فشار و ویژگی‌های ماده

حالت‌های ماده:

ـ به هر چیزی که فضا را اشغال کند (حجم داشته باشد) ماده می‌گوییم.

ـ مواد از ذرات ریزی به نام اتم یا مولکول ساخته شده‌اند. اندازه اتم‌ها، حدود یک تا چند آنگستروم ($1A^\circ = 10^{-10}m$) است.

ـ اندازه‌ی مولکول‌ها به این بستگی دارد که از چند اتم ساخته شده باشند. اندازه‌ی برخی از درشت مولکول‌ها، مانند بسپارها (پلیمرها)، می‌تواند تا ۱۰۰۰ آنگستروم باشد.

ـ ذره‌های سازنده مواد همواره در حرکت‌اند و به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند. حالت این ماده به چگونگی حرکت این ذره‌ها و اندازه نیروی بین آنها بستگی دارد.

ـ مواد به چهار حالت وجود دارند:

۱- جامد ۲- مایع ۳- گاز ۴- پلاسما

جامد:

ـ ویژگی‌های حالت جامد به صورت زیر است:

۱- جسم جامد، حجم و شکل معینی دارد.

۲- اتم‌های جسم جامد، در مکان‌های مشخصی نسبت به هم قرار داشته و در اطراف این مکان، نوسان‌های کوچکی می‌کنند.

۳- نیروی بین اتم‌های جسم جامد، عمدتاً الکتریکی است.

۴- وقتی جسم جامدی گرما دریافت می‌کند، محدوده و دامنه‌ی نوسان‌های آن بیشتر شده و حجم جامد منبسط می‌شود.

۵- اگر اتم‌های جسم جامد زیاد به هم نزدیک شوند، بین آنها نیروی دافعه به وجود می‌آید.

۶- اگر اتم‌های جسم جامد زیاد از هم دور شوند، بین آنها نیروی جاذبه به وجود می‌آید.

ـ جامدها را به دو دسته بلورین و بی‌شکل تقسیم می‌کنند:

۱- جامدهای بلورین: این اجسام در یک الگوی سه بعدی تکرارشونده از واحدهای منظم ساخته شده‌اند. مانند: فلزها، نمک‌ها، الماس و یخ و اغلب مواد معدنی. جامدهای بلورین، در اثر سرد شدن آهسته‌ی مایعات به وجود می‌آیند. در این حالت، مولکول‌ها فرصت کافی دارند که در طرح‌های منظم خود را مرتب کنند.

۲- جامدهای بی شکل (آمورف): این جامدات در طرح منظمی کنار هم قرار ندارند. مانند شیشه. این جامدات از سرد شدن سریع مایعات به دست می آیند. در این حالت مولکول‌ها، فرصت کافی ندارند تا در طرحی منظم کنار هم مرتب شود و تقریباً در همان وضع نامنظمی که در حالت مایع داشتند، باقی می‌مانند. در فیزیک به موادی مانند شیشه یا قیر آمورف می‌گویند. این ماده‌ها به هنگام انجماد یا ذوب تغییر حالت نمی‌دهند، بلکه فقط شل یا سفت می‌شوند.

مایع:

ـ ویژگی‌های مایعات به صورت زیر است:

۱- نظم اتمی و تقارن بلوری جامدهای بلورین را ندارند و به صورت نامنظم و نزدیک به هم قرار گرفته‌اند.

۲- به راحتی جاری شده و به شکل ظرف خودش در می‌آید. (شکل ثابت ندارند)

۳- به دلیل حرکت نامنظم و کاتوره‌ای مولکول‌های مایع، مواد در درون مایع حل و پخش می‌شوند. (فرآیند پخش)

ـ فرآیند پخش باعث شیرین شدن آب و یا پخش قطره‌ی جوهر درون لیوان آب می‌شود. دلیل پخش مولکول‌های شکر و جوهر در آب، حرکت مولکول‌های آب است.

ـ فاصله‌ی بین مولکول‌های مایع با فاصله‌ی بین مولکول‌های جامد برابر است.

گاز:

ـ ویژگی‌های گاز به صورت زیر است:

۱- شکل مشخصی ندارد.

۲- اتم‌ها و مولکول‌های آن،آزادانه و با تندی بسیار زیاد به اطراف حرکت و با یکدیگر و با دیواره‌های ظرفی که در آن قراردارند، برخورد می‌کنند.

۳- فاصله‌ی میانگین بین مولکول‌های گاز، در مقایسه با اندازه آن‌ها بسیار زیاد است.

۴- دارای حرکت کاتوره‌ای (بروانی) هستند.

ـ حرکت بروانی: مولکول‌های گاز، حرکت نامنظم و زیگزاگی (کاتوره‌ای) دارند که به این نوع حرکت، حرکت براونی گفته می‌شود.

ـ حرکت زیگزاگی و نامنظم ذره‌های دود، گواهی بر این است که مولکول‌های هوا به صورت کاتوره‌ای و نامنظم در حرکت هستند. مشاهده‌ی میکروسکوپی حرکت ذرات دود نشان می‌دهد که این ذرات برخوردهای اندکی با هم دارند. ذرات دود با مولکول‌های هوا برخورد کرده و این برخورد باعث حرکت ذره‌های دود به صورت کاتوره‌ای می‌شوند.

نیروهای بین مولکولی:

ـ در شرایط عادی، مولکول‌های یک مایع به یکدیگر نیروی جاذبه وارد می‌کنند. این نیروی جاذبه بین مولکولی را، نیروی هم‌چسبی می‌نامند.

ـ اگر سعی کنیم فاصله‌ی بین مولکول‌های مایع را کم کنیم، نیروی دافعه بزرگی بین آن‌ها ظاهر می‌شود که از تراکم‌پذیری مایع جلوگیری می‌کند.

ـ نیروهای بین مولکولی کوتاه برد هستند، یعنی وقتی فاصله بین مولکول‌ها چند برابر فاصله بین مولکولی شود، نیروهای بین مولکولی بسیار کوچک و عملاً صفر می‌شود.

ـ نیروهای بین مولکولی در مایعات باعث پیداش پدیده‌های مختلف می‌شود:

۱- کشش سطحی

۲- ترشوندگی

۳- اثر موئینگی

کشش سطحی:

ـ کشش سطحی ناشی از هم چسبی مولکول‌های سطحی مایع است و آن را می‌توان با نیروهای بین مولکولی توضیح داد.

ـ به دلیل نیروهای جاذبه‌ای که مولکول‌های مایع به یکدیگر وارد می‌کنند، سطح مایع شبیه یک پوسته‌ی تحت کشش رفتار می‌کند و کشش سطحی روی می‌دهد.

ـ قرار گرفتن برخی حشرات روی سطح آب، شناور ماندن گیره‌ی فلزی روی سطح آب، تشکیل حباب صابون و کروی بودن قطره‌هایی که آزادانه سقوط می‌کنند، نمونه‌هایی از اثرات کشش سطحی می‌باشند.

ـ چون کره، نسبت به هر شکل هندسی دیگر، کم‌ترین مساحت سطح را دارد، به این ترتیب سطح قطره‌ای که آزادانه سقوط می‌کند، مانند یک پوسته، کشیده شده و تمایل به کمتر کردن مساحتش را دارد.

ترشوندگی:

ـ هنگامی‌که دو ماده مختلف در تماس با یکدیگر قرار گیرند، جاذبه مولکولی مشابه با نیروهای هم چسبی، بین مولکول‌های آن ظاهر می‌شود که به آن نیروی دگر چسبی می‌گویند.

ـ هم چسبی جاذبه‌ی بین مولکول‌های مشابه و دگر چسبی جاذبه‌ی بین مولکول‌های نامشابه است.

ـ اگر مایعی در تماس با جامدی قرار گیرد و دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جسم از هم چسبی بین مولکول‌های مایع بیشتر باشد، در این صورت مایع، جامد را تر یا خیس می‌کند. به همین دلیل آب سطح شیشه تمیز را خیس کرده و روی آن پهن می‌شود.

ـ اگر در تماس مایع و جامد، هم چسبی بین مولکول‌های مایع از دگر چسبی بین مولکول‌های مایع و جسم بیشتر باشد، در این صورت مایع جامد را تر نمی‌کند. مثلاً سطح شیشه با جیوه خیس نشده و جیوه به شکل قطره روی سطح شیشه باقی می‌ماند.

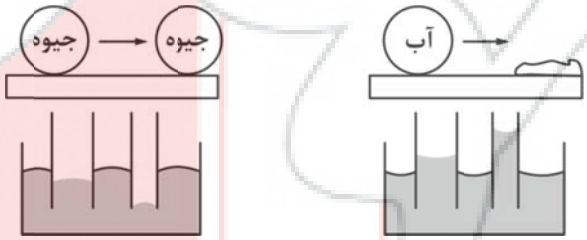
ـ اگر قطره جیوه روی سطح شیشه باشد، تحت تأثیر نیروی گرانشی زمین تخت می‌شود و هر چه قطره بزرگ‌تر باشد، نیروی گرانشی زمین آن را تخت‌تر می‌کند.

موئینگی:

ـ لوله‌هایی که قطر دهانه‌ی آن‌ها حدود یک دهم میلی متر باشد را لوله موئین می‌نامند.

ـ به دلیل آن که نیروی دگر چسبی بین آب و شیشه از نیروی هم چسبی بین مولکول‌های آب بیش‌تر است، سطح آب درون لوله‌های موئین، بالاتر از سطح آب درون ظرف قرار گرفته و سطح آب درون این لوله‌ها فرو رفته است. هرچه ضخامت لوله موئین کم‌تر باشد، ارتفاع ستون آب در آن بیش‌تر خواهد بود. در واقع آب درون لوله‌های موئین آن قدر بالا می‌رود تا برآیند نیروهای دگرچسبی با وزن ستون مایع بالا رفته برابر شود.

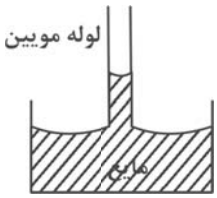
ـ به دلیل آن که نیروی دگر چسبی بین جیوه و شیشه از نیروی هم چسبی بین مولکول‌های جیوه کم‌تر است، سطح جیوه درون لوله‌های موئین، پایین‌تر از سطح جیوه درون ظرف قرار گرفته و سطح جیوه درون این لوله‌ها برآمده است. هر چه ضخامت لوله‌ی موئین کم‌تر باشد، اختلاف ارتفاع بین جیوه‌ی درون لوله و جیوه‌ی درون ظرف بیش‌تر است.



تمرین ۱: لوله شیشه‌ای باریکی را که دو انتهای آن باز است، به‌طور عمودی تا نیمه وارد مایع درون ظرفی می‌کنیم. اگر نیروی دگرچسبی بیشتر از نیروی هم‌چسبی باشد، سطح مایع درون لوله ..... از سطح مایع درون ظرف قرار می‌گیرد و سطح مایع در لوله به‌صورت ..... درمی‌آید.

۱) پایین‌تر ـ فرورفته
۲) پایین‌تر ـ برآمده
۳) بالاتر ـ فرورفته
۴) بالاتر ـ برآمده

تمرین ۲: از مشاهده آزمایش روبه‌رو، به کدام نتیجه می‌توان دست یافت؟



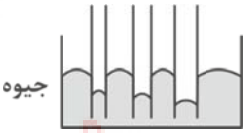
۱) در سطح مایعات کشش سطحی وجود دارد.

۲) چگالی لوله مویین کم‌تر از چگالی مایع است.

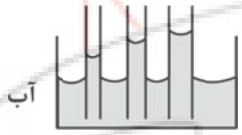
۳) بزرگی نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع، بیش‌تر از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و لوله است.

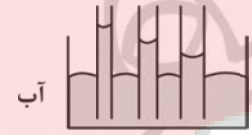
۴) بزرگی نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و لوله، بیش‌تر از بزرگی نیروی هم‌چسبی مولکول‌های مایع است.

تمرین ۳: کدام‌یک از شکل‌های زیر، خاصیت مویینگی در لوله‌های شیشه‌ای را درست نشان داده است؟

۱) 

۲)

۳) 

۴) 

تمرین ۴: نیروی بین مولکولی برای یک ماده، چگونه است؟ (فاصله‌ها در ابعاد اتمی و مولکولی است.)

۱) در همه فاصله‌ها ربایشی است.

۲) در همه فاصله‌ها رانشی است.

۳) در فواصل فوق‌العاده کم ربایشی و در فاصله کمی بیش‌تر از آن رانشی است.

۴) در فواصل فوق‌العاده کم رانشی و در فاصله‌های کمی بیش‌تر از آن ربایشی است.

تمرین ۵: یک قطره از مایع A را روی ظرف مسطح B می‌ریزیم. اگر نیروی چسبندگی سطحی بین A و B بیش‌تر از نیروی چسبندگی مولکول‌های A باشد، مایع A ..... .

۱) ظرف B را تر نمی‌کند.

۲) دیگر از ظرف B جدا نمی‌شود.

۳) به صورت گلوله در ظرف B باقی می‌ماند.

۴) به صورت لایه نازکی در ظرف B پخش می‌شود.

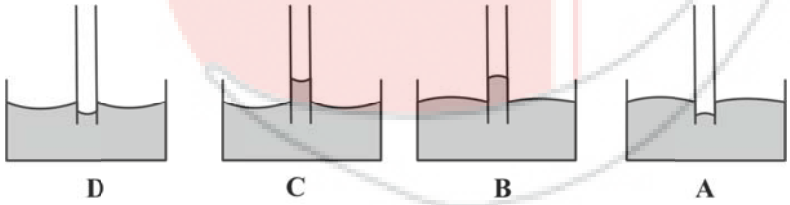
تمرین ۶: اگر یک لوله مویین را که دو طرف آن باز است به‌طور قائم در جیوه فرو ببریم، به صورت کدام‌یک از شکل‌های زیر درمی‌آید؟

۱) A

۲) B

۳) C

۴) D



*** مفهوم فشار:**

فشار مقدار نیروی عمودی وارد بر واحد سطح است. یعنی برای به‌دست آوردن فشار باید نیروی عمودی تکیه‌گاه را بر مساحت سطح مقطع جسم تقسیم کرد.

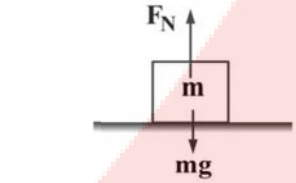
$$P = \frac{F_N}{A}$$

در این رابطه نیروی عمودی تکیه‌گاه بر حسب N و مساحت بر حسب m^2 است.

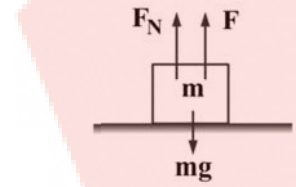
در شکل‌های زیر جسمی به جرم m و مساحت مقطع A روی سطح قرار دارد. در هر حالت می‌توان فشار را با به‌دست آوردن نیروی عمودی تکیه‌گاه و تقسیم کردن آن بر مساحت سطح تماس جسم با زمین به‌دست آورد.

