

فصل ششم

چگالی و فشار



راهنمای تدریس: پیش از شروع فصل، توجه دانش آموزان را به تصویر شروع فصل و همچنین پرسشی که در کنار آن مطرح شده جلب کنید. اجازه دهید تا دانش آموزان ترجیحاً به طور گروهی درباره‌ی این شکل و پرسش بحث و گفت‌گو کنند. در پایان به جمع‌بندی موضوع بپردازید و بحث کامل آن را به بخش ۴-۶ موکول نمایید.

چگالی و فشار

راهنمای تدریس: برای شروع و پیش از بحث

درباره‌ی چگالی و فشار، توجه دانش‌آموزان را به اهمیت و نقش حیاتی شاره‌ها (مایع‌ها و گازها) در بسیاری از جنبه‌های زندگی روزمره جلب کنید. توجه به متن زیر می‌تواند برای شروع مناسب باشد.

شاره‌ها در بسیاری از جنبه‌های زندگی روزمره نقش حیاتی دارند. آن‌ها را می‌آشامیم، آن‌ها را تنفس می‌کنیم و در آن‌ها شنا می‌کنیم. درون بدن ما جریان دارند و آب و هوای ما را کنترل می‌کنند. هواپیماها درون آن‌ها پرواز می‌کنند؛ کشتی‌ها در آن‌ها شناورند. شاره هر جسمی است که بتواند جریان یابد؛ این اصطلاح را برای هم مایع‌ها و هم گازها به کار می‌بریم.

پس از این مقدمه، بحث خود را با پرسش‌های شروع بخش ادامه دهید. انتظار می‌رود که دانش‌آموزان با توجه به تجربه‌ی خود و همچنین مطالبی که در سال‌های قبل فرا گرفته‌اند، پاسخ نسبتاً مناسبی برای این پرسش‌ها بیابند. در عین حال، ضرورتی ندارد که از دانش‌آموزان خواسته شود پاسخ این پرسش‌ها را به طور مفهومی و کامل ارائه نمایند. انتظار می‌رود پس از پایان این فصل، دانش‌آموزان قادر باشند با به کار بردن مفاهیمی که فرا گرفته‌اند در پاسخ به این پرسش‌ها استدلال قانع‌کننده‌ای ارائه نمایند.

۱-۶ چگالی

راهنمای تدریس: دانش‌آموزان در دوره‌ی راهنمایی

با این مفهوم آشنا شده‌اند و بهترین شروع برای بحث چگالی می‌تواند مبتنی بر دانسته‌های قبلی دانش‌آموزان باشد.

فصل ششم / چگالی و فشار




چگالی و فشار

چرا شخصی که چوب آسکی به پا دارد، کم‌تر در برف فرو می‌رود؟ چرا در قله‌های مرتفع کوه‌ها، نفس کشیدن دشوارتر است؟ چرا هنگامی که به جاهای عمیق‌تر استخر می‌رویم احساس فشار بیش‌تری روی گوش‌های خود می‌کنیم؟ چرا جابه‌جایی جسم‌های سنگین درون آب راحت‌تر است؟ چه عاملی سبب شناور شدن کشتی‌های فولادی کوچک و بزرگ روی آب می‌شود؟ در این فصل با برخی از ویژگی‌های مهم ماده آشنا خواهیم شد که ما را قادر می‌سازد به پرسش‌هایی 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 ρ (پخوانید ρ) 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 (kg/m^3) است. در جدول ۱-۶ چگالی چند ماده‌ی مختلف داده شده است.

(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

از مایشگاه مجازی

چگالی

ماده	حالت	چگالی (kg/m^3)
یخ	جامد	۹۲۰
چوب‌پنبه	جامد	۳۵۰
چوب	جامد	۶۵۰
فولاد	جامد	۷۹۰۰
آلومینیوم	جامد	۲۷۰۰
مس	جامد	۸۹۴۰
طلا	جامد	۱۹۳۳۰
نقره	جامد	۱۰۵۰۰
روی	جامد	۶۹۰۰
سرب	جامد	۱۱۳۵۰
جیوه	مایع	۱۳۶۰۰
آب (4°C)	مایع	۱۰۰۰
روغن ذرت	مایع	۹۰۰
الکل	مایع	۸۰۰
هوا	گاز	۱/۲۹
اکسیژن	گاز	۱/۴۳
کربن دی‌اکسید	گاز	۱/۹۸
هیدروژن	گاز	۰/۰۸۹

فصل ششم / چگالی و فشار

پیش‌تر بدانید

آشنایی با جامدها
تجربی ساده برای سنجش جامد
آزمایشی ساده

پرسش ۱-۷

ایا می‌توانید بین شکل ۶-۱ و مقدارهای جدول ۶-۱ ارتباط معناداری برقرار کنید، شرح دهید.

مثال ۱-۷

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 ۶-۱ ($\rho = 10500 \text{ kg/m}^3$) 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 ۲-۷

طول، عرض، و ارتفاع اتاقی به ترتیب ۴m، ۳m و ۲m است. جرم و وزن هوای درون این اتاق در یک روز نسبتاً سرد زمستانی (دمای هوا 5°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:

$$V = 4 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 24 \text{ m}^3$$

همچنین از جدول ۶-۱ چگالی هوا برابر 1.29 kg/m^3 است. پس:

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

$$\Rightarrow m = (1.29 \text{ kg/m}^3) (24 \text{ m}^3) = 30.96 \text{ kg}$$

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

$$W = mg = (30.96 \text{ kg}) (10 \text{ N/kg}) = 309.6 \text{ N}$$

مثال ۳-۷

جرم یک لیتر آب چند کیلوگرم است؟

حل: با توجه به این که هر یک متر مکعب (1 m^3) معادل هزار لیتر (10^3 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 ۶-۱ 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 ۱kg است.

۱۰۵

ابوریحان محمد ابن احمد بیرونی (۲۵۱ شمسی - ۴۲۵ شمسی)، دانشمند برجسته‌ی ایرانی در حوزه‌ی شهرکات، پانخت خوارزمشاهیان، به دنیا آمد و تا سن ۲۵ سالگی در زادگاه خود مشغول فراگیری علوم مختلف بود. با توجه به اطلاعات به دست آمده، تعداد آثار ابوریحان بیرونی شامل تالیف‌ها، ترجمه‌ها و آثار تهیه‌شده او به ۱۸۰ عنوان می‌رسد که دست کم ۱۵ 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 المثل فی ابر المقال» 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 و شیوه‌های اندازه‌گیری قطر زمین و فاصله‌ی روی آن را از طریق مثلث بندی معرفی کرده است.

به همین منظور با مطرح کردن موضوع چگالی در کلاس درس از دانش آموزان بخواهید که آنچه را درباره‌ی این مفهوم می‌دانند بیان کنند. یا از آن‌ها بخواهید چگال‌ترین و کم چگال‌ترین ماده را در اطرافشان نام ببرند. سرانجام با جمع‌بندی آنچه دانش آموزان بیان کرده‌اند و رفع کج‌فهمی‌های آن‌ها، مفهوم و رابطه‌ی چگالی را بیان کنید.

در جدول ۶-۱ کتاب درسی چگالی چند ماده‌ی مختلف داده شده است. توجه دانش آموزان را به گستره‌ی وسیع بزرگی چگالی‌های مواد مختلف جلب کنید. خوب است دانش آموزان بدانند هر چند طلا یکی از چگال‌ترین فلزهاست (1930 kg/m^3)، ولی چگال‌ترین ماده‌ی یافت شده روی زمین، فلز اسمیوم (22500 kg/m^3) است، اما این چگالی در مقایسه با چگالی‌های اجسام بسیار بزرگ نجومی مانند کوتوله‌های سفید (10^{10} kg/m^3) و ستاره‌های نوترونی (10^{18} kg/m^3) بسیار ناچیز است.

پرسش ۱-۶

پاسخ: انتظار می‌رود دانش آموزان با توجه به جدول ۶-۱ و بزرگی‌های چگالی مواد مختلف (جامدها، مایع‌ها و گازها) و مقایسه آن‌ها با یکدیگر به این نتیجه برسند که ذرات تشکیل‌دهنده‌ی مواد جامد و مایع تا حدود زیادی به یکدیگر نزدیک‌اند، در حالی که در گازها، ذرات به راحتی به اطراف حرکت می‌کنند و فاصله‌ی آن‌ها از یکدیگر نسبت به ذرات تشکیل‌دهنده‌ی جامدها و مایع‌ها بسیار بسیار بیشتر است.

تمرین‌های پیشنهادی

- چگالی متوسط زمین 5500 kg/m^3 است (شکل ۱). اگر زمین را کره‌ای کامل به شعاع 6400 km فرض کنیم، جرم آن را تعیین کنید.
- در شرایط استاندارد (دما و فشار متعارف) چگالی گاز تک اتمی هیدروژن 0.08988 kg/m^3 است. یک گرم از این گاز چه حجمی را اشغال می‌کند؟



شکل ۱

۳- یکی از عواملی که می‌تواند چگالی هر ماده‌ای را تغییر دهد دمای آن ماده است. در ادامه دو جدول داده شده است. جدول «الف» مربوط به آب و جدول «ب» مربوط به هواست (در فشار یک اتمسفر). نمودار تغییرات چگالی بر حسب دما را برای این دو ماده به‌طور جداگانه رسم کنید (انتخاب مقیاس مناسب در رسم این نمودارها بسیار اهمیت دارد).

جدول ب

$\theta (^{\circ}\text{C})$	$\rho (\text{kg} / \text{m}^3)$
-۱۰	۱ / ۳۴۲
-۵	۱ / ۳۱۶
۰	۱ / ۲۹۳
۵	۱ / ۲۶۹
۱۰	۱ / ۲۴۷
۱۵	۱ / ۲۲۵
۲۰	۱ / ۲۰۴
۲۵	۱ / ۱۸۴
۳۰	۱ / ۱۶۴

جدول الف

$\theta (^{\circ}\text{C})$	$\rho (\text{kg} / \text{m}^3)$
۰ / ۰	۹۹۹ / ۸۴۲۵
۴ / ۰	۹۹۹ / ۹۷۵۰
۱۵ / ۰	۹۹۹ / ۱۰۲۶
۲۰ / ۰	۹۹۸ / ۲۰۷۱
۲۵ / ۰	۹۹۷ / ۵۴۷۹
۳۷ / ۰	۹۹۳ / ۳۳۱۶
۵۰ / ۰	۹۸۸ / ۵۴۰۰
۱۰۰ / ۰	۹۵۸ / ۳۶۶۵

تمرین ۱-۶

جواب: افزایش حجم آب درون استوانه برابر حجم سنگی است که درون آن انداخته شده است، به این ترتیب:

$$V = 25 \times 10^{-6} \text{ m}^3, \quad m = 90 \times 10^{-3} \text{ kg}$$

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{90 \times 10^{-3} \text{ kg}}{25 \times 10^{-6} \text{ m}^3} = 3600 \text{ kg} / \text{m}^3$$

فعالیت ۱-۶

روش پیشنهادی: یک روش این است که پارچ را از آب پر کنیم و سپس آب محتوی پارچ را درون یک ظرف مدرج بریزیم و با اندازه‌گیری حجم آب، حجم پارچ را تعیین نماییم. انتظار می‌رود دانش‌آموزان افزون بر این روش، روش‌های دیگری را نیز پیشنهاد کنند.

تجربه ۱-۷

تجربه ۱-۷
همگامی که سنگ کوچکی را درون یک استوانه‌ای مدرج محتوی آب می‌اندازیم حجم آب درون استوانه حدود ۲۵ml افزایش می‌یابد (شکل ۲-۶). اگر جرم سنگ ۹۰ گرم باشد، چگالی آن چقدر است؟
(هر میلی‌لیتر برابر 10^{-6} m^3 است).



شکل ۲-۶

فعالیت ۱-۷

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

۲-۶ 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 ۳-۶). علت چیست؟



شکل ۳-۶



شکل ۳-۶

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

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

نشیه‌سازی

• مفهوم فشار و اثر آن

۱۰۶



گرانی ویژه

گرانی ویژه (یا وزن مخصوص) هر ماده، طبق تعریف عبارت است از جرم حجمی از آن ماده تقسیم بر جرم همان حجم از یک ماده‌ی مرجع. به عبارت دیگر، گرانی ویژه برابر است با نسبت چگالی ماده به چگالی ماده‌ی مرجع. گرانی ویژه، چون نسبت دو کمیت مشابه است، بعد و یکا ندارد و فقط باید ماده‌ی مرجع آن معلوم باشد.

ایده‌ی گرانی ویژه را ابوریحان بیرونی دانشمند و مورخ ایرانی در حدود سال ۱۰۲۵ میلادی، به منظور کاهش مشکلات ناشی از سروکار داشتن با یکاهای متعدد در دستگاه‌های مختلف، در مورد مایعات و جامدات مطرح کرد. امروزه ماده‌ی مرجع را معمولاً آب 4°C می‌گیرند، که در این دما آب به بیشینه‌ی چگالی‌اش می‌رسد. از آنجا که در دستگاه یکاهای SI، چگالی آب در این دما 1000 kg/m^3 است، گرانی ویژه‌ی هر ماده برابر است با چگالی آن ماده در دستگاه SI تقسیم بر یک هزار. در مورد گازها، می‌شود از چندین ماده‌ی مرجع دیگر، از جمله هوای خشک و گاز هیدروژن استفاده کرد. گرانی ویژه‌ی گازها در شرایط یکسان دما و فشار (یعنی دما و فشار استاندارد) بیان می‌شود و همان‌طور که از قانون آوگادرو بر می‌آید، گرانی ویژه‌ی هر گاز با نسبت وزن‌های مولکولی دو گاز (گاز مورد نظر و گاز مرجع) برابر است.

برای تعیین گرانی ویژه، روش‌های متعددی معمول است. معروف‌ترین روش در مورد مایعات و جامدات، استفاده از اصل ارشمیدس است که در آن وزن‌های نسبی جامدات در هوا و در مایع به دست می‌آیند. وقتی گرانی ویژه‌ی جسم جامدی تعیین شد، می‌توان گرانی ویژه‌ی مایعات دیگر را هم از آن نتیجه گرفت. برای تخمین سریع گرانی ویژه‌ی مایعات، می‌شود از چگالی سنج هم استفاده کرد. این روش، با وجود آن که خیلی دقیق نیست، در صنایع غذایی برای ارزیابی محتوای الکل و شکر در مایعات پر کاربرد است. برای اندازه‌گیری غلظت سولفوریک اسید در باتری خودروها هم از چگالی سنج استفاده می‌شود. چگالی‌ها و گرانی‌های ویژه‌ی گازها را به طریق دیگری هم، که به روش رنیو معروف است، تعیین می‌کنند. در این روش ابتدا حباب‌های تهی از هوا را وزن می‌کنند، سپس آن‌ها را با گازهای مورد بررسی پر می‌کنند و مجدداً وزنشان را به دست می‌آورند.

اصطلاح «گرانی ویژه» از مفهوم فعلاً منسوخ واژه‌ی «گرانی»، به معنی سنگینی یا وزن، گرفته شده است که به معنی وزن حجم معینی از یک ماده‌ی خاص بود. امروزه، غالباً از اصطلاح «چگالی نسبی» استفاده می‌شود که با معنی‌تر است. گرانی ویژه برای بعضی مواد معروف از این قرار است: پلاتین $21/4$ ، طلا $19/3$ ، سرب $11/3$ ، نقره $10/5$ ، آهن $7/8$ ، آلومینیوم $2/7$ ، اتانول $0/81$ و هوا $10^{-3} \times 29/1$.

۶-۲ نیرو و فشار

راهنمای تدریس: از آنجا که دانش آموزان در

دوره‌ی راهنمایی با مفهوم فشار به طور کیفی و کاربردی آشنایی لازم را پیدا کرده‌اند، علاوه بر توجه آن‌ها به شکل ۴-۶ کتاب درسی، می‌توانید از آن‌ها بخواهید تا درک خود را از مفهوم‌های فشار و نیرو و تفاوت آن‌ها با یکدیگر ارائه نمایند. انتظار می‌رود دانش آموزان، با توجه به شناختی که از این دو مفهوم کسب کرده‌اند، قادر باشند با ذکر مثال‌های مناسب، توضیح قانع‌کننده‌ای بیان کنند. سرانجام تعریف فشار را ارائه نمایید و از آن‌ها بخواهید تا با دقت زیاد بین رابطه‌ی فشار و آنچه در شکل‌های ۵-۶ و ۶-۶ آمده است ارتباط معنی‌داری برقرار کنند.

