

مقدمه! ناشر

هیچی مثل خلق یه اثر جدید حال نمی‌ده. توش کلی حس خوب داره، نمی‌دونم چه هورمون‌هایی از کجاها ترشح می‌شه که آدم دچار مخلوطی از شادی، هیجان و رضایت طولانی مدت می‌شه. (از *ATI* پرسیدم می‌گه هم‌زمان *دوپامین* و *سروتونین* و *اندورفین* و *نوراپی نفرین* و *فلان* و *بهمان* *توی مغز ترشح می‌شه* و یه میلیون تا فعل و انفعال می‌ره، ولی من می‌گم *چه اهمیتی داره چی از کجا ترشح می‌شه*، مهم اینه که آدم کلی *هالش فوب می‌شه*.) قسمت جذاب ترش این جاست که اگه اثر خلق شده همونی باشه که باید باشه، این شادی و هیجان و رضایت مثل امواج گسترده‌ای (ر.ک به فصل امواج همین کتاب!) منتشر می‌شه و مخاطباً رو هم سر کیف میاره. «*جوآن رولینگ*» رو حتماً می‌شناسید. **حدود سال‌های ۱۹۹۴ تا ۱۹۹۶** همزمان وقتی تنها با دختری دو ساله‌اش در اسکاتلند در وضعیت افتضاح مالی با کمک هزینه دولتی زندگی می‌کرد، اولین جلد کتاب‌های هری پاتر رو در کافه‌های ارزون قیمت ادینبرا نوشت. (پون نمی‌تونست *فونه‌اش* رو گرم کنه، می‌رفت کافه؛ یعنی *این قدر وضعش داغون بود!*) حالا یه جامپ می‌زنیم به سال ۲۰۰۷: آمازون کتاب «هری پاتر و یادگاران مرگ» (جلد هفتم سری هری پاتر) رو در سراسر جهان بیش از ۲/۲ میلیون نسخه پیش فروش کرد. یعنی ماه‌ها قبل از این‌که کتاب منتشر بشه، ملت پولشو داده بودن و قبل از انتشار برای گرفتنش صف‌های طولانی می‌کشیدن و مهمونی می‌گرفتن و *اصلن* یه وضعی! داستان رولینگ و کتاب‌های هری پاتر و طرفدارانش نمونه‌ای از ایجاد حس‌های فوق‌العاده جمعی بشری از خلق یک اثر خوبه. این خانم در سال ۲۰۱۷ به مناسبت بیستمین سال انتشار اولین کتابش می‌گه:

«بیست سال پیش امروز، دنیایی که من در آن تنها زندگی می‌کردم، ناگهان به روی دیگران باز شد. فوق‌العاده بود. ممنونم.» فیلم *The Dark knight* به کارگردانی کریستوفر نولان و بازی درخشان «هیث لجر» در نقش جوکر و «کریستین بیل» در نقش بتمن هم یک نمونه از خلق اثر «هورمونی خوب ترشح‌کن» تاریخه که ما ایده روی جلد و صفحه‌آرایی کتاب‌های بتمن رو از اون جا آوردیم. امیدوارم مجموعه کتاب‌های تست بتمن خیلی سبز هم بتونه (در حد خودش) هیجان‌انگیز، شادی‌آور و رضایت‌بخش باشه. بد نیست این‌جا چندتا از ویژگی‌های جدید و منحصر به فرد کتاب فیزیک بتمن رو با شما به اشتراک بذارم: **اول این‌که ۲ جلدیه** یعنی تستاش کم نیست، زیاد هم نیست. (اغلب کتابای جامع فیزیک بازار ۴ جلدی‌ان، مثل کتاب فیزیک ۴ جلدی خیلی سبز خودمون.)

دوم این‌که سطح‌بندی شده است. کتاب با فرد و زوج کردن تست‌های درس‌ها و قراردادن تعداد کافی تست‌های درهم در آخر هر بخش، برای هر سطحی از دانش‌آموزان قابل استفاده است. یعنی اگه بخوای می‌تونی پله‌پله باهاش جلو ببری و اگر هم دنبال چالش و مسیرهای آفرودی هستی، حسابی حالتو جا میاره.

سوم این‌که ساختارش با این‌که مدرنه، ولی پیچیده نیست و همه راحت می‌تونن ازش استفاده کنن.

چهارم این‌که آزمون‌های تعاملی داره؛ یعنی می‌تونی آنلاین آزمون بدی، کارنامه بگیری، مشاوره بگیری و

پنجم این‌که چندتا از اساتید کارکشته برای یه سری از تستای چالشی و مهم ترش، ویدئوی حل سؤال گذاشتن.

ششم این‌که درس‌نامه‌ها و پاسخ‌هاش از خیلی سبزی هم خیلی سبزی‌تره!

جا داره از تیم تألیف رضا، احمد، نوید، امین، ایمان و همه کسایی که با تیم تألیف همکاری کردن، تشکر کنم و همین‌طور از آقای بتمن هم متشکرم.

راهنمای مطالعه جلد ۲ فیزیک دوازدهم بَتمَن

یک اسکن، همه چیز در دسترس

اول از همه باید فعال سازی پنل کتاب رو انجام بدی تا به همه محتواها و امکانات دسترسی داشته باشی.

گام سوم



کد اسکرچ رو بعد از خراشیدن ثبت و فعال سازی کنی. (فقط برای بار اول)

گام دوم



با شماره موبایل
وارد بشی

گام اول



فقط کافیه QR Code
کتاب رو اسکن کنی!

حالا بریم ببینیم با فعال شدن
پنل کتاب چیا گیرمون میاد؟!

حل ویدیویی سؤالات

گاهی اوقات برای یادگیری بهتر فقط خواندن پاسخ نامه تشریحی کافی نیست و لازمه مسیر حل سؤال رو هم مرحله به مرحله بررسی کنی. به همین دلیل بسیاری از سؤالات مهم و تیپیکال این کتاب، توسط اساتید درجه یک کنکور به صورت ویدیویی حل شده تا بتونی علاوه بر پاسخ صحیح، روش فکر کردن و رسیدن به جواب رو هم یاد بگیری ...!

۶۷۶ ویدئو
حل شده

- ✓ اشتباهات رایج و دام های احتمالی هر مبحث را بشناسید.
- ✓ در مباحث دشوار، درک عمیق تری از مفاهیم و روش حل پیدا کنید.
- ✓ پاسخ و روش خود را با راه حل تشریحی ویدیویی مقایسه کنید.
- ✓ هر ویدیو را در زمان دلخواه بازبینی و دوباره مشاهده کنید.

آزمون‌های تعاملی



آزمون‌های تعاملی این کتاب فرصتی برای سنجش آموخته‌ها، تمرین و پیشرفت است. این کتاب شامل ۴۲ آزمون تعاملی است که همه آن‌ها به صورت QRcode قرار داده شده. هر جا علامت را دیدید بدانید و آگاه باشید که وقت آزمون دادن است. امکاناتی مثل **رؤیت فوری پاسخ‌ها**، **مقایسه عملکرد با سایرین** و **کارنامه تحلیلی** از ویژگی‌های این آزمون است. کافی است وارد پل کتاب شوید و شماره آزمون مورد نظر را در نوار search وارد کنید. حالا وقت آزمون دانه...!



همون لحظه
جواب دُرست
رو بین!



عملکردت رو
با بقیه
مقایسه کن.



مراقب باشید
آزمون‌ها نمره
منفی دارند!

بتمن منبعی به روز، حرفه‌ای و همه چی تمام!

بافیزیک جامع خیلی سبز، قراره به سفر جدی و حرفه‌ای رو تو دنیای فیزیک کنکور شروع کنی. ما این کتاب رو طوری نوشتیم و طراحی کردیم که هم بتونی مسیر یادگیری رو شخصی سازی کنی و هم به نقشه راه کامل برای هر سطحی داشته باشی. با این کتاب هیچ نقطه کوری توی فیزیک برات باقی نمی‌مونه!

تعداد تست کافی

کتاب ۱۹۱۰ تست و کلی آزمون داره که می‌تونه تو رو از هر منبع دیگه‌ای بی‌نیاز کنه!

درس‌نامه‌های جذاب و کاربردی

در درس‌نامه‌ها سراغ اضافه‌گویی نرفتیم و همه مطالب رو درست و به جا برات آوردیم. کلی جدول و نمودارهای کاربردی هم تو کتاب می‌بینی!

منطبق با کنکور

در طراحی تست‌ها، علاوه بر پوشش مثال‌ها و تمرین‌های کتاب درسی، نگاه ویژه‌ای به کنکورهای جدید داشتیم و هیچ ایده‌ای جا نمونده!



چهار مدل تست تو این کتاب می‌بینی:

معرفی ویژگی‌ها

هر کی که مبحث پراش تازگی داره، اول تست‌های فرد هر درس رو بزنه چون ترتیب آموزشی دارن و از آسان به سخت مرتب شدن.

کسایی که دنبال چالش بیشترن و می‌خوان درصدهشون رو توی کنکور بالاتر ببرن، تست‌های زوج رو هم بزنن! چون ترتیب آموزشی و ترتیب آسان به سخت نداره و درجه سختی این تست‌ها، به کمی بیشتر از تست‌های فردیه.

با زدن تست‌های درهم در پایان هر بخش کاملاً به مباحث اون بخش مسلط می‌شین و دیگه خیالتون از بابت اون مباحث راحت می‌شه.

تست‌های جوکر برای کسانی که می‌خوان ۱۰۰٪ و حتی بالاتر بزنن، (یعنی اگه بتونی تست‌های این قسمت رو هم بزنی، نه تنها فیزیکتو ۱۰۰٪ می‌زنی بلکه توی کنکور وقت اضافه هم میاری!)

آیکون

۱

تست‌های فرد

۲

تست‌های زوج

DartHam

تابلوی تست‌های درهم



تابلوی تست‌های جوکر

پیشنهاد بتمن برای شیوه مطالعه

جنگجوها و کاربلدها

من آدم جسور و جنگجویی هستم یا توی این مبحث تسلطم بد نیست و ادعا دارم:

۱- تست‌های هر درس رو از ا تا n بزن (فرد و زوج نکن).

۲- تست‌های درهم بخش رو بزن.

اگه می‌خوای لیستت بزرگ فریبک بشه

۳- تست‌های جوکر رو هم بزن.

■ اگه وقت کافی نداری، تست‌های فرد رو حذف کن.

محافظه‌کارها و تازه‌کارها

یعنی دوست دارم همه چیز رو از پایه یاد بگیرم و چیزی از دست ندم. یا مبحث برام جدیدیه و هنوز درش تسلط نیستم.

۱- تست‌های فرد هر درس رو بزن.

۲- بعدش تست‌های زوج هر درس رو بزن.

۳- تست‌های درهم هر بخش رو بزن.

■ اگه وقت کافی نداری، مرحله ۲ رو حذف کن.

- ۱ با توجه به این‌که ممکنه وضعیت هر دانش‌آموز در طول سال تحصیلی، در میزان تسلط به مباحث مختلف متغیر باشه، اگه کلاس می‌ری و از کمک معلم و مشاور استفاده می‌کنی، تشخیص این‌که در هر مبحث در کدوم گروه بالا قرار داری و چه مسیری برات مناسبه (یا هر مسیر دیگه‌ای!) رو با نظارت مداوم و صلاحدید معلم و مشاورت پیش ببر.
- ۲ نگران نباش! اگه نرسیدی همه تست‌های درهم رو هم بزنی، هر چه قدرش رو بزنی باز به درصد کنکور اضافه می‌کنه.

آیکون‌های دیگری که در بخش تست‌ها داریم:

این آیکون کنار هر تستی که قرار بگیرد، یعنی اون تست چالشی و سخته.



هر وقت که این آیکون رو دیدی، بدون که قراره با تیپ جدیدی از تست در به درس مواجه بشی.



سؤالاتی که ویدیوی حل تصویری دارن.



هر جا این علامت رو دیدین، یعنی می‌تونین در پل کتاب اون آزمون رو به صورت تعاملی شرکت کنین و کارنامه بگیرین.



آیکون‌هایی که در پاسخ‌نامه تشریحی و درس‌نامه داریم:

نکته، نکته است دیگه!



هشدارها یا بدفهمی‌های مهم و رایج که باید بهش توجه کنید.



روش‌های هوشمندانه (مفهومی و محاسباتی) که نتایجش دست به قلم شدن کم‌تر و زودتر به جواب رسیدنه.



در یک سری از تست‌ها، جوابی که از راه حل‌های اشتباه رایج به دست می‌آید، توسط طراح در گزینه‌های دیگر قرار داده شده است و شما در تله طراح می‌افتید.



نسخه دیجیتال کتاب؛ کتابخوان خیلی سبز!



با خرید نسخه چاپی این کتاب، نسخه دیجیتال آن نیز در اختیار شما قرار می‌گیرد تا بتونید در هر زمان و مکان به محتوای کتاب دسترسی داشته باشید. کتابخوان دیجیتال خیلی سبز به شما کمک می‌کند متناسب با سبک مطالعه خود، از امکانات متنوع آن استفاده کنید.



مقدمه مؤلفان!

سلام به همه دانش‌آموزان، دبیران و مشاوران

راهنمای مطالعه کتاب رو خونندین؟ اگه نخونندین حتمن اول اونو دقیق بخونین و بعد بیاین تا بهتون بگم! ■ داستان از این‌جا شروع شد که وقتی از همکاری بزرگوارمون می‌پرسیدیم چه‌طوری به بچه‌هاتون تکلیف می‌دین؟ درصد قابل توجهی در جواب می‌گفتن تستای کتاب ۴ جلدی تون خیلی زیاده و بچه‌ها نمی‌رسن بزنی؛ برای همین ما به بچه‌ها می‌گیم اول شماره‌های فرد یا شماره‌های زوج تستارو بزنی! (قیافه ما بعد از شنیدن این جواب: 😞) ما هم می‌گفتیم همکار جان! ترتیب این تستا حساب و کتاب داره! چرا مثل طرح ترافیک، زوج و فرد می‌کنین؟ لاقل به جای زوج و فرد بگین بچه‌ها تستای رنگی کتاب ۴ جلدی رو بزنی! ... سرتونو درد نیارم آخرش ما کم آوردیم! نافرمن کم آوردیم! ولی در عوض یک درس بزرگ زندگی گرفتیم:

«خودتو خسته نکن! دنیا رو نمی‌تونی تغییر بدی، پس خودت تغییر کن!»

■ این شد که ما نشستیم دور هم و فکرامون رو روی هم گذاشتیم و به این نتیجه رسیدیم باید یه کتابی بنویسیم که تو هر درس تستای فردش ترتیب آموزشی داشته باشه، تستای زوجش تمرینی باشه و بعد از چندتا درس (آخر هر بخش) هم به مقدار کافی تستای درهم بذاریم. این جوری هم علاقه‌مندان به فرد و زوج راضی می‌شن هم طراحی کتاب، هوشمند می‌شه و هر کس با هر توان و زمانی که داره، می‌تونه به فراخور حال خودش تستارو بزنه و از پله‌های ترقی فیزیک بالا بره. راستیتش خودمون هم با این ساختار خیلی حال کردیم و در این پروژه دومین درس بزرگ زندگیمون رو هم گرفتیم:

«اگه انعطاف‌پذیر باشی، پیشرفت می‌کنی.»

■ خلاصه این کتاب همه‌جوره جوابه! بستگی داره چه‌قدر بلندپرواز باشی. اگه فعل «خواستن» رو درست صرف کنی، می‌تونی با این کتاب فیزیک کنکورتو له کنی. اول مقدمه گفتیم، آخرش هم می‌گیم: حتمن حتمن راهنمای استفاده از کتاب رو بخون. ■ در آخر سپاس‌گزاریم از همه دست‌اندرکاران و عوامل روی صحنه و پشت صحنه که برای بهترشدن این کتاب با ما بودن: دکتر کمیل، مهندس بقایی، خانم‌ها شیواکوهی و مریم‌گلی حسنلو و آقایان محسن نجاری، احسان حسینیان، داوود پاشا و بروچه‌های خوب تولید خیلی سبز و خیلی آدمای درجه یک دیگه که توی خیلی سبز بی‌دریغ زحمت می‌کشن. دم همتون گرم و روزگارتون آفتابی.



مقدمات

فصل ۱: فیزیک و اندازه‌گیری

بخش اول: اندازه‌گیری

درس	صفحه	تعداد
درس ۱: مدل سازی در فیزیک	۱۲	۲۰
درس ۲: کمیت و یکا	۱۳	۲۰
درس ۳: دقت وسیله‌های اندازه‌گیری	۱۹	۲۲
سؤالات درهم	۲۳	۱۲
سؤالات جوکر	۲۴	۴
آزمون تعاملی ۱ (بخش اول: اندازه‌گیری)	۲۴	۲۴

بخش دوم: چگالی

درس ۴: مفهوم چگالی و رابطه آن	۲۵	۳۰
سؤالات درهم	۳۲	۸
سؤالات جوکر	۳۳	۸
آزمون تعاملی ۲ (بخش دوم: چگالی)	۳۳	۳۳
آزمون تعاملی ۳ (جامع فصل ۱)	۳۳	۳۳

فصل ۲: ویژگی‌های فیزیکی مواد

بخش اول: ماده و ویژگی‌هایش

درس ۱: حالت‌های ماده و بعضی از ویژگی‌های آن	۳۵	۳۹
درس ۲: نیروهای بین مولکولی	۳۷	۱۲
سؤالات درهم	۴۲	۶
سؤالات جوکر	۴۳	۴
آزمون تعاملی ۴ (بخش اول: ماده و ویژگی‌هایش)	۴۳	۴۳

بخش دوم: فشار

درس ۳: فشار در جامدها	۴۴	۵۵
درس ۴: فشار در شاره‌های ساکن	۴۵	۵۵
درس ۵: نیروی ناشی از فشار مایع	۵۱	۱۶
درس ۶: اصل پاسکال (یکسانی تغییر فشار در مایع)	۵۳	۶
درس ۷: فشار در گاز و فشار هوا	۵۴	۸
سؤالات درهم	۶۳	۲۲
سؤالات جوکر	۶۵	۱۴
آزمون تعاملی ۵ (بخش دوم: فشار)	۶۶	۶۶

بخش سوم: اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز

درس ۸: تعادل مایع‌های مخلوط‌نشدنی در لوله‌های U شکل	۶۷	۷۴
درس ۹: بارومتر و مانومتر	۷۱	۴۰
سؤالات درهم	۸۳	۲۰
سؤالات جوکر	۸۵	۱۰
آزمون تعاملی ۶ و ۷ (بخش سوم: اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز)	۸۶	۸۶

بخش چهارم: نیروی شناوری و اصل برنولی

درس ۱۰: نیروی شناوری	۸۷	۹۱
درس ۱۱: شاره در حرکت و اصل برنولی	۸۸	۱۸
سؤالات درهم	۹۴	۱۲
سؤالات جوکر	۹۶	۸
آزمون تعاملی ۸ (بخش چهارم: شناوری و اصل برنولی)	۹۶	۹۶

فصل ۳: کار، انرژی و توان

بخش اول: مفهوم کار و مفهوم انرژی مکانیکی

درس ۱: کار چیست؟	۹۸	۱۰۵
درس ۲: انرژی مکانیکی چیست؟	۱۰۳	۱۸
سؤالات درهم	۱۰۹	۱۰

سؤالات جوکر

۱۱۰	۴
آزمون تعاملی ۱۱ (بخش اول: مفهوم کار و مفهوم انرژی مکانیکی)	۱۱۰

بخش دوم: ارتباط بین کار و انرژی

درس ۳: کار چه نیروهایی با تغییرات انرژی جنبشی برابر است؟	۱۱۱	۱۱۶	۴
درس ۴: چه کاری انرژی پتانسیل را تغییر می‌دهد؟	۱۱۲	۱۱۷	۲۲
درس ۵: چه کاری انرژی مکانیکی را تغییر می‌دهد؟	۱۱۳	۱۱۹	۴۲
سؤالات درهم	۱۲۳	۱۸	
سؤالات جوکر	۱۲۵	۱۰	
آزمون تعاملی ۱۲ (بخش دوم: ارتباط بین کار و انرژی)	۱۲۶	۱۲۶	

بخش سوم: توان و بازده

درس ۶: توان و بازده	۱۲۷	۱۲۹	۱۸
سؤالات درهم	۱۳۱	۱۸	
سؤالات جوکر	۱۳۲	۱۰	
آزمون تعاملی ۱۳ (بخش سوم: توان و بازده)	۱۳۲	۱۳۲	
آزمون تعاملی ۱۴ (جامع فصل ۳)	۱۳۲	۱۳۲	

فصل ۴: دما و گرما

بخش اول: دما و دماسنجی

درس ۱: مفاهیم اولیه و مقیاس‌های دما	۱۳۴	۱۳۷	۱۰
درس ۲: آشنایی با چند دماسنج	۱۳۶	۱۳۸	۴
سؤالات درهم	۱۳۸	۶	
سؤالات جوکر	۱۳۹	۲	
آزمون تعاملی ۱۵ (بخش اول: دما و دماسنجی)	۱۳۹	۱۳۹	

بخش دوم: انبساط گرمایی

درس ۳: انبساط طولی در جامدات	۱۴۰	۱۴۵	۲۲
درس ۴: انبساط سطحی در جامدات	۱۴۲	۱۴۷	۸
درس ۵: انبساط حجمی در جامدات و انبساط مایعات	۱۴۳	۱۴۸	۲۶
سؤالات درهم	۱۵۰	۱۴	
سؤالات جوکر	۱۵۱	۶	
آزمون تعاملی ۱۶ (بخش دوم: انبساط گرمایی)	۱۵۱	۱۵۱	

بخش سوم: گرما و آثار آن بر اجسام

درس ۶: گرما و تغییر دمای اجسام	۱۵۲	۱۵۸	۲۴
درس ۷: تغییر حالت‌های ماده	۱۵۴	۱۶۰	۳۶
درس ۸: بررسی نموداری گرما	۱۵۷	۱۶۲	۶
سؤالات درهم	۱۶۳	۲۰	
سؤالات جوکر	۱۶۵	۴	
آزمون تعاملی ۱۷ (بخش سوم: گرما و آثار آن بر اجسام)	۱۶۵	۱۶۵	

بخش چهارم: تعادل گرمایی

درس ۹: تعادل گرمایی بدون تغییر حالت	۱۶۶	۱۶۹	۱۴
درس ۱۰: تعادل گرمایی همراه با تغییر حالت	۱۶۷	۱۷۱	۲۰
سؤالات درهم	۱۷۲	۹	
سؤالات جوکر	۱۷۳	۳	
آزمون تعاملی ۱۸ (بخش چهارم: تعادل گرمایی)	۱۷۳	۱۷۳	

بخش پنجم: انتقال گرما

درس ۱۱: روش‌های انتقال گرما	۱۷۴	۱۷۶	۸
سؤالات درهم	۱۷۷	۴	
سؤالات جوکر	۱۷۷	۲	
آزمون تعاملی ۱۹ (بخش پنجم: انتقال گرما)	۱۷۷	۱۷۷	
آزمون تعاملی ۲۰ (جامع فصل ۴)	۱۷۷	۱۷۷	

فصل ۵: الکتریسیته ساکن

بخش اول: مفاهیم اولیه الکتریسیته ساکن

درس ۱: بار الکتریکی	۱۷۹	۱۸۷	۴
درس ۲: روش‌های باردار کردن اجسام	۱۸۱	۱۸۷	۱۰
درس ۳: الکتروسکوپ (برق‌نما)	۱۸۵	۱۸۸	۴
سؤالات درهم	۱۸۹	۶	

آزمون تعاملی ۳۰ (بخش سوم: انرژی و توان وسیله ...)	تعداد سؤال	صفحه درسنامه
بخش چهارم: مدارهای تک حلقه چندمقاومتی	۲	۱۸۹
درس ۷: مقاومت معادل و تحلیل ولتاژ، جریان و توان ...	۲۶	۱۹۶
درس ۸: بررسی کیفی تأثیر تغییر مقاومت در مدار ...	۵۰	۱۹۸
درس ۹: توان تحمل - ولتاژ تحمل ...	۲۶	۲۰۳
سوالات درهم	۶	۲۰۶
سوالات جوکر	۲۰۶	
آزمون تعاملی ۳۱ و ۳۲ (بخش چهارم: مدارهای تک حلقه ...)		
آزمون تعاملی ۳۳ و ۳۴ (جامع فصل ۶)		

فصل ۷: مغناطیس و القای الکترومغناطیسی

بخش اول: مفاهیم اولیه مغناطیس		
درس ۱: میدان مغناطیسی	۳۳۲	۳۳۷
درس ۲: ویژگی های مغناطیسی مواد	۳۳۶	۳۳۹
سوالات درهم	۳۳۹	
سوالات جوکر	۳۴۰	
آزمون تعاملی ۳۵ (بخش اول: مفاهیم اولیه مغناطیس)		
بخش دوم: اثر میدان مغناطیسی بر بارهای الکتریکی متحرک		
درس ۳: نیروی مغناطیسی وارد بر ذره باردار متحرک ...	۳۴۱	۳۴۸
درس ۴: نیروی مغناطیسی وارد بر سیم حامل جریان ...	۳۴۶	۳۵۱
سوالات درهم	۳۵۲	
سوالات جوکر	۳۵۴	
آزمون تعاملی ۳۶ (بخش دوم: اثر میدان مغناطیسی بر ...)		
بخش سوم: جریان الکتریکی، میدان مغناطیسی ایجاد می کند.		
درس ۵: میدان مغناطیسی حاصل از سیم مستقیم ...	۳۵۵	۳۶۱
درس ۶: نیروی بین دو سیم موازی حامل جریان ...	۳۵۷	۳۶۴
درس ۷: میدان مغناطیسی ناشی از پیچ مسطح ...	۳۵۸	۳۶۴
درس ۸: میدان مغناطیسی حاصل از سیملوله ...	۳۵۹	۳۶۵
سوالات درهم	۳۶۷	
سوالات جوکر	۳۶۸	
آزمون تعاملی ۳۷ (بخش سوم: جریان الکتریکی، میدان ...)		
بخش چهارم: القای الکترومغناطیسی (قانون لنز - فاراده)		
درس ۹: شار مغناطیسی	۳۶۹	۳۸۴
درس ۱۰: قانون لنز	۳۷۲	۳۸۵
درس ۱۱: قانون فاراده	۳۷۷	۳۸۷
سوالات درهم	۳۹۳	
سوالات جوکر	۳۹۶	
آزمون تعاملی ۳۸ (بخش چهارم: القای الکترومغناطیسی ...)		

بخش پنجم: القاگرها

درس ۱۲: اثر خود - القاوری	۳۹۷	۳۹۹
درس ۱۳: انرژی ذخیره شده در القاگر	۳۹۸	۴۰۰
سوالات درهم	۴۰۱	
سوالات جوکر	۴۰۲	
آزمون تعاملی ۳۹ (بخش پنجم: القاگرها)		
بخش ششم: کاربردهایی از القای الکترومغناطیسی ...		
درس ۱۴: جریان متناوب	۴۰۳	۴۰۵
درس ۱۵: مبدل ها	۴۰۵	۴۰۷
سوالات درهم	۴۰۸	
سوالات جوکر	۴۰۹	
آزمون تعاملی ۴۰ (بخش ششم: کاربردهایی از القای ...)		
آزمون تعاملی ۴۱ و ۴۲ (جامع فصل ۷)		

پاسخنامه

پاسخنامه تشریحی	۴۱۰
پاسخنامه کلیدی	۷۰۸

آزمون تعاملی ۲۱ (بخش اول: مفاهیم اولیه الکتریسیته ساکن)	تعداد سؤال	صفحه درسنامه
سوالات جوکر	۲	۱۸۹
بخش دوم: نیروی الکتریکی		
درس ۴: قانون کولن	۱۹۰	۱۹۶
درس ۵: برابند نیروهای الکتریکی	۱۹۲	۱۹۸
سوالات درهم	۲۰۳	
سوالات جوکر	۲۰۶	
آزمون تعاملی ۲۲ (بخش دوم: نیروی الکتریکی)		
بخش سوم: میدان الکتریکی		
درس ۶: میدان الکتریکی	۲۰۷	۲۱۴
درس ۷: محاسبه میدان الکتریکی در اطراف یک ذره باردار	۲۰۸	۲۱۵
درس ۸: برابند میدان های الکتریکی	۲۰۹	۲۱۶
درس ۹: خط های میدان های الکتریکی	۲۱۲	۲۲۱
درس ۱۰: میدان الکتریکی یکنواخت	۲۱۳	۲۲۲
سوالات درهم	۲۲۲	
سوالات جوکر	۲۲۵	
آزمون تعاملی ۲۳ (بخش سوم: میدان الکتریکی)		
بخش چهارم: الکتریسیته ساکن با طعم کار و انرژی		
درس ۱۱: تغییر انرژی پتانسیل الکتریکی و کار نیروی الکتریکی	۲۲۶	۲۳۶
درس ۱۲: اصل پایستگی انرژی مکانیکی در جابه جایی بار ...	۲۲۹	۲۳۷
درس ۱۳: اختلاف پتانسیل الکتریکی	۲۳۰	۲۳۸
درس ۱۴: رابطه اختلاف پتانسیل الکتریکی و ...	۲۳۳	۲۴۰
درس ۱۵: توزیع بار الکتریکی در یک جسم رسانا	۲۳۵	۲۴۲
سوالات درهم	۲۴۳	
سوالات جوکر	۲۴۴	
آزمون تعاملی ۲۴ (بخش چهارم: الکتریسیته ساکن ...)		

بخش پنجم: خازن

درس ۱۶: مفاهیم اولیه خازن	۲۴۵	۲۵۰
درس ۱۷: عوامل مؤثر بر ظرفیت خازن	۲۴۶	۲۵۱
درس ۱۸: انرژی ذخیره شده در خازن	۲۴۹	۲۵۴
سوالات درهم	۲۵۶	
سوالات جوکر	۲۵۸	
آزمون تعاملی ۲۵ (بخش پنجم: خازن)		
آزمون تعاملی ۲۶ و ۲۷ (جامع فصل ۵)		

فصل ۶: جریان الکتریکی و مدارهای ...

بخش اول: جریان الکتریکی و مقاومت الکتریکی		
درس ۱: جریان الکتریکی	۲۶۰	۲۶۶
درس ۲: مقاومت الکتریکی و قانون اهم	۲۶۲	۲۶۷
درس ۳: عوامل مؤثر بر مقاومت الکتریکی یک رسانای اهمی	۲۶۴	۲۶۸
سوالات درهم	۲۷۰	
سوالات جوکر	۲۷۱	
آزمون تعاملی ۲۸ (بخش اول: جریان الکتریکی و مقاومت الکتریکی)		
بخش دوم: مدارهای تک حلقه جریان الکتریکی		
درس ۴: مدار تک حلقه	۲۷۲	۲۷۹
سوالات درهم	۲۸۱	
سوالات جوکر	۲۸۲	
آزمون تعاملی ۲۹ (بخش دوم: مدارهای تک حلقه جریان الکتریکی)		
بخش سوم: انرژی و توان وسیله رسانشی الکتریکی		
درس ۵: انرژی و توان در وسیله رسانشی	۲۸۳	۲۸۸
درس ۶: تحلیل توان خروجی باتری و تحلیل نمودار I - P آن	۲۸۶	۲۹۱
سوالات درهم	۲۹۲	
سوالات جوکر	۲۹۳	

آیکون های مهم کتاب در یک نگاه

بعضی وقتا این آیکون ها با هم ترکیب می شن مثلن این  هم
بتمنه و هم حل ویدیویی داره!

حل ویدیویی

تست های چالشی

کامنت

تابلوی ورود به تستای جوکر

تابلوی ورود به تستای درهم



تستای زوج

تستای فرد

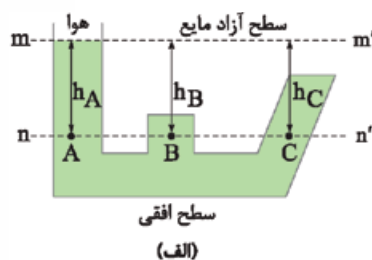
اصل هم فشاری نقاط هم تراز

درس ۸: تعادل مایع های مخلوط نشدنی در لوله های لاشکل

پیش تر گفتیم که فشار مایع در یک نقطه از مایع به شکل ظرف بستگی ندارد، بلکه به عمق نقطه مورد نظر (یا همان فاصله از سطح آزاد مایع) وابسته است و با رابطه $P = \rho gh$ به دست می آید. حالا می خواهیم کمی دقیق تر این موضوع را بررسی کنیم.

توضیح: از نظر آماری این بخش بیشترین تست های کنکور این فصل رو به خودش اختصاص داده است؛ پس لطفاً درس نامه های این بخش رو خوب بخونید و تستاش رو کامل بزنید.

اصل هم فشاری نقاط هم تراز درون یک مایع

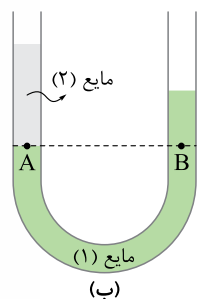


به سطحی از مایع که با هوای آزاد در تماس است، سطح آزاد مایع می گوییم. در شکل (الف) خط چین mm' امتداد سطح آزاد مایع را نشان می دهد. همین طور که می بینید، فاصله همه نقطه هایی که روی سطح افقی مانند nn' قرار دارند تا سطح آزاد مایع به یک اندازه است؛ یعنی داریم:

$$h_A = h_B = h_C \xrightarrow{\times \rho g} \rho gh_A = \rho gh_B = \rho gh_C \Rightarrow P_A = P_B = P_C$$

این رابطه ها به ما می گوید: «در نقطه های هم تراز درون یک مایع فشار برابر است.» این اصل «هم فشاری نقاط هم تراز درون یک مایع» است. در واقع اصل هم فشاری نقاط هم تراز به شما می گه:

به شکل ظرف کاری نداشته باش! فقط به دو تا چیز نگاه کن: اول این که دو نقطه مورد نظر در یک مایع باشن و دوم این که هم تراز باشن. در این صورت حتماً فشار این دو نقطه مساویه. در ضمن اگر یک نقطه داخل مایع و نقطه هم ترازش در سطح همون مایع باشه، باز هم این اصل برقراره. مثلاً در شکل (ب) نقطه A در سطح مایع (۱) و نقطه B در داخل مایع (۱) قرار داره. این ها هم داریم: $P_A = P_B$ **حواستون باشه:** تقریباً همه مسئله های لوله های لاشکل که از پرکرارترین و متنوع ترین مسئله های فشار در کنکور سراسریه از اصل هم فشاری مل می شن.



تست: در لوله های مرتبط شکل روبه رو سه مایع مخلوط نشدنی ریخته ایم. اگر نقطه های A، B و C در یک تراز قرار داشته باشند،

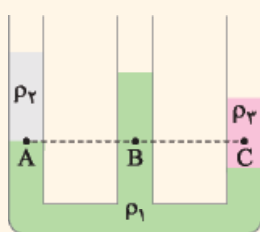
کدام گزینه درباره فشار در نقطه های A، B و C درست است؟

$$P_A = P_B = P_C \quad (۱)$$

$$P_A = P_B \neq P_C \quad (۲)$$

$$P_A \neq P_B \neq P_C \quad (۳)$$

$$P_B \neq P_A = P_C \quad (۴)$$



پاسخ: ۲ طبق اصل هم فشاری نقاط هم تراز برای برابری دو نقطه درون یک مایع دو شرط لازم است: اول این که: دو نقطه هم تراز باشند. در این تست هر سه نقطه هم ترازند. دوم این که: دو نقطه در سطح یا درون یک مایع باشند. در این جا نقطه A در سطح مایع (۱) و نقطه B درون این مایع قرار دارند، ولی نقطه C درون مایع (۳) است؛ پس فشار در نقطه های A و B یکسان و در نقطه C متفاوت است.

تست: در شکل روبه رو، فشار نقطه A، 80 cmHg و اختلاف فشار نقطه B و C، 5 cmHg است. فشار در نقطه D چند

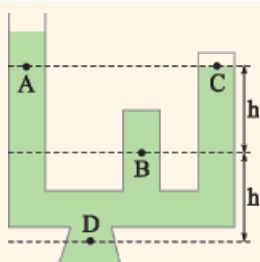
سانتی متر جیوه است؟

$$105 \quad (۱)$$

$$95 \quad (۲)$$

$$90 \quad (۳)$$

$$85 \quad (۴)$$



$$P_A = P_C = 80 \text{ cmHg}$$

نقطه A و C هم تراز و درون یک مایع اند. پس داریم:

گام ۳: اختلاف فشار در نقطه B و C برابر 5 cmHg است. یعنی: (نقطه B پایین تره پس فشارش بیشتره)

$$P_B - P_C = 5 \text{ cmHg} \Rightarrow P_B - 80 = 5 \text{ cmHg} \Rightarrow P_B = 85 \text{ cmHg}$$

در شکل می بینیم که اختلاف ارتفاع سطح دو نقطه B و D برابر اختلاف سطح دو نقطه C و B است. می توانیم بنویسیم:

$$\begin{cases} P_D - P_B = \rho g h \\ P_B - P_C = \rho g h \end{cases} \Rightarrow P_D - P_B = P_B - P_C \Rightarrow P_D = 2P_B - P_C = 2 \times 85 - 80 = 90 \text{ cmHg}$$



تست: در شکل روبه رو، لوله باریک و بلندی را به بشکه وصل کرده، از طریق لوله به داخل بشکه آب می ریزیم. وقتی نیرویی که آب به درپوش بشکه وارد می کند به 384 N برسد، درپوش باز می شود. اگر قطر درپوش 16 cm باشد، ارتفاع آب در لوله چند متر بشود تا درپوش باز شود؟ ($\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ ، $g = 10 \text{ N/kg}$ و $\pi = 3$)

- ۴ (۱)
۲ (۲)
۱ (۳)
۰/۵ (۴)

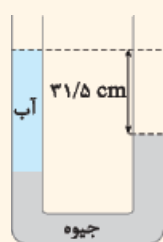
پاسخ: طبق اصل هم فشاری نقاط هم تراز، فشار ستون آب در لوله در نقطه هم تراز با درپوش برابر است. یعنی در شکل روبه رو داریم:

$$P_A = P_B$$

راستون آب درون لوله ایجاد کرده است و P_B باعث می شود که درپوش باز شود:

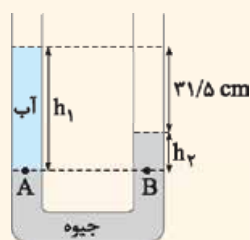
$$P_A = P_B \Rightarrow \rho g h = \frac{F_{\perp}}{A_{\text{درپوش}}} \Rightarrow 1000 \times 10 \times h = \frac{384}{\pi \times 8^2 \times 10^{-4}} \xrightarrow{\pi=3} h = 2 \text{ m}$$

در معمولی ترین تیپ تست های لوله های U شکل دو مایع درون لوله در حال تعادل است. نکته مهم این است که در این تست ها باید نقطه های هم تراز را در سطح جدایی دو مایع در نظر بگیرید. تست بعدی را ببینید:



تست: در شکل روبه رو اختلاف ارتفاع جیوه در دو طرف لوله چند سانتی متر است؟ (چگالی آب و جیوه به ترتیب 1 g/cm^3 و $13/6 \text{ g/cm}^3$ است.)

- ۱/۵ (۱)
۲/۵ (۲)
۳/۵ (۳)
۴/۵ (۴)



$$\begin{aligned} P_A = P_B &\Rightarrow \rho_{\text{آب}} g h_1 + P_0 = \rho_{\text{جیوه}} g h_2 + P_0 \\ \Rightarrow \rho_{\text{آب}} h_1 &= \rho_{\text{جیوه}} h_2 \xrightarrow{h_1 = 31/5 + h_2} 1 \times (31/5 + h_2) = 13/6 h_2 \\ \Rightarrow 13/6 h_2 - h_2 &= 31/5 \Rightarrow h_2 = \frac{31/5}{13/6 - 1} = 2/5 \text{ cm} \end{aligned}$$

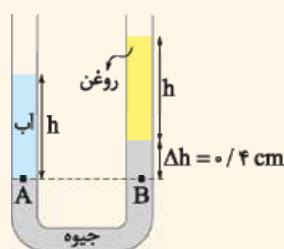
پاسخ: در شکل روبه رو نقطه های A و B در سطح و درون جیوه و در یک تراز قرار دارند؛ پس داریم:

نکته: گاهی در یک لوله لاشکله سه مایع مخلوط نشدنی در حال تعادل است. در این تیپ تست ها در هر طرف لوله یک سطح جدایی دو مایع وجود دارد. شما باید سطحی را که پایین تر است به عنوان سطح هم تراز انتخاب کنید، چون در این سطح در دو طرف لوله یک مایع وجود دارد. این نکته را در تست بعدی اجرا کنید:



تست: در شکل روبه رو سه مایع در حال تعادل اند. اگر اختلاف سطح جیوه در دو طرف لوله $0/4 \text{ cm}$ باشد، h چند سانتی متر است؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$ ، $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ ، $\rho_{\text{روغن}} = 0/8 \text{ g/cm}^3$)

- ۶/۸ (۱)
۱۳/۶ (۲)
۲۷/۲ (۳)
۵۴/۴ (۴)



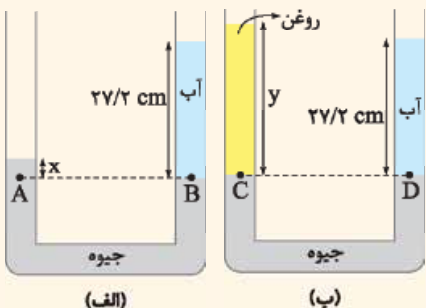
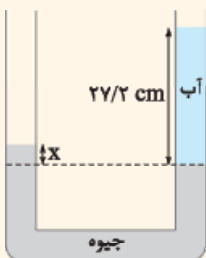
پاسخ: در شکل روبه رو سطح جدایی آب و جیوه پایین تر از سطح جدایی آب و روغن است؛ پس نقطه A (در سطح جدایی آب و جیوه) و نقطه هم تراز در طرف مقابل (نقطه B) را انتخاب می کنیم. در این صورت داریم:

$$\begin{aligned} P_A = P_B &\Rightarrow \rho_{\text{آب}} g h + P_0 = \rho_{\text{روغن}} g h + \rho_{\text{جیوه}} g \Delta h + P_0 \Rightarrow \rho_{\text{آب}} h = \rho_{\text{روغن}} h + \rho_{\text{جیوه}} \Delta h \\ \xrightarrow{\Delta h = 0/4 \text{ cm}} 1 \times h &= 0/8 \times h + 13/6 \times 0/4 \Rightarrow 1/2 h = 13/6 \times 0/4 \Rightarrow h = 27/2 \text{ cm} \end{aligned}$$

تست:

در شکل روبه رو، دستگاه در حال تعادل است. در لوله سمت چپ، روغن با چگالی 1 g/cm^3 می ریزیم تا سطح جیوه در دو لوله یکسان شود. اختلاف سطح جیوه در دو طرف لوله قبل از ریختن روغن و ارتفاع ستون روغن پس از هم سطح شدن جیوه در دو طرف لوله به ترتیب از راست به چپ چند سانتی متر است؟ ($\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$)

- ۳۴،۲ (۱)
- ۳۲،۲ (۲)
- ۳۴،۱ (۳)
- ۳۲،۱ (۴)



پاسخ: در واقع لنگ زدیم و دوتا مسئله را در یک مسئله با داریم!! اول قبل از ریختن روغن (شکل الف) نقاط A و B در جیوه هم ترازند. پس داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} g x = \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}} \Rightarrow 13/6 \times x = 1 \times 27/2 \Rightarrow x = 2 \text{ cm}$$

لازم نیست تبدیل واحد کنیم. کافی است که یکاهای کمیت های مشابه در دو طرف یکسان باشد.
حالا می ریم سر وقت شکل (ب) (پس از ریختن روغن).