توجه: برای به‌دست آوردن نیروی عمودی تکیه‌گاه، پس از تجزیه‌ی نیروهایی که روی محورهای x و y نیستند، خواهیم داشت: (این رابطه برای حالتی است که جسم در راستای قائم حرکت نداشته و یا حرکت آن با سرعت ثابت باشد)

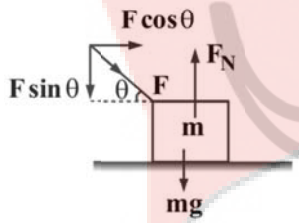
مجموع نیروهای به سمت پایین = مجموع نیروهای به سمت بالا



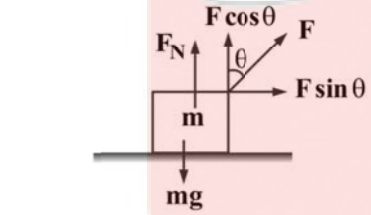
$$F_N = mg \Rightarrow P = \frac{mg}{A}$$



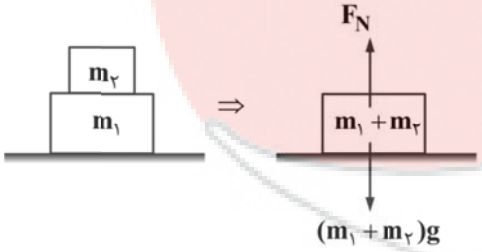
$$F_N + F = mg \Rightarrow F_N = mg - F$$
$$P = \frac{mg - F}{A}$$



$$F_N = mg + F\sin\theta$$
$$P = \frac{mg + F\sin\theta}{A}$$

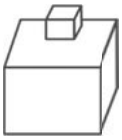


$$F_N + F\cos\theta = mg$$
$$F_N = mg - F\cos\theta$$
$$P = \frac{mg - F\cos\theta}{A}$$



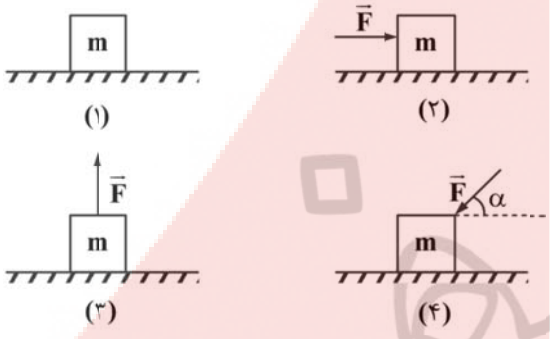
$$F_N = (m_1 + m_2)g \quad , \quad P = \frac{(m_1 + m_2)g}{A}$$

تمرین ۷: مطابق شکل روبه‌رو طول هر ضلع مکعب بالا $10\,cm$ و جرم آن $2\,kg$ و طول هر ضلع مکعب پایینی $20\,cm$ و جرم آن $4\,kg$ است. فشاری که مکعب بالایی به پایینی وارد می‌کند و فشاری که مکعب پایینی به سطح افقی وارد می‌کند، به ترتیب از راست به چپ چند پاسکال است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$



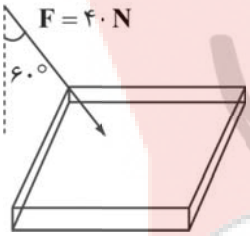
۱) ۲۰ و ۱۵
۲) ۲۰ و ۱۰
۳) ۲۰۰۰ و ۱۵۰۰
۴) ۲۰۰۰ و ۱۰۰۰

تمرین ۸: در شکل زیر، اجسام مشابه و نیروی وارد شده به جسم‌ها هم‌اندازه هستند. کدام گزینه مقایسه درستی بین فشار اجسام به سطح تماس را نشان می‌دهد؟



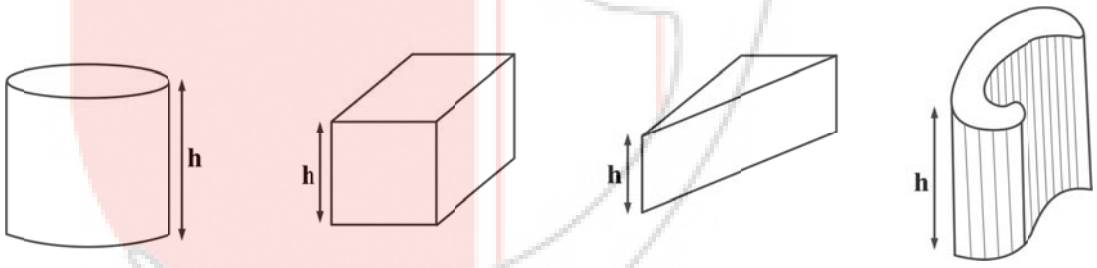
۱) $P_4 > P_1 > P_2 > P_3$
۲) $P_1 = P_2 > P_4 > P_3$
۳) $P_4 > P_1 > P_3 > P_2$
۴) $P_4 > P_1 = P_2 > P_3$

تمرین ۹: مطابق شکل زیر، مکعب مستطیلی به جرم $2\,kg$ روی یک سطح افقی ساکن است و نیروی $F = 40\,N$ از بالا به سمت پایین به‌طوری‌که با راستای قائم زاویه 60° می‌سازد. روی جسم اثر می‌کند. فشار جسم بر سطح افقی چند کیلو پاسکال است؟ ($g = 10\frac{N}{kg}$ و $\sin 60^\circ = \frac{\sqrt{3}}{2}$ و از فشار هوا صرف‌نظر کنید. هم‌چنین ابعاد سطح افقی را $5\,cm$ در $8\,cm$ درنظر بگیرید.)



۱) 10^4
۲) $5(1+\sqrt{3})$
۳) ۱۰
۴) $5(1+\sqrt{3})\times 10^3$

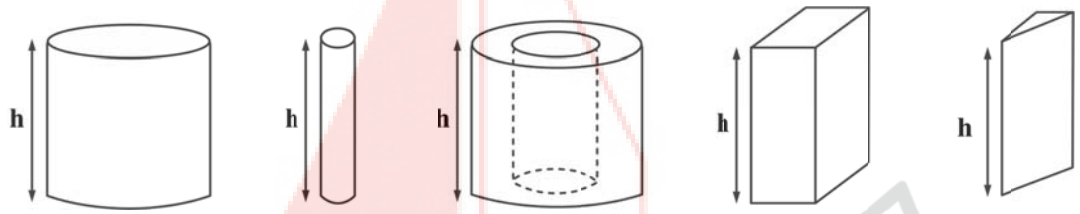
ـ در مکعب، مکعب‌مستطیل، و استوانه و هر جسم همگنی که سطح مقطع آن در نقاط مختلف یکسان است، می‌توان فشار را از رابطه زیر به‌دست آورد:



$$P = \rho gh$$

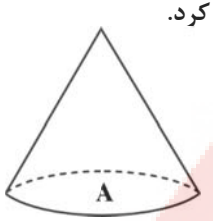
در این رابطه، ρ چگالی جسم بر حسب $\frac{kg}{m^3}$، g شتاب گرانشی و h ارتفاع جسم برحسب m است.

ـ باتوجه به رابطه $P = \rho gh$ ، متوجه می‌شویم که فشار ناشی از اجسام هم‌جنس، با ارتفاع‌های یکسان و سطح مقطع‌های متفاوت، با هم برابر است.



فشار ناشی از تمامی شکل‌های بالا، در صورتی‌که هم‌جنس باشند، با هم برابر است. چون ارتفاع آن‌ها یکسان است.

در اجسامی مانند مخروط که سطح مقطع آن در تمام قسمت‌ها یکسان نیست، مقدار فشار را نمی‌توان از رابطه $P = \rho gh$ به‌دست آورد. در این اجسام، برای به‌دست آوردن فشار، باید نیروی وزن را بر سطح مقطع جسم تقسیم کرد.



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

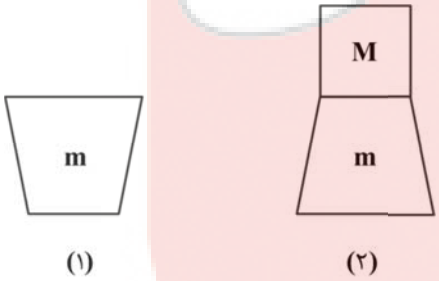
*** مخروط ناقص:**

در صورتی‌که انتهای مخروطی را ببریم، می‌توان آن‌را از دو جهت روی زمین قرار داد.

فشاری که مخروط در حالت (۱) به سطح وارد می‌کند، از فشار در حالت (۲) بیشتر است، چون در حالت (۱) سطح مقطع کوچک‌تر است و طبق رابطه $P = \frac{F}{A}$ ، در صورت ثابت بودن مقدار F، هر چه سطح مقطع کوچک‌تر باشد، فشار بیشتر است توجه داشته باشید که در اینجا، $F_N = mg$ است و در هر دو حالت، دارای مقدار یکسانی می‌باشد.

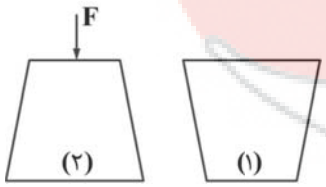
$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{A_1}{A_2} \quad , \quad \frac{P_2}{P_1} = (\frac{r_1}{r_2})^2$$

ـ چون فشار در حالت (۲) کم‌تر است، پس باید روی مخروط در حالت دوم، جسم دیگری قرار دهیم تا فشارها برابر شوند.



$$P_1 = P_2$$
$$\frac{mg}{A_1} = \frac{(m+M)g}{A_2} \Rightarrow \frac{m}{A_1} = \frac{m+M}{A_2}$$

ـ اگر در سؤال بپرسند، چه نیرویی را در حالت دوم اضافه کنیم تا فشارهای ناشی از دو حالت، روی سطح برابر شود؟



$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{mg}{A_1} = \frac{mg+F}{A_2}$$

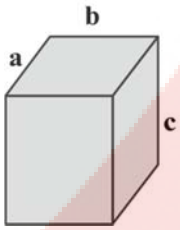
توجه داشته باشید که نسبت مساحت‌ها، با مجدور شعاع‌ها یا قطرها برابر است. $\frac{A_2}{A_1}=(\frac{r_2}{r_1})^2$

مثلاً اگر قطر سطح مقطع جسمی ۳ برابر قطر سطح مقطع جسم دیگر باشد، مساحت سطح مقطع جسم اول ۹ برابر مساحت سطح مقطع جسم دوم خواهد بود. $r_2=3r_1 \Rightarrow A_2=9A_1$

تمرین ۱۰: دو استوانه توپُر و هم‌وزن A و B روی سطح افقی کنار هم قرار دارند. اگر شعاع قاعده استوانه B، دو برابر شعاع قاعده استوانه A باشد، فشار حاصل از استوانه A چند برابر فشار حاصل از استوانه B است؟

۱) $\frac{1}{2}$ ۲) $\frac{1}{4}$ ۳) ۲ ۴) ۴

تمرین ۱۱: در مکعب‌مستطیل شکل زیر، اگر ابعاد a، b و c به نسبت ۱، ۲ و ۳ باشد و مکعب را روی وجوه مختلف روی سطح افقی قرار دهیم، بیشتری فشاری که به سطح وارد می‌کند، چند برابر کمترین فشار است؟

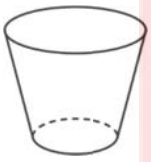


۱) ۱/۵
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۶

تمرین ۱۲: مکعب فلزی توپری به ابعاد $5cm\times 4cm\times 2cm$ و چگالی $8\frac{g}{cm^3}$ از طرف یکی از وجه‌هایش روی سطح افقی قرار می‌گیرد. بیشترین فشاری که مکعب می‌تواند بر سطح وارد کند، چند پاسکال است؟ $(g=10\frac{N}{kg})$

۱) $1/6\times 10^2$ ۲) 4×10^2 ۳) $1/6\times 10^3$ ۴) 4×10^3

تمرین ۱۳: مخروط ناقصی به وزن W، مطابق شکل روی سطح افقی قرار دارد. شعاع قاعده بزرگ ۲ برابر شعاع قاعده کوچک است. مخروط را به‌طرف سطح بزرگ‌تر روی سطح افقی قرار می‌دهیم. اگر بخواهیم فشار وارد بر سطح افقی تغییر نکند، وزنه‌ای چند برابر وزن مخروط باید روی آن قرار دهیم؟



۱) ۴
۲) ۳
۳) ۲
۴) ۱

تمرین ۱۴: ابعاد ظرف استوانه‌ای B، دو برابر ابعاد ظرف استوانه‌ای A است. ظرف A را پر از آب می‌کنیم و هم جرم 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؟ $(\rho_{جیوه}=13/6\rho_{آب})$

۱) $\frac{1}{13/6}$ ۲) $\frac{1}{4}$ ۳) ۱۳/۶ ۴) ۴

تمرین ۱۵: مکعبی به ضلع $60\,cm$ پر از آب است. اگر همه آب این مکعب را درون استوانه‌ای که مساحت قاعده آن $0/36$ مترمربع است بریزیم، فشاری که این آب در کف استوانه ایجاد می‌کند، چند برابر فشاری است که در کف مکعب ایجاد می‌کند؟

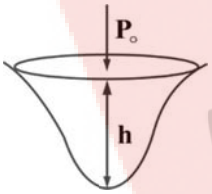
۱) π ۲) $\frac{\pi}{2}$ ۳) $\sqrt{2}$ ۴) ۱

* فشار در شاره‌ی ساکن

منظور از شاره، مایع یا گاز می‌باشد. با وجود ساکن بودن شاره، مولکول‌های شاره در حال حرکت هستند و به هر نقطه از سطح درون آن نیرو وارد می‌کنند. این نیرو حتماً بر سطح عمود است. بنابراین اگر در سؤالی گفته شد که بر سطحی درون یک مایع نیروی $\vec{F} = F_x\vec{i} + F_y\vec{J}$ وارد می‌شود، باید اندازه نیرو را از رابطه $F = \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$ دست آورده و سپس از رابطه‌ی $P = \frac{F}{A}$ استفاده کرد.

فشار در مایعات

ـ هر چه در یک مایع پایین‌تر برویم، به دلیل افزایش ارتفاع مایع، مقدار فشار افزایش می‌یابد. اگر فشار در سطح آزاد مایع برابر با فشار هوا (P_0) باشد، آن‌گاه مقدار فشار در عمق h از سطح آزاد مایعی به چگالی ρ برابر است با:

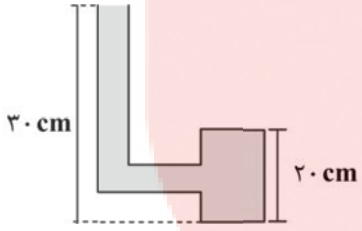


$$P = P_0 + \rho gh$$

در این رابطه P_0 فشار هوا، ρ چگالی مایع بر حسب $\frac{kg}{m^3}$، g شتاب گرانشی محل و h عمق مایع بر حسب متر است.

