telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com

موسسه ایران دانش نوین

رویای خودت شو...

@IranDaneshNovies

برای دانلود بقیه ی گام به گام ها و جزوات با کلیک روی لینک های زیر به سایت یا کانال ما در تلگرام سر بزنید:

www.IDNovin.com

https://telegram.me/irandaneshnovin

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com

# فیزیک ۱ پایهٔ دهم

رشتهٔ ریاضی

دورهٔ دوم متوسطه

مؤلف

غلامعلی محمودزاده

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com

بسم الله الرحمن الرحیم

# فهرست


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| **فصل اول: اندازه‌گیری** | |
| پرسش‌های مفهومی | ۸ |
| پاسخ پرسش‌های مفهومی | ۹ |
| درسنامه‌ها | ۱۳ |
| پرسش‌های چهارگزینه‌ای | ۲۰ |
| پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای | ۲۸ |
| **فصل دوم: کار و انرژی** | |
| پرسش‌های مفهومی | ۴۲ |
| پاسخ پرسش‌های مفهومی | ۴۴ |
| درسنامه‌ها | ۵۱ |
| پرسش‌های چهارگزینه‌ای | ۶۴ |
| پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای | ۷۱ |
| **فصل سوم: ویژگی‌های ماده** | |
| پرسش‌های مفهومی | ۸۲ |
| پاسخ پرسش‌های مفهومی | ۸۴ |
| درسنامه‌ها | ۸۹ |
| پرسش‌های چهارگزینه‌ای | ۱۰۰ |
| پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای | ۱۱۳ |
| **فصل چهارم: دما و گرما** | |
| پرسش‌های مفهومی | ۱۲۸ |
| پاسخ پرسش‌های مفهومی | ۱۳۰ |
| درسنامه‌ها | ۱۳۸ |
| پرسش‌های چهارگزینه‌ای | ۱۶۰ |
| پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای | ۱۷۷ |
| **فصل پنجم: ترمودینامیک (ویژه‌ی رشته ریاضی)** | |
| پرسش‌های مفهومی | ۲۰۴ |
| پاسخ پرسش‌های مفهومی | ۲۰۶ |
| درسنامه‌ها | ۲۱۳ |
| پرسش‌های چهارگزینه‌ای | ۲۳۳ |
| پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای | ۲۴۷ |




بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com

# فهرست درسنامه‌ها


| عنوان | صفحه |
|---|---|
| **فصل اول: اندازه‌گیری** | |
| درسنامهٔ ۱، کمیت | ۱۳ |
| درسنامهٔ ۲، دستگاه یکاها (SI) | ۱۴ |
| درسنامهٔ ۳، دقت اندازه‌گیری ـ خطا | ۱۶ |
| درسنامهٔ ۴، چگالی | ۱۸ |
| **فصل دوم: کار و انرژی** | |
| درسنامهٔ ۱، یادآوری | ۵۱ |
| درسنامهٔ ۲، کار نیروی ثابت | ۵۶ |
| درسنامهٔ ۳، انرژی | ۵۷ |
| درسنامهٔ ۴، تکانه | ۵۸ |
| درسنامهٔ ۵، کار و انرژی جنبشی | ۵۹ |
| درسنامهٔ ۶، نیروهای پایستار | ۶۰ |
| درسنامهٔ ۷، انرژی پتانسیل گرانشی آونگ | ۶۱ |
| درسنامهٔ ۸، انرژی درونی | ۶۲ |
| درسنامهٔ ۹، توان | ۶۰ |
| **فصل سوم: ویژگی‌های ماده** | |
| درسنامهٔ ۱، شکل و حجم جامد و مایع | ۸۹ |
| درسنامهٔ ۲، بُرد نیروی بین‌مولکولی | ۸۹ |
| درسنامهٔ ۳، پلاسما | ۹۰ |
| درسنامهٔ ۴، پدیدهٔ پخش | ۹۰ |
| درسنامهٔ ۵، حرکت براونی | ۹۱ |
| درسنامهٔ ۶، ویژگی مواد در مقیاس نانو | ۹۱ |
| درسنامهٔ ۷، تر شوندگی، ارتفاع مایع در لوله مویین | ۹۱ |
| درسنامهٔ ۸، فشار | ۹۲ |
| درسنامهٔ ۹، فشار جامد ـ مایع و گاز | ۹۳ |
| درسنامهٔ ۱۰، سطح مایع در حرکت با شتاب ثابت | ۹۵ |
| درسنامهٔ ۱۱، فشار خون انسان | ۹۵ |
| درسنامهٔ ۱۲، نیروی مایع بر کف ظرف و وزن مایع | ۹۶ |
| درسنامهٔ ۱۳، نیروی شناوری، اصل ارشمیدس | ۹۷ |
| درسنامهٔ ۱۴، اصل برنولی | ۹۸ |
| درسنامهٔ ۱۵، اختلاف فشار بین دو نقطه مایع در حرکت در راستای قائم | ۹۹ |
| **فصل چهارم: دما و گرما** | |
| درسنامهٔ ۱، دما | ۱۳۸ |
| درسنامهٔ ۲، نقطه‌های ثابت دماسنجی | ۱۳۸ |
| درسنامهٔ ۳، مقیاس‌های دما | ۱۳۹ |
| درسنامهٔ ۴، انواع دماسنج‌ها | ۱۴۰ |
| درسنامهٔ ۵، رابطه بین دمای دو دماسنج | ۱۴۲ |
| درسنامهٔ ۶، انبساط گرمایی | ۱۴۳ |
| درسنامهٔ ۷، انبساط سطحی و حجمی | ۱۴۴ |
| درسنامهٔ ۸، تغییر چگالی با دما | ۱۴۶ |
| درسنامهٔ ۹، انبساط غیرعادی آب | ۱۴۶ |
| درسنامهٔ ۱۰، انرژی گرمایی | ۱۴۷ |
| درسنامهٔ ۱۱، کالری | ۱۴۸ |
| درسنامهٔ ۱۲، تغییر فاز ماده | ۱۴۹ |
| درسنامهٔ ۱۳، ذوب خمیری | ۱۵۱ |
| درسنامهٔ ۱۴، تبخیر و میعان | ۱۵۱ |
| درسنامهٔ ۱۵، انتقال گرما ـ رسانش گرمایی | ۱۵۴ |
| درسنامهٔ ۱۶، همرفتی | ۱۵۵ |
| درسنامهٔ ۱۷، تابش | ۱۵۶ |
| درسنامهٔ ۱۸، قانون‌های گاز کامل | ۱۵۷ |
| **فصل پنجم: ترمودینامیک** | |
| درسنامهٔ ۱، مقدمات ترمودینامیک | ۲۱۳ |
| درسنامهٔ ۲، معادلهٔ حالت | ۲۱۳ |
| درسنامهٔ ۳، فرآیندهای ترمودینامیکی ـ تبادل انرژی | ۲۱۵ |
| درسنامهٔ ۴، رابطهٔ انرژی درونی ـ دما ـ قانون اول ترمودینامیک | ۲۲۳ |
| درسنامهٔ ۵، فرآیند خودبه‌خود ـ ماشین‌های گرمایی | ۲۲۵ |
| درسنامهٔ ۶، چرخهٔ کارنو | ۲۲۹ |
| درسنامهٔ ۷، قانون دوم ترمودینامیک به بیان گرمایی و یخچالی | ۲۳۰ |




بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com

# به نام خدا

## سخنی با دانش‌آموزان

**کتاب فیزیک ۱ برای دانش‌آموزان دهم که در دورهٔ دوم** دبیرستان در رشتهٔ ریاضی مشغول تحصیل‌اند و براساس کتاب فیزیک ۱ درسی تألیف شده و شامل پنج فصل به شرح زیر است:

۱- فصل اول: اندازه‌گیری

۲- فصل دوم: کار و انرژی

۳- فصل سوم: ویژگی‌های ماده

۴- فصل چهارم: دما و گرما

۵- فصل پنجم: ترمودینامیک

**هریک از فصل‌های این کتاب شامل عنوان‌های زیر است:**

الف) پرسش‌های مفهومی

ب) پاسخ پرسش‌های مفهومی

پ) درسنامه‌ها

ت) پرسش‌های چهارگزینه‌ای (تست)

ث) پاسخ پرسش‌های چهارگزینه‌ای

## الف و ب

- در پرسش‌های مفهومی معرفی عنوان‌های اصلی و مهم هر فصل با طرح پرسشی انجام شده است.

- این پرسش‌ها همان پرسش‌ها یا شبیه به پرسش‌هایی هستند که شما در امتحان‌های دبیرستانی با آن‌ها مواجه می‌شوید. بنابراین به آن‌ها توجه ویژه کرده و آن‌ها را به یاد و خاطر خود بسپارید.

