بسم الله الرحمن الرحیم

راهنمای کاربری

تعیین ضریب رسانش گرمایی فلزات (مس)

فیزیک دانشگاهی

سخنی با مشتری

مشتری گرامی : از اینکه شرکت صنایع آموزشی را برای تجهیز آزمایشگاه خود انتخاب کرده اید سپاسگزاریم.

امید است ارائه این‌مجموعه بتواند در دستیابی به اهداف آموزشی شما کاربر گرامی موثر باشد.

خواهشمند است با ارائه نظرات خود از طریق صدای مشتری، در راستای نیل به اهداف آموزشی و بالا بردن کیفیت محصولات ما را یاری فرمایید.

صنایع آموزشی

ناشر:	شرکت صنایع آموزشی (متعلق به صندوق ذخیره فرهنگیان)
مؤلف:	نعمت ا... دوستی ـ بنت الهدی صادقی
طراح جلد، صفحه‌آرا:	سها همایی
نوبت چاپ و انتشار:	اول ۱۳۹۰
آماده‌سازی و نظارت بر چاپ:	سها همایی
نشانی:	تهران، جاده مخصوص کرج، بعدازکیلومتر ۷، بزرگراه آزادگان (به طرف جنوب)،خیابان دهم (قبل از پمپ بنزین) شهرک استقلال، بلوار دکترعبیدی، خیابان شهید جلال
صندوق پستی:	۱۳۴۴۵-۳۷۹
تلفن واحد فروش:	۷- ۴۴۵۴۵۲۹۵ (۰۲۱)
دورنگار:	۴۴۵۴۵۲۹۴ (۰۲۱)
صدای مشتری:	۴۴۵۴۵۴۳۹ (۰۲۱)
روابط عمومی:	۴۴۵۴۵۴۸۵ (۰۲۱)
سایت اینترنتی:	www@eei-co.com
پست الکترونیکی:	info@eei-co.com

«کلیه حقوق تألیف و انتشار برای شرکت صنایع آموزشی محفوظ است»

فهرست مطالب

مقدمه	۵
فصل یکم : معرفی و شرح اصول استفاده از محصول	۶
۱ـ۱ـ فهرست اقلام	۶
۱ـ۲ـ روش ارزیابی سالم بودن قطعات	۸
۱ـ۳ـ ضوابط ایمنی و بهداشتی مرتبط با محصول	۸
۱ـ۴ـ ضوابط سرویس، نگهداری و تعمیر	۸
۱ـ۵ـ خدمات پس از فروش	۸
فصل دوم : شرح کاربرد محصول در فرآیند آموزش	۹
۲ـ۱ـ مفاهیم آموزشی	۹
۲ـ۲ ـ رسانش گرمایی	۹
۲ـ۳ـ شرح دستگاه	۱۰
۲ـ۴ـ وسایل لازم	۱۰
۲ـ۵ـ شرح آزمایش	۱۱
۲ـ۶ـ روش‌های ریاضی محاسبات و محاسبات خطا	۱۳

صنایع آموزشی

مقدمه

انجام کار عملی و آزمایشگاهی و نقش آن در تفهیم مفاهیم آموزشی بر کسی پوشیده نیست. تجربه نشان داده است که چه بسا دانشجویان بسیاری هستندکه آزمون‌های مختلفی را در دوران تحصیل خویش پشت سر می‌گذارند ولی در هنگام مواجهه با موضوعات روزمره در محیط کار و زندگی از مطالب فرا گرفته شده نمی‌توانندااستفاده کنند. به عبارت دیگر مفهوم های علمی در ذهن آنها به خوبی شکل نگرفته است.

یکی از علت‌های مهم پیشرفت کشورهای توسعه یافته نوع نگرش این کشورها به نقش آزمایشگاه و کار تجربی می‌باشد و این موضوع در استفاده گسترده وسایل آموزشی در مقاطع مختلف تحصیلی این کشورها کاملاًمشهود است.

گروه فیزیک شرکت صنایع آموزشی با توجه به اهمیت نقش و جایگاه آموزش علمی (مفاهیم علمی) در توسعه کشور و در راستای اهداف آموزش عمیق مفاهیم فیزیک، بر انگیختن حس جستجوگری در دانشجویان و ترویج فرهنگ کار گروهی در بین آنها اقدام به طراحی و تولید تجهیزات آزمایشگاهی در سطح دانشگاه نموده است.

