

مفاهیم اندازه‌شناسی و استاندارد‌های اندازه‌گیری

پیشگفتار

اندازه‌گیری صحیح یکی از مواردی است که تاثیر مستقیم در رد یا انطباق محصول تولیدی دارد. چگونگی کیفیت محصولات تولیدی نیز توسط اندازه‌گیری صحیح مشخص میشود. لزوم تشخیص میزان کیفیت محصول به وسیله اندازه‌گیری و متکی بودن این یک به مفاهیم علمی پرداختن به این موضوع را ضروری ساخته است. توانایی یک واحد در طراحی، اجرا و کنترل کیفیت فرایند و محصول بستگی به چگونگی استفاده از وسایل اندازه‌گیری در جهت خواسته خود و به صورت صحیح دارد. گذشته از موارد فنی، توانایی تحلیل نتایج (در مرحله طراحی و مرحله کنترل) نیز به این امر بستگی دارد.

آگاهی و تسلط بر مفاهیم اندازه‌شناسی، عملیات اندازه‌گیری را در راستایی هدایت میکند که نتایج بدست آمده از عملکرد وسایل اندازه‌گیری، مستقیماً تاثیر خود را برای کاربران نشان میدهد. در این جزوه ابتدا برخی از مفاهیم عمومی و اولیه اندازه‌شناسی تعریف شده و سپس نحوه تحقق اعتبار اندازه‌گیریهایی صورت گرفته و در نهایت خلاصه‌ای از استانداردهای کمیتهای اصلی بیان میشود.

برخی تعاریف پایه اندازه‌شناسی

1 - کمیت (- قابل اندازه‌گیری)

خاصیت ذاتی یک پدیده، جسم یا ماده که بتوان به طور کیفی تشخیص داد و به طور کمی تعیین کرد.

2 - کمیت پایه

کمیتی از یک دستگاه کمیت‌ها که بنا به قرار داد عملاً مستقل از بقیه کمیت‌ها پذیرفته میشود. (طول، جرم و زمان)

3 - کمیت فرعی

کمیتی از یک دستگاه که به صورت تابعی از کمیت‌های پایه آن دستگاه تعریف میشود.

4 - بعد یک کمیت

عبارتی که کمیتی از یک دستگاه کمیت‌ها به صورت ضریب توانی عواملی که نماینده کمیت‌های پایه دستگاهند بیان میکند. (L طول؛ M جرم؛ T زمان؛ LT^{-1} سرعت؛ ML^{-3} جرم حجمی)

5 - کمیت بدون بعد

کمیتی که در عبارت بعدی آن همه توان‌های به‌د‌های کمیت‌های پایه به صفر کاهش یافته است. (کرنش خطی، ضریب اصطکاک؛ ضریب شکست)

6 - یکا (-ی اندازه‌گیری)

کمیتی ویژه که به طور قرار دادی تعریف و پذیرفته میشود و بزرگی سایر کمیت‌های همجنس را میتواند در مقایسه با آن بیان کرد. (متر، درجه سلسیوس، ثانیه)

