

کلیات:

۱-۱ مقدمه

هدف از ایجاد آزمایشگاههای آموزشی را می توان در چند جمله خلاصه کرد:

- **تحقیق درستی مطالبی که بطور تئوری در کلاسهای نظری تدریس می شوند.**
فیزیک علمی تجربی است، بدین معنا که اساس تمام قوانین فیزیک، آزمایش و تجربه است.

بنابراین می توان گفت خلق هر نظریه ی علمی شامل مراحل زیر است:

- ❖ مشاهده-طرح سوال-پرسش برای سوال-حدس-آزمایش برای حدس-فرضیه-نظریه

فیزیکدان ابتدا به هر پدیده ای بطور موشکافانه می اندیشد و در مورد چرایی و کاربردهای احتمالی آن حدسیاتی می زند که فرضیه نامیده می شود. سپس طرحی گام به گام و عملی جهت بررسی درستی حدسیات خود می چیند و پس از تهیه ی ابزار لازم جهت انجام آن طرح، آزمایش را بطور عملی انجام می دهد. او در پایان می تواند نظری قابل قبول در خصوص درست یا غلط بودن فرضیات علمی خود بیان نماید. با تکرار آزمایشها ، نظریات فیزیک تجربی اثبات یا رد می شوند.

- ❖ آنچه ما در آزمایشگاه انجام می دهیم عمدتاً بررسی و تحقیق عملی در خصوص درستی نظریات علمی ای است که در دروس تئوری تدریس می شود. اولین قدم انجام کار در آزمایشگاه مطالعه ی مبانی نظری، آشنایی با وسایل و چیدمان آن ، و شیوه ی انجام آزمایش است . بنابر این، مطالعه ی کامل دستور کار هر آزمایش قبل از شروع آن آزمایش به عهده دانشجو است .

رعایت مقررات آزمایشگاه، رعایت نکات ایمنی ،حضور به موقع، نظم در کارو تلاش جدی، چیدن وسایل به صورت منظم و تحویل آن به مسئول آزمایشگاه در پایان کار، از ارکان اصلی کار آزمایشگاهی به شمار می روند .

- **آموزش روشی گام به گام و هدفمند که بطور عملی امکان تحقیق درستی نظریات و فرضیات علمی را فراهم میکند.**

جهت حصول نتیجه ی مطلوب، طی کردن گام به گام مراحل عملی انجام آزمایش، امری لازم و بسیار مهم است.

• آموختن کار عملی گروهی و تنظیم گزارش کار عملی بطور گروهی

گام آخر نوشتن گزارش کار است. یک گزارش کار خوب باید ضمن اشاره به تمامی مراحل کار، از شرح و تفصیل اضافی مبرا باشد. گزارش کار باید شامل موارد زیر باشد:

(۱) موضوع آزمایش ، نام و نام خانوادگی ، همکاران، تاریخ انجام آزمایش و تاریخ تحویل گزارش .

- (۲) هدف آزمایش، تئوری آزمایش و روشی که آزمایش انجام شده است، جدول داده ها ، محاسبات و رسم نمودارها در کاغذ مناسب (ذکر مختصات مقیاس و واحدها فراموش نشود).
- (۳) پاسخ به سئوالات مطرح شده در انتهای هر آزمایش
- (۴) نتیجه گیری

۱-۲ نمره دهی:

اگرچه ممکن است شیوه ی نمره دهی مدرسین آزمایشگاه تا حدودی باهم متفاوت باشد، اما بطور کلی شامل نمره ی کار عملی و میزان دقت و توجه دانشجو در آزمایشگاه ، نمره ی گزارش کار ، و نمره ی مربوط به آزمون نهایی است. آزمون نهایی می تواند کتبی یا عملی و یا تلفیقی از این دو روش باشد که بسته به نظر مدرس است.

۱-۳ حضور و غیاب:

آزمایشگاه یک درس عملی است، بنابراین حضور دانشجو در کلاس بسیار با اهمیت بوده و غیبت _حتی اگر موجه باشد_ منجر به کسر نمره خواهد شد.