ـ در صورتی‌که از فشار ناشی از مایع صحبت شد، باید از P_0 صرف‌نظر کنیم: $P = \rho gh$

تمرین ۱۶: 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 $800\frac{kg}{m^3}$ باشد، نیرویی که از طرف مایع به کف مخزن وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2})$



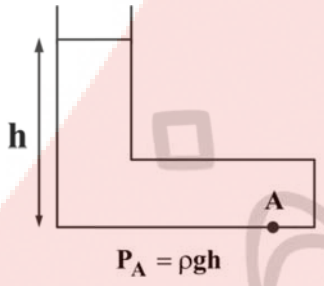
۱) ۲۴۰
۲) ۱۶۰
۳) ۲۴
۴) ۱۶

تمرین ۱۷: قطر داخلی استوانه بلندی ۲cm است. اگر آن را به‌طور قائم نگه داشته و $157\,cm^3$ آب در آن بریـزیم، فشار حاصل از آب در ته استوانه چند پاسکال می‌شود؟ $(\pi = 3/14 \,,\, \rho_{آب} = 1000 \frac{kg}{m^3} \,,\, g = 10 \frac{m}{s^2})$

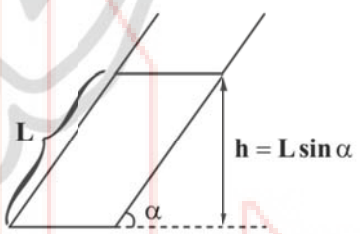
۱) ۱۵۰ ۲) ۳۰۰ ۳) ۲۵۰۰ ۴) ۵۰۰۰

ـ طبق روابط فشار خواهیم داشت:

۱- فشار مایع به شکل ظرف بستگی نداشته و فقط به چگالی و عمق مایع بستگی دارد. در شکل‌های زیر، فشار ناشی از مایع در نقطه‌ی A به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:



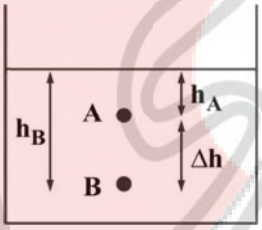
$P_A = \rho gh$

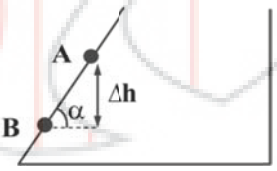


$P = \rho gh = \rho gL \sin\alpha$

۲- برای به‌دست آوردن اختلاف فشار بین دو نقطه در یک مایع، بایـد اخـتلاف عمـق آن دو نقطـه را بـه‌دسـت آوریـم. در شکل‌های زیر اختلاف فشار بین دو نقطه‌ی A و B به‌صورت زیر به‌دست می‌آید:

$\Delta h = h_B - h_A$
$\Delta P = \rho g \Delta h$

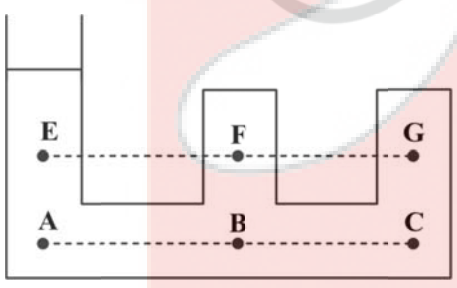




$\Delta h = L \sin\alpha$
$\Delta P = \rho g \Delta h$

بنابراین اختلاف فشار بین دو نقطه به عمق آن‌ها بستگی ندارد، بلکه به اختلاف عمق آن‌ها بستگی دارد.

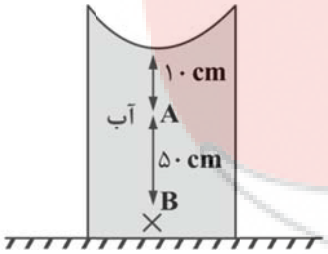
۳- فشار یک مایع در تمام نقاط هم‌تراز (هم عمق) از یک مایع یکسان است.



$P_E = P_F = P_G$
$P_A = P_B = P_C$

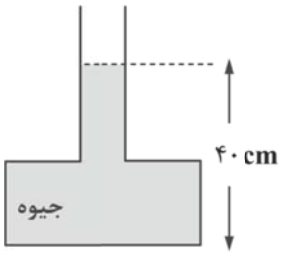
تمرین ۱۸: در شکل مقابل، فشار در نقطه B چند برابر فشار در نقطه A است؟

$(P_0 = 9/9 \times 10^4\ pa \,,\, \rho_{آب} = 1 \frac{g}{cm^3} \,,\, g = 10 \frac{m}{s^2})$



۱) $\frac{6}{5}$ ۲) $\frac{5}{4}$
۳) $\frac{20}{19}$ ۴) $\frac{21}{20}$

تمرین ۱۹: در شکل روبه‌رو، اگر بیشینه نیرویی که کف ظرف می‌تواند از طرف جیوه تحمل کند، ۱۳۵ نیوتون باشد، حداکثر چند سانتی‌متر جیوه می‌توان به ارتفاع جیوه در لوله اضافه کرد، تا ظرف شکسته نشود؟ ($۲۰\,cm^۲$ = سطح کف ظرف، $۱۳۵۰۰\frac{kg}{m^۳}$ = چگالی جیوه و $g = ۱۰\frac{m}{s^۲}$ است.)



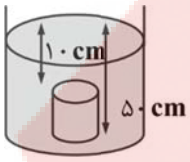
۱) ۵

۲) ۹۰

۳) ۲۰

۴) ۱۰

تمرین ۲۰: استوانه‌ای توپُر که سطح قاعده آن ۲۰ سانتی‌متر مربع است، مطابق شکل درون آب به چگالی $۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$ قرار دارد. اختلاف نیروهایی که از طرف آب به قاعده‌های پایین و بالای استوانه وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ $(g = ۱۰\frac{m}{s^۲})$



۱) ۲

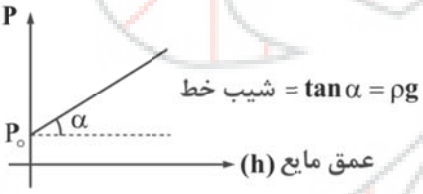
۲) ۸

۳) ۱۰

۴) ۸۰۰

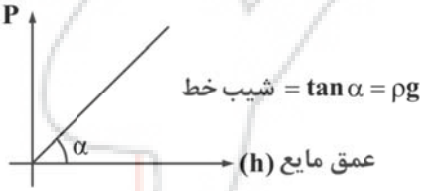
۴- نمودار فشار کل بر حسب عمق مایع:

$P = P_۰ + \rho gh$



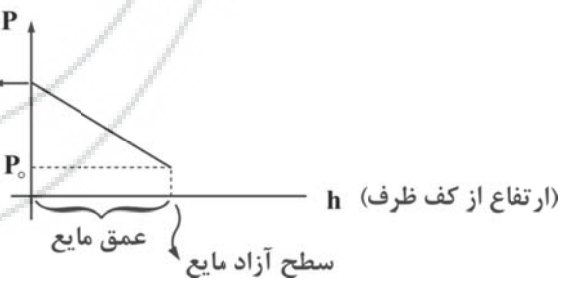
۵- نمودار فشار ناشی از مایع بر حسب عمق مایع:

$P = \rho gh$

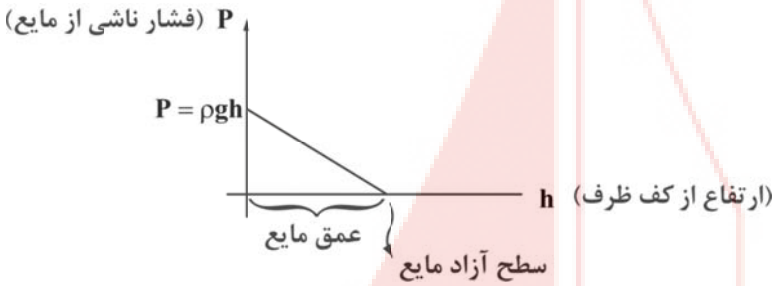


۶- نمودار فشار کل بر حسب ارتفاع از کف ظرف:

$P = P_۰ + \rho gh$



۷- نمودار فشار ناشی از مایع بر حسب ارتفاع از کف ظرف:

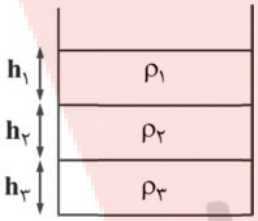


فشار ناشی از چند مایع

ـ اگر در یک ظرف، چند مایع مخلوط نشدنی بریزیم، پس از تعادل، مایعی با چگالی بیشتر در پایین‌ترین لایه و مایعی با چگالی کمتر در بالاترین لایه قرار می‌گیرد.

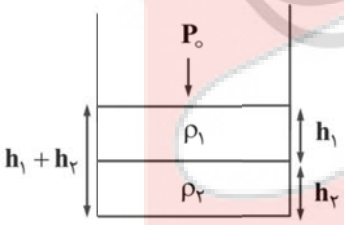
$$\rho_3 > \rho_2 > \rho_1$$

ـ در صورتی‌که در یک ظرف استوانه‌ای شکل مایع‌های متفاوتی با جرم‌های برابر بریزیم، هر چه چگالی مایع بیشتر باشد، در سطح پایین‌تری قرار گرفته و ارتفاع آن در ظرف کمتر است.



$$m_1 = m_2 = m_3$$
$$\rho_3 > \rho_2 > \rho_1$$
$$h_3 < h_2 < h_1$$

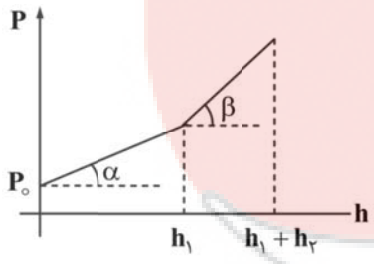
ـ در صورتی‌که دو یا چند مایع مخلوط نشدنی مطابق شکل در ظرفی قرار گیرند خواهیم داشت:



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

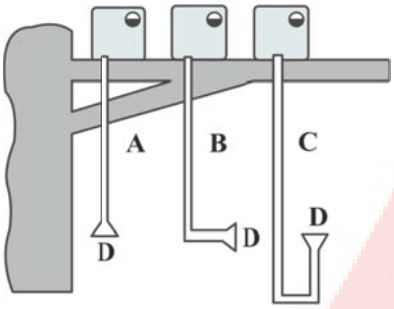
توجه داشته باشید: چون مایع (۱) بالا قرار گرفته است، پس چگالی آن از چگالی مایع (۲) کمتر است.

در این حالت می‌توان نمودار فشار کل بر حسب عمق مایع را به‌صورت زیر رسم کرد:



$$\tan\alpha = \rho_1 g$$
$$\tan\beta = \rho_2 g$$

تمرین ۲۱: در شکل مقابل، سه فشارسنج فشاری را اندازه می‌گیرند که بر غشای کوچک D در عمق معینی از یک دریاچه وارد می‌شود. کدام رابطه بین فشارهای اندازه‌گیری شده درست است؟



۱) $P_A = P_B = P_C$

۲) $P_A = P_B > P_C$

۳) $P_A < P_B < P_C$

۴) $P_A = P_C > P_B$

تمرین ۲۲: در ظرفی مطابق شکل زیر، دو مایع مخلوط‌نشدنی وجود دارد. اگر نمودار تغییرات فشار برحسب عمق دو مایع مطابق شکل زیر باشد و $\tan\theta_2 = 17\tan\theta_1$ باشد، ρ_1 و ρ_2 در SI کدام‌اند؟

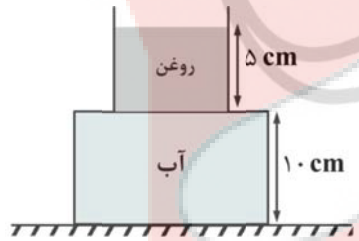
۱) ۶۰۰ و ۱۰۲۰۰

۲) ۷۵۰ و ۱۲۷۵۰

۳) ۸۰۰ و ۱۳۵۰۰

۴) ۸۰۰ و ۱۳۶۰۰

تمرین ۲۳: در شکل زیر، ظرف از دو قسمت استوانه‌ای تشکیل شده است که سطح مقطع استوانه‌ها $10\,cm^2$ و $50\,cm^2$ است. نیرویی که از طرف مایع‌ها بر کف ظرف وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ (چگالی روغن و آب به ترتیب $0/8\,\frac{g}{cm^3}$ و $1\,\frac{g}{cm^3}$ است و $g = 10\,\frac{m}{s^2}$)



۱) ۵/۴

۲) ۶/۶

۳) ۶

۴) ۷

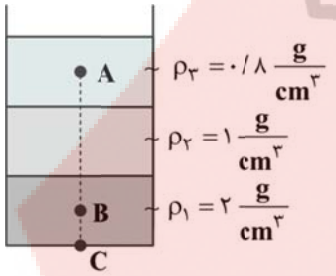
تمرین ۲۴: دو مایع B و A را که چگالی آن‌ها $\rho_A = 1/2\,\frac{g}{cm^3}$ و $\rho_B = 0/6\,\frac{g}{cm^3}$ است را با یکدیگر مخلوط کرده و در یک ظرف استوانه‌ای می‌ریزیم. اگر $\frac{1}{3}$ حجم مخلوط از مایع A و بقیه آن از مایع B و ارتفاع مخلوط در ظرف ۷۵ سانتی‌متر باشد، فشار وارد از طرف مخلوط بر کف ظرف چند پاسکال است؟ ($g = 10\,\frac{m}{s^2}$)

۱) ۶۰۰۰ ۲) ۶۷۵۰ ۳) ۹۰۰۰ ۴) ۹۷۵۰

تمرین ۲۵: سطح مقطع یک ظرف استوانه‌ای $۲۰cm^۲$ و در آن تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر آب ریخته شده است. روی آب چند گرم روغن با چگالی $۰/۶\frac{g}{cm^۳}$ بریزیم تا فشار حاصل از این دو مایع در کف استوانه برابر ۲۰۰۰ پاسکال شود؟ ($g=۱۰\frac{m}{s^۲}$ ، چگالی آب $=۱\frac{g}{cm^۳}$)

۱) ۱۰۰ ۲) ۱۲۰ ۳) ۲۰۰ ۴) ۲۴۰

تمرین ۲۶: در شکل زیر، سه مایع مخلوط‌نشدنی با چگالی‌های مشخص، قرار دارد و ارتفاع هر لایه از مایع‌ها ۲۰cm است. اگر $AB=۴۰cm$ و $BC=۱۰cm$ باشد، اختلاف فشار بین دو نقطه A و B چند پاسکال است؟ $(g=۱۰\frac{m}{s^۲})$



۱) ۱۶۰۰

۲) ۲۶۰۰

۳) ۳۸۰۰

۴) ۴۸۰۰

تفاوت نیروی وارد بر کف ظرف و سطح

ـ در دو شکل مقابل، حجم و عمق آب، در دو ظرف پر از آب برابر است.

ـ به نکات زیر توجه کنید:

۱- نیرویی که این دو ظرف به سطح زیرین خود وارد می‌کنند، با هم برابر است.

۲- چون ارتفاع مایع در دو ظرف یکسان است، پس فشار مایع در کف ظرف‌ها، با هم برابر است.

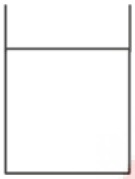
۳- با توجه به آن‌که سطح مقطع دو شکل متفاوت است، طبق رابطه‌ی $F=PA$ و برابر بودن فشار ناشی از دو مایع، هر چه سطح مقطع بیشتر باشد، نیرویی که مایع بر کف ظرف وارد می‌کند، بزرگ‌تر است. $A_۲>A_۱ \Rightarrow F_۲>F_۱$

ـ صرف‌نظر از شکل ظرف و سطوح آن، نیرویی که مایع در هر نقطه بر سطح ظرف وارد می‌کند، بر سطح ظرف عمود است.

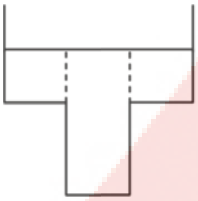
*** مقایسه نیرویی که مایع بر کف ظرف وارد می‌کند با نیروی وزن مایع**

برای مقایسه نیرویی که مایع بر کف ظرف وارد می‌کند با نیروی وزن مایع، می‌توانیم از طرف قاعده‌ی ظرف، خط‌چین‌هایی عمود بر قاعده ظرف به سمت بالا بکشیم. در صورتی‌که حجم مایع با حجمی که درون این خطوط قرار می‌گیرد، برابر باشد، نیرویی که مایع، بر کف ظرف وارد می‌کند، با نیروی وزن مایع برابر است.

