

فیزیک و اندازه گیری

فیزیک چیست؟

فیزیک بنیادترین علمی است که به مطالعه اصول بنیادی جهان می پردازد.

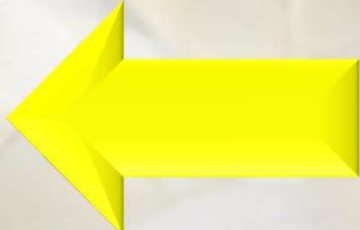
فیزیک علمی است که رشته های دیگر مانند نجوم، زیست شناسی، زمین شناسی، رشته های مهندسی بر مبنای آن شکل گرفته اند

زیبایی فیزیک در سادگی نظریات بنیادین فیزیکی و روشی است که در آن با تعداد اندکی معادله قادر است نگرش ما را نسبت به جهان اطرافمان تحت تاثیر و گسترش قرار دهد



مکانیک چیست؟

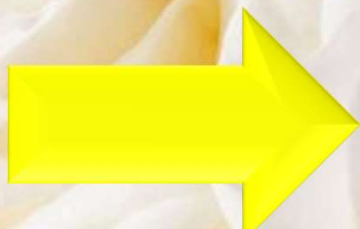
مکانیک علمی دقیق است


$$F = ma$$

دقیق بودن

$$x = x(t)$$

$$v = v(t)$$



سازگاری با نتایج تجربی

مقصود از دقیق بودن بیان قوانین مکانیک به صورت معادلات کمی ریاضی ای است که قادر به پیشگویی و بازتولید نتایج تجربی باشند.

$$F = ma$$

در معادلات

دقت

در کمیت‌های مورد استفاده در معادلات

$$F, m, a$$

تجربه

محک
دقت و
صدق

غیر مستقیم با معادلات

روش تعیین دقیق کمیتها

روش مستقیم مناسبتر است

مستقیم به طور تجربی

$$m = \frac{F}{a}$$

m

زیرا مستقل است و به کمیت‌های دیگر وابسته نیست و لذا نیاز به رجوع مداوم و خسته کننده به کمیت‌های پایه را از بین می برد.

اما در عمل بین نتایج تجربی و نظری اختلاف و جود دارد

تلاش پژوهشگران برای رفع اختلاف

تولد نظریات جدیدتر و کاملتر فیزیکی

نسبیت و کوانتوم

روش علمی

مشاهده

خورشید از مشرق طلوع و در مغرب
غروب می کند



نظریه

زمین در مرکز جهان واقع شده
است!

