

بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

آزمایشگاه فیزیک حرارت

دانشگاه آزاد اسلامی

واحد خفر

تابستان ۱۳۹۴

آزمایش ۱: اندازه‌گیری

هدف آزمایش :

آشنایی با اندازه‌گیری و نحوه‌ی کار با وسایل اندازه‌گیری

وسایل آزمایش:

کولیس - میکرومتر - ترازو - خط‌کش - زمان‌سنج

تئوری:

چرا اندازه‌گیری می‌کنیم؟

قوانین و نظریات فیزیک به صورت معادلات ریاضی بیان می‌شوند. این قاعده و قانون باید امتحان شود و به مرحله‌ی آزمون گذاشته شود. بنابراین اندازه‌گیری مهارتی است که میان نظریه علمی و دنیای واقعی رابطه ایجاد می‌کند. البته این رابطه دو طرفه می‌باشد.

افرادی که کارهای تجربی انجام می‌دهند باید اطلاعات فنی جامعی از اصول اندازه‌گیری داشته باشند. نحوه اندازه‌گیری و محدودیت‌های ناشی از وسایل اندازه‌گیری را بشناسند.

کولیس:

یکی از ابزارهای دقیق در اندازه‌گیری کولیس است. به کمک کولیس می‌توانیم اندازه تا ۱ میلی‌متر را اندازه‌گیری کنیم. بخش‌های مختلف کولیس عبارتند از:

۱- خط‌کش اصلی (با تقسیم بندی بر اساس میلی‌متر یا اینچ)، ۲- یک فک ثابت، ۳- یک فک متحرک، ۴- شاخک‌های داخل‌سنج، ۵- شاخک‌های عمق‌سنج، ۶- ورنیه (یک سری اندازه‌گیری روی فک متحرک کولیس) دقت کولیس‌ها با هم فرق می‌کند و دارای دسته‌بندی‌های مختلفی هستند:

۱- کولیس ۰/۱ ۲- کولیس ۰/۰۵ ۳- کولیس ۰/۰۲

میکرومتر:

یک دیگر از ابزارهای دقیق میکرومتر است. ضخامت ورقه‌های نازک و سیم‌های نازک را با آن اندازه می‌گیرند. میکرومتر دارای انواع مختلفی است.

۱- میکرومتر خارج‌سنج: با این میکرومتر می‌توان سطح خارجی اجسام را اندازه‌گیری کرد.

۲- میکرومتر داخل‌سنج: با این میکرومتر می‌توان سطح داخلی اجسام را اندازه‌گیری کرد.

بخش‌های مختلف میکرومتر عبارتند از:

۱- فک ثابت، ۲- فک متحرک، ۳- استوانه مدرج (خط‌کش میکرومتر بر اساس سانتی‌متر یا اینچ)، ۴- پوسته مدرج یا ورنیه میکرومتر، ۵- سندان (در انتهای میکرومتر)، ۶- اهرم قفل شونده.

اهمیت و مفهوم خطا

اندازه‌گیری دقیق یک کمیت، فاقد معنا است زیرا عوامل زیادی مانع رسیدن ما به مقدار واقعی کمیت می‌باشد و حذف همه‌ی این عوامل به طور کامل ممکن نیست. بعضی از این عوامل عبارتند از:

۱. وسایل اندازه‌گیری
۲. شخص آزمایشگر
۳. عوامل پیچیده و متغیر محیط

خطای یک کمیت

خطای یک کمیت برابر با مقدار واقعی آن کمیت منهای مقدار اندازه‌گیری شده است:

با اینکه اندازه‌گیری دقیق یک کمیت امکان ندارد اما داشتن تخمینی از خطای یک کمیت اهمیت خاصی دارد. شاید بپرسید چرا تخمینی از یک خطا؟ چون داشتن دقیق خطای یک کمیت معادل داشتن دقیق آن کمیت است.

خطای تخمینی یک کمیت

خطای تخمینی یک کمیت بیان می‌کند که تا چه اندازه می‌توان به مقدار کمیت داده شده اطمینان کرد.

