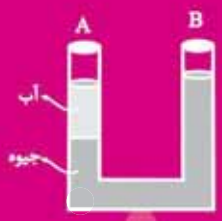
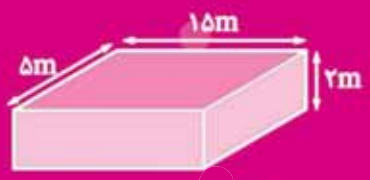
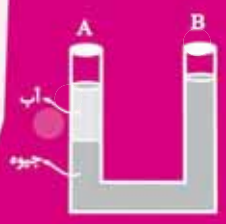




واحد ۳
ویژگی‌های فیزیکی مواد

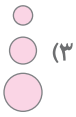
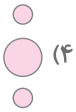
- حالت‌های ماده
- ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو
- نیروهای بین مولکولی
- فشار در جامدات و مایعات
- تعادل مایعات مخلوط نشدنی
- فشار هوا و آزمایش توریچلی
- فشار گاز درون مخزن
- اصل پاسکال
- شناوری و اصل ارشمیدس
- اصل برنولی و معادلهٔ پیوستگی

معلق ماندن یک توپ سبک در جریان نامرئی هوا یک پدیدهٔ دیدنی و جالب است. در این حالت وقتی تلاش می‌کنیم توپی که طبق شکل داده شده بالای سشوار معلق است، با دست به چپ یا راست منحرف کنیم، توپ نیرویی درخلاف‌جهت به دست ما وارد می‌کند. به نظر شما اگر توپ به آرامی از جریان هوا بیرون کشیده شود تا جایی که فقط نیمی از توپ بیرون از جریان هوا باشد، چه اتفاقی می‌افتد؟



سنجش آغازین

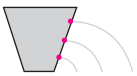
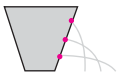
۱. کدام‌یک از تصاویر زیر، وضعیت یک حباب هوا را وقتی از کف دریاچه‌ای به طرف بالا می‌آید، بهتر نشان می‌دهد؟

۱)
۲)
۳) 
۴) 

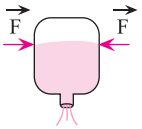
۲. کدام‌یک از موارد زیر با استفاده از فشار مایعات قابل توجیه نمی‌باشد؟

۱) ساخت جک‌های روغنی
۲) ساخت ترمزهای هیدرولیکی
۳) نوشیدن مایعات توسط نی
۴) سیستم آب‌رسانی با استفاده از تانکرهای بزرگ و مرتفع

۳. درون ظرفی مطابق شکل آب می‌ریزیم؛ با برداشتن درپوش‌های موجود بر روی بدنهٔ آن، نحوهٔ خروج مایع چگونه خواهد بود؟

۱) 
۲) 
۳)
۴)

۴. در کدام حالت زیر، سرعت خروج آب از بطری کم‌تر از سایر حالات است؟

۱) 

۲)
۳)
۴)

۵. روی دیوارهٔ لیوانی دو سوراخ در ارتفاع یکسان از کف لیوان ایجاد کرده‌ایم. در حالی که سوراخ‌ها را با انگشت گرفته‌ایم، لیوان را پر از آب کرده و سپس رها می‌کنیم تا مجموعه با شتاب g سقوط آزاد کند. کدام گزینه در مورد شکل خارج شدن آب از سوراخ‌ها درست است؟

۱)
۲)
۳)
۴)

۱. ۱ ۲ ۳ ۴
۲. ۱ ۲ ۳ ۴
۳. ۱ ۲ ۳ ۴
۴. ۱ ۲ ۳ ۴
۵. ۱ ۲ ۳ ۴

پاسخ‌نامه

۱ گزینهٔ «۲» هر چه از سطح مایع به عمق آن پیش برویم، ارتفاع ستون مایع افزایش یافته، در نتیجه میزان فشار ناشی از وزن مایع نیز افزایش می‌یابد. همین امر باعث می‌شود تا در عمق بیشتر، مایع به حباب‌ها فشار بیشتری وارد کند و حباب‌ها کوچک‌تر شوند و با بالا آمدن حباب‌ها این فشار کاهش یافته و حجم حباب‌ها نیز افزایش می‌یابد.

۲ گزینهٔ «۳» نوشیدن مایعات توسط نی با استفاده از فشار هوا انجام می‌شود.

۳ گزینهٔ «۲» فشار با ارتفاع از سطح آزاد مایع ارتباط مستقیم دارد، از این‌رو آب با بیشترین سرعت از پایین‌ترین سوراخ خارج می‌شود.

۴ گزینهٔ «۲» فشار هوای بالای سطح مایع عامل اصلی خروج مایع است. هنگامی که بطری را سر و ته می‌کنیم، میزان فشار هوای بالای مایع بسیار ناچیز است (در این حالت مایع تمایل به خروج از بطری را دارد، بدون آن‌که اجازهٔ ورود هوا را به داخل بطری بدهد.) بنابراین سرعت خروج مایع در این حالت کندتر از بقیه حالات است.

۵ گزینهٔ «۴» اجسام در حین سقوط آزاد، در حالت بی وزنی هستند. به عبارت دیگر هر کدام از ذرات جسم هیچ نیرویی به یک‌دیگر اعمال نمی‌کنند. در نتیجه فشار در تمام نقاط آب درون لیوان (در حالت سقوط) برابر صفر خواهد بود. بنابراین هیچ آبی از سوراخ خارج نمی‌شود. همچنین فشار هوا نیز نمی‌تواند باعث خروج مایع شود، چرا که فشار هوا در سوراخ‌ها و سطح مایع یکسان است.

پیش آزمون

۱. هنگامی که یک لیوان پر از آب را کج می‌کنیم، آب به راحتی از آن بیرون می‌ریزد. این مشاهده ما را به این نتیجه می‌رساند که مولکول‌های مایع: (سراسری تجربی - ۸۸)

۱) بر روی هم می‌لغزند.
۲) با آزادی کامل به هر سمتی حرکت می‌کنند.
۳) در اطراف مکان خود حرکت نوسانی دارند.
۴) در شبکهٔ منظم با اتم‌های مجاور جایگاه ثابتی دارند.

۲. برای ساخت یک نانو ذرهٔ طلا، حداقل به چند اتم طلا نیاز داریم؟

۱) ۴ ۲) ۴۰ ۳) ۳ ۴) ۳۰

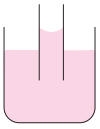
۳. نیروی بین مولکولی برای یک ماده، چگونه است؟ (فاصله در ابعاد اتمی و مولکولی است.) (سراسری خارج از کشور ریاضی - ۹۰)

۱) در تمام فاصله‌ها رباینی است.
۲) در تمام فاصله‌ها رانشی است.
۳) در فواصل فوق‌العاده کم، رباینی و در فاصله‌های کمی بیشتر از آن، رانشی است.
۴) در فواصل فوق‌العاده کم، رانشی و در فاصله‌های کمی بیشتر از آن، رباینی است.

۴. کشش سطحی در مایعات، حاصل کدام است؟ (سراسری ریاضی - ۸۷)

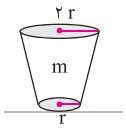
۱) نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌ها
۲) تأثیر نیروی گرانش زمین بر مایع
۳) فشاری است که از طرف هوا بر مایع وارد می‌شود.
۴) نیروی رانشی بین مولکول‌هایی است که خیلی به هم نزدیک شده‌اند.

۵. در شکل زیر، سطح لوله ۳ میلی‌متر مربع و ارتفاع آب درون لوله از سطح آزاد آب ۳ سانتی‌متر است. نیروی هم‌چسبی سطحی بین آب و لوله چقدر است؟ $(\rho_{آب}=1\frac{g}{cm^3}\ و\ g=10\frac{N}{kg})$



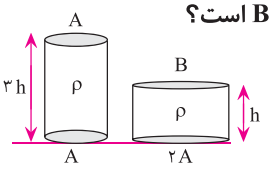
۱) $9\times10^{-4}N$ ۲) $9\times10^{-5}N$ ۳) $3\times10^{-4}N$ ۴) $3\times10^{-5}N$

۶. جسم توپر و همگنی به جرم m مطابق شکل، روی سطح کوچکش قرار دارد. فرض کنید این جسم را برعکس کنیم و روی وجه بزرگش قرار دهیم، در این حالت چه مقدار وزنه باید روی جسم بگذاریم تا فشاری معادل با فشار اولیه داشته باشیم؟ (سراسری ریاضی - ۷۹)



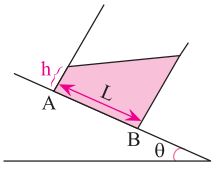
۱) ۴m ۲) ۳m
۳) ۲m ۴) m

۷. با توجه به شکل مقابل، فشار وارد بر سطح زیرین جسم A چند برابر فشار وارد بر سطح زیرین جسم B است؟



۱) ۱ ۲) ۲
۳) ۳ ۴) ۴

۸. با توجه به شکل مقابل، اختلاف فشار دو نقطهٔ A و B کدام است؟

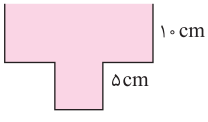


۱) $\rho gL\cos\theta$ ۲) $\rho gL\sin\theta$
۳) $\rho g(h\cos\theta - L\sin\theta)$ ۴) $\rho g(L\sin\theta - h\cos\theta)$

۹. اگر فشار در عمق h از مایعی P_1 باشد، فشار در عمق ۲h یعنی P_2 برابر است با ..... (سراسری ریاضی - ۷۷)

۱) $P_2 = P_1$ ۲) $2P_1 > P_2 > P_1$
۳) $P_2 = 2P_1$ ۴) $2P_1 \geq P_2 > P_1$

۱۰. با فرض آن‌که مساحت سطح آزاد مایع در ظرف زیر، دو برابر مساحت کف ظرف باشد، نیروی وارد شده بر کف ظرف چند برابر وزن مایع است؟



۱) $\frac{1}{5}$ ۲) ۵
۳) $\frac{5}{3}$ ۴) $\frac{3}{5}$

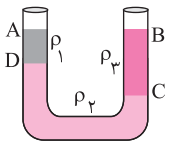
۱۱. سه ظرف با مقطع یکسان را مطابق شکل در نظر بگیرید. اگر در هر کدام از ظرف‌ها حجم یکسانی از یک مایع بریزیم، با فرض آن‌که نیروی وارد بر کف ظرف‌های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب F_1 ، F_2 و F_3 باشد، آن‌گاه کدام گزینه صحیح است؟

۱) $F_1 > F_2 > F_3$
۲) $F_1 = F_2 = F_3$
۳) $F_1 < F_2 < F_3$
۴) نمی‌توان نظر داد.

۱۲. پیمانه‌ای مطابق شکل مقابل از مایعی پر شده است. نیرویی که از طرف مایع بر ته پیمانه وارد می‌شود، ..... (سراسری تجربی - ۷۴)

۱) از وزن مایع بیشتر است.
۲) از وزن مایع کم‌تر است.
۳) برابر وزن مایع است.
۴) از نیرویی که ته ظرف بر مایع وارد می‌کند، کم‌تر است.

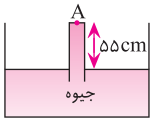
۱۳. سه مایع مخلوط نشدنی با چگالی‌های ρ_1 ، ρ_2 و ρ_3 در ظرف زیر قرار دارند. اگر $AD = 10\,cm$ و $BC = 15\,cm$ باشد، کدام‌یک از گزینه‌های زیر درست است؟



۱) $2\rho_2 + \rho_1 = 3\rho_3$
۲) $3\rho_2 + 2\rho_1 = \rho_3$
۳) $2\rho_1 + \rho_2 = 3\rho_3$
۴) $\rho_2 + 3\rho_1 = 2\rho_3$

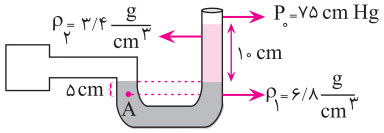
۱۴. در شکل مقابل، نیرویی که از طرف جیوه به سطح بالایی لوله (نقطهٔ A) وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ (آزاد پزشکی - ۷۸)

(فشار هوای محیط برابر $75\,cmHg$، سطح مقطع لوله $5\,cm^2$ ، چگالی جیوه $13/6\,\frac{g}{cm^3}$ و $g = 10\,\frac{N}{kg}$ است.)



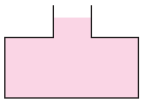
۱) ۶۸
۲) ۷۴/۸
۳) ۳۴
۴) ۱۳/۶

۱۵. با توجه به شکل مقابل، فشار پیمانه‌ای مخزن برحسب $cmHg$ کدام است؟



۱) ۵۰
۲) ۲/۵
۳) ۸۰
۴) ۸

۱۶. در شکل زیر، مساحت کف ظرف ۶ برابر مساحت سطح آزاد آن است. اگر ۱۰۰ گرم مایع به‌آن اضافه کنیم، افزایش نیروی وارد بر کف ظرف تقریباً چند نیوتون می‌شود؟

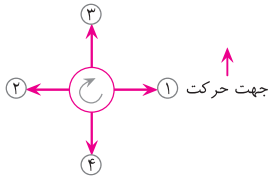


۱) ۲
۲) ۴
۳) ۶
۴) ۸

۱۷. سطح یک تخته به ضخامت $30\,cm$ که بر سطح آب شناور است، حداقل چند مترمربع باید باشد تا اگر شخصی به جرم $60\,kg$ روی آن بایستد غرق نشود؟ (چگالی تخته و آب به ترتیب $0/6\,\frac{g}{cm^3}$ و $1\,\frac{g}{cm^3}$ است.)

۱) ۰/۲
۲) ۰/۳
۳) ۰/۴
۴) ۰/۵

۱۸. جهت چرخش توپ فوتبال و مسیر حرکت اولیهٔ آن مطابق شکل زیر است. جهت نیروی خالص وارد بر توپ کدام است؟



۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

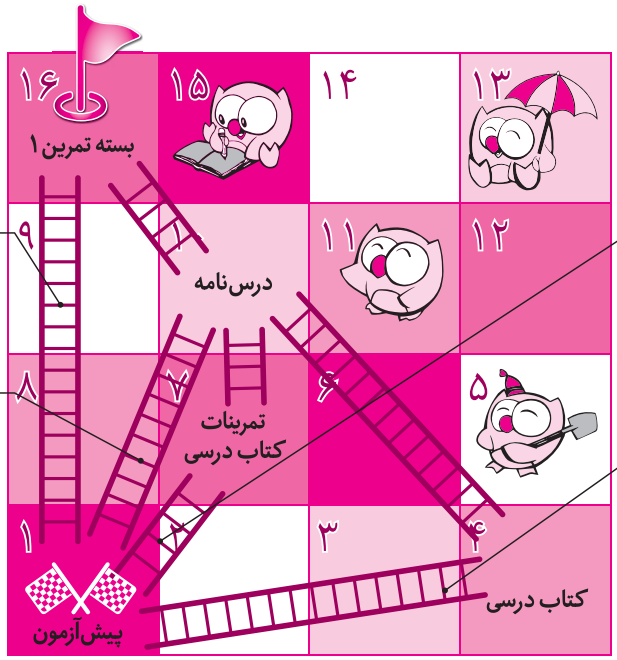
۱۹. سرعت متوسط مایعی در یک لوله به شعاع $2\,cm$ برابر $50\,\frac{cm}{s}$ است. اگر شعاع لوله به $1\,cm$ کاهش یابد، سرعت متوسط جدید مایع چقدر خواهد شد؟

۱) $50\,\frac{cm}{s}$
۲) $100\,\frac{cm}{s}$
۳) $150\,\frac{cm}{s}$
۴) $200\,\frac{cm}{s}$

۱.	۱ ۲ ۳ ۴	۵.	۱ ۲ ۳ ۴	۹.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۳.	۱ ۲ ۳ ۴
۲.	۱ ۲ ۳ ۴	۶.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۰.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۴.	۱ ۲ ۳ ۴
۳.	۱ ۲ ۳ ۴	۷.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۱.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۵.	۱ ۲ ۳ ۴
۴.	۱ ۲ ۳ ۴	۸.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۲.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۶.	۱ ۲ ۳ ۴
						۱۷.	۱ ۲ ۳ ۴
						۱۸.	۱ ۲ ۳ ۴
						۱۹.	۱ ۲ ۳ ۴

توجه: حالا با توجه به تعداد سؤالاتی که پاسخ صحیح داده‌اید، از یکی از نردبان‌های نشان داده شده در نقشه بالا بروید تا به خانه بعدی برسید و به مطالعه عنوان آمده در آن خانه بپردازید.

نقشه راه دانش‌آموز



- در صورتی که به **۱۱ تا ۱۴ سؤال** پاسخ صحیح داده‌اید، ابتدا **تمرینات کتاب درسی خود را مجدداً حل کرده** و سپس **درس‌نامه را مطالعه کرده** و بعد از آن اجازه دارید وارد بسته تمرین ۱ شوید.
- در صورتی که **به کمتر از ۱۱ سؤال** پاسخ صحیح داده‌اید، ابتدا **کتاب درسی خود را مجدداً مطالعه کرده** و سپس **درس‌نامه را مطالعه کنید** و پس از آن اجازه دارید وارد بسته تمرین ۱ شوید.
- در صورتی که به **همه سؤالات** به طور صحیح پاسخ داده‌اید، **نیازی به مطالعه درس‌نامه ندارید** و می‌توانید وارد بسته تمرین ۱ شوید.
- در صورتی که به **حداقل ۱۵ سؤال** پاسخ صحیح داده‌اید، **پس از مطالعه درس‌نامه** اجازه دارید وارد بسته تمرین ۱ شوید.

شناسنامه سؤالات پیش‌آزمون

شماره سؤال	عنوان زیرموضوع	سطح سؤال	پاسخ
۱	حالت‌های ماده	۱	۱
۲	ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو	۴	۴
۳	نیروهای بین‌مولکولی	۴	۴
۴	نیروهای بین‌مولکولی	۱	۱
۵	نیروهای بین‌مولکولی	۱	۱
۶	فشار در جامدات	۲	۲
۷	فشار در جامدات	۳	۳
۸	فشار در مایعات	۲	۲
۹	فشار در مایعات	۲	۲
۱۰	فشار در مایعات	۴	۴

شماره سؤال	عنوان زیرموضوع	سطح سؤال	پاسخ
۱۱	فشار در مایعات	۱	۱
۱۲	فشار در مایعات	۱	۱
۱۳	تعادل مایعات مخلوط نشدنی	۳	۳
۱۴	فشار هوا و آزمایش توریچلی	۴	۴
۱۵	فشار گاز درون مخزن	۲	۲
۱۶	اصل پاسکال	۳	۳
۱۷	شناوری و اصل ارشمیدس	۴	۴
۱۸	اصل برنولی و معادلهٔ پیوستگی	۱	۱
۱۹	اصل برنولی و معادلهٔ پیوستگی	۲	۲

درس‌نامه

حالت‌های ماده

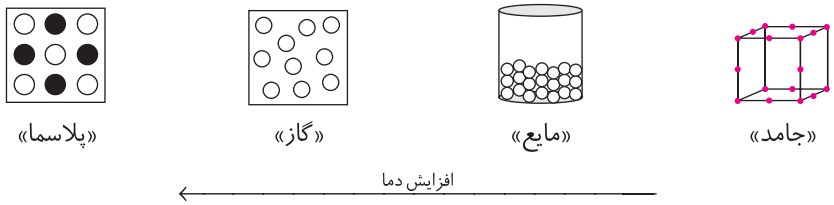
هر چیزی که جرم داشته باشد و فضا را اشغال کند، «ماده» نامیده می‌شود. ماده را می‌توان براساس ساختار مولکولی به صورت زیر دسته‌بندی کرد.

حالت‌های فیزیکی ماده

جامد — مایع — گاز — پلاسما

جامد: جامدهای بی شکل (آمورف): مانند شیشه — بلورها: مانند الماس

نکته: با افزایش دما، حالت ماده از نوعی به نوع دیگر تغییر می‌کند.



همان‌طور که مشاهده می‌کنید با افزایش دما، فاصلهٔ بین مولکول‌ها افزایش می‌یابد.

در حالت کلی، ویژگی‌های فیزیکی مواد در جدول زیر آمده است.

حالت ماده	شکل مشخص	حجم مشخص	فاصلهٔ بین مولکولی	توضیح
جامد	دارد	دارد	$۱۰^{-۱۰}\,m$	مولکول‌ها در مکان‌های مشخصی قرار دارند و فقط می‌توانند در اطراف این مکان‌ها حرکت نوسانی کوچکی انجام دهند.
مایع	ندارد	دارد	$۱۰^{-۱۰}\,m$	مولکول‌ها در اطراف خود حرکت می‌کنند و بر روی هم می‌لغزند.
گاز	ندارد	ندارد	$۳۵\times۱۰^{-۱۰}\,m$	مولکول‌ها می‌توانند آزادانه به اطراف خود حرکت کنند. حرکت مولکول‌ها نامنظم و کاتوره‌ای (حرکت براونی) است.

نکته: حجم گاز برابر با حجم ظرفی است که گاز درون آن محبوس است.

۱. هنگامی که یک لیوان پر از آب را کج می‌کنیم، آب به راحتی از آن بیرون می‌ریزد. این مشاهده ما را به این نتیجه می‌رساند که مولکول‌های مایع: (سراسری تجربی - ۸۸)

۱) بر روی هم می‌لغزند.
۲) با آزادی کامل به هر سمتی حرکت می‌کنند.
۳) در اطراف مکان خود حرکت نوسانی دارند.
۴) در شبکهٔ منظم با اتم‌های مجاور جایگاه ثابتی دارند.

