با ایران توشه
یک قدم جلوتر
باش!

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت



ایران توشه، مرجع دانلود فایل های کمک آموزشی دانش آموزان و کنکوری ها

همه چیز
برای موفقیت
تو!

- دانلود رایگان آزمون های آزمایشی قلمچی، خیلی سبز، گاج و ...
- دانلود رایگان گام به گام تمامی دروس
- دانلود رایگان نمونه سوالات امتحانی (نوبت اول و دوم) و امتحانات نهایی
- دانلود رایگان جزوه های کمک آموزشی و شب امتحانی

کافیست هر فایلی که نیاز دارید را در گوگل به این صورت جستجو کنید:

فایل مورد نیاز + ایران توشه

مثال:

دانلود گام به گام دوازدهم تجربی ایران توشه



irantooshe.ir

t.me/irantooshe

گام به گام فیزیک ۱ دهم تجربی

پاسخ فعالیت‌ها، پرسش‌ها، تمرین‌ها و مسئله‌های کتاب

پایه‌ی دهم · دوره‌ی دوم متوسطه · علوم تجربی

شامل پاسخ فعالیت‌ها، پرسش‌ها، تمرین‌ها، مثال‌های تکمیلی و مسئله‌های پایان فصل کتاب

تهیه‌شده در ایران‌توشه، توشه‌ای برای موفقیت

irantooshe.ir

فهرست فصل‌ها

۱ فصل اول — فیزیک و اندازه‌گیری ۴

۲ فصل دوم — ویژگی‌های فیزیکی مواد ۲۰

۳ فصل سوم — کار، انرژی و توان ۴۰

۴ فصل چهارم — دما و گرما ۵۹

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

گام به گام فیزیک ۱ دهم تجربی – فصل اول

فیزیک و اندازه‌گیری

فهرست

۱ صفحه ۴ · فعالیت — کاربردهای فیزیک در فناوری ۵
۲ صفحه ۶ · پرسش — مدل‌سازی در نورشناسی ۵
۳ صفحه ۸ · پرسش — یکای طول بر پایه‌ی بدن ۶
۴ صفحه ۸ · تمرین — یکای نجومی، سال نوری و اختروش‌ها ۶
۵ صفحه ۹ · فعالیت — اندازه‌گیری زمان از دوران باستان ۷
۶ صفحه ۱۰ · تمرین — تبدیل آهنگ شارش به لیتر بر دقیقه ۷
۷ صفحه ۱۱ · فعالیت — یکاهای قدیمی ایرانی جرم ۷
۸ صفحه ۱۳ · پرسش — نمادگذاری علمی جرم زنبور عسل ۸
۹ صفحه ۱۳ · تمرین — پیشوندهای یکاها و نمادگذاری علمی ۸
۱۰ صفحه ۱۵ · فعالیت — اندازه‌گیری جرم و حجم قطره و قطر سیم ۸
۱۱ صفحه ۱۷ · تمرین — تبدیل g/cm^3 به kg/m^3 ۹
۱۲ صفحه ۱۷ · پرسش — خاموش کردن بنزین شعله‌ور با آب ۹
۱۳ صفحه ۱۷ · تمرین — جرم خون ۱۰
۱۴ صفحه ۱۷ · تمرین — جرم و وزن هوای کلاس ۱۰
۱۵ صفحه ۱۷ · فعالیت — پرتقال در آب ۱۰
۱۶ صفحه ۱۸ · پرسش — سه مایع مخلوط‌نشدنی در استوانه ۱۱
۱۷ صفحه ۱۸ · فعالیت — اندازه‌گیری چگالی جامدها و مایع‌ها ۱۱
۱۸ صفحه ۱۹ · پرسش — بازنگری مدل یا نظریه‌ی فیزیکی ۱۲
۱۹ صفحه ۱۹ · پرسش — فرایند مدل‌سازی با مثال ۱۲
۲۰ صفحه ۱۹ · پرسش — برآورد طول و مقایسه با اندازه‌گیری ۱۲
۲۱ صفحه ۱۹ · پرسش — جرم سوزن ته‌گرد با ترازوی آشپزخانه ۱۳
۲۲ صفحه ۱۹ · پرسش — پدیده‌های تکرارشونده برای زمان‌سنجی ۱۳
۲۳ صفحه ۱۹ · مسئله — میکروقرن و یک میلیارد ثانیه ۱۳
۲۴ صفحه ۱۹ · مسئله — هکتار و مساحت زمین و ایران ۱۴
۲۵ صفحه ۱۹ · مسئله — جرم الماس دریای نور و کوه نور ۱۴
۲۶ صفحه ۱۹ · پرسش — نقشه‌ی مفهومی کمیت‌های فیزیکی ۱۵
۲۷ صفحه ۲۰ · مسئله — آهنگ رشد گیاه ۱۵
۲۸ صفحه ۲۰ · مسئله — ارتفاع پرواز هواپیما از پا به متر ۱۵
۲۹ صفحه ۲۰ · مسئله — قدمت قدیمی‌ترین سنگ‌نوشته ۱۶
۳۰ صفحه ۲۰ · مسئله — تندی شناورها بر حسب گره ۱۶
۳۱ صفحه ۲۱ · مسئله — طول جزیره‌ی قشم بر حسب ذرع و فرسنگ ۱۷
۳۲ صفحه ۲۱ · پرسش — دقت تندی‌سنج خودرو ۱۷
۳۳ صفحه ۲۱ · پرسش — دقت ریزسنج و کولیس رقمی ۱۷
۳۴ صفحه ۲۱ · مسئله — چگالی شمش طلا ۱۸
۳۵ صفحه ۲۲ · مسئله — چگالی جسم جامد از روی شکل ۱۸
۳۶ صفحه ۲۲ · مسئله — ستاره‌ی کوتوله‌ی سفید ۱۹

این فایل توسط سایت ایران‌توشه تهیه شده است.
irantooshe.ir

۱ صفحه ۴ فعالیت

افزون بر فهرست بالا، شما نیز به اتفاق اعضای گروه خود، فهرست دیگری از کاربردهای فیزیک در فناوری تهیه کنید که نقش مهمی در زندگی ما دارند. (این فهرست را می‌توانید به‌صورت پوستر، پرده‌نگار (پاورپوینت)، فیلم‌های کوتاه و ... تهیه و ارائه کنید.)

نمونه‌ای از فهرست کاربردهای فیزیک در فناوری و زندگی روزمره:

- **پزشکی:** دستگاه‌های رادیولوژی (پرتو ایکس)، سونوگرافی، MRI، لیزر درمانی و ضربان‌ساز قلب
- **ارتباطات:** تلفن همراه، اینترنت، فیبر نوری، ماهواره و رادیو و تلویزیون
- **حمل‌ونقل:** موتور خودرو و هواپیما، قطار مغناطیسی، سامانه‌ی ناوبری GPS
- **انرژی:** نیروگاه‌ها، پنل‌های خورشیدی، توربین‌های بادی و باتری‌ها
- **لوازم خانگی:** یخچال، ماشین لباسشویی، مایکروفر، لامپ LED و تلویزیون
- **رایانه و الکترونیک:** ترانزیستور، تراشه‌ها و حافظه‌ها
- **صنعت:** برش و جوشکاری با لیزر، ابزارهای اندازه‌گیری دقیق، رباتیک

۲ صفحه ۶ پرسش

شکل الف براساس آنچه در علوم سال هشتم در زمینه‌ی نورشناسی خواندید آمده است. اجزای این شکل را توضیح دهید و بگویید که در آن، چه چیزی مدل‌سازی شده است. این مدل‌سازی چگونه در تشکیل تصویر در یک دوربین عکاسی به‌کار رفته است (شکل ب)؟

اجزای شکل الف: یک چشمه‌ی نور (لیزر مدادی) باریکه‌ی نوری تولید می‌کند. این باریکه‌ی نور به صورت یک خط راست با پیکان که جهت انتشار نور را نشان می‌دهد، رسم شده و آن را «پرتو نور» می‌نامیم. پرتوهای فرودی به سطح جسم می‌رسند و پرتوهای بازتابیده از آن برمی‌گردند.

آنچه مدل‌سازی شده: باریکه‌ی پهن و واقعی نور با یک خط راست (پرتو نور) مدل‌سازی شده است. در این مدل از پهنای باریکه و ماهیت پیچیده‌ی نور چشم‌پوشی می‌کنیم و فرض می‌کنیم نور در محیط یکنواخت در مسیر مستقیم منتشر می‌شود.

کاربرد در دوربین: هر نقطه از جسم، پرتوهایی را در همه‌ی جهت‌ها بازتاب می‌کند. با رسم چند پرتو از هر نقطه‌ی جسم که از روزنه (یا عدسی) دوربین می‌گذرند و روی پرده‌ی پشت دوربین می‌رسند، می‌توانیم جای تشکیل تصویر و اندازه و وارونگی آن را به‌سادگی پیش‌بینی کنیم.

۳ صفحه ۸ پرسش

اگر مطابق شکل روبه‌رو، یکای طول را به‌صورت فاصله‌ی نوک بینی تا نوک انگشتان دست کشیده‌شده بگیریم، چه مزایا و چه معایبی دارد؟

مزایا: همیشه و همه‌جا همراه ما است و برای اندازه‌گیری‌های تقریبی به‌راحتی و بدون ابزار در دسترس است.

معایب: این فاصله از فردی به فرد دیگر فرق می‌کند (بزرگسال و کودک)، با رشد و گذشت زمان تغییر می‌کند، تغییرناپذیر و قابل بازتولید در مکان‌های مختلف نیست و دقت کافی ندارد؛ پس برای اندازه‌گیری‌های درست و قابل اطمینان مناسب نیست.

۴ صفحه ۸ تمرین

با توجه به جدول ۱ـ۳، فاصله‌ی منظومه‌ی شمسی تا نزدیک‌ترین ستاره، بر حسب یکای نجومی چقدر است؟ (یکای نجومی برابر میانگین فاصله‌ی زمین تا خورشید است: 1 AU ≈ 1.50 × 10^11 m)
مسافتی را که نور در مدت یک سال در خلأ می‌پیماید یک سال نوری می‌نامند و آن را با نماد ly نمایش می‌دهند. این فاصله را بر حسب متر محاسبه کنید. تندی نور را در خلأ 3.00 × 10^8 m/s بگیرید.
اختروش‌ها دورترین اجرام شناخته‌شده از منظومه‌ی شمسی هستند و به عبارتی در دورترین محل قابل مشاهده‌ی کیهان قرار دارند. فاصله‌ی اختروش‌ها از منظومه‌ی شمسی 1.00 × 10^26 m برآورد شده است. این فاصله را بر حسب سال نوری بیان کنید.

الف) فاصله‌ی نزدیک‌ترین ستاره از جدول ۱ـ۳ برابر 4 × 10^16 m است:

$$d = (4 \times 10^{16}\ m) \times (1\ AU / 1.50 \times 10^{11}\ m) \approx 2.67 \times 10^5\ AU$$

ب) یک سال تقریباً 3.15 × 10^7 s است (جدول ۱ـ۵):

$$1\ ly = c \cdot t = (3.00 \times 10^8\ m/s)(3.15 \times 10^7\ s) = 9.45 \times 10^{15}\ m$$

پ)

$$d = (1.00 \times 10^{26}\ m) \times (1\ ly / 9.45 \times 10^{15}\ m) \approx 1.06 \times 10^{10}\ ly$$

یعنی حدود ده میلیارد سال نوری.

۵ صفحه ۹ فعالیت

در خصوص چگونگی اندازه‌گیری زمان از دوران باستان تا عصر حاضر مطالبی را به‌طور مستند تهیه کنید. مطالب تهیه‌شده را با توجه به مهارت و علاقه‌مندی افراد گروه خود، به یکی از شکل‌های روزنامه‌ی دیواری، پاورپوینت، قطعه فیلم کوتاه و ... به کلاس درس ارائه دهید.

خلاصه‌ی سیر تاریخی اندازه‌گیری زمان:

- **دوران باستان:** استفاده از حرکت ظاهری خورشید، ماه و ستارگان (روز، ماه و سال)؛ ساعت آفتابی (سایه‌ی میله) و تقویم
- **ساعت‌های آبی و شنی:** اندازه‌گیری زمان با جریان آب یا ریزش شن در مصر، ایران، یونان و چین (پنگان یا «طاس نیم‌شب»)
- **ساعت‌های مکانیکی:** ساعت‌های چرخ‌دنده‌ای در سده‌های میانه و ساعت آونگی گالیله و هویگنس
- **ساعت‌های کوارتز:** نوسان بلور کوارتز با دقت بالا در ساعت‌های مچی و دیواری
- **ساعت‌های اتمی:** براساس نوسان اتم‌ها (مثلاً سزیم) با دقتی بسیار زیاد؛ استاندارد کنونی ثانیه

۶ صفحه ۱۰ تمرین

در فیزیک، تغییر هر کمیت را نسبت به زمان، معمولاً آهنگ آن کمیت می‌نامیم. از شیلنگ شکل روبه‌رو، آب با آهنگ 125 cm^3/s خارج می‌شود. این آهنگ را به روش تبدیل زنجیره‌ای، بر حسب یکای لیتر بر دقیقه (L/min) بنویسید. (هر لیتر معادل ۱۰۰۰ سانتی‌متر مکعب است.)

125 cm^3/s = 125 (cm^3/s) × (1 L / 1000 cm^3) × (60 s / 1 min) = 7.5 L/min

۷ صفحه ۱۱ فعالیت

این یکاها به‌صورت خروار، من تبریز، سیر، مثقال، نخود و گندم از جمله یکاهای قدیمی ایرانی برای اندازه‌گیری جرم است. ۱ خروار = ۱۰۰ من تبریز؛ ۱ من تبریز = ۴۰ سیر = ۶۴۰ مثقال؛ ۱ مثقال = ۲۴ نخود = ۹۶ گندم. با توجه به اینکه هر مثقال اندکی بیش از ۴.۶ گرم است، یکاهای سیر و گندم را برحسب گرم و کیلوگرم بیان کنید.

از رابطه‌ها: ۱ سیر = ۶۴۰ ÷ ۴۰ = ۱۶ مثقال، و ۱ گندم = ۱ ÷ ۹۶ مثقال. با g مثقال ≈ 4.6 1:

1 سیر = 16 × 4.6 g = 73.6 g = 0.0736 kg ≈ 7.4 × 10^−2 kg

1 گندم = 4.6 g / 96 ≈ 0.048 g = 4.8 × 10^−5 kg

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۸ صفحه ۱۳ پرسش

کدام گزینه جرم یک زنبور عسل (0.00015 kg) را به‌صورت نمادگذاری علمی درست بیان می‌کند؟ ۱۵ × 10^−5 kg ، 0.15 × 10^−3 kg ، 1.5 × 10^−4 kg ، 1.5 × 10^−5 kg

گزینه‌ی سوم: 1.5 × 10^−4 kg

در نمادگذاری علمی، عدد ضرب‌شونده باید از ۱ تا ۱۰ باشد (یعنی یک رقم غیرصفر پیش از ممیز). گزینه‌های ۱ و ۴ این شرط را ندارند (۱۵ و ۰.۱۵) و گزینه‌ی ۲ توان نادرست دارد؛ چون 1.5 × 10^−4 = 0.00015.

۹ صفحه ۱۳ تمرین

با توجه به پیشوندهای یکاهای SI و نمادگذاری علمی جدول زیر را کامل کنید.

کمیت	مقدار در SI	برحسب یکای اول	برحسب یکای دوم
قطر میانگین یک گویچه‌ی (گلبول) قرمز	7.0 × 10^−6 m	7.0 µm	7.0 × 10^−3 mm
قطر هسته‌ی اتم اورانیوم	1.17 × 10^−14 m	11.7 fm	1.17 × 10^−2 pm
جرم یک گیره‌ی کاغذ	1.0 × 10^−4 kg	0.10 g	1.0 × 10^2 mg
زمانی که نور مسافت ۰.۳ متر را در هوا طی می‌کند	1.0 × 10^−9 s	1.0 × 10^−3 µs	1.0 ns
زمانی که صوت مسافت ۰.۳۵ متر را در هوا طی می‌کند	1.0 × 10^−3 s	1.0 ms	1.0 × 10^3 µs

یکاهای اول و دوم به ترتیب مطابق ستون‌های جدول کتاب‌اند: µm و mm، fm و pm، g و mg، µs و ns، ms و µs.

نمونه‌ی محاسبه: 1.0 × 10^2 mg = 0.10 g = 1.0 × 10^−4 × 10^3 g = 1.0 × 10^−4 kg؛ تندی نور 3 × 10^8 m/s است پس t = 1.0 × 10^−9 s = 0.3/(3 × 10^8)؛ تندی صوت در هوا حدود 350 m/s است پس t = 1.0 × 10^−3 s = 0.35/350.

۱۰ صفحه ۱۵ فعالیت

الف) آزمایشی طراحی و اجرا کنید که به کمک آن بتوان جرم و حجم یک قطره آب را اندازه‌گیری کرد.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

ب) تکه‌ای سیم الکی نازک یا نخ قرقره به طول تقریبی یک متر تهیه کنید. آزمایشی طراحی و اجرا کنید که به کمک یک خط‌کش میلی‌متری بتوان قطر این سیم یا نخ را اندازه‌گیری کرد.

الف) اندازه‌گیری یک قطره به‌تنهایی دقیق نیست؛ پس تعداد زیادی قطره را اندازه می‌گیریم و بر تعدادشان تقسیم می‌کنیم. با قطره‌چکان، ۱۰۰ قطره آب را درون ظرفی کوچک که جرم آن را قبلاً با ترازوی دقیق اندازه گرفته‌ایم می‌چکانیم و جرم ظرف و آب را می‌خوانیم. همین ۱۰۰ قطره را درون استوانه‌ی مدرج کوچک می‌ریزیم و حجم را می‌خوانیم. (داده‌ی نمونه)

- جرم ۱۰۰ قطره: $m = 5.0\ g$ ⇒ جرم هر قطره: $5.0\ g / 100 = 0.050\ g$
- حجم ۱۰۰ قطره: $V = 5.0\ mL$ ⇒ حجم هر قطره: $0.050\ mL = 0.050\ cm^3$

ب) سیم را تعدادی دور، مثلاً ۴۰ دور، فشرده و بدون فاصله و بدون روی‌هم‌افتادن دور یک مداد یا میله‌ی صاف می‌پیچیم. طول پیچه‌ی ایجادشده را با خط‌کش میلی‌متری اندازه می‌گیریم و بر تعداد دورها تقسیم می‌کنیم. (داده‌ی نمونه)

$L = 20.0\ mm, N = 40 \Rightarrow d = L / N = 20.0 / 40 = 0.50\ mm$

آزمایش را چند بار تکرار و میانگین می‌گیریم تا خطا کاهش یابد.

۱۱ صفحه ۱۷ تمرین

یکی دیگر از یکاهای متداول چگالی، گرم بر سانتی‌متر مکعب (g/cm^3) است. به روش تبدیل زنجیره‌ای نشان دهید: $1\ g/cm^3 = 1000\ kg/m^3$

$1\ g/cm^3 = 1\ (g/cm^3) \times (1\ kg / 1000\ g) \times (100\ cm / 1\ m)^3 = (10^6 / 10^3)\ kg/m^3 = 1000\ kg/m^3$

۱۲ صفحه ۱۷ پرسش

چگالی بنزین $6.80 \times 10^2\ kg/m^3$ است. توضیح دهید چرا آب مایع مناسبی برای خاموش‌کردن بنزین شعله‌ور نیست.

چگالی بنزین ($680\ kg/m^3$) کمتر از چگالی آب ($1000\ kg/m^3$) است و بنزین با آب مخلوط نمی‌شود. بنابراین بنزین روی آب می‌ماند و با ریختن آب، سطح آب بالا می‌آید و بنزین شعله‌ور روی آب پخش می‌شود و آتش گسترده‌تر می‌شود؛ در نتیجه آب نمی‌تواند هوا را از بنزین جدا کند و آتش را خاموش نمی‌کند.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۱۳ صفحه ۱۷ تمرین

حجم خون در گردش یک فرد بالغ با توجه به جرمش، می‌تواند بین 4.70 L تا 5.50 L باشد. جرم 4.70 L خون چند کیلوگرم است؟ چگالی خون را 1.05 g/cm^3 بگیرید.

$\rho = 1.05\ g/cm^3 = 1.05 \times 10^3\ kg/m^3$ و $V = 4.70\ L = 4.70 \times 10^3\ cm^3 = 4.70 \times 10^{-3}\ m^3$

$m = \rho V = (1.05 \times 10^3\ kg/m^3)(4.70 \times 10^{-3}\ m^3) \approx 4.94\ kg$

۱۴ صفحه ۱۷ تمرین

جرم و وزن تقریبی هوای درون کلاستان را پیدا کنید.

ابعاد کلاس را با متر اندازه می‌گیریم. (داده‌ی نمونه): طول 8 m، عرض 6 m و ارتفاع 3 m. چگالی هوا (جدول ۸ـ۱) $1.29\ kg/m^3$ است.

$V = 8 \times 6 \times 3 = 144\ m^3$

$m = \rho V = 1.29 \times 144 \approx 1.9 \times 10^2\ kg$

$W = mg = 186\ kg \times 9.8\ N/kg \approx 1.8 \times 10^3\ N$

بسته به ابعاد کلاس شما عددها تفاوت می‌کنند، ولی جرم هوای یک کلاس معمولی چند ده تا چند صد کیلوگرم است.

۱۵ صفحه ۱۷ فعالیت

اگر پرتقالی را درون ظرف محتوی آب بیندازیم پیش‌بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را انجام دهید (شکل الف) و نتیجه‌ی مشاهده‌ی خود را با توجه به مفهوم چگالی توضیح دهید. اگر پرتقال را بدون پوست درون ظرف محتوی آب بیندازیم دوباره پیش‌بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را مطابق شکل (ب) انجام دهید و نتیجه‌ی مشاهده‌ی خود را با توجه به مفهوم چگالی توضیح دهید. در آزمایش (الف) پرتقال جرم بیشتری دارد و اصطلاحاً سنگین‌تر است. آیا سنگین‌تر بودن یک جسم دلیلی بر فرو رفتن آن در آب است؟ توضیح دهید.

الف) پرتقال با پوست روی آب شناور می‌ماند. پوست پرتقال حفره‌های هوای فراوان دارد، پس چگالی میانگین پرتقال با پوست از چگالی آب کمتر است.

ب) پرتقال بدون پوست در آب فرو می‌رود، زیرا چگالی آن از چگالی آب بیشتر است.

نتیجه: فرو رفتن یا شناور ماندن به چگالی جسم بستگی دارد، نه به جرم آن. پرتقال با پوست جرم بیشتری دارد ولی چگالی‌اش کمتر است و شناور می‌ماند؛ پس سنگین‌تر بودن دلیلی بر فرو رفتن نیست. (جسمی با چگالی بیشتر از چگالی مایع در آن فرو می‌رود.)

۱۶ صفحه ۱۸ پرسش

سه مایع مخلوط‌نشدنی A، B و C که چگالی‌های متفاوتی دارند درون استوانه‌ای شیشه‌ای ریخته شده‌اند. این سه مایع عبارت‌اند از: جیوه (با چگالی 13.6 × 10^3 kg/m^3)، روغن زیتون (با چگالی 9.20 × 10^2 kg/m^3) و آب (با چگالی 1.00 × 10^3 kg/m^3). جنس هر یک از مایع‌های A، B و C درون استوانه را مشخص کنید.

مایعی که چگالی بیشتری دارد پایین‌تر و مایعی که چگالی کمتری دارد بالاتر قرار می‌گیرد. ترتیب چگالی‌ها: روغن زیتون (۹۲۰) <lt& آب (۱۰۰۰) <lt& جیوه (۱۳۶۰۰) برحسب kg/m^3. بنابراین از بالا به پایین:

- A (بالاترین لایه): روغن زیتون
- B (لایه‌ی میانی): آب
- C (پایین‌ترین لایه): جیوه

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۱۷ صفحه ۱۸ فعالیت

الف) جرم و حجم تعدادی جسم جامد را اندازه بگیرید. در صورتی که شکل جسم‌ها منظم باشد، ابعاد آن‌ها را به کمک کولیس یا ریزسنج اندازه بگیرید. اگر جسم جامد شکل نامنظمی داشته باشد، از روشی که در شکل روبه‌رو نشان داده شده است حجم آن را اندازه بگیرید.
ب) با استفاده از سرنگ مدرج بزرگ و ترازوی با دقت مناسب، چگالی برخی از مایع‌های در دسترس مانند شیر، روغن، مایع ظرفشویی و ... را اندازه بگیرید. قبل و بعد از پر کردن سرنگ، جرم آن را اندازه بگیرید و به این روش جرم مایع را تعیین کنید.

الف) نتایج نمونه (داده‌ی فرضی):

جسم	جرم (g)	حجم (cm^3)	چگالی (g/cm^3)
مکعب آلومینیمی با ضلع ۲.۰۰ cm	21.6	8.00	2.70
جسم نامنظم (حجم از اختلاف تراز آب)	36.8	4.6	8.0

برای جسم منظم، حجم از ابعاد (مثلاً V = a^3) و برای جسم نامنظم از V = V_2 − V_1 در استوانه‌ی مدرج به دست می‌آید. چگالی: ρ = m/V.

ب) (داده‌ی نمونه برای روغن): جرم سرنگ خالی 10.2 g، جرم سرنگ پر با 20 mL روغن 28.6 g ؛ جرم روغن 28.6 − 10.2 = 18.4 g:

$\rho = m/V = 18.4\ g / 20\ cm^3 = 0.92\ g/cm^3 = 9.2 \times 10^2\ kg/m^3$

برای شیر و مایع ظرفشویی نیز به همین روش عمل می‌کنیم؛ چگالی شیر حدود 1.03 g/cm^3 و روغن‌ها کمتر از آب هستند.

۱۸ صفحه ۱۹ پرسش

در چه صورت یک مدل یا نظریه‌ی فیزیکی بازنگری می‌شود؟

فیزیک علمی تجربی است و مدل‌ها و نظریه‌ها باید با آزمایش آزمون شوند. هرگاه نتایج آزمایش‌ها و مشاهده‌های جدید با پیش‌بینی‌های مدل یا نظریه سازگار نباشد، یا اطلاعات جدیدی به دست آید که مدل نتواند آن‌ها را توضیح دهد، آن مدل یا نظریه اصلاح می‌شود یا نظریه‌ی جدیدی جایگزین آن می‌گردد (مانند تغییرات مدل اتمی از دالتون تا شرودینگر).

۱۹ صفحه ۱۹ پرسش

فرایند مدل‌سازی در فیزیک را با ذکر یک مثال توضیح دهید.

مدل‌سازی فرایندی است که در آن یک پدیده‌ی فیزیکی چنان ساده و آرمانی می‌شود که امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود؛ در آن اثرهای جزئی‌تر نادیده گرفته می‌شود، نه اثرهای مهم.

مثال: پرتاب توپ بسکتبال. توپ کره‌ی کامل نیست، می‌چرخد، باد و مقاومت هوا بر آن اثر می‌گذارند و وزن آن با تغییر ارتفاع کمی تغییر می‌کند. برای ساده‌کردن، از اندازه و شکل و چرخش توپ صرف‌نظر می‌کنیم و آن را ذره (جسم نقطه‌ای) می‌گیریم، توپ را در خلأ فرض می‌کنیم (بدون مقاومت هوا و باد) و وزن آن را ثابت می‌گیریم. با این مدل آرمانی، حرکت توپ را به‌سادگی تحلیل می‌کنیم.

۲۰ صفحه ۱۹ پرسش

سعی کنید با نگاه‌کردن، طول برخی از اجسامی را که در محیط اطرافتان هستند، بر حسب سانتی‌متر یا متر برآورد کنید. سپس طول آن‌ها را با خط‌کش یا متر اندازه بگیرید. برآوردهای شما تا چه حد درست بوده‌اند؟

نمونه‌ی نتایج (داده‌ی فرضی):

جسم	برآورد	اندازه‌گیری	اختلاف
طول میز تحریر	m 1.2	m 1.4	حدود ۱۴٪
ارتفاع در کلاس	m 2.5	m 2.9	حدود ۱۴٪
طول مداد	cm 20	cm 17.5	حدود ۱۴٪

معمولاً برآوردها در حد ۱۰ تا ۲۰ درصد با مقدار واقعی تفاوت دارند و با تمرین بهتر می‌شوند.

۲۱ صفحه ۱۹ پرسش

جرم یک سوزن ته‌گرد را چگونه می‌توان با یک ترازوی آشپزخانه اندازه‌گیری کرد؟

جرم یک سوزن از دقت ترازوی آشپزخانه کمتر است، پس تعداد زیادی سوزن مشابه (مثلاً ۱۰۰ عدد) را با هم روی ترازو می‌گذاریم و جرم کل را می‌خوانیم. سپس جرم کل را بر تعداد سوزن‌ها تقسیم می‌کنیم تا جرم میانگین هر سوزن به دست آید. مثلاً اگر جرم ۱۰۰ سوزن 50 g باشد، جرم هر سوزن 0.5 g است.

۲۲ صفحه ۱۹ پرسش

گالیله در برخی از کارهایش از ضربان نبض خود به‌عنوان زمان‌سنج استفاده کرد. شما نیز چند پدیده‌ی تکرارشونده در طبیعت را نام ببرید که می‌توانند به‌عنوان ابزار اندازه‌گیری زمان به‌کار روند.

