

# مقدمه مؤلفان

از سال ۱۳۹۶ و در پی سیاست کاهش حجم و مطالب کتاب‌های درسی توسط وزارت‌خانه آموزش و پرورش، کتاب‌های درسی، به ویژه فیزیک دچار دگرگونی تدریجی شدند. تعدادی از فصل‌ها (مثل نور هندسی) کاملاً حذف شدند. تعدادی از فصل‌ها (مثل دینامیک) را که برای خودشان یلی بودند، آن‌قدر قیچی کردند که شبیه شیر بی یال و اشکم و دم شدند! اولین کنکور براساس کتاب‌های درسی جدید در سال ۱۳۹۸ برگزار شد؛ آزمون‌هایی ساده در درس فیزیک! اما درصد میانگین فیزیک داوطلبان نسبت به سال‌های گذشته تغییر محسوسی نکرد! سال ۱۳۹۹ آزمون به مراتب سخت‌تری را شاهد بودیم که حاصل آن کاهش معنادار میانگین درصد فیزیک بود. (رشته ریاضی: ۵/۹ درصد و رشته تجربی: ۴/۵ درصد)

پیام، روشن بود! اول این‌که افت کتاب درسی باعث افت دانش‌آموزان هم شده! دوم این‌که قرار نیست همیشه از کتاب نسبتاً ساده فیزیک، آزمون‌های ساده‌ای گرفته شود! این موارد باید در آموزش درس فیزیک لحاظ شوند. کتابی که در دست دارید به اصطلاح فرنگی‌ها یک کتاب optimum (بهینه) است که براساس رویکرد جدید کتاب درسی و کنکور نوشته شده است. در این کتاب جایی برای تست‌های بسیار بسیار ساده یا بسیار بسیار سخت که معمولاً در چارچوب کنکور نمی‌گنجند، وجود ندارد؛ به طوری که به‌جز تعداد اندکی، تمام تست‌های گزینش‌شده و تألیفی ممکن است با تغییرات کمی در کنکورهای بعدی عرض اندام کنند (آن تعداد اندک هم جنبه آموزشی دارند). حجم مناسب کتاب به شما این امکان را می‌دهد که کتاب را به طور کامل خوانده و تازه یک بار هم به طور کامل مرور کنید و زمان ارزیابی تست‌های دیگر را هم (مثل بررسی تست‌های کنکورهای آزمایشی) داشته باشید. همه بخش‌های این کتاب با وسواس زیاد تألیف شده است تا با خیال راحت و به دور از هر گونه حاشیه برای کنکور آماده شوید. تلاش کردیم که در ویرایش جدید این کتاب تغییراتی انقلابی ایجاد کنیم:

- ۱ در درس‌نامه‌ها همه آن‌چه باید برای کنکور بدانید را آوردیم. درس‌نامه‌هایی کامل و در عین حال کم‌حجم.
- ۲ تمام تست‌های غیرتکراری کنکورهای جدید (۹۸ به بعد) را آوردیم.
- ۳ تست‌های گلچین‌شده از کنکورهای قدیم (۹۸ به قبل) را به همان شکل آوردیم یا با ایجاد تغییر، آن‌ها را غنی‌تر کردیم.
- ۴ به کتاب درسی اهمیت ویژه‌ای دادیم؛ آن را به طور موشکافانه بررسی و براساس آن، تست‌های جدیدی را تألیف کردیم.
- ۵ گلچینی از تست‌های «آزمون‌های آزمایشی خیلی سبز» را آوردیم.
- ۶ پاسخ تست‌ها را به صورت گام‌به‌گام طوری نوشتیم که یک کلاس درس باشد، به طوری که پس از خواندن آن‌ها نقطه کوری در ذهنتان باقی نماند.

۷ پاسخ تست‌ها به طور ویژه غنی‌سازی شده‌اند. هر جا نیاز بود تست‌ها را به چند روش حل کردیم. در حل برخی تست‌ها، تکنیک‌های مفهومی با آیکن ، ترفندهای محاسبات سریع با آیکن ، نکات خاصی که برای حل همان تست باید بدانید با آیکن **نکته**، تله‌یابی، هشدارها و بدفهمی‌های رایج با آیکن  و تمرین اضافی مرتبط با همان تست با آیکن **تمرین**، را برایتان آوردیم.

● اگر راجع به کتاب پیشنهاد یا انتقادی دارید و یا اگر در جایی از کتاب اشکالی دیدید، خوشحال می‌شویم که آن را از طریق صفحه‌های اینستاگرام زیر با ما در میان بگذارید:

امین امینی physicochemist

احمد مصلاهی mosalaei physics

در انتها لازم می‌دانیم از تمام عزیزانی که در تولید این کتاب نقش داشته‌اند، صمیمانه تشکر کنیم:

دکتر ابودر نصری، دکتر کامیل نصری، مهندس رضا سبزمیدانی، ملیکا مهری، مریم گلی حسنلو، تیم ویراستاری علمی کتاب و دوستان حرفه‌ای واحد تولید خیلی سبز

# فهرست مطالب

## فصل اول

فیزیک و اندازه‌گیری ..... ۷

## فصل دوم

ویژگی‌های فیزیکی مواد ..... ۲۱

## فصل سوم

کار، انرژی و توان ..... ۵۴

## فصل چهارم

دما و گرما ..... ۷۴

## فصل پنجم

الکتریسیته ساکن ..... ۹۸

## فصل ششم

جریان الکتریکی و مدارهای جریان مستقیم ..... ۱۳۳

## فصل هفتم

مغناطیس و القای الکترومغناطیسی ..... ۱۷۰

## فصل هشتم

حرکت بر خط راست ..... ۲۱۰

## فصل نهم

دینامیک ..... ۲۶۳

## فصل دهم

نوسان و امواج ..... ۲۸۹

## فصل یازدهم

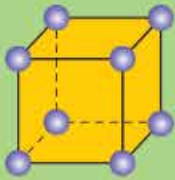
آشنایی با فیزیک اتمی و هسته‌ای ..... ۳۴۴

پاسخ‌نامه تشریحی ..... ۳۶۹

پاسخ‌نامه کلیدی ..... ۶۹۴

## فصل دوم:

# ویژگی‌های فیزیکی مواد



الماس نتیجه فشار بیش از حد است، فشار کمتر، بلور و کمتر از آن، زغال سنگ پدید می‌آورد. اگر باز هم فشار کم‌تر شود، نتیجه، چیزی جز سنگواره برگ‌ها یا زنگار ساده نخواهد بود. فشار می‌تواند شما را به موجودی ارزشمند بدل کند، موجودی شگفت‌انگیز، به تمامی زیبا و بسیار محکم.

«مایا آنجلو»

## درس ۱: ویژگی‌های فیزیکی مواد در حالت‌های مختلف



### حالت‌های ماده

$$1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$$

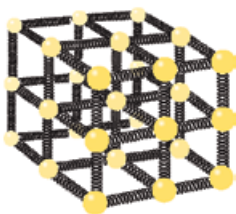
- ماده از اتم‌هایی تشکیل شده که قطر آن‌ها حدود یک آنگستروم ( $1 \text{ \AA}$ ) است.
- اندازه مولکول‌ها به جنس و تعداد اتم‌های تشکیل دهنده آن‌ها بستگی دارد و اندازه بعضی از پلیمرها (بسیارها) ممکن است به  $1000 \text{ \AA}$  برسد.
- ذرات یک ماده دائماً در حال حرکت‌اند. حالت ماده به چگونگی حرکت ذره‌های سازنده آن و اندازه نیروی بین آن‌ها بستگی دارد.

### ویژگی‌های جامدها

۱ فاصله ذرات از یکدیگر بسیار کم و در حدود  $1 \text{ \AA}$  است.

۲ نیروی الکتریکی بین ذره‌ها به حدی قوی است که اجازه حرکت انتقالی را از آن‌ها می‌گیرد و هر ذره در محدوده مشخصی نوسان می‌کند.

۳ برای درک بهتر رفتار جسم جامد، آن را با آرایه‌ای از اتم‌ها که توسط فنرهایی به هم متصل‌اند، مدل‌سازی می‌کنند (مدل گوی و فنر). اگر فاصله ذره‌ها از حد معینی کم‌تر شود، فنر بینشان فشرده می‌شود و ذره‌ها همدیگر را دفع می‌کنند. به همین ترتیب اگر فاصله ذره‌ها از حد معینی بیشتر شود، فنر بینشان کشیده می‌شود و ذره‌ها همدیگر را جذب می‌کنند. این مدل به خوبی از پس توجیه شکل ثابت، حجم ثابت، سختی و تراکم‌ناپذیری اجسام جامد برمی‌آید (شکل مقابل).



**نکته:** نیروهای بین مولکولی در فاصله‌های کوتاه (در مقایسه با قطر مولکول) به صورت دافعه و در فاصله‌های زیاد (در مقایسه با قطر مولکول) به صورت جاذبه است. البته در فاصله‌های بسیار زیادتر از قطر مولکول‌ها، نیروهای بین مولکولی بسیار کوچک و عملاً صفر است؛ به این معنی که نیروهای بین مولکولی «کوتاه‌برد» هستند.

۴ مواد جامد براساس ساختار مولکولی آن‌ها به دو دسته «بلورین» و «بی‌شکل» تقسیم می‌شوند.

### جامدهای بلورین

در این دسته از مواد جامد، مولکول‌ها در ساختاری متقارن و تکراری کنار هم قرار می‌گیرند (شکل مقابل). اکثر سنگ‌ها (مثل نمک‌ها و الماس)، فلزها، یخ و بیشتر مواد معدنی جزء جامدهای بلورین‌اند.

**نکته:** معمولاً در فرایند سردسازی تدریجی یک مایع، ذرات آن فرصت پیدا می‌کنند تا آرایش منظمی به خود بگیرند و در قالب یک جامد بلورین انسجام پیدا کنند.

### جامدهای بی‌شکل (آمورف)

طرح منظمی در ساختار آن‌ها دیده نمی‌شود. این مواد نقطه ذوب معینی ندارند و در زمان تغییر حالت (از جامد به مایع) از یک حالت خمیری شکل عبور می‌کنند (اصطلاحاً ذوب خمیری دارند). شیشه معروف‌ترین جامد بی‌شکل است.

**نکته:** بعضی از مواد در حالت مایع یا بخار در فرایند سردسازی سریع به حالت جامد بی‌شکل درمی‌آیند.

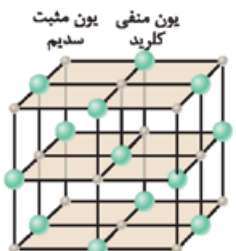
### ویژگی‌های مایع‌ها

۱ فاصله مولکول‌ها از یکدیگر کم و در حدود فاصله آن‌ها در مواد جامد ( $1 \text{ \AA}$ ) است.

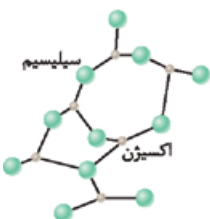
۲ نیروهای بین مولکولی قابل ملاحظه‌اند، ولی در حدی نیستند که جلوی حرکت انتقالی مولکول‌ها را بگیرند.

۳ به دلیل حرکت مولکول‌ها روی یکدیگر، می‌توانند جاری شوند و به شکل ظرف خود درآیند.

۴ فاصله کم مولکول‌های مجاور از یکدیگر باعث می‌شود مایع‌ها تراکم‌ناپذیر باشند و حجمشان ثابت باشد.



ساختار جامد بلورین (نمک طعام)



ساختار جامد بی‌شکل (شیشه)

## پخش

اگر یک قطره جوهر یا مقداری نمک در آب بریزیم، پس از مدتی همه آب جوهری (یا نمکی!) می‌شود. مولکول‌های آب با حرکت کاتوره‌ای و نامنظم خود، مولکول‌های جوهر را بمباران می‌کنند و باعث انتقال آن‌ها به همه نقاط آب می‌شوند. به گسترش خودبه‌خودی یک ماده، «پخش» می‌گوییم. پدیده پخش به دلیل حرکت‌های نامنظم مولکول‌های مایع اتفاق می‌افتد.

## ویژگی‌های گازها

۱ فاصله ذرات از یکدیگر نسبتاً زیاد است. به طور مثال اندازه مولکول‌های هوا  $1 \text{ \AA}$  تا  $3 \text{ \AA}$  است، ولی فاصله میانگین مولکول‌های مجاور از یکدیگر در شرایط معمولی  $35 \text{ \AA}$  است.

۲ به دلیل فاصله زیاد مولکول‌ها از هم، نیروهای بین مولکولی ناچیزند و مولکول‌ها می‌توانند آزادانه و با تندی بسیار زیاد حرکت کنند. این نوع حرکت انتقالی مولکول‌ها بین گازها و مایع‌ها مشترک است و بر همین اساس به مایع‌ها و گازها «شاره» می‌گوییم.

۳ فاصله زیاد مولکول‌ها باعث می‌شود به راحتی بتوان حجم گاز را تغییر داد. بنابراین گازها حجم ثابتی ندارند و تراکم‌پذیرند.

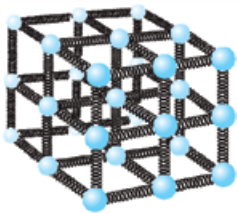
۴ به دلیل حرکت کاتوره‌ای ذرات یک گاز، پدیده پخش در گازها هم اتفاق می‌افتد. بویا از طریق همین فرایند در فضا منتشر می‌شوند.

**نکته:** پدیده پخش در گازها سریع‌تر از مایع‌ها رخ می‌دهد؛ چرا که فاصله میانگین مولکول‌های گاز بیشتر از فاصله میانگین مولکول‌های مایع است و مولکول‌های غریبه‌ای که وارد محیط گازی می‌شوند، می‌توانند در فاصله بین دو برخورد متوالی با مولکول‌های گاز، مسافت بیشتری را طی کنند.

## پلازما

اگر اتم‌های موجود در یک گاز را برانگیخته کنیم، مثلاً دمای گاز را به اندازه کافی بالا ببریم، یک یا چند الکترون از هر اتم آزاد می‌شود و مجموعه درمی از الکترون‌های آزاد، یون‌ها و اتم‌های خنثی ایجاد می‌شود که خواص متفاوتی از گاز اولیه دارند و به آن پلازما می‌گویند. ماده درون ستارگان (از جمله خورشید)، بیشتر فضای بین ستاره‌ای، آذرخش، شفق‌های قطبی، شعله‌های آتش در دمای بالا و ماده داخل لوله تابان لامپ‌های مهتابی از پلازما تشکیل شده‌اند. پلازما اغلب (نه همیشه) در دماهای خیلی بالا به وجود می‌آید.

## پرسش‌های چهارگزینه‌ای



۸۳- شکل روبه‌رو، مدلی از ساختار یک جامد فلزی را نشان می‌دهد که از میلیاردها میلیارد بخش مانند این شکل تشکیل شده است. توسط این مدل، کدام یک از ویژگی‌های یک جسم جامد فلزی توجیه نمی‌شود؟

- (۱) شکل و حجم ثابت
- (۲) رسانایی الکتریکی
- (۳) تراکم‌ناپذیری
- (۴) استحکام

(کتاب درسی)

۸۴- کدام یک از عبارات‌های زیر درست است؟

- (الف) در فرایند سردسازی سریع مایع، اغلب جامد بلورین به وجود می‌آید و در فرایند سردسازی آرام مایع، اغلب جامد بی‌شکل (آمورف) تشکیل می‌شود.
- (ب) تراکم‌ناپذیری، منظم و متقارن بودن ساختار مولکول‌ها، ویژگی‌های مشترک جامدها و مایع‌ها است.
- (پ) نداشتن شکل مشخص و حرکت نامنظم و کاتوره‌ای مولکول‌ها، دو ویژگی مشترک مایع‌ها و گازها است.
- (ت) مولکول‌های مایع و گاز به راحتی جاری می‌شوند، چون می‌توانند آزادانه به هر سمتی حرکت کنند.

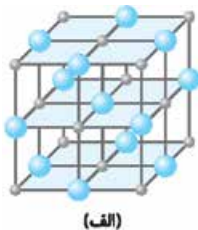
(۴) ت

(۳) پ

(۲) ب و پ

(۱) الف و ت

۸۵- شکل‌های (الف) و (ب) به ترتیب از راست به چپ می‌توانند بیانگر ساختار مولکولی کدام یک از موارد زیر باشند؟



(الف)

(ب)

(کتاب درسی)

- (۱) نمک خوراکی، یخ
- (۲) شیشه، فلز
- (۳) نمک خوراکی، شیشه
- (۴) یخ، الماس

۸۶- اگر برای یک ماده معین، متوسط اندازه نیروی بین مولکولی را در حالت جامد با  $F_s$ ، در حالت مایع با  $F_l$  و در حالت گاز با  $F_g$  و فاصله متوسط بین مولکول‌ها را در حالت جامد با  $d_s$ ، در حالت مایع با  $d_l$  و در حالت گاز با  $d_g$  نشان دهیم، کدام گزینه درست است؟

$$d_g > d_l > d_s, F_g < F_l < F_s \quad (۴) \quad d_g > d_l \approx d_s, F_g < F_l = F_s \quad (۳) \quad d_g > d_l > d_s, F_g < F_l = F_s \quad (۲) \quad d_g > d_l > d_s, F_g < F_l < F_s \quad (۱)$$

(کتاب درسی)

۸۷- پدیده پخش ..... رخ می‌دهد و دلیل آن ..... مولکول‌ها است.

- (۱) در شاره‌ها، تندی زیاد حرکت
- (۲) فقط در گازها، تندی زیاد حرکت
- (۳) در شاره‌ها، حرکت نامنظم و کاتوره‌ای
- (۴) فقط در گازها، حرکت نامنظم و کاتوره‌ای



(الف) حالت ماده به چگونگی حرکت ذره‌های سازنده آن و اندازه نیروی بین آن‌ها بستگی دارد.

(ب) حالت پلاسما همواره در دماهای خیلی بالا به وجود می‌آید.

(پ) ذرات سازنده جامد و مایع به سبب نیروهای الکتریکی که به یکدیگر وارد می‌کنند در کنار یکدیگر می‌مانند.

(ت) کم‌بادشدن بادکنک پر از باد با دهانه کاملاً بسته را به کمک پدیده پخش می‌توان توجیه کرد.

(۴) ب و ت

(۳) الف و پ

(۲) ب و پ

(۱) الف و ت

## درس ۲: نیروهای بین مولکولی

### نیروی هم‌چسبی

#### هم‌چسبی

ایجاد قطره‌های آب نشان می‌دهد بین مولکول‌های آب نیروی جاذبه وجود دارد. به نیروی جاذبه بین مولکول‌های هم‌نوع، «نیروی هم‌چسبی» می‌گوییم. همان‌طور که قبلاً گفتیم، این نیروها کوتاه‌بردند و فقط بین مولکول‌هایی که نزدیک به هم هستند، برقرار می‌شوند.

#### کشش سطحی

یکی از آثار نیروی هم‌چسبی، پدیده کشش سطحی است. این پدیده باعث می‌شود سطح مایع مثل یک پوسته کشسان عمل کند و در برابر ورود اشیای خارجی به داخل آن مقاومت کند. قرارگیری حشره یا سوزن فولادی روی سطح آب، تشکیل حباب‌های نازک آب و صابون و همچنین شکل کروی قطره، حاصل کشش سطحی هستند (قطره‌ای که آزادانه در حال سقوط است، سعی می‌کند تا حد امکان مساحتش را کم کند. به ازای حجمی معین، مساحت کره از هر شکل هندسی دیگری کم‌تر است، به همین دلیل قطره به شکل تقریباً کروی درمی‌آید).

**چند نکته:** ۱ کشش سطحی علاوه بر جنس مایع، به دمای آن نیز بستگی دارد و افزایش دما باعث کاهش کشش سطحی مایع می‌شود. به همین دلیل

شست‌وشوی لباس‌های کثیف با آب گرم مؤثرتر از شست‌وشوی آن‌ها با آب سرد است. آب گرم کشش سطحی کم‌تری دارد و راحت‌تر شکافته می‌شود و به تاروپود لباس راه پیدا می‌کند.

۲ اضافه کردن تمیزکننده‌هایی مثل صابون به آب هم در راستای کاهش نیروی هم‌چسبی مولکول‌های آب است. در نتیجه این کار، کشش سطحی آب کم‌تر و قدرت نفوذ آن به داخل لباس بیشتر می‌شود.

### نیروی دگرچسبی

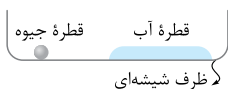
#### دگرچسبی

به نیروی جاذبه‌ای که بین دو مولکول از دو ماده متفاوت ظاهر می‌شود، «نیروی دگرچسبی» می‌گوییم.

#### ترشوندگی

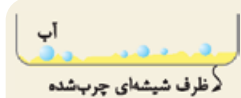
اگر دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد بزرگ‌تر از هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع باشد، مایع روی سطح جسم جامد پخش شده و اصطلاحاً آن را تر می‌کند و اگر هم‌چسبی بین مولکول‌های مایع بزرگ‌تر از دگرچسبی بین مولکول‌های مایع و جامد باشد، مایع به شکل قطره روی سطح جامد قرار می‌گیرد و آن را تر نمی‌کند.

**نمونه:** در شکل زیر آب بر سطح شیشه پهن شده، در حالی که جیوه تا حد زیادی شکل کروی خود را حفظ کرده است. این مشاهده نشان می‌دهد:



● نیروی دگرچسبی مولکول‌های جیوه و شیشه > نیروی هم‌چسبی مولکول‌های جیوه

● نیروی هم‌چسبی مولکول‌های آب > نیروی دگرچسبی مولکول‌های آب و شیشه



**نکته:** نیروی هم‌چسبی مولکول‌های آب بیشتر از نیروی دگرچسبی مولکول‌های آب و روغن است. به همین دلیل، اگر مطابق شکل روبه‌رو، روی سطح شیشه‌ای آغشته به روغن مقداری آب بریزیم، آب روی سطح شیشه گسترده نمی‌شود و به شکل قطره باقی می‌ماند. (دود اندودکردن سطح شیشه هم اثر مشابهی دارد.)