- در پاسخ به این پرسش‌ها، درس و نکته‌های درسی مربوط به آن به صورتی بیان شده که از شما توقع می‌شود در ورقه‌های امتحانی پاسخ دهید. نه طولانی و نه خیلی مختصراند. در پایان پاسخ به پرسش‌های مفهومی، **شماره و عنوان درسنامهٔ مربوط به آن بیان شده تا برای درک و فهم مطلب درسی مطرح شده در پرسش مفهومی، به آن‌ها مراجعه کنید. به همین دلیل، فهرست درسنامه‌ها برای دسترسی سریع به آن‌ها به طور جداگانه آورده شده است.**

## پ

- درسنامه‌ها بعد از پاسخ به پرسش‌های مفهومی آورده شده‌اند و انتظار دارم که آن‌ها را به طور دقیق مطالعه کنید تا مفهوم درس را به خوبی بیاموزید. برای آن که مطلب‌های درسی با پیشرفت درس شما در دبیرستان هماهنگ باشد، مطلب درسی هر فصل به قسمت‌های کوچک‌تر و هماهنگ با درس شما در دبیرستان، تقسیم شده و با عنوان درسنامه، ارائه شده است.

- هرجا که لازم بوده و درحدممکن، مطلب‌های درسی در سطحی بالاتر از کتاب درسی با عنوان بیش‌تر بدانید در درسنامه‌ها گنجانده شده است. در امتحان، این قسمت‌ها مورد پرسش قرار نمی‌گیرند، اما یادگیری آن‌ها شما را در پاسخ به پرسش‌های دبیرستانی و نیز کنکورهای تستی، کمک شایانی می‌کند. آن‌ها را فراگیرید و از دست ندهید. لطفاً آن‌ها را خوب مطالعه کرده و در یادگیری و به خاطر سپردن آن‌ها تلاش کنید. متشکرم که به توصیه‌های من که حاصل تجربهٔ طولانی در تدریس و تألیف کتاب‌های متعدد درسی و کمک درسی است، گوش داده و عمل می‌کنید.



بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com

## ت و ث

- از آن‌جا که کتاب فیزیک ۱ جدیدالتألیف است، تست‌ها بیش‌تر تألیفی‌اند.
- از تست‌های کنکورهای سراسری نظام آموزشی قبلی که به درس فیزیک ۱ مربوط می‌شوند، برای آگاهی و آشنایی شما با این کنکورها نیز استفاده و به تست‌های هر فصل اضافه شده‌اند.
- موضوع درسی بعضی از تست‌ها بالاتر از سطح کتاب فیزیک ۱ هستند، اما در بسیاری از دبیرستان‌ها، مدارس برتر و تیزهوشان تدریس می‌شوند و در کنکورهای سراسری نیز از مطلب‌های درسی این تست‌ها، پرسش طرح می‌شود. این‌گونه تست‌ها با عنوان «اختیاری» یا دشوار مشخص شده‌اند. از آن‌ها عبور نکنید و به تلاش در حل آن‌ها و یادگیری درس مربوط به آن‌ها، کوشا باشید.
- پاسخ به تست‌ها به صورت تشریحی است. اما این تشریح در حد لازم است، یعنی نه کم و نه زیاد است تا شما را خسته نکند.
- در پاسخ به تست‌ها هرجا لازم بوده مطلب اضافی و کمی بالاتر از سطح کتاب درسی بیان شده و بنا به اقتضا و برای آن که سرعت پاسخگویی شما به تست‌ها را افزایش دهد، ممکن است فرمول و رابطه‌هایی نیز اضافه شده باشند. از این‌گونه مطلب‌ها و فرمول‌ها نیز عبور نکنید، لطفاً.

- اگر به مطالعه و یادگیری مطلب‌های درسی با تشریح بیش‌تر و در سطح بالاتری علاقه‌مند هستید، به کتاب فیزیک ۲ و آزمایشگاه و برای فصل ترمودینامیک به کتاب فیزیک ۳ و آزمایشگاه تألیف خودم از انتشارات مبتکران، رجوع کنید.
- کتاب، ویرایش جدید شده، اشکال‌های چاپ قبلی برطرف شده و در آن تغییرات اساسی داده شده است.

## سخنی با همکاران

- این کتاب با طرحی جدید تألیف شده که در سخنی با دانش‌آموزان، توضیح داده‌ام. درنتیجه با کتاب‌های قبلی اینجانب که اکثر همکاران با آن‌ها آشنایی دارند، از نظر ساختار، متفاوت است. لطفاً کمی با حوصله، سخنی با دانش‌آموزان را مطالعه کنید و کتاب را از نیز از مدّنظر بگذرانید.
- مطلب‌های درسی که با عنوان درسنامه آورده شده‌اند به قسمت‌های کوچک‌تر تقسیم شده‌اند. برای دسترسی سریع به درسنامه‌ها، شمارهٔ صفحه هر درسنامه و عنوان آن، در فهرست جداگانه آورده شده است.
- از همکاران گرامی تقاضا می‌کنم مرا از راهنمایی و توصیه‌های خود بی‌نصیب نکنند، متشکرم.

## ختم کلام

بر خود واجب می‌دانم از تمام کسانی که در آماده‌سازی کتاب یاریم دادند، تشکر کنم:
- از آقای یحیی دهقانی مدیرعامل شرکت آموزشی فرهنگی مبتکران به خاطر همراهی مداومشان.
- از خانم میناغلام‌پور که ویراستاری علمی کتاب را به عهده داشتند و در مرحله‌های آماده‌سازی کتاب مرا همراهی کردند.
- از آقای خدایار مبین مدیر واحد حروف‌چینی و گرافیک به خاطر سرپرستی در تایپ و صفحه‌آرایی کتاب.
- از خانم ملیحه محمدی آندرس به خاطر پشتکار و همراهی صبورانه در تایپ و صفحه‌آرایی کتاب
- از خانم مینا غلام احمدی برای رسم شکل‌ها
- از خانم سمانه ایمان‌فرد به خاطر طراحی جلد
- از خانم کبری مرادی مقدم مدیر واحد تولید و همکاران ایشان به خاطر فراهم کردن زمینهٔ چاپ کتاب.
- از آقای محسن انصاری مدیر واحد پخش و همکاران ایشان به خاطر فراهم کردن زمینهٔ پخش کتاب

**با سپاس بیکران از رحمت‌های بی‌پایان خداوند**

**غلامعلی محمودزاده**

**۱۳۹۶**



بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

# فصل اول
# اندازه‌گیری

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com



## پرسش‌های مفهومی

۱- کمیت فیزیکی را تعریف کنید.

۲- مفهوم اندازه‌گیری را بیان کنید.

۳- برای اندازه‌گیری یک کمیت چه تمهیداتی لازم است؟

۴- تعریف یکا در اندازه‌گیری چیست؟

۵- یکای یک کمیت باید چه ویژگی‌هایی داشته باشد؟

۶- چه موقع می‌توان ادعا کرد که یک کمیت را می‌شناسیم؟

۷- به چه دلیل در دانش اندازه‌گیری، کمیت‌ها را به دو گروه اصلی و فرعی دسته‌بندی می‌کنند؟

۸- کمیت اصلی و کمیت فرعی را تعریف کنید.

۹- دستگاه اندازه‌گیری یعنی چه؟

۱۰- کمیت‌های اصلی را در دستگاه بین‌المللی یکاها، SI، نام ببرید.

۱۱- یکای کمیت‌های اصلی SI چه نام دارند و نماد هر کدام چیست؟

۱۲- جرم کیلوگرم نمونه (یکای جرم) برابر جرم یک لیتر آب مقطر با دمای $4^\circ C$ انتخاب شده است. آیا می‌دانید که چرا دمای آب را $4^\circ C$ انتخاب کرده‌اند؟

۱۳- یکای طول در SI، فاصلهٔ دو علامت روی میله‌ای است که در دمای صفر سلسیوس در موزهٔ سِور فرانسه نگهداری می‌شود. چرا باید دمای متر نمونه را در صفر سلسیوس ثابت نگه‌داشت؟

۱۴- علت تعیین پیشوندها در SI چیست؟ ویژگی مشترک این پیشوندها چیست؟

۱۵- بار الکتریکی یک ذره در حدود $4/6\times10^{-14}C$ است. این مقدار، چند فمتوکولن می‌شود؟

۱۶- نماد علمی یعنی چه و در کجا استفاده می‌شود؟

۱۷- زمان یک سال را برحسب ثانیه محاسبه کرده و سپس آن را به صورت نماد علمی بنویسید. این زمان چند مگاثانیه می‌شود؟

۱۸- کمیت نرده‌ای یعنی چه و چه ویژگی‌هایی دارد؟

۱۹- کمیت برداری را تعریف کرده و ویژگی آن را بنویسید.

۲۰- یک پرسش مشهور و عامیانه آن است که گفته می‌شود «پنبه سنگین‌تر است یا آهن؟» آیا این پرسش درست است؟ با معرفی یک کمیت، این پرسش را تصحیح کنید.

۲۱- چگالی یک جسم به چه عامل‌هایی بستگی دارد؟ آن‌ها را توضیح دهید.

۲۲- از مقایسهٔ چگالی جسم در فازهای جامد، مایع و گاز با هم، چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۲۳- مقدار $850g$ از یک پودر با حجم یک لیتر را با $1/5kg$ آرد با حجم سه لیتر مخلوط کرده‌ایم. چگالی این مخلوط چند کیلوگرم بر مترمکعب می‌شود؟

۲۴- یکاهای دیگر چگالی عبارت‌اند از «گرم بر لیتر $g/lit$» و «گرم بر سانتی‌متر مکعب $g/cm^3$» کدام یک از این سه یکا بزرگ‌تر از بقیه است؟ رابطهٔ بین آن‌ها را بنویسید.

