

## ۵-۱۰- محاسبه فشار در مایع‌ها با در نظر گرفتن فشار هوا

راهنمای تدریس: این بخش شامل دو قسمت است که باید به ترتیبی که در کتاب آمده است، تدریس شود.

قسمت اول: محاسبه‌ی فشار در مایع‌ها در حضور یک نیروی خارجی اضافی: مطابق روشی که در کتاب شرح داده شده است رابطه‌ی

$$P = \rho gh + \frac{F}{A}$$

را به دست آورید. نکته قابل توجه در این رابطه آن است که با اعمال نیروی خارجی اضافی  $F$  بر سطح مایع، فشار در هر نقطه‌ی دلخواه مایع به اندازه‌ی  $\frac{F}{A}$  افزایش می‌یابد. این موضوع بیانی از اصل پاسکال است که کاربردهای فراوانی در زندگی و صنعت دارد.

تصور کنید که به ازای هر ۱۰۰ سانتی‌متر عمق، از فشار هوا کم می‌شود. در نتیجه، فشار هوا در تهران ۱۲۰ سانتی‌متر عمق از فشار هوا در سطح آزاد دریا کمتر است. حتی  $120 \times 10^{-2} = 1.2 \text{ m}$  است.

$1.2 \times 1000 \times 9.8 = 11760 \text{ Pa}$  فشار هوا در تهران

**فعالیت ۵-۲۲**  
آیا آزمایش ۵-۱۰ را می‌توان با آب انجام داد و فشار هوا را تعیین کرد؟

۵-۱۰-۱- محاسبه فشار در مایع‌ها با در نظر گرفتن فشار هوا  
در بخش (۵-۱۰) فشار ناشی از مایع را در عمق  $h$  محاسبه کردیم. در این بخش فشار مایع را هنگامی که یک نیروی خارجی اضافی، مثلاً نیروی ناشی از فشار هوا، به سطح مایع وارد می‌شود محاسبه می‌کنیم. برای این کار بستونی را مطابق شکل (۵-۱۰) بر روی مایع قرار می‌دهیم. فرض کنیم نیروی  $F$  به بستون وارد می‌شود.

در این حالت، نیروی وارد بر سطح مایع در این عمق برابر است با وزن مایع در بالای این سطح ( $\rho ghA$ ) به علاوه نیروی  $F$ . در نتیجه، فشار در این عمق برابر است با:

شکل ۵-۱۰

$$P = \frac{\rho ghA + F}{A}$$

$$P = \rho gh + \frac{F}{A} \quad (5-10)$$

چنین، با اعمال نیروی  $F$  فشار در تمام نقاط مایع به اندازه‌ی  $\frac{F}{A}$  افزایش می‌یابد.

**مثال ۵-۴**  
فرض کنید که در مثال (۵-۱۰) یک بستون با جرم  $M$  و سطح  $A$  بر روی آب قرار دهیم و یک وزنه  $W$  کلوگرم بر روی آن بگذاریم. فشار ناشی از وزنه و وزن مایع

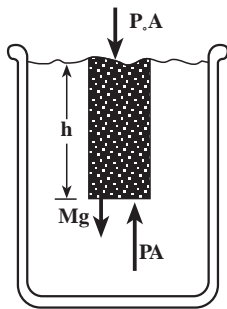
۱۳۳

قسمت دوم: محاسبه‌ی فشار در مایع‌ها با در نظر گرفتن فشار هوا: در این قسمت هم می‌توانید مطابق روند کتاب درسی رابطه‌ی  $P = P_0 + \rho gh$  را بیان کنید و یا با توجه به شکل ۵-۲۸ رابطه را به دست آورید. در این شکل بستونی از مایع به ارتفاع  $h$ ، سطح مقطع  $A$  و وزن  $Mg$  در تعادل ایستا نشان داده شده است.  $P_0$  فشار هوا و  $P$  فشار کل در عمق  $h$  است، چون بستون مایع در حال تعادل است داریم:

$$PA - P_0A - Mg = 0 \Rightarrow PA = P_0A + Mg$$

$$P = P_0 + \frac{\rho Ahg}{A} = P_0 + \rho gh$$

این فشار، فشار کل یا فشار مطلق در عمق  $h$  از سطح یک مایع است. در این‌جا نیز فشار تمام نقطه‌های مایع به اندازه‌ی فشار هوا افزایش یافته است. این نتیجه نیز نمونه‌ای از اصل پاسکال است.



