مجموعه کتاب‌های علامه حلی

# فیزیک دهم

## ویژه رشته تجربی

## ویژهٔ استعدادهای درخشان

سیدحسین حنیفی، پوریا دیارکجوری، حسین عسکری
سیدابوالفضل علیدوست، سیدمحمد هاشمی‌نسب

شناسنامه کتاب

| | | |
|---|---|---|
| سرشناسه | : | |
| عنوان و نام پدیدآور | : | فیزیک دهم، ویژه استعدادهای درخشان |
| مشخصات نشر | : | تهران: انتشارات حلی، ۱۳۹۵ |
| مشخصات ظاهری | : | ۲۹×۲۲ س م. ۱: مصور (رنگی)، جدول (رنگی)، نمودار (رنگی)؛ ص ۳۶۰ |
| فروست | : | مجموعه کتاب علامه‌حلی |
| شابک | : | 978-600-7755-48-8 |
| وضعیت فهرست‌نویسی | : | فیپای مختصر |
| یادداشت | : | (فهرست‌نویسی کامل این اثر در نشانی *http://opac.nlai.ir* : قابل دسترسی است) |
| شناسه افزوده | : | |
| شماره کتابشناسی ملی | : | |

علامه حلی

| | |
|---|---|
| عنوان کتاب | فیزیک دهم، ویژه رشته تجربی، ویژه استعدادهای درخشان |
| ناشر | انتشارات حلی |
| مؤلفان | سیدحسین حنیفی، پوریا دیارکجوری، حسین عسکری، سیدابوالفضل علیدوست، سیدمحمد هاشمی‌نسب |
| ویراستار علمی | سیدحسین حنیفی |
| مسئول هماهنگی | شیوا دلوچی |
| طراح جلد | سعید شمس |
| تصویرساز | محمدحسین صفدریان |
| صفحه‌آرا | راضیه سادات فرهانیان |
| رسام | عاطفه قلیچ‌خانی |
| حروف‌نگار | آزاده مهری |
| سال چاپ | ۱۳۹۵ |
| نوبت چاپ | اول |
| شمارگان | ۲۰۰۰ جلد |
| قیمت | ۳۰۰۰۰ تومان |
| شماره شابک | ۹۷۸-۶۰۰-۷۷۵۵-۴۸-۸ |

**تهران، خیابان انقلاب، میدان فردوسی، ابتدای کوچه براتی، پلاک ۱۶ واحد ۱۴**

**تلفن دفتر مرکزی: ۹-۶۶۷۴۴۳۸۴**



جالب است برادی

**کلیه حقوق این اثر برای ناشر محفوظ است.**

هیچ شخص حقیقی یا حقوقی حق برداشت تمام یا قسمتی از اثر را به صورت چاپ، فتوکپی و جزوه ندارد.

متخلفان به موجب بند ۵ از ماده ۲ قانون حمایت از ناشران تحت پیگرد قانونی قرار می‌گیرد.

# فهرست مطالب

فصل ۱ اندازه‌گیری

درسنامه ۹

تمرین ۵۱

پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۶۰

فصل ۲ کار و انرژی

درسنامه ۸۱

تمرین ۱۲۰

پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۱۳۰

فصل ۳ فشار

درسنامه ۱۴۵

تمرین ۲۰۰

پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۲۱۲

فصل ۴ گرما

درسنامه ۲۲۱

تمرین ۲۶۰

پرسش‌های چهارگزینه‌ای ۲۷۵

پاسخ‌ها ۳۸۰

# پیشگفتار

## به نام خدا

چند سال پیش، تعدادی از معلمان با دغدغه «آموزش استعدادهای درخشان» ، دورهم جمع شدند و موسسه علامه حلی را تأسیس کردند. این معلم‌ها ـ که خودشان از دانش‌آموختگان مدارس استعدادهای درخشان شهر تهران می‌باشند ـ سال‌ها در مدارس سمپاد (سازمان ملی پرورش استعدادهای درخشان)، به دنبال پیاده‌سازی روش‌های جدید و مؤثر آموزش بوده‌اند و درنهایت تصمیم گرفتند تا نتیجه این تجربیات را در موسسه علامه‌حلی در اختیار دیگر فعالان در عرصه آموزش بگذارند.

مجموعه کتاب‌های انتشارات علامه‌حلی، یکی از محصولات این تلاش جمعی است. در این کتاب‌ها تلاش شده است تا علاوه‌بر تأمین محتوای مناسب برای دانش‌آموزان برتر کشور، روش‌های جدیدتر و مؤثرتر آموزشی هم در انتقال این محتوا به کار گرفته شده و پیاده‌سازی شود. در پس این کتاب‌ها، ساعت‌ها کار فکری برای انتخاب ساختار و شیوه تدوین صرف شده است. فعال کردن دانش‌آموز در روند آموزش و ارجاع او به انجام مشاهدات، فعالیت‌ها و آزمایش‌های مناسب برای انتقال مفاهیم آموزشی و همچنین ترغیب دانش‌آموز برای مراجعه به منابع گسترده‌تر چون سایت‌های علمی اینترنتی و نرم‌افزارهای آموزشی، از ویژگی‌های این سیستم آموزشی است. علاوه‌بر این برای کمک به فرایند تدریس معلمین عزیز، محصولات جانبی چون متن راهنمای تدریس کتاب، محتوای الکترونیک و ... در کنار هر کتاب تولید شده است.

مجموعه کتاب‌های علامه‌حلی، با همکاری جمع زیادی از مؤلفین و معلمان باتجربه مدارس سمپاد ـ که به‌دقت انتخاب شده‌اند ـ تألیف و ویرایش گردیده است؛ اما آرزوی ما در این مؤسسه این است که از حضور تمامی معلمان دلسوز و باتجربه مدارس سمپاد و دیگر مراکز آموزشی برتر کشور عزیزمان، در تألیف کتاب‌ها و دیگر محصولات آموزشی، بهره ببریم؛ بنابراین از شما دبیران عزیز خواهشمندیم تجربه‌های خود را در زمینه استفاده از این کتاب و آموزش آن در کلاس، برای ما به آدرس الکترونیک: *book@mhelli.ir* ارسال فرمایید تا ما در چاپ‌های بعدی کتاب، از تجربیات، نظرات و حتی تصاویر ارسالی شما در انجام آزمایش‌ها، فعالیت‌ها، بازدیدها و ... در کتاب ـ و البته با ذکر نام ارسال‌کننده ـ استفاده کنیم. البته دانش‌آموزان خوب و پرتلاش هم می‌توانند در این کار همکاری کنند و با معلمین خود در اجرای این طرح همراه شوند.

عابدی جعفری

مدیر انتشارات حلی

## قبل از شروع به مطالعهٔ کتاب این قسمت را بخوانید:

وقتی شروع به خواندن این کتاب کنید با بخش‌های مختلفی مواجه می‌شوید که غالباً یک لاک‌پشت متفاوت برای هرکدام وجود دارد که هریک از این بخش‌ها از شما انتظار داریم کار متفاوتی انجام دهید. این قسمت‌ها براساس تئوری‌های نوین آموزش و تجارب موفق تدریس برای آموزش دانش‌آموزان مستعد طراحی شده است. این بخش‌ها شامل:

**درخت دانش:** در صفحه دوم هر فصل، نموداری رسم شده تا به شما کمک کند در کمترین حجم، مطالب علمی فصل و چگونگی تقسیم‌بندی و ارتباط آن‌ها را با هم درک کنید. درواقع این بخش نقشه‌ای است برای گم نشدن در موضوعات علمی.

**اهداف رفتاری:** بعد از درخت دانش، چند جمله نوشته شده که از اول کار معلوم کند این فصل را می‌خوانیم که چه بشود. خوب است در آخر فصل هم برگردیم و ببینیم، آیا می‌توانم کارهایی را که در این بخش گفته انجام دهیم یا نه!

**پاسخگو باش:** در این قسمت باید پاسخگوی مطالبی که تا اینجا خوانده‌اید باشید. پاسخگوی سؤالاتی که انتظار می‌رود بعد از خواندن درس تا آن قسمت، بتوانید باکمی فکرکردن به آن‌ها جواب دهید.

**فسفر بسوزان:** شاید لازم باشد مقدار بیشتری از مغز خودمان استفاده کنیم و قدری فسفر ذخیره شده را بسوزانیم. البته اگر نتوانستید به سوالات این بخش جواب دهید افسرده نشوید؛ برخی از فسفر بسوزانیدها را خود مولفان هم بلد نیستند جواب دهند!

**دست به کد شو:** در اکثر مدارس خوب کشور از پایه هفتم، آموزش برنامه‌نویسی شروع می‌شود. نوشتن برنامه برای حل یک مسئله علاوه بر کمک به یادگیری بهتر برنامه‌نویسی، به فهم عمیق مسئله و نحوه حل آن کمک زیادی می‌کند. در پایان هر فصل بخشی به نام دست به کد شو وجود دارد که با توجه به موضوعات فصل و مهارت‌های برنامه‌نویسی طراحی شده است. اگر برنامه‌نویسی بلد نیستید می‌توانید به کتاب برنامه‌نویسی انتشارات ما رجوع کنید و هرچه سریع‌تر برنامه‌نویسی را یاد بگیرید.

**تاریخ علم:** در این بخش شخصیتی در متن درس معرفی می‌شود و درکنار صفحه، عکس و مختصری از زندگی وی می‌بینید. حق مسلم ما است که حداقل قیافه این دانشمندان دوست داشتنی را ببینیم، شاید در کتاب‌های آینده عکس شما هم اینجا قرار بگیرد!

**جالب است بدانی:** برای افرادی که دوست دارند بیشتر از سطح استاندارد با موضوعات آشنا شوند این قسمت توصیه می‌شود. در این قسمت مطالبی آورده شده که خواندن و یادگرفتن آن الزامی نیست ولی آن‌قدر جذاب است که نشود به‌راحتی بی‌خیال خواندن آن شد.

**جمع‌بندی کن:** در انتهای فصل برای یک جمع‌بندی سریع می‌توان از این قسمت کمک گرفت. در این قسمت با هم فصل را جمع می‌کنیم و نکات و مطالب مهم را برای خود تکمیل می‌کنیم.

**لغت‌نامه:** ما دانش‌آموزان مستعد و متفاوت (!) دوست داریم بتوانیم علاوه بر مطالب درسی، جستجویی هم بکنیم و ببینیم در دنیا درباره موضع درسی ما چه چیزی وجود دارد. برای همین در پایان هر فصل لغات مهم با معادل انگلیسی آن آورده شده است.

**تمرین‌ها:** در آخر هر فصل تمرین‌های مرتبط با آن آورده شده است. تعداد تمرین‌ها، وقت لازم برای انجام آن‌ها، تعداد سؤالات سخت و آسان و نوع سؤالات کاملاً محاسبه شده، پس خیالتان راحت که همه را می‌توانید انجام دهید. سوالات سخت با ستاره مشخص شده، اگر این سوالات را نتوانستید حل کنید خیلی به خودتان آسیب نزنید!

**پرسش‌های چهارگزینه‌ای:** سؤالات چهارگزینه‌ای یا همان تست هم در آخر هر فصل طراحی شده است. سؤالات چهارگزینه‌ای با این پیش فرض طراحی شده است که اگر نکات مربوط به سؤال را بلد باشید حداکثر در ۲ دقیقه بتوانید به آن جواب دهید.

**پاسخ‌ها:** پاسخ سوالات چهارگزینه‌ای همه فصل‌ها به‌صورت معرفی گزینه درست طراحی شده. جواب‌های نهایی سؤال‌ها هم برای چک کردن درستی راه حل، ارائه شده است. پاسخ تشریحی تمرین‌های زوج به‌طور کامل در وب‌سایت کتاب به‌صورت رایگان قابل مشاهده است.

# فصل ۱

# اندازه‌گیری

در ماه دسامبر سال ۱۹۹۸ میلادی کاوشگر mco (mars climate orbiter) به سمت مریخ پرتاب شد و قرار بود با محاسبات صورت گرفته، کاوشگر در مدار مریخ قرار گیرد تا با چرخش دور مریخ درباره آب‌وهوای آن تحقیق کند.

در ماه سپتامبر سال ۱۹۹۹ میلادی دانشمندان و محققان با اضطراب فراوان شاهد رسیدن کاوشگر به مریخ بودند و انتظار قرارگیری آن را در مدار مریخ داشتند.

کاوشگر وارد مدار مریخ و جو آن شد. درحالی‌که به پشت مریخ در حرکت بود. همه منتظر بودند تا کاوشگر از سمت دیگر مریخ خارج شود تا این موفقیت را جشن بگیرند؛ اما این انتظار ۱۷ سال و تا به امروز طول کشید! درواقع این آخرین باری بود که mco دیده شد و پس از آن نیز هیچ‌وقت از سمت دیگر مریخ خارج نشد! همه سیگنال‌های ارسالی از سوی آن نیز قطع شده بود. چه بلایی بر سر پروژه ۱۲۵ میلیون دلاری ناسا آمده بود و چرا؟

## ◄ علم فیزیک

از آن قدیم‌ها (۵۰۰ سال پیش؟! زمان گالیله؟!) نه! از آن‌هم قدیم‌تر، یعنی زمان ارسطو و چه‌بسا قدیم‌تر، تا به امروز انسان دنبال این بوده است که بفهمد علت اتفاقات گوناگونی که در طبیعت رخ می‌دهد چیست و علمی به نام *physis* به‌وجود آمد. *Physis* کلمه یونانی به معنای ماهیت و طبیعت است و امروزه این علم فیزیک خوانده می‌شود.

دانشمندان علم فیزیک دنبال آن هستند که الگوها و نظم خاصی را میان پدیده‌های طبیعی پیدا کنند. آنها برای یافته‌های خود نظریاتی ارائه می‌کنند و این نظریات مورد آزمایش قرار می‌گیرند تا صحت و سقم آن‌ها معلوم شود. نظریات پذیرفته شده‌ای که در طول زمان و با پیشرفت دانش بشر، بارها مورد نقد و بررسی قرار گرفته و بسیاری از آنها در طول زمان دستخوش تغییر شده‌اند. ازقضا همین **آزمون‌پذیری** و **قابلیت اصلاح** از نقاط قوت علوم تجربی و از آن جمله علم فیزیک است. درواقع دانشمندان علوم تجربی هرروز به دنبال آن هستند که مدل‌ها و الگوهای بهتری را برای توصیف رفتار طبیعت پیدا کنند. این مدل‌ها و الگوها گاهی گزاره‌های کلی و عمومی‌تری هستند که رابطه میان کمیت‌های فیزیکی را بیان می‌کنند و گستره بزرگی از پدیده‌های طبیعی را دربرمی‌گیرند. این گزاره‌های کلی **قانون** خوانده می‌شوند؛ اما گاهی این قوانین محدوده کوچک‌تری از پدیده‌ها را دربرمی‌گیرند و عمومیت کمتری دارند که اصطلاحاً به آن‌ها **اصل** گفته می‌شود.

