



حالت‌های ماده، ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو

حالت‌های ماده

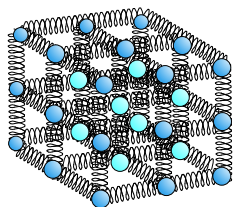


● **اندازه ذرات:** اندازه اتم‌ها در حدود یک تا چند آنگستروم

($1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$) است و اندازه مولکول‌ها بسته به تعداد اتم‌های تشکیل‌دهنده مولکول، از چند آنگستروم تا ۱۰۰۰ آنگستروم (در پلی‌مرها) متغیر است.

● **حالت (فاز) ماده:** بسته به اندازه نیروی بین ذرات تشکیل دهنده مواد (اتم‌ها و مولکول‌ها) و چگونگی حرکت آن‌ها، مواد در چهار حالت جامد، مایع، گاز و پلاسما وجود دارند.

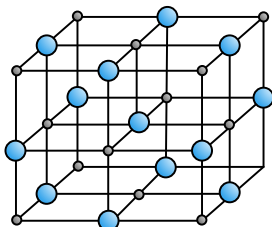
● **جامد:** ذرات تشکیل دهنده جسم جامد که نیروهای عمدتاً الکتریکی آن‌ها را کنار یکدیگر نگه می‌دارد در مکان‌های مشخصی نسبت به یکدیگر قرار گرفته‌اند و در اطراف این مکان‌ها، نوسان‌های بسیار کوچکی انجام می‌دهند.



● **مدل گوی و فنر برای جسم جامد:** در این مدل فرض می‌کنیم ذرات در حال نوسان جامد توسط فنرهایی به یکدیگر متصل‌اند، اگر ذرات از حد معینی به هم نزدیک‌تر یا دورتر شوند (مثلاً در اثر سرد یا گرم شدن، کشیدن، ضربه زدن و ...) نیروی کشسانی بین فنرها آن‌ها را به وضع اولیه برمی‌گرداند و جسم جامد، شکل و اندازه اولیه‌اش را حفظ می‌کند. فاصله

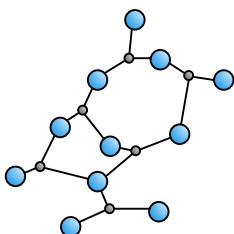
بین مولکول‌های جامد در حدود $1 \text{ \AA}$ است.

● **جامد بلورین:** در جامدهای بلورین، اتم‌های ماده در طرح‌های منظمی در یک الگوی سه‌بعدی تکرار شونده در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. جامدهای بلورین معمولاً هنگامی تشکیل می‌شوند که مایع را به آهستگی سرد کنیم تا فرصت داشته باشند در طرح منظمی خود را مرتب کنند (مانند اغلب فلزها، نمک‌ها، الماس، یخ و بیش‌تر مواد معدنی ...).



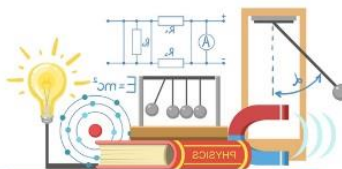
● **جامد بی‌شکل (آمورف):** در جامدهای بی‌شکل ذرات سازنده در طرح

منظمی در کنار یکدیگر قرار ندارند و معمولاً از سرد کردن سریع مایع به دست می‌آیند تا ذرات فرصت کافی برای قرار گرفتن در یک طرح منظم را نداشته باشند (مانند شیشه و قیر).



نکته:

مواد بی‌شکل مانند شیشه یا قیر هنگام انجماد یا ذوب تغییر حالت (فاز) نمی‌دهند؛ بلکه فقط سفت یا شل می‌شوند.



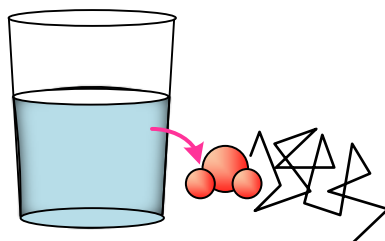


● **مایع:** مولکول‌های مایع به صورت نامنظم و نزدیک به یکدیگر قرار گرفته‌اند و به سهولت روی هم می‌لغزند. مایع‌ها علی‌رغم ثابت ماندن حجم آن به شکل ظرف خود در می‌آیند. افقی ماندن سطح آب در داخل پارچ هنگامی که پارچ را کج می‌کنیم به دلیل سهولت لغزش مولکول‌ها روی هم است. فاصله ذرات سازنده مایع و جامد تقریباً یکسان و در حدود یک آنگستروم است.

● **گاز:** گاز، شکل مشخصی ندارد، اتم‌ها و مولکول‌های گاز آزادانه و با تندی بسیار زیاد و به طور نامنظم به اطراف حرکت و با یکدیگر و با دیواره‌های ظرف خود برخورد می‌کنند. گاز در هر ظرف بسته‌ای (مانند کپسول گاز) قرار گیرد، تمام فضای ظرف را پر می‌کند. فاصله میانگین مولکول‌های گاز زیاد و چند ده برابر اندازه خود مولکول گاز است.

۷ مقایسه فاصله بین مولکول‌ها در حالت مختلف ماده:

- ۱- در جامد فاصله مولکول‌های آن مانند مایع و در حدود یک آنگستروم است.
 - ۲- فاصله مولکول‌ها در حالت گاز خیلی بیش‌تر از فاصله آن‌ها در حالت مایع و یا جامد است. (حدود چند ده برابر فاصله آن‌ها در جامد و مایع است.)
- پخش:** مولکول‌های هوا یا مایع دارای کاتوره‌ای (براونی) هستند، هنگامی که مولکول‌های ماده دیگر مانند عطر در هوا یا جوهر در آب قرار گیرند، در اثر برخورد ذرات هوا یا مایع (که دارای حرکت کاتوره‌ای‌اند) به مولکول‌های مهمان، باعث توزیع آن‌ها در تمام بخش‌های هوای اتاق یا آب درون ظرف می‌شوند، به این پدیده پخش می‌گویند.



پدیده پخش در گازها سریع‌تر از مایع‌ها رخ می‌دهد، علت آن بالا بودن تندی مولکول‌های گازهاست.



● **پلازما:** حالت چهارم ماده است که معمولاً در دماهای خیلی بالا به وجود می‌آید. ماده درون ستارگان، بیش‌تر فضای بین ستاره‌ای، آذرخش، شفق‌های قطبی، آتش و ماده داخل لوله تابان لامپ‌های مهتابی از پلازما تشکیل شده است. پلازما برخلاف گاز رسانای بسیار خوب الکتریسیته و گرماست و در صنعت، فناوری، پزشکی، دندانپزشکی و ... به کار می‌رود. خوب است بدانید که کاربردهای آن از جمله جوشکاری، برش، سوراخکاری، نمایشگرهای صفحه تخت، مبدل‌های انرژی و سوزن‌های پلاسمایی است.



ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو

● **علوم نانو:** شاخه‌ای از علوم است که تغییر در ویژگی‌های فیزیکی مواد را برحسب اندازه آن‌ها در مقیاس نانو بررسی می‌کند.

تغییر ویژگی‌های ماده در مقیاس نانو: اگر اندازه ماده‌ای تا مقیاس نانو کاهش یابد (بین ۱ تا ۱۰۰ نانومتر)، آنگاه ویژگی‌های فیزیکی آن مانند نقطه ذوب، رسانندگی الکتریکی و گرمایی، شفافیت، استحکام و ... به طور چشم‌گیری تغییر می‌کند (بهبود می‌یابد) یعنی نقطه ذوب کاهش، رسانندگی الکتریکی و گرمایی و استحکام آن افزایش می‌یابد.

● **فناوری نانو:** در این فناوری از ویژگی‌های خاص مواد در مقیاس نانو استفاده می‌شود.

● **نانو لایه:** اگر صرفاً یک بعد ماده‌ای را در مقیاس نانو محدود کنیم، لایه‌ای به ضخامت نانو داریم که به آن نانو لایه می‌گوییم. ویژگی‌های فیزیکی نانو لایه نیز مانند نانو ذره‌ها به طور قابل توجهی تغییر می‌کند.



نکته:

برای ایجاد تغییر فیزیکی در مقیاس نانو الزامی به کاهش همه ابعاد آن تا این حد نیست در یک نانو لایه نیز همین تغییرات قابل مشاهده است. در ضمن تغییر ویژگی‌های فیزیکی مواد در مقیاس نانو به حالا (فاز) ماده بستگی ندارد و برای تمام حالت‌های مواد شامل جامد، مایع و گاز رخ می‌دهد.

تست ۱

در کدامیک از گزینه‌های زیر، ذرات جسم در مکان‌های معینی نسبت به یکدیگر و در طرح‌های منظمی کنار هم قرار دارند و در اطراف این مکان‌ها، نوسان‌های بسیار کوچکی دارند؟

- (۱) مایع (۲) گاز (۳) جامد بلورین (۴) جامد آمورف

تست ۲

هنگامی که یک لیوان پر از آب را کج می‌کنیم، آب به راحتی از آن می‌ریزد. این مشاهده را به این نتیجه می‌رساند که مولکول‌های مایع:

(تجربی ۱۸)

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

تست ۳

چه تعداد از موارد زیر صحیح است؟

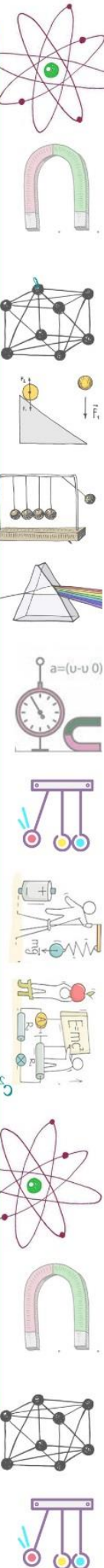
(الف) فاصله‌ی میانگین بین مولکول‌های گاز در مقایسه با اندازه‌ی مولکول‌های گاز، خیلی بیشتر است.

(ب) پدیده‌ی پخش در مایع‌ها سریع‌تر از گازها رخ می‌دهد.

(پ) شیشه مثالی از جامد بلورین است.

(ت) حالت ماده به چگونگی حرکت ذره‌های سازنده‌ی آن‌ها و اندازه‌ی نیروی بین آن‌ها بستگی دارد.

- (۱) ۱ (۲) ۲ (۳) ۳ (۴) ۴ صفر





تست ۴

در مکعبی به ابعاد ۱mm چند اتم می‌توان جای داد؟ (قطر اتم را 10^{-10} m در نظر بگیرید.)

- (۱) 10^{21} (۲) 10^{30} (۳) $2/5 \times 10^{20}$ (۴) $2/5 \times 10^{29}$

نیروهای بین مولکولی

وجود نیروهای بین مولکولی: وقتی ما یک قطعه فلز یا یک تکه شیشه یا آب درون لیوان را به صورت یک جسم به هم پیوسته مشاهده می‌کنیم، در می‌یابیم که باید بین مولکول‌های سازنده این مواد، نیروی جاذبه‌ای وجود داشته باشد که این پیوستگی را ایجاد کرده است که این نیرو در جامدها بیش‌تر از مایع‌ها و گازهاست.



نیروی هم‌چسبی: نیروی جاذبه بین مولکول‌های همسان (مولکول‌های هم‌جنس در یک ماده) را نیروی هم‌چسبی می‌گویند.

تغییر نیروی بین مولکولی برحسب فاصله آن‌ها (کوتاه برد بودن نیروهای بین مولکولی):

۱- وقتی دو مولکول در فاصله عادی بین مولکولی خود قرار دارند، نیروی بین آن‌ها جاذبه است. (شکل ۱)

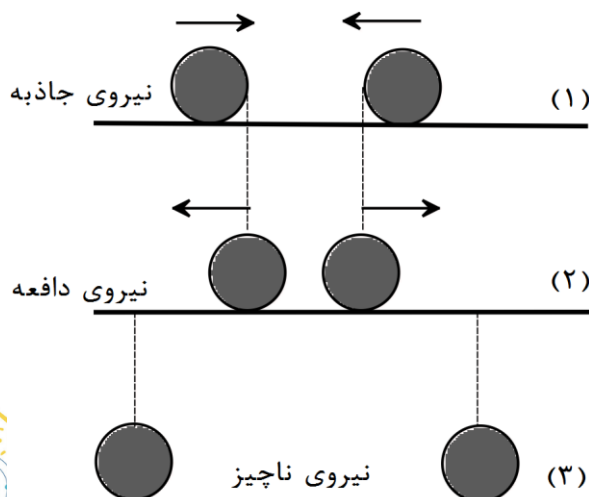
به عنوان مثال نیروی جاذبه بین مولکول‌های آب باعث می‌شود تا قطره آب از برگ درخت خیس به سختی سقوط کند.

۲- اگر سعی کنیم دو مولکول را بیش‌تر از فاصله عادی بین مولکولی‌شان، به هم نزدیک کنیم، نیروی دافعه بزرگی بین آن‌ها برقرار می‌شود و مانع نزدیک شدن آن‌ها می‌شود. (شکل ۲)



نکته: دلیل تراکم‌ناپذیری مایع‌ها همین نیروی دافعه است که وقتی خیلی به هم نزدیک می‌شوند، ایجاد می‌گردد.