- چرخش زمین به دور خود (شبانه‌روز)
- گردش ماه به دور زمین (ماه) و تغییر شکل ماه
- گردش زمین به دور خورشید (سال) و فصل‌ها
- نوسان آونگ
- ضربان قلب
- چکیدن قطره‌های آب یا ریزش شن
- نوسان بلور کوارتز و اتم‌ها (ساعت‌های کوارتز و اتمی)

۲۳ صفحه ۱۹ مسئله

الف) هر میکروقرن، تقریباً چند دقیقه است؟

ب) یک میلیارد ثانیه دیگر، تقریباً چند سال پیرتر می‌شوید؟

الف)

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

1 μ 100 × 6−^10 = قرن yr = 10^−4 yr

10^−4 yr × 365 × 24 × 60 min/yr ≈ 52.6 min ≈ 53 min

ب)

10^9 s ÷ (3.15 × 10^7 s/yr) ≈ 31.7 yr ≈ 32 yr

یعنی حدود ۳۲ سال.

۲۴ صفحه ۱۹ مسئله

هکتار، از جمله یکاهای متداول مساحت است. هر هکتار برابر ۱۰ هزار متر مربع است.

الف) اگر زمین را کره‌ای یکنواخت به شعاع ۶۴۰۰ کیلومتر در نظر بگیریم (شکل زیر)، مساحت آن چند هکتار است؟

ب) تحقیق کنید مساحت کل سرزمین ایران، شامل خشکی و دریا، چند هکتار است؟ این مساحت چند درصد از مساحت کره‌ی زمین است؟

الف) R = 6400 km = 6.4 × 10^6 m

A = 4πR^2 = 4π (6.4 × 10^6 m)^2 ≈ 5.15 × 10^14 m^2

A = 5.15 × 10^14 m^2 × (1 ha / 10^4 m^2) ≈ 5.15 × 10^10 ha

ب) مساحت ایران (با خشکی و دریا) حدود 1.65 × 10^12 m^2 = 1.65 × 10^6 km^2 است، یعنی

1.65 × 10^12 m^2 ÷ 10^4 m^2/ha ≈ 1.65 × 10^8 ha

درصد نسبت به مساحت کره‌ی زمین:

(1.65 × 10^12) / (5.15 × 10^14) × 100 ≈ 0.32 %

۲۵ صفحه ۱۹ مسئله

یکی از بزرگ‌ترین الماس‌های موجود در ایران، دریای نور به جرم ۱۸۲ قیراط، است. این الماس به رنگ کمیاب صورتی شفاف بوده و در خزانه‌ی جواهرات ملی نگهداری می‌شود. کوه نور نیز یکی دیگر از الماس‌های مشهور جهان است که جرمی حدود ۱۰۸ قیراط دارد و هم‌اکنون در برج لندن نگهداری می‌شود. با توجه به اینکه هر قیراط معادل ۲۰۰ میلی‌گرم است، جرم الماس دریای نور و کوه نور بر حسب گرم چقدر است؟

دریای نور: 182 × 200 mg = 36400 mg = 36.4 g

کوه نور: 108 × 200 mg = 21600 mg = 21.6 g

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۲۶ صفحه ۱۹ پرسش

نقشه‌ی مفهومی زیر را کامل کنید. (کلمه‌ها و عبارت‌های داده‌شده: کمیت‌های فیزیکی، برداری، فرعی، زمان و جرم، در دسترس باشد، شامل، شامل، مانند، باید یکا ...، دارای، مانند، مانند، مانند، مانند)

یکی از شکل‌های ممکن برای تکمیل نقشه:

- **کمیت‌های فیزیکی** «شامل» کمیت‌های **نرده‌ای** و **برداری** هستند؛ کمیت نرده‌ای «مانند» جرم، زمان، طول، دما و چگالی؛ کمیت برداری «مانند» جابه‌جایی، سرعت، شتاب و نیرو.
- کمیت‌های نرده‌ای دارای «عدد و یکا» و کمیت‌های برداری دارای «عدد، یکا و جهت» هستند؛ هر کمیت فیزیکی «باید یکا» داشته باشد.
- کمیت‌های فیزیکی «شامل» کمیت‌های **اصلی** (مانند طول، جرم، زمان) و **فرعی** (مانند تندی، نیرو، چگالی) نیز می‌شوند؛ یکای اصلی «مانند» متر، کیلوگرم و ثانیه و یکای فرعی «مانند» نیوتون و m/s.
- کمیتی را می‌توان اندازه گرفت که اندازه‌گیری آن با ابزار «در دسترس باشد»؛ مثلاً زمان و جرم با ساعت و ترازو.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۲۷ صفحه ۲۰ مسئله

سریع‌ترین رشد گیاه متعلق به گیاهی موسوم به هسپروکا (هُوکا) است که در مدت ۱۴ روز، ۳.۷ متر رشد می‌کند (شکل زیر). آهنگ رشد این گیاه برحسب میکرومتر بر ثانیه چقدر است؟

آهنگ رشد = 3.7 m / 14 day = (3.7 × 10^6 μm) / (14 × 86400 s) ≈ 3.1 μm/s

۲۸ صفحه ۲۰ مسئله

دستگاه بریتانیایی یکاها، دستگاهی است که در برخی از کشورها مانند آمریکا و انگلستان همچنان استفاده می‌شود. یکای اصلی طول در این دستگاه پا (فوت) و یکای کوچک‌تر آن اینچ است به‌طوری که 1 ft = 12 in است. ارتفاع هواپیمایی را که در فاصله‌ی ۳۰۰۰۰ پا از سطح آزاد دریاها در حال پرواز است برحسب متر به‌دست آورید. هر اینچ ۲.۵۴ سانتی‌متر است.

30000 ft = 30000 ft × (12 in / 1 ft) × (2.54 cm / 1 in) × (1 m / 100 cm) = 9144 m ≈ 9.14 × 10^3 m

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۲۹ صفحه ۲۰ مسئله

قدیمی‌ترین سنگ‌نوشته‌ی حقوق بشر که تاکنون یافت شده است به حدود ۲۵۵۰ سال پیش باز می‌گردد که به فرمان کورش، پادشاه ایران در دوره‌ی هخامنشیان نوشته شده است. این مدت برحسب ثانیه چقدر است؟

t = 2550 yr × (3.15 × 10^7 s/yr) ≈ 8.03 × 10^10 s

یعنی حدود هشتاد میلیارد ثانیه.

۳۰ صفحه ۲۰ مسئله

تندی شناورها در دریا بر حسب یکایی به نام گره بیان می‌شود. هر گره دریایی برابر ۰.۵۱۴۴ متر بر ثانیه است. تاریخچه‌ی گره دریایی به حدود ۴۰۰ سال پیش باز می‌گردد، زمانی که ملوانان تندی متوسط کشتی خود را با استفاده از وسیله‌ای به نام تندی‌سنج شناور اندازه می‌گرفتند. این وسیله، شامل طنابی بود که در فواصل مساوی، گرهی روی آن زده شده بود. در حین کشیده‌شدن طناب به دریا، تعداد گره‌های ردشده از دست ملوان در یک زمان معین شمرده می‌شد و تندی متوسط کشتی را به‌دست می‌آوردند. پس از آن، ملوان‌ها از واژه‌ی «گره» برای بیان تندی متوسط کشتی استفاده می‌کنند.

الف) اگر یک کشتی حمل کالا با تندی ۱۴ گره از بندر شهید رجایی به طرف جزیره‌ی الوان حرکت کند، تندی آن را برحسب کیلومتر بر ساعت به‌دست آورید.

ب) مایل، یکی دیگر از یکاهای متداول طول در دستگاه بریتانیایی است. یک مایل دریایی برابر ۱۸۵۲ متر است. تندی کشتی قسمت (الف) را برحسب مایل بر ساعت به‌دست آورید. (هر مایل در خشکی ۱۶۰۹ متر است.)

الف) v = 14 knot × 0.5144 (m/s)/knot ≈ 7.20 m/s

v = 7.20 m/s × (1 km / 1000 m) × (3600 s / 1 h) ≈ 25.9 km/h

ب) با مایل دریایی: v = 25.9 km/h × (1000 m / 1 km) × (1 mile / 1852 m) ≈ 14.0 mile/h (یعنی ۱۴ مایل دریایی بر ساعت؛ چون تعریف گره همین است.)

با مایل خشکی (1609 m): v = 25926 m/h ÷ 1609 m/mile ≈ 16.1 mile/h

۳۱ صفحه ۲۱ مسئله

ذرع و فرسنگ از جمله یکاهای قدیمی ایرانی برای طول است. هر ذرع ۱۰۴ سانتی‌متر و هر فرسنگ ۶۰۰۰ ذرع است. قشم، بزرگ‌ترین جزیره‌ی خلیج فارس است که مساحت آن از بیش از بیست کشور جهان بزرگ‌تر است. طول این جزیره حدود ۱۲۰ کیلومتر برآورد شده است. این طول را برحسب ذرع و فرسنگ بیان کنید.

120 km = 1.2 × 10^5 m = 1.2 × 10^7 cm

طول بر حسب ذرع = 1.2 × 10^7 cm ÷ 104 cm/ذرع ≈ 1.15 × 10^5 ذرع

طول بر حسب فرسنگ = 1.15 × 10^5 ÷ 6000 ≈ 19.2 فرسنگ

۳۲ صفحه ۲۱ پرسش

شکل زیر، صفحه‌ی تندی‌سنج یک خودرو را نشان می‌دهد. دقت این تندی‌سنج چقدر است؟

دقت ابزار مدرج برابر کمینه‌ی درجه‌بندی آن است. در صفحه‌ی تندی‌سنج، فاصله‌ی دو عدد مجاور (مثلاً ۲۰ و ۴۰ km/h) به چند قسمت مساوی تقسیم شده است؛ با تقسیم آن اختلاف بر تعداد قسمت‌ها، کمینه‌ی درجه‌بندی به دست می‌آید. در این تندی‌سنج هر خانه‌ی کوچک برابر 10 km/h است.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۳۳ صفحه ۲۱ پرسش

در بسیاری از کارگاه‌های صنعتی، مانند تراشکاری‌ها، اندازه‌گیری طول با ابزارهای دقیق‌تر از خط‌کش میلی‌متری انجام می‌شود. این ابزارها، کولیس و ریزسنج نام دارند که به دو صورت مدرج و رقمی (دیجیتال) ساخته می‌شوند. در درس آزمایشگاه علوم، با نحوه‌ی کار کولیس و ریزسنج مدرج و ثبت نتیجه‌ی اندازه‌گیری (شامل دقت ابزار و خطای آن) توسط آن‌ها آشنا خواهید شد. شکل‌های (الف) و (ب)، به ترتیب یک ریزسنج و یک کولیس رقمی را نشان می‌دهد. دقت هر یک از این وسیله‌ها را مشخص کنید.

دقت ابزارهای رقمی برابر یک واحد از آخرین رقمی است که ابزار می‌خواند. ریزسنج رقمی معمولاً تا هزارم میلی‌متر می‌خواند: دقت آن 0.001 mm؛ کولیس رقمی معمولاً تا صدم میلی‌متر می‌خواند: دقت آن 0.01 mm.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۳۴ صفحه ۲۱ مسئله

الف) قطعه‌ای فلزی به شما داده شده است و ادعا می‌شود که از طلای خالص ساخته شده است. چگونه می‌توانید درستی این ادعا را بررسی کنید؟

ب) بزرگ‌ترین شمش طلا با حجم $1.573 \times 10^4\ cm^3$ و جرم $250.0\ kg$ توسط یک شرکت ژاپنی ساخته شده است (شکل زیر). چگالی این شمش طلا را به‌دست آورید.

پ) نتیجه‌ی به‌دست‌آمده در قسمت (ب) را با چگالی طلا در جدول ۱ـ۸ مقایسه کنید و دلیل تفاوت این دو عدد را بیان کنید.

الف) جرم قطعه را با ترازو و حجم آن را (با ابعاد یا با روش جابه‌جایی آب در استوانه‌ی مدرج) اندازه می‌گیریم، چگالی $\rho = m/V$ را حساب می‌کنیم و با چگالی طلای خالص ($19.3 \times 10^3\ kg/m^3$) مقایسه می‌کنیم. اگر برابر شد ادعا درست است و اگر کمتر بود، قطعه از طلای خالص نیست.

ب) $V = 1.573 \times 10^4\ cm^3 = 1.573 \times 10^{-2}\ m^3$

$\rho = m/V = 250.0\ kg / (1.573 \times 10^{-2}\ m^3) \approx 1.59 \times 10^4\ kg/m^3$

پ) چگالی به‌دست‌آمده ($15.9 \times 10^3\ kg/m^3$) کمتر از چگالی طلای خالص ($19.3 \times 10^3\ kg/m^3$) است. دلیل: این شمش از طلای خالص (۲۴ عیار) ساخته نشده و آلیاژ طلا با فلزهای سبک‌تر (مانند نقره و مس) است (طلای ۱۸ عیار).

۳۵ صفحه ۲۲ مسئله

برای تعیین چگالی یک جسم جامد، ابتدا جرم و حجم آن را مطابق شکل زیر پیدا کرده‌ایم (حجم آب پیش از ورود جسم $18.5\ mL$ و پس از ورود جسم $23.1\ mL$ و جرم جسم روی ترازوی رقمی خوانده شده است). با توجه به داده‌های روی شکل، چگالی جسم را برحسب g/cm^3 و g/L حساب کنید.

حجم جسم برابر افزایش حجم آب است:

$V = 23.1 - 18.5 = 4.6\ mL = 4.6\ cm^3$

با فرض اینکه ترازو جرم $m = 36.8\ g$ را نشان می‌دهد:

$\rho = m/V = 36.8\ g / 4.6\ cm^3 = 8.0\ g/cm^3$

$\rho = 8.0\ g/cm^3 = 8.0\ g / (10^{-3}\ L) = 8.0 \times 10^3\ g/L$

(برای هر عدد دیگری که ترازو نشان دهد، $\rho = m / 4.6\ cm^3$ را به همین ترتیب حساب کنید.)

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

تیشه ای برای موفقیت

۳۶ صفحه ۲۲ مسئله

الف) ستاره‌های کوتوله‌ی سفید بسیار چگال هستند و چگالی آن‌ها در SI حدود ۱۰۰ میلیون است. اگر شما یک قوطی کبریت از ماده‌ی تشکیل‌دهنده‌ی این ستاره‌ها در اختیار داشتید، جرم آن چند کیلوگرم می‌شد؟ ابعاد قوطی کبریت را با خط‌کش اندازه‌گیری کنید.

ب) اگر جمعیت کره‌ی زمین حدود ۸ میلیارد نفر، جرم میانگین هر نفر ۶۰ کیلوگرم و ماده‌ی تشکیل‌دهنده‌ی انسان‌ها از جنس ستاره‌های کوتوله‌ی سفید فرض شود (فرضی ناممکن!)، ابعاد یک اتاق چقدر باشد تا همه‌ی انسان‌ها در آن جای گیرند؟

الف) چگالی $\rho = 10^8\ kg/m^3$ است. ابعاد نمونه‌ی قوطی کبریت: $5\ cm \times 3.5\ cm \times 1.5\ cm$:

$V = 5 \times 3.5 \times 1.5\ cm^3 \approx 26.3\ cm^3 = 2.6 \times 10^{-5}\ m^3$

$m = \rho V = 10^8 \times 2.6 \times 10^{-5} \approx 2.6 \times 10^3\ kg$

یعنی حدود ۲.۶ تن!

ب) $m = 8 \times 10^9 \times 60\ kg = 4.8 \times 10^{11}\ kg$

$V = m/\rho = 4.8 \times 10^{11} / 10^8 = 4.8 \times 10^3\ m^3$

اگر اتاق مکعبی باشد: $a = (4.8 \times 10^3)^{(1/3)} \approx 17\ m$؛ یعنی اتاقی با ابعاد حدود $17\ m \times 17\ m \times 17\ m$ (یا مثلاً $20\ m \times 20\ m \times 12\ m$) برای همه‌ی انسان‌ها کافی است.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

گام به گام فیزیک ۱ دهم تجربی - فصل دوم

ویژگی‌های فیزیکی مواد

فهرست

۳۷ صفحه ۲۵ · فعالیت — قلم‌زنی و قیر ۲۱
۳۸ صفحه ۲۶ · فعالیت — تراکم‌پذیری گازها و مایع‌ها ۲۱
۳۹ صفحه ۲۶ · پرسش — پخش عطر در هوا ۲۲
۴۰ صفحه ۲۹ · پرسش — چسباندن قطعه‌های شیشه ۲۲
۴۱ صفحه ۳۰ · فعالیت — کشش سطحی (سوزن روی آب) ۲۲
۴۲ صفحه ۳۰ · پرسش — همچسبی و دما (قطره‌های روغن) ۲۳
۴۳ صفحه ۳۰ · فعالیت — سطح دوداندود و چرب (قطره‌ی آب) ۲۳
۴۴ صفحه ۳۱ · فعالیت — نیروی دگرچسبی (کارت بانکی) ۲۴
۴۵ صفحه ۳۲ · فعالیت — جلوگیری از نفوذ آب در معماری سنتی ۲۵
۴۶ صفحه ۳۴ · پرسش — فشار در نقاط هم‌تراز ۲۵
۴۷ صفحه ۳۶ · تمرین — فشار در عمق ۵ متری ۲۶
۴۸ صفحه ۳۶ · تمرین — چگالی شاره از اختلاف فشار ۲۶
۴۹ صفحه ۳۷ · تمرین — جرم ستون هوا ۲۶
۵۰ صفحه ۳۸ · پرسش — بارومتر و توریچلی ۲۷
۵۱ صفحه ۳۹ · فعالیت — فشار و جهت‌گیری سطح ۲۸
۵۲ صفحه ۴۰ · تمرین — فشار پیمانه‌ای سِرُم ۲۸
۵۳ صفحه ۴۱ · فعالیت — پوشبرگ آلومینیمی روی آب ۲۸
۵۴ صفحه ۴۲ · پرسش — نیروی شناوری و وزن ۲۹
۵۵ صفحه ۴۵ · پرسش — باریک شدن آب شیر ۳۰
۵۶ صفحه ۴۶ · پرسش — کاربردهای اصل برنولی ۳۰
۵۷ صفحه ۴۸ · مسئله — سه حالت ماده در شکل‌ها ۳۰
۵۸ صفحه ۴۸ · مسئله — حالت‌های ماده در دوچرخه ۳۱
۵۹ صفحه ۴۸ · مسئله — حرکت نامنظم ذره‌های گچ ۳۱
۶۰ صفحه ۴۸ · مسئله — پخش در گازها و نشت بادکنک ۳۱
۶۱ صفحه ۴۸ · مسئله — گرم کردن شیشه برای چسباندن ۳۲
۶۲ صفحه ۴۸ · مسئله — قلم‌مو و لوله‌های مویین ۳۲
۶۳ صفحه ۴۸ · مسئله — ریزگردها ۳۳
۶۴ صفحه ۴۹ · مسئله — ماهی کمانگیر ۳۴
۶۵ صفحه ۴۹ · مسئله — زودپز ۳۴
۶۶ صفحه ۴۹ · مسئله — جوسنج جیوه‌ای ساده ۳۴
۶۷ صفحه ۵۰ · مسئله — فشار هوا در شهرهای مرتفع ۳۵
۶۸ صفحه ۵۰ · مسئله — نفس کشیدن غواص با لوله ۳۶
۶۹ صفحه ۵۰ · مسئله — لوله‌ی U شکل و مخزن گاز ۳۶
۷۰ صفحه ۵۰ · مسئله — مقدار h در فشارسنج‌ها ۳۷
۷۱ صفحه ۵۰ · مسئله — لوله‌ی U شکل آب و روغن ۳۷
۷۲ صفحه ۵۱ · مسئله — جهت نیروی شناوری ۳۸
۷۳ صفحه ۵۱ · مسئله — تندی آب در لوله ۳۸
۷۴ صفحه ۵۱ · مسئله — جذب نوارهای کاغذی ۳۹
۷۵ صفحه ۵۱ · مسئله — شیر آتش‌نشانی ۳۹

۳۷ صفحه ۲۵ فعالیت

قلم‌زنی یکی از هنرهای صنعتی ایران و با قدمتی چندین هزار ساله است. تحقیق کنید صنعتگران قلم‌زن، چگونه از شل و سفت شدن قیر کمک می‌گیرند تا بدون سوراخ شدن فلز، بر روی آن نقش و نگارهای متنوعی ایجاد کنند.

قلم‌زن درون ظرف یا ورق فلزی را با قیر (معمولاً مخلوط قیر با مواد پرکننده مانند گچ یا خاک) پر می‌کند. قیر گرم می‌شود، نرم و روان است و همه‌ی فرورفتگی‌ها را پر می‌کند؛ پس از سرد شدن، سفت می‌شود و پشتیبان محکمی برای فلز می‌سازد.

هنگام کار، ضربه‌های چکش بر قلم، فلز را فرو می‌برد و نقش را ایجاد می‌کند. چون پشت فلز را قیرِ سفت گرفته است، فلز نازک سوراخ یا پاره نمی‌شود. وقتی لازم باشد نقش از پشت برجسته یا اصلاح شود، قیر را دوباره با حرارت نرم می‌کنند و بیرون می‌آورند یا جابه‌جا می‌کنند. در پایان کار نیز با گرم کردن، قیر را از ظرف جدا می‌کنند.

دلیل فیزیکی: قیر یک جامد بی‌شکل است و با گرم شدن به‌تدریج نرم می‌شود (نقطه‌ی ذوب مشخص ندارد)، بنابراین در دمای محیط سفت و با گرما شل می‌شود.

۳۸ صفحه ۲۶ فعالیت

یک سرنگ، مثلاً ۱۰ سی‌سی، اختیار کنید. پیستون آن را بکشید تا هوا وارد سرنگ شود. انگشت خود را محکم روی دهانه‌ی خروجی سرنگ قرار دهید و تا جایی که می‌توانید پیستون را حرکت دهید تا هوای درون سرنگ متراکم شود.

هوای درون سرنگ را خالی و آن را تا نیمه از آب پر کنید. با مسدود نمودن انتهای سرنگ سعی کنید تا جایی که ممکن است مایع درون آن را متراکم کنید. از این آزمایش ساده چه نتیجه‌ای در مورد تراکم‌پذیری گازها و مایع‌ها می‌گیرید؟ توضیح دهید.

مشاهده: هوای درون سرنگ به‌آسانی فشرده می‌شود و پیستون مقدار قابل‌توجهی جابه‌جا می‌شود؛ اما آب درون سرنگ تقریباً فشرده نمی‌شود و پیستون به‌سختی (و عملاً هیچ) جابه‌جا می‌شود.

نتیجه: گازها تراکم‌پذیرند ولی مایع‌ها (و جامدها) تقریباً تراکم‌ناپذیرند.

توضیح: در گاز فاصله‌ی میانگین مولکول‌ها در مقایسه با اندازه‌ی آنها بسیار زیاد است و بین مولکول‌ها فضای خالی فراوانی وجود دارد؛ با فشردن، مولکول‌ها به هم نزدیک می‌شوند. در مایع مولکول‌ها تقریباً به هم چسبیده‌اند (فاصله‌ی آنها حدود یک آنگستروم است)، بنابراین با کم کردن فاصله، نیروی دافعه‌ی بزرگی بین مولکول‌ها پدید می‌آید که مانع فشرده شدن مایع می‌شود.

۳۹ صفحه ۲۶ پرسش

وقتی در شیشه‌ی عطری را در گوشه‌ای از اتاق باز می‌کنید، پس از چند ثانیه ذرات عطر در همه جای اتاق پخش و بوی آن حس می‌شود. با توجه به شکل روبه‌رو این پدیده را چگونه توجیه می‌کنید؟ چرا پدیده‌ی پخش در گازها سریع‌تر از مایع‌ها رخ می‌دهد؟

مولکول‌های هوا در حرکت نامنظم و کاتوره‌ای‌اند و با تندی زیاد (در حدود 500 m/s) به اطراف حرکت می‌کنند. مولکول‌های عطر در اثر برخورد با مولکول‌های هوا مسیری نامنظم و زیگزاگی می‌پیمایند و به‌تدریج در سراسر اتاق پخش می‌شوند و به بینی ما می‌رسند.

در گاز فاصله‌ی مولکول‌ها زیاد و نیروی بین مولکولی ناچیز است، پس مولکول‌ها آزادانه حرکت می‌کنند و برخوردها کمتر است؛ ولی در مایع، مولکول‌ها بسیار نزدیک به هم‌اند و هر مولکول دائماً با همسایه‌هایش برخورد می‌کند و نیروی بین مولکولی نیز مانع حرکت آنها می‌شود. به همین دلیل پخش در گازها بسیار سریع‌تر از مایع‌هاست.

۴۰ صفحه ۲۹ پرسش

وقتی شیشه می‌شکند با نزدیک کردن قطعه‌های آن به هم نمی‌توان اجزای شیشه را دوباره به هم چسباند؛ ولی اگر قطعه‌های شیشه را آن‌قدر گرم کنیم که نرم شوند می‌توان آنها را به هم چسباند. این پدیده‌ها را با توجه به کوتاه‌بُرد بودن نیروهای بین مولکولی توجیه کنید.

نیروهای بین مولکولی کوتاه‌بُرد هستند؛ یعنی تنها وقتی فاصله‌ی مولکول‌ها از چند برابر فاصله‌ی بین مولکولی (در حد اندازه‌ی مولکول‌ها) بیشتر نشود، اثر دارند. سطح شکسته‌ی شیشه ناهموار است و وقتی دو قطعه را به هم نزدیک می‌کنیم، فقط در چند نقطه به هم می‌رسند و بیشتر مولکول‌های دو سطح از هم دورتر از برد نیروی بین مولکولی‌اند؛ پس نیروی جاذبه‌ی مؤثری بین قطعه‌ها پدید نمی‌آید.

با گرم کردن، شیشه نرم می‌شود و مولکول‌های آن می‌توانند جابه‌جا شوند؛ سطح‌ها به هم می‌چسبند و ناهمواری‌ها پر می‌شود و مولکول‌های دو قطعه به‌اندازه‌ی کافی به هم نزدیک می‌شوند تا نیروهای جاذبه‌ی بین آنها عمل کند. پس از سرد شدن، قطعه‌ها به هم چسبیده می‌مانند.

۴۱ صفحه ۳۰ فعالیت

الف) سعی کنید یک سوزن ته‌گرد یا گیره‌ی کاغذ را مطابق شکل روی سطح آب شناور کنید. برای این منظور می‌توانید از یک تکه دستمال کاغذی استفاده کنید.

ب) پس از شناور شدن سوزن یا گیره، سطح آب را به دقت مشاهده کنید و مشاهدات خود را به کلاس گزارش دهید.

پ) اکنون یکی دو قطره مایع شوینده را به‌آرامی به آب درون ظرف بیفزایید. مشاهدات خود را به کلاس گزارش کنید و دلیلی برای آن ارائه دهید.

الف و ب) دستمال کاغذی را روی آب می‌گذاریم و سوزن را روی آن قرار می‌دهیم؛ دستمال به‌تدریج خیس می‌شود و ته‌نشین می‌شود ولی سوزن روی سطح آب می‌ماند. سطح آب زیر سوزن اندکی فرو رفته است و مانند یک پوسته‌ی کشیده‌شده رفتار می‌کند.

پ) پس از ریختن مایع شوینده، سوزن (یا گیره) فرو می‌رود و ته‌نشین می‌شود.

دلیل: مولکول‌های سطح آب به‌دلیل نیروی همچسبی یکدیگر را می‌ربایند و سطح آب مانند پوسته‌ی کشیده عمل می‌کند (کشش سطحی) و وزن سوزن را تحمل می‌کند. مایع شوینده همچسبی مولکول‌های آب را کاهش می‌دهد و کشش سطحی کم می‌شود؛ در نتیجه سطح آب دیگر نمی‌تواند وزن سوزن را تحمل کند و سوزن فرو می‌رود.

۴۲ صفحه ۳۰ پرسش

شکل روبه‌رو خروج قطره‌های روغن با دمای متفاوت را از دهانه‌ی دو قطره‌چکان نشان می‌دهد.

الف) افزایش دما چه تأثیری بر نیروی همچسبی مولکول‌های یک مایع می‌گذارد؟

ب) توضیح دهید در کدام شکل دمای قطره‌های روغن کمتر است.

پ) چرا هنگام شستن ظرف‌ها، افزون بر استفاده از مایع ظرفشویی، ترجیح می‌دهیم از آب گرم نیز استفاده کنیم؟

الف) با افزایش دما، انرژی جنبشی و تندی مولکول‌ها زیاد می‌شود و نیروی همچسبی بین مولکول‌های مایع کاهش می‌یابد.

ب) هرچه دما کمتر باشد، همچسبی بیشتر است و مولکول‌های روغن محکم‌تر به هم می‌چسبند؛ بنابراین قبل از جدا شدن، قطره‌های درشت‌تر و کشیده‌تری تشکیل می‌شود. پس دمای قطره‌ها در شکلی کمتر است که قطره‌های درشت‌تر (با حجم بیشتر) و دیرتر جداشونده دارد.