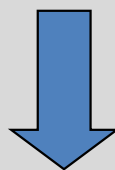


پیش بینی

فصول و مکان سیارات دیگر

روش علمی

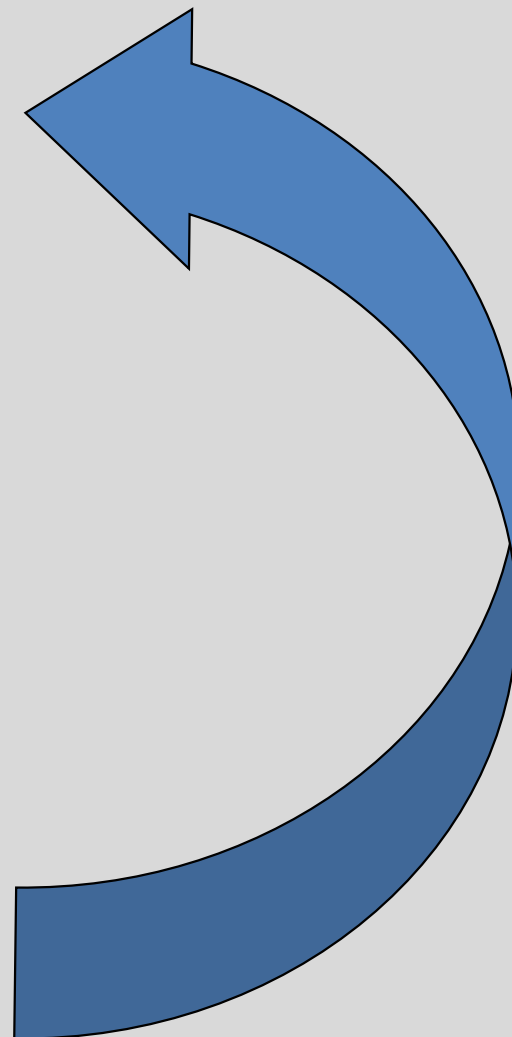
مشاهده



نظریه



پیش بینی



روش علمی

مشاهده

نظریه
جدید

سازگاری

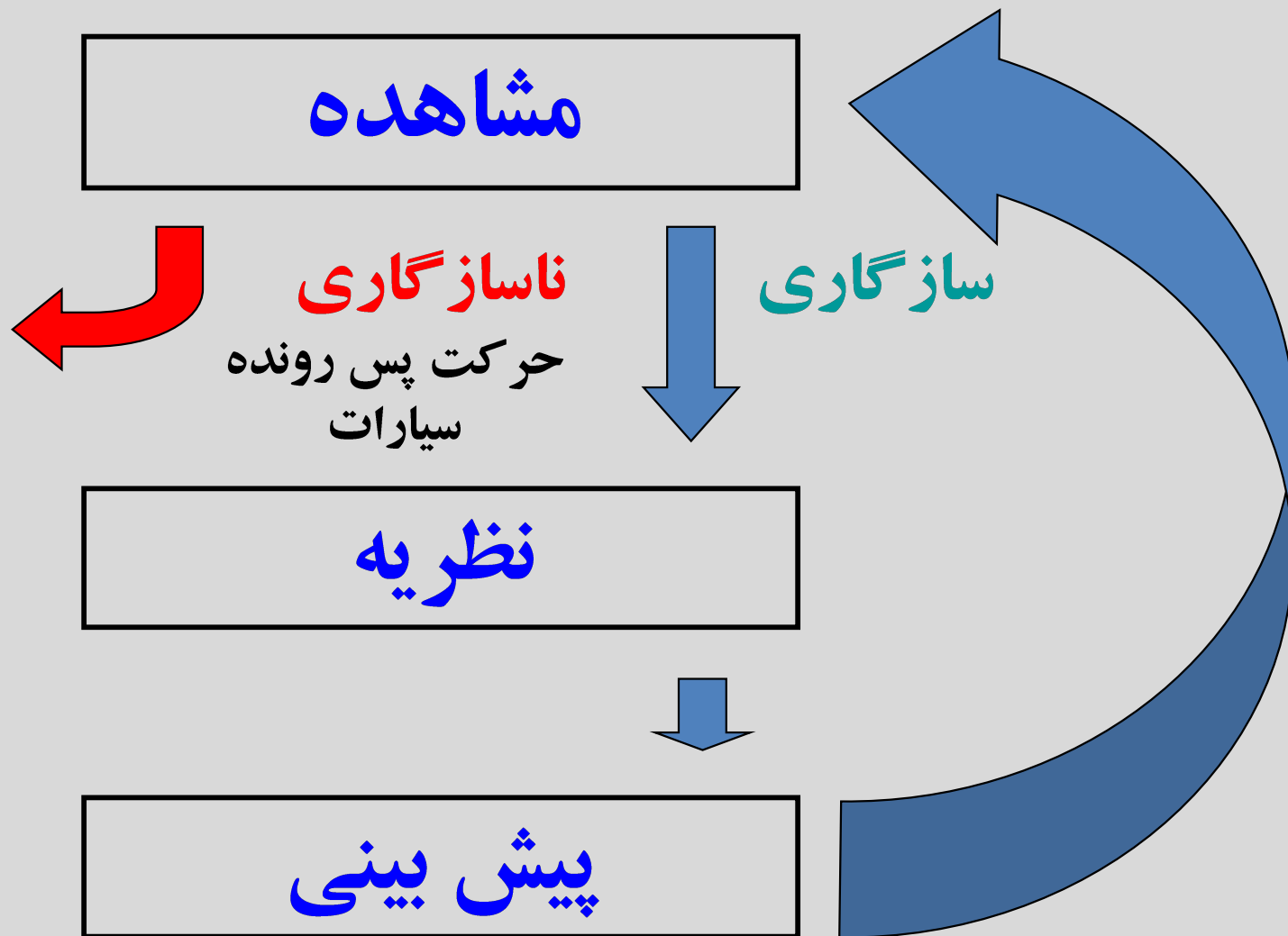
ناسازگاری

حرکت پس رونده
سیارات

نظریه

پیش بینی

خورشید در مرکز
منظومه شمسی



اگر فیزیک بنیادیترین علم جهان است

بنیادیترین ذرات جهان چه
ذراتی هستند؟

و

چگونه با هم برهمکنش می کنند؟

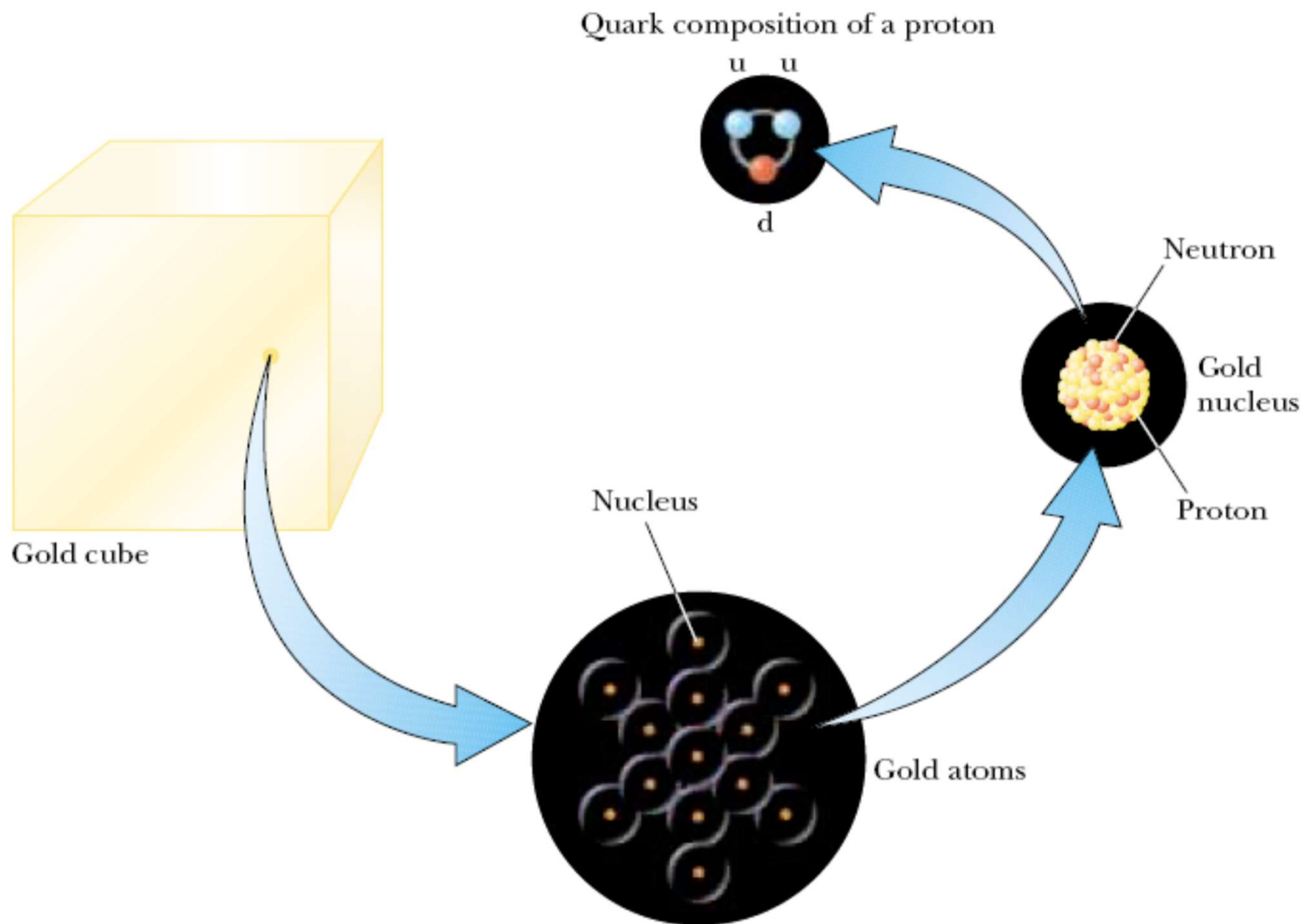


Figure 1.2 Levels of organization in matter. Ordinary matter consists of atoms, and at the center of each atom is a compact nucleus consisting of protons and neutrons. Protons and neutrons are composed of quarks. The quark composition of a proton is shown.