۳- اگر فاصله بین دو مولکول خیلی زیاد (چند برابر فاصله بین مولکولی) باشد، آنگاه نیروی بین مولکولی ناچیز و عملاً صفر است. (شکل ۳)





با توجه به توضیحات بالا می‌گوییم: «نیروهای بین مولکولی کوتاه‌برد هستند.»

مثال: وقتی دو قطعه شکسته شیشه را در دمای معمولی به هم بچسبانیم، اتفاقی نمی‌افتد. اما اگر با حرارت دادن، دمای دو قطعه را بالا ببریم، با افزایش جنبش مولکولی دو قطعه، مولکول‌های دو سطح درگیر، آنقدر به هم نزدیک می‌شوند که نیروی هم‌چسبی باعث جوش خوردن دو قطعه می‌گردد. یا اگر دو قطعه آهنی را از سطوح صافشان به هم بچسبانیم و در کوره‌ای حرارت دهیم پس از مدتی می‌بینیم که دو قطعه جوش خورده‌اند (جوش مولکولی)

پدیده کشش سطحی

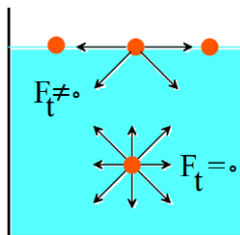


کشش سطحی: نیروی جاذبه (هم‌چسبی) بین مولکول‌های سطح مایع باعث می‌شود تا سطح مایع شبیه یک پوسته تحت کشش رفتار کند و اجسام کوچکی مثل سوزن را بدون آن که سطح مایع شکاف بردارد، روی سطح خود نگه دارد. به این پدیده، کشش سطحی می‌گویند.

مثال: نشستن یا راه رفتن حشرات روی آب، قرار گرفتن جسم‌های کوچک مانند سوزن، گیره فلزی روی سطح آب، تشکیل حباب‌های آب و صابون و کروی بدون قطره‌های آب در حال سقوط همگی حاصل از پدیده کشش سطحی‌اند.

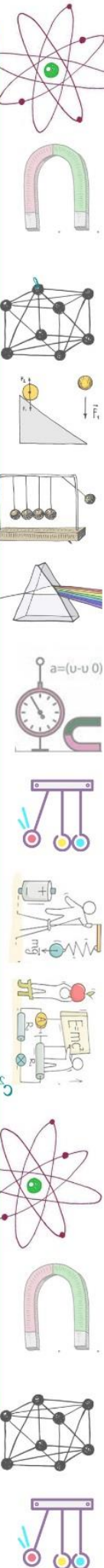
بررسی پدیده

مطابق شکل، نیروی خالص وارد بر یک مولکول مایع درون ظرف از طرف مولکول‌های اطراف آن صفر است. اما برای یک مولکول در سطح مایع، این نیرو به طرف داخل مایع درون ظرف است. به همین دلیل سطح مایع به صورت یک پوسته کشیده تمایل به کمینه کردن سطح خود دارد.



نکات:

- ۱- کره تنها شکل هندسی است که به ازای یک حجم معین، کم‌ترین سطح را دارد و کروی شدن قطره‌های آب در حال سقوط به همین دلیل است زیرا کشش سطحی باعث می‌شود تا کوچک‌ترین سطح، یعنی کره را ایجاد کند.
- ۲- با افزودن چند قطره مایع شوینده به آب و یا افزایش دمای مایع، نیروی هم‌چسبی و کشش سطحی کاهش خواهد یافت.

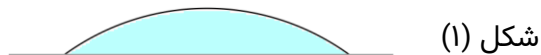




● **نیروی دگرچسبی:** به نیروی جاذبه بین مولکول‌های دو ماده مختلف که باهم در تماس‌اند، نیروی دگرچسبی می‌گوییم.

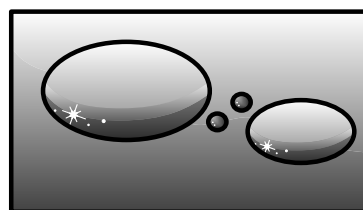
● ترشوندگی

اگر مایعی با سطحی در تماس باشد و نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و سطح بیش‌تر از نیروی هم‌چسبی مولکول‌های مایع باشد، مایع به صورت لایه‌ای روی سطح پهن می‌شود، به عبارتی سطح «تر» می‌شود مانند آب روی شیشه تمیز شکل (۱).



شکل (۱)

اما اگر نیروی هم‌چسبی مولکول‌های مایع بیش‌تر از نیروی دگرچسبی بین مایع و سطح باشد، مایع به صورت قطره‌های کروی قرار می‌گیرد مانند جیوه روی سطح شیشه (شکل ۲).



شکل (۲)

نکات:

- ۱- اگر به هر طریقی بتوانیم نیروی دگرچسبی را بین مایع و سطح کاهش دهیم، مانند چرب کردن سطح شیشه یا دوده اندود کردن آن، ممکن است، سطح تر نشود و مایع به صورت کروی باقی بماند.
- ۲- اگر به هر طریقی بتوانیم نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع را کاهش دهیم (مانند افزودن صابون یا مایع ظرفشویی به مایع یا افزایش دمای مایع) آنگاه ممکن است، نیروی دگرچسبی بر آن غلبه کند و سطح تر شود.

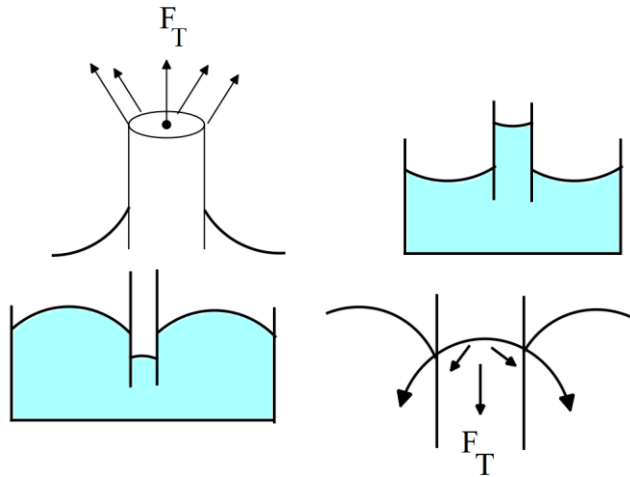
▼ اثر موینگی

در لوله‌های خیلی باریک، (با قطر داخلی حدود 0.1 mm) که در مایعی قرار می‌گیرند به دلیل تفاوت نیروی دگرچسبی (بین مولکول‌های مایع و سطح داخلی لوله) و هم‌چسبی (بین مولکول‌های خود مایع) مایع در لوله موین (نسبت به سطح مایع درون ظرف) بالا یا پایین می‌رود که در دو حالت زیر قابل بیان است:

- ۱- اگر نیروی دگرچسبی بین مایع و سطح داخلی لوله بیش‌تر از نیروی هم‌چسبی مولکول‌های مایع شود، ارتفاع مایع در لوله بالاتر رفته و سطح مایع، فرورفته (مقعر) است (شکل (۱)). مانند لوله موین شیشه‌ای تمیز در آب، به عبارت دیگر مولکول‌های مایع که به سطح داخلی لوله موین نزدیک‌ترند به طرف سطح داخلی کشیده می‌شوند و به همین دلیل سطح مایع فرو رفته خواهد بود.



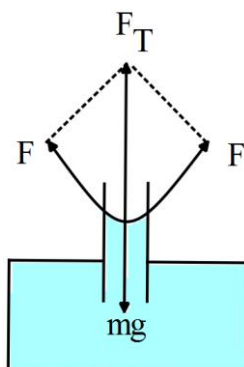
۲- اگر نیروی هم‌چسبی مولکول‌های مایع بیشتر از نیروی دگرچسبی سطح و مایع باشد، مایع در لوله پایین‌تر رفته و سطح مایع، برآمده (محدب) است. (شکل (۲)) مانند لوله‌ شیشه‌ای تمیز در جیوه، به عبارت دیگر مولکول‌های مایع که به سطح داخلی لوله موئین نزدیک‌ترند به طرف مرکز لوله کشیده می‌شوند و در سطح مایع برآمدگی ایجاد می‌کنند.



نیروی هم‌چسبی جیوه بیش‌تر از نیروی دگرچسبی جیوه با شیشه است. جیوه در لوله پایین‌تر و برآمده قرار می‌گیرد. شکل (۲)

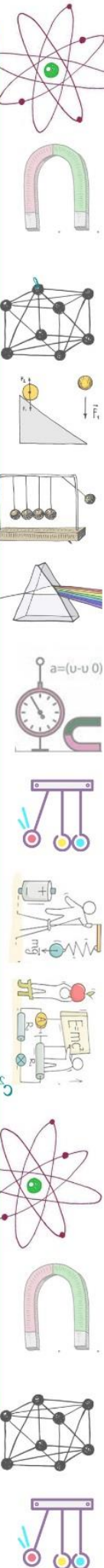
نکات:

- ۱- میزان جابه‌جایی مایع با قطر لوله نسبت عکس دارد. یعنی هر چه لوله باریک‌تر باشد، ارتفاع آب بیش‌تر و میزان پایین‌تر رفتن جیوه نیز بیش‌تر خواهد بود. (اختلاف ارتفاع سطح مایع درون ظرف با سطح مایع درون لوله موئین بیش‌تر خواهد بود).
- ۲- در لوله موئین، آب تا آنجا بالا می‌رود که وزن ستون آبی که بالاتر از سطح آب درون ظرف قرار می‌گیرد با برآیند نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و سطح داخلی لوله برابر شود. به همین دلیل است که در لوله‌های موئین که دارای قطرهای متفاوت هستند چون نیروی دگرچسبی بین مایع و لوله موئین یکسان است، لذا در لوله‌های با قطر کمتر برای این‌که نیروی دگرچسبی ثابت بماند ارتفاع مایع داخل لوله بیش‌تر افزایش پیدا می‌کند. ($F_t = mg$)



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

۴- اگر به هر طریقی مانند چرب کردن سطح داخلی لوله موئین شیشه‌ای در آب، نیروی دگرچسبی آن قدر کاهش یابد که نیروی هم‌چسبی بر آن غلبه کند، وضعیت آب درون لوله مانند جیوه خواهد شد.





تست ۵



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

(فارج ریاضی ۹۰)

(۱) در همه‌ی فاصله‌ها ربایشی است.

(۲) در همه‌ی فاصله‌ها رانشی است.

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

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

تست ۶



در کدام یک از پدیده‌های زیر کشش سطحی دخالت ندارد؟

(۱) ایستادن مورچه بر روی سطح آب

(۲) پخش شدن قطره‌ی آب روی سطح جامد

(۳) تشکیل حباب صابون

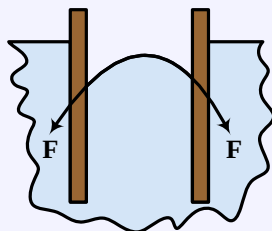
(۴) کروی بودن شکل قطره‌ی آب هنگام سقوط آزاد

تست ۷



شکل روبه‌رو، می‌تواند نشان دهنده‌ی لوله‌ی شیشه‌ای در درون باشد که در آن نیروی هم‌چسبی

..... از نیروی دگرچسبی است. (فارج ریاضی ۹۲)



(۲) آب - کم‌تر

(۱) جیوه - کم‌تر

(۴) آب - بیش‌تر

(۳) جیوه - بیش‌تر

تست ۸



لوله‌ی شیشه‌ای باریکی را که دو انتهای آن باز است به طور عمده تا نیمه وارد مایع درون ظرفی می‌کنیم

اگر نیروی دگرچسبی بیش‌تر از نیروی هم‌چسبی باشد. سطح مایع درون لوله از سطح مایع درون

(فارج تجربی ۹۴)

ظرف قرار می‌گیرد و سطح مایع در لوله به صورت در می‌آید.

(۱) پایین‌تر - فرورفته (۲) پایین‌تر - برآمده (۳) بالاتر - فرورفته (۴) بالاتر - برآمده

ویژگی فیزیکی مواد



فشار جسم جامد بر سطح



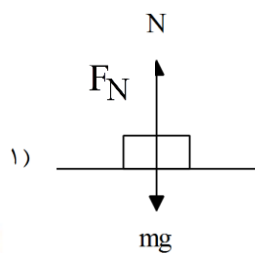
فشار بزرگی نیروی عمودی وارد بر واحد سطح است. فشار کمیت برداری نیست.