مثال: طول یک میز ۱۲۰ سانتی‌متر و خطای تخمینی آن ۵ سانتی‌متر است: 120 ± 5

مثال: فرض کنید کمیتی از ۱/۲۴ به ۱/۳۵ تغییر می‌کند. اگر خطای این اعداد حدود ۰/۰۱ باشد این تغییر مهم است ولی اگر خطای آن‌ها در حدود ۰/۰۱ باشد این تغییرات اهمیتی ندارد.

اصولا کم کردن خطاهای موجود در یک آزمایش همیشه کار ساده‌ای نیست.

خطای نسبی و درصد خطای نسبی

خطای نسبی (انحراف نسبی):

$$\frac{x - X}{X} \cong \frac{x - X}{x} = \frac{\varepsilon}{x}$$

درصد خطای نسبی:

$$100 \times \frac{\varepsilon}{x}$$

خطای وسایل اندازه‌گیری

ما با وسایل اندازه‌گیری گوناگونی در کارهای آزمایشگاهی روبرو هستیم. مثل خط‌کش، کولیس، ریزسنج، زمان‌سنج، نیروسنج، ترازو، دماسنج و ... که بعضی از آن‌ها هم به صورت دیجیتال (رقمی) هستند. هدف از این بخش این است که بدانیم هر وسیله اندازه‌گیری تا چه دقتی مقدار کمیت مورد نظر را به دست می‌دهد.

وسایل اندازه‌گیری مدرج:

گروهی از وسایل اندازه‌گیری دارای قسمت مدرج هستند که باید با چشم خوانده شوند. در خواندن کمیت در این وسایل این است که راستای چشم عمود بر صفحه مدرج باشد.

یک قانون سردستی می‌گوید که خطای آن‌ها نصف کوچک‌ترین درجه بندی موجود است.

مثال: خواسته شده با خط‌کش عرض یک میز اندازه گرفته شود. یک طرف میز روی صفر خط‌کش و طرف دیگر خط‌کش بین $۵۸/۲$ و $۵۸/۳$ سانتی‌متر می‌افتد. یعنی عرض میز باید عددی بین این دو عدد باشد. پس طول میز برابر است با:

خطایی که برای وسایل اندازه‌گیری مدرج وجود دارد از دو جا ناشی می‌شود:

۱- از خود دستگاه : هر دستگاهی دقتی دارد که در محدوده همان دقت می‌توان به آن اعتماد کرد.

۲- از خود شخص اندازه‌گیر : وقتی شاخص وسیله بین دو درجه بندی است و بین آن‌ها درجه بندی وجود ندارد تشخیص این‌که مقدار شاخص در چه کسری از فاصله دو درجه بندی قرار دارد با چشم مشکل است و به طور طبیعی تولید خطا می‌کند.

وسایل اندازه‌گیری دیجیتالی:

این وسایل صفحه‌ای دارند که کمیت مورد نظر را به صورت یک عدد نشان می‌دهند. در رقم آخر این وسایل ابهامی وجود دارد. خطای این وسایل را می‌توان برابر با کوچکترین مقداری که می‌توانند نشان دهند قرار داد.

مثال: اختلاف پتانسیل یک باتری را با یک مولتی‌متر دیجیتال $۱/۲۵$ ولت می‌خوانیم. در نتیجه خطای آن برابر $۰/۰۱$ ولت می‌باشد:

$$۱/۲۵ \pm ۰/۰۱ \text{ V}$$

آزمایش ۲: آشنایی با انواع دماسنج‌ها و طرز کار آنها

۱- **ترموترهای پزشکی:** ترمومترهای پزشکی بر اساس سانتیگراد بین ۳۳ تا ۴۲ مدرج می‌شوند و برای اینکه به مجرد جدا شدن ترمومتر از بدن انسان و برخورد با حرارت یا برودت محیط، جیوه داخل ترمومتر تغییر مکان پیدا نکند، خمیدگی مخصوصی در انتهای لوله ترمومتر نزدیک مخزن جیوه قرار می‌دهند و هر بار که بخواهند آنرا به کار برند چندین بار ترمومتر را به طرف مخزن تکان شدید می‌دهند تا جیوه داخل لوله از خمیدگی بگذرد و کاملاً وارد مخزن گردد.