شکل ۵-۲۸

در ته ظرف چه فشار است؟ فرض کنید که سطح مقطع بستون  $2 \times 10^{-4} \text{ m}^2$  است.  
 حل: با استفاده از رابطه (۳-۲۱) داریم:

$$F = \rho g h + \frac{F_0}{A}$$

$$= 1000 \times 9.8 \times 4 + \frac{200000}{2 \times 10^{-4}} = 9980 \text{ Pa}$$

مشاهده می‌شود که در این مثال عمده فشار از وزن  $200000$  کیلوگرم حاصل شده است.

اگر در شکل (۳-۲۱) در بالای مایع هوا وجود داشته باشد، به سطح آزاد مایع نیرو وارد می‌کند و در نتیجه فشار حاصل از آن، که همان فشار هوای است، را نیز باید در رابطه (۳-۲۱) منظور کنیم. بنابراین، با استفاده از رابطه (۳-۲۱) داریم:

$$P = P_0 + \rho g h$$

این فشار، فشار کل و یا فشار مطلق در عمق  $h$  از سطح مایع نامیده می‌شود. از این به بعد هر جا که در مورد فشار مایع با گاز صحبت می‌شود، منظور فشار کل است.

**تمرین ۳-۵**  
 الف - فشار ناشی از آب در عمق  $9$  متری یک استخر چه قدر است؟  
 ب - فشار کل در این عمق چه قدر است؟

**مثال ۳-۵**  
 همان‌طور که در شکل (۳-۲۵) نشان داده شده است، طرف‌های مختلف یک بگ در مقابل شش‌ها، در این ظرف مایع می‌روزم. سطح آزاد مایع در تمام طرف‌ها در یک مکان است.



## تمرین ۵ - ۱

(الف)

$$P = \rho g h = (1000 \text{ kg/m}^3) \times (9.8 \text{ N/kg}) \times (4 \text{ m})$$

$$= 39200 \text{ Pa}$$

(ب)

$$P_{\text{کل}} = P_0 + \rho g h = 10^5 + 39200 = 139200 \text{ Pa}$$

## تمرین پیشنهادی

از فشارسنج می‌توان به عنوان ارتفاع سنج استفاده کرد. فرض کنید در بالای تپه‌ای فشارسنجی که همراه دارید کاهش  $8 \text{ mm - Hg}$  را نشان می‌دهد. ارتفاع تپه از سطح دریا چه قدر است؟  
**پاسخ:  $180 \text{ m}$**

## پرسش پیشنهادی

عمق زیردریایی‌ها را چگونه تعیین می‌کنند؟  
**پاسخ:** زیردریایی‌ها مجهز به فشارسنج‌هایی هستند که فشار آب بیرون زیردریایی و فشار کل را اندازه می‌گیرند. با داشتن فشار کل، می‌توان عمق محل زیردریایی را تعیین کرد.

ارتفاع قرار می‌گیرد. با توجه به رابطه اشکال ۱۳-۵ علت این امر را توضیح دهید.  
 حل: اگر سطح آزاد مایع در این طرفها در یک ارتفاع نباشند، بر طبق رابطه  
 اشکال ۱۳-۵ باید فشار مایع در نقاط A، B و C متفاوت باشد و این امر باعث می‌شود که  
 مایع جریان یابد. چون این امر اتفاق نمی‌افتد باید سطح‌های آزاد هر ارتفاع باشد.

ملاحظه می‌شود که در رابطه اشکال ۱۳-۵ فشار مایع در تمام نقاط به اندازه  $\frac{F}{A}$  افزایش یافته است.  
 به همین ترتیب در رابطه اشکال ۱۳-۵ فشار تمام نقاط مایع به اندازه فشار هوا افزایش یافته است. این  
 نتیجه‌ها نمونه‌هایی از کاربرد اصل پاسکال است. بر طبق این اصل فشار و آورد بر مایع محصور  
 بدون کاهش به تمام قسمت‌های مایع و دیواره‌های ظرف منتقل می‌شود.  
 یکی از کاربردهای مهم اصل پاسکال، بالابر هیدرولیکی است.