از آنجا که در تعریف فشار با بزرگی نیروی عمود بر سطح سروکار داریم، ممکن است دانش آموزان پرسند

که چرا فشار به این صورت تعریف می‌شود؟ در پاسخ باید به آن‌ها گفته شود که در تعریف فشار صرفاً نیروهایی را مورد توجه قرار می‌دهیم که موجب فشرده شدن لایه‌های جسم بر روی یکدیگر می‌شود. توجه کنید که نیروهای غیر عمودی سبب جابه‌جا شدن یا لغزیدن لایه‌های مختلف جسم روی یکدیگر می‌شوند که در تعریف و محاسبه‌ی فشار مورد نظر ما نیستند.

فعالیت پیشنهادی

پونزی را (مطابق شکل ۲) بین دو انگشت شست و نشانه خود بگیرید. وقتی پونز را بین دو انگشت خود اندکی می‌فشاریم در محل تماس شست با نوک پونز احساس درد خواهیم داشت. این فعالیت ساده می‌تواند درک صحیحی از مفهوم فشار را برای دانش آموزان به همراه داشته باشد.

فصل ششم / چگالی و فشار

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 ثابت بماند و سطح A تغییر کند، فشار p نیز تغییر می‌کند (شکل ۵-۶).

اگر نیرویی روی یک سطح بزرگ توزیع شود، فشار کوچکی ایجاد می‌کند.

اگر نیرویی روی یک سطح کوچک متمرکز شود، فشار بزرگی ایجاد می‌شود.

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 چوبه به حد کافی بزرگ است.

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

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

اگر تپه تیز باشد، نیرو روی سطح بزرگ‌تری توزیع می‌شود، فشار کم‌تر است و تان به راحتی بریده می‌شود.

شکل ۶-۶

باز پاسکال (۱۶۴۳-۱۶۶۲) 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.



شکل ۲

از آنجا که در کاربردهای روزمره از یکاهای دیگری برای فشار استفاده می‌شود، بهتر است که توجه دانش‌آموزان را به این یکاها، که در ادامه آمده است، جلب کنید.

$$1 \text{ atm} = 1.01325 \text{ Pa} \approx 10^5 \text{ Pa}$$

$$76 \text{ cm} \cdot \text{Hg} = 760 \text{ mm} \cdot \text{Hg} = 10^5 \text{ Pa}$$

همچنین در فناوری خلأ یکای متداول فشار، تور (torr) است که بر حسب پاسکال برابر است با:

$$1 \text{ torr} = 133 \text{ Pa}$$

تمرین‌های پیشنهادی

۱ - مساحت سر پهن پونزی 1 cm^2 و مساحت نوک تیز آن 0.01 cm^2 است. هرگاه این پونز را توسط انگشت شست خود و با نیروی 20 N در تخته‌ای فرو کنیم:

الف) انگشت و پونز چه فشاری بر هم وارد می‌کنند؟

ب) پونز و چوب چه فشاری بر هم وارد می‌کنند؟

۲ - وزن کل یک صندلی سه پایه به همراه شخصی که روی آن نشسته برابر 500 N است (شکل ۳). اگر مساحت هر پایه‌ی صندلی 8 cm^2 باشد، فشار وارد بر کف اتاق چه قدر است؟



شکل ۳

مثال ۷-۴

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

حل: نیروی 200 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

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

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

و در حالت (ب) داریم

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

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

مثال ۷-۵

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

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

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

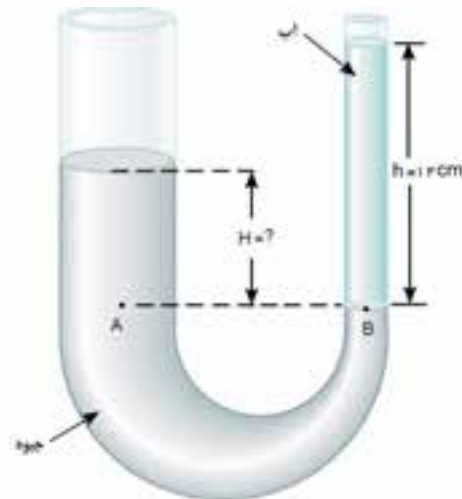
بنابراین با توجه به تعریف فشار داریم

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

تمرین ۷-۴

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

۳- در ظرفی U شکل مقداری جیوه و آب ریخته شده است (شکل ۴). ارتفاع H چه قدر است؟ چگالی آب 1 g/cm^3 و چگالی جیوه 13.6 g/cm^3 است.



شکل ۴

۴- قطر داخلی استوانه‌ی بلندی 2 cm است. اگر آن را به طور قائم نگه داریم و 157 cm^3 آب درون آن بریزیم، فشار حاصل از آب در ته استوانه چند پاسکال است؟ (حجم استوانه $\pi r^2 h$ است که در آن r شعاع و h ارتفاع استوانه است).

تمرین ۳-۶

جواب:

$$p = \rho gh = (10^3 \text{ kg/m}^3) (10 \text{ N/kg}) (4\text{m}) \\ = 4 \times 10^4 \text{ Pa}$$

فشار در گازها

راهنمای تدریس: بحث فشار در گازها را، همان‌طور

که در کتاب درسی نیز آمده است، با دمیدن هوا درون یک بادکنک شروع کنید و این کار را آن‌قدر ادامه دهید تا بادکنک بترکد. این آزمایش ساده به‌خوبی فشار گازها را نشان می‌دهد.

فصل ششم / چگالی و فشار

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

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

پستون‌های اصلی با کشیده شدن به صفحه‌ی ترمز، باعث کش شدن سرعت اتومبیل می‌شوند.

پستون اصلی

پستون فرعی

شکل ۱۶-۶

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 زیاده‌تر 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 چوستنج ساده‌ی جیوه‌ای است. برای این منظور، یک لوله‌ی شیشه‌ای محکم به طول حدود 80 cm تا 100 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 می‌پریم. با برداشتن انگشت، مشاهده می‌کنیم سطح جیوه در لوله پایین می‌آید و در ارتفاع معینی ثابت می‌ماند (شکل ۱۸-۶).

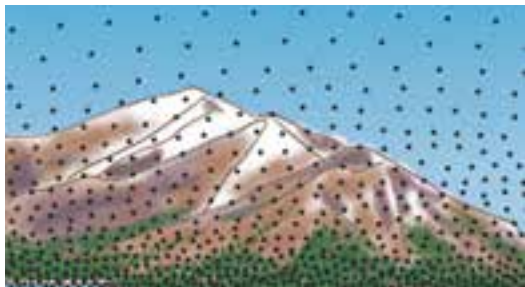
فشار هوا تمام قسمت‌های بدن ما را همواره احاطه کرده است.

شکل ۱۷-۶

در ادامه توجه دانش آموزان را به این نکته‌ی مهم جلب کنید که منشأ فشار گازها، ناشی از برخورد مولکول‌های گاز با جداره‌ی ظرف است (شکل ۵).

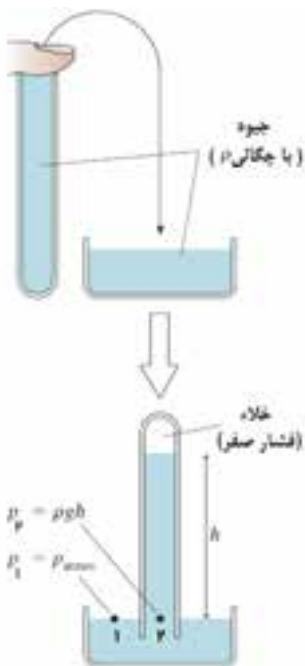


شکل ۵



شکل ۶ - نقطه‌های سیاه، مولکول‌های هوا را طرح‌وار نشان می‌دهند. در سطح زمین فشار هوا بیش‌تر از نقاط بالایی است.

از رابطه‌ی $p = \rho gh$ می‌توان فشار گاز درون یک ظرف یا حتی فشار هوای درون یک اتاق را به دست آورد. اما چون با افزایش ارتفاع از سطح زمین، چگالی هوا کاهش می‌یابد (شکل ۶)، در این حالت استفاده از رابطه‌ی $p = \rho gh$ برای محاسبه‌ی فشار هوا، با خطای زیاد همراه خواهد بود.



شکل ۷

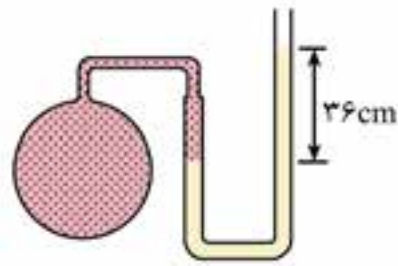
ساده‌ترین راه برای پیدا کردن فشار هوا، استفاده از جوسنج جیوه‌ای است. شکل ۷ یک جوسنج جیوه‌ای را نشان می‌دهد که از یک لوله به طول ۸۰ cm (که یک سر آن بسته است) و یک ظرف محتوی جیوه تشکیل شده است.

تمرین های پیشنهادی

۱ - چگالی مایع درون فشارسنج (شکل ۸) برابر

850 kg/m^3 است. فشار گاز درون حباب چه قدر است؟

فشار هوا را 10^5 Pa بگیرید.

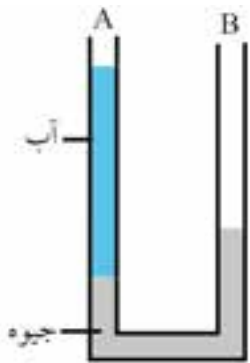


شکل ۸

۲ - در (شکل ۹) ارتفاع آب در شاخه A برابر $27/2 \text{ cm}$ است. در شاخه B چه قدر الکل

با چگالی 8 g/cm^3 بریزیم تا جیوه در دو شاخه هم تراز شود؟ چگالی آب و جیوه را به ترتیب

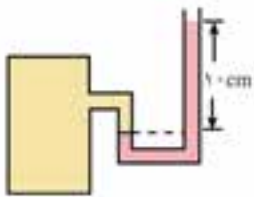
1 g/cm^3 و $13/6 \text{ g/cm}^3$ بگیرید.



شکل ۹

۳- در شکل ۱۰، چگالی مایع $2/5 \text{ g/cm}^3$ و فشار هوا 10^5 Pa است. در این صورت، فشار

گاز درون مخزن چند پاسکال است؟

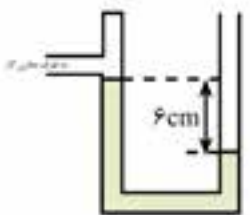


شکل ۱۰

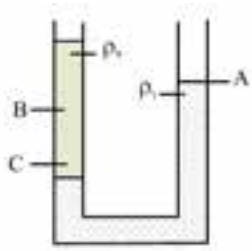
۴ - شکل ۱۱، بخشی از یک فشارسنج را نشان می دهد که به یک مخزن محتوی گاز

وصل است. فشار مخزن گاز چند کیلو پاسکال است؟ فشار هوا $76 \text{ cm} \cdot \text{Hg}$ و چگالی جیوه

$13/6 \text{ g/cm}^3$ است.



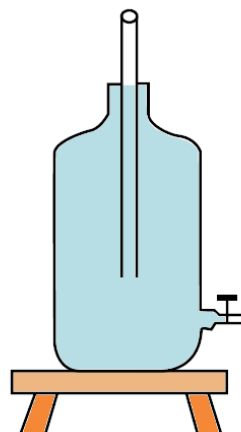
شکل ۱۱



شکل ۱۲

۵- در شکل ۱۲، دو مایع مخلوط نشدنی با چگالی‌های P_1 و P_2 در ظرف U شکلی قرار دارند. اگر فشار در نقاط نشان داده شده P_A ، P_B و P_C باشد، مقدار این فشارها را با هم مقایسه کنید.

۶- دانش آموزی در نظر دارد ظرفی طراحی کند که وقتی آب از شیر آن می‌ریزد و سطح آب پایین می‌آید، آب به‌طور یکنواخت بریزد و آهنگ شارش آب هنگام خروج تغییر نکند. او برای این منظور، ظرفی (مطابق شکل ۱۳) طراحی کرده و در آن یک لوله‌ی باریک از وسط چوب پنبه‌ی موجود در دهانه‌ی آن، عبور داده‌است، به طوری که انتهای پایینی لوله کمی بالاتر از شیر قرار دارد. توضیح دهید به چه دلیل این ظرف منظور این دانش آموز را برآورده نمی‌کند.



شکل ۱۳

۷- در یک آزمایش معروف، بلز پاسکال، یک قیف فلزی را که لوله‌ی آن بسیار دراز بود، به یک شبکه‌ی محکم متصل کرد (شکل ۱۴). وقتی پاسکال با ریختن آب در این قیف شبکه را پر کرد بشکه ترکید. علت را توضیح دهید.

فصل ششم/ چگالی و فشار

مثال ۸-۹

فشار کل وارد بر بدن یک غواص در عمق ۲۰ متری دریا چقدر است؟ چگالی آب دریا را 1150 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 ۶-۳ 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 ۶-۴

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

ملاحظات آزادی

فشارسنج یوردون

شکل ۱۹-۶ الف نوعی فشارسنج، مرسوم به فشارسنج یوردون را نشان می‌دهد که معمولاً برای اندازه‌گیری باد لاستیک وسایلهای نقلیه به کار می‌روند. این فشارسنج شبیه اسباب‌بازی شکل ۱۹-۵ ب کار می‌کند. اگر فشار گاز درون لوله‌ی مسی که خمیده و قابل انعطاف است افزایش یابد، خمیدگی لوله کاهش می‌یابد و لوله بازش می‌شود. عقربه‌ای که به این لوله متصل است فشار را روی مقیاس کنار آن نشان می‌دهد.

بیش تر بدانید

- انسان‌ها با برخی از اثرهای فشار هوا در زندگی روزمره کشایی یا جو زمین

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

فشار گاز

(الف)

(ب)

شکل ۱۹-۶

۱۱۳



شکل ۱۴

$$p = fgh + p_0$$

$$10 p_0 = fgh + p_0 \Rightarrow 9 p_0 = fgh$$

$$h = \frac{9 \times 10^5 \text{ Pa}}{(10^3 \text{ kg/m}^3)(10 \text{ N/kg})} = 90 \text{ m}$$

۴-۶ اصل ارشمیدس و شناوری

راهنمای تدریس: برای شروع تدریس این بخش

می‌توانید با طرح چند پرسش ذهن دانش‌آموزان را به موضوع مورد بحث معطوف کنید. مثلاً پرسید: چرا وقتی درون آب استخری غوطه‌ور می‌شوید به نظر می‌رسد که وزنتان کاهش یافته است؟ چرا یک قطعه چوب روی آب شناور می‌ماند، در حالی که یک قطعه سنگ به سرعت درون آب فرو می‌رود؟ یا پرسید چرا بالونی که از گاز هلیوم پر شده است در هوا شناور می‌ماند؟

پس از طرح این پرسش‌ها یا در صورت امکان پرسش‌های مشابه دیگر، سعی کنید تا مشارکت دانش‌آموزان را در پاسخ‌دادن به این پرسش‌ها جلب کنید. سرانجام به بیان اصل ارشمیدس بپردازید. دانش‌آموزان باید دقت کنند که این اصل هم برای مایع‌ها و هم گازها، یعنی شاره‌ها، برقرار است.

هرچند اثبات این اصل ساده است ولی اثبات آن در این کتاب مورد نظر نیست. توصیف کیفی آن، به نحوی که در کتاب درسی آمده است یا به صورت زیر، باید صرفاً چنین باشد:

اصل ارشمیدس بیان می‌کند: هرگاه تمام یا قسمتی از یک جسم در شاره‌ای فرو رود، شاره نیرویی رو به بالا بر آن وارد می‌کند که با وزن شاره‌ی جابه‌جا شده توسط جسم برابر است.

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 ۲۰-۶). 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 بالابر (نیروی 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 ۲۱-۶ الف یک قطعه‌ی فلزی آویزان شده به یک ترازوی فیزی (نیروسنج) را نشان می‌دهد که وزن آن در هوا ۱۰N است. وقتی این قطعه مطابق شکل ۲۱-۶ ب به طور کامل درون آب قرار گیرد، نیروسنج عدد ۶N را نشان می‌دهد. در واقع وزن قطعه ۴N (۱۰-۶=۴) کاهش یافته است که ناشی از نیروی بالابری است که از طرف آب به قطعه وارد شده است. اگر ظرفی لوله‌دار مطابق شکل ۲۱-۶ ب 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 ۴N است که دقیقاً برابر نیروی بالا سویی است که از طرف آب به قطعه وارد می‌شود. انجام این آزمایش با مایع‌های دیگر و حتی گازها به همین نتیجه‌ی کلی می‌جامد که به آن اصل ارشمیدس گفته می‌شود.