در شکل (ب) نقطه های C و D هر دو در سطح جیوه قرار دارند و هم ترازند:

$$P_D = P_C \Rightarrow \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}} = \rho_{\text{روغن}} g y \Rightarrow 1 \times 27/2 = 0/8 \times y \Rightarrow y = \frac{27/2}{0/8} = 34 \text{ cm}$$

نکته:

قبلاً هم گفتیم که هم تراز بودن دو نقطه در دو طرف لوله U شکل لزوماً به معنی برابری فشار در آن دو نقطه نیست، چون ممکن است آن دو نقطه در دو مایع متفاوت باشند. این جا هم شما باید بلد باشید که فشار در دو نقطه هم تراز اما در دو مایع متفاوت را با هم مقایسه کنید. مثلاً به شکل روبه رو نگاه کنید. فشار در نقطه A بیشتر است یا نقطه B؟
برای این که به این سؤال مهم پاسخ بدهیم، بهتر است از نقطه های C و D که هم ترازند و در یک مایع قرار دارند، شروع کنیم. فشار در نقطه های C و D برابر است:
اگر از نقطه C به اندازه Δh بالا برویم، فشار به اندازه $\rho_1 g \Delta h$ کم می شود و اگر از نقطه D به اندازه Δh بالا برویم، فشار به اندازه $\rho_2 g \Delta h$ کم می شود؛ پس داریم:

$$\begin{cases} P_A = P_C - \rho_1 g \Delta h \\ P_B = P_D - \rho_2 g \Delta h \end{cases} \xrightarrow{P_D = P_C} P_B = P_C - \rho_2 g \Delta h$$

برای این که بفهمیم P_A بزرگ تر است یا P_B ، باید بدانیم ρ_1 بزرگ تر است یا ρ_2 . به ستون مایع ها در بالای نقطه های هم فشار C و D نگاه کنید. با توجه به رابطه $P = \rho g h$ ، مایعی که h آن بیشتر است ρ کوچک تر دارد؛ پس در این شکل $\rho_1 < \rho_2$ است. حالا می توانیم بگوییم P_A بزرگ تر است یا P_B :

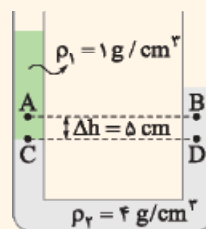
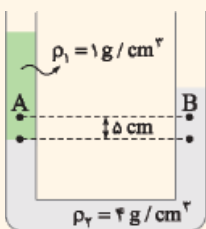
$$\begin{cases} P_A = P_C - \rho_1 g \Delta h \\ P_B = P_C - \rho_2 g \Delta h \end{cases} \xrightarrow{\rho_1 < \rho_2} P_A > P_B$$

تست زیر نکته موضوع را به صورت عددی نشان می دهد:

تست:

در شکل روبه رو مایع ها در حال تعادل اند. کدام گزینه درباره فشار در نقطه های A و B درست است؟

- (۱) فشار در نقطه A، 1500 Pa از فشار در نقطه B بیشتر است.
- (۲) فشار در نقطه A، 1500 Pa از فشار در نقطه B کم تر است.
- (۳) فشار در نقطه A، 2500 Pa از فشار در نقطه B بیشتر است.
- (۴) فشار در نقطه A، 2500 Pa از فشار در نقطه B کم تر است.



پاسخ: گام ۱ در شکل روبه رو نقطه های هم تراز C و D در سطح و داخل مایع ۲ قرار دارند؛ پس فشار در این نقاط برابر است:

$$P_C = P_D$$

گام ۲ فشار در نقطه A به اندازه $\rho_1 g \Delta h$ از فشار در نقطه C و فشار در نقطه B به اندازه $\rho_2 g \Delta h$ از فشار در نقطه D کم تر است؛ پس می توانیم بنویسیم:

$$\begin{cases} P_A = P_C - \rho_1 g \Delta h = P_C - 1000 \times 10 \times (\Delta h \times 10^{-2}) = P_C - 500 \\ P_B = P_D - \rho_2 g \Delta h = P_D - 4000 \times 10 \times (\Delta h \times 10^{-2}) = P_D - 2000 \end{cases}$$

گام ۳ اختلاف فشار دو نقطه A و B را می خواهیم. پس داریم:

$$P_A - P_B = (P_C - 500) - (P_D - 2000) \xrightarrow{P_C = P_D} P_A - P_B = 1500 \text{ Pa}$$

یعنی فشار در نقطه A، 1500 Pa از فشار در نقطه B بیشتر است.

تیزبازی: اختلاف فشار در نقاط A و B به دلیل اختلاف چگالی دو مایع است. می توانیم این تفاوت فشار را مستقیماً از رابطه زیر حساب کنیم:

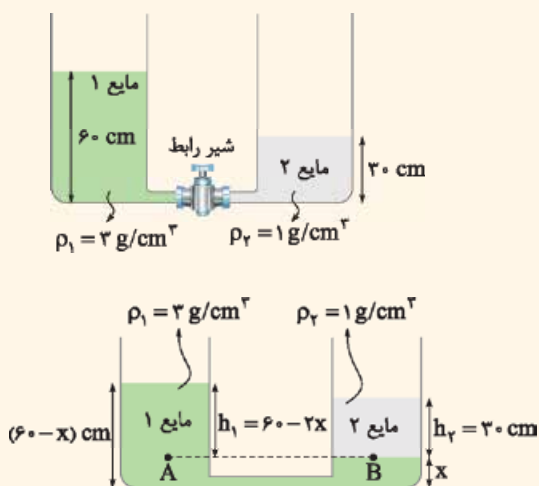
$$\Delta P_{A,B} = (\Delta \rho_{1,2}) g \Delta h = (4 - 1) \times 10^3 \times 10 \times \Delta h \times 10^{-2} = 1500 \text{ Pa}$$

تست بعدی نمونه ای از تیپ دیگری از لوله های U شکل است که در آن بین دو شاخه یک شیر رابط وجود دارد و با باز کردن شیر رابط، حالت تعادل جدیدی برقرار می شود.

تست:

در شکل روبه‌رو دو ظرف استوانه‌ای مشابه به وسیله لوله بسیار باریک با حجم ناچیز به یکدیگر متصل شده‌اند و در یک استوانه مایعی با چگالی $\rho_1 = 3 \text{ g/cm}^3$ و در دیگری مایعی با چگالی $\rho_2 = 1 \text{ g/cm}^3$ قرار دارد. اگر شیر رابط بین دو ظرف را باز کنیم، سطح مایع (۲)، چند سانتی‌متر بالا می‌رود؟

- ۱) ۵/۱۲
۲) ۵/۲۵
۳) ۵/۳۷
۴) ۵/۵۰

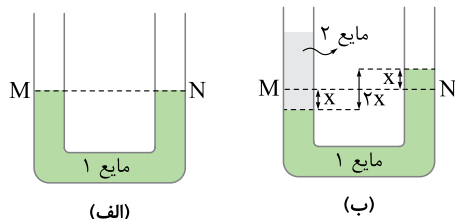


پاسخ: ۲ همین‌طور که در شکل روبه‌رو نشان داده‌ایم، با بازکردن شیر رابط مقداری از مایع (۱) که چگالی بیشتری دارد، از ظرف سمت چپ به ظرف سمت راست می‌رود. در نتیجه سطح مایع (۱) در ظرف سمت چپ به اندازه x پایین می‌آید و سطح مایع (۲) در ظرف سمت راست به اندازه x بالا می‌رود. با این توضیح در شکل به دنبال نقاط هم‌تراز مناسب می‌گردیم. همین‌طور که می‌بینید، نقطه B (که در ظرف سمت راست در سطح مایع (۱) با نقطه A (که در ظرف سمت چپ در داخل مایع (۱) قرار دارد)، هم‌تراز است؛ پس داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 g h_1 + P_0 = \rho_2 g h_2 + P_0 \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 \xrightarrow{h_1 = (60-2x) \text{ cm}, h_2 = 30 \text{ cm}} 3 \times (60 - 2x) = 1 \times 30 \Rightarrow 2x = 50 \Rightarrow x = 25 \text{ cm}$$

نکته: یک مدل از تست‌های لوله‌های لاشکال این‌طوری است که به یک طرف لوله مایعی اضافه می‌کنیم و در نتیجه سطح مایع قبلی در دو طرف لوله جابه‌جا می‌شود. این تست‌ها خودش دو جور است. یکی این‌که سطح مقطع شاخه‌های دو طرف برابر باشد و دیگری این‌که سطح مقطع دو شاخه متفاوت باشد. این حالت‌ها را یکی یکی بررسی می‌کنیم.

حالت اول: سطح مقطع شاخه‌های دو طرف برابر باشد قبل از ریختن مایع دوم مانند شکل (الف)



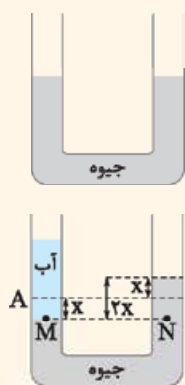
سطح مایع (۱) در دو طرف لوله یکسان است. با افزودن مایع (۲) به سمت چپ لوله، سطح مایع (۱) در سمت چپ به اندازه x پایین می‌رود و در سطح مقابل به اندازه x بالا می‌رود؛ بنابراین اختلاف سطح مایع در دو طرف لوله برابر $2x$ می‌شود. تست زیر را ببینید.

تست:

در طرف چپ لوله U شکل روبه‌رو، آب $27/2$ می‌ریزیم. پس از تعادل، سطح جیوه در طرف راست لوله چند سانتی‌متر بالا می‌رود؟

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

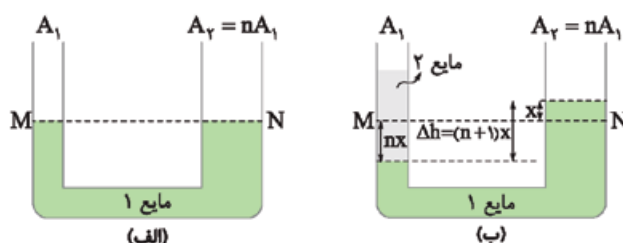
- ۱) ۵/۰
۲) ۳/۲
۳) ۴/۴
۴) ۲/۱



پاسخ: ۲ همین‌طور که در شکل روبه‌رو می‌بینید، بعد از تعادل سطح جیوه، در طرف چپ لوله به اندازه x پایین و در طرف راست لوله به اندازه x بالا می‌رود؛ یعنی اختلاف سطح جیوه در دو طرف لوله برابر $2x$ است. طبق اصل هم‌فشاری نقطه‌های هم‌تراز، فشار در نقطه‌های M و N دو طرف لوله برابر است؛ پس می‌توانیم بنویسیم:

$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}} + P_0 = \rho_{\text{جیوه}} g \Delta h_{\text{جیوه}} + P_0 \Rightarrow \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{جیوه}} \Delta h_{\text{جیوه}} \xrightarrow{\Delta h_{\text{جیوه}} = 2x} 1 \times 27/2 = 13/6 \times 2x \Rightarrow x = 1 \text{ cm} \rightarrow \text{جیوه در سمت راست لوله ۱ cm بالا رفته است.}$$

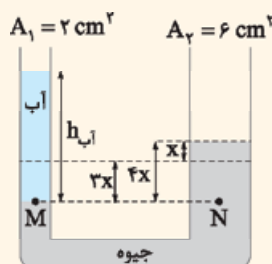
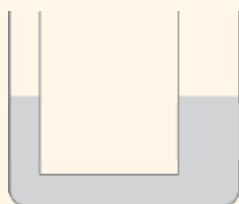
حالت دوم: سطح مقطع شاخه‌های دو طرف برابر نباشد به شکل (الف) نگاه



کنید. سطح مقطع لوله در طرف راست، n برابر سطح مقطع لوله در طرف چپ است و همین‌طور که می‌بینید، قبل از افزودن مایع (۲) سطح مایع (۱) در دو طرف لوله برابر است. در شکل (ب) مایع (۲) را به سمت چپ لوله ریخته‌ایم و دو مایع در حال تعادل‌اند. در این حالت سطح مایع (۱) در طرف پهن‌تر لوله به اندازه x و در طرف باریک‌تر لوله به اندازه nx جابه‌جا می‌شود، زیرا حجم مایع جابه‌جا شده در دو طرف برابر است و می‌توانیم بنویسیم:

$$\begin{aligned} \Delta V_1 &= \Delta V_2 \Rightarrow A_1 x_1 = A_2 x_2 \xrightarrow{A_2 = nA_1} A_1 x_1 = nA_1 x_2 \Rightarrow x_1 = nx_2 \\ \text{تغییر ارتفاع مایع (۱) در طرف پهن لوله} &\quad \uparrow \\ \text{تغییر ارتفاع مایع (۱) در طرف باریک لوله} &\quad \downarrow \end{aligned}$$

خلاصه مطلب این است: اگر مساحت مقطع پهن لوله n برابر طرف باریک لوله باشد، با افزودن مایع جدید، مایع (۱) در طرف پهن لوله به اندازه x و در طرف باریک لوله به اندازه nx جابه‌جا می‌شود و در نتیجه اختلاف سطح مایع (۱) در دو طرف لوله برابر $(n+1)x$ خواهد شد.



تست: در شکل روبه‌رو مساحت قاعده سمت راست و چپ لوله به ترتیب 6 cm^2 و 2 cm^2 است. در سمت چپ لوله چند گرم آب بریزیم تا سطح جیوه در طرف مقابل 5 cm بالا برود؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$, $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$)

(مشابه ریاضی خارج ۹۶)

۶/۸ (۱)	۱۳/۶ (۲)
۲۷/۲ (۳)	۵۴/۴ (۴)

پاسخ: ۴ گام مطابق شکل روبه‌رو، سطح مقطع سمت راست لوله 6 cm^2 و سطح مقطع سمت چپ 2 cm^2 است؛ یعنی مساحت مقطع راست ۳ برابر مساحت مقطع طرف چپ است، بنابراین مطابق نکته‌ای که در بالا گفتیم، پس از افزودن آب به سمت چپ لوله، جیوه در سمت راست به اندازه x بالا و در سمت چپ به اندازه $3x$ پایین می‌رود. با این حساب اختلاف سطح جیوه در دو طرف لوله $4x$ است:

$$\Delta h_{\text{جیوه}} = (n+1)x \xrightarrow{n=\frac{A_2}{A_1}=\frac{2}{6}=\frac{1}{3}} \Delta h_{\text{جیوه}} = (3+1)x = 4x$$

جیوه در سمت راست 5 cm بالا رفته است، یعنی $x = 5/4 \text{ cm}$ ؛ پس داریم:

$$\Delta h_{\text{جیوه}} = 4 \times 5/4 = 5 \text{ cm}$$

گام ۳ نقاط M و N در شکل روبه‌رو، هم فشارند؛ زیرا هر دو در یک تراز قرار دارند و نقطه M در سطح جیوه و نقطه N در داخل جیوه قرار دارد؛ پس داریم:

$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}} + P_0 = \rho_{\text{جیوه}} g \Delta h_{\text{جیوه}} + P_0 \Rightarrow \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{جیوه}} \Delta h_{\text{جیوه}} \xrightarrow{\Delta h_{\text{جیوه}}=5 \text{ cm}} 1 \times h_{\text{آب}} = 13/6 \times 5 \Rightarrow h_{\text{آب}} = 27/2 \text{ cm}$$

گام ۴ حجم آب اضافه شده را از رابطه $V = Ah$ حساب می‌کنیم و سپس به کمک رابطه $m = \rho V$ ، جرم آب به دست می‌آید:

$$V_{\text{آب}} = A_1 h_{\text{آب}} = 2 \times 27/2 = 54/4 \text{ cm}^3, \quad m_{\text{آب}} = \rho_{\text{آب}} V_{\text{آب}} = 1 \times 54/4 = 54/4 \text{ g}$$

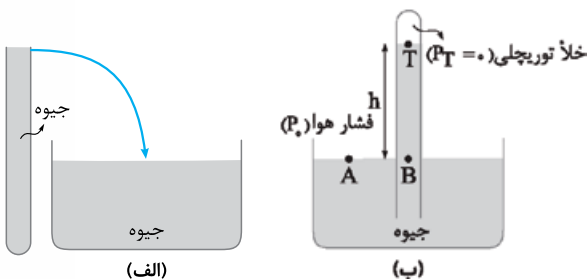
عجب درس‌نامه پرمثالی بود. امیدوارم تمام تست‌های داخل درس‌نامه رو خوب بررسی کرده باشین. حتماً تست‌های ۲۵۳ تا ۲۸۴ رو بزنین. از این درس‌نامه به عالمه تست کنکور آمده.

درس ۹: بارومتر و مانومتر



بارومتر یا جوسنج (فشارسنج جیوه‌ای)

اولین بار یک ایتالیایی به نام توریچلی 'لوله شیشه‌ای بلندی (باطول $90 - 80$ سانتی‌متر) را پر از جیوه کرد و آن را مطابق شکل (ب) در یک تشت پر از جیوه وارونه کرد. سطح جیوه در لوله کمی پایین آمد و در یک ارتفاع معین (h) ایستاد. اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز برای شکل (ب) می‌گوید، فشار در سطح آزاد جیوه (مثلاً نقطه A) برابر فشار در نقطه هم‌تراز درون لوله (مثلاً نقطه B) است. پس معلوم است عاملی که سطح جیوه را در داخل لوله ثابت نگه داشته، چیزی نیست جز فشار هوای محیط. پس می‌توانیم بنویسیم:

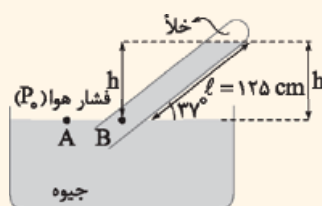
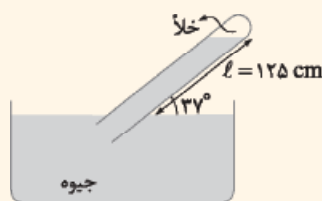


$$P_A = P_B \xrightarrow{P_A = P_0, P_B = \rho g h + P_T} P_A = \rho g h + P_T$$

در فضای خالی بالای لوله اندکی بخار جیوه وجود دارد ولی خیلی کم است؛ به طوری که می‌توانیم آن را خلاً و فشارش را برابر صفر فرض کنیم ($P_T = 0$). پس داریم: $P_0 = \rho g h$ همین‌طور که دیدید این وسیله که اسمش بارومتر یا جوسنج است، فشار هوای محیط را برحسب سانتی‌متر جیوه نشان می‌دهد. (h مقدار فشار برحسب سانتی‌متر جیوه را نشان می‌دهد).

چند نکته: ۱ ارتفاع ستون جیوه به شکل، قطر، کجی یا راستی لوله بستگی ندارد؛ بلکه به اختلاف فشار هوای محیط و فضای بالای لوله بستگی دارد. (البته چون معمولاً فضای بالای لوله خلاً است، معمولاً فقط به فشار هوای محیط بستگی دارد). مثلاً وقتی که فشار هوا 75 cmHg است، ارتفاع ستون جیوه در لوله هم 75 cm است.

تست: شکل روبه‌رو یک بارومتر را نشان می‌دهد که لوله آن کج شده است. فشار هوای محیط چند کیلوپاسکال است؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$, $g = 10 \text{ N/kg}$ و $\sin 37^\circ = 0/6$)



پاسخ: ۱ باید از اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز به پاسخ برسیم. به شکل مقابل نگاه کنید. ارتفاع ستون جیوه درون لوله h است. پس مجبوریم اول h را حساب کنیم:

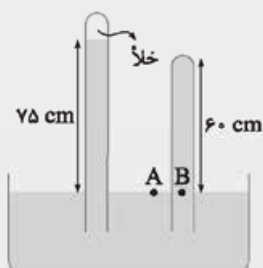
$$\sin 37^\circ = \frac{h}{\ell} \Rightarrow h = \ell \sin 37^\circ = 125 \times 0/6 = 75 \text{ cm}$$

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 = h(\text{cmHg}) = 75 \text{ cmHg}$$

طبق اصل هم‌فشاری داریم:

می‌ماند تبدیل یکای فشار از سانتی‌متر جیوه به پاسکال. چون چگالی جیوه $13/6 \text{ g/cm}^3$ اعلام شده کافی است فشار برحسب سانتی‌متر جیوه را در 1360 ضرب کنیم تا به پاسکال تبدیل شود:

$$P_0 = 75 \times 1360 = 102000 \text{ Pa} = 102 \text{ kPa}$$



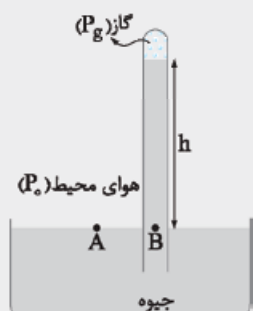
۲ اگر قد لوله کوتاه باشد و جیوه نتواند تا ارتفاعی که فشار هوا تعیین می کند بالا برود، همه لوله را پر می کند و به انتهای بالایی لوله فشار وارد می کند. می پرسید چه قدر؟ همان قدر که می خواهد بالاتر برود! مثلاً اگر فشار هوای محیط ۷۵ cmHg و طول لوله ۶۰ cm باشد، جیوه به انتهای لوله ۱۵ cmHg (یعنی ۶۰ - ۷۵) فشار می آورد. چون دوست دارد ۱۵ cm دیگر بالا برود. این هم محاسبات ریاضی اش:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_o = P_{\text{ستون جیوه}} + P'_{\text{انتهای لوله}} \Rightarrow P'_{\text{انتهای لوله}} = P_o - P_{\text{ستون جیوه}}$$

$$\Rightarrow P'_{\text{انتهای لوله}} = 75 \text{ cmHg} - 60 \text{ cmHg} = 15 \text{ cmHg}$$

۳ همان طور که گفتیم اگر در فضای بالای لوله خلأ نباشد، باید فشار گاز حبس شده در انتهای لوله را هم در نظر بگیریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_o = P_{\text{ستون جیوه}} + P_{\text{گاز}}$$



تست: در شکل روبه رو فشار هوای محیط ۷۵ cmHg است. اگر طول لوله ۱ m باشد، فشار گاز حبس شده در انتهای لوله

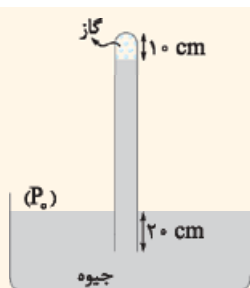
جوسنج چند پاسکال است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$, $\rho_{\text{جیوه}} = 13600 \text{ kg/m}^3$)

۱) ۱۳۸۰۰

۲) ۶۸۰۰

۳) ۲۷۲۰۰

۴) ۲۷۲۰



پاسخ: ۲ اول ارتفاع ستون جیوه (یعنی h در شکل روبه رو) را پیدا می کنیم: (طول لوله ۱۰۰ cm است.)

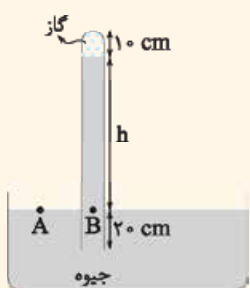
$$h = 100 - 10 - 20 = 70 \text{ cm}$$

پس فشار ستون جیوه ۷۰ cmHg است و طبق اصل هم فشاری نقاط هم تراز داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_o = P_{\text{ستون جیوه}} + P_g \Rightarrow 75 = 70 + P_g \Rightarrow P_g = 75 - 70 = 5 \text{ cmHg}$$

و در آخر یک تبدیل واحد ساده تکراری:

$$P_g = 5 \times 1360 = 6800 \text{ Pa}$$



حواستون باشه: یه وقت لوله بارومتر رو با لوله موئین اشتباه نگیرید. اولاً دو طرف لوله موئین باز است ولی یک انتهای لوله بارومتر بسته است. ثانیاً لوله موئین، خیلی نازک است ولی لوله بارومتر نازک نیست. ثالثاً علت بالا یا پایین رفتن مایع در لوله موئین جنگ بین نیروهای هم چسبی و دگرچسبی است ولی علت بالا رفتن جیوه در لوله بارومتر فشار هوای محیط است.

مانومتر (فشارسنج U شکل)



مانومتر مانند شکل روبه رو شامل یک لوله U شکل است که در یک طرفش مخزن دارد و در داخل لوله U شکل مایعی با چگالی معین (که معمولاً جیوه است) ریخته ایم.

این جا هم اصل هم فشاری در نقاط هم تراز بازیگر نقش اول است. به شکل نگاه کنید. نقطه های A و B هم ترازند و در یک مایع قرار دارند، پس داریم:

$$P_A = P_B$$

P_A را گاز داخل مخزن ایجاد کرده است و P_B هم برابر مجموع فشار ستون جیوه (h) و فشار هوای محیط است:

$$P_A = \rho gh + P_o$$

$$P = \rho gh + P_o$$

فشار مطلق در رابطه $P_A = \rho gh + P_o$ ، به P_A فشار مطلق گاز می گوییم و آن را با P نشان می دهیم:

تست: در مانومتر روبه رو فشار مطلق گاز درون مخزن چند کیلوپاسکال است؟ (فشار هوای محیط برابر 10^5 Pa ، چگالی

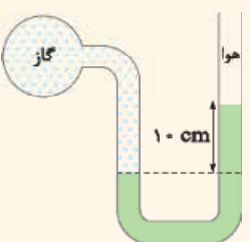
مایع برابر 2 g/cm^3 و $g = 10 \text{ N/kg}$ است.)

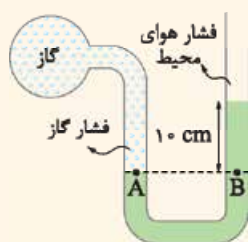
۱) ۹۷ / ۵

۲) ۷۵

۳) ۱۲۵

۴) ۱۰۲ / ۵





پاسخ: ۴ در شکل روبه‌رو، طبق اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز، فشار نقاط A و B برابر است. پس داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P = \rho gh + P_0$$

P_A همان فشار مطلق گاز درون مخزن است:

$$P_A = (2/5 \times 10^2) \times 10 \times (10 \times 10^{-2}) + 10^5 = 102500 \text{ Pa} = 102/5 \text{ kPa}$$

فشار پیمانه‌ای در گازها P_g

در مبحث فشار مایع، فشار پیمانه‌ای را معرفی کردیم. باز تعریف همان است. فشار پیمانه‌ای عبارت است از **اختلاف فشار مطلق شاره و فشار هوا**. مثلاً در مانومتر، فشار پیمانه‌ای اختلاف فشار مطلق گاز درون مخزن و فشار هوای محیط است:

$$P_{\text{مطلق}} = \pm \rho gh + P_0 \Rightarrow \underbrace{P_{\text{مطلق}} - P_0}_{\text{فشار پیمانه‌ای}} = \pm \rho gh$$

$$P_g = \pm \rho gh$$

فشار پیمانه‌ای را با P_g نشان می‌دهیم (g مخفف gauge به معنی پیمانه است). این چنین می‌نویسیم:

چند نکته: ۱ فشار پیمانه‌ای می‌تواند مثبت، صفر یا منفی باشد:

الف) اگر فشار مطلق شاره از فشار هوای محیط بیشتر باشد، فشار پیمانه‌ای مثبت است (شکل (الف)). در این حالت سطح مایع در طرف مخزن پایین‌تر و در طرف آزاد لوله بالاتر است:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_A = \rho gh + P_0 \Rightarrow P_A - P_0 = \rho gh \Rightarrow P_A - P_0 > 0 \Rightarrow P_g > 0$$

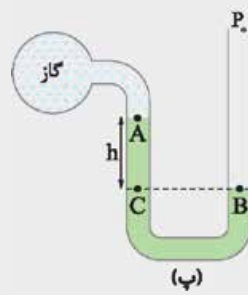
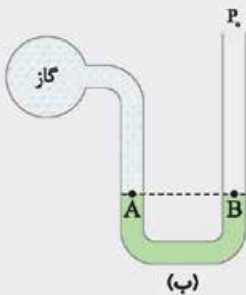
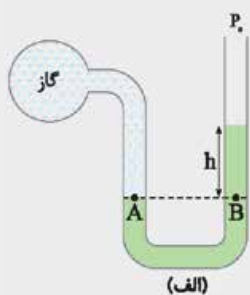
ب) اگر فشار مطلق شاره با فشار هوای محیط برابر باشد، فشار پیمانه‌ای صفر است.

$$P_A = P_B \xrightarrow{P_B=P_0} P_A = P_0 \Rightarrow P_A - P_0 = 0 \Rightarrow P_g = 0$$

در این حالت مانند شکل (ب) مایع در دو طرف لوله مانومتر هم‌سطح است:

پ) اگر مانند شکل (پ) فشار مطلق شاره از فشار هوای محیط کمتر باشد، فشار پیمانه‌ای منفی است. در این حالت سطح مایع در طرف مخزن مانومتر بالاتر است:

$$P_C = P_B \xrightarrow{P_B=P_0} P_A + \rho gh = P_0 \Rightarrow P_A - P_0 = -\rho gh \Rightarrow P_A - P_0 < 0 \Rightarrow P_g < 0$$



تست: در شکل روبه‌رو، اگر پیستون سرنگ را ۱ cm به سمت چپ جابه‌جا کنیم، سطح جیوه در طرف A لوله U شکل، ۵ cm / ۰ جابه‌جا می‌شود. در این حالت

فشار پیمانه‌ای هوای درون سرنگ چند سانتی‌متر جیوه است؟

۱ / ۵ (۱)

۱ / ۵ (۲)

-۵ / ۵ (۳)

-۱ / ۴ (۴)

پاسخ: ۴ وقتی پیستون را به سمت چپ می‌کشیم، حجم هوای درون سرنگ

افزایش و فشار آن کاهش می‌یابد، در نتیجه سطح جیوه در طرف A لوله ۵ cm / ۰ افزایش و در طرف مقابل ۵ cm / ۰ بالا می‌رود. یعنی اختلاف سطح جیوه در دو طرف لوله ۱ cm می‌شود. بنابراین در شکل روبه‌رو، فشار در سطح MN در دو طرف لوله برابر است:

$$P_G + P_{\text{جیوه}} = P_0 \xrightarrow{P_{\text{پیمانه‌ای}} = P_G - P_0} P_{\text{پیمانه‌ای}} = -P_{\text{جیوه}} = -1 \text{ cmHg}$$

حواستون باشد: منفی شدن فشار پیمانه‌ای یعنی فشار گاز (P_G) از فشار هوای محیط (P_0) کم‌تر است.

۲ فشار پیمانه‌ای را با مانومتر یا فشارسنج لاشکل اندازه می‌گیریم.

۳ دستگاه‌هایی مثل دستگاه سنجش فشار خون و فشارسنج باد لاستیک، فشار پیمانه‌ای را اندازه می‌گیرند.

نکته: شکل روبه‌رو یک نوع فشارسنج است که به آن فشارسنج **بوردون** می‌گویند. عقربه این فشارسنج زمانی حرکت می‌کند که فشار پیمانه‌ای تغییر کند. یعنی کار این وسیله نشان‌دادن فشار پیمانه‌ای شاره است.



از این درس‌نامه هم تست‌های زیادی توی کنکور اومده. پس معطل نکنید و تست‌های ۲۸۵ تا ۳۲۴ را با دقت و حوصله بزنید.

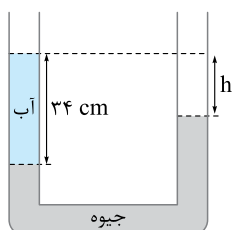


پرسش‌های چهارگزینه‌ای بخش سوم: اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز

درس ۸: تعادل مایع‌های مخلوط‌نشدنی در لوله‌های U شکل

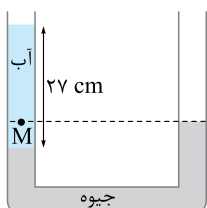
لوله‌های U شکل تست خیزترین مبحث این فصله، تقریباً همه تست‌های این مبحث به اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز ربط دارن. معمولاً مرز جدایی دو مایع به عنوان سطح هم‌تراز در نظر گرفته می‌شه. در تست‌های فرد بعدی وضعیت دو مایع در لوله U شکل رو بررسی می‌کنیم.

۲۵۳ در شکل روبه‌رو، اختلاف ارتفاع سطح آزاد آب و جیوه (h) چند سانتی‌متر است؟ (چگالی آب و جیوه به ترتیب 1 g/cm^3 و $13/6 \text{ g/cm}^3$ است.)
(ریاضی خارج ۹۱)



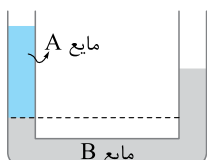
- (۱) $2/5$
(۲) 29
(۳) 30
(۴) $31/5$

۲۵۴ در شکل روبه‌رو، آب و جیوه درون لوله U شکل در حال تعادل اند. اگر فشار هوا برابر 10^5 Pa باشد، فشار در نقطه M چند کیلوپاسکال است؟ ($\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13/5 \text{ g/cm}^3$ ، $g = 10 \text{ N/kg}$)



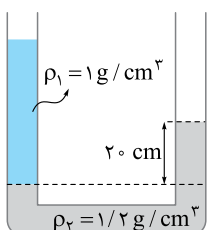
- (۱) $97/5$
(۲) $102/3$
(۳) $102/5$
(۴) $102/9$

۲۵۵ در شکل روبه‌رو، دو مایع مخلوط‌نشدنی A و B در لوله U شکلی به مساحت مقطع 2 cm^2 در حالت تعادل قرار دارند. اگر چگالی مایع B، 2 g/cm^3 و اختلاف ارتفاع آن در دو شاخه لوله برابر ۲۵ cm باشد، جرم مایع A برابر چند گرم است؟



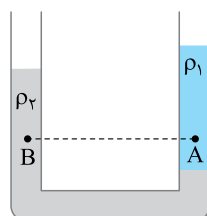
- (۱) 40
(۲) 100
(۳) 400
(۴) 1000

۲۵۶ در شکل روبه‌رو، سطح مقطع دو طرف لوله یکسان و برابر 2 cm^2 است. در شاخه سمت راست چند گرم از مایعی به چگالی ρ_2 بریزیم تا سطح مایع با چگالی ρ_1 در دو طرف لوله در یک سطح قرار گیرد؟ (هر سه مایع مخلوط‌نشدنی هستند و (آزمون‌های آزمایشی خیلی سبز))



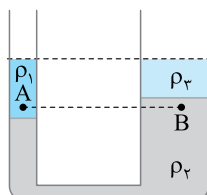
- (۱) 48
(۲) 36
(۳) 24
(۴) 12

۲۵۷ در شکل روبه‌رو، درون لوله U شکل دو مایع مخلوط‌نشدنی 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؟ (تجربی خارج ۹۵ و مشابه تجربی ۹۵)



- (۱) $P_B < P_A$ ، $\rho_2 > \rho_1$
(۲) $P_B > P_A$ ، $\rho_2 > \rho_1$
(۳) $P_B < P_A$ ، $\rho_2 < \rho_1$
(۴) $P_B > P_A$ ، $\rho_2 < \rho_1$

۲۵۸ در شکل روبه‌رو، درون یک لوله U شکل، سه مایع مخلوط‌نشدنی با چگالی‌های ρ_1 ، ρ_2 و ρ_3 ریخته شده است و مایع‌ها در تعادل اند. کدام مورد درباره مقایسه ρ_1 و ρ_2 و فشار در نقاط A و B درست است؟ (آزمون‌های آزمایشی خیلی سبز)

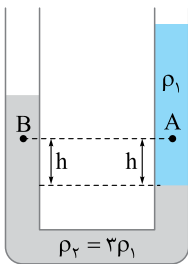


- (۱) $P_A > P_B$ ، $\rho_1 > \rho_2$
(۲) $P_A < P_B$ ، $\rho_1 > \rho_2$
(۳) $P_A > P_B$ ، $\rho_1 < \rho_2$
(۴) $P_A < P_B$ ، $\rho_1 < \rho_2$



۲۵۹ در شکل روبه‌رو، دو مایع مختلف درون لوله U شکل قرار دارند. اختلاف فشار دو نقطه A و B کدام است؟

(تجربی نوبت اول ۱۴۰۳)



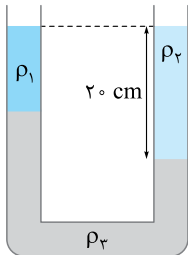
(۱) $2\rho_1 gh$

(۲) $\frac{2}{3}\rho_1 gh$

(۳) $\frac{1}{3}\rho_1 gh$

(۴) صفر

۲۶۰ در شکل روبه‌رو، سه مایع مخلوط‌نشدنی با چگالی‌های $\rho_1 = 2 \text{ g/cm}^3$ ، $\rho_2 = 2/5 \text{ g/cm}^3$ و $\rho_3 = 4 \text{ g/cm}^3$ به حالت تعادل قرار دارند. اختلاف ارتفاع مایع ρ_3 در دو طرف لوله چند سانتی‌متر است؟



(۱) $2/5$

(۲) 5

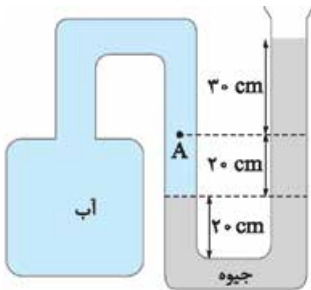
(۳) $7/5$

(۴) 15

۲۶۱ در شکل روبه‌رو، فشار پیمانه‌ای در نقطه A چند کیلوپاسکال است؟ $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$ ، $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$

(ریاضی نوبت دوم ۱۴۰۳، مشابه ریاضی ۹۴ و ریاضی خارج ۹۴)

و $(g = 10 \text{ N/kg})$



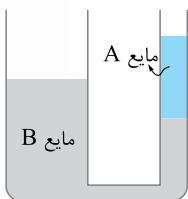
(۱) 66

(۲) 68

(۳) 64

(۴) 70

۲۶۲ سطح مقطع شاخه سمت راست و شاخه سمت چپ لوله U شکل زیر به ترتیب 20 cm^2 و 40 cm^2 است. اگر جرم مایع A برابر 400 g و چگالی مایع B برابر $1/6 \text{ g/cm}^3$ باشد، اختلاف ارتفاع مایع B در دو شاخه لوله چند سانتی‌متر است؟



(۱) $6/25$

(۲) $12/5$

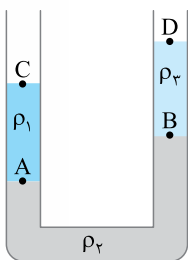
(۳) $62/5$

(۴) 125

۲۶۳ ممکنه درون لوله لاشکل، سه تا مایع در حال تعادل باشه. کلید حل این تستا هم، اصل هم‌فشاری نقاط هم‌ترازه. پس در تستای فرد بعدی در دو طرف لوله دنبال دو نقطه‌ای باشید که هم‌ترازن و درون یک مایع قرار دارن.

۲۶۴ مطابق شکل، سه مایع مخلوط‌نشدنی در لوله ریخته شده‌اند. کدام رابطه بین فشار در نقاط مشخص شده درست است؟

(ریاضی نوبت دوم ۱۴۰۲)



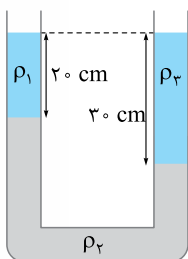
(۱) $P_A > P_B > P_C = P_D$

(۲) $P_A = P_B > P_C > P_D$

(۳) $P_A - P_C = P_B - P_D$

(۴) $P_A + P_C = P_B + P_D$

۲۶۵ در یک لوله U شکل آب با چگالی 1 g/cm^3 قرار دارد. در یکی از شاخه‌ها روغن به چگالی $8/10 \text{ g/cm}^3$ می‌ریزیم تا سطح آب در شاخه روبه‌رو 25 cm بالا رود. اختلاف ارتفاع سطح آزاد آب و روغن در دو شاخه چند سانتی‌متر است؟ (مساحت مقطع شاخه‌ها یکسان است.)



