

# فصل

## چگالی و فشار

آیا انجام این کار روی زمین نیز  
امکان پذیر است؟



## سیمای فصل

۱-۶ چگالی

۲-۶ نیرو و فشار

۳-۶ فشار در مایع‌ها و گازها

۴-۶ اصل ارشمیدس و شناوری

■ پرسش‌های مفهومی

■ مسئله‌ها



## چگالی و فشار

چرا شخصی که چوب اسکی به پا دارد، کم تر در برف فرو می رود؟ چرا در قله های مرتفع کوه ها، نفس کشیدن دشوارتر است؟ چرا هنگامی که به جاهای عمیق تر استخر می رویم احساس فشار بیش تری روی گوش های خود می کنیم؟ چرا جابه جایی جسم های سنگین درون آب راحت تر است؟ چه عاملی سبب شناور شدن کشتی های فولادی کوچک و بزرگ روی آب می شود؟ در این فصل با برخی از ویژگی های مهم ماده آشنا خواهیم شد که ما را قادر می سازد به پرسش هایی از قبیل آنچه ذکر شد با دقت علمی خوبی پاسخ دهیم.

## ۱-۶ چگالی

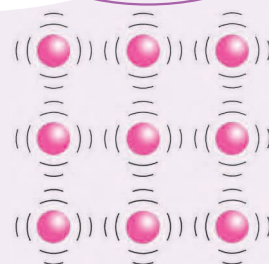
یکی از ویژگی‌های اصلی هر ماده در همه‌ی حالت‌ها (جامد، مایع و گاز) چگالی است. چگالی نشان می‌دهد که ذره‌های تشکیل‌دهنده‌ی ماده تا چه حد فشرده‌اند (شکل ۱-۶). نسبت جرم به حجم هر جسمی را چگالی آن جسم می‌نامند و آن را با حرف یونانی  $\rho$  (بخوانید  $\rho$ ) نشان می‌دهند.

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{یا} \quad \rho = \frac{\text{جرم}}{\text{حجم}}$$

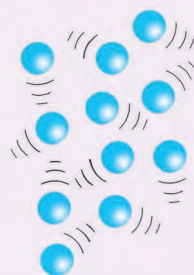
یکای چگالی در SI با توجه به تعریف بالا کیلوگرم بر متر مکعب ( $\text{kg/m}^3$ ) است. در جدول ۱-۶ چگالی چند ماده‌ی مختلف داده شده است.

جدول ۱-۶ چگالی چند ماده‌ی مختلف در دمای  $^{\circ}\text{C}$  و فشار جوّی (۱atm)

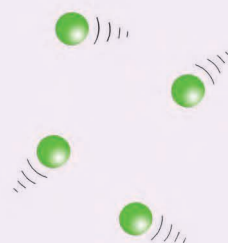
چگالی ( $\text{kg/m}^3$ )	حالت	ماده
۹۲۰	جامد	یخ
۲۵۰	جامد	چوب پنبه
۶۵۰	جامد	چوب
۷۹۰۰	جامد	فولاد
۲۷۰۰	جامد	آلومینیوم
۸۹۴۰	جامد	مس
۱۹۳۲۰	جامد	طلا
۱۰۵۰۰	جامد	نقره
۶۹۰۰	جامد	روی
۱۱۳۵۰	جامد	سرب
۱۳۶۰۰	مایع	جیوه
۱۰۰۰	مایع	آب ( $^{\circ}\text{C}$ )
۹۰۰	مایع	روغن ذرت
۸۰۰	مایع	الکل
۱/۲۹	گاز	هوا
۱/۴۳	گاز	اکسیژن
۱/۹۸	گاز	کربن دی‌اکسید
۰/۰۸۹	گاز	هیدروژن



(الف) ذره‌های تشکیل‌دهنده‌ی جسم جامد در جای خود تقریباً ثابت‌اند و به طور بسیار کمی نوسان می‌کنند.



(ب) ذره‌های تشکیل‌دهنده‌ی مایع آزادانه حرکت می‌کنند و روی یک‌دیگر می‌لغزند.



(پ) ذره‌های تشکیل‌دهنده‌ی گازها با سرعت زیادی به اطراف حرکت می‌کنند.

شکل ۱-۶

### فعالیت عملی



● اندازه‌گیری چگالی چند جسم مختلف

### آزمایشگاه مجازی



● چگالی

بیشتر بدانید



- آشنایی با جامدها
- مدلی ساده برای جسم جامد
- فازهای ماده



ابوریحان محمد ابن احمد بیرونی (۳۵۱ شمسی - ۴۲۵ شمسی)، دانشمند برجسته‌ی ایرانی در حومه‌ی شهرکات، پایتخت خوارزمشاهیان، به دنیا آمد و تا سن ۲۵ سالگی در زادگاه خود مشغول فراگیری علوم مختلفی بود. با توجه به اطلاعات به دست آمده، تعداد آثار ابوریحان بیرونی شامل تالیف‌ها، ترجمه‌ها و آثار نیمه تمام او به ۱۸۰ عنوان می‌رسد که دست کم ۱۱۵ عنوان از آن‌ها به ریاضیات و نجوم اختصاص داشته و از این تعداد تنها ۲۸ عنوان به دست ما رسیده است.

بیرونی در کتاب «افراد المقال فی امر الظلال» یکی از نظریه‌های مشهور ارسطو را با تکیه بر آزمایش رد می‌کند. نکته مهم و مورد توجه در آزمایش‌های بیرونی، شیوه‌ی علمی او در انجام دادن آزمایش‌هاست. وی هم چون یک پژوهشگر امروزی در آزمایش خود به نکاتی توجه می‌کند؛ از جمله: هنگام مقایسه‌ی خاصیتی ویژه از دو ماده می‌کوشد تا سایر شرایط برای آن‌ها یکسان باشد و نیز به تکرار در آزمایش تاکید می‌کند تا مطمئن شود نتایج حاصل از فرایند اتفاقی نیست.

«سایه‌ها» یکی از مهم‌ترین آثار بیرونی است که در آن به شرح موضوع‌هایی در زمینه‌ی ریاضیات می‌پردازد. بیرونی هم‌چنین مقاله‌هایی در مورد زمین‌پیمایی و جغرافیا دارد. او شیوه‌های اندازه‌گیری قطر زمین و فاصله‌ی روی آن را از طریق مثلث بندی معرفی کرده است.

پرسش ۱-۴

آیا می‌توانید بین شکل ۱-۶ و مقادیرهای جدول ۱-۶ ارتباط معناداری برقرار کنید. شرح دهید.