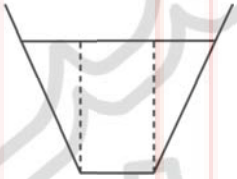
$F = mg$



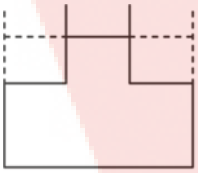
امّا اگر دهانه ظرف به سمت بالا باز شود حجم مایع درون ظرف از حجم مایعی که بین دو خط‌چین قرار می‌گیرد بیشتر است. پس نیرویی که مایع به کف ظرف وارد می‌کند، از نیروی وزن کمتر خواهد بود.



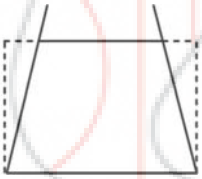
$F < mg$



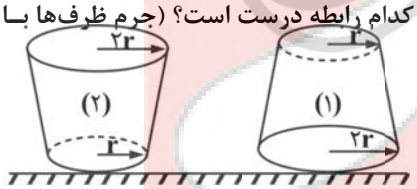
اگر دهانه ظرف به سمت بالا بسته شود (ظرف باریک شود)، حجم مایع درون ظرف از حجم مایعی که بین دو خط قرار می‌گیرد کمتر است. پس نیرویی که مایع به کف ظرف وارد می‌کند، از نیروی وزن بیشتر خواهد بود.



$F > mg$



تمرین ۲۷: در شکل روبه‌رو، حجم و عمق آب در دو ظرف پر از آب با هم برابر است. اگر نیرویی که ظرف‌ها به سطح افقی وارد می‌کنند به ترتیب F_1 و F_2 و فشار آب در کف ظرف‌ها P_1 و P_2 باشد، کدام رابطه درست است؟ (جرم ظرف‌ها با هم برابر است.)



۱) $P_1 = \frac{1}{4}P_2$ و $F_1 = F_2$

۲) $P_1 = P_2$ و $F_1 = 4F_2$

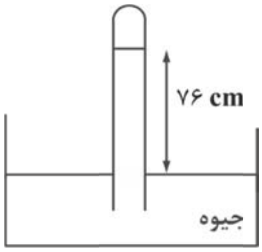
۳) $P_1 = P_2$ و $F_1 = F_2$

۴) $P_1 = 4P_2$ و $F_1 = \frac{1}{4}F_2$

تمرین ۲۸: استوانه A پر از آب است. نیرویی 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 ابعاد استوانه A باشد و آن را هم پر از آب کنیم، نیرو و فشار موردنظر به ترتیب F_B و P_B باشد، نسبت‌های $\frac{F_A}{F_B}$ و $\frac{P_A}{P_B}$ به ترتیب از راست به چپ کدام‌اند؟

۱) ۲ و ۲ ۲) ۴ و ۲ ۳) ۸ و ۸ ۴) ۸ و ۲

یکای سانتی‌متر جیوه (Cm Hg):



ـ هنگامی‌که در سطح دریای آزاد، یک لوله خالی از هوا، با طول کافی را، روی سطح جیوه بگذاریم، جیوه درون لوله تا ارتفاع ۷۶ cm بالا می‌رود. در این حالت می‌گویند: فشار هوا برابر ۷۶ سانتی‌متر جیوه است.

ـ توجه داشته که لوله‌ی خالی از هوا می‌باشد و در قسمت بالایی آن فقط مقدار کمی بخار جیوه جمع می‌شود که از اثرات ناچیز آن صرف‌نظر می‌کنیم.

ـ هنگامی‌که صحبت از فشار بر حسب سانتی‌متر جیوه می‌شود، باید به ارتفاع ستون جیوه توجه کرد. برای تبدیل فشار بر حسب پاسکال (Pa) به فشار بر حسب سانتی‌متر جیوه (cm Hg) به‌صورت زیر عمل می‌کنیم:

$P = \rho g h$ ← فشار بر حسب Pa
ارتفاع جیوه بر حسب متر (m) ←
چگالی جیوه $(\frac{kg}{m^3})$ ←
شتاب گرانشی محل $(\frac{N}{kg})$ ←

با ضرب کردن ارتفاع به‌دست آمده در عدد صد، مقدار فشار بر حسب سانتی‌متر جیوه به‌دست می‌آید.

ـ در صورتی‌که از رابطه‌ی مقابل استفاده کنیم، مقدار فشار بر حسب سانتی‌متر جیوه به‌دست می‌آید:

$P = \frac{\rho}{10} \times h$ ← فشار بر حسب پاسکال
ρ ← چگالی جیوه بر حسب $(\frac{kg}{m^3})$
h ← فشار بر حسب سانتی‌متر جیوه

ـ در صورتی‌که فشار را بر حسب پاسکال (Pa) بخواهیم، همان‌طور که قبلاً دیده‌ایم، خواهیم داشت:

$P = P_0 + \rho g h$
فشار بر حسب پاسکال (Pa) ← P
فشار هوا بر حسب (Pa) ← P_0
ارتفاع بر حسب (متر) ← h
چگالی $(\frac{kg}{m^3})$ ← ρ

ـ اما اگر فشار را بر حسب سانتی‌متر جیوه بخواهیم، خواهیم داشت:

$P = P_0 + h$
فشار بر حسب سانتی‌متر جیوه ← P
فشار هوا بر حسب سانتی‌متر جیوه ← P_0
ارتفاع ستون جیوه بر حسب سانتی‌متر ← h

ـ تبدیل ارتفاع یک مایع به سانتی‌متر جیوه: در این حالت می‌خواهیم پیدا کنیم که به جای مایع، باید تا چه ارتفاعی جیوه بریزیم تا مقدار فشار عوض نشود.

$(\rho h)_{\text{مایع}} = (\rho h)_{\text{جیوه}}$

حل مسئله تمرین ۲۹: در یک ظرف استوانه‌ای مقداری آب به جرم m و مقداری جیوه به جرم ۴m ریخته شده است. جمع ارتفاع این دو مایع ۴۴ cm است. فشار ناشی از دو مایع در کف ظرف چند کیلو پاسکال است؟

$(\rho_{\text{آب}} = 1 \frac{g}{cm^3}, \rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \frac{g}{cm^3}, g = 10 \frac{m}{s^2})$

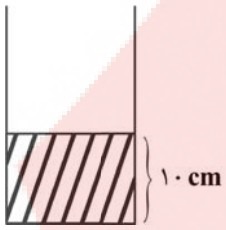
۱) ۱۷ ۲) ۳۲ ۳) ۴۲ ۴) ۴۷

تمرین ۳۰: لوله بلندی به صورت قائم نگه داشته شده و در آن تا ارتفاع $۴cm$ جیوه ریخته شده است. اگر فشار هوا $۱/۰۳۳۶\times ۱۰^{۵}Pa$ باشد، ارتفاع جیوه درون لوله را به چند سانتی‌متر برسانیم تا فشار در ته لوله دو برابر شود؟

$$(\rho_{\text{جیوه}} = ۱۳/۶ \frac{g}{cm^{۳}}, g = ۱۰ \frac{m}{s^{۲}})$$

۱) ۸۴ ۲) ۸۲ ۳) ۸۰ ۴) ۷۸

تمرین ۳۱: مطابق شکل زیر، در یک استوانه بلند به سطح مقطع $۲۰cm^{۲}$ تا ارتفاع $۱۰cm$ از یک مایع به چگالی ۱۲۵۰ گرم بر لیتر قرار دارد و فشار در ته لوله $P_{۱}$ است. چند سانتی‌متر مکعب از مایع دیگری به چگالی ۸۰۰ گرم بر لیتر به مایع داخل لوله اضافه کنیم، تا فشار در ته لوله به $۱/۰۲P_{۱}$ برسد؟



$$(g = ۱۰ \frac{N}{kg}, \rho_{\text{جیوه}} = ۱۳/۵ \frac{g}{cm^{۳}}, P_{۰} = ۷۵ cm\ Hg)$$

۱) ۵۱/۲۵

۲) ۲۵۶/۲۵

۳) ۵۱۲/۵

۴) ۲۵۶۲/۵

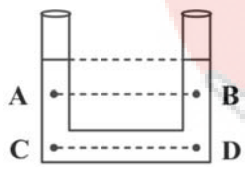
تمرین ۳۲: در یک لوله استوانه‌ای که مساحت قاعده آن $۵cm^{۲}$ است، ۱۳۶ گرم جیوه و ۱۳۶ گرم آب می‌ریزیم. اگر چگالی جیوه و چگالی آب به ترتیب $۱۳/۶ \frac{g}{cm^{۳}}$ و $۱ \frac{g}{cm^{۳}}$ باشد، فشار در ته لوله چند پاسکال است؟

$$(P_{۰} = ۷۶ cm\ Hg, g = ۱۰ \frac{m}{s^{۲}})$$

۱) ۵۴/۴ ۲) ۵۴۴۰۰ ۳) ۱۰۸/۸ ۴) ۱۰۸۸۰۰

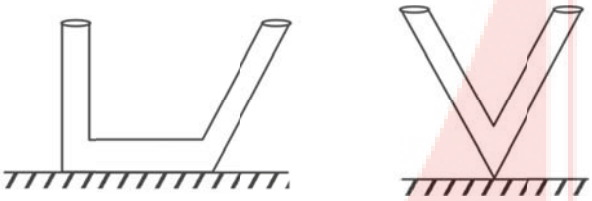
نقاط هم‌فشار:

ـ در صورتی‌که در یک لوله‌ی U شکل فقط یک مایع بریزیم، مقدار فشار در تمامی نقاط هم‌تراز با هم برابر بوده و سطح مایع در دو طرف لوله برابر است.



$$P_A = P_B$$
$$P_C = P_D$$

ـ توجه داشته باشید که لوله‌های U شکل الزاماً، U شکل نیستند.



ـ اگر دو یا چند مایع مخلوط نشدنی را در لوله‌ی U شکل بریزیم:

الف) فشار در پایین‌ترین سطح جدایی با نقطه‌ی مقابل برابر است.

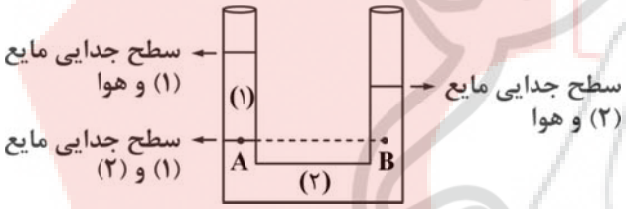
ب) فشار در نقاط هم‌تراز یک مایع با هم برابر است.

پ) فشار در کف هر لوله با نقطه‌ی مقابلش برابر است.

ت) برای به‌دست آوردن فشار در هر نقطه باید دقت کنیم چه چیزهایی روی آن نقطه است.

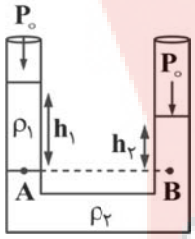
دو مایع مخلوط نشدنی:

ـ در شکل مقابل سطح جدایی مایع (۱) و مایع (۲)، پایین‌ترین سطح جدایی است. فشار در این نقطه با نقطه‌ی مقابلش برابر است.



$$P_A = P_B$$

روی نقطه‌ی A، فشار هوای آزاد را داریم و فشار ناشی از مایع (۱):



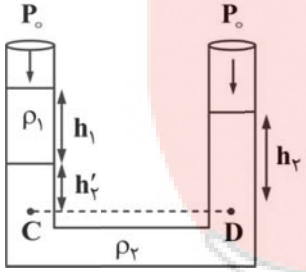
$$P_A = P_0 + \rho_1 g h_1$$

روی نقطه‌ی B، فشار هوای آزاد را داریم و فشار ناشی از مایع (۲):

$$P_B = P_0 + \rho_2 g h_2$$

$$P_a = P_B \Rightarrow \cancel{P_0} + \cancel{\rho_1} g h_1 = \cancel{P_0} + \cancel{\rho_2} g h_2 \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2$$

در شکل مقابل، دو نقطه‌ی C و D، دو نقطه‌ی هم‌تراز در یک مایع هستند که فشار آن‌ها با هم برابر است.

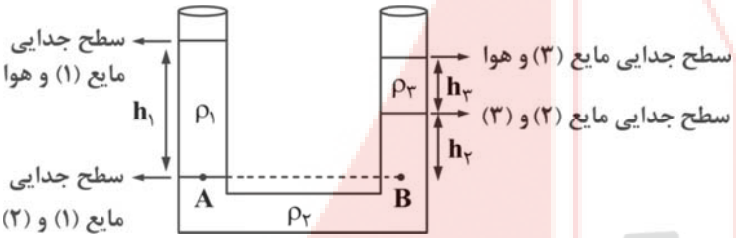


$$P_C = P_D$$

$$\Rightarrow \cancel{P_0} + \rho_1 \cancel{g} h_1 + \rho_2 \cancel{g} h'_2 = \cancel{P_0} + \rho_2 \cancel{g} h_2 \Rightarrow \rho_1 h_1 + \rho_2 h'_2 = \rho_2 h_2$$

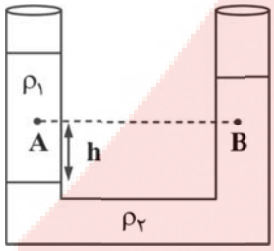
سه مایع مخلوط نشدنی:

در این شکل پایین‌ترین سطح جدایی، سطح جدایی مایع‌های (۱) و (۲) است. پس فشار در این نقطه با نقطه‌ی مقابلش برابر است.



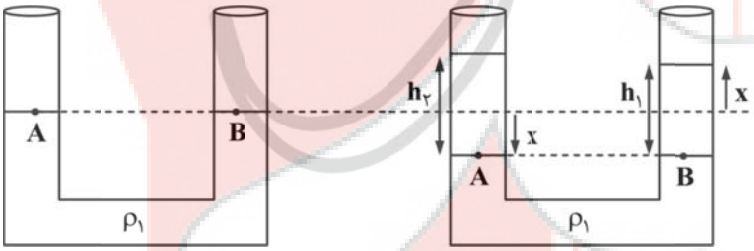
$$P_A = P_B$$
$$\Rightarrow \cancel{P_\circ} + \rho_1 g h_1 = \cancel{P_\circ} + \rho_3 g h_3 + \rho_2 g h_2$$
$$\Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_3 h_3 + \rho_2 h_2$$

ـ در صورتی‌که دو نقطه‌ی هم‌تراز، در دو مایع متفاوت داشته باشیم، نقطه‌ای که در مایعی با چگالی کمتر است، دارای فشار بیشتری می‌باشد:



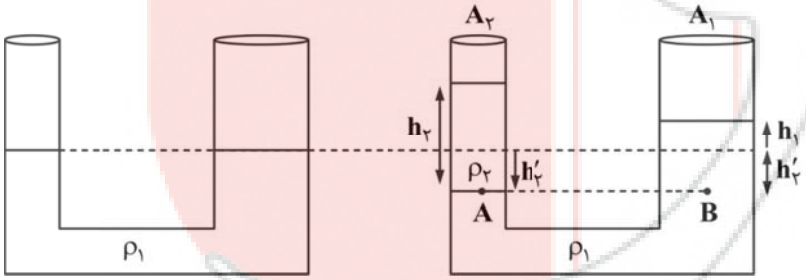
$$\rho_2 > \rho_1 \Rightarrow P_A > P_B$$
$$\Rightarrow P_A - P_B = (\rho_2 - \rho_1)gh$$

ـ در صورتی‌که در یک لوله‌ی U شکل، یک مایع وجود داشته باشد و در یکی از لوله‌ها، یک مایع دیگر بریزیم که با مایع اول مخلوط نشود، در سمتی که مایع جدید ریخته‌ایم، سطح مایع اول پایین رفته و در سمت دیگر بالا می‌رود.



$$P_A = P_B$$
$$P_\circ + \rho_2 g h_2 = P_\circ + \rho_1 g h_1$$
$$\Rightarrow \rho_2 h_2 = \rho_1 h_1$$
$$h_1 = 2x \Rightarrow \rho_2 h_2 = \rho_1 (2x)$$

در صورتی‌که سطح مقطع دو لوله یکسان نبود باید توجه داشت که حجم مایع جابه‌جا شده در دو لوله یکسان است. از این طریق می‌توان نسبت ارتفاع‌های مایع جابه‌جا شده را در دو لوله به‌دست آورد.

