

از مجموعه رشادت

# فیزیک دهم

## یاقوت (رشته تجربی)

محمد گلزاری - امید بزویی - زهرا ابوطالبی پیرنعمی





---

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

---



به نام خداوند جان و خرد

کزین برتر اندیشه برنگذرد

با سلام

مفخریم که کتاب فیزیک ۱ از مجموعه کتاب‌های یاقوت را در اختیار دانش‌آموزان و دبیران گرامی قرار می‌دهیم. در کتاب «فیزیک دهم یاقوت» هر فصل کتاب درسی متناسب با طرح درس دبیران محترم به چندین گفتار تقسیم شده است، یعنی مطالبی را که دبیر کلاس در یک یا چند جلسه تدریس می‌کند تحت عنوان گفتار جدا کرده‌ایم. هر گفتار شامل درس‌نامه کامل، نمونه سؤالات تشریحی پرتکرار و نمونه سؤالات چهارگزینه‌ای است. در انتهای هر فصل نیز سؤالات چهارگزینه‌ای جامع آورده شده است تا با حل آنها به تمام مطالب فصل مسلط شوید. اگر نتوانستید از عهده حل سؤالاتی برآید نگران نشوید، برخی نکات درسی در پاسخ‌نامه ذکر شده است. زیرا وقتی با مسئله درگیر شوید بهتر به نکته آن پی می‌برید. به قول بنجامین فرانکلین اگر مطلبی را به من بگویی فراموش می‌کنم، اگر آن را آموزش دهی به خاطر می‌آورم، اما اگر من را با آن درگیر کنی یاد می‌گیرم.

در این کتاب از قواعد بین‌المللی تایپ فیزیک استفاده شده است. کمیت‌ها به صورت ایتالیک (A) و یکاها به صورت رومن (A) تایپ شده است. به عنوان مثال A نماد مساحت است که یک کمیت می‌باشد و A نماد آمپر است که یکا است.

امیدواریم کتاب پیش رو که چکیده چندین سال تدریس مؤلفین است مورد استفاده دانش‌آموزان و دبیران گرامی قرار گیرد. در پایان لازم می‌دانیم از مؤلفین کتاب آقایان محمد گلزاری و امید برزویی و خانم زهرا ابوطالبی پیرنعمی که این کتاب را زیر نظر دبیر مجموعه مهندس هادی عزیززاده تألیف کرده‌اند تشکر کنیم.

همچنین از خانم‌ها سپیده خداوردی (حروفچین و صفحه‌آرا) و لیلی میرزایی (حروفچین) و معصومه لطفی‌مقدم، سمانه مسروری و بهاره خدای (گرافیکرها) بسیار سپاسگزاریم و برای همه این عزیزان آرزوی موفقیت می‌کنیم.

انتشارات مبتکران





## فصل اول: فیزیک و اندازه گیری

گفتار ۱: فیزیک دانش بنیادی	۹
گفتار ۲: خطا و دقت و چگالی	۲۴
پرسش های چهارگزینه ای جامع فصل ۱	۳۸
پاسخ نامه پرسش های چهارگزینه ای فصل ۱	۴۶
آزمون فصل ۱	۵۶



## فصل چهارم: دما و گرما

گفتار ۱: دما	۱۹۹
گفتار ۲: گرما	۲۱۶
گفتار ۳: تغییر حالت های ماده	۲۲۹
گفتار ۴: روش های انتقال گرما	۲۴۴
گفتار ۵: قوانین گازها	۲۵۵
پرسش های چهارگزینه ای جامع فصل ۴	۲۶۸
پاسخ نامه پرسش های چهارگزینه ای فصل ۴	۲۷۶
آزمون فصل ۴	۲۸۴



## فصل دوم: کار، انرژی و توان

گفتار ۱: انرژی جنبشی	۶۱
گفتار ۲: محاسبه کار کل	۷۳
گفتار ۳: انرژی پتانسیل و انرژی مکانیکی	۸۵
گفتار ۴: توان و بازده	۱۰۱
پرسش های چهارگزینه ای جامع فصل ۲	۱۰۸
پاسخ نامه پرسش های چهارگزینه ای فصل ۲	۱۱۹
آزمون فصل ۲	۱۳۰



## پاسخ نامه آزمون های پایانی فصل ها

فصل ۱:	۲۸۸
فصل ۲:	۲۹۰
فصل ۳:	۲۹۲
فصل ۴:	۲۹۴



## فصل سوم: ویژگی های فیزیکی مواد

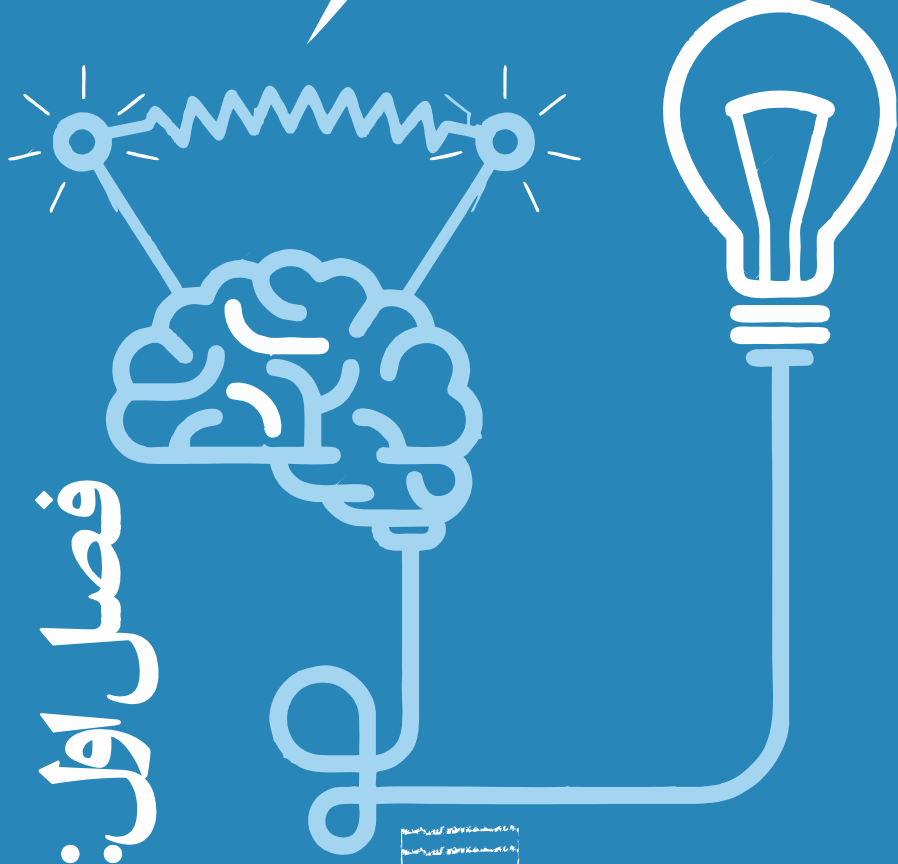
گفتار ۱: ویژگی های فیزیکی مواد	۱۳۵
گفتار ۲: فشار	۱۴۵
گفتار ۳: شناوری و اصل ارشمیدس	۱۶۱
پرسش های چهارگزینه ای جامع فصل ۳	۱۷۴
پاسخ نامه پرسش های چهارگزینه ای فصل ۳	۱۸۵
آزمون فصل ۳	۱۹۴





# فصل اول:

## فیزیک و اندازه گیری





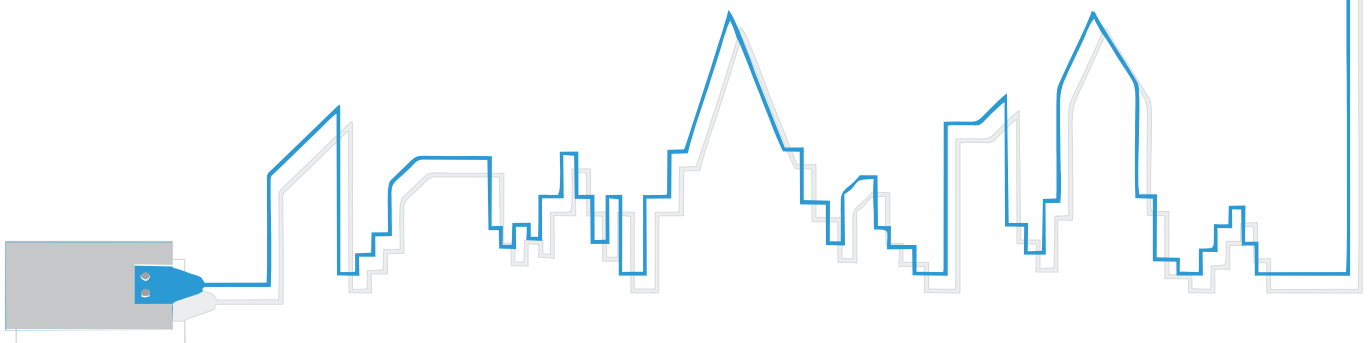
## مقدمه

در گذشته‌های نه چندان دور در هر مکانی مردم از یکاهای اندازه‌گیری خاص خود استفاده می‌کردند. به عنوان مثال در ایران برای یکای جرم از یکاهایی همچون من و مثقال و نخود و سیر استفاده می‌شد. در بریتانیا برای توزین اجسام از یکای پوند استفاده می‌شد. حتی یکای من در نقاط مختلف ایران نیز یکسان نبود. به عنوان مثال من تبریز با من اصفهان تفاوت داشت. با پیشرفت روزافزون علم و اقتصاد جهانی، دانشمندان به این فکر افتادند که این یکاها را یکسان کنند. این بود که SI متولد شد. دانشمندان از دستگاه متریک استفاده کردند و با بسط دادن آن SI را ایجاد کردند و مقرر شد در علوم پایه از این دستگاه جدید استفاده شود.