### اثر مویینگی

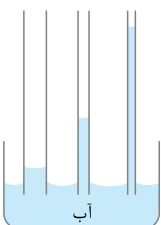
#### لوله مویین

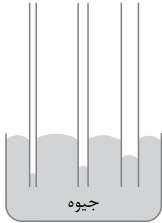
معمولاً به لوله‌هایی که قطر داخلی آن‌ها از مرتبه  $10^{-4}$  m است، لوله مویین می‌گویند.

#### مویینگی

به راه افتادن یک مایع در مجراهای باریک که ناشی از دگرچسبی مایع با دیواره‌های مجراست، «اثر مویینگی» می‌گوییم.

اگر یک لوله مویین شیشه‌ای تمیز را وارد ظرف آب کنیم، نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و شیشه، باعث خیزش آب به سمت بالا می‌شود و سطح آب در لوله به شکل کاو (فرورفته) درمی‌آید. آب در لوله آن‌قدر بالا می‌رود که وزن ستون آبی که بالا آمده با نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و شیشه برابر شود. به همین خاطر، هر چه لوله مویین باریک‌تر باشد، ارتفاع آب در لوله بیشتر خواهد بود.





اگر همین آزمایش را با جیوه انجام دهیم، خواهیم دید جیوه در لوله موئین پایین می‌رود و سطح آن پایین‌تر از سطح جیوه درون ظرف قرار می‌گیرد. در این حالت، سطح جیوه در لوله موئین به شکل کوژ (برآمده) درمی‌آید. دلیلش هم واضح است؛ نیروی هم‌چسبی مولکول‌های جیوه بیشتر از نیروی دگرچسبی آن‌ها با مولکول‌های شیشه است و همین باعث می‌شود جیوه از شیشه فاصله بگیرد. در این جا هم هر چه لوله موئین باریک‌تر باشد، اختلاف سطح جیوه در بیرون و داخل لوله بیشتر می‌شود.

## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

(ریاضی خارج ۹۰، مشابه ریاضی ۸۶)

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

(۱) در همه فاصله‌ها رابیشی است.

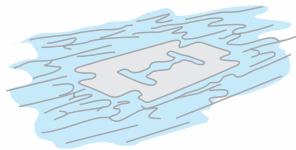
(۲) در همه فاصله‌ها رانشی است.

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

۹۰- وقتی شیشه‌ای می‌شکند، با نزدیک کردن قطعه‌های آن نمی‌توان اجزای شیشه را دوباره به هم چسباند؛ ولی اگر قطعه‌های شیشه را آن قدر گرم کنیم که نرم شوند، می‌توان آن‌ها را به هم چسباند. این پدیده براساس کدام موارد توجیه می‌شود؟

(کتاب درسی)

- (الف) افزایش نیروی هم‌چسبی با بالا رفتن دما  
(ب) افزایش نیروی دگرچسبی با بالا رفتن دما  
(پ) کوتاه‌برد بودن نیروهای بین مولکولی  
(۱) الف و پ (۲) ب و ت (۳) الف و ت (۴) پ و ت



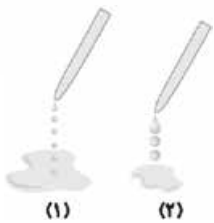
۹۱- در شکل مقابل، یک تیغ از پهنا روی آب شناور است. اگر چند قطره مایع شوینده را به آرامی به آب اضافه کنیم، تیغ در آب ته‌نشین می‌شود. این اتفاق براساس کاهش کدام یک از موارد زیر رخ می‌دهد؟

(۱) چگالی آب (۲) کشش سطحی آب

(۳) نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و تیغ (۴) فشار در سطح آب

۹۲- شکل مقابل، خروج قطره‌های روغن با دماهای متفاوت را از دهانه دو قطره‌چکان مشابه نشان می‌دهد. به ترتیب از راست به چپ دما و نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های روغن در کدام شکل بیشتر است؟

(کتاب درسی)



(۱)، (۱) (۱)

(۲)، (۱) (۲)

(۱)، (۲) (۳)

(۲)، (۲) (۴)

(کتاب درسی)

۹۳- علت چندتا از پدیده‌های زیر درست بیان شده است؟

(الف) شبنمی که روی شاخ و برگ درختان تشکیل می‌شود به صورت قطره درمی‌آید. (نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های آب)

(ب) قطره‌های آبی که آزادانه سقوط می‌کنند، تقریباً گروی‌اند. (کشش سطحی آب)

(پ) وقتی قلم‌مویی را از آب بیرون می‌کشیم، موهای آن به هم می‌چسبند. (نیروی دگرچسبی بین آب و موهای قلم‌مو)

(ت) ماهی کمانگیر با پرتاب آب حشرات را شکار می‌کند. (بزرگ بودن نیروی هم‌چسبی مولکول‌های آب)

(ث) بادهای نسبتاً ضعیف قادرند توده‌های بزرگی از ریزگردها را به حرکت درآورند، در حالی که توفان‌های شدید دریایی تنها مقدار اندکی آب را به صورت قطره‌های ریز به بالا می‌پاشند. (چگالی آب بیشتر از چگالی ریزگردها است.)

(۱) (۱) (۲) (۲) (۳) (۳) (۴) (۴)

۹۴- مطابق شکل‌های زیر، یک قطره از مایع A و یک قطره از مایع B را روی سطح جامد مشابه می‌ریزیم. به ترتیب از راست به چپ، کدام مایع سطح جامد را تر کرده و نیروی هم‌چسبی بین مولکول‌های کدام مایع بیشتر از نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آن مایع با سطح جامد است؟



(۱) A, A (۲) B, A

(۳) A, B (۴) B, B

۹۵- علت اصلی کدام پدیده زیر، نیروی دگرچسبی نیست؟

(۱) پهن شدن قطره آب روی سطح شیشه‌ای تمیز

(۲) پایین آمدن جیوه در لوله موئین

(۳) بالا رفتن آب در لوله موئین

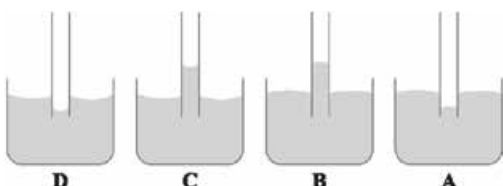
(۴) نفوذ آب به داخل مصالح ساختمانی

## لوله‌های موئین

۹۶- اگر یک لوله موئین را که دو طرف آن باز است، به طور قائم در جیوه فرو ببریم، به صورت

(تجربه خارج ۹۹، کتاب درسی)

کدام یک از شکل‌های مقابل درمی‌آید؟

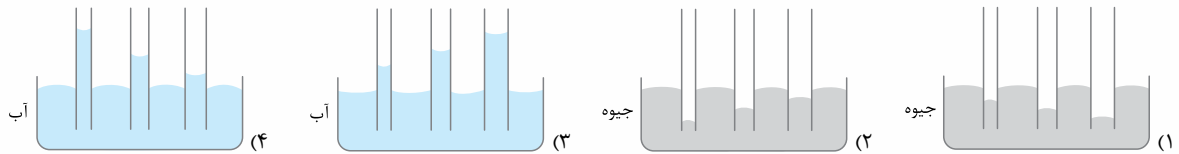


(۱) A (۲) B

(۳) C (۴) D



- ۹۷- لوله شیشه‌ای باریکی را که دو انتهای آن باز است، به طور عمودی تا نیمه وارد مایع درون ظرفی می‌کنیم. اگر نیروی دگرچسبی بیشتر از نیروی هم‌چسبی باشد، سطح مایع درون لوله ..... از سطح مایع درون ظرف قرار می‌گیرد و سطح مایع در لوله به صورت ..... درمی‌آید. (تجربی خارج ۹۴، مشابه ریاضی خارج ۹۲ و ریاضی خارج ۸۵)
- (۱) پایین‌تر، فرورفته (۲) پایین‌تر، برآمده (۳) بالاتر، فرورفته (۴) بالاتر، برآمده
- ۹۸- کدامیک از شکل‌های زیر، خاصیت مویینگی در لوله‌های شیشه‌ای را درست نشان داده است؟ (تجربی ۹۹، کتاب درسی)



- ۹۹- سطح داخلی یک لوله شیشه‌ای مویین را دود اندود کرده و داخل آب فرو می‌بریم. در این حالت سطح آب در لوله مویین ..... از سطح آزاد آب در ظرف است و سطح آن دارای ..... می‌باشد.
- (۱) بالاتر، برآمدگی (۲) پایین‌تر، برآمدگی (۳) بالاتر، فرورفتگی (۴) پایین‌تر، فرورفتگی
- ۱۰۰- یک لوله شیشه‌ای مویین را به داخل ظرف پر از آبی فرو می‌بریم. برای آن که اختلاف ارتفاع سطح آب در درون لوله و سطح آزاد آب در درون ظرف افزایش یابد، کدام مورد مؤثر است؟
- (۱) لوله را بیشتر در آب فرو ببریم. (۳) سطح داخلی لوله را با روغن چرب کنیم.
- (۲) از لوله مویین با قطر داخلی کوچک‌تر استفاده کنیم. (۴) آزمایش را در محلی انجام دهیم که فشار هوا کم‌تر باشد.

### درس ۳: فشار جامدها (یادآوری از علوم نهم)



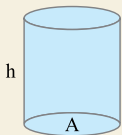
با انگشت اشاره خود به دیوار نیرو وارد کنید. دیوار خم به ابرو نمی‌آورد. یک بار دیگر همان اندازه نیرو را توسط نوک تیز یک میخ به دیوار وارد کنید. این بار نیروی شما باعث جانداختن سوراخی در دیوار می‌شود. چه چیزی در آزمایش دوم تغییر کرده است؟ نیرو که همان است؛ پاسخ «فشار» است. وارد کردن یک نیرو با مقدار معین بر سطح کوچک‌تر باعث افزایش فشار می‌شود. اگر نیروی عمودی  $F$  به سطحی با مساحت  $A$  وارد شود، فشار در سطح برابر است با:

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

یکای فشار در SI «نیوتون بر متر مربع» ( $N/m^2$ ) یا «پاسکال (Pa)» است.

⚠ در رابطه بالا،  $F$  اندازه نیرو است و هیچ‌وقت به شکل برداری (مثلاً  $\vec{F} = 2\vec{i} + 3\vec{j}$ ) در رابطه بالا قرار نمی‌گیرد. توجه داشته باشید که فشار یک کمیت نرده‌ای است.

**چند نکته:** ۱ در رابطه  $P = \frac{F}{A}$ ، می‌توانیم جای  $F$  را به  $F_N$  (واکنش نیروی عمودی سطح) بدهیم و چون  $F_N = F_N$  است، می‌توان گفت  $P = \frac{F_N}{A}$  است. اگر جسم روی سطح افقی ساکن باشد و نیرویی در راستای قائم بر آن اثر نکند،  $F_N = mg$  است و رابطه فشار به صورت  $P = \frac{mg}{A}$  درمی‌آید.



۲ اگر مقطع جسمی یکنواخت باشد (یعنی به شکل استوانه یا مکعب)، می‌توان حجم جسم را از رابطه  $V = Ah$  حساب کرد و برای فشار حاصل از وزن جسم می‌توان از رابطه معادل مقابل استفاده کرد:

$$P = \frac{mg}{A} = \frac{\rho Vg}{A} = \frac{\rho(Ah)g}{A} \Rightarrow P = \rho gh$$

**تست:** در شکل مقابل، 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؟ (تجربی ۹۲)



(۲) ۴

(۴) ۱

(۱) ۸

(۳) ۲

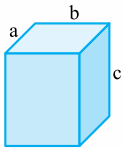
**پاسخ:** ۳ به عنوان تمرین، شما تست را از رابطه  $P = \frac{F}{A}$  حل کنید؛ ما از رابطه  $P = \rho gh$ ! چون مکعب‌ها مشابه‌اند، چگالی‌شان برابر است و فشار حاصل از هر جسم با ارتفاع آن نسبت مستقیم دارد:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{h_2}{h_1} = \frac{2h}{h} = 2$$

### پرسش‌های چهارگزینه‌ای



- ۱۰۱- در شکل روبه‌رو، پونزی با جرم ناچیز را بین دو انگشت می‌فشاریم. این آزمایش بیانگر کدام گزینه است؟
- (۱) افزایش نیرو در اثر کاهش سطح (۳) افزایش نیرو در اثر افزایش سطح
- (۲) افزایش فشار در اثر کاهش سطح (۴) افزایش فشار در اثر افزایش سطح
- ۱۰۲- مکعبی چوبی به ضلع  $20\text{ cm}$  روی کف اتاق قرار دارد. هنگامی که شخصی به جرم  $80\text{ kg}$  روی مکعب می‌ایستد، فشاری که از طرف شخص بر کف اتاق وارد می‌شود، چند کیلوپاسکال است؟ ( $g = 10\text{ N/kg}$ )
- (۱) ۲۰ (۲) ۴۰ (۳) ۲۰۰۰ (۴) ۴۰۰۰
- ۱۰۳- مکعب فلزی توپری به ابعاد  $2\text{ cm} \times 4\text{ cm} \times 5\text{ cm}$  و چگالی  $8\text{ g/cm}^3$  از طرف یکی از وجه‌هایش روی سطح افقی قرار می‌گیرد. بیشترین فشاری که مکعب می‌تواند بر سطح وارد کند، چند پاسکال است؟ ( $g = 10\text{ N/kg}$ )
- (۱)  $1/6 \times 10^2$  (۲)  $4 \times 10^2$  (۳)  $1/6 \times 10^3$  (۴)  $4 \times 10^3$



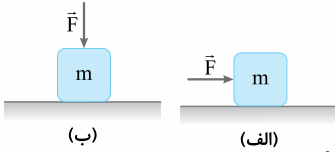
۱۰۴- در مکعب مستطیل شکل روبه‌رو، اگر ابعاد  $a$ ،  $b$  و  $c$  به نسبت ۱، ۲ و ۳ باشند و مکعب را روی وجوه مختلف روی سطح افقی قرار دهیم، بیشترین فشاری که به سطح وارد می‌کند، چند برابر کم‌ترین فشار است؟

(ریاضی خارج ۹۷)

- ۱)  $1/5$  ۲)  $2$  ۳)  $3$  ۴)  $6$

۱۰۵- یک مکعب مستطیل توپُر به ابعاد  $10\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 4\text{ cm}$  را یک بار از بزرگ‌ترین وجه و بار دیگر از کوچک‌ترین وجه، روی یک سطح افقی قرار می‌دهیم. اگر اختلاف فشاری که مکعب مستطیل در این دو حالت ایجاد کرده، برابر  $3000\text{ Pa}$  باشد، جرم مکعب مستطیل چند کیلوگرم است؟ ( $g = 10\text{ N/kg}$ )

- ۱)  $1$  ۲)  $1/2$  ۳)  $10$  ۴)  $12$



۱۰۶- مکعبی توپُر به ضلع  $5\text{ cm}$  داریم که از ماده‌ای به چگالی  $4\text{ g/cm}^3$  ساخته شده است. اگر در شکل (الف) مکعب تحت اثر نیروی افقی  $\vec{F}$  با شتاب  $2\text{ m/s}^2$  روی سطح افقی بدون اصطکاکی حرکت کند، در شکل (ب) که نیروی  $\vec{F}$  در راستای قائم وارد می‌شود، فشاری که جسم بر سطح افقی وارد می‌کند، چند پاسکال است؟ ( $g = 10\text{ m/s}^2$ )

- ۱)  $100$  ۲)  $120$  ۳)  $2000$  ۴)  $2400$

۱۰۷- دو استوانه توپُر  $A$  و  $B$  از یک فلز ساخته شده‌اند و از طرف قاعده روی یک سطح افقی قرار دارند. اگر شعاع قاعده  $A$ ، ۳ برابر شعاع قاعده  $B$  و ارتفاع  $A$ ، ۲ برابر ارتفاع  $B$  باشد، فشار ناشی از استوانه  $A$  چند برابر فشار ناشی از استوانه  $B$  است؟

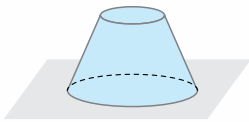
- ۱)  $2$  ۲)  $3$  ۳)  $6$  ۴)  $18$

۱۰۸- دو استوانه توپُر و هم‌وزن  $A$  و  $B$  روی سطح افقی کنار هم قرار دارند. اگر شعاع قاعده استوانه  $B$ ، ۲ برابر شعاع قاعده استوانه  $A$  باشد، فشار حاصل از استوانه  $A$  چند برابر فشار حاصل از استوانه  $B$  است؟

- ۱)  $1/4$  ۲)  $1/4$  ۳)  $2$  ۴)  $4$

۱۰۹- استوانه‌ای توخالی از ماده‌ای به چگالی  $8\text{ g/cm}^3$  ساخته شده و از طرف قاعده روی یک سطح افقی قرار دارد. شعاع خارجی این استوانه  $10\text{ cm}$  و شعاع داخلی آن  $5\text{ cm}$  است. اگر ارتفاع استوانه  $50\text{ cm}$  باشد، فشاری که بر سطح زیرین خود وارد می‌کند، چند کیلوپاسکال است؟ ( $g = 10\text{ N/kg}$ )

- ۱)  $8$  ۲)  $40$  ۳)  $8000$  ۴)  $40000$



۱۱۰- شعاع قاعده بزرگ‌تر مخروط ناقص شکل مقابل، ۲ برابر شعاع قاعده کوچک‌تر آن است. اگر مخروط ناقص را برگردانیم و آن را از قاعده کوچک که  $15\text{ cm}^2$  مساحت دارد، روی سطح قرار دهیم، فشار وارد بر سطح  $6\text{ kPa}$  افزایش می‌یابد. جرم مخروط چند کیلوگرم است؟ ( $g = 10\text{ N/kg}$ )

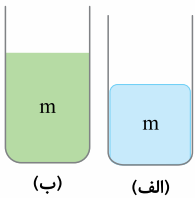
- ۱)  $0/9$  ۲)  $1/2$  ۳)  $3/6$  ۴)  $4/8$

## درس ۴: فشار در شاره‌ها

### عوامل ایجاد فشار در شاره‌ها

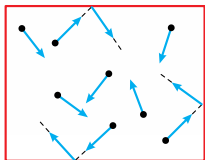
دو عامل در ایجاد فشار توسط یک شاره نقش دارند؛ یکی نیروی وزن شاره و دیگری حرکت مولکول‌های آن.

#### اثر وزن شاره در ایجاد فشار



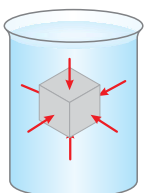
فرض کنید در شکل (الف) جسمی به جرم  $m$  داخل ظرفی قرار دارد. فشاری به اندازه  $P = \frac{mg}{A}$  در کف ظرف ایجاد می‌شود. حالا اگر مطابق شکل (ب) جای جسم را به مایعی با همان جرم دهیم، آیا فشار در کف ظرف تغییر می‌کند؟ قطعاً جواب منفی است. نیرویی به اندازه  $mg$  به کف ظرف وارد می‌شود و به همان اندازه قبلی در کف ظرف فشار ایجاد می‌شود. البته یک فرق کوچکی ایجاد شده و آن این است که چون مایع می‌تواند جاری شود، به دیواره‌های ظرف هم نیرو وارد می‌شود و دیواره‌ها هم فشاری را از طرف مایع تحمل می‌کنند.

#### اثر حرکت مولکول‌ها در ایجاد فشار

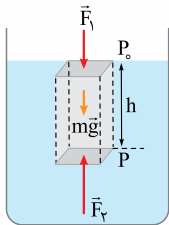


وزن مولکول‌های هوا در یک توپ یا لاستیک اتومبیل بسیار کم است، ولی فشار هوای داخل آن‌ها قابل ملاحظه است. پس عاملی به غیر از وزن هوا باعث ایجاد فشار در توپ یا لاستیک اتومبیل می‌شود. در یک گاز هر مولکول آزادانه حرکت می‌کند تا به مولکول دیگر یا به جداره ظرف برخورد کند. هر مولکول در هنگام برخورد با دیواره، ضربه کوچکی به آن وارد می‌کند. این ضربه خیلی خیلی کوچک است، اما تعداد فوق‌العاده زیاد این برخوردها در هر لحظه باعث می‌شود نیروی قابل توجهی به جداره ظرف وارد شود و همین باعث ایجاد فشار در ظرف محتوی گاز می‌شود (شکل مقابل).

### محاسبه فشار در شاره‌ها



فرض کنید سطحی به مساحت  $A$  داخل یک شاره قرار گرفته است. شاره نیروی عمودی  $F$  را به سطح وارد می‌کند که همین نیرو نشان‌دهنده وجود فشار در شاره است. این فشار را می‌توان از رابطه  $P = \frac{F}{A}$  به دست آورد. همان‌طور که شکل روبه‌رو نشان می‌دهد، به تمام قسمت‌های جسمی که داخل یک شاره ساکن غوطه‌ور است، نیرو وارد می‌شود و این نیرو در راستای عمود بر سطح است.