۱-۴ پردازش داده ها:

هر آزمایشی صرفاً داده های عددی اولیه ای را در اختیار ما قرار می دهد که چنانچه آنها را در جدول مناسبی در کنار هم نمایش دهیم در اکثر موارد می توان قضاوت سریعی راجع به داده ها و خطای اندازه گیری انجام داده و عملیات تکمیلی بر روی آنها را شروع کنیم .

جهت بدست آوردن نتایج علمی از این داده ها، ابتدا باید با مفاهیمی همچون کمیت های فیزیکی ، ارقام با معنی در اندازه گیری کمیت های فیزیکی، انواع خطاها و عوامل آنها و چگونگی رسم نمودارها آشنا شویم.

• کمیت های فیزیکی:

کمیت فیزیکی به هر چیز قابل اندازه گیری اطلاق می شود. کمیت های فیزیکی به دو دست کمیت های اصلی و کمیت های فرعی تقسیم می شوند. کمیت های اصلی کمیت هایی هستند که به طور مستقل به همراه یک واحد اصلی تعریف می شوند و کمیت های فرعی کمیت هایی هستند که با توجه به تعریف کمیت های اصلی تعریف می شوند. در دستگاه بین المللی واحدها کمیت های طول، جرم، زمان، دما و شدت جریان الکتریکی کمیت های اصلی هستند که به ترتیب با متر، کیلوگرم، ثانیه، کلوین و آمپر اندازه گیری می شوند.

• دقت اندازه گیری و ارقام با معنی

اطلاعات عددی لازم برای درک کمیت های فیزیکی با اندازه گیری به دست می آیند. اندازه گیری به دو روش مستقیم و غیر مستقیم امکان پذیر است. در اندازه گیری مستقیم می توان با استفاده از وسایل اندازه گیری مستقیماً کمیت فیزیکی مورد نظر را اندازه گرفت، در حالی که در اندازه گیری غیر مستقیم می توان با استفاده از داده هایی که از اندازه گیری مستقیم به دست می آیند و نیز روابط حاکم بین کمیت های فیزیکی به محاسبه ی کمیت مورد نظر پرداخت. مثلاً برای اندازه گیری تندی یک متحرک می توان مسافت طی شده را بر زمان حرکت تقسیم کرد.

برای اندازه گیری کمیت های فیزیکی مختلف وسایل مختلفی با دقت های متفاوتی مورد استفاده قرار می گیرند. دقت هر دستگاه کوچکترین مقداری است که آن دستگاه می تواند اندازه بگیرد. به عنوان مثال یک خط کش ۲۰ سانتی متری معمولی می تواند تا یک میلی متر را اندازه بگیرد. بنابراین دقت آن ۱ میلی متر و یا ۰/۱ سانتی متر است. اگر طولی را با چنین خط کشی اندازه بگیریم نتیجه را به صورت 12.4 cm نشان می دهیم، این بدین معناست که دقت اندازه گیری ۰/۱ سانتی متر و یا ۱ میلی متر است. اما اگر طولی را با مقدار 12.40 بیان کنیم بدین معناست که دقت اندازه گیری ۰/۱ میلی متر بوده است.

تعداد ارقام با معنی به دقت وسیله ی اندازه گیری بستگی دارد و تبدیل واحدها نباید آن را تغییر دهد. به عنوان مثال تعداد ارقام با معنی در طول 12.4 سانتی متری سه و در طول 12.40 سانتی متری چهار می باشد. به همین دلیل این طولها بر حسب میلی متر نیز باید به ترتیب با سه و چهار رقم با معنی بیان شوند بنابراین طول 12.4 را می توان به صورت 124 mm و طول 12.40 cm را به صورت 124.0 mm بر حسب میلی متر نیز بیان کرد. در جمع و تفریق داده هایی از یک جنس که با دقت های متفاوت هستند، باید تمام داده ها را تا کمترین دقت گرد کنیم تا رقم های اعشاری یکسانی

پیدا کنند و بعد آنها را با یکدیگر جمع کنیم. در جمع و تفریق ارقام با معنی می توان ابتدا عمل جمع و تفریق را انجام داد و سپس جواب نهایی را تا کمترین دقت گرد نمود .

در ضرب و تقسیم کمیت‌هایی که دارای ارقام با معنی متفاوتی هستند عمل ضرب و تقسیم را انجام می دهیم و سپس نتیجه را چنان گرد می کنیم که تعداد ارقام با معنی آن برابر تعداد ارقام با معنی کمیتی بشود که کمترین رقم با معنی را دارد .

