

Mahmood Arash

شهرستان گرگان

# فشار و آتار آن

## فصل ۸



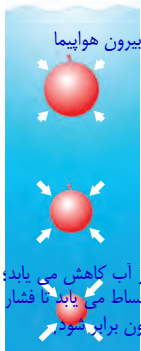
آب جمع شده در پشت سد، فشار زیادی به آن وارد می‌کند. آیا می‌دانید چرا هرچه از تاج سد به پایه آن نزدیک می‌شویم، ضخامت دیواره آن افزایش می‌یابد؟ با انجام دادن آزمایش کنید صفحه ۵۷، درک بهتری برای پاسخ به این پرسش پیدا خواهید کرد.

هوایی که تنفس می‌کنیم، آبی که از دوش حمام فرو می‌ریزد و از آن برای استحمام استفاده می‌کنیم، کفشی که می‌پوشیم، تشکی که روی آن استراحت می‌کنیم همگی به نوعی با مفهوم فشار ارتباط دارند. در این فصل پس از آشنایی با تعریف فشار، شناخت بهتری از پدیده‌هایی از این دست، به دست می‌آورید.

## فشار در زندگی روزمره

چرا وقتی با کفش‌های معمولی روی برف راه می‌روید، کفش‌هایتان در آن فرو می‌روند، اما اگر چوب اسکی (برف‌سُر) به پا داشته باشید، کمتر در برف، فرو می‌روید (شکل ۱-الف)؟ چرا ابعاد پنجره هواپیما کوچک‌تر از پنجره اتوبوس است (شکل ۱-ب)؟ چرا اندازه بادکنک پراز هوا، وقتی از ته استخر آب به بالا می‌آید بزرگ‌تر می‌شود (شکل ۱-پ)؟ چرا در ته کفش بازیکنان فوتبال، تعدادی گل میخ وجود دارد (شکل ۱-ت)؟ چرا پونز با کمی تلاش درون چوب یا دیوار فرو می‌رود (شکل ۱-ج)؟

در این فصل می‌کشیم تا با معرفی مفهوم فشار<sup>۱</sup>، به شما کمک کنیم تا شناخت بهتری برای بیان دلیل برخی از پدیده‌هایی به دست آورید که در زندگی روزمره با آنها مواجه می‌شوید.



برای کاهش اختلاف نیرو وارد بر پنجره هواپیما به علت کاهش فشار در بیرون هواپیما در هنگام اوج و پرواز سطح شیشه پنجره را کاهش می‌دهند.



با کاهش عمق آب، فشار ناشی از آب کاهش می‌یابد؛ در نتیجه هوای درون بادکنک انبساط می‌یابد تا فشار هوای درون بادکنک با فشار بیرون برابر شود.

(ب)

(ب)



با افزایش سطح تماس، فشار کاهش می‌یابد و شخصی که چوب اسکی به پا دارد، کمتر در برف فرو می‌رود.

(الف)

نیروی که مهره به واشر وارد می‌کند روی سطح بزرگ تری توزیع می‌شود. در نتیجه فشار کمتری به چوب وارد شده و احتمال آسیب دیدن چوب کاهش می‌یابد.

با کاهش سطح، فشار بیشتری در محل تماس نوک پونز با چوب وارد می‌شود، در نتیجه نوک پونز وارد چوب می‌شود.

(ج)

(ت)

استفاده از کفش‌های مخ‌دار، سبب می‌شود وزن بازیکن روی سطح کوچک تری توزیع شود. در نتیجه فشار افزایش می‌یابد و میخ‌های کف کفش با فشردن بیش از حد معمول چمن، حالت دویدن را برای بازیکن ساده‌تر می‌کند.

(ت)