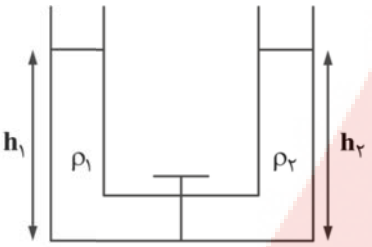


$$V_1 = V_2 \Rightarrow \qquad \Delta V_1 = \Delta V_2$$
$$A_2 h'_2 = A_1 h_1$$

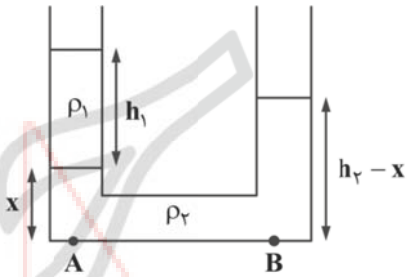
در اینجا نسبت یکی از ارتفاع‌ها را نسبت به دیگری به‌دست می‌آوریم. مثلاً می‌توانیم بنویسیم: $h'_۲ = \frac{A_۱h_۱}{A_۲}$

$$P_A = P_B \Rightarrow P_۰ + \rho_۲ g h_۲ = P_۰ + \rho_۱ g(h_۱ + h'_۲) \Rightarrow \rho_۲ g h_۲ = \rho_۱(h_۱ + h'_۲)$$

در صورتی‌که دو مایع در ظرفی قرار داشته باشند و بین آن‌ها در کف ظرف، شیر رابطی وجود داشته باشد، با باز شدن شیر رابط، مایع با چگالی بیشتر به سمت مایع با چگالی کمتر رفته و در زیر آن قرار خواهد گرفت.



$\rho_۲ > \rho_۱ \Rightarrow$



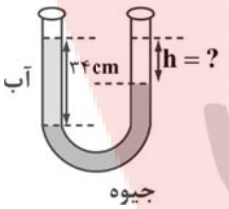
فشار را در کف هر دو لوله با هم برابر قرار می‌دهیم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_۰ + \rho_۱ g h_۱ + \rho_۲ g x = P_۰ + \rho_۲ g(h_۲ - x) \Rightarrow \rho_۱ h_۱ + \rho_۲ x = \rho_۲ h_۲ - \rho_۲ x$$

توجه داشته باشید که حجم مایع قرار گرفته در لوله‌ی رابط ناچیز است.

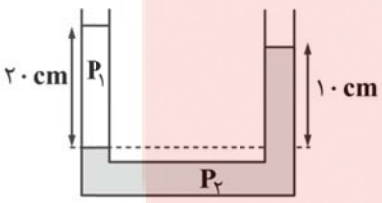
تمرین ۳۳: در شکل مقابل، اختلاف ارتفاع آب و جیوه چند سانتی‌متر است؟

$(\rho_{\text{جیوه}} = ۱۳/۶ \frac{g}{cm^۳}\ ,\ \rho_{\text{آب}} = ۱ \frac{g}{cm^۳})$



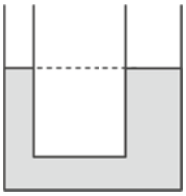
۱) ۲۷/۵
۲) ۲۹
۳) ۳۰
۴) ۳۱/۵

تمرین ۳۴: در شکل روبه‌رو، دو مایع مخلوط‌نشدنی در لوله U شکل در حال تعادل هستند. اگر $\rho_۲ = ۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$ باشد، $\rho_۱$ چند کیلوگرم بر مترمکعب است؟



۱) ۶۰۰
۲) ۵۰۰
۳) $\frac{۵۰۰۰}{۳}$
۴) $\frac{۱۰۰۰۰}{۳}$

تمرین ۳۵: در یک لوله U شکل که مساحت قاعده لوله سمت راست و چپ آن به ترتیب $5cm^2$ و $2cm^2$ است، مطابق شکل زیر، آب وجود دارد. در لوله سمت چپ چند گرم روغن بریزیم تا سطح آب در لوله سمت راست ۴ سانتی‌متر بالا می‌رود؟ $(g = 10\frac{m}{s^2}, \rho_{آب} = 1\frac{g}{cm^3}, \rho_{روغن} = 0/8\frac{g}{cm^3})$



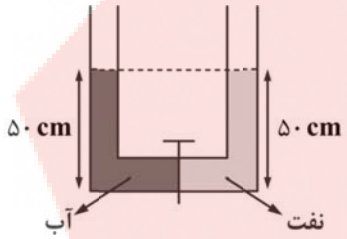
۱) ۱۷/۵

۲) ۲۸

۳) ۳۵

۴) ۷۰

تمرین ۳۶: در شکل روبه‌رو، قطر قاعده دو استوانه برابرند. اگر شیر ارتباط بین دو طرف را باز کنیم، سطح آب چند سانتی‌متر پایین می‌آید؟ (چگالی نفت و $800\frac{kg}{m^3}$ = چگالی آب $1000\frac{kg}{m^3}$)



۱) ۱۰

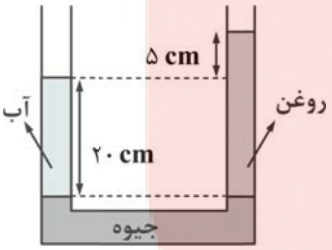
۲) ۵

۳) ۴

۴) ۲/۵

تمرین ۳۷: در شکل مقابل دو سطح جیوه در یک تراز قرار دارد و سیستم به حالت تعادل است. تقریباً چند سانتی‌متر به ارتفاع ستون آب اضافه کنیم تا سطح آزاد آب و روغن در یک تراز قرار گیرند؟

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



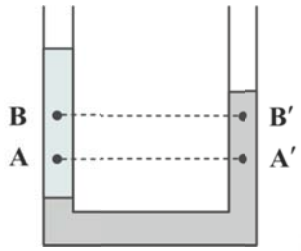
۱) ۴/۵

۲) ۴/۹

۳) ۵/۴

۴) ۹/۴

تمرین ۳۸: مطابق شکل، دو مایع مخلوط‌نشدنی آب و نفت در یک لوله U شکل در حال تعادل‌اند. اگر اختلاف فشار بین دو نقطه A و A' را با ΔP_1 و اختلاف فشار بین دو نقطه B و B' را با ΔP_2 نمایش دهیم، کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟



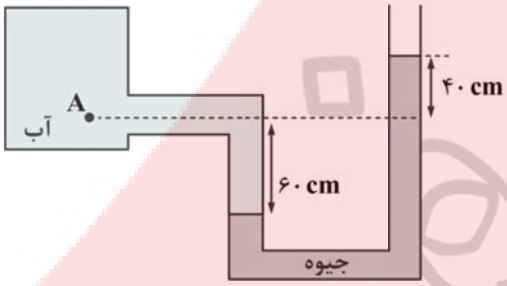
۱) $\Delta P_1 < \Delta P_2$

۲) $\Delta P_1 = \Delta P_2$

۳) $\Delta P_1 = \Delta P_2 = 0$

۴) $\Delta P_1 > \Delta P_2$

تمرین ۳۹: در شکل روبه‌رو، اختلاف فشار نقطه A و فشار هوا چند کیلوپاسکال است؟



$(g = 10\frac{N}{kg}, \rho_{آب} = 1\frac{g}{cm^3}, \rho_{جیوه} = 13/6\frac{g}{cm^3})$

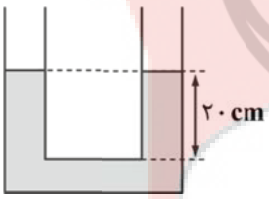
۱) ۱۳/۶

۲) ۱۳۶

۳) ۱۳۰

۴) ۶۰

تمرین ۴۰: در شکل روبه‌رو، ارتفاع آب در هر شاخه لوله برابر ۲۰ سانتی‌متر است. درون یکی از شاخه‌ها به آرامی روغن می‌ریزیم تا طول ستون روغن به ۲۵ سانتی‌متر برسد. در حالت تعادل، ارتفاع آب در شاخه مقابل چند سانتی‌متر خواهد شد؟ (چگالی آب و روغن به ترتیب $1\frac{g}{cm^3}$ و $0/6\frac{g}{cm^3}$ است.)



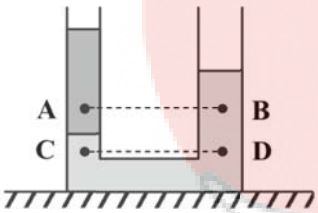
۱) ۲۵

۲) ۲۷/۵

۳) ۳۵

۴) ۳۷/۵

تمرین ۴۱: در شکل روبه‌رو، در درون لوله، دو مایع مخلوط‌نشدنی قرار دارند. اگر فشار در نقاط نشان داده در درون مایع‌ها را با هم مقایسه کنیم، کدام رابطه درست است؟



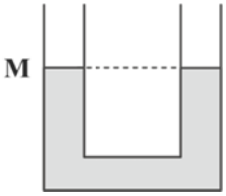
۱) $P_C < P_D , P_A = P_B$

۲) $P_C < P_D , P_A < P_B$

۳) $P_C = P_D , P_A = P_B$

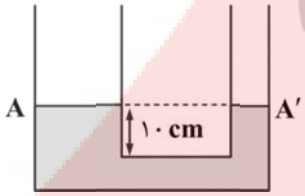
۴) $P_C = P_D , P_A > P_B$

تمرین ۴۲: در شکل روبه‌رو در لوله U شکل آب ریخته شده و نقطه M روی لوله نشانه‌گذاری شده است. اگر در قسمت سمت راست لوله، روی آب به ارتفاع ۵ سانتی‌متر نفت بریزیم، در لوله مقابل، سطح آب چندمتر از نقطه M بالاتر می‌رود؟ (چگالی نفت و آب به ترتیب ۰/۸ و ۱ گرم بر سانتی‌مترمکعب است.)



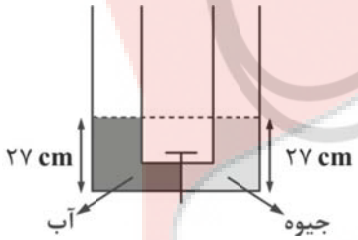
۱) ۱
۲) ۲
۳) ۲/۵
۴) ۴

تمرین ۴۳: در دو لوله استوانه‌ای مربوط به هم تا سطح AA' آب وجود دارد و قطر قاعده یکی از استوانه‌ها ۳ برابر قطر قاعده استوانه دیگر است. اگر در لوله سمت چپ تا ارتفاع ۵ سانتی‌متر نفت اضافه کنیم، آب در لوله باریک چند سانتی‌متر نسبت به حالت اول بالا می‌رود؟ $(\rho_{\text{آب}} = ۱ \frac{g}{cm^۳}, g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}, \rho_{\text{نفت}} = ۰/۸ \frac{g}{cm^۳})$



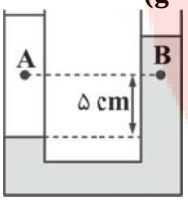
۱) ۱/۲
۲) ۳/۶
۳) ۴
۴) ۵

تمرین ۴۴: دو ظرف استوانه‌ای مشابه به وسیله لوله بسیار باریک به حجم ناچیز به یکدیگر مربوط‌اند و مطابق شکل زیر در یک استوانه آب و در دیگری جیوه قرار دارد. اگر شیر ارتباطی بین دو ظرف را باز کنیم، سطح جیوه در لوله چند سانتی‌متر پایین می‌آید؟ $(\rho_{\text{آب}} = ۱ \frac{g}{cm^۳}, \rho_{\text{جیوه}} = ۱۳/۵ \frac{g}{cm^۳})$



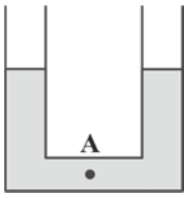
۱) ۲
۲) ۵
۳) ۱۲/۵
۴) ۲۵

تمرین ۴۵: در شکل روبه‌رو، دو مایع مخلوط‌نشدنی به چگالی‌های $۸۰۰ \frac{kg}{m^۳}$ و $۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$ در یک لوله U شکل قرار دارند. اگر فشار در نقطه‌های A و B به ترتیب P_A و P_B باشد، کدام رابطه در SI برقرار است؟ $(g = ۱۰ \frac{N}{kg})$



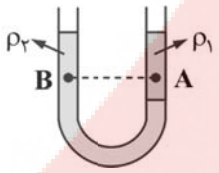
۱) $P_A = P_B$
۲) $P_A = \frac{۴}{۵} P_B$
۳) $P_A = P_B - ۱۰۰$
۴) $P_A = P_B + ۱۰۰$

تمرین ۴۶: در شکل روبه‌رو، سطح مقطع لوله در هر طرف برابر $۲cm^۲$ است و در لوله جیوه ریخته شده است. اگر در یکی از شاخه‌ها روی جیوه ۶۸ گرم آب بریزیم، فشار در نقطه A چند سانتی‌متر جیوه افزایش می‌یابد؟ (چگالی جیوه و آب به ترتیب $۱۳/۶\frac{g}{cm^۳}$ و $۱\frac{g}{cm^۳}$ است.)



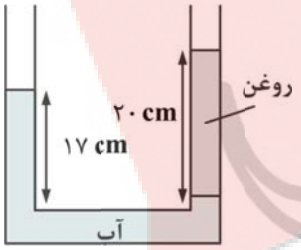
۱) ۱/۲۵
۲) ۲/۵۰
۳) ۳/۷۵
۴) ۴/۵۰

تمرین ۴۷: در شکل زیر، درون لوله U شکل دو مایع مخلوط‌نشدنی با چگالی‌های $\rho_۱$ و $\rho_۲$ ریخته شده و فشار در نقاط A و B درون دو مایع به ترتیب P_A و P_B است. کدام رابطه در این مورد درست است؟



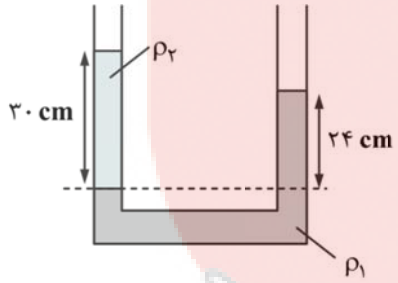
۱) $P_B < P_A \ , \ \rho_۲ > \rho_۱$
۲) $P_B > P_A \ , \ \rho_۲ > \rho_۱$
۳) $P_B < P_A \ , \ \rho_۲ < \rho_۱$
۴) $P_B > P_A \ , \ \rho_۲ < \rho_۱$

تمرین ۴۸: در شکل مقابل، آب و روغن در یک لوله U شکل به حالت تعادل‌اند. چگالی روغن ..... درصد از چگالی آب ..... است.