مثال ۱-۴

جرم یک مجسمه‌ی نقره ۴۲۰ گرم است. حجم این مجسمه چقدر است؟

**حل:** با توجه به تعریف چگالی داریم

$$\rho = \frac{m}{V}$$

با جای گذاری چگالی نقره از جدول ۱-۶ ( $\rho = 10500 \text{ kg/m}^3$ ) و جرم مجسمه از صورت

مسئله ( $m = 420 \text{ g} = 0.42 \text{ kg}$ ) در رابطه‌ی بالا داریم

$$10500 \text{ kg/m}^3 = \frac{0.42 \text{ kg}}{V} \Rightarrow V = \frac{0.42 \text{ kg}}{10500 \text{ kg/m}^3} = 4 \times 10^{-5} \text{ m}^3$$

از آنجا که  $1 \text{ m}^3 = 10^6 \text{ cm}^3$  است داریم  $V = 40 \text{ cm}^3$ .

مثال ۲-۴

طول، عرض، و ارتفاع اتاقی به ترتیب ۴m، ۳m و ۳m است. جرم و وزن هوای درون این

اتاق در یک روز نسبتاً سرد زمستانی (دمای هوا  $0^\circ \text{C}$ ) چقدر است؟

**حل:** از آنجا که هوا تمام حجم اتاق را اشغال می‌کند، حجم هوا با حجم اتاق برابر است.

بنابراین با توجه به تعریف حجم مکعب مستطیل،  $V = abc$ ، داریم:

$$V = 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 36 \text{ m}^3$$

همچنین از جدول ۱-۶ چگالی هوا برابر  $1.29 \text{ kg/m}^3$  است. پس:

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V$$

$$\Rightarrow m = (1.29 \text{ kg/m}^3) (36 \text{ m}^3) = 46.44 \text{ kg}$$

با توجه به تعریف وزن یک جسم،  $W = mg$ ، داریم:

$$W = mg = (46.44 \text{ kg}) (10 \text{ N/kg}) = 464.4 \text{ N}$$

مثال ۳-۴

جرم یک لیتر آب چند کیلوگرم است؟

**حل:** با توجه به این که هر یک متر مکعب ( $1 \text{ m}^3$ ) معادل هزار لیتر ( $10^3 \text{ lit}$ ) است، داریم

$$1 \text{ lit} = 10^{-3} \text{ m}^3 \quad \text{یا} \quad 1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ lit}$$

بنابراین با توجه به تعریف چگالی و جدول ۱-۶ می‌توان نوشت

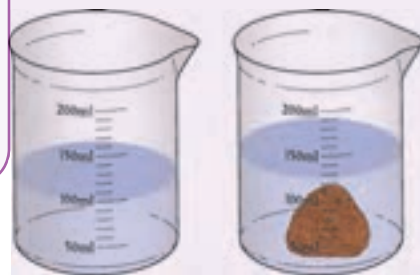
$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho V$$

$$\Rightarrow m = (1000 \text{ kg/m}^3) (10^{-3} \text{ m}^3) = 1 \text{ kg}$$

به عبارت دیگر جرم هر لیتر آب برابر  $1 \text{ kg}$  است.

### تمرین ۱-۷

هنگامی که سنگ کوچکی را درون یک استوانه‌ی مدرج محتوی آب می‌اندازیم حجم آب درون استوانه حدود ۲۵mlit افزایش می‌یابد (شکل ۶-۲). اگر جرم سنگ ۹۰ گرم باشد، چگالی آن چقدر است؟  
(هر میلی‌لیتر برابر  $10^{-6}m^3$  است).



شکل ۶-۲

### فعالیت ۱-۷

روشی برای اندازه‌گیری حجم پارچ شیشه‌ای شکل ۶-۳ پیشنهاد کنید.

### ۶-۲ نیرو و فشار

در فصل سوم با اثر نیرو روی یک جسم (که به صورت ذره فرض می‌شد) آشنا شدیم و به کمک قانون‌های نیوتون رفتار جسم را بررسی کردیم. در این بخش اثر نیرو بر روی یک سطح بررسی خواهد شد. به این منظور شخصی را در نظر بگیرید که با کفش روی برف ایستاده و مقداری در آن فرو رفته است، ولی همان شخص اگر چوب اسکی به پا داشته باشد، کم‌تر در برف فرو می‌رود (شکل ۶-۴). علت چیست؟



شکل ۶-۳



شکل ۶-۴

روشن است که در هر دو حالت وزن شخص تغییری نکرده است بلکه سطح تماس پاهای او با برف تغییر کرده است. در حالتی که شخص چوب اسکی به پا دارد نیرویی که بر سطح زمین وارد می‌کند در سطح بیش‌تری توزیع می‌شود و در نتیجه کم‌تر در برف فرو رفته است. برای بررسی دقیق‌تر این موضوع کمیتی به نام فشار را به صورت زیر تعریف می‌کنیم

$$\text{فشار} = \frac{\text{بزرگی نیروی عمود بر سطح}}{\text{مساحت سطح}}$$

### شبیه‌سازی



● مفهوم فشار و آثار آن

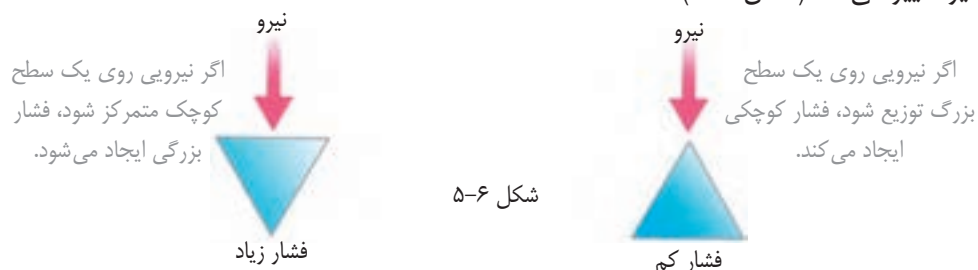
اگر فشار را با  $p$ ، نیرو را با  $F$  و مساحت سطح را با  $A$  نشان دهیم، خواهیم داشت

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

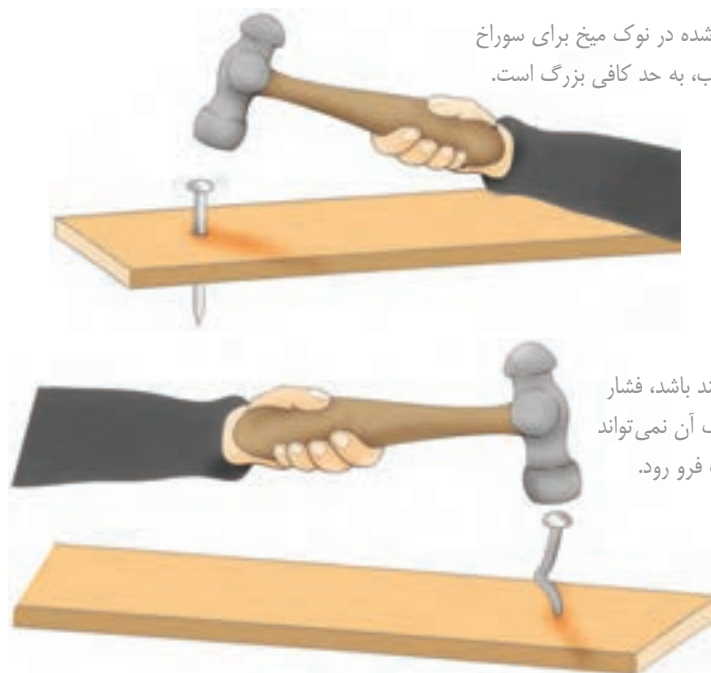
یکای فشار در SI نیوتون بر متر مربع ( $N/m^2$ ) است که پاسکال (Pa) نامیده می‌شود.