پاسخ: گزینهٔ «۱»

ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو

فناوری نانو، ساختارها و یا موادی با اندازهٔ کوچک در حد چند نانومتر را در بر می‌گیرد. یک نانومتر $۱۰^{-۹}\,m$ تقریباً معادل طول ۱۰ اتم کربن، ۱۰ اتم هیدروژن و یا ۵ اتم سیلیکون ردیف شده در یک خط است. قطر تار موی انسان حدوداً ۶۰۰۰۰ نانومتر است. اهمیت مقیاس نانو در تغییر خواص و ویژگی‌های مواد در این ابعاد است. خواص مواد در ابعاد معمولی مشخصه‌های یک ماده هستند، مانند نقطهٔ ذوب، استحکام، انعطاف‌پذیری، رسانندگی الکتریکی و گرمایی، رنگ، شفافیت، خواص مغناطیسی و ... . این در حالی است که خواص مواد در ابعاد نانو تغییر می‌کنند و ویژگی‌های جدیدی به وجود می‌آید.

سؤال: آیا در مقیاس میکرومتر هم ویژگی‌های ماده تغییر می‌کنند؟

پاسخ: خیر، مواد در مقیاس میکرومتر (برخلاف مقیاس نانو) معمولاً خواص فیزیکی مشابه با حالت ماکروسکوپی (ابعاد معمولی که با چشم غیرمسلح قابل مشاهده باشند.) را نشان می‌دهند.

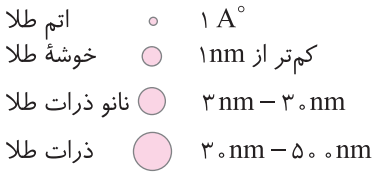
برخی از ویژگی‌های فیزیکی که در مقیاس نانو تغییر می‌کنند، در جدول زیر آمده است.

ویژگی فیزیکی ماده	مقیاس ماکروسکوپی	مقیاس نانو
نقطهٔ ذوب طلا	$۱۰۶۴^\circ C$	$۴۲۷^\circ C$
رسانندگی الکتریکی آلومینیم	عایق بسیار عالی	رسانای بسیار خوب

نکته: در حالت کلی، مواد دارای سه بعد طول، عرض و ارتفاع هستند. اگر حداقل یکی از ابعاد مواد در مقیاس نانو ($۱nm - ۱۰۰nm$) باشد، به آن ماده، نانو ساختار می‌گوییم و به آن بعدی که در ابعاد نانو نباشد، اصطلاحاً «بعد آزاد» گفته می‌شود.

دو مورد از نانو ساختارها در جدول زیر آورده شده است.

نانو لایه‌ها	نانو ذره‌ها
یک بعد ماده در مقیاس نانو است.	هر سه بعد ماده در مقیاس نانو است. این ذرات معمولاً بین ۱۰ تا ۱۰۶ اتم دارند. (مولکول‌ها بین ۱ تا ۱۰ اتم دارند.)



۲. برای ساخت یک نانو ذرهٔ طلا، حداقل به چند اتم طلا نیاز داریم؟

۱) ۴ ۲) ۴۰ ۳) ۳ ۴) ۳۰

پاسخ: گزینهٔ «۴» حداقل تعداد اتم‌های طلا برای ایجاد یک نانو ذره عبارت است از:

$$\text{تعداد اتم‌ها} = \frac{۳nm}{۱A^\circ} = \frac{۳\times۱۰^{-۹}m}{۱۰^{-۱۰}m} = ۳\times۱۰^{-۹}\times۱۰^{۱۰} = ۳۰$$

نیروهای بین مولکولی

نیروهای بین مولکولی از نوع رانشی یا ربایشی‌اند. این نیروها در فواصل خیلی کم، معمولاً رانشی هستند، به طوری که تراکم ناپذیری تقریبی مایعات و جامدات را توجیه می‌کنند. از طرفی پدیده‌هایی مانند کشش سطحی، موئینگی و هم‌چسبی با توجه به ربایشی بودن نیروهای بین مولکولی قابل توضیح هستند. لازم به ذکر است که نیروهای بین مولکولی از نوع الکتریکی و کوتاه برد هستند.

نکته: اگر اندازهٔ نیروهای بین مولکولی در گازها، مایعات و جامدات را به ترتیب با F_g ، F_l و F_s نشان دهیم، داریم: $F_g < F_l < F_s$

۳. نیروی بین مولکولی برای یک ماده، چگونه است؟ (فاصله در ابعاد اتمی و مولکولی است.) (سراسری خارج از کشور ریاضی - ۹۰)

۱) در تمام فاصله‌ها ربایشی است.

۲) در تمام فاصله‌ها رانشی است.

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

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

پاسخ: گزینهٔ «۴»

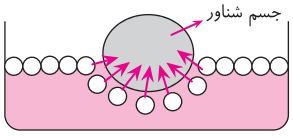
هم‌چسبی و دگرچسبی

نیروهای ربایشی بین مولکول‌های هم نوع و مولکول‌های غیر هم‌نوع را به ترتیب نیروهای هم‌چسبی و دگرچسبی می‌نامند. برای مثال نیروی ربایشی بین مولکول‌های آب، نیروی هم‌چسبی و نیروی ربایشی بین مولکول‌های آب و سطح شیشه، نیروی دگرچسبی است. جدول زیر، نیروهای هم‌چسبی و دگرچسبی را در دو مورد با هم مقایسه می‌کند.

آب روی شیشه	نیروی هم‌چسبی مولکول‌های آب < نیروی دگرچسبی آب و شیشه	مایع، جامد را تَر می‌کند.	
جیوه روی شیشه	نیروی هم‌چسبی مولکول‌های جیوه > نیروی دگرچسبی جیوه و شیشه	مایع، جامد را تَر نمی‌کند.	

کشش سطحی

نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع باعث می‌شود سطح آن مانند یک پوستهٔ کشیده رفتار کند. این رفتار سطح مایع، کشش سطحی نام دارد. قرار گرفتن اجسام سبک روی سطح آب به دلیل وجود نیروی کشش سطحی آب است.



۴. کشش سطحی در مایعات، حاصل کدام است؟ (سراسری (ریاضی - ۸۷)

۱) نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌ها

۲) تأثیر نیروی گرانش زمین بر مایع

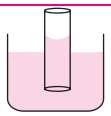
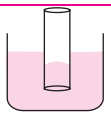
۳) فشاری است که از طرف هوا بر مایع وارد می‌شود.

۴) نیروی رانشی بین مولکول‌هایی است که خیلی به هم نزدیک شده‌اند.

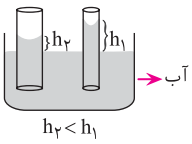
پاسخ: گزینهٔ «۱» کشش سطحی در نتیجهٔ نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌ها است.

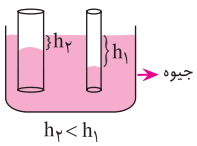
اثر مویینگی

اگر یک لولهٔ موئین را در ظرف محتوی مایع فرو ببریم، به دلیل تفاوت نیروهای هم‌چسبی و دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و لوله، مایع درون لوله بالا می‌رود. بسته به نوع مایع، سطح مایع داخل لولهٔ موئین ممکن است بالاتر یا پایین‌تر از سطح مایع داخل ظرف قرار بگیرد. اثر موئینگی آب و جیوه را در جدول زیر مقایسه می‌کنیم.

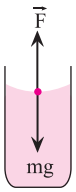
آب در لولهٔ موئین	نیروی دگرچسبی آب و شیشه > نیروی هم‌چسبی آب	
جیوه در لولهٔ موئین	نیروی دگرچسبی جیوه و شیشه < نیروی هم‌چسبی جیوه	

نکته ۱: با بزرگ‌تر شدن قطر لوله، ارتفاع مویینگی (h) کم می‌شود.



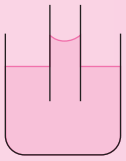


نکته ۲: آب در لولهٔ موئین با سطح مقطع A تا جایی بالا می‌رود که، وزن آب بالا رفته برابر نیروی دگرچسبی شود.



$$F = mg = \rho Vg = \rho Ahg$$

۵. در شکل زیر، سطح لوله ۳ میلی‌متر مربع و ارتفاع آب درون لوله از سطح آزاد آب ۳ سانتی‌متر است. نیروی دگرچسبی بین آب و لوله چقدر است؟ $(\rho_{\text{آب}} = ۱\frac{g}{cm^۳}$ و $g = ۱۰\frac{N}{kg})$



۱) $۹\times۱۰^{-۴}N$
۲) $۹\times۱۰^{-۵}N$
۳) $۳\times۱۰^{-۴}N$
۴) $۳\times۱۰^{-۵}N$

پاسخ: گزینهٔ «۱» می‌دانیم یکای نیرو، نیوتون است. بنابراین یکاها را طوری تبدیل می‌کنیم تا به یکای نیرو (N) برسیم.

$$A = ۳mm^۲ \times (\frac{۱cm}{۱۰mm})^۲ = ۳\times۱۰^{-۲}cm^۲ \quad و \quad g = ۱۰\frac{N}{kg} \times \frac{۱kg}{۱۰۰۰g} = ۱۰^{-۲}\frac{N}{g}$$

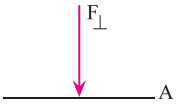
$$F = mg = \rho Vg = \rho Ahg = ۱\frac{g}{cm^۳} \times ۳\times۱۰^{-۲}cm^۲ \times ۳cm \times ۱۰^{-۲}\frac{N}{g} = ۹\times۱۰^{-۴}N$$

نکته: میزان بالا یا پایین رفتن مایع در لوله‌های موئین، به میزان فرو رفتگی لوله در مایع داخل ظرف و طول لولهٔ موئین بستگی ندارد.

فشار

نیروی عمودی وارد بر واحد سطح را فشار می‌نامیم. یکای فشار در سیستم SI، پاسکال (Pa) است. این کمیت یکاهای دیگری از قبیل cmHg، mmHg و atm نیز دارد که در ادامه به آن می‌پردازیم.

$F_\perp$ نشان‌دهندهٔ نیروی عمودی وارد بر سطح A است.



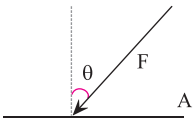
$$P = \frac{F_\perp}{A}$$

$$[P] = \left[\frac{F}{A}\right] = \frac{[F]}{[A]} \Rightarrow Pa = \frac{N}{m^۲}$$

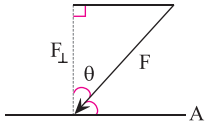
۱Pa معادل $۱\frac{N}{m^۲}$ است.

حال این سؤال پیش می‌آید که اگر یک نیرو به طور مایل بر سطحی اعمال شود، چه فشاری ایجاد می‌کند؟

فرض کنید نیروی $\vec{F}$ به صورت مایل، با زاویهٔ θ نسبت به راستای قائم بر سطح A وارد می‌شود.



می‌دانیم «نیروی عمودی» وارد بر سطح، ایجاد فشار می‌کند. از این رو کافی است یک مثلث قائم‌الزاویه بسازیم و مؤلفهٔ عمودی نیرو را تعیین کنیم.



$$\cos\theta = \frac{F_\perp}{F} \Rightarrow F_\perp = F\cos\theta \Rightarrow P = \frac{F_\perp}{A} = \frac{F\cos\theta}{A}$$

فشار در جامدات

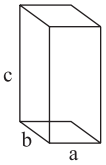
فشار وارد شده بر سطح زیرین جامدات، نتیجهٔ وزن جسم جامد است. بنابراین فشار بر سطح زیرین عبارت است از:

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

در یک جسم جامد با شکل هندسی منظم، بسته به این‌که جسم جامد را روی کدام وجه قرار دهیم، فشار تغییر خواهد کرد. به عنوان مثال فشار بیشینه و کمینه جسم جامد عبارت است از:

$$P_{min} = \frac{mg}{A_{max}} \quad , \quad P_{max} = \frac{mg}{A_{min}}$$

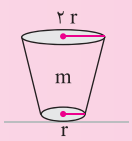
مثال: مکعب مستطیل همگن و توپری با وجوه a ، b و c را در نظر بگیرید. حاصل بیشینهٔ فشار به کمینهٔ فشار را به‌دست آورید.



پاسخ:

$$\frac{P_{max}}{P_{min}} = \frac{\frac{mg}{ab}}{\frac{mg}{bc}} = \frac{c}{a} = \frac{\text{بزرگ‌ترین ضلع}}{\text{کوچک‌ترین ضلع}}$$

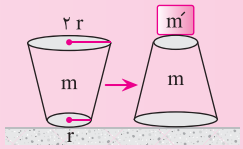
۶. جسم توپر و همگنی مطابق شکل به جرم m روی سطح کوچکش قرار دارد. فرض کنید این جسم را برعکس کنیم و روی وجه بزرگش قرار دهیم. در این حالت چه مقدار وزنه باید روی جسم بگذاریم تا فشاری معادل با فشار اولیه داشته باشیم؟



(سراسری ریاضی - ۷۹)

۱) ۴m ۲) ۳m ۳) ۲m ۴) m

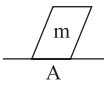
پاسخ: گزینهٔ «۲»



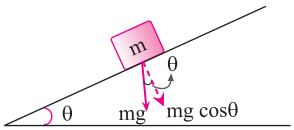
$$P_1 = \frac{mg}{A_1} = \frac{mg}{\pi r^2} \quad و \quad P_2 = \frac{(m+m')g}{A_2} = \frac{(m+m')g}{4\pi r^2}$$

$$P_1 = P_2 \Rightarrow \frac{mg}{\pi r^2} = \frac{(m+m')g}{4\pi r^2} \Rightarrow 4m = (m+m') \Rightarrow m' = 3m$$

نکته: فشار وارد شده بر سطح زیرین جسم جامدی که به طور نیمه واژگون روی سطح قرار دارد، همان $\frac{mg}{A}$ است. چرا که نیروی وزن از هر نقطه درون جسم به سوی زمین وارد می‌شود.



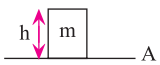
مثال: با توجه به شکل مقابل، فشار وارد بر سطح زیرین جسم m را تعیین کنید.



پاسخ:

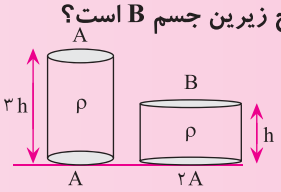
$$P = \frac{F_\perp}{A} = \frac{(mg)_\perp}{A} = \frac{mg\cos\theta}{A}$$

نکته: اگر جسم جامدی توپر، همگن و دارای ارتفاع و سطح مقطع مشخص داشته‌باشیم، آن‌گاه فشار از رابطهٔ زیر به‌دست می‌آید:



$$P = \frac{mg}{A} = \frac{\rho Vg}{A} = \frac{\rho \cancel{A} hg}{\cancel{A}} = \rho gh$$

۷. با توجه به شکل مقابل، فشار وارد بر سطح زیرین جسم A چند برابر فشار وارد بر سطح زیرین جسم B است؟



۱) ۱ ۲) ۲

۳) ۳ ۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ «۳»

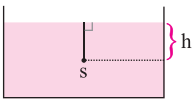
$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{\cancel{\rho_A} \cancel{g_A} h_A}{\cancel{\rho_B} \cancel{g_B} h_B} = \frac{3\cancel{h}}{\cancel{h}} = 3$$

فشار در شاره‌ها

فشار در یک شاره (مایع یا گاز) ساکن، برابر نیروی عمودی است که شاره بر سطح تماس خود (مانند جدارهٔ ظرف یا سطح جسم غوطه‌ور در شاره) وارد می‌کند.

فشار در مایعات

فشار در نقطهٔ مشخصی از یک مایع، ناشی از وزن ستونی از مایع است که بالای نقطهٔ مورد نظر قرار دارد. اگر فشار هوا را P_0 در نظر بگیریم، فشار در نقطهٔ s و ارتفاع h از سطح آزاد مایع مطابق شکل، به صورت زیر است:

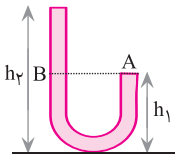


$$P_s = \rho gh + P_0$$

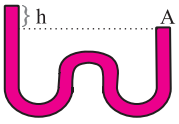
نکته ۱: فشار در مایعات به شکل ظرف بستگی ندارد. بلکه به چگالی مایع و ارتفاع نقطهٔ مورد نظر از سطح آزاد مایع بستگی دارد.

نکته ۲: فشار نقاط هم تراز در یک مایع (نقاط واقع بر یک خط)، به شکل ظرف بستگی ندارد و یکسان است.

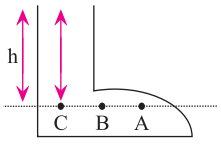
به شکل‌های زیر توجه کنید.



$P_A = P_B = \rho g(h_2 - h_1)$

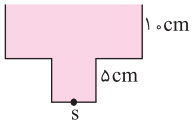


$P_A = \rho gh$



$P_A = P_B = P_C = \rho gh$

مثال: فشار وارد شده بر کف ظرف مقابل را که حاوی آب است، به‌دست‌آورید.

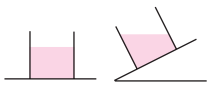


پاسخ:

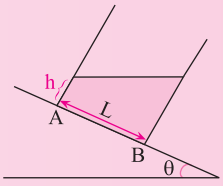
$$P_s = \rho gh = ۱\frac{\cancel{kg}}{m^۳} \times ۱۰\frac{N}{\cancel{kg}} \times \frac{۱۵}{۱۰۰} m = ۱/۵\,Pa$$

نکته ۱: اختلاف فشار بین دو نقطه، به فشار هوا (P_0) بستگی ندارد.

نکته ۲: سطح آزاد مایعات در ظروف، همواره موازی با سطح افق است.



۸. با توجه به شکل مقابل، اختلاف فشار دو نقطهٔ A و B کدام است؟



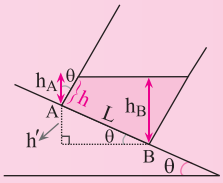
۱) $\rho gL\cos\theta$

۲) $\rho gL\sin\theta$

۳) $\rho g(h\cos\theta - L\sin\theta)$

۴) $\rho g(L\sin\theta - h\cos\theta)$

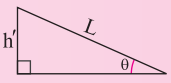
پاسخ: گزینهٔ «۲» ارتفاع نقاط A و B از سطح آزاد مایع به ترتیب h_A و h_B است. فشار مایع در نقاط A و B عبارت است از:



$$P_A = \rho gh_A \quad , \quad P_B = \rho gh_B \quad , \quad h_B = h' + h_A$$

حال باید ارتفاع‌های h_A و h_B را تعیین کنیم. به کمک دو مثلث قائم‌الزاویهٔ ایجاد شده داریم:

$$\cos\theta = \frac{h_A}{h} \Rightarrow h_A = h\cos\theta$$

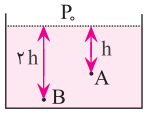


$$\sin\theta = \frac{h'}{L} \Rightarrow h' = L\sin\theta$$

$$h_B = h' + h_A = L\sin\theta + h\cos\theta$$

$$\left.\begin{array}{l} P_A = \rho gh\cos\theta \\ P_B = \rho gh_B = \rho g(L\sin\theta + h\cos\theta) \end{array}\right\} \Rightarrow P_B - P_A = \rho gL\sin\theta$$

نکته: هرگاه عمق مشخصی از مایع را n برابر کنیم، آن‌گاه فشار از حالت اولیه، بیشتر و از n برابر حالت اولیه، کم‌تر است، یعنی داریم:



$$\left.\begin{array}{l} P_A = \rho gh + P_0 \Rightarrow ۲P_A = ۲\rho gh + ۲P_0 \\ P_B = \rho g(۲h) + P_0 = ۲\rho gh + P_0 \end{array}\right\} \Rightarrow P_A < P_B < ۲P_A$$

۹. اگر فشار در عمق h از مایعی P_1 باشد، آن‌گاه فشار در عمق $2h$ یعنی P_2 برابر است با ..... (سراسری ریاضی - ۷۷)

۱) $P_2 = P_1$ ۲) $2P_1 > P_2 > P_1$ ۳) $P_2 = 2P_1$ ۴) $2P_1 \geq P_2 > P_1$

پاسخ: گزینهٔ «۲» فشار در عمق‌های h و $2h$ به ترتیب برابر P_1 و P_2 است. طبق نکتهٔ فوق، فشار در عمق $2h$ (P_2) از فشار در عمق h (P_1) بیشتر و از ۲ برابر فشار در عمق h $(2P_1)$ کم‌تر است. $2P_1 > P_2 > P_1$

نیروی وارد از طرف مایع

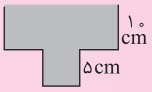
در حالت کلی، سه نیرو از طرف مایع بر سطوح مختلف ظرف وارد می‌شود. این نیروها عبارتند از:

۱. نیروی وارد بر کف ظرف (F_1)
۲. نیروی وارد بر تکیه‌گاه (F_2)
۳. نیروی وارد بر بدنهٔ ظرف (سطوح جانبی) (F_3)

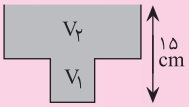
۱. نیروی وارد بر کف ظرف (F_1)

این نیرو، ناشی از وزن ستونی از مایع است که بالای سطح مقطع کف ظرف وجود دارد. در حقیقت این نیرو ناشی از فشار خود مایع در کف ظرف است. $F_1 = PA = \rho ghA$

۱۰. با فرض آن‌که مساحت سطح آزاد مایع در ظرف زیر، دو برابر مساحت کف ظرف باشد، نیروی وارد شده بر کف ظرف چند برابر وزن مایع است؟



۱) $\frac{1}{5}$ ۲) ۵
۳) $\frac{5}{3}$ ۴) $\frac{3}{5}$



پاسخ: گزینهٔ «۴» فشار به ارتفاع از سطح آزاد مایع وابسته است. داریم:

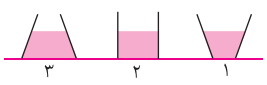
$$F_1 = PA = \rho ghA = \rho g \times ۱۵ \times ۱۰^{-۲} \times A = ۱۵ \times ۱۰^{-۲} \rho gA$$

$$W_{مایع} = mg = \rho Vg = \rho(V_1 + V_2)g = \rho[(۵ \times ۱۰^{-۲} \times A) + (۱۰ \times ۱۰^{-۲} \times ۲A)]g = ۲۵ \times ۱۰^{-۲} \rho gA$$

$$\frac{F_1}{W_{مایع}} = \frac{۱۵ \times ۱۰^{-۲} \rho gA}{۲۵ \times ۱۰^{-۲} \rho gA} = \frac{۳}{۵}$$

نکته: نیروی وارد بر کف ظرف به شکل ظرف بستگی دارد.

