فصل ۸

فشار و آثار آن

آب جمع شده در پشت سد، فشار زیادی به آن وارد می‌کند. آیا می‌دانید چرا هرچه از تاج سد به پایهٔ آن نزدیک می‌شویم، ضخامت دیوارهٔ آن افزایش می‌یابد؟ با انجام دادن آزمایش کنید صفحهٔ 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 پس‌از آشنایی با تعریف فشار، شناخت بهتری از پدیده‌هایی از این دست، به‌دست می‌آورید.

فشار در زندگی روزمره

چرا وقتی با کفش‌های معمولی روی برف راه می‌روید، کفش‌هایتان در آن فرو می‌روند، اما اگر چوب اسکی(برف سُره) به پا داشته باشید، کمتر در برف، فرو می‌روید (شکل ۱ــ الف)؟ چرا ابعاد پنجرهٔ هواپیما کوچک‌تر از پنجرهٔ اتوبوس است (شکل ۱ــ ب)؟ چرا اندازهٔ بادکنک پر از هوا، وقتی از ته استخر آب به بالا می‌آید بزرگ‌تر می‌شود (شکل ۱ــ پ)؟ چرا در ته کفش بازیکنان فوتبال، تعدادی گُلِ میخ وجود دارد (شکل ۱ــ ت)؟ چرا برای اتصال قطعه‌های چوبی، افزون بر پیچ و مهره، از واشر نیز استفاده می‌شود (شکل ۱ــ ث)؟ چرا پونز با کمی تلاش درون چوب یا دیوار فرو می‌رود (شکل ۱ــ ج)؟

در این فصل می‌کوشیم تا با معرفی مفهوم فشار[۱]، به شما کمک کنیم تا شناخت بهتری برای بیان دلیل برخی از پدیده‌هایی به دست آورید که در زندگی روزمره با آنها مواجه می‌شوید.

الف) ب) پ) ت) ث) ج)

شکل ۱

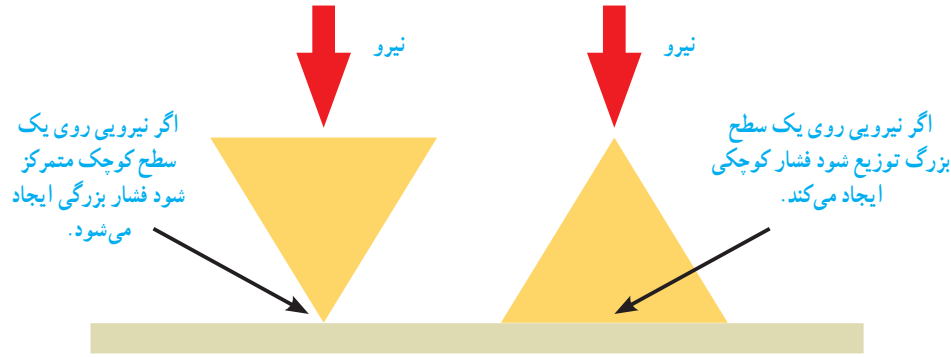
نیرو و فشار

هرچند در گفت‌وگوهای روزمره، واژه‌های نیرو و فشار را در موارد زیادی به جای یکدیگر به‌کار می‌بریم ولی در علوم هرکدام از آنها، تعریف معینی دارند. در علوم فشار را به صورت اندازهٔ نیرو تقسیم بر سطحی که به آن نیرو وارد می‌شود تعریف می‌کنند. یعنی :

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

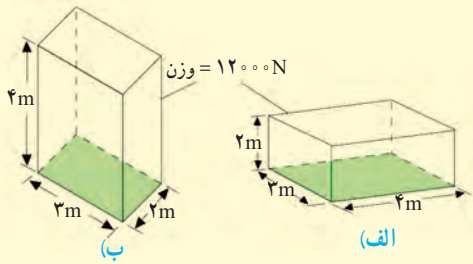
۱ــ Pressure

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



شکل ۲

مثال :



قطعه‌ای به وزن ۱۲۰۰۰ 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 هریک از دو حالت، به‌طور جداگانه حساب کنید.