نیروی عمودی N

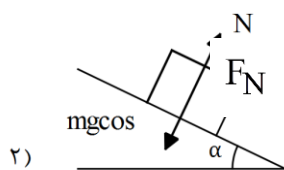
فشار $P = \frac{F_{\perp}}{A}$

مساحت m^2

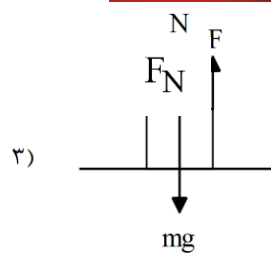
یا Pa یا $\frac{N}{m^2}$



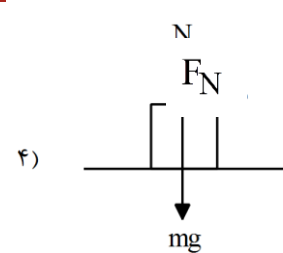
$$P = \frac{mg}{A}$$



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



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



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

نکته:

برای اجسام همگن فشار از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

شتاب گرانشی $\frac{m}{s^2}$

ارتفاع m

چگالی $\frac{kg}{m^3}$

فشار $P = \rho g h$

یا Pa

تست ۹

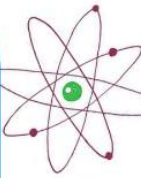
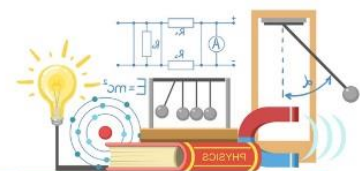
دو استوانه‌ی توپر و هم‌وزن A و B روی سطح افقی کنار هم قرار دارند اگر شعاع قاعده‌ی استوانه‌ی B برابر شعاع قاعده‌ی استوانه‌ی A باشد، فشار حاصل از استوانه‌ی A چند برابر فشار حاصل از استوانه‌ی B است؟ (ریاضی ۹۳)

۲ (۴)

۴ (۳)

۱ (۲)

۱ (۱)

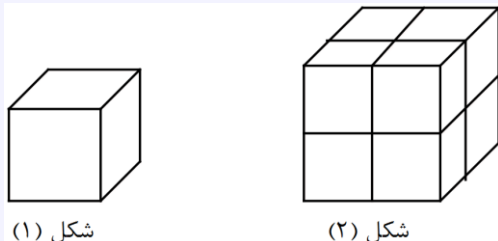




تست ۱۰

در شکل روبه‌رو مکعب شکل (۱) مشابه هریک از مکعب‌های شکل (۲) است بعد مکعب شکل (۱) کوچکتر شود. فشاری که مکعب‌های شکل (۲) بر سطح افقی وارد می‌کنند. چند برابر فشار حاصل از مکعب شکل

(۱) است؟ (تقریبی ۹۲)



شکل (۱)

شکل (۲)

- | | |
|-------|-------|
| (۱) ۸ | (۲) ۴ |
| (۳) ۲ | (۴) ۱ |

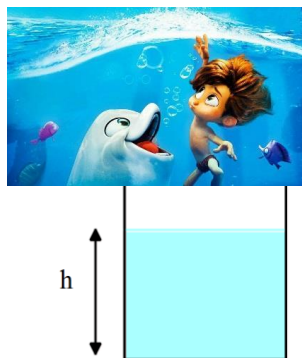
محاسبه فشار در شاره‌ها

شاره ساکن: هنگامی که مقداری شاره (مایع یا گاز) به حالت تعادل قرار دارند. مانند آب درون یک لیوان ساکن یا هوای لاستیک خودروی ساکن.

نکته:

با وجود این که شاره در حالت کلی ساکن است ولی مولکول‌های آن در حرکتند و به هر نقطه‌ای از یک سطح درون آن نیرو وارد می‌کنند همین نیرو عامل ایجاد فشار در شاره ساکن است. این نیرو همواره بر هر نقطه از سطح عمود است.

فشار حاصل از مایع:



$$P = \rho g h \rightarrow \text{ارتفاع } m \quad \text{شتاب گرانشی } m/s^2 \quad \text{چگالی } kg/m^3$$

$$g \approx 10 \frac{m}{s^2}$$

$$P = \rho g h + p. \rightarrow \text{فشار کل (Pa)}$$

$$p. = 1.0^5 \text{ Pa} = 1 \text{ atm} = 10^5$$

$$\Delta p = p - p. \quad \Delta p = \rho g h$$

نکته:

فشار مایع در هر نقطه به شکل ظرف بستگی ندارد.
تمام نقاط هم‌سطح در یک مایع هم فشارند.
نقاط هم‌سطح در دو مایع مختلف $\rightarrow p_2 < p_1$ (هر ماده‌ای که چگالی بیشتری دارد فشار کمتری دارد). $\rightarrow p_2 > p_1$



* فشار برحسب (Cm - Hg) سانتی متر جیوه: به ارتفاع جیوه برحسب سانتی متر، فشار برحسب سانتی متر جیوه می‌گوییم.

$$p. = 76 \text{ CmHg}$$

* ۱ تور = ۱ mmHg یا فشار هوا $P = h_{\text{CmHg}} + p.$ فشار برحسب CmHg
ارتفاع برحسب CmHg

$$p. = 75 \text{ CmHg}$$

نکته:

تبدیل پاسکال (Pa) $\longleftrightarrow$ CmHg

اگر $\rho = 13600$

$$\text{اگر } \rho = 13500 \Rightarrow \boxed{1350} \text{ Pa} \xrightleftharpoons[\times 1360]{\div 1360} \text{CmHg}$$

نکته:

تبدیل یک مایع به فشار جیوه برحسب Cm - Hg $\leftarrow h = \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} p_h = p_h$ جیوه $\Rightarrow$ مایع

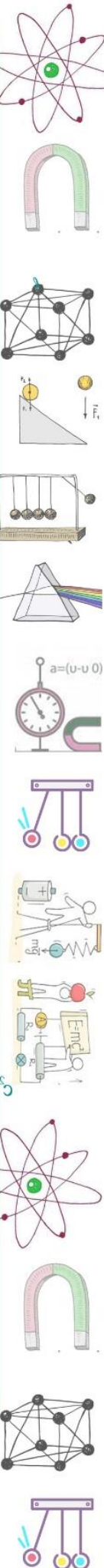
نکته:

تا ارتفاع ۲۰۰۰ متری از سطح زمین به ازای هر ۱۰ متر، فشار هوا یک میلی متر جیوه کاهش می‌یابد.

تست II

مکعبی به ضلع ۶۰ cm پر از آب است. اگر همه‌ی آب این مکعب را درون استوانه‌ای که مساحت قاعده‌ی آن ۰/۳۶ متر مربع است بریزیم فشاری که این آب در کف استوانه ایجاد می‌کند چند برابر فشاری است که در کف مکعب ایجاد می‌کند؟ (تقریبی ۹۶)

$$\pi \quad (1) \quad \frac{\pi}{2} \quad (2) \quad \sqrt{2} \quad (3) \quad 1 \quad (4)$$





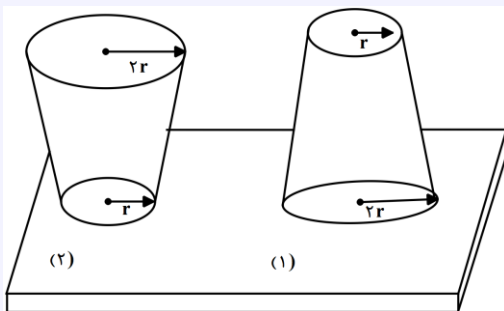
تست ۱۲

ابعاد ظرف استوانه‌ای B دو برابر ابعاد ظرف استوانه‌ای A است ظرف A را پر از آب می‌کنیم و هم جرم با آب در استوانه‌ای B جیوه می‌ریزیم. فشاری که آب بر کف ظرف A وارد می‌کند چند برابر فشاری که جیوه بر کف ظرف B وارد می‌کند؟ (فازبی تهری - ۹۶)

- (۱) $\frac{1}{13/6}$ (۲) $\frac{1}{4}$ (۳) $13/6$ (۴) ۴

تست ۱۳

در شکل روبه‌رو، حجم و عمق آب در دو ظرف پر از آب باهم برابر است. اگر نیرویی که ظرف‌ها به سطح افقی وارد می‌کنند به ترتیب F_1 و F_2 و فشار آب در کف ظرف‌ها P_1 و P_2 باشد کدام رابطه درست است؟ (جرم ظروف‌ها باهم برابر است) (ریاضی ۹۳)



- (۱) $P_1 = \frac{1}{4} P_2, F_1 = F_2$
 (۲) $P_1 = P_2, F_1 = 4 F_2$
 (۳) $P_1 = P_2, F_1 = F_2$
 (۴) $P_1 = 4 P_2, F_1 = \frac{1}{4} F_2$

تست ۱۴

سطح مقطع یک ظرف استوانه‌ای 20 cm^2 است و در آن تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر آب ریخته شده است. روی آب چند گرم روغن با چگالی $\frac{g}{\text{cm}^3} = 0.6$ بریزیم تا فشار حاصل از این دو مایع در کف استوانه برابر ۲۰۰۰ پاسکال شود؟ (فازج ریاضی ۹۵) $\left(\rho = 1 \frac{g}{\text{cm}^3}, g = 10 \frac{m}{s^2} \right)$

- (۱) ۱۰۰ (۲) ۱۲۰ (۳) ۲۰۰ (۴) ۲۴۰



تست ۱۵



اگر در عمق ۵ سانتی متی مایعی فشار ۱۰۰ کیلوپاسکال و در عمق ۲۰ سانتی متری آن فشار ۱۰۶

کیلوپاسکال باشد، فشار هوا در محیط چند کیلوپاسکال است؟ $(g = 10 \frac{m}{s^2})$ (کنکور سراسری ریاضی و فیزیک دافل ۱۴۰۰)

۹۹ (۴)

۹۸ (۳)

۹۷ (۲)

۹۶ (۱)



تست ۱۶



در مکانی که فشار هوا $1/0.26 \times 10^5 Pa$ است، اگر از عمق ۱۰ سانتی متری مایعی، به عمق ۵۳ سانتی متری

برویم، فشار هوا ۱/۵ برابر می شود. چگالی مایع چند گرم بر سانتی متر مکعب است؟ $(g = 10 \frac{m}{s^2})$

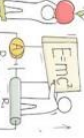
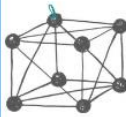
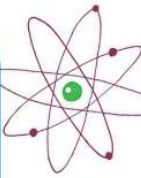
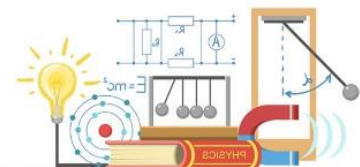
(کنکور سراسری علوم تجربی دافل ۱۴۰۰)

۱۳/۸ (۴)

۱۳/۵ (۳)

۲/۶ (۲)

۲/۵ (۱)





تست ۱۷

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

(ریاضی ۹۵)

۹۷۵۰ (۴)

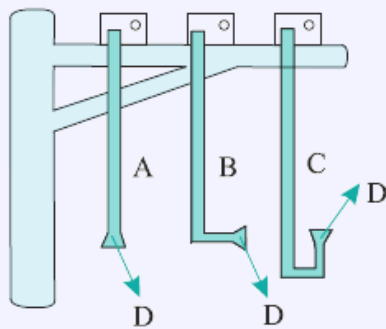
۹۰۰۰ (۳)

۶۷۵۰ (۲)

۶۰۰۰ (۱)

تست ۱۸

در شکل روبه‌رو، سه فشارسنج فشاری را اندازه می‌گیرند که بر غشای کوچک D در عمق معینی از یک دریاچه وارد می‌شود. کدام رابطه بین فشارهای اندازه‌گیری شده درست است؟ (ریاضی فارغ ۹۲)



$P_A = P_B = P_C$ (۱)

$P_A = P_B > P_C$ (۲)

$P_A < P_B < P_C$ (۳)

$P_A = P_C > P_B$ (۴)



تست ۱۹



اگر در مکانی، فشار هوا برابر ۷۶ سانتی متر جیوه باشد، فشار در عمق ۱۳۶ سانتی متری آب رودخانه

چند سانتی متر جیوه است؟ ($\rho_{\text{آب}} = 1000 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{جیوه}} = 13600 \text{ kg/m}^3$) (ریاضی تاراج ۹۳)

- ۸۲ (۱) ۸۶ (۲) ۹۲ (۳) ۹۶ (۴)

تست ۲۰



در ارتفاع حدود ۳۰۰۰ متری از سطح دریا، فشار هوا ۶۸ Pa است. این فشار، چند سانتی متر جیوه است؟

($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$ و چگالی جیوه $\frac{13}{6} \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$) (کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داخل ۱۴۰۱)

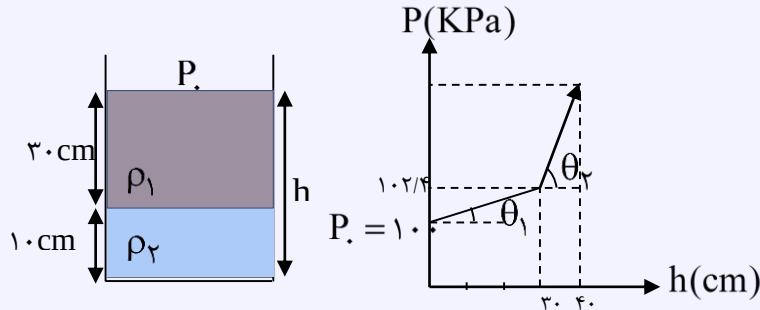
- ۶۰ (۱) ۵۵ (۲) ۵۰ (۳) ۴۵ (۴)