مثال: سه ظرف زیر را در نظر بگیرید که شامل مایعات یکسان، هم حجم و هم ارتفاع هستند. اگر $A_3 > A_2 > A_1$، آن‌گاه در مورد نیروی وارد بر کف ظرف و فشار وارد بر کف ظرف چه می‌توان گفت؟



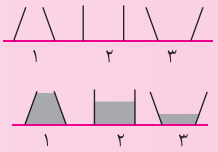
پاسخ: از آن‌جایی که ارتفاع سه مایع یکسان است داریم: $P_1 = P_2 = P_3 = P$

در مورد نیروها نیز می‌توان گفت: $A_1 < A_2 < A_3 \xrightarrow{\times P} F_1 < F_2 < F_3$

۱۱. سه ظرف با مقطع یکسان را مطابق شکل در نظر بگیرید. اگر در هر کدام از ظرف‌ها حجم یکسانی از یک مایع بریزیم، با فرض آن‌که نیروی وارد بر کف ظرف‌های ۱، ۲ و ۳ به ترتیب F_1 ، F_2 و F_3 باشد، آن‌گاه کدام گزینه صحیح است؟

۱) $F_1 > F_2 > F_3$ ۲) $F_1 = F_2 = F_3$

۳) $F_1 < F_2 < F_3$ ۴) نمی‌توان نظر داد.



پاسخ: گزینهٔ «۱» با ریختن حجم‌های یکسان از یک مایع داریم:

همانطور که می بینیم ارتفاع مایع ظرف ۱ از همه بیشتر است یعنی: $P_1 > P_2 > P_3$

حال در مورد نیروی وارد بر کف ظرف می‌توان گفت: $P_1 > P_2 > P_3 \xrightarrow{\times A} F_1 > F_2 > F_3$

۲. نیروی وارد بر تکیه‌گاه (سطح افق) (F_2)

این نیرو در نتیجهٔ وزن مایع درون ظرف است که به سطح افقی وارد می‌شود. $F_2 = mg = \rho Vg$

نکته ۱: نیروی وارد بر سطح افقی به شکل ظرف بستگی ندارد.

نکته ۲: اگر سطح مقطع دهانه و کف ظرف را به ترتیب A' و A بنامیم، آن‌گاه در مورد نیروی وارد بر کف ظرف (F_1) و نیروی وارد بر سطح افق (F_2) می‌توان گفت:

۱) $A' > A \Rightarrow F_1 < F_2$

۲) یا $A' = A \Rightarrow F_1 = F_2$

۳) $A' < A \Rightarrow F_1 > F_2$

۱۲. پیمانه‌ای مطابق شکل مقابل از مایعی پر شده است. نیرویی که از طرف مایع بر ته پیمانه وارد می‌شود، ..... (سراسری تجربی - ۷۴)

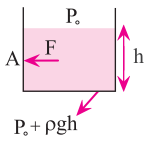
۱) از وزن مایع بیشتر است. ۲) از وزن مایع کم‌تر است.

۳) برابر وزن مایع است. ۴) از نیرویی که ته ظرف بر مایع وارد می‌کند، کم‌تر است.

پاسخ: گزینهٔ «۱» منظور از ته پیمانه همان کف ظرف است. با توجه به نکته فوق نیروی وارد بر کف ظرف از نیروی وارد بر سطح افق (وزن مایع) بیشتر است.

۳. نیروی وارد بر بدنهٔ ظرف (سطوح جانبی) (F_3)

فشار وارد بر بدنهٔ ظرف، میانگین فشار سطح جانبی مایع و کف ظرف است.

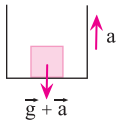


از این رو داریم: $\overline{P} = \frac{P_{\text{سطح مایع}} + P_{\text{کف ظرف}}}{2} = P_0 + \frac{\rho gh}{2}$

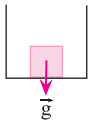
بنابراین نیروی وارد بر بدنهٔ ظرف از رابطهٔ روبه‌رو به‌دست می‌آید. $F_3 = (P_0 + \frac{\rho gh}{2})A$

نکته: هرگاه ظرفی حاوی یک مایع درون آسانسوری قرار بگیرد، بسته به چگونگی حرکت آسانسور، فشار وارد بر کف ظرف به صورت‌های زیر است:

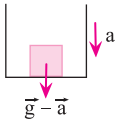
الف. آسانسور با شتاب a به سمت بالا حرکت کند. $P = \rho(g+a)h$



ب. آسانسور با سرعت ثابت (v=cte) حرکت کند. $P = \rho gh$



پ. آسانسور با شتاب a به سمت پایین حرکت کند. $P = \rho(g-a)h$

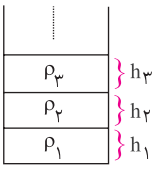


مثال: اختلاف فشار بین دو نقطه از مایعی در حال سکون ΔP است. اگر ظرف محتوی این مایع با شتاب $\frac{g}{3}$ در راستای قائم به طرف پایین حرکت کند، اختلاف فشار بین این دو نقطه چقدر است؟

پاسخ:

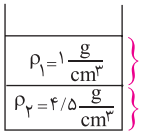
$$\Delta P' = \rho(g-a)h \xrightarrow{a=\frac{g}{3}} \rho(g-\frac{g}{3})h = \frac{2}{3}\underbrace{\rho g h}_{\Delta P} = \frac{2}{3}\Delta P$$

نکته: فرض کنید چند مایع مخلوط نشدنی با چگالی‌های ρ_1، ρ_2، ρ_3 و ... با ارتفاع‌های h_1، h_2، h_3 و ... داشته باشیم. اگر مایعات را به ترتیب و به آرامی روی هم بریزیم، فشار وارد بر کف ظرف از رابطهٔ زیر بدست می‌آید:



$$P_{\text{کف ظرف}} = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 + \rho_3 g h_3 + \dots$$

مثال: دو مایع مخلوط نشدنی با چگالی‌های $\rho_1 = 1\frac{g}{cm^3}$ و $\rho_2 = 4/5\frac{g}{cm^3}$ درون ظرفی را در نظر بگیرید. با فرض یکسان بودن حجم دو مایع و این‌که ارتفاع مایع سنگین‌تر $30\,cm$ باشد، فشار وارد بر کف را بر حسب یکای SI حساب کنید.



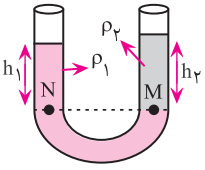
پاسخ:

$$\left.\begin{matrix} V_2 = 30 \times A \\ V_1 = h \times A \end{matrix}\right\} \xrightarrow{V_1=V_2} h = 30\,cm$$

$$P_{\text{کف ظرف}} = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2 = 10^3 \frac{kg}{m^3} \times 10 \frac{N}{kg} \times 0/3\,m + 4/5 \times 10^3 \frac{kg}{m^3} \times 10 \frac{N}{kg} \times 0/3\,m = 16/5 \times 10^3\,Pa$$

با توجه به این‌که یکای فشار در سیستم SI، پاسکال (Pa) است، تمامی کمیت‌ها را برحسب یکای SI نوشتیم.

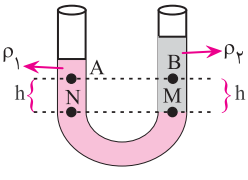
مثال: با توجه به شکل مقابل، کدام مایع چگالی بیشتری دارد؟



پاسخ: می‌دانیم نقاط هم تراز، هم فشارند. بنابراین مایعی که در زیر قرار می‌گیرد، همواره چگالی بیشتری دارد.

$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_2 g h_2 = \rho_1 g h_1 \Rightarrow \frac{\rho_2}{\rho_1} = \frac{h_1}{h_2} < 1 \Rightarrow \rho_2 < \rho_1$$

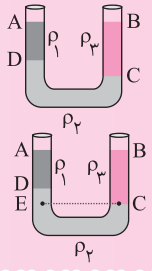
مثال: مطابق شکل زیر، دو مایع مخلوط نشدنی، با یک‌دیگر در تعادل‌اند. فشار دو نقطه A و B را با هم مقایسه کنید.



پاسخ: می‌دانیم نقاط هم تراز، هم فشارند.

$$P_M = P_N$$
$$\rho_2 g h + P_B = \rho_1 g h + P_A$$
$$P_B - P_A = \rho_1 g h - \rho_2 g h \Rightarrow P_B - P_A = gh(\rho_1 - \rho_2) > 0 \Rightarrow (P_B - P_A) > 0 \Rightarrow P_B > P_A$$

۱۳. سه مایع مخلوط نشدنی با چگالی‌های ρ_1، ρ_2 و ρ_3 در ظرف زیر قرار دارند. اگر $AD = 10\,cm$ و $BC = 15\,cm$ باشد، کدام‌یک از گزینه‌های زیر درست است؟



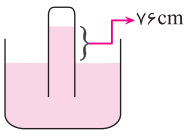
۱) $2\rho_2 + \rho_1 = 3\rho_3$
۲) $3\rho_2 + 2\rho_1 = \rho_3$
۳) $2\rho_1 + \rho_2 = 3\rho_3$
۴) $\rho_2 + 3\rho_1 = 2\rho_3$

پاسخ: گزینهٔ «۳»

$$P_E = P_C \Rightarrow \rho_2(ED) + \rho_1(AD) = \rho_3(BC)$$
$$(15-10)\rho_2 + 10\rho_1 = 15\rho_3 \Rightarrow 2\rho_1 + \rho_2 = 3\rho_3$$

فشار هوا و آزمایش توریچلی

توریچلی ظرفی از جیوه را در کنار سطح آزاد دریا قرار داد. سپس لولهٔ آزمایشگاهی را به صورت وارونه درون ظرف فرو برد. او مشاهده کرد جیوه تا ارتفاع ۷۶cm بالا می‌آید و نتیجه گرفت که فشار هوا ۷۶cmHg است. می‌توان از این آزمایش دریافت که هر ارتفاع از جیوه برحسب m، cm و mm معادل فشار برحسب mHg (متر جیوه)، cmHg و mmHg است.



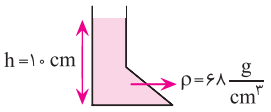
$$h\begin{pmatrix}m\\cm\\mm\end{pmatrix}=P\begin{pmatrix}mHg\\cmHg\\mmHg\end{pmatrix}$$

تبدیل کمیت‌های فشار

۱. تبدیل Pa به mHg

$$h(m\ \text{ارتفاع جیوه برحسب})=\frac{P(Pa\ \text{فشار برحسب})}{\rho(\text{چگالی جیوه})\times g}$$

مثال: فشار وارد بر کف ظرف زیر را برحسب mmHg به‌دست آورید.



پاسخ: ابتدا باید فشار را برحسب Pa به‌دست آوریم.

$$P(Pa)=\rho gh=۶۸\times۱۰^{۳}\frac{kg}{m^{۳}}\times۱۰\frac{N}{kg}\times۰/۱m=۶۸\times۱۰^{۳}\,Pa$$

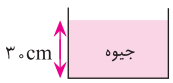
$$h(m\ \text{ارتفاع جیوه برحسب})=\frac{P(Pa\ \text{فشار برحسب})}{\rho(\text{چگالی جیوه})\times g}=\frac{۶۸\times۱۰^{۳}}{۱۳۶۰۰\times۱۰}=\frac{۱}{۲}mHg=۰/۵\,mHg=۵۰۰\,mmHg$$

توجه: از آن‌جایی که فشار در سیستم یکاهای SI برحسب $(\frac{N}{m^{۲}})Pa$ است، ارتفاع جیوه برحسب متر (همان فشار برحسب mHg) به‌دست می‌آید.

۲. تبدیل mHg به Pa

$$P(\text{فشار برحسب پاسکال})=\rho(\text{چگالی جیوه})\times g\times h(mHg\ \text{ارتفاع جیوه برحسب})$$

مثال: با توجه به شکل، فشار مایع را بر کف ظرف برحسب پاسکال (Pa) به‌دست آورید.



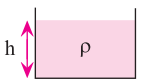
پاسخ: $P=۳۰\,cmHg=۰/۳\,mHg \Rightarrow P=\rho gh=۱۳۶۰۰\times۱۰\times۰/۳=۴۰۸\times۱۰^{۲}\,Pa$

به خاطر بسپاریم:

$$cmHg \underset{\div۱۳۶۰}{\overset{\times۱۳۶۰}{\rightleftarrows}} Pa \qquad mmHg \underset{\div۱۳۶۰۰}{\overset{\times۱۳۶۰۰}{\rightleftarrows}} Pa$$

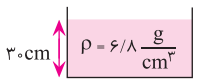
توجه: از دو رابطهٔ اخیر هنگامی استفاده می‌شود که $\rho_{\text{جیوه}}=۱۳۶۰۰\frac{kg}{m^{۳}}=۱۳/۶\frac{g}{cm^{۳}}$ باشد، در غیر این‌صورت طبق روش‌های ارائه شده در بالا تبدیلات یکای فشار را انجام می‌دهیم.

۳. تبدیل یکاهای فشار برحسب mHg، cmHg و mmHg به روش مستقیم برای مایعی با چگالی ρ



$$P\begin{pmatrix}mHg\\cmHg\\mmHg\end{pmatrix}=\frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}}\times h_{\text{مایع}}\begin{pmatrix}m\\cm\\mm\end{pmatrix}$$

مثال: با توجه به شکل، فشار مایع بر کف ظرف را برحسب cmHg به‌دست آورید.



پاسخ: $P(cmHg)=\frac{۶/۸}{۱۳/۶}\times۳۰=۱۵\,cmHg$

مثال: اگر حجم‌های مساوی از دو مایع با چگالی‌های $۳/۴\frac{g}{cm^{۳}}$ و $۱۳/۶\frac{g}{cm^{۳}}$ را درون یک استوانهٔ شیشه‌ای بریزیم، با فرض آن‌که ارتفاع ستون مایع با چگالی کم‌تر، ۳۰cm باشد، فشار وارد بر کف استوانه چند میلی‌متر جیوه (mmHg) است؟

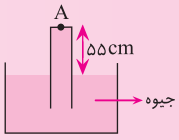
پاسخ: $V_۱=V_۲\Rightarrow A_۱h_۱=A_۲h_۲\xrightarrow{A_۱=A_۲}h_۱=h_۲=۳۰\,cm$

مایع $\rho_۱$ جیوه است و ارتفاع آن برابر فشار برحسب cmHg است. $P_۱=۳۰\,cmHg=۳۰۰\,mmHg$

$$P_{\text{ظرف}}=P_۱+P_۲=۳۰۰\,mmHg+\frac{۳/۴}{۱۳/۶}\times۳۰۰\,mm=۳۰۰+۷۵=۳۷۵\,mmHg$$

۱۴. در شکل زیر، نیرویی که از طرف جیوه به سطح بالایی لوله (نقطهٔ A) وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ (آزاد پزشکی - ۷۸)

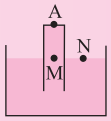
(فشار هوای محیط برابر $75\,cmHg$، سطح مقطع لوله $5\,cm^2$، چگالی جیوه $13/6\,\frac{g}{cm^3}$ و $g=10\,\frac{N}{kg}$ است.)



۱) ۶۸ ۲) ۷۴/۸

۳) ۳۴ ۴) ۱۳/۶

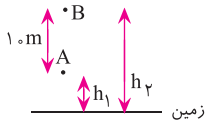
پاسخ: گزینهٔ «۴»



$$P_M = P_N = P_\circ \Rightarrow P_{\text{لوله ته}} + 55\,cmHg = P_\circ \Rightarrow P_{\text{لوله ته}} = P_\circ - 55\,cmHg = 75 - 55 = 20\,cmHg$$

$$P = 20\,cmHg \times 1360 = 27200\,Pa \Rightarrow F = P \times A = 27200\,Pa \times 5 \times 10^{-4} = 13/6\,N$$

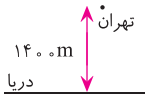
نکته: تا ارتفاع ۲۰۰۰ متر، به ازای هر $10\,m$ تقریباً فشار به اندازهٔ $1\,mmHg$ کاهش می‌یابد.



$$P_A\,(mmHg) - P_B\,(mmHg) = 1\,mmHg$$

مثال: شهر تهران به طور متوسط در ارتفاع $1400\,m$ از سطح دریا قرار دارد. فشار در شهر تهران برحسب cmHg چقدر است؟

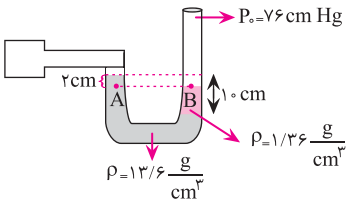
پاسخ: می‌دانیم به ازای هر $10\,m$ ارتفاع از سطح آزاد دریا، فشار هوا $1\,mmHg$ کاهش می‌یابد.



بنابراین فشار هوا در شهر تهران به اندازه $\frac{1400}{10} = 140\,mmHg$ کاهش یافته است. یعنی فشار هوا در تهران برابر است با:

$$P_{\text{شهر تهران}} = 760\,mmHg - 140\,mmHg = 620\,mmHg = 62\,cmHg$$

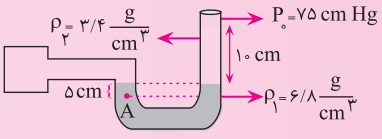
مثال: با توجه به شکل مقابل، فشار گاز درون مخزن را برحسب cmHg به‌دست آورید.



$$P_A = P_B = P_\circ \Rightarrow P_\circ = \frac{13/6}{1/36} \times 2 + P_{\text{مخزن گاز}} \Rightarrow P_{\text{مخزن گاز}} = 76 - 20 = 56\,cmHg$$

نکته: اختلاف فشار مخزن گاز و فشار هوا، فشار پیمانه‌ای نامیده می‌شود و با P_g نشان داده می‌شود.

۱۵. با توجه به شکل مقابل، فشار پیمانه‌ای مخزن برحسب cmHg کدام است؟



۱) ۵۰ ۲) ۲/۵

۳) ۸۰ ۴) ۸

پاسخ: گزینهٔ «۲»

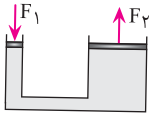
$$P_{\text{مخزن}} = P_{\text{ستون مایع}} + P_\circ \Rightarrow P_g = P_{\text{مخزن}} - P_\circ = P_{\text{ستون مایع}} \Rightarrow P_g = \frac{3/4}{13/6} \times 10 = 2/5\,cmHg$$

اصل پاسکال و جک هیدرولیکی

طبق اصل پاسکال، افزایش فشار وارد بر مایع محصور در یک نقطه، بدون کاهش یافتن به تمام قسمت‌های مایع و دیواره‌های ظرف منتقل می‌شود.

$$\Delta P_1 = \Delta P_2 = \ldots$$

شکل زیر، مدلی برای جک‌های هیدرولیکی است که به کمک آن می‌توان با اعمال نیروی کوچک F_1 به نیروی بزرگ F_2 غلبه کرد.



$$\text{اصل پاسکال}: \Delta P_1 = \Delta P_2 \Rightarrow \frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

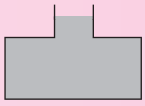
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \Rightarrow \frac{F_1}{F_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{D}{d}\right)^2$$

به طوری که r_1 و r_2 به ترتیب شعاع پیستون کوچک و پیستون بزرگ هستند و D و d به ترتیب قطر پیستون بزرگ و پیستون کوچک هستند.

$$\Delta V_1 = \Delta V_2 \Rightarrow A_1 \times h_1 = A_2 \times h_2$$

$$\frac{A_2}{A_1} = \frac{h_1}{h_2} \Rightarrow \frac{F_2}{F_1} = \frac{h_1}{h_2}$$

۱۶. در شکل زیر، مساحت کف ظرف ۶ برابر مساحت سطح آزاد آن است. اگر ۱۰۰ گرم مایع به آن اضافه کنیم، افزایش نیروی وارد بر کف ظرف تقریباً چند نیوتون می‌شود؟



۱) ۲
۲) ۴
۳) ۶
۴) ۸

پاسخ: گزینهٔ «۳»

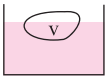
$$\frac{F_1}{F_2} = \frac{A_1}{A_2} \Rightarrow \frac{mg}{F_2} = \frac{A}{6A} \Rightarrow \frac{0/1\times 10}{F_2} = \frac{1}{6} \rightarrow F_2 = 6\,N$$

شناوری و اصل ارشمیدس

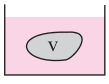
هرگاه بخواهیم توپی را درون آب فرو ببریم، با مشکل مواجه خواهیم شد. دلیل این مشکل، وجود نیرویی تحت عنوان «نیروی ارشمیدس» است که از سوی آب به توپ وارد می‌شود. در حقیقت طبق اصل ارشمیدس می‌توان گفت: هنگامی که تمام یا قسمتی از جسم در شاره فرو رود، شاره نیرویی بالاسو (F_b) بر آن وارد می‌کند که با وزن شارهٔ جابه‌جا شده توسط جسم برابر است و از رابطهٔ زیر بدست می‌آید.

$$F_b = \rho V g$$

که در آن ρ چگالی شاره، V حجم شارهٔ جابه‌جا شده و g شتاب گرانشی است. توجه داریم که حجم شارهٔ جابه‌جا شده V، حجم مقداری از جسم است که در شاره فرو رفته است.