چرا با وجود نظریات پیشرفته مکانیک کوانتومی و نسبیت که قوانین مکانیک کلاسیک را در بر دارند، هنوز باید مکانیک کلاسیک بخوانیم؟!



(3) صورتهای دیگری از مکانیک کلاسیک (لاگرانژی و هامیلتونی) پایه ی اصلی و مدخل ورود به مکانیک کوانتومی را تشکیل می دهند

(2) مکانیک کلاسیک مانند محکی برای اثبات درستی نظریات مدرن مکانیک کوانتومی و نسبیت است

(1) مکانیک کلاسیک هنوز هم در بسیاری از مسایل روزمره و علوم مهندسی و کلیدی به نتایج دقیق منجر می شود.

lim

نسبیت خاص

c



∞

lim

مکانیک کوانتومی

$\hbar$



0



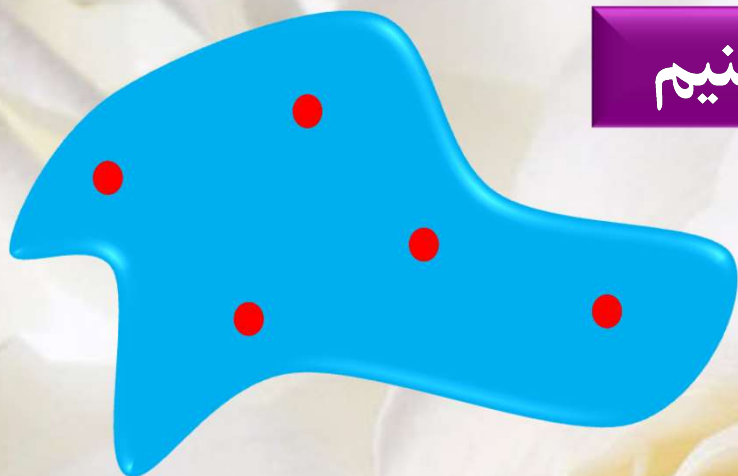
مکانیک کلاسیک



مکانیک کلاسیک

هدف علم مکانیک: تشریح حرکت اجسام (مجموعه ای از ذرات)

پس از تشریح حرکت یک ذره شروع می کنیم



ذره چیزی است که ابعاد ساختمانی آن در مساله ما قابل اغماض باشد

تعریف ذره:



≡

تشریح حرکت ذره در مکانیک

$$x = x(t)$$

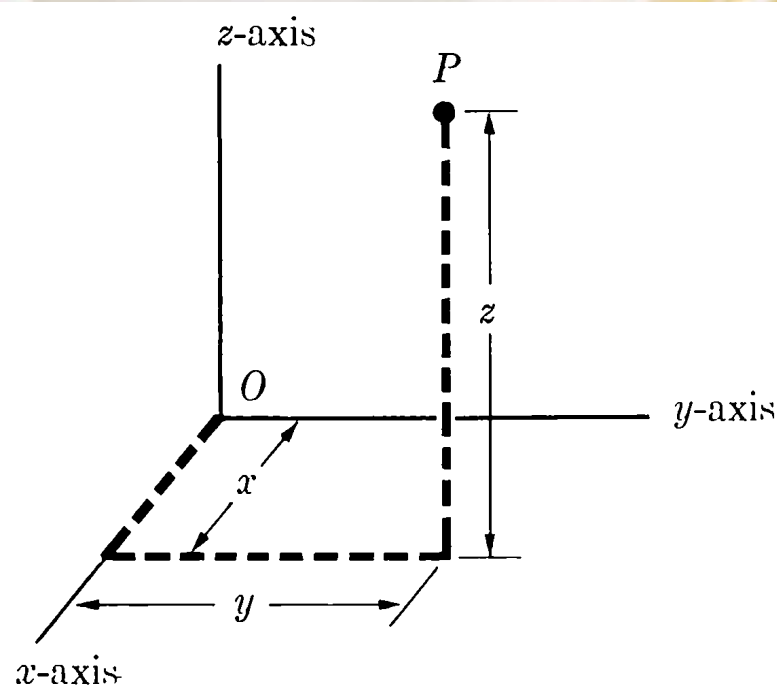
$$\dot{x} = \dot{x}(t)$$

$$y = y(t)$$

$$\dot{y} = \dot{y}(t)$$

$$z = z(t)$$

$$\dot{z} = \dot{z}(t)$$



استاندارد طول، جرم و زمان

هر آنچه که به عنوان یک استاندارد انتخاب می شود باید دارای دو ویژگی کلی زیر باشد:

(1) به راحتی قابل دسترس باشد

(2) شامل خواصی باشد که به طور قابل اعتمادی بتوان آن را اندازه گیری کرد

(3) اندازه گیری های انجام شده توسط افراد مختلف در مکانهای مختلف باید نتایج یکسانی را به دست بدهند

طول

در سالهای 1960 و 1970، متر به صورت زیر تعریف شد

$$1\text{ m} = 1650763.73 \times \lambda$$

λ

طول موج نور نارنجی-قرمز گسیل شده از یک لامپ کریپتون⁸⁶

در سال 1983، متر به صورت فاصله پیموده شده توسط نور در خلا در طول زمان $1/299792458$ بازتعریف شد

جرم

کیلوگرم در واحد SI به صورت جرم یک آلیاژ استوانه ای شکل از پلاتینیوم-ایریدیوم تعریف می شود



(Courtesy of National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce)

زمان

قبل از 1960، استاندارد زمان بر حسب روز خورشیدی میانگین، T ، به صورت زیر تعریف می شد

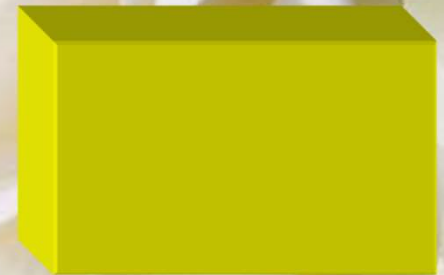
$$1 \text{ sec} = \left(\frac{1}{60}\right) \left(\frac{1}{60}\right) \left(\frac{1}{24}\right) \times T$$

T روز خورشیدی میانگین

در سال 1967، به منظور دقت بیشتر ثانیه به صورت زیر بازتعریف شد:

$$1 \text{ sec} = 9192631770 \times T$$

T زمان تناوب ارتعاش تابش اتم سزیم-133



چگالی

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

چگالی حجمی جرمی

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

چگالی حجمی بار

$$\sigma = \frac{m}{A}$$

چگالی سطحی جرمی

$$\sigma = \frac{q}{A}$$

چگالی سطحی بار

$$\lambda = \frac{m}{l}$$

چگالی طولی جرمی

$$\lambda = \frac{q}{l}$$

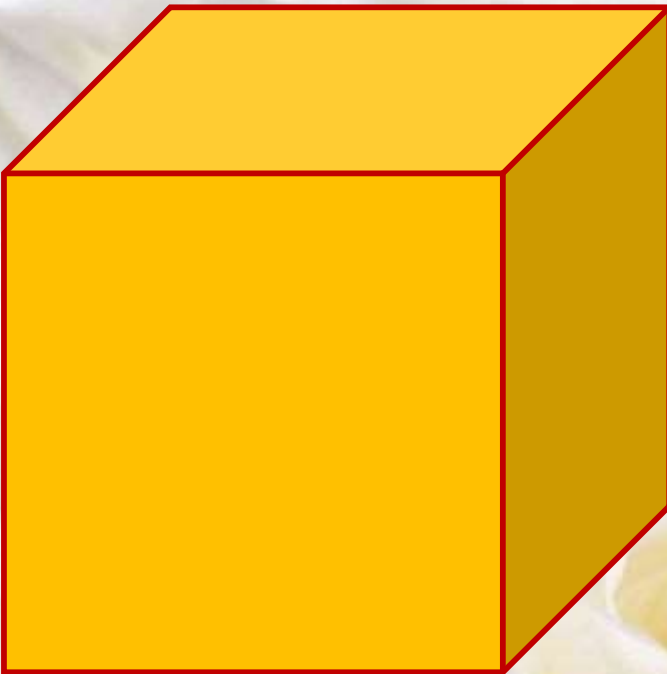
چگالی طولی بار

$$P = \frac{F}{A}$$

چگالی سطحی نیرو

فشار P

مثال: تعداد اتمهای موجود در 0.2 سانتی مترمکعب آلومینیوم را به دست آورید:



$$V = 0.200 \text{ cm}^3$$

$$\rho = 2.70 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$$

$$N = ?$$

$$N_A = 6.02 \times 10^{23}$$

$$m = \rho V = (2.70 \text{ g/cm}^3)(0.200 \text{ cm}^3) = 0.540 \text{ g}$$

$$N_{\text{sample}} = \frac{(0.540 \text{ g})(6.02 \times 10^{23} \text{ atoms})}{27.0 \text{ g}}$$