در هنگام گرد کردن اگر رقمی که حذف می کنیم کوچکتر از ۵ باشد ، بدون آنکه رقم پیش از آن تغییر کند آن را حذف می کنیم اگر رقم حذفی بزرگتر از ۵ باشد آن را حذف می کنیم و یک واحد به رقم قبلی اضافه می کنیم . اگر رقم حذفی ۵ باشد در آن صورت چنانچه رقم قبل از آن زوج باشد تغییر نمی کند اما اگر رقم قبل از آن فرد باشد ، آن گاه به رقم قبل از ۵ یک واحد اضافه می کنیم .

• خطا و عوامل آن

همواره اندازه گیری کمیتها با مقداری خطا همراه است . میزان انحراف اندازه کمیت از مقدار واقعی آن را خطای اندازه گیری می نامیم. خطای اندازه گیری را نمی توان به صفر رساند اما می توان با تکرار اندازه گیری و دقت بیشتر ، مقدار آن را کاهش داد. اگر اندازه ی یک کمیت فیزیکی را با x و حداکثر خطا را با Δx نشان دهیم مقدار واقعی آن کمیت در گستره ی $x - \Delta x$ و $x + \Delta x$ است .

Δx را که معرف حداکثر اختلاف کمیت با مقدار واقعی آن است خطای مطلق می نامند . نسبت خطای مطلق به اندازه ی کمیت $(\frac{\Delta x}{x})$ را خطای نسبی و درصد آن $(\frac{\Delta x}{x} \times 100)$ را درصد خطای نسبی می نامند . هر قدر خطای نسبی در اندازه گیری کمیتی کوچکتر باشد ، دقت اندازه گیری آن کمیت بیشتر است . هر گاه R معرف مقدار حقیقی یک کمیت فیزیکی و E معرف مقدار تجربی آن کمیت باشد که از یک اندازه گیری تجربی به دست می آید درصد انحراف را به صورت $(\frac{R-E}{E} \times 100)$ می کنیم . همچنین اگر کمیت x را در شرایط یکسان n بار اندازه گیری کنیم

میانگین داده ها برابر است با

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

که x_i معرف اندازه کمیت در اندازه گیری i ام است . بیشینه ی انحراف از مقدار میانگین را خطای میانگین $(\Delta \bar{x} = |x_i - \bar{x}|_{max})$ می نامیم . این تعاریف را در زیر فهرست می کنیم

$$(۱) \quad \Delta x \text{ خطای مطلق}$$

$$(۲) \quad \frac{\Delta x}{x} \text{ خطای نسبی}$$

$$(۳) \quad \frac{\Delta x}{x} \times 100\% \quad \text{درصد خطای نسبی}$$

$$(۴) \quad \frac{|R-E|}{R} \times 100 \quad \text{درصد انحراف}$$

$$(۵) \quad \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad \text{میانگین داده ها}$$

$$(۶) \quad \Delta \bar{x} = |x_i - \bar{x}|_{\max} \quad \text{خطای میانگین}$$

خطاهای اندازه گیری از منابع بسیاری ناشی می شود. این خطاها را می توان به صورت زیر دسته بندی کرد:

(الف) خطای شخص آزمایشگر

این خطا از عدم دقت عدم مهارت و عدم اطلاع شخص از طرز کار وسیله ی مورد آزمایش ناشی می شود. همچنین نداشتن عکس العمل سریع و نداشتن آگاهی کافی از روش درست محاسبات از مواردی هستند که منجر به خطای شخص در آزمایشات می شوند. با تکرار دفعات اندازه گیری و میانگین گرفتن از نتایج می توان از مقدار این خطا کم کرد برخی از این خطاها قابل کنترل و برخی دیگر غیر قابل کنترل هستند به عنوان مثال در اندازه گیری طول یک میز، چنانچه صفر متر نواری را دقیقاً بر لبه ی میز منطبق نکنیم و یا در هنگام خواندن عدد مورد نظر، به طور عمود به متر نواری نگاه نکنیم دچار خطا خواهیم شد.