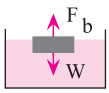
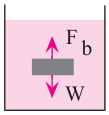
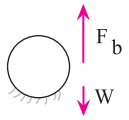
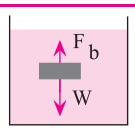


حجم جسم > حجم شارهٔ جابه‌جا شد



حجم جسم = حجم شارهٔ جابه‌جا شده

نکته: با توجه به این‌که هوای اطراف ما نیز یک شاره است، به اجسامی که درون هوا هستند، نیروی بالاسو وارد می‌شود اما چون چگالی هوا خیلی کم است، نیروی بالاسوی وارد شده در مقابل وزن اجسام خیلی کوچک است. در جدول زیر نیروی بالاسوی F_b و وزن جسم W را با هم مقایسه می‌کنیم.

$F_b = W$	جسم روی سطح شاره شناور است.	
	جسم درون شاره ساکن است.	
$F_b > W$	جسم درون شاره بالا می‌رود.	
$F_b < W$	جسم درون شاره فرو می‌رود.	

مثال: با توجه به شکل زیر، مکعبی از جنس چوب روی سطح آب شناور است. اگر اندازهٔ ابعاد مکعب ۵۰cm باشد، جرم مکعب را به‌دست آورید. ($\rho_{آب} = ۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$)

پاسخ: حجم شاره جابه‌جا شده عبارت است از:

$$V = Ah = ۵۰ \times ۵۰ \times ۱۰^{-۴} \times (۵۰ - ۲۰) \times ۱۰^{-۲} = ۷۵ \times ۱۰^{-۳} m^۳$$

شرط این‌که جسم روی آب شناور باشد:

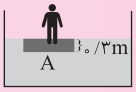
$$F_b = W \Rightarrow \rho Vg = mg \Rightarrow ۱۰۰۰ \frac{kg}{m^۳} \times ۷۵ \times ۱۰^{-۳} m^۳ = m \Rightarrow m = ۷۵ kg$$

۱۷. سطح یک تخته به ضخامت ۳۰cm که بر سطح آب شناور است، حداقل چند مترمربع باید باشد تا اگر شخصی به جرم ۶۰kg روی آن بایستد غرق نشود؟ (چگالی تخته و آب به ترتیب $۰/۶ \frac{g}{cm^۳}$ و $۱ \frac{g}{cm^۳}$ است.)

۱) ۰/۲ ۲) ۰/۳

۳) ۰/۴ ۴) ۰/۵

پاسخ: گزینهٔ «۴» برای این‌که شخص روی تختهٔ چوبی بر سطح آب شناور باشد، باید:



$$F_b = W_{تخته} + W_{شخص}$$

$$\left.\begin{array}{l} W_{شخص} = m_{شخص} g = ۶۰۰ N \\ W_{تخته} = m_{تخته} g = \rho_{تخته} Vg = ۰/۶ \times ۱۰^۳ \times (۰/۳A) \times ۱۰ = ۱۸۰۰A \\ F_b = \rho Vg = ۱ \times ۱۰^۳ \times (۰/۳A) \times ۱۰ = ۳۰۰۰A \end{array}\right\} \Rightarrow ۳۰۰۰A = ۱۸۰۰A + ۶۰۰ \Rightarrow A = \frac{۶۰۰}{۱۲۰۰} = ۰/۵ m^۲$$

نکته: بنابر اصل ارشمیدس، وزن جسم شناور در شاره برابر وزن شارهٔ جابه‌جا شده است.

$$F_b = W_{جسم} \Rightarrow \underbrace{\rho V}_{\text{جرم شارهٔ جابجا شده}} g = W_{جسم} \Rightarrow m_{\text{شارهٔ جابجا شده}} g = W_{جسم} \Rightarrow W_{\text{شارهٔ جابجا شده}} = W_{جسم}$$

اصل برنولی

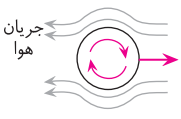
بنابر اصل برنولی هرگاه تندی شاره زیاد باشد، فشار کم و اگر تندی شاره کم باشد، فشار زیاد خواهد بود. در حقیقت اصل برنولی، پایستگی انرژی را برای یک شارهٔ در حال حرکت بیان می‌کند.

۱. نیروی وارد بر بال هواپیما

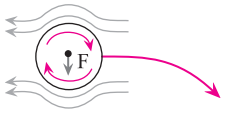
سطح بال هواپیمایی را در نظر بگیرید. تندی هوا در قسمت بالای بال بیشتر است. (در یک زمان معین مسافتی که شاره (هوا) در بالای بال طی می‌کند بیشتر است.) بنابراین طبق اصل برنولی، فشار در قسمت بالا کم‌تر است. اختلاف فشار بالا و پایین بال موجب می‌شود تا نیروی خالص رو به بالای $F = \Delta PA$ به بال وارد شود.

۲. حرکت چرخشی توپ

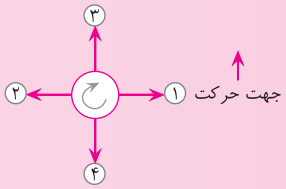
توپی را در نظر بگیرید که در حال چرخش و به سمت راست در حرکت است.



در قسمت بالای توپ جهت چرخش با جهت جریان هوا مخالف است، از این رو تندی هوا کم‌تر و فشار زیادتر می‌شود و در قسمت پایین توپ جهت چرخش با جهت جریان هوا موافق است، از این رو تندی زیادتر و فشار کم‌تر می‌شود. در نتیجه نیروی خالص رو به پایین به توپ وارد می‌شود.

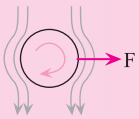


۱۸. جهت چرخش توپ فوتبال و مسیر حرکت اولیه آن مطابق شکل زیر است. جهت نیروی خالص وارد بر توپ کدام است؟

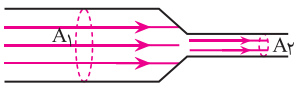


۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

پاسخ: گزینهٔ «۱» در قسمت چپ توپ، تندی هوا کم‌تر شده و فشار زیادتر می‌شود. از طرفی در قسمت راست توپ، تندی هوا زیادتر شده و فشار کم‌تر می‌شود. از این رو توپ در جهت فلش ۱ حرکت می‌کند.



نکته: همان‌طور که گفتیم اصل برنولی پایستگی انرژی را برای یک شاره در حال حرکت بیان می‌کند. به بیان دقیق‌تر، با توجه به تراکم‌ناپذیر بودن شاره، آهنگ شارش (حجم شارهٔ جابه‌جا شده در واحد زمان) همواره ثابت است. یعنی برای هر دو سطح مقطع داریم:



$$\text{آهنگ شارش مقطع (۲)} = \text{آهنگ شارش مقطع (۱)} \Rightarrow \text{پایستگی آهنگ شارش} \Rightarrow \left(\frac{V}{t}\right)_1 = \left(\frac{V}{t}\right)_2 \Rightarrow \frac{A_1 L_1}{t_1} = \frac{A_2 L_2}{t_2} \Rightarrow A_1 v_1 = A_2 v_2$$

که در آن v سرعت متوسط شاره است. معادلهٔ فوق به معادلهٔ پیوستگی معروف است.

۱۹. سرعت متوسط مایعی در یک لوله به شعاع ۲cm برابر $۵۰\frac{cm}{s}$ است . اگر شعاع لوله به ۱cm کاهش یابد، سرعت متوسط جدید مایع چقدر خواهد شد؟

۱) $۵۰\frac{cm}{s}$
۲) $۱۰۰\frac{cm}{s}$
۳) $۱۵۰\frac{cm}{s}$
۴) $۲۰۰\frac{cm}{s}$

پاسخ: گزینه‌ی «۴» چون در گزینه‌ها سرعت بر حسب $\frac{cm}{s}$ بیان شده‌است، ازین رو یکاهای مورد نظر را تبدیل نمی‌کنیم. لوله را به‌صورت استوانه در نظر می‌گیریم. داریم:

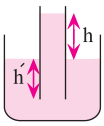
$$\left.\begin{array}{l} A_1 = \pi r_1^2 = (۳/۱۴) \times (۲)^2 = ۴ \times ۳/۱۴ \\ v_1 = ۵۰\frac{cm}{s} \\ A_2 = \pi r_2^2 = (۳/۱۴) \times (۱) = ۳/۱۴ \\ v_2 = ? \end{array}\right\} \Rightarrow A_1 v_1 = A_2 v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{۴ \times ۳/۱۴ \times ۵۰}{۳/۱۴} = ۲۰۰\frac{cm}{s}$$

بسته تمرین

۱. کدام عامل مایع‌ها را تقریباً تراکم‌ناپذیر می‌کند؟ (سراسری ریاضی - ۸۳)

۱) وجود پیوندهای یونی بین مولکولی
۲) نیروی جاذبه بین مولکول‌ها در فواصل نزدیک
۳) نیروی رانشی بین مولکول‌ها در فواصل خیلی نزدیک
۴) آزاد بودن مولکول‌های مایع در جابه‌جایی بین مولکولی

۲. یک لولهٔ موئین را داخل ظرف محتوی آب قرار می‌دهیم و سطح آب داخل لوله مطابق شکل زیر می‌شود، کدام عبارت صحیح است؟ (آزمایشی سنجش - ۸۸)



۱) با افزایش h'، ارتفاع h افزایش می‌یابد.
۲) با افزایش h'، ارتفاع h کاهش می‌یابد.
۳) با افزایش h'، ارتفاع h تغییر نمی‌کند.
۴) با کاهش h'، ارتفاع h افزایش می‌یابد.

۳. لولهٔ موئینی را ظرف محتوی آب قرار می‌دهیم. آب تا ارتفاع $40\,cm$ در لوله بالا می‌رود. اگر سطح مقطع این لوله $0/4\,mm^2$ باشد، نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و شیشه چند نیوتون است؟ $(\rho_{آب}=1000\frac{kg}{m^3}\ و\ g=10\frac{m}{s^2})$ (آزاد ریاضی - ۶۶)

۱) $0/8\times10^{-3}$
۲) $1/6\times10^{-3}$
۳) 10^{-3}
۴) $3/2\times10^{-3}$

۴. کدام‌یک از گزینه‌های زیر دربارهٔ نقطهٔ ذوب طلا درست است؟

۱) در مقیاس نانو نقطهٔ ذوب طلا تغییر می‌کند.
۲) دمای ذوب طلا در مقیاس نانو $427\,^\circ C$ است.
۳) در مقیاس نانو دمای ذوب طلا $637\,^\circ C$ کاهش می‌یابد.
۴) همهٔ موارد فوق صحیح هستند.

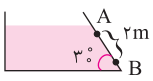
۵. دو استوانه توپر و هم وزن A و B روی سطح افقی کنار هم قرار دارند. اگر شعاع قاعدهٔ استوانهٔ B، دو برابر شعاع قاعدهٔ استوانهٔ A باشد، فشار حاصل از استوانهٔ A چند برابر فشار حاصل از استوانهٔ B است؟ (سراسری ریاضی - ۹۳)

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

۶. قطر داخلی استوانهٔ بلندی $2\,cm$ است. اگر آن را به طور قائم نگه داشته و $157\,cm^3$ آب در آن بریزیم، فشار حاصل از آب در ته استوانه چند پاسکال است؟ $(\rho_{آب}=10^3\frac{kg}{m^3}\ و\ \pi=3/14)$ (سراسری تجربی - ۸۷)

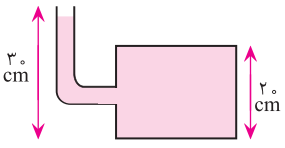
۱) ۱۵۰
۲) ۳۰۰
۳) ۲۵۰۰
۴) ۵۰۰۰

۷. در ظرف زیر، اختلاف فشار در نقاط A و B برابر چند کیلو پاسکال است؟ $(\rho_{آب}=1000\frac{kg}{m^3}\ و\ P_0=0/98\,atm)$ (آزمایشی سنجش - ۸۸)



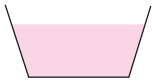
۱) ۲۰
۲) ۱۰
۳) ۳۰
۴) ۱۵

۸. در شکل زیر، لولهٔ باریکی به یک مخزن متصل شده است. مساحت کف مخزن $1000\,cm^2$ است. اگر داخل لوله و مخزن مایعی به چگالی $800\frac{kg}{m^3}$ باشد، نیرویی که از طرف مایع به کف مخزن وارد می‌شود، چند نیوتون است؟ (از فشار هوا صرف نظر کنید، $g=10\frac{m}{s^2}$**)** (سراسری خارج از کشور ریاضی - ۹۲)



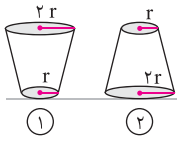
۱) ۲۴۰
۲) ۱۶۰
۳) ۲۴
۴) ۱۶

۹. در ظرفی مطابق شکل، مایعی ریختیم. کدام گزینه در مورد برآیند نیروهای وارد بر مایع از طرف دیواره ظرف درست است؟ (سراسری ریاضی - ۶۹)



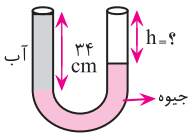
۱) در راستای قائم – به طرف بالا
۲) در راستای قائم – به طرف پایین
۳) برآیند مورد نظر صفر است.
۴) هر سه گزینه می‌توانند صحیح باشند.

۱۰. در شکل روبه‌رو، حجم و عمق آب در دو ظرف پر از آب با هم برابر است. اگر نیرویی که از طرف ظرف‌ها به سطح افقی وارد می‌شود، به ترتیب F_1 و F_2 باشد و فشار آب در کف ظرف‌ها P_1 و P_2 باشد، کدام رابطه درست است؟ (جرم ظرف‌ها با هم برابر است.) (سراسری ریاضی - ۹۲)



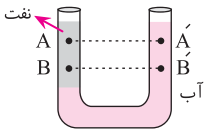
۱) $P_1 = \frac{P_2}{4}$ و $F_1 = F_2$
۲) $P_1 = P_2$ و $F_1 = 4F_2$
۳) $P_1 = P_2$ و $F_1 = F_2$
۴) $P_1 = 4P_2$ و $F_1 = \frac{F_2}{4}$

۱۱. در شکل زیر، h چند سانتی‌متر است؟ ($\rho_{آب} = 1\frac{g}{cm^3}$ و $\rho_{جیوه} = 13/6\frac{g}{cm^3}$) (سراسری خارج از کشور ریاضی - ۹۱)



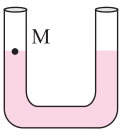
۱) ۲۷/۵
۲) ۲۹
۳) ۳۰
۴) ۳۱/۵

۱۲. مطابق شکل، دو مایع مخلوط نشدنی آب و نفت در یک لولهٔ U شکل در حال تعادل‌اند. اگر اختلاف فشار بین دو نقطهٔ A و A' را با ΔP_1 و اختلاف فشار بین دو نقطهٔ B و B' را با ΔP_2 نمایش دهیم، کدام‌یک از گزینه‌های زیر صحیح است؟ (سراسری خارج از کشور ریاضی - ۹۰)



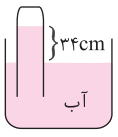
۱) $\Delta P_1 < \Delta P_2$
۲) $\Delta P_1 = \Delta P_2$
۳) $\Delta P_1 = \Delta P_2 = 0$
۴) $\Delta P_1 > \Delta P_2$

۱۳. در شکل زیر، در لولهٔ U شکل آب ریخته شده و نقطهٔ M روی لوله نشانه‌گذاری شده است. اگر در قسمت راست لوله، روی آب به ارتفاع ۵cm نفت بریزیم، در لولهٔ مقابل آن، سطح آب چند سانتی‌متر از نقطهٔ M بالاتر می‌رود؟ (چگالی نفت و آب به ترتیب $0/8\frac{g}{cm^3}$ و $1\frac{g}{cm^3}$ و قطر لوله در همه جا یکسان است.) (سراسری ریاضی - ۹۱)



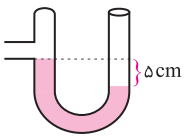
۱) ۱
۲) ۲
۳) ۲/۵
۴) ۴

۱۴. در شکل زیر، فشار گاز جمع شده در انتهای لوله ۷۲ سانتی‌متر جیوه است. چگالی آب $1\frac{g}{cm^3}$ و چگالی جیوه $13/6\frac{g}{cm^3}$ است. اگر اختلاف سطح آب در لوله و ظرف ۳۴cm باشد، فشار هوا چند سانتی‌متر جیوه است؟ (سراسری تجربی - ۹۳)



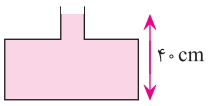
۱) ۷۶
۲) ۷۴/۵
۳) ۶۹/۵
۴) ۶۸

۱۵. در شکل زیر، اگر فشار گاز ۹۵/۲ کیلو پاسکال و اختلاف ارتفاع بین دو سطح جیوه برابر ۵cm باشد، فشار هوا چند سانتی‌متر جیوه است؟ ($\rho_{جیوه} = 13600\frac{kg}{cm^3}$ و $g = 10\frac{m}{s^2}$) (سراسری ریاضی - ۷۸)



۱) ۷۶
۲) ۷۵
۳) ۷۰
۴) ۶۵

۱۶. در شکل زیر، اگر بیشینهٔ نیرویی که کف ظرف می‌تواند از طرف جیوه تحمل کند، ۱۳۵ نیوتون باشد، حداکثر چند سانتی‌متر جیوه می‌توان به ارتفاع جیوهٔ درون لوله اضافه کرد تا ظرف نشکند؟ ($۲۰cm^۲$ = مساحت کف ظرف، $۱۳۵۰۰\frac{kg}{m^۳}$ = $\rho_{جیوه}$ و $۱۰\frac{m}{s^۲}$ = g) (سراسری تجربی - ۹۱)



۱) ۵ ۲) ۱۰ ۳) ۲۰ ۴) ۹۰

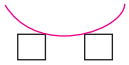
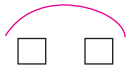
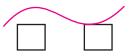
۱۷. اگر در یک بالابر هیدرولیکی که در آن سطح مایع زیر پیستون‌ها در حال تعادل و در یک تراز است، قطر پیستون بزرگ ۱۰ برابر قطر پیستون کوچک‌تر باشد، فشار زیر پیستون بزرگ چند برابر فشار زیر پیستون کوچک است؟ (سراسری ریاضی - ۹۲)

۱) ۱۰۰ ۲) ۱۰ ۳) ۵ ۴) ۱

۱۸. یک کیسهٔ پلاستیکی خالی از هوا را به وسیلهٔ نیروسنجی وزن کرده و نیروسنج عدد P را نشان می‌دهد. آن را از هوا با فشار محیط پر کرده و مجدداً با همان نیروسنج وزن می‌کنیم. اگر وزن هوای داخل کیسه P' باشد، نیروسنج کدام‌یک از مقادیر زیر را نشان می‌دهد؟

۱) $P - P'$ ۲) $P + P'$ ۳) P ۴) P'

۱۹. کاغذی را روی دو پایه قرار می‌دهیم. و از زیر به آرامی فوت می‌کنیم، در این‌صورت کدام‌یک از گزینه‌های زیر درست است؟

۱) ۲)  ۳)  ۴) 

۲۰. با ۰/۲۵ برابر شدن شعاع مقطع یک لوله، سرعت یک شاره تراکم‌ناپذیر در آن ..... برابر می‌شود.

۱) ۱۶ ۲) $\frac{۱}{۱۶}$ ۳) ۴ ۴) $\frac{۱}{۴}$

۱.	۱ ۲ ۳ ۴	۵.	۱ ۲ ۳ ۴	۹.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۳.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۷.	۱ ۲ ۳ ۴
۲.	۱ ۲ ۳ ۴	۶.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۰.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۴.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۸.	۱ ۲ ۳ ۴
۳.	۱ ۲ ۳ ۴	۷.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۱.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۵.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۹.	۱ ۲ ۳ ۴
۴.	۱ ۲ ۳ ۴	۸.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۲.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۶.	۱ ۲ ۳ ۴	۲۰.	۱ ۲ ۳ ۴

توجه: حالا با توجه به پاسخ‌نامه و از طریق فرمول می‌توانید درصد پاسخگویی خود به سؤالات را مشخص نموده و ادامه مسیر خود را مطابق دستورالعمل آمده، مشخص کنید.

$$\text{درصد پاسخگویی} = \frac{\text{تعداد سؤالات با پاسخ درست}}{\text{تعداد کل سؤالات}} \times ۱۰۰$$

شناسنامه سؤالات بسته تمرین ۱

شماره سؤال	عنوان زیرموضوع	سطح سؤال	پاسخ	سؤالات متناظر در سنجش آغازین	سؤالات متناظر در پیش‌آزمون	سؤالات متناظر در بسته تمرین ۱	سؤالات متناظر در بسته تمرین ۲
۱	حالت‌های ماده	۱	۳		۱	۱	۱ ۲
۲	نیروهای بین‌مولکولی	۱	۳		۳ ۴ ۵	۱ ۲	۱ ۲
۳	نیروهای بین‌مولکولی	۱	۲		۳ ۴ ۵	۱ ۲	۱ ۲
۴	ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو	۱	۴		۲	۳	۳
۵	فشار در جامدات	۱	۴		۶ ۷	۴	۴
۶	فشار در مایعات	۱	۴	۱ ۲	۸ ۹	۵ ۶	۵ ۶
۷	فشار در مایعات	۱	۲	۱ ۲	۸ ۹	۵ ۶	۵ ۶
۸	فشار در مایعات	۱	۳	۱ ۲	۱۰	۷	۷
۹	فشار در مایعات	۱	۱	۱ ۲	۱۰	۷	۷
۱۰	فشار در مایعات	۱	۳	۱ ۲	۱۱ ۱۲	۸	۸
۱۱	تعادل مایعات مخلوط نشدنی	۱	۴		۱۳	۹ ۱۰	۹ ۱۰
۱۲	تعادل مایعات مخلوط نشدنی	۱	۱		۱۳	۹ ۱۰	۹ ۱۰
۱۳	تعادل مایعات مخلوط نشدنی	۱	۲		۱۳	۹ ۱۰	۹ ۱۰
۱۴	فشار هوا و آزمایش توریچلی	۱	۲	۳ ۴ ۵	۱۴	۱۱	۱۱
۱۵	فشار گاز درون مخزن	۱	۲		۱۵	۱۲	۱۲
۱۶	اصل پاسکال	۱	۲	۲	۱۶	۱۳	۱۳
۱۷	اصل پاسکال	۱	۴	۲	۱۶	۱۳	۱۳
۱۸	شناوری و اصل ارشمیدس	۱	۳		۱۷	۱۴	۱۴
۱۹	اصل برنولی و معادلهٔ پیوستگی	۱	۲		۱۸	۱۵	۱۵
۲۰	اصل برنولی و معادلهٔ پیوستگی	۱	۱		۱۹	۱۵	۱۵

پاسخ‌نامه

۱ گزینهٔ «۳» در فواصل خیلی کم نیروهای بین مولکولی رانشی هستند. نیروهای رانشی مانع از آن می‌شوند تا مولکول‌ها بیش از حد معینی به هم نزدیک شده و متراکم شوند. از این رو مایعات تراکم‌ناپذیرند.