$$= 1.20 \times 10^{22} \text{ atoms}$$

آحاد و ابعاد

$$F \propto m^n v^m r^q$$

$$[F] = [m^n] [v^m] [r^q]$$

$$MLT^{-2} = M^n \left(\frac{L}{T} \right)^m L^q$$

$$MLT^{-2} = M^n L^{m+q} T^{-m}$$

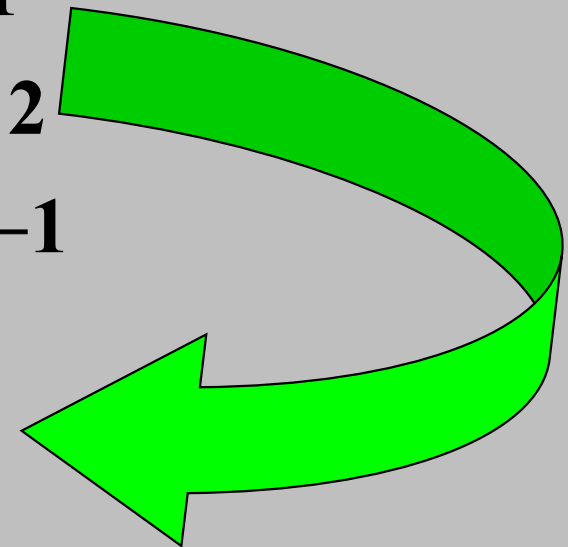
از آنالیز ابعادی می
توان به درستی
روابط پی برد

$$\begin{cases} n = 1 \\ 1 = m + q \\ -2 = -m \end{cases}$$



$$\begin{cases} n = 1 \\ m = 2 \\ q = -1 \end{cases}$$

$$F \propto \frac{mv^2}{r}$$



اندازه گیری و خطاهای آزمایش

ارقام با معنی

2 $\neq$ 2.000

3.15 cm

در ثبت نتایج آزمایشگاهی باید به نوشتن اعداد توجه کرد

زیرا تمام ارقام یک عدد ثبت و گزارش شده باید معنی دار باشند

در اندازه گیری با یک خط کش میلیمتری اعداد باید تا یک رقم اعشار گزارش شوند و رقم دوم اعشار رقم مشکوک یا مجهول نام دارد

Significant Figures in Measurements

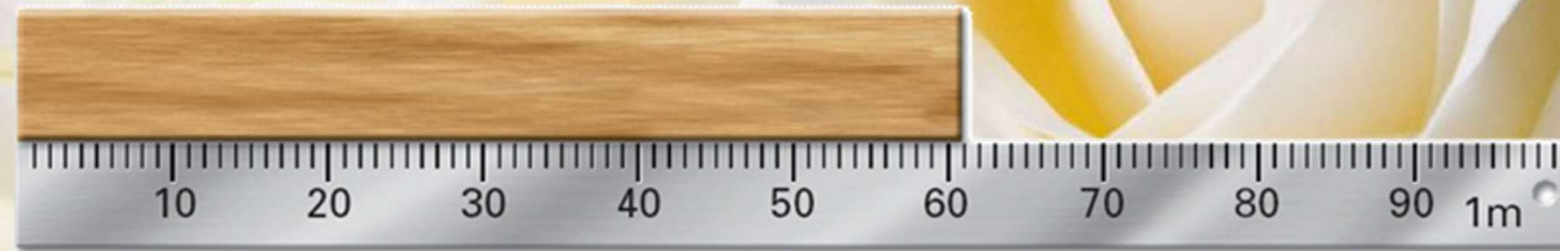
a Measured length = 0.6 m



b Measured length = 0.61 m



c Measured length = 0.607 m



جمع و تفریق اعداد

در جمع و تفریق اعداد باید ابتدا دقت همه اعداد را یکسان کرد و سپس عمل را انجام داد

روش اول

5.28

+

3.1

+

7.023

=

?

5.3

+

3.1

+

7.0

=

15.4

<https://www.sigfigscalculator.com>

223.64

+54

278

5560.5

+ 0.008

5560.5

روش دوم

بدون توجه به دقت اعداد عمل جمع یا تفریق را انجام داد
و سپس دقت حاصل را برابر با کمترین دقت موجود در نظر
گرفت

5.28

+

3.1

+

7.023

=

15.403

کمترین دقت یک رقم اعشار
است، پس



15.4

<https://www.sigfigscalculator.com>



103.9 kg

+2.10 kg

+0.319 kg

106.319 kg

→ 106.3 kg

<https://www.sigfigscalculator.com>

ضرب و تقسیم اعداد

در ضرب (تقسیم) اعداد تعداد ارقام با معنی حاصل ضرب (تقسیم) برابر است با ارقام با معنی عددی که کمترین رقم را داراست، با در نظر گرفتن مرتبه عدد به دست آمده

