FI1002 Sistemas Newtonianos

Judit Lisoni

Unidad 2 Métodos experimentales

Contenidos

1. ¿Cómo medimos? Errores
    - Sistemáticos
    - Aleatorios
2. Tratamiento estadístico de resultados experimentales
    - El promedio
    - La varianza y desviación estadística
    - La distribución gaussiana
3. Cuantificación de errores
4. Cifras significativas
5. Unidades: cantidades relevantes en Física
6. Resumen

El significado de medir

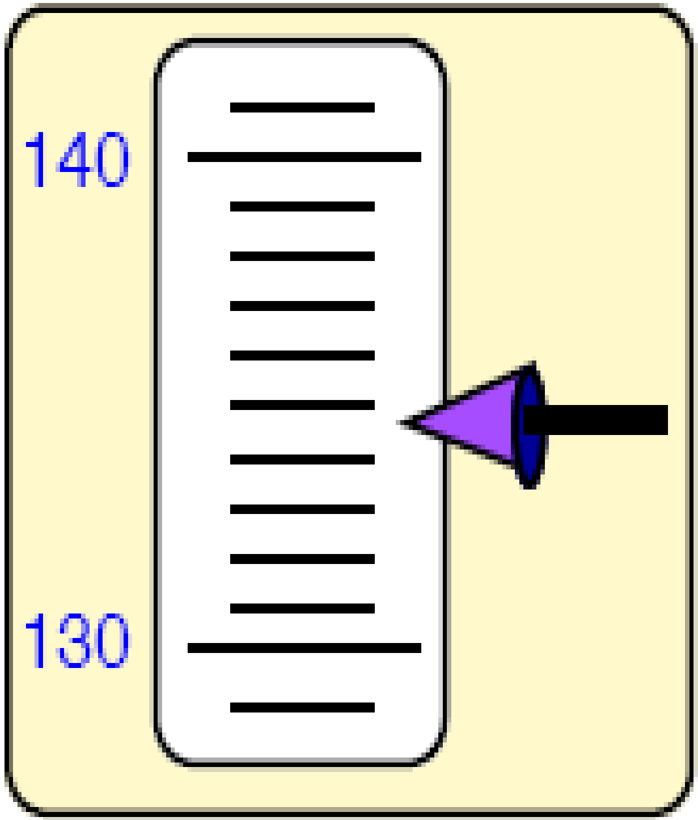
El valor medido

Valor: 134… 135

134.8

134.7 134.9

Incertidumbre ±0.05



Cantidad medida = valor reportado + incertidumbre

Errores en valores medidos

El valor medido

Error sistemático

Errores inherentes y que van asociados a cualquier cantidad que se mida

Error aleatorio

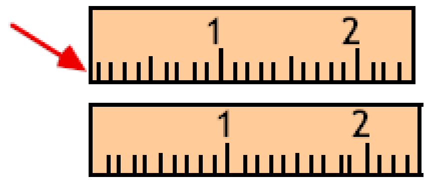
Errores en valores medidos

Error sistemático

Errores sistemáticos: aquellos que se producen siempre de igual modo en una medición

Ejemplo típico: el instrumento que se usó para medir tiene algún problema

- La balanza digital está descalibrada
- Puse mal la hora del reloj
- La persona que mide siempre comete de lectura
- Error de paralelización



Si se hacen muchas mediciones este error siempre va de alguna manera propagarse en los resultados

Errores en valores medidos

Error aleatorio

Errores aleatorios: son eventos fortuitos, inevitables y de difícil control

Entre más precisión tiene mi instrumento más probable es que dos mediciones sucesivas no conlleven al mismo resultado

Ejemplo:

- sistema no midió porque hubo caída de voltaje
- Vibraciones: medidor de masa de microgramos
- aire

Si se hacen muchas mediciones los errores aleatorios se cancelan

DISPERSIÓN DE VALORES MEDIDOS

Más de una respuesta

Dispersión de valores medidos

Si el error aleatorio es tan pequeño que no lo detectamos entonces no nos preocupamos:

- medir mi altura
- cuando cocinamos: pizca, 1 taza, etc

Mediciones científicas: buscamos tener "confiabilidad" en nuestros resultados

- Determinación de una cantidad depende de muchas otros valores que a su vez también tiene un error
    - Ejemplo: quiero saber cuando se disuelven 10 g de sal en 100 ml de agua
- La cantidad a determinar es una colección de datos
    - Ejemplo: saber cuanto es la vida media de una ampolleta