۲۵- دقت اندازه‌گیری یعنی چه و به چه عامل‌هایی بستگی دارد؟ آن‌ها را نام ببرید.

۲۶- خطای اندازه‌گیری را چگونه تعیین می‌کنیم؟

۲۷- مقدار اندازه‌گیری شده را چگونه باید گزارش کرد؟

۲۸- رقم‌های بامعنا در گزارش مقدار یک کمیت، کدام‌اند؟

۲۹- طول یک جسم با رقم‌های معنادار برابر $13/7m$ گزارش شده است، طول این جسم برحسب میلی‌متر، چه‌قدر می‌شود؟

۳۰- حاصل‌ضرب دو مقدار با رقم‌های معنادار که اولی $439cm$ و دومی $2186cm$ است، چه‌مقدار می‌شود؟

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com



## پاسخ پرسش‌های مفهومی

۱- هر چیزی که اندازه (مقدار) آن قابل افزایش و کاهش باشد و مقدار آن را بتوان با یک عدد مشخص کرد، کمیت نام دارد.

۲- اندازه‌گیری به معنای مقایسهٔ بزرگی مقدار یک کمیت با یکای آن است. نتیجهٔ این مقایسه عددی است که اگر در یکای کمیت ضرب شود، اندازهٔ کمیت به دست می‌آید. درسنامهٔ شمارهٔ ۱ را مطالعه کنید.

۳- برای اندازه‌گیری یک کمیت باید:

الف) وسیله‌ای برای اندازه‌گیری آن مشخص و آماده کنیم.

ب) یکایی برای اندازه‌گیری آن معلوم کنیم.

۴- یکای اندازه‌گیری هر کمیت، مقدار مشخصی از آن کمیت است که به عنوان یکای آن انتخاب می‌شود.

۵- روشن است که یکای هر کمیت، از جنس همان کمیت است و باید دارای ویژگی‌های زیر باشد:

الف) ثابت باشد و مقدار آن در مکان‌ها و زمان‌های مختلف، تغییر نکند.

ب) با دقت زیاد بتوان آن را مشخص و تعیین کرد تا انجام آزمایش‌های بسیار دقیق امروزی، امکان‌پذیر باشد.

پ) همیشه و همه جا در دسترس باشد تا اگر از بین رفت، دوباره بتوان دقیقاً عین آن را ساخت.

۶- زمانی می‌توان ادعا کرد که یک کمیت از دیدگاه فیزیکی شناخته شده است که بتوان آن را اندازه گرفت و مقدار آن را با عددی برحسب یکای آن مشخص کرد.

۷- علت آن است که:

الف) تعداد کمیت‌های فیزیکی زیاد است.

ب) انتخاب یکا برای یک کمیت با توجه به ویژگی‌های آن، کاری دشوار است و از طرف دیگر انتخاب یکا برای بعضی از کمیت‌ها که دارای ویژگی یکا باشد، عملاً غیرممکن است.

۸- کمیت اصلی، کمیتی است که یکای آن به طور مستقل انتخاب می‌شود. به کمیتی فرعی گفته می‌شود که یکای آن به کمک رابطه‌اش با کمیت‌های اصلی، تعریف می‌شود. به درسنامهٔ شمارهٔ ۲ رجوع کنید.

۹- به مجموعهٔ یکاهای اصلی و فرعی، دستگاه اندازه‌گیری گفته می‌شود.

۱۰- در **SI**، هفت کمیت زیر به عنوان کمیت اصلی انتخاب شده‌اند:

«طول، جرم، زمان، دما، شدت جریان الکتریکی، شدت نور، مقدار ماده»

۱۱- ۱) طول: متر با نماد m ۲) جرم: کیلوگرم با نماد kg ۳) زمان: ثانیه با نماد s ۴) دما: کلوین با نماد K ۵) شدت جریان الکتریکی: آمپر با نماد A ۶) شدت نور: کاندلا با نماد cd ۷) مقدار ماده: مول با نماد mol

**توجه:**

**یکای هر کمیت که به نام یک دانشمند باشد، با حرف بزرگ نوشته می‌شود. مانند یکای دما که به نام لُرد کلوین است (K) یا یکای نیرو که به نام نیوتون (N) است.**

۱۲- علت آن است که ویژگی یکای انتخاب شده را باید دقیقاً مشخص کرد. از طرف دیگر، حجم یک مقدار آب در دمای $4^{\circ}C$ سلسیوس کمینه و درنتیجه چگالی آن بیشینه است.

۱۳- زیرا متر نمونه فلزی است (آلیاژ پلاتین و ایریدیوم) و طول آن با تغییر دما، تغییر می‌کند و یکا باید ثابت باشد. بنابراین، دمای آن باید در صفر سلسیوس (که انتخاب دمای یکای طول است)، همواره ثابت نگهداری می‌شود.

۱۴- اندازهٔ یک کمیت ممکن است بسیار بسیار کوچک یا بسیار بسیار بزرگ باشد، برای آن که این گونه مقدارها با رقم‌های زیاد نوشته نشوند، در SI پیشوندها تعیین شده‌اند.

مثلاً فاصلهٔ زمین از خورشید در حدود ۱۵۰,۰۰۰,۰۰۰,۰۰۰m است. به کمک پیشوند گیگا ($10^{9}$) این فاصله به صورت ۱۵۰Gm نوشته می‌شود.

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com



ویژگی مشترک این پیشوندها آن است که همهٔ آن‌ها مضرب‌های درستی از ده و به صورت $۱۰^{n}$ هستند که $n$، عدد درست مثبت یا منفی است.

۱۵- فمتو پیشوندی با نماد «f» و به معنای $۱۰^{-۱۵}$ است. بنابراین خواهیم داشت:

$$q = ۴/۶\times۱۰^{-۱۴}\,C = \frac{۴/۶\times۱۰^{-۱۴}}{۱۰^{-۱۵}}\,fC \Rightarrow q = ۴۶\,fC$$

**توجه:**

**سعی نکنید که پیشوندها، معنای آن‌ها و نمادشان را حفظ کنید. بعضی از پیشوندها را از قبل به خاطر دارید، مانند سانتی، میلی، میکرو، نانو، کیلو، مگا و ... که به علت، تکرار شدن زیاد آن در محاوره‌های روزانه و در پرسش‌ها و مسأله‌هاست. فکر می‌کنم به یاد داشتن همین پیشوندها کافی است، آن هم به دلیل آن که در حل پرسش‌ها، سرعت شما را افزایش می‌دهد.**

۱۶- نماد علمی، نشان دادن عددها به صورت «$m\times۱۰^{n}$» است. یعنی عدد را به صورت حاصل‌ضرب ضریبی مانند $m$ در توان درستی از ده $(۱۰^{n})$ می‌نویسیم. ضریب $m$ خود عددی بزرگ‌تر یا برابر یک و کوچک‌تر از ده $(۱\le m<۱۰)$، و $n$ عدد درستی است که ممکن است مثبت یا منفی باشد.

نماد علمی روشی برای نشان دادن عددهای بسیار کوچک یا بسیار بزرگ است.

۱۷- یک سال (year) برابر ۳۶۵ روز و هر روز ۲۴ ساعت و هر ساعت ۳۶۰۰ ثانیه است. بنابراین خواهیم داشت:

$$۱\,day = ۲۴\times۳۶۰۰ = ۸۶۴۰۰\,s$$

$$۱\,year = ۸۶۴۰۰\times۳۶۵ = ۳۱۵۳۶۰۰۰\,s$$

مقدار بالا با نماد علمی به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$۱\,year = ۳/۱۵۳۶\times۱۰^{۷}\,s$$

**توجه:**

**معمول بر آن است که عددها را گرد می‌کنیم. برای گرد کردن از رقم‌های سمت راست چشم‌پوشی می‌شود از هر رقم که می‌گذریم اگر کوچک‌تر از ۵ بود رقم سمت چپ آن، خودش باقی می‌ماند و اگر برابر یا بزرگ‌تر از ۵ بود، به رقم سمت چپ، یک واحد اضافه می‌کنیم.**

**مثلاً برای گرد کردن عدد ۳/۱۵۳۶، با چشم‌پوشی از رقم ۶، عدد به صورت ۳/۱۵۴ خواهد شد. اکنون از رقم ۴ چشم‌پوشی کرده و چون کوچک‌تر از ۵ است، عدد به صورت ۳/۱۵ می‌شود و درنتیجه، یک‌سال تا یک صدم تقریب برابر $۳/۱۵\times۱۰^{۷}\,s$ و تا یک دهم تقریب برابر $۳/۲\times۱۰^{۷}\,s$ می‌شود و ... ~~**

$$۱\,year = ۳/۱۵\times۱۰^{۷}\,s \simeq \pi\times۱۰^{۷}\,s\ ,\ \pi = ۳/۱۴$$

**مگا با نماد M به معنای $۱۰^{۶}$ است. بنابراین، یک‌سال برحسب مگا ثانیه برابر مقدار زیر خواهد شد:**

$$۱\,year = ۳/۱۵\times۱۰^{۷}\,s = ۳۱/۵\,Ms$$

۱۸- کمیتی را نرده‌ای گویند که:

الف) مقدار دارد و ممکن است جهت داشته و یا نداشته باشد.