شکل ۱

## نیرو و فشار

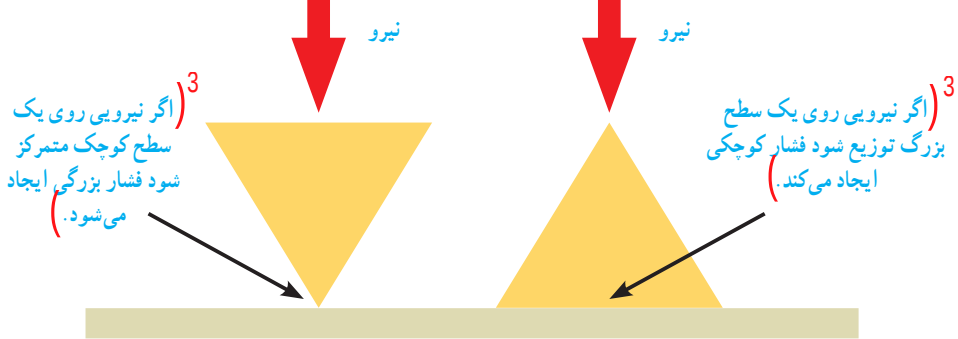
هرچند در گفت‌وگوهای روزمره، واژه‌های نیرو و فشار را در موارد زیادی به جای یکدیگر به کار می‌بریم ولی در علوم هر کدام از آنها، تعریف معینی دارند. در علوم<sup>۱</sup> فشار را به صورت اندازه نیرو تقسیم بر سطحی که به آن نیرو وارد می‌شود تعریف می‌کنند. یعنی:

$$P = \frac{F}{A} \quad \text{یا} \quad \text{فشار} = \frac{\text{نیرو}}{\text{سطح}} \quad (۱)$$

2- یکای فشار چیست؟

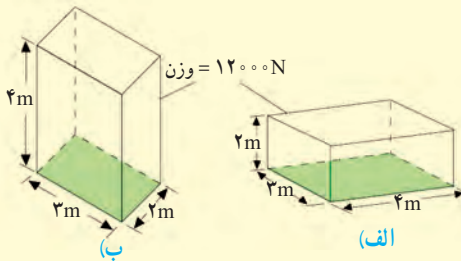
2) یکای فشار پاسکال (Pa) است به طوری که هر پاسکال، هم‌ارز با یک نیوتون بر متر مربع ( $1\text{N/m}^2$ ) است. رابطه (۱) نشان می‌دهد هرگاه نیروی معینی را به دو سطح متفاوت وارد کنیم، فشار نیز متفاوت خواهد بود (شکل ۲).

3- هرگاه نیروی معینی را به دو سطح متفاوت وارد کنیم، فشار چگونه خواهد بود؟



شکل ۲

مثال:



قطعه‌ای به وزن  $12000$  نیوتون را مطابق شکل‌های الف و ب از دو وجه آن، روی سطح افقی صافی قرار داده‌ایم. فشار وارد شده از طرف قطعه به سطح را در هر یک از دو حالت، به طور جداگانه حساب کنید.

حل: سطح تماس قطعه با سطح زمین در حالت (الف) برابر است با:

$$\text{سطح} = 3\text{m} \times 4\text{m} = 12\text{m}^2$$

نیرویی که قطعه بر سطح زمین وارد می‌کند، برابر وزن قطعه است. بنابراین با توجه به تعریف فشار داریم:

$$\text{فشار} = \frac{\text{نیرو}}{\text{سطح}} = \frac{12000\text{N}}{12\text{m}^2} = 1000\text{Pa}$$

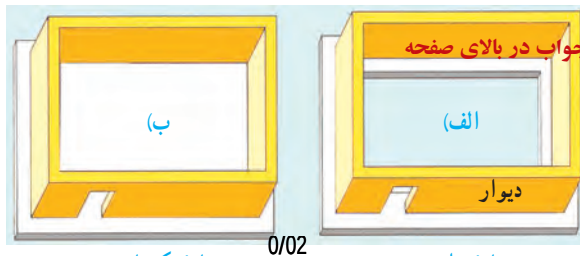
به طور مشابه در حالت (ب) داریم:

$$\text{فشار} = \frac{\text{نیرو}}{\text{سطح}} = \frac{12000\text{N}}{6\text{m}^2} = 2000\text{Pa}$$

همان‌طور که انتظار داشتیم با کاهش سطح، فشار افزایش یافته است.

**جواب الف)** در وضعیتی که پایه نواری برای ساختمان استفاده شده باشد، داریم:  $P_1 = \frac{F}{A_1}$   
 در صورتی که از پایه یکپارچه استفاده شده باشد، داریم:  $P_2 = \frac{F}{A_2}$  که در آن  $F$ ، همان نیروی وزن ساختمان است ( $F = W$ )  
 و در هر دو حالت یکسان است. با توجه به فرض مسئله داریم  $A_2 = 2A_1$  به این ترتیب می توان نوشت:  
 $P_2 = \frac{F}{2A_1} = \frac{1}{2} \left( \frac{F}{A_1} \right) = \frac{1}{2} P_1$   
 برای تحمل وزن یک ساختمان، دیوارهای آن را روی پایه های بتونی، می سازند. در شکل زیر، دو نوع پایه متفاوت که معماران در این مورد به کار می برند، نشان داده شده است.