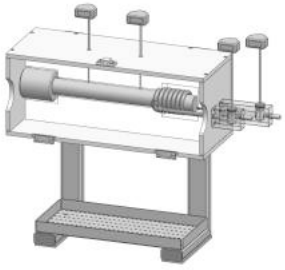
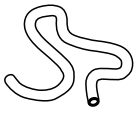
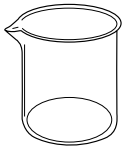
در راستای نیل به این هدف و نیاز مراکز آموزش عالی این شرکت توانسته است با استفاده از تیم‌های تخصصی و کارشناسی و تجربه اساتید دانشگاه و مؤلفین کتب دانشگاهی مجموعه کاملی را در ساخت و تجهیز آزمایشگاه‌های فیزیک پایه (مکانیک، حرارت، الکتریسیته و مغناطیس) ارایه نموده است. این مجموعه‌ها بر اساس مطالب درسی کتاب‌های جامع آموزش فیزیک دانشگاهی طراحی و تولید شده است، که منطبق با سرفصل‌های آموزشی وزارت علوم، تحقیقات و فن آوری می‌باشد.

از اساتید وکاربران گرامی خواهشمندیم تجارب خود را در رابطه با بهینه‌سازی تجهیزات و دستورکار مجموعه با شرکت صنایع آموزشی ـ دپارتمان فیزیک مکاتبه و یا به سایت شرکت مراجعه نمایند.

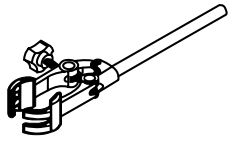
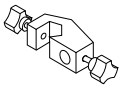
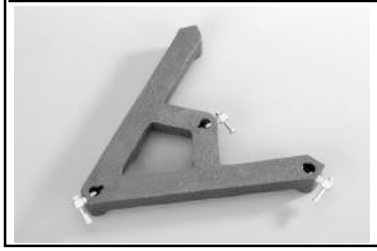
در پایان از همکارانی که ما را در این امر یاری کردند، کمال تشکر را داریم.

فصل یکم: معرفی و شرح اصول استفاده از محصول

۱ـ۱ـ فهرست اقلام

ردیف	نام	مشخصات	تعداد	تصویر
۱	دستگاه رسانش گرمایی	این دستگاه شامل جعبه‌ای از جنس پلکسی گلاس است که دربرگیرنده میله مسی می‌باشد. این میله با پشم و شیشه و یونولیت عایق بندی شده است واز یک طرف لوله مارپیچ مسی دور آن پیچیده شده که ورودی و خروجی‌آب به آن وصل‌می‌شود وازطرف دیگرگرم‌کن الکتریکی به آن متصل می‌شود.	۱	
۲	شیر تنظیم	شیر شیشه‌ای برای تنظیم دبی آب	۱	
۳	رگولاتور	قطعه شیشه‌ای برای تنظیم فشار آب	۱	
۴	شیلنگ	سیلیکونی برای اتصال قطعات به یکدیگر	۱	
۵	دماسنج دیجیتالی	با دقت ۰/۱ درجه	۴	
۶	درپوش	لاستیکی	۲	
۶	بشر	پیرکس ۲۵۰cc	۱	

* اقلام زیر در صورت درخواست مشتری ارسال می‌گردد.

ردیف	نام	تعداد	تصویر
۱	گیره چنگکی	۱	
۲	گیره مضاعف	۱	
۳	میله ۵۰cm	۱	
۴	پایه A شکل	۱	

.

۱ـ۲ـ روش ارزیابی سالم بودن قطعات یا مجموعه

۱ـ دماسنج‌ها را روشن کنید. در صورتی که نمایشگردماسنج ها دمای محیط را نشان دادند دستگاه سالم می‌باشد. همچنین برای اطمینان بیشتر، با انگشتان دست انتهای حساس دماسنج را لمس کنید، باید دمایی را که نمایشگر نشان می‌دهد افزایش یابد.

۲ـ چنانچه نمایشگر روشن نشد، ممکن است باطری دستگاه تخلیه شده باشد. در این صورت نسبت به تعویض باطری اقدام نمایید. اگر با این کار دستگاه روشن نشد، با شرکت تماس بگیرید.

