روش نوشتن گزارش

۱-خواص كلي گزارش

گزارش نوشته اين است كه بوسيله آن يک فرد نتايج و جزئيات يک كار، مشاهده يا آزمايش را براي قضاوت يا تصميمگيري در اختيار ديگران قرار مي دهد. موضوع گزارش هر چه باشد، بسيار مهم است كه گزارش بگونهاي نوشته و تنظيم شود كه بيشترين اطلاعات را در كمترين حجم منتقل كند، ضمن اينكه كامل و بدور از تحريف باشد. گزارشگر تمام جزئيات را بدون هيچگونه استنباط شخصي آورده و سپس در جاي خود به بحث و تحليل آنها مي پردازد. با توجه به اهميت گزارش نويسي و نقشي كه در زندگي شغلي هر فردي دارد، خوب است كه نوشتن گزارشهاي آزمايشگاه را لااقل بعنوان تمريني براي آينده جدي بگيريم.

يک گزارش خوب بايد تميز و مرتب باشد. اگر از كاغذ كلاسور استفاده مي كنيد، حتي المقدور در يک طرف آن بنويسيد. صفحهي اول را به نام گزارش، نام نويسنده و ... اختصاص دهيد. بگونهاي بنويسيد كه بتوان براحتي در مورد آن قضاوت كرد. نتايج بايد واضح و براحتي در صفحه ديده شوند. قسمتهاي مجزا بايد سرفصل و احتمالا" شماره داشته باشند. هر شكل يا جدولي در يک جاي متن بايد آدرس داده شده باشد. اگر گزارش دست نويس است. در نوشتن بي مبالات نباشيد، خوانايي يک اصل مهم در گزارش نويسي است.

سعي كنيد اين اصول را در حد امكان در گزارشهاي آزمايشگاه كه مينويسيد بكار ببريد. در قسمتهاي بعد جزئيات بيشتري از گزارش نويسي آزمايشگاه آورده شده است.

۲-گزارش آزمايشگاه

هر آزمايش شامل دو يا چند آزمايش كوچكتر است كه بصورت مثلا" آزمايش ۱، آزمايش ۲ و ... مشخص شدهاند. نتايج هر كدام از آنها بايد در قسمتهاي مستقل از هم نوشته شوند. در ابتداي گزارش شرح مختصري در مورد كل آزمايش بدهيد و سپس آزمايشهاي مختلف را به ترتيب ذكر كنيد.

براي هر كدام از آزمايشها توضيح كوتاهي از نحوهي انجام و هدف آن بنويسيد و آنگاه نتايج را در يک يا چند جدول بياوريد. حتي المقدور سعي كنيد تمام اطلاعات را در يک جدول بياوريد. براي كميتها حتما" واحد را ذكر كنيد. مثلا" اگر مينويسيد "ارتفاع" جلو آن مشخص كنيد كه اعداد زير يا روبروي آن در جدول بر حسب متر هستند يا سانتيمتر و ...

ضريب شكست	عمق ظاهري (mm) (± 0.01 mm)	عمق حقيقي (mm) (± 0.01 mm)	
$۱/۵۲۲ \pm ۰/۰۰۱$	۱۴/۱۴	۲۱/۵۲	۱
$۱/۵۱۶ \pm ۰/۰۰۱$	۱۴/۱۶	۲۱/۴۷	۲
$۱/۵۳۵ \pm ۰/۰۰۱$	۱۴/۱۰	۲۱/۶۴	۳
$۱/۵۲۱ \pm ۰/۰۰۱$	۱۴/۱۳	۲۱/۴۸	۴
۱/۵۲۳	میانگین n		
$۸*۱۰^{-۳}$	انحراف معيار σ_{n-1}		

$n=1/523 \pm 0/004$	$\sigma/\sqrt{n}$	$4*10^{-3}$

جدول بالا مثال ساده‌اي از يک جدول کامل براي يک آزمايش است. آزمايش مربوط مي‌شود به اندازه‌گيري ضريب شکست با استفاده از اندازه گيري عمق ظاهري و عمق حقيقي ($n=\frac{\text{عمق حقيقي}}{\text{عمق ظاهري}}$).