الف) اگر سطح کل پایه نواری، نصف سطح پایه یک پارچه باشد، در این صورت فشاری را که از طرف دیوارهای ساختمان به هریک از دو



پایه وارد می شود باهم مقایسه کنید. برای ساختن ساختمان روی زمین نرم، کدامیک از پایه های نشان داده شده، مناسب تر است؟ علت انتخاب خود را توضیح دهید.

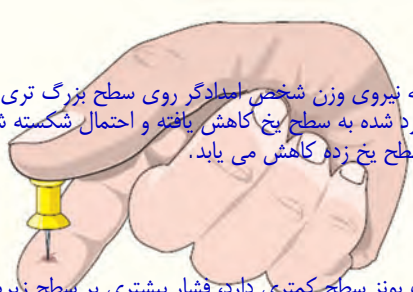
همان طور که دیده شد، به علت افزایش مساحت فشار در وضعیتی که از پایه یکپارچه استفاده می شود، کاهش می یابد. بنابراین برای ساختن ساختمان روی زمین های نرم، پایه یکپارچه پیشنهاد می شود.

## فکر کنید



۱- یکی از توصیه هایی که همواره باید جدی بگیریم، این است که روی سطح یک استخر یخ زده یا دریاچه یخ زده راه نرویم زیرا فشاری که وزن ما ایجاد می کند، ممکن است برای شکستن یخ کافی باشد. با توجه به تعریف فشار توضیح دهید چرا امدادگر از یک نردبان بزرگ برای حرکت روی سطح یک دریاچه یخ زده، استفاده کرده است.

استفاده از نردبان سبب می شود که نیروی وزن شخص امدادگر روی سطح بزرگ تری توزیع شود و در نتیجه فشار وارد شده به سطح یخ کاهش یافته و احتمال شکسته شدن سطح یخ زده کاهش می یابد.



۲- چرا گرفتن پونز بین دو انگشت و فشردن آن می تواند سبب آسیب رساندن به یکی از انگشت ها شود (شکل رویه رو)؟

نیروی وارد برای هر دو طرف پونز یکسان است اما چون نوک پونز سطح کمتری دارد، فشار بیشتری بر سطح زیرین خود که یکی از انگشتان است وارد می کند.

## فعالیت

ابتدا جرم خود را به کمک ترازو اندازه بگیرید و وزن خود را حساب کنید. سپس سطح تماس

کفشی که پوشیده اید را با زمین اندازه بگیرید. سرانجام به کمک رابطه (۱):  $P = \frac{F}{A} = \frac{600}{2 \times 0.02} = 15000 \text{ Pa}$  (الف) فشاری که پاهای شما به زمین وارد می کنند را به دست آورید.

(ب) اگر روی یک پای خود بایستید چه فشاری به زمین وارد می کنید؟  $P = \frac{F}{A} = \frac{600}{0.02} = 30000 \text{ Pa}$

**\*\* فرض کنید جرم شما 60 کیلوگرم باشد. بنابراین وزن شما برابر است با:**  $W = m \times g = 60 \times 10 = 600 \text{ N}$

برای محاسبه سطح تماس کفش خود با زمین، کف کفش خود را روی کاغذ شطرنجی قرار داده و دور آن را با یک مداد خط بکشید. با شمارش تعداد مربع های داخل خط بسته (رد پای شما) مساحت کف کفش به سانتی متر مربع به دست می آید. عدد به دست آمده را به 10000 تقسیم کنید تا مساحت به متر مربع به دست آید. نتیجه را در 2 ضرب کنید تا مساحت دو کفش به دست آید.

## آیا می دانید



بلز پاسکال (۱۶۶۲-۱۶۴۳) ریاضیدان، فیزیکدان و فیلسوف فرانسوی، هنوز سه سال بیشتر نداشت که مادرش را از دست داد و تحت آموزش پدرش قرار گرفت. در ۱۹ سالگی کار روی ساخت اولین ماشین حساب مکانیکی را شروع کرد و تا سه سال پس از آن ۲۰ نمونه کامل شده از این ماشین حساب ها را ساخت. پاسکال با وجود اینکه فقط ۳۹ سال زندگی کرد، خدمات زیادی به پیشرفت ریاضی و علوم نمود. یکای فشار به افتخار او، پاسکال (Pa) انتخاب شده است.