۳ـ پس از نصب دستگاه و بازکردن شیر ورودی آب، تمام قسمت‌های دستگاه باید آب‌بندی باشد، در صورت مشاهده نشت آب، با شرکت تماس بگیرید.

۴ـ با روشن کردن برق دستگاه، قسمت گرم‌کن دستگاه به کار می‌افتد و دماسنج‌ها باید افزایش دما را نشان دهند، چنانچه این عمل اتفاق نمی‌افتد با شرکت تماس بگیرید.

۱ـ۳ـ ضوابط بهداشتی و ایمنی مرتبط با محصول

از ریختن آب بر روی قسمت ورودی برق (کلید روشن و خاموش) دستگاه جداً پرهیز نمایید. اگر چنانچه به طور اتفاقی آب بر روی این قسمت ریخته شد، ورودی برق دستگاه را قطع و پس از خشک کردن آن به برق بزنید و از زدن دست خیس به آن خودداری نمایید.

تذکر: هرگزبدون برقراری جریان آب، گرم کن الکتریکی را به مدت طولانی روشن نگذارید.

۱ـ۴ـ ضوابط سرویس، نگهداری و تعمیر

بدلیل وجود املاح در آب ورودی، شیر شیشه‌ای دستگاه بعداز مدتی امکان دارد به سختی باز وبسته شود. برای جلوگیری از شکستن شیر شیشه‌ای هر چند وقت یک‌بار محور شیر را با مقدار کمی گریس سیلیکون روان کنید.

۱ـ۵ـ خدمات پس از فروش

شرکت صنایع آموزشی به منظور رفع نیازها و مشکلات و نیز ارتقا سطح رضایت مندی مشتریان محترم، خدمات پس از فروش برای محصولات خود را به شرح زیر ارائه می‌دهد :

ـ تأمین قطعات و پشتیبانی پس از فروش به مدت پنج سال

ـ تضمین کیفیت و کارایی محصول به مدت یک سال (پس از مدت ضمانت، در صورت بروز نقص یا اشکال در محصول، هزینه تعمیر یا تعویض دریافت می‌شود)

در صورت بروز هرگونه مشکل در به کارگیری محصول می‌توانید با واحد خدمات پس از فروش این شرکت تماس حاصل فرمایید.

فصل دوم:شرح کاربرد محصول در فرآیند آموزش

۲ـ۱ـ مفاهیم آموزشی

ـ آموزش چگونگی انتقال (رسانش) گرما در فلزات

ـ بررسی عملی عوامل موثر در رسانش گرمایی، نظیر سطح مقطع ، طول و جنس جسم

ـ مشاهده تعادل گرمایی

ـ اندازه‌گیری ضریب رسانش در فلزات

۲ـ۲ـ رسانش گرمایی

انتقال انرژی از نقطه‌ای به‌نقطه دیگر با سه روش رسانش، همرفت وتابش صورت می‌گیرد. در انتقال گرما با روش رسانش، انرژی گرمایی در اثر برخورد مستقیم بین ذرات، از ذره‌ای به ذره دیگر منتقل می‌شود.انتقال انرژی گرمایی، ناشی از اختلاف دمای بین قسمت‌های مجاور یک جسم را رسانش‌گرمایی‌می‌گویند. جامدهای فلزی، رسانندگی گرمایی و الکتریکی بسیار خوبی دارند. اگر دمای طرفین جسمی با هم اختلاف داشته باشد، گرما ازقسمتی که دمایش پایین‌تر است منتقل می‌شود.

در این آزمایش، می‌خواهیم ضریب رسانندگی گرمایی مس را بدست آوریم. برای این‌کار مقدار گرمایی که از طریق یک استوانه مسی منتقل می‌شود را به دو روش محاسبه می‌کنیم.

روش اول : این مقدار برابر است با مقدار گرمایی که در مدت θ ثانیه، m گرم آب را از دمای T_d به T_c می‌رساند.یعنی :

$$Q_1 = mc(T_c - T_d)$$

روش دوم :مقدار گرمایی که از استوانه مسی با ضریب رسانندگی گرماییk، طول e و سطح مقطع s در مدت θ ثانیه منتقل می‌شود. در صورتی که دمای قسمت گرم T_a و دمای‌قسمت سرد T_b باشد،مقدارگرمای انتقال یافته برابراست با :

$$Q_2 = \frac{S\theta(T_a - T_b)k}{e}$$

بنا به تعادل حرارتی $Q_1 = Q_2$ است، پس داریم :