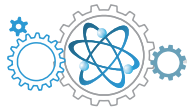
## آنچه در این فصل خواهیم آموخت:

**گفتار اول:** مدل‌سازی - اندازه‌گیری و کمیت‌های فیزیکی - دستگاه بین‌المللی یکاها - تبدیل یکاها - سازگاری یکاها - نمادگذاری علمی

**گفتار دوم:** خطا و دقت - تخمین مرتبه بزرگی - چگالی







مجموعه کنجکاوی‌های پاسخ داده شده یا نشده انسان در طبیعت غیرجاندار، در قلمرو دانش فیزیک طبقه‌بندی می‌شود. علمی مانند شیمی، زمین‌شناسی، نجوم، هواشناسی و انواع علوم مهندسی ... امروزه به دلیل گستردگی و پرداختن به بخشی ویژه از مجموعه بزرگ فیزیک، خود با نام‌هایی جداگانه (ولی هم‌چنان وابسته به اصول و قوانین فیزیکی) شناخته می‌شوند.

جدول زیر برخی از تکنولوژی‌ها که به زندگی ما مستقیم و غیرمستقیم رنگ دیگری زده‌اند و ارتباطشان با قوانین فیزیک را نشان می‌دهد:

تکنولوژی	اصول و مبانی فیزیکی‌ای که به‌طور پررنگ‌تر، مرتبط است.
موتور بخار	قوانین ترمودینامیک
راکتورهای هسته‌ای	واکنش‌های کنترل شده شکافت
رادیو، تلویزیون، موبایل و بی‌سیم‌ها و...	اصول تولید، انتشار و آشکارسازی امواج الکترومغناطیسی
کامپیوترها	مدارهای منطقی و فیزیک حالت جامد و اصول نیمه رساناها
لیزر	تقویت نور از طریق تحریک گسیل القایی
تولید میدان‌های مغناطیسی قوی	ابرسانایی
پرتاب راکت‌های فضایی	قوانین نیوتن در حرکت
هواپیما	اصل برنولی و قانون سوم نیوتن
ژنراتورهای الکتریسته	قوانین القای لنز و فاراده و القای الکترومغناطیسی
فیبرهای نوری	بازتاب کلی و قوانین شکست نور
میکروسکوپ الکترونی	طبیعت و رفتار موجی الکترون‌ها
فوتوسل	اثر فوتوالکتریک
رادیو تلسکوپ‌های غول‌آسا	اصول آشکارسازی امواج رادیویی کیهانی

جدول ۱-۱



شکل ۱-۱

هنگامی که با پدیده‌ای (مثلاً تصاویر متعددی که در دو آینه متقاطع با زوایای مختلف ایجاد می‌شود) مواجه می‌شویم ممکن است کنجکاو شده و به دنبال علت آن باشیم که اولاً علت و چگونگی رخداد این پدیده چیست (مثلاً علت تشکیل تصاویر در آینه چیست) و ثانیاً اگر بشود الگویی را جستجو کنیم که بر اساس آن بتوان موارد آزمایش نشده را پیش‌بینی کرد (مثلاً فرمولی بیابیم که برای هر زاویه بین دو آینه تعداد تصاویر را پیش‌گویی کند) در این صورت ما به وضوح، به شیوه فیزیکی اندیشیده‌ایم. (شکل ۱-۱)

نکته‌ای که به زبان خیلی ساده بیان شد نهایت آرزوی فیزیک‌دان‌ها در تمام پدیده‌های فیزیکی است که **الگوها و نظم‌هایی در پدیده‌ها بیابند و با روابطی به پیش‌بینی و پیش‌گویی قبل از آزمایش کردن پردازند.**

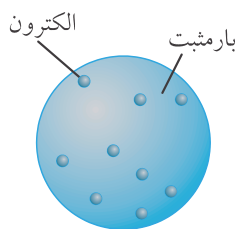
### نقطه قوت دانش فیزیک

عبارت است از **آزمون‌پذیری و اصلاح نظریه‌ها**، به عنوان مثال، در مبحث آینه‌های متقاطع که پیش‌تر گفته شد، ممکن است نظم‌ها و فرمول‌های مختلفی بنویسیم و تعداد تصاویر را برای برخی زوایا هم درست به دست آوریم ولی به محض آنکه برای زاویه دیگری آزمایش کردیم و جواب، با آزمایش هماهنگ نباشد الگوی قبلی را اصلاح کرده و تغییر می‌دهیم تا با نتایج تجربی هماهنگ گردد. ما باید الگوها و روابط خود را با طبیعت و آزمایش‌ها هماهنگ کنیم و طبیعت مجبور به پیروی از تفکرات ما نیست. در ادامه به مثال دیگری مربوط به مدل اتمی می‌پردازیم.



### مسیر اصلاح مدل اتمی از گذشته تاکنون و در ادامه

ابتدا اتم همانند توپ‌های سفت و سخت بیلیارد پنداشته می‌شد (مدل دالتون) سپس ویژگی بار الکتریکی به آن اضافه گردید و مانند کیکی کشمشی از بارهای مثبت که در لابه‌لای آن بارهای منفی (کشمش‌های کیک) قرار دارند (شکل ۲-۱) اصلاح شد (مدل تامسون). اما آزمایشی مهم از رادرفورد این تصویر از اتم را ویران کرد و اتم را دارای هسته‌ای بسیار کوچک که بارهای مثبت در مرکز آن قرار دارند و بارهای منفی در اطراف آن قرار دارند تصویر نمود (مدل رادرفورد). ولی ایرادهای این مدل هم به مدل اصلاح شده‌تر بور که مدل سیاره‌ای نامیده می‌شود تغییر یافت و هم‌اکنون هم براساس مدل کوانتومی شرویدینگر از اتم نام برده می‌شود و ممکن است در آینده هم باز تغییرات و اصلاحاتی در آن انجام شود.



شکل ۲-۱

### تفاوت فرضیه، نظریه، قانون و اصل در علم فیزیک چیست؟

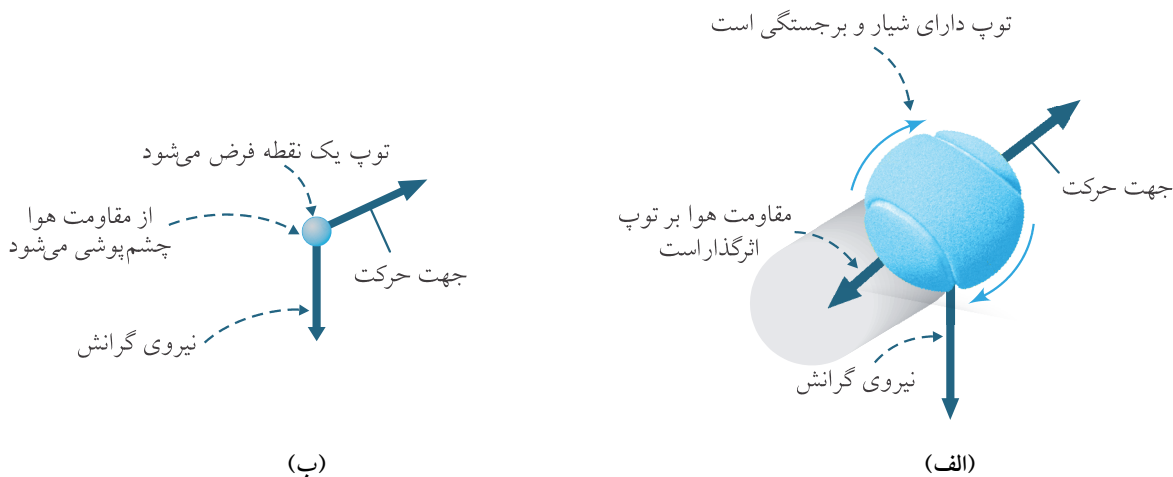
**فرضیه عبارت است از علت‌پردازی و تصور و برداشتی که از رویدادها و پدیده‌ها می‌شود.** مانند این که علت جاذبه و گرانش را مبادله ذراتی بین اجرام به نام **گراویتون** بدانیم آن‌گونه که دو بازی کن تنیس، توپی را بین هم مبادله می‌کنند. این یک فرضیه و علت‌پردازی از گرانش است.

