۱۰۰۰۰۰$

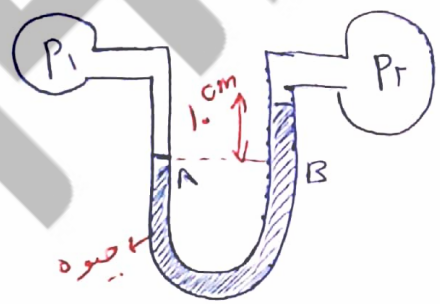
$= ۷۹۴۰۰ Pa$

$P_A = P_{\text{هوای درون}} + \rho g h = ۷۹۴۰۰ + ۱۰۰۰ \times ۱۰ \times ۴$

$= ۱۱۹۴۰۰ Pa$

مثال) در شکل زیر اختلاف فشار طرفین به اندازه ۲۰ درصد P_1 است مقدار P_1 چند سانتی‌متر جیوه است؟

۲۰	۱۰
۵۰	۴۰



$P_1 - P_2 = ۰/۲ P_1$

$P_A = P_B$

$P_1 = \rho g h + P_2$

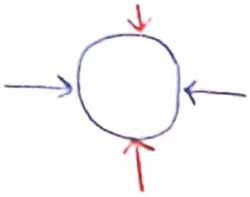
$\Rightarrow \begin{cases} P_1 - P_2 = ۰/۲ P_1 \\ P_1 - P_2 = \rho g h \end{cases} \Rightarrow ۰/۲ P_1 = \rho g h$ (۱۰ cmHg)

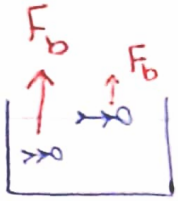
$\Rightarrow P_1 = ۵۰ cmHg$

$P_2 = ۴۰ cmHg$

نیروی شناوری چرا برای جسمی که در یک شاره قرار دارد رو به بالا می باشد؟

برآیند نیروهای جانبی (افقی) صفر است ولی برآیند نیروهای دیگر رو به بالاست زیرا فشار در زیر جسم (عمق بیشتر) بزرگ‌تر است و نیروهای بالاسو بزرگتر خواهند بود.