**فشاری و کاربرد**

بالابر هیدرولیکی از این بالا برای بالا بردن اجسام سنگین، مثلاً اتومبیل  
 برای تعمیر و با جوش جرح‌ها، استفاده می‌شود.  
 طرح ساده این بالا در شکل (۱۳-۵) نشان داده شده است.



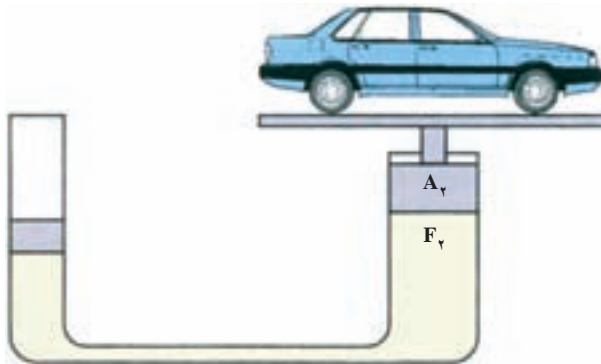
شکل ۱۳-۵

هنگامی که نیروی  $F_1$  برابر با وزن اتومبیل به پیستون سمت راست وارد می‌شود،  
 با بر اصل پاسکال فشار حاصل از آن که برابر  $\frac{F_1}{A_1}$  است به تمام نقاط مایع از جمله  
 به سطح زیر پیستون سمت چپ منتقل می‌شود. برای غلبه کردن نیروی حاصل از آن

**تمرین پیشنهادی**



شکل ۵-۲۹ یک بالابر هیدرولیکی را نشان می‌دهد که اتومبیلی را بلند کرده است. اگر قطر پیستون کوچک  
 ۲۰ cm و قطر پیستون بزرگ ۲ m باشد نیروی  $F_1$  چقدر باشد تا بتواند اتومبیلی به جرم  $1500 \text{ kg}$  را بالا ببرد؟  
**پاسخ:** از رابطه  $F_1 = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)F_2$  استفاده کنید که در آن  $F_2$  برابر وزن اتومبیل است.  $F_1 \approx 150 \text{ N}$



شکل ۵-۲۹

## ۱۱-۵- فشار در گازها

**راهنمای تدریس:** در این قسمت مفهوم جدیدی مطرح نمی‌شود بلکه صرفاً بر اصل پاسکال و کاربرد آن در گازها تأکید می‌شود. در شروع بخش نیز پرسش‌هایی مطرح شده است که پاسخ همه‌ی آن‌ها به این موضوع برمی‌گردد که گازها فشار وارد می‌کنند و هرگاه به قسمتی از یک گاز فشار اضافی داده شود این فشار بدون تغییر به همه‌ی قسمت‌های گاز منتقل می‌شود. به این ترتیب علاوه بر طرح پرسش‌هایی که در کتاب آمده است بهتر است آموزش این بخش را با فعالیت پیشنهادی زیر شروع کنید.

بانه نیروی  $F_1$  به این پیستون وارد نمود. فشار حاصل از این دو نیرو بانه با یکدیگر برابر باشد. در نتیجه:

$$\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$$

و طبق این رابطه اگر  $A_2$  خیلی بزرگتر از  $A_1$  باشد،  $F_2$  نیز باید بسیار بزرگتر از  $F_1$  باشد. در نتیجه، می‌توان اجسام سنگین را با نیروی کمی بالا برد.

---

**تعمین ۱۱-۵**  
در شکل زیر دستگاه زیر توضیح نشان داده شده است. توضیح دهید که این دستگاه چگونه عمل می‌کند.



**۱۱-۵- فشار در گازها**  
در حالی که با انگشت خود دهانه یک سرنگ را بسته‌اید، با حرکت پیستون آن هوای داخل سرنگ را فشرده کنید. چه حس می‌کنید؟ در هنگام باد کردن لاستیک دوچرخه، چرا رفتار متفاوتی مشاهده می‌کنید؟ چرا وقتی بیج باد دوچرخه را نفی می‌کنید، باد آن خیلی می‌نهد؟  
مثال‌های بالا و مثال‌های مشابه نشان می‌دهند که هوای داخل سرنگ و لاستیک‌ها دارای فشارند. در این حالت‌ها فشار را چگونه می‌توان محاسبه کرد؟ برای انجام این کار گازی را در ظرفی گرم که مطابق شکل ۱۱-۵-۱ داخل یک سطل قرار دارد و از طریق پیستون نیروی  $F$  به آن وارد می‌نمود.