اما چرا انسان دنبال فهم رفتار طبیعت بوده است؟

غریزه کنجکاوی؟! قطعاً کنجکاوی یکی از عوامل نیرومند برای پیشبرد علوم است. درواقع همواره بشر دنبال این بوده است که بفهمد علت رخ دادن اتفاقات اطرافش چیست. لذت دانستن و فهمیدن به‌قدری نیرومند است که خیلی از مواقع دانشمندان بدون توجه به کاربرد آن‌ها و به‌صرف کشف جهان هستی ساعات و سال‌های متمادی از عمر خود را صرف تحقیق و پژوهش می‌کنند؛ اما علاوه بر این مسلماً عامل محرک دیگر برای فیزیکدانان، این است که بتوانند از قوانین طبیعت به نفع بشر استفاده کنند تا بشر زندگی بهتری را تجربه کند. کشف برق، ساختن ماشین‌ها، کامپیوترها، روبات‌ها و ... همگی با فهم رفتار طبیعت توسط فیزیک‌دان‌ها میسر شده است و هر روز با توسعهٔ دانش بشر نسبت به طبیعت، ابزارهای قوی‌تر، دقیق‌تر و توانمندتری ساخته می‌شود.

سیر تغییرات ساخت خودروی بنز در طول زمان

## پیش‌بینی رفتار طبیعت

برای آنکه بتوانیم بر رفتار طبیعت مسلط شویم و آن را مهار کنیم یا از آن استفاده کنیم، باید بتوانیم رفتار طبیعت را **پیش‌بینی** کنیم. مثلاً بگوییم وضعیت هوا چگونه خواهد بود یا کِی زلزله خواهد آمد یا حرکت الکترون‌ها چه اثراتی دارد یا اگر به جسمی نیرو وارد شود چه خواهد شد و سؤالات زیادی از این دست که همگی معنایشان این است که رفتار طبیعت در آینده چگونه خواهد بود.

اما چگونه می‌شود رفتار طبیعت را پیش‌بینی کرد؟

بگذارید یک مثال ساده بزنیم:

فرض کنید می‌خواهیم پیش‌بینی کنیم جسم رهاشده از دستمان چند ثانیه بعد به زمین می‌رسد؟ این یک پیش‌بینی ساده است!

خب! چه باید کرد؟ از کجا باید شروع کرد؟

درست است، اولین قدم آن است که حرکت جسم را خوب مشاهده کنیم و در مشاهداتمان و با کمک شهود و دانشمان بفهمیم که چه عواملی بر مدت زمان سقوط مؤثر است.

**دست به کار شو**

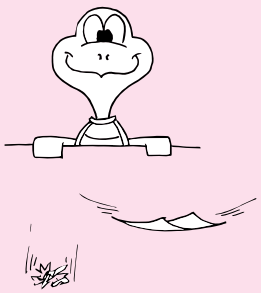
یک تکه کاغذ باطله بردار. آن را رها کن و سقوطش را مشاهده کن.

حالا کاغذ را به تکه‌های غیر هم‌اندازه تبدیل کن و هر تکه را مچاله کن تا به شکل یک توپ کاغذی در بیاید.

این‌طوری صاحب چند توپ کاغذی با قطرهای مختلف می‌شوی!

حالا توپ‌ها را رها کن و سعی کن با تغییر دادن چیزهایی که فکر می‌کنی در مدت زمان سقوطش تأثیر دارند بفهمی چه عواملی در مدت زمان سقوط توپ‌ها مؤثرند.

نتایج را به‌صورت یک گزارش کوچک ارائه کن.



همان‌طور که مشاهده کردید ورقهٔ کاغذ حرکتی بسیار کندتر و غیریکنواخت دارد و پیچ‌وتاب می‌خورد؛ اما توپ‌ها سریع‌تر و مستقیم به سمت پایین سقوط می‌کنند. فکر کنید چه چیزی باعث می‌شود که ورقهٔ کاغذ کندتر و با پیچ‌وتاب سقوط کند؟

## مدل‌سازی

شاید تحلیل حرکت کاغذ و مشابه آن برگ‌های در حال سقوط خیلی پیچیده باشد. برگ‌ها شکل‌ها و اندازه‌های متفاوتی دارند و این باعث می‌شود که در جدا شدن از درخت و سقوط به سمت پایین حرکت‌های متنوع پیچشی، چرخشی، نوسانی و ... را داشته باشند. این تنوع حرکت باعث می‌شود که تحلیل آن پیچیده شود. شاید تحلیل دقیق حرکت‌هایی نظیر این امروزه با شبیه‌سازی‌های رایانه‌ای میسر باشد؛ اما در فیزیک بسیار متداول است که بررسی حرکت‌های پیچیده با ساده‌سازی آنها انجام می‌شود.

درواقع برای حل مسائل پیچیده مدلی از آن در نظر گرفته می‌شود. در این مدل برای ساده‌تر شدن تحلیل، با توجه به اینکه از نتیجه تحلیل چه استفاده‌ای می‌خواهیم بکنیم و اینکه به چه میزان دقت لازم است، عواملی که تأثیر کوچک‌تر و کمتری دارند را در نظر نمی‌گیریم. با این کار حتماً نتایج تحلیل دچار مقداری خطا می‌شوند، اما در عوض معادلات ما ساده‌تر شده و محاسباتمان کمتر می‌شوند و گاهی طی این فرایند، قادر به تحلیل و محاسبه پدیده‌هایی خواهیم شد که پیش از آن درباره‌شان حرفی نمی‌توانستیم بزنیم. به این فرآیند در فیزیک **مدل‌سازی** گفته می‌شود. در واقع مدل‌سازی فرایندی است که طی آن یک پدیده فیزیکی آن‌قدر ساده و آرمانی می‌شود تا قابل تحلیل و بررسی شود.

**مدل‌سازی فرایندی است که طی آن یک پدیده فیزیکی آن‌قدر ساده و آرمانی می‌شود تا قابل تحلیل و بررسی شود.**

همان‌طور که گفتیم اینکه تا چه میزان از عوامل مختلف تأثیرگذار صرف‌نظر کنیم، به انتظارات ما از آن تحقیق بستگی دارد. هرچه تقریب کمتر و دقت بیشتری لازم داشته باشیم، باید عوامل مؤثر بیشتری را درنظر بگیریم و از معادلات پیچیده‌تری استفاده کنیم. برای مثال در چرخش سیارات دور خورشید، اگر همه سیارات را نقطه فرض کنیم، خورشید را ثابت در نظر بگیریم و از تأثیر گرانشی سیارات روی هم صرف‌نظر کنیم، به مدل ساده‌ای از چرخش سیارات دور خورشید می‌رسیم که تا حد خوبی قابل‌قبول است (همان مدتی که کپلر در قرن ۱۷ میلادی از آن استفاده کرد و قوانین حرکت سیارات را که موسوم به قوانین کپلر هستند

کشف کرد) اما این معادلات برای برخی از مشاهدات و کاربردهای امروزی جوابگو نیست و لازم است که موقعیت سیارات را خیلی دقیق‌تر بدانیم. مثلاً اگر بخواهیم به سیارات گوناگون کاوشگر ارسال کنیم، لازم است موقعیت دقیق‌تر سیارات را رصد کنیم. برای این کار دیگر سیارات را یک جرم نقطه‌ای فرض نمی‌کنیم که اثر گرانشی بر همدیگر ندارند. خورشید را نیز ثابت فرض نمی‌کنیم. با این اوصاف، معادلاتی که برای تحلیل وضعیت سیارات می‌نویسیم، سخت‌تر و پیچیده‌تر می‌شوند؛ اما در عوض جواب‌های بهتری می‌دهند.
برگردیم به مثال خودمان! فرض کنید بخواهیم حرکت کاغذ را مدل‌سازی کنیم تا بتوانیم برای مدت زمان سقوط آن، به جواب قابل قبولی برسیم. در حرکت کاغذ وزن عامل سقوط است و مقاومت هوا به خاطر سطح وسیع کاغذ، عامل بسیار تأثیرگذاری است. پس حذف آن خطاهای زیادی را ایجاد می‌کند؛ اما وقتی کاغذ مچاله شود، تأثیر مقاومت هوا خیلی کمتر می‌شود (هرچند هنوز هم وجود دارد.) بنابراین می‌توانیم برای مدل‌سازی حرکت توپ کاغذی، فرض کنیم تنها نیروی وزن، آن را به حرکت درمی‌آورد. در هر دو حالت می‌توانیم از تغییرات شتاب جاذبه زمین با ارتفاع صرف‌نظر کنیم؛ چراکه تغییرات آن بسیار بسیار ناچیز است.

**مثال ۱.** برای بررسی هرکدام از موارد زیر می‌خواهیم مدل‌سازی کنیم. در هریک از مدل‌سازی‌ها برخی از عواملی که به نظرمان تأثیرگذار است را ذکر کرده‌ایم. بگویید در نظر نگرفتن کدام‌یک از آن‌ها در نتیجهٔ نهایی خطای زیادی ایجاد نمی‌کند؟

بررسی مسیر حرکت گلوله: نیروی اولیه انفجار باروت، وزن گلوله، نیروی مقاومت هوا، زاویه اولیه پرتاب، رنگ گلوله

بررسی نیروی ناشی از برخورد دو خودرو به یکدیگر: جرم خودروها، مقدار شتاب جاذبه زمین، سرعت خودروها، زاویه حرکت خودروها نسبت به افق

**پاسخ:** مسیر حرکت گلوله تحت تأثیر نیروی اولیه انفجار باروت، وزن گلوله و زاویه اولیه پرتاب می‌تواند به‌شدت متفاوت باشد؛ اما بسته به اینکه چقدر لازم است دقیق بررسی کنیم، ممکن است بتوانیم از اثر مقاومت هوا صرف‌نظر کنیم؛ اما بدون شک رنگ گلوله تأثیرات بسیار جزئی دارد و می‌توان آن را در نظر نگرفت.

در بررسی نیروی ناشی از برخورد دو خودرو به یکدیگر نیز جرم و سرعت آنها بسیار تأثیرگذار است، اما زاویه حرکت آن‌ها و نیز مقدار شتاب جاذبه زمین چندان مهم و اثرگذار نیست. در واقع انگار نیروی ناشی از برخورد دو خودرو با جرم و سرعت معلوم در یک جاده شیب‌دار در سطح ماه تقریباً همان مقدار نیروی ناشی از برخورد آن‌ها در یک جاده افقی در سطح زمین است.

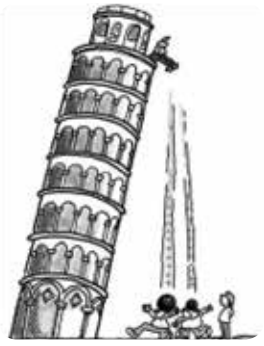
در آزمایشی که انجام دادیم متوجه شدیم هرچه ارتفاع رهاکردن توپ کاغذی بیشتر باشد، مدت زمان سقوطش بیشتر می‌شود. می‌دانیم عامل سقوط توپ‌ها وزن آنهاست. از عوامل مؤثر بر وزن، می‌توانیم جرم (اندازه) توپ‌ها را تغییر دهیم. همان‌طور که مشاهده کردیم این تغییر، باعث تفاوت معناداری در مدت زمان سقوط نشد؛ اما عامل دیگر مؤثر بر وزن شتاب جاذبه است که تغییر دادن آن دست ما نیست؛ اما حدس می‌زنیم هرچه شتاب جاذبه سیاره‌ای بزرگ‌تر باشد، اجسام سریع‌تر روی آن سقوط می‌کنند.
اما داستان اینجا تمام نمی‌شود. پیش‌بینی زمانی کامل است که بتوانیم بگوییم مثلاً کاغذی که ۱ گرم جرم دارد و از ارتفاع ۲ متری رهاشده است، دقیقاً پس از چند ثانیه به زمین می‌رسد؛ یعنی باید یک رابطه داشته باشیم که میزان تأثیر هرکدام از عوامل را در پدیده موردنظر به‌طور دقیق به ما نشان دهد؛ اما روابط در فیزیک چگونه به‌دست می‌آیند؟

## ◄ اندازه‌گیری شالوده علم فیزیک

یکی از راه‌های فهمیدن میزان تأثیر عوامل گوناگون بر یک پدیده آن است که اندازه‌گیری کنیم و با مقدارها، ارتباط‌ها را کشف کنیم. درواقع اندازه‌گیری می‌تواند میزان تأثیر عوامل مختلف بر یک پدیده را معلوم کند؛ بنابراین می‌توان به جایگاه و اهمیت اندازه‌گیری پی‌برد. خیلی‌ها فیزیک را **علم اندازه‌گیری** می‌دانند. درواقع در فیزیک ما درباره چیزهایی حرف می‌زنیم که قابل‌اندازه‌گیری باشند و هرچه را نشود اندازه گرفت، حرف زیادی هم درباره‌اش نمی‌شود گفت. در فیزیک به هر چیز قابل‌اندازه‌گیری **کمیت** گفته می‌شود.

در فیزیک به هر چیز قابل‌اندازه‌گیری **کمیت** گفته می‌شود.

گالیله جزو اولین کسانی است که اندازه‌گیری را وارد علم فیزیک کرد. وی برخلاف ارسطو معتقد بود تا زمانی که روابط ریاضی در مشاهده طبیعت وارد نشود، گزاره‌های علمی ارزش کاربردی نخواهند داشت. نقل است در یکشنبه عصری که گالیله در کلیسا مشغول تماشای عبادت و مناسک بود(!)، آویزی که در حال نوسان بود توجهش را جلب می‌کند. وی با مشاهدهٔ رفتارِ آویز متوجه می‌شود که مدت زمان هر نوسانش مستقل از دامنه نوسان است. وی این اندازه‌گیری را به کمک نبضش انجام داده بود! یعنی یکی از اولین وسایل اندازه‌گیری بشر **نبض گالیله** بوده است.



پس ازآن، گالیله مشاهداتش را به کمک آونگ ادامه می‌دهد و متوجه می‌شود که جرم آونگ هم در زمان نوسان بی‌اثر است و با توسعه این تحقیقات به نتیجه‌ای بسیار شگفت می‌رسد:

«مدت زمان سقوط سنگ‌ها مستقل از جرمشان است!»

نتیجه‌ای که با نظریات پیش از آن یعنی تئوری‌های ارسطو در تعارض جدی بود. همین موضوع و بیان نظریات دیگری از این جنس کار با کلیسا را برای گالیله به جاهای باریک کشاند! راستی اندازه‌گیری یعنی چه؟!