ب) همواره از محاسبه‌های جبری پیروی کند.

پ) می‌تواند مثبت یا منفی باشد.

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com



توجه:

**مثبت یا منفی بودن، ویژهٔ کمیت‌های نرده‌ای است و کمیت‌های برداری، مثبت و منفی ندارند.**

مثلاً دما کمیتی نرده‌ای است و دمای جسم‌ها می‌تواند مثبت یا منفی باشد. دمای یک جسم ممکن است «$+۱۵^\circ C$» (پانزده درجهٔ سلسیوس) یا دمای جسم دیگر، «$-۳۴^\circ C$» باشد. فشار کمیتی نرده‌ای و دارای جهت است. دربارهٔ کمیت‌های نرده‌ای و برداری، درسنامهٔ شمارهٔ ۱ فصل ۲ (کار و انرژی) را مطالعه کنید.

۱۹- کمیتی که اندازه و جهت دارد و همواره از محاسبه‌های برداری پیروی می‌کند، را کمیت برداری می‌نامند.
یعنی ویژگی کمیت برداری، جهت‌دار بودن و پیروی کردن از محاسبه‌های برداری است. توجه کنید که کمیت برداری، مثبت یا منفی ندارد.

۲۰- این پرسش، درست نسیت. مثلاً ۲۰ کیلوگرم پنبه سنگین‌تر است یا ۱۲ کیلوگرم آهن؟ واضح است که در این مثال، پنبه سنگین‌تر است. سنگینی، اشاره به وزن دارد و وزن وابسته به جرم است. هر جسمی که جرمش بیش‌تر باشد، وزنش نیز بیش‌تر خواهد بود. کمیتی که می‌تواند چنین پرسش‌هایی را تصحیح کند، چگالی نام دارد که تعریف آن به صورت زیر است:

**«چگالی، جرم واحد حجم از هر جسم است.»**

چگالی را با نماد «$\rho$» (رُو) نشان می‌دهیم و یکای آن کیلوگرم بر متر مکعب $kg/m^3$ است و از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$\rho = \frac{m \to kg}{V \to m^3} \rightarrow \frac{kg}{m^3}$$

با معرفی چگالی، درست آن است که پرسیده شود «پنبه چگال‌تر است یا آهن؟» که پاسخ آن آهن خواهد بود. زیرا چگالی آهن از چگالی پنبه بیش‌تر است.
یعنی برای محاسبهٔ چگالی یک جسم، باید جرم آن را بر حجمش تقسیم کنیم. مثلاً اگر جرم یک جسم $۹/۶kg$ و حجم آن ۱۵۰۰ سانتی‌متر مکعب باشد، چگالی آن به روش زیر محاسبه می‌شود.

$$m = ۹/۶\,kg$$

$$۱m^3 = ۱۰^6\,cm^3 \Rightarrow ۱cm^3 = ۱۰^{-6}\,m^3 \Rightarrow \frac{۱۵۰۰cm^3}{۱cm^3} = \frac{V}{۱۰^{-6}m^3} \Rightarrow V = ۱/۵\times۱۰^{-3}\,m^3$$

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow \rho = \frac{۹/۶}{۱/۵\times۱۰^{-3}} = \frac{۹/۶\times۱۰^3}{۱/۵} \Rightarrow \rho = ۶/۴\times۱۰^3\,\frac{kg}{m^3} = ۶۴۰۰\frac{kg}{m^3}$$

۲۱- چگالی یک جسم به جنس آن یعنی ماده‌ای که جسم از آن ساخته شده بستگی دارد. علاوه بر آن، چگالی جسم به دمای آن نیز وابسته است. زیرا اگر دمای جسم تغییر کند، هرچند جرم آن ثابت می‌ماند، حجم و درنتیجه، چگالی جسم تغییر می‌کند. با افزایش یا کاهش دما، معمولاً حجم جسم به ترتیب، افزایش یا کاهش می‌یابد. چگالی با حجم نسبت وارون دارد. بنابراین، با افزایش یا کاهش دمای جسم، چگالی آن به ترتیب کاهش یا افزایش خواهد یافت.

۲۲- مقایسهٔ چگالی یک جسم در فازهای جامد، مایع و گاز نشان می‌دهد که چگالی جامد از مایع و مایع از گاز بزرگ‌تر است. از این مقایسه نتیجه می‌شود که، **فاصلهٔ مولکول‌های یک جسم در فاز گاز از مایع و در فاز مایع از جامد بزرگ‌تر است.**

۲۳- اگر جرم و حجم مخلوط به ترتیب برابر $M$ و $V$ باشد، چگالی مخلوط را برحسب جرم و حجم ماده‌های موجود در آن و نیز چگالی این ماده‌ها، محاسبه می‌کنیم:

$$\rho = \frac{M}{V}\ ,\ M = m_۱ + m_۲\ ,\ V = V_۱ + V_۲ \Rightarrow \rho = \frac{m_۱ + m_۲}{V_۱ + V_۲} = \frac{\rho_۱V_۱ + \rho_۲V_۲}{V_۱ + V_۲}$$

$$M = ۰/۸۵ + ۱/۵ = ۲/۳۵\,kg$$

$$V = ۱ + ۳ = ۴lit = ۴\times۱۰^{-3}\,m^3$$

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com



$$\rho_{\text{مخلوط}} = \frac{۲/۳۵}{۴\times۱۰^{-۳}} \Rightarrow \rho_{\text{مخلوط}} = ۵۸۷/۵\frac{kg}{m^۳}$$

۲۴- یکای $g/cm^۳$ از دو یکای دیگر یعنی $kg/m^۳$ و $g/lit$، بزرگ‌تر و دو یکای اخیر با هم برابرند. رابطهٔ بین این یکاها به صورت زیر است:

$$۱\frac{kg}{m^۳} = ۱\times\frac{۱۰۰۰g}{۱۰۰۰lit} \Rightarrow ۱\frac{kg}{m^۳} = ۱\frac{g}{lit}$$

$$۱\frac{g}{cm^۳} = ۱\times\frac{\frac{۱}{۱۰۰۰}kg}{\frac{۱}{۱۰^۶}m^۳} \Rightarrow ۱\frac{g}{cm^۳} = ۱۰۰۰\frac{kg}{m^۳} = ۱۰۰۰\frac{g}{lit}$$

۲۵- معمولاً هر اندازه‌گیری با خطا همراه است. دقت اندازه‌گیری به معنای دوری جستن از همین خطاهاست.

دقت اندازه‌گیری به دو عامل زیر مربوط می‌شود:

الف) دقت شخص اندازه‌گیر

ب) دقت وسیلهٔ اندازه‌گیری

الف: خطای شخصی که اندازه‌گیری می‌کند، با تکرار آزمایش و محاسبهٔ میانگین مقدارهای اندازه‌گیری شده تا حدّ قابل قبولی کاهش می‌یابد.

- در محاسبهٔ میانگین، ابتدا از مقدارهای اندازه‌گیری شده کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین آن‌ها را کنار گذاشته و میانگین بقیه را محاسبه می‌کنیم.

ب: دقت وسیلهٔ اندازه‌گیری برابر کوچک‌ترین مقداری است که روی وسیله مشخص شده و می‌تواند، آن را اندازه بگیرد. مثلاً دقت یک ترازوی دیجیتالی که کم‌تر از ۵g را نشان نمی‌دهد، برابر ۵g یا دقت یک خط‌کش میلی‌متری برابر یک میلی‌متر است.

۲۶- خطای اندازه‌گیری را معمولاً برابر مثبت و منفی نصف $(\frac{۱}{۲})$ کوچک‌ترین درجه‌بندی روی وسیله می‌گیرند و خطای اندازه‌گیری با ابزارهای دیجیتالی (رقمی) برابر کوچک‌ترین مقداری است که وسیله می‌تواند اندازه بگیرد.

در این باره به درسنامهٔ شمارهٔ ۳، «دقت اندازه‌گیری» مراجعه کنید.

۲۷- بعد از محاسبهٔ میانگین قابل قبول و نیز خطای اندازه‌گیری، مقدار گزارش شده باید به صورت زیر باشد:

(خطای اندازه‌گیری) ± (مقدار میانگین) = مقدار گزارش شدهٔ کمیت

مثلاً اگر مقدار میانگین قابل قبول در اندازه‌گیری طول یک جسم برابر ۳۵/۲cm و خطای اندازه‌گیری برابر ۰/۱cm باشد، طول این جسم، به صورت زیر گزارش می‌شود:

طول جسم = ۳۵/۲ ± ۰/۱cm

۲۸- وسیلهٔ اندازه‌گیری، خود دارای یک دقت است. مثلاً دقت زمان‌سنجی که تا دهم ثانیه را اندازه می‌گیرد، برابر «۰/۱s» است. گزارش شخص اندازه‌گیر نیز با دقتی انجام می‌شود. اگر دقت وسیله و دقت گزارش اندازه‌گیری با این وسیله، برابر باشند، رقم‌های موجود در گزارش، رقم‌های بامعنا هستند.