۱۳۶

به هریک از گروه‌های کلاس درس سرنگی بدهید و از آن‌ها بخواهید تا با انگشت خود دهانه‌ی آن را بسته و با حرکت پیستون سرنگ، هوای درون آن را متراکم کنند. مشاهده‌ی خود را از این فعالیت ساده به بحث گذاشته و نتیجه را به کلاس درس ارائه نمایند.

آن‌چه دانش‌آموزان پس از انجام فعالیت و بحث گروهی به کلاس ارائه می‌دهند می‌تواند زمینه‌ی مناسبی برای جمع‌بندی مبحث فشار گازها و آن‌چه تاکنون از آن فرا گرفته‌اند باشد.

## فعالیت ۵-۲۳

**هدف:** برآورد فشار ناشی از گاز

در صورتی که برای انجام این فعالیت تلمبه‌ی دوچرخه در اختیار ندارید می‌توانید مانند فعالیت پیشنهادی از سرنگ استفاده کنید. برای برآورد فشار گاز (هوا) داخل تلمبه یا سرنگ می‌توانید فرصت مناسب در اختیار گروه‌های دانش‌آموزی قرار دهید تا در این زمینه به بحث و تجربه بپردازند و شیوه‌ی ابداعی خود را به کلاس ارائه کنید. یک روش ساده‌ی انجام این کار استفاده از یک لوله‌ی U شکل محتوی مقدار آب است. (به مبحث فشارسنج در ادامه‌ی فعالیت توجه کنید.)

## فشارسنج

راهنمای تدریس: در این بخش به دو موضوع

توجه می‌شود. موضوع اول تعیین فشار گاز محبوس در یک مخزن است که در واقع ساده‌ترین روش اندازه‌گیری فشار گاز به حساب می‌آید. از این روش برای انجام فعالیت ۲۳-۵ نیز می‌توان بهره گرفت. در صورتی که فضای کلاس را مناسب می‌بینید بهتر است ابتدا پس از انجام فعالیت ۲۳-۵ از دانش آموزان بپرسید که برای اندازه‌گیری فشار گاز درون یک مخزن یا محفظه چه روش یا روش‌هایی را پیشنهاد می‌کنند. پس از جمع‌بندی نظر دانش‌آموزان به توضیح روشی که در کتاب معرفی شده است بپردازید.

موضوع دومی که در این قسمت باید به آن توجه شود معرفی فشار پیمانه‌ای به صورت اختلاف فشار گاز درون یک محفظه و فشار هوا است. لازم به توضیح است که فشار پیمانه‌ای را می‌توان در حالت کلی به صورت اختلاف فشار هر شاره‌ی مسدود با فشار هوا در نظر گرفت. برای مثال اگر بگوییم فشار خون فردی ۹۵mmHg است، منظور این است که اختلاف فشار خون این فرد و فشار هوا ۹۵mmHg است که این همان فشار پیمانه‌ای است. و یا اگر بگوییم فشار هوای داخل تیر اتومبیلی ۲۰۰kPa است منظور فشار پیمانه‌ای است. در همه‌ی این موارد برای به دست آوردن فشار کل، باید فشار پیمانه‌ای را به فشار هوا اضافه کرد.

فشاری که در این مورد در زیر بسون ایجاد می‌کند، وارو با  $\frac{1}{3}$  است. و طبق اصل پاسکال این فشار بدون کاهش به تمام قسمت‌های گاز و دیواره‌های ظرف منتقل می‌شود. بنابراین، با توجه به این که فشار ناشی از وزن گاز ناچیز است، فشار گاز در داخل ظرف با رابطه زیر داده می‌شود:

$$P = \frac{F}{S} \quad (۴-۵)$$

آیا اکنون می‌توانید به روشن‌هایی که در ابتدای این بخش ذکر شد پاسخ دهید؟

**فعالیت ۲۳-۵**  
با دست خود، خروجی یک شیشه‌ی رای باد کردن جرح دور جرحه را مسدود و هوای داخل آن را فشرده کنید. فشار گاز داخل شیشه را برآورد کنید.