(۴) $6/25$

(۳) 20

(۲) $12/5$

(۱) $31/25$

۲۶۶ در شکل روبه‌رو، سه مایع مخلوط‌نشدنی با چگالی‌های ρ_1 ، ρ_2 و ρ_3 به حالت تعادل قرار دارند. اگر $\rho_2 = 2\rho_1$ باشد، نسبت $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ چه قدر است؟

(ریاضی خارج نوبت دوم ۱۴۰۴ و مشابه ریاضی خارج نوبت دوم ۱۴۰۲)

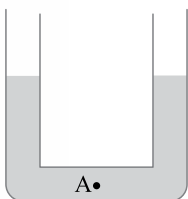
(۲) $\frac{5}{4}$

(۴) $\frac{4}{3}$

(۱) $\frac{4}{5}$

(۳) $\frac{3}{4}$

۲۶۷ در شکل روبه‌رو، سطح مقطع لوله در هر طرف برابر 2 cm^2 است و در لوله جیوه ریخته شده است. اگر در یکی از شاخه‌ها روی جیوه 68 g آب بریزیم، فشار در نقطه A چند سانتی‌متر جیوه افزایش می‌یابد؟ (چگالی جیوه و آب به ترتیب $13/6 \text{ g/cm}^3$ و 1 g/cm^3 است.)

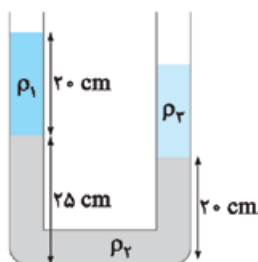


(۲) $2/50$

(۴) $4/50$

(۱) $1/25$

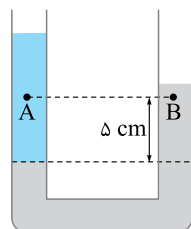
(۳) $3/75$



۳۶۷ در شکل روبه‌رو، سه مایع مخلوط‌نشدنی به چگالی‌های $\rho_1 = 0.8 \text{ g/cm}^3$ ، $\rho_2 = 2.4 \text{ g/cm}^3$ و مایع سوم با چگالی ρ_3 به حالت تعادل قرار دارند. اگر سطح مقطع لوله ۲ cm^2 باشد، جرم مایع سوم چند گرم است؟

(تجربی خارج ۱۴۰۰)

- ۵۶ (۱)
۴۸ (۲)
۴۲ (۳)
۳۵ (۴)

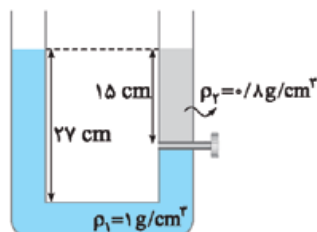


۳۶۸ در شکل روبه‌رو، دو مایع مخلوط‌نشدنی به چگالی‌های 800 kg/m^3 و 1000 kg/m^3 در لوله U شکل قرار دارند. اگر فشار در نقاط A و B را به ترتیب با P_A و P_B نشان دهیم، کدام رابطه در SI برقرار است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$)

(تجربی خارج ۹۴)

- $P_A = P_B$ (۱)
 $P_A = \frac{4}{5} P_B$ (۲)
 $P_A = P_B - 100$ (۳)
 $P_A = P_B + 100$ (۴)

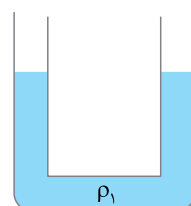
در تست‌های فرد بعدی مایع‌ها در لوله جابه‌جا می‌شن و از یک وضعیت خارج می‌شن و به وضعیت تعادل جدید می‌رسن. در این تست‌ها یا لوله‌های U شکل شیر دارن یا مایع جدیدی به لوله اضافه می‌شه.



۳۶۹ در شکل روبه‌رو، دو مایع مخلوط‌نشدنی، توسط شیر رابط از هم جدا شده‌اند. اگر شیر را باز کنیم، اختلاف ارتفاع سطح آزاد در دو طرف لوله چند سانتی‌متر می‌شود؟

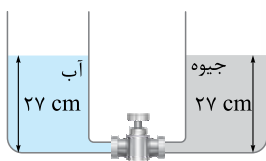
(ریاضی خارج نوبت دوم ۱۴۰۳)

- ۵ (۱)
۴ (۲)
۳ (۳)
۲ (۴)



۳۷۰ مطابق شکل روبه‌رو، درون لوله U شکل، مایعی با چگالی $\rho_1 = 1.5 \text{ g/cm}^3$ قرار دارد. در شاخه سمت چپ مایع مخلوط‌نشدنی با چگالی $\rho_2 = 0.9 \text{ g/cm}^3$ و در شاخه سمت راست مایع مخلوط‌نشدنی دیگری با چگالی $\rho_3 = 1.2 \text{ g/cm}^3$ می‌ریزیم تا سطح آزاد مایع‌ها در دو شاخه لوله در یک سطح قرار گیرند. اگر ارتفاع ستون مایع ρ_2 برابر ۵ cm باشد، سطح مایع ρ_1 در شاخه سمت راست نسبت به حالت اولیه چند سانتی‌متر و به کدام طرف جابه‌جا می‌شود؟ (قطر مقطع شاخه‌ها برابر است).

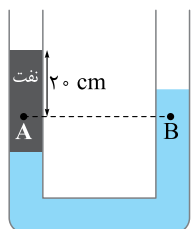
- ۲/۵، بالا (۱)
۵/۵، پایین (۲)
۵، پایین (۳)
۵/۵، بالا (۴)



۳۷۱ دو ظرف استوانه‌ای مشابه به وسیله لوله بسیار باریک با حجم ناچیز به یکدیگر مربوط‌اند و مطابق شکل، در یک استوانه آب و در دیگری جیوه قرار دارد. اگر شیر ارتباطی بین دو ظرف را باز کنیم، سطح جیوه در ظرف چند سانتی‌متر پایین می‌آید؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = 13.5 \text{ g/cm}^3$ و $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$)

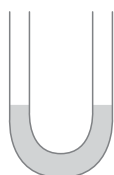
(تجربی خارج ۹۸ و مشابه ریاضی ۹۵)

- ۲ (۱)
۱۲/۵ (۲)
۲۵ (۳)
۵ (۴)



۳۷۲ مطابق شکل، نفت با یک مایع مخلوط‌نشدنی در یک لوله U شکل در حالت تعادل قرار دارد. ارتفاع ستون نفت ۳۰ cm و اختلاف فشار بین دو نقطه A و B برابر ۴۰۰ Pa است. چگالی مایع چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ ($\rho_{\text{نفت}} = 0.8 \text{ g/cm}^3$ و $g = 10 \text{ N/kg}$)

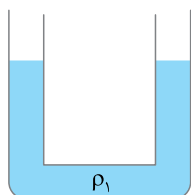
- ۱/۲ (۱)
۲/۴ (۲)
۱/۵ (۳)
۱/۲ (۴)



۳۷۳ در شکل روبه‌رو، درون لوله U شکل مقداری جیوه قرار دارد. در یکی از شاخه‌ها روی جیوه به ارتفاع ۱۷ cm مایعی به چگالی 2 g/cm^3 می‌ریزیم. در شاخه روبه‌رو، سطح جیوه نسبت به موقعیت اولیه، چند سانتی‌متر بالا می‌آید؟ ($\rho_{\text{Hg}} = 13.6 \text{ g/cm}^3$)

(ریاضی نوبت اول ۱۴۰۴، مشابه ریاضی ۹۱ و تجربی ۹۰)

- ۱/۲۵ (۱)
۳/۷۵ (۲)
۵/۴ (۳)
۲/۵ (۴)



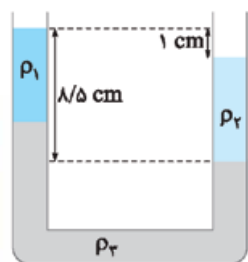
۳۷۴ مطابق شکل روبه‌رو، درون لوله U شکل مایعی با چگالی $\rho_1 = 1.5 \text{ g/cm}^3$ قرار دارد. در شاخه سمت چپ مایع مخلوط‌نشدنی با چگالی $\rho_2 = 0.9 \text{ g/cm}^3$ و در شاخه سمت راست مایع مخلوط‌نشدنی دیگری با چگالی $\rho_3 = 1.2 \text{ g/cm}^3$ می‌ریزیم تا سطح آزاد مایع‌ها در دو شاخه لوله در یک سطح قرار گیرند. اگر ارتفاع ستون مایع ρ_2 برابر ۵ cm باشد، سطح مایع ρ_1 در شاخه سمت راست نسبت به حالت اولیه چند سانتی‌متر و به کدام طرف جابه‌جا می‌شود؟ (قطر مقطع شاخه‌ها برابر است).

- ۲/۵، بالا (۱)
۵/۵، پایین (۲)
۵، بالا (۳)
۵/۵، پایین (۴)



۲۷۵ در یک لوله U شکل قائم به سطح مقطع 2 cm^2 جیوه وجود دارد. در یکی از شاخه های آن، روی جیوه، آن قدر الکل می ریزیم تا جیوه در شاخه روبه رو، نسبت به محل اولیه، 5 cm بالاتر بیاید. حجم الکل چند سانتی متر مکعب است؟ (جیوه $\rho = 13.6 \text{ g/cm}^3$ و الکل $\rho = 0.8 \text{ g/cm}^3$) (ریاضی نوبت اول ۱۴۰۳)

۸/۵ (۱) ۱۷ (۲) ۳۴ (۳) ۵۱ (۴)



۲۷۶ در لوله U شکل روبه رو، سه مایع مخلوط نشده در حالت تعادل اند و $\rho_1 = 1/5 \text{ g/cm}^3$ ، $\rho_2 = 2 \text{ g/cm}^3$ و $\rho_3 = 2/4 \text{ g/cm}^3$ است. اگر فشار در مرز مشترک مایع های ρ_1 و ρ_2 برابر P و فشار در مرز مشترک مایع های ρ_2 و ρ_3 برابر P' باشد، $P - P'$ چند پاسکال است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$)

-۶۰۰ (۱)

۶۰۰ (۲)

-۱۲۰۰ (۳)

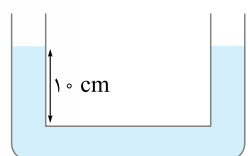
۱۲۰۰ (۴)

۲۷۷ سطح مقطع یک لوله U شکل 3 cm^2 است و در آن مایعی با چگالی $\rho_1 = 2 \text{ g/cm}^3$ ریخته شده است. مایع در هر شاخه لوله 15 cm بالا آمده است. در یکی از شاخه ها، 30 cm^3 مایع مخلوط نشده با چگالی $\rho_2 = 1 \text{ g/cm}^3$ می ریزیم و در شاخه روبه رو نیز 30 cm^3 مایع مخلوط نشده دیگری به چگالی $\rho_3 = 0.8 \text{ g/cm}^3$ می ریزیم. اختلاف ارتفاع سطح آزاد مایع ها در دو شاخه، چند سانتی متر است؟ (تجربی کنکور مجدد ۱۴۰۱)

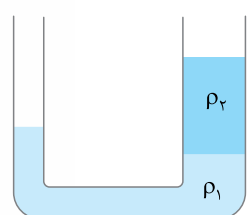
۰/۵ (۱) ۱ (۲) ۱/۵ (۳) ۲ (۴)



۱۰ (۱) ۱۲/۵ (۲) ۲۰ (۳) ۲۵ (۴)



۸ (۱) ۱۲ (۲) ۱۲/۸ (۳) ۱۶ (۴)

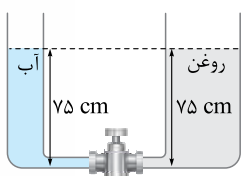


۲۸۰ در لوله U شکل روبه رو قطر شاخه سمت راست ۲ برابر شاخه سمت چپ است و در آن دو مایع با چگالی ρ_1 و ρ_2 در حال تعادل اند، به طوری که اختلاف سطح مایع ρ_1 در دو طرف لوله برابر 6 cm و اختلاف سطح آزاد دو مایع در دو طرف لوله 12 cm است. چند درصد از جرم مایع ρ_2 را از شاخه سمت راست به شاخه سمت چپ منتقل کنیم تا اختلاف سطح مایع ρ_1 در دو طرف لوله باز هم 6 cm شود؟

۲۰ (۱) ۴۰ (۲)

۵۰ (۳) ۶۰ (۴)

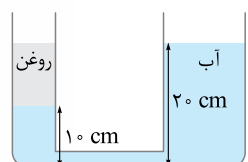
اگر سطح مقطع لوله U شکل در دو طرفش یکسان نباشد، به خرده کار برای ما سخت تر می شه! ولی فقط به خرده!



۲۸۱ در شکل روبه رو، قطر لوله سمت راست، ۲ برابر قطر لوله سمت چپ است. اگر شیر ارتباطی بین دو لوله باز شود، پس از ایجاد تعادل، سطح روغن چند سانتی متر بالایی رود؟ (چگالی آب 1 g/cm^3 و چگالی روغن 0.8 g/cm^3) (آزمون های آزمایشی خیلی سبز)

۳ (۱) ۵ (۲)

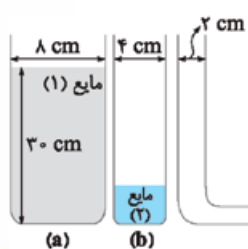
۷/۵ (۳) ۱۲ (۴)



۰/۷ (۱) ۰/۹۲ (۲) ۰/۹۶ (۳) ۰/۷۲ (۴)



۱۷/۵ (۱) ۲۸ (۲) ۳۵ (۳) ۷۰ (۴)



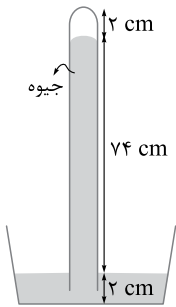
۲۸۴ فشار ناشی از مایع های (۱) و (۲) در ته استوانه های (a) و (b) به ترتیب برابر $37/5 \text{ torr}$ و $3/125 \text{ torr}$ است. ابتدا مایع (۱) را درون لوله U شکل (c) می ریزیم تا در وضع تعادل قرار گیرد. سپس مایع (۲) را به شاخه سمت چپ لوله U شکل اضافه می کنیم. در حالت تعادل جدید، سطح مایع (۱) در شاخه سمت راست، چند سانتی متر از حالت قبلی بالاتر است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$ ، $\rho_1 = 13.6 \text{ g/cm}^3$ ، $\rho_2 = 3$ ، $\rho_3 = 1 \text{ g/cm}^3$) (ریاضی خارج ۹۶)

۱۰ (۱) ۸ (۲)

۴ (۳) ۲ (۴)

بارومتر یا فشارسنج هوا یا جوسنج، ساختمان خیلی ساده‌ای دارد: یک لوله آزمایش بلند پر از جیوه که توی یه تشت پر از جیوه وارونه شده. اصل هم فشاری نقطه‌های هم‌تراز اساس کار بارومتره.

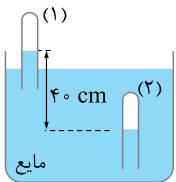
۲۸۵ شکل روبه‌رو یک جوسنج ساده جیوه‌ای است که فشار هوا را به درستی نشان می‌دهد. چند مورد از عبارت‌های زیر درست است؟
(آزمون‌های آزمایشی خیلی‌سبز و برگرفته از کتاب درسی)



- الف) فشار هوای محیطی که جوسنج در آن جا قرار دارد، برابر 76 cmHg است.
ب) اگر جوسنج را به ارتفاع بالاتری (مثلاً به قله یک کوه) ببریم، ممکن است جیوه تمام فضای لوله را پر کند.
پ) اگر از لوله‌ای با سطح مقطع بزرگ‌تر استفاده کنیم، ارتفاع ستون جیوه درون لوله کاهش می‌یابد.
ت) اگر از لوله‌ای با طول بیشتر استفاده کنیم، ارتفاع ستون جیوه درون لوله تغییر نمی‌کند.
ث) اگر لوله را از راستای قائم کج کنیم، تا لحظه‌ای که فضای خالی بالای لوله پر نشود، ارتفاع ستون جیوه تغییر نمی‌کند.

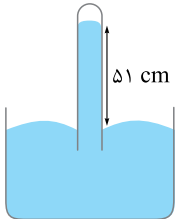
- ۴ (۱)
۳ (۲)
۲ (۳)
۱ (۴)

۲۸۶ در شکل روبه‌رو، چگالی مایع $8/5$ درصد کم‌تر از چگالی جیوه و فشار گاز محبوس در لوله (۱) 70 cmHg است. اگر فاصله قائم بین سطح مایع در لوله‌های (۱) و (۲) برابر 40 cm باشد، فشار گاز محبوس در لوله (۲) چند سانتی‌متر جیوه است؟



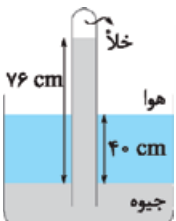
- ۶۵ (۱)
۷۵ (۳)
۷۰ (۲)
۸۰ (۴)

۲۸۷ در شکل روبه‌رو، چگالی مایع درون ظرف و لوله $2/8 \text{ g/cm}^3$ است. اگر فشار هوا در محیط $75/5 \text{ cmHg}$ باشد، فشار هوای جمع شده در انتهای لوله چند پاسکال است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$) (ریاضی نوبت دوم ۱۴۰۴ و مشابه تجربی ۹۳)



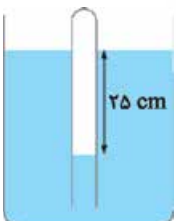
- ۱۴۲۸۰ (۱)
۵۵۶۰۰ (۲)
۶۹۳۶۰ (۳)
۸۸۴۰۰ (۴)

۲۸۸ در بارومتر روبه‌رو، بر روی جیوه درون ظرف مایعی با چگالی $85/0 \text{ g/cm}^3$ ریخته‌ایم. فشار هوای محیط چند تور است؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$)



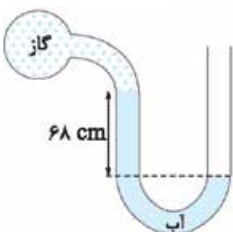
- ۷۸۵ (۱)
۷۳۵ (۲)
۷۸/۵ (۳)
۷۳/۵ (۴)

۲۸۹ در شکل روبه‌رو، اگر چگالی مایع 2 g/cm^3 باشد، فشار گاز محبوس درون لوله چند کیلوپاسکال است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$ و $P_0 = 10^5 \text{ Pa}$) (ریاضی خارج ۹۹)



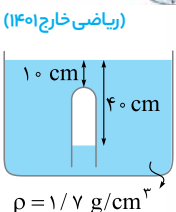
- ۸۵ (۱)
۹۵ (۲)
۱۰۵ (۳)
۱۲۵ (۴)

۲۹۰ در شکل روبه‌رو، فشار پیمانه‌ای گاز چند سانتی‌متر جیوه است؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$ ، $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ ، $\rho_{\text{گاز}} = 10 \text{ N/kg}$) و فشار هوای محیط 75 cmHg است.



- ۵ (۱)
۵ (۲)
-۵۰ (۳)
۵۰ (۴)

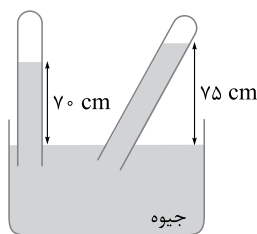
۲۹۱ در شکل روبه‌رو، فشار پیمانه‌ای گاز محبوس در لوله چند سانتی‌متر جیوه است؟ (چگالی جیوه $= 13/6 \text{ g/cm}^3$ و $g = 10 \text{ N/kg}$)



- ۵ (۱)
۱۲ (۲)
۷۱ (۳)
۸۱ (۴)

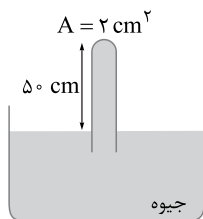
۲۹۲ با توجه به طرحواره روبه‌رو که مربوط به اندازه‌گیری فشار هوای محیط می‌شود، کدام نتیجه زیر همواره درست است؟ (ق.م)

- (۱) فشار هوای محیط حداکثر ۷۵ cmHg است.
- (۲) فشار هوای محیط قطعاً ۷۵ cmHg است.
- (۳) فشار هوای محیط حداقل ۷۵ cmHg است.
- (۴) فشار هوای محیط قطعاً ۷۰ cmHg است.



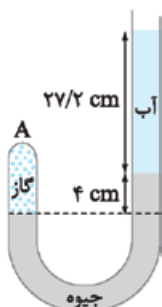
۲۹۳ در شکل روبه‌رو، فشار هوای محیط ۷۵ cmHg است؛ به ترتیب از راست به چپ در این حالت، نیروی وارد بر انتهای بسته لوله چند نیوتون است و اگر انتهای بسته لوله با سطح جیوه درون ظرف، هم‌سطح شود، نیروی وارد بر انتهای بسته لوله چند نیوتون افزایش می‌یابد؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = 13600 \text{ kg/m}^3$ و $g = 10 \text{ N/kg}$)

- (۱) ۱۳/۶، ۶/۸
- (۲) ۲۰/۴، ۱۰/۲
- (۳) ۲۰/۴، ۶/۸
- (۴) ۱۳/۶، ۱۰/۲



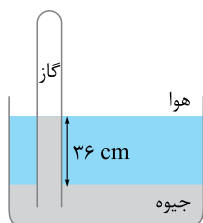
۲۹۴ در شکل روبه‌رو، فشار گاز در شاخه A برابر چند سانتی‌متر جیوه است؟ (چگالی جیوه $13/6 \text{ g/cm}^3$ ، چگالی آب 1 g/cm^3 و فشار هوای محیط ۷۴ cmHg است.)

- (۱) ۶۸
- (۲) ۸۰
- (۳) ۶۶
- (۴) ۷۶



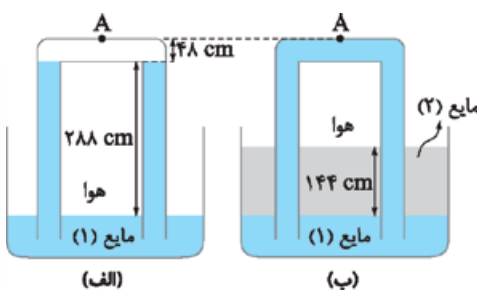
۲۹۵ در بارومتر روبه‌رو بر روی جیوه درون ظرف، مایعی به چگالی $1/5 \text{ g/cm}^3$ ریخته‌ایم. اگر فشار هوای محیط ۷۶ cmHg باشد، فشار گاز محبوس در انتهای لوله بارومتر چند کیلوپاسکال است؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = 13500 \text{ kg/m}^3$ و $g = 10 \text{ N/kg}$)

- (۱) ۳۲
- (۲) ۴۴
- (۳) ۴۳/۲
- (۴) ۵۹/۴



۲۹۶ یک لوله U شکل را پُر از مایعی با چگالی $3/4 \text{ kg/L}$ می‌کنیم و آن را مطابق شکل (الف) در ظرفی که حاوی همان مایع است، وارونه می‌کنیم. سپس مطابق شکل (ب) مایع دیگری با چگالی $1/7 \text{ kg/L}$ را بر روی مایع اول می‌ریزیم. در این صورت فشار در نقطه A به چند سانتی‌متر جیوه می‌رسد؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$)

- (۱) ۶
- (۲) ۱۲
- (۳) ۱۸
- (۴) ۸۴



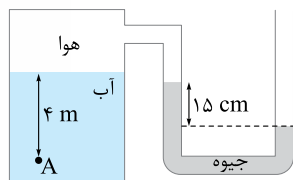
مانومتر یا فشارسنج شاره‌ها یک لوله U شکل محتوی مایعی (مثل جیوه) است که برای اندازه‌گیری فشار شاره‌های داخل محفظه‌های بسته (مثل کپسول گاز یا لاستیک خودرو) به کار می‌رود.

(تجربی نوبت اول ۱۴۰۴)

۲۹۷ کدام مورد نادرست است؟

- (۱) بارومتر، وسیله‌ای ساده برای اندازه‌گیری فشار جو است.
- (۲) فشار در یک عمق معین از مایع به جهت‌گیری سطحی که فشار به آن وارد می‌شود، بستگی دارد.
- (۳) یکی از وسیله‌های ساده برای اندازه‌گیری فشار یک شاره محصور، فشارسنج U شکل است که مانومتر نامیده می‌شود.
- (۴) در آزمایش تورپچلی، برای لوله‌های غیرمومین، اگر سطح مقطع و طول لوله‌ها متفاوت باشد، ارتفاع ستون جیوه تغییر نمی‌کند.

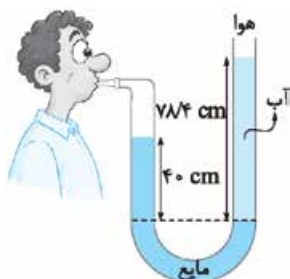
۲۹۸ در شکل روبه‌رو، فشار در نقطه A چند کیلوپاسکال است؟ ($\rho_{\text{آب}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$ ، $\rho_{\text{جیوه}} = 13600 \text{ kg/m}^3$ ، فشار هوای بیرون 10^5 Pa و $g = 10 \text{ N/kg}$ است.) (تجربی ۹۴)



- (۱) ۷۹/۶
- (۲) ۱۱۹/۶
- (۳) ۶۸/۴
- (۴) ۱۲۰/۴

۲۹۹ کدام عبارت درست است؟

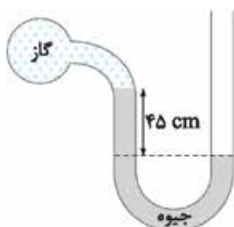
- (۱) بارومتر و مانومتر فشار پیمانه‌ای را اندازه‌گیری می‌کنند.
- (۲) بارومتر فشار پیمانه‌ای و مانومتر فشار مطلق را اندازه‌گیری می‌کند.
- (۳) بارومتر و مانومتر فشار مطلق را اندازه‌گیری می‌کنند.
- (۴) بارومتر فشار مطلق و مانومتر فشار پیمانه‌ای را اندازه‌گیری می‌کند.



۳۰۰ در شکل روبه‌رو، فشار پیمانه‌ای هوای درون ریه شخصی که در حال فوت کردن درون لوله است، چند سانتی‌متر جیوه است؟
(برگرفته از کتاب درسی)

$$\rho_{\text{مایع}} = 0.6 \text{ g/cm}^3 \text{ و } \rho_{\text{آب}} = 1.3 \text{ g/cm}^3 \text{ (جیوه)}$$

- ۲ (۱)
۳ (۲)
۴ (۳)
۵ (۴)



۳۰۱ در شکل روبه‌رو، اگر فشار هوا 10^5 Pa و چگالی جیوه 13600 kg/m^3 باشد، فشار گاز درون ظرف چند پاسکال است؟

(ریاضی خارج ۹۵)

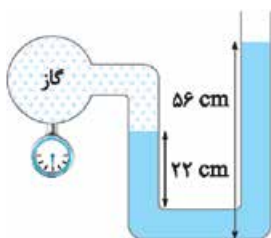
$$(g = 10 \text{ N/kg})$$

- ۳۸۸۰۰ (۱)
۶۱۲۰۰ (۲)
۱۳۸۸۰۰ (۳)
۱۶۱۲۰۰ (۴)



۳۰۲ در شکل روبه‌رو، آسانسور با شتاب رو به بالا و ثابت در حرکت است. اگر فشار هوای داخل کابین را با P نشان دهیم، کدام گزینه درست است؟

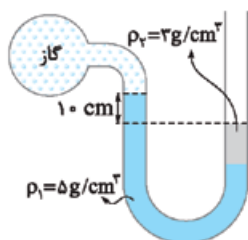
- $P = 76 \text{ cmHg}$ (۱)
 $P < 76 \text{ cmHg}$ (۲)
 $P > 76 \text{ cmHg}$ (۳)
 $P = 0$ (۴)



۳۰۳ در شکل روبه‌رو، اگر فشار گاز درون مخزن $108/8 \text{ kPa}$ و فشار هوا 75 cmHg باشد، چگالی مایع درون لوله چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$ و چگالی جیوه 13.6 g/cm^3 است.)

(تجربی خارج نوبت دوم ۱۴۰۳)

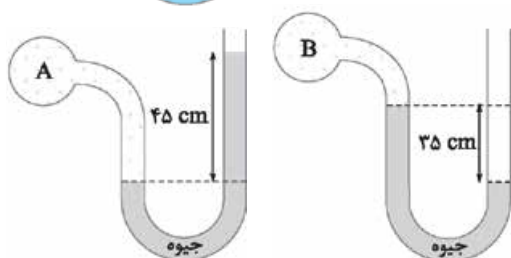
- ۰/۸ (۱)
۱ (۲)
۱/۸ (۳)
۲ (۴)



۳۰۴ در شکل روبه‌رو، فشار پیمانه‌ای گاز درون مخزن -10 kPa است. ارتفاع مایع با چگالی ρ_2 در شاخه سمت راست چند سانتی‌متر است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

$$(g = 10 \text{ m/s}^2)$$

- ۲۵ (۱)
۳۵ (۲)
۷۵ (۳)
۸۵ (۴)

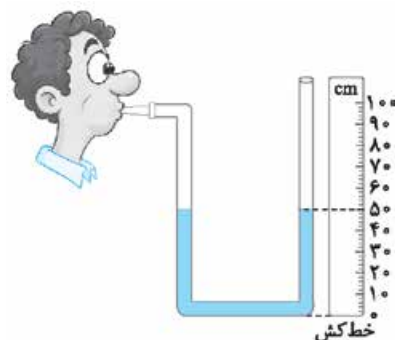


۳۰۵ اگر فشار هوا در محل آزمایش 75 cmHg باشد، فشار گاز درون مخزن A چند برابر فشار گاز درون مخزن B است؟

(ریاضی خارج ۹۸)

در مخزن B است؟

- $\frac{9}{7}$ (۱)
۲ (۲)
 $\frac{16}{7}$ (۳)
۳ (۴)



۳۰۶ یک مانومتر حاوی مایعی به چگالی 8 g/cm^3 است و فردی مطابق شکل هوای دم و بازدم خود را وارد مانومتر می‌کند. در این عمل، حداکثر و حداقل ارتفاع مایع در لوله سمت راست به ترتیب بر روی اعداد ۶۵ و ۴۰ قرار می‌گیرد. اختلاف فشار دم و بازدم این فرد چند پاسکال است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

$$(P_0 = 10^5 \text{ Pa})$$

- ۸۰۰۰ (۱)
۲۰۰۰۰ (۲)
۴۰۰۰۰ (۳)
۴۰۰۰ (۴)

(آزمون‌های آزمایشی خیلی‌سبز)

در تست های فرد بعدی، طراح هوس کرده دو مایع در لوله مانومتر بریزد!

۳۰۷ درون لوله U شکلی که به یک مخزن محتوی گاز وصل شده است، جیوه به چگالی 13600 kg/m^3 و مایعی به چگالی ρ وجود دارد. اگر فشار هوای بیرون لوله 10^5 Pa باشد، ρ چند کیلوگرم بر مترمکعب است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

(تجربی ۱۴۰۰ و مشابه کتاب درسی)

۱۰۰۰ (۱)

۱۵۰۰ (۲)

۲۰۰۰ (۳)

۲۵۰۰ (۴)

۳۰۸ فشار هوا در محل آزمایش شکل روبه رو 75 cmHg و سطح مقطع دو لوله A و B برابر است. اگر نیروی وارد بر انتهای لوله B از طرف مایع، ۲ برابر نیروی وارد بر انتهای لوله A از طرف مایع باشد، چگالی مایع درون ظرف چند برابر چگالی جیوه است؟

(آزمون های آزمایشی خیلی سبز)

$\frac{3}{8}$ (۲)

$\frac{8}{15}$ (۴)

$\frac{3}{4}$ (۱)

$\frac{1}{3}$ (۳)

۳۰۹ در شکل روبه رو، فشار پیمانه ای گاز 2 kPa است. چگالی مایع چند کیلوگرم بر مترمکعب است؟

(تجربی نوبت اول ۱۴۰۲ و مشابه ریاضی ۱۴۰۰)

($g = 10 \text{ m/s}^2$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13600 \text{ kg/m}^3$)

۳۶۰۰ (۱)

۲۵۰۰ (۲)

۱۸۰۰ (۳)

۹۰۰ (۴)

۳۱۰ در شکل روبه رو، $h_1 = 2h_2$ است. چگالی مایع (۱) چند برابر چگالی مایع (۲) است؟

۰/۲۵ (۱)

۰/۵ (۲)

۱ (۳)

۲ (۴)

۳۱۱ مطابق شکل، درون لوله U شکلی که به یک مخزن گاز وصل شده است، دو مایع با چگالی های $\rho_1 = 1/2 \text{ g/cm}^3$ و $\rho_2 = 1/57 \text{ g/cm}^3$ وجود دارد. فشار پیمانه ای مخزن گاز چند میلی متر جیوه است؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = 13600 \text{ kg/m}^3$)

(تجربی نوبت دوم ۱۴۰۴)

-۲/۵ (۲)

-۴۰ (۴)

-۴ (۱)

-۲۵ (۳)

۳۱۲ در شکل روبه رو، چگالی مایع (۱)، ۴ برابر چگالی مایع (۲) است. اگر فشار گاز محبوس در مخزن، ۲۰ درصد بیشتر از فشار هوا باشد، فشار پیمانه ای نقطه A چند برابر فشار هوا است؟

(آزمون های آزمایشی خیلی سبز)

$\frac{2}{5}$ (۲)

$\frac{1}{3}$ (۴)

$\frac{1}{5}$ (۱)

$\frac{1}{6}$ (۳)

۳۱۳ مطابق شکل روبه رو، درون لوله U شکلی که به یک مخزن گاز متصل است، حجم مساوی از آب و روغن قرار دارد. فشار پیمانه ای مخزن گاز چند میلی متر جیوه است؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$ ، $\rho_{\text{آب}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ و $\rho_{\text{روغن}} = 800 \text{ kg/m}^3$)

(ریاضی ۹۹ و مشابه کتاب درسی)

۱ (۱)

۵ (۲)

۱۰ (۳)

۴ (۴)

۳۱۴ در لوله U شکل روبه رو قطر لوله در شاخه راست، ۳ برابر قطر لوله در شاخه چپ و چگالی مایع داخل آن $1/7 \text{ kg/L}$ است. شاخه چپ را به مخزن گازی وصل می کنیم. اگر ارتفاع مایع در شاخه سمت راست $4/4 \text{ cm}$ بالا برود، فشار پیمانه ای گاز درون مخزن چند تور است؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = 13600 \text{ kg/m}^3$ و $g = 10 \text{ N/kg}$)

(۱/۲/۲)

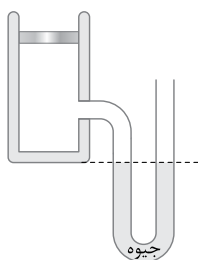
۵/۵ (۲)

۲/۲ (۱)

۲۲ (۳)

۵۵ (۴)

در تست بعدی، طراح فشار گاز درون سیلندر را تغییر داده است.



۳۱۵ در شکل روبه‌رو، 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 5 cm برسد؟ $g = 10 \text{ m/s}^2$ ، مساحت قاعده پیستون 50 cm^2 و چگالی جیوه 13.6 g/cm^3 است. (ق.۴)

$$4/3(2)$$

$$3/2(1)$$

$$6/4(4)$$

$$5/1(3)$$

۳۱۶ فشارسنج بوردون در شکل (الف) عدد 3 kPa و در شکل (ب) عدد 4 kPa را نشان می‌دهد.

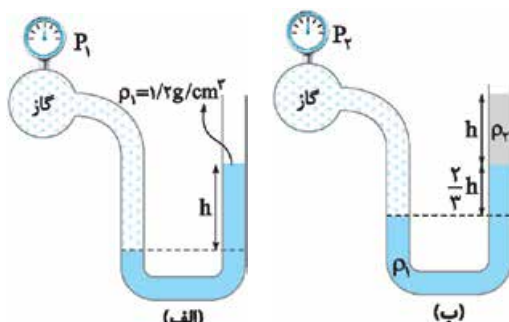
چگالی مایع (۲) (ρ_r) در SI کدام است؟ $g = 10 \text{ m/s}^2$ و فشار هوای محیط 10^5 Pa است.

$$400(1)$$

$$600(2)$$

$$800(3)$$

$$1000(4)$$



(الف)

(ب)

مانومتری در مخزن مانومتر دیگر! تست‌های فرد بعدی این مدلی شما رو به چالش می‌کشند!

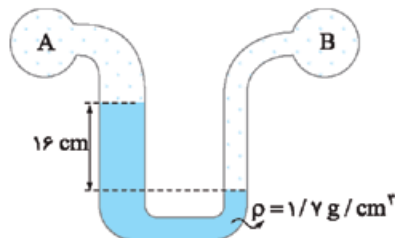
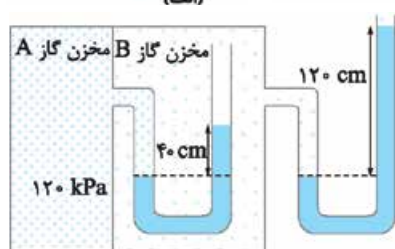
۳۱۷ در شکل روبه‌رو، در هر دو لوله مایع یکسانی وجود دارد. چگالی مایع چند گرم بر لیتر است؟ (فشار هوای محیط را 100 kPa و $g = 10 \text{ m/s}^2$ در نظر بگیرید.) (تجربی نوبت دوم ۱۴۰۳)

$$1/25(1)$$

$$1250(2)$$

$$2/50(3)$$

$$2500(4)$$



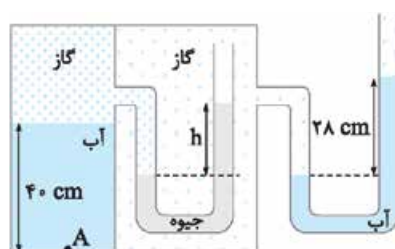
۳۱۸ در شکل روبه‌رو قطر مقطع شاخه سمت چپ لوله ۲ برابر قطر مقطع شاخه سمت راست لوله است. اگر فشار گاز مخزن A، 2 cmHg افزایش و فشار گاز مخزن B، 1 cmHg کاهش یابد، اختلاف سطح مایع در دو طرف لوله به چند سانتی‌متر می‌رسد؟ $(g = 10 \text{ N/kg}$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \text{ g/cm}^3)$

$$4/8(1)$$

$$8(2)$$

$$19/2(3)$$

$$24(4)$$



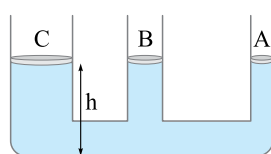
۳۱۹ در شکل روبه‌رو، اگر فشار هوا 10^5 Pa ، فشار پیمانه‌ای در نقطه A، 34 kPa و چگالی آب و جیوه در SI به ترتیب 1000 و 13600 باشد، چند سانتی‌متر است؟ (ریاضی خارج ۹۷ با کمی تغییر و مشابه کتاب درسی)

$$22(1)$$

$$20(2)$$

$$18(3)$$

$$15(4)$$



۳۲۰ در شکل روبه‌رو، سه پیستون A، B و C، بدون اصطکاک هستند و روی آب در حالت تعادل و در ارتفاع یکسان h قرار دارند. روی پیستون‌ها وزنه‌هایی با جرم یکسان قرار می‌دهیم؛ اگر دوباره پیستون‌ها به حالت تعادل برسند و ارتفاع ستون‌های مایع به ترتیب h_A ، h_B و h_C باشند، کدام رابطه درست است؟ (ریاضی نوبت اول ۱۴۰۳ و مشابه ریاضی خارج ۹۳)

$$h_C < h_B < h_A(2)$$

$$h_C > h_B > h_A(1)$$

$$h_C + h_B + h_A = 3h(4)$$

$$h_C = h_B = h_A(3)$$

(ریاضی خارج ۹۱)

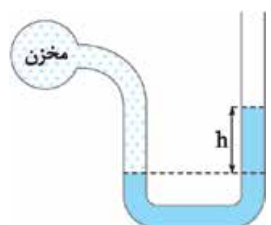
۳۲۱ فشار هوای داخل لاستیک بادشده‌ای، 220 kPa اندازه‌گیری می‌شود. این فشار $(g = 10 \text{ m/s}^2$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \text{ g/cm}^3)$

(۲) فشار پیمانه‌ای است و معادل 22 atm است.

(۱) فشار مطلق است و معادل 22 atm است.

(۴) فشار مطلق است و تقریباً معادل 162 cmHg است.

(۳) فشار پیمانه‌ای است و تقریباً معادل 162 cmHg است.