دقت کنيد که واحد اندازه‌گيري در بالا ذکر شده است. تمام اعداد همراه با خطاهايشان آورده شده‌اند. در مورد عمق‌ها خطاي اندازه‌گيري خطاي خط کش ورنيه دار (۰/۰۱mm) گرفته شده که براي همه‌ي اندازه‌گيري‌ها مشترک است و در بالا نوشته شده است. براي هر کدام از مقادير ضريب شکست بدست آمده است، خطاي منتقل شده از (۰/۰۱mm) خطاي عمق‌ها محاسبه و در جلو آن نوشته شده است. مثلا" اگر خطا ۰/۰۰۰۸ بدست مي‌آمد بيش از سه رقم بعد از ممیز جايز نيست. ضمنا" در حذف کردن رقمهاي بعدي قواعد گرد کردن استفاده شده‌اند. مثلا" ۱/۵۲۱۶۶ به ۱/۵۲۲ گرد مي‌شود. ميانگين، انحراف معيار و خطاي اتفاقي $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ در زير ستون ضريب شکست محاسبه و

آورده شده‌اند. مقدار نهايي ضريب شکست به همراه خطاي آن (محاسبه‌ي خطا در بخش بعد توضيح داده مي‌شود) در يک جعبه در گوشه نوشته شده است. به اين ترتيب هر کسي با اولين نگاه نتيجه‌ي نهايي آزمايش را مي‌بيند.

در ادامه با مشخص کردن يک تيتر مي‌توانيد جزئيات محاسبه‌ي خطاهايي که د رجدول نوشته‌ايد بياوريد. در آخر بر روي نتيجه بحث کنيد. آيا مقدار بدست آمده قابل قبول است؟ اگر اين مقدار با مقادير بدست آمده از روش‌هاي ديگر متفاوت است، آيا اختلاف در محدوده‌ي خطاي محاسبه شده است؟ اگر نيست علت احتمالي چيست؟ وجود خطاهاي سيستماتيک يا اشتباه در محاسبه‌ي خطا؟ حتما" به حدود خطاها دقت کنيد. مثلا" اگر خطاي اندازه‌گيري يک طول موج را Å ۰/۱ بدست آورديد. با احتمال قوي اشتباهي مرتکب شده‌ايد زيرا اين معادل حدود ۰/۰۰۱% دقت است که بعيد مي‌نمايد. در بسياري از آزمايشها دقت ۱% قابل قبول است. بخاطر داشته باشيد که خطاي کمتر لزوما" به معني آزمايش بهتر نيست. بلکه تحليل نتيجه بدست آمده اهميت دارد. اگر براي آزمايش لازم است نمودار بکشيد آن را بر روي کاغذ مخصوص رسم کنيد و در انتهاي گزارش اضافه کنيد. دقت کنيد که محورها نام و واحد داشته باشند. محورها بايد طوري مقياس بندي شوند که از حداکثر فضاي صفحه استفاده شود. بعنوان مثال اگر اعداد محور در محدوده ي ۱/۸۲-۱/۶۱ تغيير مي کنند، محور از صفر يا ۱ درجه بندي نکنيد، بلکه بگونه‌اي درجه‌بندي کنيد که به عنوان مثال از ۱/۶۰ تا ۱/۸۵ را بپوشاند. هر کدام از نقاط بدست آمده را روي نمودار با يک علامت * يا مشابه آن مشخص کنيد و اگر قرار است که اين نقاط روي يک خط باشند، بهترين خط را مشخص و رسم کنيد. شيب و عرض از مبداء راکه بروش کمترين مربعات حساب کنيد در يک گوشه بنويسيد. اصولا" فهم نمودار تا جاي ممکن بايد مستقل از توضيحات متن باشد و بتوان با يک نگاه تمام اطلاعات را از آن گرفت.

۳-محاسبه ي خطا

خطا ممکن است اتفاقي يا سيستماتيک (منظم) باشد. عوامل اتفاقي نظير زاويه‌ي ديد، عدم تنظيم کاملا" دقيق، نويز، ... موجب خطاي اتفاقي مي‌شوند. اعداد بدست آمده ناشي از اينگونه عوامل معمولا" توزيعي گاوسي حول يک نقطه ي ميانگين تشکيل مي‌دهند (البته اگر تعداشان زياد باشد). خطاهاي سيستماتيک ناشي از محدوديتهاي دستگاهي، عادات فرد آزمايشگر يا هر عامل ديگري است که به يک صورت در تمام نتايج آزمايشي اثر مي‌گذارد. عادت آزمايشگر در خواندن اعداد روي خطکش از يک زاويه‌ي خاص، موازي نبودن نور در آزمايشي که نور بايد کاملا" موازي باشد، تکفام

نبودن نوري كه بايد علي الاصول تكفام باشد، محدوديت فرمولي كه با آن محاسبه مي‌كنيد، درجه‌بندي دستگاه اندازه‌گيري و ..همگي عواملي هستند كه موجب خطاي سيستماتيک مي‌شوند. اينگونه خطا با تكرار آزمايش كشف و تصحيح نمي‌شود و گاهي تا حدود زيادي مقدار واقعي را تغيير مي‌دهد. كشف عوامل خطاي سيستماتيک و تصحيح آن بسيار مهم و نشان دهنده توافق آزمايشگر بركار است. در آزمايشهايي كه انجام مي‌دهيد خطاها را تا جاي ممكن مي‌كنيد (بيشتر خطاي اتفاقي) و در مورد عوامل خطاي سيستماتيک و روش‌هاي بهبود بحث كنيد.