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

$$\text{سطح} = ۳\text{m} \times ۴\text{m} = ۱۲\text{m}^2$$

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

$$\text{فشار} = \frac{\text{نیرو}}{\text{سطح}} = \frac{۱۲۰۰۰\text{N}}{۱۲\text{m}^2} = ۱۰۰۰\text{Pa}$$

به‌طور مشابه در حالت (ب) داریم :

$$\text{فشار} = \frac{\text{نیرو}}{\text{سطح}} = \frac{۱۲۰۰۰\text{N}}{۶\text{m}^2} = ۲۰۰۰\text{Pa}$$

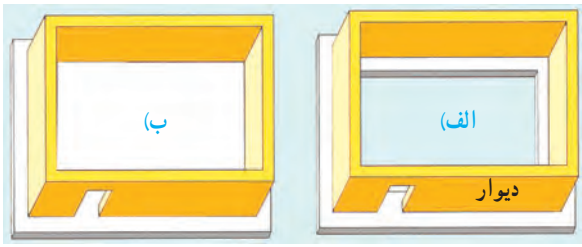
همان‌طور که انتظار داشتیم با کاهش سطح، فشار افزایش یافته است.

خود را بیازمایید

برای تحمل وزن یک ساختمان، دیوارهای آن را روی پایه‌های بتونی، می‌سازند. در شکل زیر، دو نوع پایهٔ متفاوت که معماران در این مورد به‌کار می‌برند، نشان داده شده است.

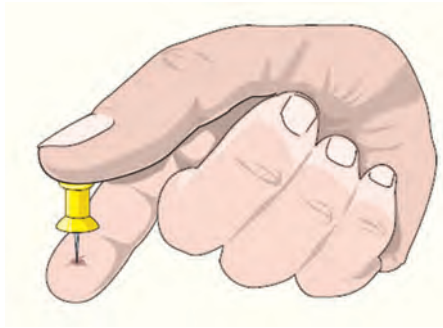
الف) اگر سطح کل پایهٔ نواری، نصف سطح پایهٔ یک‌پارچه باشد، در این صورت فشاری را که از طرف دیوارهای ساختمان به هریک از دو پایه وارد می شود باهم مقایسه کنید.

ب) برای ساختن ساختمان روی زمین نرم، کدام‌یک از پایه‌های نشان داده شده، مناسب‌تر است؟ علت انتخاب خود را توضیح دهید.



پایهٔ یک‌پارچه　　پایهٔ نواری

فکر کنید



۱ــ یکی از توصیه‌هایی که همواره باید جدی بگیریم، این است که روی سطح یک استخر یخ‌زده یا دریاچهٔ یخ‌زده راه نرویم زیرا فشاری که وزن ما ایجاد می‌کند، 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 دریاچهٔ یخ‌زده، استفاده کرده است.

۲ــ چرا گرفتن پونز بین دو انگشت و فشردن آن می‌تواند سبب آسیب رساندن به یکی از انگشت‌ها شود (شکل روبه‌رو)؟

فعالیت

ابتدا جرم خود را به کمک ترازو اندازه بگیرید و وزن خود را حساب کنید. سپس سطح تماس کفشی که پوشیده‌اید را با زمین اندازه بگیرید. سرانجام به کمک رابطهٔ (۱) :

(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؟

آیا می‌دانید

بلز پاسکال (۱۶۶۲ـ۱۶۲۳) 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 ماشین‌حساب مکانیکی را شروع کرد و تا سه سال پس از آن ۲۰ نمونهٔ کامل شده از این ماشین حساب‌ها 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.

فشار در مایع‌ها

شکل ۳

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

آزمایش کنید

هدف : بررسی فشار در مایع‌ها

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 :

۱ـ مطابق شکل سه سوراخ کوچک در بطری ۱/۵ لیتری ایجاد کنید و سوراخ‌ها را با نوارچسب کاغذی بپوشانید.

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

۳ـ مسیری را که پیش‌بینی می‌کنید فوران های آب از سوراخ‌های ایجاد شده روی بطری طی می‌کنند روی

الف)

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

۴ــ درپوش بطری را باز کنید و نوارچسب کاغذی را به آرامی از آن جدا کنید. نتیجهٔ مشاهدهٔ خود را با آنچه روی شکل (ب) رسم کردید مقایسه کنید.