۳۲۲ در شکل روبه‌رو، چگالی مایع درون لوله U شکل $1/2 \text{ g/cm}^3$ است. اگر به ارتفاع $2h$ از مایع دیگری به چگالی ρ به شاخه سمت راست لوله اضافه کنیم، فشار پیمانه‌ای گاز درون مخزن 25 درصد افزایش می‌یابد و مایع اولیه، در دو شاخه لوله هم‌سطح می‌شود. ρ چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ (آزمون‌های آزمایشی خیلی سبز)

$$0/75(2)$$

$$0/6(1)$$

$$0/9(4)$$

$$0/72(3)$$

بالابر هیدرولیکی موضوعیه که در کتاب درسی شما به آن پرداخته نشده. ولی بد نیست به تست کنکور از سال های دور از این موضوع بینیم:



در شکل روبه رو، به دو پیستون با اصطکاک ناچیز که روی یک مایع قرار دارند، نیروهای F_1 و F_2 وارد می شود و فشار P_1 و P_2 را روی دو سطح هم تراز A_1 و A_2 ایجاد می کنند. اگر پیستون ها تحت تأثیر این نیروها حرکت نکنند (در تعادل باشند)، نتیجه می گیریم که:

$$F_1 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right) F_2 \quad (۱)$$

$$F_1 = F_2 \quad (۲)$$

$$F_1 = \left(\frac{A_2}{A_1}\right) F_2 \quad (۳)$$

$$P_1 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right) P_2 \quad (۴)$$

در شکل روبه رو، اگر چگالی مایع های (۱) و (۲) به ترتیب برابر $1/2 \text{ g/cm}^3$ و $0/85 \text{ g/cm}^3$ باشد، فشار پیمانه ای مخزن گاز A چند میلی متر جیوه است؟ (فشار هوای محیط 10^5 Pa و چگالی جیوه $13/6 \text{ g/cm}^3$ است).

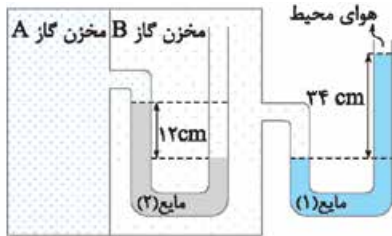
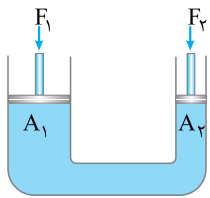
(آزمون های آزمایشی خیلی سبز)

$$37/5 \quad (۱)$$

$$22/5 \quad (۲)$$

$$-37/5 \quad (۳)$$

$$-22/5 \quad (۴)$$



بخش سوم: اصل هم فشاری نقاط هم تراز



۳۲۵- در شکل روبه رو، ارتفاع جیوه در دو لوله یکسان است. اگر چگالی آب 1 g/cm^3 و چگالی روغن $0/8 \text{ g/cm}^3$ باشد، اختلاف ارتفاع آب و روغن چند سانتی متر است؟

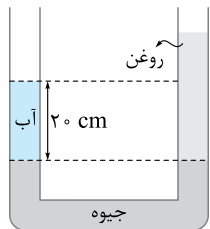
(۳۰.ق)

$$2 \quad (۱)$$

$$3 \quad (۲)$$

$$4 \quad (۳)$$

$$5 \quad (۴)$$



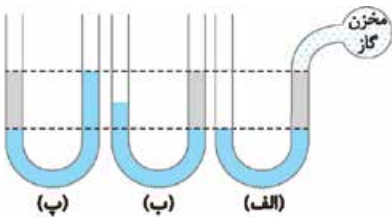
۳۲۶- در لوله های U شکل روبه رو، دو مایع با چگالی های ρ_1 و ρ_2 ریخته ایم. در کدام شکل ها، دو مایع می توانند در حالت تعادل باشند؟ ($\rho_2 \neq \rho_1$)

$$\text{الف و ب و پ} \quad (۱)$$

$$\text{الف و ب} \quad (۲)$$

$$\text{ب و پ} \quad (۳)$$

$$\text{الف و پ} \quad (۴)$$



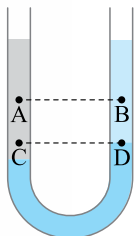
۳۲۷- در شکل روبه رو، سه مایع مخلوط نشدنی به حالت تعادل قرار دارند. اگر فشار در نقاط نشان داده شده باشد، کدام گزینه الزاماً درست است؟

$$P_A > P_B \quad (۱)$$

$$P_A < P_B \quad (۲)$$

$$P_C < P_D \quad (۳)$$

$$P_C > P_D \quad (۴)$$



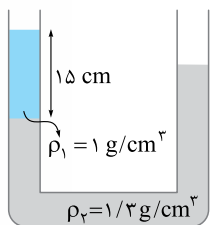
۳۲۸- در شکل روبه رو، سطح مقطع لوله 1 cm^2 است. در سمت راست لوله، چند سانتی متر مکعب مایع مخلوط نشدنی به چگالی $0/8 \text{ g/cm}^3$ بریزیم تا سطح آزاد مایع ها در دو طرف لوله در یک سطح باشد؟ (تجربی ۱۴۰۱)

$$3/5 \quad (۱)$$

$$7/2 \quad (۲)$$

$$9 \quad (۳)$$

$$12 \quad (۴)$$



۳۲۹- در شکل روبه رو، فشار پیمانه ای گاز محبوس در لوله 8 cmHg است. چگالی مایع چند واحد SI است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$ و چگالی جیوه $13/6 \text{ g/cm}^3$ است).

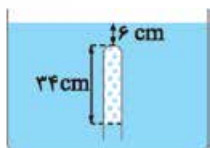
(آزمون های آزمایشی خیلی سبز)

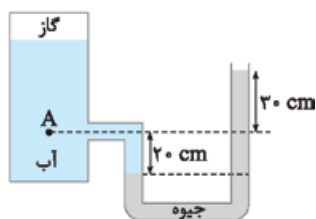
$$2720 \quad (۲)$$

$$2/72 \quad (۱)$$

$$3200 \quad (۴)$$

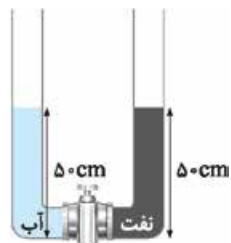
$$3/2 \quad (۳)$$





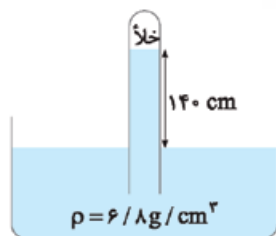
۳۳۰- در شکل روبه‌رو، فشار در نقطه A چند کیلوپاسکال است؟ (فشار هوا 10^5 Pa ، $g = 10 \text{ N/kg}$ ، $\rho_{\text{آب}} = 1000 \text{ kg/m}^3$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13600 \text{ kg/m}^3$) (ریاضی خارج ۹۴)

- ۶۸ (۱)
۱۴۱ (۲)
۱۶۶ (۳)
۱۷۰ (۴)



۳۳۱- در شکل روبه‌رو، قطر قاعده دو استوانه برابرند. اگر شیر رابط بین دو ظرف را باز کنیم، سطح آب چند سانتی‌متر پایین می‌آید؟ (چگالی نفت و 800 kg/m^3 و چگالی آب 1000 kg/m^3) (ریاضی ۹۵)

- ۱۰ (۱)
۵ (۲)
۴ (۳)
۲/۵ (۴)



۳۳۲- شکل روبه‌رو، یک بارومتر فشار هوا را در ارتفاع h از سطح دریا نشان می‌دهد. اگر چگالی متوسط هوا 1 kg/m^3 باشد، h چند کیلومتر است؟ ($\rho_{\text{Hg}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$ ، $g = 10 \text{ N/kg}$ و فشار هوا در سطح دریا 76 cmHg است.) (آزمون‌های آزمایشی خیلی سبز)

- ۰/۸۱۶ (۱)
۰/۲۷۷ (۲)
۲/۷۷ (۳)
۸/۱۶ (۴)

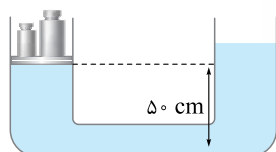
۳۳۳- شخصی با مکیدن نی می‌تواند فشار درون ریه خود را تا 75 cmHg کاهش دهد. اگر فشار هوا $10^3/36 \text{ kPa}$ باشد، این شخص حداکثر از عمق چند سانتی‌متری آب درون لیوان می‌تواند بنوشد؟ ($\rho_{\text{آب}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13 \text{ N/kg}$)

۷۵ (۴)

۱۳/۶ (۳)

۱۰/۲ (۲)

۱۰ (۱)



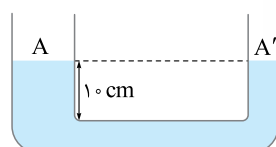
۳۳۴- در شکل روبه‌رو، روی پیستون با جرم و اصطکاک ناچیز، دو وزنه به جرم‌های 1 kg و 2 kg قرار دارند. سطح مقطع پیستون برابر با 5 cm^2 است. اگر وزنه 2 kg را برداریم، ارتفاع آب در لوله سمت راست به چند سانتی‌متر می‌رسد؟ ($\rho_{\text{آب}} = 10^3 \text{ kg/m}^3$ و سطح مقطع دو طرف لوله یکسان است.)

۴۰ (۲)

۲۰ (۱)

۹۰ (۴)

۷۰ (۳)



۳۳۵- 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؟ (تجربی ۹۸)

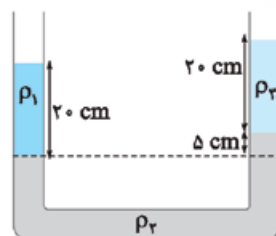
($\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ و $\rho_{\text{نفت}} = 0/8 \text{ g/cm}^3$ ، $g = 10 \text{ N/kg}$)

۳/۶ (۲)

۱/۲ (۱)

۵ (۴)

۴ (۳)



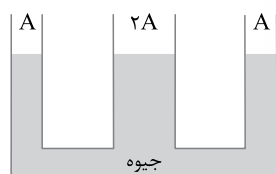
۳۳۶- در شکل روبه‌رو، سه مایع مخلوط‌نشده‌ی مطابق شکل به حالت تعادل قرار دارند. اگر $\rho_1 = 2\rho_2$ باشد، نسبت $\frac{\rho_2}{\rho_1}$ چه قدر است؟ (ریاضی خارج نوبت دوم ۱۴۰۲)

۱ (۱)

۲ (۲)

۳ (۳)

۴ (۴)



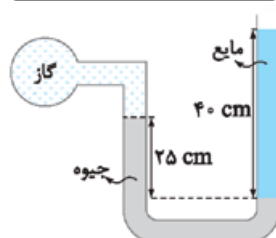
۳۳۷- در شاخه سمت راست لوله‌های مرتبط شکل روبه‌رو، به ارتفاع $27/2 \text{ cm}$ آب اضافه می‌کنیم. سطح جیوه در لوله وسط و لوله سمت چپ به ترتیب چند سانتی‌متر بالا می‌رود؟ ($\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$)

۱۰/۵ (۲)

۰/۵، ۰/۵ (۱)

۲۰/۱ (۴)

۱/۵، ۱/۵ (۳)



۳۳۸- در شکل روبه‌رو، درون لوله U شکلی که به یک مخزن محتوی گاز وصل شده است، جیوه و مایعی دیگر به چگالی ρ وجود دارد. اگر فشار پیمانه‌ای درون مخزن گاز 25 kPa باشد، ρ بر حسب گرم بر سانتی‌متر مکعب کدام است؟

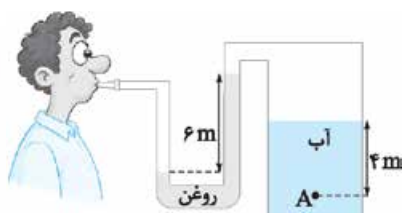
($g = 10 \text{ N/kg}$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$)

۱/۵ (۱)

۱/۸ (۲)

۲/۲۵ (۳)

۲/۴ (۴)



۳۳۹- در دستگاه شکل روبه‌رو، شخصی با دمیدن در لوله سمت چپ باعث جابه‌جایی روغن در لوله مطابق شکل شده است. اگر فشار پیمانه‌ای هوای درون ریه شخص ۲۵ mmHg باشد، فشار در نقطه A چند کیلوپاسکال است؟
(المپیاد فیزیک) $(g = 10 \text{ N/kg}$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \text{ g/cm}^3$ ، $\rho_{\text{روغن}} = 0.8 \text{ g/cm}^3$ ، $P_0 = 100 \text{ kPa}$)

$$95/4(2)$$

$$49/4(1)$$

$$190/8(4)$$

$$98/8(3)$$

۳۴۰- در شکل روبه‌رو، دو مایع به حالت تعادل قرار دارند. اگر چگالی آن‌ها $\rho_1 = 1/2 \text{ g/cm}^3$ و $\rho_2 = 1 \text{ g/cm}^3$ باشد، فشار پیمانه‌ای گاز چند پاسکال است؟ $(g = 10 \text{ N/kg})$

$$3000(1)$$

$$3600(2)$$

$$5000(3)$$

$$5800(4)$$

۳۴۱- شکل روبه‌رو، دو مایع مخلوط‌نشده را نشان می‌دهد. شیر رابط بسته است و سطح آزاد مایع در دو لوله در یک ارتفاع قرار دارند. اگر شیر را باز کنیم، بعد از رسیدن به تعادل، اختلاف ارتفاع سطح آزاد در دو لوله چند سانتی‌متر می‌شود؟

$$6(1)$$

$$7/5(2)$$

$$12/5(3)$$

$$14(4)$$

۳۴۲- در شکل روبه‌رو، بارومتر (جوسنج) جیوه‌ای در سطح تراز دریا قرار دارد. اگر در همین شرایط به جای جیوه از مایعی که چگالی آن $\frac{1}{5}$ چگالی جیوه است، استفاده کنیم، فشار در انتهای بسته لوله چند کیلوپاسکال تغییر می‌کند؟ $(P_0 = 75 \text{ cmHg}$ ، $\rho_{\text{جیوه}} = 13600 \text{ kg/m}^3$)
(آزمون‌های آزمایشی خیلی سبز)

$$(g = 10 \text{ N/kg})$$

$$54/4(1)$$

$$88/4(2)$$

$$40(3)$$

$$\text{صفر}(4)$$

۳۴۳- در شکل روبه‌رو، چگالی مایع 4 g/cm^3 و نیرویی که مایع بر انتهای بسته لوله وارد می‌کند، $47/6 \text{ N}$ است. اگر سطح مقطع لوله 5 cm^2 و بیشترین نیرویی که انتهای بسته لوله قبل از شکستن می‌تواند تحمل کند، 50 N باشد، لوله را قبل از شکستن حداکثر چند سانتی‌متر دیگر می‌توانیم در مایع فرو ببریم؟ $(\rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \text{ g/cm}^3$ ، $g = 10 \text{ N/kg}$ و فشار هوا را 75 cmHg در نظر بگیرید.)

$$6(2)$$

$$5(1)$$

$$12(4)$$

$$11(3)$$

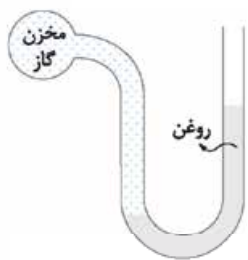
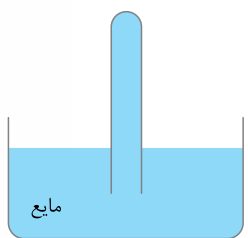
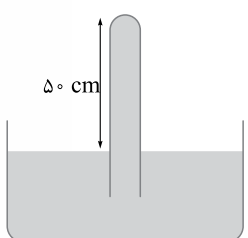
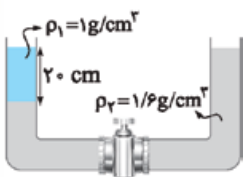
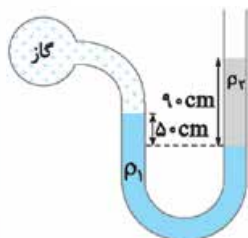
۳۴۴- در شکل روبه‌رو، پس از تغییر فشار مخزن گاز، سطح روغن در شاخه سمت راست ۳ cm پایین می‌رود. فشار گاز چند پاسکال و چگونه تغییر کرده است؟ $(g = 10 \text{ N/kg}$ و $\rho_{\text{روغن}} = 0.8 \text{ g/cm}^3$ و P_0 و سطح مقطع لوله در تمام قسمت‌ها یکسان است.)

$$480(1) \text{ افزایش}$$

$$480(2) \text{ کاهش}$$

$$400(3) \text{ افزایش}$$

$$400(4) \text{ کاهش}$$



بخش سوم: اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز



۳۴۵- مطابق شکل، دو مایع مخلوط‌نشده آب و نفت در یک لوله U شکل در حال تعادل اند. 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، کدام یک از گزینه‌های زیر درست است؟

$$\Delta P_1 < \Delta P_2(1)$$

$$\Delta P_1 = \Delta P_2 \neq 0(2)$$

$$\Delta P_1 = \Delta P_2 = 0(3)$$

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

۳۴۶- در لوله U شکل روبه‌رو، مقداری آب ریخته‌ایم. سطح مقطع لوله سمت راست 1 cm^2 و سطح مقطع لوله سمت چپ 4 cm^2 است. حداکثر چند گرم از مایعی با چگالی 0.75 g/cm^3 به آرامی در لوله سمت راست بریزیم تا مایع از ظرف سرریز نشود؟
(المپیاد فیزیک)

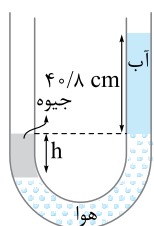
$$(g = 10 \text{ N/kg} \text{ و } \rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3)$$

$$75(4)$$

$$52/5(3)$$

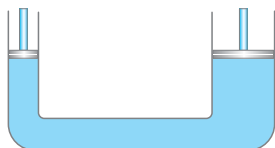
$$48(2)$$

$$37/5(1)$$



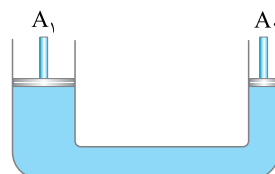
۳۴۷- مطابق شکل، در یک لوله U شکل آب و جیوه وجود دارد و هوا در بخشی از لوله گیر افتاده است. اگر طول ستون آب ۴۰/۸ cm باشد، طول ستون جیوه (h) چند سانتی متر است؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$ و $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$)

- ۱ (۱) ۳ (۲) ۷ (۴) ۵ (۳)



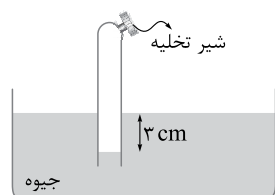
۳۴۸- در بالابر هیدرولیکی شکل روبه‌رو، اگر پیستون کوچک ۱۵ cm جابه‌جا شود، پیستون بزرگ ۵ mm جابه‌جا می‌شود. وزنه‌ای را روی پیستون کوچک قرار می‌دهیم. اگر مجموع جرم وزنه و پیستون کوچک برابر ۵ kg باشد، برای این‌که سطح پیستون‌ها هم‌تراز باقی بماند، مجموع جرم پیستون بزرگ و وزنه‌ای که باید روی آن قرار بدهیم، چند کیلوگرم است؟ (پیستون‌ها بدون اصطکاک اند و $g = 10 \text{ N/kg}$)

- ۱۵۰۰ (۱) ۱۵۰ (۲) ۲۵۰۰ (۳) ۲۵۰ (۴)



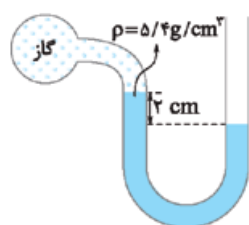
۳۴۹- در شکل روبه‌رو، جرم و اصطکاک پیستون‌ها ناچیز فرض می‌شود و چگالی مایع درون ظرف ۸۰۰ kg/m³ است. هرگاه بر روی A_1 که اندازه سطح آن ۲۰۰ cm² است، وزنه ۴۸۰ گرمی قرار دهیم، پیستون A_2 چند سانتی متر بالاتر از پیستون A_1 قرار می‌گیرد؟ ($g = 10 \text{ m/s}^2$)

- ۶ (۱) ۳ (۲) ۰/۶ (۳) ۰/۳ (۴)



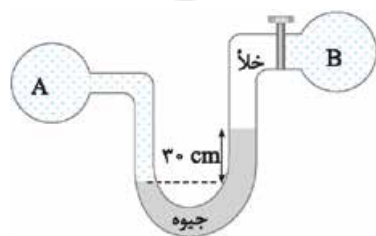
۳۵۰- مطابق شکل، لوله قائمی که شیر تخلیه آن بسته است، درون ظرف جیوه‌ای قرار داده شده است. شیر تخلیه را برای مدت کوتاهی باز کرده و سپس می‌بندیم که در اثر آن فشار هوای درون لوله ۲۵ درصد کاهش یافته و جیوه ۱۹ cm در داخل لوله بالا می‌آید. فشار هوای محیط چند سانتی متر جیوه است؟

- ۷۲ (۱) ۷۳ (۲) ۷۴ (۳) ۰/۳ (۴)



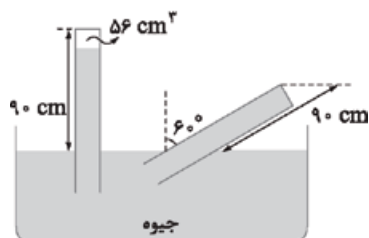
۳۵۱- در مانومتر شکل روبه‌رو، اگر فشار گاز درون مخزن ۴ cmHg افزایش یابد، سطح مایع در شاخه سمت راست چند سانتی متر جابه‌جا می‌شود؟ ($\rho_{\text{جیوه}} = 13/5 \text{ g/cm}^3$ و سطح مقطع لوله در تمام قسمت‌ها یکسان است.)

- ۳ (۱) ۵ (۲) ۱۰ (۳) ۲۰ (۴)



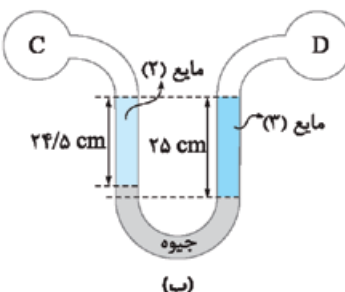
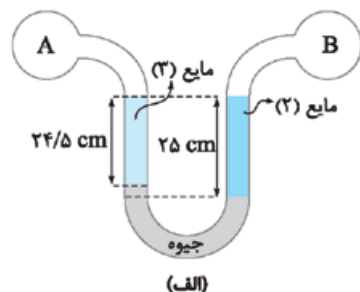
۳۵۲- در شکل روبه‌رو، درون مخزن‌های A و B گاز وجود دارد و شیر B بسته است. قطر شاخه راست، ۲ برابر قطر شاخه چپ و فشار گاز درون مخزن B، ۷۰ cmHg است. اگر در این حالت شیر B را نیز باز کنیم، کدام گزینه برای جیوه در شاخه چپ اتفاق می‌افتد؟

- ۳۶ سانتی متر بالا می‌رود. (۱)
۳۶ سانتی متر پایین می‌رود. (۲)
۵۶ سانتی متر بالا می‌رود. (۳)
۵۶ سانتی متر پایین می‌رود. (۴)



۳۵۳- مطابق شکل روبه‌رو، حجم فضای خالی بالای ستون جیوه در حالت قائم که خلأ فرض می‌شود، ۵۶ cm³ است. سطح مقطع لوله ۴ cm² و فاصله انتهای بسته لوله تا سطح جیوه در ظرف ۹۰ cm است. چنان‌چه لوله نسبت به امتداد قائم ۶۰° منحرف شود، نیروی وارد بر ته لوله از طرف جیوه چند نیوتون است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$ و $\rho_{\text{جیوه}} = 13 \text{ g/cm}^3$)

- ۱۶/۱۲ (۱) ۱۳/۲۲ (۲) ۲۸/۴۴ (۴)



۳۵۴- در شکل (الف)، اختلاف فشار گاز دو مخزن A و B، ۸۸۰ Pa است. اگر چگالی مایع (۲) ۵۰ درصد بیشتر از چگالی مایع (۳) باشد، در شکل (ب)، $P_C - P_D$ چند پاسکال است؟ ($g = 10 \text{ N/kg}$ ، $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$ و P_D و P_C به ترتیب فشار گاز در مخزن‌های C و D است.)

- ۷۳۰ (۱) ۲۰۹۰ (۲) -۷۳۰ (۳) -۲۰۹۰ (۴)



آزمون‌های ۶ و ۷

اصل هم‌فشاری نقاط هم‌تراز

این آزمون‌ها فقط به شکل تعاملی و با اسکن QR Code کتاب در دسترس شماست.

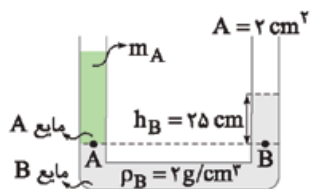
نام ۱ محاسبه فشار در نقطه M: $P_M = P_0 + \rho_B gh$

$$h = h_{AB} - h_{\text{جیوه}} \rightarrow P_M = 10^5 + 10^3 \times 10 \times (27 - 2) \times 10^{-2}$$

$$\rho_B = 1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$= 10^5 + 25 \times 10^3 = 102500 \text{ Pa} = 102.5 \text{ kPa}$$

۲۵۵



روش اول: از آن جایی که

سؤال جرم مایع A را می‌خواهد،

می‌توانیم فشار ناشی از مایع A

را به صورت $P_{\text{مایع}} = \frac{mg}{A}$

بنویسیم. با توجه به شکل

فشار، در نقاط هم‌تراز A و B را

برابر قرار می‌دهیم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 + \frac{m_A g}{A} = P_0 + \rho_B g h_B$$

$$\Rightarrow \frac{m_A g}{A} = \rho_B g h_B \xrightarrow[\substack{\rho_B = 2 \text{ g/cm}^3, h_B = 25 \text{ cm} \\ A = 2 \text{ cm}^2}]{\substack{m_A g}{A} = \rho_B g h_B} \rightarrow \frac{m_A}{2} = 2 \times 25$$

$$\Rightarrow m_A = 100 \text{ g}$$

روش دوم:

نکته: در لوله‌های U شکلی که سطح مقطع شاخه‌های آن یکسان

است، برای دو نقطه هم‌تراز در یک مایع ساکن که فشار یکسانی دارند، جرم

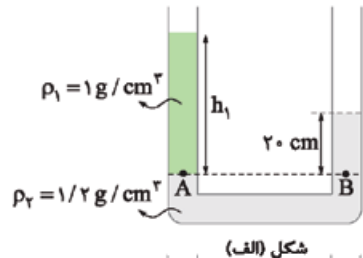
مایع (یا مایع‌های) قرارگرفته در بالای این دو نقطه نیز یکسان است.

با توجه به این نکته داریم:

$$m_A = \Delta m_B \xrightarrow{\Delta m_B = \rho_B V_B} m_A = \rho_B (A h_B)$$

$$\xrightarrow[\substack{\rho_B = 2 \text{ g/cm}^3, h_B = 25 \text{ cm} \\ A = 2 \text{ cm}^2}]{m_A = \rho_B (A h_B)} m_A = 2 \times 2 \times 25 = 100 \text{ g}$$

۲۵۶



نام ۱ در شکل (الف)، فشار

در نقطه‌های هم‌تراز A و B و در

شکل (ب) فشار در نقطه‌های

هم‌تراز C و D برابر است؛ از

سوی دیگر، از آن جا که در هر

دو شکل ارتفاع ستون مایع ρ_1

یکسان و برابر h_1 است، داریم:

$$P_A = P_C$$

$$\xrightarrow{P_A = P_B, P_C = P_D} P_B = P_D$$

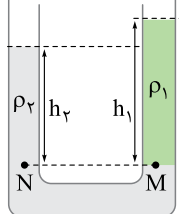
شکل (ب)

نام ۲ برای محاسبه جرم مایع ρ_2 بهتر است، از رابطه $P = \frac{mg}{A}$ استفاده کنیم:

$$P_D = P_B \Rightarrow \frac{m_D g}{A} = \frac{m_B g}{A} \Rightarrow m_D = m_B \xrightarrow{\substack{m_D = \rho_2 V_D \\ V_D = A h_D}} m_D = \rho_2 A h_D$$

$$\xrightarrow[\substack{\rho_2 = 1/2 \text{ g/cm}^3, A = 2 \text{ cm}^2 \\ h_D = 20 \text{ cm}}]{m_D = \rho_2 A h_D} m_D = 1/2 \times 2 \times 20 = 20 \text{ g}$$

۲۵۷



نام ۱ به شکل (الف) نگاه کنید،

می‌دانیم فشار در نقطه‌های هم‌تراز M و N برابر

است؛ بنابراین داریم:

$$P_N = P_M \Rightarrow \rho_2 g h_2 = \rho_1 g h_1$$

$$\xrightarrow{h_1 > h_2} \rho_2 > \rho_1$$

شکل (الف)

نتیجه: در لوله‌های U شکلی که محتوی دو مایع است، مایعی که سطح

آزاد آن بالاتر است، چگالی کم‌تری دارد.

اگر m' و m' به ترتیب جرم مایع و جرم ستون مایع باشند، در حالتی که ارتفاع آب درون ظرف h است، داریم:

$$\left. \begin{aligned} F_1 &= m'g \\ W_1 &= mg \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{F_1}{W_1} = \frac{m'}{m}$$

$$\left. \begin{aligned} F'_1 &= \frac{1}{2} m'g \\ W'_1 &< \frac{1}{2} mg \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{F'_1}{W'_1} > \frac{m'}{m}$$

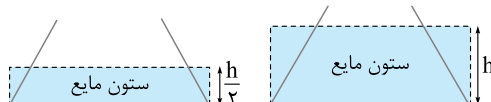
بنابراین نسبت $\frac{F}{W}$ در ظرف (۱) با کاهش ارتفاع آب به $\frac{h}{2}$ ، افزایش می‌یابد.

نام ۲ بررسی $\frac{F}{W}$ در ظرف (۲): در مورد ظرف (۲) وضعیت نیرویی که از ظرف

مایع بر کف ظرف وارد می‌شود، همانند ظرف (۱) است؛ ولی وزن مایع، هنگامی که

ارتفاع مایع به نصف کاهش می‌یابد، کم‌تر از نصف کاهش می‌یابد؛ بنابراین نسبت

$\frac{F}{W}$ با کاهش ارتفاع آب به $\frac{h}{2}$ ، کاهش می‌یابد.



$$\left. \begin{aligned} F_2 &= m'g \\ W_2 &= mg \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{F_2}{W_2} = \frac{m'}{m}$$

$$\left. \begin{aligned} F'_2 &= \frac{1}{2} m'g \\ W'_2 &< \frac{1}{2} mg \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{F'_2}{W'_2} < \frac{m'}{m}$$

نام ۲ سطح آب درون استوانه داخلی تا $\frac{h}{2}$ پایین می‌آید، پس

می‌توانیم بگوییم حجم آبی که از استوانه داخلی به فضای بین دو استوانه راه

یافته برابر است با:

$$\Delta V = (\pi r^2) \times \frac{h}{2} = \frac{\pi r^2 h}{2}$$

نام ۳ با توجه به مساحت مقطع فضای بین دو استوانه، ارتفاع آب را در این

فضا حساب می‌کنیم:

$$\Delta V = \pi (4r^2 - r^2) \times h_B \Rightarrow \frac{\pi r^2 h}{2} = 3\pi r^2 h_B \Rightarrow h_B = \frac{h}{6}$$

نام ۴ نسبت فشار آب در نقطه A به نقطه B را می‌خواهیم:

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{\rho g h_A}{\rho g h_B} = \frac{\rho g \frac{h}{2}}{\rho g \frac{h}{6}} = 3$$

نام ۵ در شکل زیر، فشار در نقاط هم‌تراز یکسان است، پس:

$$P_A = P_B$$

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

$$\Rightarrow 1 \times 34 = 13.6 / 6 (34 - h)$$

$$\Rightarrow 34 - h = \frac{34}{13.6 / 6}$$

$$\Rightarrow 34 - h = 2 / 5$$

$$\Rightarrow h = 31.6 \text{ cm}$$

مهارت محاسبه: در تساوی‌ها، یکسان بودن یکای کمیت‌ها در دو

طرف تساوی کافی است و نیازی نیست یکاها را به یکای SI تبدیل کنید. در

این بخش با تساوی‌ها خیلی سروکار دارید.

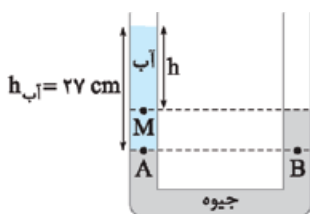
نام ۳ فشار در نقاط هم‌تراز A و B یکسان است؛ بنابراین:

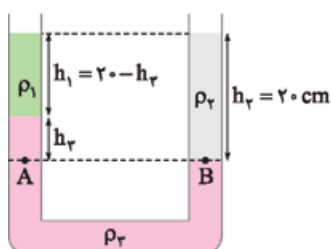
$$P_A = P_B$$

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

$$\Rightarrow 1 \times 27 = 13.6 / 5 \times h_{\text{جیوه}}$$

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





۲۶۰ روش اول: در شکل روبه‌رو، اختلاف ارتفاع مایع ρ_r در دو طرف لوله را با h_r نشان داده‌ایم. از آن جایی که فشار در نقاط هم‌تراز A و B یکسان است، داریم:

$$P_A = P_B$$

$$\Rightarrow \rho_1 g h_1 + \rho_r g h_r = \rho_r g h_r$$

$$\rho_1 = 2 \text{ g/cm}^3, \rho_r = 4 \text{ g/cm}^3, \rho_r = 2/5 \text{ g/cm}^3 \rightarrow h_r = 20 \text{ cm}, h_1 = 20 - h_r$$

$$2 \times (20 - h_r) + 4 \times h_r = 2/5 \times 20 \Rightarrow 40 - 2h_r + 4h_r = 8 \Rightarrow h_r = 16 \text{ cm}$$

روش دوم: در شکل بالا، فشار در نقاط هم‌تراز A و B یکسان و ارتفاع مایع‌هایی که بالای این دو نقطه قرار دارند هم یکسان است؛ بنابراین چگالی مایع بالای نقطه B یعنی ρ_r برابر با چگالی مخلوط مایع‌های بالای نقطه A است:

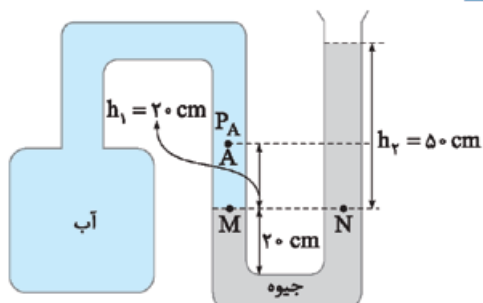
$$\rho_r = \frac{m_1 + \Delta m_r}{V_1 + \Delta V_r} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_r \Delta V_r}{V_1 + \Delta V_r} = \frac{\rho_1 A h_1 + \rho_r A h_r}{A h_1 + A h_r}$$

$$\Rightarrow 2/5 = \frac{2h_1 + 4h_r}{h_1 + h_r}$$

$$\frac{h_1 + h_r = h_r = 20 \text{ cm}}{h_1 = 20 - h_r} \rightarrow 2/5 = \frac{2(20 - h_r) + 4h_r}{20}$$

$$\Rightarrow 50 = 40 - 2h_r + 4h_r \Rightarrow 2h_r = 10 \Rightarrow h_r = 5 \text{ cm}$$

۲۶۱ روش دوم: در شکل زیر، فشار در نقاط هم‌تراز M و N یکسان است؛ پس:

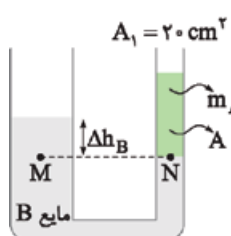


$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_1 g h_1 + P_A = \rho_r g h_r + P_B$$

$$\rho_1 = 1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3, h_1 = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m} \rightarrow \rho_r = 13/6 \text{ g/cm}^3 = 1360 \text{ kg/m}^3, h_r = 20 + 30 = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}$$

$$1000 \times 10 \times 0.2 + P_A = 1360 \times 10 \times 0.5 + P_B$$

$$P_A - P_B = P_g \rightarrow P_g = 68000 - 20000 = 48000 \text{ Pa} = 48 \text{ kPa}$$

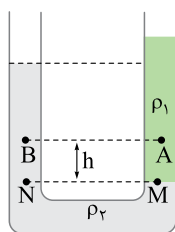


۲۶۲ جرم مایع A و سطح مقطع لوله را داریم، پس می‌توانیم فشار ناشی از مایع A را از رابطه $P = \frac{mg}{A}$ به دست آوریم. ولی چون سؤال اختلاف ارتفاع مایع B در دو شاخه (Δh_B در شکل روبه‌رو) را می‌خواهد، فشار ناشی از مایع B در نقطه M را از رابطه $P = \rho g \Delta h$ حساب می‌کنیم. با توجه به برابری فشار در نقطه‌های هم‌تراز M و N داریم:

$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_B g \Delta h_B = \frac{m_A g}{A_1}$$

$$\frac{\rho_B = 1/6 \text{ g/cm}^3}{m_A = 400 \text{ g}, A_1 = 20 \text{ cm}^2} \rightarrow 1/6 \times \Delta h_B = \frac{400}{20}$$

$$\Rightarrow \Delta h_B = \frac{20}{1/6} = 120 \text{ cm}$$



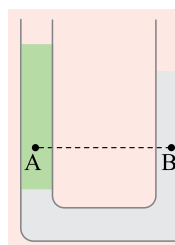
شکل (ب)

چون $\rho_r > \rho_1$ است، سمت راست تساوی بالا مثبت است؛ بنابراین سمت چپ تساوی هم باید مثبت باشد:

$$P_A - P_B > 0 \Rightarrow P_A > P_B$$

نتیجه: در لوله‌های U شکل، اگر از سطح تراز عبوری از مرز مشترک دو مایع (مثل سطح MN در شکل (ب)) به ارتفاع یکسانی بالا برویم، کاهش فشار در مایع چگال‌تر بیشتر است.

این نتیجه ما را به نکته زیر می‌رساند:

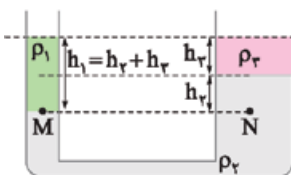


نکته: لوله U شکل روبه‌رو که محتوی دو مایع است را در نظر بگیرید. برای نقاط هم‌تراز که در دو مایع مختلف قرار دارند (مانند A و B)، فشار در نقطه‌ای که در مایع چگال‌تر قرار دارد، کمتر است:

$$P_B < P_A$$

حواستون باشه: از این نکته فقط در لوله‌های U شکلی که محتوی دو مایع است، استفاده کنید.

۲۵۸ نام: مایع ρ_r در کف ظرف قرار دارد و از هر دو مایع ρ_1 و ρ_2 چگال‌تر است؛ یعنی: $\rho_r > \rho_1, \rho_r > \rho_2$



شکل (الف)

باتوجه به شکل (الف)، فشار در نقطه‌های هم‌تراز M و N برابر است و داریم:

$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_1 g (h_r + h_r) = \rho_r g h_r + \rho_r g h_r$$

$$\Rightarrow \rho_1 h_r + \rho_1 h_r = \rho_r h_r + \rho_r h_r$$

$$\rho_1 < \rho_r \Rightarrow \rho_1 h_r < \rho_r h_r \Rightarrow \rho_1 h_r > \rho_r h_r \Rightarrow \rho_1 > \rho_r$$

تیزبازی: چگالی مایع «۱» که بالای نقطه M است، برابر است با چگالی مخلوط دو مایع «۲» و «۳» که بالای نقطه N قرار دارند. پس اندازه ρ_1 بین اندازه‌های ρ_2 و ρ_3 است:

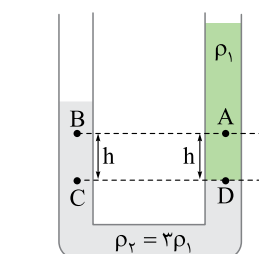


شکل (ب)

به شکل (ب) نگاه کنید، برای مقایسه فشار در نقطه‌های A و B از برابری فشار در نقطه‌های هم‌تراز M و N کمک می‌گیریم:

$$P_M = P_N$$

$$\Rightarrow P_A + \rho_1 g \Delta h = P_B + \rho_r g \Delta h \xrightarrow{\rho_1 < \rho_r} P_A > P_B$$



۲۵۹ از برابری فشار در نقطه‌های C و D (در شکل روبه‌رو) کمک می‌گیریم و اختلاف فشار دو نقطه B و A ($P_A - P_B$) را حساب می‌کنیم:

$$P_A - P_B = (P_D - \rho_1 g h) - (P_C - \rho_r g h)$$

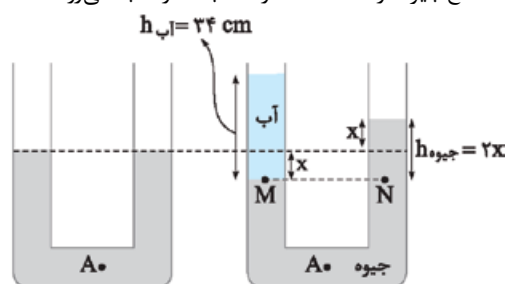
$$\xrightarrow{\frac{P_D - P_C}{\rho_r = 3\rho_1}} P_A - P_B = P_D - \rho_1 g h - P_D + 3\rho_1 g h = 2\rho_1 g h$$

در شکل بالا، فشار در نقاط هم تراز A و B یکسان و ارتفاع مایع‌هایی که بالای این دو نقطه قرار دارند هم یکسان است؛ بنابراین چگالی مایع بالای نقطه B یعنی ρ_3 برابر با چگالی مخلوط مایع‌های بالای نقطه A است:

$$\rho_3 = \frac{m_1 + \Delta m_2}{V_1 + \Delta V_2} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 \Delta V_2}{V_1 + \Delta V_2} = \frac{\rho_1 A h_1 + \rho_2 A h_2}{A h_1 + A h_2}$$

$$= \frac{20\rho_1 + 10\rho_2}{20 + 10} \xrightarrow{\rho_2 = 2\rho_1} \rho_3 = \frac{20\rho_1 + 20\rho_1}{30} \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{4}{3}$$

مطابق شکل زیر، با ریختن آب در شاخه سمت چپ، سطح جیوه در این شاخه به اندازه X پایین می‌رود و با توجه به برابری مساحت مقطع شاخه‌ها، سطح جیوه در شاخه سمت راست به اندازه X بالا می‌رود.