از رابطه‌ی  $p=F/A$  نتیجه می‌شود که هرگاه نیروی  $F$  ثابت بماند و سطح  $A$  تغییر کند، فشار  $p$

نیز تغییر می‌کند (شکل ۵-۶).



در شکل ۶-۶ مثال‌های دیگری از تأثیر افزایش یا کاهش فشار دیده می‌شود.



فشار ایجاد شده در نوک میخ برای سوراخ کردن چوب، به حد کافی بزرگ است.

اگر نوک میخ کند باشد، فشار کم‌تر است و نوک آن نمی‌تواند درون چوب فرو رود.

کارد تیز فشار زیادی ایجاد می‌کند، در نتیجه نان به راحتی بریده می‌شود.



اگر تیغه کند باشد، نیرو روی سطح بزرگ‌تری توزیع می‌شود، فشار کم‌تر است و نان به راحتی بریده نمی‌شود.

شکل ۶-۶



بلز پاسکال (۱۶۲۳-۱۶۶۲) ریاضیدان، فیزیکدان و فیلسوف فرانسوی که در نوزده سالگی توانست اولین ماشین حساب مکانیکی را اختراع کند. پاسکال با وجود این که فقط ۳۹ سال زندگی کرد، خدمات زیادی به علم ریاضی و فیزیک نمود. یکای فشار در SI به افتخار او پاسکال (Pa) است.

### مثال ۷-۴

یک قطعه‌ی مکعبی شکل به وزن  $200\text{N}$  را در دو وضعیت مختلف روی سطح زمین قرار می‌دهیم (شکل ۶-۷). فشار وارد شده به سطح را در هر حالت پیدا کنید.

**حل:** نیروی  $200\text{N}$  که در هر دو شکل (الف) و (ب) نشان داده شده است نیروی وزن جسم است که بزرگی آن با بزرگی نیروی عمود بر سطح برابر است (چرا؟). بنابراین در حالت (الف) داریم

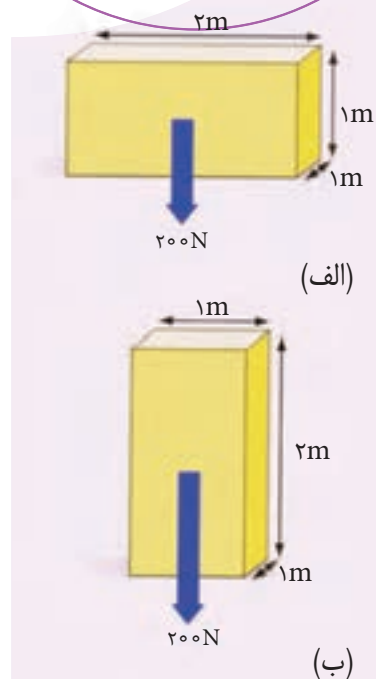
$$F = 200\text{N} \quad , \quad A = 1\text{m} \times 2\text{m} = 2\text{m}^2$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{200\text{N}}{2\text{m}^2} = 100\text{Pa}$$

و در حالت (ب) داریم

$$F = 200\text{N} \quad , \quad A = 1\text{m} \times 1\text{m} = 1\text{m}^2$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{200\text{N}}{1\text{m}^2} = 200\text{Pa}$$



شکل ۶-۷

### مثال ۸-۴

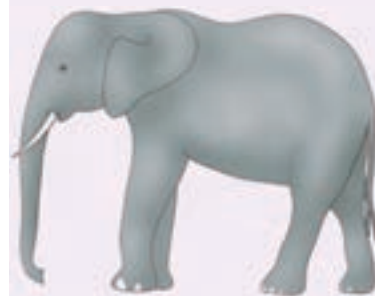
وزن فیل  $20000\text{N}$  و مساحت سطح هر پای آن  $0.25\text{m}^2$  است (شکل ۶-۸). فشاری که از طرف فیل بر سطح زمین وارد می‌شود چقدر است؟

**حل:** چون فیل روی چهار پای خود ایستاده است، داریم

$$A = 4 \times 0.25\text{m}^2 = 1\text{m}^2$$

بنابراین با توجه به تعریف فشار داریم

$$p = \frac{F}{A} = \frac{20000\text{N}}{1\text{m}^2} = 20000\text{Pa}$$



شکل ۶-۸

### تمرین ۴-۲

وزن اسکی بازی  $750\text{N}$  و فشاری که از طرف او بر سطح زمینی وارد می‌شود  $3000\text{Pa}$  است (شکل ۶-۹). مساحت سطح هر چوب اسکی چقدر است؟



شکل ۶-۹



## ۳-۶ فشار در مایع‌ها و گازها

**فشار در مایع‌ها:** هنگامی که دست خود را جلوی آبی که از شیلنگ بیرون می‌ریزد بگیریم، می‌توانیم فشار آب را احساس کنیم (شکل ۶-۱۰). همچنین وقتی قسمتی از دست ما بریده شود خون از محل بریده شده بیرون می‌آید که ناشی از فشار خون است. یا هنگامی که به ناحیه‌ی عمیق یک استخر آب می‌رویم، فشار آب را به خوبی احساس می‌کنیم. در این بخش خواهیم دید فشار یک مایع به چه عواملی بستگی دارد و چگونه می‌توان آن را اندازه گرفت.

