

اصول اولیه آزمایش-آزمایشگاه فیزیک پایه ۱

الف-انواع خطا

جدا از میزان دقت و کیفیت وسایل اندازه گیری، در همه آزمایش ها همیشه مقداری خطا وجود دارد که نمی توان آن ها را حذف کرد. عوامل ایجاد خطا در اندازه گیری ها به شرح زیر می باشند:

۱- خطای وسایل اندازه گیری: هیچ وسیله ای وجود ندارد که بتواند مقدار یک کمیت را به صورت کاملاً دقیق اندازه گیری کند. دقت تمامی اندازه گیری ها به دقت وسایل اندازه گیری بستگی دارد.

الف- دقت وسایل اندازه گیری مدرج: مقدار خطا نصف کوچکترین درجه بندی است. مثلاً دقت خط کشی که درجه بندی آن یک میلیمتر است، نیم میلیمتر می باشد.

ب- دقت وسایل اندازه گیری دیجیتال: کوچکترین عددی که آن وسیله می تواند نمایش دهد را خطای یک وسیله اندازه گیری دیجیتال در نظر می گیریم.

۲- خطای شخص آزمایش کننده: باید توجه داشت که برای خواندن مقادیر باید همیشه از مستقیم و رو به رو این کار را انجام دهیم تا خطا کمتر شود.

۳- خطای محیط آزمایش: تمامی اتفاقاتی که در محیط آزمایشگاه می افتند بر روی محاسبات و اندازه گیری تاثیر می گذارند مانند وزش باد، نوسانات الکتریکی و...

به صورت کلی می توان خطاها را در دو دسته خطاهای سیستماتیک و کاتوره ای دسته بندی کرد:

۱- خطای سیستماتیک (ذاتی): این خطا مربوط به وسیله اندازه گیری می باشد. خطای صفر دستگاه از جمله خطاهای سیستماتیک می باشد؛ یعنی اگر به عنوان مثال می خواهیم با استفاده از یک ترازو جرم را اندازه گیری بکنیم و ترازو مقدار صفر را در حالتی که وزنه روی آن نیست، نمایش نمی دهد باید خطای صفر را در هر بار اندازه گیری لحاظ کرده و آنرا از جرم خوانده شده کم کنیم. بعضی دیگر از خطاهای سیستماتیک مربوط به اشکال دستگاه اندازه گیری می باشد. در واقع هر دستگاه اندازه گیری در یک بازه مشخص بسیار خوب عمل می کند و در خارج از آن بازه، دقت وسیله اندازه گیری پایین می آید.

۲- خطای کاتوره ای (تصادفی): این خطاها در مقادیر مشاهده شده ایجاد پراکندگی می کنند. هر چه تعداد دفعات اندازه گیری بیشتر باشد، مقدار میانگین به مقدار واقعی نزدیک تر می شود. باید گفت که عوامل محیطی بر روی پراکندگی مقادیر اندازه گیری شده تاثیر زیادی دارند.

برای یافتن خطای نسبی یک کمیت، از رابطه زیر استفاده می کنیم:

$$\text{درصدخطای نسبی} = \frac{\text{مقدار تجربی} - \text{مقدار واقعی}}{\text{مقدار واقعی}} \times 100$$

همانطور که گفته شد، برای این که خطای اندازه گیری یک کمیت کمتر شود، باید آن را چندین بار اندازه گرفت و سپس مقدار میانگین (مقدار تجربی) را گزارش داد. مقدار میانگین کمیت x که n بار اندازه گیری شده است، از رابطه زیر به دست می آید:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

انحراف هر کدام از داده ها از مقدار میانگین به صورت زیر است:

$$\Delta x_i = x_i - \bar{x}$$

انحراف از میانگین بعضی داده ها ممکن است مثبت و برای بعضی داده ها ممکن است منفی باشد که جمع روی همه آن ها ممکن است صفر شود. به همین دلیل انحراف معیار را تعریف می کنیم که به عنوان معیاری از پراکندگی داده هاست:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n}}$$

انحراف متوسط از میانگین یا خطای معیار نیز از رابطه زیر بدست می آید:

$$\sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

توجه کنید که این خطا فقط خطای محیط و شخص آزمایش کننده را شامل می شود. به این ترتیب در هنگام گزارش دهی باید مقدار کمیتی که اندازه گرفته اید را به صورت زیر گزارش کنید:

$$\bar{x} \pm \sigma_{\bar{x}} + \text{خطای دستگاه}$$

ب- کمیت ها

کمیت هایی که در آزمایشگاه با آن ها سر و کار داریم به دو دسته زیر تقسیم می شوند:

الف- کمیت اولیه: کمیتی است که مستقیماً از روی وسایل اندازه گیری خوانده می شود؛ مانند طول میز یا زمان سقوط و ...