۲ گزینهٔ «۳» میزان بالا یا پایین رفتن مایع در لوله‌های موئین به مقدار فرو بردن لوله در مایع داخل ظرف بستگی ندارد.

۳ گزینهٔ «۲» وزن مقدار آب بالا رفته برابر نیروی دگرچسبی مولکول‌های آب و شیشه است.

می‌دانیم $m=\rho V$ و $V=Ah$ است. بنابراین:

$$F_{\text{چسبندگی سطحی}}=W=mg=\rho Vg=\rho Ahg$$

$$F=۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}\times۴\times۱۰^{-۷}m^۲\times۰/۴m\times۱۰\frac{m}{s^۲}=۱/۶\times۱۰^{-۳}N$$

۴ گزینهٔ «۴»

۵ گزینهٔ «۴»

$$A_B=\pi r_B^۲=\pi(۲r_A)^۲=۴\underbrace{\pi r_A^۲}_{A_A}=۴A_A$$

$$P=\frac{W}{A}\Rightarrow\frac{P_A}{P_B}=\frac{\frac{W_A}{A_A}}{\frac{W_B}{A_B}}=\frac{W_A A_B}{W_B A_A}=\frac{۴A_A}{A_A}=۴$$

۶ گزینهٔ «۴» باید ارتفاع مایع را به‌دست آوریم. چون فشار را برحسب یکای SI (پاسکال) می‌خواهد، از این رو واحدها باید برحسب SI باشند.

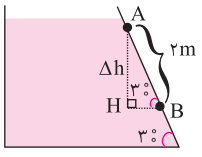
$$V=Ah\Rightarrow h=\frac{V}{A}=\frac{V}{\pi r^۲}$$

$$\text{قطر } D=۲cm\Rightarrow r=\frac{D}{۲}=۱cm$$

$$h=\frac{۱۵۷cm^۳}{۳/۱۴\times۱^۲cm^۲}=۵۰cm=۰/۵m$$

$$P=\rho gh=۱۰^۳\times۱۰\times۰/۵=۵۰۰۰Pa$$

۷ گزینهٔ «۲» اختلاف فشار دو نقطهٔ A و B در نتیجهٔ اختلاف ارتفاع است و به فشار هوا مربوط نیست. زاویهٔ $\hat{B}$ در مثلث قائم‌الزاویه $\overset{\Delta}{AHB}$، طبق قضیه خطوط موازی و مورب ۳۰° است. از طرفی در این مثلث می‌توان نوشت:



$$\sin۳۰^\circ=\frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}}=\frac{\Delta h}{۲}\Rightarrow\frac{۱}{۲}=\frac{\Delta h}{۲}\Rightarrow\Delta h=۱m$$

$$\Delta P=\rho g\Delta h=۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}\times۱۰\frac{N}{kg}\times۱m=۱۰^۴Pa=۱۰kPa$$

۸ گزینهٔ «۳» نیروی وارد بر کف ظرف از طرف مایع از رابطهٔ روبه‌رو به‌دست می‌آید: $F=PA=\rho ghA$

برای آن‌که نیرو برحسب نیوتون به‌دست آید، کمیت‌ها را باید برحسب یکای SI بنویسیم.

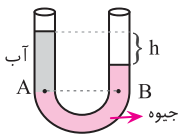
$$A=۱۰۰cm^۲\times\frac{۱m^۲}{(۱۰۰cm)^۲}=۱۰^{-۲}m^۲$$

$$F=۸۰۰\frac{\cancel{kg}}{\cancel{m^۳}}\times۱۰\frac{N}{\cancel{kg}}\times۰/۳\cancel{m}\times۱۰^{-۲}\cancel{m^۲}=۲۴N$$

۹ گزینهٔ «۱» چون مایع در حال تعادل است، پس نیروی وزن مایع باید خنثی شود. از این رو کل نیروی وارد شده از سوی دیواره‌های ظرف بر مایع باید در راستای قائم و به طرف بالا باشد.

۱۰ گزینهٔ «۳» از آن‌جایی که ارتفاع آب در هر دو ظرف یکسان است، طبق رابطهٔ فشار $P=\rho gh$ مشخص می‌شود که $P_۱=P_۲$. از طرفی چون حجم آب هر دو ظرف یکسان است، طبق $m=\rho V$ متوجه می‌شویم جرم آب هر دو ظرف نیز یکسان است. نیروی وارد بر سطح افق همان وزن مایع است. بنابراین طبق برابری جرم‌ها $F_۱=F_۲$ است.

۱۱ گزینهٔ «۴» فشار نقاط هم‌تراز یکسان است.



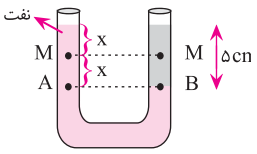
$$P_A = P_B$$

$$\rho_A g h_A = \rho_B g h_B \Rightarrow ۱ \times ۳۴ = ۱۳/۶ \times (۳۴ - h) \Rightarrow h = ۳۱/۵\,cm$$

۱۲ گزینهٔ «۱» اختلاف ارتفاع نقاط A' و B' و اختلاف ارتفاع نقاط A و B یکسان است. از این رو می‌توان نوشت:

$$\left.\begin{array}{l} \text{درون آب}: P_{A'} - P_{B'} = \rho_۱ g \Delta h_۱ \\ \text{درون نفت}: P_A - P_B = \rho_۲ g \Delta h_۲ \end{array}\right\} \xrightarrow[\Delta h_۱ = \Delta h_۲]{\rho_۱ > \rho_۲} P_A - P_B < P_{A'} - P_{B'} \Rightarrow P_A - P_{A'} < P_B - P_{B'} \Rightarrow \Delta P_۱ < \Delta P_۲$$

۱۳ گزینهٔ «۲» وقتی روی شاخه سمت راست ۵cm نفت می‌ریزیم، آب به اندازهٔ x پایین می‌رود و به همان اندازهٔ (x) در شاخه سمت چپ بالا می‌رود. از این رو اختلاف ارتفاع آب در دو شاخه ۲x خواهد شد.

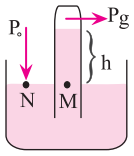


$$P_A = P_B$$

$$\rho_{آب} g h_{آب} + \cancel{P_۰} = \cancel{P_۰} + \rho_{نفت} g h_{نفت}$$

$$\rho_{نفت} h_{نفت} = \rho_{آب} h_{آب} \Rightarrow ۰/۸ \times ۵ = ۱ \times ۲x \Rightarrow x = ۲\,cm$$

۱۴ گزینهٔ «۲» فشار ستون h از آب ($P_۱$) را باید برحسب cmHg به‌دست آوریم، داریم:



$$P_۱(\text{برحسب cmHg}) = \frac{\rho_{آب}}{\rho_{جیوه}} \times h_{آب}(cm)$$

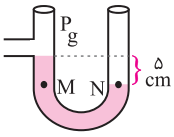
$$P_۱ = \frac{۱}{۱۳/۶} \times ۳۴ = ۲/۵\,cmHg$$

فشار نقاط هم تراز M و N یکسان است. فشار گاز درون لوله را P_g در نظر می‌گیریم.

$$P_M = P_N$$

$$P_۱ + P_g = P_۰ \Rightarrow ۲/۵ + ۷۲ = P_۰ \Rightarrow P_۰ = ۷۴/۵\,cmHg$$

۱۵ گزینهٔ «۲» ابتدا باید فشار گاز P_g را برحسب cmHg به‌دست آوریم.



$$P_g = ۹۵/۲\,kPa = ۹۵/۲ \times ۱۰^۳\,Pa$$

$$P_g = \frac{۹۵۲۰۰}{۱۳۶۰} = ۷۰\,cmHg \xrightarrow{\text{برابری فشار در نقاط هم تراز}} P_M = P_N \Rightarrow P_g + P_{جیوه} = P_۰ \Rightarrow P_۰ = ۷۰ + ۵ = ۷۵\,cmHg$$

۱۶ گزینهٔ «۲» حداکثر نیرویی که ظرف می‌تواند تحمل کند، عبارت است از:

$$F = PA = \rho g h A$$

که از روی آن می‌توان حداکثر ارتفاع جیوه را به‌دست آورد.

$$۱۳۵ = ۱۳۵۰۰ \times ۱۰ \times h \times ۲۰ \times ۱۰^{-۴} \Rightarrow h = ۰/۵\,m = ۵۰\,cm$$

چون ارتفاع اولیه ۴۰cm است، بنابراین حداکثر می‌توان $۵۰ - ۴۰ = ۱۰\,cm$ جیوه به ظرف اضافه کرد تا ظرف نشکند.

۱۷ گزینهٔ «۴» چون سطح مایع زیر ستون‌ها هم تراز است و مایع در حال تعادل است و با توجه به این‌که نقاط هم تراز، هم فشارند، می‌توان گفت فشار در دو نقطهٔ گفته شده با هم برابر بوده و نسبت آن‌ها یک است.

۱۸ **گزینهٔ «۳»** حجم، چگالی و جرم کیسه را به ترتیب V، ρ و m در نظر بگیرید. به کیسهٔ درون شاره (هوا) نیروی بالاسو وارد می‌شود.

در حالت اوّل عددی که نیروسنج نشان می‌دهد P است.

مقدار هوای جابه‌جا شده برابرحجم کسر است.

$$P = mg - F_{هوا} = \rho Vg - \rho_{هوا} Vg \quad \boxed{۱}$$

در حالت دوم حجم هوای داخل کیسه V' است. داریم:

$$x = mg + m'g - F'_{هوا}$$

که در آن $F'_{هوا}$ نیروی بالاسوی وارد از هوا به کیسهٔ پر از هوا و m' جرم هوای داخل کیسه است.

$$x = \rho Vg + \rho_{هوا} V'g - \rho_{هوا}(V+V')g = \rho Vg - \rho_{هوا} Vg \quad \boxed{۲}$$

پس نیروسنج همان P را نشان می‌دهد.

$$\boxed{۱}, \boxed{۲} \Rightarrow x = P$$

۱۹ **گزینهٔ «۲»** هنگامی که در زیر کاغذ فوت می‌کنیم، جریان هوا در زیر کاغذ (تندی حرکت مولکول‌های هوا) زیاد می‌شود. از این رو فشار کاهش می‌یابد. در این حالت فشار بالای کاغذ از فشار زیر آن بیشتر بوده و کاغذ به سمت پایین کشیده می‌شود.

۲۰ **گزینهٔ «۱»** طبق معادلهٔ پیوستگی برای شاره تراکم‌ناپذیر داریم:

$$A_۱v_۱ = A_۲v_۲ \Rightarrow \pi r_۱^۲ \times v_۱ = \pi r_۲^۲ \times v_۲ \Rightarrow \frac{v_۲}{v_۱} = \frac{r_۱^۲}{r_۲^۲} = (\frac{r_۱}{r_۲})^۲$$

$$r_۲ = ۰/۲۵ r_۱ \Rightarrow r_۲ = \frac{r_۱}{۴} \Rightarrow \frac{v_۲}{v_۱} = (\frac{r_۱}{\frac{r_۱}{۴}})^۲ = ۱۶$$

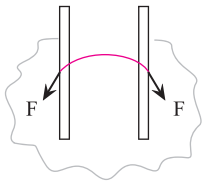
توجه: حالا با توجه به درصد پاسخگویی خود در بسته تمرین ۱، از روی یکی از نردبان‌های «نقشه راه دانش‌آموز» انتهای کتاب حرکت کرده تا خود را به خانه جدید برسانید و بعد از آن مطابق دستورالعمل آورده‌شده در آن خانه عمل کنید. توجه کنید که در صورت ورود به بسته تمرین ۲ باز هم باید مطابق دستورالعمل‌های این نقشه عمل کنید. توجه شود که سؤالات متناظر با هر سؤال در هر بسته تمرین در جدولی که در ابتدای پاسخنامه هر بسته تمرین آمده‌است، مشخص شده‌است.

بسته تمرین ۲

۱. عامل نگهدارندهٔ سوزن فولادی کوچک روی آب، نیروی ..... و ماهیت آن نیرو ..... است. (سراسری ریاضی - ۷۹)

۱) کشش سطحی – گرانشی ۲) اصطکاک – الکتریکی ۳) کشش سطحی – الکتریکی ۴) اصطکاک – گرانشی

۲. شکل زیر، می‌تواند نشان‌دهندهٔ لولهٔ شیشه‌ای درون ..... باشد که در آن نیروی هم‌چسبی ..... از نیروی دگرچسبی است. (سراسری خارج از کشور ریاضی - ۹۲)



۱) جیوه – کم‌تر ۲) آب – کم‌تر

۳) جیوه – بیشتر ۴) آب – بیشتر

۳. چند مورد از موارد زیر صحیح نیست؟

- اکسید آلومینیم در مقیاس نانو رسانای بسیار خوبی است.
- نقطه ذوب یک ویژگی ذاتی نانو ماده است که هرگز (در شرایط ایده‌آل) تغییر نمی‌کند.
- رسانندگی الکتریکی مواد در مقیاس نانو می‌تواند تغییر کند.
- اکسید آلومینیم در مقیاس میکرو، عایق خوبی است.

۱) هیچکدام ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

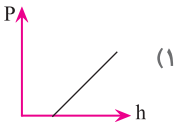
۴. مکعبی چوبی به ضلع $20\,cm$ روی کف اتاق قرار دارد. هنگامی که شخصی به وزن $800\,N$ روی مکعب می‌ایستد، فشاری که از طرف شخص بر کف اتاق وارد می‌شود. چند کیلو پاسکال است؟ (سراسری ریاضی - ۸۶)

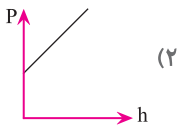
۱) ۲۰ ۲) ۴۰ ۳) ۲۰۰۰ ۴) ۴۰۰۰

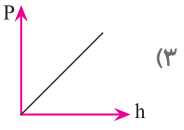
۵. در ظرفی که قاعده آن به شکل مستطیل و به ابعاد $12\,cm \times 10\,cm$ است، تا ارتفاع ۸ سانتی‌متر آب ریخته‌ایم. فشار آب وارد بر کف ظرف چند نیوتون بر مترمربع است؟ ($g = 10 \frac{m}{s^2}$ و چگالی آب $1 \frac{g}{cm^3}$ است.) (سراسری تجربی - ۶۵)

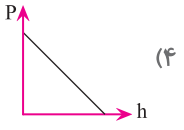
۱) ۸۰ ۲) ۹۶ ۳) ۸۰۰ ۴) ۹۶۰

۶. نمودار فشار کل وارد بر ته ظرف پر از مایع کدام است؟ (آزاد ریاضی - ۶۴)

۱) 

۲) 

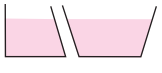
۳) 

۴) 

۷. یک لولهٔ استوانه‌ای قائم تا ارتفاع $10\,cm$ از جیوه پر شده است. اگر قطر داخلی لوله $2\,cm$ باشد، نیرویی که از طرف جیوه بر ته لوله وارد می‌شود، تقریباً چند نیوتون است؟ ($\rho = 13/6 \frac{g}{cm^3}$ و $g = 10 \frac{m}{s^2}$ و $\pi = 3$) (سراسری خارج از کشور ریاضی - ۸۸)

۱) ۴ ۲) ۸ ۳) ۱۶ ۴) ۲۴

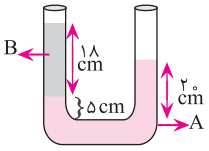
۸. شکل زیر، دو ظرف با سطح قاعدهٔ یکسان را که تا یک ارتفاع در آن‌ها آب ریخته شده است، نشان می‌دهد. لذا می‌توان گفت: وزن مایع ظرف اوّل ..... نیرویی است که مایع به قاعده وارد می‌کند و وزن مایع ظرف دوم ..... نیرویی است که مایع به قاعده وارد می‌کند. (سراسری تجربی - ۷۵)



۱) کم‌تر از – بیشتر از ۲) کم‌تر از – کم‌تر از

۳) بیشتر از – کم‌تر از ۴) مساوی – مساوی

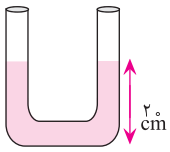
۹. در شکل زیر، دو مایع مخلوط نشدنی A و B به حالت تعادل قرار دارند. چگالی مایع B چند برابر چگالی A است؟



(سراسری خارج از کشور ریاضی - ۸۶)

۱) $\frac{۵}{۶}$ ۲) $\frac{۶}{۵}$ ۳) $\frac{۹}{۱۰}$ ۴) $\frac{۱۰}{۹}$

۱۰. در شکل زیر، ارتفاع آب در هر شاخهٔ لوله برابر ۲۰cm است. درون یکی از شاخه‌ها به آرامی روغن می‌ریزیم تا طول ستون روغن به ۲۵cm برسد. در حالت تعادل، ارتفاع آب در شاخهٔ مقابل چند سانتی‌متر است؟ (چگالی آب و روغن به ترتیب $۱\frac{g}{cm^۳}$ و $۰/۶\frac{g}{cm^۳}$ است و قطر لوله در همه جا یکسان است.)



(سراسری خارج از کشور تجربی - ۹۰)

۱) ۲۵ ۲) ۲۷/۵ ۳) ۳۵ ۴) ۳۷/۵

۱۱. ارتفاع جیوه درون لولهٔ هواسنج ۷۶cmHg است. لوله را کج می‌کنیم تا ارتفاع قائم جیوه به ۶۵cmHg برسد. فشار وارد بر ته بستهٔ لوله تقریباً چند نیوتون بر مترمربع است؟ ($\rho_{جیوه} = ۱۳۶۰۰\frac{kg}{m^۳}$)

(سراسری تجربی - ۶۹)

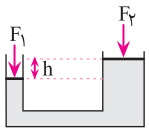
۱) ۱۰۰ ۲) ۱۵×۱۰^۵ ۳) ۱۱×۱۰^۴ ۴) ۱۵×۱۰^۳

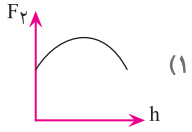
۱۲. در شکل زیر، فشار در سطح مایع $P_۱$ و در کف ظرف برابر $P_۲$ است با پایین آوردن پیستون، فشار در سطح مایع را دو برابر می‌کنیم. فشار در کف ظرف در این حالت $P'_۲$ می‌شود. کدام رابطهٔ زیر درست است؟

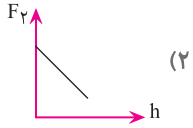
(سراسری تجربی - ۸۰)

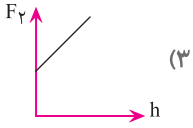
۱) $P'_۲ = ۲P_۲$ ۲) $P'_۲ = P_۲$ ۳) $۲P_۲ < P'_۲ < ۳P_۲$ ۴) $P_۲ < P'_۲ < ۲P_۲$

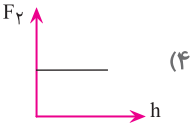
۱۳. شکل زیر طرح واره‌ای از یک جک روغنی است. بر پیستون طرف چپ نیروی ثابت $F_۱$ وارد می‌شود. فاصلهٔ دو پیستون، h است. نمودار $F_۲$ برحسب h، برای تعادل جک کدام است؟ (وزن پیستون‌ها در مقایسه با سایر نیروها ناچیز است.)



۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۱۴. یک تکه چوب روی سطح آب درون یک ظرف شناور است. درب ظرف را می‌بندیم و فشار هوای درون ظرف را زیاد می‌کنیم. کدام گزینه درست است؟ (از چگالی هوا صرف‌نظر شود.)

۱) چوب نه بالا و نه پایین می‌رود. ۲) چوب بالاتر می‌رود. ۳) چوب پایین‌تر می‌رود. ۴) نمی‌توان نظر داد.

۱۵. در یک لولهٔ مشخص، قطر لوله از ۲ به ۰/۵ سانتی‌متر کاهش می‌یابد. اگر سرعت مایع در قسمت بزرگ‌تر لوله $۵۰\frac{cm}{s}$ باشد، سرعت آن در قسمت تنگ آن چند $\frac{cm}{s}$ است؟ (مایع را تراکم‌ناپذیر فرض کنید.)