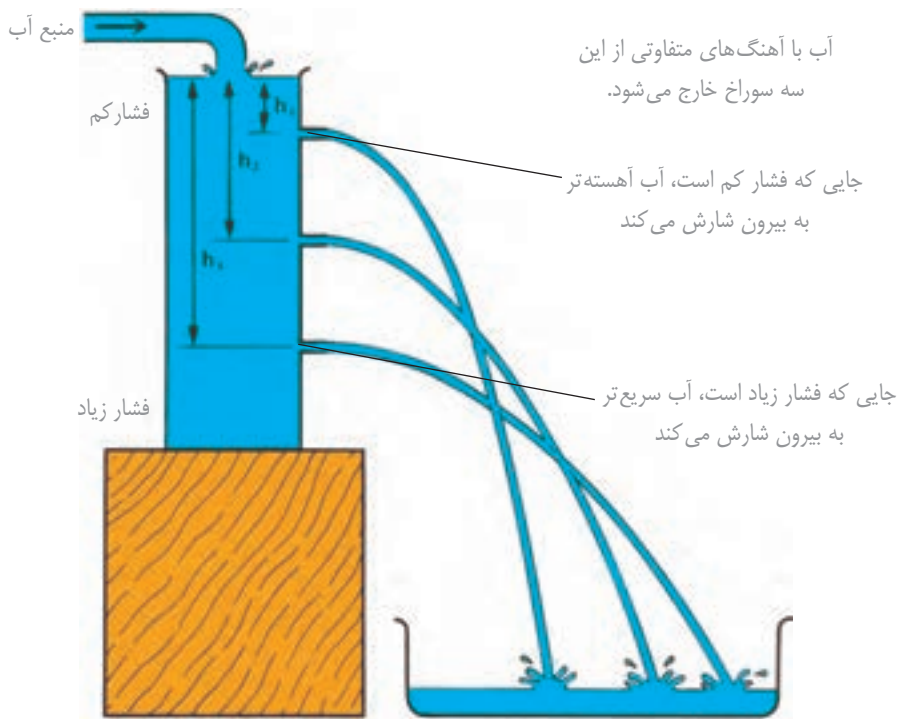
در شکل ۶-۱۱ ستونی از یک مایع به ارتفاع  $h$ ، مساحت قاعده‌ی  $A$ ، و چگالی  $\rho$  نشان داده شده است. نیرویی که به مساحت قاعده‌ی این ستون وارد می‌شود معادل وزن ستون مایع و برابر است با

$$W = mg = \rho Vg = \rho Ahg$$

با توجه به تعریف فشار داریم

$$p = \frac{F}{A} = \frac{W}{A} = \frac{\rho Ahg}{A} = \rho gh$$

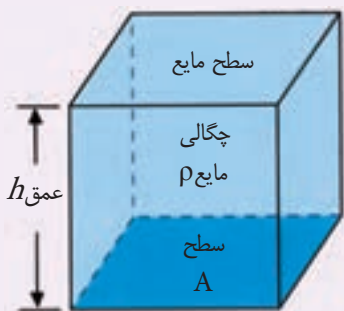
به این ترتیب نتیجه می‌گیریم که فشار ناشی از یک مایع ساکن تنها به عمق از سطح آزاد مایع بستگی دارد و فشار در نقطه‌های هم عمق یکسان است (شکل ۶-۱۲) و هرچه درون مایعی پایین‌تر رویم فشار ناشی از مایع افزایش می‌یابد (شکل ۶-۱۳).



شکل ۶-۱۳ این آزمایش ساده به روشنی نشان می‌دهد که فشار در مایع با بیش‌تر شدن عمق، افزایش می‌یابد.



شکل ۶-۱۰



شکل ۶-۱۱



شکل ۶-۱۲ سوراخ‌های ایجاد شده در این ظرف در عمق یکسانی از سطح مایع قرار دارند و در نتیجه آب با آهنگ یکسانی از آن‌ها خارج می‌شود.

### شبیه‌سازی



● فشار در مایع‌ها

### مثال ۴-۴

ارتفاع سطح آب درون مخزن شکل ۶-۱۴ نسبت به شیر آب ۳m است. فشار ناشی از آب در سر شیر چقدر است؟

**حل:** با توجه به رابطه‌ی فشار در مایع‌ها داریم

$$p = \rho gh = (1000 \text{ kg/m}^3) (9.8 \text{ N/kg}) (3 \text{ m}) = 29400 \text{ Pa}$$

### تمرین ۳-۴

فشار ناشی از آب در کف یک استخر آب به عمق ۴m چقدر است؟

### مطالعه‌ی آزاد

کاربرد فشار ناشی از یک مایع

مایع‌ها می‌توانند برای انتقال نیرو در یک فاصله‌ی مشخص مورد استفاده قرار گیرند. مایع‌ها همچنین می‌توانند بزرگی این نیرو را تغییر دهند. ماشین یا دستگاهی که قادر به انجام چنین کاری باشد، ماشین هیدرولیک یا دستگاه هیدرولیک نامیده می‌شود.

وقتی دسته به پایین فشار داده می‌شود نیرویی به یک استوانه کوچک وارد می‌کند.

نیرو منتقل و اندازه آن زیاد شده است.

افزایش سطح بین دو پیستون، اندازه نیرو را در اینجا افزایش می‌دهد.

فشار ایجاد شده پیستون بزرگ را که پیستون فرعی نامیده می‌شود را به طرف بالا می‌رانند.

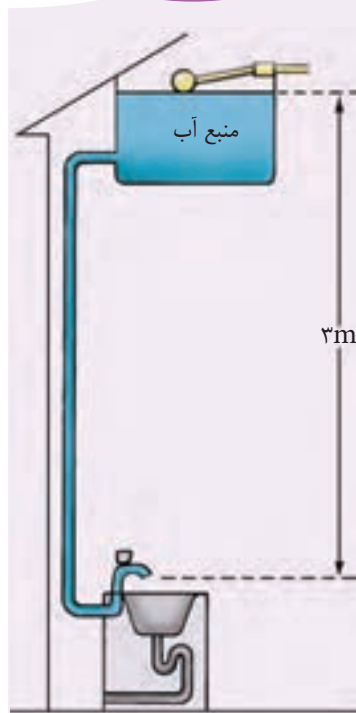
این استوانه پیستون اصلی نامیده می‌شود.

پیستون اصلی سطح مایع را می‌فشارد.

فشاری درون مایع ایجاد می‌شود.