تست ۲۱

در ظرفی مطابق شکل زیر، دو مایع مخلوط نشدنی وجود دارد. اگر نمودار تغییرات فشار بر حسب عمق دو مایع مطابق شکل زیر باشد و $\tan \theta_2 = 17 \tan \theta_1$ باشد، ρ_1 و ρ_2 در SI کدام‌اند؟ (ریاضی خارج ۹۶)



(۱) ۶۰۰ و ۱۰۲۰۰

(۲) ۷۵۰ و ۱۲۷۵۰

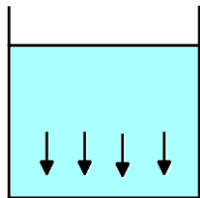
(۳) ۸۰۰ و ۱۳۵۰۰

(۴) ۸۰۰ و ۱۳۶۰۰

ویژگی فیزیکی مواد

نیروی مایع

نیروی مایع بر سطح ظرف (کف):



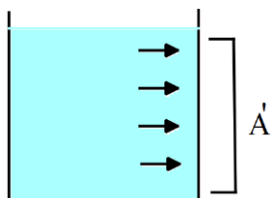
$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow F = PA$$



$F = \rho ghA$ نیروی مایع بر کف ظرف

$F = PA$ $F = (\rho gh + p)A$ نیروی کلی وارد بر کف ظرف

نیروی مایع به جداره ظرف:



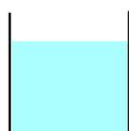
$$\bar{F} = \frac{1}{2} \rho ghA' \rightarrow \text{مساحت دیواره ظرف}$$

نکته:

نیروی مایع علاوه بر فشار مایع به مساحت ظرف تحت فشار بستگی دارد.

نکته:

مقایسه نیروی مایع با وزن مایع داخل ظرف



(۱)

$$F = mg$$



(۲)

$$F < mg$$



(۳)

$$F > mg$$

به طور کلی می توان گفت:

(۱) اگر سطح مقطع ظرف یکسان باشد $F = mg$

(۲) اگر دهانه ظرف به طرف بالا باز شود $F < mg$

(۳) اگر دهانه ظرف به طرف بالا باریک شود $F > mg$

تست ۲۲

استوانه‌ای A پر از آب است نیرویی که آب بر کف استوانه وارد می کند F_A و فشار حاصل از آب در کف استوانه P_A است اگر ابعاد استوانه‌ی B نصف ابعاد استوانه‌ی A باشد و آن را هم از آب پر کنیم، نیرو و فشار مورد نظر به ترتیب F_B و P_B می باشد. نسبت های $\frac{F_A}{F_B}$ و $\frac{P_A}{P_B}$ به ترتیب از راست به چپ

کدام اند؟ (ریاضی ۹۴)

۴ و ۸ (۲)

۸ و ۸ (۳)

۲ و ۴ (۲)

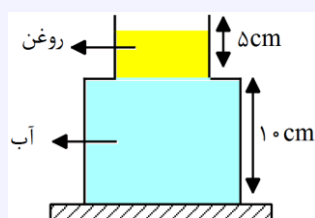
۲ و ۲ (۱)

تست ۲۳

در شکل مقابل، ظرف از دو قسمت استوانه‌ای تشکیل شده است که سطح مقطع استوانه‌ها 10 cm^2 و 50 cm^2 است. نیرویی که از طرف مایع ها بر کف ظرف وارد می شود، چند نیوتن است؟ (چگالی روغن و

(ریاضی خارج ۹۴)

آب به ترتیب 0.8 gr/cm^3 و 1 gr/cm^3 است و $g = 10 \text{ m/s}^2$)



۶/۶ (۲)

۵/۴ (۱)

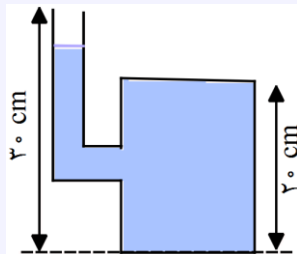
۷ (۴)

۶ (۳)



تست ۲۴

در شکل مقابل، لوله‌ی باریکی به یک مخزن متصل شده است. مساحت کف مخزن 100 cm^2 است. اگر داخل لوله و مخزن مایعی به چگالی $800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ باشد نیرویی که از طرف مایع به کف ظرف وارد می‌شود



چند نیوتن است؟ $(g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2})$ (فارج ریاضی ۹۲)

۱۶۰ (۲)

۲۴۰ (۱)

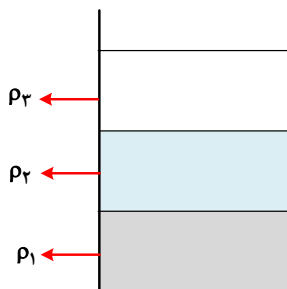
۱۶ (۴)

۲۴ (۳)

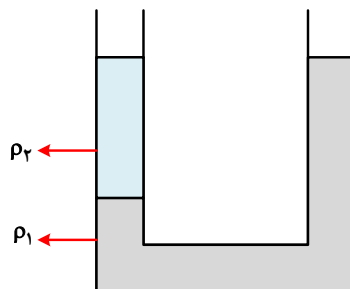


تعادل مایعات مخلوط نشدنی

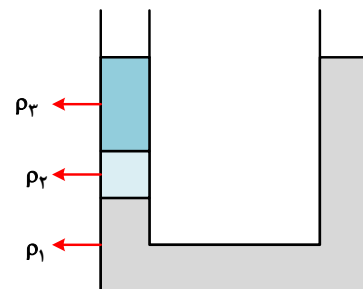
۱- اگر در یک ظرف چند مایع مخلوط نشدنی بریزیم مایع پایینی دارای بیش‌ترین چگالی خواهد بود (هر مایع که چگال‌تر است پایین‌تر می‌رود).



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

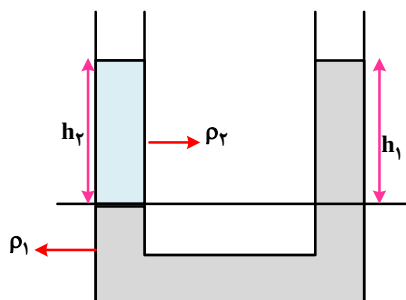


$$\rho_1 > \rho_2$$

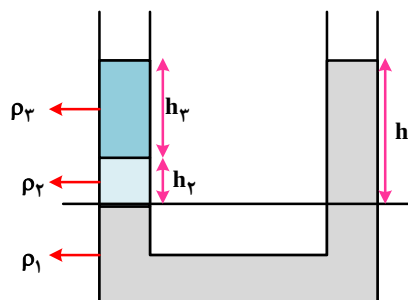


$$\rho_1 > \rho_2 > \rho_3$$

۲- اگر چند مایع مخلوط نشدنی در لوله‌ی U شکل ریخته شود در پایین‌ترین فصل مشترک مایع‌ها یک خط افقی رسم می‌کنیم و داریم:



$$\rho_2 h_2 = \rho_1 h_1$$

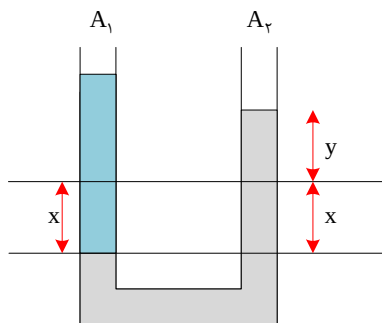
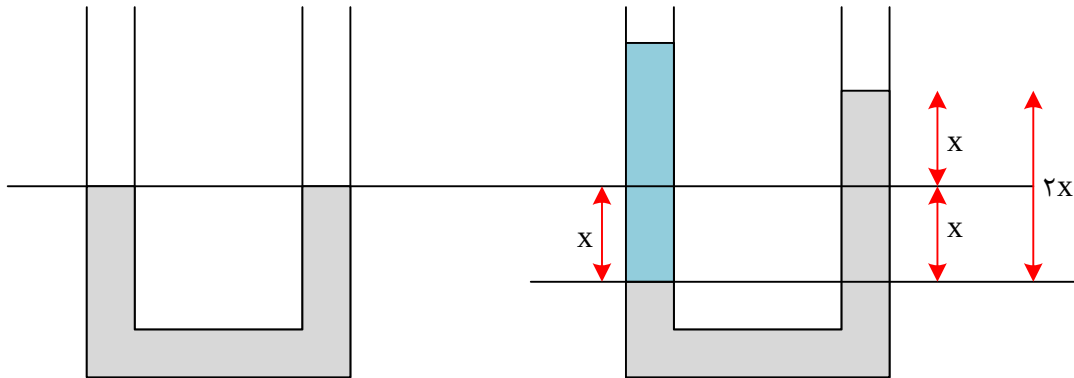


$$\rho_2 h_2 + \rho_3 h_3 = \rho_1 h_1$$



نکته:

اگر در لوله‌ی U شکل که در تمام طول آن به سطح مقطع یکسان است، مایعی به حال تعادل قرار داشته باشد و مایع دیگری در یک دهانه مثلاً دهانه‌ی سمت چپ مطابق شکل بریزیم و مایع در این شاخه به اندازه x پایین رود، در شاخه سمت راست به همان اندازه نسبت به تراز اولیه بالا می‌رود و در تعادل جدید ارتفاع مایع در شاخه سمت راست به اندازه $2x$ خواهد بود.



حال اگر سطح مقطع در دو طرف لوله یکسان نباشد.

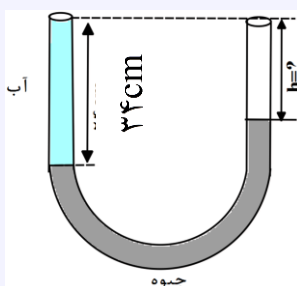
$$xA_1 = yA_2$$

حجم بالا رفته در سمت راست = حجم پایین رانده شده در سمت چپ

تست ۲۵

در شکل روبه‌رو، h چند سانتی‌متر است؟ ($\rho = 1 \frac{g}{cm^3}$ آب، $\rho = 13/6 \frac{g}{cm^3}$ جیوه)

(فارج ریاضی ۹۱)



۲۹ (۲)

۲۷/۵ (۱)

۳۱/۵ (۴)

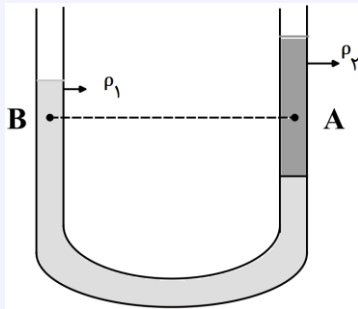
۳۰ (۳)



تست ۲۶

در شکل زیر، درون لوله U شکل دو مایع مخلوط نشدنی با چگالی‌های ρ_1 و ρ_2 ریخته شده و فشار در نقطه A و B درون مایع به ترتیب P_A و P_B است کدام رابطه در این مورد درست است؟

(فارج تمبری ۹۵)



$$P_B < P_A, \rho_2 > \rho_1 \quad (۱)$$

$$P_B > P_A, \rho_2 > \rho_1 \quad (۲)$$

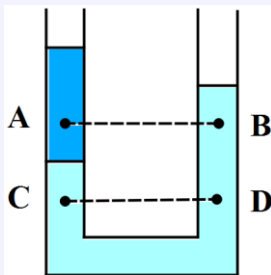
$$P_B < P_A, \rho_2 < \rho_1 \quad (۳)$$

$$P_B > P_A, \rho_2 < \rho_1 \quad (۴)$$

تست ۲۷

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

(تمبری داخل ۹۵)



$$P_C < P_D, P_A = P_B \quad (۱)$$

$$P_C < P_D, P_A < P_B \quad (۲)$$

$$P_C = P_D, P_A = P_B \quad (۳)$$

$$P_C = P_D, P_A > P_B \quad (۴)$$

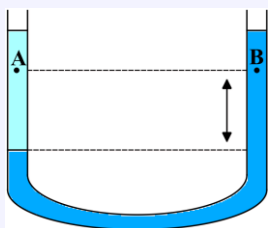


تست ۲۸



در شکل روبه‌رو دو مایع مخلوط نشدنی به چگالی‌های $۸۰۰ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ و $۱۰۰۰ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ در یک لوله‌ی U شکل قرار دارند. اگر فشار در نقطه‌های A و B به ترتیب P_A و P_B باشد کدام رابطه در SI برقرار است؟

(فارج تهری ۹۴)



$$(g = ۱۰ \frac{\text{N}}{\text{kg}})$$

$$P_A = \frac{4}{5} P_B \quad (۲)$$

$$P_A = P_B \quad (۱)$$

$$P_A = P_B + ۱۰۰ \quad (۴)$$

$$P_A = P_B - ۱۰۰ \quad (۳)$$

تست ۲۹



در یک لوله‌ی U شکل، تا ارتفاع معینی جیوه وجود دارد. اگر در یکی از شاخه‌ها روی جیوه آب بریزیم تا ستون آب به $۲۱/۶$ سانتی‌متر برسد، سطح جیوه در شاخه‌ی مقابل، نسبت به وضعیت اولیه، چند سانتی‌متر بالا می‌رود؟ (چگالی آب و جیوه به ترتیب $۱ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ و $۱۳/۵ \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ است و قطر لوله در همه جا یکسان است.)