Tratamiento estadístico de resultados experimentales
Definiciones

Muestra: es el elemento individual

Población : no se refiere a personas necesariamente, pero al universo completo de muestras similares que estoy analizando

Mediana: es el número que se encuentra en medio de una lista de números

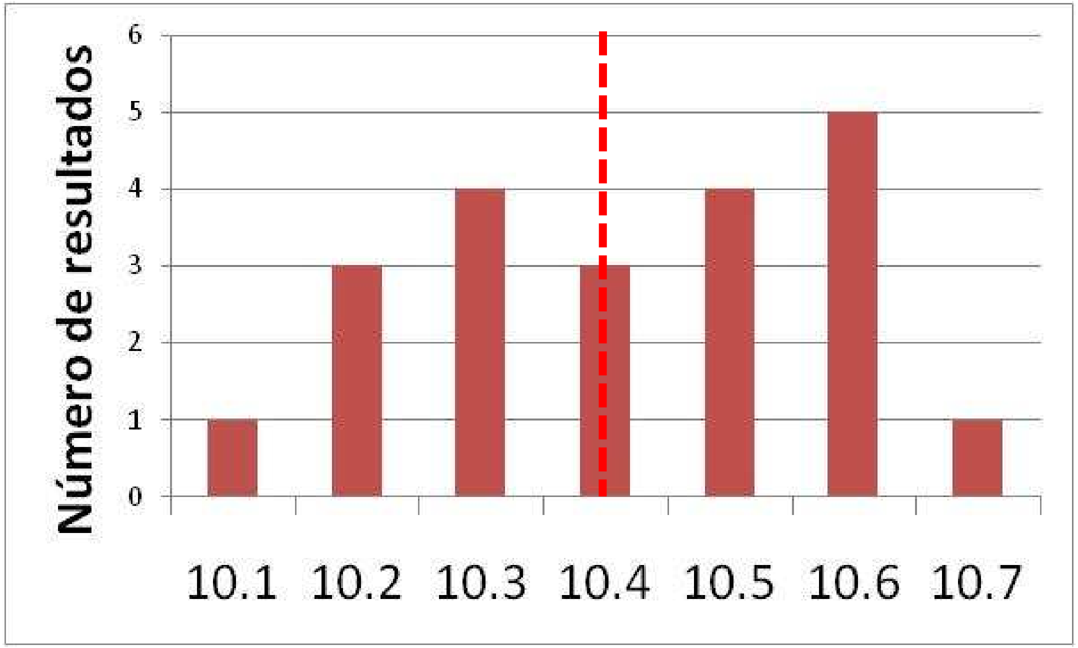
Rango: diferencia entre el máximo y mínimo valor del conjunto de datos

Tratamiento estadístico de resultados experimentales
El promedio

Definición: se mide N veces una cantidad física, entonces su promedio se define como

$$\langle c \rangle = \frac{c_1 + c_2 + \ldots + c_N}{N} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} c_i$$

Promedio=(10.1 + 3*10.2 + 4*10.3 + 3*10.4 +4*10.5 + 5*10.6 + 1*10.7)/21



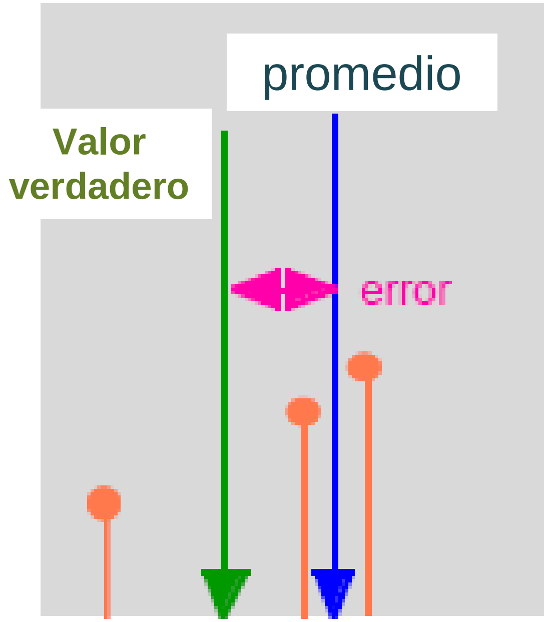
Tratamiento estadístico de resultados experimentales
El promedio: cómo medir “mejor”

Si el promedio de un muestreo se acerca al promedio de toda la población de datos

Entre más mida más confianza puedo tener en mis resultados; ejemplo: tirar una moneda cara vs. sello