اصل ارشمیدس: به هر جسمی که به طور کامل یا جزئی درون مایع فرو رفته باشد، نیروی بالابری وارد می‌شود که با وزن مایع جابه‌جا شده توسط جسم برابر و در سوی مخالف آن است.

شکل ۲۰-۶ الف: ترازوی فیزی
شکل ۲۰-۶ ب: نیروسنج
شکل ۲۱-۶ الف: قطعه‌ی فلزی
شکل ۲۱-۶ ب: نیروسنج



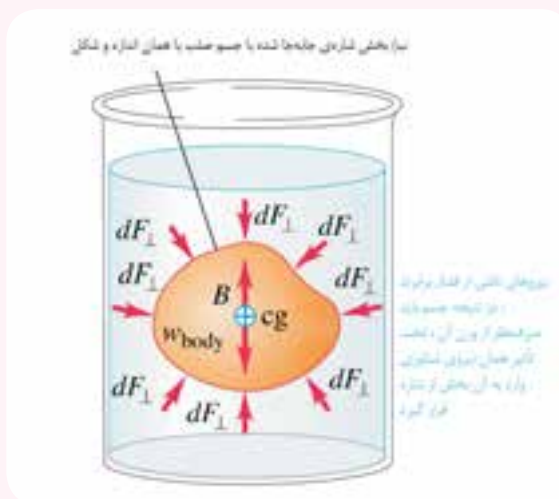
اثبات اصل ارشمیدس

برای اثبات این اصل، یک بخش دلخواه از شاره‌ی ساکن را در نظر می‌گیریم. در شکل «الف»، صورتی نامنظم از مرز سطحی این بخش از شاره طراحی شده است. پیکان‌ها، نیروهایی را که به این سطح مرزی توسط شاره‌ی احاطه‌کننده وارد می‌شود نشان می‌دهند.

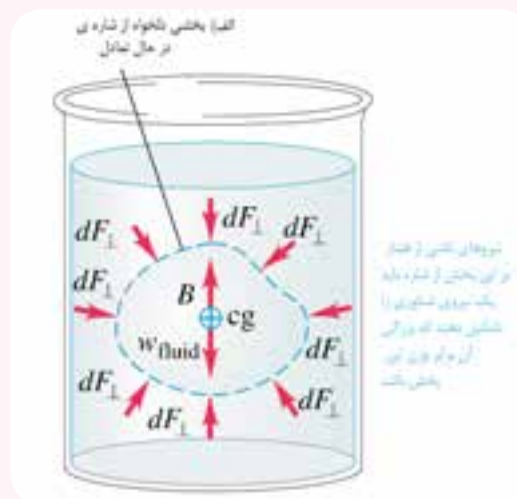
تمام شاره در تعادل است، بنابراین جمع همه‌ی مؤلفه‌های y نیروهای وارد شده به این بخش از شاره صفر است. به این ترتیب جمع مؤلفه‌های y نیروهای سطحی باید رو به بالا و اندازه‌ی آن با وزن mg شاره‌ی درون این سطح برابر باشد.

همچنین جمع گشتاورهای وارد به این بخش از شاره باید صفر باشد. در نتیجه خط اثر برآیند مؤلفه‌ی y نیروی سطحی باید از گرانیگاه یا مرکز گرانش این بخش از شاره بگذرد.

حال شاره‌ی درون این سطح را بر می‌داریم و آن را با جسم جامدی که درست دارای همان شکل است جایگزین می‌کنیم (شکل ب). فشار در هر نقطه درست مانند قبل است. بنابراین نیروی رو به بالای کل، که شاره به جسم وارد می‌کند، نیز مانند قبل است و برابر اندازه وزن mg شاره‌ی جابه‌جا شده توسط جسم است. این نیروی رو به بالا را که به جسم جامد وارد می‌شود، **نیروی شناوری** می‌نامند. دوباره خط اثر نیروی شناوری از مرکز گرانش شاره‌ی جابه‌جا شده می‌گذرد (که الزاماً بر مرکز گرانش جسم منطبق نیست).



ب



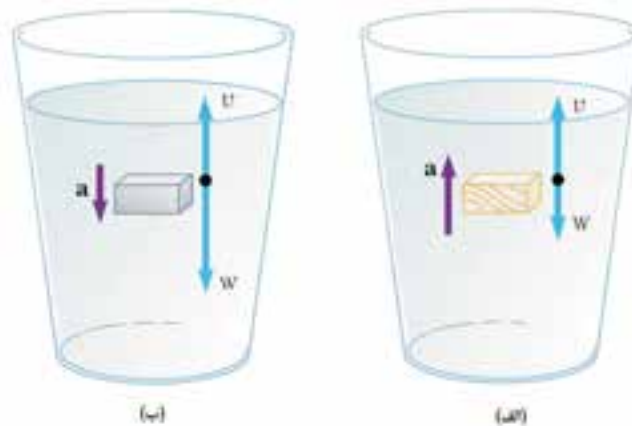
الف

شناوری

ادامه‌ی راهنمای تدریس: پس از آن‌که دانش‌آموزان با اصل ارشمیدس به اندازه‌ی کافی آشنا شدند، ضمن اجرای فعالیت شکل ۶-۲۱ کتاب در کلاس درس، به توضیح و تبیین اصل (شناوری با توجه به روندی که در کتاب مورد نظر بوده است) پردازید. برای درک بهتر موضوع، پرسش‌های پیشنهادی زیر را مطرح کنید و از دانش‌آموزان بخواهید که در خصوص آن‌ها به بحث پردازند.

پرسش‌های پیشنهادی

۱- در شکل ۱۵، نیروی شناوری برای دو وضعیت نشان داده شده است. با توجه به بزرگی نیروها و جهت شتاب، چگالی دو جسم را در دو حالت «الف» و «ب» با یکدیگر مقایسه کنید.



شکل ۱۵

پاسخ مورد انتظار: در وضعیت «الف» چگالی جسم کم‌تر از چگالی آب است و در نتیجه نیروی شناوری، بزرگ‌تر از نیروی وزن جسم است. در وضعیت «ب» چگالی جسم بزرگ‌تر از چگالی آب است و در نتیجه نیروی شناوری، کوچک‌تر از نیروی وزن جسم است. به این ترتیب، چگالی جسم در وضعیت «ب» بزرگ‌تر از چگالی جسم در وضعیت «الف» است.

فصل ششم / چگالی و فشار

شناوری: وقتی سنگی درون آب رها شود به پایین می‌رود و هرگاه توپ یا چوب‌پنبه‌ای درون آب رها شود به بالای می‌آید و این تجربه‌ای آشنا برای همه‌ی ماست. دلیل این تجربه‌ی ساده روشن است: وزن سنگ بیش‌تر از نیروی بالابری و وزن چوب‌پنبه کم‌تر از نیروی بالابری است (شکل ۶-۲۲).

وقتی بزرگی نیروی وزن و نیروی بالابری 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 بالابری 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
- کودهای یخ شناور
- نیروی شناوری هوا

شکل ۶-۲۲ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۲۳ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۲۴ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۲۵ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۲۶ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۲۷ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۲۸ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۲۹ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۳۰ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۳۱ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۳۲ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۳۳ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۳۴ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۳۵ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۳۶ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۳۷ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۳۸ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۳۹ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۴۰ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۴۱ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۴۲ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۴۳ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۴۴ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۴۵ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۴۶ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۴۷ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۴۸ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۴۹ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۵۰ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۵۱ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۵۲ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۵۳ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۵۴ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۵۵ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۵۶ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۵۷ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۵۸ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۵۹ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۶۰ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۶۱ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۶۲ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۶۳ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۶۴ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۶۵ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۶۶ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۶۷ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۶۸ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۶۹ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۷۰ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۷۱ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۷۲ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۷۳ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۷۴ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۷۵ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۷۶ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۷۷ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۷۸ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۷۹ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۸۰ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۸۱ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۸۲ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۸۳ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۸۴ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۸۵ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۸۶ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۸۷ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۸۸ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۸۹ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۹۰ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۹۱ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۹۲ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۹۳ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۹۴ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۹۵ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۹۶ نیروی وزن < نیروی بالابری

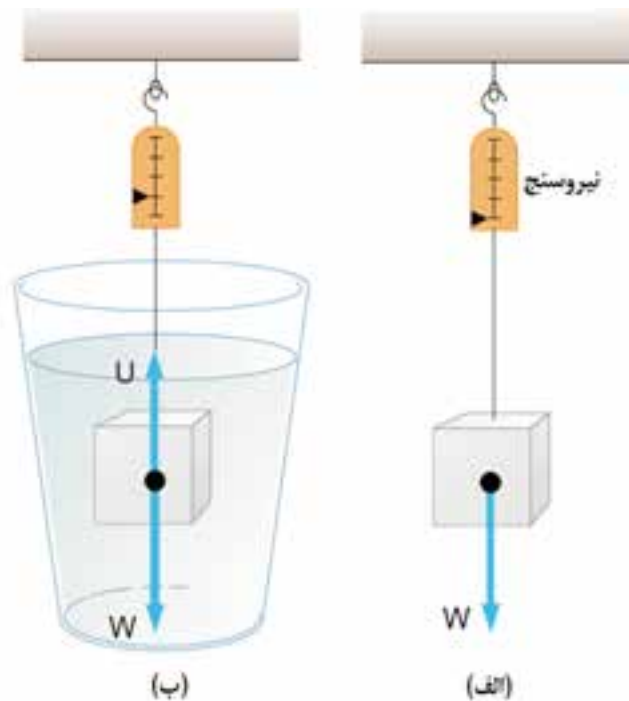
شکل ۶-۹۷ نیروی وزن = نیروی بالابری

شکل ۶-۹۸ نیروی وزن > نیروی بالابری

شکل ۶-۹۹ نیروی وزن < نیروی بالابری

شکل ۶-۱۰۰ نیروی وزن = نیروی بالابری

۲- شکل ۱۶، جسم آویزان شده از نیروسنج را در دو وضعیت مختلف نشان می‌دهد. توضیح دهید در هر حالت نیروسنج چه مقداری را نشان می‌دهد.



شکل ۱۶

پاسخ مورد انتظار: در حالت «الف» نیروسنج بزرگی نیروی وزن جسم، یعنی W ، را نشان می‌دهد. در حالت «ب» نیروسنج بزرگی تفاضل دو نیروی W و U ، یعنی $U - W$ ، را نشان می‌دهد.

۳- آیا اصل ارشمیدس بیان می‌کند که اگر جسم غوطه‌ور، مایعی به وزن 200 N را جابه‌جا کند نیروی شناوری وارد بر جسم 200 N است؟

پاسخ مورد انتظار: آری. به عبارت دیگر، جسم غوطه‌ور 200 N از مایع را کنار می‌زند. مایع جابه‌جا شده با وارد کردن نیروی 200 N بر جسم به آن واکنش نشان می‌دهد.

۴- کشتی‌ای در اقیانوس غرق می‌شود. با فرو رفتن هرچه بیشتر کشتی به اعماق اقیانوس، نیروی شناوری وارد بر آن زیاد می‌شود یا کم؟

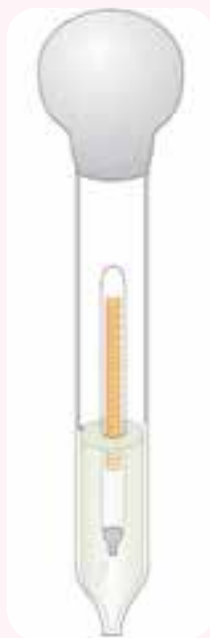
پاسخ مورد انتظار: نیروی شناوری با فرو رفتن کشتی غرق شده در آب تغییری نمی‌کند. زیرا کشتی در هر عمق از اقیانوس، آب یکسانی را جابه‌جا خواهد کرد.



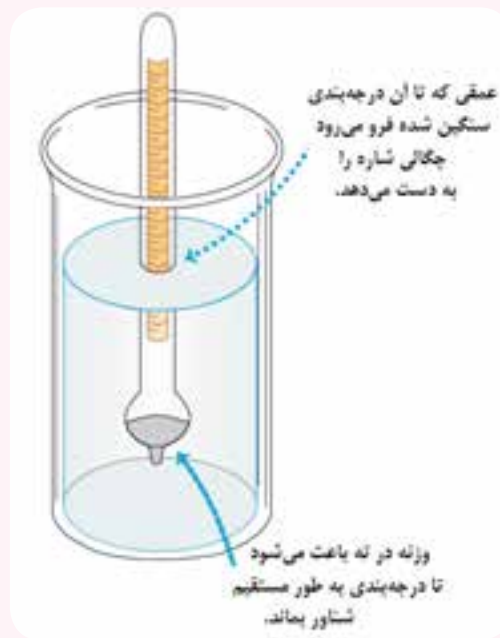
چگالی سنج

یک مثال عملی از شناوری چگالی سنج است که برای اندازه گیری چگالی مایع ها به کار می رود (شکل الف). ساقه ی شناور مدرج تا جایی درون شاره فرو می رود تا وزن شاره ی جابه جا شده درست برابر وزن آن شود. چگالی سنج در مایع های چگال تر نسبت به مایع های کم چگال، بیش تر شناور می ماند. مقیاس در بالای ساقه ی آن اجازه می دهد تا چگالی به طور مستقیم خوانده شود. شکل «ب» یک نوع رایج چگالی سنج را نشان می دهد که برای اندازه گیری چگالی اسید باتری یا ضدیخ مورد استفاده قرار می گیرد.

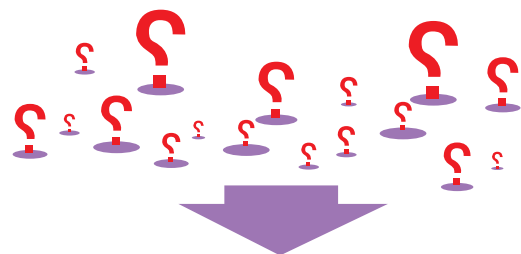
ته لوله ی بزرگ در مایع فرو رفته است؛ شیشه یک قطره چکان بزرگ پزشکی، محفظه ی بالا را می فشارند تا هوا خارج شود و سپس رها می کنند. مایع درون لوله ی بیرونی بالا می رود و چگالی سنج در این نمونه ی مایع شناور می ماند.



ب



الف



راهنمای پاسخ‌یابی پرسش‌ها و مسئله‌های فصل ۶

پرسش‌های مفهومی

- ۱- انتظار می‌رود دانش‌آموزان با توجه به درکی که از مفهوم فشار در جامدها و مایع‌ها به دست آورده‌اند و همچنین با توجه به شکل ۶-۲۴ کتاب درسی، اشاره کنند که فشار در مایع‌ها در تمامی جهت‌ها وارد می‌شود، در حالی که فشار در جامدها، بین جسم جامد و سطح تماس وارد می‌شود.
- ۲- وزن مرتاض بین تعداد زیادی از میخ‌های نوک‌تیز که روی آن‌ها خوابیده است، توزیع می‌شود. برای هر میخ، هر چند سطح تماس نوک میخ با پوست مرتاض کوچک است، ولی از سوی دیگر بزرگی نیروی عمودی نیز کوچک است. پس با توجه به رابطه $p = \frac{F}{A}$ ، چون هر دو کمیت F و A کوچک‌اند، فشار بین نوک هر میخ و پوست مرتاض به حدی نیست که میخ‌ها در پوست او نفوذ کنند.

پرسش‌های مفهومی

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



(ب)



(الف)

شکل ۶-۲۴

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



(ب)



(الف)

شکل ۶-۲۵

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



(الف)



(ب)



(ب)

شکل ۶-۲۶

هیچ فاصله‌ای میان پایه‌های بتونی وجود ندارد.



پایه‌ی بیکارچه



دیوار



پایه‌ی نواری

شکل ۶-۲۷

۴- برای تحمل وزن یک خانه، دیوارهای آن را روی پایه‌های بتونی قرار می‌دهند. در شکل ۶-۲۷ 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.

۳- الف) دانش آموزان ممکن است پاسخ‌های متفاوت و درستی را برای به دست آوردن سطح تماس میان هر کفش با زمین ارائه دهند. یک راه ساده برای انجام این کار با رنگ کردن کف هر کفش و ایستادن روی یک ورقه‌ی سفید به دست می‌آید.

ب) چون سطح تماس این کفش با سطح زمین کم است و ژیمناست نمی‌تواند به راحتی حرکت‌های پرشی خود را انجام دهد.

۴- ب) پایه‌ی یک پارچه. زیرا سطح تماس A بزرگ‌تر است، در نتیجه فشار وارد شده به زمین (که بسیار نرم است) کاهش چشم‌گیری خواهد داشت.