قسمتی از یک مایع ساکن را در نظر بگیرید که ارتفاع آن  $h$  و مساحت مقطع آن  $A$  است. سطح بالایی استوانه در معرض هوا قرار دارد و هوا نیروی پایین‌سوی  $F_1 = P_0 A$  را به آن وارد می‌کند. مایع زیر استوانه نیروی بالاسوی  $F_2 = P A$  را به استوانه وارد می‌کند. چون شاره داخل استوانه ساکن است، برآیند نیروهای وارد بر آن در راستای قائم صفر است:

$$F_{\text{net}(y)} = 0 \Rightarrow F_2 - F_1 - mg = 0 \Rightarrow F_2 = F_1 + mg \xrightarrow{m=\rho V} PA = P_0 A + \rho V g$$

$$\xrightarrow{V=Ah} PA = P_0 A + \rho Ahg \Rightarrow P = P_0 + \rho gh$$

**چند نکته: ۱** فشار در عمق  $h$  از سطح آزاد مایع است که به آن «فشار مطلق» هم گفته می‌شود.

**۲** فشار هوا در سطح دریای آزاد  $P_0 = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  یا یک اتمسفر (1 atm) است. یکای متداول دیگری که برای فشار به کار می‌رود «بار (bar)» است؛ به طوری که  $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$  است، بنابراین:

**۳** اختلاف فشار مطلق و فشار هوا را «فشار پیمانه‌ای ( $P_g$ )» می‌نامند، یعنی داریم:

توجه کنید که فشارسنج‌ها فشار پیمانه‌ای را اندازه می‌گیرند. اگر فشار شاره بیشتر از فشار جو باشد، فشار پیمانه‌ای مثبت و اگر فشار شاره کمتر از فشار جو باشد، فشار پیمانه‌ای منفی است. طبق یک اصطلاح رایج به اختلاف فشار مایع و فشار هوا، فشار ناشی از مایع هم گفته می‌شود:

$$P_g = P - P_0$$

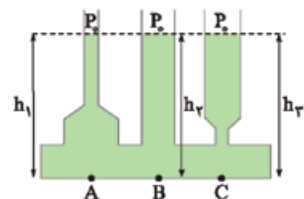
$$P - P_0 = \rho gh$$

**نتیجه: ۱** فشار حاصل از یک شاره ساکن در هر نقطه از آن مستقل از شکل ظرف و مساحت آن است و به عمق آن نقطه از سطح آزاد مایع بستگی دارد. (عمق را با ارتفاع اشتباه نگیرید!)

**۲** اختلاف فشار در دو نقطه یک مایع ساکن به فاصله عمودی آن دو نقطه از یکدیگر بستگی دارد. برای دو نقطه ۱ و ۲ می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} P_1 = P_0 + \rho gh_1 \\ P_2 = P_0 + \rho gh_2 \end{cases} \Rightarrow P_2 - P_1 = \rho g(h_2 - h_1) \Rightarrow \Delta P = \rho g \Delta h$$

**۳** به تمام نقاطی که به یک فاصله از سطح آزاد مایع قرار دارند ( $h$  یکسانی دارند)، نقاط هم‌تراز می‌گویند. فشار در نقاط هم‌تراز یک مایع ساکن، هم‌اندازه است.



**نمونه:** در شکل روبه‌رو مایع ساکن است و نقاط A، B و C هم‌ترازند؛ پس هم‌فشارند ( $P_A = P_B = P_C$ ). اگر فشار در این سه نقطه برابر نباشد مایع از منطقه پرفشار به منطقه کم‌فشار جاری می‌شود که این خلاف فرض (سکون مایع) است. می‌توان نوشت:

$$P_A = P_B = P_C \Rightarrow P_0 + \rho gh_1 = P_0 + \rho gh_2 = P_0 + \rho gh_3 \Rightarrow h_1 = h_2 = h_3$$

پس مایع در هر سه شاخه در یک سطح می‌ایستد و این بستگی به شکل شاخه‌ها ندارد.

**تست:** در ظرف استوانه‌ای شکلی به شعاع قاعده  $10 \text{ cm}$ ، به اندازه  $3 \text{ L}$  آب ریخته‌ایم. فشار مطلق و فشار پیمانه‌ای در کف ظرف به ترتیب از راست به

چپ چند پاسکال است؟ ( $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$  و  $P_0 = 1 \text{ bar}$ ،  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ،  $\pi = 3$ )

(۴)  $1.0^5, 1.01 \times 10^5$

(۳)  $1.0^5, 1.01 \times 10^5$

(۲)  $1.0^5, 2 \times 10^5$

(۱)  $1.0^3, 2 \times 10^5$

**پاسخ ۴** روش ۱ فشار مطلق به صورت زیر به دست می‌آید:

$$A = \pi r^2 = 3 \times (0.1)^2 = 3 \times 10^{-2} \text{ m}^2, V = 3 \text{ L} = 3 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V = Ah \Rightarrow 3 \times 10^{-3} = 3 \times 10^{-2} \times h \Rightarrow h = 10^{-1} \text{ m}$$

$$P = P_0 + \rho gh \xrightarrow{P_0 = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}} P = 1.0^5 + 1000 \times 10 \times 10^{-1} = 1.0^5 + 10^3 = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$P_g = P - P_0 = \rho gh = 10^3 \text{ Pa}$$

**۵** فشار پیمانه‌ای برابر است با:

**روش ۲** اگر ظرف محتوی مایع مقطعی یکنواختی داشته باشد، برای محاسبه فشار حاصل از مایع در نقطه‌ای به عمق  $h$ ، می‌توانید از رابطه  $P = \frac{F}{A}$  استفاده کنید که  $F$  وزن مایعی است که بالای نقطه قرار گرفته است. در این تست، داریم:

$$F = mg = \rho Vg = 1000 \times (3 \times 10^{-3}) \times 10 = 30 \text{ N}, P_g = \frac{F}{A} = \frac{30}{3 \times 10^{-2}} = 10^3 \text{ Pa}$$

$$P = P_0 + P_g = 1.0^5 + 10^3 = 1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

**همش گفتیم مایع، مایع! در مورد گازها هم می‌توان از رابطه  $P = P_0 + \rho gh$  استفاده کرد، اما ...**

**نمونه:** فرض کنید فشار هوا در پایین برجی به ارتفاع  $80 \text{ m}$  برابر  $P_1 = 1.0^5 \text{ Pa}$  است. فشار هوا در بالای آن برابر است با:

$$(g \approx 10 \text{ m/s}^2 \text{ و } \rho_{\text{هوا}} \approx 1.25 \text{ kg/m}^3)$$

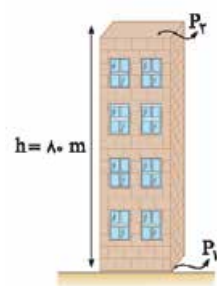
(پایین که می‌ایم فشار به اندازه  $\rho gh$  زیاد می‌شود؛ بالا که می‌رویم، فشار به اندازه  $\rho gh$  کم می‌شود.)

$$P_2 = P_1 - \rho gh \Rightarrow P_2 = 1.0^5 - 1.25 \times 10 \times 80 = 1.0^5 - 10^3 = 99000 \text{ Pa} \Rightarrow \Delta P = P_2 - P_1$$

$$= 99000 - 100000 = -1000 \text{ Pa}$$

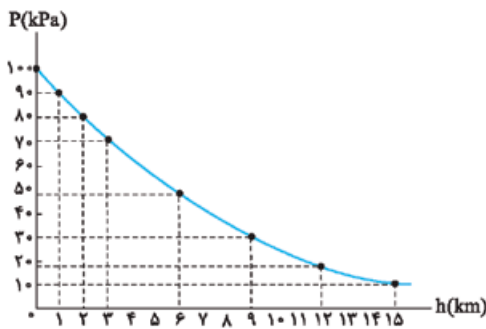
یعنی فشار هوا در بالا و پایین برج فقط یک درصد با هم اختلاف دارند:

$$\frac{\Delta P}{P_1} = \frac{-10^3}{1.0^5} = -\frac{1}{100} \Rightarrow \frac{\Delta P}{P_1} \times 100 = -\frac{1}{100} \times 100 = -1\%$$



حالا که اختلاف فشار ناشی از نیروی وزن هوا در بالا و پایین یک برج ۸۰ متری این قدر کم است، اختلاف فشار ناشی از همین عامل در ظرفی با ابعاد معمولی بسیار ناچیز و عملاً صفر است و فشار هوا در تمام نقاط ظرف یکسان فرض می شود (قبلاً هم گفته بودیم).

- نتیجه: ۱** برای محاسبه اختلاف فشار بین دو نقطه از هوا که اختلاف ارتفاع قابل توجهی دارند، دیگر نمی توان رابطه  $\Delta P = \rho g \Delta h$  را به کار برد، چرا که چگالی هوا در ارتفاع های مختلف یکسان نیست و با افزایش ارتفاع از سطح زمین، چگالی هوا کاهش می یابد.
- ۲** نمودار فشار هوا بر حسب ارتفاع از سطح دریای آزاد مطابق شکل زیر است. شکل نشان می دهد با افزایش ارتفاع، آهنگ تغییر فشار کاهش می یابد و این پدیده به دلیل کاهش چگالی هوا اتفاق می افتد.



**نمونه:** با توجه به نمودار روبه رو، فشار هوا در سطح دریای آزاد  $P_0 = 100 \text{ kPa}$  و در ارتفاع ۱ کیلومتری از سطح دریای آزاد  $P = 90 \text{ kPa}$  است. چگالی متوسط هوا در این فاصله برابر است با:

$$P_0 - P = \rho_{av(1)} g \Delta h_1 \Rightarrow 100 \times 10^3 - 90 \times 10^3 = \rho_{av(1)} \times 9.8 \times 1000$$

$$\Rightarrow \rho_{av(1)} = \frac{10}{9.8} \approx 1.02 \text{ kg/m}^3$$

مطابق همین نمودار، فشار هوا در ارتفاع  $h_1 = 12 \text{ km}$  تقریباً برابر  $P_1 = 18 \text{ kPa}$  و در ارتفاع  $h_2 = 15 \text{ km}$  برابر  $P_2 = 10 \text{ kPa}$  است. چگالی متوسط هوا در این محدوده برابر است با:

$$P_1 - P_2 = \rho_{av(2)} g \Delta h_2 \Rightarrow 18 \times 10^3 - 10 \times 10^3 = \rho_{av(2)} \times 9.8 \times (15 - 12) \times 10^3$$

$$\Rightarrow \rho_{av(2)} \approx 0.27 \text{ kg/m}^3$$

همان طور که انتظار داشتیم،  $\rho_{av(2)} < \rho_{av(1)}$  است و نیروی جاذبه زمین باعث می شود طبقات پایینی جو متراکم تر و چگال تر از طبقات بالایی باشند.

## پرسش های چهارگزینه ای

### فشار پیمانه ای

**۱۱۱-** در ظرفی که قاعده آن مستطیلی به ابعاد  $12 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$  است، تا ارتفاع ۸ سانتی متر آب ریخته ایم. فشار ناشی از آب در کف ظرف چند نیوتون بر مترمربع است؟

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

۹۶۰ (۴)

۸۰۰ (۳)

۹۶ (۲)

۸۰ (۱)

**۱۱۲-** قطر داخلی استوانه بلندی ۲ cm است. اگر آن را به طور قائم نگه داشته و  $157 \text{ cm}^3$  آب درون آن بریزیم، فشار حاصل از آب در ته استوانه چند پاسکال می شود؟

$$(g = 10 \text{ m/s}^2 \text{ و } \rho_{\text{آب}} = 1000 \text{ kg/m}^3)$$

۱۵۷۰۰ (۴)

۵۰۰۰ (۳)

۳۹۲۵ (۲)

۱۲۵۰ (۱)



**۱۱۳-** شکل روبه رو، یک کیسه پلاستیکی حاوی محلولی با چگالی  $1050 \text{ kg/m}^3$  را نشان می دهد که در حال تزریق به یک بیمار است. سوزن سرنگی را به قسمت خالی از مایع بالای این کیسه وارد می کنند طوری که

فشار هوا در این بخش از کیسه همواره با فشار هوای بیرون برابر بماند. اگر فشار پیمانه ای در سیاهرگ ۸/۴

کیلوپاسکال باشد، ارتفاع کمینه  $h$  چند سانتی متر باشد تا محلول در سیاهرگ نفوذ کند؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

(کتاب درسی)

۱۲۵ (۴)

۸۰ (۳)

۱۲/۵ (۲)

۸ (۱)

**۱۱۴-** در نزدیکی جزیره تنب بزرگ، عمیق ترین قسمت خلیج فارس با عمق حدود ۹۳ m از سطح آزاد آب قرار دارد. اگر از آن عمق، به طور عمودی و به اندازه  $h$

(کتاب درسی)

درون آب بالا برویم، فشار پیمانه ای به  $\frac{1}{3}$  مقدار اولیه می رسد.  $h$  چند متر است؟

۳۱ (۴)

۳۶ (۳)

۶۲ (۲)

۷۲ (۱)

**۱۱۵-** ابعاد ظرف استوانه ای B، ۲ برابر ابعاد ظرف استوانه ای A است. ظرف A را پر از آب می کنیم و هم جرم با آب در استوانه B جیوه می ریزیم. فشاری که آب بر کف

(تجربی خارج ۹۶، مشابه تجربی ۹۶)

ظرف A وارد می کند، چند برابر فشاری است که جیوه بر کف ظرف B وارد می کند؟ ( $\rho_{\text{آب}} = 13/6 \rho_{\text{جیوه}}$ )

۴ (۴)

۱۳/۶ (۳)

$\frac{1}{6}$  (۲)

$\frac{1}{13/6}$  (۱)

**۱۱۶-** اگر از سطح آزاد مایع به سمت اعماق بیشتر دور شویم، فشار به صورت نمودار مقابل، تغییر می کند. چگالی مایع چند

گرم بر سانتی متر مکعب است و فشار پیمانه ای در عمق یک متری چند پاسکال است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

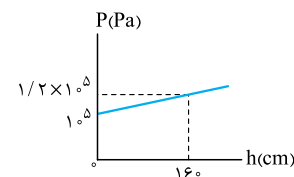
(ریاضی نوبت دوم ۱۴۰۳، مشابه ریاضی نوبت اول ۱۴۰۲)

۱۲۰۰۰، ۱/۲ (۲)

۱۲۰۰۰، ۱/۲۵ (۱)

۱۲۵۰۰، ۱/۲ (۴)

۱۲۵۰۰، ۱/۲۵ (۳)



**۱۱۷-** نصف حجم استوانه ای از مایع با چگالی  $\rho_1$  پر شده و نیمه بالایی آن از مایعی با چگالی  $\rho_2$  پر شده است و فشار حاصل از دو مایع در کف استوانه برابر با  $P_1$  است.

(تجربی خارج ۹۷)

اگر این دو مایع را به هم بزنیم و دو مایع در هم حل شوند، فشار حاصل از محلول در کف استوانه برابر با  $P_2$  می شود. کدام رابطه درست است؟

$$P_2 = \frac{\rho_1 + \rho_2}{2(\rho_1 - \rho_2)} P_1 \text{ (۴)}$$

$$P_2 < P_1 \text{ (۳)}$$

$$P_2 > P_1 \text{ (۲)}$$

$$P_2 = P_1 \text{ (۱)}$$



۱۱۸- دو مایع A و B را که چگالی آن‌ها  $\rho_A = 1/2 \text{ g/cm}^3$  و  $\rho_B = 0/6 \text{ g/cm}^3$  است، با یکدیگر مخلوط کرده و در یک ظرف استوانه‌ای می‌ریزیم. اگر  $\frac{1}{3}$  حجم مخلوط

از مایع A، بقیه آن از مایع B و ارتفاع مخلوط در ظرف ۷۵ سانتی‌متر باشد، فشار وارد از طرف مخلوط بر کف ظرف چند پاسکال است؟ ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ) (ریاضی ۹۵)

- ۶۰۰۰ (۱) ۶۷۵۰ (۲) ۹۰۰۰ (۳) ۹۷۵۰ (۴)

۱۱۹- ۴۰۰ میلی‌لیتر از مایعی به چگالی  $1 \text{ g/cm}^3$  را با ۶۰۰ میلی‌لیتر از مایعی به چگالی  $1/2 \text{ g/cm}^3$  مخلوط می‌کنیم. با این مخلوط، ظرف استوانه‌ای شکلی به عمق

۵۰ cm را پر می‌کنیم. فشار پیمانه‌ای در کف این ظرف چند کیلوپاسکال است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ ) (ریاضی خارج نوبت دوم ۱۴۰۳)

- ۴/۸ (۱) ۴۸۰ (۲) ۵/۶ (۳) ۵۶۰ (۴)

۱۲۰- سطح مقطع یک ظرف استوانه‌ای  $20 \text{ cm}^2$  است و در آن تا ارتفاع ۱۰ سانتی‌متر آب ریخته شده است. روی آب چند گرم روغن با چگالی  $0/6 \text{ g/cm}^3$  بریزیم تا

فشار حاصل از این دو مایع در کف استوانه برابر ۲۰۰۰ پاسکال شود؟ ( $g = 10 \text{ m/s}^2$  و  $1 \text{ g/cm}^3 = \text{چگالی آب}$ ) (ریاضی خارج ۹۵)

- ۱۰۰ (۱) ۱۲۰ (۲) ۲۰۰ (۳) ۲۴۰ (۴)

۱۲۱- در یک ظرف استوانه‌ای شکل مقداری آب به جرم m و مقداری جیوه به جرم ۴ m ریخته شده است. جمع ارتفاع این دو مایع ۴۴ cm است. فشار ناشی از این دو

مایع در کف ظرف چند کیلوپاسکال است؟ ( $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$ ،  $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$  و  $g = 10 \text{ N/kg}$ ) (ریاضی ۸۷)

- ۱۷ (۱) ۳۲ (۲) ۴۲ (۳) ۴۷ (۴)

۱۲۲- درون یک ظرف استوانه‌ای به مساحت قاعده  $20 \text{ cm}^2$ ، حجم یکسانی از آب و روغن ریخته شده است. اگر فشار ناشی از دو مایع در کف ظرف ۳۶۰۰ Pa باشد،

حجم روغن درون ظرف چند سانتی‌متر مکعب است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ ،  $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$  و  $\rho_{\text{روغن}} = 0/8 \text{ g/cm}^3$ ) (آزمون‌های آزمایشی خیلی سبز)

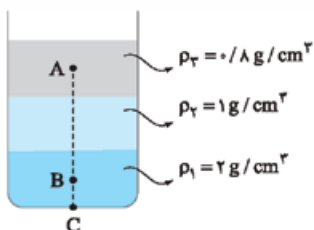
- ۶۴۰ (۱) ۸۰۰ (۲) ۳۲۰ (۳) ۴۰۰ (۴)

۱۲۳- یک ظرف استوانه‌ای که روی سطح افقی قرار دارد، محتوی مایع به چگالی  $1/2 \text{ g/cm}^3$  است. مقداری از مایع دیگری به چگالی  $0/6 \text{ g/cm}^3$  روی

مایع اول می‌ریزیم. اگر فشار پیمانه‌ای در کف ظرف ۲۰ درصد افزایش یابد و مجموع ارتفاع دو مایع برابر ۷۰ cm باشد، فشار پیمانه‌ای در کف ظرف در حالت دوم چند

پاسکال است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

- ۲۴۰۰ (۱) ۵۴۰۰ (۲) ۶۰۰۰ (۳) ۷۲۰۰ (۴)

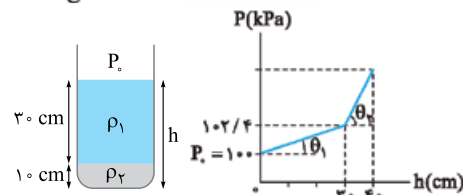


۱۲۴- در شکل مقابل، سه مایع مخلوط‌نشدنی با چگالی‌های مشخص قرار دارد و ارتفاع هر لایه از مایع‌ها

۲۰ cm است. اگر  $AB = 40 \text{ cm}$  و  $BC = 10 \text{ cm}$  باشد، اختلاف فشار بین دو نقطه A و B چند پاسکال

است؟ ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ) (تجربی خارج ۹۹)

- ۱۶۰۰ (۱) ۲۶۰۰ (۲) ۴۸۰۰ (۴)

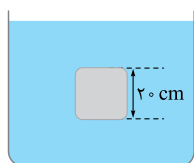


۱۲۵- در ظرفی مطابق شکل مقابل، دو مایع مخلوط‌نشدنی وجود دارد. اگر نمودار تغییرات فشار بر حسب عمق

دو مایع مطابق شکل روبه‌رو بوده و  $\tan \theta_2 = 17 \tan \theta_1$  باشد،  $\rho_2$  و  $\rho_1$  در SI کدام‌اند؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ ) (ریاضی خارج ۹۶)

- ۱۰۲۰۰ و ۶۰۰ (۱) ۱۲۷۵۰ و ۷۵۰ (۲)

- ۱۳۵۰۰ و ۸۰۰ (۳) ۱۳۶۰۰ و ۸۰۰ (۴)



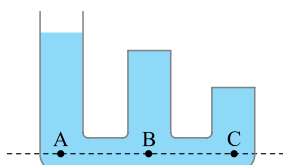
۱۲۶- مطابق شکل، جسمی مکعبی به طول ضلع ۲۰ cm درون شاره‌ای غوطه‌ور و در حال تعادل است. فشار در بالا و زیر جسم

۱۰۱ kPa و ۱۰۵ kPa است. چگالی مایع، چند گرم بر لیتر است؟ ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ ) (تجربی نوبت اول ۱۴۰۲، کتاب درسی)

- ۲ (۱) ۳ (۲)

- ۲۰۰۰ (۳) ۳۰۰۰ (۴)

## فشار کل



۱۲۷- در شکل مقابل، مایع درون ظرف، ساکن است. کدام گزینه فشار در نقاط A، B و C را به درستی مقایسه کرده است؟

- $P_A = P_B = P_C$  (۲)  $P_A > P_B > P_C$  (۱)

- $P_A > P_B = P_C$  (۴)  $P_A < P_B < P_C$  (۳)

۱۲۸- در عمق ۸ متری مایعی، فشار کل  $1/76 \text{ bar}$  است. چگالی این مایع چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ (فشار هوا در محل ۱ bar است و  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ) (ریاضی ۸۹)

- ۰/۷۲ (۱) ۰/۹۵ (۲) ۷/۲ (۳) ۹/۵ (۴)

۱۲۹- در شکل مقابل، فشار در سطح مایع  $P_1$  و در کف ظرف برابر  $P_2$  است. با پایین آوردن پیستون، فشار در سطح مایع را ۲ برابر

می‌کنیم. فشار در کف ظرف در این حالت  $P'_2$  می‌شود، کدام رابطه زیر درست است؟

- $P'_2 = 2P_2$  (۱)

- $P'_2 = P_2$  (۲)

- $2P_2 < P'_2 < 3P_2$  (۳)

- $P_2 < P'_2 < 2P_2$  (۴)



۱۳- در دو ظرف استوانه‌ای شکل (۱) و (۲) که مساحت مقطع ظرف (۲)، ۲ برابر مساحت مقطع ظرف (۱) است، به مقدار مساوی آب می‌ریزیم. اگر فشار در کف ظرف (۱) و (۲)، به ترتیب برابر  $P_1$  و  $P_2$  باشد، کدام گزینه درست است؟

(۱)  $P_2 = 2P_1$  (۲)  $P_1 < P_2 < 2P_1$  (۳)  $P_1 = 2P_2$  (۴)  $P_2 < P_1 < 2P_2$

۱۳۱- درون استوانه‌ای به شعاع قاعده ۱۰ cm، مقداری مایع به چگالی  $1200 \text{ g/L}$  می‌ریزیم و فشار در کف استوانه برابر  $106 \text{ kPa}$  می‌شود. اگر همین مقدار مایع را درون ظرفی مکعبی به ضلع ۳۰ cm بریزیم، فشار در کف ظرف چند کیلوپاسکال می‌شود؟ ( $\pi = 3$ ،  $g = 10 \text{ N/kg}$  و فشار هوا  $10^5 \text{ Pa}$  فرض شود).