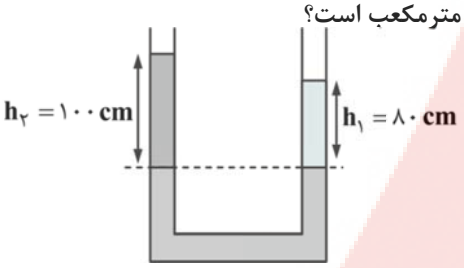
۱) ۱۵ ـ بیشتر
۲) ۱۵ ـ کمتر
۳) ۸۵ ـ کمتر
۴) ۸۵ ـ بیشتر

تمرین ۴۹: در این لوله دو مایع مخلوط‌نشدنی ریخته شده است و چگالی آنها به ترتیب $\rho_۱$, $\rho_۲$ است. اگر $\rho_۱ = ۲\frac{g}{cm^۳}$ باشد، $\rho_۲$ چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟



۱) ۱/۲
۲) ۱/۶
۳) ۱/۸
۴) ۲/۵

تمرین ۵۰: در شکل مقابل h_1 و h_2 به ترتیب عمق آب و نفت است که روی جیوه ریخته شده‌اند و دو سطح جیوه هم‌تراز است. اگر چگالی آب $1\,g/cm^3$ باشد، چگالی نفت چند کیلوگرم بر مترمکعب است؟



۱) ۸۰

۲) ۱۲۵

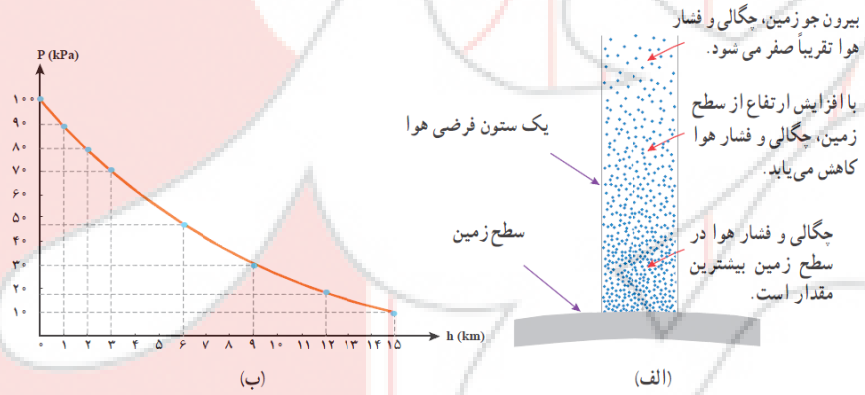
۳) ۸۰۰

۴) ۱۲۵۰

فشار هوا:

فشار هوا در هر نقطه از سطح زمین به دلیل وزن ستون هوای بالای آن نقطه است. با دور شدن از سطح زمین و افزایش ارتفاع، نیروی جاذبه و شتاب گرانشی کاهش می‌یابد. در نتیجه چگالی و فشار هوا هم کاهش خواهد یافت. باید توجه داشت که لایه‌های زیرین هوا، نسبت به لایه‌های بالایی آن متراکم‌تر هستند. بنابراین چگالی لایه‌های زیرین نسبت به چگالی لایه‌های بالاتر بیشتر است.

توجه داشته باشید که به دلیل کاهش چگالی، هر چه به سمت بالا برویم به ازای تغییر ارتفاع مساوی، تغییر فشار کمتر خواهد بود. یعنی در ارتفاعات بالاتر، کاهش فشار کمتر است.



(الف) با افزایش ارتفاع از سطح زمین، چگالی و فشار هوا کاهش می‌یابد.

(ب) نمودار فشار هوا بر حسب ارتفاع از سطح دریای آزاد.

ـ تا ارتفاع ۲ km از سطح زمین، چگالی هوا تقریباً ثابت است. بنابراین تا این فاصله، اگر فشار در سطح زمین P_0 و در ارتفاع h برابر P باشد، خواهیم داشت:

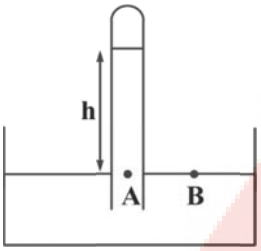
$$P = P_0 - \rho gh$$

ـ تا ارتفاع ۲ km از سطح زمین، به ازای هر ده متر، فشار هوا تقریباً ۱ mm Hg (یک میلی‌متر جیوه) کاهش می‌یابد.

بارومتر (جوسنج، آزمایش توریچلی):

ـ در صورتی‌که لوله‌ی سربسته‌ای با طول یک متر را پر از جیوه کنیم و در حالی‌که انگشت خود را روی دهانه‌ی لوله قرار داده‌ایم، آن‌را به‌طور وارونه وارد تشت پر از جیوه کنیم، پس از مدتی جیوه در لوله کمی پایین می‌آید و در ارتفاع معینی قرار می‌گیرد. در این حالت، ارتفاع ستون جیوه با فشار هوای محیط برابر خواهد بود. توجه داشته باشید که در هر جایی می‌توانیم از عبارت فشار در پایین‌ترین سطح جدایی، با نقطه‌ی مقابلش برابر است، استفاده کنیم.

ـ در بالای لوله فقط مقدار ناچیزی بخار جیوه وجود دارد که قابل صرف‌نظر کردن است.



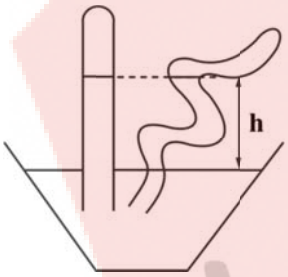
$$P_A = P_B \Rightarrow \rho gh = P_\circ$$

در این رابطه فشار بر حسب Pa است. ولی اگر فشار را بر حسب سانتی‌متر جیوه خواسته باشد، کافی است بنویسیم:

$$h = P_\circ$$

h ارتفاع ستون جیوه‌ی روی نقطه‌ی A می‌باشد.

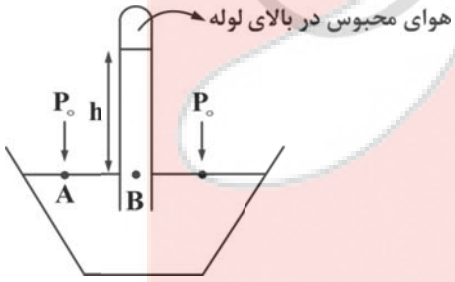
ـ شکل لوله اهمیتی ندارد، فقط ارتفاع قائم جیوه در لوله‌ها مهم است. یعنی در صورتی‌که در فضای بالای لوله، فشار تقریباً صفر باشد، برای یک مایع معین، نحوه‌ی قرار گرفتن لوله، سطح مقطع لوله و شکل لوله اهمیتی ندارد.



توجه داشته باشید که در هر حالتی فشار در پایین‌ترین سطح جدایی با نقطه‌ی مقابلش برابر خواهد بود.

در صورتی‌که در فضای بالای لوله هوا باشد، دو حالت متفاوت خواهیم داشت:

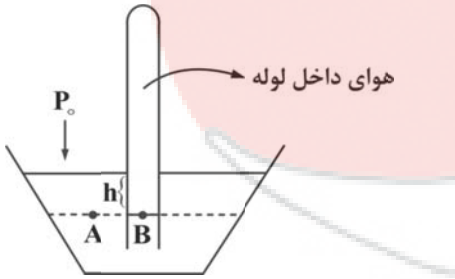
الف) فشار هوای محیط از فشار هوای محبوس در بالای لوله بیشتر باشد. در این حالت سطح مایع در ظرف، پایین‌تر از سطح مایع در لوله خواهد بود.



$$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ = P_g + \rho gh$$

در این رابطه، $\rho_\circ$ چگالی مایع بر حسب $\frac{kg}{m^3}$ و h اختلاف ارتفاع مایع در لوله و ظرف است.

ب) فشار هوای محیط از فشار هوای داخل لوله کمتر باشد. در این حالت، سطح مایع در لوله، پایین‌تر از سطح مایع در ظرف قرار می‌گیرد.

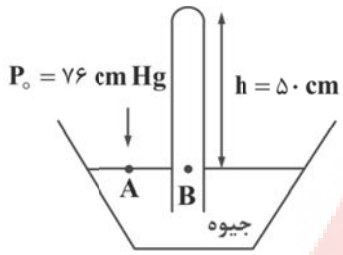


$$P_A = P_B \Rightarrow P_\circ + \rho gh = P_g$$

در اینجا هم، h اختلاف ارتفاع مایع در لوله و ظرف است.

ـ در صورتی‌که در نقطه‌ای فشار برابر x سانتی‌متر جیوه باشد و طول لوله‌ی خالی از هوا، از x سانتی‌متر کمتر باشد، جیوه، لوله را کاملاً پر کرده و به ازای اختلاف ارتفاع بین طول لوله و عدد x، به ته لوله فشار وارد می‌کند.

مثلاً در شکل مقابل، فشار هوای محیط ۷۶ سانتی‌متر جیوه و طول لوله‌ی خارج از مایع ۵۰ سانتی‌متر جیوه است. بنابراین جیوه به اندازه‌ی ۲۶ سانتی‌متر جیوه به انتهای لوله فشار وارد می‌کند.

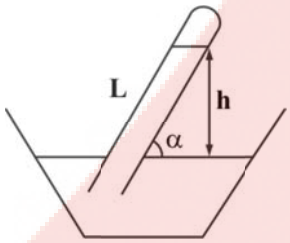


فشاری که به ته لوله وارد می‌شود. $P_A = P_B \Rightarrow P_\circ = h + P \rightarrow$

$۷۶ = ۵۰ + P \Rightarrow P = ۲۶\ cm\ Hg$

ـ در صورتی‌که نیروی وارد بر ته لوله را خواسته بود، باید ابتدا فشار را به پاسکال تبدیل کرده و سپس از رابطه‌ی $P = \frac{F}{A}$ مقدار نیروی وارد بر انتهای لوله را به‌دست آوریم.

ـ در صورتی‌که لوله کج بود، حتماً ارتفاع قائم آن‌را به‌دست آورید:

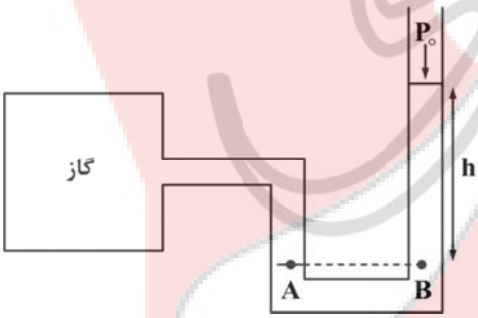


$h = L \sin\alpha$

فشارسنج (مانومتر):

ـ از این وسیله برای اندازه‌گیری فشار مخزن گاز استفاده می‌شود.

ـ در صورتی‌که فشار گاز درون محفظه‌ی گاز از فشار هوای محیط بیشتر باشد، سطح مایع در لوله‌ی نزدیک به محفظه‌ی گاز از سطح مایع در لوله‌ی دیگر پایین‌تر خواهد بود.

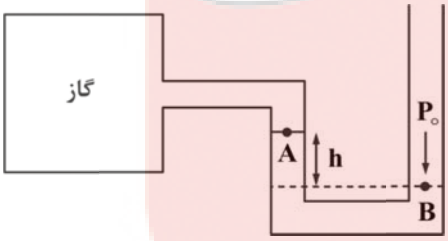


$P_g > P_\circ$

$P_A = P_B$

$\Rightarrow P_g = P_\circ + \rho gh$

امّا اگر فشار گاز درون محفظه، از فشار هوای محیط کمتر باشد، سطح مایع در لوله‌ی نزدیک به محفظه‌ی گاز از سطح مایع در لوله‌ی دیگر بالاتر خواهد بود.



$P_g < P_\circ$

$P_A = P_B$

$P_g + \rho gh = P_\circ$

ـ فشار پیمانه‌ای گاز به‌صورت اختلاف فشار گاز با هوای محیط بیان می‌شود. در صورتی‌که فشار گاز از فشار هوای محیط بیشتر باشد، خواهیم داشت:

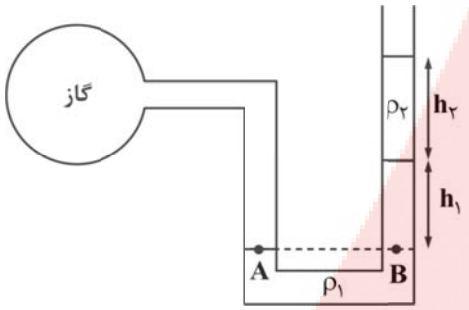
$P_g = P_\circ + \rho gh \Rightarrow P_g - P_\circ = \rho gh$

امّا اگر فشار گاز از فشار هوای محیط کمتر باشد، داریم:

$P_g + \rho gh = P_\circ \Rightarrow P_g - P_\circ = -\rho gh$

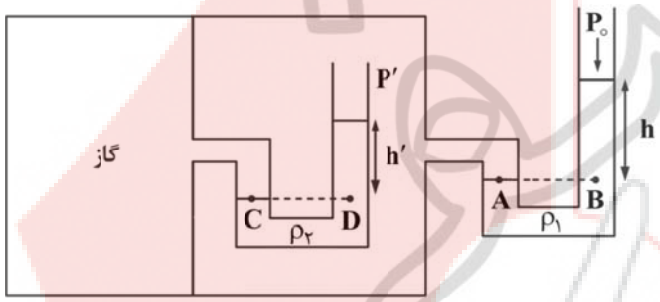
ـ دستگاه‌های اندازه‌گیری فشار خون و فشار هوای درون لاستیک، فشار پیمانه‌ای را نشان می‌دهند.

ـ اهمیتی ندارد که در لوله یک مایع وجود دارد یا چند مایع، در هر صورت فشار در پائین‌ترین سطح جدایی با نقطه‌ی مقابلش برابر است. به‌عنوان مثال:



$$P_A = P_B$$
$$\Rightarrow P_g = P_0 + \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2$$

ـ ممکن است در دو طرف لوله‌ی U شکل، ظرف حاوی گاز داشته باشیم، باز هم فشار در پایین‌ترین سطح جدایی با نقطه‌ی مقابل آن برابر است.



$$P_A = P_B$$
$$P' = P_0 + \rho g h$$
$$P_C = P_D$$
$$\Rightarrow P_g = P' + \rho g h'$$

ارتباط بین این دو لوله از طریق P' است. یعنی لازم است از یکی از روابط P' را به‌دست آورده و در لوله‌ی دیگر جای‌گذاری کنید.

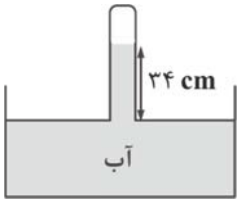
تمرین ۵۱: اگر فشار هوا ۷۵ سانتی‌متر جیوه باشد، فشار در عمق چند متری آب به ۱۰۰ سانتی‌متر جیوه می‌رسد؟ (چگالی جیوه و آب به ترتیب $13/6 \frac{g}{cm^3}$ و $1 \frac{g}{cm^3}$ است و $g = 10 \frac{m}{s^2}$)

۱) ۳/۴ ۲) ۶/۸ ۳) ۱۰/۲ ۴) ۱۳/۶

تمرین ۵۲: فشار وارد بر کف دریاچه‌ای ۱۲۵ سانتی‌متر جیوه است. اگر فشار هوا در سطح آب ۷۵ سانتی‌متر جیوه باشد، عمق آب دریا چند متر است؟ (چگالی آب $1 \frac{g}{cm^3}$ و چگالی جیوه $13/6 \frac{g}{cm^3}$)

۱) ۶۸۰ ۲) ۱۷ ۳) ۶/۸ ۴) ۱/۷

تمرین ۵۳: در شکل روبه‌رو، فشار گاز جمع شده در انتهای لوله، ۷۲ سانتی‌متر جیوه است. چگالی آب $۱\frac{g}{cm^۳}$ و چگالی جیوه $۱۳/۶\frac{g}{cm^۳}$ است. اگر اختلاف سطح آب در لوله و ظرف ۳۴ cm باشد، فشار هوا چند سانتی‌متر جیوه است؟



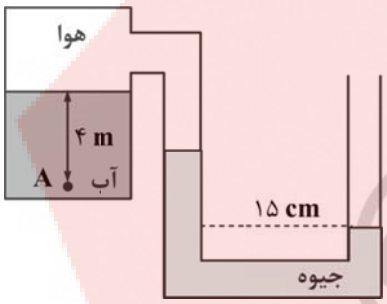
۱) ۷۶

۲) ۷۴/۵

۳) ۶۹/۵

۴) ۶۸

تمرین ۵۴: فشار در نقطه A چند کیلوپاسکال است؟ (چگالی آب $۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$، چگالی جیوه $۱۳۶۰۰\frac{kg}{m^۳}$، فشار هوای بیرون $۱۰^۵ Pa$ و $g=۱۰\frac{N}{kg}$ است.)