- 7 - نماد (- یکای اندازه گیری) علامتی قرار دادی که یکای اندازه گیری را مشخص میکند .
(m نماد متر و A نماد آمپر است .)
- 8 - اندازه گیری
مجموعه عملیاتی به منظور تعیین مقدار یک کمیت
- 9 - اصول اندازه گیری
پایه علمی هر اندازه گیری
مثال : اثر ترموالکتریک که برای اندازه گیری دما به کار میرود .
- 10 - روش اندازه گیری
عملیاتی پیاپی با ترتیب منطقی برای انجام اندازه گیری ها که به صورتی کلی شرح داده میشود .
- 11 - کمیت تاثیر گذار
کمیتی غیر از کمیت مورد اندازه گیری که در نتیجه اندازه گیری تاثیر دارد . (دمای میکرومتری که طول را اندازه گیری میکند)
- 12 - نتیجه اندازه گیری
مقدار نسبت داده شده به ماده تحت اندازه گیری که از راه اندازه گیری بدست میاید .
- 13 - نتیجه تصحیح نشده
نتیجه یک اندازه گیری پیش از تصحیح آن برای خطای سیستماتیک
- 14 - نتیجه تصحیح شده
نتیجه اندازه گیری پس از تصحیح آن برای خطای سیستماتیک
- 15 - درستی اندازه گیری
نزدیکی توافقی میان نتیجه اندازه گیری و مقدار واقعی ماده تحت اندازه گیری
درستی مفهومی کیفی است .
واژه دقت نباید به جای درستی به کار رود .
- 16 - تکرار پذیری (- نتایج اندازه گیری)
نزدیکی توافقی میان اندازه گیری های پیاپی که تحت رابطة یکسان اندازه گیری روی ماده تحت اندازه گیری انجام میشود .
- شرایط تکرار پذیری یعنی : همان روش اندازه گیری ، همان ناظر ، همان دستگاه اندازه گیری تحت همان شرایط به کار گیری ، همان محل ، تکرار در فاصله زمانی کوتاه
- 17 - تجدید پذیری (- نتایج اندازه گیری)
نزدیکی توافقی میان نتایج اندازه گیری هایی که تحت شرایط تغییر یافته اندازه گیری روی همان اندازه ده انجام میشود . شرایط تغییر یافته ممکن است موارد زیر باشد :
- اصول اندازه گیری ، روش اندازه گیری ، ناظر ، دستگاه اندازه گیری ، استاندارد مرجع ، محل ، شرایط به کار گیری ، زمان

18 - عدم قطعیت اندازه گیری

پارامتری مربوط به نتیجه اندازه گیری که پراکندگی مقادیری را مشخص میکند که میتوان به طور منطقی به ماده تحت اندازه گیری نسبت داد .

19 - خطا (ی اندازه گیری)

نتیجه اندازه گیری منهای مقدار واقعی اندازه ماده تحت اندازه گیری چون مقدار واقعی را نمیتوان تعیین کرد ، در عمل از مقدار واقعی قرار دادی استفاده میشود .

20 - انحراف

مقدار بدست آمده منهای مقدار مرجع اندازه ماده تحت اندازه گیری

21 - خطای سیستماتیک

میانگین نتایج حاصل از انجام تعداد نا محدودی اندازه گیری یک ماده تحت اندازه گیری در شرایط تکرار پذیر منهای مقدار واقعی آن

22 - تصحیح

مقداری که برای جبران خطای سیستماتیک به صورت جبری به نتیجه تصحیح نشده اندازه گیری اضافه شود .

23 - قابلیت ردیابی

خاصیت نتیجه یک اندازه گیری که به موجب آن این نتیجه از طریق یک زنجیره به هم پیوسته مقایسه ها میتواند به استاندارد های اندازه گیری مناسبی ، معمولاً ملی یا جهانی مربوط شود .