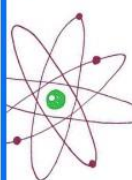
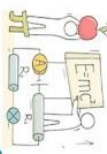
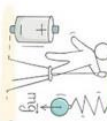
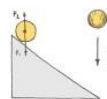
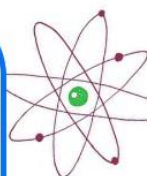
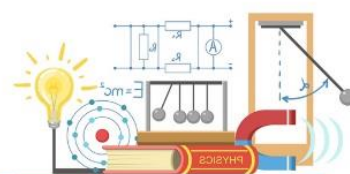
(تهری ۹۰)

$$۳/۲ \quad (۴)$$

$$۰/۴ \quad (۳)$$

$$۱/۶ \quad (۲)$$

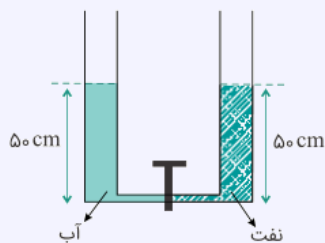
$$۰/۸ \quad (۱)$$





تست ۳۰

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



(۱) ۷۶

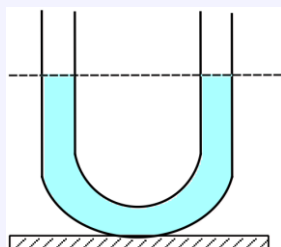
(۲) ۶۹/۵

(۳) ۷۴/۵

(۴) ۶۸

تست ۳۱

در یک لوله U شکل که مساحت قاعده شاخه‌های سمت راست و چپ آن به ترتیب 5 cm^2 و 2 cm^2 است، مطابق شکل مقابل، آب وجود دارد. در شاخه سمت چپ چند گرم روغن بریزیم تا سطح آب در شاخه سمت راست ۴ سانتی‌متر بالا رود؟ ($g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$, $\rho_{\text{روغن}} = 0.8 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$, $\rho_{\text{آب}} = 1 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$) (ریاضی خارج ۹۶)



(۲) ۲۸

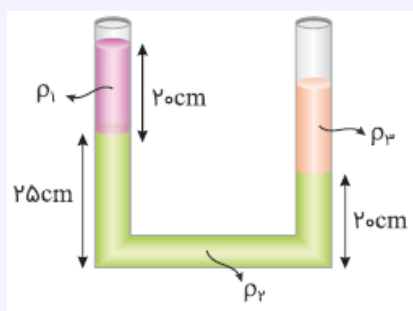
(۱) ۱۷/۵

(۴) ۷۰

(۳) ۳۵

تست ۳۲

در شکل زیر، سه مایع مخلوط نشدنی به چگالی‌های $\rho_1 = 0.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ ، $\rho_2 = 2.4 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ و مایع سوم با چگالی ρ_3 به حالت تعادل قرار دارند. اگر سطح مقطع لوله 2 cm^2 باشد، جرم مایع سوم چند گرم است؟ (کنکور سراسری علوم تجربی خارج از کشور ۱۴۰۰)



(۲) ۴۸

(۱) ۵۶

(۴) ۳۵

(۳) ۴۲

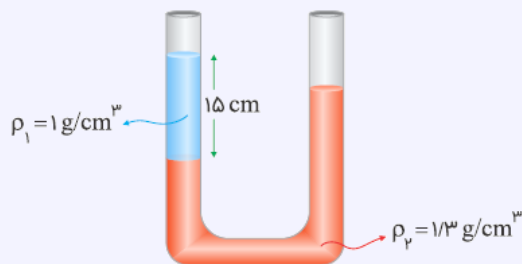


تست ۳۳



در شکل زیر، سطح مقطع لوله 1 cm^2 است. در سمت راست لوله، چند سانتی متر مکعب مایع مخلوط نشدنی به چگالی $\rho_3 = 0.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ بریزیم تا سطح آزاد مایع‌ها در دو طرف لوله در یک سطح باشد؟

(کنکور سراسری علوم تجربی دافل ۱۴۰۱)

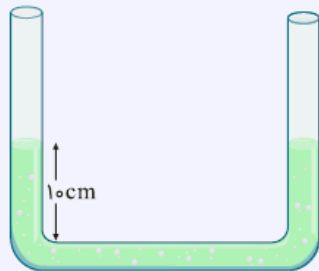


- | | |
|---------|---------|
| ۷/۲ (۲) | ۳/۵ (۱) |
| ۱۲ (۴) | ۹ (۳) |

تست ۳۴



در شکل زیر، سطح مقطع لوله 2 cm^2 است و در آن آب با چگالی $\rho_1 = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ قرار دارد. روی آب، در یک طرف 20 cm^3 مایع مخلوط نشدنی با چگالی $\rho_2 = 0.8 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ می‌ریزیم. در لوله مقابل چند سانتی متر مکعب مایع مخلوط نشدنی دیگری با چگالی $\rho_3 = 0.75 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$ بریزیم، تا سطح آزاد مایع‌ها در دو شاخه لوله در یک سطح باشد؟ (کنکور سراسری علوم تجربی خارج از کشور ۱۴۰۱)



- | | |
|--------|----------|
| ۱۲ (۲) | ۸ (۱) |
| ۱۶ (۴) | ۱۲/۸ (۳) |

تغییرات فشار هوا در اطراف زمین

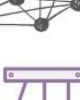
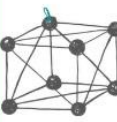


نیروی جاذبه‌ی (گرانش) زمین باعث نگهداری هوا در اطراف خود و تشکیل جو می‌شود که تا حدود 10 km از سطح زمین ادامه دارد.

نکته:



نیروی جاذبه و شتاب گرانش زمین (g) با دور شدن از سطح زمین (افزایش ارتفاع) کاهش می‌یابد در نتیجه چگالی و فشار هوا نیز کاهش می‌یابد (لایه‌های زیرین هوا نسبت به لایه‌های بالاتر، متراکم‌تر هستند).





نکته:

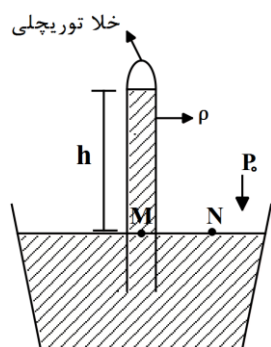
کاهش فشار هوا با افزایش ارتفاع، به طور یکنواخت کاهش نمی‌یابد، بلکه در ارتفاعات بالاتر، کاهش فشار هوا شدیدتر رخ می‌دهد. (دلیلش این است که کاهش g نیز به همین طور است).

نکته:

تا ارتفاع ۲ کیلومتری سطح زمین چگالی هوا تقریباً ثابت است تا ارتفاع ۲۰۰۰ متری از سطح زمین به ازای هر ۱۰ متر، فشار هوا تقریباً 1mmHg کاهش می‌یابد.

● **جوسنج (بارومتر):** وسیله‌ای ساده‌ای است که برای اندازه‌گیری فشار جو به کار می‌رود این ابزار شامل یک لوله‌ی شیشه‌ای بلند سربسته حدود 80cm و تشت جیوه است.

● **آزمایش توریچلی (نحوه کار بارومتر):** توریچلی یک لوله‌ی آزمایش حدود یک متر را پر از جیوه کرد و در حالی که با انگشتش دهانه‌ی لوله را بسته بود، آن را به طور وارونه وارد تشت پر از جیوه کرد. پس از مدتی جیوه در لوله کمی پایین آمده و در ارتفاع معینی ثابت ماند. او چنین استدلال کرد عاملی که باعث شد تا جیوه در این ارتفاع ثابت بماند فشار هوای محیط است. با توجه به یکسان بودن فشار در نقاط هم‌تراز M و N داریم:



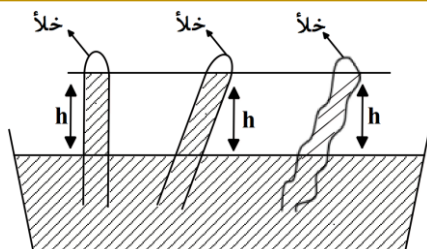
$$P_M = P_N = P_e = \rho gh$$

نکته:

این ارتفاع در نقاط هم‌سطح دریا معادل ۷۶ سانتی‌متر جیوه است. (معادل فشار هوا)

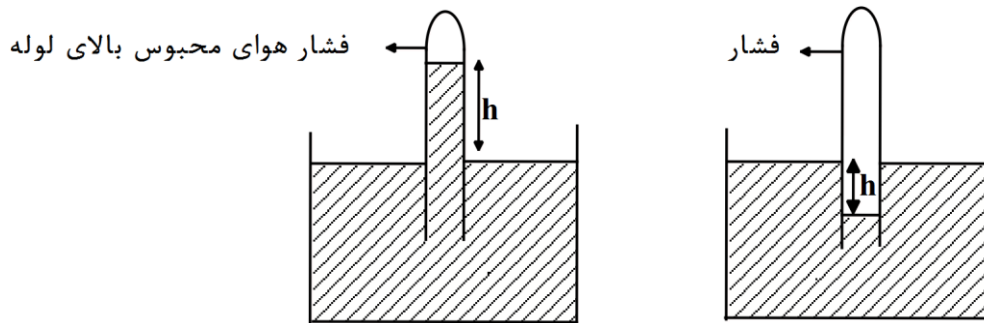
نکته:

در این آزمایش فشار فضای بالای لوله تقریباً صفر است (خلأ نسبی توریچلی). ارتفاع مایع در داخل لوله برای یک مایع معین به نحوه قرار گرفتن لوله، سطح مقطع لوله، شکل لوله بستگی ندارد و فقط به ارتفاع بستگی دارد.





نکته:

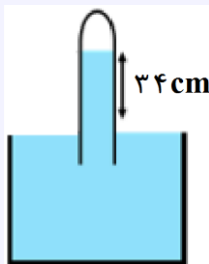


$P = P_0 - h_{\text{CmHg}}$ فشار بر حسب CmHg $P = P_0 + h_{\text{CmHg}}$ فشار بر حسب CmHg

تست ۳۵

در شکل روبه‌رو، فشار گاز جمع شده در انتهای لوله، ۷۲ سانتی‌متر جیوه است. چگالی آب $\frac{1}{3} \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$ و چگالی

جیوه $\frac{13}{6} \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$ است. اگر اختلاف سطح آب در لوله و ظرف ۳۴ cm باشد، فشار هوا چند سانتی‌متر



جیوه است؟ (تقریبی ۹۳)

(۲) ۷۴ / ۵

(۱) ۷۶

(۴) ۶۸

(۳) ۶۹ / ۵



فشارسنج (مانومتر)

وسیله‌ای است که برای اندازه‌گیری فشار گاز مخزن استفاده می‌شود. اختلاف فشار هوا و فشار گاز داخل محفظه باعث می‌شود که مایع در دو طرف لوله U شکل در یک سطح قرار نگیرد. با این اختلاف فشار، فشار پیمانه‌ای می‌گوییم.

نکته:

فشار واقعی گاز مخزن، فشار مطلق نامیده می‌شود.

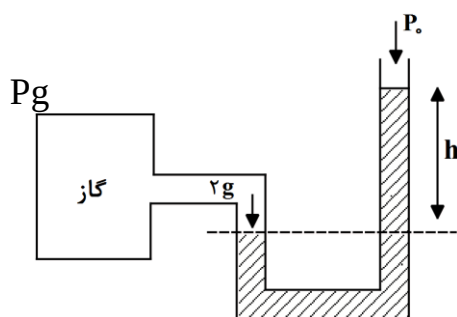


نکته:

فشار خون که توسط فشارسنج پزشکی و فشار هوای درون لاستیک خودرو که اندازه‌گیری می‌شود همان فشار پیمانه‌ای (اختلاف فشار خون یا هوای درون لاستیک با فشار هوا) است.

نکته:

اگر فشار مخزن گاز بیش‌تر از فشار هوای محیط باشد مایع درون لوله مطابق شکل خواهد بود در این حالت فشار پیمانه‌ای مثبت است.

