به نام خدا

مبانی فیزیک مکانیک

مولف : مریم رستمی

انتشارات ارسطو
(چاپ و نشر ایران)
۱۳۹۴

سرشناسه : رستمی، مریم، ۱۳۶۱ -
عنوان و نام پدیدآور: مبانی فیزیک مکانیک/ مولف مریم رستمی.
مشخصات نشر : مشهد: ارسطو، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری : ۱۵۳ ص.؛ جدول، مصور، نمودار.
شابک : ۱۰۰۰۰۰ ریال: ۳-۵۵-۷۵۵۸-۶۰۰-۹۷۸
وضعیت فهرست نویسی : فاپا
یادداشت : کتابنامه: ۱۵۳.
موضوع : فیزیک -- راهنمای آموزشی (عالی)
موضوع : فیزیک -- مسائل، تمرین‌ها و غیره (عالی)
رده بندی کنگره : ۱۳۹۴ ۲م۵ر/QC۳۲
رده بندی دیویی : ۵۳۰/۰۷۶
شماره کتابشناسی ملی : ۳۷۸۴۱۸۶

نام کتاب : مبانی فیزیک مکانیک
مولف : مریم رستمی
ناشر : ارسطو (با همکاری سامانه اطلاع رسانی چاپ و نشر ایران)
صفحه آرایی، تنظیم و طرح جلد: پروانه مهاجر
تیراژ : ۱۰۰۰ جلد
نوبت چاپ : اول - ۱۳۹۴
چاپ : مدیران
قیمت : ۱۲۰۰۰ تومان
فروش نسخه الکترونیکی - کتاب‌رسان :
https://chaponashr.ir/ketabresan
شابک : ۳ -۵۵-۷۵۵۸-۶۰۰-۹۷۸
تلفن مرکز پخش : ۰۹۱۲۰۲۳۹۲۵۵
www. chaponashr. ir

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول	۷
اندازه گیری	۷
فیزیک چیست ؟	۹
۱-۱-اندازه گیری :	۱۰
۱-۲-یکاها :	۱۱
۱-۳- دقت در اندازه گیری و نماد علمی	۱۱
۱-۴-تبدیل یکا	۱۶
تمرین :	۱۹
فصل دوم	۲۱
بردارها	۲۱
بردار چیست؟	۲۳
۲-۱-نمایش بردارها :	۲۳
۲-۲- روش هندسی جمع بردارها:	۲۵
۲-۳- ضرب بردارها	۴۰
تمرین:	۴۹
فصل ۳	۵۱
حرکت در امتداد خط راست	۵۱

حرکت چیست؟ ۵۳
۳-۱ جابه جایی و موقعیت : ۵۳
۳ – ۲ سرعت و تندی متوسط : ۵۶
۳ – ۳ سرعت لحظه ای : ۶۱
۳ – ۴- شتاب ۶۳
۳ – ۵ انواع حرکت ۶۵
۳-۶- نمودارهای مکان - زمان و سرعت – زمان حرکت شتابدار : ۷۴
۳ –۷ سقوط آزاد ۷۷
تمرین : ۸۳
فصل چهارم ۹۱
حرکت دو بعدی و سه بعدی ۹۱
حرکت در صفحه چیست؟ ۹۳
۴ – ۱ موقعیت و جابه جایی ۹۳
۴ – ۲ سرعت لحظه ای و سرعت متوسط ۹۶
۴ – ۳ شتاب متوسط و شتاب لحظه ای ۹۸
۴ – ۴ سرعت نسبی در یک بعد : ۹۹
۴ – ۵ سرعت نسبی در دو بعد : ۱۰۴
۴ – ۶ حرکت دایره ای : ۱۰۷
تمرین : ۱۱۲
فصل پنجم ۱۱۵
دینامیک و قوانین حرکت ۱۱۵
دینامیک چیست؟ ۱۱۷