در این باره به قسمت‌های **«رقم‌های بامعنا»** در درسنامهٔ ۳ رجوع کنید.

۲۹- کافی است که مقدار داده شده را در ۱۰۰۰ ضرب کنیم، حاصل ۱۳۷۰۰mm می‌شود. اما کمی دقت کنید، زیرا این پاسخ درست نیست. چرا؟ **چون تعداد رقم‌های بامعنا در تبدیل یکا نباید تغییر کند.** درست آن است که پاسخ با نماد علمی و به صورت $۱/۳۷\times۱۰^۴mm$ نوشته شود تا تعداد رقم‌های بامعنای آن، تغییر نکند.

۳۰- وقتی محاسبه با مقدارهایی انجام می‌دهیم که رقم‌های آن‌ها معنادار هستند، تعداد رقم‌های نتیجهٔ محاسبه در ضرب و تقسیم، باید برابر تعداد رقم‌های بامعنا در مقداری باشد که کم‌ترین تعداد رقم بامعنا دارد. مثلاً در ضرب دو مقدار با معنا یکی ۴۳۹cm و دیگری ۲۱۸۶cm، حاصل‌ضرب با مقدار $۹۵۹۶۵۴cm^۲$، نادرست و مقدار $۹۵۹\times۱۰^۳cm^۲$ درست است. در این باره و نیز دربارهٔ حاصل‌جمع و تفریق رقم‌های بامعنا به درسنامهٔ شمارهٔ ۳ همین فصل رجوع کنید.

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com



## درسنامهٔ ۱

### کمیت

**کمیت فیزیکی**: به هر چیزی که مقدار داشته، مقدار آن قابل افزایش یا کاهش باشد و مقدار آن را بتوان با یک عدد بیان کرد، کمیت فیزیکی گفته می‌شود.

طول، جرم، زمان، کار و انرژی، بار الکتریکی، شدت جریان الکتریکی، دما و ... از کمیت‌های فیزیکی‌اند.

**یکا**: مقدار مشخص و معینی از هر کمیت را یکای آن کمیت می‌نامند.

یکای تعداد محدودی از کمیت‌ها را انتخاب می‌کنند. یکای بقیهٔ کمیت‌ها، به کمک رابطهٔ کمیت‌ها با یک‌دیگر، تعریف می‌شود. مثلاً برای یکای طول، طول میله‌ای که در موزهٔ سِور فرانسه نگهداری می‌شود انتخاب شده است، (بعداً به طور دقیق‌تر معرفی می‌شود). اما یکای مساحت به صورت «مساحت مربعی به ضلع یک متر» تعریف شده است.

**ویژگی‌های یکا**: یکای هر کمیت باید ویژگی‌هایی داشته باشد که مهم‌ترین آن‌ها عبارت‌اند از:

الف) یکا باید همیشه و همه‌جا ثابت باشد و تغییر نکند، تا در ارتباط‌های علمی، صنعتی، تجاری و ... انسان‌ها با هم دچار مشکل نشوند.

ب) تعیین یکا باید با دقت زیاد انجام شود، تا انجام آزمایش‌های بسیار دقیق امروزی، امکان‌پذیر باشد.

پ) یکا باید در دسترس باشد. یعنی اگر یکای انتخابی از بین رفت، دوباره بتوان دقیقاً مشابه آن را ساخت.

**اندازه‌گیری**: مقایسهٔ مقدار (بزرگی، اندازه) یک کمیت با یکای خودش، اندازه‌گیری نام دارد. نتیجهٔ این اندازه‌گیری، عددی است که اگر در یکای کمیت ضرب شود، اندازهٔ کمیّت به دست می‌آید.

مثلاً وقتی طول یک صفحهٔ کاغذ را با خط‌کش سانتی‌متری اندازه می‌گیرید، بزرگی طول صفحهٔ کاغذ را با یکای سانتی‌متر (یکای طول) مقایسه می‌کنید تا مشخص شود که طول صفحهٔ کاغذ چند برابر طول یک سانتی‌متر است. نتیجهٔ این مقایسه عددی است مانند ۲۵ که اگر در سانتی‌متر ضرب شود، اندازهٔ طول صفحهٔ کاغذ به صورت « ۲۵cm » به دست می‌آید.

برای اندازه‌گیری یک کمیت باید:

الف) یکایی برای آن کمیت انتخاب یا تعریف کرد.

ب) وسیله‌ای برای اندازه‌گیری آن مشخص شود.

این وسیله، یا یک دستگاه مانند خط‌کش یا ترازو یا آمپرسنج و ... است، یا یک رابطه بین کمیت‌ها، مانند رابطهٔ مساحت با طول $(A = L^2)$ یا رابطهٔ بین وزن جسم با جرم آن و شدت میدان گرانش زمین $(W = mg)$ یا ...

### کمیت اصلی و فرعی

الف) کمیت اصلی: به کمیت‌هایی اصلی گفته می‌شود که یکای آن‌ها به طور مستقل انتخاب می‌شود.

هفت کمیت «طول، جرم، زمان، دما، شدت جریان الکتریکی، شدت نور و مقدار ماده» به عنوان کمیت‌های اصلی انتخاب شده‌اند.

ب) کمیت فرعی: به کمیتی فرعی گفته می‌شود که یکای آن انتخاب نشده و تعریف می‌شود. به غیر از کمیت‌های اصلی، بقیهٔ کمیت‌ها مانند مساحت، حجم، کار و انرژی، بار الکتریکی، میدان مغناطیسی و ... کمیت فرعی‌اند.

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

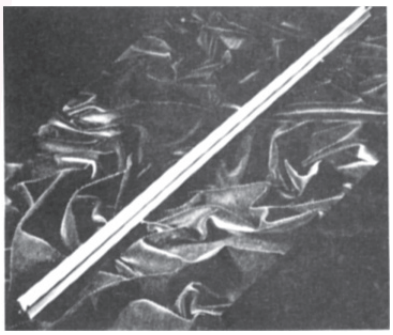
telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com



توجه:

**از آن‌جا که انتخاب یکای کمیت‌های اصلی کاری بسیار دشوار است، سعی می‌شود که تعداد کمیت‌های اصلی، کم‌ترین مقدار ممکن باشد و تا مجبور نشده‌ایم، کمیتی را به عنوان کمیت اصلی انتخاب نمی‌کنیم. مثلاً با چهار کمیت «طول، جرم، زمان و دما» نمی‌توان یکای کمیت‌های الکتریکی و مغناطیسی را تعریف کرد. در این‌جا مجبور می‌شویم کمیتی الکتریکی را به عنوان کمیت اصلی انتخاب کنیم. که این کار با انتخاب کمیت شدت جریان، انجام شده است.**

## درسنامهٔ ۲



### دستگاه بین‌المللی یکاها SI

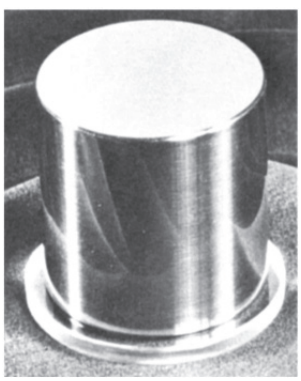
در دستگاه بین‌المللی یکاها که به اختصار «**SI**» نامیده می‌شود، کمیت‌ها به دو دستهٔ اصلی و فرعی تقسیم شده‌اند.

کمیت‌های اصلی SI: هفت کمیت در SI به عنوان کمیت‌های اصلی انتخاب شده‌اند. که یکا و نماد آن‌ها به ترتیب عبارت‌اند از:

«متر با نماد m ، کیلوگرم با نماد kg ، ثانیه با نماد s ، کلوین با نماد K ، آمپر با نماد A ، کاندلا با نماد cd و مول با نماد mol » با یکای بقیهٔ کمیت‌ها در جای خود، آشنا خواهید شد.

**یکای طول:** یکای طول در SI ، «متر، m » نام دارد. یک متر برابر فاصلهٔ دو علامت است که روی یک میله مشخص شده است. این میله، آلیاژی از عنصرهای پلاتین و ایریدیوم است که در دمای صفر سلسیوس در موزهٔ سور فرانسه نگهداری می‌شود (شکل بالا).

آخرین انتخاب برای متر نمونه، براساس سرعت نور در خلأ $(c)$ است. براین اساس «یک متر برابر فاصله‌ای است که نور در مدت $\frac{۱}{۲۹۹۷۹۲۴۵۸}$ ثانیه در خلأ می‌پیماید.» این زمان در واقع $t=\frac{۱}{c}$ است $(c \simeq ۳\times ۱۰^{۸}\,m/s)$.



یکای جرم: یکای جرم در SI «کیلوگرم، kg » نام دارد. یک کیلوگرم، جرم استوانه‌ای از پلاتین و ایریدیوم است که در موزهٔ سور فرانسه نگهداری می‌شود (شکل روبه‌رو).

جرم کیلوگرم نمونه، برابر جرم یک لیتر آب مقطر در دمای $۴\,^{\circ}C$ انتخاب شده است.

یکای زمان: یکای زمان در SI «ثانیه، s » است.