### اندازه‌گیری

۵۰۰ ثانیه زمان می‌برد تا نور خورشید به زمین برسد. جرم شما ۷۰ کیلوگرم است. قد سعید معروف ۱۸۹ سانتی‌متر است. فلانی یک متر زبان دارد! آن یکی گاو نُه من شیرده است! همه این مثال‌ها حاصل یک اندازه‌گیری بوده است. راستی اندازه‌گیری دقیقاً یعنی چه؟!

اندازه‌گیری درواقع یک مقایسه است. مقایسه کمیت موردنظر با یک مقدار معلوم از همان کمیت. جرم شما ۷۰ کیلوگرم است، یعنی ۷۰ برابر یک کیلوگرم. خُب! یک کیلوگرم چقدر است؟

یک کیلوگرم مقدار معینی از جرم است، مانند یک مَن! یک خروار! یک مثقال!

قد سعید معروف ۱۸۹ سانتی‌متر است؛ یعنی ۱۸۹ برابر یک سانتی‌متر! خُب! یک سانتی‌متر چقدر است؟! دقیقاً این‌قدر! $1cm$ ⟷ و قد سعید معروف ۱۸۹ برابر طول این خط است!

به مقدار معینی از یک کمیت، **یکای (واحد) کمیت** گفته می‌شود.

بنابراین هر اندازه‌گیری درواقع مقایسه کمیت با یکای آن و بیان کردن نتیجه به‌صورت یک عدد است.

### ابزار و روش اندازه‌گیری

برای هر اندازه‌گیری ابتدا باید یکای مناسبی برای آن کمیت درنظر گرفت. پس از آن باید کمیت موردنظر را با ابزار مناسب و روش مطلوب اندازه‌گیری کرد.

ابزار مناسب یعنی برای اندازه‌گیری طول یک کوچه خط‌کش مناسب نیست! چون کمی طول می‌شد! یا برای اندازه‌گیری وزن شما ترازوی آشپزخانه وسیله خوبی نیست! (نه اینکه خراب می‌شود! ممکن است شما برای آنکه رویش بایستید کمی اذیت شوید!)

ابزارهای اندازه‌گیری خیلی متنوع‌اند. از ابزارهای بسیار سنتی مانند متر و ترازو تا ابزارهای بسیار مدرن مانند فاصله‌سنج لیزری یا *GPS* ! روش اندازه‌گیری هم می‌تواند بسیار متفاوت باشد. شاید خواندن داستان زیرخالی از لطف نباشد.

جالب است بدانی

## اندازه‌گیری ارتفاع آسمان‌خراش

«توضیح دهید که چگونه می‌توان با استفاده از یک فشارسنج، ارتفاع یک آسمان‌خراش را اندازه گرفت؟»

سؤال بالا یکی از سؤالات امتحان فیزیک در دانشگاه کپنهاگ بود.

یکی از دانشجویان چنین پاسخ داد: «به فشارسنج یك نخ بلند می‌بندیم. سپس فشارسنج را از بالای آسمان‌خراش طوری آویزان می‌کنیم که سرش به زمین بخورد. ارتفاع ساختمان موردنظر برابر با طول طناب به اضافهٔ طول فشارسنج خواهد بود.»

پاسخ بالا چنان مسخره به نظر می‌آمد که مصحح بدون تأمل دانشجو را مردود اعلام کرد. ولی دانشجو اصرار داشت که پاسخ او کاملاً درست است و درخواست تجدیدنظر در نمره خود کرد. یکی از اساتید دانشگاه به‌عنوان قاضی تعیین شد و قرار شد که تصمیم نهایی را او بگیرد.

نظر قاضی این بود که پاسخ دانشجو درواقع درست است، ولی نشانگر هیچ‌گونه دانشی نسبت به اصول علم فیزیک نیست. سپس تصمیم گرفته شد که دانشجو احضار شود و در طی فرصتی شش دقیقه‌ای پاسخی شفاهی ارائه دهد که نشانگر حداقل آشنایی او با اصول علم فیزیک باشد.

دانشجو در پنج دقیقهٔ اول ساکت نشسته بود و فکر می‌کرد. قاضی به او یادآوری کرد که زمان تعیین‌شده در حال اتمام است. دانشجو گفت: که چندین روش به ذهنش رسیده است ولی نمی‌تواند تصمیم‌گیری کند که کدام‌یک بهترین می‌باشد. قاضی به او گفت که عجله کند و دانشجو پاسخ داد: روش اول این است که فشارسنج را از بالای آسمان‌خراش رها کنیم و مدت زمانی که طول می‌کشد به زمین برسد را اندازه‌گیری کنیم. ارتفاع ساختمان را می‌توان با استفاده از این مدت زمان و فرمولی که روی کاغذ نوشته‌ام محاسبه کرد. دانشجو بلافاصله افزود: ولی من این روش را پیشنهاد نمی‌کنم، چون ممکن است فشارسنج خراب شود! روش دیگر این است که اگر خورشید می‌تابد، طول فشارسنج را اندازه بگیریم، سپس طول سایهٔ فشارسنج را اندازه بگیریم و آنگاه طول سایهٔ ساختمان را اندازه بگیریم. با استفاده از نتایج و یک نسبت هندسی ساده می‌توان ارتفاع ساختمان را اندازه‌گیری کرد. رابطهٔ این روش را نیز روی کاغذ نوشته‌ام.

ولی اگر بخواهیم با روشی علمی‌تر ارتفاع ساختمان را اندازه بگیریم، می‌توانیم یک ریسمان کوتاه را به انتهای فشارسنج ببندیم و آن را مانند آونگ ابتدا در سطح زمین و سپس در پشت‌بام آسمان‌خراش به نوسان درآوریم. سپس ارتفاع ساختمان را با استفاده از تفاضل نیروی گرانش دو سطح به‌دست آوریم. من رابطه‌های مربوط به این روش را که بسیار طولانی و پیچیده می‌باشد در این کاغذ نوشته‌ام. آها! یک روش دیگر که چندان هم بد نیست: اگر آسمان‌خراش پلهٔ اضطراری داشته باشد، می‌توانیم با استفاده از فشارسنج سطح بیرونی آن را علامت‌گذاری کرده و بالا برویم و سپس با استفاده از تعداد نشان‌ها و طول فشارسنج ارتفاع ساختمان را به‌دست بیاوریم. ولی اگر شما خیلی سرسختانه دوست داشته باشید که از خواص مخصوص فشارسنج برای اندازه‌گیری ارتفاع استفاده کنید، می‌توانید فشار هوا در بالای ساختمان را اندازه‌گیری کنید و سپس فشار هوا در سطح زمین را اندازه‌گیری کنید، سپس با استفاده از تفاضل فشارهای حاصل، ارتفاع ساختمان را به‌دست بیاورید. ولی بدون شک بهترین راه این می‌باشد که درِ خانهٔ سرایدار آسمان‌خراش را بزنیم و به او بگوییم که اگر دوست دارد صاحب این فشارسنج خوشگل بشود، می‌تواند ارتفاع آسمان‌خراش را به ما بگوید تا فشارسنج را به او بدهیم! دانشجویی که داستان او را خواندید، **نیلز بور**، فیزیکدان دانمارکی بود.

نیلز بور
۱۸۸۵ تا ۱۹۶۳ میلادی

در این داستان ابزار اندازه‌گیری فشارسنج بود، اما روش‌های اندازه‌گیری بسیار متفاوت؛ بنابراین لازم است پیش از هر اندازه‌گیری درباره ابزار مناسب و روش مطلوب برای آن اندیشید.

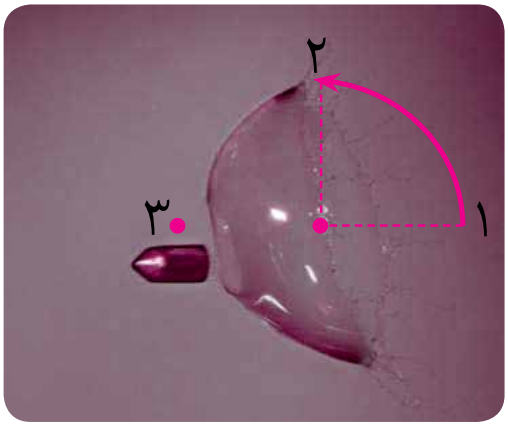
عکس از علی بهمنیار
دانش‌آموز دبیرستان دوره
اول علامه حلی تهران

گاهی حتی یک دوربین فیلم‌برداری می‌تواند یک ابزار اندازه‌گیری باشد و فیلم‌برداری یک روش اندازه‌گیری! دوربین‌هایی که می‌توانند فیلم‌های زیادی را در یک ثانیه ثبت کنند، می‌توانند در اندازه‌گیری اتفاقات بسیار سریع به ما کمک کنند. به مثال زیر دقت کنید:

عکس مقابل توسط یکی از دانش‌آموزان خوب مدرسه علامهٔ حلی، از کنار هم قرار دادن فریم‌های یک فیلم تولید شده است. در این عکس دوربین فیلم‌برداری در هر ثانیه ۱۲۰ فریم از اتفاقات محیط ثبت می‌کرده است و فیلم‌بردار از میان فریم‌ها، فریم‌هایی با فاصله زمانی $\frac{۱}{۳۰}$ ثانیه را جدا کرده است. به کمک عکس و دانستن قطر توپ می‌توان فهمید شتاب سقوط توپ چقدر است. (چگونه؟)

یا مثلاً در عکس زیر مشاهده می‌کنیم که برخورد گلوله به حباب باعث ترکیدن آن شده است. به کمک همین عکس می‌توان سرعت چسبیدن قطرات آب به همدیگر و جمع شدن حباب را محاسبه کرد. این عکس نشان می‌دهد که لحظه‌ای که گلوله از سمت دیگر حباب خارج می‌شود، حباب از نقطه ۱ به نقطه ۲ رسیده است؛ یعنی کمی بیشتر از یک‌چهارم محیط حباب را پیموده است:

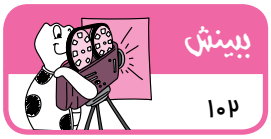
$$\frac{۱}{۴}(۲\pi r) = ۱/۵۷r$$




پس حباب حدود ۱/۷ برابر شعاع حباب را طی کرده است. البته می‌شود خیلی دقیق‌تر هم محاسبه کرد. در این مدت گلوله از نقطه ۱ به نقطه ۳ رسیده است؛ یعنی به اندازه قطر حباب (دو برابر شعاع) حرکت کرده است؛ بنابراین می‌توان گفت سرعت جمع شدن حباب در حدود $\frac{۱/۷}{۲} \simeq ۰/۹$ سرعت حرکت گلوله بوده است. سرعت حرکت گلوله نیز با دانستن مشخصات عکس و اندازه گلوله قابل محاسبه است. البته همهٔ محاسبات تقریبی فعلی، می‌تواند با دقت بسیار بالایی انجام شود.

جالب است بدانی

به کمک فیلمبرداری با دوربین‌های سرعت‌بالا متوجه شده‌ایم که شتابِ حرکتِ سرِ دارکوب در برخورد با تنه درخت در حدود ۱۰۰۰ برابر شتاب جاذبه زمین است. راستی چگونه سرِ دارکوب در این برخورد متلاشی نمی‌شود؟!



## ◄ کمیت‌ها و استانداردسازی

متوجه شدیم که برای اندازه‌گیری کمیت‌ها نیاز به یکا (واحد) داریم. این نیاز چیز جدیدی نیست. از هزاران سال پیش انسان‌ها برای آنکه حساب و کتاب زندگی‌شان را داشته باشند، نیاز به یکا را احساس کردند. لذا هرکس برای خودش واحدی داشت. یکی با طول قدم‌هایش می‌شمرد، یکی سنگ را پرتاب می‌کرد و از میزان پرتاب سنگ طول را اندازه می‌گرفت و زمینش را می‌فروخت! برای یکی هم اندازهٔ دور شکمش واحد اندازه‌گیری طول بود! همینطوری دقیقاً! شکمی!

این‌ها هیچ‌کدام مشکلی ایجاد نمی‌کرد؛ البته تا زمانی‌که لازم شد انسان‌ها با هم تعامل داشته باشند، دادوستد کنند یا حرف همدیگر را بفهمند.

در این موقع آدم‌ها چاره‌ای جز این ندیدند که همگی با یک واحد مشترک اندازه‌گیری‌هایشان را بیان کنند. لذا گرد هم آمدند و یکاهای استاندارد را توافق کردند. یکاهای استاندارد که مورد توافق بسیاری از کشورها قرار گرفت را **سیستم بین‌المللی واحدها** «*SI*» می‌گوییم.

## ویژگی‌های یکای استاندارد

برای آنکه یکایی به‌صورت استاندارد مورد پذیرش قرار گیرد لازم است شرایطی داشته باشد. اولین شرط برای آن **عدم تغییر** در زمان‌ها و مکان‌ها و شرایط گوناگون است. برای مثال دور شکم لُرد پنجم نمی‌توانست واحد استانداردی باشد؛ زیرا دور شکم لُرد پنجم در حالت خوابیده و نشسته و ایستاده متفاوت است. همچنین قبل و بعد از غذا و در حالات دیگر!

از شروط دیگر یکای استاندارد، **قابلیت بازتولید راحت** در مکان‌های مختلف است؛ یعنی اینکه همگان بتوانند به‌راحتی مقداری برابر مقدار یکا را با دقت بالا تولید کنند تا بشود از آن در مکان‌ها و زمان‌های مختلف استفاده کرد.

به نظرت اگر یکای کمیتی در شرایط مختلف تغییر کند، چه مشکلاتی ایجاد می‌شود؟

## کمیت‌ها و انواع آن

متوجه شدیم در فیزیک به آنچه قابل اندازه‌گیری باشد، کمیت گفته می‌شود. طول، زمان، جرم، سرعت، نیرو، شتاب، انرژی و ... همگی کمیت‌های فیزیک هستند.

میان کمیت‌های مختلف تفاوت‌های زیادی وجود دارد و هر کمیت دربردارنده ماهیت و جنس خاصی در فیزیک است. مثلاً تفاوت‌های زیادی میان سرعت، جرم، زمان و ... وجود دارد؛ اما از یک دیدگاه همه کمیت‌ها را می‌توان در دو گروه طبقه‌بندی کرد.