(ب) خطای دستگاه

این خطا به میزان حساسیت دستگاه بستگی دارد. هر قدر میزان حساسیت دستگاه بیشتر باشد خطای دستگاه کمتر خواهد بود. به عنوان مثال در اندازه گیری طول یک کتاب با خط کش میلی متری دقت اندازه گیری تا ۱ میلی متر است اما اگر از یک خط کش سانتی متری استفاده کنیم دقت اندازه گیری ۱ سانتی متر است. بنابراین برای کم کردن این نوع خطا باید از وسایل دقیقتر استفاده کنیم. این خطا می تواند ناشی از فرسودگی دستگاه و یا عدم انتخاب دستگاه مناسب نیز باشد.

(ج) خطای محیط

این خطا ناشی از عوامل محیطی آزمایشگاه مانند تغییرات فشار و دما، جریان هواء تغییر نور محیط، وجود گرد و غبار، رطوبت، ارزش زمین و غیره است. خطا می تواند به طور منظم (سیستماتیک) یا نامنظم (اتفاقی) روی داده ها تأثیر بگذارد. در خطای منظم ممکن است داده ها افزایش یا کاهش یکسانی را شامل شوند. به عنوان مثال در اندازه گیری دمای یک جسم با دمای بالاتر از دمای محیط به علت تبادل گرمایی جسم با محیط، دمای جسم در هربار اندازه گیری با فاصله ی زمانی مشخص به طور منظم کاهش می یابد.

در خطای نامنظم تغییرات در داده ها به طور تصادفی مشاهده می شود . برای کاهش این دسته از خطا باید سعی کنیم محیط آزمایشگاه را استانداردسازی کنیم .

۵-۱ رسم نمودار

در بسیاری از آزمایشها لازم است که نمودار تغییرات کمیتی را بر حسب کمیت دیگر رسم کنیم ، از رسم نمودارها می توان در باره ی ارتباط بین دو کمیت اطلاعاتی را به دست آورد در نمودارهای خطی به کمک شیب و مختصات نقاط تقاطع نمودار با محورهای مختصات می توان مقدار کمیت های مجهول در آزمایش را به دست آورد . نمودارها باید بر روی کاغذ میلی متری ، نیمه لگاریتمی و یا تمام لگاریتمی رسم شوند . در ادامه به طور خلاصه به مراحل رسم یک نمودار می پردازیم :

(الف) رسم نمودار روی کاغذ میلی متری

برای رسم نمودارهای خطی از کاغذ میلی متری استفاده می شود. کاغذ میلی متری کاغذی است که محور های آن بر حسب میلی متر به طور خطی مدرج شده است. برای رسم نمودار بر روی کاغذ میلی متری باید به نکات زیر توجه کرد :

(۱) در رسم نمودار معمولاً باید از تمام صفحه کاغذ استفاده کرد . عنوان نمودار که معرف هدف از رسم نمودار است . باید بر روی کاغذ نوشته شود .

(۲) بهتر است متغیر مستقل (کمیتی که شخص آزمایشگر مقدار آن را انتخاب می کند) بر روی محور افقی و متغیر تابع بر روی محور قائم نمایش داده شوند . طول و عرض کاغذ را متناسب با بازه ی تغییرات هر کمیت در جدول و نیز دقت داده ها انتخاب می کنیم .

(۳) با توجه به تغییرات داده ها باید مقیاس مناسبی برای هر محور به طور جداگانه انتخاب شود . مقیاس باید به گونه ای باشد که نمودار تمام صفحه ی کاغذ را در بر بگیرد . همچنین به راحتی بتوان تقسیمات را روی محورها انجام داد . مقیاس باید به طور مشخص روی محورها نوشته شود و در انتهای محور نام و یکای کمیت همراه با توان ده ضریب اعداد نوشته شده روی محور درج شوند. اعدادی که در آزمایش به دست می آیند نباید روی محورها نوشته شوند و خط های اضافی عمودی و افقی نباید ترسیم شوند . با توجه به کمترین مقدار هر کمیت باید مبدأ مناسبی برای هر محور تعیین شود . لازم نیست مبدأ دو محور یکسان باشد و یا از صفر شروع شود .