یک ثانیه، زمانی برابر $\frac{۱}{۸۶۴۰۰}$ شبانه‌روز شمسی (یا میلادی) است. بعدها، این مبنا برای یکای زمان تغییر کرد و اکنون، ثانیه براساس ارتعاش‌های اتم سزیوم و نور گسیل شده توسط آن، انتخاب شده است. یک شبانه‌روز (day) برابر است با:

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com



$$1day = 24h = 1440min = 86400s$$

### پیشوندهای در SI

اندازهٔ یک کمیت، گاهی بسیار بسیار کوچک یا بسیار بسیار بزرگ است. برای آن‌که عددهای کوچک یا بزرگ را با رقم‌های زیاد ننویسیم، از پیشوندها استفاده می‌کنیم.

این پیشوندها در SI، همگی مضرب‌های ۱۰ هستند. هر پیشوند دارای « یک نام، یک معنا و یک نماد» است. مثلاً پیشوندی با نام «نانو» با نماد « n » به معنای « $10^{-9}$» است. وقتی یک پیشوند به اول یک یکا اضافه می‌شود، آن یکا را به اندازهٔ خود کوچک یا بزرگ می‌کند. در جدول زیر، پیشوندهای SI با نام، نماد و معنای آن‌ها آورده شده است.

| نام پیشوند | معنای پیشوند | نماد پیشوند | نام پیشوند | معنای پیشوند | نماد پیشوند |
|---|---|---|---|---|---|
| دسی | $\frac{1}{10}=10^{-1}$ | d | دکا | ۱۰ | da |
| سانتی | $\frac{1}{100}=10^{-2}$ | c | هکتو | ۱۰۰ | h |
| میلی | $\frac{1}{1000}=10^{-3}$ | m | کیلو | ۱۰۰۰ | k |
| میکرو | $\frac{1}{1000000}=10^{-6}$ | μ | مگا | $10^{6}$ | M |
| نانو | $10^{-9}$ | n | گیگا یا جیگا | $10^{9}$ | G |
| پیکو | $10^{-12}$ | p | ترا | $10^{12}$ | T |
| فمتو | $10^{-15}$ | f | پتا | $10^{15}$ | P |
| آتو | $10^{-18}$ | a | اگزا | $10^{18}$ | E |
| زپتو | $10^{-21}$ | z | زتا | $10^{21}$ | Z |
| یوکتو | $10^{-24}$ | y | یوتا | $10^{24}$ | Y |

### نمایش عددها به کمک نماد علمی

عددهای بسیار کوچک یا بسیار بزرگ را به کمک نماد علمی نشان می‌دهیم. در این روش، این عددها را به صورت حاصل‌ضرب «عددی برابر یا بزرگ‌تر از یک و کوچک‌تر از ده در توان‌های مثبت یا منفی ۱۰ می‌نویسیم.

$$N = m \times 10^{\pm n} \quad , \quad 1 \le m \le 10 \quad , \quad n = \text{عدد درست}$$

$$N = 0/000000\,9186 = 9/186 \times 10^{-7}$$

**مثال:**

در این‌جا $m = 9/186$ و $n = -7$ است. مثال دیگر:

$$N = 315364000 = 3/15364 \times 10^{8} \quad , \quad m = 3/15364 \text{ و } n = +8$$

n برابر تعداد رقم‌هایی است که ممیز را برای عددهای کوچک به طرف راست و برای عددهای بزرگ، به طرف چپ جابه‌جا می‌کنیم.

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com



## درسنامهٔ ۳

### دقت اندازه‌گیری ـ خطا

**دقت اندازه‌گیری** : هر اندازه‌گیری معمولاً با خطا همراه است. دقت اندازه‌گیری به دو عامل بستگی دارد:

الف ) دقت شخص اندازه‌گیرنده

ب) دقت وسیلهٔ اندازه‌گیری

الف) دقت شخصی که اندازه می‌گیرد با تکرار آزمایش و محاسبهٔ میانگین مقدارهای اندازه‌گیری شده، افزایش می‌یابد.

**محاسبهٔ میانگین**: ابتدا از بین مقدارهای حاصل از آزمایش، مقداری که از بقیه بسیار فاصله دارد و نیز کوچک‌ترین و بزرگ‌ترین مقدار به دست آمده را کنار گذاشته و سپس میانگین بقیهٔ مقدارها را محاسبه می‌کنیم. به مثال زیر توجه کنید:

**مثال**: شخصی طول یک جسم را با خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری کرده و نتیجه را برحسب سانتی‌متر به صورت زیر گزارش کرده است:

۲۴/۴، ۲۴/۱، ۲۴/۵، ۲۴/۳، ۲۴/۶، ۲۴/۶۲، ۲۵/۱، ۲۴/۸

میانگین قابل قبول برای طول این جسم را به دست آورید.

**حل**: ابتدا مقدار $25/1\text{cm}$ که خارج از تمام مقدارهای گزارش شده است را کنار می‌گذاریم. در مرحلهٔ دوم ۲۴/۶۲ را حذف می‌کنیم چون خط‌کش تا میلی‌متر (دهم سانتی‌متر) را می‌تواند اندازه بگیرد و ۰/۰۲ یعنی ۰/۲ میلی‌متر را نمی‌توان با این خط‌کش اندازه گرفت.

در مرحلهٔ سوم، کوچک‌ترین مقدار $(24/1\text{cm})$ و بزرگ‌ترین مقدار $(24/8\text{cm})$ را کنار می‌گذاریم. اکنون میانگین بقیهٔ مقدارها را محاسبه می‌کنیم:

$$\text{مقدار میانگین} = \frac{24/6+24/3+24/5+24/4}{4} = \frac{97/8}{4} = 24/45\text{cm}$$

صبر کنید، میانگین به دست آمده، رقم ۵ را در مرتبهٔ دهم میلی‌متر (صدم سانتی‌متر) نشان می‌دهد و خط‌کش میلی‌متری است. پس باید رقم ۵ را حذف و میانگین را به مقدار $24/4\text{cm}$ (یعنی $244\text{mm}$) در نظر گرفت.

ب) دقت وسیلهٔ اندازه‌گیری:

دقت وسیلهٔ اندازه‌گیری برابر کوچک‌ترین مقداری است که وسیله می‌تواند اندازه بگیرد.

مثلاً، اگر کوچک‌ترین وزنهٔ ترازویی $50\text{g}$ باشد، دقتش $50\text{g}$ است و جرم‌های کوچک‌تر را نمی‌تواند اندازه بگیرد و اگر شخصی جرم یک جسم را با این ترازو و با دقتی کم‌تر از $50\text{g}$ مثلاً $2/425\text{kg}$ گزارش کرده باشد، گزارش او قابل قبول نیست. زیرا برحسب گرم، جرم جسم $2425\text{g}$ می‌شود که ترازو نمی‌تواند $25\text{g}$ را اندازه بگیرد.

به همین ترتیب، دقت ترازوی رقمی (دیجیتالی) که کم‌تر از ۵ میلی‌گرم را نشان نمی‌دهد، برابر $5\text{mg}$ است.

**توجه:**

**۱) دقت کولیس برابر نسبت کوچک‌ترین درجه بندی روی خط‌کش به تعداد تقسیم‌های ورنیه است.**

**۲) دقت ریزسنج برابر نسبت کوچک‌ترین واحد روی خط‌کش (معمولاً نیم میلی‌متر است) به تعداد درجه‌های روی کلاهک متحرک ریزسنج (معمولاً ۵۰ قسمت) است.**

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com



### خطای اندازه‌گیری

معمولاً خطا در یک اندازه‌گیری برابر مثبت و منفی نصف $\left(\frac{۱}{۲}\right)$ کوچک‌ترین درجه‌بندی روی وسیله منظور می‌شود. مثلاً اگر خط‌کش برحسب میلی‌متر مدرج شده باشد، کوچک‌ترین مقداری که می‌تواند اندازه بگیرد برابر یک میلی‌متر و خطای اندازه‌گیری برابر « $\pm ۰/۵\text{mm}$ » می‌شود.

در مورد وسیله‌ی اندازه‌گیری رقمی (دیجیتالی)، خطای اندازه‌گیری برابر مثبت و منفی کوچک‌ترین رقمی است که وسیله می‌خواند. مثلاً اگر دماسنج رقمی تا دهم درجهٔ سلسیوس را می‌خواند (به عنوان مثال $۴۸/۶^\circ\text{C}$)، خطای اندازه‌گیری برابر « $\pm ۰/۱^\circ\text{C}$ » است.

**توجه:**

**در هنگام اندازه‌گیری، اگر مقدار کمیت بین دو درجهٔ متوالی وسیله باشد، مثلاً طول جسم بین ۲۶mm و ۲۷mm باشد، ممکن است با حدس زدن طول جسم را ۲۶/۴mm گزارش کنیم. در این صورت، ۰/۴mm رقمی قطعی نیست و نتیجهٔ حدس شخص اندازه‌گیر است.**

### گزارش نتیجهٔ اندازه‌گیری

نتیجهٔ اندازه‌گیری در یک آزمایش به صورت زیر گزارش می‌شود:

(خطای اندازه‌گیری) $\pm$ (مقدار میانگین) = مقدار گزارش شدهٔ کمیت

اگر در یک اندازه‌گیری، طول جسمی به طور میانگین $۹۴/۶\text{cm}$ به دست آمده باشد، دقت وسیله برابر $۰/۱\text{cm}$ است و خطای اندازه‌گیری برابر می‌شود با:

$$\text{خطای اندازه‌گیری} = \frac{۱}{۲} \times ۰/۱\text{cm} = ۰/۰۵\text{cm}$$

بنابراین، طول جسم برحسب سانتی‌متر باید به صورت زیر گزارش شود:

$$\text{طول جسم} = (۹۴/۶ \pm ۰/۰۵)\text{cm}$$

این بیان می‌رساند که در اندازه‌گیری، قطعیت وجود ندارد.