۲- **دما سنج گازی:** جنس، ساختمان و ابعاد دماسنج در ادارات و موسسات مختلف سراسر دنیا که این دستگاه را به کار می‌برند تفاوت دارد و به طبیعت گاز و گستره دمایی که دماسنج برای آن در نظر گرفته شده است، بستگی دارد. این دماسنج شامل حبایی از جنس شیشه، چینی، کوارتز، پلاتین یا پلاتین- ایریدیم (بسته به گستره دمایی که دماسنج در آن به کار می‌رود) است که به وسیله یک لوله موئین به فشارسنج جیوه‌ای متصل می‌باشد. این دماسنج براساس دو قانون ذکر شده در مورد گاز کامل کار می‌کند.

۳- **دماسنج مایعی:** این نوع دماسنج یکی از رایج ترین انواع دماسنجهای مورد استفاده در صنعت و غیره می‌باشد. عمدتاً این نوع دماسنج را به عنوان دماسنجهای جیوه‌ای یا الکلی می‌شناسیم. ساختمان این نوع دماسنج‌ها از یک مخزن مایع و یک لوله موئین تشکیل شده که مایع درون مخزن در اثر انبساط از لوله موئین بالا رفته و دمای متناسب را نشان می‌دهد. دماسنج جیوه‌ای را می‌توان برای اندازه‌گیری دما از ۳۷.۸- تا ۳۱۵ سانتی‌گراد استفاده نمود. اما اگر فضای بالای سطح جیوه را از گاز ازت پر نمایند، می‌توان تا دمای ۵۳۸ درجه از آن استفاده نمود.

۴- **دماسنج انبساط سیال:** این نوع دماسنج یکی از باصرفه‌ترین، رایج‌ترین و تطبیق‌پذیرترین وسایل اندازه‌گیری دما در صنعت می‌باشد. اساس کار این دماسنج در شکل مقابل نشان داده شده است. همانگونه که ملاحظه می‌شود با افزایش دما فشار درون حباب که می‌تواند محتوی مایع، گاز یا بخار باشد، بالا رفته و توسط فشارسنج اندازه‌گیری می‌شود. طول لوله موئین می‌تواند تا ۶۰ متر باشد؛ اما این مقدار بر دقت اندازه‌گیری دما تاثیر گذار خواهد بود. بهترین حالت زمانی است که از لوله موئین کوتاه که به یک ترانس دیوسر فشار الکتریکی متصل شده استفاده گردد.

۵- **دماسنج الکتریکی:** این نوع دماسنج‌ها اصولاً کاربردهای فراوانی در صنعت داشته و قادرند از دماهای پایین تا دماهای بسیار بالا را اندازه‌گیری نمایند. که عمدتاً به صورت مقاومتی و ترموکوپل هستند.

۶- **دماسنج با مقاومت الکتریکی:** دماسنج مقاومتی به صورت یک سیم بلند و ظریف است، معمولاً آن را به دور یک قاب نازک می‌پیچند تا از فشار ناشی از تغییر طول سیم که در اثر انقباض آن در موقع سرد شدن پیش می‌آید، جلوگیری کند. در شرایط ویژه می‌توان سیم را به دور جسمی که منظور اندازه‌گیری دمای آن است پیچید یا در داخل آن قرار داد. در گستره دمای خیلی پایین، (دماسنجهای مقاومتی معمولاً از مقاومت‌های کوچک رادیویی با ترکیب کربن یا بلور ژرمانیوم که ناخالصی آن آرسنیک است و جسم حاصل در درون یک کپسول مسدود شده پر از هلیوم قرار دارد، تشکیل می‌شوند. این دماسنج را می‌توان بر روی سطح جسمی که منظور اندازه‌گیری دمای آن است سوار کرد یا در حفره‌های که برای این منظور ایجاد شده است، قرار داد. دماسنج مقاومتی پلاتین را می‌توان برای کارهای خیلی دقیق در گستره ۲۵۳ تا ۱۲۰۰ درجه سانتیگراد به کار برد.