۵-۱- قوانین حرکت ۱۲۰

۵-۲- معرفی نیروها : ۱۲۵

۵-۳ – طریقه حل مسائل دینامیک : ۱۳۲

۵-۴- وزن ظاهری ۱۴۴

تمرین: ۱۴۸

فصل ششم ۱۵۱

کار و انرژی ۱۵۱

انرژی چیست؟ ۱۵۳

۶-۱- انرژی جنبشی ۱۵۳

۶-۲- انرژی پتانسیل ۱۵۵

۶-۳- کار ۱۵۹

۶-۴- قضیه کار و انرژی ۱۶۳

۶-۵- کار نیروی گرانش ۱۶۶

۶-۶- کار انجام شده توسط نیروی متغیر ۱۶۸

۶-۷- کار انجام شده توسط نیروی فنر ۱۷۰

۶-۸ نیروهای پایستار و ناپایستار ۱۷۲

۶-۹- پایستگی انرژی ۱۷۵

تمرین ۱۸۱

فصل اول

اندازه گیری

فیزیک چیست ؟

دانشمندان در طول تاریخ، نوعی کنجکاوی و تحّیر کودکانه نسبت به طبیعت داشته اند و تمام سعی آنها بر این بوده است که نظم های نهفته در پدیده های گوناگون طبیعت را کشف کنند. علمی که به بررسی پدیده‌های طبیعت و کوشش در شناخت ماهیت بنیادین اشیا می‌پردازد، علم فیزیک نامیده می شود.

امروزه علم فیزیک به بررسی و مطالعه ی اجسام خیلی ریزی مثل الکترون ها ، پروتون‌ها و کوارک‌ها[1] تا اجسام خیلی بزرگی مثل منظومه شمسی، ستارگان و کهکشان ها می‌پردازند. سفر انسان به فضا یکی از رخدادهای هیجان انگیز و مثالی از کاربرد فیزیک است. وسایل و ماشین های مورد استفاده، از موشک های پرقدرت تا رایانه های داخل سفینه‌های فضایی توسط کسانی طراحی شده اند که چیزهای زیادی در مورد فیزیک می‌دانستند. مباحث فیزیک که بین سالهای ۱۶۰۰تا ۱۹۰۰میلادی تدوین شد فیزیک کلاسیک نامیده می‌شود که شامل سه شاخه می شود:

۱-مکانیک کلاسیک: که در آن حرکت ذرات و شاره ها بررسی می‌شود.

۲- ترمودینامیک : به مطالعه دما و انتقال گرما می پردازد.

۳- الکترومغناطیس: شامل الکتریسیته ، مغناطیس، امواج الکترو مغناطیسی و اپتیک است.

---

[1]:quark،یک ذره بنیادی است که پروتون ها و نوترونها از آن ساخته شده اند.

در اواخر قرن نوزدهم و اوایل قرن بیستم، دانشمندان با پدیده هایی روبرو شدند که با مفاهیم کلاسیک قابل توضیح نبودند . بنابراین نظریه های جدیدی مطرح شدند که فیزیک جدید را شکل دادند این نظریه ها عبارتند از :

۱- نسبت خاص: که رفتار ذرات با سرعت های بسیار زیاد را توضیح می‌دهد.
۲- مکانیک کوانتومی: که برای توضیح رفتار اتم ها و ذرات درون آنها به کار می‌رود.
۳- نسبت عام: که گرانش را با انحنای فضا و انحنا را با جرم مرتبط می‌دارد.

۱-۱-اندازه گیری :

فیزیک مجموعه ای است از اندازه گیری ها و رابطه بین نتیجه های آنها که نظریه ها و قانون‌های فیزیک را می‌سازند. در واقع فیزیک علم اندازه گیری است.اندازه گیری در زندگی روزمره انسان‌ها اهمیت زیادی دارد در زندگی روزانه کمیت های مختلفی را اندازه می‌گیریم. در خریدها با اندازه گیری جرم سرو کار داریم. سردی و گرمی اجسام، زمان و یا طول را اندازه می گیریم . از طرفی بسیاری از قانون های فیزیکی از طریق تجربه و اندازه گیری به دست آمده اند، به عنوان مثال رابرت هوک مشاهده کرد که با افزایش نیروی وارد بر فنر تغییر طول فنر هم افزایش می یابد و این تناسب بین نیروی کشسانی فنر و تغییر طول آن را به صورت یک قانون بیان کرد (رجوع کنید به بخش ۵-۲ نیروی کشسانی فنر). همچنین قانون های فیزیکی باید به کمک آزمایش و اندازه‌گیری مورد تایید قرار گیرد بنابراین اگر نتوانیم کمیتی را اندازه گیری کنیم از آن چیز معنا داری نمی‌دانیم.