شکل ۳

### 4- دو مثال از تاثیر فشار مایعات بنویسید؟

### فشار در مایع ها

وقتی یکی از انگشتان خود را جلوی آبی که از شیلنگ بیرون می آید بگیرید، فشار آب را احساس می کنید (شکل ۳). همچنین وقتی به قسمت عمیق استخری بروید فشار آب را روی بدن و به خصوص پرده گوش خود احساس می کنید. برای آشنایی با برخی از عوامل مؤثر در فشار مایع ها، ابتدا آزمایش زیر را انجام دهید.

## آزمایش کنید

### هدف: بررسی فشار در مایع ها

**وسایل و مواد لازم:** بطری آب (۱/۵ و ۲ لیتری)، پایه (مثلاً یک یا دو قطعه آجر)، یک ظرف نسبتاً بزرگ، نوار چسب کاغذی

### روش اجرا:

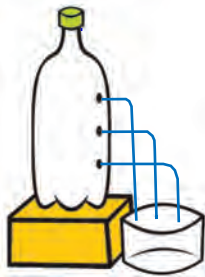
۱- مطابق شکل سه سوراخ کوچک در بطری ۱/۵ لیتری ایجاد کنید و سوراخ ها را با نوار چسب کاغذی بپوشانید.

۲- بطری را از آب پر کنید و ظرف خالی را زیر آن قرار دهید.

۳- مسیری را که پیش بینی می کنید فوران های آب از سوراخ های ایجاد شده روی بطری طی می کنند روی



در نقاط پایین تر داخل بطری فشار بیشتری وجود دارد، زیرا هر چه عمق یک نقطه بیشتر باشد، ارتفاع بیشتری از مایع روی آن قرار دارد و بنابراین نیروی وزن مایع بیشتر می شود؛ در نتیجه آب با فشار بیشتری از سوراخ خارج می شود.



(ب)



(ب)

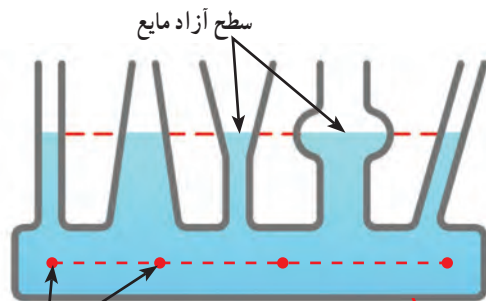
شکل (ب) رسم و استدلال خود را بیان کنید.

۴- در پوش بطری را باز کنید و نوارچسب کاغذی را به آرامی از آن جدا کنید. نتیجه مشاهده خود را با آنچه روی شکل (ب) رسم کردید مقایسه کنید. آزمایش هم شبیه این شکل خواهد بود.

۵- مطابق شکل (پ) آزمایش را با دو بطری ۱/۵ و ۲ لیتری انجام دهید. توجه کنید که سوراخ‌ها را به طور مشابه و در ارتفاع یکسان روی هر دو بطری ایجاد کنید. همچنین سطح آب در هر دو بطری مساوی باشد.

۶- با توجه به نتایج آزمایش‌های شکل (الف) و (ب) توضیح دهید فشار درون مایع چگونه با افزایش عمق تغییر می کند. فشار در مایع‌ها به عمق از سطح آزاد مایع بستگی دارد؛ با افزایش عمق، فشار ناشی از مایع نیز افزایش می یابد.

۵- فشار مایع در یک عمق مشخص از سطح مایع چگونه است؟



شکل ۴- هر چند لوله‌ها شکل و حجم متفاوتی دارند ولی فشار مایع در نقاط هم تراز یکسان است.

سطح آزاد مایع: همان‌طور که با انجام آزمایش کنید بالا دیدید (۵) فشار مایع در یک عمق مشخص از سطح مایع، بدون توجه به اندازه بطری‌ها، یکسان است. برای بررسی بیشتر این موضوع، ظرف‌های مرتبط شکل ۴ را ببینید. (۶) اگر مایعی درون یکی از آنها بریزید، مایع در ظرف‌های مختلف جریان می‌یابد تا اینکه سطح آزاد مایع در تمامی ظروف یکسان شود.