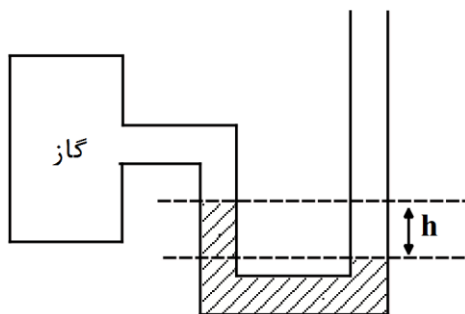


$$\Delta P = +\rho gh$$

$$P = p. + \rho gh \quad \text{فشار بر حسب } P_a$$

$$P = p. + h_{\text{CmHg}} \quad \text{فشار } \text{CmHg}$$

اگر فشار گاز کم‌تر از فشار هوای محیط باشد، در این صورت فشار پیمانه‌ای منفی است.



$$\Delta P = +\rho gh$$

$$P = p. - \rho gh \quad \text{فشار بر حسب } P_a$$

$$P = p. - h_{\text{CmHg}} \quad \text{فشار } \text{CmHg}$$

تست ۳۶



فشار لاستیک باد شده‌ای، ۲۲۰ کیلو پاسکال اندازه‌گیری می‌شود این فشار

(فارج ریاضی ۹۱)

$$\left(\rho = 13.6 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}, g = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) \quad \text{جیوه}$$

۱) فشار مطلق است و معادل ۲۲ اتمسفر است.

۲) فشار پیمانه‌ای است و معادل ۲۲ اتمسفر است.

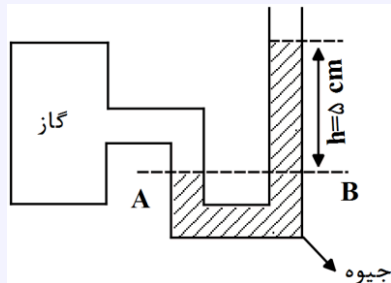
۳) فشار پیمانه‌ای است و تقریباً معادل ۱۶۲ CmHg است.

۴) فشار مطلق است و تقریباً معادل ۱۶۲ CmHg است.



تست ۳۷

در شکل روبرو فشار پیمانه‌ای گاز چند پاسکال است؟ ($\rho = 13/6 \frac{g}{cm^3}$, $g = 10 \frac{m}{s^2}$) (جیوه)

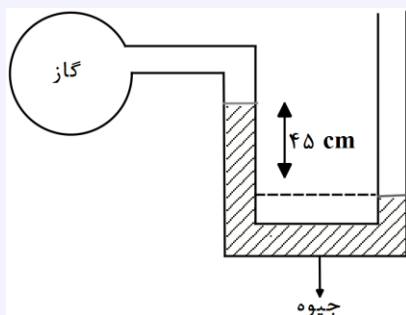


- (۱) ۵
(۲) ۸
(۳) ۶۸۰۰
(۴) ۱۰۶۸۰۰

تست ۳۸

در شکل روبرو، اگر فشار هوا 10^5 پاسکال و چگالی جیوه $13600 \frac{kg}{m^3}$ باشد، فشار گاز درون ظرف چند

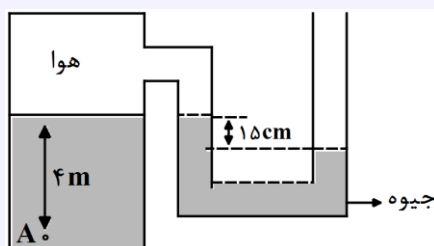
(فارج ریاضی ۹۵)



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

تست ۳۹

فشار در نقطه A چند کیلوپاسکال است؟ (چگالی آب $1000 \frac{kg}{m^3}$ ، چگالی جیوه $13600 \frac{kg}{m^3}$ ، فشار هوای بیرون $10^5 Pa$ و $g = 10 N/kg$ است.) (تجربی ۹۴)



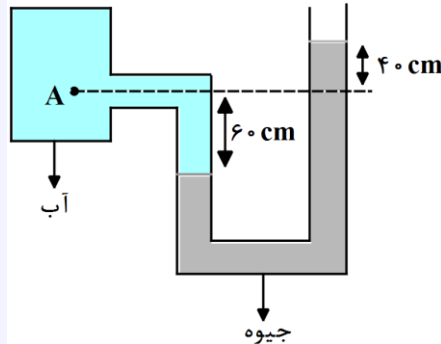
- (۱) ۷۹/۶
(۲) ۱۱۹/۶
(۳) ۶۸/۴
(۴) ۱۲۰/۴



تست ۴۰

در شکل روبه‌رو، اختلاف فشار نقطه‌ی A و فشار هوا چند کیلوپاسکال است؟ $\rho = 13/6 \frac{g}{cm^3}$ و جیوه و

(ریاضی ۹۴)



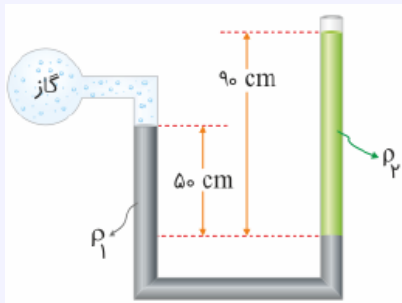
$$(g = 10 \frac{N}{Kg} \text{ و } \rho = 1 \frac{g}{cm^3})$$

- | | |
|---------|----------|
| ۱۳۶ (۲) | ۱۳/۶ (۱) |
| ۶۰ (۴) | ۱۳۰ (۳) |

تست ۴۱

در شکل زیر، دو مایع به حالت تعادل قرار دارند. اگر چگالی آن‌ها $\rho_1 = 1/2 \frac{g}{cm^3}$ و $\rho_2 = 1 \frac{g}{cm^3}$ باشد.

فشار پیمانه‌ای گاز چند پاسکال است؟ $(g = 10 \frac{N}{kg})$ (کنکور سراسری ریاضی و فیزیک داف ۱۴۰۰)

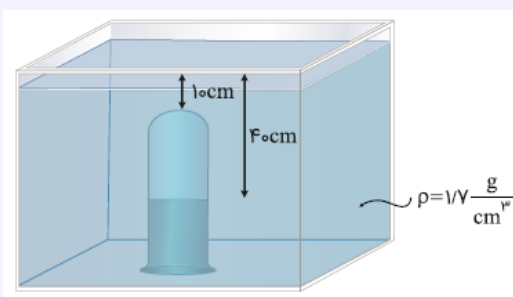


- | | |
|----------|----------|
| ۳۶۰۰ (۲) | ۳۰۰۰ (۱) |
| ۵۸۰۰ (۴) | ۵۰۰۰ (۳) |

تست ۴۲

در شکل زیر فشار پیمانه‌ای گاز محبوس در لوله چند سانتی‌متر جیوه است؟

(کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۱) $(\rho = 13/6 \frac{g}{cm^3}, g = 10 \frac{N}{kg})$



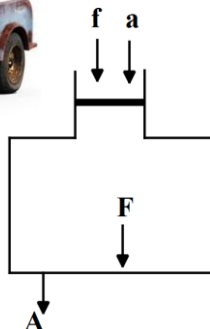
- | | |
|--------|--------|
| ۱۲ (۲) | ۵ (۱) |
| ۸۱ (۴) | ۷۱ (۳) |



اصل پاسکال



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



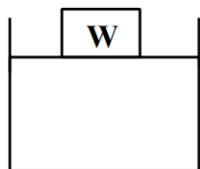
$$\Delta P_a = \Delta P_A$$

$$\frac{f}{a} = \frac{F}{A}$$

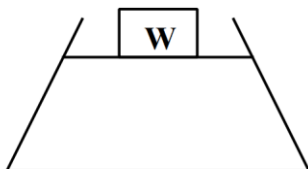
• اثر شناور کردن یک جسم بر سطح مایع:

اگر جسمی شناور مثلاً قطعه چوبی به وزن W را روی سطح آزاد مایعی قرار دهیم، فشار معادل $\Delta P = \frac{W}{A}$ بر سطح مایع افزوده می‌شود که A معادل سطح آزاد مایع است. طبق اصل پاسکال این فشار عیناً بر تمام از

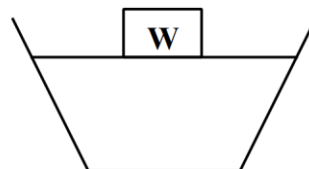
جمله ته ظرف وارد می‌شود بسته به شکل ۳ حالت می‌توان تصور کرد.



(۱)



(۲)



(۳)

(۱) اگر سطح مقطع ظرف یکسان باشد (شکل ۱) افزایش نیرو بر ته ظرف معادل وزن جسم خواهد بود.

$$\Delta F = W$$

(۲) اگر سطح ظرف رو به بالا کوچک شود (شکل ۲) افزایش نیرو بر ته ظرف بیش‌تر از وزن جسم خواهد بود.

$$\Delta F > W$$

(۳) اگر سطح ظرف رو به بالا بزرگ شود (شکل ۳) افزایش نیرو بر ته ظرف کمتر از وزن جسم خواهد بود.

$$\Delta F < W$$



نکته:

برعکس اگر جسم شناور را برداریم در این صورت کاهش نیرو در ته ظرف شکل (۱) برابر W و در ته ظرف شکل (۲) بیش‌تر از W و در ته ظرف شکل (۳) کوچک‌تر از W خواهد بود.





شناوری و اصل ارشمیدس

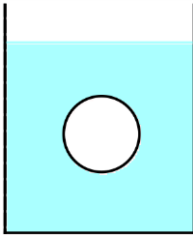


اصل ارشمیدس و محاسبه نیروی شناور

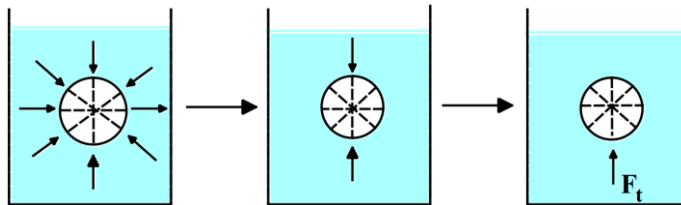


یک جسم کروی را درون یک مایع به صورت غوطه‌ور فرض کنید. با توجه به این اصل که هرچه عمق بیش‌تر باشد، فشار و نیروی وارد بر جسم بیش‌تر است، می‌توان چنین گفت:

۱- نیروی وارد بر هر جزء کره عمود بر کره و به سمت مرکز آن است.

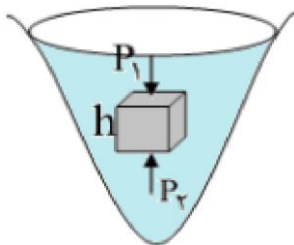


۲- از قسمت بالای کره هر چه به طرف پایین برویم فشار و نیرو بیش‌تر می‌شود. در نتیجه برآیند نیروهای وارد بر کره در نیمه بالایی به طرف پایین و در نیمه پایینی به طرف بالاست از طرفی نیروی وارد بر نیمه پایینی بیش‌تر از نیمه بالایی است در نتیجه نیروی خالصی به طرف بالا بر کره وارد خواهد شد. این تحلیل اساس اصل ارشمیدس است.



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

● **اثبات رابطه:** جسمی مکعبی به ارتفاع h و سطح A در شاره را مطابق شکل در نظر می‌گیریم، وضعیت نیروهای افقی و قائم وارد بر جسم را بررسی می‌کنیم:

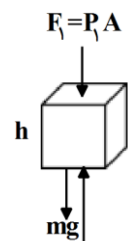


۱- نیروهای افقی وارد بر جسم همگی عمود بر سطوح جانبی در دو وجه مقابل در سوی مخالف هم هستند. بنابراین برآیند نیروها در راستای افقی صفر است.

۲- نیروهای عمودی بر جسم دو نیرو به سطح بالایی برابر $F_1 = P_1 A$ و بر سطح پایینی $F_2 = P_2 A$ وارد می‌شود. بنابراین داریم:

$$F_t = F_2 - F_1 = (P_2 - P_1)A = \rho'ghA \xrightarrow{hA=V} F_t = \rho'Vg$$

که $\rho'Vg$ برابر وزن شاره جابه‌جا شده است (ρ' چگالی شاره و V حجم جسم است که به همین اندازه شاره را جابه‌جا کرده است).





نیروی شناوری (برابر وزن شارۀ جابه‌جا شده) از طرف شارهای معین، صرفاً به حجم شارهای که جسم جابه‌جا می‌کند بستگی دارد و به جنس و شکل جسم وابسته نیست.

• بررسی قانون سوم نیوتن در پدیده شناوری:

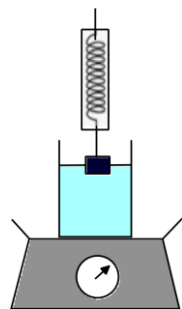
مطابق شکل درون ظرفی آب ریخته شده و روی یک باسکول قرار دارد. اگر انگشت دست خود را وارد آب کنیم از طرف آب نیروی شناوری (F_b) به طرف بالا بر انگشت وارد می‌شود. طبق قانون سوم نیوتن به همان اندازه نیز از طرف انگشت بر آب نیرویی به طرف پایین وارد خواهد شد.