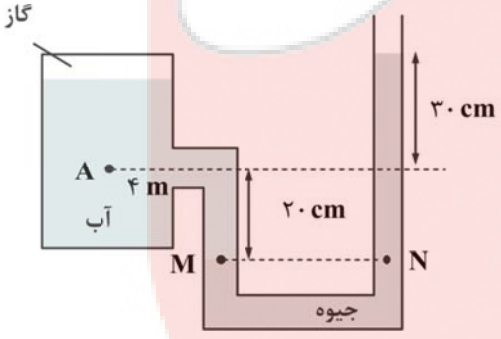
۱) ۷۹/۶

۲) ۱۱۹/۶

۳) ۶۸/۴

۴) ۱۲۰/۴

تمرین ۵۵: در شکل زیر، فشار در نقطه A چند کیلوپاسکال است؟ (فشار هوا $۱۰^۵$ پاسکال، $\rho_{آب}=۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$، $g=۱۰\frac{N}{kg}$ و $\rho_{جیوه}=۱۳۶۰۰\frac{kg}{m^۳}$)



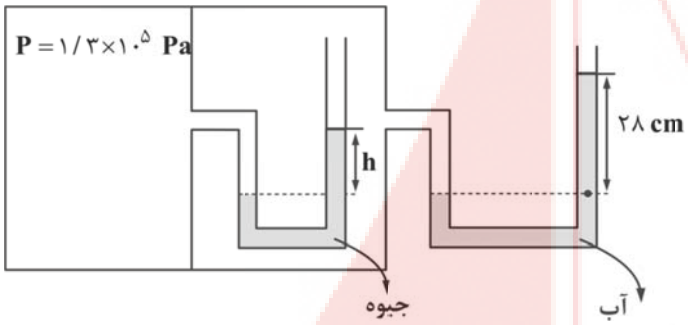
۱) ۶۸

۲) ۱۴۱

۳) ۱۶۶

۴) ۱۷۰

تمرین ۵۶: در شکل زیر، اگر فشار هوا $1/3\times10^5\ Pa$ و چگالی آب و جیوه در SI به ترتیب ۱۰۰۰ و ۱۳۶۰۰ باشد، h چند سانتی‌متر است؟



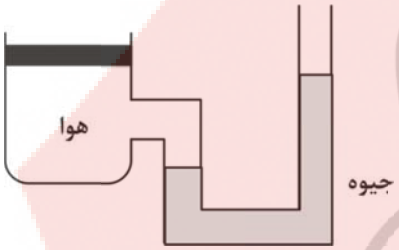
۱) ۲۲

۲) ۲۰

۳) ۱۸

۴) ۱۵

تمرین ۵۷: در شکل مقابل، وزن و اصطکاک پیستون ناچیز است. وزنه چند کیلوگرمی را به آرامی روی پیستون قرار دهیم تا در حالت تعادل، اختلاف ارتفاع بین دو سطح جیوه در لوله به ۷/۵ سانتی‌متر برسد؟ ($g = ۱۰ \frac{m}{s^2}$ و مساحت قاعده پیستون $۵۰\ cm^2$ و چگالی جیوه $۱۳/۶ \frac{g}{cm^3}$ است.)



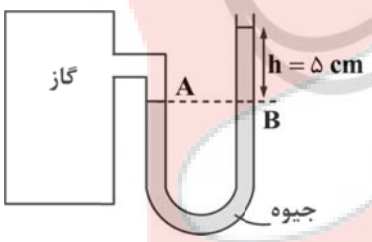
۱) ۳/۲

۲) ۴/۳

۳) ۵/۱

۴) ۶/۴

تمرین ۵۸: در شکل روبه‌رو فشار پیمانه‌ای گاز چند پاسکال است؟ (چگالی جیوه $۱۳/۶ \frac{g}{cm^3}$ و $g = ۱۰ \frac{m}{s^2}$ است.)



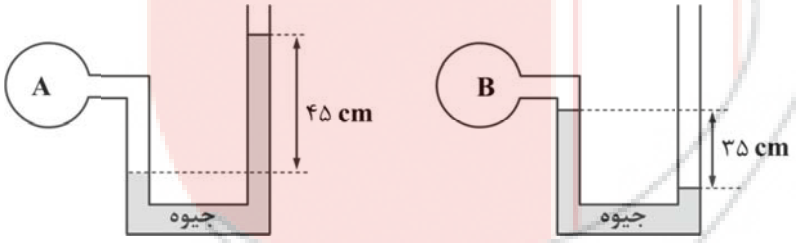
۱) ۵

۲) ۸۱

۳) ۶۸۰۰

۴) ۱۰۶۸۰۰

تمرین ۵۹: اگر فشار هوا در محل آزمایش ۷۵ سانتی‌متر جیوه باشد، فشار گاز درون مخزن A چند برابر فشار گاز درون مخزن B است؟



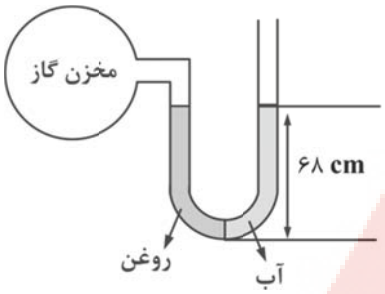
۱) $\frac{۹}{۷}$

۲) ۲

۳) $\frac{۱۶}{۷}$

۴) ۳

تمرین ۶۰: مطابق شکل زیر، درون لوله U شکلی که به یک مخزن گاز متصل است، حجم مساوی از آب و روغن قرار دارد. فشار پیمانه‌ای مخزن گاز چند میلی‌متر جیوه است؟



$(g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}, \rho_{روغن} = ۰/۸ \frac{g}{cm^۳}, \rho_{آب} = ۱ \frac{g}{cm^۳}, \rho_{جیوه} = ۱۳/۶ \frac{g}{cm^۳})$

۱) ۱

۲) ۵

۳) ۱۰

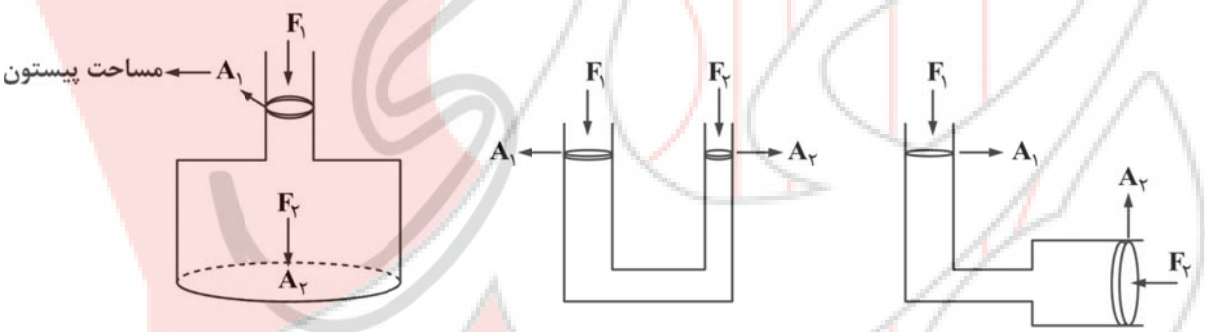
۴) صفر

اصل پاسکال:

ـ طبق این اصل، فشار وارد بر یک نقطه از مایع محصور، بدون کاهش به تمام قسمت‌های مایع و دیواره‌های ظرف منتقل می‌شود.

ـ یعنی افزایش فشار وارد بر نقطه‌ای از یک مایع، عیناً به سایر نقاط منتقل می‌شود. توجه داشته باشید که افزایش فشار در تمام نقاط برابر است، ولی خود فشار در تمام نقاط یکسان نیست.

مثلاً در شکل‌های زیر اگر به پیستون نیروی $F_۱$ را وارد کنیم، با توجه به اصل پاسکال و برابر بودن افزایش فشار در تمام نقاط خواهیم داشت:

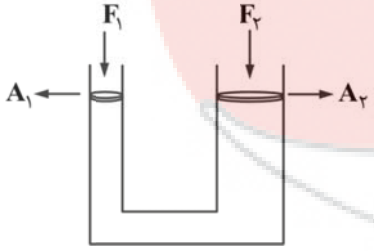


افزایش فشار وارد بر پیستون (۲) $\rightarrow \Delta P_۱ = \Delta P_۲ \leftarrow$ افزایش فشار وارد بر پیستون (۱)

$$\Rightarrow \frac{F_۱}{A_۱} = \frac{F_۲}{A_۲}$$

ـ هر چه مساحت پیستون بزرگ‌تر باشد، نیروی وارد بر آن هم بزرگ‌تر خواهد بود.

ـ از اصل پاسکال در بالابرهیدرولیکی استفاده می‌شود. این دستگاه برای افزایش نیرو استفاده شده و از لوله‌هایی با سطح مقطع متفاوت که در انتهای آن‌ها پیستون‌های متحرکی قرار دارند تشکیل شده است. با افزایش نیروی $F_۱$ به پیستونی با سطح مقطع $A_۱$، نیروی $F_۲$ به پیستون با سطح مقطع $A_۲$ اضافه می‌شود. با توجه به اصل پاسکال و برابر بودن افزایش فشار خواهیم داشت:



$$\frac{F_۱}{A_۱} = \frac{F_۲}{A_۲} \Rightarrow \frac{F_۲}{F_۱} = \frac{A_۲}{A_۱}$$

در صورتی‌که شعاع پیستون‌های A_1 و A_2 به‌ترتیب r_1 و r_2 باشد، خواهیم داشت:

$$A = \pi r^2 \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = (\frac{r_2}{r_1})^2$$

توجه داشته باشید که در صورت جابه‌جایی پیستون‌ها، حجم مایع جابه‌جا شده در هر لوله برابر است. بنابراین پیستون بزرگ‌تر کمتر جابه‌جا می‌شود. پس جابه‌جایی پیستون‌ها با نیروی وارد بر آن‌ها و همچنین سطح مقطع آن‌ها رابطه‌ی عکس دارد. در صورتی‌که جابه‌جایی پیستون (۱) را با x_1 و جابه‌جایی پیستون (۲) را با x_2 نشان دهیم، خواهیم داشت:

$$F_1 x_1 = F_2 X_2$$

شناوری و اصل ارشمیدس:

پدیده‌های زیر ناشی از اصل ارشمیدس هستند:

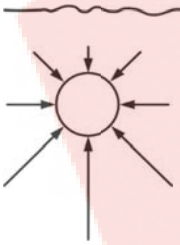
۱- در صورتی که توپی را وارد آب کنیم، پس از حذف نیروی دست، توپ به سمت بالا جهیده و روی آب شناور می‌شود.

۲- شناور ماندن کشتی فولادی روی آب

۳- جابه‌جا کردن یک جسم سنگین غوطه‌ور در آب، خیلی ساده‌تر از انجام همین کار در خارج از آب است.

ـ به جسم‌های درون یک شاره، همواره نیروی خالص بالاسویی به نام نیروی شناوری از طرف شاره وارد می‌شود.

در شکل مقابل، کره‌ای درون شاره قرار گرفته است.



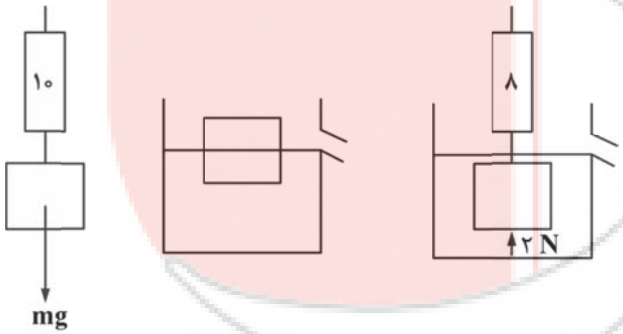
نیروی وارد بر هر جزء از کره، عمود بر کره و به سمت مرکز کره است.

هر چه در عمق شاره پایین‌تر برویم، فشار و نیرو بیشتر می‌شود. بنابراین نیروی خالص وارد بر قسمت پایینی جسم از برآیند نیروی خالص دارد بر قسمت بالایی جسم بیشتر است.

طبق اصل ارشمیدس وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم در شاره‌ای فرو رود، شاره نیرویی بالاسو بر آن وارد می‌کند که با وزن شاره‌ی جابه‌جا شده توسط جسم برابر است.

به این مثال دقت کنید:

ترازوی فنری به جسمی متصل شده و عددی که نشان برابر ۱۰ نیوتن است آن‌را در ظرفی پر از مایع قرار می‌دهیم تا به اندازه‌ی ۲ N نیرو از طرف مایع به سمت بالا بر جسم وارد می‌شود.



وزن مایع بیرون ریخته $\Rightarrow$ ۲ نیوتن

از طرف ۲ نیوتن است، پس طرف مایع هم نیرویی به اندازه‌ی ۲ نیوتن به سمت بالا بر جسم وارد می‌شود که باعث می شود سبک‌تر شده و عدی که ترازو نشان می‌دهد، کاهش یابد.

توجه داشته باشید که نیروی شناوری از طرف شاره‌ای معین، صرفاً به وزن شاره‌ای که جسم جابه‌جا می‌کند بستگی دارد و به جنس و شکل جسم بستگی ندارد.

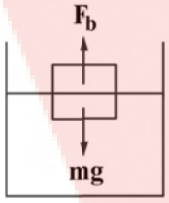
در پدیده‌ی شناوری قانون سوم نیوتن برقرار است. مثلاً اگر مطابق شکل درون ظرف مایعی ریخته باشیم و آن‌را روی ترازو قرار دهیم، سپس انگشت خود را وارد مایع کنیم، از طرف مایع نیرویی به سمت بالا بر انگشت ما وارد می‌شود. طبق قانون سوم نیوتن، همین نیرو از طرف انگشت به مایع و به سمت پایین وارد می‌شود که باعث می‌شود ترازو عدد بیشتری را نشان دهد.

حال اگر جسم متصل به ترازوی فنری را به تدریج در مایع فرو ببریم چه اتفاقی می‌افتد.

با ورود تدریجی جسم به مایع، حجم و وزن مایع جابه‌جا شده توسط جسم افزایش یافته و نیروی شناوری که مایع به جسم وارد می‌کند به تدریج زیاد شده و عدد نیروسنج کاهش یافته و عدد باسکول افزایش می‌یابد.