$$mc\,(T_c - T_d) = \frac{S(T_a - T_b)\theta}{e}\,k$$

واز این رابطه مقدارk خواهد شد :

$$k = \frac{mce(T_c - T_d)}{S\theta(T_a - T_b)}$$

۲ـ۳ـ شرح دستگاه

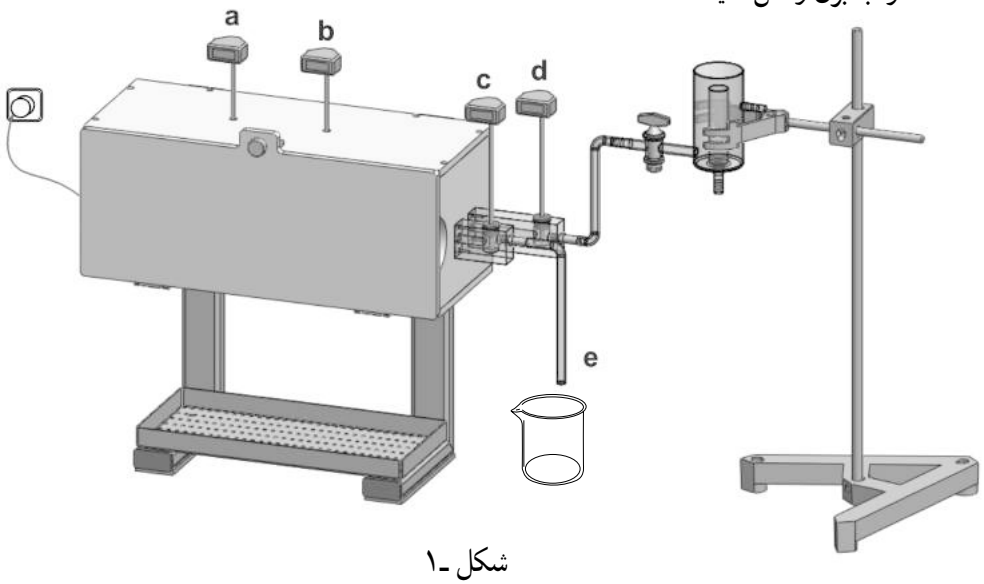
برای محاسبه k از دستگاه اندازه‌گیری ضریب رسانش گرمایی مس استفاده می‌کنیم. ابتدا درب دستگاه را با احتیاط کامل باز کنید و ساختمان داخلی آن‌را به دقت ببینید. چنانچه مشاهده می‌شود دستگاه با مواد عایق از محیط اطراف ایزوله شده تا تبادل گرمایی آن با محیط خارج ناچیز باشد. قسمت اصلی دستگاه یک میله توپر می‌باشد. یک انتهای میله، لوله باریکی به شکل مارپیچ، پیچیده شده‌است که با وصل کردن آن به شیر آب ،آب سرد در این لوله جریان پیدا می‌کند(آب باید با دبی کم ودمای یکسان جریان یابد). انتهای دیگر میله مسی به وسیله گرم‌کن الکتریکی، گرم می‌شود. دماسنج‌های a وb، دمای دو نقطه از میله مسی که به فاصله e از هم قرار دارند را نشان می‌دهند. دماسنج a نزدیک طرف گرمتر میله و دماسنج b نزدیک طرف سردتر میله قراردارد و دماسنج های d وc در مسیر ورود و خر وج آب قرارگرفته اند.

۲ـ۴ـ وسایل لازم:

- دستگاه رسانش گرمایی
- رگولاتور
- شیر تنظیم
- بشر
- دماسنج دیجیتالی
- شیلنگ سیلیکونی
- درپوش

۲ـ۵ـ شرح آزمایش:

دستگاه را مطابق شکل ـ ۱ آماده کنید ودر محل قرارگیری دماسنج های a و b سه قطره پارافین مایع بریزید. شیرآب را باز کنید و به وسیله رگولاتور، فشار آب را و به وسیله شیر تنظیم، دبی آب را تنظیم کنید. دقت کنید جریان آب بطور یکنواخت و با دبی کم از مجرای e جاری شود. دستگاه را به برق وصل کنید.