فشار در نقاط هم تراز M و N یکسان است. (فقط موازنه باشد، چون هم آب رو داریم، بهتره برای مناسبه فشار آب از رابطه $P = \frac{mg}{A}$ استفاده کنیم.)

$$P_M = P_N \Rightarrow \frac{m_{\text{آب}} g}{A} = \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} \xrightarrow{h_{\text{جیوه}} = 2x} \frac{68}{A} = \frac{13}{6} \times 2x$$

$$\Rightarrow x = \frac{68}{4 \times 136 \times 10^{-1}} = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ cm}$$

(چون یکاها سازگار بودن، دیگه تبدیل واحد نکردیم.)

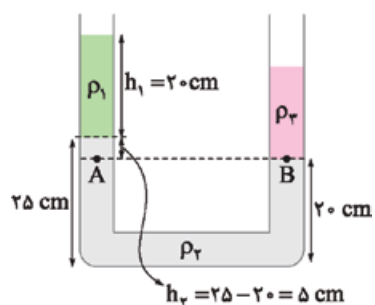
تیزبازی: درون لوله جیوه است؛ پس فرض می‌کنیم به جای آب، با همان جرم جیوه بریزیم، ببینیم ارتفاع ستون 68 g جیوه چه قدر می‌شود:

$$m_{\text{جیوه}} = 68 \text{ g} \Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} A h_{\text{جیوه}} = 68 \text{ g} \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = \frac{68}{13/6 \times 2} = 2/5 \text{ cm}$$

با اضافه کردن جیوه فرضی به جیوه درون لوله، سطح جیوه در شاخه‌ها، باید به یک اندازه بالا برود؛ بنابراین 2/5 cm به طور مساوی بین دو شاخه تقسیم شده و سطح جیوه در هر شاخه به اندازه 1/25 cm بالا می‌رود.

شاخه سمت راست را ببینید. سطح جیوه نسبت به سطح اولیه به اندازه $x = 1/25 \text{ cm}$ بالا رفته است؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که فشار در تمام نقطه‌های زیر سطح MN از جمله نقطه A به اندازه 1/25 cmHg افزایش یافته است.

در شکل زیر، فشار در نقطه‌های هم تراز A و B برابر است. در سمت



چپ لوله، ارتفاع‌های h_1 و h_2 را داریم؛ پس فشار مایع‌های ۱ و ۲ در نقطه A را به کمک رابطه $P = \rho gh$ به دست می‌آوریم، ولی در سمت راست لوله چون جرم مایع سوم را می‌خواهیم، فشار در نقطه B را به صورت $P = \frac{mg}{A}$ می‌نویسیم:

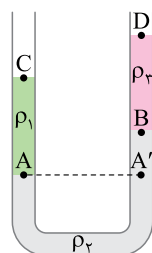
$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 = \frac{m_3 g}{A}$$

$$\frac{\rho_1 = 0.8 \text{ g/cm}^3, \rho_2 = 2/4 \text{ g/cm}^3}{h_1 = 20 \text{ cm}, h_2 = 5 \text{ cm}, A = 2 \text{ cm}^2} \rightarrow \frac{(0.8 \times 20 \times 20) + (2/4 \times 5 \times 20)}{16} = \frac{m_3}{2}$$

$$\Rightarrow m_3 = 28 \times 2 = 56 \text{ g}$$

(چون یکاها با هم هماهنگ بودن، دیگه تبدیل واحد نکردیم.)

به شکل روبه‌رو نگاه کنید.



الف) دو نقطه C و D در سطح آزاد مایع‌ها قرار دارند؛ بنابراین فشار در این نقاط برابر با فشار هوا و در نتیجه یکسان است:

$$P_C = P_D = P_0 \text{ (I)}$$

ب) نقاط A و B درون یک مایع‌اند؛ ولی هم‌تراز نیستند؛ پس فشار در این نقاط یکسان نیست. به بیان دقیق‌تر، فشار در نقطه عمیق‌تر یعنی A بیشتر از فشار در نقطه B است.

$$P_A = P_{A'} > P_B \text{ (II)}$$

پ) نقطه D در سطح آزاد مایع و نقطه B در عمق همان مایع قرار دارد. واضح است که:

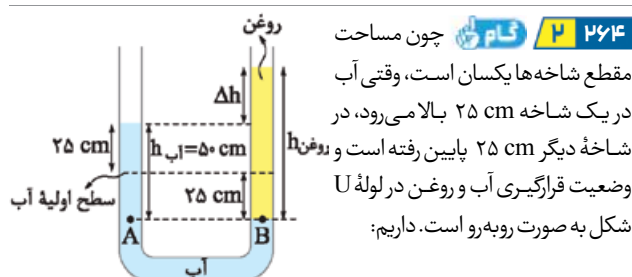
$$P_B > P_D \text{ (III)}$$

از (I)، (II)، و (III) نتیجه می‌گیریم:

$$P_A > P_B > P_C = P_D$$

تیزبازی: همین که فهمیدیم فشار در نقاط C و D یکسان است

($P_C = P_D$)، برای حل تست کافی است. (همین ۲)، به این دلیل که توش $P_C > P_D$ است، حذف می‌شه. از طرفی با توجه به تساوی $P_C = P_D$ ، اگر P_C و P_D را از طرفین تساوی ۳ و ۴ حذف کنیم، در هر دو گزینه به این نتیجه می‌رسیم که $P_A = P_B$ است. این نتیجه نادرست است؛ چون اگر درست باشد، هر دو گزینه جواب تست می‌شود. (یعنی در این صورت تست دوتا جواب داره!!!) علاوه بر این واضح است که P_B و P_A در یک مایع و در عمق‌های مختلفی قرار دارند و در نتیجه الزاماً فشار در این نقاط یکسان نیست.



$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{روغن}} h_{\text{روغن}} \Rightarrow 1 \times 50 = 0.8 \times h_{\text{روغن}}$$

$$\Rightarrow h_{\text{روغن}} = \frac{50}{0.8} = 62.5 \text{ cm}$$

محاسبه خواسته تست:

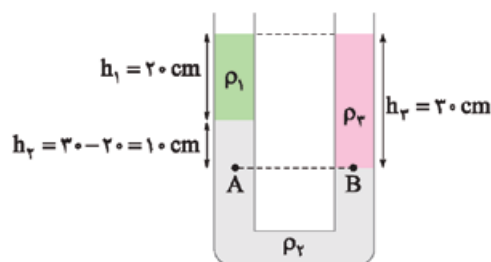
$$\Delta h = h_{\text{روغن}} - h_{\text{آب}} = 62.5 - 50 = 12.5 \text{ cm}$$

روش اول: فشار در نقاط هم تراز A و B در شکل زیر را برابر

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 + \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 = P_0 + \rho_2 g h_3$$

$$\Rightarrow \rho_1 \times 20 + \rho_2 \times 10 = \rho_2 \times 30$$

$$\xrightarrow{\rho_2 = 2\rho_1} 20\rho_1 + 20\rho_1 = 30\rho_2 \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{40}{30} = \frac{4}{3}$$



روش دوم:

نکته: از نقطه نظر فشار، فرقی نمی‌کند که بالای نقطه A مایع‌ها به

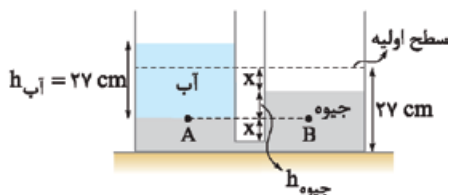
صورت لایه به لایه باشند یا مخلوط (البته به شرطی که در اثر مخلوط کردن، تغییر حجم و جرم نداشته باشیم)؛ بنابراین از برابری فشار در نقاط A و B و هم چنین یکسان بودن ارتفاع مایع‌های قرارگرفته در بالای این دو نقطه، طبق رابطه $P = \rho gh$ ، می‌توانیم نتیجه بگیریم که چگالی مایعی که بالای نقطه B قرار دارد، یعنی ρ_3 با چگالی مخلوط مایع‌های قرارگرفته در بالای نقطه A برابر است.

تیزبازی: می دانید باتوجه به یکسان بودن فشار در نقاط هم تراز A و B و یکسان بودن ارتفاع مایع های قرارگرفته بالای این دو نقطه، چگالی مایع قرارگرفته بالای نقطه B یعنی ρ_2 باید با چگالی مخلوط مایع های قرارگرفته بالای نقطه A یعنی ρ_1 برابر باشد. از طرفی با کمی دقت می توان فهمید که $\rho_2 = 1/2 \text{ g/cm}^3$ و $\rho_1 = 1/5 \text{ g/cm}^3$ است. قبلاً گفته بودیم که در این حالت حجم مایع با چگالی ρ_2 و حجمی از مایع با چگالی ρ_1 که بالای نقطه A قرار دارد، یکسان است، پس:

$$V_2 = V_1 \Rightarrow A h_2 = A h_1 \Rightarrow h_2 = h_1 \Rightarrow x = 2/5 \text{ cm}$$

۲۷۱ نام: چگالی جیوه بیشتر از چگالی آب است، در نتیجه وقتی شیر رابط را باز می کنیم، جیوه باید در کف ظرف قرار بگیرد. مطابق شکل زیر، فرض می کنیم که پس از بازکردن شیر، سطح جیوه در شاخه سمت راست به اندازه x پایین برود. باتوجه به ناچیز بودن حجم لوله ارتباطی بین دو استوانه، حجم جیوه پایین آمده در شاخه سمت راست باید برابر با حجم جیوه بالارفته در شاخه سمت چپ باشد. از آن جایی که مساحت مقطع دو استوانه یکسان است، سطح جیوه در شاخه سمت چپ هم به اندازه x بالا می رود.

نام: در شکل زیر، فشار در نقاط هم تراز A و B یکسان است:



$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} \Rightarrow 1 \times 27 = 13/5 \times h_{\text{جیوه}}$$

$$\Rightarrow h_{\text{جیوه}} = \frac{27}{13/5} = 10.38 \text{ cm}$$

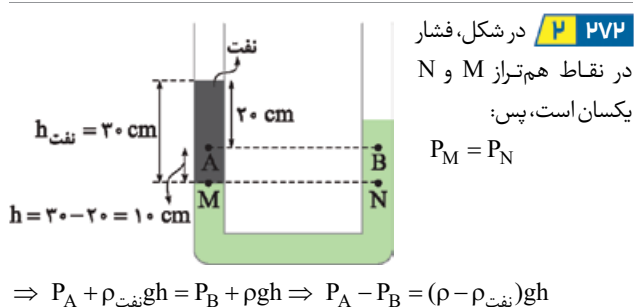
$$x + h_{\text{جیوه}} + x = 27 \Rightarrow 2 + 2x = 27 \quad \text{با توجه به شکل:}$$

$$\Rightarrow 2x = 25 \Rightarrow x = 12.5 \text{ cm}$$

پرسش: اختلاف ارتفاع سطح آزاد جیوه و آب در دو شاخه چند سانتی متر است؟

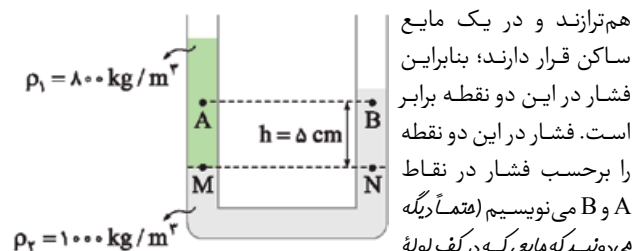
پاسخ: ۲۵ cm

تیزبازی: می دانیم در شرایطی که سطح مقطع یکسان است، جرم یکسانی از آب و جیوه، فشار یکسانی ایجاد می کنند؛ می خواهیم جابه جایی سطح جیوه را بررسی کنیم؛ بنابراین فرض می کنیم که در شاخه سمت چپ به جای آب، به همان جرم، جیوه وجود دارد. ببینیم ۲۷ cm آب معادل چند سانتی متر جیوه است: $\rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} \Rightarrow m_{\text{آب}} = m_{\text{جیوه}} \Rightarrow 1 \times 27 = 13/5 \times h_{\text{جیوه}} \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = 10.38 \text{ cm}$ بنابراین در شاخه سمت راست ۲۷ cm جیوه و در شاخه سمت چپ ۲ cm جیوه فرضی داریم؛ یعنی در مجموع ۲۹ cm جیوه می دانیم که با بازکردن شیر، ارتفاع جیوه در دو شاخه باید یکسان شود؛ پس ارتفاع جیوه در هر شاخه برابر با 14.5 cm می شود. با این توضیحات، ارتفاع جیوه در شاخه سمت راست از ۲۷ cm به ۱۴/۵ cm رسیده و این یعنی سطح جیوه در این شاخه ۱۲/۵ cm پایین آمده است.



$$\Rightarrow P_A + \rho_{\text{نفت}} gh = P_B + \rho gh \Rightarrow P_A - P_B = (\rho - \rho_{\text{نفت}}) gh$$

۲۶۸: اول این که نقاط A و B هم ترازند. اما در یک مایع قرار ندارند؛ پس فشار در این دو نقطه الزاماً برابر نیست (رد ۱). اما در شکل زیر نقاط M و N هم ترازند و در یک مایع ساکن قرار دارند؛ بنابراین فشار در این دو نقطه برابر است. فشار در این دو نقطه را بر حسب فشار در نقاط A و B می نویسیم (همان دریگه می دونید که مایعی که در کف لوله U شکل قرار می گیرد مایع یکسان تره!):



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

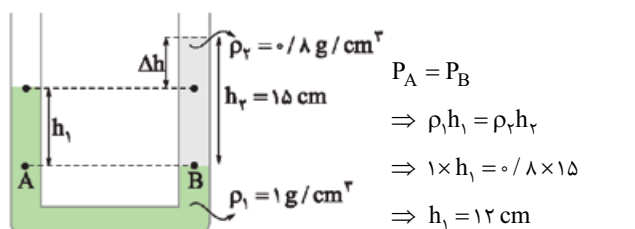
$$\Rightarrow P_A = P_B + \rho_2 gh - \rho_1 gh = P_B + (\rho_2 - \rho_1) gh$$

$$\xrightarrow{h = \Delta \text{ cm} = 5 \times 10^{-2} \text{ m}} P_A = P_B + [(1000 - 800) \times 10 \times 5 \times 10^{-2}]$$

$$= P_B + (2 \times 10 \times 5) = P_B + 100 \text{ (Pa)}$$

تیزبازی: داخل لوله U شکل دو مایع است. نقاط A و B هم ترازند و در دو مایع مختلف قرار دارند. نقطه B هم که داخل مایع چگال تر قرار دارد؛ پس طبق نکته ای که قبلاً گفتیم، فشار در نقطه B کم تر از فشار در نقطه A است. از بین گزینه ها فقط در ۴، $P_B < P_A$ و همین گزینه جواب تست است.

۲۶۹ نام: از آن جایی که چگالی مایع (۱) بیشتر از چگالی مایع (۲) است، با بازکردن شیر رابط، مطابق شکل زیر، سطح آزاد مایع (۱) پایین تر از سطح آزاد مایع (۲) قرار می گیرد. باتوجه به شکل، فشار در نقاط هم تراز A و B را برابر قرار می دهیم:



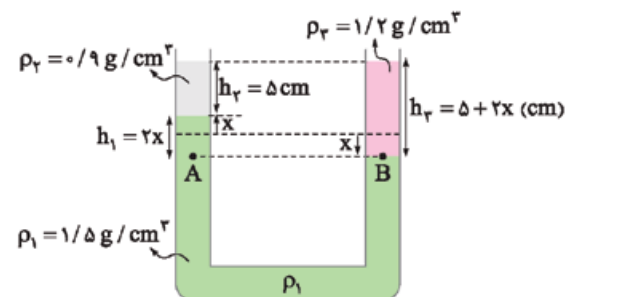
$$\Delta h = h_r - h_1 = 15 - 12 = 3 \text{ cm}$$

نام: خواسته تست:

پرسش: سطح آزاد مایع در شاخه سمت چپ چند سانتی متر جابه جایی می شود؟

پاسخ: سطح آزاد مایع در شاخه سمت چپ ۱/۵ cm پایین و در شاخه سمت راست ۱/۵ cm بالا می رود.

۲۷۰: باتوجه به این که $\rho_2 > \rho_1$ است و سطح آزاد مایع ها با چگالی های ρ_1 و ρ_2 در یک سطح قرار می گیرد، پس از اضافه کردن این مایع ها، وضعیت مایع ها درون لوله به شکل زیر خواهد بود. همان طور که در شکل می بینید سطح مایع با چگالی ρ_1 در شاخه سمت راست به اندازه x پایین می رود و باتوجه به برابر بودن قطر مقطع شاخه ها، سطح این مایع در شاخه سمت چپ به همان اندازه x بالا می رود. حالاکافی است فشار در نقاط هم تراز A و B را برابر قرار دهیم تا به دست آید:



$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_2 h_2 + \rho_1 h_1 = \rho_2 h_r$$

$$\Rightarrow 0.9 \times 5 + 1/5 \times 2x = 1/2 \times (\delta + 2x)$$

$$\Rightarrow 4.5 + 0.4x = 2.5 + x \Rightarrow 0.6x = 2 \Rightarrow x = 2/5 \text{ cm}$$

بنابراین سطح جیوه در شاخه سمت راست، نسبت به حالت اولیه به اندازه $x = 2/5 \text{ cm}$ پایین می رود.

تیزبازی: می دانید با توجه به یکسان بودن فشار در نقاط هم تراز A و B و یکسان بودن ارتفاع مایع های قرار گرفته بالای این دو نقطه، چگالی مایع قرار گرفته بالای نقطه B یعنی ρ_2 باید با چگالی مخلوط مایع های قرار گرفته بالای نقطه A یعنی ρ_1 و ρ_2 برابر باشد. از طرفی با کمی دقت می توان فهمید که $\rho_2 = 1/2 \text{ g/cm}^3$ برابر با میانگین $\rho_1 = 1/5 \text{ g/cm}^3$ و $\rho_2 = 0/9 \text{ g/cm}^3$ است. قبلا گفته بودیم که در این حالت حجم مایع با چگالی ρ_2 و حجمی از مایع با چگالی ρ_1 که بالای نقطه A قرار دارد، یکسان است، پس:

$$V_2 = V_1 \Rightarrow A h_2 = A h_1 \Rightarrow \Delta = 2x \Rightarrow x = 2/5 \text{ cm}$$

۲۷۵ روش اول: در شکل زیر، با ریختن الکل در شاخه سمت راست، جیوه در شاخه سمت چپ، $0/5 \text{ cm}$ بالاتر می رود. از آن جایی که سطح مقطع لوله در دو شاخه یکسان است، جیوه در شاخه سمت راست $0/5 \text{ cm}$ پایین رفته است. با توجه به شکل، فشار در نقطه های هم تراز A و B برابر است و داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{\text{الکل}} h_{\text{الکل}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} \Rightarrow \rho_{\text{الکل}} h_{\text{الکل}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} \Rightarrow 13/6 \times 1 = 0/8 \times h_{\text{الکل}} \Rightarrow h_{\text{الکل}} = 17 \text{ cm}$$

۲۷۶ روش دوم: حجم الکل اضافه شده: $V_{\text{الکل}} = A h_{\text{الکل}} = 2 \times 17 = 34 \text{ cm}^3$ فشار در نقاط هم تراز A و B یکسان و سطح مقطع لوله در دو شاخه نیز یکسان است؛ بنابراین جرم جیوه بالای نقطه A برابر با جرم الکل بالای نقطه B است؛ بنابراین:

$$m_{\text{الکل}} = m_{\text{جیوه}} \Rightarrow \rho_{\text{الکل}} V_{\text{الکل}} = \rho_{\text{جیوه}} A h_{\text{جیوه}} \Rightarrow 13/6 \times 2 \times 1 = 0/8 \times V_{\text{الکل}} \Rightarrow V_{\text{الکل}} = 34 \text{ cm}^3$$

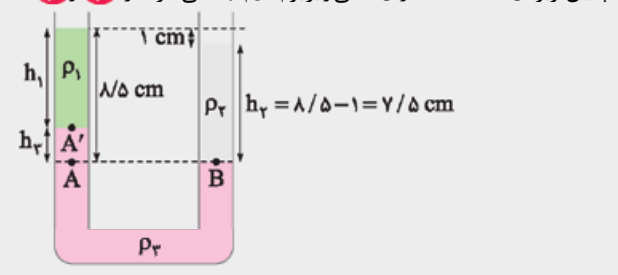
پرسش: الف) جرم الکل اضافه شده چند گرم است؟

پاسخ: $27/2 \text{ g}$

ب) اختلاف ارتفاع سطح آزاد الکل و جیوه در دو شاخه چند سانتی متر می شود؟

پاسخ: 16 cm

شفاف سازی: در شکل زیر، نقطه A' در مرز مشترک دو مایع ρ_1 و ρ_2 و نقطه B در مرز مشترک دو مایع ρ_2 و ρ_3 قرار دارد. هم چنین فشار در نقطه های هم تراز A و B یکسان است. بنابراین سؤال $P_{A'} - P_A$ را می خواهد که با توجه به پایین تر بودن نقطه A مقدار آن منفی و برابر $\rho_2 g h_2$ می شود. (رد ۲ و ۴)



۲۷۶ با توجه به برابری فشار در نقطه های هم تراز A و B داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_2 g h_2 + \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 \Rightarrow \rho_2 = 2/4 \text{ g/cm}^3, \rho_1 = 1/5 \text{ g/cm}^3, \rho_2 = 2 \text{ g/cm}^3 \Rightarrow h_1 = \lambda/5 - h_2, h_2 = \lambda/5 - 1 = 7/5 \text{ cm} \Rightarrow 2/4 \times h_2 + 1/5 \times (\lambda/5 - h_2) = 2 \times 7/5 \Rightarrow 0/9 h_2 = 2/25 \Rightarrow h_2 = 2/5 \text{ cm}$$

۲۷۷ محاسبه $P_{A'} - P_A$: (تبدیل یگا به یگای SI فراموش نشه!)

$$P_{A'} - P_A = -\rho_2 g h_2 \Rightarrow \rho_2 = 2/4 \text{ g/cm}^3 = 2400 \text{ kg/m}^3 \Rightarrow h_2 = 2/5 \text{ cm} = 2/5 \times 10^{-2} \text{ m} \Rightarrow P_{A'} - P_A = -2400 \times 10 \times 2/5 \times 10^{-2} = -600 \text{ Pa}$$

همان طور که قبلا گفتیم، در این حالت که دو مایع در لوله U شکل قرار دارند، برای دو نقطه هم تراز A و B، فشار در نقطه B که در مایع چگال تر قرار دارد، کم تر است؛ پس:

$$\frac{\rho_{\text{نقطه B}}}{h_{\text{نقطه B}}} = \frac{\rho_{\text{نقطه A}}}{h_{\text{نقطه A}}} \Rightarrow 400 = (\rho - 800) \times 10 \times 0/1 \Rightarrow \rho - 800 = 400 \Rightarrow \rho = 1200 \text{ kg/m}^3 = 1/2 \text{ g/cm}^3$$

۲۷۸ مطابق شکل زیر، با ریختن مایع در یکی از شاخه های لوله U شکل،

سطح جیوه در آن شاخه به مقدار x پایین رفته و با توجه به یکسان بودن مساحت مقطع دو شاخه، سطح جیوه در شاخه روبه رو به مقدار x بالا می رود. خواسته تست x است، پس:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{مایع}} h_{\text{مایع}} \Rightarrow 13/6 \times x = 2 \times 17 \Rightarrow x = \frac{17}{13/6} = 1/25 \text{ cm}$$

تیزبازی: درون لوله جیوه قرار دارد. پس فرض می کنیم به جای مایع، با همان جرم، جیوه بریزیم. بینیم ارتفاع ۱۷ cm مایع، معادل ارتفاع چند سانتی متر جیوه است: $\rho_{\text{مایع}} h_{\text{مایع}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} \Rightarrow \rho_{\text{مایع}} h_{\text{مایع}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} \Rightarrow 13/6 \times h_{\text{جیوه}} = 2 \times 17 \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = 2/5 \text{ cm}$ با اضافه کردن جیوه فرضی به جیوه درون لوله، سطح جیوه در شاخه ها، باید به یک اندازه بالا برود؛ بنابراین $2/5 \text{ cm}$ جیوه به طور مساوی بین دو شاخه تقسیم شده و سطح جیوه در هر شاخه به اندازه $1/25 \text{ cm} = 2/5 \text{ cm}$ بالا می رود.

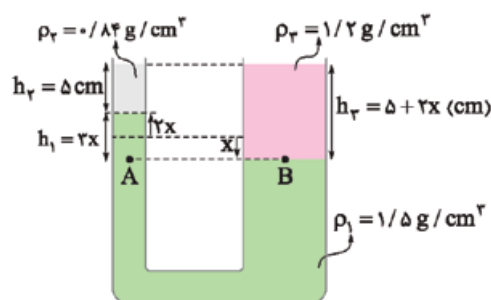
پرسش: الف) اختلاف ارتفاع سطح جیوه در دو شاخه چند سانتی متر می شود؟

پاسخ: $2/5 \text{ cm}$

ب) اختلاف ارتفاع سطح آزاد مایع و جیوه در دو شاخه چند سانتی متر می شود؟

پاسخ: $14/5 \text{ cm}$

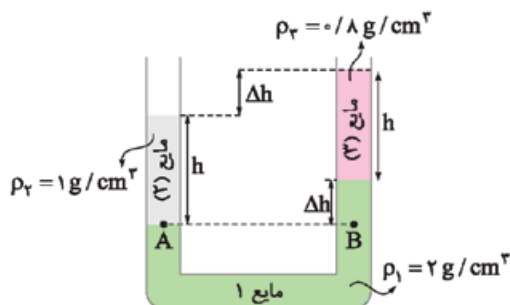
۲۷۹ با توجه به این که $\rho_2 > \rho_1$ است و سطح آزاد مایع ها با چگالی های ρ_1 و ρ_2 در یک سطح قرار می گیرد، پس از اضافه کردن این مایع ها، وضعیت مایع ها درون لوله به شکل زیر خواهد بود. همان طور که در شکل می بینید، سطح مایع با چگالی ρ_1 در شاخه سمت راست به اندازه x پایین می رود و با توجه به برابر بودن قطر مقطع شاخه ها، سطح این مایع در شاخه سمت چپ به همان اندازه x بالا می رود. حالاکافی است فشار در نقاط هم تراز A و B را برابر قرار دهیم تا x به دست آید:



$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_2 h_2 + \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 \Rightarrow 0/9 \times 5 + 1/5 \times 2x = 1/2 \times (5 + 2x) \Rightarrow 4/5 + 3x = 6 + 2/4 x \Rightarrow 0/6 x = 1/5 \Rightarrow x = 2/5 \text{ cm}$$

بنابراین سطح جیوه در شاخه سمت راست، نسبت به حالت اولیه به اندازه $x = 2/5 \text{ cm}$ پایین می رود.

۲۷۷ حجم مایع‌های (۲) و (۳) و هم‌چنین سطح مقطع لوله در دو طرف یکسان است. بنابراین در شکل زیر، ارتفاع ستون مایع‌های (۲) و (۳) برابر است:



$V_r = V_l \Rightarrow Ah_r = Ah_l \Rightarrow h_r = h_l = h$
با کمی دقت در شکل، متوجه می‌شویم که اختلاف ارتفاع سطح آزاد مایع‌ها در دو شاخه برابر اختلاف سطح مایع (۱) در دو شاخه (یعنی Δh) است. با توجه به برابری فشار در نقطه‌های هم‌تراز A و B داریم:

$$P_A = P_B \Rightarrow \text{فشار ناشی (۳)} + \text{فشار ناشی (۲)} = \text{فشار ناشی (۱)}$$

با توجه به داده‌های مسئله، فشار ناشی از مایع‌های (۲) و (۳) را به صورت $\frac{mg}{A}$ و فشار ناشی از مایع (۱) را به صورت $pg\Delta h$ می‌نویسیم:

$$\frac{m_r g}{A} = \rho_1 g \Delta h + \frac{m_l g}{A} \xrightarrow{m=\rho V} \frac{\rho_2 V_r}{A} = \rho_1 \Delta h + \frac{\rho_2 V_l}{A}$$

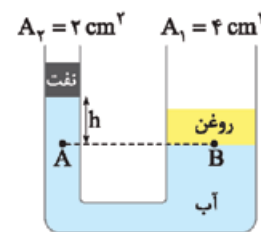
$$\rho_2 = 1 \text{ g/cm}^3, \rho_1 = 2 \text{ g/cm}^3, \rho_2 = 0.8 \text{ g/cm}^3 \xrightarrow{V_r = V_l = 30 \text{ cm}^3, A = 3 \text{ cm}^2}$$

$$\frac{1 \times 30}{3} = 2\Delta h + \frac{0.8 \times 30}{3} \Rightarrow 2\Delta h = 10 - 8 \Rightarrow \Delta h = 1 \text{ cm}$$

۲۷۸ برای این‌که بفهمیم وضعیت قرارگیری مایع‌ها در لوله U شکل چگونه است، فشار ناشی از روغن و نفت را مقایسه می‌کنیم:

$$P_{\text{روغن}} = \frac{m_{\text{روغن}} g}{A_1} = \frac{400 \text{ g}}{4} = 100 \text{ g} \quad P_{\text{نفت}} = \frac{m_{\text{نفت}} g}{A_2} = \frac{150 \text{ g}}{2} = 75 \text{ g}$$

همان‌طور که مشخص است، روغن $P_{\text{نفت}}$ بیشتر از نفت است؛ بنابراین پس از اضافه کردن این دو مایع، مطابق شکل زیر، سطح آب در شاخه سمت راست پایین و در شاخه سمت چپ بالا می‌رود.



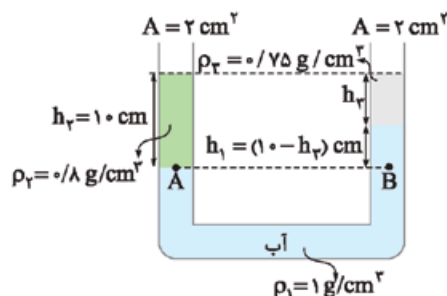
نام با برابر قراردادن فشار در نقاط هم‌تراز A و B، اختلاف ارتفاع آب در دو شاخه (h) به دست می‌آید:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{نفت}} + P_h = P_{\text{روغن}}$$

$$75 \text{ g} + \rho_{\text{آب}} g h = 100 \text{ g}$$

$$\Rightarrow 75 + h = 100 \Rightarrow h = 25 \text{ cm}$$

۲۷۹ چون $\rho_2 < \rho_1$ و سطح آزاد مایع‌ها در دو شاخه لوله در یک سطح است، نحوه قرارگیری مایع‌ها در لوله، به صورت شکل زیر است.



ارتفاع مایع با چگالی ρ_2 را به دست می‌آوریم:

$$V_r = Ah_r \xrightarrow{V_r = 20 \text{ cm}^3, A = 2 \text{ cm}^2} 20 = 2h_r \Rightarrow h_r = 10 \text{ cm}$$

نام روش اول: در شکل بالا، فشار در نقاط هم‌تراز A و B یکسان است، پس:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_2 h_r = \rho_1 h_l + \rho_1 h_1$$

$$\Rightarrow 0.8 \times 10 = 1 \times h_l + 1 \times (10 - h_r)$$

$$\Rightarrow 8 = h_l + 10 - h_r \Rightarrow h_r = h_l + 2 \Rightarrow h_r = 8 \text{ cm}$$

حجم مایع با چگالی ρ_2 را می‌خواهیم:

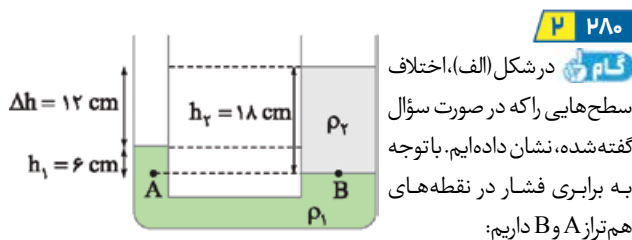
روش دوم: چون فشار در نقاط A و B یکسان و ارتفاع مایع‌های قرارگرفته بالای این دو نقطه برابر است، چگالی مایع قرارگرفته بالای نقطه A، یعنی ρ_2 با چگالی مخلوط مایع‌های قرارگرفته بالای نقطه B برابر است؛ بنابراین داریم:

$$\rho_2 = \frac{m_r + \Delta m_l}{V_r + \Delta V_l} = \frac{\rho_2 V_r + \rho_1 \Delta V_l}{V_r + \Delta V_l}$$

$$\xrightarrow{V_r = V_r + \Delta V_l} \rho_2 = \frac{\rho_2 V_r + \rho_1 (V_r - V_r)}{V_r}$$

$$\Rightarrow 0.8 = \frac{0.8 V_r + 1 \times (20 - V_r)}{20}$$

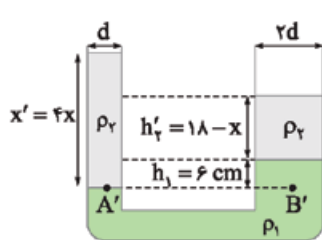
$$\Rightarrow 0.8 \times 20 = 0.8 V_r + 20 - V_r \Rightarrow 0.2 V_r = 4 \Rightarrow V_r = 20 \text{ cm}^3$$



شکل (الف)

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_r$$

$$h_1 = 6 \text{ cm}, h_r = 6 + 12 = 18 \text{ cm} \rightarrow \rho_1 \times 6 = \rho_2 \times 18 \Rightarrow \rho_1 = 3\rho_2$$



شکل (ب)

نام مطابق شکل (ب)، با انتقال مقداری از مایع ρ_2 از شاخه سمت راست به شاخه سمت چپ، ارتفاع ستون مایع ρ_2 در شاخه سمت راست به اندازه x کم می‌شود. در این صورت ارتفاع ستون مایع ρ_2 در شاخه چپ به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$(\text{حجم مایع } \rho_2 \text{ اضافه شده}) = (\text{حجم مایع } \rho_2 \text{ کم شده})$$

$$\text{از شاخه راست} \quad \text{به شاخه چپ}$$

$$\Rightarrow A_{\text{راست}} x = A_{\text{چپ}} x' \xrightarrow{A = \frac{\pi d^2}{4}} \frac{\pi (2d)^2}{4} x = \frac{\pi d^2}{4} x' \Rightarrow x' = 4x$$

نام به شکل (ب) نگاه کنید. بعد از رسیدن به تعادل جدید، باز هم اختلاف سطح مایع ρ_1 در دو طرف لوله برابر ۶ cm است. حالا از برابری فشار در نقطه‌های هم‌تراز A' و B' در شکل (ب) استفاده می‌کنیم:

$$P_{A'} = P_{B'} \Rightarrow \rho_1 x' = \rho_1 h_1 + \rho_1 h'_r$$

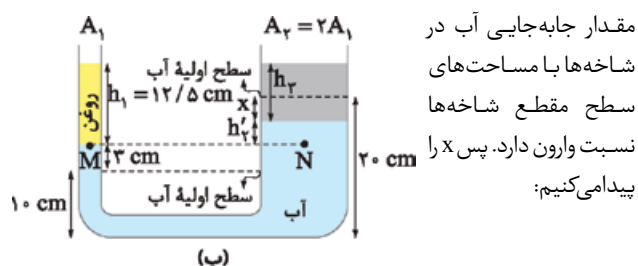
$$\xrightarrow{x' = 4x, h'_r = (18 - x) \text{ cm}, \rho_1 = 3\rho_2, h_1 = 6 \text{ cm}} \rho_2 \times 4x = 3\rho_2 \times 6 + \rho_2 \times (18 - x)$$

$$\Rightarrow 4x = 18 + 18 - x \Rightarrow 5x = 36 \Rightarrow x = \frac{36}{5} = 7.2 \text{ cm}$$

نام می‌خواهیم بدانیم چند درصد از جرم مایع ρ_2 را از شاخه سمت راست به شاخه سمت چپ منتقل کرده‌ایم؛ یعنی:

$$\rho_2 \text{ جرم مایع } \frac{\Delta m}{m_r} \times 100 = \frac{\rho_2 \Delta V}{\rho_2 V_r} \times 100$$

$$= \frac{A_{\text{راست}} x}{A_{\text{راست}} h_r} \times 100 = \frac{7.2}{18} \times 100 = 40\%$$



مقدار جابه‌جایی آب در شاخه‌ها با مساحت‌های سطح مقطع شاخه‌ها نسبت وارون دارد. پس x را پیدامی‌کنیم:

$$\frac{x}{3} = \frac{A_1}{A_2} \xrightarrow{A_2=2A_1} \frac{x}{3} = \frac{A_1}{2A_1} \Rightarrow x = 1.5 \text{ cm}$$

نام ۱۳۸ برای ادامه حل به دو چیز نیاز داریم، یکی h_2' و دیگری h_2 .

با توجه به شکل: $h_2' = 20 - x - 3 - 10 = 7 - 1.5 = 5.5 \text{ cm}$
حجم مایع و روغن برابر است، پس:

$$A_1 h_1 = A_2 h_2 \Rightarrow \frac{A_2=2A_1}{A_1} \Rightarrow A_1 \times 12/5 = 2A_1 \times h_2 \Rightarrow h_2 = \frac{12/5}{2} \text{ cm}$$

نام ۱۳۹ با توجه به شکل (ب)، فشار در نقاط هم‌تراز M و N را برابر قرار می‌دهیم:

$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_{\text{روغن}} h_1 = \rho_{\text{آب}} h_2' + \rho_{\text{مایع}} h_2$$

$$\Rightarrow 0.8 \times 12/5 = 1 \times 5.5 + \rho_{\text{مایع}} \times \frac{12/5}{2}$$

$$\Rightarrow 10 = 5.5 + \frac{12/5}{2} \rho_{\text{مایع}} \Rightarrow \rho_{\text{مایع}} = \frac{2 \times 4.5}{12/5} = 0.72 \text{ g/cm}^3$$

پرسش: الف) اختلاف ارتفاع سطح آزاد روغن و مایع در شاخه‌ها چند

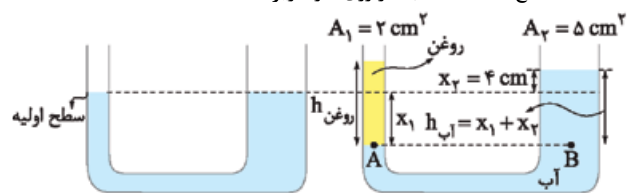
سانتی‌متر می‌شود؟

پاسخ: ۷۵ cm

ب) اگر در ابتدا جرم همین مایع اضافه شده برابر با جرم روغن بود، سطح روغن در شاخه سمت چپ چند سانتی‌متر بالا می‌آمد؟

پاسخ: ۱۳ cm

۲۸۳ نام ۱۴۰ با ریختن روغن در لوله سمت چپ، سطح آب در لوله سمت چپ به اندازه x_1 پایین و در لوله سمت راست به اندازه $x_2 = 4 \text{ cm}$ بالا می‌رود. همان‌طور که قبلاً گفتیم، مقدار جابه‌جایی سطح مایع در شاخه‌ها با مساحت مقطع شاخه‌ها نسبت وارون دارد، زیرا:



$$V_{\text{پایین}} = V_{\text{بالا}} \Rightarrow A_1 x_1 = A_2 x_2 \Rightarrow \frac{x_1}{x_2} = \frac{A_2}{A_1}$$

$$\xrightarrow{A_1=2 \text{ cm}^2, A_2=5 \text{ cm}^2, x_2=4 \text{ cm}} \frac{x_1}{4} = \frac{5}{2} \Rightarrow x_1 = 10 \text{ cm}$$

نام ۱۴۱ نیازی به محاسبه $h_{\text{روغن}}$ نیست، چون برای روغن به جای رابطه $\rho g h$

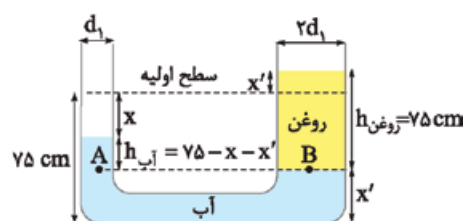
از $\frac{mg}{A}$ استفاده می‌کنیم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 + \frac{m_{\text{روغن}} g}{A_1} = P_0 + \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}}$$

$$\frac{m_{\text{روغن}}}{A_1} = \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} \xrightarrow{h_{\text{آب}}=14 \text{ cm}} \frac{m_{\text{روغن}}}{2} = 1 \times 14 \Rightarrow m_{\text{روغن}} = 28 \text{ g}$$

تیزبازی: لوله U شکل را با ظرفی استوانه‌ای با مساحت مقطع $7 \text{ cm}^2 = 2 + 5$ جایگزین می‌کنیم. برای این‌که سطح آب در این ظرف 4 cm بالا رود، باید آبی با حجم روبه‌رو به ظرف اضافه کنیم: $V = 7 \times 4 = 28 \text{ cm}^3$
خب جرم این مقدار آب چه قدر است: $m = \rho V = 1 \times 28 = 28 \text{ g}$
بنابراین جرم روغنی که باید در لوله سمت چپ بریزیم هم برابر همین مقدار یعنی 28 g است.