**نظریه‌ها، نگرش‌هایی کلی به رویدادها و پدیده‌ها هستند که با کم‌ترین تعداد از اصول و قضیه‌ها بیان می‌شوند** و قوانین از همین گزاره‌های کلی و حداقلی بیرون کشیده می‌شوند. هم‌چنین **نظریه‌ها را نمی‌توان از یکدیگر نتیجه گرفت.** مثلاً از نظریه نسبیت اینشتین، نمی‌توان نظریه کوانتوم را نتیجه‌گیری کرد یا برعکس.

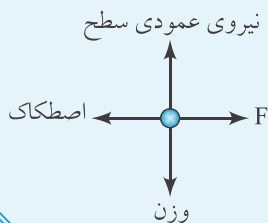
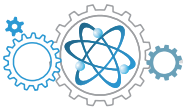
**قانون‌ها دامنه وسیع‌تری از پدیده‌ها را در برمی‌گیرند و عمومیت بیش‌تری در پدیده‌ها دارند اما اصل‌ها قلمروی محدودتر را در برمی‌گیرند و شرایط و قیدهایی دارند.** مثلاً قانون پایستگی انرژی که در تمام پدیده‌های گرمایی الکتریکی و ... برقرار است ولی در اصل پاسکال که در علوم نهم فرا گرفتید شرایطی مانند ساکن بودن مایع یا گاز باید در نظر گرفته شود.

### مدل‌سازی

آیا بررسی پدیده‌های روزمره و عادی شده‌ای مانند رنگین‌کمان، آذرخش و افتادن برگ‌ها و ... به‌راستی ساده‌اند؟ یقیناً چنین نیست و ساده‌ترین پدیده‌ها هم در دل خود جزئیات زیادی دارند که پرداختن به تمام آنها حداقل در گام‌های اول بررسی، بسیار مشکل و حتی غیرممکن می‌نماید. به پرتاب ساده توپی توجه کنید که می‌چرخد و هوا در اطرافش و شیارهای ریز و درشت روی توپ می‌پیچد (شکل ۳-۱ الف). برای درک ابتدایی اما درست از حرکت توپ بدیهی است که از اثرهایی که جزئی‌ترند چشم‌پوشیم تا امکان بررسی فراهم گردد. بدیهی است که عامل وزن عاملی مهم و تعیین‌کننده است و نباید در مدل‌سازی حرکت توپ نادیده گرفته شود چرا که در صورت چشم‌پوشی از این نیرو، حرکت توپ مسیری مستقیم خواهد داشت که در عمل چنین نیست. اما در گام اول عواملی مانند چرخش توپ، شعاع توپ و حتی نیروی مقاومت هوا را می‌توان نادیده گرفت و تا حدود زیادی به جواب درست رسید. (شکل ۳-۱ ب)



شکل ۳-۱



**مثال ۱** در شکل مقابل، چند نفر در حال هل دادن یک خودرو هستند، چگونه می‌توان رویداد را مدل‌سازی کرد؟ اینجا کدام عوامل جزئی‌اند؟ عامل یا عوامل غیر قابل چشم‌پوشی کدام‌اند؟

**پاسخ** به جای نیروهای تک تک افراد تنها یک نیرو رسم می‌کنیم. هم‌چنین نیروها را افقی فرض می‌کنیم. هر چرخ دارای اصطکاک است ولی ما تمام آنها را را یک‌جا فرض می‌کنیم. هم‌چنین از مقاومت هوا و اندازه خودرو نیز چشم‌پوشی می‌کنیم.

### اندازه‌گیری و کمیت‌های فیزیکی

اندازه‌گیری عبارت است از **مقایسه** بزرگی یک کمیت با مقداری ثابت و قراردادی از خود آن کمیت به نام **یکا**. مثلاً وقتی می‌گویید «سن من ۱۶ سال است» نتیجه یک اندازه‌گیری را بیان کرده‌اید. یعنی این‌که زمانی که از تولد من گذشته تاکنون با معیاری از همان جنس زمان و قراردادی به نام سال (یکا) مقایسه شده است. حال این پرسش مطرح می‌شود که کمیت چیست؟ **کمیت به هر چیز قابل اندازه‌گیری گفته می‌شود** مانند انرژی، طول، جرم و ... . به نظر شما آیا زیبایی، تیپ و یا اخلاق کمیت‌های فیزیکی هستند؟

**یکا مقداری ثابت و قراردادی از هر کمیت است که آن را مبنای مقایسه قرار می‌دهند.** مانند متر و فرسنگ و ... برای طول، گرم و مثقال و تن و ... برای جرم یا ژول و کالری و ... برای انرژی. کمیت‌های فیزیکی را از دو جنبه می‌توان دسته‌بندی نمود: از لحاظ ماهیت و از لحاظ یکا.

### انواع کمیت‌ها از لحاظ ماهیت

**کمیت‌های نرده‌ای یا اسکالر:** کمیت‌هایی هستند که با مقدار و یکا به‌طور کامل معرفی می‌شوند مانند: جرم و چگالی و زمان. مثلاً وقتی می‌گوییم جرم سیب موجود در جعبه ۱۰ کیلوگرم است، توضیح کامل است. در ضمن جمع و تفریق کمیت‌های نرده‌ای از قواعد معمولی جبری که از دبستان فرا گرفته‌اید پیروی می‌کنند و قواعد ویژه‌ای ندارند. مثلاً اگر به جعبه سیب فوق ۲ کیلوگرم سیب اضافه کنیم جمع جرم سیب درون جعبه ۱۲ کیلوگرم می‌شود.

**کمیت‌های برداری:** کمیت‌هایی که علاوه بر مقدار و یکا دارای امتداد و جهت نیز باشند مانند جابه‌جایی و نیرو و سرعت. به عنوان مثال اگر بگویید من ۲۰۰ کیلومتر جابه‌جا شده‌ام کسی نمی‌تواند مبدأ یا مقصد شما را مشخص کند. بلکه باید جهت جابه‌جایی را نیز تعیین کنید. مثلاً بگویید من ۲۰۰ کیلومتر رو به جنوب جابه‌جا شده‌ام. در ضمن کمیت‌های برداری از قواعد جمع جبری پیروی نمی‌کنند و از قواعد **جمع برداری** پیروی می‌کنند که در بخش‌های بعد به آن پرداخته می‌شود.

**اندازه‌گیری و دستگاه بین‌المللی یکا:** در گذشته در هر مکانی مردم از یکاهای خاصی استفاده می‌کردند. به عنوان مثال برخی از یکاهای قدیمی ایران برای طول عبارت بوده‌اند از وجب و ذرع و فرسنگ و منزل و برای جرم عبارت بوده‌اند از نخود و مثقال و گندم و جو و من و خروار. این یکاها حتی در نقاط مختلف ایران نیز گاهی یکسان نبودند.

گسترش روزافزون ارتباط‌های بین‌المللی از جنبه‌های علمی و اقتصادی و ... بشر را به این نتیجه رساند که باید در اندازه‌گیری‌ها و مبادلات علمی و اقتصادی از یکاهای همه فهم و مشترکی استفاده کند. اما این یکای بین‌المللی باید دارای چه ویژگی‌هایی باشد تا مورد پذیرش قرار گیرد؟ یکا یا واحدی که انتخاب می‌شود باید دارای دو ویژگی مهم باشد. یکی **تغییر ناپذیر بودن**. به عنوان مثال ممکن است اهالی روستایی گام‌ها یا وجب کدخدای خود را معیار طول و خرید و فروش خود بدانند! اما گام کدخدا همواره ثابت نیست. و از طرفی پس از مرگ کدخدا یا انتخاب کدخدای جدید، وجب نیز تغییر می‌کند. دیگر ویژگی **قابلیت باز تولید** است. در مثال فوق نمی‌توانیم برای یک خرید و فروش با شهر دیگر، کدخدا را با خود ببریم!

**تولد SI:** در سال ۱۹۶۰ میلادی مجموعه‌ای علمی به‌طور جدی به مشکل وجب کدخدا! رسیدگی نموده و نام مجموعه خود را SI گذاشتند و قراردادهایی را وضع نمودند که در گام اول تعیین و انتخاب تعدادی از کمیت‌ها به عنوان کمیت مبنایی و اصلی بود.



چرا برای تمام کمیت‌ها یکا تعیین نشده؟



تعیین یکا برای تمام کمیت‌های موجود به علت زیادی تعداد آنها (و تازه عده‌ای هم در آینده به آنها اضافه خواهند شد) نه ممکن است و نه لزومی دارد، چرا که کمیت‌ها از طریق فرمول‌ها به یکدیگر مرتبط‌اند و همین ارتباط آنها می‌تواند تعیین‌کننده یکای سایر کمیت‌ها از کمیت‌های اصلی باشد. کمیت‌های اصلی و یکاهایی که در SI برایشان انتخاب شدند عبارتند از:

۱. طول با یکای متر (m) ۲. جرم با یکای کیلوگرم (kg) ۳. زمان با یکای ثانیه (s) ۴. دمای ترمودینامیکی با یکای کلوین (K) ۵. جریان الکتریکی با یکای آمپر (A) ۶. مقدار ماده با یکای مول (mol) ۷. شدت روشنایی با یکای شمع یا کندلا (cd).