(درست مانند حالتی که با انگشت خود بر سطح میز نیرو وارد می‌کنیم). بنابراین پس از وارد کردن انگشت به درون آب، باسکول عدد بیشتری نشان خواهد داد. (به اندازه F_b)



مثال: مطابق شکل، یک قطعه آهنی را به نیروسنجی بسته و نیروسنج را با دستمان گرفته‌ایم و به تدریج جسم را به داخل آب ظرفی که روی یک باسکول قرار دارد، فرو می‌بریم، در طی فرو بردن قطعه در آب، نیروسنج و باسکول چه تغییری خواهند کرد؟

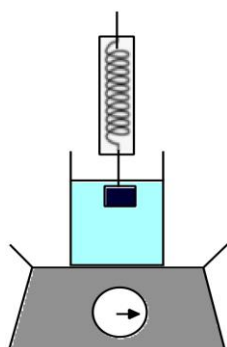


(۱)

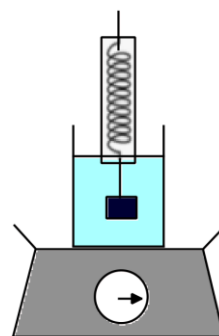
حل: ۱- وقتی که بخشی از قطعه درون آب قرار دارد نیروی شناوری به طرف بالا بر قطعه وارد شده و نیروسنج عددی کمتر از وزن قطعه را نشان می‌دهد. (انگار کمی سبک‌تر شده است). طبق قانون سوم نیوتن (شکل ۱) در عوض به همان اندازه (نیروی شناوری) نیرو به مایع وارد می‌شود و باسکول عدد بیشتری را نشان می‌دهد.

۲- فرو بردن تدریجی قطعه در آب، حجم آبی که جابه‌جا می‌شود بیشتر شده در نتیجه نیروی شناوری نیز افزایش می‌یابد. (شکل ۱)

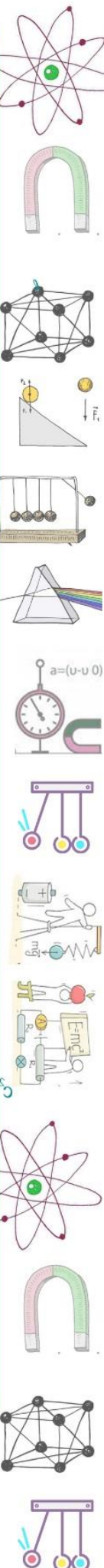
۳- وقتی تمام قطعه داخل آب قرار دارد با فرو رفتن بیشتر در شار (بدون این‌که به کف ظرف بچسبد) نیروی شناوری تغییر نمی‌کند. (چون حجم شارۀ جابه‌جا شده که معادل حجم قطعه است ثابت است). (شکل‌های ۲ و ۳)



(۲)

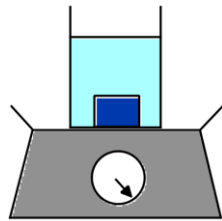


(۳)





۴- هنگامی که قطعه را از نیروسنج جدا کنیم و داخل آب بیاندازیم باسکول وزن مجموعه ظرف، آب و قطعه را نشان خواهد داد (چون چگالی قطعه از آب بیش‌تر است، وزن جسم از نیروی شناوری بیش‌تر خواهد بود.) و باسکول بیش‌ترین نیرو را نشان خواهد داد.

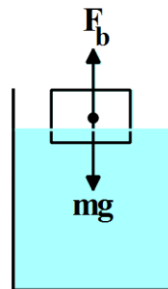
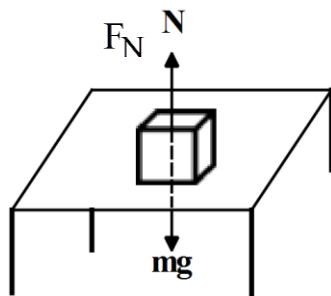


(۴)

شناوری و غوطه‌وری



تبادل در شناوری: وقتی جسمی روی شاره‌ای شناور و ساکن است (مانند یک چوب پنبه یا یک کشتی روی آب) الزاماً برآیند نیروهای وارد بر جسم (نیروی خالص) در تمام راستای قائم صفر است (درست مانند جسمی که روی میز قرار دارد).



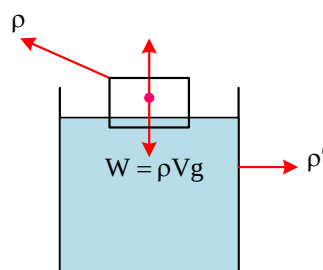
شرط شناوری: شرط شناور ماندن یک جسم روی سطح یک شاره آن است که وزن جسم برابر با نیروی شناوری باشد یعنی:

$$F_t = 0 \Rightarrow mg = F_b$$

طبق اصل ارشمیدس F_b معادل وزن شاره جابه‌جا شده است. بنابراین، برای این‌که وزن هر جسم شناور خنثی شود حجم شاره جابه‌جا شده باید وزنی معادل وزن جسم داشته باشد. اگر ρ و V ، چگالی و حجم جسم شناور و ρ' چگالی شاره و V' حجم شاره جابه‌جا شده (حجم قسمتی از جسم که درون شاره قرار دارد) باشد، آنگاه داریم:

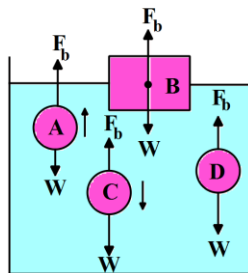
$$F_b = \rho' V' g, W = \rho V g \Rightarrow \rho V g = \rho' V' g \Rightarrow \rho V = \rho' V' \Rightarrow \frac{V'}{V} = \frac{\rho}{\rho'} \quad (1)$$

نتیجه: طبق رابطه (۱) کسری از حجم جسم که داخل شاره قرار دارد برابر نسبت چگالی جسم به چگالی شاره است.





وضعیت یک جسم به چگالی ρ در یک شاره به چگالی ρ' : در شکل روبه‌رو، بردارهای W و F_b برای چهار جسم رسم شده‌اند. در این صورت چهار حالت زیر را خواهیم داشت:



۱- اگر $\rho < \rho'$ باشد، آن‌گاه جسم شناور می‌ماند.

(جسم B) ($W = F_b$)

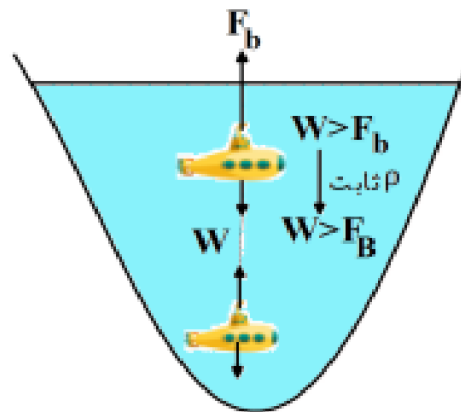
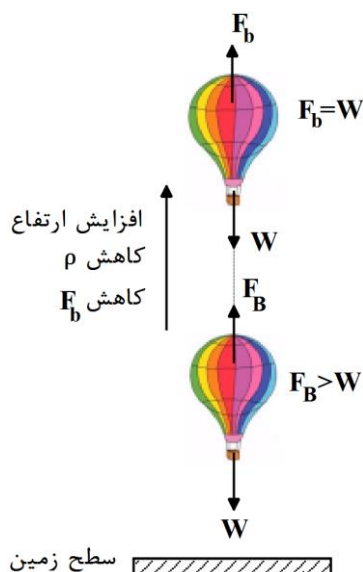
۲- اگر $\rho > \rho'$ باشد، جسم به پایین سقوط می‌کند.

(جسم C) ($W > F_b$)

۳- اگر $\rho < \rho'$ باشد، جسم به سطح شاره صعود می‌کند. (جسم A) ($W < F_b$)

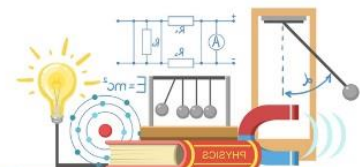
۴- اگر $\rho = \rho'$ باشد، جسم در هر مکانی درون شاره قرار گیرد، غوطه‌ور می‌ماند. (جسم D) ($W = F_b$)

● **مقایسهٔ صعود بالن و سقوط زیر دریایی:** اگر یک بالن پر از گاز سبک مانند هلیوم را از سطح زمین رها کنیم، شروع به بالا رفتن می‌کند، اما در ارتفاع معینی متوقف می‌شود. علت آن است که با افزایش ارتفاع، چگالی هوا کاهش می‌یابد، در نتیجه، بالن به جایی می‌رسد که چگالی اش با چگالی هوای اطرافش برابر گردد و $W = F_b$ شود. در نهایت بالن متوقف خواهد شد، اما سقوط یک زیردریایی که در حال فرو رفتن است تا کف اقیانوس ادامه داشت، زیرا چگالی آب (برخلاف هوا) با تغییر عمق، ثابت خواهد ماند (به دلیل تراکم‌ناپذیری مایع) و برای این زیر دریایی همواره $W > F_b$ خواهد بود.



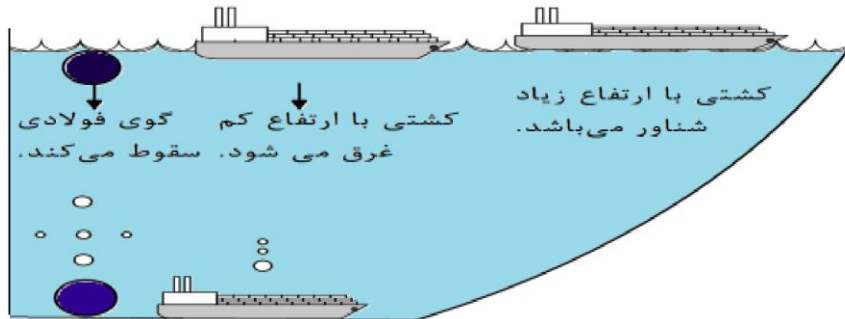
● **بررسی شناوری کشتی‌های فولادی:** چگالی فولاد حدود ۸ برابر آب

است. بنابراین اگر یک گوی فولادی توپر را روی آب قرار دهیم به قعر دریا سقوط خواهد کرد. اما کشتی‌های فولادی بزرگ با مسافران و بار زیاد، شناور می‌مانند، علت آن است که، وقتی کشتی روی آب قرار می‌گیرد، شروع به فرو رفتن می‌کند اما طراحی شکل کشتی از حیث تو خالی بودن و ارتفاع آن طوری است که این فرو رفتن تا جایی ادامه می‌یابد که حجم آب جابه‌جا شده نیروی شناوری معادل وزن آن را ایجاد کند. در صنعت





کشتی سازی، شکل، ارتفاع و حجم ظاهری ایجاد شده را طوری محاسبه می کنند که بتواند کل وزن مسافران و بار مجاز کشتی را تحمل کند.



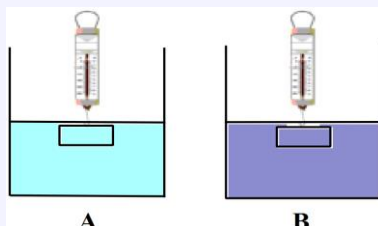
تست ۴۳

طبق اصل ارشمیدس وقتی تمام یا قسمتی از یک جسم در شاره ای فرو رود. شاره نیرویی به سمت بر جسم وارد می کند که با اندازه ی شاره ی جابه جا شده توسط جسم برابر است.