## ◄ چگالی

در کتاب هفتم با مفهوم چگالی آشنا شده‌ایم. چگالی مفهومی است که اغلب به‌جای سنگینی و سبکی اجسام مورد قضاوت قرار می‌گیرد. مثلاً زمانی که از ما می‌پرسند آهن سنگین‌تر است یا چوب، بدون معطلی و بدون پرسیدن اینکه چقدر آهن و چقدر چوب می‌گوییم آهن! درواقع چون یک‌تکه آهن از یک‌تکه چوب هم‌اندازه‌اش سنگین‌تر است ما را به این اشتباه می‌اندازد، درحالی‌که همهٔ قطعات چوبی عالم از همهٔ قطعات آهنی سبک‌تر نیستند.

آن‌طور که آموختیم چگالی درواقع جرم واحد حجم مواد است؛ یعنی چگالی نشان می‌دهد یک واحد حجم از مواد چقدر جرم دارد. طبق این تعریف با یک نسبت و تناسب می‌شود فهمید اگر مقداری از یک ماده به حجم $V$ دارای جرم $m$ باشد، هر واحد حجم آن جرمی برابر:

| جرم | حجم |
|---|---|
| $m$ | $V$ |
| $?$ | $1$ |

$$\Rightarrow ? = \frac{1 \times m}{V} = \frac{m}{V}$$

خواهد داشت.

چگالی را با حرف یونانی ρ (بخوانید رُ) نمایش می‌دهند. چگالی مشخصهٔ جنس مواد است؛ یعنی چگالی یک میخ آهنی با یک آچار آهنی و چگالی یک چوب‌کبریت با یک تنه درخت برابر است. واحد چگالی هر یکایی از جرم تقسیم بر هر یکایی از حجم می‌تواند باشد. مثلاً $\frac{gr}{cm^3}$ یا $\frac{kg}{m^3}$ یا $\frac{slug}{ft^3}$ یا ... . واضح است که یکای استاندارد چگالی (در $SI$) $\frac{kg}{m^3}$ است.

**چگالی برخی مواد متداول**

| ماده | $\rho\ (\frac{kg}{m^3})$ | ماده | $\rho\ (\frac{kg}{m^3})$ |
|---|---|---|---|
| یخ | $0/917 \times 10^3$ | آب | $1/00 \times 10^3$ |
| آلومینیوم | $2/70 \times 10^3$ | گلیسیرین | $1/26 \times 10^3$ |
| آهن | $7/86 \times 10^3$ | اتیل الکل | $0/806 \times 10^3$ |
| مس | $8/92 \times 10^3$ | بنزن | $0/879 \times 10^3$ |
| نقره | $10/5 \times 10^3$ | جیوه | $13/6 \times 10^3$ |
| سرب | $11/3 \times 10^3$ | هوا | $1/29$ |
| طلا | $19/3 \times 10^3$ | اکسیژن | $1/43$ |
| پلاتین | $21/4 \times 10^3$ | هیدروژن | $8/99 \times 10^{-2}$ |
| اورانیوم | $18/7 \times 10^3$ | هلیم | $1/79 \times 10^{-1}$ |

داده‌های این جدول در دمای صفر درجه سلسیوس ($0°C$) و فشار یک اتمسفر ($1\ atm$) اندازه‌گیری و گزارش شده‌اند.

جالب است بدانی

«اروژل» (*Aerogel*) یا «دود جامد» سبک‌ترین (کم‌چگال‌ترین) جامد است. اروژل به‌قدری سبک است که به‌راحتی می‌تواند روي يك شعله باقی بماند. این ماده با این‌که تقریباً شفاف است (چون بیشترِ آن هوا است)، اما گرما را به سختی از خود عبور می‌دهد.

**مثال ۳۰.** چگالی آب $1\frac{gr}{cm^3}$ و چگالی نفت $800\frac{gr}{lit}$ است. چگالی آب و نفت چند واحد $SI$ است؟

**پاسخ:**

$$\begin{cases} 1000gr = 1kg \\ 10^6 cm^3 = 1m^3 \\ 1000lit = 1m^3 \end{cases} \Rightarrow 1\frac{gr}{cm^3} = 1\frac{gr}{cm^3} \times \frac{10^6 cm^3}{1m^3} \times \frac{1kg}{1000g} = \frac{1\times 10^6}{1000}\frac{kg}{m^3} = 1000\frac{kg}{m^3}$$

$$800\frac{gr}{lit} = 800\frac{gr}{lit} \times \frac{1kg}{1000gr} \times \frac{1000lit}{1m^3} = 800\frac{kg}{m^3}$$

**مثال ۳۱.** کاغذهای مورد استفاده در چاپ کتاب‌ها که به کاغذ تحریر معروف‌اند با شاخصهٔ جرم آن‌ها دادوستد می‌شوند؛ مثلاً کاغذ ۷۰ گرمی، ۸۰ گرمی یا ... . این عدد نشان می‌دهد که هر مترمربع از آن کاغذ چند گرم جرم دارد.

الف) اگر ضخامت کاغذ ۰/۱ میلی‌متر باشد، چگالی کاغذ ۸۰ گرمی چقدر است؟

ب) جرم کتاب ۴۰۰ صفحه‌ای در قطع $A_4$ $(30\,cm \times 20\,cm)$ چقدر خواهد بود؟

**پاسخ:** الف) کاغذ ۸۰ گرمی یعنی ۱ مترمربع آن ۸۰ گرم است. برای محاسبه چگالی کاغذ باید دید حجم ۱ مترمربع چقدر است:

$$\left.\begin{array}{l} \text{حجم کاغذ} = 1\,m^2 \times 0/0001m = 0/0001m^3 \\ \text{جرم کاغذ} = 80gr = 0/08kg \end{array}\right\} \Rightarrow \rho = \frac{m}{V} = \frac{0/08}{0/0001}\frac{kg}{m^3} \Rightarrow \rho = 800\frac{kg}{m^3}$$

ب) کتاب ۴۰۰ صفحه‌ای ۲۰۰ ورق دارد.

$$\text{مساحت کل ورقه‌های کتاب} = 200 \times 30 \times 20 cm^2 = 120000 cm^2 = 12m^2$$

$$\text{جرم کل ورقه‌های کتاب} = 80\frac{gr}{m^2} \times 12m^2 = 960gr = 0/96kg$$

البته این جرم ورقه‌های کتاب است. جرم جلد و چسب‌ها نیز باید به آن افزوده شود.

## محاسبه چگالی مواد

برای محاسبه چگالی مواد باید جرم و حجم آن‌ها را داشته باشم. جرم که با ترازو اندازه‌گیری می‌شود؛ اما برای اندازه‌گیری یا محاسبهٔ حجم روش‌های گوناگونی وجود دارد. اگر جسم شکل هندسی معینی داشته باشد (مثلاً مکعب یا کره یا ... باشد) به‌راحتی می‌توان با اندازه‌گیری قطر یا ضلع یا ... به کمک روابط ریاضی حجمش را محاسبه کرد؛ اما اگر شکل معینی نداشته باشد، می‌توانیم از استوانه مدرج کمک بگیریم و جسم را درون آن بیندازیم و میزان آب جابه‌جاشده را به‌عنوان حجم جسم لحاظ کنیم؛ البته برای اجسامی که به زیر آب می‌روند، می‌شود این کار را کرد.

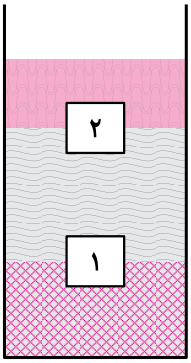
**مثال ۳۲.** استوانهٔ مدرجی حاوی ۲۰۰ میلی‌لیتر آب روی ترازویی قرار دارد و ترازو عدد ۴۰۰ گرم را نشان می‌دهد. جسم همگنی را به درون استوانه می‌اندازیم و جسم به زیر آب می‌رود. در این حالت استوانه عدد ۲۲۰ میلی‌لیتر و ترازو عدد ۴۵۴ گرم را نشان می‌دهد. جنس جسم چه می‌تواند باشد؟

**پاسخ:** اضافه جرمی که ترازو نشان می‌دهد مربوط به جسم است؛ یعنی جرم جسم ۵۴ گرم بوده است. حجم آن هم باتوجه به میزان افزایش حجم آب استوانه مدرج ۲۰ میلی‌لیتر است. پس چگالی جسم برابر است با:

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{54}{20} = 2/7\frac{gr}{cm^3}$$

$2/7\frac{gr}{cm^3}$ برابر چگالی آلومینیوم است و ممکن است جنس جسم آلومینیوم بوده باشد.

**مثال ۳۳.** در شکل سه مایع مخلوط‌نشدنی با چگالی‌های $۸۰۰\frac{kg}{m^۳}$، $۷۰۰\frac{kg}{m^۳}$ و $۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$ را می‌بینید که بر روی‌هم ریخته شده‌اند. کدام گزینه به ترتیب چگالی جسم‌های ۱ و ۲ را نشان می‌دهد؟




۱) $۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$ و $۸۰۰\frac{kg}{m^۳}$

۲) $۸۰۰\frac{kg}{m^۳}$ و $۷۰۰\frac{kg}{m^۳}$

۳) $۹۰۰\frac{kg}{m^۳}$ و $۷۷۰\frac{kg}{m^۳}$

۴) $۷۵۰\frac{kg}{m^۳}$ و $۸۵۰\frac{kg}{m^۳}$

**پاسخ:** گزینه ۳

مایع‌ها به ترتیب چگالی‌شان روی‌هم قرار می‌گیرند. جسم ۱ بین دو مایع با چگالی $۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$ و $۸۰۰\frac{kg}{m^۳}$ قرار گرفته است؛ یعنی نه چگالی‌اش از $۸۰۰\frac{kg}{m^۳}$ کمتر بوده است که به بالای مایع وسطی برود و نه از $۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}$ بیشتر بوده است که در مایع پایینی غرق شود؛ یعنی بین این دو عدد بوده است.

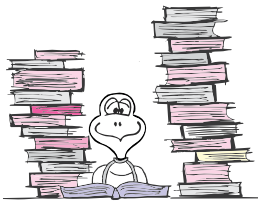
درباره جسم ۲ نیز باید گفت چگالی‌اش بین دو مقدار $۸۰۰\frac{kg}{m^۳}$ و $۷۰۰\frac{kg}{m^۳}$ بوده است. تنها گزینه ممکن، گزینه ۳ است.

از چند نوع میوه و سبزی یک عدد بردار. مثلاً یک هویج، یک سیب، یک خیار و ... . آن‌ها را در یک تشت آب بریز. کدام‌یک شناور می‌شوند و کدام‌یک غرق می‌شوند؟

باتوجه به اینکه بخش عمده همه سبزی‌ها و میوه‌ها آب است چه نتیجه‌ای درباره میوه‌ها و سبزی‌های مختلفی که آزمایش کردید می‌توان گرفت؟

درباره شناوری در فصل سوم مطالب بیشتری خواهید آموخت.

## لغت‌نامه



| ترجمه | واژه علمی |
|---|---|
| اندازه‌گیری | *measurmenat* |
| ارقام بامعنا | *Significant figures* |
| پیشوندها | *Unit perfixes* |
| تبدیل واحد | *Convert units* |
| تخمین مرتبه بزرگی | *Order of magnitude estimation* |
| چگالی | *density* |
| خطای تصادفی | *Random error* |
| خطای تکرارشونده | *Systematic error* |
| دقت | *Accuracy* |
| رقم حدسی | *Uncertain figure* |

| ترجمه | واژه علمی |
|---|---|
| ریزسنج | *Micrometer* |
| سیستم انگلیسی | *British system* |
| سیستم بین‌المللی (*SI*) | *System international* |
| کمیت اصلی | *Base unit* |
| کمیت برداری | *Vector unit* |
| کمیت عددی (اسکالر) | *Scalar unit* |
| کمیت فرعی | *Derived unit* |
| کولیس | *Caliper* |
| نماد علمی | *Scientific notation* |
| یکا | *unit* |

## جمع بندی کن

الف) جاهای خالی را با کلمات مناسب پر کن:

۱) ..... و ..... از نقاط قوت علوم تجربی و از آن جمله علم فیزیک است که موجب کنار رفتن فرضیات نادرست و جایگزین شدن آن‌ها با نظریات کامل‌تر می‌شود.

۲) گزاره‌های علمی صحیح که گسترهٔ وسیعی از پدیده‌های طبیعی را در بر می‌گیرند ..... و آن‌ها که گسترهٔ محدودتری را شامل می‌شوند ..... خوانده می‌شوند.

۳) به مقدار معینی از یک کمیت ..... گفته می‌شود.

۴) کمیت‌های ..... کمیت‌هایی هستند که وابسته به دیگر کمیت‌ها نبوده و به‌صورت مستقل تعریف می‌شوند و ..... و ..... و ....، نمونه‌هایی از آن در سیستم *SI* است.

۵) کمیت‌های ..... کمیت‌هایی هستند که به کمک کمیت‌های ..... تعریف می‌شوند و ..... و ..... نمونه‌هایی از آن در سیستم *SI* است.

۶) در وسایل اندازه‌گیری درجه‌بندی شده، آخرین رقم کمیت گزارش شده ..... دقت دستگاه است و این رقم ..... نامیده می‌شود. در این وسایل مقدار خطا ..... دقت وسیله است.

۷) در وسایل اندازه‌گیری رقمی (دیجیتال)، آخرین رقم کمیت گزارش شده ..... دقت دستگاه است. این رقم ..... نامیده می‌شود. در این وسایل مقدار خطا ..... دقت وسیله است.

۸) یکی از انواع تخمین ..... نامیده می‌شود که در آن مقدار کمیت به‌صورت توانی از ده بیان می‌شود.

۹) واحد چگالی در *SI* ..... است که معادل ..... است. $\frac{gr}{cm^3}$

۱۰) عامل شناور شدن اجسام روی مایعات و گازها ..... آن‌هاست.

ب) به پرسش‌های زیر پاسخ بده.

۱) مدل‌سازی را تعریف کن.

۲) کمیت را تعریف کن.

۳) دو ویژگی اصلی یکای استاندارد را بیان کن.

۴) اسکالر یا برداری بودن هریک از کمیت‌های زیر را معلوم کن.

(سرعت ـ انرژی ـ جابجایی ـ تندی ـ توان ـ وزن)

۵- چند عامل مؤثر در ایجاد خطا در آزمایش‌ها را بیان کن.

۶- میانگین‌گیری چه اثری برروی مقدار خطا دارد؟ آیا برای همه‌ی انواع خطا مؤثر است؟

۷- چرا گاهی به‌جای اندازه‌گیری، سراغ تخمین زدن کمیت‌ها می‌رویم؟

۸- کسرهای معادل واحد مناسب برای تبدیلات زیر را در کنارش بنویسید.

۱) $۵۰m^۲ = \ldots\ldots\ldots cm^۲ = \ldots\ldots\ldots km^۲$

۲) $۱۲۰\frac{kg.m}{s} = \ldots\ldots\ldots \frac{g.cm}{\min}$

۳) $۲۵\frac{ns.km}{\mu N} = \ldots\ldots\ldots \frac{ms.m}{N}$

۹- جاهای خالی عبارت‌های زیر را با نماد علمی پر کن.