وابستگی کمیت‌ها مزیتی است که ما را بی‌نیاز از انتخاب یکا برای هر کمیتی می‌کند. مثلاً یکای مساحت که از حاصل ضرب دو طول یا توان دومی از یک طول است،  $m^2$  (متر مربع) می‌شود یا حجم که حاصل ضرب سه طول یا توان سومی از یک طول است و حتماً یکای آن  $m^3$  (مترمکب) است. پس بنابر آنچه بیان شد کمیت‌های فیزیکی از جنبه‌ای دیگر که داشتن یکای مستقل یا وابسته است به دو گروه اصلی و فرعی قابل تقسیم هستند. به جز هفت کمیت اصلی که در بالا ذکر شد، بقیه کمیت‌ها فرعی هستند.

مثال ۲

یکای دو کمیت تندی و شتاب را در دستگاه SI مشخص نمایید.

پاسخ

چون تندی عبارت است از حاصل تقسیم مسافت بر زمان یعنی  $\frac{\text{مسافت}}{\text{زمان}}$  و یکای مسافت متر و یکای زمان ثانیه است، پس یکای تندی متر بر ثانیه با نماد m/s است. شتاب نیز عبارت است از تغییرات سرعت در واحد زمان یعنی  $\frac{\text{تغییرات سرعت}}{\text{زمان}}$  و یکای سرعت متر بر ثانیه (m/s) است پس یکای شتاب متر بر ثانیه بر ثانیه  $(\frac{m}{s^2})$  یا متر بر مربع ثانیه  $(m/s^2)$  است.

چرا بعضی یکاها به نام دانشمندان است؟



در دستگاه SI گاهی نام یکایی را به افتخار و پاس خدمات علمی دانشمندی، به نام آن دانشمند نام‌گذاری می‌کنند که در چنین مواردی از حرف بزرگ اول نام او برای یکا استفاده می‌کنند. مثلاً تسلا یکای میدان مغناطیسی با نماد T و نیوتن یکای نیرو با نماد N.

مثال ۳

یکای نیوتن (N) را براساس یکاهای اصلی دستگاه SI بنویسید.

پاسخ

از علوم نهم و براساس قانون دوم نیوتن می‌دانیم که نیرو برابر است با حاصل ضرب جرم جسم (با یکای kg) در شتاب جسم (با یکای  $m/s^2$ ). پس:

$$N = \text{جرم} \times \text{شتاب} \Rightarrow N = \text{kg} \cdot m/s^2$$

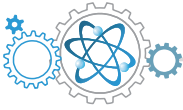
یکای طول

اولین تعریف ارائه و قرارداد شده برای متر یک ده میلیونیم فاصله قطب شمال تا استوا روی نصف‌النهاری بود که از پاریس می‌گذشت و این فاصله را با دو علامت بر روی میله‌ای از آلیاژ پلاتین و ایریدیم مشخص نمودند.

چرا یک ده میلیونیم؟ چرا پاریس و چرا میله‌ای از جنس پلاتین و ایریدیم؟



ده میلیونیم دلیل خاصی نداشته و می‌توانست هر انتخاب دیگری هم باشد. پاریس به این دلیل که جلسه اتخاذ تصمیم در پاریس منعقد بود و آلیاژی از پلاتین و ایریدیم چون انبساط و انقباض و خوردگی کمتری داشته باشد.



آیا هنوز هم از همان تعریف استفاده می‌شود؟



خیر. تعریف اولیه متر تا سال ۱۹۶۰ میلادی برقرار بود اما به دلیل نداشتن تمام ویژگی‌های لازم برای یکا بودن و عدم پاسخ‌گویی در علم روز، از ۱۹۸۳ تعریف دیگری برای طول بر اساس مسافت طی شده توسط نور در خلأ در زمانی معین ارائه شد که عبارت است از مسافتی

که نور در خلأ در مدت  $\frac{1}{299792458}$  s می‌پیماید (شکل ۴-۱).



راستی قضیه سال نوری چیست؟



در عمل همیشه نمی‌توانیم از متر استفاده کنیم. مثلاً یکایی نظیر سانتی‌متر برای اندازه‌گیری طول مداد به‌کار می‌رود. دو یکای طول مناسب برای فواصل بزرگ نجومی عبارتند از یکای نجومی با نماد AU (فاصله متوسط زمین و خورشید که حدود ۱۵۰ میلیون کیلومتر است) و سال نوری با نماد ly (مسافتی که نور در خلأ در مدت یک سال طی می‌کند).



**مثال ۴** تعیین کنید هر واحد AU و ly چند متر است؟

**پاسخ**

همان‌طور که پیش‌تر گفته شد، هر واحد نجومی حدود ۱۵۰ میلیون کیلومتر است. پس  $1 \text{ AU} = \frac{150 \times 10^6 \text{ km}}{1 \text{ AU}}$  و از طرف دیگر هر کیلومتر برابر است با پس:

$$\frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}} = 1$$

$$1 \text{ AU} = 1 \text{ AU} \times \left(\frac{150 \times 10^6 \text{ km}}{1 \text{ AU}}\right) \left(\frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}}\right) = 150 \times 10^6 \times 1000 \text{ m} = 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$$

هر سال نوری مسافتی است که نور در مدت یک سال در خلأ می‌پیماید. تندی نور در خلأ تقریباً برابر است با ۳۰۰۰۰۰ کیلومتر بر ثانیه.

$$1 \text{ ly} = (365 \text{ day}) \times \left(\frac{24 \text{ h}}{1 \text{ day}}\right) \times \left(\frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}}\right) \times 300000 \left(\frac{\text{km}}{\text{s}}\right) \times \left(\frac{1000 \text{ m}}{1 \text{ km}}\right) = 365 \times 24 \times 3600 \times 300000 \times 1000 \text{ m} \approx 9.5 \times 10^{15} \text{ m}$$



شکل (۱-۵)

**یکای جرم:** ابتدا لازم است بگویم که **جرم مقدار عددی سنگینی اجسام است.** مجمع SI سنگینی نمونه‌ای از آلیاژ پلاتین و ایریدیوم (شکل ۱-۵) را به‌طور قراردادی یک کیلوگرم نامید.



باز هم پلاتین و ایریدیوم؟! سبک‌تر یا سنگین‌تر از این نمی‌شد باشد؟



چرا می‌توانست و ابتدا کاملاً قراردادی بوده است اما ما نمی‌توانیم امروزه این انتخاب را دلخواه انجام دهیم. البته یک کیلوگرم معادل جرم ۱ لیتر آب خالص در دمای صفر درجه سلسیوس است.

**یکای زمان:** تا قبل از سال ۱۳۴۶ شمسی یکای زمان  $\frac{1}{86400}$  میانگین یک روز خورشیدی (زمان بین دو ظاهر شدن متوالی خورشید در بالاترین نقطه آسمان در هر روز) بود اما امروزه براساس نوسان‌های اتمی تعریف اصلاح گردیده است. در فیزیک بازه زمانی انجام یک رویداد مهم‌تر از زمان است. پس یکایی که برای اندازه‌گیری زمان انتخاب می‌شود باید قابلیت اندازه‌گیری زمان و بازه زمانی را به صورت توأم داشته باشد.

**تبدیل یکا:** یکاها نیز مانند اعداد معمولی ضرب و تقسیم می‌شوند. مطلبی که گفته شد این امکان را به ما می‌دهد تا به سادگی به روشی موسوم به روش زنجیره‌ای، یکاها را به یکدیگر تبدیل کنیم. به عنوان مثال وقتی می‌گوییم  $1 \text{ m} = 100 \text{ cm}$  به این معنی نیست که ۱ برابر است با ۱۰۰! بدین معنی است که ۱ متر همان مقداری از طول است که ۱۰۰ سانتی‌متر است. پس نسبت  $\frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} = \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} = 1$ . این نسبت که مقدار آن برابر است با یک، **ضریب تبدیل** برای تبدیل یکای سانتی‌متر به متر و برعکس است. در تبدیل یکا به روش زنجیره‌ای باید از ضریب تبدیلی استفاده کنیم که یکایی را که می‌خواهیم به‌وجود



بیاوریم در صورت و یکایی که می‌خواهیم از بین ببریم در مخرج آن قرار داشته باشد. به عنوان مثال می‌خواهیم  $5^{\circ}$  سانتی‌متر را به متر تبدیل کنیم. عدد  $5^{\circ}$  را در ضریب تبدیل یکا ضرب می‌کنیم.

$$5^{\circ} \text{cm} \times \frac{1 \text{m}}{100 \text{cm}}$$

ضریب تبدیلی انتخاب کردیم که سانتی‌متر در مخرج و متر در صورت قرار داشته باشد. سانتی‌متر از صورت و مخرج کسر ساده می‌شود و می‌ماند:

$$5^{\circ} \times \frac{1 \text{m}}{100} = 0.05 \text{m}$$

### مثال ۵

اگر هر ۳ آنگستروم با نماد  $\text{\AA}$  (یکایی غیر SI از طول که در مقیاس‌های اتمی بیش‌تر کاربرد دارد و  $1 \text{\AA} = 10^{-10} \text{m}$ ) را یکای جدیدی با نماد H بنامیم تعیین کنید تندی  $72$  کیلومتر بر ساعت چند  $\text{H/min}$  است؟