رای اندازه‌گیری فشار گاز از فشارسنج استفاده می‌شود. فشارسنج، رای اندازه‌گیری فشار داخل یک محفظه آن را به یک لوله‌ی U شکل مطابق شکل (۱۹-۵) وصل می‌کند. لوله‌ی حاوی یک مایع (معمولاً جیوه) با چگالی  $\rho$  است. اختلاف فشار هوا و فشار گاز داخل محفظه باعث می‌شود که مایع از دو طرف لوله‌ی U شکل در یک سطح قرار نگیرند. از اختلاف سطح آنها می‌توان این اختلاف فشار را به دست آورد. فرض کنید  $P_0$  فشار هوا و  $P_1$  فشار گاز داخل محفظه است. چون فشار مایع در نقاط A و B یکسان است (بجایزه اختلاف فشار  $P_0$  و  $P_1$  وارو با فشار حاصل از ارتفاع  $h$  از مایع است، یعنی:

$$P_0 - P_1 = \rho gh \quad (۴-۵)$$

با اندازه‌گیری  $h$  می‌توان مقدار  $\rho gh$  را محاسبه کرد. این کمیت که وارو اختلاف فشار گاز درون محفظه و فشار هوا است، فشار پیمانه‌ای نامیده می‌شود. در اندازه‌گیری فشار خون و یا فشار هوای داخل لاستیک‌های اتومبیل فشار پیمانه‌ای اندازه‌گیری می‌شود. (به عنوان مثال، فشار پیمانه‌ای هوای داخل تیر در لاستیک اتومبیل در حدود ۱۶۵-۲۲۰ kPa است). برای به دست آوردن فشار کل باید فشار پیمانه‌ای را با فشار هوا جمع کرد. (یعنی فشار کل هوای داخل تیر در حدود ۱۶۵-۲۲۰ kPa است.)

۱۳۷

## تمرین پیشنهادی



شکل ۳۰-۵

شکل ۳۰-۵ کیسه‌ی سرمی محتوی محلول گلوکز را نشان می‌دهد که به فرد بیماری تزریق می‌شود. اگر فشار پیمانه‌ای در سرخرگ (artery) این فرد  $10^4 \times \frac{1}{33} / 1$  باشد، حداقل ارتفاع  $h$  چقدر باید باشد؟  
چگالی محلول را  $1.02 \text{ g/cm}^3$  و  $g = 9.8 \text{ m/s}^2$  بگیرد.

پاسخ:  $h = 1/33 \text{ m}$

## فعالیت ۵ - ۲۴

### هدف: ساختن فشارسنج

به کمک این فعالیت ساده می‌توانید فشار هوای داخل یک سرنگ را با توجه به تغییر ارتفاع ستون مایع در لوله اندازه بگیرید.



## آزمایش ۵ - ۶

### هدف: بررسی ویژگی‌های فشار در مایع‌ها

این آزمایش بهتر است در بخش ۵-۸، محاسبه‌ی فشار در مایع‌ها، انجام شود. به کمک این آزمایش ساده می‌توان سه ویژگی فشار در مایع‌ها را به شرح زیر بررسی کرد.

- ۱- رابطه‌ی فشار با عمق مایع
- ۲- برابر بودن فشار در نقاط هم‌عمق یا هم‌تراز مایع
- ۳- استقلال فشار در هر نقطه‌ی مایع از جهت‌گیری

پوسته

## دانستنی

### آشنایی بیشتر با فشار جو

جو زمین ترکیبی از ۷۸ درصد نیتروژن، ۲۱ درصد اکسیژن و ۱ درصد گازهای دیگر است که با همگنی چشم‌گیری با هم دیگر درآمیخته‌اند. با این همه، خواصی مانند دما، فشار، چگالی و سرعت، بسته به محل و ارتفاع آن، تغییرات درخور توجهی دارند. جرم کلی جو به تقریب برابر  $5/2 \times 10^{18}$  kg است که بیش از ۹۹ درصد آن در محدوده‌ی ۳۰ کیلومتری سطح زمین قرار دارد. مساحت سطح زمین در حدود  $5/1 \times 10^{14}$  m<sup>۳</sup> است. چون فشار به صورت نیروی وارد بر واحد سطح تعریف می‌شود، وزن جو (جرم  $\times$  شتاب گرانی) را وقتی بر این مساحت تقسیم می‌کنیم معلوم می‌شود که فشار جو در سطح زمین باید در حدود  $10^5$  N/m<sup>۲</sup> باشد. تغییر فشار جو در راستای قائم از شرایط ترازمندی هیدروستاتیکی پیروی می‌کند. فشار در هر ارتفاعی، با وزن جو موجود در بالای آن ارتفاع تعیین می‌شود و به‌طور نمایی با ارتفاع کاهش می‌یابد. در شهر دنور که در ارتفاع ۱/۶km قرار دارد، فشار متوسط در