شکل ـ۱

دماسنج‌های a، b، c و d را در فواصل زمانی معین قرائت کنید. اختلاف دمای دماسنج های a و b ودماسنج های c و d را حساب کنید و در جدول ـ۱ یادداشت کنید. این کار را آن قدر ادامه دهید تا اختلاف دمای a و b و اختلاف دمای c و d در دو مرحله تغییری نکند. در این حالت دستگاه به تعادل رسیده است و بلافاصله بشر را زیر لولهٔ e بگیرید و مقدار آبی که در زمان معین θ (مثلاً ۶۰ثانیه) از آن خارج می‌گردد جمع آوری و وزن کنید(m).

چون دستگاه را ایزوله فرض نموده‌ایم، بنابراین مقدار گرمایی که در زمان θ از نقطه a به b رسیده، صرف گرم شدن آبی شده که در این مدت از لولهٔ مارپیچی عبور کرده ودر بشر جمع‌آوری شده است.

از رابطهٔ زیرk را بدست آورید :

$$k = \frac{mce(T_C - T_d)}{S\theta(T_a - T_b)}$$

$c = ۱ \frac{Cal}{gr^\circ c}$ آب $\quad e = ۱۰/۱cm$ فاصله دماسنج‌های a وb $\quad d = ۳/۰۵cm$ قطر استوانه مسی

با داشتن مقادیر ثابت و مقادیراندازه‌گیری شده، مقدار k را بدست آورید.

آزمایش را با تغییر دبی آب و برقراری مجدد تعادل گرمایی تکرار کنید(انجام سه آزمایش ضروری است).

ـ $\bar{k}$ را بدست آورید. پراگندگی k را محاسبه نموده و $\bar{k}$ را تصحیح ارقام کنید.

ـ بیشینهٔ خطای مقادیر e و d را بدست آورید.

ـ با استفاده از روش دیفرانسیل لگاریتمی، خطای نسبی و مطلق هر k را بدست آورده و هر یک را تصحیح ارقام کنید.

جدول ـ۱

ردیف	T_a	T_b	T_c	T_d	$T_a - T_b$	$T_c - T_d$
۱						
۲						
۳						
۴						
۵						

۲ـ۶ـ روش های ریاضی محاسبات و محاسبات خطا

توزیع فراوانی:

فرض می‌کنیم در آزمایش‌های مختلفی که برای کمیت x انجام شده ، نتایج زیر بدست آمده است :

برای مثال $F_۱$ مرتبه $x_۱$ نتیجه شده است و . . .

$$\begin{array}{ll} F_۱ & x_۱ \\ F_۲ & x_۲ \\ \vdots & \vdots \\ F_{n-۱} & x_{n-۱} \\ F_n & x_n \end{array}$$

ستون اول را توزیع فراوانی گویند. واضح است $\sum_{i=۱}^{n} F_i = N$ تعداد کل آزمایش های انجام شده می باشد.

میانگین حسابی:

میانگین حسابی N عدد ؛ $x_۱ , x_۲ , ..., x_N$ ؛ مساوی است با مجموع این اعداد تقسیم‌برتعدادشان که‌آن را $\bar{x}$ نشان می‌دهند،یعنی :

$$\bar{x} = \frac{۱}{N} \sum_{i=۱}^{N} x_i = \frac{x_۱ + x_۲ + ... + x_N}{N} \qquad (۱)$$

محاسبه میانگین حسابی به وسیله توزیع فراوانی:

در آزمایشی که انجام شده است ، اگر فرض کنیم برای نمونه ، کمیت اندازه گیری شده x در آزمایش i ام F_i مرتبه بین x'_i و x_i بین باشد، مقدار میانگین حسابی با استفاده از توزیع فراوانی از رابطه زیر به دست می آید :

$$\begin{array}{lll} F_۱ & x_۱ \ , & x'_۱ \\ F_۲ & x_۲ \ , & x'_۲ \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ F_{n-۱} & x_{n-۱} \ , & x'_{n-۱} \\ F_n & x_n \ , & x'_n \end{array}$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \bar{x} F_i}{\sum_{i=1}^{N} F_i} = \frac{\sum_{i=1}^{N} \bar{x}_i F_i}{N} \qquad (2)$$

که $\bar{x}_i = \frac{x_i + x_i'}{2}$ می‌باشد.