۷- **دماسنج کریستال کوارتز:** یک روش جدید و بسیار دقیق اندازه‌گیری دما بر مبنای حساسیت فرکانس تشدید کریستال کوارتز به تغییر دما استوار است. وقتی از زاویه برش مناسب برای کریستال استفاده شود، یک تطابق کاملاً خطی

میان فرکانس و دما برقرار می‌گردد. مدل‌های تجاری این وسیله از شمارنده‌های الکترونیکی و دستگاه قرائت رقم نما برای اندازه گیری فرکانس استفاده می‌کنند. گستره دمایی کارکرد این دستگاه از منفی ۴۰ درجه تا ۲۳۰ درجه سانتیگراد ادعا شده است.

۸- دمانگاری کریستال مایع: کریستالهای مایع خمیری که از استرهای کلسترویل ساخته شده‌اند پاسخ جالبی به دما از خود نشان می‌دهند. در یک گستره تکرار پذیر دما، کریستال مایع همه رنگهای طیف رنگی را از خود آشکار می‌سازد. این پدیده بازگشت پذیر و تکرار پذیر است. با تغییر دادن فرمول مورد نظر می‌توان از کریستالهای مایع از کمتر از صفر درجه تا چند صد درجه سانتی‌گراد استفاده نمود.

۹- ترموکوپل: ترموکوپل وسیله دیگری است که برای اندازه گیری دما مورد استفاده قرار می‌گیرد. در این نوع دماسنج از خاصیت انبساط و انقباض اجسام جامد استفاده می‌گردد. گستره یک ترموکوپل بستگی به موادی دارد که ترموکوپل از آن ساخته شده است. گستره یک ترموکوپل پلاتینیوم - ایرودیوم که ۱۰ درصد پلاتینیوم دارد از صفر تا ۱۶۰۰ درجه است. مزیت ترموکوپل در این است که به خاطر جرم کوچک، خیلی سریع با سیستمی که اندازه گیری دمای آن مورد نظر است، به حال تعادل گرمایی در می‌آید. لذا تغییرات دما به آسانی بر آن اثر می‌کند، ولی دقت دماسنج مقاومتی پلاتین را ندارد.

عنوان آزمایش ۳: تعیین ضریب انبساط طولی

هدف آزمایش :

تحقیق تعیین ضریب انبساط طولی

وسایل آزمایش:

دستگاه ضریب انبساط طولی، چند میله توخالی از جنس‌های مختلف، چراغ گاز وارلن، دماسنج

تئوری آزمایش:

یکی از انواع انرژی، انرژی گرمایی است. اگر جسمی انرژی گرمایی دریافت کند دچار تغییر دما و تغییر حجم، تغییر حالت و شکل و یا تغییر ماهیت خواهد شد. هنگامی که دما افزایش می‌یابد، فاصله متوسط بین مولکولی افزایش یافته و این امر موجب انبساط تمامی جسم می‌گردد.

با افزایش دما انرژی جنبشی مولکولها افزایش می‌یابد و مولکولهایی که در اثر افزایش دما انرژی جنبشی بیشتری کسب کرده‌اند با سرعت بیشتری به حرکت درآمده و همزمان در برخورد با مولکولهایی که در مجاور آنها هستند تبادل انرژی می‌کنند. با ادامه این فعل و انفعالات فاصله متوسط مولکولی بیشتر شده و در نتیجه سبب افزایش حجمی اجسام می‌گردد. هنگامی که انبساط یک جسم استوانه‌ای مانند سیم، میله یا تیر آهن مورد بحث قرار می‌گیرد تنها افزایش در طول مورد نظر است. بنابراین اگر در دمای θ_1 طول میله l_1 و در دمای θ_2 طول آن l_2 گردد، تغییرات طول با طول اولیه جسم و تغییرات دما رابطه‌ی مستقیم دارد برای ایجاد تساوی از ضریبی استفاده می‌کنیم. در نتیجه:

$$\Delta l = \alpha l \Delta \theta$$

ضریب مورد نظر، همان α است که به ضریب انبساط طولی معروف است. واحد ضریب انبساط طولی $1/^\circ\text{C}$ است. تذکر: همین بحث که ذکر شد در مورد سطح و حجم هم وجود دارد.