۲۸۱ نام ۱۴۲ با بازکردن شیر رابط، آب به دلیل چگالی بیشتر در کف لوله قرار می‌گیرد؛ بنابراین مطابق شکل زیر، سطح آب در لوله سمت چپ به اندازه x پایین و سطح آب و روغن در لوله سمت راست به اندازه x' بالا می‌رود. حالا نکته زیر را بخوانید تا بفهمید موضوع از چه قرار است:



نکته: چون مقطع لوله‌ها برابر نیست، مقدار پایین‌رفتن آب در یک لوله

با مقدار بالا رفتن آن در لوله دیگر یکسان نیست. برای این‌که بفهمیم سطح آب در شاخه سمت راست چند سانتی‌متر بالا می‌رود، باید حجم آب پایین‌رفته در شاخه سمت چپ را با حجم آب بالا رفته در شاخه سمت راست برابر قرار دهیم:

$$\Delta V_{\text{چپ}} = \Delta V_{\text{راست}} \xrightarrow{\Delta V = A \Delta h} A_{\text{چپ}} \Delta h_{\text{چپ}} = A_{\text{راست}} \Delta h_{\text{راست}}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta h_{\text{چپ}}}{\Delta h_{\text{راست}}} = \frac{A_{\text{راست}}}{A_{\text{چپ}}}$$

$$\xrightarrow{A = \pi r^2} \frac{\Delta h_{\text{چپ}}}{\Delta h_{\text{راست}}} = \frac{\pi r_{\text{راست}}^2}{\pi r_{\text{چپ}}^2} = \left(\frac{r_{\text{راست}}}{r_{\text{چپ}}}\right)^2$$

نتیجه: در لوله‌های U شکل که سطح مقطع شاخه‌های آن یکسان

نیست، مقدار جابه‌جایی سطح مایع در شاخه‌ها با مساحت مقطع شاخه‌ها و در نتیجه با مربع شعاع (یا قطر) مقطع شاخه‌ها نسبت وارون دارد.

با توجه به نکته بالا داریم:

$$\frac{x'}{x} = \left(\frac{d_1}{2d_1}\right)^2 = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

نام ۱۴۳ فشار در نقاط هم‌تراز A و B یکسان است، پس:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{\text{روغن}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{روغن}} h_{\text{روغن}}$$

$$\xrightarrow{h_{\text{آب}}=(75-x-x') \text{ cm}, x=4x'} \rho_{\text{آب}} (75-4x'-x') = \rho_{\text{روغن}} h_{\text{روغن}}$$

$$\xrightarrow{h_{\text{روغن}}=75 \text{ cm}} 1 \times (75-5x') = 0.8 \times 75 \Rightarrow 75-5x' = 60$$

$$\Rightarrow 5x' = 15 \Rightarrow x' = 3 \text{ cm}$$

پرسش: الف) سطح آب در شاخه سمت چپ چند سانتی‌متر پایین می‌رود؟

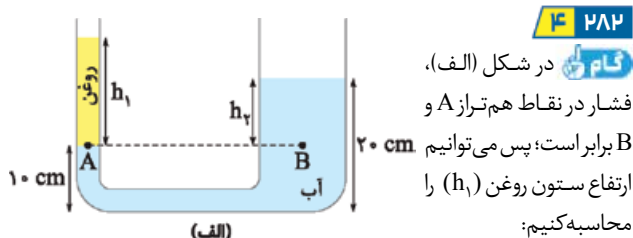
پاسخ: ۱۲ cm

ب) اختلاف ارتفاع سطح آزاد آب و روغن در دو شاخه چند سانتی‌متر می‌شود؟

پاسخ: ۱۵ cm

پ) اختلاف سطح آب در دو شاخه چند سانتی‌متر می‌شود؟

پاسخ: ۶۰ cm



$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{\text{روغن}} h_1 = \rho_{\text{آب}} h_2$$

$$\xrightarrow{h_2=20-10=10 \text{ cm}} 0.8 \times h_1 = 1 \times 10 \Rightarrow h_1 = \frac{10}{0.8} = 12.5 \text{ cm}$$

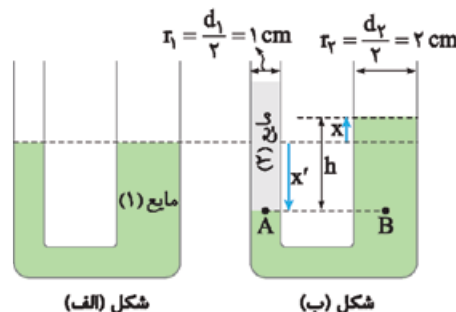
نام ۱۴۴ مطابق شکل (ب)، وقتی مایع (۳) را در شاخه سمت راست می‌ریزیم، سطح آب در این شاخه به مقدار x پایین و در شاخه سمت چپ 3 cm بالا می‌رود.

پرسش: اختلاف ارتفاع سطح آزاد آب و روغن در دو شاخه چند سانتی متری می شود؟

پاسخ: ۳ / ۵ cm

۲۸۴ **نام**

شکل های زیر را ببینید. در شکل (الف) مایع (۱) در حالت تعادل است. در شکل (ب) مایع (۲) را به شاخه سمت چپ اضافه کرده ایم. همین طور که می بینید، در شکل (ب) سطح مایع (۱) در شاخه سمت چپ به اندازه x' پایین آمده و در شاخه سمت راست به اندازه x بالا رفته است. از آن جاکه با اضافه کردن مایع (۲) حجم جابه جاشده مایع (۱) در دو شاخه برابر است، داریم:



شکل (الف)

شکل (ب)

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 \Rightarrow A_1 x' = A_2 x \Rightarrow \pi r_1^2 x' = \pi r_2^2 x$$

$$\frac{r_1 = 1 \text{ cm}, r_2 = 2 \text{ cm}}{\rightarrow} x' = 4x$$

$$h = x + x' = x + 4x = 5x$$

نام **محاسبه چگالی مایع (۱):** با توجه به شکل (a) در صورت سؤال داریم:

$$P_1 (\text{mmHg}) = \frac{\rho_1}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_1 (\text{mm}) \quad \frac{P_1 = 37/5 \text{ torr یا mmHg}}{h_1 = 3 \text{ cm} = 30 \text{ mm}} \rightarrow$$

$$37/5 = \frac{\rho_1}{13/6} \times 30 \Rightarrow \rho_1 = \frac{37/5 \times 13/6}{30} = 1/7 \text{ g/cm}^3$$

نام **محاسبه وزن مایع (۲):** در شکل (b) صورت سؤال، نیرویی که مایع (۲)

بر ته استوانه وارد می کند، برابر وزن مایع (۲) است و داریم: (برای تبدیل یکای فشار از تور به پاسکال، مقدار داده شده برحسب تور را در ۱۳۶ ضرب می کنیم).

$$m_2 g = F_2 = P_2 \times A_b$$

$$\frac{P_2 = 2/125 \times 136 = 425 \text{ Pa}}{A_b = \frac{\pi d_b^2}{4} = \frac{\pi \times 4^2}{4} = 12 \text{ cm}^2} \rightarrow m_2 g = 425 \times 12 \times 10^{-4} = 51 \times 10^{-2} \text{ N}$$

نام در شکل (ب) فشار در نقطه های A و B برابر است. چگالی مایع (۱) و

$$P_A = P_B \Rightarrow \frac{m_2 g}{A_1} = \rho_2 g h \quad \text{پس می توانیم بنویسیم:}$$

$$\frac{m_2 g = 51 \times 10^{-2} \text{ N}, \rho_2 = 1/7 \text{ g/cm}^3 = 1700 \text{ kg/m}^3}{A_1 = \pi r_1^2 = 3 \times (1)^2 = 3 \text{ cm}^2 = 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2, h = 5x} \rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{51 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-4}} = 1700 \times 10 \times 5x$$

$$\Rightarrow x = \frac{51 \times 10^{-2}}{3 \times 10^{-4} \times 17 \times 10^5 \times 5} = 2 \times 10^{-2} \text{ m} = 2 \text{ cm}$$

سطح مایع (۱) در شاخه سمت راست به اندازه $x = 2 \text{ cm}$ بالا رفته و در شاخه سمت چپ به اندازه $4x = 8 \text{ cm}$ پایین آمده است.

تیزبازی: بعد از گام اول و محاسبه چگالی مایع (۱)، می توانیم مستقیم فشار دو نقطه A و B را برحسب میلی متر جیوه با هم مساوی قرار دهیم:

$$P_A (\text{mmHg}) = P_B (\text{mmHg}) \Rightarrow \frac{\rho_1}{\rho_{\text{جیوه}}} \times 5x (\text{mm}) = \frac{F_2}{A_1}$$

$$\frac{F_2 = P_2 A_a}{\rho_{\text{جیوه}}} \rightarrow \frac{\rho_1}{\rho_{\text{جیوه}}} \times 5x (\text{mm}) = P_2 (\text{mmHg}) \times \frac{A_a}{A_1}$$

$$\frac{A_a = (d_a)^2}{A_1 = (d_1)^2} \rightarrow \frac{1/7}{13/6} \times 5x = 3/125 \times \left(\frac{4}{1}\right)^2$$

$$\Rightarrow x = \frac{12/5 \times 8}{5} = 20 \text{ mm} = 2 \text{ cm}$$

۲۸۵ **نام** سطح جیوه درون لوله ۷۴ cm بالاتر از سطح جیوه درون ظرف

است؛ بنابراین فشار هوا در محل جوسنج برابر ۷۴ cmHg است (نادرستی عبارت (الف)). اگر جوسنج را به ارتفاع بالاتری ببریم، به علت کاهش فشار هوا، ارتفاع ستون جیوه (فاصله سطح جیوه درون لوله و سطح جیوه درون ظرف) کاهش می یابد (نادرستی عبارت (ب)). مقدار بالا رفتن جیوه درون لوله وابسته به فشار هوا است و به مساحت مقطع و طول لوله بستگی ندارد (نادرستی عبارت (پ)) و درستی عبارت (ت)). ارتفاع ستون جیوه به فشار هوای محیط بستگی دارد و با کج کردن لوله تغییر نمی کند. (درستی عبارت (ث))

۲۸۶ **نام** اول تکلیف چگالی مایع که ۸۷ / ۵ درصد کم تر از چگالی

جیوه است را روشن می کنیم:

$$\frac{\rho_{\text{جیوه}} - \rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} = \frac{87/5}{100} \Rightarrow \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} = \frac{12/5}{100} = \frac{1}{8}$$

نام در شکل روبه رو، فشار در

نقطه های هم تراز A و B برابر است.

همین طور که در شکل می بینید، فشار در

نقطه A ناشی از گاز محبوس در لوله (۲) و

فشار در نقطه B ناشی از ۴۰ cm ستون

مایع و گاز محبوس در لوله (۱) است.

حواستون باشه: چون فشار گاز محبوس در لوله (۲) را برحسب سانتی متر جیوه

فراسته، همه فشارها را از جمله فشار ستون مایع را برحسب سانتی متر جیوه می نویسیم.

$$P_A = P_B \Rightarrow P_2 (\text{cmHg}) = P_{\text{مایع}} (\text{cmHg}) + P_1 (\text{cmHg})$$

$$\Rightarrow P_2 (\text{cmHg}) = \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times \Delta h_{\text{مایع}} (\text{cm}) + P_1 (\text{cmHg})$$

$$\frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} = \frac{1}{8}, \Delta h_{\text{مایع}} = 40 \text{ cm} \rightarrow \frac{P_2 (\text{cmHg}) = 70 \text{ cmHg}}{P_1 (\text{cmHg}) = 70 \text{ cmHg}} \rightarrow P_2 = \frac{1}{8} \times 40 + 70 = 75 \text{ cmHg}$$

۲۸۷ **نام** محاسبه فشار هوای محیط برحسب پاسکال:

$$P_2 (\text{Pa}) = 1360 \times P_2 (\text{cmHg}) = 1360 \times 75/5 = 102680 \text{ Pa}$$

نام فشار در نقاط هم تراز A و B را برابر قرار می دهیم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 = P_{\text{گاز}} + \rho_{\text{مایع}} g h_{\text{مایع}}$$

$$\frac{\rho_{\text{مایع}} = 2/8 \text{ g/cm}^3 = 2/8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3}{h_{\text{مایع}} = 51 \text{ cm} = 51 \times 10^{-2} \text{ m}} \rightarrow$$

$$102680 = P_{\text{گاز}} + 2/8 \times 10^3 \times 10 \times 51 \times 10^{-2}$$

$$\Rightarrow P_{\text{گاز}} = 102680 - 14280 = 88400 \text{ Pa}$$

۲۸۸ **نام** در شکل روبه رو، فشار

در نقطه های هم تراز A و B برابر

است. (فشارها را برحسب میلی متر

جیوه (تور) مرتب می کنیم):



$$P_A = P_B \Rightarrow \text{فشار ستون جیوه درون لوله} = P_{\text{مایع}} + P_0$$

$$P_{\text{جیوه}} (\text{mmHg}) = \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_{\text{مایع}} (\text{mm}) + P_0 (\text{mmHg})$$

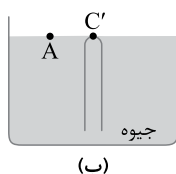
$$\frac{P_A = 760 \text{ mmHg}, \rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3}{\rho_{\text{مایع}} = 8/5 \text{ g/cm}^3, h_{\text{مایع}} = 400 \text{ mm}} \rightarrow 760 = \frac{8/5}{13/6} \times 400 + P_0 (\text{mmHg})$$

$$\Rightarrow P_0 (\text{mmHg}) = 760 - 25 = 735 \text{ mmHg}$$

۲۸۹ **نام** سطح مایع درون لوله پایین تر از سطح مایع درون ظرف است؛ در نتیجه

فشار گاز محبوس درون لوله از فشار هوا بیشتر است؛ پس خواسته این تست حتماً از

۱۰۰ kPa بیشتر است (۳) یا ۴) جواب تسته). فشار در نقاط هم تراز A و B یکسان است؛



گام ۱ در حالت دوم که انتهای بسته لوله با سطح جیوه درون ظرف هم سطح می شود، با توجه به شکل (ب)، فشار وارد بر انتهای بسته لوله برابر است با:

$$P_A = P_{C'} \Rightarrow P_{C'} = P_0 = 75 \text{ cmHg}$$

(ب)

تغییر فشار در انتهای بسته لوله: $\Delta P_C = P_{C'} - P_C = 75 - 25 = 50 \text{ cmHg}$
گام ۲ محاسبه تغییر نیروی وارد بر انتهای بسته لوله:

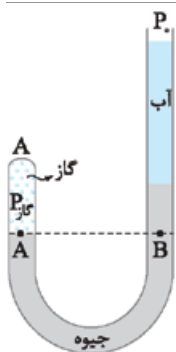
$$\Delta F = \Delta P_C \times A = 68000 \times 2 \times 10^{-4} = 13.6 \text{ N}$$

تیزبازی: ΔP_C برابر P_C است؛ بنابراین ΔF_C هم، ۲ برابر F_C خواهد بود، یعنی:

$$\Delta F_C = 2F_C = 2 \times 6.8 = 13.6 \text{ N}$$

محاسبه ΔP_C برحسب پاسکال:

$$\Delta P_C (\text{Pa}) = 1360 \times \Delta P_C (\text{cmHg}) = 1360 \times 50 = 68000 \text{ Pa}$$



گام ۲ در شکل روبه رو، فشار در نقاط هم تراز A و B برابر است؛ بنابراین:

$$P_A = P_B$$

$$\Rightarrow P_{\text{گاز}} = P_0 + P_{\text{آب}} + P_{\text{جیوه}} \quad (I)$$

گام ۳ ارتفاع ستون جیوه، ۴ cm است؛ پس جیوه برابر با ۴ cmHg است.

تیزبازی: همین جا به راحتی می توان فهمید که فشار گاز بیشتر از ۷۸ cmHg است؛ زیرا:

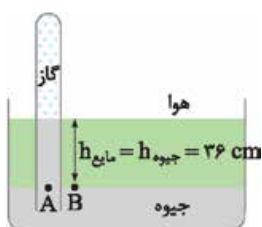
$$P_{\text{گاز}} = P_0 + P_{\text{جیوه}} + P_{\text{آب}} = 74 + 4 + P_{\text{آب}} \Rightarrow P_{\text{گاز}} > 78 \text{ cmHg}$$

فقط ۲ بیشتر از ۷۸ cmHg است.

حالا کافی است فشار حاصل از ستون آب را برحسب سانتی متر جیوه به دست آوریم:

$$P_{\text{آب}} (\text{cmHg}) = \frac{\rho_{\text{آب}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_{\text{آب}} (\text{cm}) = \frac{1}{13.6} \times 27.2 = 2 \text{ cmHg}$$

$$\xrightarrow{(I)} P_{\text{گاز}} = P_0 + P_{\text{آب}} + P_{\text{جیوه}} = 74 + 2 + 4 = 80 \text{ cmHg}$$



گام ۴ در شکل روبه رو فشار در نقطه های هم تراز A و B برابر است و داریم: (فشارها را برحسب سانتی متر جیوه مرتب کرده ایم.)

$$P_A = P_B$$

$$\Rightarrow P_0 (\text{cmHg}) + P_{\text{گاز}} = \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_{\text{مایع}} (\text{cm}) + P_0 (\text{cmHg})$$

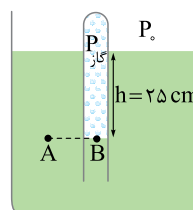
$$\frac{P_0 = 36 \text{ cmHg}, \rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \text{ g/cm}^3}{\rho_{\text{مایع}} = 1.5 \text{ g/cm}^3, h_{\text{مایع}} = 26 \text{ cm}, P_0 = 76 \text{ cmHg}}$$

$$36 + P_{\text{گاز}} = \frac{1.5}{13.6} \times 36 + 76$$

$$\Rightarrow P_{\text{گاز}} (\text{cmHg}) = 4 + 76 - 36 = 44 \text{ cmHg}$$

$$\xrightarrow{\text{جکالی جیوه در SI}} P (\text{cmHg}) \times \frac{1}{10} \rightarrow$$

$$P_{\text{گاز}} = 44 \times 1350 = 59400 \text{ Pa} = 59.4 \text{ kPa}$$

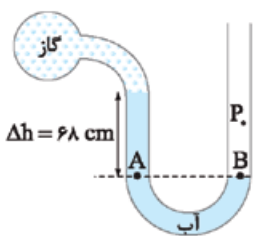


$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 + \rho gh = P_{\text{گاز}}$$

$$\frac{h = 25 \text{ cm} = 25 \times 10^{-2} \text{ m}}{\rho = 2 \text{ g/cm}^3 = 2 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3}$$

$$P_{\text{گاز}} = 1.05 + (2 \times 10^{-3}) \times 10 \times (25 \times 10^{-2}) = 1.05 + 5 \times 10^{-2}$$

$$= 1.05 \times 10^5 + 5 \times 10^3 = 1.05 \times 10^5 \text{ Pa} = 105 \text{ kPa}$$



۲۹۰ در شکل روبه رو، فشار در نقطه های هم تراز A و B برابر است و طبق معمول داریم:

$$P_A = P_B$$

$$\frac{P_A = P_{\text{گاز}} + \Delta P_{\text{آب}}}{P_B = P_0} \rightarrow P_{\text{گاز}} + \Delta P_{\text{آب}} = P_0$$

$$\Rightarrow \underbrace{P_{\text{گاز}} - P_0}_{P_{\text{گاز}} (\text{گاز})} = -\Delta P_{\text{آب}}$$

فشار پیمانه ای گاز را برحسب سانتی متر جیوه می خواهد:

$$P_{\text{گاز}} (\text{گاز}) = -\frac{P_{\text{آب}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times \Delta h (\text{cm}) = -\frac{1}{13.6/6} \times 68 = -5 \text{ cmHg}$$

۲۹۱ فشار در نقاط هم تراز A و B را برابر قرار دهیم:

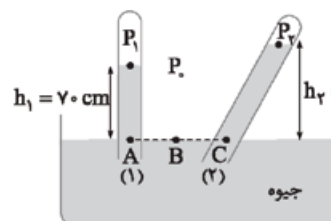
$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} = P_0 + P_{\text{مایع}} \Rightarrow P_{\text{گاز}} - P_0 = P_{\text{مایع}} \Rightarrow P_{\text{گاز}} (\text{گاز}) = P_{\text{مایع}}$$

مایع فشارستون ۴ سانتی متری مایع است. آن را برحسب سانتی متر جیوه به دست می آوریم:

$$P_{\text{گاز}} (\text{گاز}) = P_{\text{مایع}} (\text{cmHg}) = \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_{\text{مایع}} (\text{cm}) = \frac{1.5}{13.6} \times 40 = 5 \text{ cmHg}$$

۲۹۲ زمانی می توانیم ارتفاع ستون جیوه در فشارسنج هوا (بارومتر) را معادل

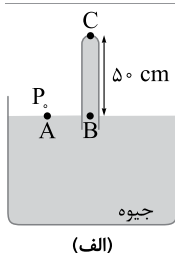
عددی فشار هوا در نظر بگیریم که بالای ستون جیوه، خلأ (نسبی) باشد. ممکن است بالای ستون جیوه، مقداری هوا حبس شده باشد یا این که بخار جیوه این فضا را اشغال کرده باشد و باعث



کاهش ارتفاع ستون جیوه شود. با توجه به شکل روبه رو، فشار در نقاط هم تراز A، B و C یکسان است؛ بنابراین می توان نوشت:

$$\begin{cases} P_B = P_A \Rightarrow P_0 = P_1 + P_{\text{جیوه}(1)} \Rightarrow P_0 = P_1 + 70 \text{ cmHg} \Rightarrow P_1 \geq 70 \text{ cmHg} \\ P_B = P_C \Rightarrow P_0 = P_2 + P_{\text{جیوه}(2)} \Rightarrow P_0 = P_2 + 75 \text{ cmHg} \Rightarrow P_2 \geq 75 \text{ cmHg} \end{cases}$$

پس اگر بالای لوله (۲) خلأ باشد، $P_2 = 0$ و $P_1 = 75 \text{ cmHg}$ است؛ در غیر این صورت $P_1 \neq 0$ و $P_2 > 75 \text{ cmHg}$ خواهد بود.



۲۹۳ با توجه به شکل (الف)، فشار در نقاط هم تراز A و B را برابر قرار می دهیم تا فشار در نقطه C (انتهای بسته لوله) به دست آید:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 = P_C + P_{\text{جیوه } 50}$$

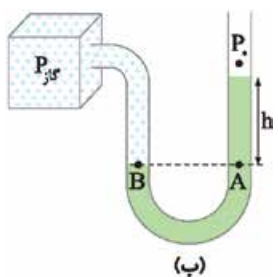
$$\Rightarrow 75 = P_C + 50 \Rightarrow P_C = 25 \text{ cmHg}$$

محاسبه P_C برحسب پاسکال:

$$P_C (\text{Pa}) = 1360 \times P_C (\text{cmHg}) = 1360 \times 25 = 34000 \text{ Pa}$$

گام ۲ در حالت اول نیروی وارد بر انتهای بسته لوله برابر است با:

$$\xrightarrow{A = 2 \text{ cm} = 2 \times 10^{-2} \text{ m}} F_C = 34000 \times 2 \times 10^{-4} = 6.8 \text{ N}$$



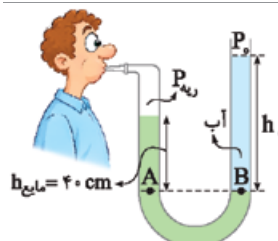
نام ۱ وقتی از مانومتر برای اندازه‌گیری فشار استفاده می‌کنیم، فشار ستون h از مایع در شکل (ب) را اندازه می‌گیریم. این فشار، فشار پیمانه‌ای گاز درون مخزن است:

$$P_A = P_B$$

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

$$\Rightarrow \rho gh = P_{\text{گاز}} - P_0$$

$\Rightarrow$ فشاری که مانومتر اندازه می‌گیرد P_g (گاز)



نام ۳ فشار در نقاط هم‌تراز A و B برابر است:

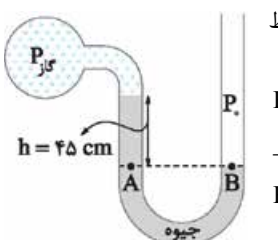
$$P_A = P_B$$

$$\Rightarrow P_{\text{گاز}} + \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_{\text{مایع}} (\text{cm}) = P_0 + \frac{\rho_{\text{آب}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_{\text{آب}} (\text{cm})$$

$$\xrightarrow{P_{\text{گاز}} = P_{\text{ریه}} - P_0} P_{\text{گاز}} = \frac{\rho_{\text{آب}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_{\text{آب}} (\text{cm}) - \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_{\text{مایع}} (\text{cm})$$

$$\xrightarrow{\rho_{\text{مایع}} = 0.6 \text{ g/cm}^3, \rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3, \rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \text{ g/cm}^3} \xrightarrow{h_{\text{مایع}} = 40 \text{ cm}, h_{\text{آب}} = 78.4 \text{ cm}}$$

$$P_{\text{گاز}} = \frac{1}{13.6} \times 78.4 - \frac{0.6}{13.6} \times 40 = \frac{78.4}{13.6} - \frac{24}{13.6} = 4 \text{ cmHg}$$



نام ۳ در شکل روبه‌رو، فشار در نقاط هم‌تراز A و B یکسان است، پس:

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

$$\xrightarrow{h = 45 \text{ cm} = 0.45 \text{ m}}$$

$$P_{\text{گاز}} + 13600 \times 10 \times 0.45 = 10^5$$

$$\Rightarrow P_{\text{گاز}} = 10^5 - 61200 = 38800 \text{ Pa}$$

تیزبازی: سطح جیوه در شاخه متصل به مخزن بالاتر از سطح جیوه در شاخه دیگر است؛ بنابراین فشار گاز درون مخزن کمتر از فشار هوا (۱۰۰۰۰۰ Pa) است. از طرفی اختلاف ارتفاع سطح جیوه در دو شاخه ۴۵ cm است؛ یعنی فشار گاز درون مخزن ۴۵ cmHg کمتر از فشار هوا است، پس:

$$P_{\text{مخزن}} = 10^5 \text{ Pa} - \frac{45 \text{ cmHg}}{75 \text{ cmHg}} \times 10^5 \text{ Pa} \Rightarrow P_{\text{مخزن}} < \frac{1}{4} \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\Rightarrow P_{\text{مخزن}} < 25000 \text{ Pa} \quad (1 \text{ جواب تسته})$$

نام ۳ اول نکته زیر را بخوانید:

نکته: وقتی مایع در راستای قائم حرکت شتابدار دارد، نیروی عمودی‌ای که به سطح وارد می‌کند، دیگر برابر وزن مایع نیست و برابر می‌شود با:

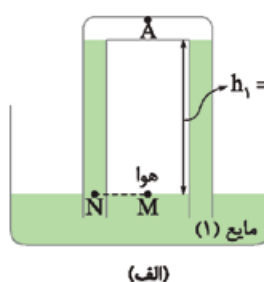
$$F_N = m(g \pm a)$$

شتاب رو به بالا
↑
شتاب رو به پایین
↓

در این صورت، فشار ناشی از ستون مایع درون لوله بارومتر که برابر فشار هوای داخل آسانسور است، به صورت زیر محاسبه می‌شود:

$$P = \frac{F_N}{A} = \frac{m(g \pm a)}{A} \xrightarrow{m = \rho V = \rho Ah} P = \frac{\rho Ah(g \pm a)}{A} = \rho(g \pm a)h$$

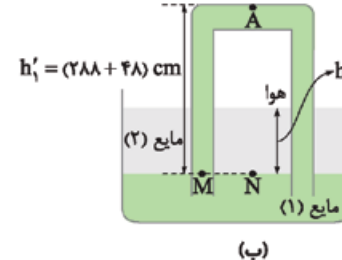
شتاب رو به بالا
↑
شتاب رو به پایین
↓



نام ۱ ۲۹۶ در شکل (الف)، فشار در نقطه‌های هم‌تراز M و N یکسان و برابر فشار هوای محیط است. (یکای kg / L معادل g / cm^۳ است.)

$$P_M = P_N \xrightarrow{P_M = P_0} \xrightarrow{\text{فشار ستون مایع (۱)}} P_0 = \frac{\rho_1}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_1 (\text{cm})$$

$$\xrightarrow{\rho_1 = 3/4 \text{ g/cm}^3, \rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3, h_1 = 288 \text{ cm}} P_0 = \frac{3/4}{13/6} \times 288 = 72 \text{ cmHg}$$



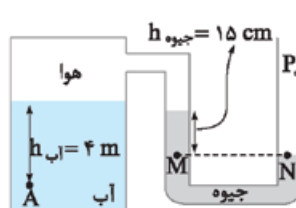
نام ۲ در شکل (ب)، باز هم فشار در نقطه‌های هم‌تراز M و N برابر است و داریم:

$$P'_M = P'_N \xrightarrow{P'_M = (1) \text{ فشار ستون مایع } h'_1 + P_A} \xrightarrow{P'_N = (2) \text{ فشار ستون مایع } h_2 + P_0} P_0 + \frac{\rho_2}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_2 (\text{cm}) + P_0 = \frac{\rho_1}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h'_1 (\text{cm}) + P_A$$

$$\xrightarrow{\rho_1 = 3/4 \text{ g/cm}^3, \rho_2 = 1/7 \text{ g/cm}^3, \rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3} \xrightarrow{h'_1 = 288 + 48 = 336 \text{ cm}, h_2 = 44 \text{ cm}}$$

$$\xrightarrow{\frac{3/4}{13/6} \times 336 + P_A = \frac{1/7}{13/6} \times 144 + 72} \Rightarrow P_A = 18 + 72 - 84 = 6 \text{ cmHg}$$

نام ۲ ۲۹۷ همان‌طور که می‌دانید، فشار یک کمیت نرده‌ای و بدون جهت است که در یک عمق معین از مایع از رابطه $P = P_0 + \rho gh$ به دست می‌آید. از این‌رو، P به جهت‌گیری سطحی که فشار به آن وارد می‌شود، بستگی ندارد.



نام ۲ ۲۹۸ با برابر قرار دادن فشار در نقاط هم‌تراز M و N در شکل روبه‌رو، فشار هوای محبوس داخل مخزن را محاسبه می‌کنیم:

$$P_M = P_N$$

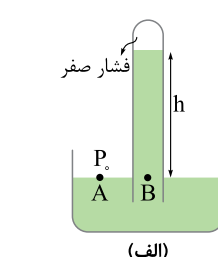
$$\Rightarrow P_{\text{جیوه}} + \rho_{\text{جیوه}} gh_{\text{جیوه}} = P_0$$

$$\xrightarrow{h_{\text{جیوه}} = 15 \text{ cm} = 15 \times 10^{-2} \text{ m}} P_{\text{هوای}} + 13600 \times 10 \times 15 \times 10^{-2} = 10^5$$

$$\Rightarrow P_{\text{هوای}} = 100000 - 20400 = 79600 \text{ Pa}$$

نام ۲ محاسبه فشار در نقطه A:

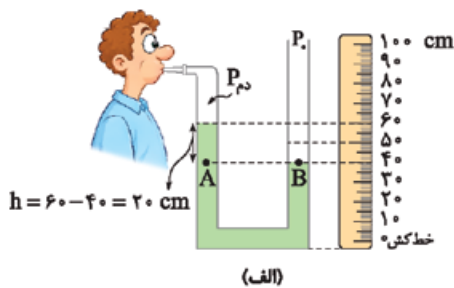
$$P_A = P_{\text{هوای}} + \rho_{\text{آب}} gh_{\text{آب}} \Rightarrow P_A = 79600 + 1000 \times 10 \times 4 = 119600 \text{ Pa} = 119.6 \text{ kPa}$$



نام ۲ ۲۹۹ وقتی از بارومتر برای اندازه‌گیری فشار استفاده می‌کنیم، فشار ستون h از مایع در شکل (الف) را اندازه می‌گیریم. این فشار، فشار مطلق هوای محیط است:

$$P_B = P_A \Rightarrow \rho gh = P_0$$

$$\Rightarrow \text{فشاری که بارومتر اندازه می‌گیرد} = P_0$$



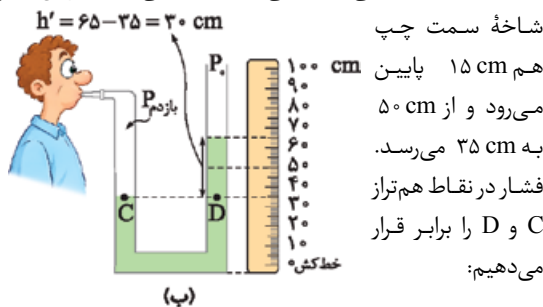
$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{م}} + \rho gh = P_0$$

$$\frac{\rho = 8 \text{ g/cm}^3 = 8000 \text{ kg/m}^3}{h = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}} \rightarrow P_{\text{م}} + 8000 \times 10 \times 0.2 = 10^5$$

$$\Rightarrow P_{\text{م}} = 100000 - 160000 = 84000 \text{ Pa}$$

گام ۳ مطابق شکل (ب)، هنگام بازدم، سطح مایع در شاخه سمت راست از

۵۰ cm به ۶۵ cm می‌رسد، یعنی ۱۵ cm بالا می‌رود؛ بنابراین سطح مایع در



$$P_C = P_D \Rightarrow P_{\text{بازدم}} = P_0 + \rho gh'$$

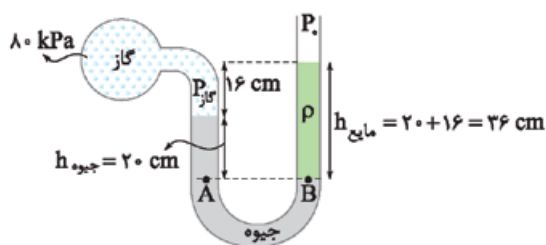
$$\frac{h' = 15 \text{ cm} = 0.15 \text{ m}}{\rightarrow} P_{\text{بازدم}} = 10^5 + 8000 \times 10 \times 0.15$$

$$= 100000 + 120000 = 220000 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{بازدم}} - P_{\text{م}} = 220000 - 84000 = 136000 \text{ Pa}$$

گام ۴ خواسته تست:

۳۵۷ در شکل زیر، فشار در نقاط هم‌تراز A و B را برابر قرار می‌دهیم:



$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} + \rho_{\text{جیوه}} gh_{\text{جیوه}} = P_0 + \rho gh$$

$$\frac{P_{\text{گاز}} = 80 \text{ kPa} = 80 \times 10^3 \text{ Pa}, h_{\text{جیوه}} = 20 \text{ cm} = 20 \times 10^{-2} \text{ m}}{h = 36 \text{ cm} = 36 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

$$80 \times 10^3 + 13600 \times 10 \times 20 \times 10^{-2} = 10^5 + \rho \times 10 \times 36 \times 10^{-2}$$

$$\Rightarrow 80 \times 10^3 + 27200 \times 10^3 = 100 \times 10^3 + 36 \rho$$

$$\Rightarrow 107200 \times 10^3 = 100 \times 10^3 + 36 \rho \Rightarrow 36 \rho = 7200 \times 10^3$$

$$\Rightarrow \rho = 2000 \text{ kg/m}^3$$

۳۵۸ به کمک رابطه $F = PA$ ، نسبت فشار در انتهای بسته لوله‌ها را به دست می‌آوریم:

$$F_B = 2F_A \Rightarrow P_B A_B = 2P_A A_A \xrightarrow{A_B = A_A} P_B = 2P_A \quad (\text{I})$$

گام ۲ فشار در نقطه‌های هم‌تراز M و N

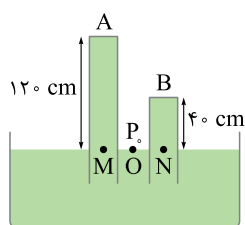
برابر فشار در نقطه O (فشار هوای محیط)

است. بنابراین می‌توانیم فشار در نقطه‌های B و

A را به صورت زیر بنویسیم (چون صورت سؤال

نسبت $\frac{P_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}}$ را خواسته، بهتر است روابط

فشار را بر حسب سانتی متر جیوه بنویسیم):



در این جا شتاب آسانسور رو به بالا است، پس داریم:

$$P_{\text{هو}} = \rho_{\text{جیوه}} (g + a) h_{\text{جیوه}} > \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}}$$

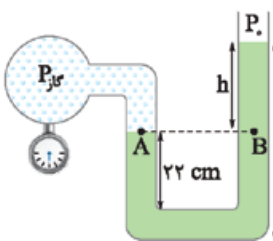
فشار هوا بیشتر از ۷۶ سانتی متر جیوه است. $h_{\text{جیوه}} = 76 \text{ cm}$

۳۵۳ **گام ۱** تبدیل فشار هوا از سانتی متر جیوه به پاسکال:

$$P_0 (\text{Pa}) = 1360 \times P_0 (\text{cmHg}) = 1360 \times 75 = 102000 \text{ Pa}$$

گام ۲ فشار در نقطه‌های هم‌تراز

A و B برابر است:



$$P_A = P_B$$

$$\Rightarrow P_{\text{گاز}} = \rho_{\text{مایع}} gh + P_0$$

$$\Rightarrow P_{\text{گاز}} - P_0 = \rho_{\text{مایع}} gh$$

$$\frac{P_{\text{گاز}} = 108000 \text{ Pa} = 108000 \text{ Pa}}{h = 56 - 22 = 34 \text{ cm} = 34 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

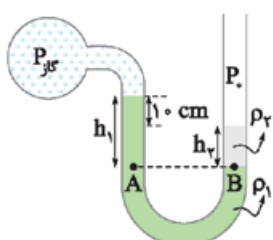
$$108000 - 102000 = \rho_{\text{مایع}} \times 10 \times (34 \times 10^{-2})$$

$$\Rightarrow 6000 = \rho_{\text{مایع}} \times 34 \Rightarrow \rho_{\text{مایع}} = 2000 \text{ kg/m}^3 = 2 \text{ g/cm}^3$$

۳۵۴ **گام ۱** در شکل روبه‌رو،

فشار در نقاط هم‌تراز A و B

یکسان است، پس:



$$P_A = P_B$$

$$\Rightarrow P_{\text{گاز}} + \rho_1 gh_1$$

$$= P_0 + \rho_2 gh_2$$

$$\Rightarrow P_{\text{گاز}} - P_0 = \rho_2 gh_2 - \rho_1 gh_1 \Rightarrow P_{\text{گاز}} = g(\rho_2 h_2 - \rho_1 h_1)$$

$$\frac{P_{\text{گاز}} = -10 \text{ kPa} = -10 \times 10^3 \text{ Pa}, h_1 = h_2 = 0.1 \text{ m}}{\rho_1 = 5 \text{ g/cm}^3 = 5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3, \rho_2 = 3 \text{ g/cm}^3 = 3 \times 10^3 \text{ kg/m}^3}$$

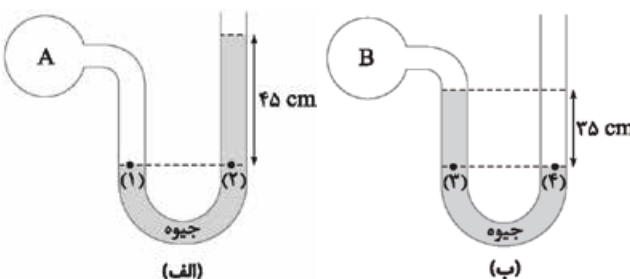
$$-10 \times 10^3 = 10 \times (3 \times 10^3 \times h_2 - 5 \times 10^3 \times (h_2 + 0.1))$$

$$\Rightarrow -10 = 3h_2 - 5(h_2 + 0.1) \Rightarrow -10 = -2h_2 - 5$$

$$\Rightarrow h_2 = \frac{-5}{-2} = \frac{1}{4} \text{ m} = 25 \text{ cm}$$

۳۵۵ **گام ۱** در شکل (الف)، فشار در نقاط هم‌تراز (۱) و (۲) و در شکل

(ب)، فشار در نقاط هم‌تراز (۳) و (۴) برابر است؛ بنابراین:



$$P_1 = P_2 \Rightarrow P_A = P_0 + P_{\text{جیوه}} = 75 + 45 = 120 \text{ cmHg}$$

$$P_2 = P_4 \Rightarrow P_B + P_{\text{جیوه}} = P_0 \Rightarrow P_B + 35 = 75$$

$$\Rightarrow P_B = 40 \text{ cmHg}$$

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

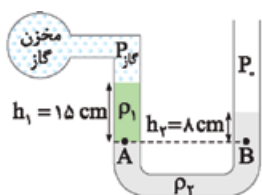
گام ۲ نسبت خواسته شده:

۳۵۶ **گام ۱** مطابق شکل (الف)، هنگام دم سطح مایع در شاخه

سمت راست پایین رفته و از ۵۰ cm به ۴۰ cm می‌رسد، یعنی ۱۰ cm

می‌رود؛ بنابراین سطح مایع در شاخه سمت چپ هم ۱۰ cm بالا می‌رود و از

۵۰ cm به ۶۰ cm می‌رسد. فشار در نقاط هم‌تراز A و B را برابر قرار می‌دهیم:



۳۱۱ در شکل روبه‌رو، فشار در نقاط هم‌تراز A و B یکسان است، پس: (چون فشار پیمانه‌ای را برحسب میلی‌متر جیوه خواسته، ما هم رابطه‌ها را براساس میلی‌متر جیوه مرتب می‌کنیم.)