4.2

×

3.08

=

12.936

=

13

8

×

7

=

56

=

60

2

×

7

=

14

=

10

2

×

8

=

16

=

20

5.2

/

0.362

=

14.36

=

14

100

/

7

=

14.2857

=

10

100

/

6

=

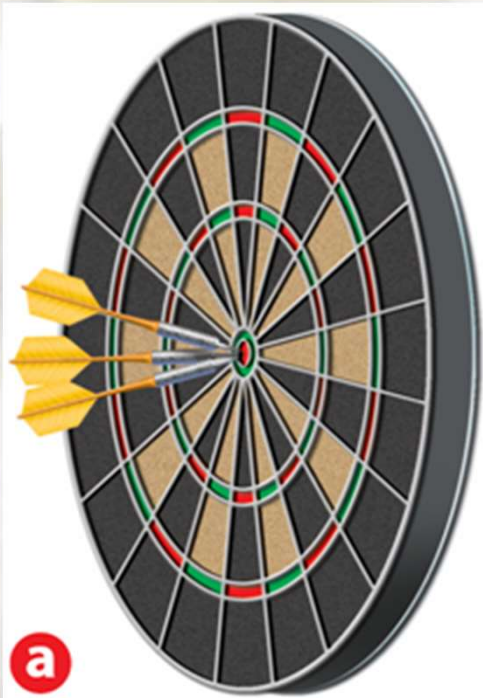
16.6666

=

20

<https://www.sigfigscalculator.com>

3.1 Accuracy, Precision, and Error



a
Good accuracy
Good precision



b
Poor accuracy
Good precision



c
Poor accuracy
Poor precision

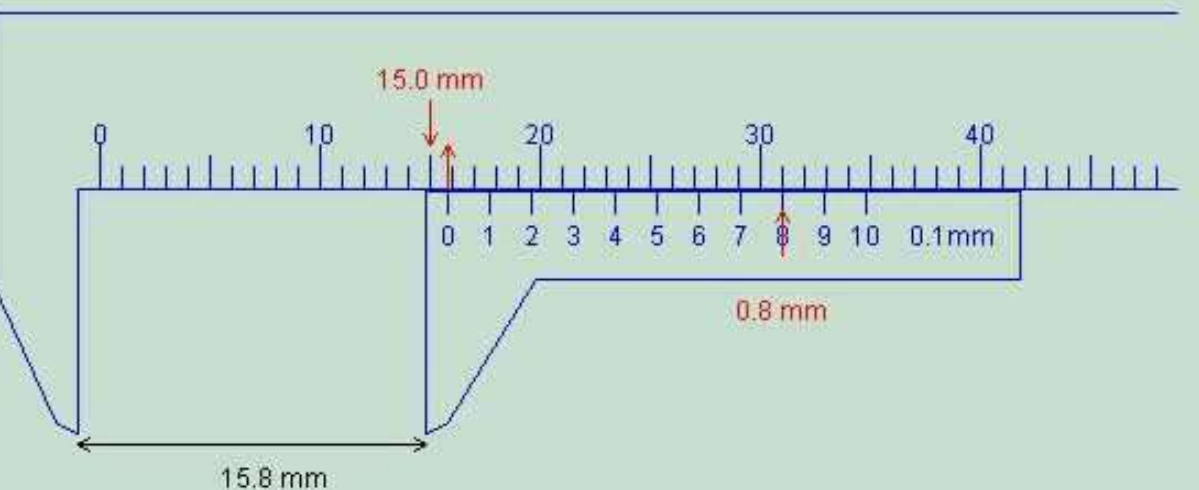
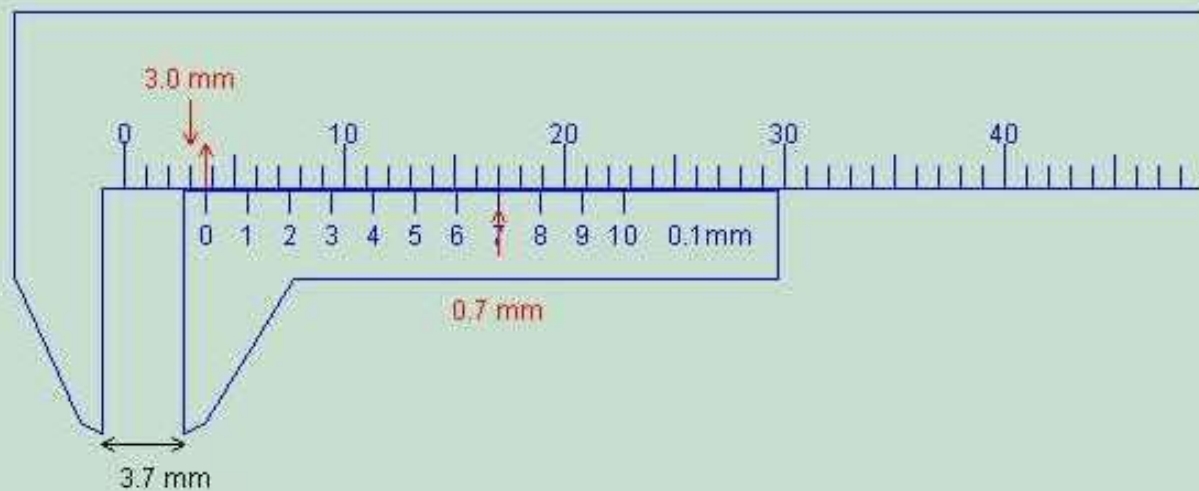
انواع خطاها

خطای دستگاه

خطای شخص

خطای عوامل
محیطی

خطای حساسیت



3.1 Accuracy, Precision, and Error

- Just because a measuring device works, you cannot assume it is accurate. The scale below has not been properly zeroed, so the reading obtained for the person's weight is inaccurate.