حدود ۸۰ درصد تراز دریا است. فشار در قله‌ی کوه کیلی‌مانجارو (۵۹۰۰m) برابر ۵۰ درصد تراز دریا، و روی قله‌ی اورست (۸۸۵۰m) کم‌تر از ۳۰ درصد تراز دریا است. اختلافات افقی را به‌صورت سامانه‌های پرفشار و کم‌فشار وضع هوا توصیف می‌کنند. هرچند فشارها در این مناطق کم‌تر از ۱ درصد با میانگین جهانی اختلاف دارند، ولی همین اختلاف فشارها هستند که منجر به تولید بادهای تجارتي و پیدایش جبهه‌ها و سامانه‌های توفان‌زا می‌شوند.

دو نوع ابزار را برای اندازه‌گیری فشار جو به‌کار می‌برند: فشارسنج جیوه‌ای و فشارسنج خشک. اولی لوله‌ی شیشه‌ای قائم پر از جیوه‌ای دارد که انتهای فوقانی آن مسدود است و قاعده‌ی آن در مخزنی از همان مایع غوطه‌ور شده است. در سال ۱۶۴۳ دانشمندان دریافتند که فشار هوا در سطح این مخزن، ستونی از جیوه به ارتفاع ۷۶cm را در لوله قائم نگه خواهد داشت. ابزار خشک، که در سال ۱۸۴۳ اختراع شد، شامل دمی فلزی با تخلیه‌ی جزئی است که به کمک اهرم‌ها و فنرهایی به عقربه‌ی صفحه‌ی مدرج مرتبط شده است. تغییر فشار خارجی، منجر به انبساط یا انقباض دم و جابه‌جایی عقربه در صفحه‌ی مدرج می‌شود. این ابزار، وسیله‌ی قابل حمل و حساسی برای نشان‌دادن تغییرات فشار است. ولی به درجه‌بندی سنجیده‌ای نیاز دارد تا قرائت‌های دقیقی را به‌دست دهد.

با استفاده از فشارسنج جیوه‌ای می‌توان فشار جو استاندارد را تعریف کرد. یک اتمسفر، معادل با فشاری است که ستونی از جیوه به ارتفاع درست برابر ۷۶m /۰ وارد می‌آورد. با توجه به چگالی  $\rho = ۱۳۵۹۵ \text{ kg/m}^3$  برای جیوه و گرانی  $g = ۹/۸۰۷ \text{ m/s}^2$  نتیجه می‌شود.

$$۱ \text{ atm} = \rho gh = ۱/۰۱۳ \times ۱۰^۵ \text{ N/m}^2$$

در دستگاه بین‌المللی یکاها داریم  $۱ \text{ Pa} = ۱ \text{ N/m}^2$ ، پس  $۱ \text{ atm} = ۱۰۱/۳ \text{ kPa}$  در دستگاه یکاهای MKS داریم  $۱ \text{ atm} = ۱/۰۱۳ \times ۱۰^۶ \text{ dyn/cm}^2$  و در دستگاه یکاهای انگلیسی  $۱ \text{ atm} = ۱۴/۷ \text{ Ib/in}^2$ . اندازه‌گیری‌های آزمایشگاهی اغلب برحسب «تور» گزارش می‌شوند، که در آن‌ها  $۱ \text{ torr} = ۱ \text{ mmHg}$  است. بنابراین داریم  $۱ \text{ atm} = ۷۶۰ \text{ torr}$ . هواشناسان، یکایی به نام «بار» را به‌کار می‌برند که  $۱ \text{ bar} = ۱۰^۶ \text{ dyn/cm}^2$ . از این‌رو،  $۱ \text{ bar} = ۰/۹۸۷ \text{ atm}$  و  $۱ \text{ atm} = ۱۰۱۳ \text{ mbar}$ . معمول این است که فشار فشارسنجی در گزارش‌های روزنامه و تلویزیون درباره‌ی وضع هوا برحسب «ساتی متر جیوه» گزارش می‌شود، که در آن  $۱ \text{ atm} = ۷۶ \text{ cmHg}$  است.