۵- شکل ۶-۲۸ نشان می‌دهد که با افزایش عمق، فشار ناشی از آب زیاد می‌شود و برعکس.

۶- چون چگالی میانگین بدن انسان به چگالی آب نزدیک است، همه‌ی مردم با کمی تمرین قادرند که روی آب شناور بمانند. توجه کنید که چون چگالی آب در دریاها و شور بیش‌تر از چگالی آب شیرین است، این کار راحت‌تر صورت می‌گیرد.

همان‌طور که می‌دانیم چگالی برخی مواد از نقطه‌ای به نقطه‌ی دیگر درون ماده تغییر می‌کند. یک مثال ماده‌ی

تشکیل‌دهنده‌ی بدن انسان است که محتوی چربی با چگالی کم (حدود 940 kg/m^3) و چگالی زیاد استخوان (از 1700 تا 2500 kg/m^3) است. به همین جهت برای بدن انسان چگالی متوسط در نظر می‌گیریم.

۷- استفاده از نردبان موجب می‌شود تا وزن امدادگر روی سطح بزرگ‌تری توزیع شود و احتمال شکسته شدن یخ را بسیار کاهش می‌دهد.

مسئله‌ها

۱- $m = 96 \text{ g}$, $V = 12 \text{ cm}^3$

$$f = \frac{m}{V} = \frac{96 \text{ g}}{12 \text{ cm}^3} = 8 \text{ g/cm}^3 = 8000 \text{ kg/m}^3$$

۲-

$$f = 10^4 \text{ kg/m}^3 , V = 17/5 \text{ cm}^3 = 17/5 \times 10^{-6} \text{ m}^3$$

$$m = fV = (10^4 \text{ kg/m}^3) (17/5 \times 10^{-6} \text{ m}^3) = 1750 \text{ kg}$$

فصل ششم / چگالی و فشار

۵- شکل ۶-۲۸ 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 ۶-۲۹). 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 ۶-۳۰ از یک نردبان بزرگ برای حرکت روی سطح یک دریاچه‌ی یخ‌زده استفاده کرده است.

شکل ۶-۲۸

شکل ۶-۲۹

شکل ۶-۳۰

مسئله‌ها

۱- چگالی یک قطعه‌ی فلزی به جرم 96 گرم و به حجم 12 cm^3 را بر حسب یکاهای g/cm^3 و kg/m^3 به دست آورید.

۲- ستاره‌های کوتوله‌ی سفید بسیار چگال هستند و چگالی آن‌ها حدود 10^4 kg/m^3 است. اگر شما یک قوطی کبریت از ماده‌ی کوتوله‌ی سفید داشته باشید، جرم آن چقدر خواهد شد؟

۳- ابعاد یک قوطی کبریت $5 \text{ cm} \times 3/5 \text{ cm} \times 1/10 \text{ cm}$ است. صندوق شکل ۶-۳۱ 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 ۶-۳۲ یک استوا‌هی 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 مایمی با چگالی کمتر به کار ببریم تفاوت‌ها را توضیح دهید.

شکل ۶-۳۱

۳- الف) روی وجه بزرگ‌تر کم‌ترین فشار وارد می‌شود.

$$A = 5 \text{ m} \times 3 \text{ m} = 15 \text{ m}^2$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{120 \text{ N}}{15 \text{ m}^2} = 8 \text{ Pa}$$

ب) وقتی صندوق روی کوچک‌ترین سطح روی زمین قرار گیرد، فشار وارد شده بیشینه است. به این ترتیب

داریم:

$$A = 3 \text{ m} \times 2 \text{ m} = 6 \text{ m}^2$$

$$p = \frac{F}{A} = \frac{120 \text{ N}}{6 \text{ m}^2} = 20 \text{ Pa}$$

۴- ب) با افزایش عمق مایع، فشار ناشی از مایع افزایش می‌یابد.

پ) چون فشار در مایع با چگالی مایع متناسب است، در صورتی که مایعی با چگالی کم‌تر به کار ببریم، فشار

خروج مایع از لوله‌های خروجی x و y کاهش می‌یابد (دوباره از دانش‌آموزان بخواهید شکل ۶-۱۳ کتاب درسی را ببینند).

ت)

$$p = fgh + p_0 = (1000 \text{ kg/m}^3) (10 \text{ N/kg}) (1/2 \text{ m}) + 10^5 \text{ Pa}$$

$$= 1/2 \times 10^4 \text{ Pa} + 10^5 \text{ Pa} = 11/2 \times 10^4 \text{ Pa}$$

ث)

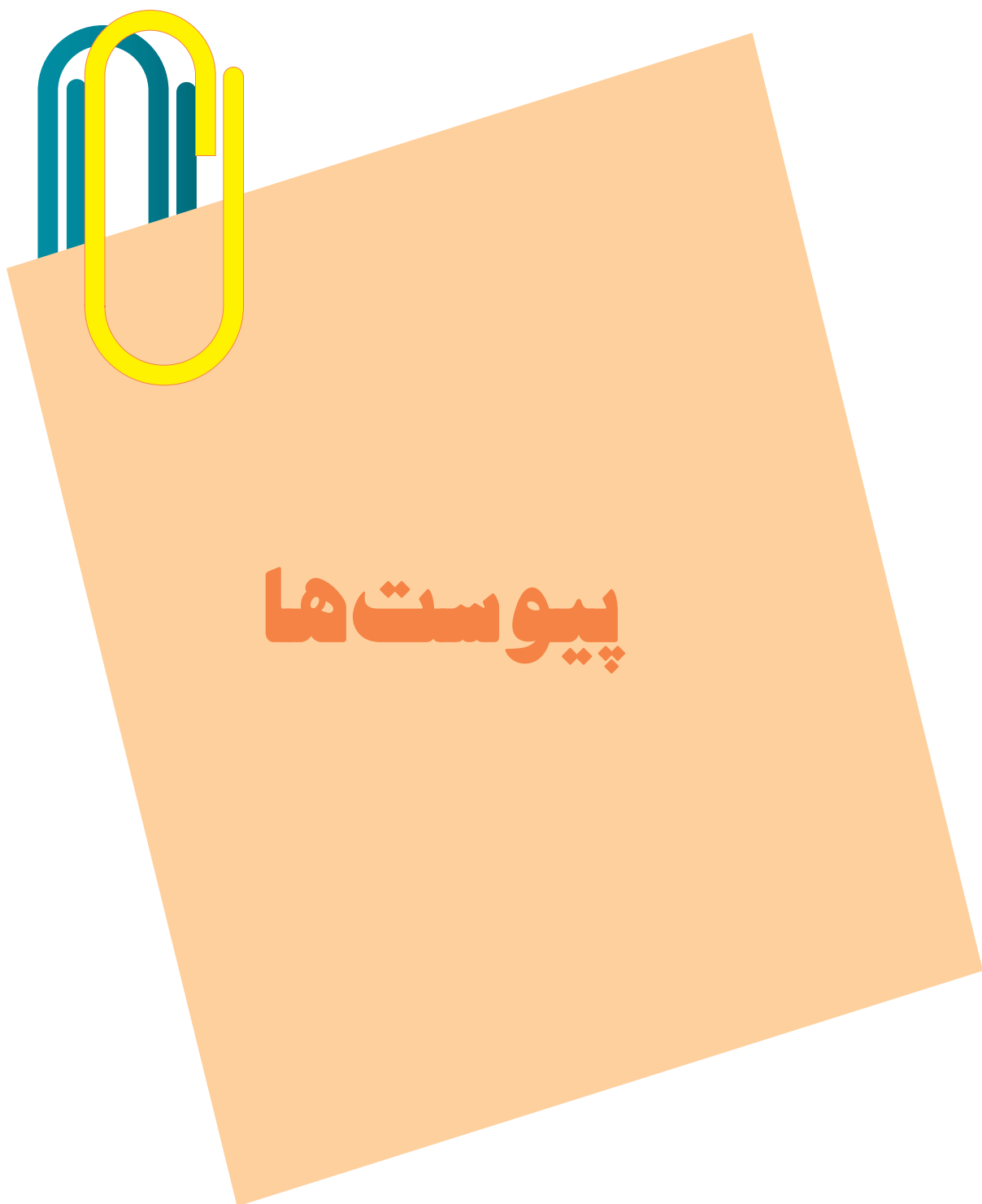
$$F = pA = (11/2 \times 10^4 \text{ Pa}) (10^{-4} \text{ m}^2) = 11/2 \text{ N}$$

۵- الف) بخار جیوه، که به جهت فشار ناچیز این بخار می‌توان فرض کرد این ناحیه خلاء نسبی است.

$$p = \rho gh = (13600 \text{ kg/m}^3) (10 \text{ N/kg}) (0/7 \text{ m})$$

ب)

$$= 95200 \text{ Pa}$$



پیوست الف

توصیف اصطلاحات کلیدی مرتبط با مفاهیم کتاب (بر اساس استاندارد دانش‌نامه‌های فیزیک)

آنگستروم. آنگستروم (Å یا A) 10^{-10} m یا $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$ یکایی است که طیف‌شناسان آن را دارای سابقه‌ی تاریخی می‌دانند و آن را برای اندازه‌گیری طول موج تابش، واقع در گستره‌ی مرئی و نزدیک به آن، به کار می‌برند. این یکا به افتخار فیزیک‌دان سوئدی، آندرس یوناس آنگستروم، نام‌گذاری شده و فعلاً همراه با SI مورد استفاده قرار گرفته است.

اتمسفر. اتمسفر استاندارد، یکای قدیمی فشار است. این یکا تقریباً همان فشار متوسط جو در سطح دریاست. این یکا بنا به تعریف برابر است با 101325 Pa یا $1 \text{ atm} = 101325 \text{ Pa}$ ، که آن را به صورت 760 mmHg یا 760 تور هم بیان می‌کنند. این همان مقداری است که در «فشار و دمای استاندارد یا متعارف» به عنوان مرجع پذیرفته شده است.

ارگ. ارگ ($1 \text{ erg} \equiv 1 \text{ cm}^2 \cdot \text{g} \cdot \text{s}^{-2} \equiv 1 \text{ dyn} \cdot \text{cm} \equiv 10^{-7} \text{ J}$) یکای انرژی در دستگاه قدیمی شده‌ی CGS است.

اسب بخار. اسب بخار (hp) یکایی است که در تعدادی از دستگاه‌های قدیمی اندازه‌گیری توان به کار برده می‌شود. اغلب مقادیر اسب بخار در حدود مقدار مربوط به اسب بخار «الکتریکی» اند، که بنا به تعریف عبارت است از $1 \text{ hp}_{\text{el}} = 746 \text{ W}$.

استرادیان. استرادیان (sr) یکای اندازه‌گیری زاویه‌ی فضایی در دستگاه بین‌المللی است. زاویه‌ی فضایی را می‌توانیم با یک نسبت توصیف کنیم و بگوییم که زاویه‌ی فضایی برابر است با نسبت مساحت ناحیه‌ای از سطح یک کره، که متقابل باشد با زاویه‌ی مورد نظر واقع در مرکز آن کره، به مساحت سطحی که با مجذور شعاع کره مشخص می‌شود: (مجذور شعاع) / (مساحت روی کره) = (زاویه فضایی).

زاویه فضایی، که برای آن این دو مساحت یکی باشند، مقدارش 1 sr است. هنگامی که آن را بر حسب یکاهای اصلی بیان کنیم، داریم: $1 \text{ sr} = 1 \text{ m}^2 / \text{m}^2 = 1$. برای نمونه، زاویه‌ی فضایی یک کره‌ی کامل برابر $4\pi \text{ sr}$ است. یکای «استرادیان» را در مواردی برای روشن‌تر کردن موضوع باید به کار برد، و در غیر این صورت باید آن را حذف کرد. برای مثال، کاربرد این یکا برای تمایز میان دو یکای دستگاه SI، شمع (cd) به عنوان یکای شدت درخشش و لومن (lm) به عنوان یکای شار درخشش، می‌تواند کمک کند: $1 \text{ lm} = 1 \text{ cd} \cdot \text{sr}$. هر چشمه‌ی نور شدت درخشش خاصی خواهد داشت، اما این چشمه می‌تواند فقط در بعضی جهت‌ها تابش داشته باشد. در این صورت، شار برابر با حاصل ضرب شدت در زاویه‌ای فضایی است که چشمه در آن تابش می‌کند.

اسلاک. اسلاک یکای جرم در دستگاه یکاهای «گرانشی» (یا دستگاه مهندسی، یا دستگاه رایج ایالات متحده آمریکا) است. این یکا را به منظور اجتناب از نیاز به ثابت‌های عددی خاص در معادله‌ها (مثلاً قانون نیوتون $F = ma$) معرفی کردند. از آن‌جا که پاوند - نیرو به پاوند - جرم شتابی حدود $g = 32 \text{ ft/s}^2$ می‌دهد، یکای جرم باید طوری انتخاب می‌شد که g برابر پاوند-جرم باشد تا آن‌که بر اثر یک نیروی 1-lbf شتاب حرکتش برابر 1 ft/s^2 شود. بنابراین، داریم $1 \text{ slug} \approx 32 \text{ lbm}$. با استفاده از مقدار استاندارد g و تعریف پاوند-جرم، نتیجه می‌شود $1 \text{ slug} = 14/59390 \text{ kg}$.

پاسکال. پاسکال (Pa) را، که یکای فشار در دستگاه SI است، می‌توان بر حسب یکاهای اصلی یا به صورتی بیان کرد که ارتباط آن با نیرو را بهتر نشان بدهد: $1 \text{ Pa} = 1 \text{ m}^{-1} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}^{-2}$. این یکا، که آن‌را برای اشکال دیگر تنش هم به کار می‌برند، به افتخار فیزیک‌دان فرانسوی بلز پاسکال نام‌گذاری شده است.

پاوند. نام «پاوند» (lb) را هم برای یکای جرم و هم برای یکای نیرو به کار می‌برند. با توجه به استفاده از استانداردهای فیزیکی و مطرح نبودن هیچ محل خاصی، و از آن‌جا که این یکا را در تجارت به کار می‌برده‌اند، می‌شود فرض کرد که این واژه به لحاظ سابقه‌ی تاریخی به‌عنوان یکایی برای جرم معرفی شده بود. برای جلوگیری از درک غلط این یکا باید آن‌را پوند-جرم (lbm) نامید. در ایالات متحده آمریکا، پاوند در سال ۱۸۹۳ مجدداً بر حسب کیلوگرم تعریف شد. مقدار فعلی این کمیت برابر است با $1 \text{ lbm} \equiv 0.45359237 \text{ kg}$. در زبان معمولی، این واژه را اغلب به‌عنوان یکای نیرو به کار می‌برند (یعنی نیرویی که برای نگهداری جسمی به جرم 1 lbm در روی زمین باید به آن وارد شود). موقع استفاده از این یکا به این معنی (و برای وضوح بیشتر) باید آن‌را پاوند-نیرو (lbf) نامید. بیشتر وقت‌ها این شاخص‌ها حذف می‌شوند. در این صورت کار تشخیص جرم از نیرو و وزن هم مشکل می‌شود. از آن‌جا که نیروی لازم برای نگهداری هر جسم به اندازه‌ی شتاب گرانی در محل مورد نظر بستگی دارد، دستگاه یکایی که این یکای نیرو در آن به‌عنوان یکای اصلی به کار می‌رود، دستگاه گرانشی نامیده‌اند. چون یکایی که از محلی به محل دیگر تغییر می‌کند مورد قبول واقع نمی‌شود، با استفاده از مقدار استاندارد شتاب گرانی ($g_s = 9/80665 \text{ m/s}^2$) برای این یکای نیرو مقدار ثابتی به دست آورده‌اند که عبارت است از $1 \text{ lbf} \equiv 4/4482216152605 \text{ N}$.

توان. توان آهنگ زمانی انجام کار (۱)، انتقال انرژی (۲)، یا تبدیل انرژی از شکلی به شکل دیگر (۳) است.

تور. تور ($1 \text{ Torr} = 133/3224 \text{ Pa}$) یکای قدیمی فشار است که به افتخار فیزیک‌دان ایتالیایی، اوانجلیستا

تورچلی، نام گذاری شده است. تور نامی است که به فشار متناظر با هر میلی متر جیوه (mmHg) در دمای متعارف ($^{\circ}\text{C}$) یا $1/760$ اتمسفر استاندارد داده شده است.