$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} + \frac{\rho_1}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_1 \text{ (mm)} = P_0 + \frac{\rho_2}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_2 \text{ (mm)}$$

$$\Rightarrow P_{\text{گاز}} - P_0 = \frac{\rho_2}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_2 \text{ (mm)} - \frac{\rho_1}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_1 \text{ (mm)}$$

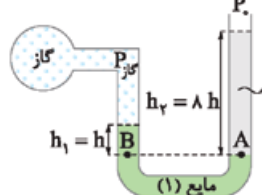
$$\frac{\rho_2}{\rho_{\text{جیوه}}} = \frac{13.6 \text{ g/cm}^3}{1 \text{ g/cm}^3}, \frac{\rho_1}{\rho_{\text{جیوه}}} = \frac{1.2 \text{ g/cm}^3}{1 \text{ g/cm}^3}, \rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \text{ g/cm}^3$$

$$P_{\text{گاز}} = \frac{13.6}{13.6} \times 80 - \frac{1.2}{13.6} \times 150 = \frac{1088}{13.6} - \frac{180}{13.6} = \frac{908}{13.6} = 66.76 \text{ mmHg}$$

۳۱۲ فشار گاز مخزن، ۲۰ درصد بیشتر از فشار هوا است؛ پس:

$$P_{\text{گاز}} = P_0 + \frac{20}{100} P_0 = \frac{120}{100} P_0 = \frac{6}{5} P_0$$

۳۱۳ فشار در نقاط هم‌تراز A و B:



در شکل روبه‌رو را برابر قرار می‌دهیم:

$$P_A = P_B$$

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

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

$$P_0 + \rho_2 g \times \lambda h = \frac{6}{5} P_0 + \rho_1 g h \Rightarrow \rho_2 g h = \frac{1}{5} P_0 \Rightarrow \rho_2 g h = \frac{1}{5} P_0 \quad (I)$$

فشار پیمانه‌ای در نقطه A برابر است با:

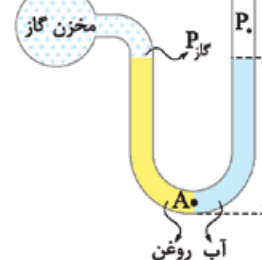
$$P_A = P_0 + \rho_2 g h_2 \Rightarrow P_A - P_0 = \rho_2 g \times \lambda h \Rightarrow P_{g(A)} = \lambda \rho_2 g h$$

$$\xrightarrow{(I)} P_{g(A)} = \lambda \times \frac{1}{5} P_0 = \frac{2}{5} P_0$$

۳۱۴ آب و روغن در تعادل اند؛ بنابراین در سطح مشترک مایع‌ها (نقطه A) فشار ناشی از آب با فشار ناشی از روغن برابر است. داریم:

$$\begin{cases} P_A = P_{\text{گاز}} + P_{\text{روغن}} \\ P_A = P_0 + P_{\text{آب}} \end{cases} \Rightarrow P_{\text{گاز}} + P_{\text{روغن}} = P_0 + P_{\text{آب}}$$

$$\Rightarrow P_{\text{گاز}} - P_0 = P_{\text{آب}} - P_{\text{روغن}} \Rightarrow P_{g(\text{گاز})} = P_{\text{آب}} - P_{\text{روغن}} \quad (I)$$

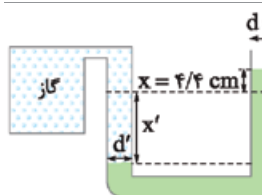


در رابطه (I)، $P_{\text{آب}}$ و $P_{\text{روغن}}$ به ترتیب بیانگر فشار ستون ۶۸ سانتی‌متری آب و روغن است.

۳۱۵ چون فشار پیمانه‌ای مخزن گاز را برحسب میلی‌متر جیوه می‌خواهیم، $P_{\text{آب}}$ و $P_{\text{روغن}}$ را برحسب میلی‌متر جیوه به دست می‌آوریم:

$$P_{g(\text{گاز})} = \frac{P_{\text{آب}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_{\text{آب}} \text{ (mm)} - \frac{P_{\text{روغن}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_{\text{روغن}} \text{ (mm)}$$

$$= \frac{1}{13.6} \times \frac{50}{1} \times \frac{80}{1} - \frac{0.8}{13.6} \times \frac{680}{1} = 10 \text{ mmHg}$$



۳۱۶ مطابق شکل (الف)، با اتصال مخزن به شاخه سمت چپ، سطح مایع در شاخه راست به اندازه x بالا و در شاخه سمت چپ به اندازه x' پایین می‌آید. باتوجه به این‌که حجم مایع جابه‌جاشده در دو طرف لوله برابر است، داریم:

$$\Delta V = \Delta V' \Rightarrow A x = A' x' \xrightarrow{A = \pi r^2} \pi r^2 x = \pi r'^2 x' \Rightarrow \frac{x'}{x} = \left(\frac{r}{r'}\right)^2 = \left(\frac{d}{d'}\right)^2 \xrightarrow{d = 2d'} \frac{x'}{x} = \left(\frac{1}{2}\right)^2 = \frac{1}{4}$$

شکل (الف)

$$P_N \text{ (cmHg)} = \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} h_B \text{ (cm)} + P_B \xrightarrow{P_N \text{ (cmHg)} = P_0 = 75 \text{ cmHg}, h_B = 40 \text{ cm}}$$

$$75 = \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times 40 + P_B \Rightarrow P_B = 75 - 40 \times \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}}$$

$$P_M \text{ (cmHg)} = \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_A \text{ (cm)} + P_A$$

$$\xrightarrow{P_M \text{ (cmHg)} = P_0 = 75 \text{ cmHg}, h_A = 120 \text{ cm}} 75 = \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times 120 + P_A$$

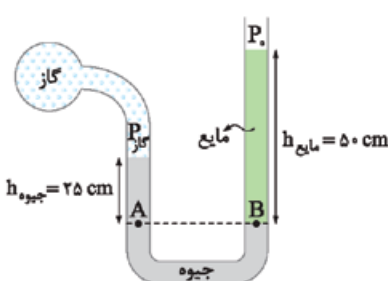
$$\Rightarrow P_A = 75 - 120 \times \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}}$$

گام با استفاده از نتایج گام‌های اول و دوم:

$$P_B = 2P_A \Rightarrow 75 - 40 \times \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} = 2(75 - 120 \times \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}})$$

$$\Rightarrow 240 \times \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} - 40 \times \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} = 150 - 75 \Rightarrow 200 \times \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} = 75$$

$$\Rightarrow \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} = \frac{75}{200} = \frac{3}{8}$$



۳۰۹ فشار در نقاط هم‌تراز A و B در شکل روبه‌رو یکسان است؛ بنابراین:

$$\begin{aligned} P_A &= P_B \\ \Rightarrow P_{\text{گاز}} + \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} &= P_0 + \rho_{\text{مایع}} g h_{\text{مایع}} \end{aligned}$$

$$\Rightarrow P_{\text{گاز}} - P_0 = g(\rho_{\text{مایع}} h_{\text{مایع}} - \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}})$$

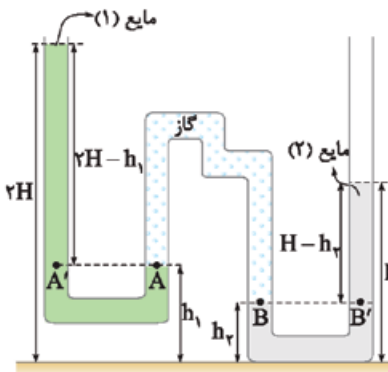
$$\Rightarrow P_g = g(\rho_{\text{مایع}} h_{\text{مایع}} - \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}})$$

$$\xrightarrow{P_g = -25 \text{ kPa} = -25 \times 10^3 \text{ Pa}, h_{\text{مایع}} = 50 \text{ cm} = 50 \times 10^{-2} \text{ m}, \rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \text{ g/cm}^3 = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3, h_{\text{جیوه}} = 25 \text{ cm} = 25 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

$$-25 \times 10^3 = 10^3 (\rho_{\text{مایع}} \times 50 \times 10^{-2} - 13.6 \times 10^3 \times 25 \times 10^{-2})$$

$$\Rightarrow 0.5 \rho_{\text{مایع}} - 3400 = -2500 \Rightarrow 0.5 \rho_{\text{مایع}} = 900$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{مایع}} = 1800 \text{ kg/m}^3$$



۳۱۰ در شکل روبه‌رو، فشار در نقطه‌های هم‌تراز A و A' و همین‌طور در نقطه‌های هم‌تراز B و B' یکسان است و داریم:

$$\begin{cases} P_A = P_{A'} = \rho_1 g (2H - h_1) + P_0 & (I) \\ P_B = P_{B'} = \rho_2 g (H - h_2) + P_0 & (II) \end{cases}$$

از سوی دیگر، فشار گاز در تمام نقاط گاز (در لوله‌های رابط) از جمله نقطه‌های A و B برابر است:

$$P_{\text{گاز}} = P_A = P_B \xrightarrow{(II), (I)} \rho_1 g (2H - h_1) + P_0 = \rho_2 g (H - h_2) + P_0$$

$$\xrightarrow{h_1 = 2h_2} \rho_1 (2H - 2h_2) = \rho_2 (H - h_2)$$

$$\Rightarrow 2\rho_1 (H - h_2) = \rho_2 (H - h_2) \Rightarrow \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{1}{2} = 0.5$$

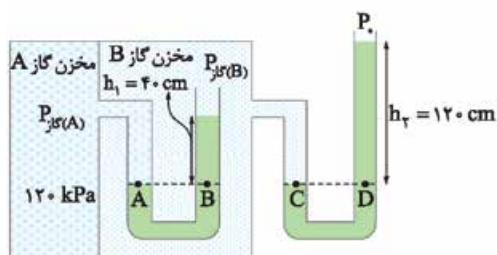
$$P_{A'} = P_{B'} \Rightarrow P_{\text{گاز}}(r) = P_0 + \rho_r g h + \rho_l g \left(\frac{2}{3} h\right)$$

$$\Rightarrow \overbrace{P_{\text{گاز}}(r)}^{P_g(r)} - P_0 = \rho_r g h + \frac{2}{3} \rho_l g h \xrightarrow{P_g(r) = 4 \text{ kPa} = 4000 \text{ Pa}}$$

$$4000 = \rho_r \times 10 \times 0.25 + \frac{2}{3} \times 12000 \times 10 \times 0.25$$

$$\Rightarrow 4000 = 2/5 \rho_r + 2000 \Rightarrow \rho_r = \frac{2000}{2/5} = 800 \text{ kg/m}^3$$

۳۱۷ با توجه به شکل زیر، فشار در نقاط هم تراز A و B و هم چنین فشار در نقاط هم تراز C و D با هم برابر است، پس:



$$\begin{cases} P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}}(A) = P_{\text{گاز}}(B) + \rho g h_1 \\ P_C = P_D \Rightarrow P_{\text{گاز}}(B) = P_0 + \rho g h_r \end{cases}$$

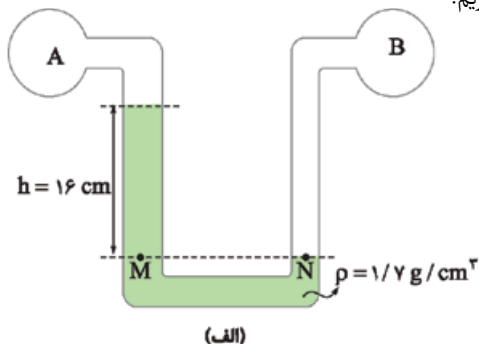
$$\Rightarrow P_{\text{گاز}}(A) = P_0 + \rho g (h_r + h_1) \xrightarrow{P_{\text{گاز}}(A) = 120 \text{ kPa} = 120 \times 10^3 \text{ Pa}, P_0 = 100 \text{ kPa} = 100 \times 10^3 \text{ Pa}}$$

$$120 \times 10^3 = 100 \times 10^3 + \rho \times 10 \times (120 + 40) \times 10^{-2}$$

$$\Rightarrow 20 \times 10^3 = 16 \rho \Rightarrow \rho = 1/25 \times 10^3 = 1250 \text{ kg/m}^3$$

$$\xrightarrow{1 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/L}} \rho = 1250 \text{ g/L}$$

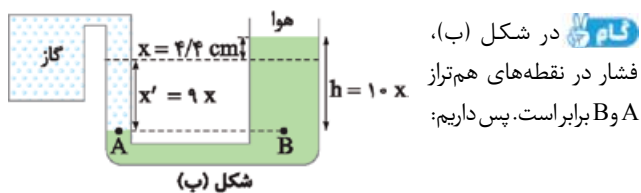
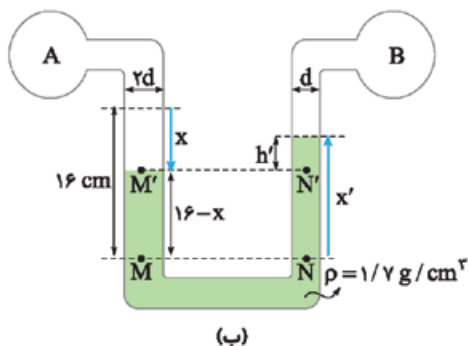
۳۱۸ در شکل (الف)، فشار در نقطه‌های هم تراز M و N برابر است و داریم:



$$P_M = P_N \Rightarrow \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h \text{ (cm)} + P_{A_1} = P_{B_1}$$

$$\xrightarrow{h=16 \text{ cm}, \rho_{\text{مایع}}=1/2 \text{ g/cm}^3, \rho_{\text{جیوه}}=13/6 \text{ g/cm}^3} P_{B_1} - P_{A_1} = \frac{1/2}{13/6} \times 16 = 2 \text{ cmHg}$$

۳۱۹ مطابق شکل (ب) با افزایش فشار گاز مخزن A و کاهش فشار گاز مخزن B، سطح مایع در شاخه سمت چپ به اندازه x پایین و در شاخه سمت راست به اندازه x' بالا می‌رود و وضعیت مایع از شکل (الف) به شکل (ب) تبدیل می‌شود. برای این که نسبت $\frac{x'}{x}$ را پیدا کنیم، باید بدانیم که تغییر حجم مایع در دو طرف لوله برابر است:



۳۲۰ **حواستون باشه:** فشار پیمانه‌ای رو بر حسب تور یا میلی‌متر جیوه می‌فواهیم.

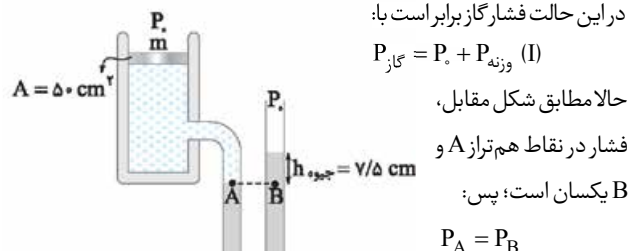
$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} = P_{\text{مایع}} + P_0 \Rightarrow P_{\text{گاز}} - P_0 = \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h \text{ (mm)}$$

$$\xrightarrow{\rho_{\text{مایع}}=1/2 \text{ kg/L}=1/2 \text{ g/cm}^3, \rho_{\text{جیوه}}=13/6 \text{ g/cm}^3}$$

$$h = x + 9x = 10x = 10 \times 4/4 = 44 \text{ cm} = 440 \text{ mm}$$

$$P_{\text{گاز}} = \frac{1/2}{13/6} \times 440 = 55 \text{ mmHg یا torr}$$

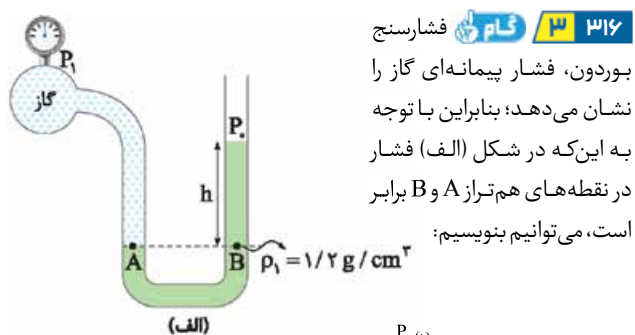
۳۱۵ در حالت اول، چون وزن و اصطکاک پیستون ناچیز است، فشار گاز داخل مخزن برابر با فشار هوای بالای مخزن یعنی برابر با فشار هوا است؛ به همین دلیل چون فشار در دو شاخه جیوه در دو شاخه یکسان است، سطح جیوه در شاخه‌ها هم تراز است. با اضافه کردن وزنه‌ای به جرم m روی پیستون، پیستون پایین می‌آید و فشار گاز داخل مخزن افزایش و در نتیجه مطابق شکل زیر، سطح جیوه در شاخه متصل به مخزن پایین و در شاخه روبه‌رو بالا می‌رود.



$$\Rightarrow P_{\text{گاز}} = P_0 + \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} \xrightarrow{(I)} P'_{\text{گاز}} + P_{\text{وزنه}} = P'_0 + \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}}$$

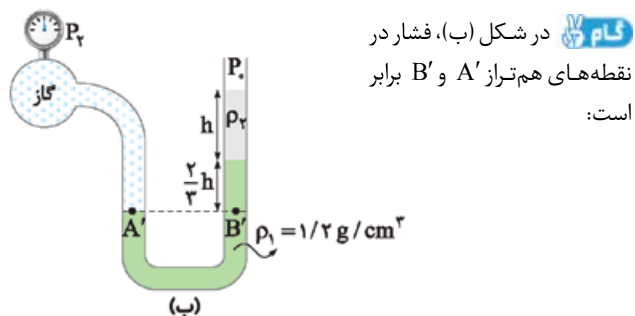
$$\Rightarrow \frac{m g}{A} = \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} \Rightarrow \frac{m}{A} = 13/6 \times 7/5$$

$$\Rightarrow m = 5100 \text{ g} = 5/1 \text{ kg}$$



$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}}(I) = P_0 + \rho_l g h \Rightarrow P_{\text{گاز}}(I) - P_0 = \rho_l g h$$

$$\xrightarrow{P_{\text{گاز}}(I) = 3 \text{ kPa} = 3000 \text{ Pa}, \rho_l = 1/2 \text{ g/cm}^3 = 1200 \text{ kg/m}^3} 3000 = 1200 \times 10 \times h \Rightarrow h = 0.25 \text{ m}$$



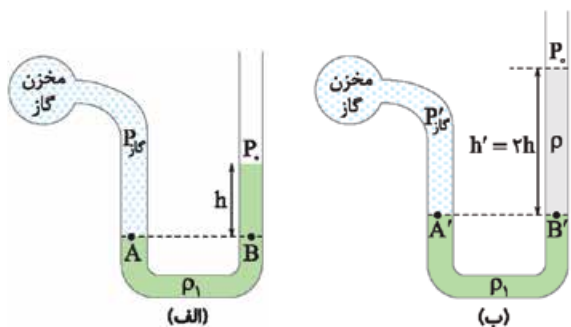
۳۲۱ در شکل (ب)، فشار در نقطه‌های هم تراز A' و B' برابر است:

۲۲۰ kPa را برحسب سانتی متر جیوه به دست می آوریم:

$$P \text{ (Pa)} = 1360 \times P \text{ (cmHg)} \Rightarrow 220 \times 10^3 = 1360 \times P \text{ (cmHg)}$$

$$\Rightarrow P \text{ (cmHg)} = \frac{220 \times 10^3}{1360} \approx 162 \text{ cmHg}$$

نکته ۳۳۳ فشار پیمانه‌ای گاز درون مخزن را قبل از اضافه کردن مایع جدید حساب می‌کنیم. در شکل (الف)، فشار در نقطه‌های هم‌تراز A و B یکسان است:



$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} = P_0 + \rho_1 gh \Rightarrow P_{\text{گاز}} - P_0 = \rho_1 gh$$

$$\Rightarrow P_{\text{گ (گاز)}} = 1/2 \times 10^3 \times h = 12h \text{ (I)}$$

نکته ۳۳۴ شکل (ب) وضعیت گاز و مایع‌های درون لوله را پس از اضافه کردن مایع جدید نشان می‌دهد. برای این شکل هم می‌توان نوشت:

$$P_{A'} = P_{B'} \Rightarrow P'_{\text{گاز}} = P_0 + \rho g(2h) \Rightarrow P'_{\text{گاز}} - P_0 = \rho g(2h)$$

$$\Rightarrow P'_{\text{گ (گاز)}} = 2 \cdot \rho h \text{ (II)}$$

نکته ۳۳۵ فشار پیمانه‌ای گاز درون مخزن در حالت دوم (P'_{\text{گ (گاز)}}) ۲۵ درصد از این فشار در حالت اول (P_{\text{گ (گاز)}}) بیشتر است. یعنی:

$$\frac{P'_{\text{گ (گاز)}}}{P_{\text{گ (گاز)}}} = \frac{125}{100} = \frac{5}{4} \xrightarrow{\text{(II), (I)}} \frac{2 \cdot \rho h'}{12h} = \frac{5}{4}$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{4 \times 12}{5 \times 2} = 0.75 \text{ g/cm}^3$$

نکته ۳۳۶ پیستون‌ها تحت تأثیر این دو نیرو حرکت نمی‌کنند؛ پس سطوح A_1 و A_2 هم‌تراز باقی می‌مانند. یعنی فشاری که نیروی F_1 بر سطح A_1 وارد می‌کند با فشاری که نیروی F_2 بر سطح A_2 وارد می‌کند، برابر است. داریم:

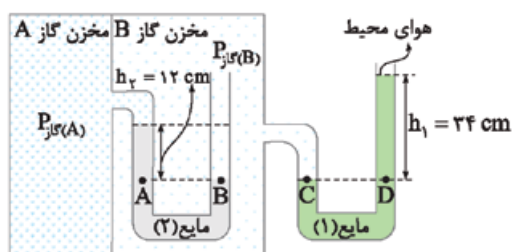
$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow F_1 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right) F_2$$

نکته ۳۳۷ با توجه به شکل زیر، فشار در نقاط هم‌تراز A و B و هم‌چنین فشار در نقاط هم‌تراز C و D را برابر قرار می‌دهیم:

$$\begin{cases} P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}}(A) + P_{h_1} = P_{\text{گاز}}(B) \\ P_C = P_D \Rightarrow P_{\text{گاز}}(B) = P_0 + P_{h_2} \end{cases}$$

$$\Rightarrow P_{\text{گاز}}(A) + P_{h_1} = P_0 + P_{h_2} \Rightarrow P_{\text{گاز}}(A) - P_0 = P_{h_2} - P_{h_1}$$

$$\Rightarrow P_{\text{گ}}(A) = P_{h_2} - P_{h_1}$$



چون P_{\text{گ}}(A) را برحسب میلی‌متر جیوه می‌خواهیم، P_{h_1} و P_{h_2} را برحسب میلی‌متر جیوه در رابطه قرار می‌دهیم:

$$P_{\text{گ}}(A) = \frac{\rho_1}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_1 \text{ (mm)} - \frac{\rho_2}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h_2 \text{ (mm)}$$

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 \Rightarrow A_1 x = A_2 x' \xrightarrow{A = \frac{\pi d^2}{4}} \frac{\pi d_1^2}{4} x = \frac{\pi d_2^2}{4} x'$$

$$\xrightarrow{\frac{d_1 = 2d}{d_2 = d}} \frac{x'}{x} = \left(\frac{2d}{d}\right)^2 \Rightarrow x' = 4x$$

نکته ۳۳۸ در شکل (ب)، فشار در نقطه‌های هم‌تراز M' و N' برابر است:

$$P_{M'} = P_{N'} \Rightarrow P_{A_2} = \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} \times h' \text{ (cm)} + P_{B_2}$$

$$\Rightarrow \frac{1/2}{13/6} \times h' = P_{A_2} - P_{B_2}$$

$$\xrightarrow{P_{A_2} = P_{A_1} + 2, P_{B_2} = P_{B_1} - 1} \frac{x' + x - 16}{h' = x' - (16 - x) = x' + x - 16} = \frac{2 - (P_{B_1} - P_{A_1})}{\lambda} = P_{A_1} + 2 - (P_{B_1} - 1)$$

$$\xrightarrow{P_{B_1} - P_{A_1} = 2 \text{ cmHg}} \frac{4x + x - 16}{x' = 4x} = 3 - 2 \Rightarrow \Delta x = 24 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow x = 4/8 \text{ cm}, x' = 4x = 4 \times 4/8 = 19/2 \text{ cm}$$

برای محاسبه h'، از رابطه h' = x' - 16 + x استفاده می‌کنیم:

$$h' = 19/2 - 16 + 4/8 = 8 \text{ cm}$$

نکته ۳۳۹ با توجه به این‌که فشار پیمانه‌ای در نقطه A، ۳۴ kPa است. ابتدا، فشار گاز مخزن (۲) را حساب می‌کنیم:

$$P_{\text{گ}} = P_A - P_0 \text{ (یعنی } P_2) \text{ را حساب می‌کنیم:}$$

$$\Rightarrow P_A = P_{\text{گ}} + P_0 = 34000 + 100000 = 134000 \text{ Pa}$$

$$P_A = \rho_{\text{ب}} gh' + P_2 \Rightarrow P_2 = P_A - \rho_{\text{ب}} gh'$$

$$\xrightarrow{h' = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}} P_2 = 134000 - \frac{1000 \times 10 \times 0.4}{1000} = 1/2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

نکته ۳۴۰ فشار در نقاط هم‌تراز A و B و هم‌چنین فشار در نقاط هم‌تراز M و N یکسان است؛ بنابراین:

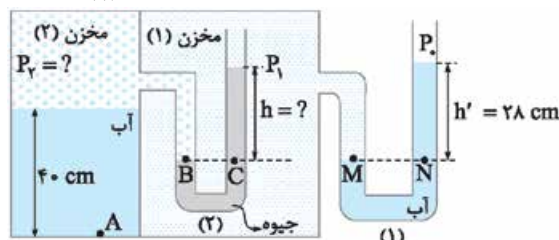
$$\begin{cases} P_B = P_C \Rightarrow P_2 = P_1 + \rho_{\text{جیوه}} gh \\ P_M = P_N \Rightarrow P_1 = P_0 + \rho_{\text{ب}} gh' \end{cases} \xrightarrow{h' = 28 \text{ cm} = 28 \times 10^{-2} \text{ m}}$$

$$1/2 \times 10^5 = 10^5 + 1000 \times 10 \times 28 \times 10^{-2} + 136000 \times 10 \times h$$

$$\Rightarrow 136000 \times h = 1/2 \times 10^5 - 10^5 - 2800$$

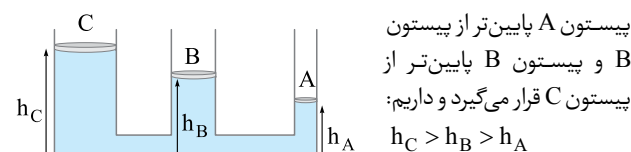
$$\Rightarrow 136000 \times h = 30000 - 2800$$

$$\Rightarrow h = \frac{27200}{136000} = 0.2 \text{ m} = 20 \text{ cm}$$



نکته ۳۴۱ جرم وزنه‌های یکسان و سطح مقطع پیستون‌ها متفاوت است؛ بنابراین

فشار ناشی از وزن وزنه‌ها هم متفاوت خواهد بود. طبق رابطه $P = \frac{mg}{A}$ ، سطح مقطع کوچک‌تر، منجر به فشار بیشتری می‌شود. بر این اساس مطابق شکل زیر،



نکته ۳۴۲ اول این‌که فشارسنجی که با آن فشار هوای داخل لاستیک بادشده

را می‌سنجیم، فشار پیمانه‌ای را اندازه می‌گیرد (رد ۱ و ۴). این فشارسنج به اسم فشارسنج «بوردون» شناخته می‌شود. دوم این‌که باید ببینیم ۲۲۰ kPa معادل چند اتمسفر و چند سانتی متر جیوه است:

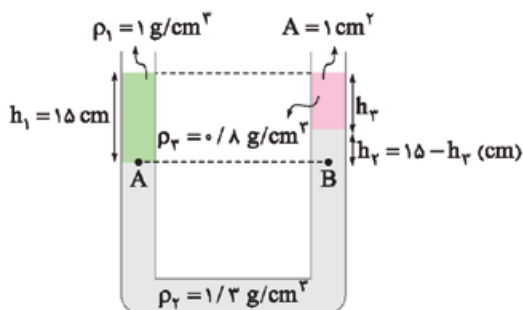
$$P = 220 \text{ kPa} = 220 \times 10^3 \text{ Pa} = 2/2 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$\xrightarrow{10^5 \text{ Pa} = 1 \text{ atm}} P = 2/2 \text{ atm}$$

(رد ۲)

۳۲۸ **گام ۳** با توجه به این که $\rho_r < \rho_1$ است، نحوه قرارگیری سه مایع در لوله به صورت شکل زیر است.

گام ۴ روش اول: در شکل زیر، فشار در نقاط هم تراز A و B یکسان است:



$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_r h_r + \rho_r h_r$$

$$\begin{aligned} h_1 = 15 \text{ cm}, h_r = 15 - h_r \text{ (cm)} &\rightarrow 1 \times 15 = 0.8 \times h_r + 0.8 \times (15 - h_r) \\ \Rightarrow 15 = 0.8 h_r + 12 - 0.8 h_r &\Rightarrow 3 = 0.8 h_r \Rightarrow h_r = 3.75 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$V_r = A h_r = 1 \times 3.75 = 3.75 \text{ cm}^3$$

روش دوم: سطح مقطع دو طرف لوله یکسان و فشار در نقاط A و B برابر است؛ بنابراین جرم مایع قرار گرفته بالای این نقاط برابر است:

$$m_1 = m_r + \Delta m_r \Rightarrow \rho_1 V_1 = \rho_r V_r + \rho_r \Delta V_r$$

$$\frac{V_1 = V_r + \Delta V_r}{\rho_1 V_1 = \rho_r V_r + \rho_r (V_1 - V_r)}$$

$$\Rightarrow (\rho_r - \rho_1) V_r = (\rho_r - \rho_1) V_1$$

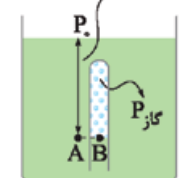
$$\frac{V_1 = A h_1 = 1 \times 15 = 15 \text{ cm}^3}{(1/3 - 0.8) V_r = (1/3 - 1) \times 15}$$

$$\Rightarrow 0.5 V_r = 0.3 \times 15 \Rightarrow V_r = \frac{3 \times 15}{5} = 9 \text{ cm}^3$$

۳۲۹ **گام ۲** محاسبه فشار پیمانه ای گاز بر حسب پاسکال:

$$P_{g(\text{Pa})} = 1360 \times P_{g(\text{cmHg})} = 1360 \times 8 \text{ Pa}$$

گام ۳ در شکل روبه رو، فشار در نقاط هم تراز A و B برابر است:



$$\begin{aligned} P_A &= P_B \\ \Rightarrow P_0 + \rho g h &= P_{\text{گاز}} \\ \Rightarrow P_{\text{گاز}} - P_0 &= \rho g h \\ \Rightarrow P_{g(\text{گاز})} &= \rho g h \end{aligned}$$

$$\frac{h = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}}{1360 \times 8 = \rho \times 10 \times 0.4}$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{1360 \times 8}{4} = 2720 \text{ kg/m}^3$$

۳۳۰ **گام ۳** در شکل زیر، فشار در نقاط هم تراز M و N برابر است. فشار در نقطه A بر حسب فشار در نقطه N را بر حسب فشار هوا می نویسیم:

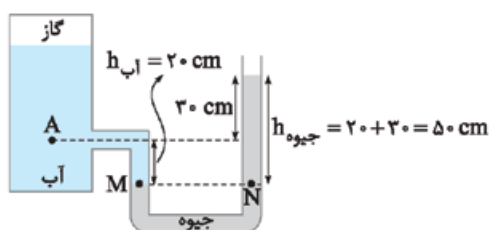
$P_M = P_N \Rightarrow P_A + \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}} = P_0 + \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}}$

$$\Rightarrow P_A = P_0 + \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} - \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}}$$

$$\frac{h_{\text{جیوه}} = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}}{h_{\text{آب}} = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}}$$

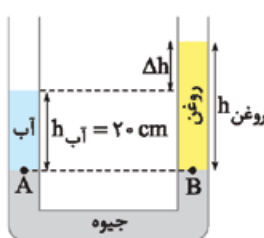
$$P_A = 10^5 + (136000 \times 10 \times 0.5) - (1000 \times 10 \times 0.2)$$

$$= 100000 + 680000 - 20000 = 760000 \text{ Pa} = 7.6 \text{ kPa}$$



$$\rho_1 = 1/2 \text{ g/cm}^3, \rho_r = 0.85 \text{ g/cm}^3, \rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$$

$$P_{g(A)} = \frac{1/2 \times 100}{13/6} - \frac{0.85 \times 120}{13/6} = 22/5 \text{ mmHg}$$



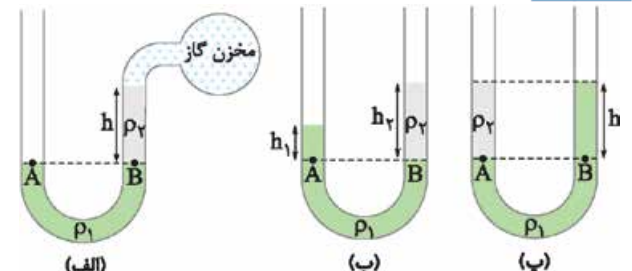
۳۳۵ **گام ۴** در شکل روبه رو، فشار در نقاط هم تراز A و B یکسان است:

$$\begin{aligned} P_A &= P_B \\ \Rightarrow \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} &= \rho_{\text{روغن}} h_{\text{روغن}} \\ \Rightarrow 1 \times 20 &= 0.8 \times h_{\text{روغن}} \\ \Rightarrow h_{\text{روغن}} &= \frac{20}{0.8} = 25 \text{ cm} \end{aligned}$$

گام ۵ ما به دنبال Δh هستیم؛ بنابراین:

$$\Delta h = h_{\text{روغن}} - h_{\text{آب}} = 25 - 20 = 5 \text{ cm}$$

۳۳۶ برابری فشار در نقاط هم تراز را در هر سه لوله می نویسیم:



$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 = \rho_2 g h + P_G$$

اگر $P_0 > P_G$ باشد، امکان برقراری این تساوی وجود دارد؛ پس تعادل مایع ها با این وضعیت ممکن است.

شکل (ب):

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 g h_1 = \rho_2 g h_2 \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 \Rightarrow \frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{h_2}{h_1}$$

اگر این تناسب بین چگالی ها و ارتفاع ها برقرار باشد، تعادل مایع ها با این وضعیت هم می تواند وجود داشته باشد.

شکل (پ):

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_2 g h = \rho_1 g h \Rightarrow \rho_2 = \rho_1$$

می دانیم $\rho_1 \neq \rho_2$ ، پس دو مایع نمی توانند با وضعیتی که در شکل (پ) نشان داده شده است، در حال تعادل باشند.

۳۳۷ **گام ۴** مایع با چگالی ρ_r در کف لوله U شکل قرار دارد؛ بنابراین چگالی آن بیشتر از دو مایع دیگر است.

$\rho_2 > \rho_1, \rho_2 > \rho_r$

در شکل زیر، فشار در نقاط هم تراز M و N یکسان است. فشار در این نقاط را بر حسب فشار در نقاط C و D می نویسیم:

$$\begin{aligned} P_M &= P_N \Rightarrow P_C + \rho_1 g h = P_D + \rho_r g h \\ \Rightarrow P_C - P_D &= g h (\rho_r - \rho_1) \xrightarrow{\rho_r > \rho_1} P_C > P_D \end{aligned}$$

گام ۵ در نامساوی به دست آمده در گام قبل، P_D و P_C را بر حسب فشار در نقاط A و B می نویسیم:

$$P_C > P_D \Rightarrow P_A + \rho_1 g h' > P_B + \rho_r g h' \Rightarrow P_A - P_B > g h' (\rho_r - \rho_1)$$

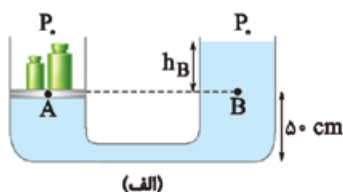
در این تست نمی توان ρ_r و ρ_1 را با هم مقایسه کرد؛ بنابراین نمی توان گفت که الزاماً $P_A > P_B$ است یا $P_B > P_A$ در واقع:

۱ اگر $\rho_r \geq \rho_1$ باشد، آن گاه $P_A > P_B$ است.

۲ اگر $\rho_r < \rho_1$ باشد، آن گاه ممکن است $P_A > P_B$ یا $P_A = P_B$ یا $P_A < P_B$ باشد.

پرسش: عامل حرکت رو به بالای مایع، داخل نی چیست؟

پاسخ: اختلاف فشار هوای داخل نی و هوای محیط



گام ۴ در حالت

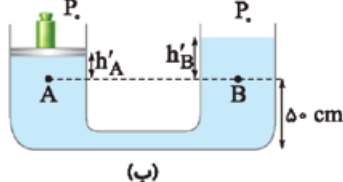
اول و مطابق شکل (الف)، با توجه به یکسان بودن فشار در نقاط هم تراز A و B، ارتفاع آب بالای نقطه B را محاسبه می‌کنیم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 + \frac{W_{زننه}}{A} = P_0 + \rho g h_B \Rightarrow \frac{(m_1 + m_2)g}{A} = \rho g h_B$$

$$\Rightarrow \frac{(0.1 + 0.2)}{5 \times 10^{-4}} = 10^3 \times h_B \Rightarrow h_B = 0.6 \text{ m} = 60 \text{ cm}$$

گام ۵ حالت دوم مطابق شکل

(ب) است. دوباره فشار در نقاط هم تراز A و B را برابر قرار می‌دهیم:



$$P'_A = P'_B \Rightarrow P_0 + \frac{m_1 g}{A} + \rho g h'_A = P_0 + \rho g h'_B$$

$$\Rightarrow \frac{m_1 g}{A} + \rho g h'_A = \rho g h'_B \Rightarrow \frac{0.1}{5 \times 10^{-4}} + 10^3 \times h'_A = 10^3 \times h'_B$$

$$\Rightarrow 10^3 (h'_B - h'_A) = 200 \Rightarrow h'_B - h'_A = 0.2 \text{ m} = 20 \text{ cm} \quad (I)$$

گام ۶ از طرفی چون سطح مقطع پیستون در همه قسمت‌ها یکسان است،

$$h'_A + h'_B = h_B \Rightarrow h'_A + h'_B = 60 \text{ cm} \quad (II)$$

می‌توان نوشت: با حل دستگاه روبه‌رو، h'_B را به دست می‌آوریم:

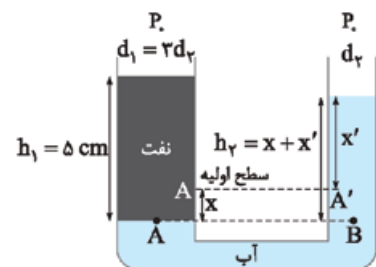
$$\begin{cases} h'_B - h'_A = 20 \text{ cm} \\ h'_B + h'_A = 60 \text{ cm} \end{cases} \Rightarrow 2h'_B = 80 \Rightarrow h'_B = 40 \text{ cm}$$

ارتفاع آب در لوله سمت راست در حالت دوم برابر است با:

$$50 + h'_B = 50 + 40 = 90 \text{ cm}$$

گام ۷ مطابق شکل زیر، فرض می‌کنیم که با ریختن نفت در لوله

سمت چپ، سطح آب در این لوله به اندازه X پایین و در لوله سمت راست به اندازه X' بالا برود. همان‌طور



که قبلاً گفتیم، میزان جابه‌جایی مایع در لوله‌ها با مربع قطر مقطع لوله‌ها نسبت وارون دارد، پس:

$$\frac{x'}{x} = \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \xrightarrow{d_1 = 3d_2} \frac{x'}{x} = \left(\frac{3d_2}{d_2}\right)^2 = 3^2 = 9 \Rightarrow x' = 9x$$

گام ۸ در شکل بالا، فشار در نقاط هم تراز A و B یکسان است، پس:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{\text{نفت}} h_1 = \rho_{\text{آب}} h_2 \xrightarrow{h_2 = x + x' = x + 9x = 10x} \rho_{\text{نفت}} h_1 = \rho_{\text{آب}} 10x$$

$$\xrightarrow{h_1 = 50 \text{ cm}} 0.8 \times 50 = 1 \times 10x \Rightarrow x = 0.4 \text{ cm}$$

گام ۹ آب در لوله سمت راست نسبت به حالت اول (سطح AA') به اندازه

$$9x = 9 \times 0.4 = 3.6 \text{ cm}$$

بالا رفته است.

تیزبازی: در لوله آب وجود دارد؛ پس فرض می‌کنیم در لوله سمت

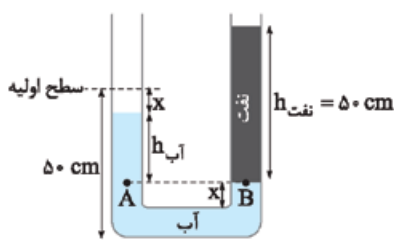
چپ به جای نفت، با همان جرم، آب بریزیم. ببینیم 5 cm نفت معادل چند

سانتی‌متر آب است: $m_{\text{آب}} = m_{\text{نفت}} \Rightarrow \rho_{\text{آب}} A h_{\text{آب}} = \rho_{\text{نفت}} A h_{\text{نفت}}$

$$\Rightarrow \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{نفت}} h_{\text{نفت}} \xrightarrow{h_{\text{نفت}} = 5 \text{ cm}} 1 \times h_{\text{آب}} = 0.8 \times 5$$

$$\Rightarrow h_{\text{آب}} = 4 \text{ cm}$$

گام ۱۰ چگالی آب بیشتر از چگالی نفت است؛ بنابراین واضح



است که با بازکردن شیر رابط، آب باید در کف ظرف قرار بگیرد. فرض می‌کنیم پس از بازکردن شیر، مطابق شکل روبه‌رو، سطح آب در شاخه سمت چپ به اندازه X پایین

برود. با توجه به برابری قطر قاعده دو استوانه و ناچیز بودن حجم لوله ارتباطی

بین دو استوانه، سطح آب در شاخه سمت راست نیز به اندازه X بالا می‌رود.