۱) $۱۵۴\ \mu m = \cdots\cdots nm = \cdots\cdots km$

۲) $۱۳۲/۸۵۴۱\ s = \cdots\cdots ms = \cdots\cdots ks$

۳) $۰/۰۰۴۲۰\ kg = \cdots\cdots gr = \cdots\cdots Mg$

۱۰- جدول زیر را کامل کن.

| شکل صحیح گزارش عدد | رقم حدسی | تعداد ارقام بامعنا | دقت وسیله | مقدار اندازه‌گیری شده کمیت | نوع وسیله |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | ۰/۰۰۱ | ۳۲/۸۶۰ | رقمی (دیجیتال) |
| | | | ۰/۰۲ | ۱۶۵/۷۶ | درجه‌بندی شده |
| | | | ۰/۰۰۰۰۱ | ۰/۰۰۰۱۶ | درجه‌بندی شده |
| | | | ۱ | ۷۶۶ | رقمی (دیجیتال) |
| | | | ۱۰۰ | ۱۶۶۰۰ | رقمی (دیجیتال) |
| | | | ۱۰۰ | ۱۶۶۰۰ | درجه‌بندی شده |

# شهر فرنگ

سایت ***phet*** نیز سایت بسیار معروفی است و در آن شبیه‌سازی‌های متنوعی وجود دارد. شما می‌توانید در بخش نشان داده‌شده فعالیت‌هایی از تخمین را انجام دهید و ببینید چقدر در تخمین زدن ماهرید!

در سایت زیر هم می‌توانید در کوییزهایی از مبحث اندازه‌گیری و دقت شرکت کنید.

در این سایت شما می‌توانید مطالب مفیدی درباره اندازه‌گیری بخوانید. ضمناً معماها و بازی‌های فکری جذاب دیگری نیز در این سایت وجود دارد.

# پیشنهاد بازدید

موزه ساعت یا تماشاگه زمان از مکان‌های زیبا و دیدنی در خیابان ولیعصر در شهر تهران است. در این موزه ابزارهای زمان‌سنجی به نمایش گذاشته شده‌اند. درواقع تماشاگه زمان مکانی است که بخشی از تلاش‌های چندین هزارساله بشری در زمینهٔ ساخت انواع ابزارهای سنجش زمان را در معرض دید علاقه‌مندان قرار داده است. این موزه با فراهم آوردن زمینه‌ای مناسب به موضوعاتی چون مفهوم زمان، دیدگاه اقوام و ملل مختلف و نگرش آن‌ها نسبت به زمان و چگونگی تکامل صنعت ساعت و ساعت‌سازی پرداخته است.

بازدید از این موزه زیبا را به شما توصیه می‌کنیم. حتی اگر نتوانستید به‌صورت حضوری از موزه بازدید کنید، می‌توانید با مراجعه به سایت زیر بازدیدی را به‌صورت مجازی انجام دهید؛ اما بدون شک بازدید حضوری لطف دیگری دارد.

//http://www.makanbin.com/tehran/place/ موزه-ساعت-تماشاگه-زمان

هدف از این آزمایش کار کردن با ابزارهای اندازه‌گیری و اندازه‌گیری برخی کمیت‌ها است. برای انجام این آزمایش لازم است به توضیحات دبیرت خوب گوش کنی تا روش کار کردن با انواع ترازو، کرنومتر، کولیس و ریزسنج را یاد بگیری. برای آموزش برخی از آن‌ها ما هم برایت فیلم‌هایی قرار داده‌ایم. پس از آن با کمک دوستانت در گروه کمیت‌های موردنظر را به کمک وسایل خواسته‌شده اندازه‌گیری کن و جدول‌های مربوطه را پر کن. خوب حواست باشد که تا حد ممکن اندازه‌گیری‌ها را دقیق انجام دهی و با توجه به‌دقت وسیله اندازه‌گیری، اعداد را در جدولها وارد کنی. هر جا لازم شد کمیت موردنظر را چند بار اندازه بگیر تا دقت اندازه‌گیری بالا برود. در نهایت برای جلسه آینده کلاس، محاسبات خواسته‌شده را انجام بده و گزارش آزمایش را تکمیل کن و به دبیرت تحویل بده. توجه کن اندازه‌گیری‌ها را به‌صورت گروهی باید انجام دهید، اما گزارش آزمایش را باید هر کس به‌صورت انفرادی بنویسد.

وسایل مورد نیاز: کاغذ $A_4$ ، کولیس، ریزسنج، لوح فشرده، تیله شیشه‌ای، موی سر، استوانه مدرج، ترازو، کرنومتر

## شرح آزمایش:

کار با وسایل اندازه‌گیری طول و حجم

قسمت اول: به کمک یک خط‌کش طول و عرض کاغذ $A_4$ را اندازه بگیرید و جدول نتایج ۱ را پر کنید.

قسمت دوم: به کمک یک کولیس ضخامت یک کاغذ $A_4$ را اندازه بگیرید و جدول نتایج ۱ را پر کنید.

قسمت سوم: به کمک یک کولیس قطر داخلی (قطر سوراخ وسط) و قطر خارجی و ضخامت یک لوح فشرده را اندازه بگیرید و جدول نتایج ۱ را پر کنید.

قسمت چهارم: به کمک یک کولیس قطر تیله شیشه‌ای را اندازه بگیرید و جدول نتایج ۱ را پر کنید.

قسمت پنجم: به کمک یک ریزسنج ضخامت یک کاغذ $A_4$ را اندازه بگیرید و جدول نتایج ۱ را پر کنید.

قسمت ششم: به کمک یک ریزسنج قطر موی سر خود را اندازه بگیرید و جدول نتایج ۱ را پر کنید.

قسمت هفتم: به کمک استوانه مدرج حجم تیله را اندازه بگیرید و جدول نتایج ۱ را پر کنید.

کار با وسایل اندازه‌گیری جرم

قسمت اول: به کمک ترازو جرم کاغذ، لوح فشرده، تیله شیشه‌ای و یک استوانه مدرج خالی را اندازه بگیرید و جدول نتایج ۲ را پر کنید.

قسمت دوم: در استوانه مدرج تا ارتفاع معینی آب بریزید و حجم آن را بخوانید، سپس جرم استوانه مدرج با آب را نیز اندازه بگیرید و جدول نتایج ۲ را پر کنید.

## کار با وسایل اندازه‌گیری زمان

قسمت اول: بدون آنکه دیوار را خراب کنید (!) بر روی دیوار آزمایشگاه علامت‌های کوچک به فاصله نیم متر از هم بزنید. طوری که اولین علامت نیم‌متر، دومین علامت یک متر و ... از زمین فاصله داشته باشد. حالا جسم کوچکی مانند یک تیله را از فاصله نیم‌متری (کنار علامت اول) رها کنید و به‌محض رها کردن آن، کرنومتر را فعال کنید و در لحظه برخورد جسم با زمین آن را متوقف کنید. آزمایش را چندین بار تکرار کنید و جدول نتایج ۳ را پرکنید.

قسمت دوم: این آزمایش را برای ۴ ارتفاع دیگر (تا ۲/۵ متری از زمین) تکرار کنید و جدول نتایج ۳ را پرکنید.

## جدول نتایج ۱:

| کمیت | طول کاغذ | عرض کاغذ | ضخامت کاغذ | قطر داخلی لوح فشرده | قطر خارجی لوح فشرده | ضخامت لوح فشرده | قطر تیله | ضخامت کاغذ | قطر مو | حجم تیله |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| وسیله اندازه‌گیری | خط‌کش | خط‌کش | کولیس | کولیس | کولیس | کولیس | کولیس | ریزسنج | ریزسنج | استوانه‌مدرج |
| دقت وسیله اندازه‌گیری | | | | | | | | | | |
| اندازه‌گیری ۱ | | | | | | | | | | |
| اندازه‌گیری ۲ | | | | | | | | | | |
| اندازه‌گیری ۳ | | | | | | | | | | |
| میانگین | | | | | | | | | | |
| نتیجه نهایی با توجه به‌دقت وسیله اندازه‌گیری | | | | | | | | | | |

## جدول نتایج ۲:

| کمیت | جرم کاغذ | جرم لوح فشرده | جرم تیله شیشه‌ای | جرم استوانه مدرج خالی | جرم استوانه مدرج پر | حجم آب ریخته شده در استوانه |
|---|---|---|---|---|---|---|
| وسیله اندازه‌گیری | | | | | | |
| دقت وسیله اندازه‌گیری | | | | | | |
| اندازه‌گیری ۱ | | | | | | |
| اندازه‌گیری ۲ | | | | | | |
| اندازه‌گیری ۳ | | | | | | |
| میانگین | | | | | | |
| نتیجه نهایی با توجه به‌دقت وسیله اندازه‌گیری | | | | | | |

## جدول نتایج ۳:

| کمیت | زمان سقوط از نیم‌متری | زمان سقوط از یک متری | زمان سقوط از یک و نیم‌متری | زمان سقوط از دو متری | زمان سقوط از دو و نیم‌متری |
|---|---|---|---|---|---|
| وسیله اندازه‌گیری | کرنومتر | کرنومتر | کرنومتر | کرنومتر | کرنومتر |
| دقت وسیله اندازه‌گیری | | | | | |
| اندازه‌گیری ۱ | | | | | |
| اندازه‌گیری ۲ | | | | | |
| اندازه‌گیری ۳ | | | | | |
| میانگین | | | | | |
| نتیجه نهایی با توجه به‌دقت وسیله اندازه‌گیری | | | | | |

**سؤالات و محاسبات مربوط به آزمایش:**

۱. با آنچه در کلاس آموختی نحوه کار کردن با کولیس را توضیح بده.

۲. با آنچه در کلاس آموختی نحوه کار کردن با ریزسنج را توضیح بده.

۳. چند عامل که ممکن است در اندازه‌گیری قطر تیله، جرم استوانه مدرج و مدت‌زمان سقوط جسم، خطای شما را زیاد و دقت اندازه‌گیری را کم کرده باشد نام ببر.

۴. با اطلاعات به‌دست‌آمده از آزمایش، حجم کاغذ و سپس چگالی آن را محاسبه کن.

۵. با اطلاعات به‌دست‌آمده از آزمایش، حجم لوح فشرده و سپس چگالی آن را محاسبه کن.

- به کمک رابطه حجم کره، حجم تیله را با قطری که از آن اندازه گرفتی محاسبه کن و آن را با حجم به‌دست آمده توسط استوانه مدرج مقایسه کن. اگر تفاوتی دارند فکر می‌کنی علت چیست؟

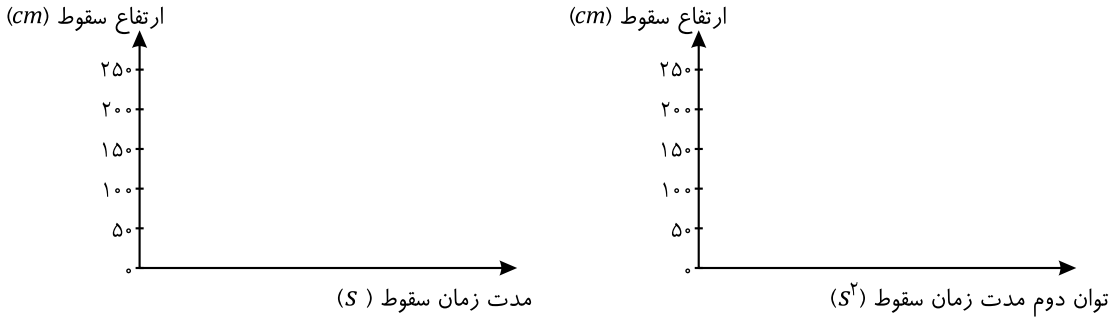
چگالی تیله را حساب کن.

با اطلاعات به‌دست آمده چگالی آب را حساب کن.

۶. برای اندازه‌گیری چگالی موی سر چه راهی به ذهنت می‌رسد؟ (راهی پیشنهاد بده که خودت بتوانی انجام دهی!!)

۷. به نظرت چند بار آزمایش کردن و میانگین گرفتن چه کمکی به افزایش دقت می‌کند؟ چرا؟

۸. به کمک نتایجِ آزمایشِ سقوطِ جسم، نمودارهای زیر را رسم کن. اگر مایل بودی این نمودارها را به کمک نرم‌افزار اکسل رسم کن.




۹. آیا می‌توانی به کمک نمودارهای بالا، رابطه‌ای میان مدت زمان سقوط و ارتفاع سقوط جسم پیدا کنی؟

۱۰. باتوجه به آموخته‌های این فصل، می‌دانی که مدت‌زمان سقوط جسم به شتاب جاذبه زمین هم بستگی دارد. به نظرت در رابطه بالا شتاب جاذبه چگونه خود را نشان می‌دهد؟

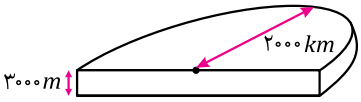
# تمرین‌ها

## اندازه‌گیری، کمیت‌ها، استانداردسازی

۱. کمیت‌های اصلی دستگاه $SI$ را نام ببرید و بگویید هرکدام از آن‌ها برداری هستند یا اسکالر؟

۲. ۳ کمیت برداری و ۳ کمیت اسکالر غیر از کمیت‌های اصلی دستگاه $SI$ نام ببرید.

۳. قاره قطب جنوب تقریباً ناحیه‌ای نیم‌دایره‌ای به شعاع $۲۰۰۰km$ است. ضخامت میانگین یخ روی آن $۳۰۰۰m$ است. قطب جنوب چند سانتی‌مترمکعب یخ دارد؟ (از انحنای زمین صرف‌نظر کنید.)