ثابت نیرو. ثابت نیرو، که ثابت فنر هم نامیده می شود، بیانگر میزان سفتی فنر است. این کمیت نیروی لازم برای افزایش یا کاهش طول واحد در حالت کشیدگی یا فشردگی است و از تقسیم نیروی وارد بر فنر بر تغییر طول حاصل در فنر به دست می آید. یکای SI آن نیوتون بر متر (N/m) است.

ثانیه. ثانیه (با نماد s در SI و sec که غالباً در دستگاه های دیگر به کار می رود) یکای اندازه گیری زمان در تمام دستگاه های اندازه گیری علمی است. ثانیه مدت زمان معادل 9192631770 دوره ی تناوب تابش مربوط به گذار میان دو تراز فوق ریز حالت پایه اتم سزیوم 133 است.

دستگاه های متری. «دستگاه متری» نامی است که آن را برای دستگاه های گوناگونی که به طریقی بر پایه ی متر بنا شده اند (و همگی دهنده ی هستند) به کار می برند. نخستین دستگاه متری دستگاهی بود که بعد از انقلاب فرانسه در سال 1795 پیشنهاد و مورد قبول واقع شد، اما با معرفی دستگاه بین المللی SI در سال 1960 همه ی دستگاه های متری دیگر منسوخ شدند.

در همه ی این دستگاه های متری تلاش هایی برای حصول سازگاری در زمینه ای وسیع تر صورت می گرفت، به این معنی که بین یکاها هم همان روابط میان کمیت های فیزیکی برقرار بشود. دستگاه های CGS مبتنی بر سانتی متر، گرم و ثانیه بودند. استفاده از قانون نیوتون بدون هیچ ثابت عددی خاص که در آن نیروی وارد بر هر جسم برابر است با حاصل ضرب جرم جسم در شتاب حرکت، به یکایی برای نیرو به نام دین ($1 \text{ dyn} \equiv 1 \text{ cm} \cdot \text{g} \cdot \text{s}^{-2}$) و یکایی برای انرژی به نام ارگ ($1 \text{ erg} \equiv 1 \text{ dyn} \cdot \text{cm}$) می انجامد.

برای گنجاندن یکاهای الکتریکی، با استفاده از قانون کولن که می گوید نیروی میان دو بار نقطه ای متناسب با حاصل ضرب این بارها و متناسب با عکس مجذور فاصله ی میان آنهاست، یکای بار چنان تعریف شد که ثابت تناسب در این قانون برابر $1 \text{ dyn} \cdot \text{cm}^2 \cdot \text{statcoulomb}^{-2}$ شود. یکاهای کمیت های الکتریکی را در دستگاه CGS یکاهای الکتروستاتیکی (esu) می نامند و با پیشوند «استات» به کار می برند (مثلاً می گویند استات کولن و استات آمپر).

در رهیافتی دیگر برای گنجاندن یکاهای الکتریکی و مغناطیسی در دستگاه CGS، ابتدا یک قطب مغناطیسی پنداری و نظری و همچنین میدان مغناطیسی ناشی از چنین قطبی را (در قیاس با بار و میدان الکتریکی در دستگاه یکاهای الکتروستاتیکی پیش گفته) تعریف کردند و سپس یکای جریان الکتریکی را جریانی در نظر گرفتند که چنین میدان مغناطیسی ای را، مثلاً، در مرکز حلقه ای

به شعاع ۱ cm تولید می‌کند. این یکاهای الکترومغناطیسی (emu) نامیدند و با پیشوند «آب-» به کار می‌بردند (مثل آب‌آمپر و آب‌ولت).

ترکیبی از این یکاهای الکتروستاتیکی و الکترومغناطیسی CGS را که به یکاهای گاوسی معروف‌اند، به دلیل داشتن تقارن یکاهای الکتریکی و مغناطیسی، هنوز هم در محاسبات نظری الکترومغناطیس به کار می‌برند. تفاوت این دو دستگاه یکاها موجب می‌شود که برای معادله‌های الکترومغناطیسی ضریب‌های مختلف C به دست آید، که در آن‌ها C همان سرعت نور است.

در تبدیل یکاهای الکتریکی دستگاه‌های مختلف CGS و یکاهای SI، باید این مقادیر مختلف را در نظر گرفت و به این هم توجه داشت که گاهی این یکاها در دستگاه‌های مختلف ابعاد متفاوتی دارند. از آن‌جا که اندازه‌ی یکاهای الکترومغناطیسی نامناسب به نظر می‌رسیدند، یکاهای «عملی» را با استفاده از آمپر به عنوان یکای جریان، برابر با ۱/۱۰ آب‌آمپر، تعریف کردند.

وقتی که معلوم شد یکاهای الکتریکی عملی را می‌شود به راحتی در دستگاه یکاهای اندازه‌گیری گنجانند، همان‌طور که برای نمونه در معادله‌ی $W = (1\text{ A}) \times (1\text{ V})$ می‌بینیم، در نتیجه دستگاه یکاهای مکانیکی MKS، که مبتنی بر متر و کیلوگرم و ثانیه است، به طور گسترده رایج شد.

در میان دستگاه‌های الکتریکی مختلف نسخه‌های به اصطلاح گویا شده‌ای هست که در آن‌ها معادله‌های معرف کمیت‌ها در عبارتشان یک ضریب 4π دارند که ممکن است در ساده‌ترین صورت این معادله ظاهر نشود، ولی وجود آن به سبب پیکربندی هندسی (مثلاً در قانون کولن که سروکارش با بارهای نقطه‌ای با تقارن کروی است) قابل قبول به نظر می‌رسد. این امر در موارد بسیاری که ظهور π می‌تواند عجیب به نظر برسد، (مثل مورد ظرفیت خازن صفحه موازی) به معادله‌های ساده‌تری می‌انجامد و البته تأثیر چندانی بر یکاها نمی‌گذارد، زیرا تغییر معادله‌ها از طریق اصلاح دو مقدار ثابت (یعنی ثابت‌های گذردهی الکتریکی خلأ و تراوایی مغناطیسی خلأ)، که وارد همان معادله‌ها می‌شوند، جبران می‌گردد.

برای ساخت دستگاه SI یکاهای الکتریکی عملی را در دستگاه MKS گویا شده‌ای گنجانند. آمپر را یکای اصلی اختیار کردند و سه یکای اصلی دیگر (کلوین، مول و شمع) را برای گسترش این دستگاه به آن افزودند. یکاهایی را که تا این‌جا از آن‌ها نام بردیم گاهی مطلق یا سراسری می‌نامند تا از یکاهایی که به شرایط محلی بستگی دارند متمایز شوند. شکل‌های اولیه‌ی یکاهای به اصطلاح گرانشی، که به مقدار شتاب گرانی در محل خاصی بستگی دارند، نمونه‌ای از این نوع یکاها هستند. با آن‌که اکنون دیگر برای شتاب گرانی مقدار استاندارد را به کار می‌برند، نام مطلق همچنان باقی مانده است.

دستگاهی متری که مبتنی بر نیروی گرانی وارد بر جرم ۱ kg بود، دستگاه مورد استفاده‌ی مهندسان بود.

این نیرو را کیلوگرم نیرو می‌نامیدند، اما معمولاً واژه نیرو را نمی‌آوردند. این کاربرد کیلوگرم به عنوان یکای نیرو، ضربی به اندازه‌ی شتاب گرانی را وارد قانون نیوتون می‌کرد. برای رفع این مشکل، یکای جرم جدیدی را که $|g|$ برابر کیلوگرم بود معرفی کردند. نام‌های مختلفی از جمله اسلاگ متری و یکای فنی جرم را برای این یکا به کار می‌بردند. این یکاها را نباید همراه با SI به کار برد.

رادیان. رادیان (rad) یکای دستگاه SI برای اندازه‌گیری زاویه‌ی مسطحه است. هر زاویه‌ای را می‌توان، پس از استقرار رأس آن در مرکز یک دایره، به صورت نسبت کمانی از این دایره که متقابل با زاویه است به شعاع دایره توصیف کرد: $(\text{رادیان} = \frac{\text{کمان}}{\text{شعاع}})$. با توجه به حذف شدن یکاهای طول در این نسبت، اندازه‌ی زاویه به صورت عدد محض بدون یکا بیان می‌شود. زاویه‌ای را که این دو طول برای آن با هم مساوی باشند، معادل ۱ رادیان می‌گیرند. برحسب یکاهای اصلی داریم $1 \text{ rad} = 1 \text{ m} / 1 \text{ m} = 1$. زاویه‌ی هر دایره‌ی کامل برابر 2π رادیان است. یکای "rad" را می‌توان نوشت یا حذف کرد اما هر جا که به روشن‌تر شدن موضوع کمک کند، مثلاً در بیان اندازه‌ی زاویه یا توصیف سرعت زاویه‌ای (rad/s)، باید آن را آورد. نمونه‌های دیگرش، ذکر آن در یکاهای شتاب زاویه‌ای (rad/s^2) و ثابت پیچش (N/rad) است. در محاسبات غالباً نماد رادیان را می‌آورند تا معلوم باشد چه کمیتی را جای‌گزین می‌کنیم، اما در مراحل بعدی محاسبه، که "rad" دیگر هیچ نقشی در روشن‌تر کردن موضوع ندارد، باید آن را حذف کرد.

ژول. ژول یکای دستگاه SI برای اندازه‌گیری انرژی است که برای همه‌ی انواع آن (مانند انرژی‌های گرمایی و الکتریکی) قابل استفاده است. ژول بنابه تعریف برابر است با کار انجام شده توسط نیرویی به اندازه‌ی ۱ N وقتی که نقطه اثر این نیرو به اندازه‌ی ۱ m در جهت نیرو جابه‌جا می‌شود: $1 \text{ J} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$. با استفاده از واژه‌ی «ژول» می‌توانیم بین کمیتی که بر حسب ژول اندازه‌گیری می‌شود و گشتاور نیرو، که دارای همان ابعاد است، به روشنی تمایز قائل شویم.

سال نوری. سال نوری ($1 \text{ ly} = 9.46073 \times 10^{15} \text{ m}$) یکایی برای اندازه‌گیری فاصله‌های نجومی است. این یکا مسافتی است که نور در خلأ در طول یک سال، ۳۵۶/۲۵ روز، می‌پیماید.

شتاب گرانی. شتاب گرانی (یعنی شتاب اولیه‌ی اجسامی که سقوط آزاد می‌کنند) در نزدیکی سطح زمین، به دلیل توزیع جرم زمین و شتاب مرکزگرایی که قابل اندازه‌گیری نیست، از محلی به محل دیگر تغییر می‌کند. با توجه به دخیل بودن شتاب گرانی در تعریف بعضی از یکاهای اندازه‌گیری، مقداری را که در عرض جغرافیایی 45° اندازه‌گیری شده و تصحیح مربوط به سطح دریا هم در مورد آن انجام شده است به عنوان مقدار استاندارد پذیرفته‌اند: $g_s = 9.80665 \text{ m/s}^2$.

طول. تعیین طول (مثلاً فاصله‌ی میان دو نقطه) معمولاً نیازمند فرایندی است که در آن با استفاده از

اندازه‌ی یک جسم (وسیله‌ی سنجش)، به‌عنوان «یکای طول»، تعداد دفعاتی را که این جسم از یک سر به سر دیگر به‌طور کامل در فاصله‌ی میان این دو نقطه می‌گنجد تعیین می‌کنند. این فرایند معمولاً در امتداد خطی راست انجام می‌شود مگر آن‌که تصریح شده باشد که منظور پیدا کردن طول در مسیر منحنی است. در مورد مسیر منحنی، یکای مورد استفاده باید به اندازه‌ی کافی کوچک (وسیله‌ی سنجش کوتاه) باشد تا گنجانیدن سر به سر آن، انحراف قابل ملاحظه‌ای از مسیر پیدا نکند. اگر مسیر روی یک سطح قرار داشته باشد، می‌توان ریسمان ناکشایندی را روی این مسیر خواباند و سپس آن را صاف کرد و طول آن را اندازه گرفت.

فوت-پاوند. فوت-پاوند یکای کار در دستگاهی است که یکای نیرو در آن پاوند-نیرو (lbf) است. با توجه به این که تمام عوامل دخیل در معادلات و قوانین بر حسب یکاهای SI تعریف می‌شوند، ضریب تبدیل تا هفت رقم با معنی عبارت است از $1 \text{ ft lbf} = 1/355818 \text{ J}$.

کار. کار بنابه تعریف عبارت است از حاصل ضرب بزرگی نیروی F وارد بر سیستم در مسافت d جابه‌جا شدن نقطه‌ی اثر نیرو در جهت این نیرو: $\vec{W} = \vec{F} \cdot \vec{d}$. مؤلفه‌ی عمود بر جابه‌جایی نیرو هیچ سهمی در انجام کار ندارد. کار را به‌صورت حاصل ضرب جابه‌جایی در مؤلفه‌ی (عمودی) نیرو در جهت جابه‌جایی هم می‌توان تلقی کرد: $\vec{W} = \vec{F} \cdot \vec{d}$. به‌طور کلی داریم $W = Fd \cos \theta$ که در آن θ زاویه‌ی میان جهت نیرو و جهت جابه‌جایی است. در نمادگذاری برداری، کار را می‌توان به‌صورت حاصل ضرب نقطه‌ای بردارهای نیرو و جابه‌جایی توصیف کرد: $\vec{W} = \vec{F} \cdot \vec{d}$. اگر زاویه‌ی θ منفرجه باشد، کار انجام‌شده توسط نیرو منفی است. انجام کار در سیستم‌های مکانیکی را گاهی به‌صورت فرایند تبدیل شکلی از انرژی به شکل دیگر توصیف می‌کنند. یکای اندازه‌گیری کار در دستگاه SI ژول (J) است.

کالری. کالری (cal) یکایی قدیمی برای اندازه‌گیری انرژی گرمایی است و بنا بر تعریف عبارت است از مقدار گرمای لازم برای بالابردن دمای 1 g آب به اندازه‌ی 1°C . کالری را همراه با دستگاه‌های متری قدیمی به کار می‌بردند، اما این یکا جزء هیچ یک از آن دستگاه‌ها نبود. از آن‌جا که مقدار بستگی به دما و سایر شرایط آب و هوایی دارد، این امر موجب شده است که کالری‌های متفاوت متعددی تعریف شوند، که البته همه در همان حدود مقدار تعریف شده در جدول‌های بین‌المللی $1 \text{ cal} \equiv 4/1868 \text{ J}$ هستند.

در علوم تغذیه، «کالری بزرگ» (با نماد Cal) را که معادل 1 kcal است به کار می‌برند، اما بیشتر اوقات این یکا را هم کالری می‌نامند و به‌صورت اختصاری cal نشان می‌دهند.

کیلوگرم. کیلوگرم (kg) که یکای اصلی دستگاه SI برای اندازه‌گیری جرم است، به‌طور تاریخی به‌صورت جرم یک دسی‌متر مکعب آب تعریف شده بود. در این تعریف اصلاحاتی به عمل آمد و طولی نکشید که آن را به‌صورت جرم قطعه‌ی استاندارد در نظر گرفتند که از جنس آلیاژ بدون خوردگی

بود. نمونه نهایی کیلوگرم استاندارد در سال ۱۸۸۹ ساخته شد، و نسخه بدل‌های آن را هم برای کشورهای امضاءکننده‌ی پیمان‌نامه‌ی متر (Convention du Metre) فرستادند.

کیلووات ساعت. کیلووات ساعت

$$[1 \text{ kWh} = (1000 \text{ J/s}) \cdot (3600 \text{ s}) = 3/6 \times 10^6 \text{ J} = 3/6 \text{ MJ}]$$

یکای خارج از دستگاه SI برای اندازه‌گیری انرژی است. این یکا را غالباً برای اندازه‌گیری انرژی الکتریکی (برق مصرفی) به کار می‌برند.

لیتر. لیتر (L یا l) یکایی برای اندازه‌گیری حجم است. این یکا را در سال ۱۹۶۴ به‌عنوان نام تازه‌ای برای دسی‌متر مکعب باز تعریف کردند. لیتر اگرچه جزء یکاهای دستگاه SI نیست، اما برای استفاده همراه با آن مجاز دانسته شده است. لیتر را بنابر تعریف برای مدتی به‌صورت حجم اشغال شده توسط ۱ kg آب در دمای متناظر با حداکثر چگالی (در ۴°C) در نظر می‌گرفتند، که کمی بیشتر از ۱ dm^۳ بود. برای جلوگیری از اشتباه، توصیه می‌شود که آن را در شاخصه‌های دقیق به کار نبریم. این یکا را بیشتر برای اندازه‌گیری حجم مایعات و گازها به کار می‌برند. در استفاده از لیتر در محاسبات همراه با یکاهای دستگاه SI، باید در قرارداد آن توان ده یا پیشوند مناسب برای نتیجه، دقت خاصی به عمل آورد.