شکل ۶-۱۵

شکل ۶-۱۵ یک بالابر هیدرولیک را نشان می‌دهد که می‌تواند برای بالا بردن جسم‌های خیلی سنگین، مانند اتومبیل‌ها، مورد استفاده قرار گیرد. بالابر اندازه‌ی نیروی اعمال شده را افزایش



شکل ۶-۱۴

### بیش تر بدانید

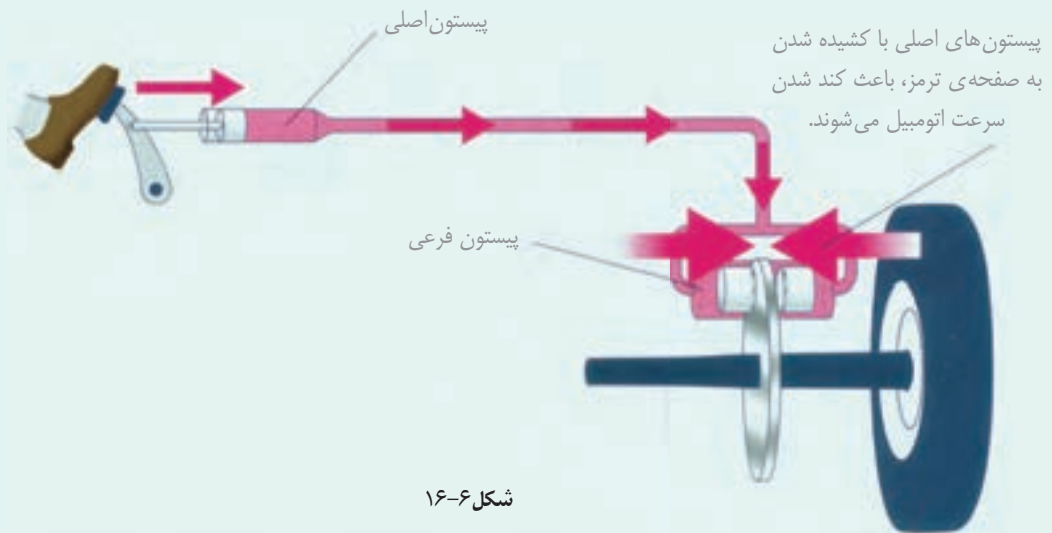
● رفتار مایع در یک ظرف

### شبیه سازی

● رفتار مایع در چند ظرف مرتبط  
● قانون پاسکال

می‌دهد به همین جهت به آن چند برابر کننده‌ی نیرو نیز گفته می‌شود.

شکل ۱۶-۶ یکی دیگر از کاربردهای فشار ناشی از یک مایع را نشان می‌دهد که به آن ترمز هیدرولیک گفته می‌شود.



شکل ۱۶-۶

فشار هوا تمام قسمت‌های بدن ما را همواره احاطه کرده است.

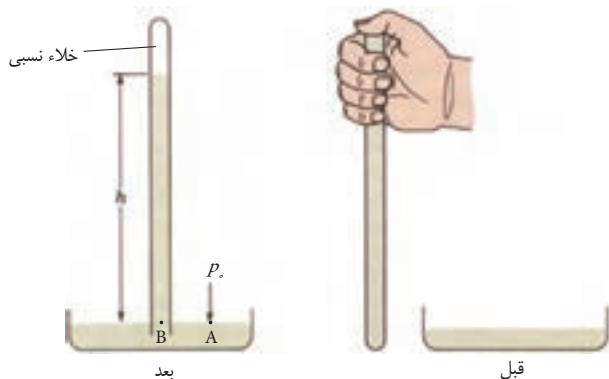


**فشار در گازها:** وقتی بادکنکی را باد می‌کنیم، هوایی که وارد بادکنک می‌شود از همه طرف به پوسته‌ی بادکنک فشار وارد می‌کند. اگر فشار هوای درون بادکنک از حد معینی زیادتر شود، بادکنک می‌ترکد. این آزمایش ساده نشان می‌دهد که گازها، همچون مایع‌ها فشار وارد می‌کنند. رابطه‌ی  $p = \rho gh$  را می‌توان برای گازها نیز به کار برد. یعنی فشار گاز درون یک ظرف را می‌توان با استفاده از این رابطه حساب کرد.

اطراف کره‌ی زمین هوا وجود دارد. هوا بر همه‌ی جسم‌ها فشار وارد می‌کند (شکل ۱۷-۶). یک روش معمول برای اندازه‌گیری فشار هوا، استفاده از جوسنج ساده‌ی جیوه‌ای است.

برای این منظور، یک لوله‌ی شیشه‌ای محکم به طول حدود ۸۰ cm تا ۱۰۰ cm را که یک سر آن بسته است از جیوه پر می‌کنیم به طوری که حباب‌های هوای درون لوله به طور کامل خارج شوند. پس از آن با انگشت، دهانه‌ی لوله را می‌بندیم و آن را واژگون می‌کنیم و به طور قائم درون یک ظرف محتوی جیوه می‌بریم. با برداشتن انگشت، مشاهده می‌کنیم سطح جیوه در لوله پایین می‌آید و در ارتفاع معینی ثابت می‌ماند (شکل ۱۸-۶).

شکل ۱۷-۶



شکل ۶-۱۸

از آنجا که فشار در نقطه‌های هم‌تراز از یک مایع با یکدیگر برابر است، بنابراین فشار دو نقطه‌ی A و B یکسان است. چون فشار در نقطه‌ی A برابر فشار هواست، نتیجه می‌شود که فشار در نقطه‌ی B نیز برابر فشار هواست، یعنی

$$P_A = P_B = P_0$$

که در آن  $P_0$  نشان‌دهنده‌ی فشار هواست.

از سوی دیگر فشار در نقطه‌ی B برابر است با فشار ستون جیوه‌ای که در بالای آن قرار دارد. در نتیجه داریم

$$P_0 = \rho gh$$

که در آن  $\rho$  چگالی جیوه و  $h$  ارتفاع ستون جیوه است. با جای‌گذاری مقادیر مربوطه داریم

$$P_0 = (13600 \text{ kg/m}^3) (9.8 \text{ N/kg}) (0.76 \text{ m})$$

$$= 1.013 \times 10^5 \text{ Pa} \approx 10^5 \text{ Pa}$$

این فشار یک اتمسفر ( $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa}$ ) نامیده می‌شود.

یعنی فشار هوا در سطح دریا تقریباً  $10^5 \text{ Pa}$  یا  $1 \text{ atm}$  است. معمولاً فشار را بر حسب ارتفاع ستون جیوه (میلی‌متر یا سانتی‌متر) بیان می‌کنند. توریچلی برای نخستین بار با انجام آزمایش نشان داد فشار هوا در سطح دریا برابر  $760 \text{ mmHg}$  (بخوانید  $760$  میلی‌متر جیوه) یا  $76 \text{ cmHg}$  است.

### مثال ۴-۷

اختلاف فشار هوا را در پایین و بالای اتاقی به ارتفاع  $3 \text{ m}$  حساب کنید.