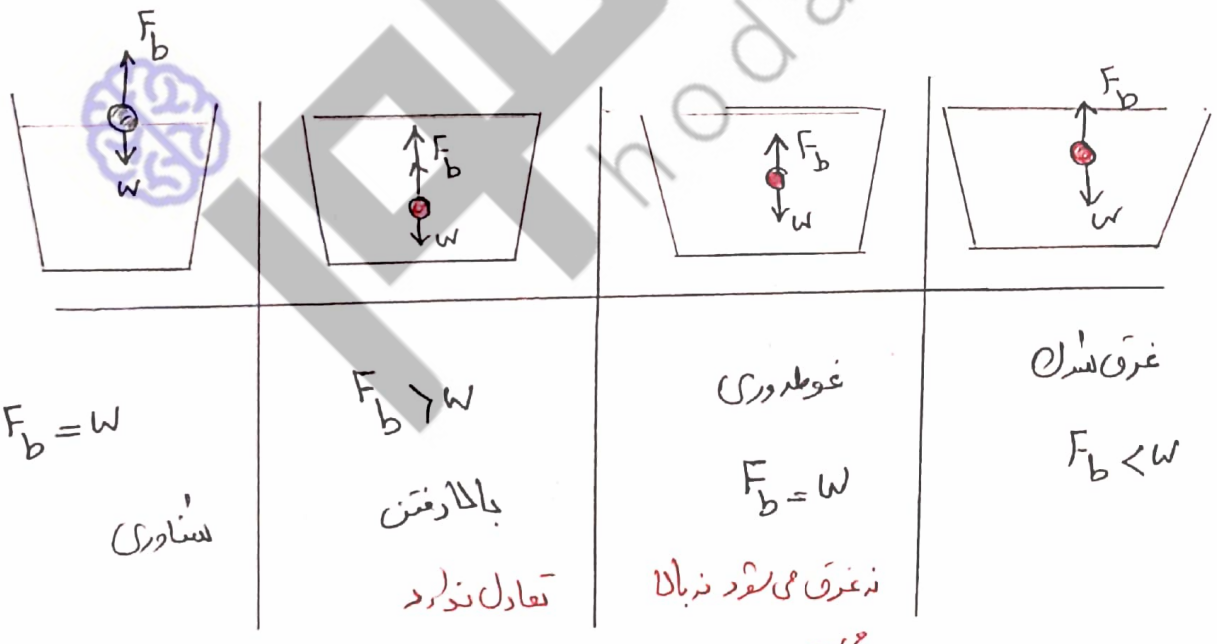


نیروی شناوری وارد بر یک شناگر به چه صورت می باشد؟

① روی سطح آب شنا کنیم. همه بدن داخل آب نباشد.

② کاملا درون آب فرو رویم. حجم آب بیشتری جابجا می‌شود لذا نیروی شناوری بیشتری دارد.

نیروی شناوری



اصل ارشمیدس: وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم در شاره‌ای فرو رود شاره نیرویی رو به بالا بر آن وارد می‌کند که با وزن شاره جابجا شده برابر است.

این قسمت شامل بخش‌های زیر است:

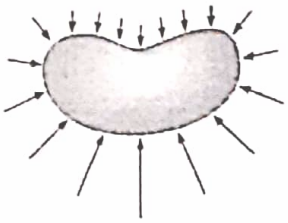
آ) شناوری و اصل ارشمیدس

ب) اندازهٔ نیروی شناوری (ارشمیدس)

آ) شناوری و اصل ارشمیدس

پدیده‌هایی مانند شناور ماندن اجسام سنگین مثل کشتی روی آب و یا سهولت جابه‌جایی اجسام سنگین غوطه‌ور در آب را با مفهومی به نام نیروی ارشمیدس توجیه می‌کنند.

ارشمیدس دانشمند یونانی بیان کرد: (۱) به جسم‌های درون یک شاره (مایع و گاز)، همواره نیرویی بالاسو وارد می‌شود. (۲) اندازهٔ این نیروی بالاسو برابر وزن شارهٔ جابه‌جاشده توسط جسم است.



علت نیروی ارشمیدس: مطابق شکل، نیروی ناشی از فشار شاره، در نقاط پایین‌تر بزرگ‌تر است، بنابراین برایند نیروهایی که شاره به جسم درون شاره وارد می‌کند، در راستای قائم و به سمت بالا می‌شود.

توجه اگر جسمی را درون شاره (گاز یا مایع) در حالت تعادل قرار دهید و رها کنید در جهت افقی حرکت نمی‌کند، یعنی برایند نیروهای ناشی از فشار، در راستای افقی صفر است.

تست: مطابق شکل، جسمی توسط یک نیروسنج داخل آب قرار گرفته و در تعادل است. اگر نیروسنج ۴ نیوتون را نشان دهد، کدام گزینه ممکن است وزن این جسم باشد؟

۱) ۲
۲) ۳
۳) ۴
۴) ۶

پاسخ: وقتی یک جسم درون آب قرار می‌گیرد، از طرف آب نیروی شناوری (رو به بالا) به جسم وارد می‌شود و وزن ظاهری جسم کم‌تر از وزن واقعی آن خواهد شد. پس وزن این جسم باید از ۴ نیوتون بزرگ‌تر باشد. بنابراین گزینهٔ (۴) درست است.

مقایسهٔ نیروی وزن و نیروی شناوری: نیروی شناوری را با F_b نمایش می‌دهند و طبق توضیحات بالا نیروی F_b در راستای قائم و رو به بالا وارد می‌شود. با توجه به مقدار F_b و W سه حالت رخ می‌دهد:

۱) $F_b < W \Rightarrow$ ته‌نشینی جسم درون شاره

۲) $F_b = W \Rightarrow$ غوطه‌ور شدن جسم درون شاره

۳) $F_b > W \Rightarrow$ بالا آمدن جسم درون شاره و خروج قسمتی از جسم از شاره و در نهایت شناوری