خطاهای تصادفی

عواملی که برای خطا نام بردیم و عوامل دیگری که برای ما مشخص نیستند باعث می گردد که هر گاه یک اندازه گیری را چند بار تکرار کنیم نتایج اندازه گیری با هم متفاوت باشد

در این صورت تفاوت آنها با مقدار میانگین می تواند مثبت یا منفی باشد

در این صورت خطای اندازه گیری از نوع تصادفی است

ما بیشتر با این نوع خطاها سروکار داریم

خطاهای منظم

بر عکس خطاهای تصادفی خطاهای منظم همواره در یک جهت اتفاق می افتند

در این صورت تفاوت آنها با مقدار میانگین یا فقط مثبت است یا فقط منفی و نه هر دو

مثلا در ترازویی که درست تنظیم نشده باشد خطای منظم روی خواهد داد

خطای مطلق

خطای
مطلق

$$\Delta x = |x' - x|$$

مقدار
واقعی

مقدار
گیری شده
اندازه

$$\Delta x < x'$$

خطای نسبی

$$\frac{\Delta x}{x'}$$

×

100

=

درصد خطای
نسبی

بر آورد خطا

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

نتیجه آزمایش
دفعه i-ام

خطای تصادفی اگر
تعداد دفعات آزمایش
کم باشد

تعداد دفعات
آزمایش

$$\Delta x_1 = |x_1 - \bar{X}|$$

$$\Delta x_2 = |x_2 - \bar{X}|$$

$$\Delta x_3 = |x_3 - \bar{X}|$$



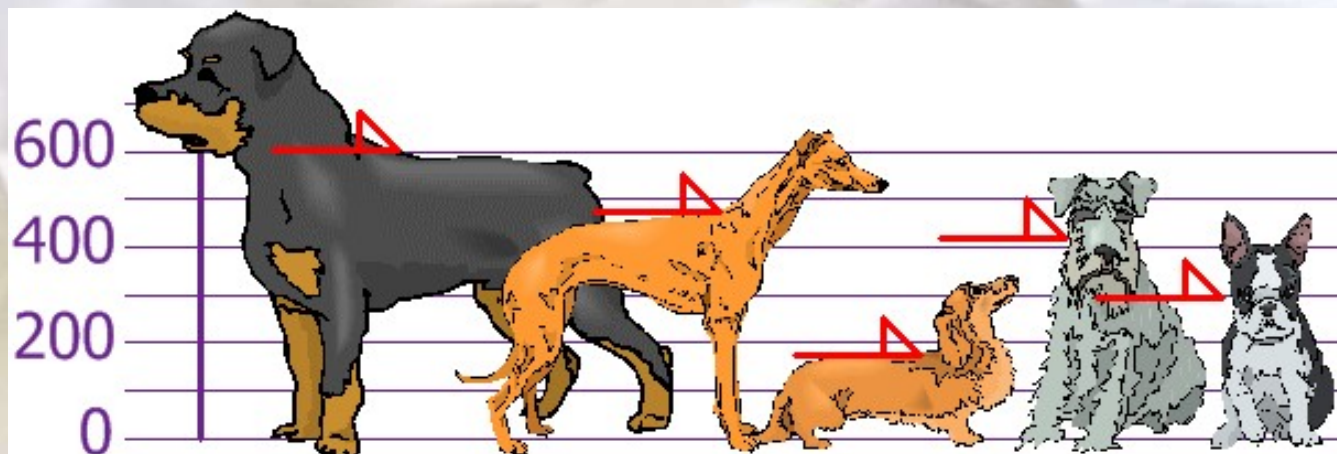
$$\Delta x = |x_i - \bar{X}|_{\max}$$

خطای تصادفی اگر تعداد دفعات
آزمایش زیاد باشد

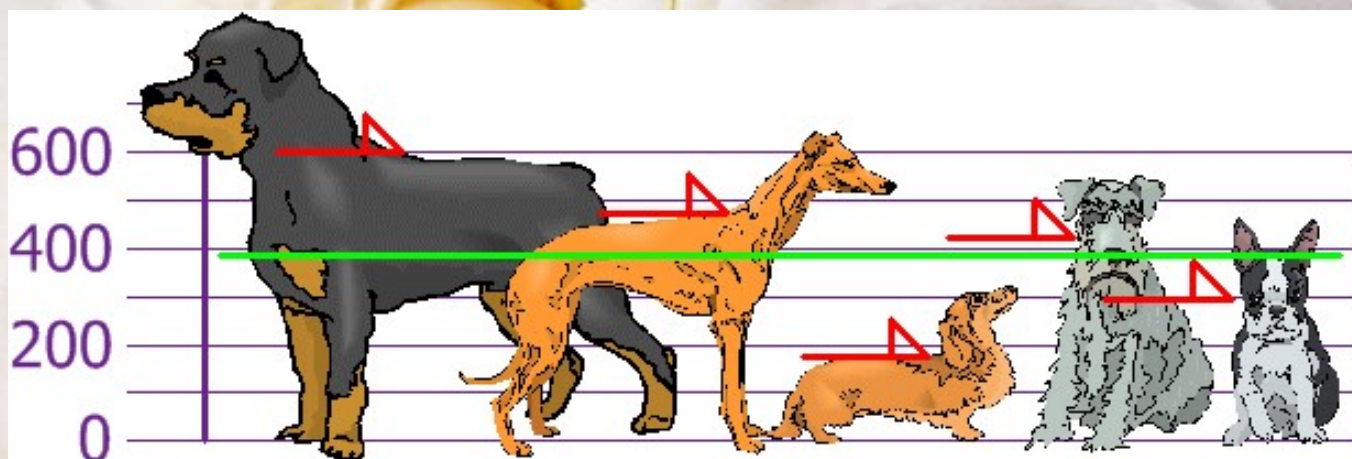
$$\Delta x = \frac{\Delta x_1 + \Delta x_2 + \dots \Delta x_n}{n} = \frac{|x_1 - \bar{x}| + |x_2 - \bar{x}| + \dots + |x_n - \bar{x}|}{n}$$