روش انجام آزمایش:

برای تعیین ضریب انبساط طولی از یک میله یا لوله فلزی استفاده می‌شود. لوله را در دستگاه اندازه‌گیری ضریب انبساط طولی قرار دهید. دمای اولیه لوله (θ_1 محیط) را با ترمومتر اندازه‌گیری کنید. در داخل مخزن دستگاه تولید بخار تا $1/3$ حجم آن آب بریزید. دستگاه را ببندید و آن را روی یک اجاق برقی (هیتر) قرار دهید. شیلنگ دستگاه تولید بخار را به انتهای باز لوله وصل کنید (توجه داشته باشید که شیلنگ نباید خمیدگی داشته باشد تا بخار به راحتی از آن عبور کند. برای این منظور می‌توانید از یک پایه و گیره استفاده کنید. به این ترتیب که شیلنگ را از گیره عبور داده و گیره را به پایه متصل کنید و تا ارتفاع دلخواه تنظیم کنید، تا مانع خمیدگی شیلنگ و همچنین مانع تماس شیلنگ با هیتر شوید) در انتهای بسته لوله یک لوله جانبی کوچک برای خروج بخار قرار داده شده، یک بشر زیر لوله‌ی خروج بخار قرار دهید تا آب

خارج شده را جمع آوری کنید. حال لوله را در پایه‌ی اول تعبیه شده روی دستگاه طوری قرار دهید که زائده ریزسنگ عقربه‌دار با سر بسته‌ی لوله در تماس باشد ولی در این حالت عقربه کوچک ریزسنگ نباید منحرف شده باشد. لوله را در یکی دیگر از پایه‌های دستگاه طوری محکم کنید که لوله به هیچ عنوان نتواند در آن پایه حرکت کند در صورت نیاز می‌توانید از واشر استفاده کنید. حال طول اولیه لوله (فاصله‌ی بین دو پایه) را یادداشت کنید (در صورتی که می‌خواهید طول اولیه میله مثلاً ۲۰ cm یا ۶۰ cm باشد می‌توانید از پایه‌های مربوطه استفاده کنید). لوله باید کاملاً محکم شده باشد طوری که در راستای افق جابه‌جا نشود حال قاب صفحه‌ی ریزسنگ را بچرخانید تا عقربه‌ی بزرگ ریزسنگ هم روی صفر قرار گیرد. پس از تنظیم دستگاه از حرکت دادن و ضربه زدن به میز کار، لوله دستگاه جدا خودداری فرمایید. هیتر را روشن کنید و منتظر تولید بخار باشید. با عبور بخار از لوله، لوله به تدریج گرم و منبسط می‌شود. در ابتدا از لوله‌ی جانبی خروج بخار، آب و بخار خارج می‌شود. باید آنقدر صبر کنید تا بخار خشک از لوله خارج شود. اگر در مدت عبور بخار از لوله و گرم شدن آن به عقربه ریزسنگ توجه کنید متوجه افزایش طول لوله خواهید شد. اما این افزایش طول تا زمانی ادامه پیدا می‌کند که لوله با بخار آب هم دما شود و در این هنگام از لوله‌ی جانبی فقط بخار خارج خواهد شد. حسگر دماسنج را جلوی لوله خروج بخار بگیرید و دمای بخار آب را بخوانید این دما همان دمای ثانویه لوله θ_2 است. افزایش طول لوله Δl را نیز از روی ریزسنگ بخوانید. در این صورت می‌توانید با استفاده از $\lambda = \frac{\Delta l}{l \times (\theta_2 - \theta_1)}$ ضریب انبساط طولی لوله را تعیین کنید. توجه کنید که در رابطه فوق l و Δl باید واحد یکسانی داشته باشند تا در نهایت λ بر حسب $1/^\circ\text{C}$ و K تعیین گردد. آزمایش را می‌توانید برای $l = 20\text{ cm}$ و 60 cm نیز تکرار کنید و از λ های به دست آمده میانگین بگیرید. از روی عدد به دست آمده برای ضریب انبساط طولی میانگین می‌توانید با مراجعه به جدول ضریب انبساط طولی مواد مختلف جنس لوله را تشخیص دهید. خطای اندازه‌گیری خود را با مقایسه اعدادی که به دست آورده‌اید با عددی که به عنوان مقدار واقعی از جدول استخراج نموده‌اید به دست آورید.