نکته هنگامی‌که یک جسم درون مایع بالا می‌آید، $F_b > W$ است. ولی هنگامی که قسمتی از جسم از مایع خارج شده و جسم در سطح آب شناور می‌شود، نیروی شناوری جدید برابر نیروی وزن می‌شود، یعنی $F'_b = W$

تست: در چه تعداد از پدیده‌های زیر، نیروی شناوری هم‌اندازهٔ نیروی وزن جسم است؟

آ) پایین رفتن آرام سنگ در آب
ب) شناور ماندن یک قطعه چوب در سطح آب
پ) معلق ماندن یک جسم درون آب
ت) بالارفتن توپ پلاستیکی تا قبل از رسیدن به سطح آب

۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

پاسخ: اگر نیروی شناوری را با F_b و وزن جسم را با W نشان دهیم، می‌توان در هر پدیدهٔ گفته‌شده، این دو را مقایسه کرد.

آ) $F_b < W$
ب) $F_b = W$
پ) $F_b = W$
ت) $F_b > W$

بنابراین گزینهٔ (۲) درست است.

نکته هنگامی‌که چگالی یک جسم از چگالی مایعی که جسم در آن قرار دارد، کم‌تر باشد، جسم به سطح مایع آمده و روی سطح مایع شناور می‌شود. در این صورت، هر چه چگالی جسم کم‌تر باشد، حجم بیش‌تری از جسم از مایع خارج می‌شود تا زمانی‌که $F_b = W$ شده و جسم روی سطح مایع شناور شود.

۵۸

۱) $\rho_A = \rho_B$ ۲) $\rho_A > \rho_B$

۳) $\rho_A < \rho_B$ ۴) بسته به شرایط هر سه ممکن است

پاسخ: مطابق شکل، در هنگام شناوری، تقریباً نیمی از حجم جسم B از مایع خارج شده، در حالی‌که بیش از نیمی از جسم A از مایع خارج شده است. بنابراین چگالی جسم B بزرگ‌تر از چگالی جسم A بوده و گزینهٔ (۳) درست است.

نکته اگر چگالی جسم ρ' و چگالی مایع ρ باشد و جسم روی مایع شناور باشد، حجم قسمتی از جسم که درون مایع قرار می‌گیرد (V') به حجم کل جسم (V) از رابطهٔ روبه‌رو به‌دست می‌آید:

$$\frac{V'}{V} = \frac{\rho'}{\rho}$$

تست: چگالی چوب $0/8\,g/cm^3$ و چگالی آب $1\,g/cm^3$ است. اگر تکه چوبی به حجم $2\,m^3$ را روی آب قرار دهیم، حجم قسمتی از چوب که بیرون از آب قرار می‌گیرد، چند مترمکعب می‌شود؟

۱) ۱/۸ ۲) ۱/۶ ۳) ۰/۸ ۴) ۰/۴

پاسخ: حجم قسمتی از چوب که درون آب قرار می‌گیرد، برابر است با:

$$\frac{V'}{V} = \frac{\rho'}{\rho} \Rightarrow \frac{V'}{2} = \frac{0/8}{1} \Rightarrow V' = 1/6\,m^3$$

بنابراین $0/4\,m^3$ از حجم تکه چوب بیرون آب قرار می‌گیرد و گزینهٔ (۴) درست است.

ب) اندازهٔ نیروی شناوری (ارشمیدس)

به دو روش آزمایشی و روش تئوری اثبات می‌شود که اندازهٔ نیروی شناوری برابر با وزن شارهٔ جابه‌جا شده است:

$$F_b = \rho_{\text{شاره}} Vg$$

تست: یک توپ پلاستیکی به قطر $20\,cm$ و جرم $200\,g$ را به طور کامل داخل آب قرار می‌دهیم و رها می‌کنیم. وضعیت نهایی توپ از لحاظ ته‌نشینی و شناوری و یا غوطه‌وری چگونه است؟ ($\pi = 3$ ، $g = 10\,N/kg$ ، $\rho_{\text{آب}} = 10^3\,kg/m^3$)

۱) غوطه‌ور می‌ماند. ۲) شناور می‌شود. ۳) ته‌نشین می‌شود. ۴) گزینه‌های (۱) یا (۳) رخ می‌دهد

پاسخ: تمام توپ داخل آب است.