میانگین هندسی:

میانگین هندسی N عدد $x_1, x_2, \ldots, x_{N-1}, x_N$ برابر است با حاصل ضرب این اعداد به ریشهٔ تعداد آن ها ، یعنی :

$$G = \sqrt[N]{x_1 \times x_2 \times \ldots \times x_N} \qquad (3)$$

چنان چه از طرفین این رابطه لگاریتم بگیریم، خواهیم داشت :

$$\log G = \frac{1}{N}\left[\log x_1 + \log x_2 + \ldots + \log x_{N-1} + \log x_N\right] \qquad (4)$$

بنابراین میانگین حسابی لگاریتم مقدارهای $x_1, x_2, \ldots, x_{N-1}, x_N$ ؛ N برابر میانگین هندسی آن ها است.

خطای میانگین (متوسط قدرمطلق انحرافات):

در اندازه‌گیری کمیتی مانند X مقادیر $x_1, x_2, \ldots, x_N$ به دست آمده است. اگر $\bar{x}$ مقدار متوسط (میانگین حسابی) این کمیت باشد، به طور کلی $d_i = x_i - \bar{x}$ انحراف x_i از مقادیر میانگین می باشد. از مجموعه d_i ها می توان پراکندگی را حساب کرد. اولین فکر برای دادن کمیتی که پراکندگی را نشان دهد این که حاصل جمع d_i ها یعنی $\sum_{i=1}^{N} d_i$ را حساب کنیم. در ابتدا این فکر خیلی خوب ومنطقی به نظر می‌رسد ولی فایده چندانی نخواهد داشت، زیرا چنان که می‌دانیم $\sum d_i = 0$ است. پس برای به دست آوردن انحرافات از میانگین (پراکندگی)،می بایست متوسط قدرمطلق انحرافات مقادیر فوق از مقادیر میانگین، به عنوان خطای میانگین به حساب آوریم :

$$\text{پراکندگی} = \frac{\sum_{i=1}^{N} |d_i|}{N} = \frac{\sum_{i=1}^{N} |x_i - \bar{x}|}{N} \qquad (۵)$$

به کاربردن قدر مطلق یک انحراف ،اشکال مثبت و منفی بودن انحراف ها را رفع می کند ولی به کاربردن قدر مطلق در محاسبات ریاضی که اساس و پایه روش های آماری است، مشکل و نامطلوب است. پس بهتر است برای پرهیز از به کار بردن انحراف های منفی یا قدر مطلق انحرافات ، از مربع انحرافات استفاده شود. به کار گیری مجذور انحرافات ، ما را به تعریف یکی از مهم ترین پارامترهای آماری به نام واریانس یا انحراف از معیار (Standard Deviation) ، راهنمایی می کند.

محاسبه خطا با استفاده از مشتقات جزیی

تابع z که تابعی از دو متغیر x و y می‌باشند به صورت $z = f(x,y)$ در نظر می‌گیریم. مشتق جزیی z بر حسب x و یا y را به صورت $\frac{\partial z}{\partial x}$ و $\frac{\partial z}{\partial y}$ در نظر می‌گیرند. در موقع محاسبه $\frac{\partial z}{\partial x}$ (مشتق جزیی z نسبت به x)، y را ثابت گرفته و مشتق z را نسبت به x به دست می‌آوریم و به همین طریق برای محاسبه $\frac{\partial z}{\partial y}$ (مشتق جزیی z نسبت به y)، x را ثابت فرض کرده و مشتق z را نسبت به y به دست می‌آوریم. دیفرانسیل تابع فوق به صورت زیر نوشته می‌شود :

$$dz = \frac{\partial z}{\partial x} dx + \frac{\partial z}{\partial y} dy$$

$$\frac{\partial z}{\partial x} = f'_x(x,y) \quad ; \quad \frac{\partial z}{\partial y} = f'_y(x,y)$$

$$dz = f'_x(x,y)\, dx + f'_y(x,y)\, dy \qquad (۶)$$

برای محاسبه خطای تابع z ، از طرفین رابطه دیفرانسیل می‌گیریم تا رابطه (۶) حاصل شود. سپس با تبدیل $dx \to \Delta x$ و $dy \to \Delta y$ و $dz \to \Delta z$) را تبدیل به Δ می‌کنیم چون dx یک کمیت ریاضی و Δx یک کمیت فیزیکی قابل اندازه‌گیری می‌باشد)، رابطه (۶) به صورت زیر حاصل می‌شود : $\Delta z = f'_x \Delta x + f'_y \Delta y$ (۷)

Δz مقدار خطای مطلق و $\frac{\Delta z}{z}$ را خطای نسبی z گویند.