### پاسخ

ضرایب تبدیل مورد نیاز عبارتند از:

$$1 = \frac{1000 \text{m}}{1 \text{km}} = \frac{1 \text{\AA}}{10^{-10} \text{m}} = \frac{1 \text{h}}{60 \text{min}} = \frac{1 \text{H}}{3 \text{\AA}}$$

$$72 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 72 \left( \frac{\text{km}}{\text{h}} \right) \times \left( \frac{1000 \text{m}}{1 \text{km}} \right) \times \left( \frac{1 \text{\AA}}{10^{-10} \text{m}} \right) \times \left( \frac{1 \text{H}}{3 \text{\AA}} \right) \times \left( \frac{1 \text{h}}{60 \text{min}} \right) = \frac{72 \times 1000}{10^{-10} \times 3 \times 60} \frac{\text{H}}{\text{min}} = 4 \times 10^{12} \text{H/min}$$

**سازگاری یکاها با هم:** در محاسبات باید توجه کنیم که مقادیر کمیت‌ها با یکاهای SI باشد. مثلاً نمی‌توان در رابطه **شتاب**  $\times$  **جرم** = **نیرو**، جرم را بر حسب مثقال قرار دهیم و شتاب را بر حسب سانتی‌متر بر مربع ساعت قرار دهیم و انتظار داشته باشیم نیرو بر حسب نیوتن به دست آید!

آقا من دیده بودم گاهی معلم علوم تبدیل یکا نمی‌کرد. چرا؟

در موارد خاصی تبدیل نکردن ایرادی به محاسبات وارد نمی‌کند و به تجربه این موارد را خواهید آموخت اما در حالت کلی چنین نیست و بهتر است همواره اصل را بر عددگذاری براساس یکاهای SI قرار دهید.

**نگارش توان ۱۰ و نماد علمی:** موارد زیادی پیش می‌آید که با اعداد بسیار بزرگ یا بسیار کوچک سر و کار داریم که خواندن و نوشتن و محاسبه کردن با آنها کاری سخت است. در چنین مواردی از شیوه‌ای موسوم به نماد علمی بهره می‌بریم. در این شیوه عدد را به صورت  $m \times 10^n$  می‌نویسیم که  $m$  یک عدد حقیقی است به طوری که  $(1 \leq m \leq 10)$  و  $n$  نیز یک عدد صحیح است. در عدد اولیه ممیز را به هر تعداد که بخواهیم عقب یا جلو برده و این تعداد ارقام جابه‌جایی ممیز را با توانی مثبت برای جبران عقب بردن ممیز و یا منفی برای جبران جلو بردن ممیز در بالای  $10$  می‌نویسیم.

اگر عدد ممیز نداشته باشد چه کنیم؟

هیچی خودمون یک ممیز در انتهای سمت راست جلوی تمام ارقام می‌گذاریم.

### مثال ۶

اعداد  $98,700,000,000,000 \text{J}$  و  $0.000,000,000,00987 \text{s}$  را به صورت نماد علمی بیان کنید.

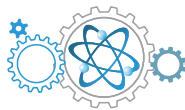
### پاسخ

$$0.00000000000987 \text{s} = 9.87 \times 10^{-12} \text{s}$$

ممیز جلو رفته و توان منفی است.

$$98700000000000 = 9.87 \times 10^{13} \text{J}$$

ممیز عقب رفته و توان مثبت است.



**پیشوندهای SI:** گرچه نگارش توان  $10^1$  شیوه بسیار کارآمد در فشرده‌سازی بیان و نگارش اعداد است اما در فیزیک از این هم جلوتر رفته‌ایم و با ابداع و قرار دادن نام برای برخی از توان‌های  $10^1$ ، اعداد و نتایج اندازه‌گیری‌ها را از این هم فشرده‌تر و خلاصه‌تر می‌کنند. این پیشوندها در جدول زیر معرفی شده‌اند و البته تعدادی از آنها رواج بیشتری داشته و متداول‌ترند.

نماد	پیشوند	ضریب	نماد	پیشوند	ضریب
y	یوکتو	$10^{-24}$	Y	یوتا	$10^{24}$
z	زپتو	$10^{-21}$	Z	زتا	$10^{21}$
a	آتو	$10^{-18}$	E	اِگزا	$10^{18}$
f	فمتو	$10^{-15}$	P	پتا	$10^{15}$
p	پیکو	$10^{-12}$	T	ترا	$10^{12}$
n	نانو	$10^{-9}$	G	گیگا (جیگا)	$10^9$
$\mu$	میکرو	$10^{-6}$	M	میگا	$10^6$
m	میلی	$10^{-3}$	k	کیلو	$10^3$
c	سانتی	$10^{-2}$	h	هکتو	$10^2$
d	دسی	$10^{-1}$	da	دکا	$10^1$

جدول ۱-۲

**مثال ۷** اعداد مثال ۶ را با استفاده از پیشوندهای SI بازنویسی کنید.

پاسخ

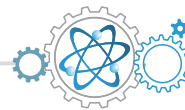
$$9,87 \times 10^{-12} \text{s} \times \frac{1 \text{ ps}}{10^{-12} \text{s}} = 9,87 \text{ ps}$$

$$9,87 \times 10^{13} \text{s} \times \frac{1 \text{ TJ}}{10^{12} \text{J}} = 98,7 \text{ TJ}$$

همان‌طور که ملاحظه کردید از ترکیب نگارش  $10^1$  و پیشوندها، خلاصه‌سازی به اوج می‌رسد.

بیشتر بدانید:

جرم ذراتی مانند اتم، الکترون، پروتون و... بسیار کمتر از آن هستند که با کیلوگرم استاندارد قابل مقایسه باشند. به همین منظور برای سنجش جرم این ذرات از یکای دیگری به نام یکای جرم اتمی استفاده می‌شود. این یکا عبارت است از  $\frac{1}{12}$  جرم اتم کربن  $^{12}\text{C}$  و آن را با  $u$  نشان می‌دهند. برای تبدیل این یکا به کیلوگرم از نسبت  $1 \text{ u} = 1,66053886 \times 10^{-27} \text{ kg}$  استفاده می‌شود.



پرسش‌های تشریحی

گام ۱ تسلط بر مفاهیم اولیه فیزیک

۱. اهمیت مطالعه فیزیک در چیست؟

۲. فیزیک‌دانان برای توصیف پدیده‌های طبیعی چه می‌کنند؟

۳. چه زمانی مدل یا نظریه‌ای در فیزیک نیاز به بازنگری دارد؟

۴. کدام ویژگی در علم فیزیک نقطه قوت این علم محسوب می‌شود؟

۵. چه تفاوتی بین قانون و اصل فیزیکی وجود دارد؟ از هر کدام مثالی ذکر کنید.

۶. منظور از مدل‌سازی در فیزیک چیست؟ یک مثال از مدل‌سازی بنویسید.

۷. آیا در بررسی سقوط برگ از درخت می‌توانیم از نیروی مقاومت هوا چشم‌پوشی کنیم؟ چرا؟

گام ۲ تسلط بر انواع کمیت‌ها و SI

۸. جدول زیر را با علامت  $\checkmark$  کامل کنید.

کمیت	نرده‌ای	برداری
طول		
سرعت		
شتاب		
تندی		

۹. یکای اندازه‌گیری چیست و دو ویژگی که باید برای تعریف یکای اندازه‌گیری در نظر گرفت چیست؟

۱۰. چرا تعیین یکای مستقل برای هر کمیت فیزیکی غیرممکن است؟

۱۱. جدول زیر را با علامت  $\checkmark$  کامل کنید.

یکای فیزیکی	اصلی	فرعی
متر		
درجه سلسیوس		
مول		
کیلوگرم		
نیوتن		

۱۲. چه تفاوتی بین یکای اصلی و فرعی وجود دارد؟

۱۳. دو تعریف اولیه متر در SI را بیان کنید.

۱۴. در گذشته به فاصله بین نوک انگشت تا بازو، کویت گفته می‌شد.