-خطاي انجام مكرر يک آزمايش

فرض كنيد اعداد $x_1,x_2,\ldots,x_n$ در n آزمايش براي اندازه‌گيري يک كميت بدست آمده‌اند. مقدار ميانگين $\bar{x}$ را نزديكترين و محتمل‌ترين عدد براي مقدار واقعي مي‌گيرند. محتمل‌ترين خطا، ناشي از پراكندگي اعداد حول كه به علت عوامل اتفاقي بوجود آمده است، مساوي $\frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$ است كه σ_{n-1} انحراف معيار و n تعداد آزمايش است.

-انتقال خطا

فرض كنيد z تابعي از متغيرهاي x و y و ... باشد. در اين صورت در محاسبه‌ي z از روي x و y و ... خطاي آنها به z منتقل مي‌شود. اگر تابع بصورت z=f(z,y,...) باشد، با يک ديفرانسيل‌گيري خواهيم داشت:

$$\delta z = \frac{\partial f}{\partial x}\delta x + \frac{\partial f}{\partial y}\delta y + \cdots$$

خطاي منتقل شده محتمل‌تر را معمولا" بصورت زير حساب مي‌كنند:

(۱)
$$(\delta z)^2 = \left[\frac{\partial f}{\partial x}\delta x\right]^2 + \left[\frac{\partial f}{\partial y}\delta y\right]^2 + \cdots$$

يک حالت خيلي مهم وقتي است كه تابع f حاصلضرب متغيرهاي x و y و ... است. در اين صورت (۱) بصورت زير در مي‌آيد:

$$\left[\frac{\delta z}{z}\right]^2 = \left[\frac{\delta x}{x}\right]^2 + \left[\frac{\delta y}{y}\right]^2 + \cdots$$

و اگر داشته باشيم $z=x^n y^m \ldots$ نتيجه مي‌شود:

$$\left[\frac{\delta z}{z}\right]^2 = n^2\left[\frac{\delta x}{x}\right]^2 + m^2\left[\frac{\delta y}{y}\right]^2 + \cdots$$

اينها روابط بسيار مهمي هستند كه مكررا" در محاسبه خطاها بكار مي‌روند.

-خطاي كلي آزمايش‌ها

فرض كنيد براي زاويه مينيمم انحراف نوري با طول موج مشخص از يک منشور را در ۵ آزمايش، مقادير زير بدست آورده باشيم:

δ_m=	37°,18′	37°,15′	37°,31′	37°,22′	37°,25′

محتمل‌ترين مقدار براي δ_m ميانگين آنها يعني 37°,22′ است.

دقت اندازه‌گيري 1′ مي باشد منتها خطاهاي اتفاقي ديگري وجود دارندکه موجب پراکندگي اعداد بدست آمده شده‌اند. اين خطا معادل $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ است که σ انحراف معيار و n تعداد اندازه‌گيري است. اگر

اين مقدار خطا از دقت اندازه‌گيري کمتر بود خطاي کل همان خطاي وسيله‌ي اندازه‌گيري (1′) مي‌باشد و اگر بزرگتر بود، خود $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ خطاي اندازه‌گيري است. در مورد مثال گفته شده: ′۳= $\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ بنابراين مقدار مينيمم انحراف برابر

است با $\bar{\delta}_m$ =۳۷°,۲۲′±۳′ .

دقت کنيد چون مقدار خطا ′۳ است مي‌توان مقدار δ_m را بصورت ′۲۲ و °۳۷ نوشت، اگر اين مقدار خطا بيشتر از ′۵ بود رقم آخر بي‌معني بود. در آن صورت مي‌شد نوشت: ′۲۰ و °۳۷. اين قاعده کلي است مثلا" عدد ۷۸۵۶۱۵ با دقت ۷۵۰± را بايد به صورت ۷۸۶×۱۰^{۳} نوشت.