(۱) ۱۰۲ (۲) ۱۰۳ (۳) ۱۰۴ (۴) ۱۰۶ (تجربی خارج نوبت دوم ۱۴۰۴)

۱۳۲- در مکانی که فشار هوا  $10^5 \times 1/26 \text{ Pa}$  است، اگر از عمق ۱۰ سانتی‌متری مایعی، به عمق ۵۳ سانتی‌متری برویم، فشار ۱/۵ برابر می‌شود. چگالی مایع چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

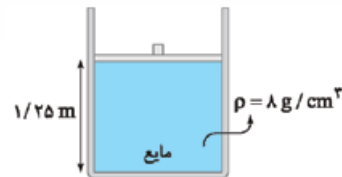
(۱) ۲/۵ (۲) ۲/۶ (۳) ۱۳/۵ (۴) ۱۳/۸ (تجربی ۱۴۰۰)

۱۳۳- اگر در عمق ۵ سانتی‌متری مایعی، فشار ۱۰۰ کیلوپاسکال و در عمق ۲۰ سانتی‌متری آن، فشار ۱۰۶ کیلوپاسکال باشد، فشار هوا در محیط چند کیلوپاسکال است؟ ( $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

(۱) ۹۶ (۲) ۹۷ (۳) ۹۸ (۴) ۹۹ (ریاضی ۱۴۰۰)

۱۳۴- مطابق شکل، در زیر پیستون بدون اصطکاک به جرم ۴ کیلوگرم و سطح مقطع ۲۵ سانتی‌متر مربع، ستونی از مایع وجود دارد. اگر فشار هوا برابر ۱ bar باشد، فشار مطلق در کف ظرف چند کیلوپاسکال است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

(۱) ۱۱۶ (۲) ۱۲۶ (۳) ۲۱۶ (۴) ۳۶۰



۱۳۵- سطلی که در آن مایعی به ارتفاع  $h$  و چگالی  $\rho$  قرار دارد، از طنابی رها شده و سقوط می‌کند. در ضمن سقوط، فشار در کف سطل چه قدر است؟ ( $P_0$  فشار هوای محیط است و مقاومت هوا ناچیز است).

(۱)  $P_0$  (۲)  $\rho gh$  (۳)  $P_0 + \rho gh$  (۴) صفر (ریاضی خارج نوبت دوم ۱۴۰۴)

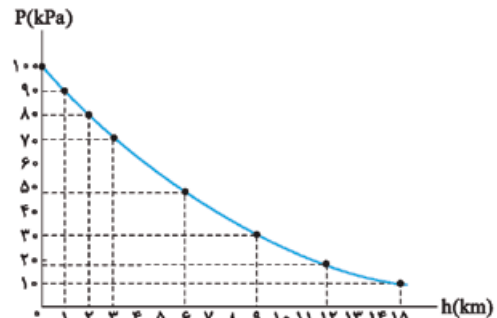
## فشار هوا

۱۳۶- فشار هوا در پایین یک کوه  $10^5 \text{ Pa}$  و در بالای آن  $7/5 \times 10^4 \text{ Pa}$  است. اگر چگالی متوسط هوا  $1/25 \text{ kg/m}^3$  باشد، ارتفاع کوه چند متر است؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

(۱) ۱۲۵۰ (۲) ۲۰۰۰ (۳) ۲۵۰۰ (۴) ۴۰۰۰ (کتاب درسی)

۱۳۷- شکل روبه‌رو نمودار فشار هوا برحسب ارتفاع از سطح دریای آزاد را نشان می‌دهد. یک ستون هوا به سطح مقطع  $1 \text{ m}^2$  در نظر بگیرید که از سطح دریای آزاد تا ارتفاع ۹ کیلومتری از آن ادامه می‌یابد. با توجه به نمودار، چند کیلوگرم هوا در این ستون فرضی وجود دارد؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ ) (کتاب درسی)

(۱)  $3 \times 10^3$  (۲)  $7 \times 10^3$  (۳)  $9 \times 10^3$  (۴)  $10^4$



۱۳۸- وقتی از سطح دریای آزاد به اندازه  $h$  بالا برویم، فشار هوا به اندازه  $\Delta P$  کاهش می‌یابد. اگر ارتفاع خود از سطح دریای آزاد را از  $h$  به  $2h$  برسانیم، فشار هوا چگونه تغییر می‌کند؟

(۱) کم‌تر از  $\Delta P$  افزایش می‌یابد. (۲) کم‌تر از  $\Delta P$  کاهش می‌یابد. (۳) بیشتر از  $\Delta P$  افزایش می‌یابد. (۴) بیشتر از  $\Delta P$  کاهش می‌یابد.

## درس ۵: محاسبه فشار برحسب سانتی‌متر جیوه

تا الان با سه‌تا یکا برای فشار آشنا شده‌اید: پاسکال، اتمسفر و بار؛ «**سانتی‌متر جیوه**» هم می‌شود چهارمی‌اش! به مقدار فشاری که ستونی از جیوه به ارتفاع یک سانتی‌متر ایجاد می‌کند می‌گوییم «یک سانتی‌متر جیوه ( $1 \text{ cmHg}$ )». پس  $h$  سانتی‌متر از مایع جیوه فشاری معادل  $h$  سانتی‌متر جیوه دارد! برای این‌که فشار حاصل از شاره‌ای را برحسب سانتی‌متر جیوه حساب کنید باید ببینید چه ستونی از جیوه (برحسب سانتی‌متر) آن فشار را ایجاد می‌کند. جواب از نظر عددی برابر فشار (برحسب سانتی‌متر جیوه) است.

۱- این را می‌دانیم که طرفین یک تساوی فیزیکی باید هم‌جنس باشند و نوشتن  $P = h$  از نظر علمی درست نیست! کنکور است و ساده‌سازی و تساهل‌های مرسوم!



**نمونه:** وقتی می‌گویند فشاری برابر ۲۵ سانتی‌متر جیوه است، یعنی فشار موردنظر با فشار ستونی از جیوه به ارتفاع ۲۵ سانتی‌متر برابری می‌کند. برای تبدیل این فشار

$$P = \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} \Rightarrow P = 13600 \times 10 \times 0.25 = 34000 \text{ Pa}$$

به پاسکال داریم:

هم‌چنین اگر بخواهیم فشار ناشی از مایعی را به سانتی‌متر جیوه ( $h_{\text{جیوه}}$ ) تبدیل کنیم، خواهیم داشت:

$$P_{\text{مایع}} = P_{\text{جیوه}} \Rightarrow (\rho g h)_{\text{مایع}} = (\rho g h)_{\text{جیوه}} \Rightarrow \rho_{\text{مایع}} h_{\text{مایع}} = \rho_{\text{جیوه}} h_{\text{جیوه}}$$

**نمونه:** فشار هوا در سطح دریای آزاد  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  است. می‌خواهیم این فشار را برحسب سانتی‌متر جیوه حساب کنیم. باید ببینیم چه ارتفاعی از جیوه همین

$$P_0 = \rho_{\text{Hg}} g h_{\text{Hg}} \Rightarrow 1.013 \times 10^5 = 13600 \times 9.8 \times h_{\text{Hg}} \Rightarrow h_{\text{Hg}} = 0.76 \text{ m} = 76 \text{ cm}$$

فشار را ایجاد می‌کند.

پس ۷۶ cm جیوه می‌تواند فشاری به اندازه  $P_0$  تولید کند؛ به بیان دیگر فشار هوا در سطح دریای آزاد ۷۶ سانتی‌متر جیوه است:

$$P_0 = 76 \text{ cmHg}$$

**نتیجه:** ۷۶ cmHg تقریباً فشاری معادل  $1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$  یا ۱ bar دارد.

**تست:** اگر در مکانی، فشار هوا برابر ۷۶ سانتی‌متر جیوه باشد، فشار کل در عمق ۱۳۶ سانتی‌متری آب رودخانه چند سانتی‌متر جیوه است؟ (چگالی آب

$1000 \text{ kg/m}^3$  و چگالی جیوه  $13600 \text{ kg/m}^3$  است.)

(ریاضی خارج ۹۳)

۹۶ (۴)

۹۲ (۳)

۸۶ (۲)

۸۲ (۱)

**پاسخ (۲):** بهتر است تست‌های اولیه در رابطه با تعیین فشار برحسب سانتی‌متر جیوه را به جای به کارگیری مستقیم فرمول، با استفاده از مفهوم حل کنید. چند سانتی‌متر جیوه معادل ۱۳۶ cm آب فشار تولید می‌کند؟ سبب کن!

$$P_W = P_{\text{Hg}} \Rightarrow \rho_W h_W = \rho_{\text{Hg}} h_{\text{Hg}} \Rightarrow 1000 \times 136 = 13600 \times h_{\text{Hg}} \Rightarrow h_{\text{Hg}} = 10 \text{ cm} \Rightarrow P_W = 10 \text{ cmHg}$$

$$P = P_0 + P_W = 76 + 10 = 86 \text{ cmHg}$$

## پرسش‌های چهارگزینه‌ای

۱۳۹- در ارتفاع حدود ۳۰۰۰ متری از سطح دریا، فشار هوا ۶۸ kPa است. این فشار چند سانتی‌متر جیوه است؟ (چگالی جیوه  $= 10 \text{ N/kg}$  و  $13/6 \text{ g/cm}^3$ )

(ریاضی ۱۴۰۱)

۴۵ (۴)

۵۰ (۳)

۵۵ (۲)

۶۰ (۱)

۱۴۰- مطابق شکل، در ظرفی تا عمق ۶۰ cm از مایعی به چگالی  $3/4 \text{ g/cm}^3$  ریخته شده است. فشار ناشی از

مایع در نقطه M چند سانتی‌متر جیوه است؟ ( $\sin 53^\circ = 0.8$  و  $13/6 \text{ g/cm}^3$  چگالی جیوه)



۱۰ (۲)

۸/۷۵ (۱)

۱۵ (۴)

۱۱/۲۵ (۳)

۱۴۱- اگر فشار هوا ۷۵ cmHg باشد، فشار کل در عمق چند متری آب یک دریاچه به ۱۰۰ cmHg می‌رسد؟ (چگالی جیوه و آب به ترتیب  $13/6 \text{ g/cm}^3$  و  $1 \text{ g/cm}^3$  است و  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

(ریاضی خارج ۸۹، مشابه ریاضی ۸۸)

۱۳/۶ (۴)

۱۰/۲ (۳)

۶/۸ (۲)

۳/۴ (۱)

۱۴۲- در عمق ۲ متری دریاچه‌ای، فشار برابر ۹۰ cmHg است. اگر فشار هوا در سطح دریاچه برابر ۷۵ cmHg باشد، فشار در عمق ۸ متری این دریاچه چند سانتی‌متر جیوه است؟

۱۵۰ (۴)

۱۳۵ (۳)

۱۳۰ (۲)

۱۲۰ (۱)

۱۴۳- درون یک ظرف استوانه‌ای، ۲/۵ لیتر مایع به چگالی  $2 \text{ g/cm}^3$  قرار دارد. اگر سطح مقطع استوانه  $50 \text{ cm}^2$  باشد، فشار پیمانه‌ای در کف ظرف چند سانتی‌متر جیوه است؟ ( $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$ )

(ریاضی نوبت اول ۱۴۰۴)

۲/۸ (۴)

۸/۲ (۳)

۴/۴ (۲)

۷/۶ (۱)

۱۴۴- لوله‌بلندی به صورت قائم نگه داشته شده و در آن تا ارتفاع ۴ cm جیوه ریخته شده است. اگر فشار هوا  $1.0336 \times 10^5 \text{ Pa}$  باشد، ارتفاع جیوه درون لوله را به

(ریاضی ۹۷)

چند سانتی‌متر برسانیم تا فشار در ته لوله دو برابر شود؟ ( $g = 10 \text{ m/s}^2$  و  $13/6 \text{ g/cm}^3$  چگالی جیوه)

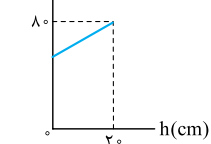
۷۸ (۴)

۸۰ (۳)

۸۲ (۲)

۸۴ (۱)

۱۴۵- در محلی که فشار هوا ۷۲ cmHg است، نمودار فشار برحسب فاصله از سطح آزاد (عمق) یک مایع مطابق شکل روبه‌رو است. چگالی



این مایع چند برابر چگالی جیوه است؟

۲/۵ (۲)

۵/۲ (۱)

۱/۴ (۴)

۴ (۳)

۱۴۶- در یک لوله استوانه‌ای که مساحت قاعده آن  $20 \text{ cm}^2$  است، ۲۷۲ گرم جیوه و ۵۴۴ گرم آب می‌ریزیم. فشار در ته لوله چند پاسکال می‌شود؟

(تجربی نوبت دوم ۱۴۰۲، مشابه ریاضی ۹۹)

( $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$ ،  $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$  و  $P_0 = 75 \text{ cmHg}$ ،  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

۱۰۷۴۴۰ (۴)

۱۰۶۰۸۰ (۳)

۱۰۴۷۲۰ (۲)

۱۰۳۳۶۰ (۱)

۱۴۷- استوانه‌ای با مساحت قاعده  $4 \text{ cm}^2$  روی سطح افقی گذاشته شده است و در آن  $15 \text{ cm}^3$  جیوه قرار دارد. اگر روی جیوه آن قدر آب بریزیم که عمق آب به  $17$  سانتی‌متر برسد، فشار پیمانه‌ای در کف استوانه به چند سانتی‌متر جیوه می‌رسد؟ ( $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$ ) (ریاضی کنکور مجدد ۱۴۰۱)

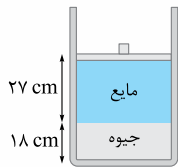
- (۱) ۴ (۲) ۵ (۳) ۶ (۴) ۷

۱۴۸- در یک لوله استوانه‌ای که مساحت قاعده آن  $15 \text{ cm}^2$  است، تا ارتفاع  $20 \text{ cm}$  مایعی به چگالی  $2 \text{ g/cm}^3$  قرار دارد. چند لیتر از مایع دیگری به چگالی  $1/06 \text{ g/cm}^3$  به مایع درون لوله اضافه کنیم تا فشار در ته لوله  $10$  درصد افزایش یابد؟ ( $P_0 = 75 \text{ cmHg}$ ،  $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$  و  $g = 10 \text{ m/s}^2$ ) (تجربی خارج نوبت دوم ۱۴۰۲، مشابه تجربی ۹۹)

- (۱) ۲ (۲) ۲/۵ (۳) ۱ (۴) ۱/۵

۱۴۹- شهر تهران در ارتفاع  $1400$  متری از سطح آزاد دریا قرار دارد. اگر فشار هوا در سطح آزاد دریا برابر  $76 \text{ cmHg}$  باشد، فشار هوا در تهران تقریباً چند میلی‌متر جیوه است؟ (چگالی جیوه تقریباً ده هزار برابر چگالی هوا در نزدیکی سطح زمین است.)

- (۱) ۶۲ (۲) ۷۴/۶ (۳) ۶۲۰ (۴) ۷۴۶



۱۵۰- مطابق شکل مقابل، در زیر پیستون بدون اصطکاکی به جرم  $2/7 \text{ kg}$  و سطح مقطع  $40 \text{ cm}^2$ ، ستونی از جیوه به ارتفاع  $18 \text{ cm}$  و ستونی از یک مایع مخلوط‌نشده با جیوه، به ارتفاع  $27 \text{ cm}$  وجود دارد. فشار پیمانه‌ای در کف ظرف چند سانتی‌متر جیوه است؟ ( $\rho_{\text{جیوه}} = 13/5 \text{ g/cm}^3$ ،  $\rho_{\text{مایع}} = 4 \text{ g/cm}^3$  و  $g = 10 \text{ N/kg}$ )

- (۱) ۲۱ (۲) ۲۶ (۳) ۳۱ (۴) ۳۶

(ریاضی خارج ۹۱)

۱۵۱- فشار لاستیک بادشده‌ای  $220$  کیلوپاسکال اندازه‌گیری می‌شود. این فشار: ( $\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3$ ،  $g = 10 \text{ m/s}^2$ )

- (۱) فشار مطلق است و تقریباً معادل  $22$  اتمسفر است. (۲) فشار پیمانه‌ای است و تقریباً معادل  $22$  اتمسفر است. (۳) فشار پیمانه‌ای است و تقریباً معادل  $162 \text{ cmHg}$  است. (۴) فشار مطلق است و تقریباً معادل  $162 \text{ cmHg}$  است.

## درس ۶: نیروی مایع بر کف ظرف

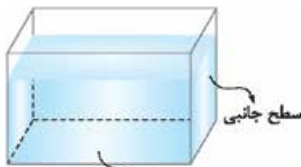
اگر سطحی به مساحت  $A$  در شاره‌ای قرار داشته باشد و فشار شاره در محل سطح،  $P$  باشد، نیروی  $F = PA$  از طرف شاره به سطح وارد می‌شود.

تست: فشار هوا در محلی  $70 \text{ cmHg}$  است. نیرویی که در این محل از طرف هوا به سطح یک ورقه فلزی با ابعاد  $40 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$  وارد می‌شود چند نیوتون است؟ (چگالی جیوه  $13600 \text{ kg/m}^3$  و  $g = 10 \text{ m/s}^2$  است.)

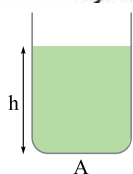
- (۱) ۱۴ (۲) ۱۴۰۰۰۰ (۳) ۱۹۰۴۰ (۴) ۹۵۲۰۰

پاسخ: فشار هوا برابر فشار ستونی از جیوه به ارتفاع  $h = 0/7 \text{ m}$  است. این فشار را برحسب پاسکال حساب می‌کنیم:

$$P = \rho_{\text{Hg}} g h_{\text{Hg}} = 13600 \times 10 \times 0/7 = 95200 \text{ Pa}, \quad F = PA = 95200 \times [(40) \times (50) \times 10^{-4}] = 19040 \text{ N}$$



برای به دست آوردن نیروی وارد بر یک سطح در درون مایع، چنان‌چه سطح افقی باشد (مانند کف ظرف در شکل مقابل)، فشار مایع در تمام نقاط سطح یکسان است و نیرو به سادگی از ضرب فشار در مساحت به دست می‌آید.

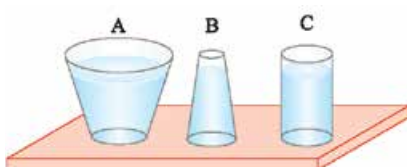


نمونه: در شکل روبه‌رو، مقداری مایع به وزن  $W$  تا ارتفاع  $h$  در ظرف استوانه‌ای شکلی به مساحت قاعده  $A$  ریخته شده است. فشار مایع در کف ظرف و نیروی حاصل از آن برابر است با:

$$P = \rho g h$$

$$F = PA = \rho g (hA) = \rho g V = mg \Rightarrow F = W$$

نتیجه: اگر ظرف محتوی مایع، مقطعی یکنواخت داشته باشد، نیرویی که مایع به کف ظرف وارد می‌کند هم‌اندازه با وزن مایع است.