24 - کالبراسیون

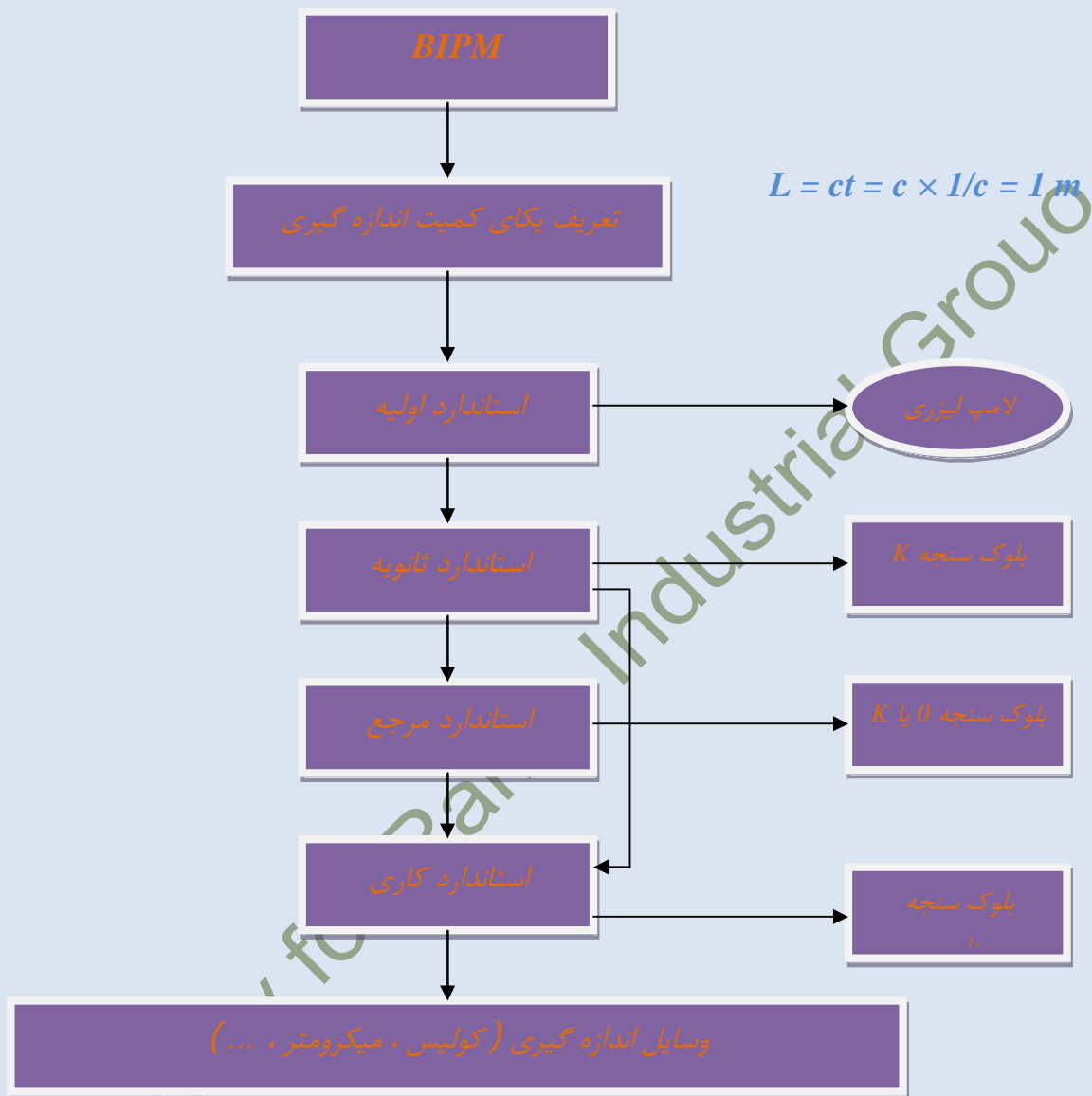
مجموعه عملیاتی که تحت شرایط خاص ، رابطه ای بین مقادیر کمیت های نشان داده شده به وسیله یک ابزار اندازه گیری یا دستگاه اندازه گیری ، یا مقادیر عرضه شده به وسیله یک سنجه مادی یا یک مرجع و مقادیر متناظر تحقق یافته توسط استاندارد ها برقرار میکند .

25 - تلورانس

بازه (گستره) مجاز تغییرات مقدار اندازه گیری شده

نمودار قابلیت ردیابی یک کمیت اندازه گیری

یک نتیجه اندازه گیری هنگامی معتبر است که قابل ردیابی به استاندارد کمیت مورد نظر باشد . این امر با مقایسه وسایل اندازه گیری با وسایل با دقت بالاتر و محاسبه عدم قطعیت اندازه گیری صورت میپذیرد . هر کدام از تجهیزات در هر رده دقتی که باشند ، توسط مقایسه با دستگاهی با سطح دقت بالاتر و تخمین عدم قطعیت اندازه گیری به استاندارد بالاتر از خود و نهایتاً به بالاترین سطح استاندارد ملی یا بین المللی مرتبط مرتبط شده و نتایج آن اعتبار میآیند .