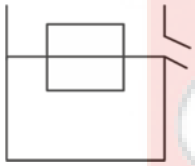
پس از آن‌که جسم به طور کامل وارد مایع شد، در صورت حرکت در مایع، دیگر حجم مایع جابه‌جا شده تغییر نمی‌کند. بنابراین عددی که نیروسنج و باسکول نشان می‌دهد ثابت خواهد ماند. هنگامی‌که جسم را از نیروسنج جدا کنیم و داخل مایع بیاندازیم، باسکول وزن مجموعه‌ی ظرف، مایع و جسم را نشان می‌دهد. در این حالت عدد باسکول بیشترین مقدار ممکن خواهد بود.

مقایسه‌ی نیروی شناوری و نیروی وزن:



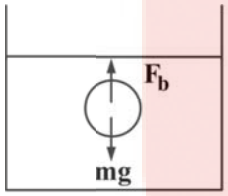
در صورتی‌که جسمی را روی سطح مایع قرار دهیم و جسم درون مایع فرو نرفته و روی سطح آن باقی بماند، نیروی شناوری مایع با نیروی وزن برابر می‌باشد.

در واقع هنگامی‌که جسم درون مایع قرار می‌گیرد وزن آن قسمت در مایع که توسط بخشی از جسم جابه‌جا می‌شود با وزن کل جسم برابر خواهد بود.



وزن مایع بیرون ریخته با وزن قسمتی از جسم که درون مایع است برابر است.

$$F_b = mg$$

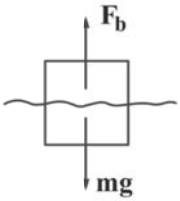


در این حالت اگر کل جسم درون مایع قرار گیرد نیروی شناوری از نیروی وزن بیشتر بوده و جسم به سمت سطح آب حرکت می‌کند،

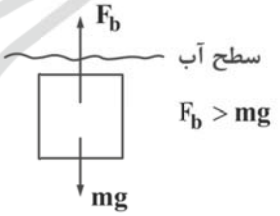
$F_b = mg$

در صورتی‌که جسم به‌صورت کامل درون مایع قرار گیرد و نیروی شناوری با نیروی وزن برابر شود، جسم در مایع غوطه‌ور خواهد شد.

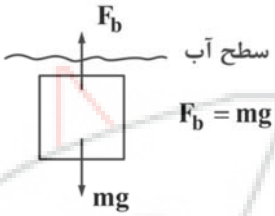
اما اگر نیروی شناوری از نیروی وزن جسم کمتر باشد جسم به سمت پایین حرکت می‌کند.



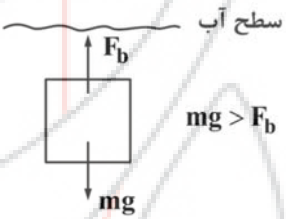
$F_b = mg$ ⇐ جسم روی سطح مایع شناور است. در این حالت چگالی جسم از چگالی مایع کمتر است.



در این حالت چگالی جسم ازچگالی مایع کمتر است و جسم به سمت بالا حرکت می‌کند.



غوطه‌وری: در این حالت چگالی جسم با چگالی مایع برابر است.



جهت حرکت به سمت پایین در این حالت چگالی جسم از چگالی مایع بیشتر است.

هنگامی‌که چند جسم متفاوت درون یک مایعی قرار بگیرند و بخواهیم ببینیم چگالی کدام جسم بیشتر است، به نسبت حجم فرو رفته در مایع دقت می‌کنیم. هر چه نسبت حجم جسم فرو رفته در مایع به کل حجم جسم بیشتر باشد، چگالی جسم هم بیشتر است.

ـ در صورتی‌که دو جسم (۱) و (۲) روی سطح مایع شناور باشند و جسم (۲) را برداشته و روی جسم (۱) قرار دهیم:

الف) فرو رفتگی جسم (۱) در مایع بیشتر می‌شود.

ب) مجموع نیروی شناوری وارد بر دو جسم (۱) و (۲) در حالت اول با حالت دوم برابر است.

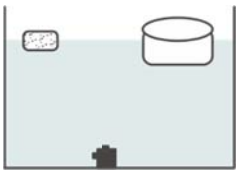
پ) ارتفاع مایع ثابت بوده و مقدار فشار ناشی از مایع در کف ظرف تغییر نمی‌کند.

ـ در صورتی که جسم (۱) روی سطح مایع شناور و جسم (۲) در مایع ته‌نشین شده باشد و جسم (۲) را در جسم (۱) قرار داده و مجموعه همچنان شناور باشد:

الف) فرو رفتگی جسم (۱) در مایع بیشتر می‌شود.

ب) ارتفاع مایع افزایش یافته و فشار ناشی از مایع در کف ظرف افزایش می‌یابد.

تمرین ۶۱: در شکل زیر، یک ظرف خالی و یک قطعه چوب روی آب شناورند و یک وزنه فلزی در کف ظرف آب قرار دارد. اگر چوب را از سطح آب برداشته و داخل ظرف قرار دهیم، فشار در کف ظرف آب چگونه تغییر می‌کند و اگر وزنه را از جایی که قرار دارد، برداریم و درون ظرف قرار دهیم و ظرف همچنان شناور بماند، فشار در کف ظرف آب چگونه تغییر می‌کند؟



۱) کاهش می‌یابد ـ کاهش می‌یابد.

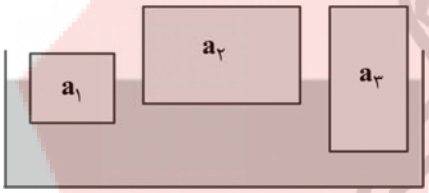
۲) افزایش می‌یابد ـ افزایش می‌یابد.

۳) ثابت می‌ماند ـ افزایش می‌یابد.

۴) ثابت می‌ماند ـ کاهش می‌یابد.

ـ هر چه نسبت حجمی جسم فرو رفته در مایع بیشتر باشد، چگالی آن جسم هم بیشتر است.

تمرین ۶۲: سه جسم a_1، a_2 و a_3 با چگالی‌های متفاوت بر سطح آب شناورند. کدام رابطه بین چگالی آنها درست است؟



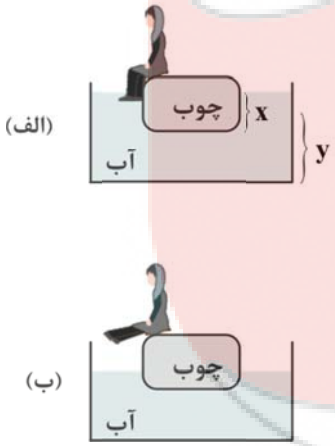
۱) $\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$

۲) $\rho_1 > \rho_3 > \rho_2$

۳) $\rho_3 > \rho_1 > \rho_2$

۴) $\rho_3 > \rho_2 > \rho_1$

تمرین ۶۳: مطابق شکل داده شده شخصی روی قطعه چوب که بر سطح یک استخر قرار دارد (که پیوسته افقی فرض خواهد شد) نشسته و پاهای خود را درون آب فرو برده است. ارتفاع قطعه چوب داخل آب x و عمق سطح آزاد آب استخر تا کف استخر y فرض می‌شود. اگر شخص به آرامی پاهای خود را در همان حالت مطابق شکل (ب) از آب بیرون بیاورد، y ..... و x .....



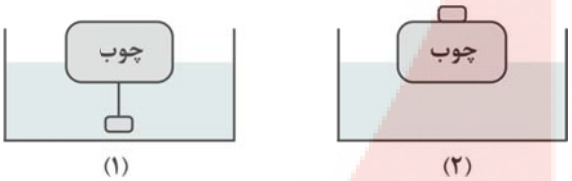
۱) ثابت می‌ماند ـ کاهش می‌یابد.

۲) افزایش می‌یابد ـ افزایش می‌یابد.

۳) ثابت می‌ماند ـ افزایش می‌یابد.

۴) کاهش می‌یابد ـ ثابت می‌ماند.

تمرین ۶۴: یک قطعه چوبی را روی آب درون ظرفی قرار می‌دهیم. یک وزنه آهنی را یک‌بار روی چوب قرار داده و بار دیگر از زیر چوب آویزان می‌کنیم. نیروی شناوری حالت ۱ و ۲ به ترتیب F_{b_1} و F_{b_2} و میزان فرورفتن چوب در آب را در شکل در کدام گزینه درست مقایسه شده است؟



۱) $F_{b_1} = F_{b_2}$، فرورفتن در ظرف (۱) بیشتر است.

۲) $F_{b_1} = F_{b_2}$، فرورفتن در ظرف (۲) بیشتر است.

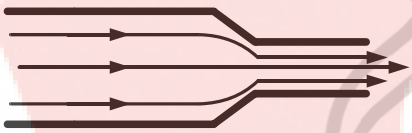
۳) $F_{b_1} > F_{b_2}$، فرورفتن در ظرف (۱) بیشتر است.

۴) $F_{b_1} > F_{b_2}$، فرورفتن در ظرف (۲) بیشتر است.

شاره‌ی در حرکت و اصل برنولی:

ـ در بررسی اصل برنولی به نکات زیر توجه می‌کنیم:

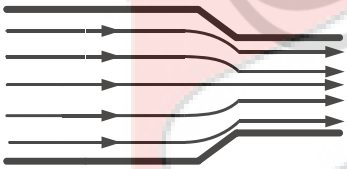
۱- برای پرهیز از پیچیدگی‌ها، مدل آرمانی و ساده شده‌ای از یک شاره‌ی در حال حرکت و بدون تلاطم را بررسی می‌کنیم.



۲- شاره را تراکم ناپذیر فرض می‌کنیم (یعنی چگالی آن ثابت است)

۳- فرض می‌کنیم اصطکاک داخلی (چسبندگی) وجود ندارد.

ـ شکل زیر جریان لایه‌ای آب را درون لوله‌ای افقی و با دو سطح مقطع متفاوت، نشان می‌دهد.



دراین شکل باید به نکات زیر توجه داشت:

۱- در حالت پایا که همه جای لوله پر از آب است ، مقدار آبی که در یک مدت زمان معین از یک مقطع لوله می‌گذرد با مقداری که از هر مقطع دیگر لوله در همان مدت زمان می‌گذرد، برابر است.

۲- با توجه به قسمت قبل، هر چه سطح مقطع کم تر باشد، تندی حرکت آب بیشتر است.

۳- در جاهایی که جریان آب تندتر است، فشار کم تر و در جاهایی که جریان آب کندتر است، فشار بیش تر می‌باشد.

ـ اصل برنولی برای شاره‌ای که به طور لایه‌ای و در امتداد افق حرکت می‌کند، به صورت زیر بیان می‌شود:

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

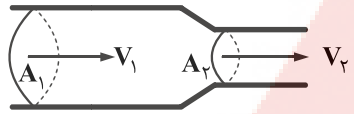
آهنگ جریان شاره:

ـ در صورتی که جریان یکنواخت شاره‌ای با تندی V درون لوله‌ای با سطح مقطع A حرکت کند، خواهیم داشت:

$$\text{آهنگ جریان شاره} = \frac{\text{حجم شاره}}{\text{زمان}} = AV$$

ـ اکنون می‌توانیم معادله‌ی پیوستگی را به صورت زیر تعریف کنیم:

در صورتی که شاره‌ای با جریان لایه‌ای، در لوله‌ای با دو سطح مقطع متفاوت حرکت کند، در حالت پایا و در مدت زمان یکسان، جرم یکسانی از شاره، از هر سطح مقطع دلخواه لوله می‌گذرد:



این موضوع را می‌تون به صورت معادله‌ی پیوستگی برای شاره‌ی تراکم ناپذیر نشان داد:

$$A_1V_1 = A_2V_2$$

کاربردهایی از اصل برنولی:

چرا وقتی سطح بالایی کاغذ را فوت می‌کنیم، ورق کاغذ به سمت بالا حرکت می‌کند؟ با فوت کردن بالای کاغذ، تندی هوای بالای سطح کاغذ افزایش یافته و طبق اصل برنولی فشار بالای آن کاهش می‌یابد. در نتیجه فشار قسمت‌های زیرین که بیش تر است کاغذ را به طرف بالا حرکت می‌دهد.

اصل برنولی را می‌توان در نیروی بالابر هواپیما، یک سم پاش معمولی یا شیشه‌ی عطر و حتی در حرکت کات دار توپ فوتبال مشاهده کرد.

تمرین ۶۵: در شکل زیر، آب حجم لوله‌ها را پر کرده و به صورت پیوسته و پایدار در لوله‌هایی افقی با سطح مقطع‌های متفاوت جاری است. اگر تندی آب را با v و فشار آن را با P نشان دهیم، کدام رابطه درست است؟

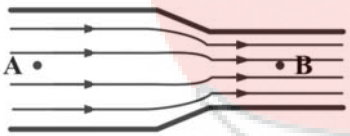
۱) $P_A > P_B$ و $v_A < v_B$

۲) $P_A > P_B$ و $v_A > v_B$

۳) $P_A < P_B$ و $v_A < v_B$

۴) $P_A < P_B$ و $v_A > v_B$

تمرین ۶۶: در شکل زیر، آب به صورت پیوسته در لوله جاری است. اگر قطر مقطع بزرگ دو برابر قطر مقطع کوچک باشد، تندی حرکت آب در نقطه A چند برابر تندی آب در نقطه B است؟



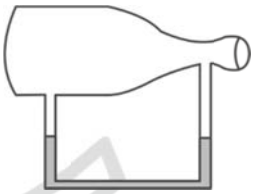
۱) $\frac{1}{4}$

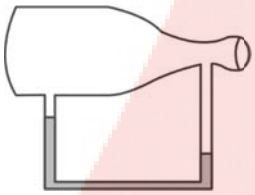
۲) $\frac{1}{2}$

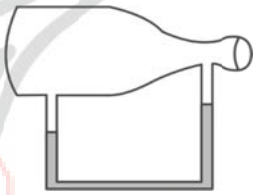
۳) ۲

۴) ۴

تمرین ۶۷: در شکل‌های زیر، هوا در لوله‌های افقی جریان دارد. کدام گزینه نحوه قرارگیری مایع در لوله U شکل را به درستی نشان می‌دهد؟

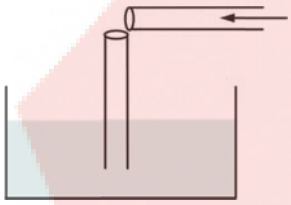
۱) 

۲) 

۳) 

۴) به جهت ورود جریان هوا به درون لوله بستگی دارد.

تمرین ۶۸: یک تی پلاستیکی را مطابق شکل زیر 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 در جهت نشان داده شده بدمیم، فشار هوای داخل نی قائم، چگونه تغییر می‌کند و سطح آب داخل آن چگونه جابه‌جا می‌شود؟



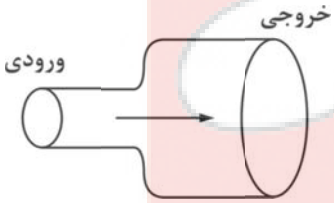
۱) افزایش می‌یابد، پایین می‌رود.

۲) کاهش می‌یابد، پایین می‌رود.

۳) افزایش می‌یابد، بالا می‌آید.

۴) کاهش می‌یابد، بالا می‌آید.

تمرین ۶۹: در شکل زیر آب در لوله جریانی پایا دارد. اگر تندی مایع در مقطع خروجی نسبت به تندی آن در مقطع ورودی به اندازه ۷۵٪ تغییر کند، نسبت قطر ورودی به خروجی کدام است؟



۱) $\frac{۲۵}{۳}$

۲) $\frac{\sqrt{۳}}{۴}$

۳) ۲

۴) $\frac{۱}{۲}$