گاهی می‌توانیم برای راحتی کار از طرفین تابع دیفرانسیل لگاریتمی بگیریم، یعنی ابتدا لگاریتم گرفته و سپس دیفرانسیل آن را حساب کنیم. روش کار به این صورت است :

$$z = f(x,y)$$

$$\log z = \log f(x,y)$$

$$\frac{dz}{z} = \frac{df(x,y)}{f(x,y)} = \frac{f'_x(x,y)dx + f'_y(x,y)}{f(x,y)}$$

$$\left|\frac{\Delta z}{z}\right| = \left|\frac{f'_x(x,y)}{f(x,y)}\right| \Delta x + \left|\frac{f'_y(x,y)}{f(x,y)}\right| \Delta y$$

که خطای نسبی $\frac{\Delta z}{z}$ و خطای مطلق Δz قابل محاسبه است.

واضح است که دو روش فوق برای محاسبه خطا، به نتیجه یکسان منجر می‌شود. پس می‌توانیم با توجه به شکل تابع، برای سهولت محاسبات، روش مناسب را برگزینیم.

مثال : خطای مطلق و نسبی تابع $z = \frac{ax^۲ + by^۲}{xy^۲}$ را پیدا کنید.

برای این کار از طرفین رابطه دیفرانسیل لگاریتمی می‌گیریم :

$$\log z = \log(ax^۲ + by^۲) - \log x - \log y^۲$$

$$\frac{dz}{z} = \frac{۲axdx + ۲bydy}{ax^۲ + by^۲} - \frac{dx}{x} - \frac{۲dy}{y}$$

$$\frac{dz}{z} = \left|\frac{۲ax}{ax^۲ + by^۲} - \frac{۱}{x}\right| \Delta x + \left|\frac{۲by}{ax^۲ + by^۲} - \frac{۲}{y}\right| \Delta y$$

چون جهت خطا مشخص نیست، پس قدر مطلق ضرایب Δx و Δy را در نظر می‌گیریم تا حداکثر خطا به دست آید. چنان که ملاحظه می‌شود، گاهی استفاده از دیفرانسیل لگاریتمی برای محاسبه خطا، حجم محاسبات را کمتر می‌کند.

تصحیح ارقام کمیت اندازه‌گیری شده به وسیله خطای آن

فرض کنیم در اندازه‌گیری طول جسمی به وسیله خط‌کشی که تا یک میلی‌متر مندرج است. عدد ۴/۷ میلی‌متر را تخمین بزنیم. طول این جسم را با اسباب اندازه‌گیری دقیق‌تری، مثلاً ریز سنج که تا ۰/۰۱ میلی‌متر دقت دارد، اندازه‌گیری می‌کنیم که عدد ۴/۶۸ میلی‌متر به دست می‌آید. در اندازه‌گیری اول طول جسم که عدد ۴/۷ میلی‌متر به دست آمد، می‌گوییم طول جسم با دو رقم معنی‌دار به دست آمده است. رقم ۴، رقم مطمئن و رقم ۷، رقم مشکوک است. زیرا در اندازه‌گیری طول جسم با ریزسنج که دقیق‌تر است،عدد ۴/۶۸ میلی‌متر به دست آمده است یعنی به جای ۰/۷ باید ۰/۶۸ را در نظر بگیریم. به همین طریق در آزمایش دوم، طول جسم با سه رقم با معنی که دو رقم ۴ و ۶ ، رقم‌های مطمئن و رقم ۸، رقم مشکوک می‌باشد (زیرا در مورد دقت ریز سنج است) به دست آمده است.

درآزمایشی که $n = ۱/۵۱۶۳$ و $\Delta n = ۰/۰۱$ محاسبه شود n را به صورت $n = ۱/۵۲ \mp ۰/۰۱$ تصحیح می‌کنیم که دو رقم ۱و ۵ رقم‌های مطمئن و رقم۲ مشکوک است. زیرا درمرز دقت اندازه‌گیری یعنی ۰/۰۱می‌باشد و درواقع۰/۰۱۶ بوده که به ۰/۰۲ گرد کرده‌ایم. بنابراین مقدار n را تا ۰/۰۱ که دقت اندازه‌گیری است گرد می‌کنیم.