**حل:** اگر فشار هوا در سقف اتاق را با  $P_1$  و در کف اتاق را با  $P_2$  نشان دهیم، اختلاف فشار هوا بین پایین و بالای اتاق برابر است با

$$\Delta p = P_2 - P_1 = \rho gh_2 - \rho gh_1 = \rho gh$$

که در آن  $h$  ارتفاع اتاق است. بنابراین

$$\Delta p = (1.3 \text{ kg/m}^3) (10 \text{ N/kg}) (3 \text{ m}) = 39 \text{ Pa}$$

همان‌طور که دیده می‌شود این اختلاف فشار در مقایسه با فشار هوای اتاق، یعنی  $10^5 \text{ Pa}$ ، بسیار ناچیز است. در نتیجه با تقریب بسیار خوبی می‌توان فشار هوا را در تمام نقطه‌های یک اتاق یا ظرفی که محتوی مقداری هوا یا هر نوع گاز دیگری است یکسان در نظر گرفت.



اونجلیستا توریچلی (۱۵۴۱-۱۶۴۶) ریاضیدان و فیزیکدان ایتالیایی در ابتدا منشی گالیه بود. او با آزمایش‌های متعدد به این نتیجه رسید که هوا، برخلاف نظر ارسطو، وزن دارد و همین وزن هواست که آب را داخل تلمبه بالا می‌برد. توریچلی همچنین دستگاهی ساخت که می‌توانست فشار هوا را اندازه بگیرد.

#### فعالیت عملی



- اثرهای فشار هوا

#### شبیه‌سازی



- آزمایش توریچلی

### مثال ۸-۴

فشار کل وارد بر بدن یک غواص در عمق ۲۰ متری دریا چقدر است؟ چگالی آب دریا را  $1150 \text{ kg/m}^3$  بگیرید.

**حل:** وقتی غواص در زیر آب قرار دارد، فشار کل وارد بر بدن او برابر مجموع فشار هوای بیرون (که بر سطح دریا وارد می‌شود) و فشار ستون آب بالای بدن اوست. چون فشار هوای وارد بر سطح دریا توسط مولکول‌های آب به همه‌ی جسم‌های درون آب منتقل می‌شود، داریم

فشار ستون مایع + فشار هوا = فشار کل وارد بر بدن غواص

$$p = p_0 + \rho gh$$

$$= 10^5 \text{ Pa} + (1150 \text{ kg/m}^3) (9.8 \text{ N/kg}) (20 \text{ m})$$

$$= 10^5 \text{ Pa} + 225400 \text{ Pa} = 325400 \text{ Pa}$$

توجه کنید در این مثال هدف پیدا کردن فشار کل در عمق ۲۰ متری دریاست در حالی که در تمرین ۳-۶ باید تنها فشار ناشی از آب را در عمق ۴ متری به دست آوریم. بنابراین هنگام حل مسئله‌هایی به این گونه، دقت داشته باشید آیا باید فشار کل را حساب کنید یا تنها فشار ناشی از مایع را.

### تمرین ۴-۶

در چه عمقی از دریا فشار کل ده برابر فشار هوا در سطح دریاست؟ (چگالی آب دریا را  $1150 \text{ kg/m}^3$  بگیرید.)

### مطالعه‌ی آزاد

فشارسنج بُوردون

شکل ۶-۱۹ نوعی فشارسنج، مرسوم به فشارسنج بُوردون را نشان می‌دهد که معمولاً برای اندازه‌گیری باد لاستیک وسیله‌های نقلیه به کار می‌روند. این فشارسنج شبیه اسباب‌بازی شکل ۶-۱۹ ب کار می‌کند. اگر فشار گاز درون لوله‌ی مسی که خمیده و قابل انعطاف است افزایش یابد، خمیدگی لوله کاهش می‌یابد و لوله بازتر می‌شود. عقربه‌ای که به این لوله متصل است فشار را روی مقیاس کنار آن نشان می‌دهد.

#### بیش تر بدانید



- آشنایی با برخی از اثرهای فشار هوا در زندگی روزمره
- آشنایی با جو زمین

لوله‌ی مسی تو خالی که با افزایش فشار، بازتر می‌شود و خمیدگی آن کاهش می‌یابد.



(الف)



(ب)

## ۴-۶ اصل ارشمیدس و شناوری

از جدول ۱-۶ دیده می‌شود که چگالی فولاد حدود ۸ برابر چگالی آب است، بنابراین انتظار می‌رود که کشتی‌های فولادی سنگین باید در آب فرو روند، در حالی که می‌دانیم این کشتی‌ها روی آب شناور می‌مانند (شکل ۶-۲۰). همچنین بارها دیده‌ایم که بیرون آوردن یک جسم سنگین از داخل آب بسیار آسان‌تر از انجام این کار در بیرون آب است.

ارشمیدس دانشمند یونانی، نخستین کسی بود که پی برد به همهی جسم‌هایی که درون مایع قرار می‌گیرند، از طرف مایع یک نیروی بالا بر (نیروی بوی) که می‌خواهد جسم را رو به بالا حرکت دهد) بر آن‌ها وارد می‌شود و همین نیرو سبب می‌شود که وزن جسم ظاهراً کاسته شود.

**اصل ارشمیدس:** شکل ۶-۲۱ الف یک قطعه فلزی آویزان شده به یک ترازوی فلزی (نیروسنج) را نشان می‌دهد که وزن آن در هوا  $10\text{N}$  است. وقتی این قطعه مطابق شکل ۶-۲۱ ب به طور کامل درون آب قرار گیرد، نیروسنج عدد  $6\text{N}$  را نشان می‌دهد. در واقع وزن قطعه  $4\text{N}$  ( $10-6$ ) کاهش یافته است که ناشی از نیروی بالا بری است که از طرف آب به قطعه وارد شده است.

اگر ظرفی لوله‌دار مطابق شکل ۶-۲۱ پ تهیه کنیم به طوری که تا سطح لوله دارای آب باشد، با فرو کردن قطعه درون آن، آب اضافی از طریق لوله به ظرف دیگری می‌ریزد. وزن آب خارج شده  $4\text{N}$  است که دقیقاً برابر نیرو بالا سویی است که از طرف آب به قطعه وارد می‌شود. انجام این آزمایش با مایع‌های دیگر و حتی گازها به همین نتیجه‌ی کلی می‌انجامد که به آن اصل ارشمیدس گفته می‌شود.



ارشمیدس (۲۱۲ ق.م. ۲۷۸ ق.م.) یکی از بزرگترین دانشمندان ریاضی و مکانیک یونانی.