سطح هم تراز با سطح آزاد دریاچه، آب به طور طبیعی و بدون استفاده از پمپ تا این طبقه می رسد ولی هیچ فشاری برای خروج از لوله ندارد.



فشار آب در طبقات پایین برج به طور طبیعی مناسب است و به پمپ نیاز ندارند.

### فکر کنید

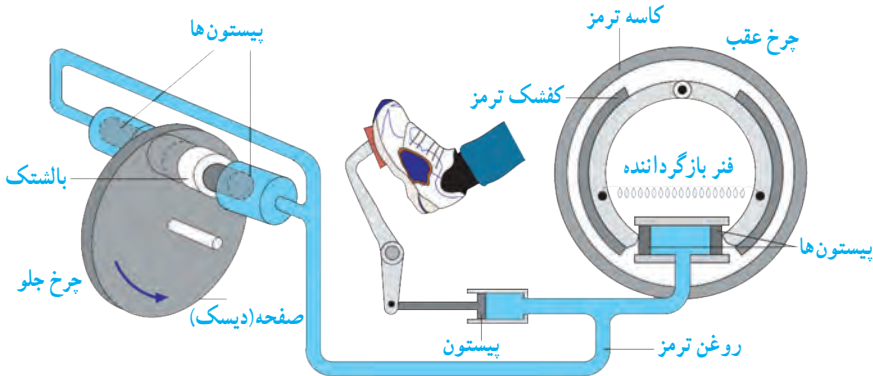
شکل روبه‌رو طرحی از سامانه آب‌رسانی یک منطقه مسکونی را نشان می‌دهد. با توجه به آنچه تاکنون در این فصل فراگرفته‌اید، نقش تلمبه (پمپ) را در ساختمان چندین طبقه توضیح دهید.

۶- اگر مایعی درون یکی از ظرف‌های، ظروف مرتبط بریزید، چه اتفاقی می افتد؟

## 7- اصل پاسکال چیست؟

**اصل پاسکال:** یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها درباره فشار مایع‌ها این است که اگر بر بخشی از مایع که درون ظرفی محصور است فشار وارد کنیم این فشار، بدون ضعیف شدن به بخش‌های دیگر مایع و دیواره‌های ظرف منتقل می‌شود. این ویژگی مایع‌ها، **اصل پاسکال** نامیده می‌شود. شکل ۵ اجزای تشکیل دهنده ترمز هیدرولیکی خودرو را نشان می‌دهد که بر مبنای اصل پاسکال کار می‌کند. وقتی راننده پدال ترمز را فشار می‌دهد، این فشار توسط روغن ترمز به پیستون‌ها، کفشک‌ها و بالشک‌ها منتقل می‌شود. کفشک‌ها به کاسه ترمز عقب و بالشک‌ها به صفحه‌ای که به چرخ جلو متصل است نیرو وارد کرده و سرانجام سرعت خودرو کاهش می‌یابد.

8- کاربرد اصل پاسکال در ترمزهای هیدرولیکی را توضیح دهید؟

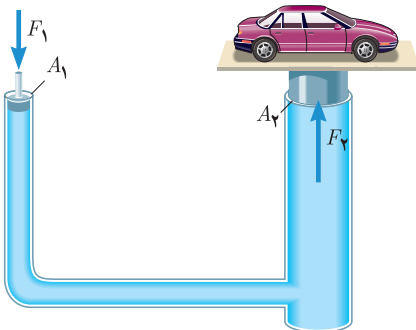


شکل ۵- کاربرد اصل پاسکال در ترمزهای هیدرولیکی

2- بالابر هیدرولیکی

9- دو کاربرد اصل پاسکال را بنویسید؟ 1- ترمز هیدرولیکی خودروها

## فکر کنید



شکل ۶ طرحی ساده از یک بالابر هیدرولیکی را نشان می‌دهد که معمولاً در تعمیرگاه‌های خودرو از آن استفاده می‌کنند. این بالابرها براساس اصل پاسکال کار می‌کنند و رابطه زیر در محل پیستون‌های آن برقرار است:

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

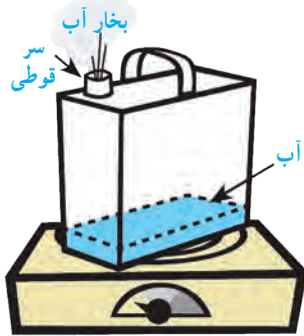
شکل ۶- طرح ساده شده‌ای از یک بالابر هیدرولیکی

10- یک مثال بنویسید که نشان دهد گازها نیز مانند مایع ها فشار وارد می کنند؟

## فشار در گازها

برای شما نیز ممکن است بارها اتفاق افتاده باشد که <sup>10</sup>هرگاه بیش از حد مجاز، هوا را به درون بادکنکی دمیده باشید بادکنک ترکیده باشد. این تجربه ساده نشان می دهد که گازها نیز مانند مایع ها فشار وارد می کنند.