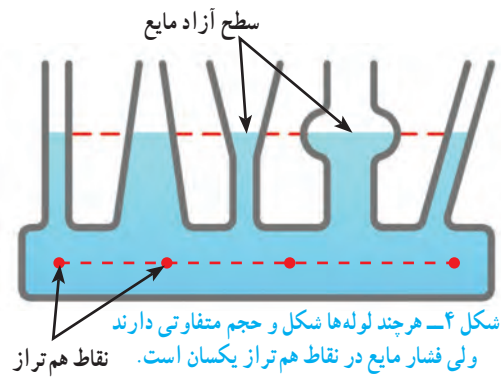
۵ــ مطابق شکل (پ) آزمایش را با دو بطری ۱/۵ و ۲ لیتری انجام دهید. توجه کنید که سوراخ‌ها را به‌طور مشابه و در ارتفاع یکسان روی هر دو بطری ایجاد کنید. همچنین سطح آب در هر دو بطری مساوی باشد.

۶ــ با توجه به نتایج آزمایش‌های شکل (الف) و (پ) توضیح دهید فشار درون مایع چگونه با افزایش عمق تغییر می‌کند.

ب)

پ)

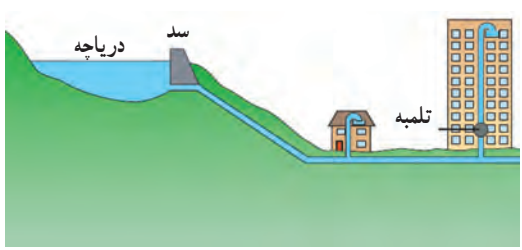
سطح آزاد مایع: همان‌طور که با انجام آزمایش کنید بالا دیدید فشار مایع در یک عمق مشخص از سطح مایع، بدون توجه به اندازهٔ بطری‌ها، یکسان است. برای بررسی بیشتر این موضوع، ظرف‌های مرتبط شکل ۴ را ببینید. اگر مایعی درون یکی از آنها بریزید، مایع در ظرف‌های مختلف جریان می‌یابد تا اینکه سطح آزاد مایع در تمامی ظروف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



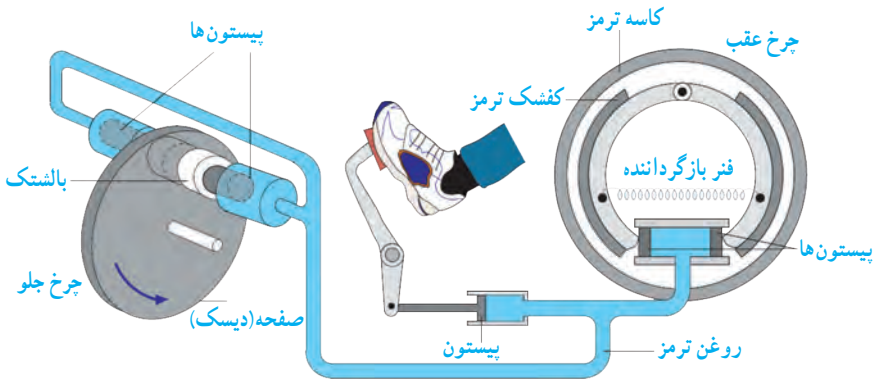
شکل ۴ــ هرچند لوله‌ها شکل و حجم متفاوتی دارند ولی فشار مایع در نقاط هم‌تراز یکسان است.

فکر کنید

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



اصل پاسکال: یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها دربارهٔ 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 دهندهٔ 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 بالشتک‌ها منتقل می‌شود. کفشک‌ها به کاسهٔ ترمز عقب و بالشتک‌ها به صفحه‌ای که به چرخ جلو متصل است نیرو وارد کرده و سرانجام سرعت خودرو کاهش می‌یابد.