کمیت های فیزیکی ، استاندارد ها و یکا ها

یک کمیت فیزیکی را موقعی تعریف شده میدانیم که روش ها یا دستورالعمل هایی برای اندازه گیری آن بیان کرده و یکایی به آن نسبت داده باشیم . یعنی در واقع یک استاندارد برای آن تعریف میکنیم . نکته مهم تعریف یک کمیت با روش مفید و علمی و پذیرفته شدن آن در سطح بین المللی است . از میان تمام کمیت های فیزیکی ممکن ، چند کمیت مشخص را انتخاب میکنیم و آنها را کمیت اصلی مینامیم و بقیه کمیت ها را از کمیت اصلی بدست میآوریم . آنگاه برای هر یک از این کمیت های اصلی استandar دی را در نظر میگیریم به عنوان مثال اگر طول را به عنوان کمیت اصلی تعریف کنیم متر را به عنوان استاندارد آن در نظر میگیریم و آن را با عملیات دقیق آزمایشگاهی تعریف میکنیم . اداره بین المللی اوزان و مقیاس ها که در سال 1875 تاسیس شده است ، (BIPM) مرکز اصلی انجام

اینگونه امور است. این اداره با آزمایشگاه های تعیین استاندارد در تمام دنیا در تماس است. این مجمع یک مجمع بین المللی است که در فواصل زمانی معین تشکیل جلسه میدهد و تصمیمات و توصیه های لازم را اعلام میکند.

پس از انتخاب استاندارد اصلی، (مثلاً برای طول) باید روش هایی نیز پیشنهاد کنیم که بتوانیم طول هر شیء را از طریق مقایسه با طول استاندارد اندازه بگیریم. این نکته بدین معنا است که استاندارد باید دسترس پذیر باشد. همچنین هر بار که استاندارد را با شیء معینی مقایسه میکنیم، باید نتایج حاصل از مقایسه تا حداقل قبولی یکسان باشد. بنابراین استاندارد باید تغییر ناپذیر باشد. این دو شرط غالباً با هم سازگار نیستند. مثلاً اگر طول را کمیت اصلی انتخاب کنید و استاندارد آن را به صورت فاصله بینی یک شخص تا نوک انگشت دستش در حالتی که بازویش کاملاً کشیده است تعریف کنید و آن را یک ذرع بنامید، استانداری خواهید داشت که مسلماً دسترس پذیر است اما تغییر ناپذیر نیست. مقایسه با استاندارد اصلی غالباً با روش های غیر مستقیم انجام میشود.

دستگاه بین المللی یکا ها

چهاردهمین مجمع عمومی اوزان و مقیاس ها هفت کمیت جدول 1 را به عنوان یکا های اصلی انتخاب کرد. این کمیت ها اساس دستگاه بین المللی یکا ها را تشکیل میدهند. این دستگاه با علامت اختصاری SI نوشته میشود.

مثال های متعددی از یکا های فرعی SI مانند سرعت، نیرو، مقاومت الکتریکی و نظایر آنها را که از جدول 1 نتیجه میشوند، وجود دارند. هر گاه بعضی از مقادیر فیزیکی مانند شعاع کره زمین یا بازه زمانی میان دو رویداد هسته ای را با یکا های اصلی یا فرعی SI بیان کنیم، به اعدادی بسیار بزرگ یا بسیار کوچک بر می خوریم. چهاردهمین مجمع عمومی اوزان و مقیاس ها، باز هم بر اساس کار های قبلی برای سهولت در کار، پیشنهاد های جدول 2 را توصیه کرد. از این رو میتوان شعاع کره زمین (مساوی 6.37×10^6 m) را به صورت 6.37 Mm و بازه زمانی معمول در فیزیک هسته ای (2.35×10^{-9}) را به صورت 2.5 ns بنویسیم. پیشوند های مربوط به ضرایب بزرگتر از واحد، ریشه یونانی و پیشوند های مربوط به ضرایب کوچکتر از واحد، ریشه لاتین دارند (به جز فمتو و آتو که ریشه دانمارکی دارند).