پ) آب گرم همچسبی مولکول‌های چربی را کم می‌کند و چربی نرم‌تر و روان‌تر می‌شود؛ به‌همین دلیل مایع ظرفشویی راحت‌تر با چربی می‌آمیزد و آن را از سطح ظرف جدا می‌کند.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۴۳ صفحه ۳۰ فعالیت

یک طرف یک تکه شیشه‌ی کوچک (با ابعادی حدود 10 cm در 10 cm) را کمی بالاتر از شعله‌ی یک شمع بگیرید تا سطح شیشه به طور کامل دوداندود شود. شیشه را از طرف تمیز آن روی سطحی افقی قرار دهید و سپس

روی سطح دوداندود شده‌ی آن چند قطره آب بریزید. آنچه را مشاهده می‌کنید در گروه خود به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

بار دیگر سطح شیشه را به جای دوداندود کردن، با روغن چرب کنید و آزمایش را تکرار کنید. مشاهده‌ی خود را توضیح دهید و نتیجه را به کلاس گزارش دهید. (پس از بحث کافی در خصوص این فعالیت، دوباره به تصویر و پرسش شروع فصل بازگردید و پاسخی قانع‌کننده ارائه دهید.)

مشاهده: روی شیشه‌ی دوداندود، آب به شکل قطره‌های تقریباً کروی درمی‌آید و روی سطح پهن نمی‌شود (حتی با کمی کج کردن شیشه، قطره‌ها می‌غلتند و ذره‌های دوده را با خود می‌برند). روی شیشه‌ی چرب نیز آب به شکل قطره‌های جدا و گرد درمی‌آید.

توضیح: سطح دوده و چربی، آب را تر نمی‌کند؛ زیرا نیروی دگرچسبی بین مولکول‌های آب و دوده (یا روغن) از نیروی همچسبی بین مولکول‌های آب کمتر است. پس مولکول‌های آب بیشتر به هم می‌چسبند و به‌دلیل کشش سطحی، قطره‌ها کروی می‌شوند. روی شیشه‌ی تمیز، دگرچسبی از همچسبی بیشتر است و آب روی شیشه پهن می‌شود.

پاسخ پرسش آغاز فصل: سطح گلبرگ و برگ نیلوفر آبی ناهموار و پوشیده از لایه‌ای مومی‌شکل (آب‌گریز) است؛ آب سطح آن را تر نمی‌کند و به‌دلیل همچسبی و کشش سطحی، به شکل قطره‌های ریز و درشت درمی‌آید و روی برگ می‌غلتد.

۴۴ صفحه ۳۱ فعالیت

این فعالیت به شما کمک می‌کند تا درک بهتری از نیروی دگرچسبی به دست آورید. به این منظور از یک لیوان پر از آب، یک کارت بانکی و تعدادی وزنه‌ی چند گرمی یا سکه‌های پول استفاده کنید. ابتدا مطابق شکل الف، کارت را طوری روی لبه‌ی لیوان قرار دهید که تنها نیمی از آن با آب در تماس باشد. وزنه‌های چند گرمی را روی قسمتی از کارت قرار دهید که با آب در تماس نیست (ابتدا وزنه‌ی ۵ گرمی، سپس ۱۰ گرمی و ...). نتیجه‌ی مشاهده را با توجه به مفاهیمی که تاکنون فرا گرفته‌اید توضیح دهید.

یکی دو قطره مایع شوینده به آب اضافه کنید و آزمایش را تکرار کنید. نتیجه‌ی مشاهده‌ی خود را در گروه خود به بحث بگذارید.

مشاهده (نمونه): کارت به سطح آب چسبیده می‌ماند و تا وقتی وزنه‌ها کم‌اند کارت از آب جدا نمی‌شود؛ با افزودن وزنه‌ها (مثلاً تا حدود 15 g) سرانجام کارت از سطح آب جدا می‌شود و وزنه‌ها می‌افتند. (مقدارها نمونه و وابسته به کارت و لیوان‌اند.)

توضیح: بین مولکول‌های آب و مولکول‌های کارت نیروی دگرچسبی وجود دارد که کارت را به آب می‌چسباند و در برابر گشتاور وزنه‌ها از جدا شدن آن جلوگیری می‌کند. وقتی وزن وزنه‌ها از اثر این نیرو بیشتر شود، کارت جدا می‌شود.

با مایع شوینده: مایع شوینده نیروی بین مولکول‌های آب و کارت را کاهش می‌دهد و آب دیگر به‌خوبی به کارت نمی‌چسبد؛ در نتیجه کارت با وزنه‌ی بسیار کمتری (مثلاً 5 g) از سطح آب جدا می‌شود.

۴۵ صفحه ۳۲ فعالیت

تحقیق کنید در معماری سنتی ایران به جای قیراندودکردن، چگونه از نفوذ آب به داخل سازه‌ها جلوگیری می‌کردند.

در معماری سنتی ایران برای ناتراوا کردن دیوارها، کف و بدنه‌ی حوض‌ها، آب‌انبارها، پایه‌ی پل‌ها و سازه‌های آبی (مانند سازه‌های آبی شوشتر)، از ملات «ساروج» استفاده می‌کردند. ساروج مخلوطی از خاک رس، ماسه‌ی ریز، آهک شکفته (آهک آب‌دیده)، خاکستر و گاهی کتیرا، سفیده‌ی تخم‌مرغ، پشم یا موی بز بود که با ضربه‌ی فراوان کوبیده می‌شد و پس از سفت شدن بسیار متراکم و بدون منفذهای موییِن مؤثر می‌شد.

همچنین از اندود گچ و کاه‌گل، آجرهای پخته‌ی ریزمنفذ، سنگ‌چین‌های متراکم، لایه‌ی رسی در کف، و ارتفاع‌دادن پی از سطح زمین و قرار دادن لایه‌های جداکننده (مانند آهک و شن) بین پی و دیوار برای قطع مسیر بالا رفتن رطوبت بهره می‌بردند.

مبنای فیزیکی: بسته شدن منفذهای موییِن و جلوگیری از اثر مویینگی آب.

۴۶ صفحه ۳۴ پرسش

در علوم سال نهم دیدید که فشار در نقاط هم‌تراز یک مایع ساکن مانند نقاط A، B و C در شکل یکسان است و به شکل ظرف بستگی ندارد. سازگاری این موضوع را با رابطه‌ی ۲ـ۳ توضیح دهید.

طبق رابطه‌ی $P = P0 + \rho gh$، فشار در یک نقطه از مایع ساکن فقط به فشار سطح مایع (P0)، چگالی مایع (ρ)، شتاب گرانش (g) و عمق نقطه از سطح آزاد (h) بستگی دارد و در رابطه هیچ کمیتی مربوط به شکل ظرف یا حجم مایع وجود ندارد.

نقاط A، B و C هم‌تراز و در یک مایع‌اند؛ پس عمق آنها از سطح مایع برابر است و P0، ρ و g هم برای همه یکسان است. بنابراین فشار در این نقاط برابر است، هرچند شکل ظرف در بالای هریک متفاوت باشد.

۴۷ صفحه ۳۶ تمرین

شناگری در عمق 5.0 m از سطح آب دریاچه‌ای شنا می‌کند. فشار در این عمق چقدر است؟ اگر مساحت پرده‌ی گوش را یک سانتی‌متر مربع (1 cm^2) فرض کنیم، بزرگی نیرویی که به پرده‌ی گوش این شناگر وارد می‌شود چند نیوتون است؟ فشار هوای محیط را 1.01 × 10^5 Pa بگیرید.

با ρ = 1000 kg/m^3 و g = 9.8 N/kg:

```
P = P0 + ρgh
  = 1.01×10^5 + (1000)(9.8)(5.0)
  = 1.01×10^5 + 0.49×10^5
  = 1.50×10^5 Pa
```

مساحت پرده‌ی گوش: A = 1 cm^2 = 10^−4 m^2

```
F = PA = (1.50×10^5 Pa)(10^-4 m^2) = 15 N
```

۴۸ صفحه ۳۶ تمرین

جسمی مکعبی به طول ضلع 20 cm درون شاره‌ای غوطه‌ور و در حال تعادل است (شکل روبه‌رو). فشار در بالا و زیر جسم به ترتیب برابر ۱۰۰ و ۱۰۵ کیلوپاسکال است. چگالی شاره چند کیلوگرم بر متر مکعب است؟ (راهنمایی: از رابطه‌ی ۲ـ۲ استفاده کنید.)

اختلاف ارتفاع دو سطح بالا و پایین برابر ضلع مکعب است: h = 20 cm = 0.20 m. اختلاف فشار: ΔP = 105 − 100 = 5 kPa = 5000 Pa

```
P2 − P1 = ρgh
5000 = ρ × 9.8 × 0.20
ρ = 5000 / 1.96 ≈ 2.55×10^3 kg/m^3
```

چگالی شاره حدود 2.6 × 10^3 kg/m^3 است.

۴۹ صفحه ۳۷ تمرین

در هواشناسی و روی نقشه‌های آب و هوا، معمولاً از یکای بار (bar) برای فشار هوا استفاده می‌کنند. به طوری که داریم: 1 bar = 1.000 × 10^5 N/m^2 = 1.000 × 10^5 Pa

یک ستون فرضی از هوا به سطح مقطع 1 m^2 در نظر بگیرید که از سطح دریای آزاد تا بالاترین بخش جو زمین ادامه می‌یابد (شکل روبه‌رو). اگر فشار هوا را در سطح دریا 1 bar در نظر بگیریم، چند کیلوگرم هوا در این ستون فرضی وجود دارد؟ با توجه به شکل ۲ـ۱۶ـ ب، چند درصد این جرم تا ارتفاع ۹ کیلومتری این ستون فرضی قرار دارد؟

فشار در سطح دریا ناشی از وزن کل ستون هواست:

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

```
P = F/A = mg/A
m = PA/g = (1.0×10^5 N/m^2)(1 m^2) / (9.8 N/kg) ≈ 1.0×10^4 kg
```

در ستون فرضی حدود 10 000 kg (ده تن) هوا وجود دارد.

طبق نمودار شکل ۲ـ۱۶ـ ب، فشار هوا در ارتفاع ۹ کیلومتری حدود 30 kPa است؛ یعنی وزن هوای بالاتر از ۹ کیلومتر حدود 30% وزن کل ستون است. پس هوای بین سطح دریا تا ارتفاع ۹ کیلومتری حدود 30% – 100% = 70% جرم کل ستون را تشکیل می‌دهد.

یعنی حدود ۷۰ درصد جرم هوای ستون تا ارتفاع ۹ کیلومتری قرار دارد.

۵۰ صفحه ۳۸ پرسش

الف) توضیح دهید چرا توریچلی در آزمایش خود ترجیح داد به جای آب از جیوه استفاده کند؟ (ممکن است شکل الف بتواند در پاسخ به این پرسش به شما کمک کند.)

ب) در آزمایش توریچلی از لوله‌های غیرمویین استفاده می‌شود. شکل (ب) این آزمایش را با سه لوله با سطح مقطع و طول متفاوت نشان می‌دهد. توضیح دهید چرا ارتفاع ستون جیوه در سه لوله برابر است.

پ) در قلم خودکار، جوهر از طریق یک لوله وارد نوک قلم شده و در آنجا توسط یک گوی فلزی ضدزنگ غلتان، روی ورقه‌ی کاغذ پخش می‌شود. در بدنه‌ی الکی یا درپوش بالایی این نوع قلم‌های خودکار، سوراخ‌ریزی ایجاد می‌کنند (شکل پ). دلیل این کار را توضیح دهید.

الف) از رابطه‌ی $P0 = \rho gh$ داریم $h = P0/(\rho g)$. چگالی جیوه (13600 kg/m^3) حدود ۱۳.۶ برابر چگالی آب (1000 kg/m^3) است؛ پس ستون جیوه در سطح دریا حدود 76 cm ولی ستون آب حدود 10.3 m می‌شود که ساختن و به‌کار بردن لوله‌ای به این بلندی دشوار است. جیوه در برابر آب، فشار بخار ناچیز دارد و فضای بالای ستون آن عملاً خلأ است.

ب) فشار در ته ستون مایع فقط به چگالی و ارتفاع ستون بستگی دارد ($P = \rho gh$) و به سطح مقطع یا طول لوله وابسته نیست. در هر سه لوله، فشار در نقطه‌ی هم‌تراز با سطح جیوه‌ی ظرف باید برابر فشار جو باشد؛ پس ارتفاع قائم ستون جیوه ($h = P0/(\rho g)$) در هر سه لوله یکسان است (طول لوله‌ی کج یا بلندتر فقط شیب ستون را تغییر می‌دهد).

پ) با خارج شدن جوهر از لوله، اگر لوله‌ی جوهر از هوای بیرون بسته باشد، فشار هوای پشت جوهر کاهش می‌یابد و فشار هوای بیرون که از نوک قلم وارد می‌شود از آن بیشتر می‌شود و جوهر پایین نمی‌آید و نوشتن متوقف می‌شود. سوراخ کوچک، فشار هوای پشت جوهر را با فشار جو برابر نگه می‌دارد تا جوهر به‌راحتی به طرف نوک قلم جریان یابد.

۵۱ صفحه ۳۹ فعالیت

آزمایشی طراحی و سپس اجرا کنید که به کمک آن بتوان نشان داد فشار در یک عمق معین از مایع به جهت‌گیری سطحی که فشار به آن وارد می‌شود بستگی ندارد.

وسیله‌ها: قیف شیشه‌ای که دهانه‌ی آن با پرده‌ی لاستیکی (بادکنک) پوشیده شده، شیلنگ، لوله‌ی U شکل محتوی آب رنگی (فشارسنج)، ظرف بزرگ آب.

روش: دهانه‌ی پوشیده‌ی قیف را با شیلنگ به یک سر لوله‌ی U شکل وصل می‌کنیم. قیف را در عمق معینی از آب فرو می‌بریم و اختلاف ارتفاع آب دو شاخه‌ی لوله‌ی U را اندازه می‌گیریم. بدون تغییر عمق مرکز دهانه‌ی قیف، آن را به سمت بالا، پایین، چپ، راست و به‌صورت کج بچرخانیم و هر بار اختلاف ارتفاع را بخوانیم.

نتیجه: در همه‌ی جهت‌گیری‌ها اختلاف ارتفاع دو شاخه برابر می‌ماند؛ پس فشار در یک عمق معین به جهت سطح بستگی ندارد. اگر عمق را تغییر دهیم، اختلاف ارتفاع تغییر می‌کند (با عمق زیاد می‌شود).

۵۲ صفحه ۴۰ تمرین

شکل روبه‌رو یک کیسه‌ی پلاستیکی حاوی محلولی را نشان می‌دهد که در حال تزریق به یک بیمار است. سوزن سرنگی را به قسمت خالی از مایع بالای این کیسه وارد می‌کنند طوری که فشار هوا در این بخش از کیسه همواره با فشار هوای بیرون برابر بماند. اگر ارتفاع کیسه نسبت به دست بیمار 120 cm باشد، فشار پیمانه‌ای این مایع در محل تزریق چند میلی‌متر جیوه است؟ چگالی محلول را 1050 kg/m^3 بگیرید.

فشار هوای بالای مایع برابر P0 است، پس فشار پیمانه‌ای در محل تزریق برابر است با:

```
Pg = P − P0 = ρgh
   = (1050)(9.8)(1.20) ≈ 1.23×10^4 Pa
```

هر 1 mmHg برابر 133 Pa ≈ 13600 × 9.8 × 0.001 = ρHg g (0.001 m) است:

```
Pg = 12348 / 133.3 ≈ 93 mmHg
```

۵۳ صفحه ۴۱ فعالیت

درون یک ظرف مقداری آب بریزید. یک پوشبرگ (فویل) آلومینیمی به ابعاد تقریبی 20 cm × 20 cm اختیار کنید و آن را مچاله کنید. پیش‌بینی کنید با قرار دادن پوشبرگ مچاله‌شده روی سطح آب، چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را انجام دهید.

پوشبرگ دیگری با همان ابعاد اختیار کنید و به جای مچاله کردن، آن را چندین بار (دست‌کم ۵ بار) روی هم تا کنید. اگر این پوشبرگ چندلایه را، روی سطح آب قرار دهید، پیش‌بینی کنید چه اتفاقی می‌افتد؟ آزمایش را

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

انجام دهید. پیش‌بینی‌ها و نتایج مشاهده‌ی (آزمایش) خود را در گروهتان به بحث بگذارید و نتیجه را به کلاس ارائه دهید.

مشاهده: پوشبرگ مچاله‌شده در آب فرو می‌رود و ته‌نشین می‌شود، ولی پوشبرگ تاشده‌ی چندلایه (تخت) روی سطح آب شناور می‌ماند.

توضیح: جرم و جنس هر دو پوشبرگ یکسان است، ولی شکل آنها فرق دارد. پوشبرگ تخت سطح بزرگی دارد و حجم بیشتری از آب را جابه‌جا می‌کند (و تا حدی کشش سطحی نیز کمک می‌کند)؛ پس نیروی شناوری که وزن آب جابه‌جاشده است به وزن آن می‌رسد و شناور می‌ماند. پوشبرگ مچاله‌شده حجم کمی از آب را جابه‌جا می‌کند و نیروی شناوری کمتر از وزن آن می‌شود.

نتیجه: نیروی شناوری به حجم آب جابه‌جاشده (شکل جسم) بستگی دارد، نه فقط به جرم جسم.

۵۴ صفحه ۴۲ پرسش

در شکل روبه‌رو، نیروی شناوری Fb و نیروی وزن W وارد بر چند جسم نشان داده شده است. با توجه به نیروی خالص وارد بر هر جسم، وضعیت آن را به کمک یکی از واژه‌های شناوری، غوطه‌وری، فرورفتن و بالارفتن توصیف کنید.

- اگر Fb > W باشد، نیروی خالص رو به بالاست و جسم **بالا می‌رود** (تا به سطح برسد).
- اگر Fb = W باشد و جسم به‌طور کامل درون شاره باشد (نیروی خالص صفر)، جسم **غوطه‌ور** است.
- اگر Fb = W باشد و بخشی از جسم بیرون از شاره روی سطح آن بماند، جسم **شناور** است.
- اگر Fb < W باشد، نیروی خالص رو به پایین است و جسم **فرو می‌رود**.

جسم‌هایی که پیکان Fb آنها بلندتر از W است بالا می‌روند، جسم‌هایی که پیکان W بلندتر است فرو می‌روند، و جسم‌هایی که دو پیکان برابر دارند شناور (روی سطح) یا غوطه‌ور (درون شاره) هستند.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۵۵ صفحه ۴۵ پرسش

وقتی شیر آبی را کمی باز کنید و آب به‌آرامی جریان یابد، مشاهده می‌شود که باریکه‌ی آب با نزدیک‌تر شدن به زمین، باریک‌تر می‌شود (شکل روبه‌رو). دلیل این پدیده را با توجه به معادله‌ی پیوستگی توضیح دهید.

آب در هنگام سقوط تحت‌تأثیر گرانش شتاب می‌گیرد و تندی آن زیاد می‌شود. طبق معادله‌ی پیوستگی برای شاره‌ی تراکم‌ناپذیر $A_1 v_1 = A_2 v_2$، آهنگ شارش حجمی در هر مقطع باریکه‌ی آب ثابت است؛ پس با افزایش تندی (v) باید سطح مقطع (A) کاهش یابد. به همین دلیل باریکه‌ی آب با نزدیک‌تر شدن به زمین باریک‌تر می‌شود.

۵۶ صفحه ۴۶ پرسش

الف) روزهایی که باد می‌وزد، ارتفاع موج‌های دریا یا اقیانوس بالاتر از ارتفاع میانگین می‌شود. با اصل برنولی چگونه می‌توان افزایش ارتفاع موج را توضیح داد؟

ب) شکل روبه‌رو کامیونی را در دو وضعیت سکون و در حال حرکت نشان می‌دهد. با استفاده از اصل برنولی توضیح دهید چرا وقتی کامیون در حال حرکت است پوشش برزنتی آن پف می‌کند.

الف) باد که از روی سطح آب می‌وزد، بالای قله‌ی موج تندی هوا را بیشتر می‌کند و طبق اصل برنولی فشار هوا بالای قله کاهش می‌یابد. فشار هوا در جاهای دیگر (و فشار وارد بر آب زیر قله) بیشتر است، پس اختلاف فشار موجب بالا رفتن آب و بلندتر شدن قله‌ی موج می‌شود.

ب) وقتی کامیون حرکت می‌کند، هوا با تندی زیاد از روی برزنت می‌گذرد و فشار هوای بیرون برزنت کمتر می‌شود، ولی هوای زیر برزنت (درون بار) ساکن‌تر است و فشارش بیشتر از بیرون است. اختلاف فشار نیرویی رو به بیرون به برزنت وارد می‌کند و آن را پف می‌دهد.

۵۷ صفحه ۴۸ مسئله

دریافت خود را از شکل‌های زیر بر اساس مفاهیمی که از سه حالت معمول ماده فراگرفته‌اید بیان کنید. (الف) (ب) (پ)

- **(الف) جامد:** ذرات در مکان‌های معینی و منظم کنار هم‌اند و در اطراف آنها فقط نوسان‌های بسیار کوچک دارند. جامد شکل و حجم معین دارد و نیروی بین ذرات زیاد است.
- **(ب) مایع:** ذرات نزدیک به هم‌اند ولی نظم ندارند و می‌توانند روی هم بلغزند؛ مایع حجم معین دارد ولی شکل ظرف را می‌گیرد.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

- **(پ) گاز:** ذرات دور از هم‌اند، با تندی زیاد و آزادانه حرکت می‌کنند و با هم و با دیواره‌ی ظرف برخورد می‌کنند؛ گاز شکل و حجم معین ندارد و همه‌ی ظرف را پر می‌کند.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۵۸ صفحه ۴۸ مسئله

توضیح دهید از سه حالت مختلف ماده در چه بخش‌هایی از یک دوچرخه و به چه دلیلی استفاده شده است.

- **جامد:** در شاسی، دسته‌ها، رینگ‌ها، پدال‌ها، زنجیر و چرخ‌دنده‌ها (فلز) و زین و لاستیک؛ چون جامد شکل و اندازه‌ی ثابتی دارد و نیروی کشسانی و استحکام لازم را فراهم می‌کند.
- **مایع:** روغن یا گریس روی زنجیر و محورها و یاتاقان‌ها (برای کاهش اصطکاک)، و مایع ترمز در دوچرخه‌های دارای ترمز هیدرولیکی (چون مایع تراکم‌ناپذیر است و فشار را منتقل می‌کند).
- **گاز:** هوای فشرده‌ی درون لاستیک‌ها؛ چون گاز تراکم‌پذیر است و ضربه‌ها و ناهمواری‌های جاده را جذب می‌کند و حرکت را نرم‌تر می‌کند.

۵۹ صفحه ۴۸ مسئله

هنگام پاک کردن تخته سیاه، ذرات گچ به‌طور نامنظم در هوای اطراف پراکنده شده و حرکت می‌کنند. این حرکت نامنظم ذرات گچ، مطابق شکل زیر مدل‌سازی شده است.

الف) چه عاملی باعث حرکت نامنظم ذره‌های گچ می‌شود؟

ب) مولکول‌های هوا بسیار کوچک‌تر و سبک‌تر از ذره‌های گچ هستند و توسط میکروسکوپ هم دیده نمی‌شوند. توضیح دهید چگونه این تجربه‌ی ساده، شاهدی بر وجود مولکول‌های هواست.

الف) مولکول‌های هوا همواره در حرکت نامنظم و کاتوره‌ای‌اند و پیوسته از هر طرف با ذره‌ی گچ برخورد می‌کنند. در هر لحظه، برخوردها از همه‌ی جهت‌ها دقیقاً برابر نیست و برایند نیروی برخوردها ذره‌ی گچ را در جهتی تصادفی می‌راند؛ در نتیجه ذره‌ی گچ حرکتی نامنظم دارد.

ب) ذره‌ی گچ بدون عامل بیرونی (مانند باد) نمی‌تواند خودبه‌خود حرکت نامنظم داشته باشد. حرکت نامنظم آن را فقط می‌توان با برخورد ذره‌هایی بسیار کوچک و نادیدنی (مولکول‌های هوا) که در حال حرکت دائم‌اند توجیه کرد. پس این مشاهده‌ی ساده، شاهدی بر وجود مولکول‌های هوا و حرکت نامنظم آنهاست.

۶۰ صفحه ۴۸ مسئله

الف) توضیح دهید چرا پدیده‌ی پخش در گازها، سریع‌تر از مایع‌ها انجام می‌شود. در توضیح خود به چند مثال نیز اشاره کنید.

ب) یک بادکنک پر از باد، حتی اگر دهانه‌ی آن نیز کاملاً بسته شده باشد، باز هم رفته‌رفته کم باد می‌شود.

الف) در گاز، فاصله‌ی مولکول‌ها زیاد و نیروی بین آنها ناچیز است و مولکول‌ها با تندی زیاد (حدود 500 m/s) آزادانه حرکت می‌کنند؛ پس خیلی سریع در فضا پخش می‌شوند. در مایع، مولکول‌ها به هم نزدیک‌اند و همواره با هم برخورد می‌کنند و حرکت آنها کند است. مثال: بوی عطر یا غذا در اتاق چند ثانیه‌ای پخش می‌شود، ولی انتشار جوهر در آب یا شور شدن آب در اثر نمک چند دقیقه یا بیشتر طول می‌کشد.

ب) لاستیک بادکنک اگرچه سفت به نظر می‌رسد، بین مولکول‌های آن منفذهای بسیار ریزی وجود دارد. مولکول‌های هوای درون بادکنک پیوسته با تندی زیاد حرکت می‌کنند و کم‌کم از این منفذها خارج می‌شوند؛ پس با گذشت زمان بادکنک باد خود را از دست می‌دهد.

۶۱ صفحه ۴۸ مسئله

شیشه‌گران برای چسباندن تکه‌های شیشه به یکدیگر، آنها را آن‌قدر گرم می‌کنند که نرم شوند. این کار را با توجه به کوتاه‌بُرد بودن نیروی جاذبه‌ی بین مولکولی توضیح دهید.

نیروی جاذبه‌ی بین مولکولی کوتاه‌بُرد است و فقط وقتی فاصله‌ی مولکول‌ها در حد چند برابر اندازه‌ی مولکول‌هاست، مؤثر است. وقتی دو تکه شیشه را فقط کنار هم بگذاریم، به‌دلیل ناهمواری سطح‌ها، فاصله‌ی بیشتر مولکول‌ها از برد نیرو بیشتر است و چسبندگی رخ نمی‌دهد.

با گرم کردن، شیشه نرم می‌شود و مولکول‌های آن جابه‌جا می‌شوند؛ دو سطح در هم فرو می‌روند و مولکول‌های دو تکه به‌اندازه‌ی کافی به هم نزدیک می‌شوند تا نیروی جاذبه بین آنها اثر کند. پس از سرد شدن، دو تکه به هم متصل می‌مانند.

۶۲ صفحه ۴۸ مسئله

الف) توضیح دهید چرا وقتی قلم‌مویی را از آب بیرون می‌کشیم (شکل الف)، موهای آن به هم می‌چسبند. (اشاره: به پدیده‌ی کشش سطحی در مایع‌ها توجه کنید.)

ب) شکل (ب) دو لوله‌ی مویین هم‌جنس را نشان می‌دهد که درون مایعی قرار دارند. چرا ارتفاع مایع درون لوله‌ی b از لوله‌ی دیگر کمتر است؟ با توجه به شکل، نیروی همچسبی مایع را با نیروی دگرچسبی مایع و لوله‌های مویین مقایسه کنید.

الف) وقتی قلم‌مو را از آب بیرون می‌آوریم، لایه‌ی نازکی از آب بین موها می‌ماند. سطح این لایه به‌دلیل همچسبی مولکول‌های آب مانند پوسته‌ی کشیده تمایل دارد مساحتش را کمینه کند (کشش سطحی)؛ برای این کار موها را به هم نزدیک می‌کند و آنها را به هم می‌چسباند. درون آب این سطح آزاد وجود ندارد و موها از هم جدا می‌مانند.

ب) مایع در هر دو لوله از سطح مایع ظرف بالاتر آمده است؛ پس مایع جداره‌ی لوله را تر می‌کند و نیروی دگرچسبی بین مایع و لوله از نیروی همچسبی بین مولکول‌های مایع بیشتر است. هرچه قطر لوله‌ی مویین بیشتر باشد، ارتفاع بالا آمدن مایع کمتر است؛ پس لوله‌ی b قطر بیشتری از لوله‌ی دیگر دارد و مایع در آن کمتر بالا رفته است.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۶۳ صفحه ۴۸ مسئله

تغییرات اقلیمی سال‌های اخیر در کشورهای غرب ایران، پدیده‌ی خطرناک ریزگردها را به مناطق وسیعی از کشورمان گسترش داده است. چگالی ریزگردها در حالتی که ته‌نشین شده باشد تقریباً دو برابر چگالی آب است.

الف) چرا بادهای نسبتاً ضعیف قادرند توده‌های بزرگی از ریزگردها را به حرکت درآورند در حالی که توفان‌های شدید دریایی تنها مقدار اندکی آب را به صورت قطره‌های ریز به طرف بالا می‌پاشند؟

ب) بررسی کنید برای مقابله با این پدیده و مهار آن، چه تدابیری را می‌توان اندیشید.