(۴) پس از انتخاب مقیاس مقادیر اندازه گیری شده از جدول داده ها را به صفحه ی نمودار منتقل می کنیم . هر زوج داده ی تجربی متناظر با یک نقطه در صفحه ی نمودار است . با مشخص کردن نقاط روی صفحه ی کاغذ مورد نظر، بهترین نمودار را با استفاده از تعداد بیشتری از نقاط تجربی می کشیم

و باقی نقاط تجربی در اطراف نمودار رسم شده قرار می گیرند . بهترین نمودار آن است که تا جای ممکن از بیشترین نقاط تجربی عبور کند یا به آنها نزدیک باشد .

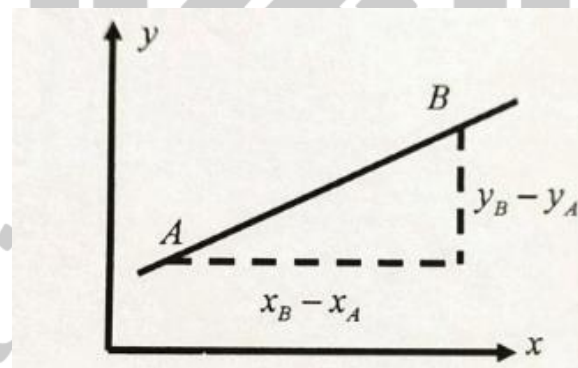
همچنین پراکندگی نقاط حول آن یکنواخت باشد، این بدان معنی است که مجموع فواصل نقاطی که در یک طرف خط واقع شده اند تقریباً برابر با مجموع فواصل نقاطی باشد که در طرف دیگر خط واقع شده اند . در این حالت اگر نقطه و یا نقاطی نسبت به بقیه ی داده ها همخوانی نداشته باشند می توان از آنها چشم پوشی کرد. بهتر است عمل ترسیم با مداد انجام شود تا نقطه ی حذف شده به سادگی پاک شود.

(۵) پس از رسم نمودار براحتی می توان شیب و عرض از مبدأ نمودار را به دست آورد . برای محاسبه ی شیب کافی است مطابق شکل ۱ دو نقطه ی اختیاری که تا حد ممکن دور از هم باشند را در نظر بگیریم . در تعیین شیب لزومی ندارد این دو نقطه بر یکی از داده های تجربی منطبق باشند به این ترتیب از رابطه ی زیر می توان شیب نمودار را به دست آورد .

(۷)

$$a = \frac{y_b - y_a}{x_b - x_a} \quad \text{شیب نمودار}$$

برای تعیین عرض از مبدأ نمودار کافی است خط محاسباتی را امتداد دهیم تا محور y را قطع کند . با تعیین محل تقاطع می توان عرض از مبدأ را به دست آورد .