فشار جو چندین اثر شناخته شده دارد. دمایی که در آن آب در تراز دریا می‌جوشد برابر  $۱۰۰^\circ \text{C}$  است، ولی در

شهری مثل همدان که در ارتفاع ۳۶۰۰m قرار دارد دمای جوش برابر  $۸۸^\circ \text{C}$  می‌شود. در هر دو عمل استفاده از نی نوشابه و تلمبه کردن آب از چاه، در یک سر لوله با کاهش فشار و در سر دیگر آن با اعمال آزادانه‌ی فشار جو سر و کار داریم که مایع را در لوله به پیش می‌راند. در بررسی آئرو دینامیکی بال هواپیماها، کشتی‌های بادبانی، و توپ‌هایی که در مسیرهای غیرمستقیم حرکت می‌کنند نیز با تغییر فشار جو در روی سطح این گونه اجسام روبه‌رو می‌شویم.



## حل تمرین های فصل پنجم

**تمرین های فصل پنجم**

۱- در هنگام باد که گردن تخته سید درازت گنج بطور نامنظم با اطراف حرکت می کند. حرکت نامنظم آن‌ها را چگونه می توان توجیه کرد؟  
 ۲- هر دو نفت موجود در یک بشکه و نفت خانگی را تخمین بزنند.  
 ۳- محاسبه یک گرم طلا چند سانتی متر مکعب است؟  
 ۴- تخمین بزنید که برای داخل کلاس شما چند کیلو گرم است. اگر تمام آن را مایع کنید چه حجمی را اشغال می کند؟ از جدول ۱-۵ استفاده کنید.  
 ۵- قطعاتی به شما داده شده و ادعا می شود که از طلای خلص ساخته شده است. چگونه می تواند بررسی این ادعا را بررسی کند؟  
 ۶- چرا یوز راحتتر از میخ به داخل جوب فرو می رود؟  
 ۷- فشاری را که در هنگام ایستادن در روی زمین ایجاد می کند و آورد کنید.  
 ۸- در چه وضعی در دریا فشار ده و نو فشار جو در سطح دریا است؟ چگالی آب دریا را  $1025 \text{ kg/m}^3$  فرض کنید.  
 ۹- در یک طرف توله ۱۰ نعل حاوی آب مطلق شکل مقابل فشاری روغن ریخته می شود.



الف - نشان دهید:

$$\frac{h_o}{h} = \frac{\rho}{\rho'}$$

که در آن  $h$  چگالی روغن و  $\rho'$  چگالی آب و  $h_o$  ارتفاع ستون روغن است.  
 ب- چگونه می توان با این روش چگالی یک مایع نامعلوم را تخمین کرد؟ این آزمایش را انجام دهید و بررسی رابطه بالا را تحلیل کنید.  
 ۱۰- آزمایش شکل (۲۲-۱۰) را با شکل برای اولین بار انجام داد. شعله بالای یک بشکه ای را به شکلی وصل کرده و در داخل توله آب ریخت. هنگامی که ارتفاع آب در توله به  $12.3 \text{ cm}$  رسید، درون بشکه دررفت. اگر قطر درون  $2 \text{ cm}$  باشد، در این لحظه چه نیروی از طرف آب به درون توله شده است؟ قطر داخلی توله  $1 \text{ cm}$  است.

۱- باید توجه دانش آموزان را به برخورد مولکول های هوا به ذره های گچ در حین سقوط آزاد جلب کنید. حرکت تصادفی و کارتورهای مولکول های هوا سبب می شود تا ذره های گچ نیز در حین سقوط آزاد چنین حرکتی به دست آورند.