الف) ذره‌های ریزگرد خشک از هم جدا هستند و بین آنها نیروی جاذبه‌ی (همچسبی) قابل‌توجهی وجود ندارد؛ پس باد ضعیف هم می‌تواند آنها را از هم جدا کند، به‌هوا ببرد و حمل کند (ذره‌های بسیار ریز با وجود چگالی بیشتر، به‌دلیل جرم کم، در هوا معلق می‌مانند). اما مولکول‌های آب به‌دلیل نیروی همچسبی قوی و کشش سطحی به هم چسبیده‌اند و جدا کردن آنها از توده‌ی آب و ریز کردن آن به قطره‌های بسیار ریز به انرژی زیادی نیاز دارد؛ پس حتی توفان شدید هم فقط مقدار اندکی آب را به بالا می‌پاشد.

ب) تدبیرها: نهال‌کاری و ایجاد پوشش گیاهی و جنگل‌کاری در کانون‌های گرد و غبار؛ جلوگیری از خشک شدن تالاب‌ها و احیای آنها؛ مدیریت منابع آب و جلوگیری از بهره‌برداری بی‌رویه؛ مالچ‌پاشی و پوشاندن سطح خاک‌های لخت؛ ایجاد بادشکن؛ جلوگیری از شخم و چرای بی‌رویه؛ همکاری منطقه‌ای برای کنترل کانون‌های گرد و غبار.

تـوشـه ای بـرای مـوفقیت

۶۴ صفحه ۴۹ مسئله

نوعی ماهی به نام ماهی کمانگیر با جمع کردن آب در دهان خود و پرتاب آن به‌سوی حشراتی که در بیرون از آب، روی گیاهان نشسته‌اند، آنها را شکار می‌کند و می‌خورد. هدف‌گیری آنها به اندازه‌ای دقیق است که معمولاً در این کار اشتباه نمی‌کنند. کدام ویژگی فیزیکی آب این امکان را به ماهی کمانگیر برای شکار می‌دهد؟

همچسبی مولکول‌های آب و کشش سطحی: به‌دلیل نیروی همچسبی بین مولکول‌های آب، باریکه‌ی آبی که ماهی پرتاب می‌کند به‌صورت رشته‌ای پیوسته و منسجم و بدون پخش شدن به هدف می‌رسد و نیروی کافی برای ضربه زدن به حشره و انداختن آن را دارد. همچنین تراکم‌ناپذیری آب سبب می‌شود تندی و شکل باریکه به‌خوبی حفظ شود.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۶۵ صفحه ۴۹ مسئله

مساحت روزنه‌ی خروج بخار آب، روی درب یک زودپز 4.0 mm^2 است (شکل زیر). جرم وزنه‌ای که روی این روزنه باید گذاشت چقدر باشد تا فشار داخل آن در 2.0 atm نگه داشته شود؟ فشار بیرون دیگ زودپز را 1.0 atm بگیرید.

وزنه باید نیروی ناشی از اختلاف فشار درون و بیرون روی روزنه را خنثی کند:

```
ΔP = 2.0 atm − 1.0 atm = 1.0 atm ≈ 1.01×10^5 Pa
A = 4.0 mm^2 = 4.0×10^-6 m^2
mg = ΔP·A = (1.01×10^5)(4.0×10^-6) ≈ 0.40 N
m = 0.40 / 9.8 ≈ 0.041 kg ≈ 41 g
```

جرم وزنه حدود 41 g است.

۶۶ صفحه ۴۹ مسئله

شکل زیر یک جوسنج ساده‌ی جیوه‌ای را نشان می‌دهد. (ستون جیوه 74 cm)

الف) در ناحیه‌ی A چه چیزی وجود دارد؟

ب) چه عاملی جیوه را درون لوله نگه می‌دارد؟

پ) فشار هوای محیطی که این جوسنج در آنجا قرار دارد چقدر است؟

ت) اگر این جوسنج را بالای کوهی ببریم چه تغییری در ارتفاع ستون جیوه درون لوله رخ می‌دهد؟ دلیل آن را توضیح دهید.

الف) ناحیه‌ی A (بالای ستون جیوه) تقریباً خلأ است و فقط مقدار ناچیزی بخار جیوه دارد؛ پس فشار آن عملاً صفر است.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

ب) فشار هوای جو که بر سطح جیوه‌ی ظرف وارد می‌شود، ستون جیوه را درون لوله نگه می‌دارد.

پ) فشار هوا برابر فشار ستون جیوه است: $P_0 = 74\ cmHg = 740\ mmHg$. بر حسب پاسکال:

$$P_0 = \rho gh = (13600)(9.8)(0.74) \approx 9.9\times10^4\ Pa \approx 99\ kPa$$

ت) ارتفاع ستون جیوه کم می‌شود؛ زیرا با افزایش ارتفاع از سطح دریا، چگالی و فشار هوا کاهش می‌یابد و از رابطه‌ی $P_0 = \rho gh$ ارتفاع ستون جیوه (h) که فشار هوا را تعادل می‌کند کمتر می‌شود.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

---

۶۷ صفحه ۵۰ مسئله

الف) ارتفاع چهار شهر مرتفع ایران از سطح دریا، به شرح زیر است: فریدون‌شهر: 2612 m، سمیرم: 2434 m، بروجن: 2265 m، شهرکرد: 2072 m. با توجه به نمودار شکل ۲ـ۱۶ـ ب، فشار تقریبی هوا را در این چهار شهر بنویسید.

ب) چگالی متوسط هوا تا ارتفاع ۳ کیلومتری از سطح دریای آزاد حدود $1.01\ kg/m^3$ است. فشار هوا را در این شهرها حساب کنید و مقادیر به‌دست آمده را با نتیجه‌ی قسمت الف مقایسه کنید.

الف) از روی نمودار (فشار حدود 101 kPa در سطح دریا و 70 kPa در ارتفاع ۳ km)، به‌طور تقریبی:

فشار تقریبی هوا (از نمودار)

شهر	ارتفاع (m)	فشار تقریبی (kPa)
فریدون‌شهر	2612	74
سمیرم	2434	75
بروجن	2265	77
شهرکرد	2072	79

ب) با فرض چگالی ثابت، فشار در ارتفاع h از رابطه‌ی $P = P_0 - \rho gh$ (با $P_0 = 101\ kPa$) به‌دست می‌آید. مثلاً برای فریدون‌شهر:

$$P = 1.01\times10^5 - (1.01)(9.8)(2612) \approx 1.01\times10^5 - 0.26\times10^5 \approx 75\ kPa$$

فشار محاسبه‌شده

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

شهر	ρgh (kPa)	P (kPa)
فریدون‌شهر	25.9	75.1
سمیرم	24.1	76.9
بروجن	22.4	78.6
شهرکرد	20.5	80.5

مقادیر محاسبه‌شده با مقادیر خوانده‌شده از نمودار نزدیک‌اند (اختلاف حدود ۱ تا ۲ کیلوپاسکال)، زیرا تا ارتفاع ۳ کیلومتر چگالی هوا تغییر زیادی نمی‌کند و فرض چگالی ثابت تقریب خوبی است.

۶۸ صفحه ۵۰ مسئله

غواص‌ها می‌توانند با قرار دادن یک سر لوله‌ای در دهان خود، در حالی که سر دیگر آن از آب بیرون است، تا عمق بیشینه‌ای در آب فرو روند و نفس بکشند (شکل زیر). با گذشتن از این عمق، اختلاف فشار درون و بیرون ریه‌ی غواص افزایش می‌یابد و غواص را ناراحت می‌کند. چون هوای درون ریه از طریق لوله با هوای بیرون ارتباط دارد، فشار هوای درون ریه، همان فشار جو است در حالی که فشار وارد بر قفسه‌ی سینه‌ی او، همان فشار در عمق آب است. در عمق 6.15 m از سطح آب، اختلاف فشار درون ریه‌ی غواص با فشار وارد بر قفسه‌ی سینه‌ی او چقدر است؟ (خوب است بدانید که غواص‌های مجهز به مخزن هوای فشرده می‌توانند تا عمق بیشتری در آب فرو روند، زیرا فشار هوای درون ریه‌ی آنها با افزایش عمق، هم‌پای فشار آب بر سطح بیرونی بدن زیاد می‌شود.)

فشار درون ریه برابر P0 و فشار بر قفسه‌ی سینه برابر P0 + ρgh است؛ پس اختلاف فشار برابر فشار پیمانه‌ای آب در آن عمق است:

$$\Delta P = \rho g h = (1000\ \text{kg/m}^3)(9.8\ \text{N/kg})(6.15\ \text{m}) \approx 6.0\times10^4\ \text{Pa}$$

یعنی حدود 60 kPa (نزدیک ۰.۶ اتمسفر) که قفسه‌ی سینه را به داخل می‌فشارد و تنفس را دشوار می‌کند.

۶۹ صفحه ۵۰ مسئله

درون لوله‌ی U شکلی که به یک مخزن محتوی گاز وصل شده است جیوه ($\rho_1 = 13600\ \text{kg/m}^3$) و مایعی با چگالی نامعلوم ρ2 وجود دارد (شکل زیر). اگر فشار هوای بیرون لوله‌ی U شکل 101 kPa باشد، چگالی مایع را تعیین کنید.

با توجه به شکل (فشار گاز 76 kPa، ستون جیوه‌ی 22 cm در طرف گاز و ستون مایع 40 cm در طرف باز)، فشار در سطح مشترک (هم‌تراز) را از دو طرف می‌نویسیم:

```
P_gas + ρ1 g h1 = P0 + ρ2 g h2
76000 + (13600)(9.8)(0.22) = 101000 + ρ2 (9.8)(0.40)
105322 − 101000 = 3.92 ρ2
ρ2 ≈ 1.1×10^3 kg/m^3
```

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۷۰ صفحه ۵۰ مسئله

در شکل زیر مقدار h چند سانتی‌متر است؟ فشار هوای محیط را 101 kPa و چگالی آب را 1000 kg/m^3 بگیرید.

با توجه به شکل، ابتدا فشار مخزن A را از فشارسنج آب‌دار با ستون 110 cm نسبت به هوای محیط می‌یابیم، سپس h را از اختلاف فشار با مخزن B (0.12 MPa = 120 kPa) به‌دست می‌آوریم:

```
P_A = P0 + ρgh1 = 101000 + (1000)(9.8)(1.10) ≈ 111780 Pa
P_B − P_A = ρgh
120000 − 111780 = (1000)(9.8) h
h ≈ 0.84 m ≈ 84 cm
```

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۷۱ صفحه ۵۰ مسئله

لوله‌ی U شکلی را در نظر بگیرید که محتوی حجم مساوی از آب و روغن است (شکل زیر). با توجه به اطلاعات روی شکل، فشار پیمانه‌ای هوای درون ریه‌ی شخصی که از شاخه‌ی سمت چپ لوله درون آن دمیده، چقدر است؟ چگالی روغن را 805 kg/m^3 بگیرید.

هوای دمیده‌شده فشار پیمانه‌ای Pg ایجاد می‌کند که با وزن ستون روغن به ارتفاع 80 cm (اختلاف ارتفاع مؤثر طبق شکل) تعادل برقرار می‌کند:

```
Pg = ρ_oil g h = (805)(9.8)(0.80) ≈ 6.3×10^3 Pa ≈ 47 mmHg
```

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

۷۲ صفحه ۵۱ مسئله

توضیح دهید چرا نیروی شناوری برای جسمی که در یک شاره قرار دارد رو به بالاست.

فشار در شاره با عمق افزایش می‌یابد ($P = P0 + \rho gh$). سطح زیرین جسم عمیق‌تر از سطح بالایی است و فشار بزرگ‌تری بر آن وارد می‌شود. نیروهای افقی وارد بر دیواره‌های جانبی جسم هم‌اندازه و در خلاف جهت یکدیگرند و یکدیگر را خنثی می‌کنند، ولی نیروی رو به بالای ناشی از فشار روی سطح زیرین از نیروی رو به پایین ناشی از فشار روی سطح بالایی بیشتر است. برایند این نیروها رو به بالاست و همان نیروی شناوری است.

۷۳ صفحه ۵۱ مسئله

در لوله‌ای پر از آب مطابق شکل زیر، آب از چپ به راست در جریان است. روی این لوله ۵ قسمت (A، B، C، D و E) نشان داده شده است.

الف) در کدام‌یک از قسمت‌های لوله، تندی آب، در حال افزایش، در حال کاهش، یا ثابت است؟

ب) تندی آب را در قسمت‌های A، C و E لوله با یکدیگر مقایسه کنید.

طبق معادله‌ی پیوستگی $A v$ = ثابت، هرجا سطح مقطع کمتر شود تندی آب زیاد می‌شود و هرجا بیشتر شود تندی کم می‌شود.

- **A:** سطح مقطع ثابت (قسمت پهن)، تندی ثابت و کمینه.
- **B:** لوله باریک می‌شود، تندی در حال افزایش.
- **C:** سطح مقطع کوچک و ثابت، تندی ثابت و بیشینه.
- **D:** لوله پهن می‌شود، تندی در حال کاهش.
- **E:** سطح مقطع ثابت (مانند A)، تندی ثابت.

ب) چون C کم‌ترین سطح مقطع را دارد: $vC > vA = vE$.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۷۴ صفحه ۵۱ مسئله

دو نوار کاغذی به طول تقریبی 10 cm را مطابق شکل (الف) به انتهای یک نی نوشابه بچسبانید. وقتی مطابق شکل (ب) به درون نی دمیده می‌شود نوارهای کاغذی به‌طرف یکدیگر جذب می‌شوند. با توجه به اصل برنولی دلیل این پدیده را توضیح دهید.

هوایی که از دهانه‌ی نی خارج می‌شود با تندی زیاد از بین دو نوار می‌گذرد. طبق اصل برنولی، با افزایش تندی هوا فشار آن کاهش می‌یابد؛ پس فشار هوا بین دو نوار از فشار هوای ساکن در بیرون نوارها (فشار جو) کمتر می‌شود. فشار بیشتر هوای بیرون، نوارها را به طرف داخل می‌راند و به هم نزدیک می‌کند.

۷۵ صفحه ۵۱ مسئله

شکل (الف) آتش‌نشانی را در حال خاموش کردن آتش از فاصله‌ی نسبتاً دوری نشان می‌دهد. نمایی بزرگ‌شده از شیر بسته‌شده به انتهای لوله‌ی آتش‌نشانی در شکل (ب) نشان داده شده است. اگر آب با تندی v1 = 1.50 m/s از لوله وارد شیر شود و قطر ورودی شیر d1 = 9.60 cm و قطر قسمت خروجی آن d2 = 2.50 cm باشد، تندی خروج آب را از شیر پیدا کنید.

از معادله‌ی پیوستگی A1 v1 = A2 v2 و A = πd^2/4:

```
v2 = v1 (d1/d2)^2 = (1.50 m/s)(9.60/2.50)^2
   = (1.50)(14.75) ≈ 22.1 m/s
```

تندی خروج آب از شیر حدود 22 m/s است.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

گام به گام فیزیک ۱ دهم تجربی - فصل سوم

کار، انرژی و توان

فهرست

۷۶ صفحه ۵۴ · تمرین — انرژی جنبشی ماهواره ۴۱
۷۷ صفحه ۵۴ · تمرین — تغییر انرژی جنبشی خودرو ۴۱
۷۸ صفحه ۵۵ · پرسش — مقایسه‌ی انرژی جنبشی اجسام ۴۱
۷۹ صفحه ۵۷ · تمرین — کار ورزشکار هنگام بالا بردن وزنه ۴۲
۸۰ صفحه ۵۹ · تمرین — کار ورزشکار هنگام پایین آوردن وزنه ۴۲
۸۱ صفحه ۵۹ · پرسش — کشیدن جعبه با طناب بلند و کوتاه ۴۳
۸۲ صفحه ۶۰ · تمرین — کار کل روی سورتمه ۴۳
۸۳ صفحه ۶۳ · تمرین — بالا بردن جعبه با نیروی ثابت ۴۳
۸۴ صفحه ۶۳ · تمرین — تندی خودروی الکتریکی ۴۴
۸۵ صفحه ۶۳ · تمرین — دو قایق روی یخ ۴۴
۸۶ صفحه ۶۴ · تمرین — نسبت کار کل در دو مرحله ۴۵
۸۷ صفحه ۶۶ · تمرین — کار وزن هنگام بالا رفتن جسم ۴۵
۸۸ صفحه ۶۸ · تمرین — انرژی هواپیمای مسافربری ۴۵
۸۹ صفحه ۶۸ · تمرین — پرش موتورسوار ۴۶
۹۰ صفحه ۶۹ · پرسش — تندی جسم در چهار مسیر بدون اصطکاک ۴۶
۹۱ صفحه ۷۰ · تمرین — تندی توپ بسکتبال با مبدأ دیگر ۴۷
۹۲ صفحه ۷۰ · تمرین — ارتفاع صخره ۴۷
۹۳ صفحه ۷۱ · پرسش — انرژی جنبشی توپ گرفته‌شده ۴۷
۹۴ صفحه ۷۳ · تمرین — تندی توپ با اتلاف انرژی ۴۸
۹۵ صفحه ۷۴ · تمرین — توان موتور جت ۴۸
۹۶ صفحه ۷۶ · تمرین — نیروگاه برق آبی ۴۸
۹۷ صفحه ۷۶ · فعالیت — مصرف گازوئیل برای یک لامپ رشته‌ای ۴۹
۹۸ صفحه ۷۶ · فعالیت — توان متوسط مفید هنگام دویدن از پله ۵۰
۹۹ صفحه ۷۸ · مسئله — انرژی جنبشی شهاب‌سنگ و هواپیما ۵۰
۱۰۰ صفحه ۷۸ · مسئله — شهاب‌سنگ آریزونا ۵۰
۱۰۱ صفحه ۷۸ · مسئله — کار برای رسیدن به تندی v ۵۱
۱۰۲ صفحه ۷۸ · مسئله — تندی توپ بیسبال ۵۱
۱۰۳ صفحه ۷۸ · مسئله — کار کل منفی ۵۱
۱۰۴ صفحه ۷۸ · مسئله — کار لازم برای تندی 3v ۵۲
۱۰۵ صفحه ۷۹ · مسئله — کار نیروی دست روی سطل ۵۲
۱۰۶ صفحه ۷۹ · مسئله — کار شخص روی گلوله‌ی برفی ۵۲
۱۰۷ صفحه ۷۹ · مسئله — انرژی جنبشی ماهواره ۵۳
۱۰۸ صفحه ۷۹ · مسئله — منفی بودن انرژی جنبشی و پتانسیل ۵۳
۱۰۹ صفحه ۷۹ · مسئله — دو شخص هم‌جرم در ساختمان ۵۳
۱۱۰ صفحه ۸۰ · مسئله — برخاستن هواپیما ۵۴
۱۱۱ صفحه ۸۰ · مسئله — سقوط از سه مسیر بدون اصطکاک ۵۵
۱۱۲ صفحه ۸۰ · مسئله — تندی بسته‌ی رهاشده از هواپیما ۵۵
۱۱۳ صفحه ۸۰ · مسئله — پرش موتورسوار از سکو ۵۵
۱۱۴ صفحه ۸۱ · مسئله — سه توپ پرتاب‌شده از ساختمان ۵۶
۱۱۵ صفحه ۸۱ · مسئله — لغزش جسم روی مسیر بدون اصطکاک ۵۶
۱۱۶ صفحه ۸۱ · مسئله — گلوله‌ی تفنگ و مقاومت هوا ۵۶
۱۱۷ صفحه ۸۱ · مسئله — گلوله‌ی آویزان در کلاس ۵۷
۱۱۸ صفحه ۸۱ · مسئله — توان مفید بالابر ۵۷
۱۱۹ صفحه ۸۱ · مسئله — توان مفید هنگام بالا رفتن از پله ۵۸
۱۲۰ صفحه ۸۱ · مسئله — پمپ‌های انتقال نفت ۵۸

۷۶ صفحه ۵۴ تمرین

ماهواره‌ای به جرم 220 kg، با تندی ثابت 2.5 km/s دور زمین می‌چرخد. انرژی جنبشی ماهواره را برحسب ژول و مگاژول حساب کنید.

داده‌ها: $m = 220\ kg$ و $v = 2.5\ km/s = 2500\ m/s$

$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2} \times 220 \times (2500)^2 \approx 6.9 \times 10^8\ J$

هر مگاژول برابر $10^6\ J$ است؛ پس $K \approx 6.9 \times 10^2\ MJ$ (دقیق‌تر $687.5\ MJ$).

۷۷ صفحه ۵۴ تمرین

جرم خودرویی به همراه راننده‌اش 840 kg است (شکل زیر). تندی خودرو در دو نقطه از مسیرش روی شکل داده شده است: $v_1 = 18.0\ m/s$ و $v_2 = 25.0\ m/s$. تغییرات انرژی جنبشی خودرو ($\Delta K = K_2 - K_1$) را بین این دو نقطه حساب کنید.

$K_1 = \frac{1}{2}(840)(18.0)^2 = 1.36 \times 10^5\ J$

$K_2 = \frac{1}{2}(840)(25.0)^2 = 2.63 \times 10^5\ J$

$\Delta K = K_2 - K_1 = 126420\ J \approx 1.26 \times 10^5\ J$

علامت مثبت یعنی انرژی جنبشی خودرو افزایش یافته است.

۷۸ صفحه ۵۵ پرسش

انرژی جنبشی هر یک از اجسام زیر را با هم مقایسه کنید و مقدار آن را به ترتیب از کمترین تا بیشترین بنویسید.

انرژی جنبشی از رابطه‌ی $K = \frac{1}{2}mv^2$ به دست می‌آید؛ یعنی با جرم متناسب و با مربع تندی متناسب است. دو برابر شدن جرم، K را 2 برابر و دو برابر شدن تندی، K را 4 برابر می‌کند. اگر $K_0 = \frac{1}{2}mv^2$ را انرژی جنبشی جسمی به جرم m و تندی v بگیریم:

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

جسم	جرم	تندی	انرژی جنبشی
K_1	m	v	K_0
K_2	m	2v	$4K_0$
K_3	2m	v	$2K_0$
K_4	2m	2v	$8K_0$
K_5	m	v	K_0

ترتیب از کمترین به بیشترین: $K_1 = K_5 < K_3 < K_2 < K_4$

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۷۹ صفحه ۵۷ تمرین

ورزشکاری وزنه‌ای به جرم 65 kg را به طور یکنواخت، 45.0 cm بالای سر خود می‌برد (شکل روبه‌رو). کاری که این ورزشکار روی وزنه انجام داده است را محاسبه کنید. اندازه‌ی شتاب گرانش زمین را g = 9.8 N/kg بگیرید.

چون وزنه با تندی ثابت بالا می‌رود، نیروی ورزشکار با وزن وزنه برابر و هم‌جهت با جابه‌جایی است:

$$F = mg = 65 \times 9.8 = 637\ N$$

$$W = Fd = 637 \times 0.45 \approx 2.9 \times 10^2\ J$$

۸۰ صفحه ۵۹ تمرین

تمرین 3ـ3 را دوباره ببینید. کار انجام شده توسط ورزشکار را روی وزنه برای حالتی حساب کنید که ورزشکار با وارد کردن همان نیروی F، وزنه را به آرامی پایین می‌آورد (شکل روبه‌رو). توضیح دهید که در این دو حالت، چه تفاوتی بین کار انجام شده توسط ورزشکار وجود دارد.

نیروی ورزشکار همچنان رو به بالا و برابر $F = mg = 637\ N$ است، ولی جابه‌جایی رو به پایین است (زاویه‌ی بین نیرو و جابه‌جایی 180° و $\cos 180^\circ = -1$).

$$W = Fd \cos 180^\circ = -(637)(0.45) \approx -2.9 \times 10^2\ J$$

تفاوت: اندازه‌ی کار در هر دو حالت یکسان است، اما در بالا بردن وزنه کار ورزشکار مثبت است (ورزشکار به وزنه انرژی می‌دهد و انرژی پتانسیل گرانشی آن افزایش می‌یابد) و در پایین آوردن، کار او منفی است (ورزشکار از وزنه انرژی می‌گیرد و انرژی پتانسیل گرانشی وزنه کاهش می‌یابد).

۸۱ صفحه ۵۹ پرسش

شخصی جسمی را یک بار با طنابی بلند (شکل الف) و بار دیگر با طنابی کوتاه‌تر (شکل ب) روی سطحی هموار می‌کشد. اگر جابه‌جایی و کاری که این شخص در هر دو بار روی جعبه انجام می‌دهد یکسان باشد، توضیح دهید در کدام حالت، شخص نیروی بزرگ‌تری وارد کرده است. اصطکاک را در هر دو حالت، ناچیز فرض کنید.

کار نیرو از رابطه‌ی $W = F\,d\cos\theta$ به دست می‌آید که θ زاویه‌ی نیرو با جابه‌جایی (افق) است. چون W و d در دو حالت یکسان‌اند، باید $F\cos\theta$ در هر دو حالت برابر باشد.

با طناب کوتاه‌تر (شکل ب)، زاویه‌ی طناب با افق بزرگ‌تر است، پس $\cos\theta$ کوچک‌تر می‌شود و برای ثابت ماندن $F\cos\theta$ باید F بزرگ‌تر باشد.

بنابراین در حالت (ب) (طناب کوتاه‌تر) شخص نیروی بزرگ‌تری وارد کرده است؛ زیرا بخش بیشتری از نیرو به صورت مؤلفه‌ی قائم است که کاری انجام نمی‌دهد.

۸۲ صفحه ۶۰ تمرین

کشاورزی توسط تراکتور، سورتمه‌ای پر از قطعه‌های چوب برش داده شده برای کارخانه را روی سطح افقی و در مسیر مستقیم به اندازه‌ی $200\ m$ جابه‌جا می‌کند (شکل زیر). وزن کل سورتمه و بار آن $15000\ N$ است. تراکتور نیروی ثابت $F = 5500\ N$ را در زاویه‌ی $\theta = 45^\circ$ بالای افق به سورتمه وارد می‌کند. نیروی اصطکاک جنبشی $f_k = 3500\ N$ است که برخلاف جهت حرکت به سورتمه وارد می‌شود. کار کل انجام شده روی سورتمه را محاسبه کنید.

- کار نیروی تراکتور: $W_1 = (F\cos 45^\circ)d = (5500)(0.707)(200) \approx 7.78 \times 10^5\ J$
- کار نیروی اصطکاک (زاویه‌ی 180°): $W_2 = -f_k\,d = -(3500)(200) = -7.0 \times 10^5\ J$
- کار نیروی وزن و نیروی عمودی تکیه‌گاه: صفر (بر جابه‌جایی عمودند).

$$W_t = W_1 + W_2 = 7.78 \times 10^5 - 7.0 \times 10^5 \approx 7.8 \times 10^4\ J$$

۸۳ صفحه ۶۳ تمرین

شکل روبه‌رو شخصی را نشان می‌دهد که با وارد کردن نیروی ثابت $150\ N$، جعبه‌ای به جرم $10\ kg$ را از حال سکون در امتداد قائم جابه‌جا می‌کند.

الف) کار انجام شده توسط شخص و کار انجام شده توسط نیروی وزن را روی جعبه تا ارتفاع $1.5\ m$ به طور جداگانه حساب کنید.

ب) کار کل انجام شده روی جعبه تا ارتفاع $1.5\ m$ چقدر است؟

پ) با استفاده از قضیه‌ی کار ـ انرژی جنبشی، تندی نهایی جعبه را در ارتفاع 1.5 m حساب کنید.

الف) نیروی دست رو به بالا و هم‌جهت با جابه‌جایی است و نیروی وزن رو به پایین:

$W_{دست} = Fd = (150)(1.5) = 225\ J$

$W_{وزن} = -mgd = -(10)(9.8)(1.5) = -147\ J$

ب) $W_t = 225 + (-147) = 78\ J$

پ) $v_2 = \sqrt{15.6} \approx 3.9\ m/s \Rightarrow 78 = \frac{1}{2}(10)v_2^2 \Rightarrow W_t = K_2 - K_1 = \frac{1}{2}mv_2^2 - 0$

۸۴ صفحه ۶۳ تمرین

جرم یک خودروی الکتریکی به همراه راننده‌اش 840 kg است. وقتی این خودرو از موقعیت A به موقعیت B می‌رود، کار کل انجام شده روی خودرو 73500 J است. اگر تندی خودرو در موقعیت A برابر 54.0 km/h باشد، تندی آن در موقعیت B چند متر بر ثانیه است؟

$v_A = 54.0\ km/h = 15.0\ m/s$

$K_A = \frac{1}{2}(840)(15.0)^2 = 94500\ J$

$K_B = 94500 + 73500 = 168000\ J \Rightarrow W_t = K_B - K_A$

$v_B = 20\ m/s \Rightarrow v_B^2 = 400 \Rightarrow \frac{1}{2}(840)v_B^2 = 168000$

۸۵ صفحه ۶۳ تمرین

دو قایق بادبانی مخصوص حرکت روی سطوح یخ‌زده، دارای جرم‌های m و 2m، روی دریاچه‌ی افقی و بدون اصطکاکی قرار دارند و نیروی ثابت و یکسان F با وزیدن باد به هر دو وارد می‌شود (شکل روبه‌رو). هر دو قایق از حال سکون شروع به حرکت می‌کنند و پس از جابه‌جایی d، از خط پایان می‌گذرند. انرژی جنبشی و تندی قایق‌ها را درست پس از عبور از خط پایان، با هم مقایسه کنید.