متر. متر (m) یکای اصلی اندازه‌گیری طول در دستگاه SI است. متر را در ابتدا ۱/۱۰ ۰۰۰ ۰۰۰ مسافت قطب شمال تا استوا روی نصف‌النهاری تعریف کردند که از پاریس می‌گذرد. کمی بعد، طول یک میله‌ی پلاتینی خاص جای این مقدار را گرفت. این تعریف هم در سال ۱۸۸۹ جای خودش را به فاصله‌ی میان دو خط نشان روی میله‌ای از جنس پلاتین - ایریدیوم داد. در سال ۱۹۸۳ تعریف متر عوض شد و طبق تعریف جدید متر فاصله‌ای است که نور در خلأ در بازه‌ی زمانی ۱/۲۹۹ ۷۹۲ / ۴۵۸ ثانیه می‌پیماید.

مقدار سرعت. مقدار سرعت هر نقطه‌ی متحرک، آهنگ تغییر طول مسیر آن نسبت به زمان است. متوسط مقدار سرعت را می‌شود از تقسیم طول مسیر پیموده شده در هر بازه‌ی زمانی بر طول مدت این بازه به دست آورد. اگر مقدار سرعت در حال تغییر باشد، مقدار سرعت لحظه‌ای در هر نقطه را می‌توان از روی حد نسبت مسافت به زمان وقتی که بازه‌ی زمانی به سمت صفر میل می‌کند، به دست آورد. مقدار سرعت در هر نقطه همان اندازه‌ی بردار سرعت (لحظه‌ای) است. اما به‌طور کلی، مقدار سرعت اندازه‌ی هیچ بردار سرعت متوسطی نیست.

مول. مول (mol)، که یکای اصلی دستگاه SI برای اندازه‌گیری مقدار ماده است، هر ماده‌ای را با تعداد معینی از ذرات آن می‌سنجد. این یکا برابر با تعداد ذرات موجود در ۰/۰۱۲ kg ه از کربن ۱۲، ایزوتوپی از کربن با عدد جرمی ۱۲، است. کربن ۱۲ را به این دلیل انتخاب کردند که جرم اتمی نسبی آن (که قبلاً وزن

اتمی نامیده می‌شد)، با استفاده از مقیاسی که در ابتدا براساس جرم اتمی نسبی مخلوط طبیعی ایزوتوپ‌های اکسیژن بنا شده بود، بسیار نزدیک به ۱۲ است. در نتیجه به تغییر جدول‌های قدیمی جرم اتمی نیاز نبود. برای به‌دست آوردن این تعداد ذره از هر ماده (که به عدد آوگادرو معروف است) می‌توان مقدار ماده بر حسب گرم را برابر با جرم اتمی (یا مولکولی) نسبی ماده گرفت. این یکا را برای ذراتی غیر از اتم‌ها و مولکول‌ها، مثلاً برای الکترون‌ها، هم می‌شود به کار برد.

نیوتون. نیوتون (N)، یکای نیرو در دستگاه SI، بنا بر تعریف، نیرویی است که بتواند جسمی به جرم ۱ kg را با شتاب 1 m/s^2 به حرکت درآورد.

وات. وات ($1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$) یکای دستگاه SI برای توان است. در واژگان الکتریکی مربوط به مدارهای جریان مستقیم (dc)، وات حاصل ضرب اختلاف پتانسیل (بر حسب V) و جریان (بر حسب A) است:

$$1 \text{ W} = 1 \text{ V} \cdot \text{A}$$

پیوست ب

نمونه آزمون‌های تشریحی از فصل‌های کتاب

نمونه آزمون تشریحی فصل اول

- ۱- در هر یک از عبارت‌های زیر گزینه‌ی درست را انتخاب کنید.
 - i- یک میکرومتر که اغلب میکرون نامیده می‌شود برابر متر است.

الف) 10^{-6}	ب) 10^{-9}
----------------	--------------
 - ii- یک ثانیه برابر 10^{12} ثانیه است.

الف) گیگا	ب) ترا
-----------	--------
- ۲- کمیت برداری، کمیتی است که بزرگی و جهت دارد و از قاعده‌ی پیروی می‌کند.

الف) جمع جبری	ب) جمع برداری
---------------	---------------
- ۳- اگر استاندارد طول را به صورت فاصله‌ی نوک بینی تا نوک انگشت اشاره‌ی دست کشیده شده بگیریم، مسلماً استاندارد دسترس‌پذیر خواهیم داشت. به نظر شما اشکال اساسی این استاندارد چه خواهد بود؟
- ۴- برای اندازه‌گیری هر یک از کمیت‌های زیر پیشنهادی را ارائه کنید.

الف) ضخامت یک برگ کاغذ این کتاب.	ب) ضخامت لایه‌ای از روغن که روی آب قرار دارد.
پ) مساحت کف پای شما.	
- ۵- جرم پروتون 1.67×10^{-27} kg و جرم الکترون 9.11×10^{-31} kg است. جرم هر پروتون چند برابر جرم الکترون است؟
- ۶- سریع‌ترین رشد گیاه متعلق به گیاهی موسوم به hesperoyucca است که در ۱۴ روز، ۳/۷ m رشد می‌کند (شکل ۱). حساب کنید این گیاه در هر ثانیه چه قدر رشد می‌کند.



شکل ۱

۷- اسکی بازی در یک زمین برفی، افقی 1000 m به سوی شمال و سپس 2000 m به سوی شرق اسکی می‌کند (شکل ۲). وی چه قدر از نقطه‌ی آغاز خود فاصله گرفته است؟



شکل ۲

۸- دو جابه‌جایی، یکی به بزرگی 3 m و دیگری به بزرگی 4 m را در نظر بگیرید و نشان دهید چگونه می‌توان از ترکیب این بردارهای جابه‌جایی، برآیندی به بزرگی‌های زیر به دست آورد.

الف) 7 m ب) 5 m پ) 1 m

۹- بزرگی بردار جابه‌جایی A برابر 4 m و در جهت شمال به جنوب است. بزرگی و جهت بردار

جابه‌جایی $\vec{B} = -3\vec{A}$ چگونه است؟

۱۰- دو بردار \vec{A} و \vec{B} بر هم عمودند و برآیند آنها با بردار \vec{B} زاویه‌ی 45° درجه می‌سازد. اگر بزرگی

بردار \vec{B} برابر 12 واحد باشد، بزرگی بردار \vec{A} چند واحد است؟

نمونه آزمون تشریحی فصل دوم

- ۱- در هر یک از عبارتهای زیر گزینهی درست را انتخاب کنید.
 - یک- سرعت سنج اتومبیل سرعت را در طول مسیر نشان می دهد.
 - الف) بزرگی
 - ب) جهت
 - دو- در حرکت سرعت لحظه ای و سرعت متوسط با هم برابرند.
 - الف) یکنواخت
 - ب) با شتاب ثابت
 - سه- در حرکت یکنواخت روی خط راست، شتاب متحرک است.
 - الف) مخالف صفر
 - ب) صفر
- ۲- سرعت متوسط در حرکت با شتاب ثابت را می توان از رابطه ی محاسبه کرد.

$$\bar{v} = \frac{v_2 + v_1}{2} \quad \text{ب)}$$

$$\bar{v} = \frac{v_2 - v_1}{2} \quad \text{الف)}$$

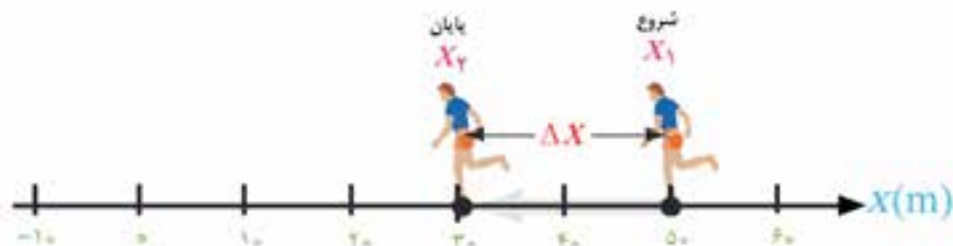
- ۳- وقتی جسمی از ارتفاع معینی رها می شود و آزادانه سقوط می کند شتاب آن در طول حرکت است.
 - الف) متغیر
 - ب) ثابت

۴- برای هر یک از موارد زیر مثالی بزنید.

- الف) جسمی در حال کاهش سرعت است ولی شتاب آن مثبت است.
- ب) جسمی در حال افزایش سرعت است ولی شتاب آن منفی است.

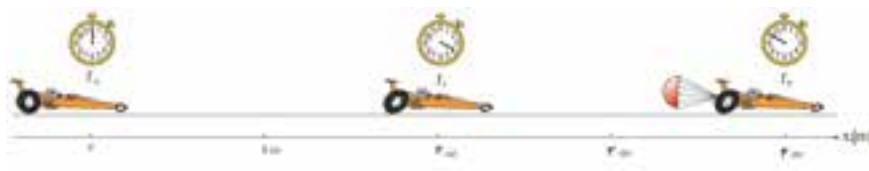
۵- اتومبیلی به سمت غرب حرکت می کند. آیا این اتومبیل می تواند سرعتی به سمت غرب و همزمان شتابی به سمت شرق داشته باشد؟ در چه شرایطی؟

۶- دوندۀ ای در بازه ی زمانی ۳ ثانیه از فاصله ی ۵۰ متری مبدأ تا فاصله ۳۰/۵ متری مبدأ در امتداد خط راست می دود (شکل ۱). سرعت متوسط دوندۀ در این بازه ی زمانی چه قدر است؟



شکل ۱

۷- نسبت سرعت متوسط اتومبیل مسابقه‌ای (در شکل ۲) در بازه‌ی زمانی (t_1, t_2) به سرعت متوسط آن در بازه‌ی زمانی (t_0, t_1) کدام است؟



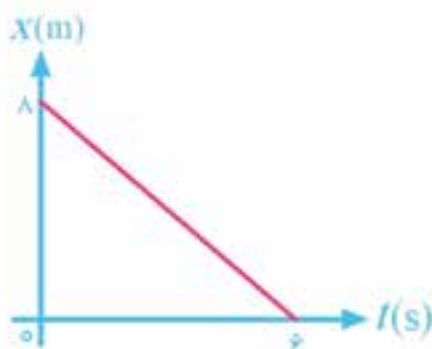
شکل ۲



شکل ۳

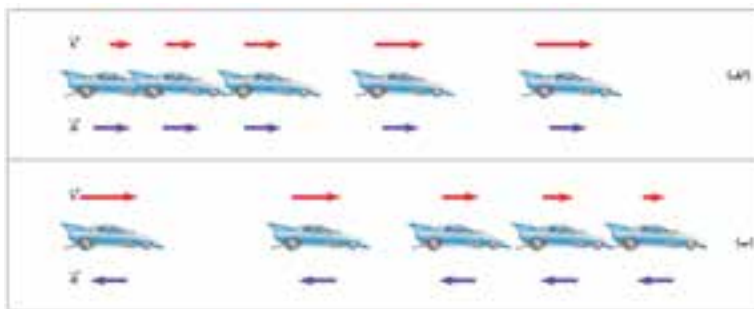
۸- سرعت سنج اتومبیلی، سرعت لحظه‌ای اتومبیل را نشان می‌دهد (شکل ۳). اگر اتومبیل به مدت ۳۰ ثانیه با سرعت ۱۶۰ کیلومتر بر ساعت در امتداد جاده‌ای مستقیم در حرکت باشد، در این مدت چه قدر جابه‌جا می‌شود؟

۹- نمودار، مکان - زمان متحرکی مطابق شکل ۴ است. معادله‌ی مکان - زمان این متحرک را پیدا کنید.



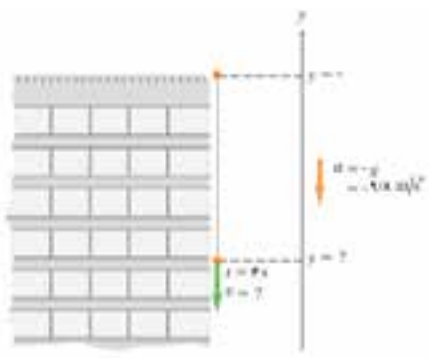
شکل ۴

۱۰- با توجه به شکل ۵، نوع حرکت اتومبیل را در هر یک از حالت‌های (الف) و (ب) بیان کنید.



شکل ۵

- ۱۱- در سریع‌ترین سرویس تنیسی که اندازه‌گیری شده، توپ با سرعت $73/14 \text{ m/s}$ از راکت جدا شده است. یک توپ تنیس به هنگام زدن سرویس به‌طور فرعی 30 میلی ثانیه با راکت تماس دارد و ضربه از حال سکون بر آن وارد می‌شود. شتاب را ثابت فرض کنید.
- الف) شتاب توپ در طی این سرویس چه قدر است؟
- ب) توپ در حین سرویس زدن چه فاصله‌ای را پیموده است؟



شکل ۶

- ۱۲- توپی را از بام ساختمان بلندی به طرف پایین رها می‌کنیم (شکل ۶). جابه‌جایی و سرعت توپ را 4 ثانیه پس از رها شدن پیدا کنید.

نمونه آزمون تشریحی فصل سوم

۱ - در هر یک از عبارت‌های زیر گزینه‌ی درست را انتخاب کنید.

یک - اجسام تمایل دارند وضعیت سکون یا حرکت یکنواخت روی خط راست خود را حفظ کنند. به این تمایل اجسام گفته می‌شود.

الف) وزن ب) لختی

دو - نیرو عامل ایجاد و در نتیجه تغییر در جسم است.

الف) شتاب، سرعت ب) سرعت، شتاب

سه - یکای ثابت جهانی گرانش در SI است.

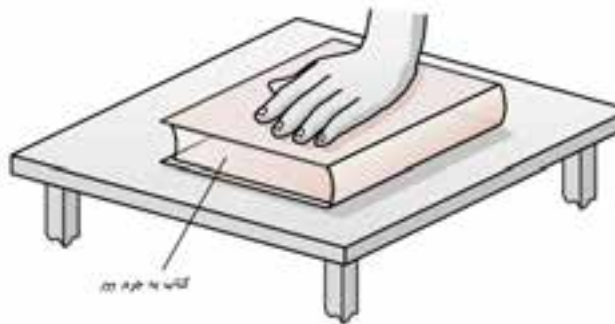
الف) $\text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$ ب) $\text{N} \cdot \text{kg}^2 / \text{m}^2$

چهار - اگر M_e جرم زمین و R_e شعاع آن باشد، g از رابطه‌ی به دست می‌آید.

الف) GM_e / R_e^2 ب) GM_e / R_e^2

۲ - کتابی به جرم m روی میزی قرار دارد. شخصی با کف دست خود کتاب را روی میز می‌فشارد

(شکل ۱). آیا در این وضعیت نیروی عمودی سطح بزرگ‌تر، کوچک‌تر، یا برابر نیروی وزن کتاب mg است؟ توضیح دهید.



شکل ۱

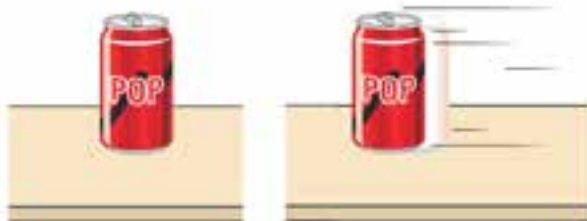
۳ - شکل ۲، یک قوطی نوشابه را در دو حالت

نشان می‌دهد: حالتی که قوطی ساکن است و حالت

دیگری که قوطی روی سطح میزی به طرف چپ

می‌لغزد. در هر حالت نیروهای وارد بر قوطی را

رسم کنید.

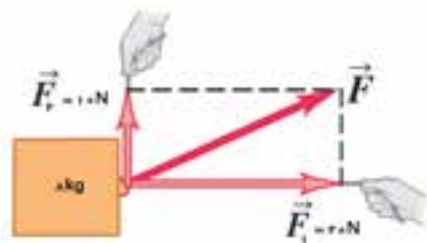


شکل ۲

۴ - می‌دانیم که زمین ماه را می‌کشد (شکل ۳). آیا می‌توان نتیجه گرفت که ماه هم زمین را می‌کشد؟ در صورت مثبت بودن پاسخ، بردار نیروی وارد به زمین از طرف ماه را روی شکل رسم کنید. به اندازه و جهت برداری که رسم می‌کنید توجه نمایید.