پارادوکس هیدرواستاتیک: مطابق شکل، در سه ظرف که مساحت قاعده آن‌ها یکسان است، تا ارتفاع یکسانی آب می‌ریزیم ( $h_A = h_B = h_C$ ). در این حالت فشار در کف سه ظرف برابر است ( $P_A = P_B = P_C$ ). نیروی وارد بر قاعده هر یک از ظرف‌ها، حاصل ضرب مساحت قاعده در فشار آب است، بنابراین نیرویی که از طرف آب بر کف سه ظرف وارد می‌شود، یکسان است ( $F_A = F_B = F_C$ ). اما با این وجود چرا وقتی ظرف‌ها را روی ترازو می‌گذاریم، وزن‌های متفاوتی را نشان می‌دهد؟

۸۲. گزینه ۴: رابطه چگالی مخلوط را برای محلول اولیه می‌نویسیم:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{آب}} + m_{\text{الکل}}}{V_{\text{آب}} + V_{\text{الکل}}} \xrightarrow{V = \frac{m}{\rho}} \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{آب}} + m_{\text{الکل}}}{\frac{m_{\text{آب}}}{\rho_{\text{آب}}} + \frac{m_{\text{الکل}}}{\rho_{\text{الکل}}}}$$

$$\frac{\rho_{\text{مخلوط}} = 0.9 \text{ g/cm}^3}{m_{\text{آب}} + m_{\text{الکل}} = 180 \text{ g}} \rightarrow 0.9 = \frac{180}{\frac{m_{\text{آب}}}{1} + \frac{m_{\text{الکل}}}{0.8}}$$

$$\Rightarrow m_{\text{آب}} + \frac{5}{4} m_{\text{الکل}} = 200$$

به کمک رابطه به‌دست‌آمده و رابطه  $m_{\text{آب}} + m_{\text{الکل}} = 180 \text{ g}$ ، جرم آب و الکل در محلول اولیه به دست می‌آید:

$$m_{\text{آب}} + \frac{5}{4} m_{\text{الکل}} = 200 \Rightarrow m_{\text{آب}} + m_{\text{الکل}} + \frac{1}{4} m_{\text{الکل}} = 200$$

$$\Rightarrow 180 + \frac{1}{4} m_{\text{الکل}} = 200 \Rightarrow \frac{1}{4} m_{\text{الکل}} = 20 \Rightarrow m_{\text{الکل}} = 80 \text{ g}$$

$$\text{و } m_{\text{آب}} = 180 - 80 = 100 \text{ g}$$

تیزباز: چگالی محلول اولیه برابر با میانگین چگالی آب و الکل است

$$\left( \frac{1 + 0.8}{2} \right) = 0.9 \text{؛ بنابراین حجم آب و الکل موجود در محلول اولیه برابر است، پس:}$$

$$V_{\text{آب}} = V_{\text{الکل}} \Rightarrow \frac{m_{\text{آب}}}{\rho_{\text{آب}}} = \frac{m_{\text{الکل}}}{\rho_{\text{الکل}}}$$

$$\Rightarrow \frac{m_{\text{آب}}}{1} = \frac{m_{\text{الکل}}}{0.8} \Rightarrow m_{\text{الکل}} = 0.8 m_{\text{آب}}$$

از طرفی  $m_{\text{آب}} + m_{\text{الکل}} = 180$  است؛ بنابراین:

$$180 - m_{\text{آب}} = 0.8 m_{\text{آب}} \Rightarrow 1.8 m_{\text{آب}} = 180$$

$$\Rightarrow m_{\text{آب}} = \frac{180}{1.8} = 100 \text{ g و } m_{\text{الکل}} = 180 - 100 = 80 \text{ g}$$

۸۳. به دلیل ناچیزبودن تبخیر آب، جرم آب در محلول ثانویه همان

$m_{\text{آب}} = 100 \text{ g}$  است و فقط جرم الکل کاهش می‌یابد. با نوشتن رابطه چگالی

مخلوط، جرم الکل در محلول ثانویه به دست می‌آید:

$$\rho'_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{آب}} + m'_{\text{الکل}}}{V_{\text{آب}} + V'_{\text{الکل}}} \xrightarrow{\rho = \frac{m}{V}} \rho'_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{آب}} + m'_{\text{الکل}}}{\frac{m_{\text{آب}}}{\rho_{\text{آب}}} + \frac{m'_{\text{الکل}}}{\rho_{\text{الکل}}}}$$

$$\frac{\rho'_{\text{مخلوط}} = 0.96 \text{ g/cm}^3}{m_{\text{آب}} = 100 \text{ g}} \rightarrow 0.96 = \frac{100 + m'_{\text{الکل}}}{\frac{100}{1} + \frac{m'_{\text{الکل}}}{0.8}}$$

$$\Rightarrow 0.96 = \frac{100 + m'_{\text{الکل}}}{100 + \frac{1}{8} m'_{\text{الکل}}} \Rightarrow 96 + \frac{9}{8} m'_{\text{الکل}} = 100 + m'_{\text{الکل}}$$

$$\Rightarrow \frac{1}{8} m'_{\text{الکل}} = 4 \Rightarrow m'_{\text{الکل}} = \frac{32}{1} = 32 \text{ g}$$

محاسبه جرم الکل تبخیرشده و حجم آن:

$$m''_{\text{الکل}} = m_{\text{الکل}} - m'_{\text{الکل}} = 80 - 32 = 48 \text{ g}$$

$$V''_{\text{الکل}} = \frac{m''_{\text{الکل}}}{\rho_{\text{الکل}}} = \frac{48}{0.8} = 60 \text{ cm}^3$$

تمرین: حجم الکل باقی‌مانده چه قدر است؟  $V'_{\text{الکل}} = 25 \text{ cm}^3$

۸۳. براساس این مدل، ذرات جسم جامد توسط فشره‌هایی به یکدیگر

متصل‌اند. اگر بخواهیم این ذرات را نسبت به وضعیت تعادلشان، به هم نزدیک‌تر

یا از هم دورتر کنیم، نیروی کشسانی بین فنرها اجازه این کار را نمی‌دهد و

آن‌ها را به وضع تعادلشان برمی‌گرداند؛ بنابراین براساس این مدل، جسم جامد تراکم‌ناپذیر است، شکل و حجم ثابتی دارد و استحکام زیادی دارد. اما رسانایی الکتریکی فلزهای جامد به دلیل وجود الکترون‌های آزاد است که در مدل نشان داده شده، اثری از این الکترون‌ها دیده نمی‌شود.

۸۴. گزینه ۳: بررسی عبارت‌ها: الف) در فرایند سردسازی سریع مایع، چون ذرات فرصت کافی ندارند تا در طرحی منظم، مرتب شوند، در همان طرح نامنظمی که در حالت مایع داشتند، باقی می‌مانند و بنابراین معمولاً جامد بی‌شکل (آمورف) تشکیل می‌شود. در فرایند سردسازی آرام مایع، ذرات مایع فرصت کافی دارند تا در طرح‌های منظم خود مرتب شوند؛ بنابراین اغلب جامد بلورین تشکیل می‌شود. x

ب) تراکم‌ناپذیری ویژگی مشترک جامدها و مایع‌ها است ولی منظم و متقارن بودن مولکول‌ها خیر. در واقع فقط جامدهای بلورین مولکول‌های منظم و متقارن دارند و مولکول‌های جامدهای بی‌شکل (آمورف) و مایع‌ها به صورت نامنظم در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. x

پ) مایع‌ها و گازها شکل مشخصی ندارند و به شکل ظرف خودشان درمی‌آیند و همچنین حرکت مولکول‌ها در هر دو حالت نامنظم و کاتوره‌ای (تصادفی) است. ✓

ت) مولکول‌های مایع جاری می‌شوند، چون به راحتی می‌توانند روی هم بلغزند. در واقع مولکول‌های مایع برخلاف مولکول‌های گاز، نمی‌توانند آزادانه به هر سمتی حرکت کنند. x

۸۵. گزینه ۳: شکل الف) ساختاری بلورین و شکل ب) ساختاری بی‌شکل (آمورف) دارد. بنابراین شکل الف) می‌تواند ساختار نمک خوراکی (NaCl)، فلزها، الماس، یخ و بیشتر مواد معدنی و شکل ب) می‌تواند ساختار شیشه و فلزها باشد.

⚠ ماهیت آمورف شیشه‌های طبیعی کاملاً پایدار است. گروه دیگری از مواد هستند که وقتی در حالت مایع یا بخار به سرعت سرد شوند جامد بی‌شکل به وجود می‌آید ولی وقتی این مواد تا دمای معینی گرم شوند به سرعت ساختار بلورین پیدا می‌کنند. فلزات مثالی از این دسته مواد هستند.

۸۶. گزینه ۳: اندازه نیروی بین مولکولی در حالت جامد بیشتر از حالت مایع و در حالت مایع بیشتر از حالت گاز است:  $F_s > F_l > F_g$  برای درک بهتر این موضوع، فرض کنید که بخواهید دستتان را درون جامد، مایع و گاز فروبرید. واضح است که این کار برای گاز خیلی راحت، برای مایع نسبتاً راحت و برای جامد تقریباً غیرممکن است.

۸۷. فاصله بین مولکول‌ها در دو حالت جامد و مایع تقریباً با هم برابر (در حدود  $10^{-10} \text{ m}$ ) است، در حالی که فاصله بین مولکول‌ها در حالت گاز، بسیار بیشتر

از حالت‌های جامد و مایع (در حدود  $10^{-2} \text{ m}$ ) است. بنابراین:  $d_g > d_l \approx d_s$

تمرین: دلیل ناچیزبودن نیروهای بین‌مولکولی در گازها چیست؟ نیروهای

بین مولکولی کوتاه‌برد هستند و فاصله بین مولکول‌های گاز، زیاد است.

۸۷. گزینه ۳: پدیده پخش در همهٔ شاره‌ها (چه مایع و چه گاز) رخ می‌دهد و دلیل آن حرکت نامنظم و کاتوره‌ای مولکول‌های شاره و برخورد آن‌ها با ذرات سازندهٔ ماده‌ای است که در شاره پخش می‌شود.

تمرین: پدیده پخش در مایع‌ها سریع‌تر رخ می‌دهد یا در گازها؟ چرا؟

گازها، تندی میانگین مولکول‌های گاز بسیار بیشتر از تندی میانگین مولکول‌های مایع است و به همین دلیل تعداد برخوردهای مولکول‌های گاز با ذرات سازندهٔ ماده‌ای که در حال پخش است، بیشتر است. از طرفی فاصله میانگین بین مولکول‌های گاز بیشتر از مایع است و مولکول‌های ماده در حال پخش بین دو برخورد متوالی، مسافت بیشتری را طی می‌کنند.

**۹۴. گزینه ۳:** با توجه به شکل، مایع A به شکل قطره روی سطح باقی مانده است، پس این مایع سطح را تر نکرده و دلیلش این است که نیروی هم چسبی بین مولکول‌های مایع A بیشتر از نیروی دگر چسبی بین مولکول‌های آن با سطح است. همچنین مایع B روی سطح، پهن شده است؛ بنابراین مایع B سطح را تر کرده و دلیلش این است که نیروی دگر چسبی بین مولکول‌های مایع B و سطح بیشتر از نیروی هم چسبی بین مولکول‌های آن است.

**تمرین:** در هر یک از موارد زیر بگویید مایع روی سطح جامد پهن می‌شود یا به صورت قطره درمی‌آید؟  
(الف) آب روی سطح شیشه‌ای تمیز: پهن (ب) آب روی سطح شیشه‌ای چرب شده: قطره (پ) جیوه روی سطح شیشه‌ای تمیز: قطره (ت) جیوه روی سطح شیشه‌ای چرب شده: قطره

**۹۵. گزینه ۲:** پهن شدن قطره آب روی سطح شیشه‌ای تمیز و بالا رفتن آب در لوله موئین به دلیل غلبه نیروی دگر چسبی بین مولکول‌های آب و سطح شیشه بر نیروی هم چسبی بین مولکول‌های آب است. به دلیل همین خاصیت موئینگی، آب به درون مصالح ساختمانی مانند خاک، آجر و سیمان نفوذ می‌کند (گیاهان نیز با استفاده از همین خاصیت، آب و املاح را از طریق آوندهای چوبی نازک به برگ‌های خود می‌رسانند). اما علت پایین آمدن جیوه در لوله موئین غلبه نیروی هم چسبی بین مولکول‌های جیوه بر نیروی دگر چسبی بین مولکول‌های جیوه و شیشه است، بنابراین عامل غالب به وجود آورنده این پدیده، نیروی هم چسبی است نه دگر چسبی.

**تمرین:** برای جلوگیری از نفوذ رطوبت به داخل ساختمان، از چه ماده‌ای استفاده می‌کنند؟ قیر

**۹۶. گزینه ۱:** نیروی هم چسبی بین مولکول‌های جیوه بیشتر از نیروی دگر چسبی بین مولکول‌های جیوه و شیشه است، بنابراین:  
(۱) سطح جیوه در لوله موئین باید پایین‌تر از سطح آزاد جیوه درون ظرف باشد. (رد) (۲) و (۳)

(۲) سطح جیوه در لوله موئین باید برآمده (محدب یا کوژ) باشد. (رد) (۴)  
**۹۷. گزینه ۳:** با غلبه نیروی دگر چسبی بر نیروی هم چسبی، مایع رفتاری مانند آب دارد؛ بنابراین سطح مایع در درون لوله، بالاتر از سطح مایع در درون ظرف قرار می‌گیرد و سطح مایع در لوله به صورت **فرورفته** (مقعر یا کاو) درمی‌آید.  
**۹۸. گزینه ۲:** سطح آب در لوله موئین و خارج از آن باید فرو رفته باشد (رد) (۴) و سطح جیوه در لوله موئین و خارج از آن باید برآمده باشد.

هم‌چنین هر چه قطر داخلی لوله کم‌تر باشد (لوله نازک‌تر باشد)، سطح آب درون لوله بالاتر و سطح جیوه درون لوله پایین‌تر قرار می‌گیرد. (رد) (۱) و (۳)

**۹۹. گزینه ۲:** ضخامت لایه دود یا لایه روغن، ده‌ها برابر ابعاد یک مولکول آب یا یک مولکول شیشه است. با توجه به کوتاه‌تر بودن نیروهای بین مولکولی، با اضافه شدن یک لایه دوده یا روغن، نیروی دگر چسبی بین مولکول‌های شیشه و آب ناچیز شده و با غلبه نیروی هم چسبی، آب رفتاری مانند جیوه از خود نشان می‌دهد؛ یعنی در این حالت سطح آب در لوله موئین پایین‌تر از سطح آزاد آب در ظرف است و سطح آن دارای برآمدگی می‌باشد.

**۱۰۰. گزینه ۲:** چرب کردن سطح داخلی لوله موئین رفتار آب را مانند جیوه می‌کند (تدرستی) (۳). فرو بردن بیشتر لوله در آب، در اختلاف ارتفاع آب بی‌تأثیر است (تدرستی) (۱). هم‌چنین فشار هوا بر آب داخل لوله موئین با فشار هوا بر سطح آزاد مایع موازنه می‌شود و تأثیری در اختلاف ارتفاع آب ندارد (تدرستی) (۴)؛ اما هر چه قطر داخلی لوله موئین کوچک‌تر باشد و اصطلاحاً لوله موئین‌تر باشد، اختلاف ارتفاع سطح آب درون لوله از سطح آزاد آب در ظرف افزایش می‌یابد (درستی) (۲).

**۸۸. گزینه ۲ (بررسی عبارت‌ها: الف)** ذره‌های سازنده ماده همواره در حرکت‌اند و به یکدیگر نیرو وارد می‌کنند، حالت ماده به چگونگی حرکت این ذرات و اندازه نیروی بین آن‌ها بستگی دارد. (ب) قسمت عمده‌ای از جهان قابل مشاهده از پلاسما تشکیل شده است. ماده درون ستارگان و بیشتر فضای بین ستاره‌ای، آذرخش، شفق‌های قطبی، آتش و ماده داخل لوله تابان لامپ‌های مهتابی همگی از پلاسما تشکیل شده است؛ حالت پلاسما اغلب (نه همواره) در دماهای خیلی بالا به وجود می‌آید. (پ) نیروهای بین مولکولی بین ذرات جسم جامد و مایع، ماهیت الکتریکی دارند و باعث می‌شوند ذرات در کنار یکدیگر بمانند. (ت) به دلیل خاصیت تراوایی سطح بادکنک، مولکول‌های هوای درون بادکنک در بسته، به تدریج و در مدتی نسبتاً طولانی می‌توانند از میان مولکول‌های بادکنک عبور کرده و به بیرون نفوذ کنند و این موضوع ربطی به پدیده پخش ندارد. x

**۸۹. گزینه ۴:** اگر فاصله بین مولکول‌ها از حدی (فاصله تعادلی) کم‌تر شود، به یکدیگر نیروی رانشی و اگر این فاصله بیشتر شود، به یکدیگر نیروی ربایشی وارد می‌کنند.

**۹۰. گزینه ۴:** نیروهای بین مولکولی کوتاه‌برد هستند؛ یعنی باید فاصله بین مولکول‌ها از یک حدی کم‌تر باشد، تا این نیروها عمل کنند. در حالت عادی، هر چه قدر هم دو قطعه شیشه شکسته شده را به یکدیگر نزدیک کنیم، فاصله بین مولکول‌های مرزی دو قطعه، بسیار بیشتر از ابعاد مولکولی است، در نتیجه نیروهای کوتاه‌برد جاذبه بین مولکولی توانایی این را ندارند که قطعه‌ها را به هم بچسبانند. گرم کردن دو قطعه شیشه و نرم شدن آن‌ها، باعث افزایش نوسان مولکول‌های دوقطعه‌ای که مجاور هم قرار دارند، شده و این موضوع کمک می‌کند که فاصله بین مولکول‌های مرزی دو قطعه آن قدر کم شود که نیروهای جاذبه بین مولکولی بتوانند دو قطعه را به هم بچسبانند.

**!** افزایش دما، نیروهای بین مولکولی (چه هم چسبی و چه دگر چسبی) را کاهش می‌دهد.

**۹۱. گزینه ۲:** چگالی تیغ بیشتر از چگالی آب است. با این وجود تیغ بر سطح آب باقی می‌ماند. دلیلش این است که مولکول‌های سطح آب با نیروی هم چسبی یکدیگر را می‌ربایند و باعث می‌شوند که سطح آب مانند یک پوسته تحت کشش عمل کند و تیغ را نگه دارد. این رفتار سطح را **کشش سطحی** می‌نامند. مواد شوینده باعث کاهش کشش سطحی و مقاومت آب در برابر نفوذ اجسام خارجی می‌شوند و به همین دلیل تیغ در آب فرومی‌رود و ته‌نشین می‌شود.

**۹۲. گزینه ۲:** با افزایش دمای روغن، نیروی هم چسبی بین مولکول‌های آن کاهش می‌یابد، در نتیجه تمایل روغن به جاری شدن افزایش یافته و قطره‌های کوچک‌تر روغن از قطره چکان خارج می‌شوند.

**تمرین: الف)** هنگام شستن ظرف‌ها، نیروی هم چسبی بین مولکول‌های آب باید کم شود یا زیاد؟ کم (ب) این کار را به چه روش‌هایی انجام می‌دهیم؟ استفاده از مایع ظرفشویی و استفاده از آب گرم

**۹۳. گزینه ۳ (بررسی عبارت‌ها: الف)** نیروی هم چسبی بین مولکول‌های آب سبب قطره‌ای شدن شبنم می‌شود. (ب) کشش سطحی در سطح قطره، مانند یک پوسته کشیده شده، قطره را کروی شکل می‌کند تا به ازای یک حجم معین، کم‌ترین مساحت را داشته باشد. (پ) وقتی قلم‌مو از آب بیرون کشیده شود، لایه‌ای از آب در اطراف قلم‌مو تشکیل می‌شود و نیروی هم چسبی بین مولکول‌های این لایه آب سبب نزدیک شدن موهای آن می‌شود. x (ت) بزرگ بودن نیروی هم چسبی مولکول‌های آب، آن را به صورت قطره درآورده و به مایه کمانگیر امکان این شکار زیبا را می‌دهد. (ث) نیروی هم چسبی بین مولکول‌های آب خیلی بزرگ‌تر از نیروی هم چسبی بین ذرات ریزگرد است، بنابراین با این‌که چگالی ریزگردها تقریباً دو برابر چگالی آب است، با دما ریزگردها را در فضا می‌پراکنند ولی طوفان قطره‌های آب را پراکنده نمی‌کند. x

**تمرین:** اگر تمام ابعاد مکعبی به ضلع  $a$  را  $n$  برابر کنیم، فشاری که مکعب بر سطح زیرین خود وارد می‌کند، چند برابر می‌شود؟  $n$  برابر

**۱۰۵. گزینه ۱** چون جرم مکعب مستطیل را می‌خواهیم، بهتر است از رابطه اصلی فشار استفاده کنیم:

$$P_{\max} - P_{\min} = 3000 \Rightarrow \frac{F}{A_{\min}} - \frac{F}{A_{\max}} = 3000$$

$$\xrightarrow{F=mg} \frac{m \times 10}{(4 \times 10^{-2}) \times (\Delta \times 10^{-2})} - \frac{m \times 10}{(\Delta \times 10^{-2}) \times (10 \times 10^{-2})} = 3000$$

$$\Rightarrow \left(\frac{m}{4} - \frac{m}{\Delta}\right) \times 10^4 = 3000 \Rightarrow \frac{m}{4} - \frac{m}{\Delta} = \frac{3}{10}$$

$$\Rightarrow \frac{\Delta m - 4m}{40} = \frac{3}{10} \Rightarrow 3m = 3 \Rightarrow m = 1 \text{ kg}$$

**۱۰۶. گزینه ۴**

$$V = a^3 = \Delta^3 = 125 \text{ cm}^3 \text{ و } m = \rho V = 4 \times 125 = 500 \text{ g}$$

$$\xrightarrow{1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}} m = 0.5 \text{ kg}$$

**۱۰۷. گزینه ۱** با توجه به قانون دوم نیوتون برای شکل (الف)، بزرگی نیروی  $\vec{F}$  برابر است با:

$$F = ma \Rightarrow F = 0.5 \times 2 = 1 \text{ N}$$

**۱۰۸. گزینه ۴** فشاری که جسم در شکل (ب) بر سطح وارد می‌کند برابر است با:

$$P = \frac{F + mg}{A} = \frac{F + mg}{a^2}$$

$$\xrightarrow{a = \Delta \text{ cm} = 0.05 \text{ m}} P = \frac{1 + 0.5 \times 10}{(0.05)^2} = \frac{6}{25 \times 10^{-4}} = 2400 \text{ Pa}$$

استفاده از رابطه  $P = \rho gh$  داریم:

$$\frac{P_A}{P_B} = \frac{\rho gh_A}{\rho gh_B} \xrightarrow{\text{یکسان } \rho \text{ و } g} \frac{P_A}{P_B} = \frac{h_A}{h_B} \xrightarrow{h_A = 2h_B} \frac{P_A}{P_B} = 2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{W}{A} = \frac{W}{\pi r^2} \Rightarrow \frac{P_A}{P_B} = \frac{W_A}{W_B} \times \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2$$

$$\xrightarrow{\frac{W_A}{r_B} = \frac{W_B}{r_A}} \frac{P_A}{P_B} = 1 \times (2)^2 = 4$$

**۱۰۹. گزینه ۲** در رابطه  $P = \rho gh$ ،  $\rho$  چگالی ماده سازنده جسم است، پس توپر و توخالی بودن جسم تأثیری در استفاده از این رابطه ندارد و مساحت مقطع اصلاً وارد محاسبات نمی‌شود.

$$P = \rho gh \xrightarrow{\rho = 8 \text{ g/cm}^3 = 8000 \text{ kg/m}^3, h = \Delta \text{ cm} = 0.05 \text{ m}} P = 8000 \times 10 \times 0.05 / 10$$

$$= 40000 \text{ Pa} = 40 \text{ kPa}$$

**تمرین:** اگر استوانه توپر بود، فشار وارد بر سطح زیرین چند کیلوپاسکال می‌شد؟  $40 \text{ kPa}$

**۱۱۰. گزینه ۲** محاسبه مساحت قاعده بزرگ:

$$A = \pi r^2 \xrightarrow{\text{یکسان } \pi} \frac{A_1}{A_2} = \left(\frac{r_1}{r_2}\right)^2 \Rightarrow \frac{A_1}{15} = \left(\frac{2r_1}{r_1}\right)^2$$

$$\Rightarrow A_1 = 4 \times 15 = 60 \text{ cm}^2$$

**۱۱۱. گزینه ۴** فشار ناشی از مخروط ناقص وقتی روی قاعده کوچک قرار دارد، بیشتر از حالتی است که روی قاعده بزرگ قرار دارد و خواهیم داشت:

$$P = \frac{F}{A} \Rightarrow P_2 - P_1 = \frac{mg}{A_2} - \frac{mg}{A_1} \Rightarrow \Delta P = mg \left(\frac{1}{A_2} - \frac{1}{A_1}\right)$$

$$\Rightarrow 6000 = m \times 10 \times \left(\frac{1}{15} - \frac{1}{60}\right) \times 10^4 \Rightarrow m = 1/2 \text{ kg}$$

**۱۰۱. گزینه ۲** مطابق شکل، نیروهایی که از طرف دو انگشت بر پونز وارد می‌شوند، هم‌اندازه و در خلاف جهت یکدیگرند (رد (۱) و (۳)). از طرفی با توجه به رابطه  $P = \frac{F}{A}$ ، اگر نیرویی روی یک سطح کوچک متمرکز شود، فشار بزرگی ایجاد می‌شود که می‌تواند سبب آسیب دیدن انگشت پایینی شود.