Cancelación de los errores aleatorios

Muchas mediciones



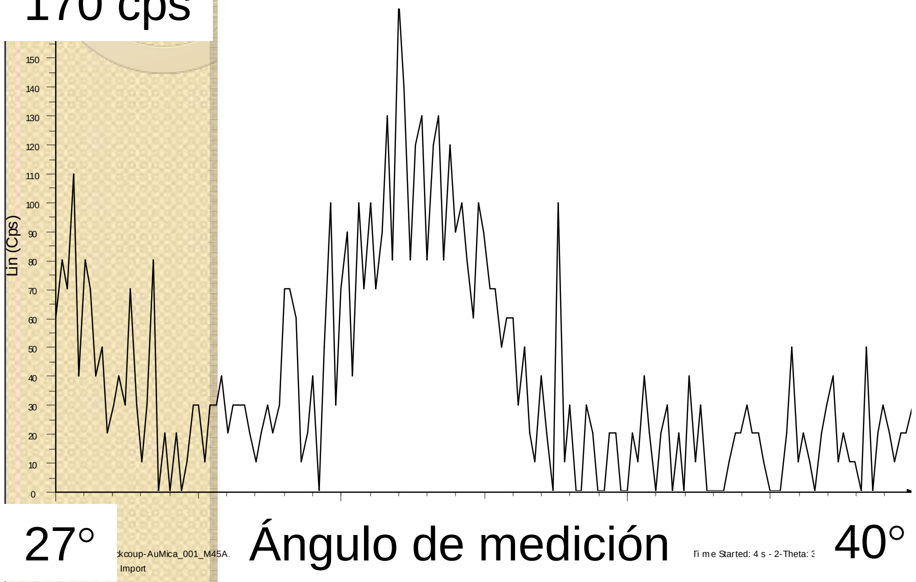
Pocas mediciones

Cada vez acercarse más al “verdadero” valor promedio; ejemplo: las elecciones

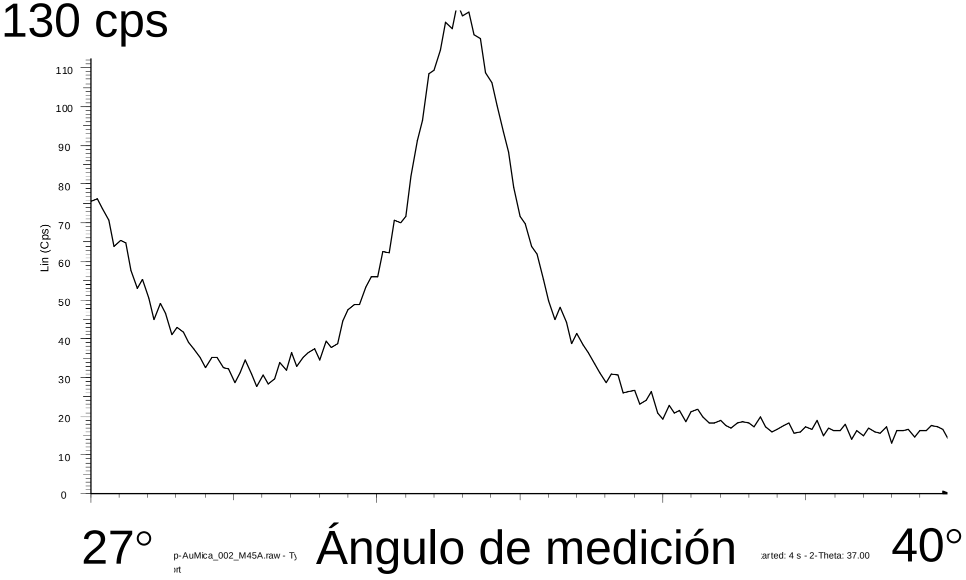
Efecto de la estadística

cancelación de errores aleatorios

1 segundo de medición



10 segundo de medición

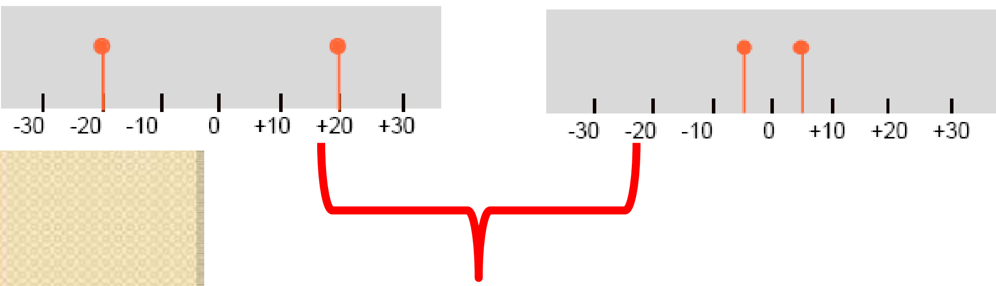


cps: cuentas por segundo

Entre más midamos menor la dispersión de los datos

Tratamiento estadístico de resultados experimentales
Varianza

Definición: es el cuadrado de las desviaciones de las mediciones con respecto al promedio



$$\sigma^2 = \frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\left(c_i - \langle c \rangle\right)^2$$