این یکای اندازه‌گیری چه مزایا و معایبی دارد؟

۱۵. تعریف اولیه ثانیه چه بود؟ چرا می‌بایست این تعریف را تغییر می‌دادند؟

۱۶. بازه زمانی چیست؟

۱۷. الف) آهنگ تغییرات به چه معنی است؟ ب) وقتی می‌گوییم

آهنگ شارش آب از لوله برابر ۲ لیتر بر دقیقه است، منظورمان

چیست؟

گام ۳ تسلط بر نماد علمی و تبدیل یکا

۱۸. چرا در فیزیک برای نوشتن اعداد از شیوه نماد گذاری علمی استفاده می‌کنیم؟

۱۹. وقتی اندازه یک کمیت را به شیوه نماد علمی می‌نویسیم، چند بخش باید در آن وجود داشته باشد؟

۲۰. اعداد زیر را به شیوه نماد علمی بنویسید:

(۱) ۶۷۸۰۰۰      (۲) ۳۸۹۵/۴۶

(۳) ۰/۰۰۵۸۶      (۴) ۰/۰۰۰۰۱۸۷

۲۱. اعداد زیر را که به کمک توان‌های عدد ده نوشته شده‌اند، به صورت عدد معمولی بنویسید:

(۱)  $۲۶ \times ۱۰^۵$       (۲)  $۱۶۷ \times ۱۰^۳$

(۳)  $۹/۷ \times ۱۰^۲$       (۴)  $۳۵۴ \times ۱۰^{-۴}$

(۵)  $۳/۵۴ \times ۱۰^{-۳}$

۲۲. محاسبات زیر را انجام داده و نتیجه را به صورت نماد علمی بنویسید:

(۱)  $۲/۴ \times ۱۰^۲ + ۳/۷ \times ۱۰^۳$

(۲)  $۵۱/۶۴ \times ۱۰^{-۳} + ۲/۱۸ \times ۱۰^{-۱}$

(۳)  $۳ \times ۱۰^۲ (۱ + ۲ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۰۰)$

(۴)  $\frac{۲ \times ۱۰^۴ + ۵ \times ۱۰^۳}{۴ \times ۱۰^{-۲}}$

۲۳. اعداد زیر را برحسب یکای خواسته شده نوشته و حاصل را به شیوه نماد علمی بنویسید.

(۱)  $۶۴۰۰ \text{ km} = \dots \text{ cm}$

(۲)  $۱ \times ۱۰^۸ \text{ cm} = \dots \text{ nm}$

(۳)  $۱/۱ \times ۱۰^{-۵} \text{ kg} = \dots \mu\text{g}$

(۴)  $۳/۱۵ \times ۱۰^۷ \text{ s} = \dots \text{ min}$





$$220 \text{ L} \rightarrow \text{cm}^3 \quad (6)$$

$$1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \rightarrow \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (8)$$

$$60 \text{ mm}^2 \rightarrow \text{dam}^2 \quad (5)$$

$$72 \frac{\text{km}}{\text{h}} \rightarrow \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (7)$$

$$1200 \frac{\text{g}}{\text{L}} \rightarrow \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (9)$$

۳۲. زمین تقریباً کروی شکل است و شعاع آن حدود  $6/4 \times 10^6 \text{ m}$  است.

(الف) شعاع کره زمین را بر حسب کیلومتر به دست آورید.

(ب) مساحت کره زمین را بر حسب  $\text{km}^2$  به دست آورید.

(پ) حجم کره زمین را بر حسب  $\text{km}^3$  به دست آورید.

۳۳. یک میکرومتر را اغلب میکرون می نامند.

(الف) یک کیلومتر چند میکرون است.

(ب) یک اینچ چند میکرون است. (هر اینچ را  $2/54 \text{ cm}$  فرض کنید)

۳۴. اگر هر اینچ برابر ۶ پیکا باشد و هر پیکا برابر ۱۲ پوینت، فاصله تهران تا قم که حدود ۱۴۰ کیلومتر است، چند پیکا و چند پوینت است؟

۳۵. طول پل خواجه در شهر اصفهان  $133 \text{ m}$  و پهنای آن  $12 \text{ m}$  است. این ابعاد را به یارد تبدیل کنید. (هر یارد  $0/9144$  متر است)

۳۶. یک کالری تقریباً برابر است با  $4/2 \text{ J}$ . توان مصرفی بدن هنگام پیاده روی با سرعت کم  $16 \text{ kJ/min}$  است. این توان را بر حسب  $\text{cal/s}$  محاسبه کنید.

۳۷. هر اسب بخار حدود  $746 \text{ W}$  است. توان موتور خودروی ۲۰۶ تیپ ۲ برابر ۷۵ است بخار اسب و توان موتور خودروی ۲۰۶ تیپ ۵ برابر ۱۱۰ اسب بخار است. توان ۲۰۶ تیپ ۵ چند وات بیش تر از توان ۲۰۶ تیپ ۲ است.

۲۴. با توجه به اینکه هر مثقال  $4/86$  گرم است و اطلاعات زیر، به پرسش های مطرح شده پاسخ دهید:

۱ خروار =  $100$  من تبریز

۱ من تبریز =  $40$  سیر =  $640$  مثقال

۱ مثقال =  $24$  نخود =  $96$  گندم

۱) یک من تبریز و یک خروار هر کدام چند کیلوگرم هستند؟

۲) هر سیر و هر نخود و هر گندم چند گرم هستند؟

۲۵. از لوله ای، آب با آهنگ  $100 \text{ cm}^3/\text{s}$  خارج می شود. از این لوله در هر دقیقه چند لیتر آب خارج می شود؟

۲۶. مساحت کره زمین چند هکتار است؟ (شعاع کره زمین را  $6400$  کیلومتر فرض کنید).

۲۷. هر قیراط معادل  $200$  گرم است. اگر جرم الماس دریای نور  $182$  قیراط و کوه نور  $108$  قیراط باشد، جرم آنها را بر حسب گرم بیان کنید.

۲۸. قد شخصی هنگام تولد  $50$  سانتی متر و قد او پس از این که به سن  $18$  سالگی می رسد برابر است با  $180$  سانتی متر است. آهنگ رشد قد او را بر حسب نانومتر بر ثانیه بیان کنید.

۲۹. هواپیمایی در ارتفاع  $20000$  پا (فوت) از سطح زمین در حال پرواز است. ارتفاع هواپیما از سطح زمین را بر حسب متر و کیلومتر به دست آورید.

۳۰. گره دریایی یکای تندی شناورها است. هر گره دریایی برابر است با  $0/5144$  متر بر ثانیه. یک کشتی با تندی  $10$  گره در حال حرکت است. آن را بر حسب کیلومتر بر ساعت و متر بر ثانیه و مایل بر ساعت به دست آورید. (هر مایل دریایی برابر است با  $1852$  متر)

۳۱. تبدیل یکاهای زیر را انجام دهید:

$$100 \mu\text{m} \rightarrow \text{nm} \quad (2)$$

$$250 \text{ km} \rightarrow \text{Mm} \quad (1)$$

$$1500 \text{ cm}^3 \rightarrow \mu\text{m}^3 \quad (4)$$

$$0/8 \text{ mA} \rightarrow \mu\text{A} \quad (3)$$



۱۰. زیرا اولاً تعداد کمیت‌های فیزیکی بسیار زیاد است و ثانیاً بیش‌تر آنها به هم مربوط هستند.

۱۱.

یکای فیزیکی	اصلی	فرعی
متر	✓	
درجه سلسیوس		✓
مول	✓	
کیلوگرم	✓	
نیوتن		✓

۱۲. یکاهای اصلی به‌طور مستقل از یکدیگر تعریف می‌شوند ولی یکاهای فرعی براساس یکاهای اصلی تعریف می‌شوند.

۱۳. در ابتدا یکای طول یعنی متر به‌صورت یک ده میلیونیم فاصله استوا تا قطب شمال تعریف شد. پس از آن یک متر برابر مسافتی تعریف شد که نور در مدت زمان  $\frac{1}{299792458}$  ثانیه در خلأ طی می‌کند.

۱۴. مزیت این یکا این است که همیشه در دسترس است. ولی عیب این یکا این است که از شخصی به شخص دیگر تغییر می‌کند.

۱۵. ثانیه ابتدا به‌صورت  $\frac{1}{86400}$  طول شبانه‌روز تعریف شد. باید تغییر می‌کرد زیرا امروزه می‌دانیم که طول شبانه‌روز در حال تغییر است.

۱۶. به مدت زمان بین شروع و پایان یک رویداد بازه زمانی گفته می‌شود.

۱۷. الف) به تغییر هر کمیت در یک بازه زمانی معین آهنگ تغییر آن کمیت گفته می‌شود.

ب) یعنی در هر دقیقه ۲ لیتر آب از هر مقطع آن لوله عبور می‌کند.

۱۸. برخی اوقات پس از اندازه‌گیری به اعداد بسیار بزرگ یا بسیار کوچک برخورد می‌کنیم. برای سهولت در خواندن و نوشتن و پرهیز از اشتباه محاسباتی از نمادگذاری علمی استفاده می‌کنیم.

۱۹. سه بخش، بخش اول عددی بین یک تا ده، بخش دوم توان صحیح ده و بخش سوم یکای کمیت. مثلاً  $1.04 \times 10^4 \text{ m}$ .

۲۰.

۱)  $678000 = 6.78 \times 10^5$

۲)  $3895.46 = 3.89546 \times 10^3$

۳)  $0.00586 = 5.86 \times 10^{-3}$

۴)  $0.0000187 = 1.87 \times 10^{-5}$

۱)  $26 \times 10^5 = 2600000$

۲)  $167 \times 10^3 = 167000$

۳)  $9.7 \times 10^2 = 97 \times 10^1 = 970$

۲۱.

۱. مطالعه و یادگیری فیزیک به این دلیل اهمیت دارد که فیزیک پایه تمام علوم مهندسی و فناوری‌هایی است که به‌طور مستقیم یا غیرمستقیم در زندگی ما نقش دارند.