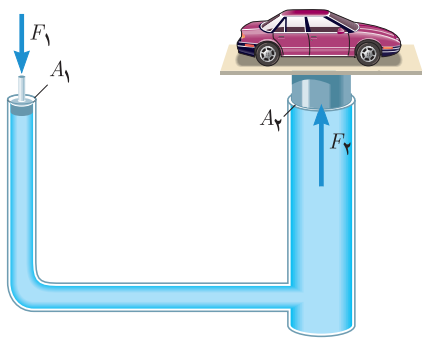


شکل ۵ــ کاربرد اصل پاسکال در ترمزهای هیدرولیکی

فکر کنید

شکل۶ 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 رابطهٔ زیر در محل پیستون‌های آن برقرار است :

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

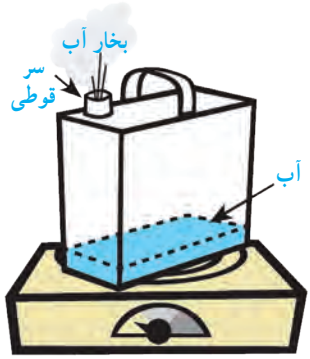


شکل ۶ــ طرح ساده شده‌ای از یک بالابر هیدرولیکی

فشار در گازها

برای شما نیز ممکن است بارها اتفاق افتاده باشد که هرگاه بیش از حد مجاز، هوا را به درون بادکنکی دمیده باشید بادکنک ترکیده باشد. این تجربهٔ ساده نشان می‌دهد که گازها نیز مانند مایع‌ها فشار وارد می‌کنند.

آزمایش کنید



هدف : بررسی آثار فشار هوا (۱)

وسایل و مواد لازم : قوطی حلبی، منبع گرما

روش اجرا :

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

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

۳ــ با احتیاط قوطی را از روی منبع گرما بردارید. سر قوطی را با درب مخصوص آن محکم ببندید (مراقب انگشت‌های خود باشید!).

۴ــ پیش‌بینی کنید پس از سرد شدن قوطی، چه اتفاقی می‌افتد. استدلال خود را برای این پیش‌بینی بیان کنید.

۵ــ چند دقیقه صبر کنید تا قوطی خنک شود. مشاهدهٔ خود را بیان کنید. توضیح دهید که آیا نتیجهٔ آزمایش با پیش‌بینی شما سازگار است.

فعالیت

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) دهانهٔ بطری را با لب‌های خود به‌طور کامل بگیرید و درون بطری بدمید. آنچه را مشاهده می‌کنید، با توجه به آثار فشار هوا و همچنین اصل پاسکال توضیح دهید.

الف)

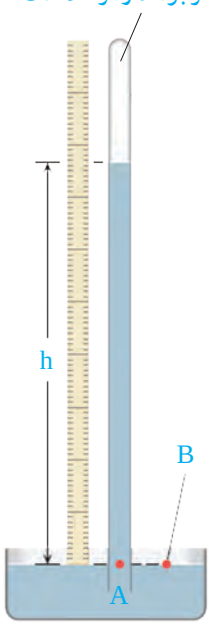
ب)

اطراف کرهٔ زمین و تا ارتفاع صدها کیلومتر بالاتر از سطح زمین، هوا وجود دارد. شکل ۷ یک ستون فرضی از مولکول‌های هوا را نشان می‌دهد. 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. برای مثال وقتی می‌خواهید آبمیوه درون یک قوطی را به کمک نی بنوشید از آثار فشار هوا استفاده می‌کنید.

شکل ۷ــ هوا در سطح زمین متراکم‌تر از ارتفاع‌های بالاتر است.

آیا می‌دانید

با استفاده از این واقعیت که فشار در نقاط هم‌تراز یک مایع یکسان است، می‌توان فشارسنج ساده‌ای ساخت که برای اندازه‌گیری فشار هوا به‌کار رود. شکل روبه‌رو یک فشارسنج ساده جیوه‌ای را نشان می‌دهد. یک لولهٔ 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 دهانهٔ 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 نقطهٔ A برابر فشار هوا در نقطهٔ B شود. ارتفاع ستون جیوه (h) معیاری از فشار هوا در محل آزمایش است. این ارتفاع در سطح دریا حدود ۷۶ سانتی‌متر است.



توریچلی (۱۶۴۷ــ۱۶۰۸میلادی)، 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 :

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

۲ــ اکنون آزمایش کنید. مطابق شکل الف به آرامی آب را درون قیف بریزید. چه اتفاقی می‌افتد؟ به دقت مشاهده کنید و سعی کنید آنچه را که اتفاق می‌افتد توضیح دهید.