۱-۲-یکاها :

برای مقایسه اندازه گیری ها باید به هر کمیت یک یکا نسبت دهیم . یکای هر کمیت مقدار معینی از آن کمیت است که باید همواره قابل دسترس باشد ، ثابت باشد و با دقت زیادی قابل اندازه گیری باشد . هر اندازه گیری بدون بیان یکای آن بی معناست به عنوان مثال اگر نتیجه حاصل از یک اندازه گیری را به صورت ۲ بیان کنیم هیچ برداشت خاصی از این اندازه گیری نداریم اما اگر آن را به صورت ۲متر یا ۲کیلوگرم بیان کنیم به راحتی می توان متوجه شد که این اندازه گیری به ترتیب طول یک جسم یا جرم یک جسم را نشان میدهد .

در سال ۱۹۷۱،سازمان بین المللی اوزان و مقیاس ها برای کمیت های طول، جرم ، زمان، دما، شدت جریان الکتریکی و مقدار ماده یکا تعریف کرد و این کمیت ها را کمیت‌های اصلی (پایه) نامید.این مجموعه یکاها که مورد توافق بین المللی قرار گرفته است دستگاه بین المللی یکاها یا SIنامیده می شود . در این دستگاه یکای کمیت های اصلی به ترتیب متر (m)، کیلوگرم (kg)، ثانیه (s)، کلوین (k)، آمپر(A)، و مول (mol) تعریف می شوند.

یکای سایر کمیت ها با کمک قوانین فیزیکی و کمیت های اصلی تعریف می شوند که به آنها کمیت های فرعی گفته می شوند . مثلا یکای سرعت m/s(متر بر ثانیه است) که بر اساس یکاهای اصلی متر (m)و ثانیه (s)بیان می شود .

۱-۳- دقت در اندازه گیری و نماد علمی

نتایج اندازه گیری ها همواره با تقریب همراه هستند.دقت در اندازه گیری ها به دقت شخص و دقت وسیله اندازه گیری بستگی دارد . دقت اندازه گیری کمترین مقداری است

که هر وسیله اندازه گیری میتواند اندازه گیری کند . به عنوان مثال اگر برای اندازه‌گیری جرم یک جسم از وزنه های کیلوگرمی استفاده کنیم دقت ما در حد کیلوگرم است و نمی‌توان برای بیان نتیجه ی اندازه گیری از واحدی کوچکتر از کیلوگرم استفاده کرد.

برای بیان اعداد بسیار بزرگ یا بسیار کوچک از نماد علمی استفاده می کنیم که در آن از توان‌های ۱۰استفاده می کنیم .

برای نوشتن اعداد باکمک نماد علمی آن را به صورت حاصلضرب عددی بین ۱تا ۱۰در توانهای مثبت یا منفی ۱۰می نویسیم . به عنوان مثال :

$$۱۲۰۰۰۰۰۰۰۰ \text{ m} = ۱/۲ \times ۱۰^{۱۰} \text{ m}$$

و یا

$$۰/۰۰۰۰۰۰۵۸۹۳ \text{ kg} = ۵/۸۹۳ \times ۱۰^{-۷} \text{ kg}$$

برای اعداد بزرگ از توان‌های مثبت و برای اعداد کوچک از توانهای منفی استفاده می‌شود. در مثال بالا عدد اول را به صورت ۱/۲ که عددی بین ۱ تا ۱۰ می باشد انتخاب کرده ایم و به تعداد ارقامی که بعد از ممیز قرار می گیرند یعنی ۱۰ رقم توان ۱۰ قرار می‌دهیم.

همانطور که گفتیم برای اندازه‌گیری طول از واحد متر استفاده می‌شود اما در برخی موارد طولی که اندازه میگیریم بسیار کوچکتر از متر است بنابراین باید یکای کوچک‌تری را انتخاب کنیم در SI یکاهای کوچکتر را با تقسیم یکای اصلی بر توانهای ۱۰به دست می‌آوریم برای یکاهای بزرگتر نیز یکاهای مربوطه را در توانهایی از ۱۰ضرب می کنند. بعنوان مثال برای تبدیل کیلوگرم به گرم آن را در ۱۰۰۰ ضرب می کنیم و برعکس برای تبدیل گرم به کیلوگرم آن را بر ۱۰۰۰ تقسیم می کنیم. این یکاهای بزرگتر یا

کوچکتر را با پیشوندهایی نام گذاری می‌کنند که در جدول ۱-۱آمده است. پیشوندهای متداول‌تر با حروف سیاه نشان داده شده است این پیشوندها به ساده نویسی در اندازه‌گیری‌ها کمک می‌کند.