۱) ۴۰۰ ۲) ۲۰۰ ۳) ۸۰۰ ۴) ۶۰۰

۱.	۱ ۲ ۳ ۴	۴.	۱ ۲ ۳ ۴	۷.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۰.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۳.	۱ ۲ ۳ ۴						
۲.	۱ ۲ ۳ ۴	۵.	۱ ۲ ۳ ۴	۸.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۱.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۴.	۱ ۲ ۳ ۴						
۳.	۱ ۲ ۳ ۴	۶.	۱ ۲ ۳ ۴	۹.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۲.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۵.	۱ ۲ ۳ ۴						

شناسنامه سؤالات بسته تمرین ۲

شماره سؤال	عنوان زیرموضوع	سطح سؤال	پاسخ	سؤالات متناظر در سنجش آغازین	سؤالات متناظر در پیش آزمون	سؤالات متناظر در بسته تمرین ۳
۱	حالت‌های ماده - نیروهای بین‌مولکولی	۱	۳		۱ ۳ ۴	۱ ۲
۲	نیروهای بین‌مولکولی	۱	۳		۳ ۴ ۵	۱ ۲
۳	ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو	۱	۲		۲	۳
۴	فشار در جامدات	۱	۱		۶ ۷	۴
۵	فشار در مایعات	۱	۳	۱ ۲	۸ ۹	۵ ۶
۶	فشار در مایعات	۱	۲	۱ ۲	۸ ۹	۵ ۶
۷	فشار در مایعات	۱	۱	۱ ۲	۱۰	۷
۸	فشار در مایعات	۱	۱	۱ ۲	۱۱ ۱۲	۸
۹	تعادل مایعات مخلوط نشدنی	۱	۱		۱۳	۹ ۱۰
۱۰	تعادل مایعات مخلوط نشدنی	۱	۲		۱۳	۹ ۱۰
۱۱	فشار هوا و آزمایش توریچلی	۱	۴	۳ ۴ ۵	۱۴	۱۱
۱۲	فشار گاز درون مخزن	۱	۴		۱۵	۱۲
۱۳	اصل پاسکال	۱	۲	۲	۱۶	۱۳
۱۴	شناوری و اصل ارشمیدس	۱	۱		۱۷	۱۴
۱۵	اصل برنولی و معادلهٔ پیوستگی	۱	۳		۱۸ ۱۹	۱۵

پاسخ‌نامه

۱ گزینهٔ «۳» نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌ها در سطح مایع نوعی پیوستگی روی سطح ایجاد می‌کند که به آن کشش سطحی می‌گویند. نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع ماهیت الکتریکی دارد که به دلیل بار الکتریکی مولکول‌ها به وجود می‌آید.

۲ گزینهٔ «۳» نیروی هم‌چسبی مولکول‌های جیوه از نیروی دگرچسبی مولکول‌های جیوه و شیشه بیشتر است، بنابراین برآمدگی جیوه در لولهٔ موئین کوژ بوده و جیوه در لولهٔ موئین پایین‌تر از سطح قرار خواهد گرفت.

۳ گزینهٔ «۲» ویژگی‌های فیزیکی مواد از جمله نقطهٔ ذوب می‌توانند در مقیاس نانو تغییر کنند.

۴ گزینهٔ «۱» فشاری که شخص به سطح افقی وارد می‌کند، ناشی از وزن او است.

$$A = ۴۰۰\,cm^۲ \times (\frac{۱\,m}{۱۰۰\,cm})^۲ = ۴۰۰ \times ۱۰^{-۴} = ۰/۰۴\,m$$

$$P = \frac{W}{A} = \frac{۸۰۰}{۰/۰۴} = ۲۰۰۰۰\,Pa = ۲۰\,kPa$$

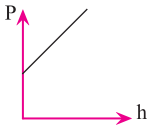
توجه داریم که سؤال تنها فشار وارد شده از سوی شخص را می‌خواهد.

۵ **گزینهٔ «۳»** چون سؤال فشار را برحسب یکای SI می‌خواهد، واحدها باید برحسب یکای SI باشند.

$$\rho = ۱\frac{g}{cm^۳} = ۱۰^۳\frac{kg}{m^۳} \quad و \quad h = ۸cm = ۸\times ۱۰^{-۲}m$$

$$P = \rho gh = ۱۰^۳\frac{kg}{m^۳}\times ۱۰\frac{m}{s^۲}\times ۸\times ۱۰^{-۲}m = ۸۰۰\frac{N}{m^۲}$$

۶ **گزینهٔ «۲»** می‌دانیم فشار وارد بر کف ظرف پر از آب از رابطهٔ $P = P_۰ + \rho gh$ به‌دست می‌آید. اگر دقت کنیم این رابطه مشابه معادلهٔ خط $y = ax + b$ است. اگر در رابطهٔ $P = P_۰ + \rho gh$ فشار را برحسب h رسم کنیم، ρg همان a (شیب) و $P_۰$ همان b (عرض از مبدأ) است.



۷ **گزینهٔ «۱»** نیروی وارد بر ته لولهٔ ناشی از مایع عبارت است از:

$$F = PA = \rho ghA$$

برای به‌دست آوردن نیرو برحسب نیوتون، یکاها باید برحسب یکاهای SI نوشته شوند.

$$D = ۲cm \rightarrow r = \frac{D}{۲} = ۱cm = ۱۰^{-۲}m \Rightarrow A = \pi r^۲ = ۳\times ۱۰^{-۴}m^۲$$

$$\rho = ۱۳/۶\frac{g}{cm^۳} = ۱۳۶۰۰\frac{kg}{m^۳}$$

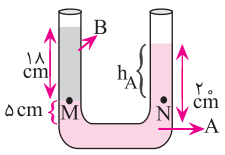
$$F = ۱۳۶۰۰\frac{kg}{m^۳}\times ۱۰\frac{m}{s^۲}\times ۰/۱m\times ۳\times ۱۰^{-۴}m^۲ \simeq ۱/۳۶\times ۳ \simeq ۴N$$

۸ **گزینهٔ «۱»** اگر سطح مقطع دهانهٔ ظرف، A' و سطح مقطع کف ظرف، A باشد، داریم:

$$A < A' \Rightarrow F_{\text{کف ظرف}} < W_{\text{وزن مایع}}$$

$$A > A' \Rightarrow F_{\text{کف ظرف}} > W_{\text{وزن مایع}}$$

۹ **گزینهٔ «۱»** فشار نقاط هم تراز M و N یکسان است.

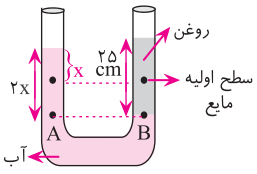


$$h_A = ۲۰ - ۵ = ۱۵cm$$

$$P_M = P_N \Rightarrow \rho_B g h_B = \rho_A g h_A$$

$$\rho_B \times ۱۸ = \rho_A \times ۱۵ \Rightarrow \frac{\rho_B}{\rho_A} = \frac{۱۵}{۱۸} = \frac{۵}{۶}$$

۱۰ **گزینهٔ «۲»** فرض کنید در شاخهٔ سمت راست روغن بریزیم. در این حالت شاخهٔ سمت راست به اندازهٔ x پایین می‌رود. از سوی دیگر آب در شاخه سمت چپ نیز به اندازه x بالا خواهد رفت. بنابراین در کل اختلاف ارتفاع آب در دو شاخه $۲x$ خواهد بود.



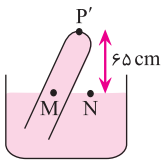
$$P_A = P_B$$

$$\rho_A g h_A = \rho_B g h_B \Rightarrow \rho_A \times ۲x = \rho_B \times ۲۵$$

$$۱\times ۲x = ۰/۶\times ۲۵ \Rightarrow x = ۷/۵cm$$

بنابراین ارتفاع آب در لولهٔ سمت چپ $۲۰ + ۷/۵ = ۲۷/۵cm$ خواهد شد.

۱۱ **گزینهٔ «۴»** فشار نقاط هم تراز یکسان است. فشار نقطهٔ M، نتیجهٔ ستون ۶۵ سانتی‌متر جیوه بالای آن و فشار ته لوله است.



$$P_M = P_N = P_۰$$

$$۶۵ + P' = P_۰ \Rightarrow ۶۵ + P' = ۷۶ \Rightarrow P' = ۱۱cmHg$$

$$P'(Pa) = ۱۱\times ۱۳۶۰ \simeq ۱۵\times ۱۰^۳Pa$$

۱۲ گزینهٔ «۴» فشار کف ظرف ناشی از فشار ستون مایع و فشار سطح مایع است. اگر h ارتفاع ستون مایع باشد:

$$\left.\begin{matrix} P_۲ = P_۱ + \rho gh \\ P_۲' = ۲P_۱ + \rho gh \end{matrix}\right\} \Rightarrow P_۲' = P_۲ \quad \boxed{۱}$$

$$P_۲ = P_۱ + \rho gh \Rightarrow ۲P_۲ = ۲P_۱ + ۲\rho gh \Rightarrow ۲P_۲ > P_۲' \quad \boxed{۲}$$

$$\boxed{۱}, \boxed{۲} \Rightarrow ۲P_۲ > P_۲' > P_۲$$

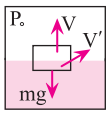
۱۳ گزینهٔ «۲» دو نقطه هم‌تراز فشار یکسانی دارند، بنابراین برای دو نقطهٔ هم‌تراز و هم سطح با سطح زیر پیستون کوچک‌تر داریم:

$$\frac{F_۲}{A_۲} + \rho gh = \frac{F_۱}{A_۱} \Rightarrow \frac{F_۲}{A_۲} = \frac{F_۱}{A_۱} - \rho gh \Rightarrow F_۲ = \frac{A_۲}{A_۱}F_۱ - A_۲\rho gh$$

در نتیجه نمودار $F_۲$ برحسب h به صورت خط و با شیب منفی است.

۱۴ گزینهٔ «۱» از تعادل چوب داریم: $mg = \rho_{آب} V' g$

می‌دانیم با افزایش فشار، افزایش چگالی آب ناچیز است. از این رو $\rho_{آب}$ و در نتیجه کمیت $\rho_{آب} V' g$ ثابت است. بنابراین شرط شناوری فوق تغییر نمی‌کند و چوب نه بالا می‌رود و نه پایین.



۱۵ گزینهٔ «۳»

$$A = \pi r^۲ = \pi(\frac{d}{۲})^۲ = \frac{\pi d^۲}{۴}$$

$$A_۱ = \frac{\pi \times (۲)^۲}{۴} = \pi \ , \ v_۱ = ۵۰ \frac{cm}{s}$$

$$A_۲ = \frac{\pi \times (۰/۵)^۲}{۴} = \frac{۲۵ \times ۱۰^{-۲}\pi}{۴} \ , \ v_۲ = ?$$

طبق معادلهٔ پیوستگی داریم:

$$A_۱v_۱ = A_۲v_۲ \Rightarrow ۵۰\pi = \frac{۲۵ \times ۱۰^{-۲}\pi}{۴} \times v_۲ \Rightarrow v_۲ = ۸۰۰ \frac{cm}{s}$$

بسته تمرین ۳

۱. یک قطره از مایع A را روی ظرف مسطح B می‌ریزیم. اگر نیروی دگرچسبی بین A و B بیشتر از نیروی هم‌چسبی مولکول‌های A باشد، مایع A ..... . (سراسری خارج از کشور ریاضی - ۸۶)

۱) ظرف B را تر نمی‌کند.
۲) دیگر از ظرف B جدا نمی‌شود.
۳) به صورت گلوله در ظرف B باقی می‌ماند.
۴) به صورت لایه‌ای نازک در ظرف B پخش می‌شود.

۲. لولهٔ موئین به طول ۸۰ سانتی‌متر را که دو سر آن باز است به طور قائم داخل ظرف آبی قرار می‌دهیم. به طوری که ۸ سانتی‌متر آن داخل آب قرار می‌گیرد. در داخل لوله، آب ۱۲ سانتی‌متر نسبت به سطح آزاد آب درون ظرف بالا می‌آید. اگر طول لوله ۸۲ سانتی‌متر باشد و ۱۰ سانتی‌متر از آن را داخل آب فرو کنیم، ارتفاع آب بالا آمده در لوله نسبت به سطح آزاد آب چند سانتی‌متر است؟ (سراسری ریاضی - ۷۹)

۱) ۱۲ ۲) ۱۴ ۳) ۱۳ ۴) ۱۰

۳. چند مورد از عبارت‌های زیر دربارهٔ نانو ساختارها صحیح است؟

- اگر ۱۰ اتم کربن را کنار هم بچینیم، به یک نانو ساختار رسیده‌ایم.
- اگر حداکثر یکی از ابعاد ماده در مقیاس نانو باشد، به آن ماده نانو ساختار می‌گوییم.
- وقتی یکی از ابعاد ماده به مقیاس نانو تبدیل شود، در حقیقت یک نانو لایه داریم.
- نانو ذرات، نانو ساختارهایی شامل ۱۰ تا ۱۰۰ اتم هستند.

۱) هیچکدام ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۳

۴. دو استوانه هم‌جنس توپر از طرف قاعده روی سطح افقی قرار دارند. اگر سطح اتکا و ارتفاع یکی از آن‌ها به ترتیب دو برابر سطح اتکا و ارتفاع دیگری باشد، فشار وارد از طرف استوانهٔ بزرگ‌تر روی زمین چند برابر فشار وارد از طرف استوانهٔ کوچک‌تر روی زمین است؟ (سراسری ریاضی - ۶۴)

۱) $\frac{1}{2}$ ۲) ۱ ۳) ۲ ۴) ۴

۵. اگر عمق آب استخری $4\,m$ باشد، اختلاف فشار بین کف استخر و سطح آب چند پاسکال است؟ (چگالی آب $10^3\,\frac{kg}{m^3}$ و $g = 10\,\frac{N}{kg}$) (سراسری ریاضی - ۸۲)

۱) 4×10^4 ۲) 4×10^5 ۳) $1/4\times10^4$ ۴) $1/4\times10^5$

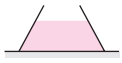
۶. در دو ظرف استوانه‌ای شکل که سطح قاعدهٔ یکی A و سطح قاعدهٔ دیگری $\frac{3}{2}A$ است، به مقدار مساوی آب می‌ریزیم. اگر فشار کلی که از طرف هوا و آب به کف ظرف اوّل وارد می‌شود، P_1 و فشار کل وارد بر کف ظرف دوم P_2 باشد، کدام رابطه صحیح است؟ (آزاد ریاضی - ۷۳)

۱) $\frac{3}{2}P_1 > P_2 > P_1$ ۲) $P_1 = \frac{3}{2}P_2$ ۳) $\frac{3}{2}P_2 > P_1 > P_2$ ۴) $P_2 = \frac{3}{2}P_1$

۷. درون یک ظرف مکعب مستطیل که مقطع آن مربعی به ضلع $20\,cm$ است، تا ارتفاع $40\,cm$ آب می‌ریزیم. نیروی وارد بر بدنهٔ ظرف از طرف آب چند نیوتون است؟ ($g = 10\,\frac{m}{s^2}$ و $\rho_{آب} = 1\,\frac{g}{cm^3}$) (سراسری تجربی - ۶۹)

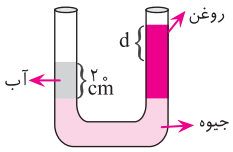
۱) ۱۶۰ ۲) ۳۲۰ ۳) ۱۶۰۰۰ ۴) ۳۲۰۰۰

۸. ظرفی مطابق شکل زیر، محتوی مایعی به وزن W است. اگر نیرویی که مایع به کف ظرف وارد می‌کند، F_1 و نیرویی که ته ظرف به سطح افقی وارد می‌کند، F_2 و وزن ظرف ناچیز باشد، کدام‌یک از روابط زیر صحیح است؟ (سراسری ریاضی - ۶۸)



۱) $F_1 = W < F_2$
۲) $F_1 > W \simeq F_2$
۳) $F_1 = W = F_2$
۴) $F_1 < W \simeq F_2$

۹. در شکل زیر، ارتفاع جیوه در دو طرف لوله یکسان است. اگر چگالی آب $1\frac{g}{cm^3}$ و چگالی روغن $0/8\frac{g}{cm^3}$ باشد، اختلاف ارتفاع آب و روغن (d) چند سانتی‌متر است؟ (سراسری خارج از کشور تجربی - ۸۷)

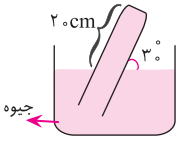


۱) ۲
۲) ۳
۳) ۴
۴) ۵

۱۰. در یک لولهٔ U شکل، تا ارتفاع معینی جیوه وجود دارد. اگر در یکی از شاخه‌ها روی جیوه آب بریزیم تا ارتفاع ستون آب به ۲۱/۶cm برسد، سطح جیوه در شاخهٔ مقابل نسبت به وضعیت اولیه، چند سانتی‌متر بالا می‌رود؟ (چگالی آب و جیوه به ترتیب $1\frac{g}{cm^3}$ و $13/5\frac{g}{cm^3}$ است و قطر لوله در همه جا یکسان است.) (سراسری خارج از کشور تجربی - ۸۹)

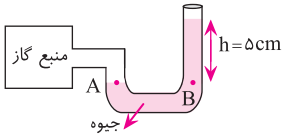
۱) ۰/۸
۲) ۱/۶
۳) ۰/۴
۴) ۳/۲

۱۱. با توجه به شکل زیر، نیروی وارد بر انتهای لولهٔ آزمایش چند نیوتون است؟ (مقطع انتهای لوله $5cm^2$ و فشار هوا $75cmHg$ است.)



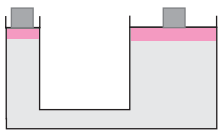
۱) ۴۴/۲
۲) ۴۴/۴
۳) ۴۴/۶
۴) ۴۴/۸

۱۲. در شکل زیر، فشار پیمانه‌ای گاز چند پاسکال است؟ (چگالی جیوه $13/6\frac{g}{cm^3}$ و $g = 10\frac{m}{s^2}$) (سراسری ریاضی - ۹۱)



۱) ۵
۲) ۸۱
۳) ۶۸۰۰
۴) ۱۰۶۸۰۰

۱۳. در شکل زیر، اگر پیستون کوچک ۲۰cm جابه‌جا شود، پیستون بزرگ ۴mm جابه‌جا می‌شود. اگر وزن پیستون کوچک و وزنهٔ روی آن ۲N باشد، برای برقراری تعادل، وزن پیستون بزرگ و وزنهٔ آن چند نیوتون است؟ (آزاد پزشکی - ۷۷)

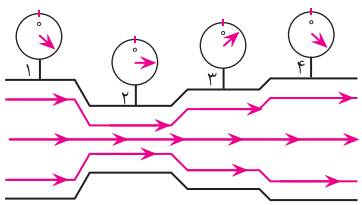


۱) ۵۰۰
۲) ۱۲۵۰
۳) ۲۰۰
۴) ۱۰۰

۱۴. چه کسری از حجم کل یک کوه یخی از آب بیرون می‌ماند؟ (چگالی یخ $0/92\frac{g}{cm^3}$ و چگالی آب $1/03\frac{g}{cm^3}$)

۱) ۰/۸۹
۲) ۰/۱۱
۳) ۰/۸۰
۴) ۰/۲۰

۱۵. در کدام‌یک از گزینه‌های زیر فشارسنج به طور کیفی فشار شاره را درست نشان نمی‌دهد؟



۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

۱.	۱	۲	۳	۴	۴.	۱	۲	۳	۴	۷.	۱	۲	۳	۴	۱۰.	۱	۲	۳	۴	۱۳.	۱	۲	۳	۴
۲.	۱	۲	۳	۴	۵.	۱	۲	۳	۴	۸.	۱	۲	۳	۴	۱۱.	۱	۲	۳	۴	۱۴.	۱	۲	۳	۴
۳.	۱	۲	۳	۴	۶.	۱	۲	۳	۴	۹.	۱	۲	۳	۴	۱۲.	۱	۲	۳	۴	۱۵.	۱	۲	۳	۴

شناسنامه سؤالات بسته تمرین ۳

شماره سؤال	عنوان زیرموضوع	سطح سؤال	پاسخ	سؤالات متناظر در سنجش آغازین	سؤالات متناظر در پیش‌آزمون
۱	حالت‌های ماده و نیروهای بین‌مولکولی	۴	۴		۱ ۳ ۴
۲	نیروهای بین‌مولکولی	۱	۱		۳ ۴ ۵
۳	ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو	۳	۳		۲
۴	فشار در جامدات	۳	۳		۶ ۷
۵	فشار در مایعات	۱	۱	۱ ۲	۸ ۹
۶	فشار در مایعات	۳	۳	۱ ۲	۸ ۹
۷	فشار در مایعات	۱	۱	۱ ۲	۱۰
۸	فشار در مایعات	۲	۲	۱ ۲	۱۱ ۱۲
۹	تعادل مایعات مخلوط نشدنی	۴	۴		۱۳
۱۰	تعادل مایعات مخلوط نشدنی	۱	۱		۱۳
۱۱	فشار هوا و آزمایش توریچلی	۱	۱	۳ ۴ ۵	۱۴
۱۲	فشار گاز درون مخزن	۳	۳		۱۵
۱۳	اصل پاسکال	۴	۴	۲	۱۶
۱۴	شناوری و اصل ارشمیدس	۲	۲		۱۷
۱۵	اصل برنولی و معادلهٔ پیوستگی	۳	۳		۱۸ ۱۹

پاسخ‌نامه

۱ گزینهٔ «۴» چون نیروی دگرچسبی بین A و B بیشتر از نیروی هم‌چسبی مولکول‌های A است، بنابراین مایع A تمایل دارد روی سطح B پخش شود.