## آزمایش کنید



هدف: بررسی آثار فشار هوا (۱)

وسایل و مواد لازم: قوطی حلبی، منبع گرما

روش اجرا:

۱- کمی آب درون قوطی بریزید و آن را روی منبع گرما قرار دهید.

۲- مدتی (حدود ۲ الی ۳ دقیقه) صبر کنید تا مقداری بخار آب از سر قوطی خارج شود.

۳- با احتیاط قوطی را از روی منبع گرما بردارید. سر قوطی را با درب محکم ببندید (مراقب انگشت های خود باشید!).

۴- پیش بینی کنید پس از سرد شدن قوطی، چه اتفاقی می افتد. استدلال خود را برای این پیش بینی هنگامی که قوطی بر روی شعله قرار داده می شود، آب درون آن شروع به جوشیدن می کند و هوای درون بیان کنید آن توسط فشار بخار آب به سمت خارج حرکت می کند بنابراین هوای درون قوطی با بخار جایگزین می شود؛

۵- چند دقیقه صبر کنید تا قوطی خنک شود. مشاهده خود را بیان کنید. توضیح دهید که آیا نتیجه آزمایش با پیش بینی شما سازگار است. و در نتیجه قوطی پر از بخار آب می شود. هنگامی که در قوطی را می بندیم، پس از سرد شدن قوطی، بخار سرد می شود و دوباره تبدیل به قطره های آب می شود و در نتیجه فشار درون قوطی بسیار کاهش می یابد. این اختلاف فشار درون بطری و خارج بطری باعث می شود که دیواره های قوطی به سمت داخل فشرده شوند و قوطی مچاله شود.

## فعالیت



(ب)



(الف)

یک نی را مطابق شکل (الف) داخل یک بطری محتوی آب قرار دهید. درحالی که یک طرف نی درون بطری قرار دارد مطابق شکل (ب) دهانه بطری را با لب های خود به طور کامل بگیرید و درون بطری بدمید. آنچه را مشاهده می کنید، با توجه به آثار فشار هوا و همچنین اصل پاسکال توضیح دهید.

وقتی دهانه بطری را با لب های خود می بندیم و در آن می دمیم فشار هوای بالای بطری افزایش می یابد. بنابر اصل پاسکال، این افزایش فشار به هر اندازه ای که باشد، عینا به تمام قسمت های مایع و همچنین بطری منتقل می شود؛ در نتیجه آب از نی خارج می شود.

## 11- فشار هوا در مناطق کوهستانی بیشتر است یا در مناطق ساحلی؟ چرا؟

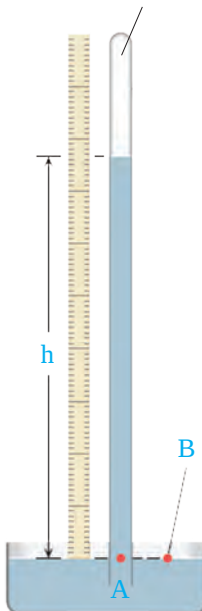
اطراف کره زمین و تا ارتفاع صدها کیلومتر بالاتر از سطح زمین، هوا وجود دارد. شکل ۷ یک ستون فرضی از مولکول‌های هوا را نشان می‌دهد.<sup>11</sup> هرچه از سطح زمین بالاتر رویم فشار هوا کمتر می‌شود. به همین دلیل فشار هوا در مناطق کوهستانی کمتر از فشار هوا در مناطق ساحلی است (فشار هوا در زندگی روزمره ما اثرهای فراوانی دارد)<sup>12</sup> برای مثال وقتی می‌خواهید آبمیوه درون یک قوطی را به کمک نی بنوشید از آثار فشار هوا استفاده می‌کنید.)

## 12- یک مثال از استفاده از فشار هوا را بنویسید؟



## آیا می‌دانید

این قسمت تقریباً چیزی وجود ندارد و خلأ است.