۲- هر چند امروزه در بسیاری از خانه ها دیگر بشکه ی نفت وجود ندارد بهتر است این مسئله را به این صورت که: « جرم نفت موجود در یک بشکه ی ۲۲۰ لیتری را تخمین بزنید.» مطرح کنید. در این صورت با ارجاع دانش آموزان به جدول ۱-۵ و استفاده از رابطه ی چگالی، مسئله قابل حل است.

۳- دانش آموزان باید از رابطه ی ۱-۵ و جدول ۱-۵ استفاده کنند.

۴- با تخمین ابعاد کلاس (برای به دست آوردن حجم تقریبی کلاس) و استفاده از جدول ۱-۵ و رابطه ی ۱-۵ مسئله قابل حل است.

۵- روش متعارف حل این گونه مسئله ها، به دست آوردن جرم قطعه به کمک ترازو و هم چنین به کمک رابطه ی ۱-۵ و استفاده از جدول ۱-۵ است. اگر قطعه ی طلا دارای حفره باشد، جرمی که از طریق ترازو به دست می آید کم تر از جرمی خواهد بود که از رابطه ی  $m = \rho v$  به دست می آید. در صورتی که قطعه شکل هندسی معینی نداشته باشد با انداختن آن درون یک استوانه ی مدرج محتوی آب و تغییر حجم آب، می توان حجم قطعه را اندازه گیری کرد.

۶- توجه دانش آموزان را به پهن تر بودن سر یونز و هم چنین رابطه ی  $P = \frac{F}{A}$  جلب کنید.



۷- ابتدا باید مساحت سطح تماس کف هر کفش را با زمین به طور تقریبی محاسبه کرد. برای این منظور رنگی نمودن کف کفش‌ها و استفاده از کاغذهای شطرنجی توصیه می‌شود. پس از آن هر دانش‌آموز با دانستن جرم خود می‌تواند فشار وارده به سطح زمین را به کمک رابطه‌ی  $P = \frac{mg}{A}$  به دست آورد.

۸- در این جا منظور از فشار، فشار کل (ناشی از آب و جو) در عمق مورد نظر است. از رابطه‌ی  $P_0 + \rho gh = P$  استفاده شود که در آن  $\rho$  چگالی آب دریا و  $P_0$  فشار جو است.

۹- الف) دانش‌آموزان باید از مفهوم یکسان بودن فشار در نقطه‌های هم‌تراز استفاده کنند. در این صورت

$$\rho'gh' = \rho gh \quad \text{یا} \quad \frac{h'}{h} = \frac{\rho}{\rho'}$$

ب) برای انجام این کار ضمن توجه به نتیجه‌ی قسمت الف، باید دو مایعی را که انتخاب می‌کنید با یکدیگر مخلوط نشوند. برای مثال اگر چگالی روغن نامعلوم باشد می‌توان از آب، که با روغن مخلوط نمی‌شود، استفاده کرد.  
۱۰- ابتدا فشار ناشی از آب درون لوله در محل درپوش پیدا کنید.

$$P = \rho gh = 10^3 \times 10 \times 15 / 3 = 1 / 53 \times 10^5 \text{ Pa}$$

با نادیده گرفتن قطر لوله نسبت به قطر درپوش داریم:

$$A = \pi d^2 / 4 = 3 / 14 \times (0 / 5)^2 / 4 = 0 / 19625 \text{ m}^2$$

$$F = PA = 1 / 53 \times 10^5 \times 0 / 19625 = 30026 / 25 \text{ N}$$

۱۱- از رابطه‌ی  $P = P_0 - \rho gh$  استفاده کنید که در آن  $h$  ارتفاع شهر از سطح دریا و  $\rho$  چگالی هوا است. همچنین می‌توان مشابه آزمایش توریچلی، از یک فشارسنج ساده‌ی جیوه‌ای فشار هوا را در هر شهر و هر نقطه به دست آورد.

$$P = \rho g(h_2 - h_1) \quad \text{۱۲- الف)}$$

$$= 10^3 \times 10 (120 - 8) \times 10^{-2} = 11200 \text{ Pa}$$

$$P_{\text{ک}} = P + P_0 = 11200 + 1 / 0 \times 10^5 = 112200 \text{ Pa} \quad \text{ب)}$$

$$P_A = \rho gh \quad \text{۱۳- الف)}$$

$$F = PA = (\rho gh)(\pi r^2) \quad \text{ب)}$$