شکل ۶-۲۰

### فعالیت عملی



● اصل ارشمیدس

### آزمایشگاه مجازی

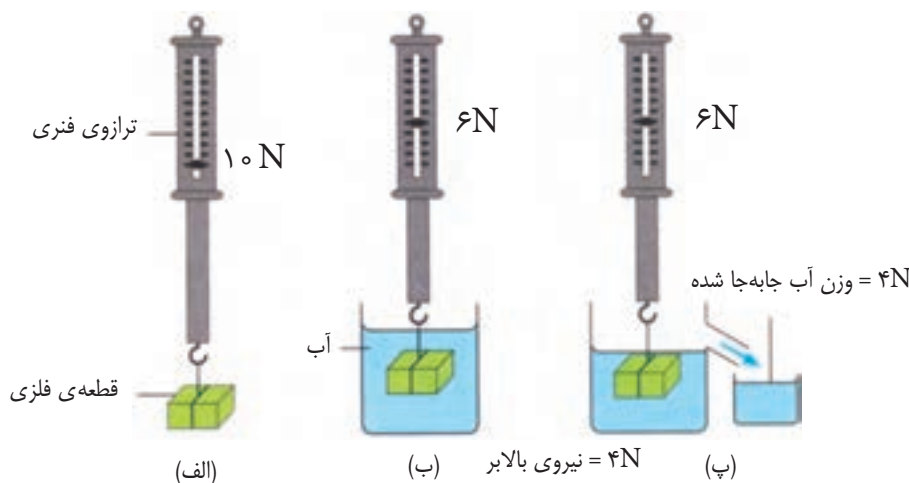


● شناوری

### تشبیه‌سازی



● اصل ارشمیدس



شکل ۶-۲۱

**شناوری:** وقتی سنگی درون آب رها شود به پایین می‌رود و هرگاه توپ یا چوب‌پنبه‌ای درون آب رها شود به بالامی‌آید و این تجربه‌ای آشنا برای همه‌ی ماست. دلیل این تجربه‌ی ساده روشن است؛ وزن سنگ بیش‌تر از نیروی بالابر و وزن چوب‌پنبه کم‌تر از نیروی بالابر است (شکل ۶-۲۲). وقتی بزرگی نیروی وزن و نیروی بالابر که به یک جسم، مثلاً یک کشتی، وارد می‌شوند برابر باشند، جسم به صورت شناور روی آب می‌ماند. در این حالت کشتی نه از آب بالا می‌آید و نه در آب فرو می‌رود (شکل ۶-۲۳). بدنه‌ی تو خالی فولادی کشتی تا آنجا در آب فرو می‌رود که وزن آب جابه‌جا شده با وزن کشتی برابر شود، در این حالت نیروی بالابر با وزن کشتی برابر می‌شود و کشتی شناور می‌ماند. بنابراین برای یک جسم شناور در یک مایع اصل شناوری به صورت زیر بیان می‌شود:

جسم شناور مقداری از مایع را که وزن آن با وزن جسم برابر است جابه‌جا می‌کند.

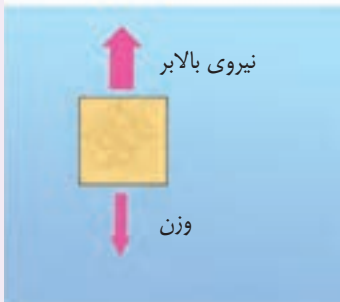
بیش‌تر بدانید



- چگالی سنج
- شناورسازی
- کوه‌های یخ شناور
- نیروی شناوری هوا



(الف) نیروی وزن < نیروی بالابر



(ب) نیروی وزن > نیروی بالابر

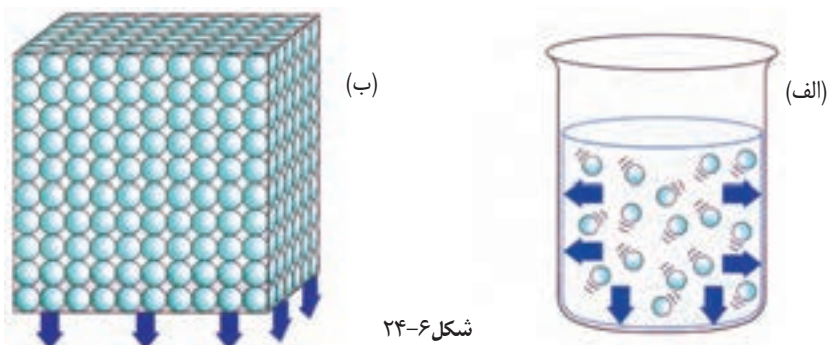
شکل ۶-۲۲



شکل ۶-۲۳ نیروی بالابر دقیقاً برابر وزن کشتی است و کشتی به صورت شناور روی آب باقی می‌ماند.

## پرسش‌های مفهومی

۱- در شکل ۲۴-۶ فشار در جامدها و مایع‌ها با یکدیگر مقایسه شده است برداشت خود را از این دو شکل بیان کنید.



شکل ۲۴-۶

۲- با وجود آن که مرتاض روی تعداد زیادی میخ نوک‌تیز خوابیده است ولی میخ‌ها به پوست او نفوذ نمی‌کنند (شکل ۲۵-۶). به کمک مفهوم فشار دلیل این موضوع را توضیح دهید.



شکل ۲۵-۶

۳- دانش‌آموزی سه نوع کفش ورزشی نشان داده شده در شکل ۲۶-۶ را بررسی می‌کند. الف) توضیح دهید چگونه او می‌تواند سطح تماس میان هر کفش را با زمین اندازه‌گیری کند.

ب) چرا نباید از کفش (پ) برای ورزش ژیمناستیک استفاده کرد؟

۴- برای تحمل وزن یک خانه، دیوارهای آن را روی پایه‌های بتونی قرار می‌دهند. در شکل ۲۷-۶ دو نوع پایه‌ی مختلف که معماران در این مورد به کار می‌برند دیده می‌شود.

الف) رابطه‌ی میان سطح تماس، نیرو و فشار را بنویسید.

ب) برای ساختن خانه روی زمین بسیار نرم کدام یک از پایه‌های یاد شده مناسب‌تر است؟ علت انتخاب خود را توضیح دهید.



(الف)



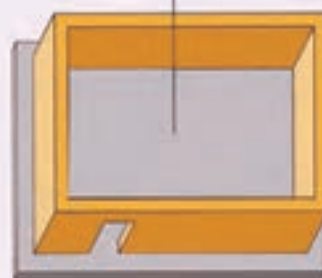
(ب)



(پ)

شکل ۲۶-۶

هیچ فاصله‌ای میان پایه‌های بتونی وجود ندارد.