با استفاده از این واقعیت که فشار در نقاط هم‌تراز یک مایع یکسان است، می‌توان فشارسنج ساده‌ای ساخت که برای اندازه‌گیری فشار هوا به کار رود. شکل روبه‌رو یک فشارسنج ساده جیوه‌ای را نشان می‌دهد. یک لوله شیشه‌ای به طول حدود ۸۰ تا ۱۰۰ سانتی‌متر، که یک سر آن بسته است را انتخاب می‌کنیم. لوله را پر از جیوه کرده و پس از خارج کردن هوای درون جیوه، با انگشت دهانه آن را می‌بندیم. سپس آن را وارونه کرده و به طور قائم در یک ظرف جیوه فرو می‌بریم. با برداشتن انگشت، مشاهده می‌کنیم که سطح جیوه در لوله تا آنجا پایین می‌آید که فشار در نقطه A برابر فشار هوا در نقطه B شود. ارتفاع ستون جیوه (h) معیاری از فشار هوا در محل آزمایش است. این ارتفاع در سطح دریا حدود ۷۶ سانتی‌متر است.

توریچلی (۱۶۴۷-۱۶۸۰ میلادی)، فیزیکدان ایتالیایی، نخستین کسی بود که با انجام این آزمایش ساده، نشان داد که هوا فشار دارد. وی همچنین با اندازه‌گیری ارتفاع ستون جیوه توانست فشار هوا را در کنار دریا و بالای کوه اندازه‌گیری کند. (هشدار: جیوه و بخار آن سمی است. توصیه می‌شود این آزمایش فقط در آزمایشگاه و با رعایت استانداردهای لازم انجام شود.)

## آزمایش کنید

**هدف:** بررسی آثار فشار هوا (۲)

**وسایل و مواد لازم:** بطری شیشه‌ای، درپوش تک سوراخه و درپوش دو سوراخه، قیف و ظرف محتوی آب

**روش اجرا:**

۱- پیش بینی کنید با ریختن آب درون قیف شکل الف چه اتفاقی می‌افتد. استدلال خود را بیان کنید.

۲- اکنون آزمایش کنید. مطابق شکل الف به آرامی آب را درون قیف بریزید. چه اتفاقی

می‌افتد؟ به دقت مشاهده کنید و سعی کنید آنچه برای وارد شدن آب به داخل بطری شیشه‌ای باید هوای داخل خارج گردد و آب داخل بطری جایگزین گردد. در حالتی که از راهی که اتفاق می‌افتد توضیح دهید. در پوش تک سوراخه استفاده می‌شود، هوا راهی برای خروج از دهانه بطری ندارد و فقط می‌تواند به سختی از سوراخ قیف خارج شود، بنابراین آب به سختی وارد بطری می‌شود. اگر به جای درپوش تک سوراخه، از درپوش دو سوراخه استفاده کنیم (شکل ب)، پیش‌بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد. در حالتی که از درپوش دو سوراخه استفاده می‌شود، هوا به راحتی از سوراخ دوم خارج شده و آب جایگزین می‌شود.

۴- آزمایش را به کمک درپوش دو سوراخه انجام دهید و سعی کنید آنچه را که اتفاق می‌افتد توضیح دهید. فشار هوای موجود در بطری در حالت اول مانع از ورود آب به داخل بطری می‌شود. در حالت دوم با خروج هوا از سوراخ دوم بطری، فشار داخل بطری کاهش می‌یابد و آب وارد بطری می‌شود.



## فکر کنید

با توجه به شکل‌های روبه‌رو سریع‌ترین راه برای خالی کردن یک بطری پلاستیکی که تا نیمه از آب پر شده، کدام است؟

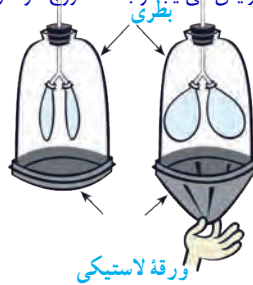


آزمایش نشان می‌دهد در حالت (پ) آب سریع‌تر از بطری خارج می‌شود. زیرا با فشردن بالای بطری، فشار هوای محبوس در بالای بطری افزایش می‌یابد (زیرا حجم آن کاهش می‌یابد) و در نتیجه آب سریع‌تر خارج می‌شود. دانش‌آموزی می‌گوید سریع‌ترین راه برای خالی کردن بطری محتوی آب، ایجاد سوراخی ریز در ته آن است (شکل روبه‌رو). شما چه فکر می‌کنید؟

برای بررسی درستی پاسخ‌های خود، تمامی حالت‌های ذکر شده را آزمایش کنید. وقتی در ته بطری روزنه‌ای ایجاد کنیم و آن را کاملاً از آب پر کنیم، پس از وارونه کردن بطری، آب به صورت لوله‌ای و بدون تلاطم خارج می‌شود.