Promedio=0
Dispersión es diferente

Sumar los cuadrados de las desviaciones ayuda a que estas no se cancelen

Tratamiento estadístico de resultados experimentales
La desviación estándar, σ

Definición: es la raíz cuadrada de la varianza

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1}\sum_{i=1}^{N}\left(c_i - \langle c \rangle\right)^2}$$

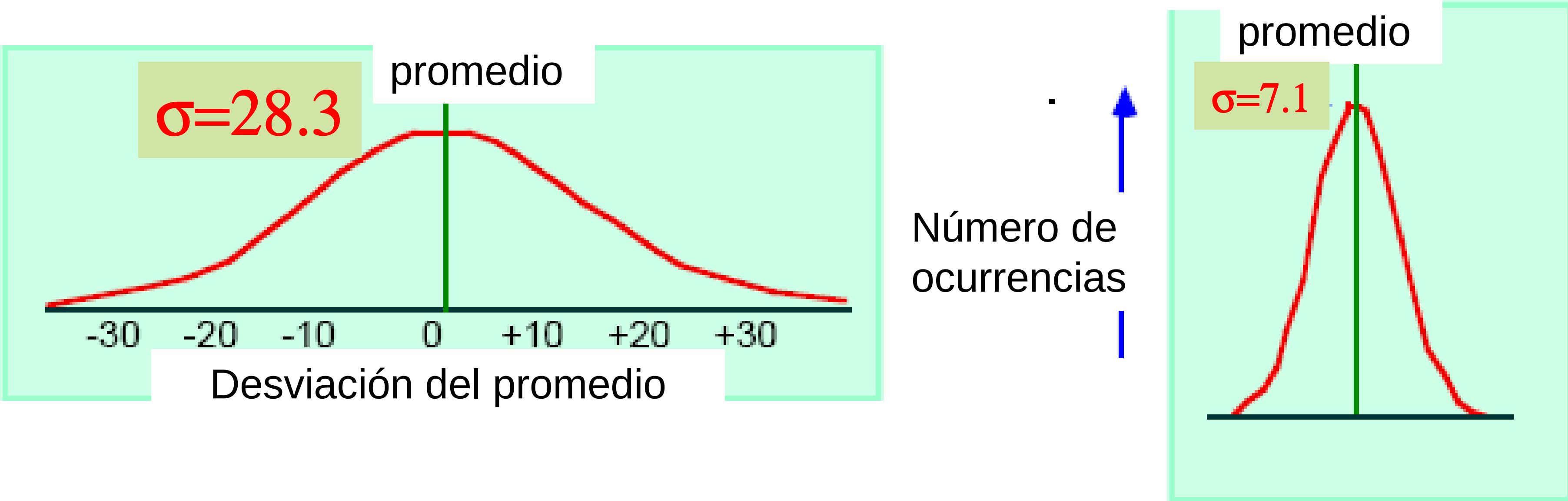
Importante:

1. si N >>1 entonces N-1~N (fórmula dada en el apunte)
2. σ refleja la diferencia en la precisión con que se midan diferentes muestreos de una población

Tratamiento estadístico de resultados experimentales
Distribución Gaussiana, $z=x-\mu/\sigma$