۳ــ اگر به‌جای درپوش تک سوراخه، از درپوش دوسوراخه استفاده کنیم (شکل ب)، پیش‌بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد.

۴ــ آزمایش را به کمک درپوش دوسوراخه انجام دهید و سعی کنید آنچه را که اتفاق می‌افتد توضیح دهید.

فکر کنید

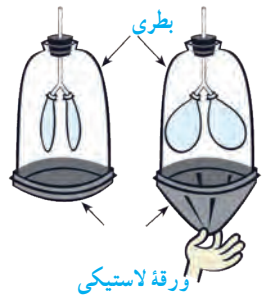
با توجه به شکل‌های روبه‌رو سریع‌ترین راه برای خالی کردن یک بطری پلاستیکی که تا نیمه از آب پر شده، کدام است؟

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.

فعالیت

در علوم سال هفتم با نحوهٔ کار شش‌ها آشنا شدید. همانطور که دیدید آنها شبیه بادکنک، داخل حفرهٔ سینهٔ ما پر و خالی می‌شوند. اما چه چیزی باعث پر و خالی شدن آنها می شود؟ نقش فشار هوا در این خصوص چیست؟ شما می‌توانید پاسخ این پرسش‌ها را با ساختن مدلی از شش، مورد بررسی قرار دهید(شکل زیر).



آیا می‌دانید

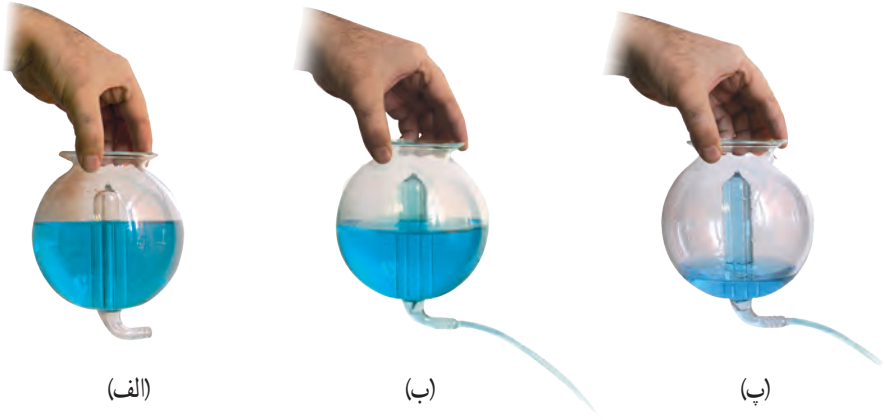
یکی از معروف‌ترین آزمایش‌های مربوط به فشار هوا را اوتو فون گریکه، شهردار یکی از شهرهای آلمان و مخترع پمپ خلأ در سال ۱۶۵۴ میلادی انجام داد. فون گریکه دو نیمکره با قطری حدود ۵۰ سانتی‌متر را، کنار هم گذاشت تا کره‌ای تشکیل دهند. او اتصال‌های هوابندی شده را با یک واشر چرمی آغشته به روغن درست کرد. وقتی با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

بَنوموسی

بنوموسی، سه برادر به نام‌های محمد، احمد و حسن، فرزندان موسی‌بن شاکر خوارزمی از برجسته‌ترین دانشمندان و مهندسان ایرانی قرن سوم هجری بودند. این سه برادر در فعالیت‌های علمی با یکدیگر همکاری داشتند و عمدهٔ 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 زمینهٔ مهندسی مکانیک امروزی است، نام برد. این کتاب در شش فصل از ابزارها و دستگاه‌ها همچون چگالی‌سنج، فوارهٔ 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 لولهٔ 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 لولـه، کلاهکی به صورت لولهٔ 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 لبهٔ بالایی لولهٔ درونی برسد، آبی از آن خارج نمی‌شود(شکل الف). چنانچه مقدار دیگری آب افزوده شود، آب داخل جام از لبهٔ بالایی لولهٔ 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 لولهٔ درونی ناشی از وزن آب است.



(الف) (ب) (پ)