## فعالیت

در علوم سال هفتم با نحوه کار شش‌ها آشنا شدید. همانطور که دیدید آنها شبیه بادکنک، داخل حفره سینه ما پر و خالی می‌شوند. اما چه چیزی باعث پر و خالی شدن آنها می‌شود؟ نقش فشار هوا در این خصوص چیست؟ شما می‌توانید پاسخ این پرسش‌ها را با ساختن مدلی از شش، مورد بررسی قرار دهید (شکل زیر). پرده دیافراگم در حالت عادی به صورت گنبدی شکل است. در هنگام دم پرده دیافراگم منقبض شده و حجم قفسه سینه افزایش می‌یابد و فشار آن کم می‌شود در نتیجه هوا به آسانی وارد شش‌ها می‌شود. در حالت بازدم چون حجم قفسه سینه کم می‌شود فشار افزایش می‌یابد و باعث خروج هوا از شش‌ها می‌شود.



## آیا می‌دانید

یکی از معروف‌ترین آزمایش‌های مربوط به فشار هوا را اوتو فون گریکه، شهردار یکی از شهرهای آلمان و مخترع پمپ خلأ در سال ۱۶۵۴ میلادی انجام داد. فون گریکه دو نیمکره با قطری حدود ۵۰ سانتی‌متر را، کنار هم گذاشت تا کره‌ای تشکیل دهند. او اتصال‌های هوابندی شده را با یک واشر چرمی آغشته به روغن درست کرد. وقتی با پمپ خلأ کره را از هوا تخلیه کرد، مطابق شکل حتی دو گروه اسب نیز نتوانستند دو نیمکره را از هم جدا کنند!



## بنوموسی

بنوموسی، سه برادر به نام‌های محمد، احمد و حسن، فرزندان موسی بن شاکر خوارزمی از برجسته‌ترین دانشمندان و مهندسان ایرانی قرن سوم هجری بودند. این سه برادر در فعالیت‌های علمی با یکدیگر همکاری داشتند و عمده شهرت آنها به سبب فعالیت‌های علمی آنان است. با توجه به دانش و مهارت بنوموسی در علوم مختلف بسیاری از امور ساخت و مهندسی به ایشان سپرده می‌شد که از آن میان می‌توان به حفر برخی از نه‌رهای بزرگ در نزدیکی بصره اشاره کرد.

آثار متعددی توسط برادران بنوموسی نوشته شده است که می‌توان کتاب **الحیل** را که در زمینه مهندسی مکانیک امروزی است، نام برد. این کتاب در شش فصل از ابزارها و دستگاه‌ها همچون چگالی‌سنج، فواره توربینی، دستگاه خون‌گیری، دستگاه‌های بالابر آب و... سخن می‌گوید. تاریخ‌نویسان داخلی و خارجی در ستایش این کتاب بسیار سخن گفته‌اند.

یکی از طرح‌های مکانیکی بنوموسی متعلق به قرن سوم هجری دستگاه ساده‌ای است که کأس العدل نامیده می‌شود. این دستگاه متشکل از جامی است که درون آن لوله نسبتاً باریکی وجود دارد که یک سر لوله در داخل جام قرار گرفته و انتهای دیگر آن از کف جام بیرون آمده است؛ روی این لوله، کلاهکی به صورت لوله معکوس، به عنوان سرپوش قرار گرفته است. کارکرد آن به این صورت است که اگر آب به درون جام ریخته شود، تا زمانی که مایع به لبه بالایی لوله درونی برسد، آبی از آن خارج نمی‌شود (شکل الف). چنانچه مقدار دیگری آب افزوده شود، آب داخل جام از لبه بالایی لوله درونی سرازیر شده و در نتیجه یک جریان دائمی حرکت آب به وجود می‌آید (شکل‌های ب و پ). حرکت آب در مسیر بین دو لوله به دلیل اختلاف فشار هوای زیر کلاهک، تولید مکش و فشار جو در لوله درونی ناشی از وزن آب است.