ب- کمیت ثانویه: کمیت ثانویه توسط تابعی به کمیات اولیه یا ثانویه دیگر ربط پیدا می کند؛ به عنوان مثال چگالی به صورت حاصل تقسیم جرم بر حجم است که جرم را می توان با ترازو و حجم یک جسم را می توان با اندازه گیری ابعاد آن توسط خط کش اندازه گیری کرد. به این ترتیب، چگالی یک کمیت ثانویه است که طبق فرمول مقابل به دو کمیت اولیه جرم و حجم بستگی دارد:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

ج- محاسبه خطای دستگاه در کمیت های ثانویه

فرض کنید تابع f تابعی از چند متغیر مستقل x_1 تا x_n باشد:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

اگر هر کدام از متغیر های مستقل دارای خطای Δx_i باشند، خطای متغیر y از رابطه زیر بدست می آید:

$$\Delta y = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2\right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial f}{\partial x_n} \Delta x_n\right)^2$$

حالت های خاص رابطه بالا به صورت زیر هستند:

$$y = x_1 \pm x_2$$

$$(\Delta y)^2 = \underbrace{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1\right)^2}_1 + \underbrace{\left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2\right)^2}_{\pm 1} \Rightarrow (\Delta y)^2 = (\Delta x_1)^2 + (\Delta x_2)^2$$

$$y = x_1 x_2, y = \frac{x_1}{x_2}$$

فرمول را برای ضرب می نویسیم، اما رابطه نهایی برای ضرب و تقسیم صادق است:

$$(\Delta y)^2 = \left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \Delta x_1\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial x_2} \Delta x_2\right)^2 = x_2^2 (\Delta x_1)^2 + x_1^2 (\Delta x_2)^2$$

$$\frac{(\Delta y)^2}{y^2} = \frac{x_2^2 (\Delta x_1)^2 + x_1^2 (\Delta x_2)^2}{x_1^2 x_2^2} \Rightarrow \frac{(\Delta y)^2}{y^2} = \frac{(\Delta x_1)^2}{x_1^2} + \frac{(\Delta x_2)^2}{x_2^2}$$

د- ارقام با معنی

فرض کنید که طول یک مکعب را اندازه گیری گرفته و آن را ۱,۲۱ سانتی متر به دست آورده اید. وقتی حجم مکعب را حساب می کنید، بعد از اعشار ۶ رقم دارید اما نباید همه آنها را گزارش کنید؛ بلکه عدد گزارش شده حجم، باید به تعداد ارقام معنی دار باشد. هم چنین برای اینکه دقت کمیته را بیان کنیم به همراه مقدار کمیت، خطای آن را هم می نویسیم: $y \pm \Delta y$. در واقع با بکار بردن مفهوم اعداد معنادار دقت یک کمیت در مقدار بیان شده آن مستتر است. مثلاً اگر جرم یک جسم ۱۴۱ گرم باشد، در واقع به خطای آن که یک گرم است نیز اشاره کرده ایم و در گزارش باید جرم جسم را به صورت 141 ± 1 بنویسیم.

برای آشنایی با ارقام معنا دار به نکات زیر توجه بفرمایید:

* اگر عدد اعشار نداشته باشد صفر های جلوی عدد به عنوان رقم معنی دار حساب نمی شوند. مثلاً عدد ۴۰ دارای یک رقم معنی دار است.

* در اعداد اعشاری، صفر بین اعشار و اولین عدد به عنوان رقم معنی دار حساب نمی شود. به عنوان مثال ۰,۰۴۰ دارای دو رقم معنی دار و ۰,۰۰۴۱۰ دارای سه رقم معنی دار است.

هم چنین این قوانین در هنگام محاسبات باید رعایت شوند:

* اگر اعداد را جمع یا کم می کنید، تعداد ارقام اعشاری عدد حاصل برابر با تعداد رقم های اعشار کمیتی است که کمترین رقم اعشار را دارد:

$$32.2 + 3.11 = 35.31 \rightarrow 35.3$$

$$27.8 - 11 = 16.8 \rightarrow 17$$

که در مرحله آخر عدد ۱۶,۸ به ۱۷ گرد شده است.

* اگر اعداد را ضرب یا تقسیم می کنید، عددی که دارای کمترین رقم با معنی است را شناسایی کنید و به حاصل محاسبه همین تعداد رقم را نسبت دهید:

$$\underbrace{4.2}_{\text{دو رقم معنادار}} \times \underbrace{6.33}_{\text{سه رقم معنادار}} = 26.586 \rightarrow \underbrace{26}_{\text{دو رقم معنادار}}$$

$$\frac{1}{20} = 0.05 \rightarrow 0.05$$

دقت کنید که ۰,۰۵ دارای یک رقم معنادار است.

ه- گزارش آزمایش

زمان تحویل گزارش هر آزمایش حداکثر یک هفته بعد از انجام آزمایش است. گزارش آزمایش باید به صورت زیر تحویل داده شود:

۱- در صفحه اول به ترتیب عنوان آزمایش، نام، نام خانوادگی، شماره دانشجویی آزمایشگر و تاریخ انجام آزمایش نوشته شود.

۲- هدف از انجام آزمایش

۳- مقدمه و تئوری آزمایش

۴- نحوه انجام آزمایش به صورت خلاصه؛ به همراه داده های بدست آمده در جدولی که در کلاس داده می شود.

۵- رسم نمودار و تحلیل داده ها و منحنی ها با توجه به خواسته های آزمایش

۶- محاسبه خطاها و دلایل بروز خطا

توجه داشته باشید که واحد هر کمیتی را باید ذکر کنید و حتما به ارقام معنی دار در هنگام نوشتن گزارش دقت کنید. برای رسم تمامی منحنی ها از نرم افزارهای موجود مانند اکسل استفاده کنید. روش کشیدن نمودار با این نرم افزار در سایت www.rafibakhsh.ir و در قسمت *teaching* و در زیر شاخه *Physics Lab* موجود است.

شهنوش رفیع بخش

عضو هیات علمی گروه فیزیک