شکل ۳



شکل ۴

۵ - دو نیروی عمود بر هم \vec{F}_1 و \vec{F}_2 (مطابق شکل ۴) بر جسمی به جرم 8 kg وارد شده‌اند. الف) بزرگی برآیند نیروهای وارد بر جعبه را پیدا کنید. ب) شتاب حرکت جعبه را پیدا کنید.

۶ - شکل ۵، نوع جدیدی از ترازوی کاوندیش را نشان می‌دهد که به کمک آن می‌توان مقدار G را پیدا کرد. فرض کنید در این ترازو داشته باشیم:

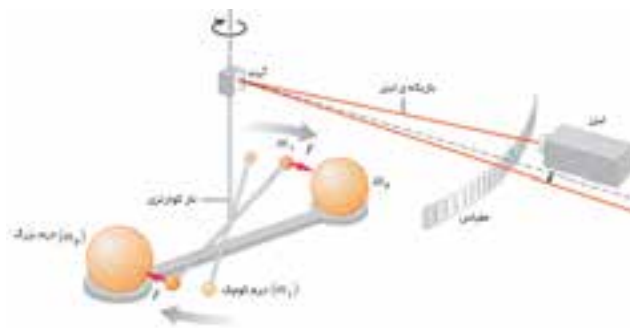
m_1 جرم یکی از گوی‌های کوچک $= 0.01 \text{ kg}$

m_2 جرم یکی از گوی‌های کوچک $= 0.05 \text{ kg}$

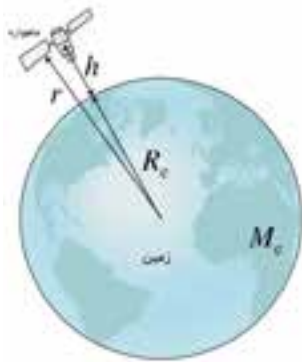
r فاصله‌ی بین مرکز تا مرکز هر گوی بزرگ و گوی کوچک نزدیک‌تر به آن $= 0.05 \text{ kg}$

اگر بزرگی نیروی گرانشی که هر گوی به نزدیک‌ترین گوی وارد می‌کند در آزمایشی برابر

10^{-10} N به دست آمده باشد، مقدار G را پیدا کنید.



شکل ۵



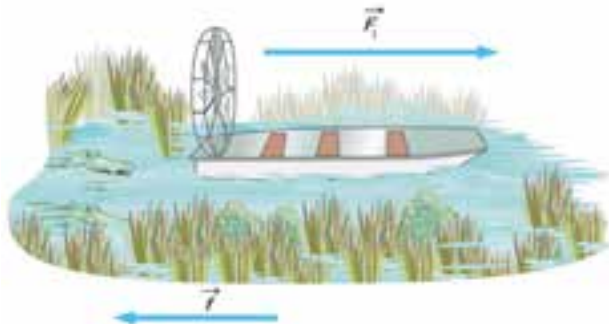
شکل ۶

۷- یک ماهواره‌ی ارتباطاتی از سطح زمین $h = 36000 \text{ km}$ فاصله دارد (شکل ۶). نیروی گرانشی‌ای که زمین بر این ماهواره وارد می‌کند چه قدر است؟

جرم ماهواره را 500 kg ، جرم زمین را $6 \times 10^{24} \text{ kg}$ و شعاع زمین را 6400 km بگیرید.

۸- شکل ۷، یک قایق بادی به جرم کل 350 kg را نشان می‌دهد که پروانه‌ی آن نیروی جلوبرافقی F_1 با بزرگی 1770 N را ایجاد می‌کند. اگر نیروی اصطکاک در برابر حرکت قایق 1070 N باشد: الف) شتاب قایق را پیدا کنید.

ب) اگر قایق از حال سکون شروع به حرکت کرده باشد، پس از چه مدت بزرگی سرعت آن به 12 m/s می‌رسد؟



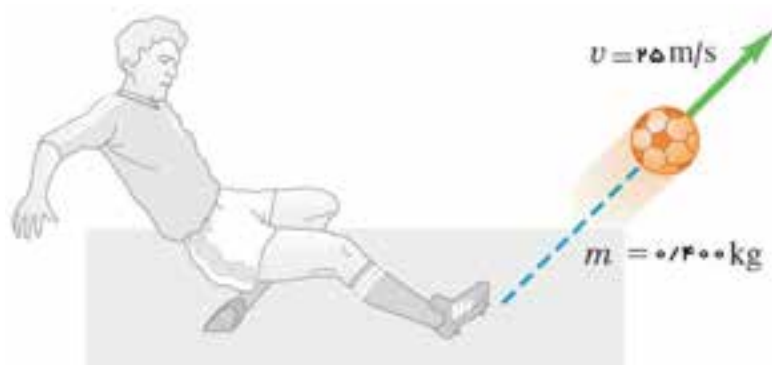
شکل ۷

۹- کارگری نیروی افقی 300 نیوتونی بر جعبه‌ای روی زمین افقی هموار وارد می‌کند (شکل ۸). نیروی اصطکاک ناچیز است. جعبه از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و در 5 s ، به اندازه‌ی 11 m جابه‌جا می‌شود.

الف) جرم جعبه چه قدر است؟

ب) اگر کارگر در پایان 5 s دست از هل دادن بردارد جعبه در 5 ثانیه‌ی بعدی چه مسافتی را طی می‌کند؟

۱۰- یک بازیکن فوتبال، توپی را با سرعت 25 m/s شوت می کند (شکل ۹). تکانه‌ی توپ را پیدا کنید.



شکل ۹

نمونه آزمون تشریحی فصل چهارم

۱- در هر یک از عبارت‌های زیر گزینه‌ی درست را انتخاب کنید.

یک- یکای گشتاور نیرو است.

الف) N/m (ب) $N \cdot m$

دو- برآیند زوج نیروهایی که به یک جسم وارد می‌شوند است.

الف) صفر (ب) غیر صفر

سه- جسمی در تعادل است که هر گاه اندکی جابه‌جا شود و سپس رها شود به وضعیت اولیه‌ی

خود برگردد.

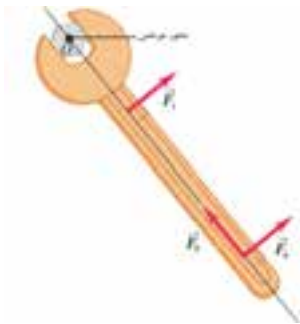
الف) ناپایدار (ب) پایدار

چهار- یکای ثابت نیروی فنر است.

الف) $N \cdot m$ (ب) N/m

پنج- بیشینه نیرویی که باید روی یک فنر وارد شود نامیده می‌شود.

الف) حد کشسانی (ب) حد تناسب



شکل ۱

۲- در شکل ۱، آچاری نشان داده شده است که برای باز کردن

یک مهره‌ی محکم شده به کار می‌رود. کدام یک از این سه نیرویی

که بزرگی یکسان دارند ($F_1 = F_2 = F_3$)، بیش‌تر می‌توانند مهره را شل

کنند؟

۳- وقتی در دو چرخه رکاب می‌زنید هنگامی گشتاور بیشینه تولید می‌شود که بازوی چرخ زنجیرخور

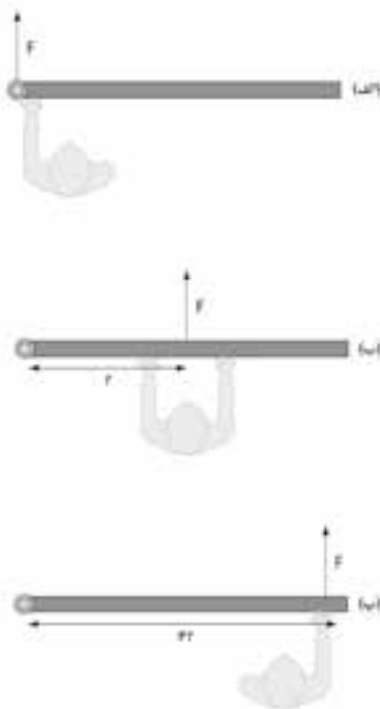
پدال در وضعیت افقی باشد و هنگامی که در وضعیت عمودی باشد گشتاوری تولید نمی‌کند شکل ۲.

توضیح دهید.



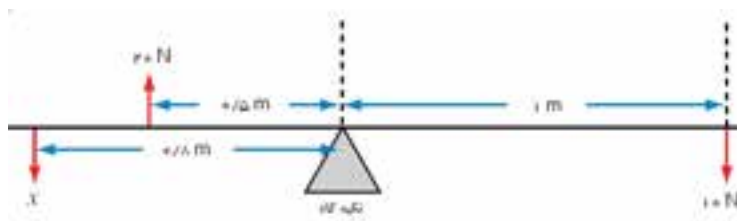
شکل ۲

۴ - گشتاور نیروی وارد شده به لولای در را در هر حالت از شکل ۳، با یکدیگر مقایسه کنید و بگویید که در کدام شرایط در راحت تر باز می شود؟



شکل ۳

۵ - میله‌ی نشان داده شده در شکل ۴، در حال تعادل است. بزرگی نیروی X چه قدر است؟



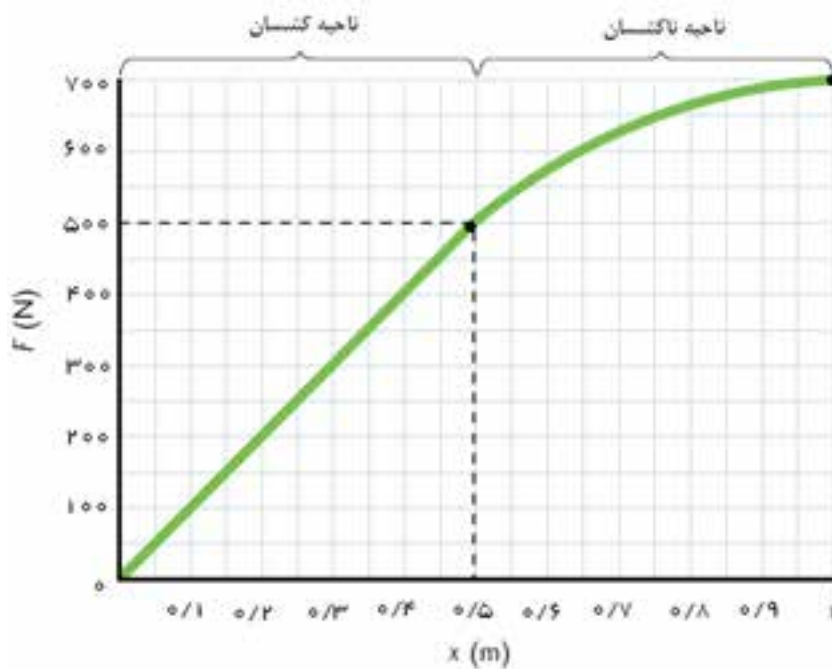
شکل ۴

۶ - گشتاور نیروی وارد به تکیه گاه در شکل ۵، چه قدر است؟



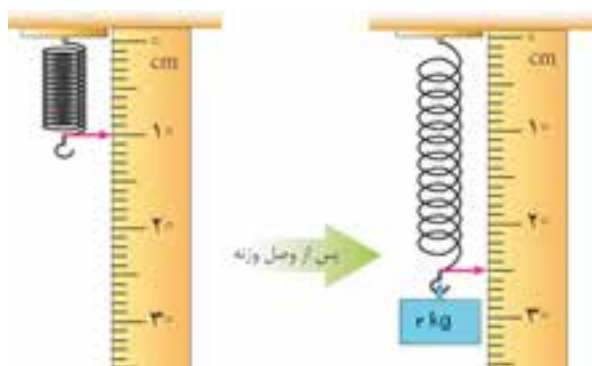
شکل ۵

۷- شکل ۶، نمودار تغییرات بزرگی نیروی وارده شده به یک فنر را بر حسب بزرگی تغییر طول آن نشان می‌دهد. با توجه به وضعیت فنر در ناحیه کشسان، ثابت فنر را تعیین کنید.



شکل ۶

۸- با توجه به شکل ۷، ثابت نیروی فنر چه قدر است؟ (فرض از قانون هوک پیروی می‌کند و $g = 10 \text{ N/kg}$ است.)



شکل ۷

نمونه آزمون تشریحی فصل پنجم

- ۱ - در هر یک از عبارت‌های زیر گزینه‌ی درست را انتخاب کنید.
- یک- هنگامی که گلوله‌ای سقوط می‌کند انرژی آن افزایش و انرژی کاهش می‌یابد.
- الف) جنبشی، پتانسیل ب) پتانسیل، جنبشی
- دو- هرگاه نیرویی به جسمی وارد شود و آن جسم جابه‌جا نشود، کار انجام شده است.
- الف) صفر ب) مخالف صفر
- سه- قضیه‌ی کار و انرژی رابطه‌ی بین و را بیان می‌کند.
- الف) انرژی جنبشی، انرژی پتانسیل گرانشی ب) تغییرات انرژی جنبشی، کار
- چهار- سطلی به وزن 80 N را در دست می‌گیریم و 10 متر در راستای افق جلو می‌بریم. کار نیروی وزن برابر است. ($g = 10\text{ N/kg}$)
- الف) 8000 J ب) صفر
- پنج- یکای توان در SI است.
- الف) وات ب) ژول ثانیه



شکل ۱

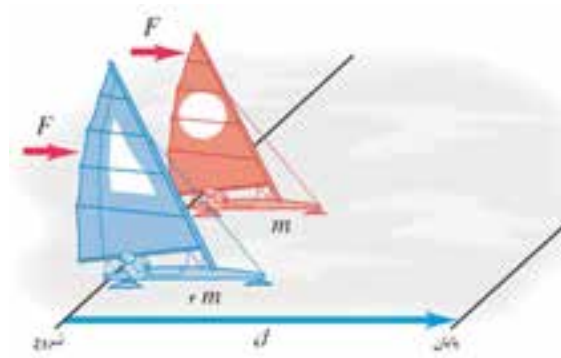
- ۲ - شکل ۱، شخصی را نشان می‌دهد که با زحمت زیاد در حال هل دادن یکی از دیوارهای خانه‌ای است. چرا با وجود این که شخص خسته می‌شود از نظر فیزیک کاری صورت نمی‌گیرد؟

- ۳ - در شکل ۲، به جز طول طناب‌ها، بقیه شرایط کاملاً یکسان است. در کدام حالت کارگر برای جابه‌جایی صندوق به مقدار معین d ، باید نیروی بزرگ‌تری به صندوق وارد کند؟ توضیح دهید.

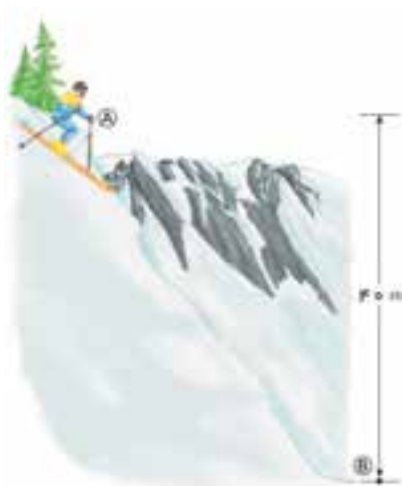


شکل ۲

۴- دو قایق یخ‌شکن روی دریاچه‌ی افقی بی‌اصطکاکی مسابقه می‌دهند (شکل ۳). جرم قایق‌ها m و $2m$ است. هر دو قایق دارای بادبان‌های مشابه‌اند، در نتیجه باد نیروی ثابت F را بر هر قایق وارد می‌کند. هر دو قایق از حال سکون آغاز به حرکت می‌کنند و از خط پایان به فاصله‌ی d می‌گذرند. کدام یک از قایق‌ها از خط پایان با انرژی جنبشی بیش‌تر عبور می‌کند؟

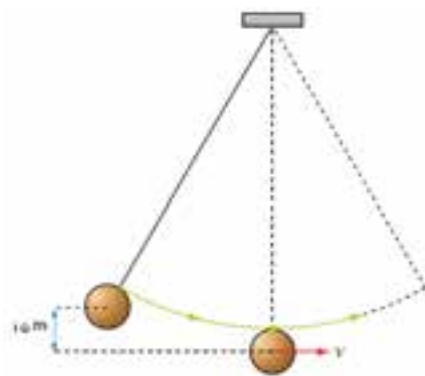


شکل ۳



شکل ۴

۵- اسکی‌بازی به جرم 50 kg از نقطه‌ی A که در ارتفاع 40 متری نقطه‌ی B قرار دارد شروع به حرکت می‌کند (شکل ۴). اگر سرعت اسکی‌باز در نقطه‌ی B برابر 20 m/s باشد، کار نیروی وزن را پیدا کنید. فرض کنید $g = 10\text{ N/kg}$ و همچنین مقاومت هوا و اصطکاک را نادیده بگیرید.