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{4}{3} \times 3 \times (10)^3 = 4 \times 10^3\,cm^3 = 4 \times 10^3 \times 10^{-6}\,m^3 = 4 \times 10^{-3}\,m^3$$

$$F_b = \rho_{\text{آب}} Vg = (10^3)(4 \times 10^{-3})(10) = 40\,N \quad ; \quad \text{وزن} : W = mg = (0/2)(10) = 2N$$

$F_b > W$، بنابراین توپ به سمت بالا حرکت کرده و به سطح آب می‌رسد و قسمتی از توپ از آب خارج می‌شود تا $F_b = 2N$ شود و سپس روی آب شناور می‌شود، بنابراین گزینهٔ (۲) درست است.

تست: در تست قبل، در وضعیت نهایی، چند درصد از حجم توپ درون آب قرار می‌گیرد؟

۱) ۵ ۲) ۲۰ ۳) ۵۰ ۴) ۷۵

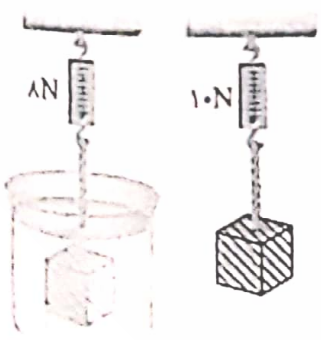
پاسخ: حجم قسمتی از توپ که داخل آب می‌ماند را با V' نمایش می‌دهیم. در هنگام شناور ماندن F_b با نیروی وزن یکسان می‌شود:

$$F_b = W \Rightarrow \rho_{\text{مایع}} \times V' \times g = mg \Rightarrow V' = \frac{m}{\rho_{\text{مایع}}} = \frac{0/2}{10^3} = 2 \times 10^{-4}\,m^3$$

$$\frac{V'}{V_{\text{کل}}} \times 100 = \frac{2 \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-3}} \times 100 = \frac{2}{4} \times 10 = 5\,\% \Rightarrow$$ گزینهٔ (۱) درست است.

تست: نیروسنجی وزن جسمی را در هوا ۱۰ N و درون آب ۸ N نشان می‌دهد. چگالی جسم چند g/cm^3 است؟ ($\rho_{\text{آب}} = 10^3\,kg/m^3$ ، $g = 10\,N/kg$)

۱) ۵ ۲) ۱/۲۵ ۳) ۲/۵ ۴) ۰/۸



پاسخ: نیروی ارشمیدس برابر اختلاف این دو عدد می‌باشد:

$$F_b = 10 - 8 = 2N$$

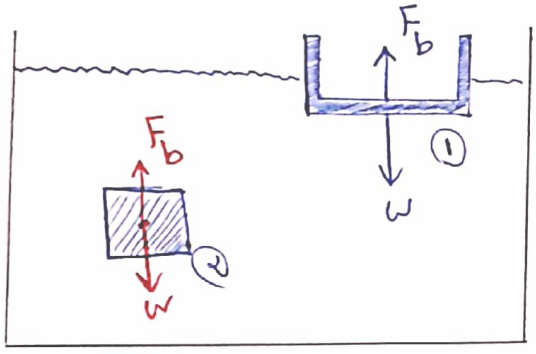
$$F_b = \rho_{\text{آب}} Vg \Rightarrow 2 = (10^3) \times V \times (10) \Rightarrow V = 2 \times 10^{-4}\,m^3$$

$$m = \frac{W}{g} = \frac{10}{10} = 1kg$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{1}{2 \times 10^{-4}} = 5 \times 10^3\,kg/m^3 = 5\,g/cm^3$$

مثال: فرض جسمی وزن ۱۲N است آن را داخل آب قرار می‌دهیم و در آب وزن می‌کنیم مشاهده می‌شود وزن آن ۱۰N شده است یعنی ۲N آب بخاطر حضور جسم در آب جابجا شده که برابر نیروی ارشمیدس است.