۴. با توجه به سؤال بالا اگر همهٔ یخ قطب جنوب تبدیل به آب شود، سطح آب دریاهای آزاد حدوداً چقدر بالاتر می‌آید؟ (چگالی یخ را $۰/۹ \frac{gr}{cm^۳}$ فرض کنید و فرض کنید ۷۰٪ مساحت زمین را آب فراگرفته است. شعاع زمین را هم ۶۴۰۰ کیلومتر فرض کنید)

۵. یک کورد عبارت است از حجم مکعبی به طول ۸ فوت، عرض ۴ فوت و ارتفاع ۴ فوت. برای پر کردن استخری به حجم ۲۰۰۰ کورد، چند مترمکعب آب نیاز است؟

۶. در مدلسازی میزان تبخیر از سطح مایع درون یک ظرف در یک اتاق، کدام‌یک از عوامل زیر را می‌توان حذف کرد؟ (دمای مایع ـ ارتفاع ظرف از کف اتاق ـ مساحت ظرف ـ وجود جریان هوا در سطح مایع)

۷. هریک از کمیت‌های زیر را بهتر است با چه ابزاری اندازه بگیریم؟

الف) فاصله دو شهر　　ب) قطر یک سیم　　ج) ضخامت یک برگ　　د) بلندی موی سر

هـ) طول یک کوچه　　و) ضخامت کتاب　　ز) بلندی قد　　ح) ضخامت موی سر

۸. اندازه یک وجب، کف کفش خود، قدتان و فاصله نوک انگشتان وسط خود از همدیگر زمانی‌که دستان خود را کاملاً باز به‌صورت افقی نگه‌داشته‌اید را به کمک متر اندازه بگیرید و اندازه‌های آن‌ها را به‌درستی گزارش نمایید. آیا ارتباطی میان قد و فاصله نوک انگشتان وسط شما وجود دارد؟ آیا این ارتباط برای دوستان دیگرتان هم هست؟ (اعداد آن‌ها را مقایسه کنید.)

۹. با توجه به روابطی که در دوره متوسط اول خواندید، رابطه میان یکاهای کمیت‌های سرعت، انرژی، توان (ژول بر ثانیه یا وات)، نیرو (نیوتون)، شتاب و فشار (پاسکال) را با یکای کمیت‌های اصلی پیدا کنید.

۱۰. هوک نشان داد رابطه بین نیرویی که به دو سر فنر وارد می‌شود و تغییر طول آن یک رابطه خطی است. این رابطه را به شکل $F = k\Delta L$ نمایش داد که در این رابطه $\Delta L$ تغییر طول فنر از حالت عادی و $F$ نیروی وارد بر دو سر فنر است. در این رابطه $k$ ضریبی است به نام ضریب سختی فنر و هر قدر برای فنری بیشتر باشد، برای تغییر طول فنر لازم است نیرویی بزرگتری به آن وارد کنیم؛ همان‌طور که اسم این ضریب هم نشان می‌دهد.

الف) یکای ضریب سختی فنر را برحسب یکاهای استاندارد بنویسید.

ب) نشان دهید یکای $k\Delta L^۲$ با یکای انرژی یکی است. (بعدها خواهید فهمید انرژی پتانسیل کشسانی ذخیره شده در فنر برابر $\frac{۱}{۲}k\Delta L^۲$ است!)

## پیشوندها، نماد علمی، تبدیل واحد، سازگاری واحدها

**۱۱.** اگر هر وجب را ۲۰ سانتی‌متر در نظر بگیریم، طول یک هواپیمای بوئینگ ۷۴۷ که ۶۶/۷ متر است چند وجب است؟

**۱۲.** دقت یک ترازو ۰/۰۱ کیلوگرم است. دقت این ترازو برحسب گرم، میلی‌گرم و مگاگرم چه‌قدر است؟

**۱۳.** زمین تقریباً کره‌ای به شعاع $۶۳۷۰km$ است. محیط و مساحت و حجم زمین را به‌صورت نمادعلمی با ۳ رقم بامعنا محاسبه نمایید.

**۱۴.** میکرومتر $(۱\,\mu m)$ اغلب میکرون نامیده می‌شود.

الف) هر نانومتر چند میکرون است؟

ب) هر سانتی‌متر چند میکرون است؟

**۱۵.** دو مزیت برای نوشتن اعداد به‌صورت نماد علمی بیان کنید.

**۱۶.** جاهای خالی در قسمت‌های زیر را با نماد علمی پر کنید.

الف) $۳۲/۶۵\,\mu m = \cdots\cdots\cdots nm$

ب) $۸۶۲۰/s = \cdots\cdots\cdots ms$

ج) $۰/۰۵۳۰\,kg = \cdots\cdots\cdots cg$

د) $۳۱۷۲\,TN = \cdots\cdots\cdots GN$

**۱۷.** اعداد زیر را به‌صورت نماد علمی و برحسب واحد $SI$ بنویسید.

طول موج گاما $۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۱m$

قطر خورشید $۱۴۰۰,۰۰۰,۰۰۰cm$

جرم زمین $۵۹۸۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰gr$

ابعاد گلبول قرمز $۷\mu m$

زمان گردش زمین دور خورشید ۳۶۵ روز و ۶ ساعت و ۲۴ دقیقه

**۱۸.** هریک از واحدهای زیر را به کمک قاعده زنجیره‌ای، به واحد خواسته شده تبدیل کنید.

الف) $۱\,\frac{m.ns}{kg} = ?\,\frac{\mu m.s}{g}$

ب) $۱\,\frac{s^۲.MN}{A} = ?\,\frac{\min^۲.mN}{\mu A}$

ج) $۱\,\frac{ft^۲.Tg}{s} = ?\,\frac{m^۲.g}{h}$

**۱۹.** هر هکتومترمربع مساحت مربعی به ضلع یک هکتومتر است و معادل یک هکتار است. یک هکتومترمربع چند مترمربع است؟

**۲۰.** مساحت اتاقی مستطیل شکل را با کمک وجب حساب کرده‌ایم. حاصل ۱۵۰۰ وجب مربع شده است. اگر هر وجب را ۲۰ سانتی‌متر فرض کنیم، مساحت اتاق برحسب $cm^۲$ و $m^۲$ چه‌قدر می‌شود؟

**۲۱.** واحد سنجش اندازه ال‌سی‌دی‌ها $(LCD)$، اینچ است. تلوزیون ۴۲ اینچ تلویزیونی است که قطر صفحهٔ آن ۴۲ اینچ باشد.

الف) اگر هر اینچ حدود ۲/۵۴ سانتیمتر باشد، قطر تلوزیون ۴۲ اینچ چند سانتی‌متر است؟

ب) اگر نسبت ابعاد طول و عرض این تلوزیون ۱۲۹۰ به ۱۰۸۰ باشد، طول و عرض آن چند سانتی‌متر است؟

**۲۲.** بالاترین میزان صادرات نفت ایران ۷ میلیون بشکه در روز بوده است. میزان استخراج نفت در ایران را برحسب لیتربردقیقه

۷۱. برای ساختن مدال طلای المپیک، به قطر تقریبی $8cm$ و ضخامت ۰/۵ سانتی‌متر به چند گرم طلا نیاز است؟ (در عمل تنها حدود ۱٪ جرم مدال طلا، از طلا است و بقیه آن نقره است!)

۷۲. جرم آب درون استخری با طول ۳۰ متر، عرض ۱۵ متر و عمق متوسط ۱/۵ متر چقدر است؟ (چگالی آب $1000\frac{kg}{m^3}$ است.)

۷۳. تکه یخی به جرم ۱/۸ کیلوگرم و چگالی $0/9\frac{gr}{cm^3}$ به‌طور کلی ذوب می‌شود و به آب با چگالی $1\frac{gr}{cm^3}$ تبدیل می‌شود. در این اتفاق، حجم آن چقدر کاهش می‌یابد؟

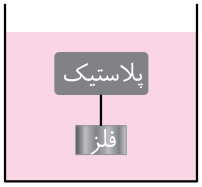
۷۴. اگر در یک لیوان که از مایعی با چگالی $3\frac{gr}{cm^3}$ لبریز است، قطعه‌ای فلز با وزن ۸۰ گرم و چگالی $8\frac{gr}{cm^3}$ را به آرامی فرو ببریم، چند گرم مایع بیرون می‌ریزد؟

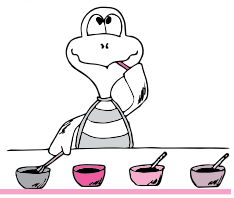
۷۵. قدیم‌ها برای عدم نفوذ آب از پشت بام به درون خانه، سقف‌ها را قیرگونی می‌کردند. بدین ترتیب که قیر را مذاب می‌کردند و لایه‌ای از آن را کف بام می‌ریختند و سپس گونی را روی آن پهن می‌کردند. برای قیرگونی کردن ساختمانی با مساحت $200m^2$ با لایه‌ای قیر به ضخامت ۳ میلی‌متر ریخته شده است. اگر چگالی قیر $1100\frac{kg}{m^3}$ باشد، جرم قیر استفاده شده، چقدر است؟

۷۶. مکعبی چوبی به ضلع $20\ cm$ و چگالی $0/8\frac{gr}{cm^3}$ در اختیار داریم. به کمک چک‌کش میخ‌های فولادی به جرم ۱۰ گرم را درون مکعب می‌کوبیم. حداقل چند میخ باید در مکعب بکوبیم تا چگالی مکعب و میخ‌ها از چگالی آب $(1\frac{gr}{cm^3})$ بیشتر شود؟ (توجه کنید که کوبیدن میخ‌ها درون چوب، حجم چوب را عوض نمی‌کند!)

۷۷. تکه چوبی به حجم ۴۰۰ سانتی‌متر مکعب روی آب شناور است. اگر به چوب نیرویی به اندازه ۲ نیوتون وارد کنیم، چوب کاملاً به زیر آب می‌رود. چگالی چوب چقدر است؟

۷۸. مطابق شکل تکه‌ای فلز با نخ به یک تکه پلاستیک بسته شده است و مجموعه در آب معلق‌اند. حجم پلاستیک ۲۰ برابر تکه فلز و جرم آن ۲ برابر تکه فلز است. چگالی فلز و پلاستیک چقدر است؟





# پرسش‌های چهارگزینه‌ای

## اندازه‌گیری، کمیت‌ها، استانداردسازی

**۱. در کدام گزینه تمام کمیت‌ها در $SI$ اصلی هستند؟** (آزاد ریاضی ـ ۸۱)

۱) جرم، طول، دما ۲) نیرو، زمان، دما ۳) نیرو، طول، زمان ۴) جرم، زمان، کار

**۲. کمیت‌های: ۱ ـ کار، ۲ ـ جرم حجمی، ۳ ـ توان، به ترتیب چه نوع کمیتی هستند؟** (آزاد تجربی ـ ۷۰)

۱) نرده‌ای، برداری، برداری ۲) برداری، برداری، نرده‌ای
۳) برداری، نرده‌ای، برداری ۴) نرده‌ای، نرده‌ای، نرده‌ای

**۳. کدام کمیت برداری است؟** (آزاد تجربی ـ ۸۵)

۱) انرژی ۲) جرم ۳) جابه‌جایی ۴) دما

**۴. کدام‌یک از کمیت‌های زیر نرده‌ای می‌باشد؟** (آزاد تجربی ـ ۸۹)

۱) جابه‌جایی ۲) کار ۳) نیرو ۴) شتاب

**۵. از کمیت‌های ۱ ـ جابه‌جایی، ۲ ـ انرژی، ۳ ـ نیرو، ۴ ـ جرم و ۵ ـ شتاب کدام نرده‌ای می‌باشند؟** (آزاد تجربی ـ ۹۰)

۱) (۱) و (۳) ۲) (۳) و (۵) ۳) (۱) و (۵) ۴) (۲) و (۴)

**۶. کمیت‌های تکانه، انرژی، جابه‌جایی به ترتیب چه نوع‌اند؟** (آزاد ریاضی ـ ۹۰)

۱) نرده‌ای، برداری، نرده‌ای ۲) برداری، نرده‌ای، برداری
۳) برداری، نرده‌ای، نرده‌ای ۴) نرده‌ای، برداری، برداری

**۷. جرم و زمان از ..... و کیلوگرم و ثانیه از ..... می‌باشند.** (کنکورهای خارج از کشور ـ سراسری ریاضی ـ ۸۶)

۱) یکاهای فرعی ـ یکاهای اصلی ۲) یکاهای اصلی ـ کمیت‌های فرعی
۳) کمیت‌های اصلی ـ یکاهای اصلی ۴) کمیت‌ءای اصلی ـ کمیت‌های فرعی

**۸. از کمیت‌های زیر کدام یک از نظر اسکالر و برداری بودن با بقیه متفاوت است؟**

۱) جرم ۲) دما ۳) انرژی ۴) شتاب

**۹. کدام گروه از کمیت‌های زیر همگی برداری هستند؟**

۱) توان، سرعت، کار ۲) سرعت، نیرو، شتاب
۳) شتاب، انرژی، نیرو ۴) جابجایی، کار، توان

**۱۰. ..... از کمیت‌های اصلی و ..... از کمیت‌های فرعی (در دستگاه $SI$) می‌باشند.** (سراسری ریاضی ـ ۸۶)

۱) حجم و جرم ـ زمان انرژی ۲) جرم و زمان ـ طول و نیرو
۳) طول و جرم ـ مسافت و نیرو ۴) نیرو و دما ـ سرعت و شدت جریان

**۱۱. کدام گزینه درباره یکای کمیت‌ها درست است؟**

۱) یکای همه‌ی کمیت‌ها را به‌صورت مستقل از بقیه تعریف می‌کنیم.

۲) یکای کمیت‌های اصلی برحسب یکای کمیت‌های فرعی تعیین می‌شود.

۳) انتخاب جرم، طول و زمان به‌عنوان کمیت‌های اصلی ضروری است و انتخابی غیر این اشکال ایجاد می‌کند.

۴) یکاهای اصلی، یکاهای کمیت‌هایی است که در نشست‌های بین‌المللی اصلی بودنشان مورد توافق قرار گرفته است.