پیشوند	ضریب	نماد
یوکتو	10^{-24}	y
زپتو	10^{-21}	z
آتو	10^{-18}	a
فمتو	10^{-15}	f
پیکو	10^{-12}	**p**
نانو	10^{-9}	**n**
میکرو	10^{-6}	**μ**
میلی	10^{-3}	**m**
سانتی	10^{-2}	**c**
دسی	10^{-1}	**d**
دکا	۱۰	da
هکتو	10^{2}	h
کیلو	10^{3}	**K**
مگا	10^{6}	**M**
گیگا	10^{9}	**G**
ترا	10^{12}	T
پتا	10^{15}	P
اکسا	10^{18}	E
زتا	10^{21}	Z

یوتا	10^{24}	Y

جدول ۱-۱: پیشوندهای یکاهایSI

به عنوان مثال اگر جرم جسمی ۰/۰۰۰۰۰۲۵g اندازه گیری شود با کمک نماد علمی این عدد به صورت $2/5\times10^{-6}$gr و با استفاده از پیشوندها به صورت 2/5μgr نوشته می‌شود. به مثال‌های زیر توجه کنید:

$12/8\times10^{-9}=12/8ns$

$2/37\times10^{6}w=2/37Mw$

$3\times10^{-3}m=3mm$

مثال۱) میکرومتر ($10^{-6}m=1\mu m$)را غالباً میکرون نیز می‌نامند. 15/45 متر بر حسب میکرون چقدر است؟

حل) برای تبدیل یکای بزرگ به کوچک‌تر از تقسیم و برای تبدیل یکای کوچکتر به بزرگتر از ضرب استفاده می‌کنیم.

$\frac{15/45}{10^{-6}}=$ 15/45×۱۰^{۶}μm

اندازه گیری‌ها همیشه با عدم قطعیت همراه هستند. وقتی طول جسمی را با خط کش اندازه می‌گیریم و انتهای طول جسم بین دو درجه خط کش واقع شود، عددی را که به طول جسم نزدیک تر است می خوانیم به این ترتیب برای اندازه گیری عددی به دست می‌آید که تمام ارقام آن با معنا هستند وآخرین رقم سمت راست آن رقم غیر قطعی است. به عنوان مثال جرم جسمی را ۱۰/۸۴۵ کیلوگرم اندازه گیری کرده ایم که رقم ۵ در آن غیر قطعی است . تعداد ارقام با معنا برابر است با تعداد رقم ها از اولین رقم غیرصفر سمت چپ تا آخرین رقم سمت راست . بنابراین تعداد ارقام با معنای

اندازه‌گیری فوق ۵رقم با معناست. اگر نتیجه ای به صورت ۰/۰۰۴۶۵۰ بیان شود به این معناست که دارای چهار رقم با معناست که رقم صفر دارای عدم قطعیت است. صفرهایی که نشان‌دهنده توان‌های ۱۰ باشند جزء ارقام با معنا شمرده نمی‌شوند ولی صفرهای آخر به حساب می‌آیند. به عنوان مثال $۴/۳ \times ۱۰^{۳}$ دارای دو رقم با معناست و $۴/۳۰۰ \times ۱۰^{۳}$ دارای چهار رقم بامعنا می‌باشد.

در عملیات ضرب و تقسیم تعداد ارقام با معنای حاصل عملیات باید برابر کمترین تعداد ارقام با معنای عوامل عملیات باشد. به عنوان مثال:

$$\frac{11/8 \times 7/011}{2/661} = (۳۱/۰۸۹) = ۳۱/۱$$

چون کمترین رقم با معنا مربوط به عامل ۱۱/۸ یعنی سه رقم با معنا می‌باشد حاصل عملیات را باید با سه رقم با معنا بیان کرد البته توجه کنید که حاصل را با گرد کردن تقریب زده ایم.