**۱۰۲. گزینه ۱**  $F$  برابر با وزن شخص و  $A$  برابر با مساحت یک وجه مکعب است که در تماس با کف اتاق قرار دارد:

$$P = \frac{F}{A} \xrightarrow{F=mg, A=a^2} P = \frac{mg}{a^2} \xrightarrow{a=20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}} P = \frac{80 \times 10}{(0.2)^2}$$

$$= \frac{800}{4 \times 10^{-2}} = 20 \times 10^3 \text{ Pa} \xrightarrow{10^3 \text{ Pa} = 1 \text{ kPa}} P = 20 \text{ kPa}$$

**۱۰۳. گزینه ۴** بیشترین فشار مربوط به حالتی است که مساحت سطحی که جسم روی آن قرار می‌گیرد کم‌ترین مقدار باشد، پس:

$$P_{\max} = \frac{F}{A_{\min}} = \frac{mg}{A_{\min}} = \frac{\rho Vg}{A_{\min}} \xrightarrow{\frac{A_{\min} = 2 \times 4 = 8 \text{ cm}^2}{V = 2 \times 4 \times \Delta = 40 \text{ cm}^3}} P_{\max} = \frac{8 \times 10^3 \times (40 \times 10^{-6}) \times 10}{8 \times 10^{-4}} = 4 \times 10^3 \text{ Pa}$$

**نکته:** اگر سطح مقطع جسم در تمام ارتفاعش یکسان باشد (مانند استوانه، مکعب، مکعب مستطیل و...)، فشار ناشی از جسم به سطح افقی‌ای که روی آن قرار دارد را از رابطه زیر نیز می‌توان به دست آورد:

شتاب گرانشی  $g$  و چگالی ماده سازنده جسم  $\rho$

$$P = \rho g h \xrightarrow{\text{ارتفاع جسم}}$$

سطح مقطع مکعب مستطیل در تمام ارتفاعش یکسان است؛ بنابراین از رابطه  $P = \rho gh$  می‌توانیم استفاده کنیم. از طرفی برای داشتن بیشترین فشار، ارتفاع مستطیل باید بیشترین مقدار ممکن باشد. با توجه به شکل بالا داریم:

$$P_{\max} = \rho gh_{\max} = 8 \times 10^3 \times 10 \times 5 \times 10^{-2} = 4 \times 10^3 \text{ Pa}$$

**تمرین:** کم‌ترین فشار مکعب چند پاسکال است؟  $P_{\min} = 1/6 \times 10^3 \text{ Pa}$

**۱۰۴. گزینه ۳** بیشترین فشار و کم‌ترین فشار به ترتیب مربوط به حالتی است که جسم روی سطحی با کم‌ترین مساحت و بیشترین مساحت قرار گرفته باشد؛ بنابراین:

$$P = \frac{F}{A} \xrightarrow{F=W} \left\{ \begin{array}{l} P_{\max} = \frac{W}{A_{\min}} \\ P_{\min} = \frac{W}{A_{\max}} \end{array} \right. \Rightarrow \frac{P_{\max}}{P_{\min}} = \frac{A_{\max}}{A_{\min}} = \frac{b \times c}{a \times b} = \frac{c}{a} = \frac{3}{1} = 3$$

**۱۰۵. گزینه ۲** مقطع مستطیل در تمام ارتفاعش یکسان است، بنابراین:

$$P = \rho gh \Rightarrow \frac{P_{\max}}{P_{\min}} = \frac{h_{\max}}{h_{\min}} = \frac{c}{a} = \frac{3}{1} = 3$$

**گزینه ۱:** فشار پیمانه‌ای (یا همان فشار ناشی از مایع) در عمق ۱ متری برابر می‌شود با:

$$P_g = \rho g h' \quad \rho = 1250 \text{ kg/m}^3 \rightarrow P_g = 1250 \times 10 \times 1 = 12500 \text{ Pa}$$

**گزینه ۱:** فشار حاصل از دو مایع در کف استوانه ناشی از مجموع وزن دو مایع است. با حل شدن مایع‌ها در یکدیگر، مجموع وزن آن‌ها تغییر نمی‌کند، بنابراین با توجه به این که مقطع ظرف هم ثابت است، فشار حاصل از دو مایع در کف ظرف نیز تغییر نمی‌کند. یعنی:

$$P_1 = P_2$$

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_A + m_B}{V_A + V_B} = \frac{\rho_A V_A + \rho_B V_B}{V_A + V_B}$$

$$= \frac{1/2 \times \frac{1}{3} V + 0/6 \times \frac{2}{3} V}{\frac{1}{3} V + \frac{2}{3} V} = \frac{0/4 + 0/4}{1} = 0/8 \text{ g/cm}^3$$

**گزینه ۱:** محاسبه فشار ناشی از مخلوط در کف ظرف:

$$P_{\text{مخلوط}} = \rho_{\text{مخلوط}} g h_{\text{مخلوط}}$$

$$\frac{\rho_{\text{مخلوط}} = 0/8 \text{ g/cm}^3 = 800 \text{ kg/m}^3}{h_{\text{مخلوط}} = 75 \text{ cm} = 0/75 \text{ m}} \rightarrow P_{\text{مخلوط}} = 800 \times 10 \times 0/75 = 6000 \text{ Pa}$$

**روش ۲:** فرض کنید دو مایع مخلوط‌نشده باشند، یعنی مطابق شکل از مجموع ۷۵ سانتی‌متر مخلوط،  $\frac{1}{3}$  ارتفاع را مایع A و  $\frac{2}{3}$  ارتفاع را مایع B تشکیل بدهند. در این حالت فشار ناشی از مخلوط بر کف ظرف برابر است با:

$$P_{\text{مایع‌ها}} = P_A + P_B = \rho_A g h_A + \rho_B g h_B$$

$$\frac{\rho_A = 1/2 \text{ g/cm}^3 = 1200 \text{ kg/m}^3 \text{ و } h_A = 25 \text{ cm} = 0/25 \text{ m}}{\rho_B = 0/6 \text{ g/cm}^3 = 600 \text{ kg/m}^3 \text{ و } h_B = 50 \text{ cm} = 0/5 \text{ m}}$$

$$P_{\text{مایع‌ها}} = 1200 \times 10 \times 0/25 + 600 \times 10 \times 0/5 = 3000 + 3000 = 6000 \text{ Pa}$$

**تیزباز:** درون مخلوط، حجم مایع B بیشتر از حجم مایع A است، پس چگالی مخلوط به چگالی مایع B نزدیک‌تر است، یعنی:

$$\rho_{\text{مخلوط}} < \frac{\rho_A + \rho_B}{2} = \frac{1/2 + 0/6}{2} = 0/9 \text{ g/cm}^3$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} < 900 \text{ kg/m}^3$$

برای فشار ناشی از مخلوط در کف ظرف هم می‌توان نوشت:

$$P_{\text{مخلوط}} < 900 \times 10 \times 0/75 \Rightarrow P_{\text{مخلوط}} < 6750 \text{ Pa}$$

با این نتیجه، فقط (۱) می‌تواند جواب تست باشد.

**گزینه ۳:** محاسبه چگالی مخلوط:

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_1 + m_2}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2}{V_1 + V_2}$$

$$\frac{V_1 = 400 \text{ mL} = 400 \text{ cm}^3}{V_2 = 600 \text{ mL} = 600 \text{ cm}^3} \rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = \frac{1 \times 400 + 1/2 \times 600}{400 + 600} = \frac{400 + 300}{1000} = 0/7 \text{ g/cm}^3$$

$$\frac{1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3}{\rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = 700 \text{ kg/m}^3}$$

**تمرین:** در حالتی که مخروط ناقص از قاعده بزرگ روی سطح قرار دارد، وزنه‌ای را روی آن قرار می‌دهیم تا فشار ناشی از آن با حالتی که از قاعده کوچک روی سطح قرار دارد، برابر شود. جرم این وزنه (M) چند برابر جرم مخروط (m) است؟

**گزینه ۳:** می‌دانیم فشار ناشی از مایع در هر نقطه درون مایع، تنها به فاصله آن نقطه از سطح آزاد مایع بستگی دارد، پس:

$$P_{\text{آب}} = \rho g h \quad \rho = 1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3 \rightarrow P_{\text{آب}} = 1000 \times 10 \times 0/8 = 8000 \text{ Pa}$$

$$h = 8 \text{ cm} = 0/08 \text{ m}$$

**گزینه ۳:** محاسبه ارتفاع ستون آب در استوانه:

$$V = Ah \quad A = \pi r^2 \rightarrow V = \pi r^2 h$$

$$\frac{\pi r^2 / 4}{\pi r^2 / 4} \rightarrow 157 = 3/14 \times 1^2 \times h \Rightarrow 50 = 1^2 \times h \Rightarrow h = 50 \text{ cm}$$

$$\frac{d}{r} = \frac{2}{1} = 2 \text{ cm}$$

**گزینه ۳:** محاسبه فشار حاصل از آب در ته استوانه:

$$P_{\text{آب}} = \rho g h \quad h = 0/5 \text{ m} \rightarrow P_{\text{آب}} = 1000 \times 10 \times 0/5 = 5000 \text{ Pa}$$

**تمرین:** ظرفی مکعبی شکل داریم که طول هر ضلعش ۱۰ cm است. اگر در این ظرف ۲ کیلوگرم از مایعی با چگالی نامعلوم بریزیم، فشار ناشی از مایع در ته ظرف چند پاسکال می‌شود؟ ( $g = 10 \text{ N/kg}$ )

$$P_{\text{مایع}} = mg / A = 2000 \text{ Pa}$$

**گزینه ۳:** برای نفوذ محلول به درون سیاهرگ باید فشار پیمانه‌ای محلول با فشار پیمانه‌ای خون در سیاهرگ ( $P'_g$ ) برابر یا بیشتر از آن باشد؛ بنابراین:

$$P_{g(\text{min})} = P'_g \Rightarrow \rho g h_{\text{min}} = P'_g$$

$$\frac{P'_g = 8/4 \text{ kPa} = 8/4 \times 10^3 \text{ Pa}}{\rightarrow 1050 \times 10 \times h_{\text{min}} = 8/4 \times 10^3}$$

$$\Rightarrow h_{\text{min}} = \frac{8/4 \times 10^3}{1050 \times 10} = 0/8 \text{ m} \xrightarrow{1 \text{ m} = 100 \text{ cm}} h_{\text{min}} = 80 \text{ cm}$$

**گزینه ۲:**

$$P_g = \rho g h \xrightarrow{\text{یکسان } \rho} \frac{P_g(2)}{P_g(1)} = \frac{h_2}{h_1} \Rightarrow \frac{1}{3} = \frac{h_2}{93} \Rightarrow h_2 = \frac{93}{3} = 31 \text{ m}$$

**گزینه ۲:**  $h_2$ ، عمق نقطه دوم است. بنابراین:

$$h = h_1 - h_2 = 93 - 31 = 62 \text{ m}$$

**گزینه ۴:**

$$P = \frac{mg}{A} = \frac{mg}{\pi r^2} \xrightarrow{\text{یکسان } g, m} \frac{P_A}{P_B} = \left(\frac{r_B}{r_A}\right)^2$$

$$\xrightarrow{r_B = 2r_A} \frac{P_A}{P_B} = \left(\frac{2r_A}{r_A}\right)^2 = 4$$

**گزینه ۳:**

از روی نمودار مشخص است که فشار هوا  $10^5 \text{ Pa}$  و فشار (کل) در عمق ۱۶۰ سانتی‌متری مایع  $1/2 \times 10^5 \text{ Pa}$  است؛ بنابراین:

$$P = \rho g h + P_0 \quad \frac{P = 1/2 \times 10^5 \text{ Pa}, P_0 = 10^5 \text{ Pa}}{h = 160 \text{ cm} = 1/6 \text{ m}} \rightarrow 1/2 \times 10^5$$

$$= \rho \times 10 \times 1/6 + 10^5 \Rightarrow 16\rho = (1/2 \times 10^5) - 10^5$$

$$\Rightarrow 16\rho = 0/2 \times 10^5 \Rightarrow \rho = \frac{2 \times 10^4}{16} = \frac{10000}{8} = 1250 \text{ kg/m}^3$$

$$\frac{10^3 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3}{\rightarrow \rho = 1/25 \text{ g/cm}^3}$$

**۱۱۱. محاسبه فشار ناشی از مخلوط در کف ظرف:** مخلوط  $gh$  مخلوط  $\rho$  کف  $P_g = \rho gh$

$$\frac{\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{5 \times 13 / 6 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3}{17/6} \rightarrow P_{\text{کف}} = \frac{5 \times 13 / 6 \times 10^{-3} \times 10 \times 44 \times 10^{-2}}{17/6}$$

$$h_{\text{مخلوط}} = 44 \text{ cm} = 44 \times 10^{-2} \text{ m}$$

$$= 17 \times 10^{-2} \text{ Pa} \xrightarrow{10^3 \text{ Pa} = 1 \text{ kPa}} P_{\text{کف}} = 17 \text{ kPa}$$

**۱۱۲. گزینه ۴ روش ۱:** محاسبه مجموع جرم آب و روغن:

$$P_{\text{کف}} = \frac{Mg}{A} \xrightarrow{A = 20 \text{ cm}^2 = 20 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \rightarrow 36000 = \frac{M \times 10}{20 \times 10^{-4}}$$

$$\Rightarrow M = 0.72 \text{ kg} \xrightarrow{1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}} M = 720 \text{ g}$$

**۱۱۳. محاسبه جرم آب و روغن یکسان است؛ بنابراین به کمک رابطه چگالی داریم:**

$$M = m_{\text{روغن}} + m_{\text{آب}} = \rho_{\text{روغن}} V_{\text{روغن}} + \rho_{\text{آب}} V_{\text{آب}}$$

$$\xrightarrow{V_{\text{آب}} = V_{\text{روغن}}} \rightarrow 720 = 0.8 V_{\text{روغن}} + 1 \times V_{\text{روغن}}$$

$$\Rightarrow 1/8 V_{\text{روغن}} = 720 \Rightarrow V_{\text{روغن}} = \frac{720}{1/8} = 400 \text{ cm}^3$$

**۱۱۴. به کمک رابطه  $\rho gh$  مایع داریم:**

$$P_{\text{کف}} = P_{\text{روغن}} + P_{\text{آب}} = \rho_{\text{روغن}} gh_{\text{روغن}} + \rho_{\text{آب}} gh_{\text{آب}}$$

$$\xrightarrow{\rho_{\text{روغن}} = 0.8 \text{ g/cm}^3 = 0.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} \rightarrow \rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3$$

$$36000 = 0.8 \times 10^3 \times 10 \times h_{\text{روغن}} + 10^3 \times 10 \times h_{\text{آب}}$$

$$\Rightarrow 36000 = 8000 h_{\text{روغن}} + 10000 h_{\text{آب}} \Rightarrow 80 h_{\text{روغن}} + 100 h_{\text{آب}} = 360$$

**۱۱۵. ظرف، استوانه‌ای شکل و حجم آب و روغن یکسان است؛ بنابراین ارتفاع آن‌ها نیز یکسان است ( $h_{\text{آب}} = h_{\text{روغن}}$ )، پس:**

$$80 h_{\text{روغن}} + 100 h_{\text{روغن}} = 360 \Rightarrow 180 h_{\text{روغن}} = 360$$

$$\Rightarrow h_{\text{روغن}} = \frac{360}{180} = 2 \text{ m} \xrightarrow{1 \text{ m} = 100 \text{ cm}} h_{\text{روغن}} = 200 \text{ cm}$$

**۱۱۶. حجم روغن برابر است با:**  $V_{\text{روغن}} = Ah_{\text{روغن}} = 20 \times 20 = 400 \text{ cm}^3$

**۱۱۷. فرض می‌کنیم به جای آب و روغن جداگانه، مخلوطی از آن‌ها داشته باشیم. چون حجم آب و روغن یکسان است، چگالی مخلوط برابر با میانگین چگالی‌ها است:**

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{\rho_{\text{آب}} + \rho_{\text{روغن}}}{2} = \frac{1 + 0.8}{2} = 0.9 \text{ g/cm}^3$$

**۱۱۸. محاسبه ارتفاع مخلوط:**

$$P_{\text{کف}} = \rho gh_{\text{مخلوط}}$$

$$\xrightarrow{\rho_{\text{مخلوط}} = 0.9 \text{ g/cm}^3 = 0.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} \rightarrow 36000 = 0.9 \times 10^3 \times 10 \times h_{\text{مخلوط}}$$

$$\Rightarrow h_{\text{مخلوط}} = \frac{36000}{9000} = 4 \text{ m} \xrightarrow{1 \text{ m} = 100 \text{ cm}} h_{\text{مخلوط}} = 400 \text{ cm}$$

چون حجم و در نتیجه ارتفاع آب و روغن یکسان است، ارتفاع هر کدام از آن‌ها برابر است با:

$$h_{\text{روغن}} = h_{\text{آب}} = \frac{h_{\text{مخلوط}}}{2} = \frac{400}{2} = 200 \text{ cm}$$

**۱۱۹. محاسبه حجم روغن:**  $V_{\text{روغن}} = Ah_{\text{روغن}} = 20 \times 200 = 4000 \text{ cm}^3$

**۱۲۰. گزینه ۴ روش ۱:** فشار پیمانه‌ای در کف ظرف در حالت دوم، ۲۰ درصد بیشتر از فشار پیمانه‌ای در کف ظرف در حالت اول است، پس:

$$P'_{\text{گ(کف)}} = P_{\text{گ(کف)}} + \frac{20}{100} P_{\text{گ(کف)}} = \frac{1}{2} P_{\text{گ(کف)}}$$

$$\Rightarrow \rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_2 = \frac{1}{2} \rho_1 gh_1$$

$$\Rightarrow \frac{1}{2} \rho_1 gh_1 + \rho_2 gh_2 = \frac{1}{2} \rho_1 gh_1$$

$$\xrightarrow{(\div 0.6)} \rightarrow 2h_1 + h_2 = 2/4 h_1 \Rightarrow h_2 = 0/4 h_1 \text{ (I)}$$