## پیشوندها، نماد علمی، تبدیل واحد، سازگاری واحدها

**۱۲. فاصله زمین تا خورشید ۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰ کیلومتر است. اگر بدانیم در اندازه‌گیری فقط ارقام ۱ و ۵ معنا دارند، این عدد به‌صورت نماد علمی چگونه نوشته می‌شود؟**

۱) $۱/۵۰\times۱۰^{۸}\ km$ ۲) $۱/۵\times۱۰^{۸}\ km$ ۳) $۱۵\times۱۰^{۷}\ km$ ۴) $۱/۵۰۰۰۰۰۰۰\times۱۰^{۸}\ km$

**۱۳. مقدار $۰/۰۱۶۴\ \mu m$ برحسب $nm$ و به‌صورت نماد علمی کدام است؟**

۱) $۱/۶۴\times۱۰^{۴}\ nm$ ۲) $۱۶/۴\ nm$ ۳) $۱/۶۴\times۱۰\ nm$ ۴) $۱/۶۴\times۱۰^{-۱}\ nm$

**۱۴. مقدار $۲۲/۶۴۰\ \mu N$ برحسب $KN$ و به‌صورت نماد علمی کدام است؟**

۱) $۲۲/۶۴۰\times۱۰^{-۹}\ KN$ ۲) $۲/۲۶۴۰\times۱۰^{-۸}\ KN$ ۳) $۲/۲۶۴۰\times۱۰^{-۱۰}\ KN$ ۴) $۲/۲۶۴\times۱۰^{-۸}\ KN$

**۱۵. مقدار $۰/۴۵\times۱۰^{-۵}\ m^{۲}$ برحسب $cm$ و به‌صورت نماد علمی کدام است؟**

۱) $۰/۴۵\times۱۰^{-۱}cm^{۲}$ ۲) $۴/۵\times۱۰^{-۲}\ cm^{۲}$ ۳) $۰/۴۵\times۱۰^{-۹}\ cm^{۲}$ ۴) $۴/۵\times۱۰^{-۱۰}\ cm^{۲}$

**۱۶. صفر تا صد ماشینی ۱۰ ثانیه است. شتاب این ماشین برحسب $\frac{km}{h^{۲}}$ چقدر است؟**

۱) $۳۶۰۰۰\frac{km}{h^{۲}}$ ۲) $۳۶۰۰\frac{km}{h^{۲}}$ ۳) $۱۰۰۰\frac{km}{h^{۲}}$ ۴) $۱۰۰۰۰\frac{km}{h^{۲}}$

**۱۷. متحرکی با سرعت $۱۸۰۰۰\ \frac{ft}{h}$ در حرکت است. سرعت این متحرک برحسب $\frac{m}{s}$ چقدر است؟ $(۱\,ft = ۰/۳\,m)$**

۱) $۵۴۰۰\frac{m}{s}$ ۲) $۱/۵\frac{m}{s}$ ۳) $\frac{۵۰}{۳}\frac{m}{s}$ ۴) $۱۵۰۰\frac{m}{s}$

**۱۸. لنجی با شتاب ۷۲۰ گره دریایی بر ساعت در حرکت است. شتاب این لنج برحسب $\frac{m}{s^{۲}}$ چقدر است؟ (هر گره دریایی را تقریباً $۰/۵\frac{m}{s}$ فرض کنید)**

۱) $۰/۱\frac{m}{s^{۲}}$ ۲) $۰/۴\frac{m}{s^{۲}}$ ۳) $۴\frac{m}{s^{۲}}$ ۴) $۱\frac{m}{s^{۲}}$

**۱۹. به کمک یک استوانه مدرج با دقت یک میلی‌لیتر، حجم یک سیب ۳۶۴/۲ سانتی‌مترمکعب به‌دست آمده است. حجم این سیب برحسب میلی‌مترمکعب چقدر است؟**

۱) $۳۶۴۲۰\ mm^{۳}$ ۲) $۳/۶۴۲۰۰\times۱۰^{۵}\ mm^{۳}$ ۳) $۳/۶۴۲\times۱۰^{۵}\ mm^{۳}$ ۴) $۳۶۴۲\ mm^{۳}$

**۲۰. دانش‌آموزی به اشتباه در حل مسأله‌ها، یکای جرم را $۱۰^{۳}\ kg$ و یکای شتاب را $۱۰^{-۲}\frac{m}{s^{۲}}$ به کار برده و یکای سایر کمیت‌ها را درست در نظر می‌گیرد. باتوجه به این مفروضات یکای انرژی چند برابر ژول به‌دست می‌آید؟** *(سراسری ریاضی ـ ۷۹)*

۱) $۱۰^{۲}$ ۲) $۱۰^{-۱}$ ۳) $۱۰^{-۲}$ ۴) ۱۰

**۸۲.** جرم یک استوانه مدرج ۱۲۰ گرم است، ۷۵ سانتی‌متر مکعب از یک مایع درون آن می‌ریزیم در این صورت جرم استوانه با مایع درون آن ۱۸۰ گرم می‌شود، چگالی این مایع چند کیلوگرم بر متر است؟ (آزاد ریاضی ـ ۸۵)

۱) $8\times10^{1}$ ۲) $8\times10^{2}$ ۳) $8\times10^{-1}$ ۴) $8\times10^{-2}$

**۸۳.** مخلوطی از ۲ نوع مایع با چگالی‌های $\rho_1$ و $\rho_2$ درست شده است. اگر $\frac{1}{3}$ حجم آن از مایعی با چگالی $\rho_1$ بوده و $\frac{2}{3}$ باقی‌مانده از مایع با چگالی $\rho_2$ باشد، چگالی مخلوط برابر با کدام است؟ (سراسری ریاضی ـ ۹۱)

۱) $\frac{\rho_1+2\rho_2}{3}$ ۲) $\frac{\rho_2+2\rho_1}{3}$ ۳) $\frac{3\rho_1\rho_2}{\rho_2+2\rho_1}$ ۴) $\frac{3\rho_1\rho_2}{\rho_1+2\rho_2}$

**۸۴.** درون استوانه‌ای مدرجی آب وجود دارد. گلولهٔ توپری به جرم ۴۲ گرم را داخل آب می‌اندازیم، سطح آب از درجهٔ $50\ cm^3$ به $54\ cm^3$ می‌رسد. چگالی گلوله چند گرم بر سانتی‌متر مکعب است؟ (سراسری و آزاد ریاضی ـ ۹۲)

۱) ۳/۵ ۲) ۱۰/۵ ۳) ۲۱ ۳۹ ۴) ۴۲

**۸۵.** یک قطعه فلز را که چگالی آن $2/7\frac{g}{cm^3}$ است کاملاً در ظرفی پر از الکل به چگالی $0/8\frac{g}{cm^3}$ وارد می‌کنیم و به اندازهٔ ۱۶۰ گرم الکل از ظرف بیرون می‌ریزد، جرم قطعه فلز چند گرم است؟ (سراسری ریاضی ـ ۹۳)

۱) ۵۴۰ ۲) ۴۵۰ ۳) ۴۲۳ ۴) ۲۰۰

**۸۶.** اگر استوانهٔ همگن $A$ و $B$ دارای جرم و ارتفاع مساوی‌اند. استوانهٔ $A$ توپر و استوانهٔ $B$ تو خالی است. اگر شعاع خارجی این دو استوانه باهم برابر و شعاع داخلی استوانهٔ $B$ نصف شعاع خارجی آن باشد، چگالی استوانهٔ $A$ چند برابر چگالی استوانهٔ $B$ است؟ (سراسری ریاضی ـ ۸۹)

۱) $\frac{1}{2}$ ۲) $\frac{1}{4}$ ۳) $\frac{2}{3}$ ۴) $\frac{3}{4}$

**۸۷.** چگالی جسم $A$، ۱/۵ برابر چگالی جسم $B$ است. اگر جرم ۵۰۰ سانتی‌متر مکعب از جسم $B$ برابر ۲۰۰ گرم باشد، جرم ۲۰۰ سانتی‌متر مکعب از جسم $A$ چند گرم است؟ (کنکورهای خارج از کشور ـ سراسری ریاضی ـ ۹۱)

۱) ۱۲۰ ۲) ۱۸۰ ۳) ۲۴۰ ۴) ۳۶۰

**۸۸.** اگر در اثر انبساط، حجم مقدار معینی گاز کامل ۶۰ درصد افزایش یابد، چگالی آن چند درصد کاهش می‌یابد؟ (کنکورهای خارج از کشور ـ سراسری تجربی ـ ۸۵)

۱) ۳۵ ۲) ۳۷/۵ ۳) ۴۰ ۴) ۴۷/۵

**۸۹.** کرهٔ توپُری به شعاع $R$ از فلزی به چگالی، $\rho$ ساخته شده است. اگر درون آن حفره‌ای کروی به شعاع $\frac{R}{2}$ و هم‌مرکز با کره ایجاد کنیم، چگالی این کره چند برابر $\rho_0$ می‌شود؟ (کنکورهای خارج از کشور ـ سراسری ریاضی ـ ۸۴)

۱) ۱ ۲) $\frac{1}{2}$ ۳) $\frac{1}{8}$ ۴) $\frac{7}{8}$

**۹۰.** در مخلوطی از آب و یخ، مقداری یخ ذوب می‌شود و حجم مخلوط $5\ cm^3$ کاهش می‌یابد. جرم یخ ذوب شده چند گرم است؟ $(\rho_{\text{آب}}=1\frac{g}{cm^3}\ ,\ \rho_{\text{یخ}}=0/6\frac{g}{cm^3})$ (کنکورهای خارج از کشور ـ سراسری ریاضی ۸۸)

۱) ۴/۵ ۲) ۵ ۳) ۴۵ ۴) ۵۰

# آزمون دوره‌ای فصل

۱. **کدام‌یک از کمیت‌های زیر، کمیت اصلی در $SI$ نیست؟**

۱) طول ۲) دما ۳) نیرو ۴) شدت جریان

۲. **در فیزیک برای همهٔ کمیت‌ها یکای مستقلی تعریف نمی‌کنیم، دلیل این موضوع چیست؟**

۱) برخی کمیت‌ها فاقد یکا هستند.

۲) یکای بسیاری از کمیت‌ها را می‌توان به کمک یکای کمیت‌های دیگر ساخت.

۳) همهٔ کمیت‌ها مورد استفاده ما نیستند.

۴) برای برخی از کمیت‌ها نمی‌توانیم یکا تعریف کنیم.

۳. **مقدار $۸۵/۶۰\ mA$ برحسب $MA$ و به‌صورت نماد علمی کدام است؟**

۱) $۸/۵۶\times۱۰^{-۱}\ MA$ ۲) $۸/۶۵۰\times۱۰^{۱۰}\ MA$ ۳) $۸۵/۶۰\times۱۰^{۹}\ MA$ ۴) $۸/۵۶۰\times۱۰^{-۸}\ MA$

۴. **مقدار $۱/۰۸۰\times۱۰^{۵}\ mm^۳$ برحسب $dm^۳$ و به‌صورت نماد علمی کدام است؟**

۱) $۰/۱۰۸۰\ dm^۳$ ۲) $۱/۰۸۰\times۱۰\ dm^۳$ ۳) $۱/۰۸۰\times۱۰^{-۱}\ dm^۳$ ۴) $۱/۰۸\times۱۰^{-۱}\ dm^۳$

۵. **دریچه‌های سدی باز می‌شود و آب با آهنگ ۳۶۰۰ ذرع مکعب در ساعت بیرون می‌ریزد. آهنگ خروج آب چند $\frac{cm^۳}{s}$ است؟**

**(هر ذرع ۱۰۴ سانتی‌متر است)**

۱) $۱۰۴^۳\ \frac{cm^۳}{s}$ ۲) $\frac{۱۰۴}{۳۶۰۰}\ \frac{cm^۳}{s}$ ۳) $\frac{۱۰۴^۳}{۳۶۰۰}\ \frac{cm^۳}{s}$ ۴) $۳۶۰۰\times۱۰۴^۳\ \frac{cm^۳}{s}$

۶. **سنگی به جرم $m$ در حال حرکت با سرعت $V$ است. کدام‌یک از گزینه‌های زیر می‌تواند نشان‌دهنده انرژی حرکتی سنگ باشد؟ ($k$ ضریبی بدون واحد است.)**

۱) $\frac{kV^۲}{m}$ ۲) $kmV^۲$ ۳) $km^۲V$ ۴) $k\sqrt{mV}$

۷. **پیستونی در یک سیلندر به آرامی حرکت می‌کند. به‌نحوی که در هر ثانیه $cm$ ۲ جابه‌جا می‌شود. اگر مساحت پیستون حبابی از کف دریاچه به سمت سطح آن در حرکت است و در ثانیه شعاعش به اندازه $۱۰۰\ cm^۲$ باشد، آهنگ تغییر حجم سیلندر برحسب $\frac{dm^۳}{\min}$ چقدر است؟**

۱) ۱۲ ۲) ۱/۲ ۳) ۰/۱۲ ۴) ۰/۲

۸. **کدام‌یک از گزینه‌های زیر درست نیست؟**

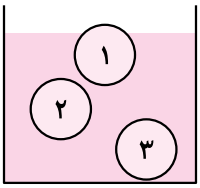
۱) $۰/۰۰۰۶۱\times۱۰^{-۳}=۶/۱\times۱۰^{-۷}$ ۲) $۲۰۰/۶۵\times۱۰^{-۶}=۲/۰۰۶۵\times۱۰^{-۴}$

۳) $۴۰۳۲/۰۴\times۱۰^{-۴}=۴/۰۳۲۰۴\times۱۰^{-۲}$ ۴) $۰/۰۱۶۹\times۱۰^{۴}=۱/۶۹\times۱۰^{۲}$

۹. **حجم یخچال و فریزها با واحد فوت‌مکعب سنجیده می‌شود که اغلب فروشندگان به اشتباه آن را فوت می‌نامند. یخچال ۲۷ فوتی (!) چند لیتر گنجایش دارد؟ (هر فوت ۰/۳ متر است)**

۱) ۷۲۹ لیتر ۲) ۷۲۹۰۰۰ لیتر ۳) ۸۱ لیتر ۴) ۲۴۳ لیتر

**۱۹. در شکل مقابل اجسام در تعادل هستند. درباره چگالی جسم‌ها، کدام گزینه قطعاً صحیح است؟**




۱) $\rho_۱ < \rho_۲ < \rho_۳$ ۲) $\rho_۱ < \rho_۲ \leq \rho_۳$

۳) $\rho_۱ > \rho_۲ \geq \rho_۳$ ۴) $\rho_۱ = \rho_۲ < \rho_۳$

**۲۰. مقداری آب درون ظرفی قرار دارد و ما آن را گرم می‌کنیم. در اثر گرم کردن حجم آب ۱۰ درصد زیادتر می‌شود و ۵ درصد حجم آب از ظرف بیرون می‌ریزد. چگالی آب گرم چه کسری از چگالی آب سرد است؟**

۱) $\frac{۱}{۱/۱}$ ۲) ۰/۹ ۳) ۰/۹۵ ۴) $\frac{۱}{۱/۰۵}$

**۲۱. فرض کنید بتوانید هرقدر که می‌خواهید یک برگه کاغذ را تا بزنید، یعنی یک‌بار که تا بزنید، دو لایه شود، بار دوم چهار لایه و ..... . اگر یک کاغذ را ۵۰ بار پشت هم تا بزنیم، ضخامت آن به کدام مقدار نزدیک‌تر است؟**

۱) طول یک زمین فوتبال (۱۰۰ متر) ۲) فاصله زمین تا ماه (۴۰۰ هزار کیلومتر)

۳) فاصله تهران تا رُم (۳۵۰۰ کیلومتر) ۴) فاصله زمین تا خورشید (۱۵۰ میلیون کیلومتر)

**۲۲. به‌دلیل رایج شدن شبکه‌های مجازی در ایران، استفاده، استفاده عموم مردم از پیامک به شدت کاهش یافته است؛ کاهش درآمد (هزینهٔ هر پیامک ۱۰ تومان است.) به این دلیل برحسب میلیون تومان به کدام عدد نزدیک‌تر است؟**