نیروی خالص هر دو قایق همان F است و جابه‌جایی هر دو d است؛ پس کار کل روی هر دو یکسان و برابر $W_t = Fd$ است. چون هر دو از حال سکون شروع کرده‌اند، طبق قضیه‌ی کار ـ انرژی جنبشی:

$K_2 = W_t = Fd$؛ یعنی انرژی جنبشی دو قایق پس از عبور از خط پایان برابر است.

اما $K = \frac{1}{2}mv^2$؛ چون K برابر است، قایق سبک‌تر (جرم m) تندتر است:

$v_1 = \sqrt{2}\, v_2 \approx 1.41\, v_2 \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}(2m)v_2^2$

انرژی جنبشی دو قایق یکسان است، ولی تندی قایق سبک‌تر $2\sqrt{}$ برابر تندی قایق سنگین‌تر است.

۸۶ صفحه ۶۴ تمرین

برای آنکه تندی خودرویی از حال سکون در نقطه‌ی A به v در نقطه‌ی B برسد، باید کار کل W_1t روی آن انجام شود. همچنین برای آنکه تندی خودرو از v در نقطه‌ی B به 2v در نقطه‌ی C برسد، باید کار کل W_2t روی آن انجام شود (شکل زیر). نسبت W_1t / W_2t چقدر است؟

$$W_1t = \frac{1}{2}mv^2 - 0 = \frac{1}{2}mv^2$$

$$W_2t = \frac{1}{2}m(2v)^2 - \frac{1}{2}mv^2 = 2mv^2 - \frac{1}{2}mv^2 = (3/2)mv^2$$

$$W_1t / W_2t = (\frac{1}{2}mv^2) / (1.5mv^2) = 1/3$$

۸۷ صفحه ۶۶ تمرین

برای جسمی به جرم m که رو به بالا حرکت می‌کند و از سطح زمین دور می‌شود نشان دهید کار نیروی وزن، همچنان از رابطه‌ی 3ـ6 به دست می‌آید. فرض کنید که جسم به اندازه‌ی کافی نزدیک به سطح زمین بماند به گونه‌ای که وزن آن ثابت باشد.

فرض کنید جسم از ارتفاع h_1 به ارتفاع h_2 (با $h_2 > h_1$) برود؛ پس اندازه‌ی جابه‌جایی $d = h_2 - h_1$ و رو به بالاست. نیروی وزن رو به پایین است، یعنی زاویه‌ی آن با جابه‌جایی 180° است:

$$W_وزن = (mg \cos 180^\circ)d = -mg(h_2 - h_1) = -(mgh_2 - mgh_1)$$

با $U = mgh$ داریم: $W_وزن = -(U_2 - U_1) = -\Delta U$ که همان رابطه‌ی 3ـ6 است. (کار منفی است و انرژی پتانسیل گرانشی افزایش می‌یابد.)

۸۸ صفحه ۶۸ تمرین

انرژی جنبشی و انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) یک هواپیمای مسافربری به جرم 7.50×10^4 kg که با تندی 864 km/h در ارتفاع 9.60×10^3 m حرکت می‌کند چقدر است؟ مقدار این انرژی‌ها را با هم مقایسه کنید.

$$v = 864 \text{ km/h} = 240 \text{ m/s}$$

$$K = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}(7.50 \times 10^4)(240)^2 \approx 2.16 \times 10^9 \text{ J}$$

$$U = mgh = (7.50 \times 10^4)(9.8)(9.60 \times 10^3) \approx 7.06 \times 10^9 \text{ J}$$

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

مقایسه: $U / K \approx 3.3$؛ یعنی انرژی پتانسیل گرانشی هواپیما حدود 3.3 برابر انرژی جنبشی آن است.

این فایل توسط سایت ایران‌توشه تهیه شده است.

irantooshe.ir

۸۹ صفحه ۶۸ تمرین

جرم موتورسواری با موتورش 150 kg است. این موتورسوار، پرشی مطابق شکل روبه‌رو انجام می‌دهد ($h_1 = 90\ m$ و $h_2 = 50\ m$).

الف) انرژی پتانسیل گرانشی موتورسوار را روی هر یک از تپه‌ها حساب کنید ($g = 9.8\ m/s^2$).

ب) کار نیروی وزن موتورسوار به همراه موتورش را در این جابه‌جایی به دست آورید.

الف) $U_1 = mgh_1 = (150)(9.8)(90) = 1.3 \times 10^5\ J$ (دقیقاً 132300 J)

$U_2 = mgh_2 = (150)(9.8)(50) = 7.4 \times 10^4\ J$ (دقیقاً 73500 J)

ب) موتورسوار از تپه‌ی بلندتر (h_1) به تپه‌ی پایین‌تر (h_2) می‌رود:

$W_{وزن} = -(U_2 - U_1) = -(73500 - 132300) = +58800\ J \approx 5.9 \times 10^4\ J$

کار نیروی وزن مثبت است، زیرا ارتفاع موتورسوار کاهش یافته است.

۹۰ صفحه ۶۹ پرسش

شکل روبه‌رو، چهار وضعیت متفاوت را برای حرکت جسمی نشان می‌دهد. در وضعیت الف، جسم از حال سکون سقوط می‌کند و در سه وضعیت دیگر جسم از حال سکون روی مسیری بدون اصطکاک و رو به پایین حرکت می‌کند. تندی جسم را در نقطه‌ی B برای هر چهار وضعیت با هم مقایسه کنید.

در هر چهار وضعیت تنها نیروی وزن کار انجام می‌دهد؛ پس انرژی مکانیکی پایسته است. جسم از حال سکون ($K_1 = 0$) و از یک ارتفاع یکسان h شروع می‌کند:

$v_B = \sqrt{(2gh)} \Rightarrow mgh = \frac{1}{2}mv_B^2$

این مقدار به جرم و شکل مسیر بستگی ندارد، بنابراین تندی جسم در نقطه‌ی B در هر چهار وضعیت یکسان است.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۹۱ صفحه ۷۰ تمرین

در مثال 3ـ11، مبدأ انرژی پتانسیل گرانشی را در ارتفاع h_1 بگیرید و بر این اساس تندی توپ را هنگام رسیدن به دهانه‌ی سبد حساب کنید.

داده‌ها (مثال 3ـ11): $v_1 = 7.0\ m/s$، $h_1 = 2.0\ m$ و $h_2 = 3.0\ m$. با مبدأ در ارتفاع h_1: $U_1 = 0$ و $h_2' = 3.0 - 2.0 = 1.0\ m$.

$$\frac{1}{2}(7.0)^2 + 0 = \frac{1}{2}v_2^2 + (9.8)(1.0) \Rightarrow K_1 + U_1 = K_2 + U_2$$

$$v_2 \approx 5.4\ m/s \Rightarrow v_2^2 = 29.4 \Rightarrow 24.5 = \frac{1}{2}v_2^2 + 9.8$$

همان پاسخ مثال 3ـ11 به دست آمد؛ پس انتخاب مبدأ در نتیجه تأثیری ندارد.

۹۲ صفحه ۷۰ تمرین

توپی مطابق شکل از سطح زمین با تندی $v_1 = 40\ m/s$ به طرف صخره‌ای پرتاب می‌شود. اگر توپ با تندی $v_2 = 25\ m/s$ به بالای صخره برخورد کند، ارتفاع h_2 را به دست آورید. مقاومت هوا را هنگام حرکت توپ نادیده بگیرید.

مبدأ انرژی پتانسیل را سطح زمین می‌گیریم ($h_1 = 0$). انرژی مکانیکی پایسته است:

$$h_2 = (v_1^2 - v_2^2) / 2g \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2$$

$$h_2 = (1600 - 625) / (2 \times 9.8) = 975 / 19.6 \approx 50\ m$$

۹۳ صفحه ۷۱ پرسش

شخصی توپ در حال حرکتی را با دست خود می‌گیرد (شکل روبه‌رو). پس از توقف توپ، انرژی جنبشی آن کجا رفته است؟

هنگام گرفتن توپ، نیروی دست به توپ کار منفی انجام می‌دهد و انرژی جنبشی توپ را کم می‌کند. این انرژی از بین نرفته است، بلکه به انرژی درونی توپ و دست (و مقدار کمی انرژی صوتی) تبدیل می‌شود؛ به همین دلیل توپ و دست کمی گرم می‌شوند.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت
irantooshe.ir

۹۴ صفحه ۷۳ تمرین

توپی به جرم 0.45 kg با تندی $v_1 = 8.0\ m/s$ از نقطه‌ی A می‌گذرد (شکل روبه‌رو). نیروی مقاومت هوا و نیروی اصطکاک در سطح تماس توپ با زمین، 20 درصد انرژی جنبشی اولیه‌ی توپ را تا رسیدن به نقطه‌ی B تلف می‌کنند. تندی توپ را در این نقطه به دست آورید.

فرض می‌کنیم توپ روی سطحی افقی حرکت می‌کند (دو نقطه هم‌ارتفاع‌اند)، پس تغییر انرژی پتانسیل صفر است.

$$K_1 = \tfrac{1}{2}(0.45)(8.0)^2 = 14.4\ J$$

$$K_2 = 0.80\ K_1 = 11.52\ J$$

$$v_2 = \sqrt{51.2} \approx 7.2\ m/s \Rightarrow \tfrac{1}{2}(0.45)v_2^2 = 11.52$$

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۹۵ صفحه ۷۴ تمرین

هر یک از دو موتور جت یک هواپیمای مسافربری، پیشرانه‌ای (نیروی جلوبر هواپیما) برابر $2.0 \times 10^5\ N$ ایجاد می‌کند. اگر هواپیما در هر دقیقه 15 km در امتداد این نیرو حرکت کند، توان متوسط هر یک از موتورهای هواپیما چند اسب بخار است؟

$$W = Fd = (2.0 \times 10^5)(15 \times 10^3) = 3.0 \times 10^9\ J$$

$$P_{av} = W / \Delta t = 3.0 \times 10^9 / 60 = 5.0 \times 10^7\ W$$

$$P_{av} = 5.0 \times 10^7 / 746 \approx 6.7 \times 10^4\ hp$$

۹۶ صفحه ۷۶ تمرین

آب ذخیره شده در پشت سد یک نیروگاه برق آبی، از مسیری مطابق شکل روی پره‌های توربینی می‌ریزد و آن را می‌چرخاند. با چرخش توربین، مولد می‌چرخد و انرژی الکتریکی تولید می‌شود (شکل روبه‌رو). اگر 85 درصد کار نیروی گرانش به انرژی الکتریکی تبدیل شود، در هر ثانیه چند متر مکعب آب باید روی توربین بریزد تا توان الکتریکی خروجی مولد نیروگاه به 200 MW برسد؟ جرم هر متر مکعب آب را 1000 kg در نظر بگیرید. (ارتفاع ریزش آب 90.0 m است.)

توان ورودی لازم (توان کار نیروی گرانش):

$$P_{in} = P_{out} / 0.85 = 200\ MW / 0.85 \approx 2.35 \times 10^8\ W$$

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

در هر ثانیه جرم m از ارتفاع h می‌ریزد: $P_{in} = mgh / \Delta t$

$m / \Delta t = 2.35 \times 10^8 / (9.8 \times 90.0) \approx 2.67 \times 10^5\ kg/s$

$V / \Delta t = (m/\Delta t) / \rho = 2.67 \times 10^5 / 1000 \approx 2.7 \times 10^2\ m^3/s$

در هر ثانیه حدود 267 مترمکعب آب باید روی توربین بریزد.

---

۹۷ صفحه ۷۶ فعالیت

شکل زیر طرح‌واره‌ای از درصد انرژی مفید و انرژی تلف شده در یک نیروگاه سوخت فسیلی یا هسته‌ای را از آغاز تا مصرف در یک لامپ رشته‌ای نشان می‌دهد (بازده نیروگاه 35%، خطوط انتقال 90% و لامپ رشته‌ای 5%).

الف) یک نیروگاه سوخت فسیلی را در نظر بگیرید که با مصرف گازوئیل، انرژی الکتریکی تولید می‌کند. با سوختن هر لیتر گازوئیل حدود 35 مگاژول انرژی گرمایی تولید می‌شود. برای اینکه یک لامپ رشته‌ای 100 واتی در طول یک ماه به مدت 180 ساعت (به طور میانگین هر شبانه‌روز 6 ساعت) روشن بماند، چقدر گازوئیل باید در نیروگاه مصرف شود؟

ب) با توجه به نتیجه‌ی قسمت الف، درک خود از هشدار معروف «لامپ اضافی خاموش!» را بیان کنید.

پ) اگر در سراسر ایران، هر خانه در طول یک ماه، معادل انرژی الکتریکی مصرف شده در قسمت الف، صرفه‌جویی کند، مقدار گازوئیل صرفه‌جویی شده را محاسبه کنید.

الف) انرژی الکتریکی مصرفی لامپ:

$E = Pt = 100\ W \times (180 \times 3600\ s) = 6.48 \times 10^7\ J = 64.8\ MJ$

بازده کل از نیروگاه تا خانه: $0.35 \times 0.90 = 0.315$؛ پس انرژی گرمایی لازم از سوختن گازوئیل:

$E_{206} \approx 0.315 / 64.8$ سوخت = MJ

206 حجم گازوئیل = $MJ / (35\ MJ/L) \approx 5.9\ L$

ب) روشن ماندن فقط یک لامپ 100 واتی اضافی در طول یک ماه، حدود 6 لیتر گازوئیل در نیروگاه مصرف می‌کند و تنها 5 درصد انرژی لامپ به نور تبدیل می‌شود. وقتی این مقدار در میلیون‌ها خانه تکرار شود، هدر رفتن سوخت و آلودگی هوا بسیار زیاد است؛ پس خاموش کردن لامپ اضافی کار کوچکی نیست و صرفه‌جویی قابل‌توجهی دارد.

پ) تعداد خانوارهای ایران را حدود 25 میلیون در نظر می‌گیریم:

$5.9\ L \times 2.5 \times 10^7 \approx 1.5 \times 10^8\ L$

یعنی در هر ماه حدود 150 میلیون لیتر گازوئیل صرفه‌جویی می‌شود.

۹۸ صفحه ۷۶ فعالیت

مدت زمانی که طول می‌کشد تا با دویدن به بالای یک راه‌پله برسید را اندازه بگیرید. توان متوسط مفید خودتان را در این فعالیت برحسب وات و اسب بخار بیان کنید.

روش: ارتفاع قائم راه‌پله (h) را با متر اندازه می‌گیریم (تعداد پله‌ها × ارتفاع هر پله)، با کرونومتر زمان بالا رفتن (t) را می‌سنجیم و از رابطه‌ی $P = mgh / t$ توان را حساب می‌کنیم.

نمونه با داده‌ی فرضی: $m = 60\ kg$، $h = 3.5\ m$ و $t = 4.5\ s$

$$W = mgh = 60 \times 9.8 \times 3.5 = 2058\ J$$

$$P = W / t = 2058 / 4.5 \approx 4.6 \times 10^{2}\ W \approx 0.61\ hp$$

۹۹ صفحه ۷۸ مسئله

تقریباً بیشتر شهاب‌سنگ‌هایی که وارد جو زمین می‌شوند، به دلیل اصطکاک زیاد با ذرات تشکیل‌دهنده‌ی جو، به دمای بالایی می‌رسند و می‌سوزند. شکل زیر شهاب‌سنگی به جرم $1.4 \times 10^{5}\ kg$ را نشان می‌دهد که با تندی $4.0\ km/s$ وارد جو زمین شده است. انرژی جنبشی این شهاب‌سنگ را به دست آورید. این انرژی را با انرژی جنبشی یک هواپیمای مسافربری به جرم $7.2 \times 10^{4}\ kg$ که با تندی $250\ m/s$ در حرکت است مقایسه کنید.

شهاب‌سنگ: $v = 4.0\ km/s = 4.0 \times 10^{3}\ m/s$

$$K_1 = \tfrac{1}{2}mv^2 = \tfrac{1}{2}(1.4 \times 10^{5})(4.0 \times 10^{3})^2 \approx 1.1 \times 10^{12}\ J$$

هواپیما: $K_2 = \tfrac{1}{2}(7.2 \times 10^{4})(250)^2 \approx 2.3 \times 10^{9}\ J$

$K_1 / K_2 \approx 5 \times 10^{2}$؛ انرژی جنبشی شهاب‌سنگ حدود 500 برابر انرژی جنبشی هواپیمای مسافربری است.

۱۰۰ صفحه ۷۸ مسئله

حدود 50000 سال پیش شهاب‌سنگی در نزدیک آریزونای آمریکا به زمین برخورد کرده و چاله‌ای بزرگ از خود به جای گذاشته است (شکل زیر). با اندازه‌گیری‌های جدید (2005 میلادی) برآورد شده است که جرم این شهاب‌سنگ حدود $1.40 \times 10^{8}\ kg$ بوده و با تندی $12.0\ km/s$ به زمین برخورد کرده است. انرژی جنبشی این شهاب‌سنگ هنگام برخورد به زمین چقدر بوده است؟ (خوب است بدانید انرژی آزاد شده توسط هر تن TNT تقریباً برابر $4.2 \times 10^{9}\ J$ است.)

$$v = 12.0\ km/s = 1.20 \times 10^{4}\ m/s$$

$$K = \tfrac{1}{2}mv^2 = \tfrac{1}{2}(1.40 \times 10^{8})(1.20 \times 10^{4})^2 \approx 1.0 \times 10^{16}\ J$$

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

معادل TNT: $2.4 \times 10^6 \approx 4.2 \times 10^9 / 1.0 \times 10^{16}$ تن؛ یعنی انرژی برخورد، معادل انفجار حدود 2.4 میلیون تن TNT بوده است.

۱۰۱ صفحه ۷۸ مسئله

در شکل‌های (الف) و (ب) جرم ارابه‌ها یکسان است. برای اینکه تندی ارابه‌ها از صفر به مقدار معین v برسد، کار انجام شده در هر دو حالت را با هم مقایسه کنید.

طبق قضیه‌ی کار ـ انرژی جنبشی، کار کل انجام شده روی هر ارابه برابر تغییر انرژی جنبشی آن است:

$W_t = \frac{1}{2}mv^2 - 0 = \frac{1}{2}mv^2$

چون جرم و تندی نهایی در هر دو حالت یکسان‌اند، کار کل انجام شده در هر دو حالت برابر است (مستقل از اینکه نیرو چگونه وارد شود). تفاوت دو حالت فقط در نیروی لازم یا مسافت طی‌شده است.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۱۰۲ صفحه ۷۸ مسئله

ورزشکاری سعی می‌کند توپ بیسبالی به جرم 150 g را با بیشترین تندی ممکن پرتاب کند. به این منظور، ورزشکار نیرویی به بزرگی F = 75.0 N تا لحظه‌ی پرتاب توپ و در امتداد جابه‌جایی (d = 1.5 m) بر آن وارد می‌کند (شکل زیر). با چشم‌پوشی از مقاومت هوا، تندی توپ هنگام جدا شدن از دست ورزشکار چقدر است؟

$W_t = Fd = (75.0)(1.5) = 112.5\ J$

توپ از حال سکون شروع می‌کند: $W_t = \frac{1}{2}mv^2 - 0$

$v \approx 39\ m/s \Rightarrow v^2 = 1500 \Rightarrow 112.5 = \frac{1}{2}(0.150)v^2$

۱۰۳ صفحه ۷۸ مسئله

آیا کار کل انجام شده بر یک جسم در یک جابه‌جایی می‌تواند منفی باشد؟ توضیح دهید.

بله. طبق قضیه‌ی کار ـ انرژی جنبشی $W_t = K_2 - K_1$. اگر نیروی خالص برخلاف جهت جابه‌جایی بر جسم وارد شود، کار کل منفی است و انرژی جنبشی جسم کاهش می‌یابد (جسم کندتر می‌شود)؛ مانند خودرویی که ترمز می‌کند.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

۱۰۴ صفحه ۷۸ مسئله

برای آنکه نیروی خالصی بتواند تندی جسم را از صفر به v برساند باید مقدار کار W را روی آن انجام دهد. اگر قرار باشد تندی این جسم از صفر به 3v برسد کاری که روی جسم باید انجام شود چند برابر W است؟

$W = \frac{1}{2}mv^2$ و برای تندی 3v:

$W' = \frac{1}{2}m(3v)^2 = 9 \times \frac{1}{2}mv^2 = 9W$

کار لازم 9 برابر W است.

۱۰۵ صفحه ۷۹ مسئله

اگر مطابق شکل زیر سطلی را در دست نگه دارید، آیا نیروی دست شما هنگامی که با تندی ثابت در مسیر افقی قدم می‌زنید روی سطل کاری انجام می‌دهد؟ اگر تندی حرکت شما در طول مسیر کم و زیاد شود چطور؟ پاسخ خود را در هر مورد توضیح دهید. از مقاومت هوا در مقابل حرکت سطل، چشم‌پوشی کنید.

تندی ثابت: نیروی دست رو به بالا (برابر وزن سطل) و بر جابه‌جایی افقی عمود است ($\cos 90^\circ = 0$)؛ پس کاری روی سطل انجام نمی‌دهد. کار کل هم صفر است، زیرا انرژی جنبشی سطل تغییر نمی‌کند.

تندی متغیر: برای تغییر تندی سطل باید نیروی خالص افقی بر آن وارد شود که فقط از دست می‌آید (مؤلفه‌ی افقی نیروی دست). هنگام تندتر شدن، این مؤلفه با جابه‌جایی هم‌جهت است و دست کار مثبت انجام می‌دهد؛ هنگام کندتر شدن، برخلاف جابه‌جایی است و کار دست منفی است. (مؤلفه‌ی قائم نیروی دست همچنان کاری انجام نمی‌دهد.) اگر تندی سطل در ابتدا و انتهای مسیر برابر باشد، کار کل دست در کل مسیر صفر است.

۱۰۶ صفحه ۷۹ مسئله

شخصی گلوله‌ای برفی به جرم 150 g را از روی زمین برمی‌دارد و تا ارتفاع 180 cm از سطح زمین بالا می‌برد و سپس در همان ارتفاع آن را با تندی 12 m/s پرتاب می‌کند. کار انجام شده توسط شخص روی گلوله‌ی برف چقدر است؟

کار کل شخص برابر مجموع تغییر انرژی پتانسیل و تغییر انرژی جنبشی گلوله است (گلوله ابتدا ساکن است و مقاومت هوا نادیده گرفته می‌شود):

$W = \Delta U + \Delta K = mgh + \frac{1}{2}mv^2$

$W = (0.150)(9.8)(1.8) + \frac{1}{2}(0.150)(12)^2 = 2.6 + 10.8 \approx 13\ J$

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۱۰۷ صفحه ۷۹ مسئله

ماهواره‌ها در مدارهای معین و با تندی ثابتی دور زمین می‌چرخند. حرکت یک ماهواره به دور زمین شکل (الف) را می‌توان مطابق شکل (ب) مدل‌سازی کرد. همان‌طور که دیده می‌شود نیروی خالصی (نیروی وزن) همواره بر ماهواره وارد می‌شود. چگونه امکان دارد با وجود وارد شدن این نیرو به ماهواره، انرژی جنبشی آن ثابت بماند؟

در مدار دایره‌ای، نیروی وزن (گرانش) همواره به سمت مرکز زمین است و بر جابه‌جایی لحظه‌ای ماهواره، که مماس بر مدار است، عمود است. پس کار نیروی وزن $W = Fd\cos 90^\circ = 0$ است.

طبق قضیه‌ی کار ـ انرژی جنبشی $W_t = \Delta K = 0$؛ بنابراین انرژی جنبشی و تندی ماهواره ثابت می‌ماند (فقط جهت سرعت تغییر می‌کند).

۱۰۸ صفحه ۷۹ مسئله

آیا انرژی جنبشی یک جسم می‌تواند منفی باشد؟ انرژی پتانسیل گرانشی یک سامانه چطور؟ توضیح دهید.

انرژی جنبشی $K = \frac{1}{2}mv^2$ منفی نمی‌شود؛ زیرا m مثبت و v^2 همواره نامنفی است.

انرژی پتانسیل گرانشی $U = mgh$ می‌تواند منفی باشد؛ زیرا h نسبت به مبدأ دلخواهی که انتخاب می‌کنیم سنجیده می‌شود. اگر جسم پایین‌تر از مبدأ $(h = 0)$ قرار گیرد، h و در نتیجه U منفی است. آنچه اهمیت فیزیکی دارد تغییر انرژی پتانسیل (ΔU) است که به انتخاب مبدأ بستگی ندارد.

۱۰۹ صفحه ۷۹ مسئله

دو شخص هم‌جرم A و B به طبقه‌ی سوم ساختمانی می‌روند. شخص A با آسانسور و شخص B به آرامی از پله‌های ساختمان بالا می‌روند. گزاره‌های درست را با ذکر دلیل مشخص کنید.

الف) در طبقه‌ی سوم، انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) شخص A از شخص B کمتر است، زیرا آرام‌تر بالا رفته است.

ب) در طبقه‌ی سوم، انرژی پتانسیل گرانشی (نسبت به زمین) شخص A کمتر از شخص B است، زیرا برای رسیدن به طبقه‌ی سوم ساختمان مسافت کمتری پیموده است.

پ) کار نیروی وزن برای هر دو شخص در طول مسیر یکسان است.

ت) انرژی پتانسیل گرانشی هر دو شخص در طبقه‌ی سوم ساختمان یکسان است.

انرژی پتانسیل گرانشی فقط به جرم و ارتفاع بستگی دارد ($U = mgh$) و کار نیروی وزن برابر $-\Delta U$ است؛ به مسیر و زمان بستگی ندارد.

- الف) نادرست؛ سرعت بالا رفتن در U تأثیری ندارد.
- ب) نادرست؛ U به ارتفاع بستگی دارد نه مسافت پیموده‌شده.
- پ) درست؛ جرم و تغییر ارتفاع هر دو یکسان است، پس $W_{وزن} = -mg\Delta h$ برای هر دو یکی است.
- ت) درست؛ هر دو هم‌جرم‌اند و در یک ارتفاع قرار دارند.

گزاره‌های (پ) و (ت) درست‌اند.

۱۱۰ صفحه ۸۰ **مسئله**

شکل زیر هواپیمایی به جرم 7.2×10^4 kg را نشان می‌دهد که از حال سکون شروع به حرکت می‌کند و پس از 2050 m جابه‌جایی در امتداد باند هواپیما، به تندی برخاستن $v_2 = 70$ m/s می‌رسد.

الف) کار کل نیروهای وارد بر هواپیما را در این جابه‌جایی حساب کنید.

ب) یک دقیقه پس از برخاستن، هواپیما تا ارتفاع 560 m از سطح زمین اوج می‌گیرد و تندی آن به 140 m/s می‌رسد. در این مدت، کار نیروی وزن چقدر است؟

پ) به جز نیروی وزن، چه نیروهای دیگری بر هواپیما اثر می‌کند (با این نیروها در علوم سال ششم آشنا شدید)؟ کار کدام یک از این نیروها مثبت و کار کدام یک از آنها منفی است؟

الف) $W_t = \Delta K = \frac{1}{2}(7.2 \times 10^4)(70)^2 - 0 \approx 1.8 \times 10^8$ J

ب) $W_{وزن} = -mgh = -(7.2 \times 10^4)(9.8)(560) \approx -3.95 \times 10^8$ J $\approx -4.0 \times 10^8$ J

پ) نیروهای دیگر:

- نیروی پیشران (جلوبر) موتورها: هم‌جهت با حرکت است، کار مثبت.
- نیروی مقاومت هوا: برخلاف حرکت است، کار منفی.
- نیروی اصطکاک چرخ‌ها با باند (هنگام حرکت روی زمین): برخلاف حرکت است، کار منفی.
- نیروی عمودی تکیه‌گاه (باند) و نیروی برا (بالابر هوا): عمود بر راستای حرکت‌اند و تقریباً کار صفر انجام می‌دهند.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۱۱۱ صفحه ۸۰ مسئله

در سه شکل زیر اجسامی از حالت سکون و ارتفاع h نسبت به سطح افق رها می‌شوند و نیروی اصطکاک و مقاومت هوا بر آنها وارد نمی‌شود (جرم اجسام به ترتیب m، 2m و m است). در کدام حالت، جسم:

الف) بیشترین تندی را هنگام رسیدن به سطح افقی دارد؟

ب) تا هنگام رسیدن به پایین مسیر، بیشترین مقدار کار نیروی وزن روی آن انجام شده است؟

الف) انرژی مکانیکی پایسته است: $mgh = \frac{1}{2}mv^2 \Rightarrow v = \sqrt{(2gh)}$. این مقدار به جرم و شکل مسیر بستگی ندارد؛ پس تندی در هر سه حالت یکسان است و هیچ حالتی تندی بیشتری ندارد.

ب) $W_{وزن} = mgh$ و h در هر سه حالت یکسان است؛ پس هرچه جرم بزرگ‌تر باشد کار بیشتر است. بیشترین کار در حالتی انجام می‌شود که جرم جسم 2m است ($W = 2mgh$).

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۱۱۲ صفحه ۸۰ مسئله

در شکل زیر هواپیمایی که در ارتفاع 300 m از سطح زمین و با تندی 50 m/s پرواز می‌کند، بسته‌ای را برای کمک به آسیب‌دیدگان زلزله رها می‌کند. تندی بسته هنگام برخورد به زمین چقدر است؟ از تأثیر مقاومت هوا روی حرکت بسته چشم‌پوشی کنید.