گام ۱۱ فشار در نقاط هم تراز A و B برابر است:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{نفت}} h_{\text{نفت}}$$

$$\xrightarrow{h_{\text{نفت}} = 50 \text{ cm}} 1000 \times h_{\text{آب}} = 800 \times 50 \Rightarrow h_{\text{آب}} = 40 \text{ cm}$$

گام ۱۲ با توجه به شکل داریم:

$$h_{\text{آب}} + x + x = 50 \Rightarrow 40 + 2x = 50 \Rightarrow 2x = 10 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow x = \frac{10}{2} = 5 \text{ cm}$$

تیزبازی: می‌خواهیم مقدار جابه‌جایی سطح آب را بررسی کنیم، پس

فرض می‌کنیم در شاخه سمت راست به جای نفت، با همان جرم آب داریم.

ببینیم 50 cm نفت معادل چند سانتی‌متر آب است:

$$m_{\text{آب}} = m_{\text{نفت}} \Rightarrow \rho_{\text{آب}} A h_{\text{آب}} = \rho_{\text{نفت}} A h_{\text{نفت}}$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{نفت}} h_{\text{نفت}}$$

$$\xrightarrow{h_{\text{نفت}} = 50 \text{ cm}} 1000 \times h_{\text{آب}} = 800 \times 50 \Rightarrow h_{\text{آب}} = 40 \text{ cm}$$

پس در سمت چپ 50 cm آب و در سمت راست 40 cm آب فرضی داریم؛

یعنی در مجموع 90 cm آب. واضح است که با بازکردن شیر، ارتفاع آب در دو شاخه باید یکسان شود؛ بنابراین ارتفاع آب در هر شاخه برابر با $\frac{90}{2} = 45 \text{ cm}$ می‌شود، نتیجه این‌که ارتفاع آب در شاخه سمت چپ از 50 cm به 45 cm می‌رسد و در واقع سطح آن 5 cm پایین می‌رود.

گام ۱۳ در شکل روبه‌رو،

فشار در نقاط هم تراز A و B را برابر قرار می‌دهیم

تا فشار هوا در محل بارومتر به دست آید:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{هوا}} = \rho_{\text{مایع}} g h_{\text{مایع}}$$

$$\xrightarrow{\rho_{\text{مایع}} = 6/8 \text{ g/cm}^3 = 680 \text{ kg/m}^3} h_{\text{مایع}} = 140 \text{ cm} = 1.4 \text{ m}$$

$$P_{\text{هوا}} = 680 \times 10 \times 1.4$$

$$= 95200 \text{ Pa}$$

گام ۱۴ محاسبه فشار هوا در سطح دریا برحسب پاسکال:

$$P_0 \text{ (Pa)} = 1360 \times P_0 \text{ (cmHg)} = 1360 \times 76 = 103360 \text{ Pa}$$

گام ۱۵ محاسبه h:

$$P_0 = P_{\text{هوا}} + \rho_{\text{آب}} g h \Rightarrow 103360 = 95200 + 1000 \times h$$

$$\Rightarrow 1000h = 8160 \Rightarrow h = 8.16 \text{ m} = 0.816 \text{ km}$$

گام ۱۶ تبدیل فشار درون ریه شخص از سانتی‌متر جیوه به پاسکال:

$$P_{\text{شخص}} \text{ (Pa)} = 1360 \times P_{\text{شخص}} \text{ (cmHg)} = 1360 \times 75 = 102000 \text{ Pa}$$

گام ۱۷ حداکثر عمقی که شخص می‌تواند از آب درون لیوان بنوشد به صورت

$$P_0 - P_{\text{شخص}} = \rho g h$$

زیر به دست می‌آید:

$$\xrightarrow{P_0 = 103360 \text{ Pa}, P_{\text{شخص}} = 102000 \text{ Pa}} 103360 - 102000 = 1000 \times h$$

$$\xrightarrow{\rho_{\text{آب}} = 1000 \text{ kg/m}^3} 1360 = 1000 \times h \Rightarrow h = \frac{1360}{1000} = 1.36 \text{ m} = 136 \text{ cm}$$

پرسش: الف) اختلاف سطح جیوه در شاخه سمت راست و شاخه های

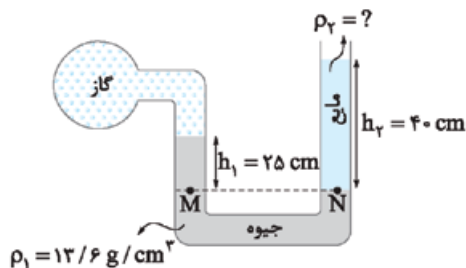
سمت چپ چند سانتی متر می شود؟

پاسخ: ۲ cm

ب) اختلاف سطح آزاد آب و جیوه در شاخه ها چند سانتی متر می شود؟

پاسخ: ۲۵ / ۲ cm

۳۳۳۸ مطابق شکل، فشار در نقاط M و N با هم برابر است؛ بنابراین داریم:



$$P_M = P_N \Rightarrow P_{\text{گاز}} + \rho_1 g h_1 = P_2 + \rho_2 g h_2$$

$$\Rightarrow \underbrace{P_{\text{گاز}} - P_2}_{\text{فشار پیمانه ای گاز}} = \rho_2 g h_2 - \rho_1 g h_1$$

$$\Rightarrow -25 \times 10^3 = \rho_2 \times 10 \times 40 - 13/6 \times 10^3 \times 25$$

$$\Rightarrow -25 \times 10^3 + 13/6 \times 25 \times 10^3 = 4 \rho_2$$

$$\Rightarrow 9000 = 4 \rho_2 \Rightarrow \rho_2 = 2250 \text{ kg/m}^3 = 2/25 \text{ g/cm}^3$$

۳۳۳۹ فشار پیمانه ای هوای درون ریه شخص را بر حسب پاسکال به دست می آوریم:

$$P_{g(\text{ریه})} = 25 \text{ mmHg} = 2/5 \text{ cmHg}$$

$$P_{g(\text{ریه})} (\text{Pa}) = 1360 \times P_{g(\text{ریه})} (\text{cmHg}) = 1360 \times 2/5 = 3400 \text{ Pa}$$

فشار هوای درون ریه شخص:

$$P_{g(\text{ریه})} = P_{\text{ریه}} - P_0 \Rightarrow 3400 = P_{\text{ریه}} - 100000 \Rightarrow P_{\text{ریه}} = 103400 \text{ Pa}$$

۳۳۴۰ در شکل زیر، فشار در نقاط هم تراز A و B یکسان است، پس:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{ریه}} = P_{\text{هوای}} + \rho g h_{\text{روغن}}$$

$$\xrightarrow{\rho_{\text{روغن}} = 0.8 \text{ g/cm}^3 = 800 \text{ kg/m}^3} 103400 = P_{\text{هوای}} + 800 \times 10 \times 6$$

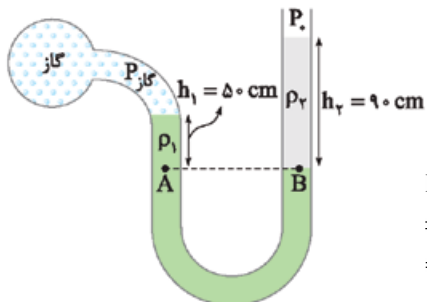
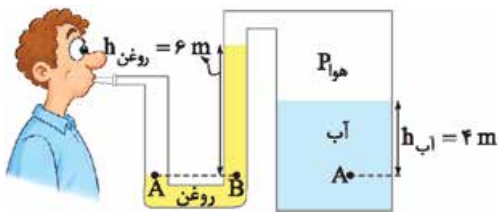
$$\Rightarrow P_{\text{هوای}} = 55400 \text{ Pa}$$

۳۳۴۱ محاسبه فشار در نقطه A:

$$P_A = P_{\text{هوای}} + \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}}$$

$$\xrightarrow{\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3} P_A = 55400 + 1000 \times 10 \times 4$$

$$= 95400 \text{ Pa} = 95/4 \text{ kPa}$$



۳۳۴۲ مطابق شکل روبه رو، فشار در

دو نقطه هم تراز A و B

را برابر قرار می دهیم:

$$P_A = P_B$$

$$\Rightarrow P_{\text{گاز}} + \rho_1 g h_1$$

$$= P_2 + \rho_2 g h_2$$

اگر مساحت مقطع لوله سمت راست را برابر A در نظر بگیریم، مساحت مقطع لوله سمت چپ برابر با $9A = A(3)^2$ می شود. ریختن ۴ cm آب در لوله سمت چپ یعنی اضافه کردن آب با حجم $4 \times 9A = 36A$ به این لوله. از آن جایی که شکل ظرف اهمیتی ندارد، لوله U شکل را با ظرفی استوانه ای شکل با مساحت مقطع $10A = 9A + A$ جایگزین می کنیم. ببینیم با اضافه کردن آبی با حجم $36A$ به این ظرف، سطح آب چگونه تغییر می کند: $\Delta h = \frac{36A}{10A} = 3/6 \text{ cm}$ برمی گردیم به لوله U شکل؛ بنابراین سطح آب در لوله سمت راست به مقدار $3/6 \text{ cm}$ بالا می رود.

پرسش: الف) اختلاف ارتفاع سطح آزاد آب و نفت در دو لوله چند

سانتی متر می شود؟

پاسخ: ۱ cm

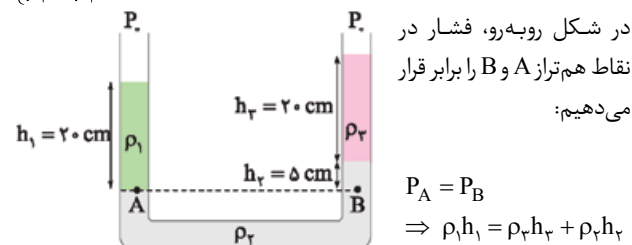
ب) اختلاف ارتفاع سطح آب در دو لوله چند سانتی متر می شود؟

پاسخ: ۴ cm

۳۳۳۶ مایع با چگالی ρ_2 در کف لوله U شکل قرار دارد؛ بنابراین این مایع

چگال تر از دو مایع دیگر است:

$$\left\{ \begin{array}{l} \rho_2 > \rho_1 \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} > 1 \quad (\text{منف } 1) \\ \rho_2 > \rho_3 \end{array} \right.$$



در شکل روبه رو، فشار در نقاط هم تراز A و B را برابر قرار می دهیم:

$$P_A = P_B$$

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

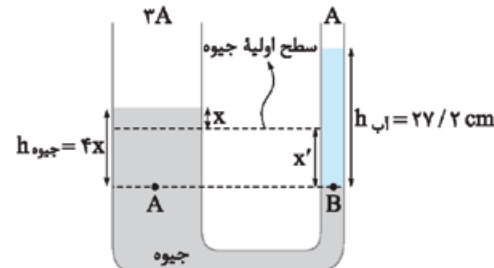
$$\xrightarrow{\rho_1 = 2\rho_2, h_1 = 20 \text{ cm}} \rho_1 \times 20 = \frac{\rho_1}{2} \times 20 + \rho_2 \times 5$$

$$\Rightarrow 20\rho_1 = 10\rho_1 + 5\rho_2 \Rightarrow 5\rho_2 = 10\rho_1 \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{10}{5} = 2$$

۳۳۳۷ لوله ها مرتبط هستند، پس تغییر فشار در شاخه سمت

راست، عیناً به مایع درون دو شاخه دیگر منتقل می شود. با توجه به این که $\Delta P = \rho g \Delta h$ است و این که تغییر فشار بستگی به مساحت سطح مقطع شاخه ها ندارد، پس سطح جیوه در شاخه های وسط و سمت چپ به مقدار یکسانی بالا می رود. (۱ یا ۳) درسته. می توانیم دو شاخه وسط و سمت چپ را یک شاخه به سطح مقطع ۳A فرض کنیم.

وقتی داخل شاخه سمت راست آب می ریزیم، سطح جیوه در این شاخه به مقدار x' پایین و در شاخه سمت چپ به مقدار x بالا می رود. داریم:



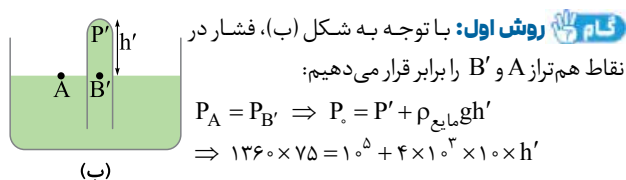
$$\frac{x'}{x} = \frac{2A}{A} \Rightarrow x' = 2x$$

۳۳۳۸ فشار در نقاط هم تراز A و B را برابر قرار می دهیم:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}}$$

$$\xrightarrow{h_{\text{جیوه}} = x + x' = 4x} 13/6 \times 4x = 1 \times 27/2$$

$$\Rightarrow x = \frac{27/2}{13/6 \times 4} = 0/5 \text{ cm}$$



نمونه سوال: با توجه به شکل (ب)، فشار در نقاط هم تراز A و B' را برابر قرار می دهیم:

$$P_A = P_{B'} \Rightarrow P_0 = P' + \rho g h'$$

$$\Rightarrow 1360 \times 75 = 10^5 + 4 \times 10^3 \times 10 \times h'$$

$$\Rightarrow 0.2 = 4h'$$

$$\Rightarrow h' = \frac{0.2}{4} = 0.05 \text{ m} = 5 \text{ cm}$$

طولی از لوله که بالای سطح آزاد مایع قرار گرفته از 17 cm به 5 cm می رسد؛ یعنی لوله را قبل از شکستن می توانیم حداکثر 12 cm دیگر در آب فرو ببریم.

روش دوم: از حالت اول تا حالتی که لوله در آستانه شکستن قرار می گیرد، افزایش فشار در انتهای بسته لوله برابر $10 \times 10^4 - 9 / 52 \times 10^4 = 0.48 \times 10^4 \text{ Pa}$ است. چون مجموع فشار در انتهای بسته لوله و فشار ستون مایع برابر با فشار هوا و ثابت است، فشار ستون مایع باید به اندازه $0.48 \times 10^4 \text{ Pa}$ کاهش یابد، بنابراین:

$$\Delta P_{\text{مایع}} = -0.48 \times 10^4 \Rightarrow \rho g \Delta h = -0.48 \times 10^4$$

$$\Rightarrow 4 \times 10^3 \times 10 \times \Delta h = -0.48 \times 10^4 \Rightarrow \Delta h = -0.12 \text{ m}$$

$$\Rightarrow \Delta h = -12 \text{ cm}$$

یعنی لوله را می توانیم حداکثر تا 12 cm پایین ببریم.

تیزبازی: در حالت اول $F = 47 / 6 \text{ N}$ و هنگامی که لوله در آستانه شکستن قرار می گیرد، $F' = 50 \text{ N}$ است. افزایش نیرو (و در نتیجه افزایش فشار) وارد بر انتهای بسته لوله ناشی از کاهش فشار (یا کاهش ارتفاع) ستون مایع است؛ بنابراین:

$$\Delta P = \rho g \Delta h \Rightarrow \frac{\Delta F}{A} = \rho g \Delta h$$

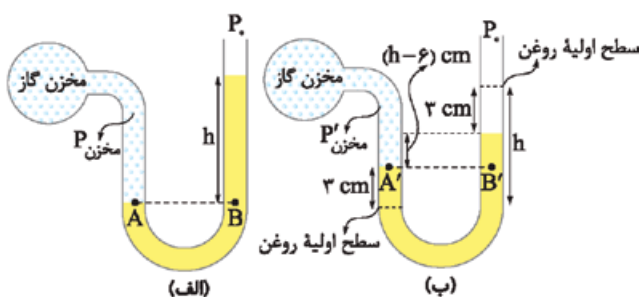
$$\Rightarrow \frac{50 - 47 / 6}{5 \times 10^{-4}} = 4 \times 10^3 \times 10 \times |\Delta h| \Rightarrow 0.48 = 4 |\Delta h|$$

$$\Rightarrow |\Delta h| = 0.12 \text{ m} = 12 \text{ cm}$$

نمونه سوال: واضح است که پایین رفتن سطح روغن در شاخه سمت راست، بیانگر کاهش فشار مخزن است (ر 1 و 3). قبل از تغییر فشار مخزن، اختلاف سطح روغن در دو شاخه h در نظر می گیریم؛ پس با توجه به شکل (الف) برای این حالت داریم:

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

مطابق شکل (ب)، با تغییر فشار مخزن، روغن در لوله سمت راست، 3 cm پایین و در لوله سمت چپ 3 cm بالا می رود؛ پس اختلاف ارتفاع سطح روغن در دو شاخه، 6 cm کاهش می یابد.



برای حالت دوم داریم:

$$P_{A'} = P_{B'} \Rightarrow P'_{\text{مخزن}} = P_0 + \rho g (h - 0.06)$$

نمونه سوال: محاسبه اختلاف فشار مخزن:

$$P'_{\text{مخزن}} - P_{\text{مخزن}} = P_0 + \rho g (h - 0.06) - (P_0 + \rho g h)$$

$$= -\rho g \times 0.06$$

$$\xrightarrow{\rho = 800 \text{ kg/m}^3} P'_{\text{مخزن}} - P_{\text{مخزن}} = -800 \times 10 \times 0.06$$

$$= -480 \text{ kPa}$$

علامت منفی بیانگر کاهش فشار مخزن است.

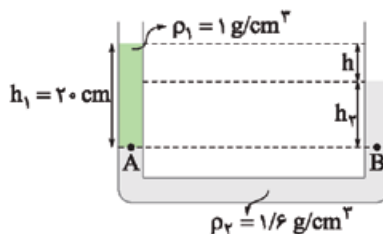
$$\Rightarrow P_{\text{جگ}} - P_0 = \rho_2 g h_2 - \rho_1 g h_1 \Rightarrow P_{\text{جگ}} = g(\rho_2 h_2 - \rho_1 h_1)$$

$$\rho_2 = 1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3, h_2 = 90 \text{ cm} = 9 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$\rho_1 = 1/2 \text{ g/cm}^3 = 1/2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3, h_1 = 50 \text{ cm} = 5 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$P_{\text{جگ}} = 10 \times (1 \times 9 \times 10^{-2} - 1/2 \times 5 \times 10^{-2}) = 10 \times (90 - 25) = 300 \text{ Pa}$$

نمونه سوال: چگالی مایع (2)، بیشتر از چگالی مایع (1) است؛ بنابراین پس



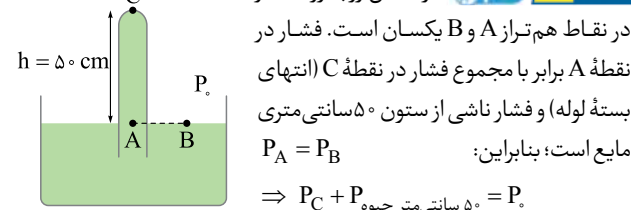
از باز کردن شیر، مطابق شکل روبه رو، سطح آزاد مایع (2) پایین تر از سطح آزاد مایع (1) قرار می گیرد. فشار در نقاط هم تراز A و B را برابر قرار می دهیم:

$$P_A = P_B \Rightarrow \rho_1 h_1 = \rho_2 h_2 \Rightarrow 1 \times 20 = 1/6 \times h_2 \Rightarrow h_2 = 120 \text{ cm}$$

نمونه سوال: محاسبه اختلاف ارتفاع سطح آزاد مایع ها در دو لوله (h):

$$h = h_1 - h_2 = 20 - 120 = -100 \text{ cm}$$

نمونه سوال: در شکل روبه رو، فشار



در نقاط هم تراز A و B یکسان است. فشار در نقطه A برابر با مجموع فشار در نقطه C (انتهای بسته لوله) و فشار ناشی از ستون 50 سانتی متری مایع است؛ بنابراین:

$$\Rightarrow P_C + P_{\text{جیوه } 50 \text{ سانتی متر}} = P_0$$

$$\Rightarrow P_C + 50 = 75 \Rightarrow P_C = 25 \text{ cmHg}$$

نمونه سوال: حالا اگر به جای جیوه از مایعی با چگالی 1/5 جیوه استفاده کنیم، فشار ناشی از ستون 50 سانتی متری مایع، 1/5 برابر فشار ناشی از ستون 50 سانتی متری جیوه خواهد بود. همانند گام اول می توان نوشت:

$$P_A = P_B \Rightarrow P'_C + P_{\text{مایع } 50 \text{ سانتی متر}} = P_0$$

$$\Rightarrow P'_C + \frac{1}{5} P_{\text{جیوه } 50 \text{ سانتی متر}} = P_0 \Rightarrow P'_C + \frac{1}{5} \times 50 = 75$$

$$\Rightarrow P'_C = 65 \text{ cmHg}$$

نمونه سوال: ابتدا اختلاف فشار در نقطه C را بر حسب سانتی متر جیوه و سپس پاسکال حساب می کنیم:

$$\Delta P_C (\text{cmHg}) = P'_C - P_C = 65 - 25 = 40 \text{ cmHg}$$

$$\Delta P_C (\text{Pa}) = \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} \xrightarrow{h_{\text{جیوه}} = 40 \text{ cm} = 0.4 \text{ m}}$$

$$\Delta P_C (\text{Pa}) = 13600 \times 10 \times 0.4 = 54400 \text{ Pa} = 544 / 4 \text{ kPa}$$

مهارت محاسبه:

$$\Delta P_C (\text{Pa}) = 1360 \times \Delta P (\text{cmHg}) = 1360 \times 40 = 54400 \text{ Pa} = 544 / 4 \text{ kPa}$$

نمونه سوال: در حالت اول، فشار در انتهای بسته لوله برابر است با:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{47 / 6}{5 \times 10^{-4}} = 9 / 52 \times 10^4 \text{ Pa}$$

نمونه سوال: با توجه به شکل (الف)، فشار نقاط هم تراز A و

B را برابر قرار می دهیم:

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 = P + \rho_{\text{مایع}} g h$$

$$\xrightarrow{P_0 = 1360 \times 75 \text{ Pa}, \rho = 4 \text{ g/cm}^3 = 4 \times 10^3 \text{ kg/m}^3}$$

$$(الف) \quad 1360 \times 75 = 9 / 52 \times 10^4 + 4 \times 10^3 \times 10 \times h$$

$$\Rightarrow 10 / 2 \times 10^4 = 9 / 52 \times 10^4 + 4 \times 10^4 h$$

$$\Rightarrow h = \frac{0.68}{4} = 0.17 \text{ m} = 17 \text{ cm}$$

نمونه سوال: حالا فرض می کنیم در حالت دوم، نیروی وارد بر ته لوله بیشترین مقدار ممکن یعنی 50 N باشد. فشار در انتهای بسته لوله برابر است با:

$$P' = \frac{F'}{A} = \frac{50}{5 \times 10^{-4}} = 10^5 \text{ Pa}$$

۳۴۸ نام ۲ اگر پیستون کوچک به اندازه $h_1 = 15 \text{ cm} = 150 \text{ mm}$ جابه جاشود، پیستون بزرگ به اندازه $h_2 = 5 \text{ mm}$ جابه جامی شود. باتوجه به این که حجم مایع پایین رفته در یک لوله با حجم مایع بالا رفته در لوله دیگر برابر است، داریم:

$$V_1 = V_2 \Rightarrow A_1 h_1 = A_2 h_2 \Rightarrow \frac{A_1}{A_2} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{5}{150} = \frac{1}{30}$$

نام ۳ برای این که پیستون ها هم تراز باقی بمانند، باید فشار زیر پیستون ها برابر باشد؛ بنابراین:

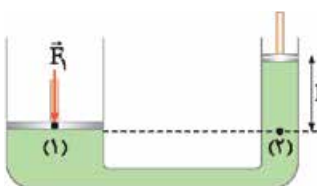
$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2}$$

$$\frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{30} \rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \frac{1}{30} \Rightarrow F_2 = 1500 \text{ N}$$

نام ۴ مجموع جرم پیستون و وزنه روی آن برابر است با:

$$F_2 = m_2 g \Rightarrow 1500 = m_2 \times 10 \Rightarrow m_2 = 150 \text{ kg}$$

۳۴۹ نام ۲ وقتی وزنه را روی پیستون A_1 قرار می دهیم، پیستون A_2 تا جایی بالا می رود که فشار حاصل از وزن ستون



مایع در بالای نقطه (۲) با فشار وارد از طرف وزنه بر پیستون A_1 برابر شود؛ پس داریم:

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2} + \rho g h$$

روی پیستون A_2 وزنه ای قرار ندارد و خود پیستون هم وزنی ندارد؛ پس $F_2 = 0$ است.

$$\frac{F_1}{A_1} = \rho g h \Rightarrow \frac{m_1 g}{A_1} = \rho g h \Rightarrow \frac{0.48}{200 \times 10^{-4}} = 1000 \times h$$

$$\Rightarrow h = 0.03 \text{ m} = 3 \text{ cm}$$

۳۵۰ نام ۲ از شکل داده شده در صورت تست، فشار هوای درون لوله (P) را بر حسب فشار هوای محیط (P_0) به دست می آوریم:

$$P_M = P_N \Rightarrow P = P_0 + 3 \text{ cmHg} \quad (I)$$

نام ۳ پس از باز و بسته کردن شیر تخلیه برای مدتی کوتاه، فشار هوای درون لوله تا رسیدن به P' کاهش یافته و جیوه درون لوله به مقدار 19 cm بالا می آید و در نتیجه ارتفاع ستون جیوه درون لوله نسبت به سطح آزاد جیوه برابر $16 - 3 = 19 \text{ cm}$ می شود:

$$P_{M'} = P_{N'} \Rightarrow P' + 16 \text{ cmHg} = P_0 \Rightarrow (P - \frac{25}{100} P) + 16 = P_0$$

$$\Rightarrow 0.75 P + 16 = P_0 \xrightarrow{(I)} 0.75(P_0 + 3) + 16 = P_0$$

$$\Rightarrow 0.75 P_0 + 2.25 + 16 = P_0 \Rightarrow 0.25 P_0 = 18.25$$

$$\Rightarrow P_0 = 73 \text{ cmHg}$$

۳۵۱ نام ۲ فشار ستون ۲ سانتی متری مایع را بر حسب سانتی متر

جیوه حساب می کنیم:

$$P_{\text{مایع}} = P_{\text{جیوه}} \Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{مایع}} g h$$

$$\Rightarrow 13.5 \times h_{\text{جیوه}} = 5 \times 4 \times 2 \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = \frac{5 \times 4 \times 2}{13.5} = 0.8 \text{ cm}$$

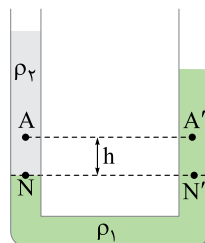
$$\Rightarrow P_{\text{مایع}} = 0.8 \text{ cmHg}$$

نام ۴ با افزایش فشار گاز درون مخزن، سطح مایع در شاخه سمت چپ به اندازه X پایین می رود. با توجه به یکسان بودن مساحت مقطع دو شاخه، سطح مایع در شاخه سمت راست به اندازه X بالا می رود. برای حالت های اول و دوم داریم:

$$\begin{cases} P_A = P_B \Rightarrow P_{\text{گاز}} + P_{\text{مایع}} = P_0 \\ P_C = P_D \Rightarrow P_{\text{گاز}} + 4 \text{ cmHg} = P_0 + P'_{\text{مایع}} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{P_{\text{گاز}}}{4} + 4 \text{ cmHg} = \frac{P_{\text{گاز}}}{4} + P_{\text{مایع}} + P'_{\text{مایع}} \Rightarrow 4 = 0.8 + P'_{\text{مایع}}$$

$$\Rightarrow P'_{\text{مایع}} = 3.2 \text{ cmHg}$$



۳۴۵ نام ۱ ابتدا سعی می کنیم برای اختلاف فشار دو نقطه هم تراز که در دو مایع مختلف قرار دارند، رابطه ای پیدا کنیم. در شکل روبه رو، برای دو نقطه هم تراز A و A' داریم: (دو نقطه N و N' هم ترازند و در یک مایع ساکن قرار دارند.)

$$P_{N'} = P_N \Rightarrow P_{A'} + \rho_1 g h = P_A + \rho_2 g h$$

$$\Rightarrow P_A - P_{A'} = \rho_1 g h - \rho_2 g h$$

$$\Rightarrow \Delta P_{AA'} = (\rho_1 - \rho_2) g h$$

در رابطه بالا، چون $\rho_1 > \rho_2$ است (پرش در دگه به عمده فودتون!)، $\rho_1 - \rho_2$ و در نتیجه $\Delta P_{AA'}$ مقداری مثبت است.

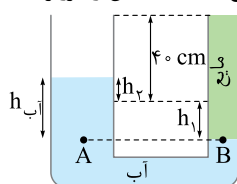
نام ۲ رابطه به دست آمده در گام اول نشان می دهد هر چه فاصله دو نقطه A و A' از مرز مشترک دو مایع (h) بیشتر باشد، اختلاف فشارشان هم بیشتر خواهد بود؛ بنابراین در شکل داده شده در تست، فاصله نقاط B و B' تا مرز مشترک دو مایع از فاصله نقاط A و A' تا مرز مشترک دو مایع بیشتر است. در نتیجه اختلاف فشار نقاط B و B' هم بیشتر خواهد بود؛ به عبارتی $\Delta P_{BB'} > \Delta P_{AA'}$ یا $\Delta P_{BB'} > \Delta P_{AA'}$ است.

تیزبازی: اختلاف عمق بین نقاط B و A و اختلاف عمق بین نقاط B' و A' برابر است. چون $\rho_1 > \rho_2$ است، اختلاف فشار بین نقاط B' و A' بیشتر از اختلاف فشار بین نقاط B و A است؛ بنابراین:

$$\Delta P_{A'B'} > \Delta P_{AB} \Rightarrow P_{A'} - P_{B'} > P_A - P_B$$

$$\xrightarrow{\frac{P_B > P_{B'}}{P_A > P_{A'}}} P_B - P_{B'} > P_A - P_{A'} \Rightarrow \Delta P_2 > \Delta P_1$$

۳۴۶ نام ۳ باریختن حداکثر جرم مایع اضافه شده قبل از سرریز شدن،



وضعیت مایع ها در لوله U شکل به صورت روبه رو می شود. در این فرایند، سطح آب در شاخه سمت راست به مقدار h_1 پایین و در شاخه سمت چپ به مقدار h_2 بالا می رود، پس:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{A_2}{A_1} = \frac{4}{1} = 4 \Rightarrow h_2 = \frac{1}{4} h_1$$

$$P_A = P_B \Rightarrow P_0 + \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}} = P_0 + \rho_{\text{مایع}} g h_{\text{مایع}}$$

$$\Rightarrow 1 \times (h_1 + h_2) = 0.75 \times (40 + h_1)$$

$$\xrightarrow{h_2 = \frac{1}{4} h_1} \frac{5}{4} h_1 = 30 + \frac{3}{4} h_1 \Rightarrow \frac{1}{4} h_1 = 30 \Rightarrow h_1 = 60 \text{ cm}$$

$$h_{\text{مایع}} = 40 + h_1 = 40 + 60 = 100 \text{ cm}$$

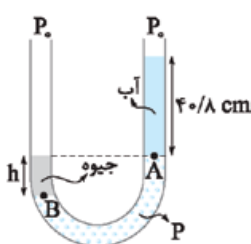
$$m_{\text{مایع}} = \rho_{\text{مایع}} V_{\text{مایع}} = \rho_{\text{مایع}} A_1 h_{\text{مایع}} = 0.75 \times 1 \times 100 = 75 \text{ g}$$

پرسش: الف) سطح آب در لوله سمت چپ نسبت به سطح اولیه چه قدر بالاتر می رود؟

پاسخ: ۱۵ cm

ب) اختلاف ارتفاع سطح آب و مایع در دو شاخه چند سانتی متر می شود؟

پاسخ: ۲۵ cm



۳۴۷ نام ۲ با فرض این که P_0 فشار هوای محیط و P فشار هوای گیر افتاده درون لوله باشد، داریم:

$$P = P_A = P_0 + \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}}$$

$$P = P_B = P_0 + \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}}$$

سمت چپ رابطه های بالا با یکدیگر مساوی هستند؛ بنابراین سمت راست آن ها نیز با هم مساوی است؛ پس:

$$P_0 + \rho_{\text{آب}} g h_{\text{آب}} = P_0 + \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} \Rightarrow \rho_{\text{آب}} h_{\text{آب}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}}$$

$$\Rightarrow 1 \times 40 + 8 = 13.6 \times h_{\text{جیوه}} \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = 3 \text{ cm}$$

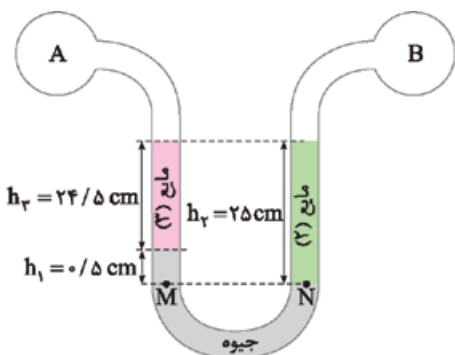
نام ۱: P_B را برحسب پاسکال به دست می آوریم:

$$P_B \text{ (Pa)} = 1300 \times P_B \text{ (cmHg)} = 1300 \times 31 = 40300 \text{ Pa}$$

نام ۲: نیروی وارد بر ته لوله از طرف جیوه برابر است با: $F_{\text{لوله}} = P_B A$

$$\frac{P_B = 40300 \text{ Pa}}{A = 4 \text{ cm}^2 = 4 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \rightarrow F_{\text{لوله}} = 40300 \times 4 \times 10^{-4} = 16.12 \text{ N}$$

نام ۳: در شکل (الف)، فشار در نقطه های هم تراز M و N برابر است. یعنی داریم:



(الف)

$$P_M = P_N \Rightarrow P_{\text{جیوه}} \rho \Delta h + P_{\text{مایع}} + P_A = P_{\text{مایع}} + P_B$$

$$\Rightarrow P_{\text{جیوه}} \rho \Delta h + P_A - P_B = P_{\text{مایع}} - P_{\text{مایع}}$$

$$\Rightarrow \rho g h_1 + (P_A - P_B) = \rho g h_2 - \rho g h_2$$

$$\frac{\rho_{\text{جیوه}} = 13600 \text{ kg/m}^3, h_1 = 0/\Delta h = 5 \times 10^{-2} \text{ m}}{\rho_r = \frac{15}{100} \rho_r = 1/\Delta h \rho_r, h_r = 25 \text{ cm} = 25 \times 10^{-2} \text{ m}, h_r = 24/\Delta h = 24 \times 10^{-2} \text{ m}} \rightarrow$$

$$\frac{13600 \times 10 \times 10^{-2} + (P_A - P_B) = 1/\Delta h \rho_r \times 10 \times 25 \times 10^{-2}}{P_{\text{جیوه}} \rho \Delta h = 680 \text{ Pa}}$$

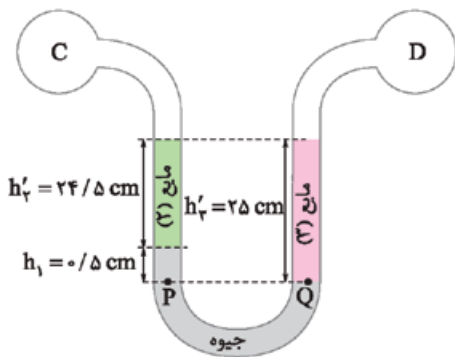
$$- \rho_r \times 10 \times 24 \times 10^{-2} \Rightarrow 680 + (P_A - P_B) = \frac{3/75 \rho_r - 2/45 \rho_r}{1/2 \rho_r}$$

در رابطه بالا، طرف دوم تساوی $(1/3 \rho_r)$ مقداری مثبت است. پس باید فشار گاز مخزن A از فشار گاز مخزن B بیشتر باشد تا طرف اول تساوی هم مثبت شود؛ یعنی $P_A - P_B = 88 \text{ Pa}$ است و داریم:

$$\frac{680 + 88 = 1/3 \rho_r \Rightarrow \rho_r = \frac{1560}{1/3} = 1200 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_r = 1/5 \rho_r = 1/5 \times 1200 = 240 \text{ kg/m}^3$$

نام ۴: حالا به شکل (ب) نگاه کنید. فشار در نقطه های هم تراز Q و P یکسان است:



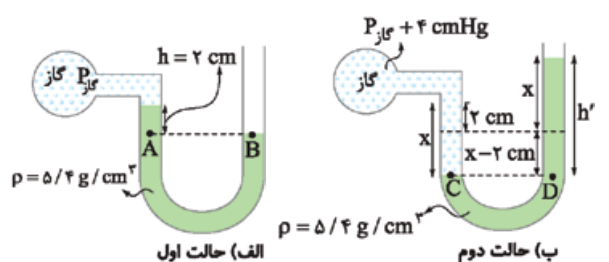
(ب)

$$P_P = P_Q \Rightarrow P_{\text{جیوه}} \rho \Delta h + \rho g h_1 + P_C = \rho g h_2 + P_D$$

$$\Rightarrow P_C - P_D = \rho g h_2 - P_{\text{جیوه}} \rho \Delta h - \rho g h_1$$

$$\frac{P_{\text{جیوه}} \rho \Delta h = 680 \text{ Pa}, \rho_r = 1200 \text{ kg/m}^3, \rho_r = 1200 \text{ kg/m}^3}{h_1 = 24/\Delta h = 24 \times 10^{-2} \text{ m}, h_2 = 25 \text{ cm} = 25 \times 10^{-2} \text{ m}} \rightarrow$$

$$P_C - P_D = \frac{1200 \times 10 \times 25 \times 10^{-2}}{3000} - 680 - \frac{1200 \times 10 \times 24 \times 10^{-2}}{440} = -209 \text{ Pa}$$



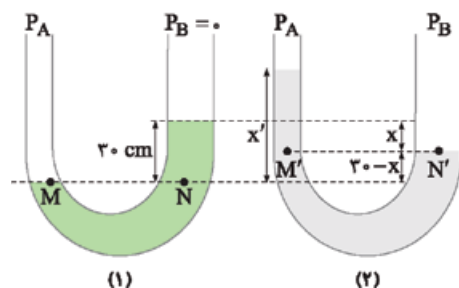
نام ۵: فشار ستون h سانتی متری مایع برابر $3/2 \text{ cmHg}$ است. $P'_{\text{جیوه}} = P'_{\text{مایع}} \Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{مایع}} g h'$ برابر است با:

$$\Rightarrow 13/5 \times 3/2 = 5/4 \times h' \Rightarrow h' = \frac{13/5 \times 3/2}{5/4} = 8 \text{ cm}$$

نام ۶: با توجه به شکل (ب):

$$h' = x + (x - 2) \Rightarrow 8 = 2x - 2 \Rightarrow x = 5 \text{ cm}$$

نام ۷: با توجه به شکل داده شده در صورت تست (شکل (۱))، فشار گاز درون مخزن A را به دست می آوریم:



(۱) شکل: $P_M = P_N \Rightarrow P_A = P_B + 30 = 0 + 30 \Rightarrow P_A = 30 \text{ cmHg}$ پس از بازکردن شیر B، چون فشار گاز درون مخزن B بیشتر از A است، سطح جیوه در شاخه چپ بالاتر از سطح جیوه در شاخه راست می ایستد. با فرض این که جیوه در شاخه راست به مقدار x پایین بیاید، با توجه به شکل (۲) داریم:

$$(\Delta V)_{\text{چپ}} = (\Delta V)_{\text{راست}} \Rightarrow A_1 x = A_2 x' \Rightarrow x' = \frac{A_1}{A_2} x$$

$$= \left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 x \Rightarrow x' = 4x \text{ (I)}$$

$$P_{M'} = P_{N'} \Rightarrow P_A + (x' - 30 + x) = P_B$$

$$\Rightarrow 30 + x' - 30 + x = 70 \Rightarrow x' + x = 70 \Rightarrow x' + \frac{x'}{4} = 70$$

$$\Rightarrow \frac{5}{4} x' = 70 \Rightarrow x' = 56 \text{ cm}$$

نام ۸: ۳۵۲

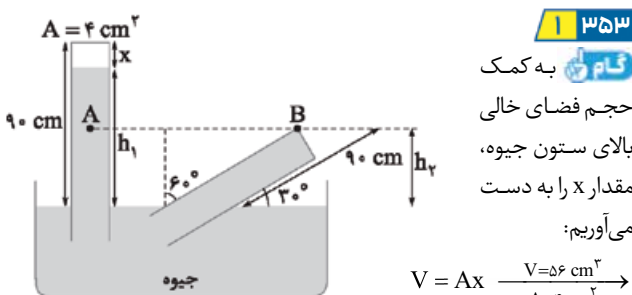
نام ۹: به کمک

حجم فضای خالی

بالای ستون جیوه،

مقدار x را به دست

می آوریم:



$$V = Ax \rightarrow \frac{V = 56 \text{ cm}^3}{A = 4 \text{ cm}^2} \rightarrow$$

$$56 = 4x \Rightarrow x = 14 \text{ cm}$$

$$h_1 = 90 - x = 90 - 14 = 76 \text{ cm}$$

نام ۱۰: ارتفاع جیوه را در حالت دوم به دست می آوریم:

$$\sin 30^\circ = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} \Rightarrow \frac{1}{2} = \frac{h_2}{90} \Rightarrow h_2 = 45 \text{ cm}$$

نام ۱۱: در شکل بالا، نقاط A و B هم ترازند و در یک مایع ساکن قرار دارند؛ بنابراین فشار در این نقاط یکسان است:

$$P_B = P_A \Rightarrow P_B = P_{\text{جیوه}}$$

در رابطه بالا، جیوه فشار ناشی از ستون جیوه به ارتفاع ۳۱ cm است: $P_B = 31 \text{ cmHg}$