جدول 1 - یکا های اصلی SI

نماد	نام	کمیت
<i>m</i>	متر	طول
<i>kg</i>	کیلو گرم	جرم
<i>s</i>	ثانیه	زمان
<i>A</i>	آمپر	جریان الکتریکی
<i>K</i>	کلوین	دمای ترمودینامیکی
<i>mol</i>	مول	مقدار ماده
<i>cd</i>	کاندلا	شدت روشنایی

جدول 2 - پیشوند های SI

نماد	پیشوند	ضریب	نماد	پیشوند	ضریب
<i>d</i>	دسی	10^{-1}	<i>da</i>	دکا	10^1
<i>c</i>	سانتی	10^{-2}	<i>h</i>	هکتو	10^2
<i>m</i>	میلی	10^{-3}	<i>K</i>	کیلو	10^3
μ	میکرو	10^{-6}	<i>M</i>	مگا	10^6
<i>n</i>	نانو	10^{-9}	<i>G</i>	گیگا	10^9
<i>p</i>	پیکو	10^{-12}	<i>T</i>	ترا	10^{12}
<i>f</i>	فمتو	10^{-15}	<i>P</i>	پتا	10^{15}
<i>a</i>	آتو	10^{-18}	<i>E</i>	اگزا	10^{18}

استاندارد طول

اولین استاندارد بین المللی طول ، میله ای بود از جنس پلاتین ایریدیوم به نام متر استاندارد که اکنون در اداره بین المللی اوزان و مقیاس ها نگهداری میشود . هنگامی که میله در دمای 0°C بوده و از لحاظ مکانیکی به طریقه مشخصی نگهداری میشود ، فاصله میان دو خط ظریف که بر روی دو بست طلایی نزدیک به دو انتهای میله حک شده بود ، یک متر تعریف میشد . از نظر تاریخی متر برابر یک ده میلیونیم فاصله قطب شمال تا استوا در امتداد نصف النهاری که از پاریس میگذرد ، در نظر گرفته شده بود . اما اندازه گیری های دقیقی که بعد از ساخته شدن متر استاندارد به عمل آمد نشان داد که طول این متر ، اندکی (0.023%) با مقدار مورد نظر تفاوت دارد . چندین ایراد به این میله به عنوان استاندارد اصلی طول وارد بود : مثلاً این میله ممکن است در اثر آتش سوزی یا جنگ از بین برود . مهم ترین ایراد میله متر این است که در آن دقت مقایسه ضروری طول ها با یکدیگر از طریق مقایسه خراش های ریز ، با استفاده از میکروسکوپ دیگر جوابگوی نیاز های علوم و فنون نیست . تصحیحات بسیار جزئی که هنگام مسافرت سفینه های فضایی لازم میآید گواه صحت این مدعا است .

در سال 1828 باینه برای نخستین بار پیشنهاد کرد که از طول موج نور به عنوان استاندارد طول استفاده شود. با استفاده از امواج نوری در اندازه گیری طول، میتوان به دقتی برابر با یک در 10^9 دست یافت.

در سال 1960 یازدهمین مجمع عمومی اوزان و مقیاس ها با استاندارد اتمی برای متر موافقت کرد. در این مجمع طول موج تابش نازجی طول موج تابش نازجی - سرخ خاصی که از ایزوتوپ مشخص Kr^{86} در تخلیه الکتریکی گسیل میشود، برای این منظور انتخاب شده که متر دقیقاً 1650763.73 برابر این طول موج است. این رقم با اندازه گیری دقیق میله استاندارد بر حسب این طول موج ها بدست آمده است. مقایسه طوری انجام شده که این استاندارد مبتنی بر طول موج نور تا حد امکان با استاندارد پیش از آن مبتنی بر میله متر سازگار باشد. دقت اندازه گیری ده برابر بهتر از دقت میله متر است.