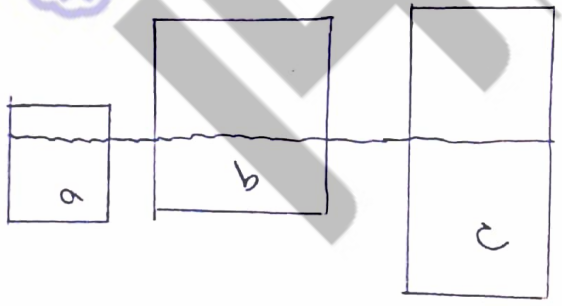
مثال کتاب درسی مهم: جرم قطعه‌های آهنی در شکل با یکدیگر برابر است دریافت خود را از این شکل بیان کنید.



در هر دو شکل mg یکسان است اما در شکل شماره 1 چون توخالی است و سطح بیشتری دارد آب بیشتری جابجا می‌کند لذا نیروی شناوری بیشتری دارد و شناور می‌ماند اما در شکل شماره ② جسم توپر است و سطح کمتری دارد لذا آب کمتری جابجا می‌کند لذا نیروی $F_b < w$ است و درون آب رفته است.

اجسام با ساختار توخالی نیروی شناوری بزرگتری تولید می‌کنند به علت آن که شکل آن‌ها سطح بیشتری را جابجا می‌کند.

مثال) سه جسم a و b و c با حجم‌های متفاوت مطابق شکل در درون آب شناورند. کدام گزینه حجم این ۳ جسم را به درستی مقایسه کرده است؟



$P_A > P_C > P_B$

$P_A < P_C < P_B$

$P_C < P_A < P_B$

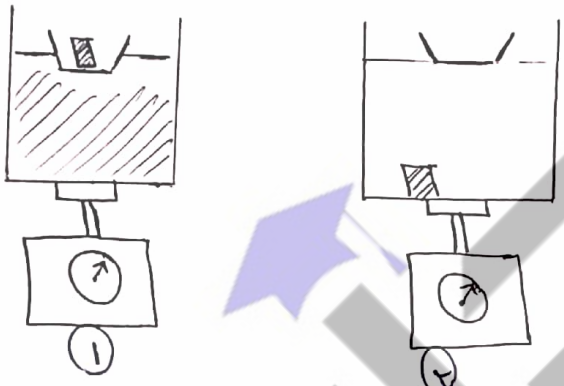
$P_A > P_B > P_C$

جسمی که حجم‌تر بخش بیشتری از آن داخل آب است.

$P_a > P_c > P_b$

بالون ها (حاوی گاز هلیم هستند که چگالی آن از هوا کمتر است) همواره نامحدود نمی توانند بالا بروند بدلیل آن که رفته رفته هوا رقیق می شود چگالی هوا کاهش می یابد آن قدر که با چگالی هلیم برابر می شود. در ابتدا $F_b > W$ لذا بالا می رود. در آنجا $F_b = W$ خواهد شد.

مثال: یک جسم مطابق شکل در مایعی در آب شناور است اگر آن را از مایع در آوریم و در آب غرق کنیم عدد ترازو چه تغییری می کند؟

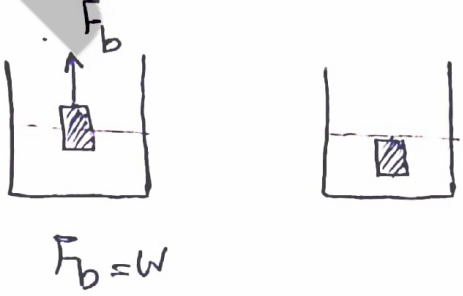


① تغییری نمی کند ✓
② زیاد می شود
③ کم می شود
④ بستگی به چگالی مایع دارد.

ترازو جرم نشان می دهد و تفاوتی ندارد اما نیروی شناوری حالت اول بیش تر از حالت دوم است.