۱) ۱۰ ۲) ۱۰۰ ۳) ۱۰۰۰۰۰ ۴) ۱۰۰۰۰۰۰

**۲۳. دقت یک وسیله اندازه‌گیری سطح $۱dm^۲$ است. دقت این وسیله در کدام گزینه اشتباه است؟**

۱) $۱۰^۲ cm^۲$ ۲) $۱۰^{-۲} m^۲$ ۳) $۱۰^۴ mm^۲$ ۴) $۱۰^{-۴} km^۲$

**۲۴. چگالی جسم $A$، $\frac{۲}{۳}$ چگالی جسم $B$ است. اگر جرم $۵۰ cm^۳$ از جسم $A$ برابر $۷۵۰ gr$ باشد، جرم $۶۰ cm^۳$ از جسم $B$ چند گرم است؟** (سراسری تجربی ـ ۸۱)

۱) ۹۰۰ ۲) ۶۰۰ ۳) ۱۱۲۵ ۴) ۱۳۵۰

**۲۵. درون یک قطعه طلا به حجم ظاهری $۱۲ cm^۳$ و جرم ۱۹۹/۵ گرم، حفره‌ای وجود دارد. اگر چگالی طلا $۱۹۰۰۰ \frac{kg}{m^۳}$ باشد، حجم حفرهٔ خالی چند سانتی‌متر مکعب است؟** (سراسری ریاضی ـ ۸۷)

۱) ۰/۷۵ ۲) ۱/۵ ۳) ۲/۵ ۴) ۳/۴

# المپیاد

۱. فرض کنید حجمی برابر با حجم همهٔ انسان‌های زمین را به شکل لایه‌ای یکنواخت روی سطح زمین بگذاریم. کلفتی این لایه به کدام‌یک از مقدارها نزدیک‌تر است؟ (المپیاد فیزیک ـ مرحله اول ـ دورهٔ ۱۶)

۱) $1\,m$ ۲) $1\,cm$ ۳) $0/1\,mm$ ۴) $10^{-3}\,mm$ ۵) $10^{-5}\,mm$

۲. اخترشناسان شعاع جهان قابل رویت را $10^{10}$ سال نوری تخمین زده‌اند. برآورد شده است که در جهان حدود $10^{11}$ کهکشان و در هر کهکشان حدود $10^{11}$ ستاره مانند خورشید وجود دارد. چگالی متوسط جهان برحسب $\frac{kg}{m^3}$ به کدام‌یک از اعداد زیر نزدیک‌تر است؟ (جرم خورشید را $2\times10^{30}\,kg$ و سرعت نور را $3\times10^{8}\,\frac{m}{s}$ بگیرید.) (المپیاد فیزیک ـ مرحله اول ـ دورهٔ ۱۵)

۱) $10^{-38}$ ۲) $10^{-32}$ ۳) $10^{-26}$ ۴) $10^{-20}$

۳. در تهران حدود ۲ میلیون خودرو هست. هنگام تاریکی هوا خودروها چراغ‌های خود را با توان متوسط $100\,W$ روشن می‌کنند. در موتور این خودروها با سوزاندن هر لیتر مواد سوختنی مقدار $4\times10^{7}\,J$ انرژی تولید می‌شود. بازدهٔ موتور خودروها حدود ۲۰ درصد است. اگر هر خودرو روزانه ۱ ساعت چراغ خود را روشن کند، افزایش مصرف روزانهٔ مواد سوختی خودروهای تهران به علت روشن کردن چراغ‌ها، حدوداً چند لیتر است؟ (المپیاد فیزیک ـ مرحله اول ـ دورهٔ ۱۷)

الف) $10^{5}$ ب) $10^{4}$ ج) $10^{3}$ د) $10^{2}$

۴. توان الکتریکی یک لامپ کم‌مصرف، یک پنجم توان الکتریکی یک لامپ معمولی است، به شرطی که توان نوری که این دو لامپ تولید می‌کنند یکسان باشد. فرض کنید در ایران همهٔ لامپ‌ها را از نوع معمولی به نوع کم‌مصرف تغییر دهند. توانی که به این خاطر صرفه‌جویی می‌شود به کدام‌یک از این مقدارها نزدیک‌تر است؟ (المپیاد فیزیک ـ مرحله اول ـ دورهٔ ۱۹)

الف) $10^{6}\,W$ ب) $10^{10}\,W$ ج) $10^{14}\,W$ د) $10^{18}\,W$

۵. $60\,cm^3$ آب را در کف زمین اتاقی به ابعاد $5\,m\times4\,m\times3\,m$ می‌ریزیم. پس از مدتی همهٔ آب تبخیر می‌شود. فاصله متوسط بین دو مولکول مجاور آب پس از گذشت زمان طولانی از تبخیر تقریباً چند برابر می‌شود؟ (المپیاد فیزیک ـ مرحله اول ـ دورهٔ ۲۳)

۱) ۱۰ برابر ۲) ۱۰۰ برابر ۳) ۱۰۰۰ برابر ۴) ۱۰۰۰۰ برابر

۶. یک اتاق خواب معمولی گنجایش حدوداً چند ذرت بوداده (پف‌فیل) را دارد؟ (المپیاد فیزیک ـ مرحله اول ـ دورهٔ ۲۵)

۱) $10^{11}$ ۲) $10^{9}$ ۳) $10^{7}$ ۴) $10^{5}$

۷. جرم نمک موجود در اقیانوس های زمین به کدام‌یک از این مقدارها نزدیک‌تر است؟ (المپیاد فیزیک ـ مرحله اول ـ دورهٔ ۱۹)

۱) $10^{11}\,kg$ ۲) $10^{15}\,kg$ ۳) $10^{19}\,kg$ ۴) $10^{23}\,kg$

۸. حجم هوایی که انسان در عمر خود تنفس می‌کند به کدام عدد زیر نزدیک‌تر است؟ (المپیاد فیزیک ـ مرحله اول ـ دورهٔ ۱۸)

۱) $10^{3}$ لیتر ۲) $10^{6}$ لیتر ۳) $10^{9}$ لیتر ۴) $10^{12}$ لیتر

۹. تعداد کل خودروها ایران حدوداً چهار میلیون است. تنظیم موتورها و تبدیل خودروها به خودروهای جدیدتر باعث صرفه‌جویی حدوداً ۵ لیتر بنزین در هر ۱۰۰ کیلومتر می‌شود. فرض کنید هر خودرو به‌طور متوسط هر ماه ۱۵۰۰ کیلومتر حرکت کند. بعضی از تحلیل‌گران معتقدند که قیمت واقعی بنزین ۲۳۰ تومان است و تفاوت آن با قیمت فروش، ۸۰ تومان به‌صورت یارانه به وسیلهٔ دولت پرداخت می‌شود. تنظیم موتورها و تبدیل خودروها باعث چه مقدار صرفه‌جویی سالانه برای دولت می‌شود؟ (المپیاد فیزیک ـ مرحله اول ـ دورهٔ ۱۸)

۱) ۵ میلیارد تومان ۲) ۵۰ میلیارد تومان ۳) ۵۰۰ میلیارد تومان ۴) ۵۰۰۰ میلیارد تومان

# پاسخ آزمون فصل ۱

۱. گزینه «۳»

نیرو جزو کمیت‌های فرعی در سیستم $SI$ است.

۲. گزینه «۲»

همهٔ کمیت‌ها در فیزیک یکا دارند و مورد استفاده ما هستند. اگر برای چیزی نشود یکا تعریف کرد اصلاً کمیت نیست. اما از آنجا که بسیاری از کمیت‌ها (کمیت‌های فرعی) از روی کمیت‌های اصلی ساخته می‌شوند، یکای آن‌ها نیز مستقل نبوده و از یکای کمیت‌های اصلی ساخته می‌شود؛ بنابراین نیاز نیست برای آن‌ها یکای مستقلی تعریف شود.

۳. گزینه «۴»

$$۸۵/۶۰mA = ۸۵/۶۰\times۱۰^{-۳}A = ۸۵/۶۰\times۱۰^{-۹}MA = ۸/۵۶۰\times۱۰^{-۸}MA$$

دقت کنید که صفر در این عدد با معنا است و در نماد علمی هم نباید حذف شود.

۴. گزینه «۳»

$$۱mm = ۱۰^{-۲}dm \Rightarrow ۱mm^۳ = ۱۰^{-۶}dm^۳$$

$$\Rightarrow ۱/۰۸۰\times۱۰^۵ mm^۳ = ۱/۰۸۰\times۱۰^۵\times۱۰^{-۶}dm^۳ = ۱/۰۸\times۱۰^{-۱}dm^۳$$

۵. گزینه «۱»

$$(z)\text{ نوع } ۱ = (cm)۱۰۱ \Rightarrow ۱z^۳ = ۱۰۴^۳ cm^۳$$

$$۳۶۰۰\frac{z^۳}{h} = ۳۶۰۰\frac{z^۳}{h}\times۱۰۴^۳\frac{cm^۳}{z^۳}\times\frac{۱h}{۳۶۰۰s} = ۱۰۴^۳\frac{cm^۳}{s}$$

۶. گزینه «۲»

باید جنس کمیت مورد نظر با جنس انرژی یکسان باشد:

جنس انرژی : $U = mgh = kg.\frac{m}{s^۲}.m = \frac{kgm^۲}{s^۲}$

جنس: گزینه ۱ : $\frac{V^۲}{m} = \frac{(\frac{m}{s})^۲}{kg} = \frac{m^۲}{kg.s^۲}$

جنس: گزینه ۲ : $mV^۲ = kg.\frac{m^۲}{s^۲}$

جنس: گزینه ۳ : $m^۲V^۲ = kg^۲.\frac{m}{s}$

جنس: گزینه ۴ : $\sqrt{mV} = (\frac{kgm}{s})^{\frac{۱}{۲}}$

۷. گزینه «۳»

$$۴۰۳۲/۰۴\times۱۰^{-۴} = ۴/۰۳۲۰۴\times۱۰^{-۱}$$

۸. گزینه «۱»

$$\text{تغییر حجم سیلندر در هر دقیقه} = ۲\frac{cm}{s}\times۱۰۰\,cm^۲\times\frac{۶۰\,s}{۱\,\min} = ۱۲۰۰۰\frac{cm^۳}{\min}$$

$$\begin{cases} ۴۰mm = ۴۰\times۱۰^{-۳}\ m \\ ۲۵۰۰\ km^۲ = ۲۵۰۰\times۱۰^۶\ m^۲ \end{cases} \Rightarrow V = ۴۰\ mm\times ۲۵۰۰\ km^۲ = ۴۰\times۱۰^{-۳}\times ۲۵۰۰\times۱۰^۶\ m^۳ = ۱۰^۸\ m^۳$$

حجم باران × چگالی باران = جرم باران $\Rightarrow m = \rho\times V = ۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳}\times۱۰^۸\ m^۳ = ۱۰^{۱۱} kg$

**۱۹.** گزینه «۲»

جسم ۲ در تعادل است و حتماً چگالی‌اش برابر چگالی مایع است. اما دربارهٔ جسم ۳ قطعاً نمی‌توان گفت چگالی‌اش بیشتر از مایع است. حالت برابری هم برایش صحیح است. جسم ۱ هم حتماً چگالی کمتری از مایع دارد. پس:

$\rho_۱ < \rho_۲ \le \rho_۳$

**۲۰.** گزینه «۱»

در گرم کردن، جرم ثابت است و حجم تغییر می‌کند. دقت کنید بیرون ریختن مایع از ظرف اهمیتی در چگالی آن ندارد:

$$\rho' = \frac{M}{V'} = \frac{M}{۱/۱V} = \frac{\rho}{۱/۱} = \frac{۱}{۱/۱}\rho$$

**۲۱.** گزینه «۴»

هر بار تا زدن، ضخامت کاغذ را ۲ برابر می‌کند. ۵۰ بار تا زدن $۲^{۵۰}$ برابر می‌کند. $۲^{۵۰} = (۲^{۱۰})^۵ \simeq ۱۰۰۰^۵ = ۱۰^{۱۵}$

ضخامت کاغذ ۰/۱ میلی‌متر است. پس ضخامت کاغذ ۵۰ بار تا شده برابر است با:

$$t = ۰/۱\ mm\times۱۰^{۱۵} = ۱۰^{-۴}\times۱۰^{۱۵} = ۱۰^{۱۱}\ m$$

فاصله زمین تا خورشید ۱۵۰ میلیون کیلومتر است و عدد به‌دست آمده ۱۰۰ میلیون کیلومتر

**۲۲.** گزینه «۳»

فرض کنید در هر ماه هر مشترک تلفن همراه به‌طور متوسط ۳۰۰۰ تومان پول پیامک به اپراتورهای تلفن همراه می‌پرداخته است (یعنی روزی ۱۰ پیامک)

تعداد مشترکین همراه در ایران حدود ۳۰ میلیون نفر است. بنابراین کاهش درآمد ماهانه اپراتورهای تلفن همراه برابر $۳۰\times۳۰۰۰$ یعنی ۹۰۰۰۰ میلیون تومان می‌شود؛ یعنی حدود ۱۰۰ میلیارد تومان. این عدد به گزینهٔ ۳ نزدیک‌تر از بقیه گزینه‌ها است.

**۲۳.** گزینه «۴»

$$۱dm = ۱۰\ cm \Rightarrow ۱\ dm^۲ = ۱۰۰\ cm^۲$$
$$۱\ dm = ۰/۱\ m \Rightarrow ۱dm^۲ = ۰/۰۱\ m^۲$$
$$۱\ dm = ۱۰۰\ mm \Rightarrow ۱dm^۲ = ۱۰^۴\ mm^۲$$
$$۱\ dm = ۰/۱\ m = ۱۰^{-۴}\ km \Rightarrow ۱\ dm^۲ = ۱۰^{-۸}\ km^۲$$

**۲۴.** گزینه «۴»

$$\rho_A = \frac{۲}{۳}\rho_B \Rightarrow \frac{m_A}{V_A} = \frac{۲}{۳}\times\frac{m_B}{V_B} \Rightarrow \frac{۷۵۰}{۵۰} = \frac{۲}{۳}\times\frac{m_B}{۶۰} \Rightarrow ۱۵ = \frac{m_B}{۹۰} \Rightarrow m_B = ۱۳۵۰\ gr$$

**۲۵.** گزینه «۲»

$$\rho = ۱۹۰۰۰\frac{kg}{m^۳} = ۱۹\frac{g}{cm^۳} \Rightarrow \rho = \frac{M}{V} \Rightarrow ۱۹ = \frac{۱۹۹/۵}{V} \Rightarrow V = \frac{۱۹۹/۵}{۱۹} = ۱۰/۵ m^۳ \Rightarrow$$

حجم حفره $۱۲ - ۱۰/۵ = ۱/۵\ m^۳$