#### رقم‌های بامعنا

هرگاه نتیجهٔ یک اندازه‌گیری با توجه به دقت وسیله بیان شود، یعنی دقت گزارش برابر دقت وسیلهٔ اندازه‌گیری باشد، رقم‌های موجود در گزارش، رقم‌های بامعنا هستند.

مثلاً اگر طول یک جسم با خط‌کشی که دقت آن میلی‌متر است، ۱۴۳ میلی‌متر گزارش شده باشد، هر سه رقم ۳، ۴ و ۱ بامعنا هستند. اما اگر با همین خط‌کش، طول جسمی ۱۴۳/۲ میلی‌متر گزارش شده باشد، رقم ۲، رقم معنادار نیست. زیرا خط‌کش نمی‌تواند دهم میلی‌متر را اندازه بگیرد. توجه کنید که رقم غیرقطعی (حدسی) جزء رقم‌های بامعنا محسوب می‌شوند.

**توجه:**

**۱- هنگام تبدیل یکا، تعداد رقم‌های بامعنا نباید تغییر کند. مثلاً اگر جرم جسمی با رقم‌های معنادار، ۴۸/۲kg گزارش شده باشد و بخواهیم آن را برحسب گرم گزارش کنیم، نباید به صورت ۴۸۲۰۰g بیان شود. زیرا این عدد نشان می‌دهد که دارای پنج رقم معنادار است یعنی دقت وسیله، گرم بوده است. در حالی که دقّت وسیلهٔ اندازه‌گیری برابر دهم کیلوگرم یا ۱۰۰g بوده است.**

**برای چنین تبدیلی از توان‌های مثبت یا منفی ۱۰ استفاده می‌کنیم و چنین می‌نویسیم:**

$$۴۸/۲\text{kg} = ۴/۸۲ \times ۱۰^۴\text{g}$$

**۲- صفرهای سمت راست بعد از ممیز که سمت راست آن‌ها رقم دیگری وجود ندارد (مثل دو صفر سمت راست رقم ۲ در عدد ۹۶۰/۰۲۰۰)، هرچند ارزش ریاضی ندارند، دارای ارزش فیزیکی‌اند و دقت آزمایش را می‌رسانند و جزء رقم‌های بامعنا هستند. مثلاً**

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com



**اگر سه نفر طولی را اندازه گرفته و مقدارهای ۷/۵۰cm، ۷/۵۰۰cm و ۷/۵۰۰۰cm گزارش کرده باشند، ارزش کار آن‌ها یکسان نیست. مقدار اول با دقت صدم سانتی‌متر(۰/۰۱)، دقت دومی هزارم سانتی‌متر (۰/۰۰۱) و دقت سومی ده هزارم سانتی‌متر (۰/۰۰۰۱) است.**

**روشن است که صفرهای بعد از آخرین رقم سمت چپ، معنای فیزیکی ندارند. مثلاً صفر در سمت چپ رقم ۳ در مقدار ۰۳۵/۰۷۰۰ معنایی ندارد.**

**۳- در انجام محاسبه‌ها با رقم‌های بامعنا (ضرب و تقسیم) نیز باید به تعداد رقم‌های بامعنا توجه کرد.**

**حاصل محاسبه با رقم‌های معنادار، همواره باید برابر تعداد رقم‌ها در مقداری باشد که کم‌ترین تعداد رقم بامعنا دارد.**

**مثلاً ضرب ۲۵۳g (با سه رقم معنادار) در ۸۰۴۱ (با چهار رقم معنادار)، حاصل‌ضرب برابر ۲۰۳۴۳۷۳ نمی‌شود. مقدار درست حاصل‌ضرب، $۲۰۳\times۱۰^{۴}$ است و یا حاصل‌ضرب دو مقدار با رقم‌های بامعنای ۲۳ و ۵۱۱ نباید به صورت ۱۱۷۵۳ گزارش شود، گزارش درست به صورت $۱۱\times۱۰^{۳}$ و یا به صورت تقریب اضافی $۱۲\times۱۰^{۳}$ است.**

**دربارهٔ جمع و تفریق، آن‌چه مهم است، محل ممیز است و تعداد رقم‌های معنادار مورد توجه نیست. حاصل جمع و تفریق دو یا چند مقدار که دارای ممیز هستند باید رقم‌های بعد از ممیز، برابر تعداد رقم‌های بعد از ممیز مقداری باشد که دارای کم‌ترین رقم بعد از ممیز است. مثلاً حاصل‌جمع ۸۲۶/۴cm با ۲۳۱۹/۸۴cm برابر ۳۱۴۶/۲۴cm نمی‌شود و مقدار ۳۱۴۶/۲cm درست است.**

## درسنامهٔ ۴

### چگالی

**چگالی :** بنا به تعریف، چگالی برابر جرم واحد حجم از هر جسم است. اگر جرم قسمتی از جسم برابر $m$ و حجم آن برابر $V$ باشد، چگالی که با نماد «$\rho$» (روُ) نشان داده می‌شود از رابطهٔ زیر محاسبه می‌شود.

$$\rho=\frac{m\to kg}{V\to m^{۳}}\to \frac{kg}{m^{۳}}$$

کیلوگرم برمترمکعب $(kg/m^{۳})$ یکای چگالی در SI است. یکاهای دیگر چگالی عبارت‌اند از «گرم بر سانتی‌متر مکعب $g/cm^{۳}$» و «گرم بر لیتر $g/lit$» رابطهٔ این یکاها با کیلوگرم بر متر مکعب به صورت زیر است:

$$۱\frac{g}{cm^{۳}}=۱۰۰۰\frac{kg}{m^{۳}}\Leftrightarrow ۱\frac{kg}{m^{۳}}=\frac{۱}{۱۰۰۰}\frac{g}{cm^{۳}}$$

$$۱\frac{g}{lit}=۱\frac{kg}{m^{۳}}$$

بنابراین، گرم بر سانتی‌متر مکعب، یکای بزرگ‌تر چگالی است.

توجه کنید: با تغییر دمای جسم، حجم و درنتیجه چگالی آن تغییر می‌کند. با افزایش دما، حجم جسم افزایش و چگالی آن کاهش می‌یابد. یعنی چگالی با دما نسبت وارون دارد. چون جرم جسم ثابت است، خواهیم داشت:

$$\frac{\rho_{۲}}{\rho_{۱}}=\frac{V_{۱}}{V_{۲}}$$

$$V_{۲}=V_{۱}(۱+۳\alpha\Delta T)\Rightarrow \rho_{۲}=\frac{\rho_{۱}}{۱+۳\alpha\Delta T}$$

$\alpha$ ، ضریب انبساط طولی جسم و یکای آن «بر کلوین، $K^{-۱}=\frac{۱}{K}$» است.

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com



در جدول زیر، چگالی چند جسم در دمای صفر سلسیوس آورده شده است. فراموش نکنید که تغییرات دمای یک جسم برحسب کلوین و سلسیوس با هم برابرند. ($\Delta T_K = \Delta\theta_{^\circ C}$)

| جامد | چگالی برحسب $kg/m^3$ | مایع | چگالی برحسب $kg/m^3$ | گاز | چگالی برحسب $kg/m^3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| یخ | ۹۲۰ | آب | ۱۰۰۰ | دی‌اکسیدکربن | ۲ |
| آلومینیم | ۲۷۰۰ | آب دریا | ۱۰۳۰ | اکسیژن | ۱/۴۳ |
| چوب | ۲۵۰-۱۰۰۰ | اتیل الکل | ۸۱۰۰ | هوا | ۱/۲۹ |
| روی | ۶۹۰۰ | بنزن | ۹۰۰ | هلیوم | ۰/۱۸ |
| آهن | ۷۸۰۰ | گلیسرین | ۱۲۶۰ | هیدروژن | ۰/۰۹ |
| مس | ۸۹۳۰ | نفت | ۸۰۰-۹۵۰ | خورشید به‌طور متوسط | ۱۴۰۰ |
| نقره | ۱۰۵۰۰ | الکل اتانول | ۷۹۰۰ | | |
| سرب | ۱۱۳۰۰ | جیوه | ۱۳۶۰۰ | | |
| طلا | ۱۹۳۰۰ | هوای مایع $-194^\circ C$ | ۹۲۰ | | |
| پلاتین | ۲۱۴۰۰ | نیتروژن مایع $-196^\circ C$ | ۸۱۰ | | |
| اسمیوم | ۲۳۰۰۰ | هلیوم مایع $-369^\circ C$ | ۱۲۵ | | |
| هستهٔ اتم اورانیوم | $3\times10^{17}$ | خون | ۱۰۶۰ | | |

### چگالی مخلوط

هرگاه دو یا چند جسم که با هم ترکیب نمی‌شوند و هنگام مخلوط شدن آن‌ها، کاهش حجم رخ ندهد، چگالی مخلوط از رابطهٔ زیر به دست می‌آید:

$$\text{چگالی مخلوط} = \frac{\text{جرم مخلوط}}{\text{حجم مخلوط}} \Rightarrow \rho = \frac{M}{V}$$

$$M = m_1 + m_2 + m_3 + \ldots$$

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots$$

$$\rho = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + \ldots}{V_1 + V_2 + V_3 + \ldots} = \frac{\rho_1 V_1 + \rho_2 V_2 + \rho_3 V_3 + \ldots}{V_1 + V_2 + V_3 + \ldots}$$

$\rho_1$، $\rho_2$، $\rho_3$ و ... چگالی جسم‌ها هستند.