در عملیات جمع و تفریق، حاصل عملیات باید با توجه به دقت اندازه‌گیری‌ها بیان شود یعنی حاصل عملیات را براساس عددی می‌خوانیم که دقت کمتری دارد. بعنوان مثال:

$$۶/۷۵ + ۰/۴۵۲ = (۷/۲۰۲) = ۷/۲۰$$

در مثال بالا دقت عدد اول ۰/۰۱ و دقت عدد دوم ۰/۰۰۱ است. اگر عدد را به صورت ۷/۲۰۲ بخوانیم یعنی دقت ۰/۰۰۱ را برای عدد اول نیز به کار برده‌ایم در صورتی که دقت عدد اول ۰/۰۱ است یعنی دقت کمتری دارد. بنابراین باید حاصل جمع را به صورت ۷/۲۰ بیان کنیم. بعبارتی حاصل جمع و تفریق را با توجه به عددی که اعشار کمتری دارد بیان می‌کنیم.

۱-۴-تبدیل یکا

گاهی اوقات لازم است یکای یک کمیت تغییر یابد. برای این تغییر به یک ضریب تبدیل نیاز است. ضریب تبدیل به صورت نسبت دو یکا که برابر یک است تعریف می‌شود. به عنوان مثال چون ۱متر و ۱۰۰سانتی متر فواصل مکانی یکسانی هستند می‌توان نوشت:

$$\frac{1m}{100cm}=1 \quad \text{یا} \quad \frac{100cm}{1m}=1$$

چون ضرب هر کمیتی در ۱، مقدار آن را تغییر نمی‌دهد، می‌توانیم هر جا لازم باشد این ضرایب تبدیل یکا را به کار بریم. ضرایب تبدیل باید طوری به کار برده شوند که یکای ناخواسته حذف شود. مثلا برای تبدیل ۲متر به سانتی متر از روشی به نام تبدیل زنجیری استفاده می کنیم:

$$2m=(2m)\times(1)=(2\not{m})\times(\frac{100cm}{1\not{m}})=200cm$$

اگر ضریب تبدیل را به نحوی نوشته اید که یکاها حذف نمی‌شوند باید آنرا معکوس کنید:

مثال۲) سرعت $20m/s$ را برحسب کیلومتر بر ساعت بیان کنید.

حل) برای این تبدیل به دو ضریب تبدیل نیاز داریم. یکی تبدیل متر به کیلومتر و دیگر ثانیه به ساعت.

$$۲۰\ m/s=(\frac{20m}{1s})(\frac{1km}{1000m})(\frac{3600s}{1h})=\frac{20\times3600}{1000}km/h=72km/h$$

مثال۳) چگالی آب $1\text{gr}/cm^3$ است. این چگالی بر حسب kg/m^3 چقدر است؟

$$1gr/cm^3=(\frac{1gr}{1cm^3})(\frac{1kg}{1000gr})\left(\frac{100cm}{1m}\right)^3=\frac{100\times100\times100}{1000}kg/m^3=1000\frac{kg}{m^3}$$

تاریخچه ی اندازه گیری

مردم مصر باستان دلیل مهمی برای اندازه‌گیری‌های دقیق داشتند. هر سال رود نیل طغیان می‌کرد و بعد از فروکش آن کشاورزان مجبور به تقسیم مجدد زمین بین خود می‌شدند. کشاورزان اجبار به توافق بر مرزهای زمین‌هایشان و همچنین پرداخت مالیات برای مقدار زمینی که تصرف کرده بودند، داشتند. واحدهای طولی کوچک با استفاده از اعضای بدن تقسیم می‌شدند. مثلاً ذرع ، عبارت از فاصله بین آرنج و نوک انگشت وسط بود. کف دست یعنی طول چهار انگشت، معادل یک ششم ذرع و انگشت برابر با یک چهارم کف دست بود. این ابعاد برای هر فردی نسبت به فرد دیگر متفاوت بود. به ناچار آنها از نخ برای اندازه‌گیری دقیقتر استفاده کردند و چنان در این کار دقیق شدند که بعدها توانستند «اهرام» را بسازند.

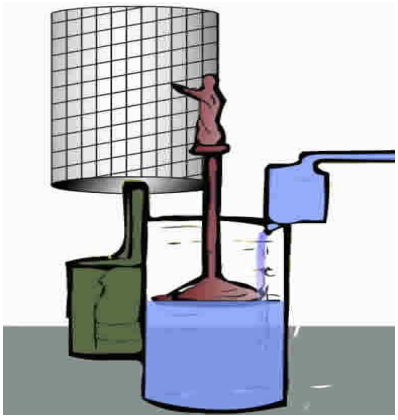
اندازه‌گیری طول‌های بزرگتر بر اساس ابعاد کشاورزی صورت می‌گرفت. مثلاً یک «مایل» عبارت بود از هزار گام (هر گام معادل ۵ پا). «فورلانگ» مسافتی بود که یک دسته گاو نر زمینی را شخم بزنند (قبل از آنکه به استراحت بپردازند) یک مایل تقریباً معادل ۱/۶ کیلومتر بود که توسط الیزابت اول استاندارد شد.