**۱۲۱. محاسبه فشار پیمانه‌ای در کف ظرف (عمق ۵ سانتی متری مخلوط):**

$$P_g = \rho gh_{\text{مخلوط}}$$

$$\xrightarrow{h_{\text{مخلوط}} = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}} P_g = 1120 \times 10 \times 0.05 = 5600 \text{ Pa}$$

$$\xrightarrow{1 \text{ Pa} = 10^{-5} \text{ kPa}} P_g = 5/6 \text{ kPa}$$

**۱۲۲. گزینه ۳ روش ۱:** محاسبه فشار حاصل از روغن در کف استوانه:

$$P_{\text{مایع‌ها}} = P_{\text{آب}} + P_{\text{روغن}} = \rho_{\text{آب}} gh_{\text{آب}} + P_{\text{روغن}}$$

$$\xrightarrow{\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3} \rightarrow P_{\text{مایع‌ها}} = 1000 \times 10 \times 0.1 + P_{\text{روغن}}$$

$$h_{\text{آب}} = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$$

$$\Rightarrow 20000 = 10000 + P_{\text{روغن}} \Rightarrow P_{\text{روغن}} = 10000 \text{ Pa}$$

**۱۲۳. محاسبه جرم روغن:**

$$P_{\text{روغن}} = \frac{m_{\text{روغن}} g}{A} = 10000 \xrightarrow{A = 20 \text{ cm}^2 = 20 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \rightarrow \frac{m \times 10}{20 \times 10^{-4}} = 10000$$

$$\Rightarrow m = 0.2 \text{ kg} \xrightarrow{1 \text{ kg} = 10^3 \text{ g}} m = 200 \text{ g}$$

**تمرین: ارتفاع ستون روغن چه قدر است؟  $h_{\text{روغن}} = \frac{5}{3} \text{ cm}$**

**۱۲۴. گزینه ۱ روش ۱:** جرم جیوه، ۴ برابر جرم آب است، پس:

$$m_{\text{جیوه}} = 4m_{\text{آب}} \xrightarrow{\frac{m = \rho V}{V = Ah}} \rho_{\text{جیوه}} Ah_{\text{جیوه}} = 4\rho_{\text{آب}} Ah_{\text{آب}}$$

$$\Rightarrow 13/6 \times h_{\text{جیوه}} = 4 \times 1 \times h_{\text{آب}} \Rightarrow h_{\text{آب}} = 3/4 h_{\text{جیوه}}$$

از طرفی  $h_{\text{آب}} + h_{\text{جیوه}} = 44 \text{ cm}$  است؛ بنابراین:

$$3/4 h_{\text{جیوه}} + h_{\text{جیوه}} = 44 \Rightarrow 4/4 h_{\text{جیوه}} = 44 \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = \frac{44}{4/4} = 10 \text{ cm}$$

$$h_{\text{آب}} = 3/4 \times 10 = 34 \text{ cm}$$

**۱۲۵. فشار ناشی از آب در کف ظرف برابر است با:**  $P_{\text{آب}} = \rho_{\text{آب}} gh_{\text{آب}}$

$$\xrightarrow{\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3 = 10^3 \text{ kg/m}^3} \rightarrow P_{\text{آب}} = 10^3 \times 10 \times 34 \times 10^{-2} = 34000 \text{ Pa}$$

$$h_{\text{آب}} = 34 \text{ cm} = 34 \times 10^{-2} \text{ m}$$

**۱۲۶. فشار ناشی از جیوه در کف ظرف برابر است با:**

$$P_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{جیوه}} gh_{\text{جیوه}}$$

$$\xrightarrow{\rho_{\text{جیوه}} = 13/6 \text{ g/cm}^3 = 13/6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} \rightarrow P_{\text{جیوه}} = 13/6 \times 10^3 \times 10 \times 10^{-2} = 13600 \text{ Pa}$$

$$h_{\text{جیوه}} = 10 \text{ cm} = 10^{-1} \text{ m}$$

**۱۲۷. جرم جیوه، ۴ برابر جرم آب است؛ بنابراین براساس رابطه  $P = \frac{mg}{A}$**

فشار ناشی از جیوه در کف ظرف، ۴ برابر فشار ناشی از آب در کف ظرف است:

$$P_{\text{جیوه}} = 4P_{\text{آب}} = 4 \times 34000 = 136000 \text{ Pa}$$

**۱۲۸. فشار ناشی از آب و جیوه در کف ظرف برابر است با:**

$$P_{\text{کف}} = P_{\text{آب}} + P_{\text{جیوه}} = 34000 + 136000 = 170000 \text{ Pa}$$

$$\xrightarrow{1000 \text{ Pa} = 1 \text{ kPa}} P_{\text{کف}} = 17 \text{ kPa}$$

**۱۲۹. محاسبه چگالی مخلوط آب و جیوه:**

$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{m_{\text{آب}} + m_{\text{جیوه}}}{V_{\text{آب}} + V_{\text{جیوه}}} = \frac{m_{\text{آب}} + m_{\text{جیوه}}}{\frac{m_{\text{آب}}}{\rho_{\text{آب}}} + \frac{m_{\text{جیوه}}}{\rho_{\text{جیوه}}}} = \frac{m + 4m}{1 + 13/6}$$

$$= \frac{5m \times 13/6}{17/6} = \frac{5 \times 13/6}{17/6} \text{ g/cm}^3$$

**۱۲۶. گزینه ۳** اختلاف فشار در بالا و زیر جسم برابر با فشار ناشی از ستونی به ارتفاع ۲۰ cm (طول ضلع مکعب) از مایع است؛ بنابراین:

$$\Delta P = \rho g \Delta h \xrightarrow{\Delta h = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}} (1.05 - 1.0) \times 10^3 = \rho \times 10 \times 0.2$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{4 \times 10^3}{2} = 2000 \text{ kg/m}^3 \xrightarrow{1 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/L}} \rho = 2000 \text{ g/L}$$

**۱۲۷. گزینه ۲** فشار در نقطه‌های هم‌تراز A، B و C که در یک مایع ساکن قرار دارند، با هم برابر است، یعنی:  $P_A = P_B = P_C$

اگر فشار در این نقطه‌ها برابر نباشد، مایع از جایی که فشار بیشتر است به جایی که فشار کمتر است، جریان می‌یابد که این با شرط ساکن بودن مایع در تناقض است.

**تمرین:** از آن‌جا که ارتفاع ستون مایع موجود در بالای نقطه A، بیشتر از نقطه B و در نقطه B بیشتر از نقطه C است، آیا نباید (۱) صحیح باشد؟

خیر، درست است که  $h_A > h_B > h_C$  است، اما مطابق شکل فشار در نقطه A ناشی از ارتفاع  $h_A$  مایع و فشار در نقطه B ناشی از ارتفاع  $h_B$  مایع و نیروی  $\vec{F}_B$  و فشار در نقطه C هم ناشی از ارتفاع  $h_C$  مایع و نیروی  $\vec{F}_C$  است. بزرگی نیروهای  $\vec{F}_B$  و  $\vec{F}_C$  چنان هستند که فشار در سه نقطه هم‌تراز، یکسان باشد. البته دقت کنید که برای هر سه نقطه فشار هوا نیز وجود دارد که برای نقاط B و C در  $\vec{F}_B$  و  $\vec{F}_C$  در نظر گرفته می‌شود.

**۱۲۸. گزینه ۲**

$$P = P_0 + \rho g h \xrightarrow{P_0 = 1.06 \text{ bar} = 1.06 \times 10^5 \text{ Pa}} 1.06 \times 10^5 + \rho \times 10 \times 8$$

$$\Rightarrow 76 \times 10^3 = 80 \rho \Rightarrow \rho = \frac{76}{80} \times 10^3 \Rightarrow \rho = \frac{19}{20} \times 10^3$$

$$\Rightarrow \rho = \frac{95}{100} \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \xrightarrow{10^3 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ g/cm}^3} \rho = 0.95 \text{ g/cm}^3$$

**۱۲۹. گزینه ۴** اگر فشار در سطح مایع در حالت اول برابر  $P_1$  باشد، فشار در کف ظرف در حالت اول برابر است با:

$$P_2 = P_1 + P_{\text{مایع}} \quad \text{در حالت دوم فشار در سطح مایع، یعنی } P_1' = 2P_1 \text{، بنابراین فشار در کف ظرف در حالت دوم برابر است با: } P_2' = P_1' + P_{\text{مایع}} = 2P_1 + P_{\text{مایع}}$$

$$P_1 + P_{\text{مایع}} < 2P_1 + P_{\text{مایع}} \Rightarrow P_2 < P_2' < 2P_2$$

**تمرین:** اگر فشار در عمق  $h$  از سطح مایع برابر  $P_1$  و در عمق  $2h$  برابر  $P_2$  باشد، چه رابطه‌ای بین  $P_1$  و  $P_2$  برقرار است؟  $P_1 < P_2 < 2P_1$

**۱۳۰. گزینه ۴** جرم آب موجود در دو ظرف یکسان است؛ بنابراین برای فشار ناشی از آب در کف ظرف‌ها داریم:

$$P_{\text{آب}} = \frac{mg}{A} \xrightarrow{m: \text{ یکسان}} \frac{P_{\text{آب}}(2)}{P_{\text{آب}}(1)} = \frac{A_1}{A_2}$$

$$\xrightarrow{A_2 = 2A_1} \frac{P_{\text{آب}}(2)}{P_{\text{آب}}(1)} = \frac{A_1}{2A_1} \Rightarrow P_{\text{آب}}(1) = 2P_{\text{آب}}(2)$$

برای فشار در کف ظرف‌ها هم می‌توان نوشت:

$$\begin{cases} P_1 = P_0 + P_{\text{آب}}(1) = P_0 + 2P_{\text{آب}}(2) \\ P_2 = P_0 + P_{\text{آب}}(2) \end{cases}$$

$$\Rightarrow P_0 + P_{\text{آب}}(2) < P_0 + 2P_{\text{آب}}(2) < 2P_0 + 2P_{\text{آب}}(2) \Rightarrow P_2 < P_1 < 2P_2$$

مجموع ارتفاع دو مایع برابر ۷۰ cm است:

$$h_1 + h_2 = 70 \xrightarrow{(1)} h_1 + 0.4h_1 = 70 \Rightarrow 1.4h_1 = 70$$

$$\Rightarrow h_1 = 50 \text{ cm}, h_2 = 70 - 50 = 20 \text{ cm}$$

محاسبه فشار پیمانه‌ای در کف ظرف در حالت دوم:

$$P'_g(\text{کف}) = \rho_1 g h_1 + \rho_2 g h_2$$

$$\xrightarrow{\rho_1 = 1.2 \text{ g/cm}^3 = 1.2 \times 10^3 \text{ kg/m}^3, h_1 = 50 \text{ cm} = 0.5 \text{ m}} \rho_2 = 0.6 \text{ g/cm}^3 = 0.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3, h_2 = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}}$$

$$P'_g(\text{کف}) = 1.2 \times 10^3 \times 10 \times 0.5 + 0.6 \times 10^3 \times 10 \times 0.2$$

$$= 6000 + 1200 = 7200 \text{ Pa}$$

**تیزباز:** با توجه به این که  $\rho_2$ ، نصف  $\rho_1$  است، اگر حجم مایع دوم با حجم مایع اول یکسان بود، فشار پیمانه‌ای در کف ظرف باید ۵۰ درصد افزایش می‌یافت.

حالا که این افزایش کمتر از ۵۰ درصد است، می‌توان نتیجه گرفت که حجم مایع دوم کمتر از مایع اول و بنابراین چگالی مخلوط به چگالی مایع اول نزدیک‌تر است:

$$\rho_{\text{مخلوط}} > \frac{\rho_1 + \rho_2}{2} = \frac{1.2 + 0.6}{2} \Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} > 0.9 \text{ g/cm}^3$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} > 900 \text{ kg/m}^3$$

برای فشار ناشی از مخلوط در کف ظرف در حالت دوم، داریم:

$$P_{\text{مخلوط}} > 900 \times 10 \times 0.7 \Rightarrow P_{\text{مخلوط}} > 6300 \text{ Pa}$$

یعنی (۴) جواب تست است.

**۱۳۴. گزینه ۴**

$\Delta h_1$ ،  $\Delta h_2$  و  $\Delta h_3$  را که در شکل مقابل نشان داده‌ایم، به دست می‌آوریم:

$$\Delta h_1 = 20 - 10 = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$$

$$\Delta h_2 = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}$$

$$\Delta h_3 = 40 - (\Delta h_1 + \Delta h_2)$$

$$= 40 - (10 + 20) = 10 \text{ cm} = 0.1 \text{ m}$$

محاسبه اختلاف فشار بین دو نقطه A و B:

$$\Delta P_{AB} = \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_1 = \rho_2 g \Delta h_2 + \rho_3 g \Delta h_3 + \rho_1 g \Delta h_1$$

$$\xrightarrow{\rho_2 = 0.8 \text{ g/cm}^3 = 800 \text{ kg/m}^3 \text{ و } \rho_3 = 1 \text{ g/cm}^3 = 1000 \text{ kg/m}^3} \rho_1 = 2 \text{ g/cm}^3 = 2000 \text{ kg/m}^3$$

$$= 800 \times 10 \times 0.1 + 1000 \times 10 \times 0.2 + 2000 \times 10 \times 0.1$$

$$= 800 + 2000 + 2000 = 4800 \text{ Pa}$$

**۱۳۵. گزینه ۴** نمودار  $P-h$  می‌گوید که فشار هوا برابر

$$P_0 = 100 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$P_1 = P_0 + \rho_1 g h_1 \text{ می‌رسد، بنابراین می‌توان نوشت: } P_1 = 102 / 4 \times 10^3 \text{ Pa}$$

$$\xrightarrow{h_1 = 30 \text{ cm} = 0.3 \text{ m}} 102 / 4 \times 10^3 = 100 \times 10^3 + \rho_1 \times 10 \times 0.3$$

$$\Rightarrow 2400 = 3\rho_1 \Rightarrow \rho_1 = 800 \text{ kg/m}^3$$

شیب نمودار  $P-h$  برابر  $\frac{\Delta P}{\Delta h}$  است، پس داریم:

$$P = \rho g h \Rightarrow \Delta P = \rho g \Delta h \Rightarrow \frac{\Delta P}{\Delta h} = \rho g \Rightarrow \tan \theta = \rho g$$

$$\tan \theta_2 = 17 \tan \theta_1 \Rightarrow \rho_2 g = 17 \rho_1 g$$

$$\Rightarrow \rho_2 = 17 \times 800 = 13600 \text{ kg/m}^3$$

**تمرین: تیزباز:** از عمق ۵ cm تا عمق ۲۰ cm فشار ۶ kPa زیاد شده است؛ یعنی به ازای هر ۵ cm افزایش عمق، ۲ kPa افزایش فشار. حالا اگر از عمق ۵ cm تا عمق صفر (سطح مایع) بالا برویم، فشار ۲ kPa کم می‌شود؛ یعنی ۹۸ kPa = ۱۰۰ - ۲ (فشار سطح مایع همون فشار هوای محیطه).

**تمرین:** در مکانی که فشار هوا  $P_a = 10^5$  Pa است، اگر فشار در نصف عمق یک دریاچه،  $\frac{2}{3}$  برابر فشار در ته دریاچه باشد، عمق دریاچه چند متر است؟  
 $\rho_{\text{آب}} = 1 \text{ g/cm}^3$  و  $\rho = 10 \text{ m/s}^2$  و  $20 \text{ m}$

**۱۳۴. گزینه ۳:** فشار مطلق (کل) در کف ظرف برابر با مجموع فشار هوا، فشار حاصل از وزن پیستون و فشار ناشی از مایع است؛ بنابراین:

$$P = P_0 + P_{\text{پیستون}} + P_{\text{مایع}} = P_0 + \frac{mg}{A} + \rho gh$$

$$\frac{P_0 = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} \text{ و } A = 25 \text{ cm}^2 = 25 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{\rho = 8 \text{ g/cm}^3 = 8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3}$$

$$P = 10^5 + \frac{4 \times 10}{25 \times 10^{-4}} + 8 \times 10^3 \times 10 \times 1/25$$

$$= 1000 \times 10^3 + 16 \times 10^3 + 1000 \times 10^3$$

$$= 216 \times 10^3 \text{ Pa} \xrightarrow{10^3 \text{ Pa} = 1 \text{ kPa}} P = 216 \text{ kPa}$$

**۱۳۵. گزینه ۱:** فشار مایع در کف سطل ناشی از وزن مایع است. وقتی سطل و مایع درون آن در راستای قائم به صورت شتابدار حرکت می‌کنند، وزن ظاهری مایع مطرح می‌شود. در این تست، با توجه به ناچیز بودن مقاومت هوا، سطل و مایع درون آن به صورت آزادانه سقوط می‌کنند و بنابراین وزن ظاهری مایع برابر صفر است. به زبان ریاضی:  $W_{\text{ظاهری}} = m(g-a) \xrightarrow{a=g} W_{\text{ظاهری}} = 0$   
 چون وزن ظاهری مایع برابر صفر است، فشار ناشی از مایع در کف سطل هم برابر صفر بوده و فشار در کف سطل، فقط ناشی از فشار هوا است:

$$P_{\text{کف}} = P_0 + P_{\text{مایع}} \xrightarrow{P_{\text{مایع}}=0} P_{\text{کف}} = P_0$$

**تمرین:** درون یک آسانسور، ظرفی پر از مایع وجود دارد. وقتی آسانسور ساکن است، اختلاف فشار بین دو نقطه از مایع برابر  $\Delta P$  است. اگر آسانسور با شتاب  $\frac{g}{3}$  به طرف پایین شروع به حرکت کند، اختلاف فشار بین این دو نقطه چه قدر خواهد شد؟  $\frac{2}{3} \Delta P$

**۱۳۶. گزینه ۲:** فشار هوا در بالای کوه (P)، به اندازه فشار ناشی از ستونی از هوا به ارتفاع کوه، از فشار هوا در پایین کوه ( $P_0$ ) کمتر است، یعنی می‌توان نوشت:

$$P = P_0 - \rho_{\text{هوا}} gh \Rightarrow 7/5 \times 10^4 = 10^5 - 1/25 \times 10 \times h$$

**۱۳۷. گزینه ۲:** نمودار  $P-h$  نشان می‌دهد که فشار در سطح دریای آزاد برابر  $P_1 = 100 \times 10^3 \text{ Pa}$  و فشار در ارتفاع ۹ کیلومتری از آن برابر  $P_2 = 30 \times 10^3 \text{ Pa}$  است. این اختلاف فشار ناشی از وزن ستون هوایی است که بین این دو نقطه قرار دارد، پس:

$$P_1 - P_2 = \frac{mg}{A} \Rightarrow 100 \times 10^3 - 30 \times 10^3 = \frac{m \times 10}{1} \Rightarrow m = 7 \times 10^3 \text{ kg}$$

**۱۳۸. گزینه ۲:** در شکل زیر، نمودار تغییرات فشار هوا بر حسب فاصله از سطح دریای آزاد به طور کیفی رسم شده است. وقتی ارتفاع از سطح دریای آزاد

به  $h$  می‌رسد، فشار هوا به اندازه  $\Delta P$  کاهش می‌یابد. حالا اگر ارتفاع از سطح دریای آزاد از  $h$  به  $2h$  برسد، فشار هوا به اندازه  $\Delta P'$  کاهش می‌یابد. از روی شکل معلوم است که  $\Delta P'$  کمتر از  $\Delta P$  است.