شکل (۱) محاسبه شیب نمودار

(ب) رسم نمودار روی کاغذ نیمه لگاریتمی

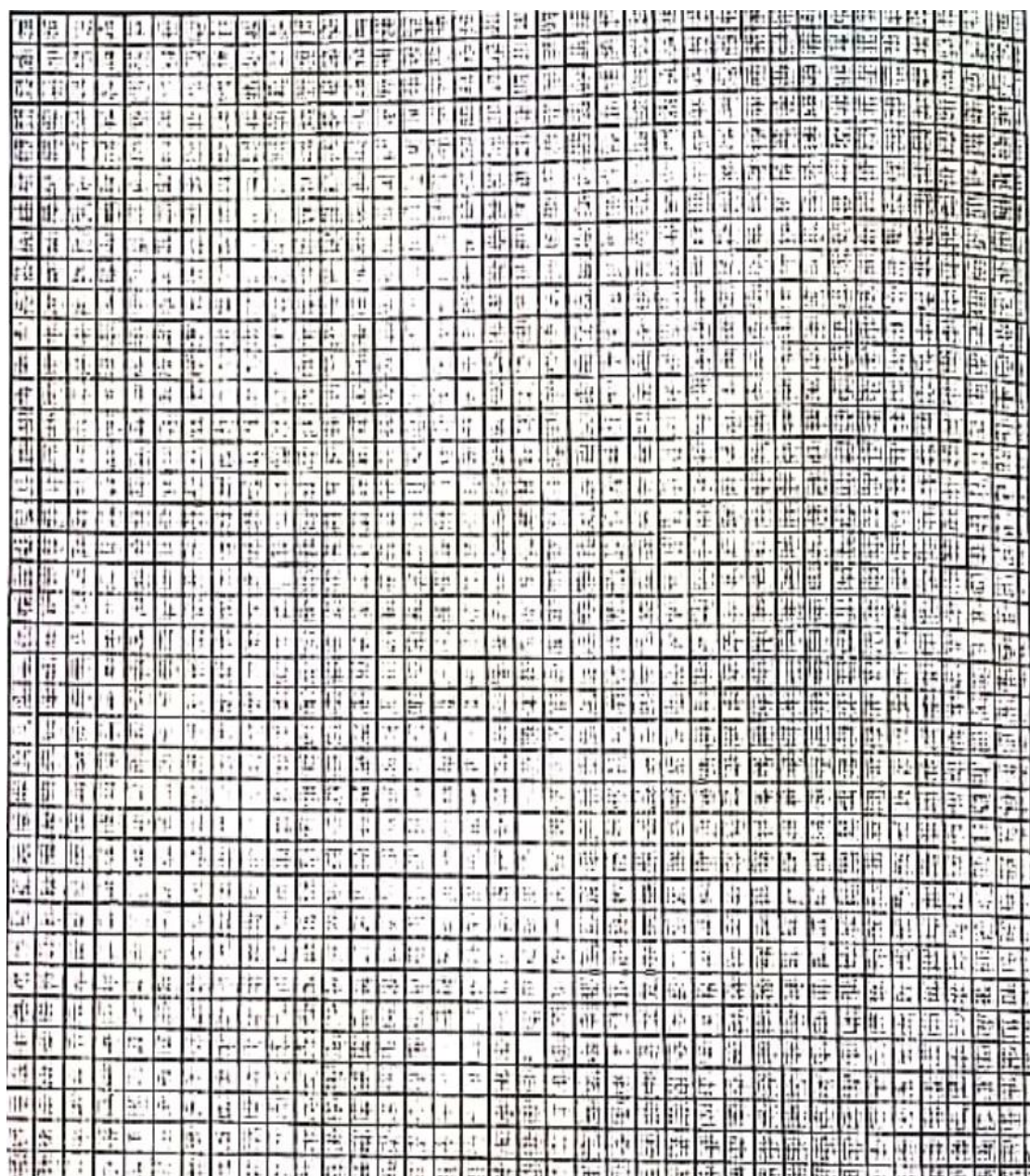
برای رسم نمودار توابعی که به صورت $y = ce^{kx}$ هستند از کاغذ نیمه لگاریتمی استفاده می شود . کاغذ نیمه لگاریتمی کاغذی است که یکی از محورهای آن بر حسب میلی متر مدرج شده است و محور دیگر تقسیمات لگاریتمی دارد . اگر از تابع $y = ce^{kx}$ لگاریتم بگیریم خواهیم داشت

$\ln y = \ln c + kx$ کمیت x را روی محور افقی که به صورت میلیمتری مدرج شده و کمیت y را روی محور عمودی که به صورت لگاریتمی تقسیم بندی شده است اختیار می کنیم در این صورت k معرف شیب خط و C معرف عرض از مبدأ خواهد بود. مراحل رسم نمودار روی کاغذ نیمه لگاریتمی نظیر رسم روی کاغذ میلی متری است.

(ج) رسم نمودار روی کاغذ تمام لگاریتمی

برای رسم نمودار توابعی که به صورت $y = ax^n$ هستند از کاغذ تمام لگاریتمی استفاده می شود. کاغذ تمام لگاریتمی، کاغذی است که هر دو محور آن به صورت لگاریتمی مدرج شده اند. اگر از تابع $y = ax^n$ لگاریتم بگیریم خواهیم داشت $\ln y = \ln a + n \ln x$. اگر زوج داده های x, y را روی کاغذ تمام لگاریتمی منتقل کنیم، می توان ثابت های a, n را که به ترتیب معرف شیب و عرض از مبدأ نمودار هستند به دست آورد. مراحل رسم نمودار روی کاغذ تمام لگاریتمی مانند قبل است.

دانشگاه بوعلی سینا



دانشگاه بوعلی سینا
کاغذ میلیمتری