در گذشته ی دور اندازه‌گیری واحدهای کوچک زمان برای کشاورزان چندان مهم نبود زیرا آنها قادر بودند با نگاه کردن به خورشید بگویند صبح است یا ظهر و یا بعد از ظهر. وقتی مردم، شهر نشین شدند، باید می‌دانستند که فروشگاهها چه ساعتی کار را شروع می‌کنند و یا سر قرارشان به موقع حاضر می‌شدند.

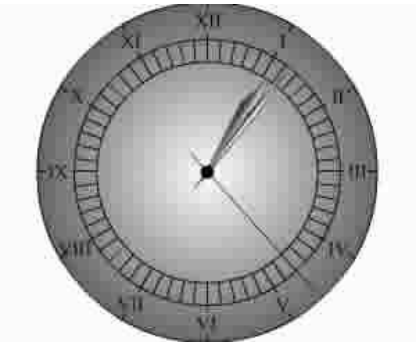
مهندسین یونانی و رومی ساعتهای آبی را ابداع نمودند که در آن از چکیدن آب از یک ظرف به ظرف دیگر استفاده می‌کردند و از مقدار آبی که ته ظرف باقی می‌ماند، به مدت زمان صرف شده پی می‌بردند.چینیهای باستان از شمع برای اندازه‌گیری زمان استفاده می‌کردند، چون شمع با سرعت یکنواخت می‌سوخت. با افروختن آن و با توجه به شعله آن، به مدت زمان صرف شده پی می‌بردند. بعضی اوقات از نخ که وزنه‌ای به آن متصل بود، استفاده نموده و به شمع گره میزدند. وقتی شمع می‌سوخت و به نخ می‌رسید، وزنه پائین می‌افتاد و با برخورد به شئی صدای شبیه زنگ می‌داد که این عمل مبنای ساخت ساعتهای شما طه‌دار گردید.

اندازه‌گیری زمان در واحدهای دقیقه و ثانیه از زمان بابلیان آغاز شد. آنها دانستند که اگر دایره‌ای را به شش

قسمت مساوی تقسیم کنند، شش وجه مساوی خواهند داشت. چون مبنای شمارش را ۶۰ قرار داده بودند، هر وجه را به ۶۰ درجه تقسیم کردند. بنابراین دایره به ۳۶۰ درجه تقسیم شد. ساعتهای مکانیکی اولیه نیز بدین ترتیب درجه‌بندی می‌شدند.



ساعت آبی



ساعت مکانیکی

تمرین :

۱)تبدیل‌های زیر را انجام دهید و جواب رابه صورت نماد علمی بنویسید .

1)12s=……ps

2)2kg=…….ngr

3)6400km=……...m

4)2/8km=…….…nm

5)5/43μs=……..…s

6)70hm=……..Gm

۲)جرم گلبول قرمز ۰/۰۰۰۰۰۰۰۰۰۰۹ کیلوگرم است با استفاده از روش نمادگذاری علمی آن را برحسب کیلوگرم ، گرم و نانو گرم بنویسید.

۳) تعداد ارقام با معنا را در هریک از کمیت های زیر تعیین کرده و مشخص کنید کدام رقم دارای عدم قطعیت است:

الف) ۰/۰۰۰۳۰۲۵ ب) $۰/۲۰۰\times۱۰^{۲}$

پ) ۲۳/۰۰۱ ت) $۰/۰۳ \times ۱۰^{-۳}$

۴) عبارات زیر را محاسبه کنید:

الف) ۲/۲۲- ۰/۰۷۵ + ۳۲/۲ ب) ۳/۶×۷/۰۱

۵) در ۶گرم آب 2×10^{23}مولکول آب وجود دارد . جرم مولکول آب را برحسب گرم، پیکوگرم و کیلوگرم با شیوه نمادگذاری علمی بنویسد .

۶) طول مستطیلی ۵سانتی متر و عرض آن ۲سانتی متر است. مساحت آن را بر حسب کیلومتر مربع بنویسید.

۷) یک سال چند مگا ثانیه است؟

۸)۵۴کیلومتر بر ساعت