۲. فیزیک‌دانان پدیده‌های طبیعی را مشاهده می‌کنند و می‌کوشند نظم خاصی بین آنها پیدا کنند. دانشمندان برای توصیف پدیده‌های مورد بررسی اغلب از قانون، مدل و نظریه فیزیکی استفاده می‌کنند.

۳. مدل‌ها و نظریه همواره معتبر نیستند و این امکان وجود دارد که نتایج آزمایش‌های جدید منجر به بازنگری مدل یا نظریه‌ای شود و حتی نظریه‌ای جدید جایگزین آن شود.

۴. ویژگی آزمون‌پذیری و اصلاح نظریه‌ها

۵. دامنه قوانین فیزیکی بسیار وسیع است مانند قوانین نیوتن که در علوم نهم با آنها آشنا شدید ولی دامنه اصل محدودتر است و عمومیت کم‌تری دارد مانند اصل پاسکال که با آن هم در علوم نهم آشنا شده‌اید.

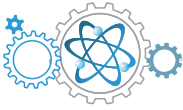
۶. مدل‌سازی در فیزیک فرایندی است که طی آن یک پدیده فیزیکی ساده و آرمانی می‌شود تا امکان بررسی و تحلیل آن فراهم شود. به عنوان مثال حرکت یک توپ را در نظر بگیرید. روی توپ برجستگی‌هایی وجود دارد و هنگام حرکت به دور خودش می‌چرخد. هم‌چنین نیروی مقاومت هوا نیز بر روی آن تأثیرگذار است. برای مدل‌سازی آن را یک نقطه فرض می‌کنیم و از مقاومت هوا چشم‌پوشی می‌کنیم.

۷. خیر زیرا هنگام مدل‌سازی یک پدیده فیزیکی تنها می‌توانیم از آثار جزئی چشم‌پوشی کنیم و نمی‌توانیم از آثار تعیین‌کننده صرف‌نظر کنیم. مقاومت هوا روی حرکت برگ تأثیر زیادی دارد. به‌طوری‌که در غیاب آن برگ بسیار سریع‌تر به زمین می‌رسد.

۸.

کمیت	نرده‌ای	برداری
طول	✓	
سرعت		✓
شتاب		✓
تندی	✓	

۹. یکای اندازه‌گیری مقدار معینی از یک کمیت است. وقتی یکایی را انتخاب می‌کنیم باید دارای دو ویژگی تغییرناپذیری و قابلیت باز تولید باشد.



۲۷

$$\text{دریای نور: } ۱۸۲ \times \frac{۲۰۰ \text{ mg}}{۱ \text{ قیراط}} \times \frac{۱۰^{-۳} \text{ g}}{۱۰ \text{ mg}} = ۳,۶۴ \times ۱۰^۱ \text{ g}$$

$$\text{کوه نور: } ۱۰۸ \times \frac{۲۰۰ \text{ mg}}{۱ \text{ قیراط}} \times \frac{۱۰^{-۳} \text{ g}}{۱ \text{ mg}} = ۲,۱۶ \times ۱۰^۱ \text{ g}$$

۲۸. ابتدا آهنگ رشد قد او را بر حسب سال/cm حساب می‌کنیم.

$$\frac{۱۸۰ \text{ cm} - ۵۰ \text{ cm}}{۱۸} = ۷,۲ \text{ cm / سال}$$

حال (سال / cm) را به (nm/s) تبدیل می‌کنیم:

$$۷,۲ \frac{\text{cm}}{\text{سال}} \times \frac{۱۰^{-۲} \text{ m}}{۱ \text{ cm}} \times \frac{۱ \text{ nm}}{۱۰^{-۹} \text{ m}} \times \frac{۱ \text{ year}}{۸۶۴۰۰ \text{ s}} = ۸۳۳,۳ \text{ nm/s}$$

$$\approx ۸,۳ \times ۱۰^۲ \text{ nm/s}$$

$$۲۰۰۰۰ \times \frac{۱۲ \text{ inch}}{۱ \text{ پا}} \times \frac{۲,۵۴ \text{ cm}}{۱ \text{ inch}} \times \frac{۱۰^{-۲} \text{ m}}{۱ \text{ cm}} = ۶,۰۹۶ \times ۱۰^۳ \text{ m}$$

$$= ۶,۰۹۶ \text{ km} \approx ۶,۱ \text{ km}$$

$$۱۰ \times \frac{۰,۵۱۴۴ \text{ m/s}}{۱ \text{ گره}} = ۵,۱۴۴ \text{ m/s}$$

$$۵,۱۴۴ \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{۱ \text{ km}}{۱۰^۳ \text{ m}} \times \frac{۳۶۰۰ \text{ s}}{۱ \text{ h}} = ۱,۸۵۲ \text{ km/h}$$

$$۵,۱۴۴ \frac{\text{m}}{\text{s}} \times \frac{۱ \text{ mile}}{۱۸۵۲ \text{ m}} \times \frac{۳۶۰۰ \text{ s}}{۱ \text{ h}} = ۹,۹۹۹ \text{ mile/h} \approx ۱۰ \text{ mile/h}$$

۲۹

۳۰

۳۱

$$۱) ۲۵۰ \text{ km} \times \frac{۱۰^۳ \text{ m}}{۱ \text{ km}} \times \frac{۱ \text{ Mm}}{۱۰^۶ \text{ m}} = ۲۵۰ \times ۱۰^{-۳} \text{ Mm} = ۲,۵۰ \times ۱۰^{-۱} \text{ Mm}$$

$$۲) ۱۰۰ \mu\text{m} \times \frac{۱۰^{-۶} \text{ m}}{۱ \mu\text{m}} \times \frac{۱ \text{ nm}}{۱۰^{-۹} \text{ m}} = ۱۰۰ \times ۱۰^۳ \text{ nm} = ۱,۰۰ \times ۱۰^۵ \text{ nm}$$

$$۳) ۰,۸ \text{ mA} \times \frac{۱۰^{-۳} \text{ A}}{۱ \text{ mA}} \times \frac{۱ \mu\text{A}}{۱۰^{-۶} \text{ A}} = ۰,۸ \times ۱۰^۳ \mu\text{A} = ۸ \times ۱۰^۲ \mu\text{A}$$

$$۴) ۱۵۰۰ \text{ cm}^۳ \times \left(\frac{۱۰^{-۲} \text{ m}}{۱ \text{ cm}}\right)^۳ \times \left(\frac{۱ \mu\text{m}}{۱۰^{-۶} \text{ m}}\right)^۳ = ۱,۵۰۰ \times ۱۰^۳ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰^{۱۸} \mu\text{m}^۳ = ۱,۵۰۰ \times ۱۰^{۱۵} \mu\text{m}^۳$$

$$۵) ۶۰ \text{ mm}^۲ \times \left(\frac{۱۰^{-۳} \text{ m}}{۱ \text{ mm}}\right)^۲ \times \left(\frac{۱ \text{ dam}}{۱۰^۰ \text{ m}}\right)^۲ = ۶,۰ \times ۱۰^۱ \times ۱۰^{-۶} \times ۱۰^{-۲} \text{ dam}^۲ = ۶,۰ \times ۱۰^{-۷} \text{ dam}^۲$$

$$۶) ۲۲ \cdot \text{L} \times \frac{۱۰۰۰ \text{ cm}^۳}{۱ \text{ L}} = ۲,۲۰ \times ۱۰^۲ \times ۱۰^۳ \text{ cm}^۳ = ۲,۲۰ \times ۱۰^۵ \text{ cm}^۳$$

$$۷) ۷۲ \frac{\text{km}}{\text{h}} \times \frac{۱ \text{ h}}{۳۶۰۰ \text{ s}} \times \frac{۱۰^۳ \text{ m}}{۱ \text{ km}} = ۲۰ \text{ m/s}$$

$$۸) ۱ \frac{\text{g}}{\text{cm}^۳} \times \frac{۱۰^{-۳} \text{ kg}}{۱ \text{ g}} \times \left(\frac{۱ \text{ cm}}{۱۰^{-۲} \text{ m}}\right)^۳ = ۱ \times ۱۰^{-۳} \times ۱۰^۶ \text{ kg/m}^۳ = ۱۰۰۰ \text{ kg/m}^۳$$

$$۹) ۱۲۰۰ \frac{\text{g}}{\text{L}} = ۱,۲۰۰ \times ۱۰^۳ \frac{\text{g}}{\text{L}}$$

$$۱,۲۰۰ \times ۱۰^۳ \frac{\text{g}}{\text{L}} \times \frac{۱ \text{ kg}}{۱۰^۳ \text{ g}} \times \frac{۱۰^۳ \text{ L}}{۱ \text{ m}^۳} = ۱,۲۰۰ \times ۱۰^۳ \text{ kg/m}^۳$$