مثال: یک قطعه یخ روی آب درون لیوانی شناور است. اگر یخ ذوب شود سطح آب نسبت به قبل

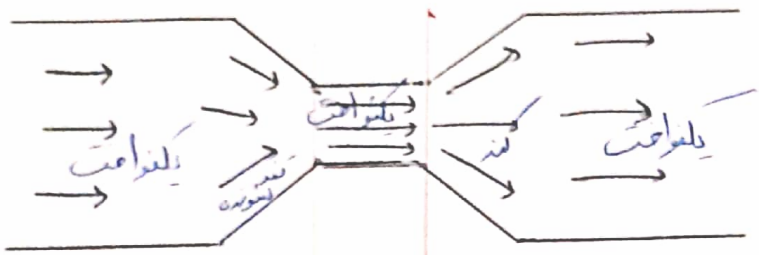
① بالاتر می رود. ② پایین تر می رود ③ ثابت می ماند ④ هر سه حالت ممکن است.

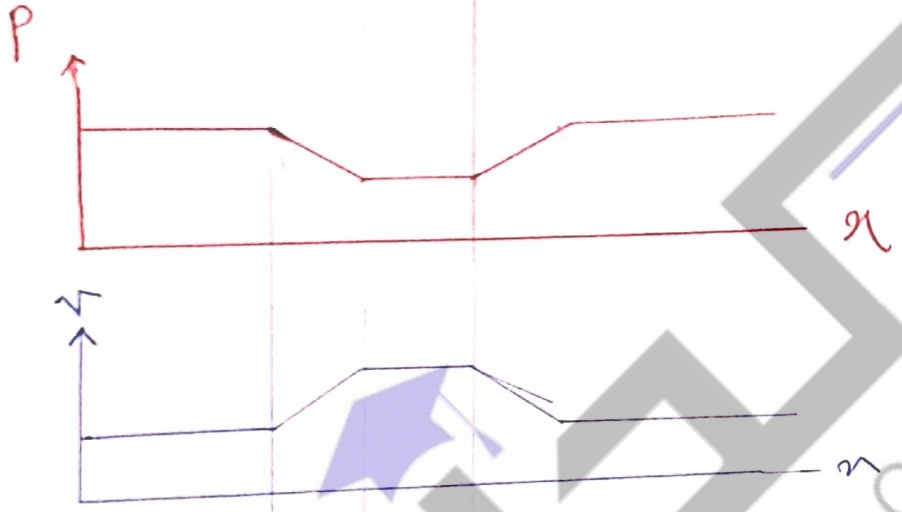


یخ آب شود داخل آب می رود چون با آب هم چگالی شده.

حجم بیش تری داخل آب فرو رفته اما چگالی هم عوض شده (حجم جرم کم شده) و آن قسمت که بیرون آب بود، داخل آب شده لذا سطح آب تغییری نمی کند.

شاره در حرکت و اصل برنولی :



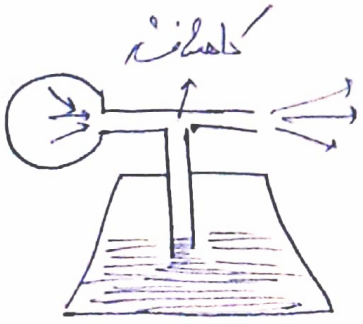


در مسیر حرکت شاره با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می یابد.

سطح مقطع کمتر (دهانه کمتر) سرعت بیشتر میشود.

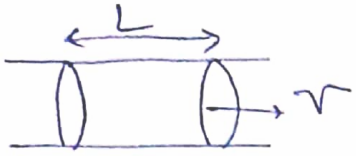
بال هواپیما :

تندی بالا زیاد می شود و فشار کم - در زیر بال تندی کم فشار زیاد. لذا بافت بالا رفتن هواپیما می شود.