فرض کنيد اکنون بخواهيم ضريب شکست منشور را براي اين طول موج با داشتن اين زاويه‌ي مينيمم انحراف حساب کنيم. فرمول آن چنين است:

$$n=\frac{\sin\left[\frac{\delta_m+A}{2}\right]}{\sin\left[\frac{A}{2}\right]}$$

که A زاويه رأس منشور است. فرض کنيد: A=59°,31′±5′ با اين فرض‌ها مقدار n بدست مي‌آيد: n=1.5075886 تمام ارقام اين عدد با معني نيستند و بايد با محاسبه خطا ديد که تا چند رقم اعشار مي‌توان عدد را نوشت. مقدار خطا را بدست مي آوريم:

$$\left[\frac{\delta n}{n}\right]^2=\left[\frac{\delta\left[\sin\frac{\delta_m+A}{2}\right]}{\sin\frac{\delta_m+A}{2}}\right]^2+\left[\frac{\delta\left[\sin\frac{A}{2}\right]}{\sin\frac{A}{2}}\right]^2=\left[\frac{\delta\left[\sin\frac{\delta_m+A}{2}\right]}{\frac{5}{74}}\right]^2+\left[\frac{\delta\left[\sin\frac{A}{2}\right]}{\frac{5}{49}}\right]^2$$

$$\left[\delta\left[\sin\frac{\delta_m+A}{2}\right]\right]^2=\left[\frac{1}{2}\cos\left[\frac{\delta_m+A}{2}\right]\delta(\delta_m)\right]^2+\left[\frac{1}{2}\cos\frac{\delta_m+A}{2}\delta A\right]^2=3\times10^{-7}$$

$$\left[\delta\left[\sin\frac{A}{2}\right]\right]^2=\left[\frac{1}{2}\cos\frac{A}{2}\delta A\right]^2=4\times10^{-7}$$

Aδ و $\delta(\delta_m)$ بر حسب راديان هستند.

بنابراين در كل خواهيم داشت:

$$\left[\frac{\delta n}{n}\right]^2 = \frac{2}{2}\times 10^{-6} \qquad \rightarrow \frac{\delta n}{1/5} = \frac{1}{5}\times 10^{-3} \rightarrow \delta n = 2\times 10^{-3}$$

بنابراين n=1/508±0/0002.

به اين ترتيب ما ابتدا با انجام چند آزمايش مقدار δ_m همراه با خطاي آن را بدست آورده و سپس انتقال اين خطا را به n حساب نموديم.

مي‌توان براي هر كدام از δ_m ها مقدار n را بدست آورد و آنگاه خطاي n را معادل $\frac{\sigma}{\sqrt{5}}$ گرفت

كه σ انحراف معيار اعداد بدست آمده براي n است. البته بعدا" بايد مقايسه كرد كه اين مقدار خطا از مقدار خطاي منتقل شده به n بر اثر خطاي اندازه‌گيري δ_m (۱´) كمتر نباشد.

-خطا در كشيدن خط با روش كمترين مربعات

براي رسم بهترين خطي كه از نقاط (x_1,y_1) و (x_2,y_2) و ... عبور مي‌كند از روش كمترين مربعات استفاده مي‌شود. اگر m ضريب زاويه و h عرض از مبدأ باشد در اين روش به اين صورت بدست مي‌آيند:

$$h = \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - mx_i)}{n} \qquad \text{و} \qquad m = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})y_i}{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}$$

در ماشين‌هاي حساب كاسيو، در مد LR، محاسبه m و h به اين طريق امكان‌پذير است به دليل خطاهاي مختلف نقاط در حوالي خط بدست آمده پراكنده شده‌اند. اين پراكندگي موجب خطا در مقدار m و h مي شود. اين خطاها با روابط زير محاسبه مي‌شوند:

$$(\delta_m)^2 \simeq \frac{1}{D}\frac{\sum_{i=1}^{n} d_i^2}{n-2}$$

$$(\delta h)^2 \simeq \left[\frac{1}{n}+\frac{\bar{x}^2}{D}\right]\frac{\sum_{i=1}^{n} d_i^2}{n-2} = \left[\frac{D}{n}+\bar{x}^2\right](\delta_m)^2$$

بطوريكه:

$$d_i = y_i - mx_i - h \qquad ,$$
$$D = \sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2$$

با دادن مقادير زوج‌هاي مرتب (x_1,y_1) به ماشين حساب مي‌توانيد m و h را حساب كنيد. همچنين مقدار D براحتي بدست مي‌آيد زيرا: براحتي $D = (n-1)\sigma_{n-1}^2$ و σ_{n-1} با ماشين حساب محاسبه مي‌شود.