در اندازه گیریهای دقیق کمیت دیگری به عنوان خطا منظور می
شود که به آن انحراف معیار گویند

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$



$$\bar{X} = \mu = \frac{600 + 300 + 430 + 170 + 470}{5} = 394 \text{ mm}$$

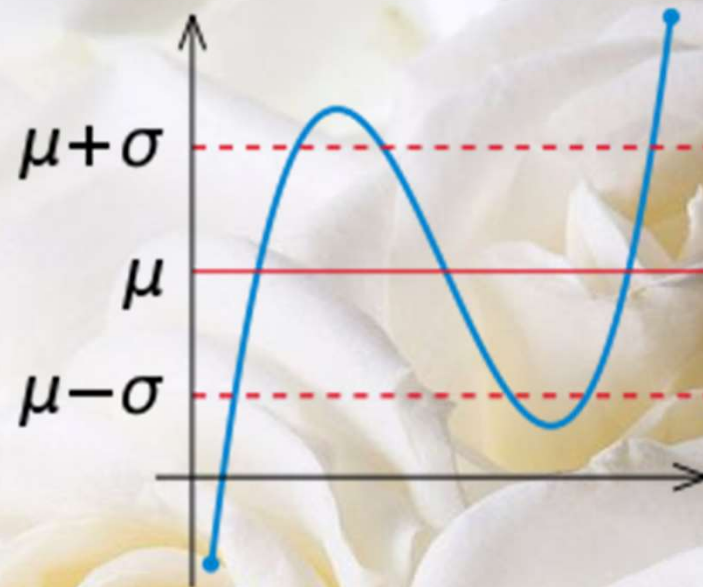


$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta x_i)^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n}}$$

$$S^2 = \sigma^2 = \frac{206^2 + 76^2 + 36^2 + 224^2 + (-94)^2}{5} = 21704$$

$$S = \sigma = \sqrt{21704} = 147.32 \text{ mm} \approx 147$$

که نشان می دهد داده ها از مقدار میانگین انحراف زیادی دارند و پراکندگی آنها نسبت به میانگین زیاد است.



در آمار انحراف معیار^[۱] (به انگلیسی:) (standard deviation) که معمولاً با نماد σ نشان داده می‌شود) یکی از شاخص‌های پراکندگی است که نشان می‌دهد به طور میانگین داده‌ها چه مقدار از مقدار متوسط فاصله دارند. اگر انحراف معیار مجموعه‌ای از داده‌ها نزدیک به صفر باشد، نشانه آن است که داده‌ها نزدیک به میانگین هستند و پراکندگی اندکی دارند؛ در حالی که انحراف معیار بزرگ بیانگر پراکندگی قابل توجه داده‌ها می‌باشد. انحراف معیار برابر با ریشه دوم واریانس است. خوبی آن نسبت به واریانس، این است که هم‌بعد با داده‌ها می‌باشد.

نتیجه نهایی اندازه گیری هرگاه خطای اندازه گیری از نوع تصادفی باشد به صورت زیر نوشته می شود

مقدار
کمیت
گزارش شده

$$\bar{x} \pm \Delta x$$

خطای کل

=

خطای تصادفی

+

خطای
دستگاه

خطای دستگاه

=

کوچکترین درجه
بندی که با دستگاه
می توان خواند

+

خطای عدم
حساسیت

خطای حاصل جمع

$$x = a + b$$

$$dx = da + db$$

$$\Delta x = \Delta a + \Delta b$$

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a + \Delta b}{a + b}$$

خطای تفاضل

$$x = a - b$$

$$dx = da - db$$

$$\Delta x = \Delta a + \Delta b$$

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a + \Delta b}{a - b}$$

پس خطای نسبی تفاضل بیشتر از خطای نسبی حاصل جمع است

خطای حاصل ضرب

$$x = ab$$

$$dx = bda + adb$$

$$\Delta x = b\Delta a + a\Delta b$$

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{b\Delta a + a\Delta b}{ab}$$

$$x = ab$$

$$\ln x = \ln(ab) = \ln a + \ln b$$

$$\frac{dx}{x} = \frac{da}{a} + \frac{db}{b}$$

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{b\Delta a + a\Delta b}{ab}$$

خطای حاصل تقسیم

$$x = a/b$$

$$dx = \frac{bda - adb}{b^2}$$

$$\Delta x = \frac{b\Delta a + a\Delta b}{b^2}$$

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{b\Delta a + a\Delta b}{ab}$$

$$x = a/b$$

$$\ln x = \ln(a/b) = \ln a - \ln b$$

$$\frac{dx}{x} = \frac{da}{a} - \frac{db}{b}$$

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{\Delta a}{a} + \frac{\Delta b}{b}$$

$$\frac{\Delta x}{x} = \frac{b\Delta a + a\Delta b}{ab}$$