(۱) بالا- حجم (۲) پایین- حجم (۳) بالا- وزن (۴) پایین- وزن

تست ۴۴

مطابق شکل زیر جسمی به جرم مشخص را یک بار در ظرف A که شامل آب است و بار دیگر در ظرف B که شامل نفت است به طور کامل فرو می بریم اگر نیروی شناوری وارد بر جسم در ظرف A، F_A و عددی که نیروسنج ظرف A نشان می دهد N_A ، همچنین نیروی شناوری وارد بر جسم در ظرف B، F_B و عددی را که نیروسنج ظرف B نشان می دهد N_B باشد، کدام گزینه صحیح است؟ (چگالی آب بیش تر از نفت است.)



$$N_A > N_B, F_A > F_B \quad (۱)$$

$$N_A < N_B, F_A < F_B \quad (۲)$$

$$N_A < N_B, F_A > F_B \quad (۳)$$

$$N_A > N_B, F_A < F_B \quad (۴)$$



تست ۴۵



درون ظرفی 10 cm^3 آب وجود دارد. اگر یک گلوله‌ی فلزی را درون آب غوطه‌ور کنیم، حجم آب و گلوله‌ی درون ظرف به 12 cm^3 می‌رسد. در این حالت بزرگی نیروی شناوری وارد بر گلوله چند نیوتن است؟

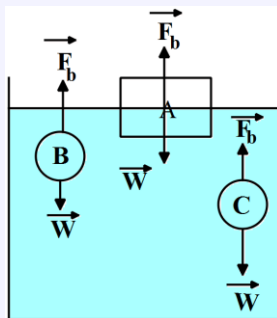
$$g = 10 \frac{\text{N}}{\text{Kg}} \text{ و } \rho = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \text{ (آب)}$$

- (۱) 0.2 (۲) 0.02 (۳) $1/2$ (۴) 0.12

تست ۴۶



در شکل زیر، نیروی شناوری $\vec{F}_b$ و نیروی وزن $\vec{W}$ وارد بر چند جسم در یک لحظه‌ی خاص نشان داده شده است. کدام گزینه صحیح است؟



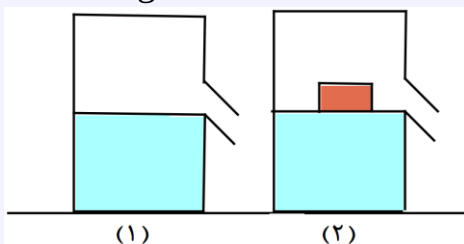
- (۱) غوطه‌ور - B شناور - C فرو می‌رود
(۲) شناور - B غوطه‌ور - C فرو می‌رود
(۳) شناور - B بالا می‌رود - C غوطه‌ور
(۴) شناور - B بالا می‌رود - C فرو می‌رود

تست ۳۹



در شکل (۱) درون ظرف تا دهانه‌ی خروجی لوله پر از آب است. اگر قطعه چوبی مطابق شکل (۲) به حجم

30 cm^3 و وزن 2 N روی سطح آب شناور سازیم، چند cm^3 آب بیرون می‌ریزد؟ ($g = 10 \frac{\text{N}}{\text{Kg}}$)



$$\rho = 1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \text{ (آب)}$$

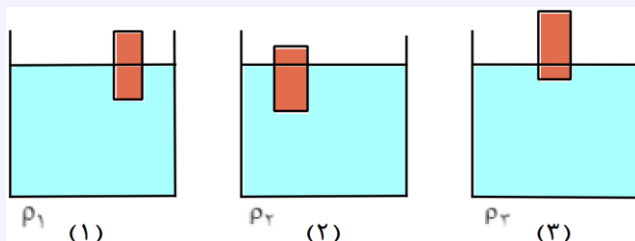
- (۱) 300 (۲) 200
(۳) 100 (۴) 20



تست FU



مطابق شکل های زیر، یک جسم در سه مایع با چگالی های ρ_1 ، ρ_2 ، ρ_3 شناور می شود. کدام گزینه در مورد مقایسه ی چگالی این مایعات صحیح است؟



$$\rho_2 > \rho_1 > \rho_3 \quad (1)$$

$$\rho_3 > \rho_1 > \rho_2 \quad (2)$$

$$\rho_1 > \rho_2 > \rho_3 \quad (3)$$

$$\rho_3 > \rho_2 > \rho_1 \quad (4)$$

شاره در حرکت و اصل برنولی



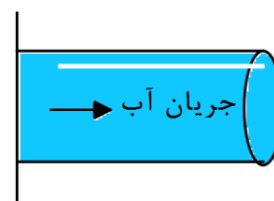
تفاوت شارۀ ساکن و جاری: در شارۀ ساکن (مانند آب درون پارچ ساکن)، مولکول های شارۀ اطراف خود و در کل ظرف دارای حرکت نامنظم و کاتوره ای آرام هستند. اما کل شارۀ ساکن است، ولی در شارۀ جاری، کل ذرات شارۀ در مسیر مشخص در حال جابه جایی اند مانند جریان آب درون لوله یا رودخانه.



شارۀ ساکن



شارۀ جاری



شارۀ جاری

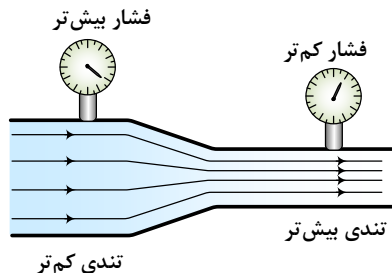
تفاوت جریان متلاطم و جریان لایه ای (یکنواخت): آبی که از آبشار فرو می ریزد و یا حرکت تند آب در رودخانه پر پیچ و خم، گرداب ها و گردبادها و طوفان و جریان خون در بدن انسان نمونه هایی از جریان متلاطم و آشفته شارۀ هستند. اما جریان یکنواخت آب در یک لوله افقی پر از آب نمونه ای از جریان لایه ای شارۀ است.



ویژگی‌های جریان لایه‌ای و آرمانی شاره:

- ۱- شارۀ تراکم‌ناپذیر است یعنی چگالی شاره در تمام نقاط آن یکسان است.
- ۲- اصطکاک داخلی شاره (چسبناکی یا وشکسانی) ناچیز است.
- ۳- در حالت پایا در مدت زمان یکسان مقدار شارهای که از هر مقطع لوله می‌گذرد ثابت است.

رابطۀ تندی و فشار با سطح مقطع لوله: شکل روبه‌رو جریان پیوسته و لایه‌ای شاره درون لوله‌ای با سطح مقطع متفاوت را نشان می‌دهد.

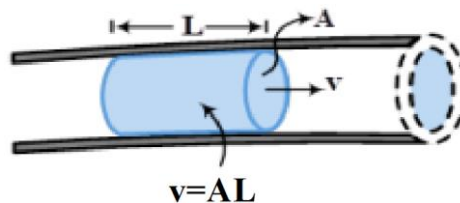


در حالت پایا وقتی شاره از مقطع بزرگتر وارد مقطع باریک‌تر می‌شود، ناچار است با تندی بیش‌تری حرکت کند تا بتواند حجمی از شاره را که در هنگام عبور از مقطع بزرگ‌تر داشته، از خود عبور دهد. در عوض فشارش کاهش می‌یابد. بنابراین با کاهش مقطع لوله، جریان آب تندتر می‌شود و فشار آن کاهش می‌یابد که دانیل برنولی (فیزیکدان سوئیسی) این پدیده را کشف و به صورت زیر بیان کرد:

✓ **اصل برنولی:** در مسیر حرکت شاره، با افزایش تندی شاره، فشار آن کاهش می‌یابد.



• **آهنگ جریان شاره:** مطابق شکل، جریان یکنواخت شارهای را که با تندی V در حرکت است در نظر می‌گیریم در مدت زمان t ، حجم شارهای که از مقطع A جابه‌جا می‌شود برابر است با $v = AL$.

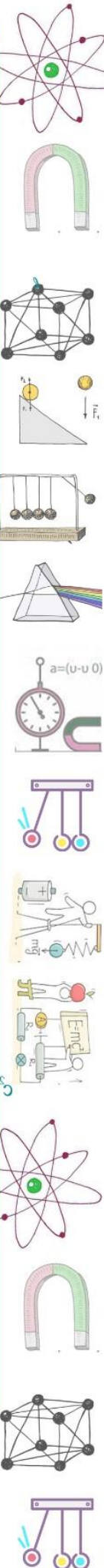
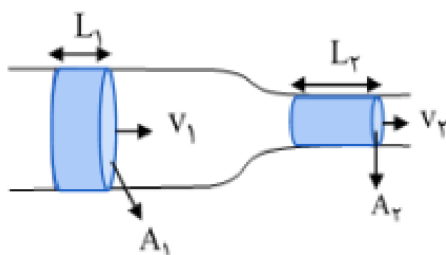


طبق تعریف: نسبت حجم شارۀ جابه‌جا شده به زمان جابه‌جایی را آهنگ جریان شاره می‌نامیم:

$$\text{آهنگ جریان شاره} = \frac{\text{حجم شاره جابه‌جا شده}}{\text{زمان}} = \frac{AL}{t} = Av$$

یکای آهنگ جریان شاره در SI $\frac{m^3}{s}$ است.

• **معادلۀ پیوستگی:** همان‌طور که قبلاً ذکر شده در حالت پایا جرم (حجم) شارهای که در مدت زمان یکسان از هر مقطعی عبور می‌کند یکسان است. اگر به شکل (۱) دقت کنید این تساوی حجم را مشاهده خواهید کرد: اگر تندی شاره v باشد، vt معادل مسافت طی شده (L) و حجم عبور کرده برابر Avt خواهد بود و داریم:





$A_1 v_1 t = A_2 v_2 t \Rightarrow A_1 v_1 = A_2 v_2$
 که در آن v_1 تندی شاره هنگام عبور از مقطع A_1 و v_2 تندی شاره هنگام عبور از مقطع A_2 است.

$$V \propto \frac{1}{r^2} \quad V \propto \frac{1}{D^2}$$

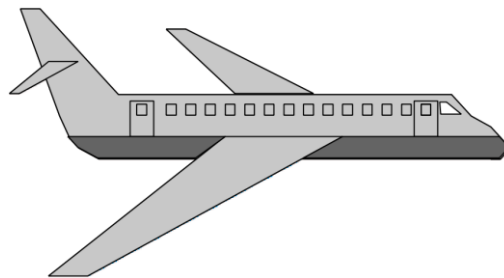
سرعت (تندی) شعاع قطر



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

مثال‌هایی از کاربردهای اصلی برنولی:

۱- بال هواپیما، طوری طراحی شده که در طی حرکت رو به جلوی هواپیما، تندی جریان هوا در بالای آن بیش‌تر و فشار آن کم‌تر از پایین آن می‌شود. این اختلاف فشار باعث ایجاد نیروی بالابر هواپیما می‌شود.

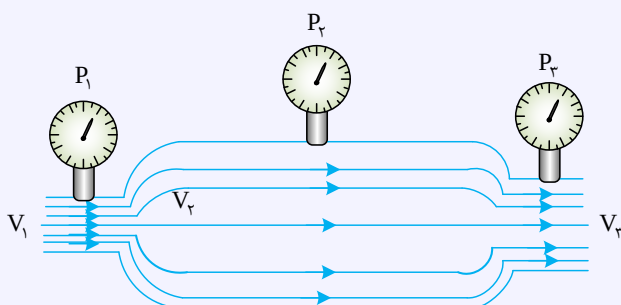


۲- سمپاش‌ها و شیشه‌های عطر، نیز طبق اصل برنولی طراحی شده‌اند، به گونه‌ای که باعث پاشش آن‌ها می‌شوند.



تست FN

در شکل زیر یک جریان پایا از یک لوله‌ی بدون اصطکاک عبور می‌کند. کدام گزینه در مورد مقایسه‌ی اعدادی که فشار سنج‌های P_1 و P_2 و P_3 نشان می‌دهند و همچنین مقایسه‌ی تندی‌های V_1 و V_2 و V_3



شاره کدام گزینه صحیح است؟

- (۱) $V_1 > V_3 > V_2, P_1 < P_3 < P_2$
- (۲) $V_1 < V_3 < V_2, P_1 > P_3 > P_2$
- (۳) $V_1 > V_3 > V_2, P_1 = P_2 = P_3$
- (۴) $V_1 > V_3 > V_2, P_1 > P_3 > P_2$



تست ۴۹



در یک لوله به قطر ۲۰ cm، آب با تندی $10 \frac{m}{s}$ در حال حرکت است. در قسمت دیگر این لوله که قطر آن

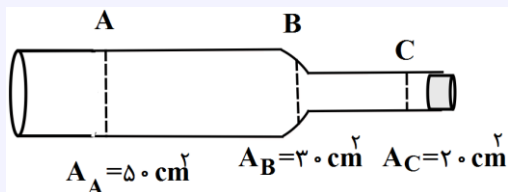
۵ cm است. تندی آب چند $\frac{m}{s}$ است؟ (جریان آب در داخل لوله را در حالت پایا فرض کنید).

- ۴۰ (۱) ۱۶۰ (۲) ۸۰ (۳) ۲۰ (۴)

تست ۵۰



مطابق شکل زیر، در لوله‌ای با سطح مقطع متغیر، جریان آرامی از آب به صورت لایه‌ای و از چپ به راست برقرار است هرگاه در هر دقیقه ۶۰۰ لیتر آب از مقطع A عبور کند، تندی خروج آب از مقطع C چند $\frac{m}{s}$ خواهد بود؟

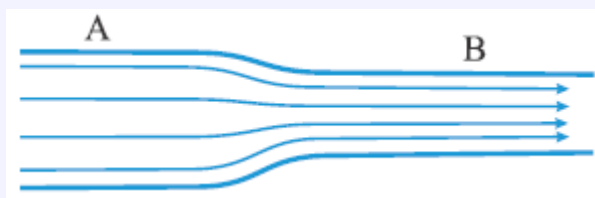


- ۵ (۲) ۰/۵ (۱)
۳۰۰ (۴) ۳۰ (۳)

تست ۵۱



در شکل زیر، سیال تراکم ناپذیری که حجم لوله را پُر کرده است. در راستای افقی جاری است و شعاع مقطع لوله در قسمت A دو برابر شعاع مقطع لوله در قسمت B است. آهنگ شارش سیال در مقطع A چند برابر آهنگ شارش در مقطع B است؟ (کنکور سراسری ریاضی و فیزیک خارج از کشور ۱۴۰۰)



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