عطر یاس - شیشه پاک کن :

حجم شاره $V = A \cdot L$



آهنگ جریان شاره $= \frac{\text{حجم شاره جابجا شده}}{\text{زمان}} = \frac{AL}{t} = Av \rightarrow \frac{m^3}{s}$ (v: سرعت)

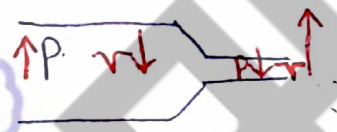
معادله پیوستگی $\Rightarrow A_1 v_1 t = A_2 v_2 t \Rightarrow A_1 v_1 = A_2 v_2$

$A = \pi r^2 = \pi \frac{d^2}{4}$

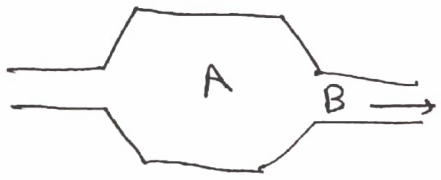
A_1, A_2: مساحت مقطع ۱ و ۲ — v_1, v_2: سرعت مقطع ۱ و ۲

نکته: آهنگ جریان شاره (حجم گذرنده در واحد زمان) مقداری ثابت است و به شکل و مقطع لوله بستگی ندارد.

طبق اصل برنولی هرجا فشار زیاد شود سرعت کم می‌شود و بالعکس: با افزایش تندی شاره فشار داخل شاره کاهش می‌یابد.



۹۸ غ: در شکل زیر آب حجم لوله‌ها را پر کرده و بصورت پیوسته و پایدار در لوله‌هایی افقی با سطح مقطع‌های متفاوت جاری است. آنرتندی آب را با v و فشار آن را با P نشان دهیم کدام رابطه درست است؟



✓ ① $P_A > P_B$, $v_A < v_B$

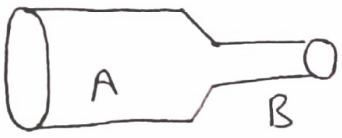
② $P_A > P_B$, $v_A > v_B$

③ $P_A < P_B$, $v_A < v_B$

④ $P_A < P_B$, $v_A > v_B$

(۹۸) در شکل زیر آب بصورت پیوسته در لوله جاری است. اگر قطر مقطع بزرگ ۲ برابر قطر مقطع کوچک باشد تندی حرکت آب در نقطه A چند برابر تندی آن در نقطه B است؟

۴	۲
۱/۴	۱/۲



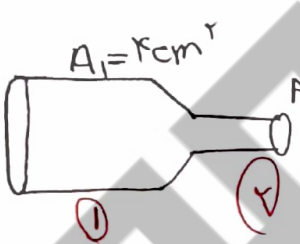
$$d_A = 2d_B \longrightarrow A_A = 4A_B$$

$$A_A v_A = A_B v_B$$

$$4A_B v_A = A_B \times v_B \Longrightarrow v_A = \frac{v_B}{4}$$

مثال: در شکل زیر آهنگ خروج آب از مقطع ② برابر با $20\ lit/s$ است. تندی آب در مقطع ① چند متر بر ثانیه است؟

۵۰	۵
۰/۵	۵۰



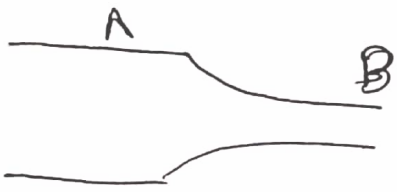
$$\text{آهنگ خروج آب} = Av \Rightarrow Av = 20\ lit/s = 20\times10^{-3}\ m^3/s$$

$$\Rightarrow 4\times10^{-4} \times v_1 = 20\times10^{-3} \rightarrow v_1 = \frac{20}{4\times10^{-1}} = 50\ m/s$$

(۹۹) در شکل زیر سیال تراکم ناپذیری که حجم لوله را پر کرده است در راستای افقی جاری است و شعاع مقطع لوله در قسمت A دو برابر شعاع مقطع لوله در قسمت B است. آهنگ شارش سیال در مقطع A چند برابر آهنگ شارش در مقطع B است؟

۱/۲	۱/۴
۱	۲

۶۴



برای حرکت آرام و لایه‌ای جریان شاره،
آهنگ جریان شاره همچای لوله یکسان است.
لذا برابر یکی می‌باشد.