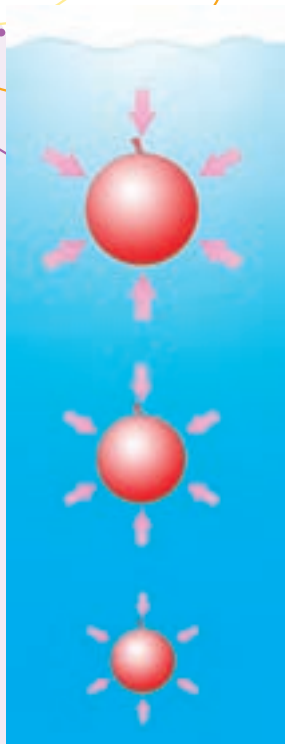
پایه‌ی یکپارچه



پایه‌ی نواری

شکل ۲۷-۶

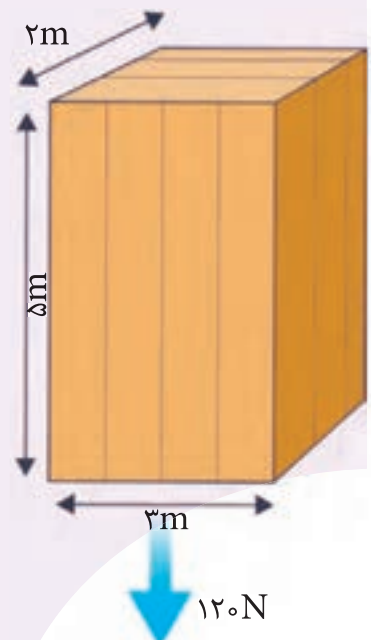




شکل ۲۸-۶



شکل ۲۹-۶

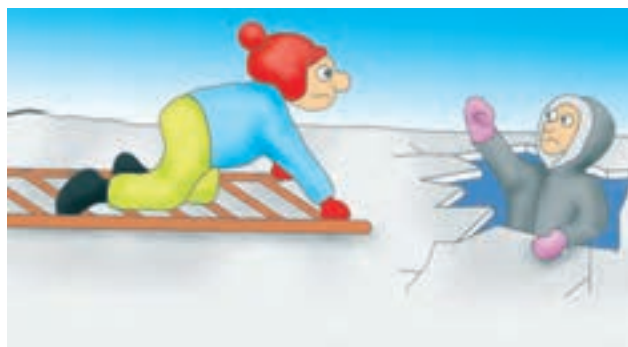


شکل ۳۱-۶

۵- شکل ۲۸-۶ تغییر حجم یک بادکنک را در عمق‌های مختلف یک استخر پر از آب نشان می‌دهد. برداشت خود را با توجه به مفاهیمی که تاکنون درباره‌ی فشار در مایع‌ها یاد گرفته‌اید توضیح دهید.

۶- اغلب مردم با کمی تمرین می‌توانند روی آب به حالت شناور بمانند (شکل ۲۹-۶). دلیل این موضوع را به کمک مفهوم‌های چگالی (مقایسه چگالی آب با چگالی بدن) و همچنین شناوری توضیح دهید.

۷- یکی از توصیه‌هایی که باید جدی بگیریم این است که: «هرگز روی یک استخر یا دریاچه‌ی یخ زده راه نرویم. زیرا فشاری که وزن ما ایجاد می‌کند ممکن است برای شکستن یخ کافی باشد.» توضیح دهید چرا امدادگر شکل ۳۰-۶ از یک نردبان بزرگ برای حرکت روی سطح یک دریاچه‌ی یخ‌زده استفاده کرده است.



شکل ۳۰-۶

### مسئله‌ها

۱- چگالی یک قطعه‌ی فلزی به جرم ۹۶ گرم و به حجم  $12\text{cm}^3$  را بر حسب یکاهای  $\text{g/cm}^3$  و  $\text{kg/m}^3$  به دست آورید.

۲- ستاره‌های کوتوله‌ی سفید بسیار بسیار چگال هستند و چگالی آن‌ها حدود  $10^4\text{kg/m}^3$  است. اگر شما یک قوطی کبریت از ماده‌ی کوتوله‌ی سفید داشته باشید، جرم آن چقدر خواهد شد؟ ابعاد یک قوطی کبریت  $1/0\text{cm} \times 3/5\text{cm} \times 5/0\text{cm}$  است.

۳- صندوق شکل ۳۱-۶ را روی کدام وجه آن باید روی زمین قرار دهیم تا الف) کم‌ترین فشار را به وجود بیاورد؟ مقدار این فشار را حساب کنید.

ب) بزرگ‌ترین فشار را به وجود بیاورد؟ مقدار این فشار را حساب کنید.

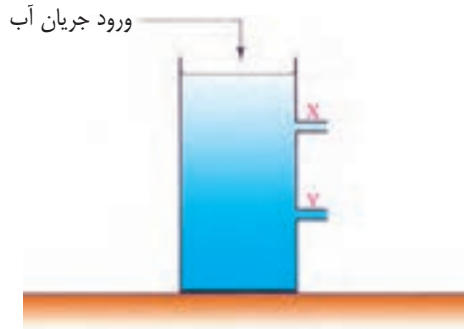
۴- در شکل ۳۲-۶ یک استوانه‌ی پراز آب دیده می‌شود.

الف) مسیر خروج آب از لوله‌های خروجی  $x$  و  $y$  را رسم کنید.

ب) این آزمایش چه نکته‌ای را در مورد فشار مایع‌ها نشان می‌دهد؟

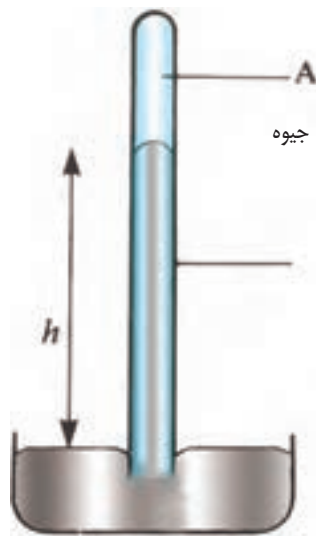
پ) اگر به جای آب مایعی با چگالی کمتر به کار ببریم تفاوت‌ها را توضیح دهید.

ت) اگر فاصله‌ی لوله‌ی  $y$  از سطح آب درون استوانه  $120\text{ cm}$  باشد، فشار آب هنگام خروج از این لوله چقدر است؟ ( $g = 10\text{ N/kg}$ )  
 ث) اگر سطح دهانه‌ی لوله‌ی  $y$  برابر  $10^{-4}\text{ m}^2$  باشد و شخصی با قرار دادن انگشت خود بر این دهانه، جلو خروج آب را بگیرد، چه نیرویی بر انگشت او وارد می‌شود؟



شکل ۳۳-۶

۵- شکل ۳۳-۶ یک جوسنج ساده‌ی جیوه‌ای را نشان می‌دهد.  
 الف) در قسمت A چه چیزی وجود دارد؟  
 ب) اگر ارتفاع  $h$  برابر  $70\text{ cm}$  باشد، فشار هوا در محل این جوسنج چقدر است؟ ( $g = 10\text{ N/kg}$  و  $\rho = 13600\text{ kg/m}^3$  جیوه)



شکل ۳۳-۶