۲ گزینهٔ «۱» ارتفاع مایع جابه‌جا شده در لوله موئین به طول لوله بستگی ندارد، از این رو ارتفاع آب بالا آمده در حالت دوم نیز ۱۲cm است.

۳ گزینهٔ «۳» اگر حداقل یکی از ابعاد ماده در مقیاس نانو باشد، به آن ماده نانو ساختار می‌گوییم.

نانو ذرات نانو ساختارهایی شامل ۱۰ تا ۱۰۶ اتم هستند.

۴ گزینهٔ «۳» فشار وارد شده از سوی جسم همگن جامد از رابطهٔ روبه‌رو به‌دست می‌آید: $P = \rho gh$

$$\frac{P_۲}{P_۱} = \frac{\rho_۲ g h_۲}{\rho_۱ g h_۱} \xrightarrow{\text{هم جنس}} \frac{\rho_۲ = \rho_۱}{} \quad \frac{h_۲}{h_۱} = \frac{۲h_۱}{h_۱} = ۲$$

۵ گزینهٔ «۱» اختلاف فشار کف استخر و سطح آب، برابر با فشار ناشی از آب در کف استخر است.

$$P = \rho gh = ۱۰^۳ \frac{kg}{m^۳} \times ۱۰ \frac{m}{s^۲} \times ۴\,m = ۴ \times ۱۰^۴\,Pa$$

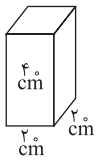
۶ گزینهٔ «۳» فشار وارد بر کف ظرف در نتیجهٔ وزن ستون مایع است، بنابراین می‌توان نوشت:

$$\left.\begin{aligned} P_۱ &= P_۰ + \frac{W}{A} \\ P_۲ &= P_۰ + \frac{W}{\frac{۳}{۲}A} = P_۰ + \frac{۲}{۳}\frac{W}{A} \end{aligned}\right\} \Rightarrow P_۱ > P_۲ \quad \boxed{۱}$$

$$\Rightarrow \boxed{۱}, \boxed{۲} \Rightarrow \frac{۳}{۲}P_۲ > P_۱ > P_۲$$

$$P_۲ = P_۰ + \frac{۲}{۳}\frac{W}{A} \xrightarrow{\times \frac{۳}{۲}} \frac{۳}{۲}P_۲ = \frac{۳}{۲}P_۰ + \frac{W}{A} \Rightarrow P_۱ < \frac{۳}{۲}P_۲ \quad \boxed{۲}$$

۷ گزینهٔ «۱» نیروی وارد بر بدنهٔ ظرف از حاصل‌ضرب میانگین فشار در مساحت بدنه به‌دست می‌آید. از آن‌جایی که مقطع مربع ذکر شده است، پس مکعب مستطیل به حالت ایستاده قرار دارد.



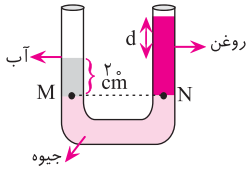
$$A = ۲۰ \times ۴۰ = ۸۰۰\,cm^۲ = ۸ \times ۱۰^{-۲}\,m^۲$$

$$F = \bar{P}A = \frac{۱}{۲}\rho ghA = \frac{۱}{۲} \times ۱۰^۳ \frac{kg}{m^۳} \times ۱۰ \frac{N}{kg} \times ۰/۴\,m \times ۸ \times ۱۰^{-۲}\,m^۲$$

$$F = ۱۶۰\,N$$

۸ گزینهٔ «۲» وقتی سطح مقطع دهانهٔ ظرف از سطح مقطع کف ظرف کوچک‌تر باشد، نیروی وارد بر کف ظرف از سوی مایع، از وزن مایع بیشتر است. یعنی $F_۱ > W$، از طرفی نیروی وارد بر سطح افقی در نتیجهٔ وزن ظرف و مایع است وچون وزن ظرف ناچیز است، پس نیروی وزن با نیروی وارد بر سطح افقی تقریباً برابر است. $F_۲ \simeq W \Rightarrow F_۱ > W \simeq F_۲$

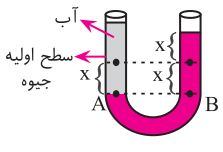
۹ گزینهٔ «۴» فشار نقاط هم تراز M و N یکسان است.



$$P_M = P_N$$

$$\rho_{آب} g h_{آب} = \rho_{روغن} g h_{روغن} \quad ۱ \times ۲۰ = ۰/۸(۲۰ + d) \Rightarrow d = ۵\,cm$$

۱۰ گزینهٔ «۱» اگر ۲۱/۶ سانتی‌متر آب در شاخه سمت چپ بریزیم، جیوه در شاخهٔ سمت چپ به اندازهٔ x پایین آمده و در شاخهٔ سمت راست به اندازه x بالا می‌رود. بنابراین اختلاف ارتفاع جیوهٔ دو طرف شاخه ۲x است.

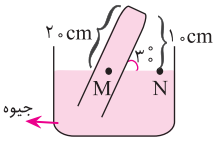


$$P_A = P_B$$

$$\rho_A g h_A = \rho_B g h_B \Rightarrow ۱ \times ۲۱/۶ = ۱۳/۵\,h_{جیوه} \Rightarrow h_{جیوه} = ۱/۶\,cm$$

$$h_{جیوه} = ۲x \Rightarrow ۱/۶ = ۲x \Rightarrow x = ۰/۸\,cm$$

۱۱ گزینهٔ «۱» فشار نقاط هم‌تراز یکسان است.



$$P_M = P_N$$

$$\sin ۳۰^\circ = \frac{\text{ضلع مقابل}}{\text{وتر}} \Rightarrow \frac{۱}{۲} = \frac{x}{۲۰} \Rightarrow x = ۱۰\,cm$$

فشار در نقطهٔ M ناشی از ستون مایع بالای نقطهٔ N و فشار ته لوله است.

$$۱۰ + P_{\text{ته لوله}} = ۷۵ \Rightarrow P_{\text{ته لوله}} = ۶۵\,cmHg$$

طبق رابطهٔ مقابل فشار را برحسب Pa تبدیل می‌کنیم.

$$cmHg \underset{\div ۱۳۶۰}{\overset{\times ۱۳۶۰}{\rightleftarrows}} Pa$$

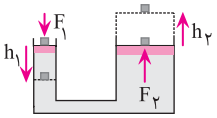
$$P(Pa) = ۶۵ \times ۱۳۶۰ = ۸۸۴۰۰\,Pa$$

$$F = PA = ۸۸۴۰۰ \times ۵ \times ۱۰^{-۴} = ۴۴/۲\,N$$

۱۲ گزینهٔ «۳» فشار پیمانه‌ای، اختلاف فشار مخزن گاز و فشار هوا است.

$$\Delta P = P_g - P_\circ = \rho g h = ۱۳۶۰۰ \times ۱۰ \times ۵ \times ۱۰^{-۲} = ۶۸۰۰\,Pa$$

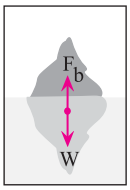
۱۳ گزینهٔ «۴» طبق اصل پاسکال و رابطهٔ مربوط به آن داریم:



$$\frac{F_۲}{F_۱} = \frac{h_۱}{h_۲} \xrightarrow{۴\,mm = ۰/۴\,cm} \frac{F_۲}{۲} = \frac{۲۰}{۰/۴}$$

$$F_۲ = ۱۰۰\,N$$

۱۴ گزینهٔ «۲» طبق شرط شناوری می‌توان نوشت:



$$F_b = W_{\text{کوه یخ}}$$

$$F_b = m_{\text{یخ}} g = \rho_{\text{یخ}} V_{\text{یخ}} g \Rightarrow \rho_{\text{آب}} V_{\text{آب}} g = \rho_{\text{یخ}} V_{\text{یخ}} g$$

$$۱/۰۳ V_{\text{آب}} = ۰/۹۲ V_{\text{یخ}} \Rightarrow V_{\text{آب}} = ۰/۸۹ V_{\text{یخ}}$$

۰/۸۹ حجم کوه یخ درون آب است. از این رو ۱۱/۰ = ۰/۸۹ − ۱ حجم کوه یخ بیرون از آب است.

۱۵ گزینهٔ «۳» فشارسنج‌های ۱ و ۴ باید فشار یکسانی نشان دهند، چون تندی جریان لوله‌های آن‌ها یکسان است. جریان لولهٔ مربوط به فشارسنج ۳ از جریان مربوط به فشارسنج ۲، تندی کم‌تری دارد، از این رو عدد فشارسنج ۳ باید از عدد فشارسنج ۲ بیشتر باشد.

آزمون پایانی

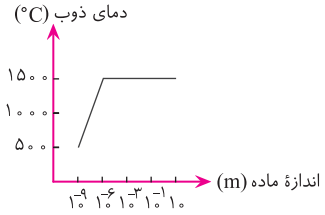
۱. اگر برای یک مایع معین، متوسط اندازهٔ نیروی بین مولکولی را در حالت گازی با F_g و در حالت مایع با F_ℓ و در حالت جامد با F_s نشان دهیم، کدام رابطهٔ زیر صحیح است؟ (سراسری تجربی - ۷۹)

۱) $F_s = F_\ell = F_g$ ۲) $F_s > F_\ell > F_g$ ۳) $F_s < F_\ell = F_g$ ۴) $F_s = F_\ell > F_g$

۲. چند لولهٔ شیشه‌ای خیلی باریک با قطرهای داخلی متفاوت را به طور عمود وارد ظرف آبی می‌کنیم. سطح آب درون لوله‌ها چگونه است؟ (سراسری تجربی - ۶۶)

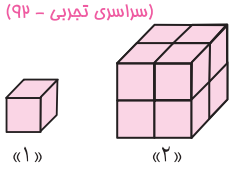
۱) در سطوح مختلف و همه بالاتر از سطح آب درون ظرف
۲) در سطوح مختلف و همه پایین‌تر از سطح آب درون ظرف
۳) در یک سطح بالاتر از سطح آب درون ظرف
۴) در تمام لوله‌ها هم سطح آب درون ظرف

۳. نمودار مقابل، بیانگر کدام واقعیت فیزیکی در مورد طلا است؟



۱) نمودار مورد نظر، افزایش نقطهٔ ذوب را با کاهش اندازه نشان می‌دهد.
۲) نقطهٔ ذوب طلا به اندازهٔ طلا بستگی دارد.
۳) در مقیاس نانو نقطهٔ ذوب طلا کاهش می‌یابد.
۴) گزینه‌های «۱» و «۳»

۴. در شکل زیر، مکعب شکل (۱) مشابه هر یک از مکعب‌های شکل (۲) است. فشاری که مکعب‌های شکل (۲) بر سطح افقی وارد می‌کنند، چند برابر فشار حاصل از مکعب شکل (۱) است؟ (سراسری تجربی - ۹۲)

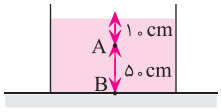


۱) ۸ ۲) ۴
۳) ۲ ۴) ۱

۵. فشارسنجی را درون آب به تدریج پایین می‌بریم. در ازای هر یک سانتی‌متری که پایین می‌رود، تقریباً چند پاسکال بر آن‌چه نشان می‌دهد، اضافه می‌شود؟ $(\rho_{\text{آب}} = 1\frac{g}{cm^3})$ (سراسری ریاضی - ۸۳)

۱) ۰/۰۱ ۲) ۰/۱ ۳) ۱۰ ۴) ۱۰۰

۶. در شکل زیر، فشار در نقطهٔ B چند برابر فشار در نقطه A است؟ $(g = 10\frac{m}{s^2}$ و $\rho = 1\frac{g}{cm^3}$ و $P_0 = 9/9 \times 10^4\ Pa)$ (سراسری تجربی - ۸۹)

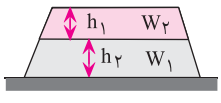


۱) $\frac{5}{4}$ ۲) $\frac{6}{5}$
۳) $\frac{20}{19}$ ۴) $\frac{21}{20}$

۷. استوانه‌ای به قاعدهٔ $0/01m^2$ در راستای قائم و به طور کامل درون مایعی به چگالی $1/2\frac{g}{cm^3}$ قرار دارد. اگر اختلاف اندازهٔ نیروهای وارد از طرف مایع بر دو قاعده برابر $60N$ باشد، ارتفاع استوانه چند سانتی‌متر است؟ $(g = 10\frac{N}{kg})$ (سراسری ریاضی - ۷۹)

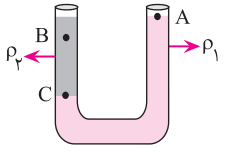
۱) ۳۰ ۲) ۴۰ ۳) ۵۰ ۴) ۶۰

۸. در شکل زیر، درون ظرف مخروطی شکل، دو مایع حل نشدنی به وزن‌های W_1 و W_2 ریخته شده و عمق مایع‌ها با هم برابر است ($h_1 = h_2$). اگر نیرویی که از طرف مایع‌ها بر کف ظرف وارد می‌شود F باشد، کدام رابطه درست است؟ (آزمایشی سنجش ۸۸)



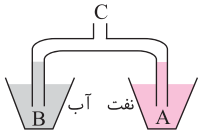
۱) $F = \frac{W_1 + W_2}{2}$ ۲) $F = W_1 + W_2$
۳) $F > W_1 + W_2$ ۴) $F < \frac{W_1 + W_2}{2}$

۹. در شکل زیر، دو مایع مخلوط نشدنی با چگالی‌های ρ_1 و ρ_2 در ظرف قرار دارند. اگر فشار در نقاط نشان داده شده P_A ، P_B و P_C باشد، کدام رابطه درست است؟ (سراسری ریاضی - ۸۲)



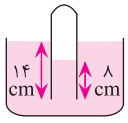
۱) $P_C = P_A > P_B$
۲) $P_C > P_A > P_B$
۳) $P_C > P_B = P_A$
۴) $P_C > P_B > P_A$

۱۰. در شکل زیر، قطر مقطع لوله در قسمت A نصف قسمت B است. اگر هوای لوله‌ها از قسمت C مکیده شود، نسبت ارتفاع آب در لولهٔ B به ارتفاع نفت در لولهٔ A چقدر است؟ (چگالی نفت $0/8 \frac{g}{cm^3}$ و چگالی آب $1 \frac{g}{cm^3}$ است.) (سراسری ریاضی - ۷۱)



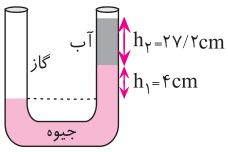
۱) $\frac{10}{8}$
۲) ۰/۸
۳) $\frac{5}{8}$
۴) ۰/۴

۱۱. دهانهٔ لولهٔ قائمی تا عمق ۱۴cm درون مایعی به چگالی $0/9 \frac{g}{cm^3}$ فرو برده شده است. اگر ارتفاع مایع داخل لوله ۸cm باشد، فشار هوای داخل لوله چند سانتی‌متر جیوه است؟ (فشار هوا ۷۶cmHg و چگالی جیوه $13/5 \frac{g}{cm^3}$ است.) (سراسری تجربی - ۷۸)



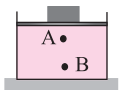
۱) ۷۵/۵
۲) ۷۵/۶
۳) ۷۶/۴
۴) ۷۶/۵

۱۲. اگر فشار هوا ۷۴cmHg باشد، با توجه به شکل، فشار مخزن گاز چند کیلوپاسکال است؟ (چگالی جیوه $13/600 \frac{kg}{m^3}$ و $g = 10 \frac{m}{s^2}$ است) (سراسری تجربی - ۷۸)



۱) ۹۵/۲
۲) ۹۵/۴
۳) ۱۰۰/۲
۴) ۱۰۸/۸

۱۳. در شکل زیر، فشار در نقاط A و B درون مایع برابر P_A و P_B است. وزنه‌ای را روی پیستون آزاد قرار می‌دهیم. اگر در اثر وزنه، افزایش فشار در نقاط A و B به ترتیب ΔP_A و ΔP_B باشد، کدام رابطه درست است؟ (سراسری ریاضی - ۹۰)

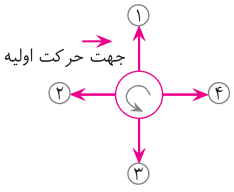


۱) $\Delta P_B < \Delta P_A$ و $P_B = P_A$
۲) $\Delta P_B = \Delta P_A$ و $P_B < P_A$
۳) $\Delta P_B = \Delta P_A$ و $P_B > P_A$
۴) $\Delta P_B > \Delta P_A$ و $P_B > P_A$

۱۴. بر جسم واقع در یک مایع، نیروی ارشمیدس به این علت وارد می‌شود که .....

۱) فشار مایع به عمق آن بستگی دارد.
۲) چگالی مایع از چگالی جسم بیشتر است.
۳) چگالی جسم از چگالی مایع بیشتر است.
۴) جسم به شکل به خصوصی ساخته شده است.

۱۵. با توجه به جهت توپ و مسیر حرکت اولیهٔ آن، توپ به کدام سمت تغییر جهت می‌دهد؟



۱) ۱
۲) ۲
۳) ۳
۴) ۴

۱.	۱ ۲ ۳ ۴	۴.	۱ ۲ ۳ ۴	۷.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۰.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۳.	۱ ۲ ۳ ۴
۲.	۱ ۲ ۳ ۴	۵.	۱ ۲ ۳ ۴	۸.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۱.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۴.	۱ ۲ ۳ ۴
۳.	۱ ۲ ۳ ۴	۶.	۱ ۲ ۳ ۴	۹.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۲.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۵.	۱ ۲ ۳ ۴

شناسنامه سؤالات آزمون پایانی

شماره سؤال	عنوان زیرموضوع	پاسخ
۱	حالت‌های ماده	۲
۲	نیروهای بین‌مولکولی	۱
۳	ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو	۳
۴	فشار در جامدات	۳
۵	فشار در مایعات	۴
۶	فشار در مایعات	۴
۷	فشار در مایعات	۳
۸	فشار در مایعات	۳
۹	تعادل مایعات مخلوط نشدنی	۴
۱۰	تعادل مایعات مخلوط نشدنی	۲
۱۱	فشار هوا و آزمایش توریچلی	۳
۱۲	فشار گاز درون مخزن	۴
۱۳	اصل پاسکال	۳
۱۴	شناوری و اصل ارشمیدس	۱
۱۵	اصل برنولی و معادلهٔ پیوستگی	۱

پاسخ‌نامه

۱ گزینهٔ «۲» مقدار نیروی بین مولکولی در حالت جامد بیشتر از حالت مایع و در مایع بیشتر از گاز است.

۲ گزینهٔ «۱» می‌دانیم با بزرگ‌تر شدن قطر لوله، ارتفاع موئینگی کم می‌شود، چون قطر لوله‌ها متفاوت است. بنابراین سطح آب در لوله‌ها با هم متفاوت است. از آن‌جایی که درون ظرف آب است، سطح آب درون لوله‌ها بالاتر از سطح آب درون ظرف قرار می‌گیرد.

۳ گزینهٔ «۳» نمودار مورد نظر نشان می‌دهد که در مقیاس میکرون، دمای ذوب طلا مقدار ثابتی است و به محض رسیدن به مقیاس نانو، دمای ذوب آن کاهش می‌یابد. گزینهٔ «۲» صحیح نیست، چرا که تا مقیاس میکرون، دمای ذوب طلا تقریباً مقدار ثابتی است.