انرژی مکانیکی پایسته است (مبدأ پتانسیل: سطح زمین):

$$v_2 = \sqrt{(v_1^2 + 2gh)} \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh = \frac{1}{2}mv_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{(50^2 + 2 \times 9.8 \times 300)} = \sqrt{8380} \approx 92\ m/s$$

۱۱۳ صفحه ۸۰ مسئله

موتورسواری از انتهای سکویی مطابق شکل زیر، پرشی را با تندی 35.0 m/s انجام می‌دهد. اگر تندی موتورسوار در بالاترین نقطه‌ی مسیرش به 32.0 m/s برسد، ارتفاع h را پیدا کنید. اصطکاک و مقاومت هوا را در طول مسیر حرکت موتورسوار نادیده بگیرید.

h ارتفاع بالاترین نقطه از نقطه‌ی پرش است. با پایستگی انرژی مکانیکی:

$$h = (v_1^2 - v_2^2) / 2g \Rightarrow \frac{1}{2}mv_1^2 = \frac{1}{2}mv_2^2 + mgh$$

$$h = (35.0^2 - 32.0^2) / (2 \times 9.8) = (1225 - 1024) / 19.6 \approx 10\ m$$

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۱۱۴ صفحه ۸۱ مسئله

سه توپ مشابه، از بالای ساختمانی با تندی یکسانی پرتاب می‌شوند (شکل زیر). توپ (1) در امتداد افق، توپ (2) با زاویه‌ای بالاتر از امتداد افق و توپ (3) با زاویه‌ای پایین‌تر از امتداد افق پرتاب می‌شود. با نادیده گرفتن مقاومت هوا، انرژی جنبشی توپ‌ها را هنگام برخورد با سطح زمین، با یکدیگر مقایسه کنید.

فقط نیروی وزن کار می‌کند و انرژی مکانیکی پایسته است. برای هر توپ با جرم m، تندی اولیه‌ی v_0 و ارتفاع h:

$$K = \frac{1}{2}mv_0^2 + mgh$$

این مقدار برای سه توپ یکسان است (به زاویه‌ی پرتاب بستگی ندارد). پس انرژی جنبشی سه توپ هنگام برخورد با زمین برابر است: $K_1 = K_2 = K_3$.

۱۱۵ صفحه ۸۱ مسئله

جسمی به جرم $m = 12\ kg$ در نقطه‌ی A از حالت سکون رها می‌شود و در مسیری بدون اصطکاک سر می‌خورد (شکل زیر). تعیین کنید:

الف) تندی جسم را در نقطه‌ی B.

ب) کار نیروی گرانشی را در حرکت جسم از نقطه‌ی A تا نقطه‌ی C.

با توجه به شکل، ارتفاع نقطه‌ی A را 5.0 m، نقطه‌ی B را 2.0 m و نقطه‌ی C را 3.2 m از سطح مبنا می‌گیریم.

الف) $v_B = \sqrt{2g(h_A - h_B)} \Rightarrow mgh_A = \frac{1}{2}mv_B^2 + mgh_B$

$$v_B = \sqrt{2 \times 9.8 \times (5.0 - 2.0)} = \sqrt{58.8} \approx 7.7\ m/s$$

ب) $W = mg(h_A - h_C) = (12)(9.8)(5.0 - 3.2) \approx 2.1 \times 10^2\ J$

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۱۱۶ صفحه ۸۱ مسئله

گلوله‌ای به جرم 50 g از دهانه‌ی تفنگی با تندی 1.5 km/s و ارتفاع 1.6 m از سطح زمین شلیک می‌شود. اگر گلوله با تندی 0.45 km/s به زمین برخورد کند،

الف) در مدت حرکت گلوله کار نیروی مقاومت هوا چقدر است؟

ب) مقدار به دست آمده در قسمت (الف) را با کار نیروی وزن مقایسه کنید. از این مقایسه چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

الف) مبدأ پتانسیل را سطح زمین می‌گیریم. $m = 0.050\ kg$، $v_1 = 1500\ m/s$، $v_2 = 450\ m/s$:

$E_1 = ½(0.050)(1500)^2 + (0.050)(9.8)(1.6) \approx 5.63 \times 10^4$ J

$E_2 = ½(0.050)(450)^2 \approx 5.06 \times 10^3$ J

$W_f = E_2 - E_1 \approx -5.1 \times 10^4$ J

ب) کار نیروی وزن: $W_وزن = mgh = (0.050)(9.8)(1.6) \approx 0.78$ J. قدر مطلق کار مقاومت هوا حدود 65000 برابر کار نیروی وزن است.

نتیجه: در این حرکت کار نیروی وزن در برابر کار نیروی مقاومت هوا ناچیز است و تندی گلوله تقریباً به‌طور کامل تحت تأثیر مقاومت هواست؛ پس در چنین حالتی نمی‌توان از مقاومت هوا چشم‌پوشی کرد.

۱۱۷ صفحه ۸۱ مسئله

شکل زیر گلوله‌ای را نشان می‌دهد که از سقف کلاسی آویزان شده و دانش‌آموزی آن را از وضعیت تعادل خارج کرده و در برابر نوک بینی خود گرفته است.

الف) وقتی دانش‌آموز گلوله را رها می‌کند هنگام برگشت به او برخورد نمی‌کند. چرا؟ (این تجربه‌ی ساده ولی هیجان‌انگیز را در صورت امکان در کلاستان انجام دهید.)

ب) اگر دانش‌آموز هنگام رها کردن گلوله، آن را هل دهد، هنگام برگشت آن، چه اتفاقی می‌افتد؟

الف) گلوله از حال سکون و از ارتفاع h رها می‌شود. نیروی وزن کار می‌کند و نیروی کشش نخ همواره بر حرکت عمود است و کاری نمی‌کند؛ پس انرژی مکانیکی پایسته است (با صرف‌نظر از مقاومت هوا). گلوله در هنگام برگشت به ارتفاع اولیه می‌رسد (و به دلیل اتلاف انرژی در عمل کمی پایین‌تر از آن می‌ایستد) و هیچ‌گاه بالاتر از نوک بینی نمی‌رود، پس به دانش‌آموز برخورد نمی‌کند.

ب) با هل دادن، به گلوله انرژی جنبشی اولیه داده می‌شود؛ پس انرژی مکانیکی آن در لحظه‌ی رها شدن بیشتر از حالت قبل است. هنگام برگشت، گلوله از ارتفاع اولیه بالاتر می‌رود و به صورت دانش‌آموز می‌خورد.

۱۱۸ صفحه ۸۱ مسئله

بالابری با تندی ثابت، باری به جرم 650 kg را در مدت 3.0 دقیقه تا ارتفاع 75 m بالا می‌برد. اگر جرم بالابر 320 kg باشد، توان متوسط مفید موتور آن چند وات و چند اسب بخار است؟

موتور مجموع جرم بار و بالابر را بالا می‌برد: $m = 650 + 320 = 970$ kg؛ $\Delta t = 3.0 \text{ min} = 180$ s. چون تندی ثابت است، کار موتور برابر افزایش انرژی پتانسیل است:

$W = mgh = (970)(9.8)(75) \approx 7.1 \times 10^5$ J

$P_av = W / \Delta t = 7.13 \times 10^5 / 180 \approx 4.0 \times 10^3$ W

$P_{av} = 3961 / 746 \approx 5.3\ hp$

۱۱۹ صفحه ۸۱ مسئله

شخصی به جرم 72 kg، در مدت زمان 90 s از تعداد 50 پله بالا می‌رود. توان متوسط مفید او چند وات است؟ ارتفاع هر پله را 30 cm فرض کنید.

ارتفاع کل: $h = 50 \times 0.30 = 15\ m$

$W = mgh = (72)(9.8)(15) = 10584\ J$

$P_{av} = W / \Delta t = 10584 / 90 \approx 1.2 \times 10^{2}\ W$

۱۲۰ صفحه ۸۱ مسئله

سالانه نزدیک به 125 میلیارد لیتر مواد و فراورده‌های نفتی از طریق حدود 14000 km خطوط لوله در نقاط مختلف کشور توزیع می‌شود. این خطوط در طول مسیر خود از مراکز انتقال متعددی می‌گذرند تا توان لازم را برای ادامه‌ی راه به دست آورند. شکل زیر یکی از این مراکز را نشان می‌دهد که در ارتفاع 2050 m از سطح دریای آزاد قرار دارد. در این مرکز، در هر ثانیه $1.00\ m^3$ مواد نفتی از طریق لوله‌ای با قطر 32.0 اینچ (81.2 cm) توسط دو دستگاه پمپ (تلمبه) تا ارتفاع 2700 m از سطح دریای آزاد فرستاده می‌شود. اگر بازده هر یک از پمپ‌های این مرکز حدود 28 درصد باشد، توان ورودی هر یک از آنها برحسب مگاوات (MW) و اسب بخار (hp) چقدر است؟ (چگالی مواد نفتی را $860\ kg/m^3$ بگیرید.)

جرم نفت منتقل‌شده در هر ثانیه: $m = \rho V = 860 \times 1.00 = 860\ kg$ و تغییر ارتفاع $\Delta h = 2700 - 2050 = 650$ m. قطر لوله ثابت است، پس تندی نفت تغییر نمی‌کند و انرژی جنبشی آن ثابت می‌ماند.

توان مفید هر دو پمپ: $P_{مفید} = mg\Delta h / \Delta t = (860)(9.8)(650) / 1 \approx 5.48 \times 10^{6}\ W$

توان مفید هر پمپ: $5.48 / 2 \approx 2.74\ MW$

توان ورودی هر پمپ: $P_{in} = P_{out} / 0.28 = 2.74 / 0.28 \approx 9.8\ MW$

$P_{in} = 9.78 \times 10^{6} / 746 \approx 1.3 \times 10^{4}\ hp$

توشه‌ای برای موفقیت

گام به گام فیزیک ۱ دهم تجربی - فصل چهارم

دما و گرما

فهرست

۱۲۱ صفحه ۸۵ · تمرین — تمرین ۴-۱ (تغییر دما در کلوین و سلسیوس) ۶۱
۱۲۲ صفحه ۸۵ · تمرین — تمرین ۴-۲ (تبدیل دما) ۶۱
۱۲۳ صفحه ۸۶ · فعالیت — فعالیت ۴-۱ (نگهداری یاخته‌های بنیادی بندناف) ۶۱
۱۲۴ صفحه ۸۷ · فعالیت — فعالیت ۴-۲ (دماسنج بیشینه ــ کمینه) ۶۲
۱۲۵ صفحه ۸۸ · پرسش — پرسش ۴-۱ (قفل و کلید، درها) ۶۲
۱۲۶ صفحه ۸۸ · فعالیت — فعالیت ۴-۳ (خط‌آهن و انبساط) ۶۳
۱۲۷ صفحه ۹۰ · آزمایش — آزمایش ۴-۱ (اندازه‌گیری ضریب انبساط طولی) ۶۳
۱۲۸ صفحه ۹۲ · تمرین — تمرین ۴-۳ (انبساط سطحی ورقه‌ی مستطیلی) ۶۴
۱۲۹ صفحه ۹۲ · فعالیت — فعالیت ۴-۴ (حفره‌ی ورقه‌ی برنجی) ۶۴
۱۳۰ صفحه ۹۴ · فعالیت — فعالیت ۴-۵ (اندازه‌گیری ضریب انبساط حجمی گلیسیرین) ۶۵
۱۳۱ صفحه ۹۴ · تمرین — تمرین ۴-۴ (چگالی و دما) ۶۵
۱۳۲ صفحه ۹۷ · پرسش — پرسش ۴-۲ (دما و تعادل گرمایی) ۶۶
۱۳۳ صفحه ۹۹ · پرسش — پرسش ۴-۳ (آزمایش تیندال) ۶۶
۱۳۴ صفحه ۱۰۱ · تمرین — تمرین ۴-۵ (گرمای ویژه‌ی جسم) ۶۷
۱۳۵ صفحه ۱۰۲ · آزمایش — آزمایش ۴-۲ (گرمای ویژه‌ی فلز) ۶۷
۱۳۶ صفحه ۱۰۴ · فعالیت — فعالیت ۴-۶ (برف و یخ) ۶۸
۱۳۷ صفحه ۱۰۵ · فعالیت — فعالیت ۴-۷ (اثر ناخالصی بر انجماد) ۶۸
۱۳۸ صفحه ۱۰۶ · آزمایش — آزمایش ۴-۳ (گرمای نهان ذوب یخ) ۶۸
۱۳۹ صفحه ۱۰۷ · فعالیت — فعالیت ۴-۸ (تبخیر سطحی) ۶۹
۱۴۰ صفحه ۱۰۸ · فعالیت — فعالیت ۴-۹ (تقطیر نفت) ۷۰
۱۴۱ صفحه ۱۰۸ · پرسش — پرسش ۴-۴ (گرمای نهان تبخیر و دما) ۷۰
۱۴۲ صفحه ۱۰۹ · پرسش — پرسش ۴-۵ (فشار و جوش) ۷۰
۱۴۳ صفحه ۱۱۰ · آزمایش — آزمایش ۴-۴ (گرمای نهان تبخیر آب) ۷۱
۱۴۴ صفحه ۱۱۰ · تمرین — تمرین ۴-۶ (گرمای تبدیل یخ به بخار) ۷۱
۱۴۵ صفحه ۱۱۱ · فعالیت — فعالیت ۴-۱۰ (شبنم) ۷۲
۱۴۶ صفحه ۱۱۱ · فعالیت — فعالیت ۴-۱۱ (انرژی درونی در تغییر حالت) ۷۲
۱۴۷ صفحه ۱۱۲ · فعالیت — فعالیت ۴-۱۲ (موی خرس قطبی) ۷۲
۱۴۸ صفحه ۱۱۳ · آزمایش — آزمایش ۴-۵ (مشاهده‌ی همرفت) ۷۲
۱۴۹ صفحه ۱۱۴ · پرسش — پرسش ۴-۶ (همرفت و ضریب انبساط حجمی) ۷۳
۱۵۰ صفحه ۱۱۴ · فعالیت — فعالیت ۴-۱۳ (بطری‌های رنگی سرد و گرم) ۷۳
۱۵۱ صفحه ۱۱۶ · فعالیت — فعالیت ۴-۱۴ (پرتوسنج) ۷۴
۱۵۲ صفحه ۱۱۸ · مسئله — مسئله ۱ (تبدیل دما) ۷۴
۱۵۳ صفحه ۱۱۸ · مسئله — مسئله ۲ (نکات اندازه‌گیری دما) ۷۵
۱۵۴ صفحه ۱۱۸ · مسئله — مسئله ۳ (خط‌کش فلزی سوراخ‌دار) ۷۵
۱۵۵ صفحه ۱۱۸ · مسئله — مسئله ۴ (چهار صفحه‌ی فلزی) ۷۶
۱۵۶ صفحه ۱۱۸ · مسئله — مسئله ۵ (بخش‌های بتونی بزرگراه) ۷۶
۱۵۷ صفحه ۱۱۸ · مسئله — مسئله ۶ (ظرف آلومینیمی و گلیسیرین) ۷۷
۱۵۸ صفحه ۱۱۸ · مسئله — مسئله ۷ (بنزین در مخزن استوانه‌ای) ۷۷
۱۵۹ صفحه ۱۱۸ · مسئله — مسئله ۸ (نوار دوفلزه) ۷۷
۱۶۰ صفحه ۱۱۸ · مسئله — مسئله ۹ (خط لوله‌ی نفت و گاز) ۷۸
۱۶۱ صفحه ۱۱۹ · مسئله — مسئله ۱۰ (کامیون حمل سوخت) ۷۸
۱۶۲ صفحه ۱۱۹ · مسئله — مسئله ۱۱ (گرم کردن آب چای) ۷۹
۱۶۳ صفحه ۱۱۹ · مسئله — مسئله ۱۲ (گرمای ویژه‌ی فلز با گرمکن) ۷۹
۱۶۴ صفحه ۱۱۹ · مسئله — مسئله ۱۳ (گرماسنج مسی) ۷۹

۱۶۵ صفحه ۱۱۹ · مسئله — مسئله ۱۴ (گرما دادن و افزایش دما) ۸۰

۱۶۶ صفحه ۱۱۹ · مسئله — مسئله ۱۵ (الکل و احساس خنکی) ۸۰

۱۶۷ صفحه ۱۱۹ · مسئله — مسئله ۱۶ (گزینه‌ی نادرست درباره‌ی ذوب) ۸۰

۱۶۸ صفحه ۱۱۹ · مسئله — مسئله ۱۷ (ذوب نقره) ۸۱

۱۶۹ صفحه ۱۱۹ · مسئله — مسئله ۱۸ (تشت آب در سالن) ۸۱

۱۷۰ صفحه ۱۱۹ · مسئله — مسئله ۱۹ (گرمکن و گرماسنج) ۸۱

۱۷۱ صفحه ۱۲۰ · مسئله — مسئله ۲۰ (گرمکن و تبخیر آب و ذوب یخ) ۸۲

۱۷۲ صفحه ۱۲۰ · مسئله — مسئله ۲۱ (نمودار دما ــ زمان جامد) ۸۲

۱۷۳ صفحه ۱۲۰ · مسئله — مسئله ۲۲ (آب یخ‌زده در چاله) ۸۳

۱۷۴ صفحه ۱۲۰ · مسئله — مسئله ۲۳ (تعریق و تنظیم دمای بدن) ۸۳

۱۷۵ صفحه ۱۲۰ · مسئله — مسئله ۲۴ (تیر چوبی و لوله‌ی فلزی) ۸۴

۱۷۶ صفحه ۱۲۰ · مسئله — مسئله ۲۵ (پالتو و لباس‌های چندلایه) ۸۴

۱۷۷ صفحه ۱۲۰ · مسئله — مسئله ۲۶ (دو قوری سیاه و سفید) ۸۴

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۱۲۱ صفحه ۸۵ تمرین

نشان دهید که تغییر دما در مقیاس‌های سلسیوس و کلوین با هم برابر است ($\Delta T = \Delta\theta$).

طبق رابطه‌ی $T = \theta + 273.15$ دمای کلوین در دو حالت اولیه و ثانویه برابر است با:

$$T_1 = \theta_1 + 273.15 \ , \quad T_2 = \theta_2 + 273.15$$

با کم کردن این دو رابطه از هم:

$$\Delta T = T_2 - T_1 = (\theta_2 + 273.15) - (\theta_1 + 273.15) = \theta_2 - \theta_1 = \Delta\theta$$

عدد ثابت 273.15 در تفاضل حذف می‌شود؛ پس تغییر دما در دو مقیاس برابر است ($\Delta T = \Delta\theta$).

۱۲۲ صفحه ۸۵ تمرین

الف) دمای بدن یک انسان سالم تقریباً $37\ ^\circ C$ است. این دما را برحسب کلوین و فارنهایت بنویسید.

ب) گرم‌ترین نقطه‌ی روی زمین، ناحیه‌ای در کویر لوت است که دمای آن تا حدود $70\ ^\circ C$ و سردترین نقطه در قطب جنوب است که دمای آن تا $89\ ^\circ C-$ گزارش شده است. این دماها را برحسب کلوین و فارنهایت به‌دست آورید.

از رابطه‌های $T = \theta + 273$ و $F = (9/5)\theta + 32$ استفاده می‌کنیم (مقدار تقریبی 273 برای محاسبه‌ها).

الف)

$$T = 37 + 273 = 310\ K$$
$$F = (9/5)(37) + 32 = 98.6\ ^\circ F$$

ب) گرم‌ترین نقطه ($70\ ^\circ C$):

$$T = 70 + 273 = 343\ K \ , \quad F = (9/5)(70) + 32 = 158\ ^\circ F$$

سردترین نقطه ($89\ ^\circ C-$):

$$T = -89 + 273 = 184\ K \ , \quad F = (9/5)(-89) + 32 = -128.2\ ^\circ F$$

۱۲۳ صفحه ۸۶ فعالیت

تحقیق کنید برای نگهداری یاخته‌های بنیادی بندناف خون، به چه دمایی نیازمندیم. این دما چگونه ایجاد و حفظ می‌شود؟

یاخته‌های بنیادی بندناف را در دمای بسیار پایین، حدود $196\ ^\circ C-$ (دمای نیتروژن مایع؛ در برخی روش‌ها فاز بخار نیتروژن در حدود $150\ ^\circ C-$) نگهداری می‌کنند. در این دما فعالیت‌های زیستی و شیمیایی یاخته‌ها عملاً متوقف می‌شود و آنها سال‌ها سالم می‌مانند.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

ابتدا نمونه را با ماده‌ی محافظ یخ‌زدگی مخلوط می‌کنند و با آهنگ آهسته و کنترل‌شده سرد می‌کنند تا بلور یخ درون یاخته‌ها تشکیل نشود و به آنها آسیب نرسد. سپس نمونه را در مخزن‌های عایق‌بندی‌شده‌ی پر از نیتروژن مایع نگه می‌دارند و سطح نیتروژن و دما را پیوسته پایش می‌کنند و در صورت لزوم نیتروژن اضافه می‌کنند.

۱۲۴ صفحه ۸۷ فعالیت

دماسنج بیشینه ــ کمینه: نوع ویژه‌ای از دماسنج‌های مایعی که بیشینه و کمینه‌ی دما را در یک مدت زمان معین نشان می‌دهد، دماسنج بیشینه ــ کمینه نام دارد. از این دماسنج‌ها معمولاً در مراکز پرورش گل و گیاه، باغداری، هواشناسی و ... استفاده می‌شود. در مورد چگونگی کار این دماسنج‌ها تحقیق کنید.

این دماسنج لوله‌ی U شکلی است که یک سمت آن مخزن الکل (یا روغن) و سمت دیگر مخزن کوچکی با فضای خالی برای انبساط دارد؛ در بخش میانی لوله ستون جیوه قرار دارد و روی هر یک از دو شاخه‌ی لوله یک شاخص فولادی کوچک سوار است.

با افزایش دما، الکل مخزن اول منبسط می‌شود و جیوه را در شاخه‌ی دیگر بالا می‌برد و شاخص آن شاخه را هم بالا می‌راند؛ با کاهش دما جیوه برمی‌گردد، ولی شاخص (که با فنر یا اصطکاک به لوله چسبیده است) در بالاترین جایی که رسیده می‌ماند. شاخص یک شاخه بیشینه و شاخص شاخه‌ی دیگر کمینه‌ی دمای رسیده شده را نشان می‌دهد.

پس از خواندن اعداد، شاخص‌ها را با آهنربا دوباره روی سطح جیوه می‌آورند تا اندازه‌گیری تازه‌ای آغاز شود.

۱۲۵ صفحه ۸۸ پرسش

الف) چرا بهتر است قفل و کلید یک در، هم‌جنس باشند؟

ب) چرا در برخی از فصل‌های سال، بعضی از درها در چارچوب خود گیر می‌کنند؟

الف) اگر قفل و کلید هم‌جنس باشند، ضریب انبساط طولی آنها یکسان است و با تغییر دما هر دو به یک نسبت منبسط یا منقبض می‌شوند. بنابراین اندازه‌ی کلید و جای آن در قفل با هم متناسب می‌ماند و کلید در همه‌ی دماها در قفل جا می‌رود. اگر جنس‌ها متفاوت بودند، در دماهای مختلف ممکن بود کلید در قفل گیر کند یا شُل شود.

ب) در فصل گرم یا مرطوب سال، در (به‌ویژه درهای چوبی یا فلزی) و چارچوب آن بر اثر افزایش دما (و جذب رطوبت در چوب) منبسط می‌شوند و فاصله‌ی بین در و چارچوب کم می‌شود؛ در نتیجه در به چارچوب فشار می‌آورد و گیر می‌کند.

۱۲۶ صفحه ۸۸ فعالیت

۱) شکل (الف) تصویری واقعی از دو قسمت متوالی خط‌آهن (ریل راه‌آهن)های قدیمی را در گذشته نشان می‌دهد. اگر فاصله‌ی خالی بین این دو قسمت به حد کافی زیاد نمی‌بود، چه مشکلی پیش می‌آمد؟
۲) امروزه بین قسمت‌های متوالی خط‌آهن فاصله‌ای در نظر گرفته نمی‌شود و این قسمت‌ها پشت‌سرهم جوشکاری می‌شوند (شکل ب). تحقیق کنید در این روش چگونه مشکل ناشی از انبساط در یک روز گرم تابستانی برطرف می‌شود؟

۱) در روزهای گرم، ریل‌ها منبسط می‌شوند و طولشان زیاد می‌شود. اگر فاصله‌ی بین دو ریل کافی نبود، ریل‌ها به هم فشار می‌آوردند و بر اثر نیروی بسیار زیاد، ریل‌ها کج و خم می‌شدند و خط‌آهن از حالت مستقیم خارج می‌شد (تاب‌برداشتن خط)؛ این امر ممکن بود موجب خروج قطار از ریل شود.

۲) ریل‌های جوشکاری‌شده را در دمای مناسبی (نزدیک به میانگین دمای منطقه) و در حالتی که کمی کشیده شده‌اند، روی تکیه‌گاه‌ها محکم می‌کنند (پیش‌تنیدگی). همچنین با بست‌های محکم و بستر سنگی (بالاست) که ریل را به‌خوبی نگه می‌دارد، از کج شدن ریل جلوگیری می‌شود. در روز گرم، ریل نمی‌تواند آزادانه منبسط شود و به‌جای افزایش طول، تنش فشاری در آن ایجاد می‌شود که ریل با استحکام خود و مهار بست‌ها آن را تحمل می‌کند. در دو سر هر قطعه‌ی بلند نیز اتصال‌های انبساطی ویژه قرار می‌دهند.

۱۲۷ صفحه ۹۰ آزمایش

هدف: اندازه‌گیری ضریب انبساط طولی. وسیله‌های موردنیاز: دستگاه اندازه‌گیری ضریب انبساط طولی، چند لوله‌ی فلزی توخالی، ارلن با لوله‌ی جانبی و درپوش، لوله‌ی الستیکی، دماسنج، مجموعه پایه و گیره و چراغ الکلی. آزمایش را انجام دهید و با استفاده از رابطه‌ی $\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$ ضریب انبساط طولی را به‌دست آورید.

نتیجه‌ی نمونه (داده‌های فرضی، لوله‌ی آلومینیمی):

L_1 (m)	θ_1 (°C)	θ_2 (°C)	$\Delta\theta$ (°C)	ΔL (mm)
0.600	22	98	76	1.05

$\alpha = \Delta L / (L_1 \Delta\theta) = (1.05 \times 10^{-3}\ m) / [(0.600\ m)(76\ °C)] \approx 2.3 \times 10^{-5}\ 1/°C$

این مقدار با ضریب انبساط طولی آلومینیم در جدول ۴-۱ ($23 \times 10^{-6}\ 1/K$) هم‌خوانی دارد. آزمایش را می‌توان برای لوله‌های دیگر (مس، برنج و ...) تکرار کرد و ضریب‌ها را با هم مقایسه کرد.

برای کاهش خطا: دمای لوله‌ی کاملاً گرم‌شده را بخوانید و اندازه‌گیری ΔL را چند بار تکرار و میانگین بگیرید.

۱۲۸ صفحه ۹۲ | تمرین

ورقه‌ای فلزی و مستطیل‌شکل به اضلاع a_1 و b_1 را در نظر بگیرید. بر اثر افزایش دمای ΔT، طول اضلاع مستطیل به اندازه‌ی Δa و Δb افزایش می‌یابند. اگر ضریب انبساط طولی ورقه α باشد، نشان دهید که افزایش مساحت این ورقه با تقریب مناسب از رابطه‌ی $\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T$ به‌دست می‌آید.

مساحت اولیه $A_1 = a_1 b_1$ و مساحت نهایی:

$$A_2 = (a_1 + \Delta a)(b_1 + \Delta b) = a_1 b_1 + a_1 \Delta b + b_1 \Delta a + \Delta a \Delta b$$

پس:

$$\Delta A = A_2 - A_1 = a_1 \Delta b + b_1 \Delta a + \Delta a \Delta b$$

از $\Delta a = \alpha a_1 \Delta T$ و $\Delta b = \alpha b_1 \Delta T$ داریم:

$$\Delta A = \alpha a_1 b_1 \Delta T + \alpha a_1 b_1 \Delta T + \alpha^2 a_1 b_1 (\Delta T)^2 = 2\alpha A_1 \Delta T + \alpha^2 A_1 (\Delta T)^2$$

چون α بسیار کوچک است (مرتبه‌ی 10^{-5}) و $\alpha\Delta T$ بسیار کوچک‌تر از یک است، جمله‌ی دوم در برابر جمله‌ی اول ناچیز است ($a_1\Delta b + b_1\Delta a \gg \Delta a\Delta b$). بنابراین با تقریب مناسب:

$$\Delta A \approx 2\alpha A_1 \Delta T$$

۱۲۹ صفحه ۹۲ | فعالیت

شکل‌های (الف) و (ب) نشان می‌دهند که وقتی روی یک ورقه‌ی فلزی حفره‌ای دایره‌ای داشته باشیم و ورقه را گرم کنیم، قطر (یا مساحت) حفره بزرگ می‌شود. فرض کنید جنس ورقه برنجی است و حفره‌ای به قطر یک اینچ (2.54 cm) درون آن ایجاد شده است. وقتی دمای ورقه 200 °C افزایش یابد، افزایش مساحت حفره چقدر خواهد شد؟

حفره مانند ماده‌ای از همان جنس ورقه که آن را پر کرده باشد، منبسط می‌شود؛ پس از رابطه‌ی انبساط سطحی با α برنج = $19 \times 10^{-6}\ 1/K$ (جدول ۴-۱) استفاده می‌کنیم.

$$A_1 = \pi r^2 = 3.14 \times (1.27\ cm)^2 \approx 5.07\ cm^2$$

$$\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T = 2\,(19 \times 10^{-6}\ 1/°C)(5.07\ cm^2)(200\ °C) \approx 3.9 \times 10^{-2}\ cm^2$$

مساحت حفره حدود $0.039\ cm^2$ زیاد می‌شود (حفره بزرگ‌تر می‌شود، نه کوچک‌تر).