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com



## پرسش‌های چهار گزینه‌ای

### کمیت ـ اندازه‌گیری ـ یکا ـ کمیت اصلی و فرعی

**۱- کدام یک از بیان‌های زیر، کمیت را بهتر معرفی می‌کند؟**

۱) هر چیز که دارای مقدار باشد، کمیت نام دارد.

۲) کمیت به چیزی گفته می‌شود که مقدار آن قابل افزایش یا کاهش باشد.

۳) کمیت دارای مقداری است که می‌توان آن را اندازه گرفت.

۴) مقدار کمیت قابل افزایش و کاهش است اما ممکن است مقدار آن را نتوان با عدد بیان کرد.

**۲- یک کمیّت از دیدگاه فیزیکی، زمانی شناخته شده است که:**

۱) برای اندازه‌گیری آن، روشی مشخص کرده باشیم.

۲) برای اندازه‌گیری آن، یکای مشخصی تعیین کرده باشیم.

۳) مقدارش از یکای تعیین شدهٔ آن، کوچک‌تر نباشد.

۴) بتوان آن را اندازه گرفت و مقدار آن را با عددی برحسب یکای آن، بیان کرد.

**۳- اساس و شالودهٔ دانش فیزیک، شناخت کمیت‌هاست که با ..... کامل می‌شود. بنابراین، اساسی‌ترین کار در فیزیک، ... است.**

۱) اندازه‌گیری ـ اندازه‌گیری ۲) اندازه‌گیری ـ شناخت کمیّت‌ها

۳) تعریف یکا ـ شناخت کمیت‌ها ۴) تعریف یکا ـ اندازه‌گیری

**۴- اندازه‌گیری عبارت از مقایسهٔ ..... یک کمیت با ..... است. نتیجهٔ این مقایسه، نشان دهندهٔ ..... است.**

۱) مقدار ـ یکا ـ بزرگی آن یکا ۲) مقدار ـ یکای آن ـ بزرگی کمیت

۳) یکای یک کمیت ـ سایر یکاها ـ بزرگی آن یکا ۴) بزرگی ـ همهٔ یکاهای آن ـ بزرگی کمیت

**۵- برای اندازه‌گیری یک کمیت باید برای آن ..... را مشخص کنیم که ممکن است ..... یا یک ..... باشد.**

۱) یکایی ـ تعریف شود ـ وسیله ۲) وسیله‌ای ـ انتخاب شود ـ تعریف

۳) یکایی ـ متغیر ـ ثابت جهانی ۴) وسیله‌ای ـ یک دستگاه ـ رابطهٔ ریاضی

**۶- یکای هر کمیت باید ..... باشد و ..... انتخاب شود و همیشه و همه جا ..... باشد.**

۱) یک وسیله ـ با دقت نسبی ـ ثابت ۲) یک وسیله ـ توسط دانشمندان ـ در دسترس

۳) ثابت ـ با دقت زیاد ـ در دسترس ۴) ثابت ـ توسط دانشمندان ـ مورد قبول همگان

**۷- کمیت‌ها به دو دستهٔ اصلی و فرعی تقسیم می‌شوند. کمیتی به عنوان کمیت اصلی انتخاب می‌شود که:**

۱) مستقل از سایر کمیت‌ها باشد.

۲) برای آن بتوان یکای مستقلی انتخاب کرد.

۳) مورد تأیید همگان باشد.

۴) اگر آن را انتخاب نکنیم، تعریف یکای بعضی از کمیت‌های فرعی ممکن نباشد.

**۸- کدام یک از دسته کمیت‌های سه‌تایی زیر، جزء کمیت‌های اصلی SI هستند؟**

۱) طول، دما، کار ۲) زمان، شدت جریان الکتریکی، شتاب

۳) طول، جرم، مقدار ماده ۴) زمان، جرم، نیرو

**۹- یکی از یکاهایی که در نجوم به عنوان یکای طول به کار می‌رود «یکای نجومی با نماد AU» است که برابر فاصلهٔ متوسط زمین از خورشید یعنی $1/5\times10^{11}\,m$ است. فاصلهٔ زمین تا ستارهٔ قنطورس (سنتوری) تقریباً $4/02\times10^{16}\,m$ است. این فاصله چند AU می‌شود؟**

۱) $2/68\times10^{5}$ ۲) $2/68\times10^{8}$ ۳) $1/34\times10^{5}$ ۴) $1/34\times10^{8}$

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin

telegram.me/irandaneshnovin www.idnovin.com



۱۰- سرعت نور در خلأ (تقریباً $۳\times۱۰^{۵}\ km/s$). چند $AU/min$ (یکای نجومی بر دقیقه) می‌شود؟

۱) ۱/۲ ۲) ۰/۱۲ ۳) ۲/۳ ۴) ۰/۲۳

۱۱- تعداد کمیت‌های اصلی در SI، به جز مقدار ماده، برابر ..... است.

۱) ۳ ۲) ۴ ۳) ۶ ۴) ۷

۱۲- به غیر از کمیت‌های طول، جرم و زمان، بقیهٔ کمیت‌های اصلی SI عبارت‌اند از:

۱) دما، بارالکتریکی، شدت نور ۲) شدت جریان الکتریکی، مقدار ماده، دما، شدت نور

۳) شدت نور، کار و انرژی، شدت جریان الکتریکی ۴) بار الکتریکی، دما، کار و انرژی، مقدار ماده

۱۳- کدام یک از عملیات زیر برای دو کمیت متفاوت A و B با معناست؟

۱) $A+B$ ۲) $B-A$ ۳) $\frac{A}{B}$ ۴) $\frac{A+B}{A\times B}$

۱۴- دو کمیت ..... از کمیت‌های اصلی SI ودو کمیت ..... از کمیت‌های فرعی‌اند.

۱) حجم و جرم ـ زمان و کار ۲) زمان و دما ـ مقدار ماده و نیرو

۳) جرم و دما ـ بار الکتریکی و انرژی ۴) طول و توان ـ شتاب و سرعت

۱۵- کمیت‌های «جابه‌جایی، شتاب و بازهٔ زمانی» در SI، هر کدام و به ترتیب، کدام اصلی و کدام فرعی است؟

۱) فرعی، فرعی، فرعی ۲) اصلی، فرعی، اصلی ۳) فرعی، اصلی، اصلی ۴) فرعی، فرعی، اصلی

۱۶- سال نوری یکای کدام یک از کمیت‌های زیر است؟

۱) طول ۲) زمان

۳) شدت نور ۴) کمیتی که برابر «طول در زمان» است.

۱۷- سرعت نور در خلأ تقریباً برابر $۳\times۱۰^{۵}\ km/s$ و یک سال نوری تقریباً برابر $۹/۴۵\times۱۰^{x}\ m$ است که در آن، x برابر است با:

۱) ۱۲ ۲) ۱۵ ۳) ۱۷ ۴) ۲۰

۱۸- سرعت اتومبیلی $۱۵\ m/s$ است. سرعت این اتومبیل چند کیلومتر بر ساعت می‌شود؟

۱) ۳۶ ۲) ۴۵ ۳) ۵۴ ۴) ۶۰

۱۹- اگر در SI به جای جرم، نیرو را کمیت اصلی انتخاب کرده و یکای آن را نیوتون (N) بنامیم، یکای جرم، برحسب یکاهای اصلی SI، کدام یک می‌شد؟

۱) $\frac{Ns}{m}$ ۲) $\frac{Ns}{m^{۲}}$ ۳) $\frac{Ns^{۲}}{m}$ ۴) $\frac{Ns^{۲}}{m^{۲}}$

۲۰- کدام یک از بیان‌های زیر، یکای متر (m) در SI است؟ متر .....

۱) طولی برابر $\frac{۱}{۴\times۱۰^{۷}}$ طول یکی از نصف‌النهارهای زمین است.

۲) طولی برابر $\frac{۱}{۴\times۱۰^{۷}}$ طول نصف‌النهاری از زمین است که از پاریس می‌گذرد.

۳) برابر مسافتی است که نور در مدت $\frac{۱}{c}$، در خلأ می‌پیماید ( c سرعت نور در خلأ است).

۴) برابر فاصلهٔ دو علامت روی میلهٔ نمونه موجود در موزهٔ سور فرانسه در دمای صفر سلسیوس است.

بهترین جزوات، مشاوره با رتبه های تک رقمی: @irandaneshnovin