۴ گزینهٔ «۳» ارتفاع مکعب بزرگ‌تر، دو برابر ارتفاع مکعب کوچک‌تر است.

$$P=\rho gh \Rightarrow \frac{P_2}{P_1}=\frac{\rho_2 g h_2}{\rho_1 g h_1}\ \underset{h_2=2h_1}{\rho_1=\rho_2}\ \frac{2h_1}{h_1}=2$$

۵ گزینهٔ «۴» افزایش فشار به معنای تغییر فشار است. در این سؤال تغییر فشار در نتیجهٔ تغییر ارتفاع است.

$$\Delta P=\rho g\Delta h=10^3\frac{kg}{m^3}\times 10\frac{N}{kg}\times 10^{-2}m=100Pa$$

۶ گزینهٔ «۴»

$$P_A=P_0+\rho gh_1=9/9\times10^4+\overbrace{1000\times10\times0/1}^{0/1\times10^4}=10^5Pa$$

$$P_B=P_0+\rho gh_2=9/9\times10^4+\overbrace{1000\times10\times0/6}^{0/6\times10^4}=1/05\times10^5Pa$$

$$\frac{P_B}{P_A}=\frac{1/05\times10^5}{10^5}=1/05=\frac{105}{100}=\frac{21}{20}$$

۷ گزینهٔ «۳» اختلاف نیرو در نتیجهٔ اختلاف فشار ناشی از اختلاف ارتفاع است.

$$\rho = ۱/۲\frac{g}{cm^۳} = ۱۲۰۰\frac{kg}{m^۳}$$

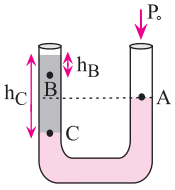
اختلاف ارتفاع از سطح آزاد (Δh)، همان ارتفاع (h) استوانه است.

$$\Delta F = \Delta P \times A = \rho g \Delta h A$$

$$۶۰ = ۱۲۰۰ \times ۱۰ \times h \times ۰/۰۱ \Rightarrow h = \frac{۶۰}{۱۲۰} = \frac{۱}{۲} m = ۵۰ cm$$

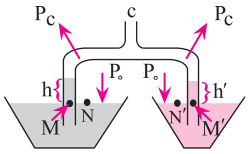
۸ گزینهٔ «۳» از آن‌جایی که مقطع دهانهٔ ظرف، کوچک‌تر از مقطع کف ظرف است. پس نیروی وارد بر کف ظرف از مجموع وزن‌های دو مایع بیشتر است؛ یعنی: $F > W_۱ + W_۲$

۹ گزینهٔ «۴»



$$\left.\begin{array}{l} P_A = P_۰ \\ P_B = P_۰ + \rho_۲ g h_B \\ P_C = P_۰ + \rho_۲ g h_C \end{array}\right\} \xrightarrow{h_C > h_B} P_C > P_B > P_A$$

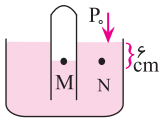
۱۰ گزینهٔ «۲» فشار نقاط هم تراز یکسان است.



$$\begin{cases} P_M = P_N = P_۰ \Rightarrow \rho_{آب} \times g \times h + P_C = P_۰ \\ P_{M'} = P_{N'} = P_۰ \Rightarrow \rho_{نفت} \times g \times h' + P_C = P_۰ \end{cases}$$

$$\rho_{آب} gh = \rho_{نفت} gh' \Rightarrow \rho_{آب} h = \rho_{نفت} h' \Rightarrow \frac{h}{h'} = \frac{\rho_{نفت}}{\rho_{آب}} = \frac{۰/۸}{۱} = ۰/۸$$

۱۱ گزینهٔ «۳» فشار نقاط هم تراز یکسان است.



$$P_M = P_N$$

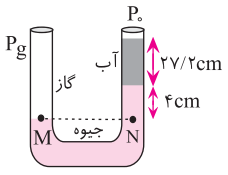
$$P_M = P_۰ + P'$$

P' فشار ناشی از ستون ۶ سانتی‌متری از مایع در نقطهٔ N است.

$$P' = \frac{\rho_{مایع}}{\rho_{جیوه}} \times \text{ارتفاع مایع} = \frac{۰/۹}{۱۳/۵} \times ۶ = \frac{۵/۴}{۱۳/۵} = \frac{۵۴}{۱۳۵} = \frac{۲ \times ۲۷}{۵ \times ۲۷} = \frac{۲}{۵} = \frac{۲ \times ۲}{۵ \times ۲} = ۰/۴$$

$$P_M = P_۰ + ۰/۴ = ۷۶ + ۰/۴ = ۷۶/۴ \, cmHg$$

۱۲ گزینهٔ «۴» با توجه به یکسان بودن فشار در نقاط M و N می‌توان نوشت:



$$P_M = P_N$$

$$P_M = \underbrace{P_۱}_{\text{فشار ناشی از ستون جیوه}} + \underbrace{P_۲}_{\text{فشار ناشی از ستون آب}} + P_۰$$

$$\begin{cases} P_۲ = \frac{\rho_{آب}}{\rho_{جیوه}} \times \text{ارتفاع آب} = \frac{۱ \times ۲۷/۲}{۱۳/۶} = ۲ \, cmHg \\ P_۱ = ۴ \, cmHg \end{cases}$$

فشار ستون جیوه ($P_۱$) همان ارتفاع ستون جیوه برحسب cmHg است.

$$P_M = P_g = ۴ \, cmHg + ۲ \, cmHg + ۷۴ \, cmHg = ۸۰ \, cmHg$$

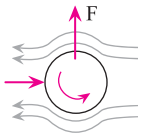
حال باید cmHg را به Pa تبدیل کنیم.

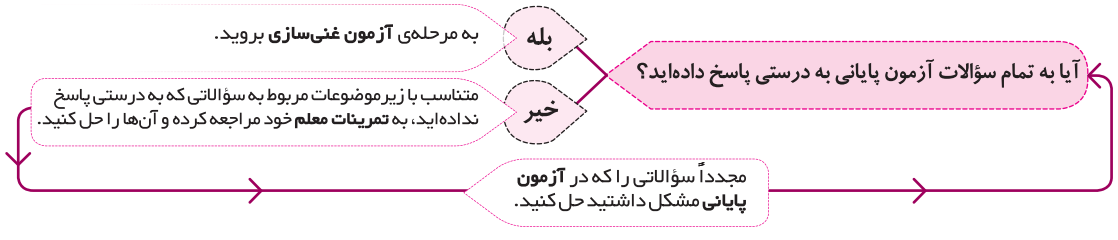
$$P(Pa) = ۸۰ \times ۱۳۶۰ = ۱۰۸۸۰۰ Pa = ۱۰۸/۸ kPa$$

۱۳ **گزینهٔ «۳»** چون ارتفاع B نسبت به ارتفاع A از سطح آزاد مایع بیشتر است، بنابراین $P_B > P_A$. از طرفی طبق اصل پاسکال، افزایش فشار به تمام نقاط درون مایع بدون کم و زیاد شدن منتقل می‌شود، بنابراین $\Delta P_A = \Delta P_B$

۱۴ **گزینهٔ «۱»** با افزایش ارتفاع از سطح آزاد مایع، فشار بیشتر می‌شود. از این رو به دلیل اختلاف فشار موجود در بالا و پایین جسمی که در شاره فرو می‌رود، نیرویی بالاسو بر جسم وارد می‌شود که همان نیروی ارشمیدس است.

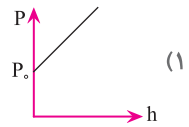
۱۵ **گزینهٔ «۱»** در قسمت بالای توپ تندی هوا بیشتر و فشار کم‌تر است. از طرف دیگر در قسمت پایین توپ تندی هوا کم‌تر و فشار بیشتر است. در نتیجه نیروی خالص به سمت بالا بوده و توپ به سمت بالا تغییر جهت می‌دهد.

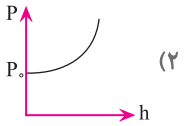


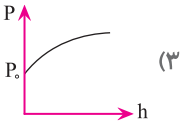


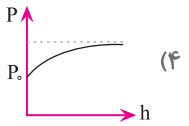
آزمون غنی‌سازی

۱. رابطه فشار آب با عمق آن، به شکل $P = P_0 + ah$ است، که در آن P فشار، h عمق، P_0 و a دو عدد ثابت‌اند. در اقیانوسی که عمق آب کم نیست، نمودار تغییرات فشار برحسب عمق چگونه است؟

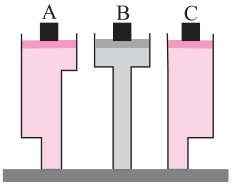
۱) 

۲) 

۳) 

۴) 

۲. در شکل زیر، با بالا بردن پیستون‌ها، آب تا ارتفاع معینی در لوله‌ها بالا آمده است. پیستون‌ها سبک، بدون اصطکاک و هم اندازه هستند. برای نگه داشتن پیستون‌ها در همان ارتفاع قبلی، باید نیروی F به آن‌ها وارد کنیم. کدام گزینه درست است؟



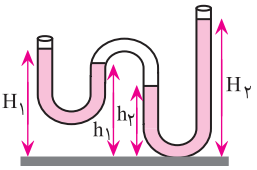
۱) $F_B < F_A < F_C$

۲) $F_A = F_B = F_C \neq 0$

۳) $F_A = F_B > F_C$

۴) $F_A = F_B = F_C = 0$

۳. درون لوله‌ای مطابق شکل زیر که در صفحهٔ قائم قرار دارد، مقداری آب می‌ریزیم. در قسمتی از لوله مقداری هوا گیر افتاده است. ارتفاع سطح آزاد آب در قسمت‌های مختلف لوله، مطابق شکل H_1 ، H_2 ، h_1 و h_2 است. کدام‌یک از گزینه‌های زیر الزاماً درست است؟



۱) $h_2 = h_1 < H_2 = H_1$

۲) $h_2 = h_1 = H_2 = H_1$

۳) $H_2 - h_2 = H_1 - h_1$

۴) $H_1 = H_2$ و در حالت کلی دربارهٔ $h_2 - h_1$ چیزی نمی‌توان گفت.

۴. یک ظرف شامل مقداری آب است که روی آن مقداری روغن قرار دارد. آب و روغن را به هم می‌زنیم تا یک مخلوط معلق تقریباً یکنواخت آب – روغن به‌دست آید. نقطهٔ A به فاصلهٔ مساوی از سطح بالایی روغن و کف ظرف است. پیش از به هم زدن مخلوط، فشار نقطهٔ A برابر P بوده است. پس از تشکیل مخلوط معلق، فشار همین نقطه P' می‌شود. کدام گزینه درست است؟

۱) حتماً $P' < P$

۲) حتماً $P' > P$

۳) حتماً $P' = P$

۴) اگر پیش از به هم زدن، نقطهٔ A در روغن باشد، $P' > P$ و اگر پیش از به هم زدن، نقطهٔ A در آب باشد، $P' < P$ است.

۵. فشار هوا در سطح زمین P_0 ، در ارتفاع h_1 از سطح زمین P_1 و در ته چاهی با عمق h_2 ، P_2 است. اگر دما زیاد شود و P_0 ثابت بماند:

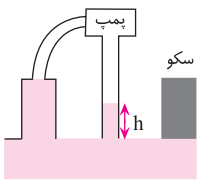
۱) P_1 و P_2 هر دو کم می‌شوند.

۲) P_1 کم و P_2 زیاد می‌شود.

۳) P_1 زیاد و P_2 کم می‌شود.

۴) P_1 و P_2 هر دو زیاد می‌شوند.

۶. تلمبه تنفسی وسیله‌ای برای بالا کشیدن مایعات می‌باشد. شکل زیر یک تلمبهٔ تنفسی را نشان می‌دهد. بیشینهٔ ارتفاعی که یک تلمبه تنفسی می‌تواند آب را بالا بکشد، چقدر است؟ ($\rho_{آب} = 1 \frac{g}{cm^3}$ و $g = 10 \frac{N}{kg}$)



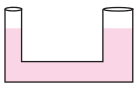
۱) $100\,m$

۲) $10^3\,m$

۳) $10\,m$

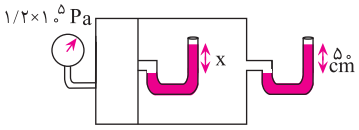
۴) $10^4\,m$

۷. در ظرف شکل زیر، مقداری جیوه ریخته‌ایم. با توجه به این‌که قطر شاخهٔ سمت راست ۳ برابر قطر شاخهٔ سمت چپ است، فرض کنید، $۳/۴\,cm$ آب در شاخه سمت چپ بریزیم. افزایش ارتفاع جیوه در شاخهٔ سمت راست چقدر می‌شود؟ ($\rho_{جیوه} = ۱۳/۶ \frac{g}{cm^۳}$ و $\rho_{آب} = ۱ \frac{g}{cm^۳}$)



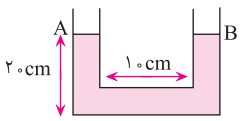
۱) $۰/۰۵\,cm$
۲) $۰/۲۵\,cm$
۳) $۰/۰۰۵\,cm$
۴) $۰/۰۲۵\,cm$

۸. فشار هوای جو را $۱۰^۵\,Pa$ و چگالی آب را $۱۰^۳ \frac{kg}{m^۳}$ فرض کنید. مقدار x در شکل زیر چند سانتی‌متر است؟



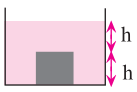
۱) ۱۵۰
۲) ۲۵۰
۳) ۱۰۰
۴) ۶۰

۹. در لولهٔ شکل زیر، مقداری آب ریخته شده است. اگر لوله با شتاب $۳ \frac{m}{s^۲}$ به سمت راست حرکت کند، اختلاف ارتفاع آب در دو شاخهٔ لوله ($h_A - h_B$) چند سانتی‌متر خواهد بود؟ ($g = ۱۰ \frac{m}{s^۲}$)



۱) صفر
۲) ۳
۳) ۱/۵
۴) -۱/۵

۱۰. در شکل زیر، ابتدا جعبه به کف ظرف چسبیده و آب به زیر آن نفوذ نکرده است. در این حالت برآیند نیروهای وارد به جعبه از طرف آب $\vec{F}_۱$ است. جعبه را به آرامی تکان داده تا آب به زیر آن نفوذ کند، ولی جعبه همچنان در کف ظرف آب می‌ماند. در این حالت برآیند نیروهای وارد بر جعبه از طرف آب $\vec{F}_۲$ است. کدام گزینه درباره جهت و مقدار $\vec{F}_۱$ و $\vec{F}_۲$ درست است؟



۱) $\vec{F}_۱$ به طرف پایین و $\vec{F}_۲$ به طرف بالا و $F_۲ < F_۱$
۲) $\vec{F}_۱$ و $\vec{F}_۲$ هر دو به طرف بالاند و $F_۱ = F_۲$
۳) $\vec{F}_۱$ و $\vec{F}_۲$ هر دو به طرف پایین‌اند و $F_۲ = F_۱$
۴) $\vec{F}_۱$ به طرف پایین است و $F_۲ = ۰$

۱.	۱ ۲ ۳ ۴	۳.	۱ ۲ ۳ ۴	۵.	۱ ۲ ۳ ۴	۷.	۱ ۲ ۳ ۴	۹.	۱ ۲ ۳ ۴
۲.	۱ ۲ ۳ ۴	۴.	۱ ۲ ۳ ۴	۶.	۱ ۲ ۳ ۴	۸.	۱ ۲ ۳ ۴	۱۰.	۱ ۲ ۳ ۴

شناسنامه آزمون غنی‌سازی

شماره سؤال	عنوان زیرموضوع	سطح سؤال	پاسخ
۱	فشار در مایعات	۲	۲
۲	فشار در مایعات	۲	۲
۳	فشار در مایعات	۳	۳
۴	فشار در مایعات	۲	۲
۵	فشار هوا و آزمایش توریچلی	۳	۳
۶	فشار در مایعات	۳	۳
۷	فشار در مایعات	۲	۴
۸	فشار در مایعات	۲	۱
۹	فشار در مایعات	۲	۲
۱۰	شناوری و اصل ارشمیدس	۲	۱

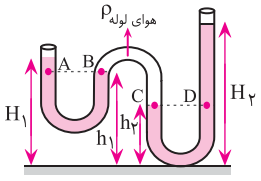
پاسخ‌نامه

۱ گزینهٔ «۲» در اعماق زیاد اقیانوس، به دلیل فشار بسیار زیاد، آب متراکم شده و چگالی آب افزایش می‌یابد. طبق رابطهٔ $P = \rho gh$ ، افزایش فشار ناشی از افزایش عمق به صورت $\Delta P = \rho g(\Delta h)$ است. طبق این رابطه هر چه چگالی بیشتر باشد، آهنگ افزایش فشار با افزایش ارتفاع از سطح آزاد مایع (عمق)، سریع‌تر افزایش می‌یابد. توجه داریم اگر چگالی را ثابت در نظر می‌گرفتیم، گزینهٔ «۱» صحیح بود.

۲ گزینهٔ «۲» با توجه به این‌که هر کدام از ظرف‌ها تا ارتفاع یکسان از یک مایع پر شده‌اند، لذا فشار زیر هر سه پیستون یکسان است. همچنین چون پیستون‌ها هم اندازه هستند، نیروی لازم برای نگه داشتن پیستون‌ها نیز یکسان است.

$$P_A = P_B = P_C \xrightarrow{\times A} P_A A = P_B A = P_C A \Rightarrow F_A = F_B = F_C \neq 0$$

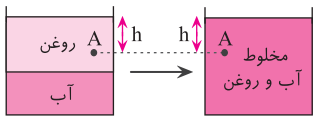
۳ گزینهٔ «۳» فشار نقاط هم تراز یکسان است.



$$\left.\begin{array}{l} P_A = P_B \Rightarrow P_0 + \rho g(H_1 - h_1) = P_{\text{هوای لوله}} \\ P_C = P_D \Rightarrow P_{\text{هوای لوله}} = P_0 + \rho g(H_2 - h_2) \end{array}\right\} \Rightarrow \cancel{P_0} + \rho g(H_1 - h_1) = \cancel{P_0} + \rho g(H_2 - h_2)$$

$$\Rightarrow H_1 - h_1 = H_2 - h_2$$

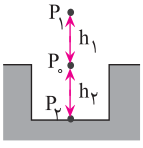
۴ گزینهٔ «۲» فرض کنید نقطهٔ A را درون روغن بگیریم.



$$\left.\begin{array}{l} P = \rho_{\text{روغن}} gh + P_0 \\ P' = \rho_{\text{مخلوط}} gh + P_0 \end{array}\right\} \Rightarrow P' > P$$

چون چگالی روغن از چگالی مخلوط کم‌تر است.

۵ گزینهٔ «۳» با افزایش دما چگالی هوا کاهش می‌یابد. از این رو می‌توان گفت با افزایش دما، اختلاف فشار بین دو نقطه کاهش می‌یابد. اگر فشار در ارتفاع h_1، در سطح زمین و در عمق h_2 را به ترتیب پس از افزایش دما P_1' ، P_0 و P_2' در نظر بگیریم، خواهیم داشت:



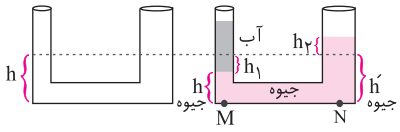
$$P_0 - P_1' < P_0 - P_1 \Rightarrow P_1' > P_1$$

$$P_0 - P_2' > P_0 - P_2 \Rightarrow P_2' < P_2$$

۶ گزینهٔ «۳» حداکثر ارتفاع آب زمانی فراهم می‌شود که فشار داخل پمپ به صفر برسد. داریم:

$$P_0 = \rho gh + P_{\text{پمپ}} \Rightarrow h = \frac{P_0}{\rho g} = \frac{10^5}{1000 \times 10} = 10\,\text{m}$$

۷ گزینهٔ «۴»



$$P_M = P_N \Rightarrow P_{آب} + P_{جیوه} + \cancel{P_۰} = P_{جیوه} + \cancel{P_۰}$$

$$\rho_{آب} g h_{آب} + \rho_{جیوه} g h_{جیوه} = \rho_{جیوه} g h'_{جیوه}$$

$$۱ \times ۳/۴ + ۱۳/۶(h - h_۱) = ۱۳/۶(h + h_۲)$$

$$۳/۴ + \cancel{۱۳/۶h} - ۱۳/۶h_۱ = \cancel{۱۳/۶h} + ۱۳/۶h_۲$$

$$h_۱ + h_۲ = \frac{۳/۴}{۱۳/۶} = \frac{۱}{۴} = ۰/۲۵\,cm \qquad (I)$$

حجم مایع جابه‌جا شده در دو شاخه یکسان است.

$$\Delta V_۱ = \Delta V_۲ \Rightarrow A_۱h_۱ = A_۲h_۲ \Rightarrow \pi r_۱^۲ h_۱ = \pi r_۲^۲ h_۲ \Rightarrow h_۱ = ۹h_۲ \qquad (II)$$

$$(I)\,,\,(II) \Rightarrow \begin{cases} h_۱ + h_۲ = ۰/۲۵ \\ h_۱ = ۹h_۲ \end{cases} \Rightarrow ۱۰h_۲ = ۰/۲۵ \Rightarrow h_۲ = ۰/۰۲۵$$

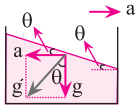
۸ گزینهٔ «۱»

$$P_{مخزن\ راست} = P_۰ + \rho gh$$

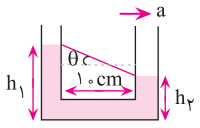
$$P_{مخزن\ راست} = ۱۰^۵ + ۱۰^۳ \times ۱۰ \times ۰/۵ = ۱/۰۵ \times ۱۰^۵$$

$$P_{مخزن\ چپ} = P_{مخزن\ راست} + \rho gx \Rightarrow ۱/۲ \times ۱۰^۵ = ۱/۰۵ \times ۱۰^۵ + ۱۰^۳ \times ۱۰ \times x \Rightarrow x = ۱/۵\,m = ۱۵۰\,cm$$

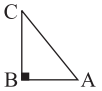
۹ گزینهٔ «۲» با حرکت ظرف، مایع درون ظرف پس می‌زند (به سمت عقب حرکت می‌کند). در حقیقت سطح مایع با راستای افق زاویهٔ θ می‌سازد.



$$\tan\theta = \frac{a}{g}$$



نکته: در مثلث قائم‌الزاویه ABC، تانژانت (tan) هر زاویه را به صورت زیر تعریف می‌کنند:



$$\tan(\text{هر زاویه}) = \frac{\text{ضلع مقابل زاویه}}{\text{ضلع مجاور زاویه}} \Rightarrow \begin{cases} \tan A = \dfrac{BC}{AB} \\ \tan C = \dfrac{AB}{BC} \end{cases}$$

$$\tan\theta = \frac{h_۱ - h_۲}{۱۰} = \frac{a}{g} \Rightarrow \frac{h_۱ - h_۲}{۱۰} = \frac{۳}{۱۰} \Rightarrow h_۱ - h_۲ = ۳\,cm$$

۱۰ گزینهٔ «۱» در حالت اوّل هنگامی که آب به زیر جعبه نفوذ نکرده است، از طرف آب به سطح بالایی جعبه نیروی $\vec{F}_۱$ به سمت پایین وارد می‌شود، $F_۱ = P_۱A = (P_۰ + \rho gh)A$. در حالت دوم، آب به زیر جعبه نفوذ کرده و به سطح پایینی و بالایی جعبه نیرو وارد می‌شود. چون فشار در عمق بیشتر از فشار در عمق کم‌تر، بیشتر است، بنابراین نیروی خالص وارد بر جعبه ($\vec{F}_۲$) به سمت بالا است. نیروی $\vec{F}_۲$ نیروی ارشمیدس است که از رابطه $\vec{F}_۲ = \rho ghA$ به‌دست می‌آید. بنابراین $F_۱ > F_۲$