ایران توشه
irantooshe.ir

۱۳۰ صفحه ۹۴ فعالیت

آزمایشی را طراحی و اجرا کنید که با آن بتوانید حجم گلیسیرین سرریز شده در مثال ۴-۴ را اندازه بگیرید. سپس از روی آن، ضریب انبساط حجمی گلیسیرین را تعیین کنید.

1. ظرف شیشه‌ای مدرجی (مثلاً ارلن یا بالن با لوله‌ی باریک) را تا لبه با گلیسیرین پر می‌کنیم و حجم گلیسیرین V_1 و دمای اولیه θ_1 را یادداشت می‌کنیم. ظرف را درون ظرف بزرگ‌تر یا درون سینی قرار می‌دهیم.
2. ظرف را درون حمام آب گرم می‌گذاریم تا همدما شود و دمای نهایی θ_2 را می‌خوانیم.
3. گلیسیرین سرریز شده را در ظرف زیرین جمع می‌کنیم و حجم آن سرریز_ΔV را با استوانه‌ی مدرج اندازه می‌گیریم.
4. چون انبساط ظرف ناچیز است، ضریب انبساط حجمی را از رابطه‌ی $\beta = \Delta V / (V_1 \Delta\theta)$ (با افزودن انبساط ظرف: $\beta = \Delta V_{\text{سرریز}} / (V_1 \Delta\theta) + 3\alpha_{\text{ظرف}}$) به‌دست می‌آوریم.

نمونه: $V_1 = 200\ cm^3$، $\Delta\theta = 40\ ^\circ C$ و سرریز = $\Delta V_3.7\ cm^3$ نتیجه می‌دهد $\beta \approx 4.6 \times 10^{-4}\ 1/K + 3(9.0 \times$ $10^{-4}\ 1/K \approx 4.9 \times 10^{-4}\ 1/K$ (که با مقدار جدول سازگار است.

۱۳۱ صفحه ۹۴ تمرین

افزایش دما که به طور معمول موجب افزایش حجم اجسام می‌شود، بر جرم آنها تأثیری ندارد. به همین دلیل انتظار داریم که چگالی اجسام با افزایش دما کاهش یابد. رابطه‌ی چگالی با تغییر دما به صورت $\rho_2 = \rho_1 / (1 + \beta\Delta T)$ است که در آن ρ_1 و ρ_2 به ترتیب چگالی ماده در دماهای T_1 و T_2، β ضریب انبساط حجمی و $\Delta T = T_2 - T_1$ است.

الف) رابطه‌ی چگالی با تغییر دما را به دست آورید.

ب) نشان دهید با تقریب مناسبی می‌توان چگالی جسم را از رابطه‌ی $\rho_2 = \rho_1(1 - \beta\Delta T)$ نیز به دست آورد.

الف) جرم جسم با تغییر دما ثابت می‌ماند: $m = \rho_1 V_1 = \rho_2 V_2$. حجم نهایی $V_2 = V_1 + \Delta V = V_1(1 + \beta\Delta T)$ است. پس:

$$\rho_2 = m / V_2 = \rho_1 V_1 / [V_1(1 + \beta\Delta T)] = \rho_1 / (1 + \beta\Delta T)$$

ب) چون $\beta\Delta T \ll 1$ است، از تقریب $1/(1 + x) \approx 1 - x$ (برای $x \ll 1$) استفاده می‌کنیم:

$$\rho_2 = \rho_1 (1 + \beta\Delta T)^{-1} \approx \rho_1 (1 - \beta\Delta T)$$

(در واقع $(1 + x)(1 - x) = 1 - x^2 \approx 1$، پس $1 - x$ وارون تقریبی $1 + x$ است.)

irantooshe.ir

۱۳۲ صفحه ۹۷ پرسش

الف) منظور از این جمله که «دماسنج‌ها دمای خودشان را اندازه‌گیری می‌کنند» چیست؟

ب) در یک کلاس درس میز، صندلی، دانش‌آموز، تخته، شیشه‌ی پنجره و ... وجود دارد. در یک روز زمستانی، دمای کدام‌یک از آنها بیشتر از دمای هوای اتاق است؟ دمای کدام‌یک کمتر از دمای هوای اتاق است؟

پ) در شکل ۴-۱۶ میانگین انرژی جنبشی ذرات دو جسم چگونه تغییر کرده است؟

الف) دماسنج را در تماس با جسم قرار می‌دهیم تا با آن به تعادل گرمایی برسد. وقتی تعادل برقرار شد، دمای دماسنج با دمای جسم برابر است؛ پس عددی که دماسنج نشان می‌دهد در واقع دمای خود دماسنج (ماده‌ی دماسنجی آن) است که برابر دمای جسم شده است.

ب) میز، صندلی، تخته و ... که مدت‌ها در اتاق بوده‌اند با هوای اتاق به تعادل گرمایی رسیده‌اند و دمایشان با دمای هوای اتاق برابر است. تنها دانش‌آموز (بدن با دمای حدود $37\ ^\circ C$) دمایی بیشتر از هوای اتاق دارد. شیشه‌ی پنجره چون در تماس با هوای سرد بیرون است، دمایش کمتر از دمای هوای اتاق است.

پ) میانگین انرژی جنبشی ذرات جسم گرم کاهش و میانگین انرژی جنبشی ذرات جسم سرد افزایش می‌یابد تا پس از تعادل گرمایی، میانگین انرژی جنبشی ذرات دو جسم برابر شود.

۱۳۳ صفحه ۹۹ پرسش

چند گوی فلزی از جنس‌های مختلف، مثلاً از آلومینیم، فولاد، برنج، مس، سرب و ...، را اختیار می‌کنیم که همگی جرم یکسانی داشته باشند. گوی‌ها را توسط ریسمان‌هایی داخل ظرف آبی قرار می‌دهیم که آب آن در حال جوشیدن است و پس از مدتی گوی‌ها را بیرون آورده و آنها را روی یک ورقه‌ی پارافین قرار می‌دهیم. به نظر شما کدام گوی، پارافین بیشتری را ذوب می‌کند و علت آن چیست؟

همه‌ی گوی‌ها پس از مدتی در آب جوش به دمای $100\ ^\circ C$ می‌رسند و دمای اولیه‌ی یکسانی دارند. گرمایی که هر گوی هنگام سرد شدن (تا دمای ذوب پارافین) آزاد می‌کند از $Q = mc\Delta T$ به‌دست می‌آید. چون جرم و تغییر دما برای همه یکسان است، گرمای آزادشده با گرمای ویژه‌ی جنس گوی متناسب است.

گوی آلومینیمی (با بیشترین گرمای ویژه در میان این فلزها، 900 J/kg.K) گرمای بیشتری آزاد می‌کند و پارافین بیشتری را ذوب می‌کند؛ گوی سربی (با کمترین گرمای ویژه، 128 J/kg.K) کمترین پارافین را ذوب می‌کند.

۱۳۴ صفحه ۱۰۱ تمرین

جسمی به جرم 0.250 kg و دمای 3.0 °C را درون ظرف عایقی حاوی 0.500 kg آب 25.0 °C می‌اندازیم. پس از چند دقیقه دمای تعادل را اندازه می‌گیریم. دمای تعادل 21.0 °C می‌شود. گرمای ویژه‌ی جسم را محاسبه کنید. از تبادل گرما بین ظرف و سایر اجسام چشم‌پوشی کنید.

از رابطه‌ی $Q_{جسم} + Q_{آب} = 0$ داریم:

$$(0.500\ kg)(4187\ J/kg.°C)(21.0 - 25.0)°C + (0.250\ kg)\ c\ (21.0 - 3.0)°C = 0$$

$$-8374\ J + (4.5\ kg.°C)\ c = 0$$

$$c = 8374 / 4.5 \approx 1.86 \times 10^3\ J/kg.°C$$

۱۳۵ صفحه ۱۰۲ آزمایش

هدف: تعیین گرمای ویژه‌ی فلزی با جنس نامعین. وسیله‌های موردنیاز: گرماسنج با ظرفیت گرمایی معین، دماسنج، ترازو، بشر شیشه‌ای، چراغ گازی، سه‌پایه و شعله‌پخش‌کن، انبر و یک جسم کوچک فلزی. آزمایش را شرح داده شده در کتاب انجام دهید و با استفاده از رابطه‌ی ۴-۹ گرمای ویژه‌ی جسم فلزی را به دست آورید.

نتیجه‌ی نمونه (داده‌های فرضی):

کمیت	مقدار
جرم آب گرماسنج	0.250 kg
دمای اولیه‌ی آب و گرماسنج	20.0 °C
ظرفیت گرمایی گرماسنج	150 J/K
جرم فلز	0.300 kg
دمای فلز (آب در حال جوش)	98.0 °C
دمای تعادل	34.4 °C

$$m_{آب}\ c_{آب}\ (\theta - \theta_1) + C\ (\theta - \theta_1) + m_{فلز}\ c_{فلز}\ (\theta - \theta_2) = 0$$

$$(0.250)(4187)(34.4 - 20.0) + (150)(34.4 - 20.0) + (0.300)\ c\ (34.4 - 98.0) = 0$$

$$15073 + 2160 = 19.08\ c \Rightarrow c \approx 9.0 \times 10^2\ J/kg.K$$

این مقدار با گرمای ویژه‌ی آلومینیم در جدول ۴-۳ (900 J/kg.K) برابر است؛ پس فلز احتمالاً آلومینیم بوده است.

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

۱۳۶ صفحه ۱۰۴ فعالیت

برف و یخ دو شکل آشنای حالت جامد آب هستند، اما با وجود این، ظاهر متفاوتی دارند. دلیل این امر را تحقیق کنید.

یخ از انجماد آب مایع به‌دست می‌آید و بلور درشت و یکپارچه‌ای است که نور را کمابیش عبور می‌دهد (شفاف)، اما برف از میعان مستقیم بخار آب موجود در ابرها به‌صورت بلورهای ریز یخ (با شکل‌های شش‌ضلعی و ستاره‌مانند) پدید می‌آید. بلورهای برف به‌صورت پرزهای سبک و پراکنده روی هم می‌نشینند و میان آنها حجم زیادی هوا هست.

نور در سطح‌های بی‌شمار بلورها بارها بازتاب و شکست می‌یابد و به همه‌ی سمت‌ها پراکنده می‌شود (بازتاب پخشیده)، و به همین دلیل برف سفید و مات به نظر می‌رسد، در حالی که یخ شفاف یا نیمه‌شفاف است.

۱۳۷ صفحه ۱۰۵ فعالیت

تحقیق کنید وجود ناخالصی در مایع چه تأثیری بر نقطه‌ی انجماد آن دارد.

وجود ناخالصی (مانند نمک یا شکر حل‌شده) نقطه‌ی انجماد مایع را پایین می‌آورد. مثلاً آب نمک در دمای کمتر از $0\ ^\circ C$ یخ می‌زند و هرچه غلظت ماده‌ی حل‌شده بیشتر باشد، افت نقطه‌ی انجماد بیشتر است. دلیل آن است که ذرات ناخالصی از قرار گرفتن مولکول‌های مایع در ساختار منظم بلور جلوگیری می‌کنند و برای انجماد باید مایع سردتر شود.

از این ویژگی برای آب‌کردن یخ جاده‌ها با نمک و در ضدیخ‌های خودرو استفاده می‌شود.

۱۳۸ صفحه ۱۰۶ آزمایش

هدف: تعیین گرمای نهان ذوب یخ. وسیله‌های موردنیاز: بشر شیشه‌ای با حجم $400\ cm^3$، چراغ گازی، سه‌پایه، توری نسوز، ترازو، مقداری مخلوط آب و یخ، گرماسنج با ظرفیت گرمایی معلوم و دماسنج. آزمایش را مطابق شرح کتاب انجام دهید و گرمای نهان ذوب یخ (L_F) را حساب کنید.

نتیجه‌ی نمونه (داده‌های فرضی):

کمیت	مقدار
جرم آب گرم	0.200 kg
ظرفیت گرمایی گرماسنج	100 J/K
دمای تعادل آب گرم و گرماسنج (دمای اولیه)	58.0 °C
جرم قطعه‌ی یخ (0 °C)	0.050 kg
دمای تعادل نهایی	33.0 °C

گرمایی که آب گرم و گرماسنج از دست می‌دهند، صرف ذوب یخ و گرم کردن آب حاصل از ذوب (از 0 °C تا 33.0 °C) می‌شود:

$$m_{\text{یخ}} L_F + m_{\text{یخ}} c_{\text{آب}} (0 - 33.0) = (m_{\text{آب}} c_{\text{آب}} + C)(58.0 - 33.0)$$

$$(0.050)\, L_F + (0.050)(4187)(33.0) = [(0.200)(4187) + 100](25.0)$$

$$0.050\, L_F + 6909 = 23435 \Rightarrow L_F \approx 3.3 \times 10^5 \text{ J/kg}$$

که با مقدار جدول ۴-۴ (333.7 kJ/kg) سازگار است.

۱۳۹ صفحه ۱۰۷ **فعالیت**

الف) بررسی کنید از دیدگاه مولکولی، افزایش دما و افزایش مساحت سطح مایع چگونه بر آهنگ تبخیر سطحی مایع اثر می‌گذارد؟

ب) با بررسی تبخیر سطحی در شرایط مختلف سعی کنید از راه تجربه، عامل یا عامل‌های دیگری را پیدا کنید که بر آهنگ تبخیر سطحی مؤثر باشند.

پ) تحقیق کنید کوزه‌های سفالی چگونه می‌توانند آب داخل خود را خنک کنند.

الف) با افزایش دما، میانگین تندی (انرژی جنبشی) مولکول‌های مایع زیاد می‌شود و تعداد بیشتری از مولکول‌ها تندی لازم برای غلبه بر نیروهای چسبندگی و فرار از سطح را پیدا می‌کنند؛ پس آهنگ تبخیر زیاد می‌شود. با افزایش مساحت سطح، تعداد مولکول‌هایی که در سطح قرار دارند و می‌توانند فرار کنند بیشتر است، پس آهنگ تبخیر بیشتر می‌شود.

ب) وزش باد یا جریان هوا (بخار آب را از کنار سطح می‌برد)، کم بودن رطوبت هوا، کم بودن فشار هوا و نوع مایع (فرّار بودن آن) نیز آهنگ تبخیر را زیاد می‌کنند.

پ) دیواره‌ی کوزه‌ی سفالی متخلخل است و کمی آب از آن به بیرون تراوش می‌کند. این آب از سطح بیرونی کوزه تبخیر می‌شود و گرمای نهان تبخیر لازم را از کوزه و آب داخل آن می‌گیرد؛ در نتیجه آب درون کوزه خنک می‌شود.

۱۴۰ صفحه ۱۰۸ فعالیت

از تفاوت نقطه‌ی جوش اجسام مختلف در صنعت، استفاده‌ی زیادی می‌شود. تحقیق کنید چگونه از این ویژگی برای جدا کردن محصولات نفتی استفاده می‌شود؟

نفت خام مخلوطی از هیدروکربن‌های گوناگون با نقطه‌ی جوش‌های متفاوت است. آن را در کوره تا حدود 350 °C گرم می‌کنند و بخار حاصل را به برج تقطیر می‌فرستند. دمای برج از پایین (گرم‌تر) به بالا (سردتر) کاهش می‌یابد.

هر جزء در جایی از برج که دمای آن کمتر از نقطه‌ی جوش آن جزء است، به مایع تبدیل می‌شود (میعان) و جمع‌آوری می‌شود. اجزای سبک با نقطه‌ی جوش کم (گاز مایع، بنزین) در بالای برج و اجزای سنگین‌تر (نفت سفید، گازوئیل) در میانه و باقی‌مانده‌های سنگین (روغن موتور، قیر) در پایین برج جدا می‌شوند.

۱۴۱ صفحه ۱۰۸ پرسش

چرا در جدول ۴-۵ گرمای نهان تبخیر آب با افزایش دمای آن کاهش می‌یابد؟

با افزایش دمای آب، مولکول‌های آن انرژی جنبشی (و درونی) بیشتری دارند و مقدار بیشتری از انرژی لازم برای جدا شدن از مایع را از قبل در اختیار دارند. بنابراین برای تبدیل واحد جرم آب به بخار، انرژی کمتری باید از بیرون داده شود و L_V کمتر می‌شود.

۱۴۲ صفحه ۱۰۹ پرسش

الف) چرا غذا در دیگ زودپز، زودتر پخته می‌شود؟

ب) دلیل دیرتر پخته شدن تخم‌مرغ در ارتفاعات چیست؟ کوهنوردان برای رفع این مشکل چه کاری انجام می‌دهند؟

الف) درِ دیگ زودپز بخار را بیرون نمی‌دهد و فشار درون دیگ از فشار جو بیشتر می‌شود. با افزایش فشار، نقطه‌ی جوش آب بالا می‌رود (بیشتر از 100 °C)؛ پس غذا در دمای بیشتری می‌پزد و زودتر آماده می‌شود.

ب) در ارتفاعات فشار هوا کمتر است و در نتیجه نقطه‌ی جوش آب پایین‌تر از 100 °C است. آب در دمای کمتری می‌جوشد و تخم‌مرغ دیرتر می‌پزد. کوهنوردان از زودپز (دیگ‌های دربسته) استفاده می‌کنند تا فشار و دمای جوش را بالا ببرند.

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

۱۴۳ صفحه ۱۱۰ آزمایش

هدف: تعیین گرمای نهان تبخیر آب. وسیله‌های مورد نیاز: بشر 200 cc، دماسنج، سه‌پایه، توری، پایه و گیره، چراغ گاز، زمان‌سنج، آب و ترازو. آزمایش را مطابق شرح کتاب انجام دهید و گرمای نهان تبخیر آب را به دست آورید.

نتیجه‌ی نمونه (داده‌های فرضی): جرم آب $0.200\ kg$؛ در $t_1 = 0\ s$ دمای آب $\theta_1 = 70\ ^\circ C$؛ آب در $t_2 = 50\ s$ به $\theta_2 =$ $100\ ^\circ C$ می‌رسد؛ در $t_3 = 142\ s$ پایان گرما دادن؛ جرم آب بخارشده $m' = 0.020\ kg$.

توان گرمادهی چراغ:

$$P = m\,c\,(\theta_2 - \theta_1) / (t_2 - t_1) = (0.200)(4187)(30) / 50 \approx 502\ W$$

گرمای نهان تبخیر:

$$L_V = P\,(t_3 - t_2) / m' = (502\ W)(92\ s) / (0.020\ kg) \approx 2.3 \times 10^6\ J/kg$$

که به مقدار جدول ($2256\ kJ/kg$) نزدیک است (اختلاف از اتلاف گرما به محیط ناشی می‌شود).

۱۴۴ صفحه ۱۱۰ تمرین

قطعه یخی به جرم $1.0\ kg$ و دمای اولیه‌ی $-20\ ^\circ C$ را آن قدر گرم می‌کنیم تا تمام آن تبدیل به بخار $100\ ^\circ C$ شود. کل گرمای مورد نیاز برای این تبدیل چند کیلوژول است؟ گرمای ویژه‌ی یخ را در محدوده‌ی دمایی $-20\ ^\circ C$ تا $0\ ^\circ C$ به طور متوسط $2200\ J/kg.K$ فرض کنید.

چهار مرحله داریم (از جدول‌های ۴-۳ تا ۴-۶):

1. گرم کردن یخ از $-20\ ^\circ C$ تا $0\ ^\circ C$: $Q_1 = mc_{\text{یخ}}\Delta\theta = (1.0)(2200)(20) = 44\ kJ$
2. ذوب یخ در $0\ ^\circ C$: $Q_2 = mL_F = (1.0)(333.7) = 333.7\ kJ$
3. گرم کردن آب از $0\ ^\circ C$ تا $100\ ^\circ C$: $Q_3 = mc_{\text{آب}}\Delta\theta = (1.0)(4187)(100) = 418.7\ kJ$
4. تبخیر آب در $100\ ^\circ C$: $Q_4 = mL_V = (1.0)(2256) = 2256\ kJ$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 \approx 3.05 \times 10^3\ kJ$$

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

۱۴۵ صفحه ۱۱۱ فعالیت

در مورد ایجاد شبنم صبحگاهی روی گیاهان تحقیق کنید.

هوا همواره مقداری بخار آب دارد. هرچه دمای هوا کمتر باشد، گنجایش آن برای نگه‌داشتن بخار آب کمتر است. در شب‌های صاف، سطح گیاهان با تابش گرما به آسمان سرد می‌شود. اگر دمای سطح برگ به زیر دمایی برسد که هوا در آن از بخار آب سیر شده است (دمای نقطه‌ی شبنم)، بخار آب موجود در هوای مجاور برگ چگالیده (میعان) می‌شود و به‌صورت قطره‌های ریز آب (شبنم) روی گیاه می‌نشیند. گرمای نهان آزادشده‌ی میعان از سرد شدن بیشتر گیاه تا حدی جلوگیری می‌کند.

۱۴۶ صفحه ۱۱۱ فعالیت

در فرایندهای تغییر حالت (تغییر فاز) دما تغییر نمی‌کند، اما انرژی درونی ماده تغییر می‌کند. در این باره تحقیق کنید.

انرژی درونی مجموع انرژی‌های جنبشی کاتوره‌ای و پتانسیل ذرات سازنده‌ی ماده است. دما فقط معیار میانگین انرژی جنبشی ذرات است. هنگام تغییر حالت، گرمای داده‌شده (یا گرفته‌شده) انرژی جنبشی ذرات را عوض نمی‌کند (پس دما ثابت می‌ماند)، بلکه صرف تغییر آرایش ذرات و تغییر انرژی پتانسیل بین آنها می‌شود. مثلاً در ذوب یا تبخیر، ذرات از هم دور می‌شوند و انرژی پتانسیل بین ذره‌ای افزایش می‌یابد؛ در نتیجه انرژی درونی بالا می‌رود، حتی اگر دما ثابت بماند. در انجماد و میعان عکس این رخ می‌دهد.

۱۴۷ صفحه ۱۱۲ فعالیت

موهای خرس قطبی توخالی هستند. تحقیق کنید این موضوع چه نقشی در گرم نگه‌داشتن بدن خرس در سرمای قطب دارد؟

درون موی توخالی خرس قطبی هوا حبس شده است و هوا رسانای گرمایی ضعیفی است؛ پس این موها مانند یک لایه‌ی عایق، رسانش گرما از بدن به محیط سرد را به‌شدت کاهش می‌دهند. همچنین هوای محبوس بین موها مانع همرفت و تلف شدن گرما می‌شود. افزون بر آن، پوست سیاه خرس و موهای توخالی (که مانند لوله‌ی نور عمل می‌کنند) نور خورشید و گرمای آن را به پوست می‌رسانند.

۱۴۸ صفحه ۱۱۳ آزمایش

هدف: مشاهده‌ی پدیده‌ی همرفت. وسیله‌های موردنیاز: لوله‌ی همرفت، گیره و پایه، آب سرد، دانه‌های پتاسیم‌پرمنگنات یا جوهر، چراغ الکلی یا گازی. شرح آزمایش: ۱) لوله را از آب سرد پر کنید و به آرامی چند

دانه‌ی پتاسیم پرمنگنات (یا چند قطره جوهر) را از دهانه‌ی لوله به داخل آن بریزید. ۲) یکی از شاخه‌های قائم لوله را مطابق شکل روی شعله بگیرید و در همان لحظه شاخه‌ی قائم دیگر لوله را با دست لمس کنید. ۳) دستتان را از شاخه‌ی قائم بردارید و در حالی که گرما دادن را ادامه می‌دهید به مایع درون لوله با دقت نگاه کنید. پس از چند دقیقه دوباره همان شاخه‌ی قائم لوله را لمس کنید. ۴) مشاهدات خود را بنویسید و با بحث در گروه، دلیل هر یک از مشاهدات را توضیح دهید.

- در لحظه‌ی اول، شاخه‌ی دیگر لوله هنوز سرد است؛ زیرا آب رسانای گرمایی ضعیفی است و رسانش در آب بسیار کند است.
- رنگ (پرمنگنات یا جوهر) نشان می‌دهد که آبِ نزدیک شعله گرم می‌شود، منبسط می‌شود و چگالی‌اش کم می‌شود؛ پس بر اثر نیروی شناوری بالا می‌رود و رنگ را با خود می‌برد. آب سردتر و چگال‌تر از شاخه‌ی دیگر پایین می‌آید و جای آن را می‌گیرد؛ یعنی جریان چرخشی پدید می‌آید.
- پس از چند دقیقه، آب گرم همراه جریان به شاخه‌ی قائم دیگر می‌رسد و هنگام لمس آن، گرم شدن شاخه را حس می‌کنیم؛ پس گرما همراه با جابه‌جایی خود ماده (همرفت) منتقل شده است.

۱۴۹ صفحه ۱۱۴ **پرسش**

به نظر شما چه ارتباطی بین انتقال گرما به روش همرفت و ضریب انبساط حجمی، برای یک مایع وجود دارد؟

همرفت بر اثر کاهش چگالی بخش گرم‌شده‌ی مایع و بالا رفتن آن رخ می‌دهد. هرچه ضریب انبساط حجمی مایع بیشتر باشد، برای یک تغییر دمای معین، حجم بخش گرم‌شده بیشتر زیاد می‌شود و چگالی آن بیشتر کاهش می‌یابد. در نتیجه اختلاف چگالی با مایع سردتر اطراف بیشتر و نیروی شناوری بزرگ‌تر است و همرفت شدیدتر (جریان تندتر) رخ می‌دهد. پس هرچه β مایع بیشتر باشد، انتقال گرما به روش همرفت در آن مؤثرتر است.

۱۵۰ صفحه ۱۱۴ **فعالیت**

چهار بطری شیشه‌ای یکسان، دو رنگ جوهر قرمز و آبی، دو کارت ویزیت مقوایی و آب بسیار سرد و بسیار گرم تهیه کنید. در دو تا از بطری‌ها جوهر آبی و در دو بطری دیگر جوهر قرمز بریزید. سپس بطری‌های آبی را با آب خیلی سرد و بطری‌های قرمز را با آب خیلی گرم پر کنید. اکنون در حالی که دهانه‌ی یک بطری قرمز را با کارت ویزیت گرفته‌اید، دهانه‌ی آن را دقیقاً روی دهانه‌ی یک بطری آبی قرار دهید و سپس کارت را بیرون بکشید. همین آزمایش را به طور معکوس نیز انجام دهید؛ یعنی این بار، یک بطری آبی رنگ که دهانه‌ی آن با کارت

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

پوشیده شده است را روی دهانه‌ی بطری قرمز رنگ قرار دهید و سپس کارت را بیرون بکشید. مشاهدات خود را توضیح دهید. از این آزمایش چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

حالت اول (بطری گرم و قرمز پایین، بطری سرد و آبی بالا): آب گرم کم‌چگال‌تر است و می‌خواهد بالا برود؛ آب سرد و چگال‌تر پایین می‌آید. دو مایع به سرعت با هم مخلوط می‌شوند و رنگ بنفش یکنواخت ایجاد می‌شود (همرفت).

حالت دوم (بطری گرم و قرمز بالا، بطری سرد و آبی پایین): مایع گرم و سبک بالا و مایع سرد و سنگین پایین است؛ شاره‌ها پایدار می‌مانند و تقریباً مخلوط نمی‌شوند (دو لایه‌ی رنگی جدا می‌ماند).

نتیجه: در همرفت طبیعی، شاره‌ی گرم (با چگالی کمتر) بالا می‌رود و شاره‌ی سرد (با چگالی بیشتر) پایین می‌آید؛ بنابراین برای گرم کردن یک شاره باید منبع گرما را در پایین آن گذاشت و برای سرد کردن، منبع سرما را در بالا.

۱۵۱ صفحه ۱۱۶ **فعالیت**

پرتوسنج (رادیومتر) وسیله‌ای است که از یک حباب شیشه‌ای تشکیل شده است که درون آن چهار پره‌ی فلزی قائم قرار دارد که می‌توانند حول یک محور (سوزن عمودی) بچرخند. دو وجه هر چهار پره، یک در میان سفید و سیاه است. وقتی این وسیله کنار یک چشمه‌ی نور قرار گیرد، پره‌ها حول سوزن عمودی می‌چرخند و هر چه شدت نور بیشتر باشد، این چرخش سریع‌تر است. در مورد دلیل چرخش پره‌ها تحقیق کنید.