در چهارمین و آخرین تعریف میله بین المللی متر سازمان BIPM یکای متر را برای کمیت قابل اندازه گیری طول پذیرفته است. یک متر به صورت زیر تعریف میشود: یک متر عبارتست از مسافتی که نور در خلاء در مدت زمان $1/299792458$ ثانیه میپیماید. این تعریف در بیست اکتبر 1983 (مهر ماه 1362) در هفدهمین مجمع عمومی اوزان و مقیاس ها پذیرفته شده است. تحقق این تعریف توسط یک لامپ لیزری انجام میشود و عدم قطعیت اندازه گیری آن 10^{-9} میباشد. این وسیله اندازه گیری را که فقط برای تحقق تعریف متر (انتقال از تعریف به تجربه) به کار برده میشود استاندارد اولیه متر گویند و آزمایشگاهی که این دستگاه در آنجا مورد استفاده واقع میشود، آزمایشگاه های درجه یک یا آزمایشگاه های علمی اندازه شناسی میگویند. چون بیشتر استفاده کنندگان یا کشورها به این استاندارد دسترسی ندارند، نمونه ای از متر توسط آن ساخته شده و در اختیار دیگران قرار میگیرد. این نمونه ها در سطح آزمایشگاه های ملی کشورها وجود دارند و به آنها استاندارد های ثانویه گفته میشود. در این آزمایشگاه ها عدم قطعیت اندازه گیری 10^{-6} است. در هر کشور برای تصمیم گیری در باره انتقال اندازه ها به اشیاء، کالاها و غیره یا به عبارت دیگر کاربری وسایل اندازه گیری در سطح مراکز صنعتی و پژوهشی و غیره، مستلزم وجود استاندارد های دیگری است که به آنها استاندارد های کاری میگویند. استاندارد های کاری عبارتند از وسایل اندازه گیری که از نظر درجه اهمیت نسبت به استاندارد های اولیه در سطح پایین تری قرار گرفته اند. در هر کشور، مؤسسه هایی وجود دارند که در عرف بین المللی، استاندارد های مرجع و آزمایشگاه های مربوط به آنها را درجه 3 میگویند. در این صورت استاندارد های کاری با اتصال به این آزمایشگاه ها میتوانند عملیات اندازه گیری خود را رسمیت دهند. در آزمایشگاه های مرجع، عملیات اندازه گیری با عدم قطعیتی کمتر از 10^{-5} انجام میگیرد. عدم قطعیت عملیات اندازه گیری در آزمایشگاه های کاری معمولاً کمتر از 10^{-4} است.

استاندارد جرم

استاندارد SI جرم، استوانه ای از پلاتین ایریدیم است که در اداره بین المللی اوزان و مقیاس ها نگهداری میشود و طبق توافق بین المللی جرم یک کیلوگرم به آن نسبت داده میشود.

در مقیاس اتمی استاندارد دیگری برای جرم وجود دارد که متعلق به دستگاه یکاهای SI نیست . این استاندارد جرم اتم C^{12} است که بنا به توافق بین المللی و بر حسب تعریف ، 12 برابر یکای جرم اتمی (با نماد u) است :

$$1u = 1.660 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

استاندارد زمان

اندازه گیری زمان دو جنبه دارد : یکی برای کارهای روزمره و دیگری برای مقاصد علمی . ما میخواهیم وقت را بدانیم تا بتوانیم ترتیب زمانی رویدادها را مشخص کنیم یا مدت زمان رخداد حادثه ای را اندازه گیری کنیم .

هر پدیده تکرار شونده را میتوان به عنوان معیار زمان به کار برد . در اینصورت اندازه گیری زمان همان شمارش تعداد دفعات تکرار شده است . در سال 1967 ثانیه ای که بر اساس ساعت سزیم تعریف شده بود ، به عنوان استاندارد بین المللی پذیرفته شد . این ثانیه به صورت 9192631770 برابر دوره تناوب گذار خاصی از CS^{133} تعریف شد . با انتخاب این استاندارد ، دقت اندازه گیری های زمان به یک در 10^{12} افزایش یافت که در حدود 10^3 بار بیش از دقت مربوط به روش های نجومی است .

تعریف پارامترهای فوق و مقادیر آنها با استفاده از استاندارد های اولیه تا ابزار کاری انتقال میآید . این انتقال به دو ویژگی صورت میپذیرد : اول ، وجود یک سازمان یا مرکز معتبر (ملی یا بین المللی) . دوم مشخص شدن عدم قطعیت اندازه گیری . این کار ، همانطور که پیشتر نیز اشاره شد ، قابلیت رد یابی اندازه گیری نام دارد . قابلیت رد یابی با عملیاتی به نام کالبراسیون پیگیری میشود بنابراین ، کالبراسیون سازو کاری است که با آن ، اندازه ها با عدم قطعیت مشخصی انتقال میآیند و ضامن پایداری قابلیت ردیابی است .

مآخذ

کتاب فیزیک پایه I هالیدی
استاندارد ملی شماره 4723