**۱۳۱. گزینه ۱:** در حالت اول (ظرف استوانه‌ای شکل)، فشار ناشی از مایع را حساب می‌کنیم:

$$P_1 = P_0 + P_{\text{مایع (۱)}} \xrightarrow{P_0 = 10^5 \text{ Pa} = 100 \text{ kPa}} 106 = 100 + P_{\text{مایع (۱)}} \Rightarrow P_{\text{مایع (۱)}} = 6 \text{ kPa}$$

**۱۳۲. گزینه ۳:** مقدار (جرم) مایع در دو حالت یکسان است، پس رابطه  $P_{\text{مایع}} = \frac{mg}{A}$  را به صورت نسبتی می‌نویسیم تا فشار مایع در حالت دوم (ظرف مکعبی شکل) به دست آید:

$$P = \frac{mg}{A} \xrightarrow{\text{یکسان: } g, m} \frac{P_{\text{مایع (۲)}}}{P_{\text{مایع (۱)}}} = \frac{A_1}{A_2} \xrightarrow{A_1 = \pi r^2, A_2 = a^2} \frac{P_{\text{مایع (۲)}}}{6} = \frac{3 \times (10)^2}{30^2} \Rightarrow P_{\text{مایع (۲)}} = \frac{6 \times 300}{900} = 2 \text{ kPa}$$

**۱۳۳. گزینه ۳:** در حالت دوم، فشار در کف ظرف برابر است با:

$$P_2 = P_0 + P_{\text{مایع (۲)}} = 100 + 2 = 102 \text{ kPa}$$

به  $g$  و چگالی مایع اصلاً نیاز نداشتیم. **۱۳۴. گزینه ۳:**

$$P_2 = P_0 + \rho gh_2 \Rightarrow \frac{P_2}{P_1} = \frac{P_0 + \rho gh_2}{P_0 + \rho gh_1} \xrightarrow{P_2 = 1/5 P_1 \text{ و } h_2 = 5/3 \text{ cm} = 5/3 \text{ m}} \frac{1/5}{1} = \frac{10^5 + \rho \times 10 \times 5/3}{10^5 + \rho \times 10 \times 1}$$

$$\Rightarrow 1/5 \times 10^5 + 10\rho = 10^5 + 10\rho \Rightarrow 10\rho = 10^5(1/5 - 1) \Rightarrow \rho = \frac{10^5 \times 4/5}{3/8} = \frac{10^5 \times 32}{15}$$

$$\Rightarrow 3/8 \rho = 10^5(1/5 - 1) \Rightarrow \rho = \frac{10^5 \times 4/5 \times 8}{3} = \frac{10^5 \times 32}{15}$$

$$\Rightarrow 13/5 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \xrightarrow{1 \text{ kg/m}^3 = 10^{-3} \text{ g/cm}^3} \rho = 13/5 \text{ g/cm}^3$$

**تمرین:** در محیطی که فشار هوا برابر  $P_a = 10^5$  Pa است، فشار در عمق  $h$  از یک مایع  $P_a = 4 \times 10^5$  Pa است. اگر به عمق  $2h$  مایع برویم، فشار چند درصد افزایش می‌یابد؟ ۷۵ درصد

**۱۳۳. گزینه ۳:** محاسبه چگالی مایع:

$$P_2 - P_1 = \rho g(h_2 - h_1) \xrightarrow{h_2 = 20 \text{ cm} = 0.2 \text{ m}, h_1 = 5 \text{ cm} = 0.05 \text{ m}} (106 - 100) \times 10^3$$

$$= \rho \times 10 \times (0.2 - 0.05) \Rightarrow \rho = \frac{6000}{1/5} = 4000 \text{ kg/m}^3$$

رابطه فشار را برای یکی از نقاط می‌نویسیم تا به دست آید:

$$P_1 = P_0 + \rho gh_1 \Rightarrow 100 \times 10^3 = P_0 + 4000 \times 10 \times 0.05$$

$$\Rightarrow 100000 = P_0 + 2000 \Rightarrow P_0 = 98000 \text{ Pa}$$

$$\xrightarrow{10^3 \text{ Pa} = 1 \text{ kPa}} P_0 = 98 \text{ kPa}$$

در این روش، نه به مقدار  $g$  نیاز داریم و نه  $\rho$  را محاسبه می‌کنیم. برای هر یک از عمق‌ها (نقاط (۱) و (۲)) رابطه فشار را می‌نویسیم:

$$\begin{cases} P_1 = P_0 + \rho gh_1 \Rightarrow 100 = P_0 + \rho g \times 0.05 \\ P_2 = P_0 + \rho gh_2 \Rightarrow 106 = P_0 + \rho g \times 0.2 \end{cases}$$

با توجه به معادله اول،  $\rho g = 20(100 - P_0)$  است که با جای‌گذاری در معادله دوم،  $P_0$  بر حسب کیلوپاسکال به دست می‌آید:

$$106 = P_0 + 20(100 - P_0) \times 0.2$$

$$\Rightarrow 106 = P_0 + 400 - 4P_0$$

$$\Rightarrow 3P_0 = 294 \Rightarrow P_0 = 98 \text{ kPa}$$



۱۳۹. گزینه ۳ باید ببینیم که چه ارتفاعی از جیوه (بر حسب سانتی متر)،

فشاری معادل با ۶۸ kPa را ایجاد می کند. این ارتفاع از نظر عددی برابر با فشار بر حسب سانتی متر جیوه است. پس:

$$P_{\text{جیوه}} = P \Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} = P \Rightarrow \frac{P = 68 \text{ kPa} = 68 \times 10^3 \text{ Pa}}{\rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \text{ g/cm}^3 = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} \rightarrow$$

$$13.6 \times 10^3 \times 10 \times h_{\text{جیوه}} = 68 \times 10^3$$

$$\Rightarrow h_{\text{جیوه}} = \frac{68}{13.6} = 5 \text{ m} = 50 \text{ cm} \Rightarrow P(\text{cmHg}) = 50 \text{ cmHg}$$

تندباش: در تست همامولاً چگالی جیوه را  $13.6 \text{ g/cm}^3$  و  $g = 10 \text{ N/kg}$  در نظر می گیرند. تبدیل یکای سانتی متر جیوه و پاسکال به یکدیگر به صورت

مقابل انجام می شود:

$$P(\text{cmHg}) \xrightarrow{\frac{\times 1360}{\div 1360}} P(\text{Pa})$$

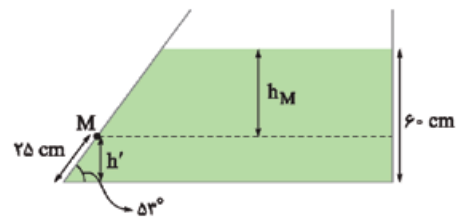
$$P(\text{cmHg}) = \frac{P(\text{Pa})}{1360} = \frac{68000}{1360} = 50 \text{ cmHg}$$

بر این اساس:

۱۴۰. گزینه ۲ برای محاسبه فشار ناشی از مایع در نقطه M، باید عمق این نقطه را حساب کنیم:

$$\sin 53^\circ = \frac{h'}{25} \Rightarrow h' = 25 \times 0.8 = 20 \text{ cm}$$

$$h_M = 60 - h' = 60 - 20 = 40 \text{ cm}$$



ببینیم چه ارتفاعی از جیوه، فشاری معادل با ۴۰ cm از این مایع را ایجاد می کند:

$$P_{\text{جیوه}} = P_{\text{مایع}}(M) \Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{مایع}} g h_M$$

$$\Rightarrow 13.6 \times 10^3 \times h_{\text{جیوه}} = 1 \times 10^3 \times 40 \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = 10 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow P_{\text{مایع}}(M)(\text{cmHg}) = 10 \text{ cmHg}$$

۱۴۱. گزینه ۱ محاسبه فشار ناشی از آب در عمق مورد نظر:

$$P = P_0 + P_{\text{آب}} \Rightarrow 100 = 75 + P_{\text{آب}} \Rightarrow P_{\text{آب}} = 25 \text{ cmHg}$$

باید ارتفاعی از آب را پیدا کنیم که فشاری معادل با ارتفاع ۲۵ cm از جیوه ایجاد می کند:

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

$$\Rightarrow 1 \times h_{\text{آب}} = 13.6 \times 25 \Rightarrow h_{\text{آب}} = 340 \text{ cm} = 3.4 \text{ m}$$

۱۴۲. گزینه ۳ محاسبه فشار ناشی از ارتفاع ۲ m آب:

$$P' = P_0 + P_{\text{آب}} \Rightarrow 90 = 75 + P_{\text{آب}} \Rightarrow P_{\text{آب}} = 15 \text{ cmHg}$$

محاسبه فشار ناشی از ارتفاع ۸ m آب:

$$P_{\text{آب}} = \rho g h \xrightarrow{P \propto h} \frac{P_{\text{آب}}}{P_{\text{آب}}(8\text{m})} = \frac{8}{2} = 4$$

$$\Rightarrow P_{\text{آب}} = 4 \times 15 = 60 \text{ cmHg}$$

محاسبه فشار در عمق ۸ متری آب:

$$P' = P_0 + P_{\text{آب}} = 75 + 60 = 135 \text{ cmHg}$$

۱۴۳. گزینه ۲ محاسبه ارتفاع مایع درون ظرف:

$$V_{\text{مایع}} = Ah_{\text{مایع}} \xrightarrow{V = 2/5 L = 2/5 \times 10^{-3} \text{ m}^3} 2/5 \times 10^{-3} = 50 \times h_{\text{مایع}}$$

$$\Rightarrow h_{\text{مایع}} = 50 \text{ cm}$$

$$P_{\text{جیوه}} = P_{\text{مایع}} \Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{مایع}} g h_{\text{مایع}}$$

$$\Rightarrow 13.6 \times 10^3 \times h_{\text{جیوه}} = 1 \times 10^3 \times 50 \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = 4/4 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow P_{\text{مایع}}(\text{cmHg}) = 4/4 \text{ cmHg}$$

۱۴۴. گزینه ۱ محاسبه فشار هوا بر حسب سانتی متر جیوه:

$$P_0 = \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = \frac{P_0}{\rho_{\text{جیوه}} g}$$

$$= \frac{1/0.336 \times 10^5}{(13.6 \times 10^3) \times 10} = 0.76 \text{ m} = 76 \text{ cm} \Rightarrow P_0(\text{cmHg}) = 76 \text{ cmHg}$$

$$P_0(\text{cmHg}) = \frac{P_0(\text{Pa})}{1360} = \frac{1/0.336 \times 10^5}{1360} = 76 \text{ cmHg}$$

در حالت اول، ۴ cm جیوه به لوله اضافه شده است؛ بنابراین فشار در ته لوله در حالت اول برابر است با:

$$P_1(\text{cmHg}) = P_0(\text{cmHg}) + 4 \text{ cmHg} = 76 + 4 = 80 \text{ cmHg}$$

برای این که فشار در ته لوله در حالت دوم، ۲ برابر شود، باید ۸۰ cm دیگر جیوه به درون لوله اضافه کنیم. ارتفاع جیوه درون لوله در حالت دوم برابر است با:

$$h_2 = 4 + 80 = 84 \text{ cm}$$

با توجه به صورت تست،  $P_0 = 72 \text{ cmHg}$  است و با توجه به نمودار صورت تست، وقتی به عمق ۲۰ سانتی متری مایع می رسیم، فشار به ۸۰ cmHg می رسد و این به آن معناست که ستونی از مایع به ارتفاع ۲۰ سانتی متر، فشاری برابر  $8 - 72 = 8 \text{ cmHg}$  دارد؛ پس:

$$P_{\text{جیوه}} = P_{\text{مایع}} \Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{مایع}} g h_{\text{مایع}}$$

$$\Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} \times 8 = \rho_{\text{مایع}} \times 20 \Rightarrow \frac{\rho_{\text{مایع}}}{\rho_{\text{جیوه}}} = \frac{2}{5}$$

۱۴۵. گزینه ۲ چون ظرف استوانه ای شکل است، فشار ناشی از جیوه در ته لوله به صورت مقابل به دست می آید:

$$P_{\text{جیوه}} = \frac{m_{\text{جیوه}} g}{A}$$

$$\frac{m_{\text{جیوه}} = 272 \text{ g} = 272 \times 10^{-3} \text{ kg}}{A = 20 \text{ cm}^2 = 20 \times 10^{-4} \text{ m}^2} \rightarrow P_{\text{جیوه}} = \frac{272 \times 10^{-3} \times 10}{20 \times 10^{-4}} = 1360 \text{ Pa}$$

محاسبه فشار ناشی از آب در ته لوله:

$$P = \frac{mg}{A} \xrightarrow{\text{ثابت g: یکسان}} \frac{P_{\text{آب}}}{P_{\text{جیوه}}} = \frac{m_{\text{آب}}}{m_{\text{جیوه}}} \Rightarrow \frac{P_{\text{آب}}}{1360} = \frac{544}{272}$$

$$\Rightarrow P_{\text{آب}} = 2 \times 1360 = 2720 \text{ Pa}$$

محاسبه فشار هوا بر حسب پاسکال:

$$P_0 = \rho_{\text{جیوه}} g h_{\text{جیوه}} \xrightarrow{h_{\text{جیوه}} = 75 \text{ cm} = 0.75 \text{ m}} \rho_{\text{جیوه}} = 13.6 \text{ g/cm}^3 = 13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3 \rightarrow$$

$$P_0 = 13.6 \times 10^3 \times 0.75 = 102000 \text{ Pa}$$

تندباش: محاسبه فشار هوا بر حسب پاسکال:

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

فشار در ته لوله برابر است با:

$$P = P_0 + P_{\text{آب}} + P_{\text{جیوه}} = 102000 + 2720 + 1360 = 106080 \text{ Pa}$$

برای محاسبه فشار ناشی از جیوه در ته لوله بر حسب

سانتی متر جیوه، به ارتفاع جیوه بر حسب سانتی متر نیاز داریم:

$$m_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{جیوه}} V_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{جیوه}} Ah_{\text{جیوه}} \Rightarrow 272 = 13.6 \times 20 \times h_{\text{جیوه}}$$

$$\Rightarrow h_{\text{جیوه}} = \frac{272}{13.6 \times 20} = 1 \text{ cm} \Rightarrow P_{\text{جیوه}}(\text{cmHg}) = 1 \text{ cmHg}$$

**۱۵۰. گزینه ۳:** فشار پیمانه‌ای در کف ظرف برابر با مجموع فشار ناشی از مایع‌ها و پیستون است. واضح است که فشار ستون ۱۸ سانتی‌متری جیوه برابر با  $P_{\text{جیوه}} = ۱۸ \text{ cmHg}$  است. مایع  $P_{\text{مایع}}$  و پیستون  $P_{\text{پیستون}}$  را بر حسب سانتی‌متر جیوه به دست می‌آوریم:

$$P_{\text{پیستون}} = \frac{mg}{A} = \rho_{\text{جیوه}} gh_{\text{جیوه}}$$

$$\frac{A=4 \times 10^{-4} \text{ m}^2}{\rho_{\text{جیوه}}=13.6 \times 10^3 \text{ kg/m}^3} \rightarrow \frac{2/7}{4 \times 10^{-4}} = 13.6 \times 10^3 \times h_{\text{جیوه}}$$

$$\Rightarrow h_{\text{جیوه}} = 0.05 \text{ m} = 5 \text{ cm} \Rightarrow P_{\text{پیستون}} = 5 \text{ cmHg}$$

$$P_{\text{مایع}} = \rho_{\text{مایع}} gh_{\text{مایع}} = \rho_{\text{جیوه}} gh'_{\text{جیوه}} \Rightarrow 4 \times 27 = 13.6 \times h'_{\text{جیوه}}$$

$$\Rightarrow h'_{\text{جیوه}} = 8 \text{ cm} \Rightarrow P_{\text{مایع}} = 8 \text{ cmHg}$$

فشار پیمانه‌ای در کف ظرف برابر است با:

$$P_g = P_{\text{پیستون}} + P_{\text{مایع}} + P_{\text{جیوه}} = 5 + 8 + 18 = 31 \text{ cmHg}$$

**۱۵۱. گزینه ۳:** فشارسنج‌ها معمولاً فشار پیمانه‌ای را اندازه می‌گیرند، بنابراین در اندازه‌گیری فشار هوای داخل لاستیک اتومبیل، فشار پیمانه‌ای اندازه‌گیری می‌شود. فشار داده‌شده را بر حسب اتمسفر و سانتی‌متر جیوه حساب می‌کنیم:

$$P = 220 \text{ kPa} \times \frac{1 \text{ atm}}{100 \text{ kPa}} = 2.2 \text{ atm}$$

$$P (\text{Pa}) = 1360 \times P (\text{cmHg}) \Rightarrow 220 \times 10^3 = 1360 \times P (\text{cmHg})$$

$$\Rightarrow P (\text{cmHg}) \approx 162 \text{ cmHg}$$

**۱۵۲. گزینه ۲:** فشار در عمق ۵ متری دریایچه:

$$P = P_0 + \rho_{\text{آب}} gh = 1.05 + 1.0 \times 10^3 \times 5 = 1/5 \times 10^5 \text{ Pa}$$

**۱۵۳. گزینه ۳:** فاصله کف مخزن از سطح آزاد مایع برابر ۳۰ cm است، بنابراین فشار مایع در کف مخزن برابر است با:

$$P = \rho gh \xrightarrow{h=30 \text{ cm}=0.3 \text{ m}} P = 800 \times 10 \times 0.3 = 2400 \text{ Pa}$$

**۱۵۴. گزینه ۳:** محاسبه نیرویی که مایع به کف مخزن وارد می‌کند (نیروی ناشی از مایع):

$$F = PA \xrightarrow{A=100 \text{ cm}^2=10 \times 10^{-4} \text{ m}^2} F = 2400 \times (10 \times 10^{-4}) = 24 \text{ N}$$

**۱۵۵. گزینه ۳:** فشار در سطح خارجی پنجره:

$$P = \frac{F}{A} \xrightarrow{A=1200 \text{ cm}^2=120 \times 10^{-4} \text{ m}^2} P = \frac{73200}{120 \times 10^{-4}}$$

$$= 6/1 \times 10^5 \text{ Pa}$$

**۱۵۶. گزینه ۳:** محاسبه عمق پنجره:

$$P = P_0 + \rho_{\text{آب}} gh \Rightarrow 6/1 \times 10^5 = 1.05 + 1020 \times 10 \times h$$

$$\Rightarrow 1020 \times h = (6/1 - 1) \times 10^5 \Rightarrow h = \frac{5/1 \times 10^5}{1020} = 50 \text{ m}$$

**۱۵۷. گزینه ۲:** زیردریایی تا جایی می‌تواند پایین برود (بدون این که پنجره‌هایش بشکند) که برآیند نیروهایی که از بیرون و داخل به آن وارد می‌شود، برابر با  $4/8 \times 10^5 \text{ N}$  باشد. بنابراین:

$$F_T = F_{\text{بیرون}} - F_{\text{داخل}} = 4/8 \times 10^5 \text{ N} \Rightarrow (P_0 + \rho gh)A - P_0 A = 4/8 \times 10^5$$

$$\Rightarrow \rho ghA = 4/8 \times 10^5$$

$$\frac{A=\pi r^2 \text{ و } r=0.4 \text{ m}}{\rho_{\text{آب}}=1 \text{ g/cm}^3=10^3 \text{ kg/m}^3} \rightarrow 10^3 \times 10 \times h \times 3 \times (0.4)^2 = 4/8 \times 10^5$$

$$\Rightarrow h = \frac{4/8 \times 10^5}{4/8 \times 10^3} = 100 \text{ m}$$

**۱۵۸. گزینه ۳:** محاسبه فشار ناشی از آب در ته لوله:

$$P = \frac{mg}{A} \xrightarrow{\substack{g: \text{ثابت} \\ A: \text{یکسان}}} \frac{P_{\text{آب}}}{P_{\text{جیوه}}} = \frac{m_{\text{آب}}}{m_{\text{جیوه}}} \Rightarrow \frac{P_{\text{آب}}}{1} = \frac{544}{272}$$

$$\Rightarrow P_{\text{آب}} = 2 \text{ cmHg}$$

فشار در ته لوله بر حسب سانتی‌متر جیوه برابر است با:

$$P = P_0 + P_{\text{آب}} + P_{\text{جیوه}} = 75 + 2 + 1 = 78 \text{ cmHg}$$

فشار در ته لوله بر حسب پاسکال برابر است با:

$$P (\text{Pa}) = 1360 \times P (\text{cmHg}) = 1360 \times 78 = 106080 \text{ Pa}$$

**۱۵۹. گزینه ۲:** ارتفاع جیوه را به دست می‌آوریم تا فشار ناشی از جیوه بر حسب سانتی‌متر جیوه به دست آید:

$$V_{\text{جیوه}} = Ah_{\text{جیوه}} \Rightarrow 15 = 4h_{\text{جیوه}} \Rightarrow h_{\text{جیوه}} = \frac{15}{4} = 3.75 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow P_{\text{جیوه}} (\text{cmHg}) = 3.75 \text{ cmHg}$$

ارتفاع آب را داریم، بنابراین فشار ناشی از آب بر حسب سانتی‌متر جیوه به صورت زیر حساب می‌شود:

$$P'_{\text{جیوه}} = P_{\text{آب}} \Rightarrow \rho_{\text{جیوه}} gh'_{\text{جیوه}} = \rho_{\text{آب}} gh_{\text{آب}}$$

$$\Rightarrow 13.6 \times h'_{\text{جیوه}} = 1 \times 17 \Rightarrow h'_{\text{جیوه}} = \frac{17}{13.6} = 1.25 \text{ cm}$$

$$\Rightarrow P_{\text{آب}} (\text{cmHg}) = 1.25 \text{ cmHg}$$

فشار پیمانه‌ای در کف استوانه برابر است با:

$$P_g = P_{\text{جیوه}} + P_{\text{آب}} = 3.75 + 1.25 = 5 \text{ cmHg}$$

**۱۶۰. گزینه ۴:** در حالت اول، فشار ناشی از مایع در ته لوله به صورت

$$P_{\text{مایع}} (1) = \rho_1 gh_1$$

مقابل به دست می‌آید:

$$\frac{\rho_1=2 \text{ g/cm}^3=2 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3}{h_1=20 \text{ cm}=2 \times 10^{-2} \text{ m}} \rightarrow P_{\text{مایع}} (1) = 2 \times 10^{-3} \times 10 \times 2 \times 10^{-2}$$

$$= 4000 \text{ Pa}$$

فشار هوا را بر حسب پاسکال به دست آورده و سپس فشار در ته لوله در حالت اول را محاسبه می‌کنیم:

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

$$P_1 = P_0 + P_{\text{مایع}} (1) = 102000 + 4000 = 106000 \text{ Pa}$$

با اضافه کردن مایع دوم، فشار در ته لوله ۱۰ درصد افزایش می‌یابد، بنابراین فشار ناشی از مایع (۲) در ته لوله برابر است با:

$$P_{\text{مایع}} (2) = \frac{10}{100} P_1 = \frac{10}{100} \times 106000 = 10600 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{مایع}} (2) = \rho_2 gh_2$$

محاسبه ارتفاع مایع (۲):

$$\frac{\rho_2=1/6 \text{ g/cm}^3=1/6 \times 10^{-3} \text{ kg/m}^3}{h_2=20 \text{ cm}=2 \times 10^{-2} \text{ m}} \rightarrow 10600 = 1/6 \times 10^{-3} \times 10 \times h_2$$

$$\Rightarrow h_2 = \frac{1/6 \times 10^{-4}}{1/6 \times 10^{-3}} = 1 \text{ m}$$

محاسبه حجم مایع (۲):

$$V_r = Ah_r \xrightarrow{A=15 \text{ cm}^2=15 \times 10^{-4} \text{ m}^2} V_r = 15 \times 10^{-4} \times 1$$

$$= 1/5 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \xrightarrow{10^{-3} \text{ m}^3=1 \text{ L}} V_r = 1/5 \text{ L}$$

**۱۶۱. گزینه ۳:** با توجه به این که چگالی جیوه تقریباً ده هزار برابر چگالی هوا در نزدیکی سطح زمین است، به ازای هر ۱۰ متر که از سطح دریای آزاد بالا می‌رویم، فشار هوا به اندازه یک میلی‌متر جیوه (یک ده هزارم ۱۰ متر) کاهش می‌یابد؛ بنابراین فشار هوا در تهران ۱۴۰ میلی‌متر جیوه از فشار هوا در سطح دریای آزاد کم‌تر است، یعنی برابر  $620 \text{ mmHg} = 760 - 140$  تهران است.