وجه سیاه هر پره بیشتر تابش را جذب می‌کند و گرم‌تر می‌شود، ولی وجه سفید بیشتر آن را بازتاب می‌دهد. مولکول‌های گاز کم‌فشار درون حباب پس از برخورد با وجه گرم‌تر (سیاه) با تندی بیشتری بازمی‌گردند و تکانه‌ی بیشتری به پره می‌دهند (و یا بر اثر اختلاف دمای دو وجه، نیروی خالص ناشی از برخوردها ایجاد می‌شود). پس به وجه سیاه نیروی بزرگ‌تری وارد می‌شود و پره‌ها به سمت وجه سفید می‌چرخند. شدت نور بیشتر ← اختلاف دمای بیشتر ← چرخش سریع‌تر.

۱۵۲ صفحه ۱۱۸ **مسئله**

دماهای زیر را بر حسب درجه‌ی سلسیوس و فارنهایت مشخص کنید:

الف) 0 K ب) 273 K پ) 373 K ت) 546 K

از $\theta = T - 273$ و $F = (9/5)\theta + 32$ استفاده می‌کنیم.

T (K)	θ (°C)	F (°F)
0	−273	−459.4
273	0	32
373	100	212
546	273	523.4

مثلاً برای ت): $\theta = 546 - 273 = 273\ ^\circ C$ و $F = (9/5)(273) + 32 = 523.4\ ^\circ F$.

۱۵۳ صفحه ۱۱۸ مسئله

برای اندازه‌گیری دمای یک جسم توسط دماسنج به چه نکاتی باید توجه کنیم؟ (راهنمایی: به نکاتی که در فصل ۱ خواندید نیز توجه کنید)

- دماسنج مناسب را با توجه به گستره‌ی دمای جسم و دقت مورد نیاز انتخاب کنیم و ابتدا دقت (کوچک‌ترین درجه‌بندی) و گستره‌ی آن را بخوانیم.
- مخزن دماسنج را کاملاً در تماس با جسم (یا درون آن) قرار دهیم و آن را با جداره‌ی ظرف یا منبع گرما تماس ندهیم.
- صبر کنیم تا دماسنج با جسم به تعادل گرمایی برسد و ستون مایع ثابت شود؛ سپس عدد را بخوانیم.
- هنگام خواندن، چشم را مقابل سطح مایع و عمود بر درجه‌بندی نگه داریم (برای جلوگیری از خطای دید) و عدد را با توجه به رقم‌های بامعنا بنویسیم.
- جرم و ظرفیت گرمایی دماسنج در برابر جسم ناچیز باشد تا اندازه‌گیری دمای جسم را تغییر ندهد.
- اندازه‌گیری را چند بار تکرار و میانگین بگیریم (کاهش خطای تصادفی) و خطای صفر دماسنج را بررسی کنیم.

۱۵۴ صفحه ۱۱۸ مسئله

شکل زیر، یک خط‌کش فلزی را که در آن سوراخی ایجاد شده است در دو دمای متفاوت نشان می‌دهد (برای روشن بودن مطلب، انبساط به صورت اغراق‌آمیزی رسم شده است). از این شکل چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

در دمای بالاتر، فاصله‌ی بین درجه‌بندی‌ها (طول خط‌کش) و اندازه‌ی سوراخ هر دو زیاد شده‌اند. نتیجه می‌گیریم که وقتی جسم جامد منبسط می‌شود، شکل آن تغییر نمی‌کند و همه‌ی ابعاد آن (از جمله ابعاد سوراخ) به یک نسبت بزرگ می‌شوند؛ سوراخ همانند بخشی از ماده‌ی خود جسم منبسط می‌شود و با گرم شدن، بزرگ‌تر می‌شود (نه کوچک‌تر).

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۱۵۵ صفحه ۱۱۸ مسئله

شکل زیر چهار صفحه‌ی فلزی هم‌جنس به اضلاع متفاوت را در یک دما نشان می‌دهد. اگر دمای همه‌ی آنها را به اندازه‌ی یکسان زیاد کنیم،

الف) ارتفاع کدام صفحه یا صفحه‌ها بیشتر افزایش پیدا می‌کند؟

ب) مساحت کدام یک بیشتر افزایش پیدا می‌کند؟

پ) اگر در هر چهار تای آنها روزنه‌ی کوچک هم‌اندازه‌ای وجود داشته باشد، افزایش قطر چهار روزنه در اثر افزایش دمای یکسان را با هم مقایسه کنید.

چون صفحه‌ها هم‌جنس‌اند، α و ΔT یکسان است.

الف) از $\Delta L = \alpha L_1 \Delta T$: افزایش طول با طول اولیه (در اینجا ارتفاع) متناسب است؛ پس ارتفاع صفحه‌ای (یا صفحه‌هایی) که ارتفاع اولیه‌ی بیشتری دارد (بزرگ‌ترین ضلع قائم، یعنی 3L) بیشتر زیاد می‌شود؛ صفحه‌هایی با ارتفاع یکسان افزایش ارتفاع یکسان دارند.

ب) از $\Delta A = 2\alpha A_1 \Delta T$: افزایش مساحت با مساحت اولیه متناسب است؛ پس صفحه‌ای که مساحت اولیه‌ی آن (حاصل‌ضرب دو ضلعش) از همه بیشتر است، بیشترین افزایش مساحت را دارد.

پ) قطر هر روزنه مانند طولی از همان جنس منبسط می‌شود: $\Delta D = \alpha D \Delta T$. چون جنس و قطر اولیه‌ی هر چهار روزنه و تغییر دما یکسان است، افزایش قطر چهار روزنه با هم برابر است (به اندازه و شکل صفحه بستگی ندارد).

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۱۵۶ صفحه ۱۱۸ مسئله

یک بزرگراه از بخش‌های بتونی به طول 25.0 m ساخته شده است. این بخش‌ها در دمای 10.0 °C بتون‌ریزی و عمل آورده شده‌اند. برای جلوگیری از تاب برداشتن بتون در دمای 50.0 °C، مهندسان باید چه فاصله‌ای را بین این قطعه‌ها در نظر بگیرند؟ ($\alpha \approx 14 \times 10^{-6}\ K^{-1}$)

هر بخش با گرم شدن از 10.0 °C تا 50.0 °C منبسط می‌شود و این افزایش طول باید در فاصله‌ی بین قطعه‌ها جا شود:

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T = (14 \times 10^{-6}\ K^{-1})(25.0\ m)(50.0 - 10.0)\ K = 1.4 \times 10^{-2}\ m$$

فاصله‌ی بین هر دو قطعه باید دست‌کم 1.4 cm باشد (اگر انبساط هر دو قطعه‌ی مجاور را در نظر بگیریم، به‌ازای هر قطعه 1.4 cm است و فاصله باید حدود همین مقدار در نظر گرفته شود).

۱۵۷ صفحه ۱۱۸ مسئله

یک ظرف آلومینیمی با حجم $400\ cm^3$ در دمای $20.0\ ^\circ C$ به طور کامل از گلیسیرین پر شده است. اگر دمای ظرف و گلیسیرین به $30.0\ ^\circ C$ برسد، چقدر گلیسیرین از ظرف بیرون می‌ریزد؟

داده‌ها: $V_1 = 400\ cm^3$، $\Delta T = 10.0\ ^\circ C$، β گلیسیرین $= 0.49 \times 10^{-3}\ K^{-1}$ (جدول ۴-۲)، $\alpha_{Al} = 23 \times 10^{-6}\ K^{-1} \leftarrow \beta_{Al} = 3\alpha = 69 \times 10^{-6}\ K^{-1}$.

$\Delta V_{1.96} = (10.0)(400)(0.49 \times 10^{-3}) =$ گلیسیرین cm^3

$\Delta V_{0.276} = (10.0)(400)(69 \times 10^{-6}) =$ ظرف cm^3

$\Delta V_{1.7} \approx 1.96 - 0.276 =$ سرریز cm^3

حدود $1.7\ cm^3$ گلیسیرین از ظرف بیرون می‌ریزد.

۱۵۸ صفحه ۱۱۸ مسئله

مقداری بنزین در مخزنی استوانه‌ای به ارتفاع $h = 10\ m$ ریخته شده است. در دمای $-10\ ^\circ C$ فاصله‌ی بین سطح بنزین تا بالای ظرف برابر $\Delta h = 50\ cm$ است. اگر از انبساط ظرف در نتیجه‌ی افزایش دما چشم‌پوشی شود، در چه دمایی بنزین از ظرف سرریز می‌شود؟

ارتفاع اولیه‌ی بنزین $h_1 = 10 - 0.50 = 9.5\ m$ است و مساحت مقطع ثابت است، پس تغییر حجم با تغییر ارتفاع متناسب است. بنزین وقتی سرریز می‌شود که ارتفاع آن $0.50\ m$ زیاد شود:

$\Delta V = \beta V_1 \Delta T \Rightarrow A\Delta h = \beta A h_1 \Delta T \Rightarrow \Delta T = \Delta h / (\beta h_1) = 0.50 / [(1.00 \times 10^{-3})(9.5)] \approx 52.6\ K$

$T = -10 + 52.6 \approx 42.6\ ^\circ C$

بنزین در دمای حدود $43\ ^\circ C$ از ظرف سرریز می‌شود (β بنزین $= 1.00 \times 10^{-3}\ K^{-1}$ از جدول ۴-۲).

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۱۵۹ صفحه ۱۱۸ مسئله

در شکل زیر با افزایش دما، نوار دوفلزه به طرف پایین خم می‌شود. اگر یکی از نوارها، برنجی و نوار دیگر فولادی باشد؛

الف) نوار بالایی از چه جنسی است؟

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت

ب) اگر نوارها را سرد کنیم به کدام سمت خم می‌شوند.

الف) فلزی که ضریب انبساط بزرگ‌تری دارد، با گرم شدن بیشتر منبسط می‌شود و روی بیرونی (محدب) انحنا قرار می‌گیرد. چون نوار به سمت پایین خم می‌شود، نوار بالایی باید بیشتر منبسط شده باشد. ضریب انبساط برنج ($19 \times 10^{-6}\ K^{-1}$) بیشتر از فولاد ($13 \times 10^{-6}\ K^{-1}$) است؛ پس **نوار بالایی برنجی** و نوار پایینی فولادی است.

ب) با سرد شدن، برنج بیشتر از فولاد منقبض می‌شود و نوار بالایی کوتاه‌تر می‌شود؛ در نتیجه نوار به سمت **بالا** خم می‌شود.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

۱۶۰ صفحه ۱۱۸ مسئله

طول خط‌های لوله‌ی گاز، نفت و فراورده‌های نفتی در کشورمان که عمدتاً مواد سوختی را از جنوب کشور به مرکز و شمال منتقل می‌کند به چند هزار کیلومتر می‌رسد. دمای هوا در زمستان ممکن است تا $-10\ ^\circ C$ و در تابستان تا $+50\ ^\circ C$ برسد. جنس این لوله‌ها عموماً از فولاد با $\alpha \approx 10 \times 10^{-6}\ K^{-1}$ است. طول خط لوله، بین دو ایستگاه تهران ــ اصفهان تقریباً 230 km است.

الف) در اثر این اختلاف دما، این خط چقدر منبسط می‌شود؟

ب) چگونه می‌توان تأثیر این انبساط را برطرف کرد؟

الف) اختلاف دما $\Delta T = 50 - (-10) = 60\ K$ است:

$$\Delta L = \alpha L_1 \Delta T = (10 \times 10^{-6}\ K^{-1})(230 \times 10^{3}\ m)(60\ K) = 138\ m$$

ب) با نصب اتصال‌های انبساطی (مثل بست‌های انبساطی و دم‌دار) و ساختن خم‌های U شکل یا زیگ‌زاگ در مسیر لوله (حلقه‌ی انبساطی) در فاصله‌های معین، لوله می‌تواند بدون ایجاد تنش آسیب‌رسان منبسط یا منقبض شود. همچنین لوله را به صورت شل (نه کاملاً کشیده) روی تکیه‌گاه‌های لغزنده قرار می‌دهند و در بخش‌های بلند آن را قطعه‌قطعه می‌کنند.

۱۶۱ صفحه ۱۱۹ مسئله

در یک روز گرم، یک کامیون حمل سوخت، 30000 L بنزین بارگیری می‌کند. دمای هوا در محل تحویل سوخت $20.0\ ^\circ C$ کمتر از محلی است که در آنجا کامیون بارگیری کرده است. راننده چند لیتر سوخت را در این محل تحویل می‌دهد؟

با کاهش دما بنزین منقبض می‌شود ($\Delta T = -20.0\ K$، $\beta = 1.00 \times 10^{-3}\ K^{-1}$):

$$\Delta V = \beta V_1 \Delta T = (1.00 \times 10^{-3})(30000\ L)(-20.0) = -600\ L$$

$V_2 = 30000 - 600 = 29400\ L$ بنزین تحویل داده می‌شود (حدود ۶۰۰ لیتر کمتر).

۱۶۲ صفحه ۱۱۹ مسئله

برای گرم کردن 200 g آب جهت تهیه‌ی چای، از یک گرمکن الکتریکی غوطه‌ور در آب استفاده می‌کنیم. روی برچسب گرمکن 200 W نوشته شده است. با نادیده گرفتن اتلاف گرما، زمان لازم برای رساندن دمای آب از 30.0 °C به 100 °C را محاسبه کنید.

```
Q = mcΔθ = (0.200 kg)(4187 J/kg.K)(70.0 K) ≈ 5.86 × 10^4 J
Q = P Δt ⇒ Δt = Q / P = 58618 J / 200 W ≈ 293 s
```

حدود 293 s (تقریباً 4.9 min).

۱۶۳ صفحه ۱۱۹ مسئله

دمای یک قطعه فلز 0.60 kg را توسط یک گرمکن 50 W در مدت 110 s از 18 °C به 38 °C رسانده‌ایم. این آزمایش برای گرمای ویژه‌ی فلز چه مقداری را به دست می‌دهد؟ حدس می‌زنید که این پاسخ از مقدار واقعی گرمای ویژه‌ی فلز بیشتر باشد یا کمتر؟ توضیح دهید.

```
Q = P t = (50 W)(110 s) = 5500 J
c = Q / (mΔθ) = 5500 / [(0.60 kg)(20 K)] ≈ 4.6 × 10^2 J/kg.K
```

پاسخ آزمایش از مقدار واقعی بیشتر است.

دلیل: بخشی از گرمای گرمکن به محیط و ظرف و ... تلف می‌شود و همه‌ی 5500 J به فلز نمی‌رسد؛ یعنی گرمای واقعی جذب‌شده توسط فلز کمتر از Pt است. چون ما کل Pt را در فرمول گذاشته‌ایم، گرمای ویژه‌ی محاسبه‌شده بیشتر از مقدار واقعی به دست می‌آید.

۱۶۴ صفحه ۱۱۹ مسئله

گرماسنجی به جرم 200 g از مس ساخته شده است. یک قطعه‌ی 80 g از یک ماده‌ی نامعلوم همراه با 50 g آب به درون گرماسنج ریخته می‌شود. اکنون دمای این مجموعه 30 °C است. در این هنگام 100 g آب 70 °C به گرماسنج اضافه می‌شود، دمای تعادل 52 °C می‌شود. گرمای ویژه‌ی قطعه را محاسبه کنید.

گرمای مس: $c_{مس} = 386\ J/kg.K$. از $\Sigma Q = 0$:

```
m_آب‌گرم c_آب (70 − 52) + [m_مس c_مس + m_آب c_آب + m_قطعه c](52 − 30) = 0
(0.100)(4187)(−18) + [(0.200)(386) + (0.050)(4187) + 0.080 c](22) = 0
−7536.6 + (77.2 + 209.35 + 0.080 c)(22) = 0
```

$286.55 + 0.080\ c = 342.57 \Rightarrow c = 56.0 / 0.080 \approx 7.0 \times 10^2\ J/kg.K$

گرمای ویژه‌ی قطعه حدود 700 J/kg.K است.

۱۶۵ صفحه ۱۱۹ مسئله

یکی از روش‌های بالا بردن دمای یک جسم، دادن گرما به آن است. اگر به جسمی گرما دهیم، آیا دمای آن حتماً بالا می‌رود؟ توضیح دهید.

خیر. هنگامی که جسم در حال تغییر حالت است (مثلاً ذوب یخ در $0\ ^\circ C$ یا جوشیدن آب در $100\ ^\circ C$)، گرمای داده‌شده صرف تغییر حالت (گرمای نهان) می‌شود و دمای جسم ثابت می‌ماند. همچنین اگر هم‌زمان جسم همان مقدار یا بیشتر گرما به محیط بدهد یا کار انجام دهد (مثلاً گاز در حال انبساط)، دمای آن بالا نمی‌رود.

۱۶۶ صفحه ۱۱۹ مسئله

قبل از تزریق دارو یا سرُم به یک بیمار، محل تزریق را با الکل تمیز می‌کنند. این کار سبب احساس خنکی در محل تزریق می‌شود. علت را توضیح دهید.

الکل مایعی بسیار فرّار است و به‌سرعت تبخیر می‌شود. برای تبخیر، الکل باید گرمای نهان تبخیر را از پوست بگیرد؛ بنابراین گرما از پوست محل تزریق گرفته می‌شود و دمای آن کاهش می‌یابد و احساس خنکی می‌کنیم.

۱۶۷ صفحه ۱۱۹ مسئله

کدام گزینه درباره‌ی فرایند ذوب نادرست است؟

الف) افزایش فشار وارد بر جسم در بیشتر مواد، سبب پایین رفتن نقطه‌ی ذوب می‌شود.

ب) افزایش فشار روی یخ، سبب کاهش اندک نقطه‌ی ذوب آن می‌شود.

پ) فرایند ذوب، عملی گرماگیر است.

ت) گرمایی که جسم جامد خالص و بلورین در نقطه‌ی ذوب خود می‌گیرد تا به مایع تبدیل شود، سبب تغییر دمای آن نمی‌شود.

گزینه‌ی «الف» نادرست است.

در بیشتر مواد افزایش فشار سبب **بالا رفتن** نقطه‌ی ذوب می‌شود و یخ از موارد استثنا است که افزایش فشار نقطه‌ی ذوبش را اندکی کاهش می‌دهد (گزینه‌ی «ب» درست است). گزینه‌های «پ» و «ت» نیز درست‌اند.

۱۶۸ صفحه ۱۱۹ مسئله

کمترین گرمای لازم برای ذوب کامل 200 g نقره که در آغاز در دمای 20.0 °C قرار دارد چقدر است؟ (فشار هوا را یک اتمسفر فرض کنید)

نقره باید ابتدا تا نقطه‌ی ذوب (960 °C) گرم شود و سپس ذوب شود (جدول‌های ۴-۳ و ۴-۴: c = 236 J/kg.K، L_F = 88.3 kJ/kg):

$$Q_1 = mc\Delta\theta = (0.200)(236)(960 - 20.0) = 4.44 \times 10^4\ J$$

$$Q_2 = mL_F = (0.200)(88.3 \times 10^3) = 1.77 \times 10^4\ J$$

$$Q = Q_1 + Q_2 \approx 6.2 \times 10^4\ J = 62\ kJ$$

۱۶۹ صفحه ۱۱۹ مسئله

یک راه برای جلوگیری از سرد شدن بیش از حد یک سالن سربسته در شب‌هنگام، وقتی که دمای زیر صفر پیش‌بینی شده است، قرار دادن تشت بزرگ پر از آب در سالن است. اگر جرم آب درون تشت 150 kg و دمای اولیه‌ی آن 20.0 °C باشد و همه‌ی آن به یخ 0.0 °C تبدیل شود، آب چقدر گرما به محیط پیرامونش می‌دهد؟ اگر بخواهیم به‌جای این تشت آب از یک بخاری برقی 2000 W استفاده کنیم، بخاری چند ساعت باید روشن باشد تا همان‌قدر گرما به سالن بدهد؟

آب ابتدا از 20.0 °C تا 0 °C سرد می‌شود و سپس منجمد می‌شود:

$$Q_1 = mc\Delta\theta = (150)(4187)(20.0) = 1.26 \times 10^7\ J$$

$$Q_2 = mL_F = (150)(333.7 \times 10^3) = 5.01 \times 10^7\ J$$

$$Q = Q_1 + Q_2 \approx 6.26 \times 10^7\ J$$

زمان لازم برای بخاری:

$$t = Q / P = 6.26 \times 10^7\ J / 2000\ W \approx 3.13 \times 10^4\ s \approx 8.7\ h$$

۱۷۰ صفحه ۱۱۹ مسئله

یک گرمکن 50 W به‌طور کامل در 100 g آب درون یک گرماسنج قرار داده می‌شود.

الف) این گرمکن در مدت یک دقیقه دمای آب و گرماسنج را از 20 °C به 25 °C می‌رساند. ظرفیت گرمایی گرماسنج را حساب کنید.

ب) چه مدت طول می‌کشد تا دمای آب درون گرماسنج از 25 °C به نقطه‌ی جوش (100 °C) برسد؟

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

پ) چه مدت طول می‌کشد تا 20 g آب در حال جوش درون این گرماسنج به بخار تبدیل شود؟

الف) گرمای گرمکن صرف گرم کردن آب و گرماسنج می‌شود:

$$Pt = (m\,c_{آب} + C)\,\Delta\theta \Rightarrow (50)(60) = (0.100 \times 4187 + C)(5)$$

$$3000 = 2093.5 + 5C \Rightarrow C \approx 1.8 \times 10^2\ J/K$$

ب)

$$Pt' = (m\,c_{آب} + C)(100 - 25) = (418.7 + 181.3)(75) = 4.5 \times 10^4\ J \Rightarrow t' = 4.5 \times 10^4 / 50 = 900\ s = 15\ min$$

پ) آب در حال جوش و گرماسنج در $100\ ^\circ C$ هستند و فقط گرمای تبخیر لازم است:

$$Q = mL_V = (0.020)(2256 \times 10^3) = 4.51 \times 10^4\ J \Rightarrow t'' = Q / P = 4.51 \times 10^4 / 50 \approx 9.0 \times 10^2\ s \approx 15\ min$$

۱۷۱ صفحه ۱۲۰ مسئله

گرمکنی در هر ثانیه 200.0 J گرما می‌دهد.

الف) چقدر طول می‌کشد تا این گرمکن 0.100 kg آب $100\ ^\circ C$ را به بخار $100\ ^\circ C$ تبدیل کند؟

ب) این گرمکن در همین مدت، چه مقدار یخ $0\ ^\circ C$ را می‌تواند به آب $0\ ^\circ C$ تبدیل کند؟

الف)

$$Q = mL_V = (0.100)(2256 \times 10^3) = 2.256 \times 10^5\ J \Rightarrow t = Q / P = 2.256 \times 10^5 / 200.0 = 1128\ s \approx 18.8\ min$$

ب) گرمای فراهم‌شده در همین مدت $2.256 \times 10^5\ J$ است:

$$m = Q / L_F = 2.256 \times 10^5 / (333.7 \times 10^3) \approx 0.676\ kg$$

۱۷۲ صفحه ۱۲۰ مسئله

اگر به جسم جامدی که ابعاد آن به اندازه‌ی کافی کوچک است با توان ثابتی گرما بدهیم نمودار دما ــ زمان آن به‌صورت کیفی مانند شکل زیر می‌شود. این نمودار در اینجا برای جسم جامدی به جرم 50.0 g رسم شده که توسط یک گرمکن 10.0 W گرم شده است.

الف) چقدر طول می‌کشد تا این جامد از دمای اولیه‌ی $20\ ^\circ C$ به نقطه‌ی ذوب خود برسد؟

ب) گرمای ویژه‌ی جامد و پ) گرمای نهان ذوب آن را محاسبه کنید.

با فرض اینکه از روی نمودار بخوانیم: دمای ذوب $60\ ^\circ C$؛ گرم شدن جامد از $20\ ^\circ C$ تا $60\ ^\circ C$ در $t = 200\ s$ و ذوب شدن در بازه‌ی $200\ s$ تا $700\ s$ انجام می‌شود (مقدارهای خوانده‌شده تقریبی‌اند).

الف) $t = 200\ s$.

ب)

$c = Pt / (m\Delta\theta) = (10.0)(200) / [(0.0500)(60 - 20)] = 1.0 \times 10^3\ J/kg.K$

پ)

$L_F = P\ \Delta t_{\text{ذوب}} / m = (10.0)(700 - 200) / 0.0500 = 1.0 \times 10^5\ J/kg$

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

---

۱۷۳ صفحه ۱۲۰ مسئله

در چاله‌ی کوچکی 1.00 kg آب 0.0 °C قرار دارد. اگر بر اثر تبخیر سطحی قسمتی از آب تبخیر شود و بقیه‌ی آن یخ ببندد، جرم آب یخ‌زده چقدر می‌شود؟

فرض می‌کنیم گرمای لازم برای تبخیر قسمتی از آب، تنها از انجماد بقیه‌ی آب تأمین شود و دمای همه‌ی آب 0 °C بماند. اگر جرم آب تبخیرشده m_v و جرم یخ m_i باشد: $m_v + m_i = 1.00\ kg$ و ($L_V = 2490\ kJ/kg$ در 0 °C (جدول ۴-۵)، $L_F = 333.7\ kJ/kg$):

$m_v L_V = m_i L_F \Rightarrow m_i = L_V / (L_V + L_F) \times 1.00\ kg = 2490 / 2823.7 \approx 0.88\ kg$

جرم یخ ≈ 0.88 kg و جرم آب تبخیرشده ≈ 0.12 kg است.

این جواب ممکن است دقیق نباشد.

---

۱۷۴ صفحه ۱۲۰ مسئله

در گروهی از جانوران خون‌گرم و انسان، تبخیر عرق بدن، یکی از راه‌های مهم تنظیم دمای بدن است.

الف) چه مقدار آب تبخیر شود تا دمای بدن شخصی به جرم 50.0 kg به اندازه‌ی 1.00 °C کاهش یابد؟ گرمای نهان تبخیر آب در دمای بدن (حدود 37 °C) برابر $2.42 \times 10^6\ J/kg$ و گرمای ویژه‌ی بدن در حدود 3480 J/kg.K است.

ب) حجم آبی که شخص باید برای جبران آب تبخیر شده بنوشد، چقدر است؟

الف) گرمایی که بدن از دست می‌دهد:

$Q = mc\Delta\theta = (50.0)(3480)(1.00) = 1.74 \times 10^5\ J$

$Q = m_{\text{آب}} L_V \Rightarrow m = 1.74 \times 10^5 / 2.42 \times 10^6 \approx 0.072\ kg = 72\ g$

ب) با چگالی $1\ g/cm^3$ (1 kg/L) برای آب:

$V = m / \rho \approx 72\ cm^3 \approx 0.072\ L \approx 72\ mL$

ایران توشه
توشه‌ای برای موفقیت

۱۷۵ صفحه ۱۲۰ مسئله

اگر شما یک تیر چوبی و یک لوله‌ی فلزی سرد را که هم‌دما هستند لمس کنید، چرا حس می‌کنید که لوله سردتر است؟ چرا ممکن است دست شما به لوله بچسبد؟

فلز رسانای گرمایی بسیار خوبی است (به دلیل الکترون‌های آزاد) ولی چوب رسانای ضعیفی است. وقتی دست را روی لوله می‌گذاریم، گرما با آهنگ زیادی از دست به لوله منتقل می‌شود و دمای سطح دست به‌سرعت کاهش می‌یابد؛ پس لوله را سردتر احساس می‌کنیم، در حالی که انتقال گرما به چوب بسیار کندتر است. این احساس به دمای واقعی مربوط نیست و به آهنگ انتقال گرما بستگی دارد.

اگر دمای لوله بسیار پایین (زیر $0\ ^\circ C$) باشد، رطوبت پوست دست در تماس با لوله به‌سرعت یخ می‌زند و دست به لوله می‌چسبد.

۱۷۶ صفحه ۱۲۰ مسئله

یک پالتو چگونه شما را گرم نگه می‌دارد؟ چرا استفاده از چند لباس زیر پالتو این عمل را تشدید می‌کند؟

پالتو (و لباس) از الیافی ساخته می‌شود که لایه‌ی هوای زیادی را در خود حبس می‌کند. هوا رسانای گرمایی ضعیفی است و هوای محبوس همرفت نمی‌کند؛ بنابراین گرمای بدن به‌سختی به محیط سرد منتقل می‌شود (پالتو عایق گرمایی است و گرما را نگه نمی‌دارد، بلکه خروج آن را کند می‌کند).

چند لباس زیر پالتو، چند لایه‌ی هوای محبوس شده‌ی دیگر بین لایه‌ها ایجاد می‌کند؛ هر لایه‌ی هوا مانع بیشتری برابر شارش گرما است و در نتیجه عایق‌بندی بهتری ایجاد می‌شود و گرمای بیشتری نگه داشته می‌شود.

۱۷۷ صفحه ۱۲۰ مسئله

دو قوری هم‌جنس و هم‌اندازه را در نظر بگیرید که سطح بیرونی یکی سیاه‌رنگ و دیگری سفیدرنگ است. هر دو را با آب داغ با دمای یکسان پر می‌کنیم. آب کدام قوری زودتر خنک می‌شود؟

سطح تیره و مات بیشتر از سطح روشن و صیقلی، تابش گرمایی گسیل می‌کند. پس قوری سیاه گرما را با آهنگ بیشتری به محیط تابش می‌کند و آب آن زودتر خنک می‌شود. (قوری سفید به‌دلیل تابش کمتر، گرمای خود را بهتر نگه می‌دارد.)

این فایل توسط سایت ایران‌توشه تهیه شده است.

irantooshe.ir

ایران توشه
توشه ای برای موفقیت