$$۴) ۳۵۴ \times ۱۰^{-۴} = ۰,۰۳۵۴$$

$$۵) ۳,۵۴ \times ۱۰^{-۳} = ۰,۰۰۳۵۴$$

$$۱) ۲,۴ \times ۱۰^۲ + ۳,۷ \times ۱۰^۳$$

$$= ۱۰^۲ (۲,۴ + ۳,۷ \times ۱۰) = ۱۰^۲ (۲,۴ + ۳۷)$$

$$= ۳۹,۴ \times ۱۰^۲ = ۳,۹۴ \times ۱۰^۳$$

$$۲) ۵۱,۶۴ \times ۱۰^{-۳} + ۲,۱۸ \times ۱۰^{-۱} = ۱۰^{-۱} (۵۱,۶۴ \times ۱۰^{-۲} + ۲,۱۸)$$

$$= ۱۰^{-۱} (۰,۵۱۶۴ + ۲,۱۸) = ۲,۶۹۶۴ \times ۱۰^{-۱}$$

$$۳) ۳ \times ۱۰^۲ (۱ + ۲ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۰۰) = ۳ \times ۱۰^۲ (۱ + ۲ \times ۱۰^{-۴} \times ۱۰^۲)$$

$$= ۳ \times ۱۰^۲ (۱ + ۲ \times ۱۰^{-۲}) = ۳ \times ۱۰^۲ + ۶ = ۳۰۰ + ۶ = ۳۰۶ = ۳,۰۶ \times ۱۰^۲$$

$$۴) \frac{۲ \times ۱۰^۴ + ۵ \times ۱۰^۲}{۴ \times ۱۰^{-۲}} = \frac{۱۰^۲ (۲ \times ۱۰^۲ + ۵)}{۴ \times ۱۰^{-۲}} = \frac{۱۰^۲ (۲۰۰ + ۵)}{۴ \times ۱۰^{-۲}}$$

$$\frac{۲۰۵ \times ۱۰^۲}{۴ \times ۱۰^{-۲}} = \frac{۲۰۵}{۴} \times ۱۰^۲ \times ۱۰^۲ = ۵۱,۲۵ \times ۱۰^۴ = ۵,۱۲۵ \times ۱۰^۵$$

۲۲

۲۳

$$۱) ۶۴۰۰ \text{ km} \times \left(\frac{۱۰۰۰ \text{ m}}{۱ \text{ km}}\right) \times \left(\frac{۱۰۰ \text{ cm}}{۱ \text{ m}}\right) = ۶۴۰۰۰۰۰۰ = ۶,۴ \times ۱۰^۸ \text{ cm}$$

$$۲) ۱ \times ۱۰^۸ \text{ cm} \times \frac{۱ \text{ m}}{۱۰۰ \text{ cm}} \times \frac{۱ \text{ nm}}{۱۰^{-۹} \text{ m}} = ۱ \times ۱۰^{۱۵} \text{ nm}$$

$$۳) ۱,۱ \times ۱۰^{-۵} \text{ kg} \times \frac{۱۰۰۰ \text{ g}}{۱ \text{ kg}} \times \frac{۱ \mu\text{g}}{۱۰^{-۶} \text{ g}} = ۱,۱ \times ۱۰^۴ \mu\text{g}$$

$$۴) ۳,۱۵ \times ۱۰^۷ \text{ s} \times \frac{۱ \text{ min}}{۶۰ \text{ s}} = ۵,۲۵ \times ۱۰^۵ \text{ min}$$

۲۴

$$۱) ۱ \text{ من تبریز} \times \frac{۶۴۰ \text{ منقال}}{۱ \text{ من تبریز}} \times \frac{۴/۸۶ \text{ g}}{۱ \text{ kg}} \times \frac{۱ \text{ kg}}{۱۰^۳ \text{ g}} = ۳,۱۱۰۴ \text{ kg}$$

$$۱۰۰ \text{ من تبریز} \times \frac{۳,۱۱۰۴ \text{ kg}}{۱ \text{ من تبریز}} \times \frac{۱ \text{ kg}}{۱۰^۳ \text{ g}} = ۳,۱۱۰۴ \times ۱۰^۵ \text{ kg}$$

$$۲) ۱ \text{ من تبریز} \times \frac{۳,۱۱۰۴ \text{ kg}}{۱ \text{ من تبریز}} \times \frac{۱۰^۳ \text{ g}}{۱ \text{ kg}} = ۳,۱۱۰۴ \times ۱۰^۵ \text{ g}$$

$$۱ \times \frac{۴/۸۶ \text{ g}}{۲۴ \text{ منقال}} \times \frac{۱ \text{ منقال}}{۱ \text{ منقال}} = ۲,۰۲۵ \times ۱۰^{-۱} \text{ g}$$

$$۱ \times \frac{۴/۸۶ \text{ g}}{۹۶ \text{ گندم}} \times \frac{۱ \text{ منقال}}{۱ \text{ منقال}} = ۵,۰۶۲۵ \times ۱۰^{-۲} \text{ g}$$

۲۵. هر لیتر ۱۰۰۰ سانتی متر مکعب است.

$$۱۰۰ \frac{\text{cm}^۳}{\text{s}} = \left(\frac{۱ \text{ L}}{۱۰^۳ \text{ cm}^۳}\right) \times \left(\frac{۶۰ \text{ s}}{۱ \text{ min}}\right) = ۶ \text{ L/min}$$

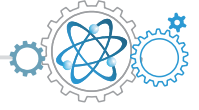
۲۶. اگر کره زمین را یک کره کامل فرض کنیم، مساحت آن از رابطه  $4\pi R^2$

محاسبه می‌شود. از طرفی هکتار به معنی هکتومتر مربع است.

$$A = 4\pi R^2 = 4 \times ۳,۱۴ \times (۶۴۰۰ \text{ km} \times \frac{۱۰^۳ \text{ m}}{۱ \text{ km}} \times \frac{۱ \text{ hm}}{۱۰^۲ \text{ m}})^2$$

$$\Rightarrow A = 4 \times ۳,۱۴ \times ۴,۰۹۶ \times ۱۰^۹ \text{ hm}^2$$

$$= ۵,۱۴۴ \times ۱۰^{۱۰} \text{ hm}^2 \approx ۵,۱ \times ۱۰^{۱۰} \text{ hm}^2$$



۳۵

$$۱۳۳ \text{ m} \times \frac{۱ \text{ yard}}{۰٫۹۱۴۴ \text{ m}} \approx ۱٫۴۵ \times ۱۰^۲ \text{ yard}$$

$$۱۲ \text{ m} \times \frac{۱ \text{ yard}}{۰٫۹۱۴۴ \text{ m}} \approx ۱٫۳۱ \times ۱۰^۱ \text{ yard}$$

$$۱۶ \frac{\text{kJ}}{\text{min}} \times \frac{۱۰^۳ \text{ J}}{۱ \text{ kJ}} \times \frac{۱ \text{ cal}}{۴٫۲ \text{ J}} \times \frac{۱ \text{ min}}{۶۰ \text{ s}} \approx ۶٫۳ \times ۱۰^۱ \text{ cal/s}$$

$$۱۱۰ \text{ hp} - ۷۵ \text{ hp} = ۳۵ \text{ hp}$$

$$۳۵ \text{ hp} \times \frac{۷۴۶ \text{ W}}{۱ \text{ hp}} \approx ۲٫۶ \times ۱۰^۴ \text{ W}$$

۳۶

۳۷

۳۲

الف)  $۶٫۴ \times ۱۰^۶ \times \frac{۱ \text{ km}}{۱۰^۳ \text{ m}} = ۶٫۴ \times ۱۰^۳ \text{ km}$

ب)  $A = ۴\pi R^۲ = ۴ \times ۳٫۱۴ \times (۶٫۱۴ \times ۱۰^۳ \text{ km})^۲ \Rightarrow A \approx ۵٫۱ \times ۱۰^۸ \text{ km}^۲$

پ)  $V = \frac{۴}{۳}\pi R^۳ = \frac{۴}{۳} \times ۳٫۱۴ \times (۶٫۱۴ \times ۱۰^۳ \text{ km})^۳ = ۱٫۱ \times ۱۰^۱۲ \text{ km}^۳$

۳۳

الف)  $۱ \text{ km} \times \frac{۱۰^۳ \text{ m}}{۱ \text{ km}} \times \frac{۱ \mu\text{m}}{۱۰^{-۶} \text{ m}} = ۱۰^۹ \mu\text{m}$

ب)  $۱ \text{ in} \times \frac{۲٫۵۴ \text{ cm}}{۱ \text{ in}} \times \frac{۱۰^{-۲} \text{ m}}{۱ \text{ cm}} \times \frac{۱ \mu\text{m}}{۱۰^{-۶} \text{ m}} = ۲٫۵۴ \times ۱۰^۴ \mu\text{m}$

۳۴

$$۱۴۰ \text{ km} \times \frac{۱۰^۳}{۱ \text{ km}} \times \frac{۱ \text{ cm}}{۱۰^{-۲} \text{ m}} \times \frac{۱ \text{ in}}{۲٫۵۴ \text{ cm}} \times \frac{۶ \text{ pica}}{۱ \text{ in}} \approx ۳٫۳ \times ۱۰^۷ \text{ pica}$$

$$۳٫۳ \times ۱۰^۷ \text{ pica} \times \frac{۱۲ \text{ po int}}{۱ \text{ pica}} \approx ۴٫۰ \times ۱۰^۸ \text{ po int}$$