شکل ۵

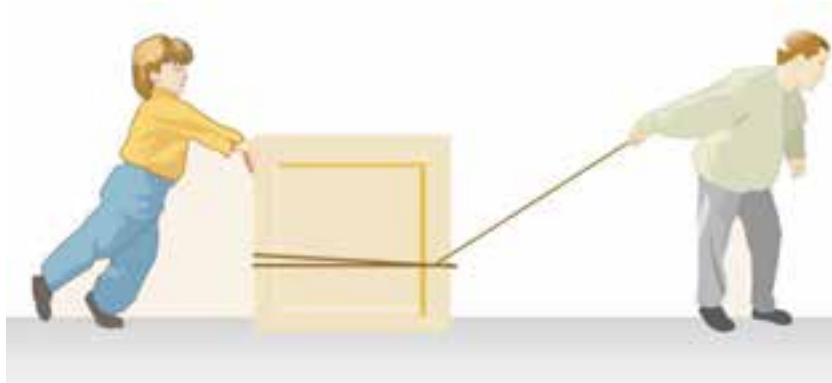
۶- شکل ۵، آونگی متشکل از یک گلوله‌ی فلزی و یک نخ بلند را نشان می‌دهد که از نقطه‌ای آویزان شده است. گلوله‌ی آونگ را از یک طرف کشیده‌ایم و آن را از ارتفاع 15 m نسبت به پایین‌ترین وضعیت رها کرده‌ایم. بزرگی سرعت آونگ وقتی از پایین‌ترین نقطه‌ی مسیرش می‌گذرد چه قدر است؟ فرض کنید اتلاف انرژی ناچیز است.

- ۷- شخصی به وزن 500 N در مدت 5 s با سرعت ثابت از پله‌های ساختمانی به ارتفاع 3 m بالا می‌رود (شکل ۶).



شکل ۶

- الف) کار انجام شده توسط این شخص در مقابل نیروی گرانش چه قدر است؟
 ب) توان این شخص (آهنگ انجام کار) چه قدر است؟
- ۸- شکل ۷، دختری را نشان می‌دهد که با نیروی افقی 75 N صندوقی را در امتداد سطح بدون اصطکاک می‌هل می‌دهد. بزرگی نیرویی که پسر وارد می‌کند 100 N است و با راستای حرکت زاویه‌ی 30° می‌سازد. اگر جابه‌جایی صندوق 4 m باشد:
- الف) کار انجام شده توسط دختر چه قدر است؟
 ب) کار انجام شده توسط پسر چه قدر است؟
 پ) کار کل انجام شده چه قدر است؟

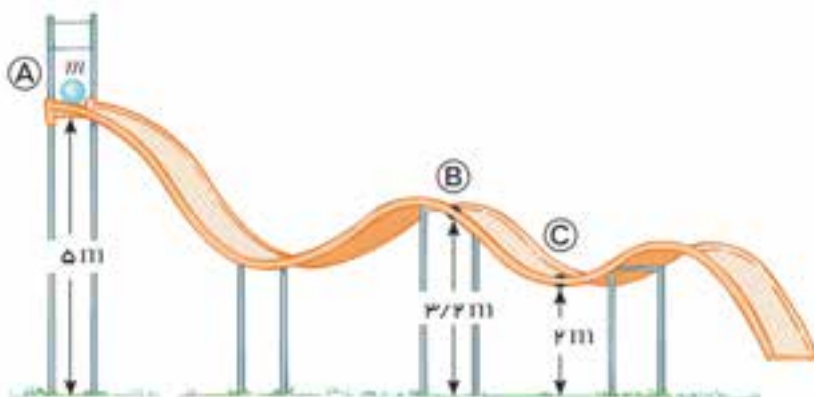


شکل ۷

۹- گلوله‌ای به جرم $m = 5 \text{ kg}$ از نقطه‌ی A رها می‌شود و روی سطح بدون اصطکاک (مطابق شکل ۸) به حرکت در می‌آید.

الف) بزرگی سرعت گلوله را در نقطه‌های B و C پیدا کنید.

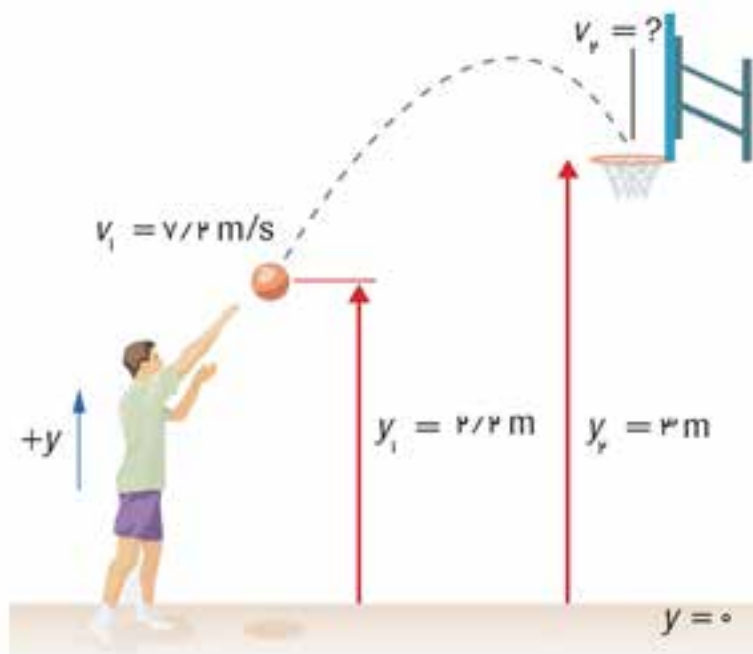
ب) کار خالص انجام شده توسط نیروی گرانش را در حین جابه‌جایی گلوله از A به B به دست آورید.



شکل ۸

۱۰- شکل ۹، ورزشکاری را در حال پرتاب توپ به طرف سبد نشان می‌دهد. با فرض ناچیز بودن

مقاومت هوا، بزرگی سرعت توپ هنگام ورود به سبد چه قدر است؟



شکل ۹

نمونه آزمون تشریحی فصل ششم

۱- در هر یک از عبارتهای زیر گزینهی درست را انتخاب کنید.

یک- هر 1 kg/m^3 برابر با است.

الف) 1000 g/cm^3 ب) 10^{-3} g/cm^3

دو- یکای فشار در SI، است که نامیده می شود.

الف) N/m^2 ، اتمسفر ب) N/m^2 ، پاسکال

سه- هنگامی که گاز داخل یک محفظه‌ی کوچک باشد، اختلاف فشار در نقاط مختلف داخل

آن است.

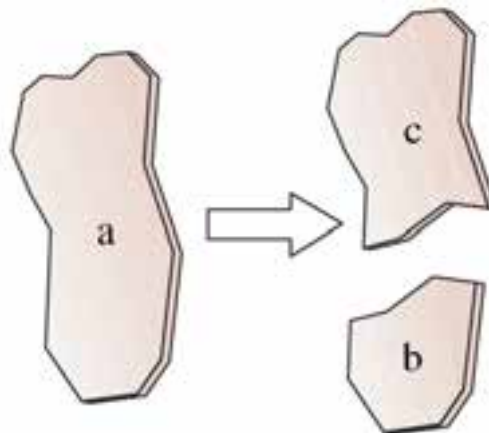
الف) قابل توجه ب) ناچیز

چهار- فشار هوا در سطح آزاد دریا برابر با است.

الف) 1 atm ب) 10^5 atm

۲- یک تکه شیشه به دو قسمت با اندازه‌ی متفاوت شکسته شده است (شکل ۱). چگالی هر تکه از

شیشه‌ها (a, b, c) را از بیش‌ترین مقدار تا کم‌ترین مقدار بنویسید.

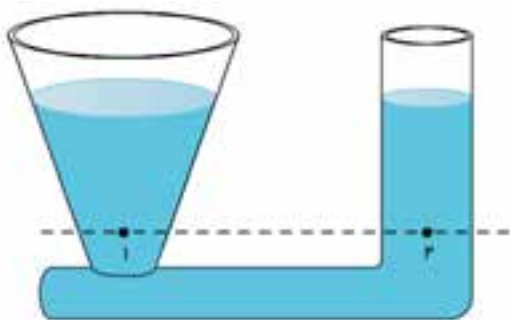


شکل ۱

۳- شکل ۲، دو ظرف مرتبط به یکدیگر را نشان

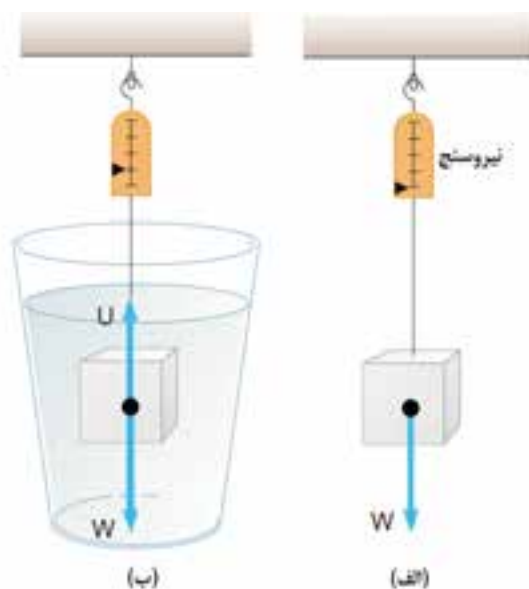
می‌دهد که محتوی آب است. فشار ناشی از مایع را

در دو نقطه‌ی هم‌تراز ۱ و ۲ با یکدیگر مقایسه کنید.



شکل ۲

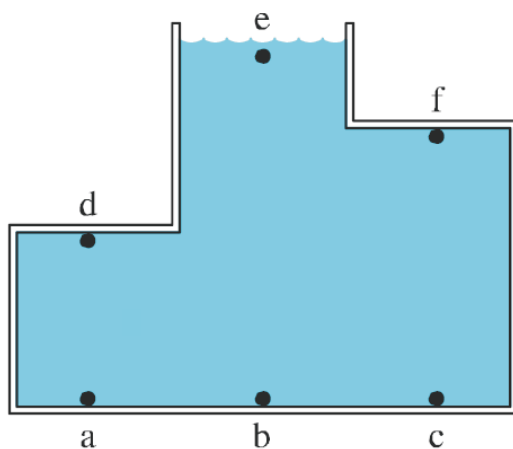
۴- شکل ۳، جسم آویزان شده از نیروسنج را در دو وضعیت نشان می‌دهد. توضیح دهید در هر حالت نیروسنج چه مقداری را نشان می‌دهد.



شکل ۳

۵- سنگی به دریاچه‌ای عمیق انداخته می‌شود. با فرو رفتن هرچه بیشتر آن در آب، نیروی شناوری وارد بر آن زیاد می‌شود یا کم؟

۶- در شکل ۴، فشار وارد شده در هر یک از نقطه‌ها را از بیش‌ترین تا کم‌ترین مقدار به ترتیب بنویسید.



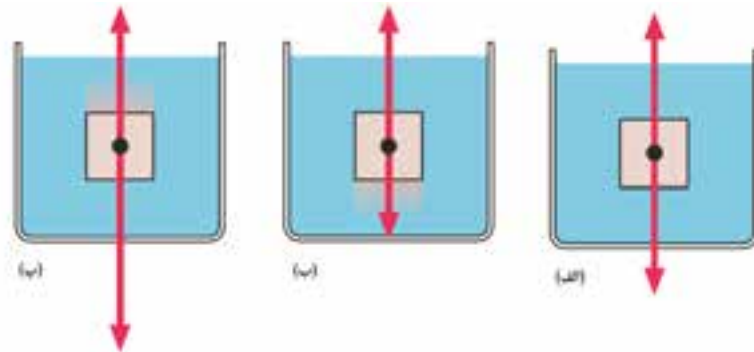
شکل ۴

۷- شکل ۵، سه جسم غوطه‌ور در آب را نشان می‌دهد. با توجه به بزرگی نیروها و همچنین با استفاده از مفهوم چگالی توضیح دهید:

الف) کدام جسم در آب غرق می‌شود؟

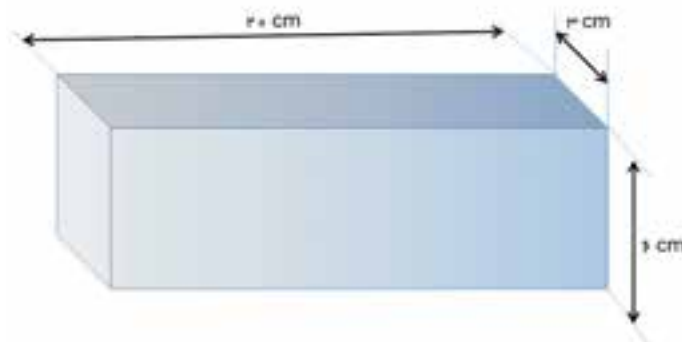
ب) کدام جسم در آب شناور می‌ماند؟

پ) کدام جسم به حالت غوطه‌ور در آب می‌ماند؟



شکل ۵

۸- جرم قطعه‌ای مستطیل شکل به ابعاد $3\text{ cm} \times 6\text{ cm} \times 20\text{ cm}$ چه قدر است (شکل ۶)؟ چگالی آلومینیوم را 2700 kg/m^3 بگیرید.



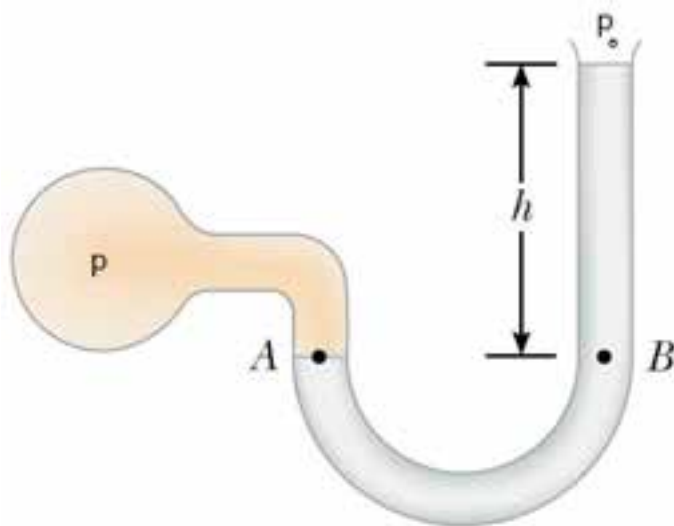
شکل ۶

۹- دانشمندان شواهدی یافته‌اند که مریخ ممکن است در زمانی اقیانوسی به عمق 5 km داشته است. شتاب ناشی از گرانش در مریخ $3/7\text{ m/s}^2$ است. با این فرض که چنین اقیانوسی آب شیرین با چگالی 1 g/cm^3 داشته است،

الف) فشار ناشی از آب در کف چنین اقیانوسی چه قدر است؟

ب) در اقیانوس روی زمین به چه عمقی باید رفت تا همین فشار ناشی از آب وجود داشته باشد؟

۱۰- مخزن گازی با فشار p به یک لوله‌ی U شکل محتوی جیوه وصل شده است (شکل ۷). اگر $h = ۳۰\text{ cm}$ باشد، فشار گاز، p ، چقدر است؟ فشار هوا را $p_0 = ۱۰^۵\text{ Pa}$ بگیرید.



شکل ۷



فهرست منابع فارسی

- ۱- فیزیک (۲)، فنی حرفه‌ای (زمینه‌ی صنعت)، روح الله خلیلی بروجنی، سازمان پژوهش و برنامه‌ریزی آموزشی، ۱۳۹۰.
- ۲- فیزیک دانشگاهی، جلد اول، ویرایش ۱۲، هیویانگ و اجر فریدمن، ترجمه‌ی اعظم پورقاضی، روح الله خلیلی بروجنی، محمد تقی فلاحی مروست، ۱۳۸۹، نشر علوم نوین.
- ۳- دانشنامه‌ی فیزیک، جلد‌های اول تا سوم، مرکز تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان - بنیاد دانشنامه‌ی بزرگ فارسی.
- ۴- کتاب راهنمای مطالعه و کار برای دانش آموز، فیزیک ۲، روح الله خلیلی بروجنی، انتشارات محراب قلم، ۱۳۸۹.
- ۵- مجله‌های آموزش فیزیک و رشد تکنولوژی، دفتر انتشارات کمک آموزشی.