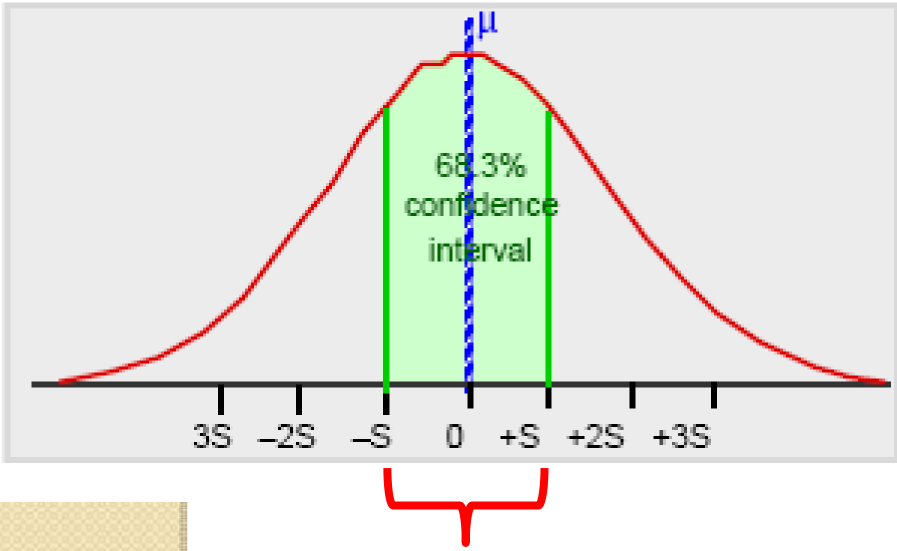
Valores	20,60	35,45
Promedio	40	40
Varianza σ^2	$(-20^2 + 20^2)/(2-1)=800$	$(-5^2 + 5^2)/(2-1)=50$
Desviación estadística σ	28.3	7.1

➔…Gran número de mediciones

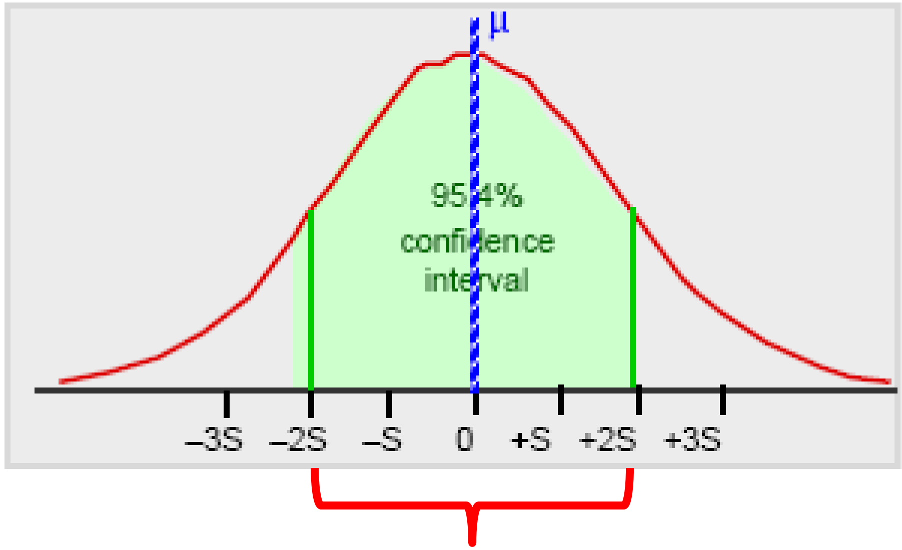


Tratamiento estadístico de resultados experimentales
Distribución Gaussiana, $z = x - \mu_{\text{verdadero valor medio}} / \sigma$

μ= promedio de la población



2σ



4σ

68.3% de los datos está entre [<C>-σ, <C>+σ]

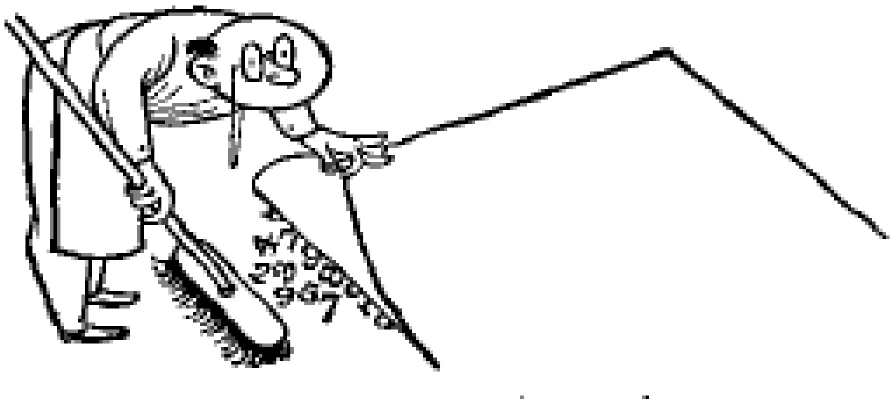
95.4% de los datos está entre [<C>-2σ, <C>+2σ]

Cuantificación de errores

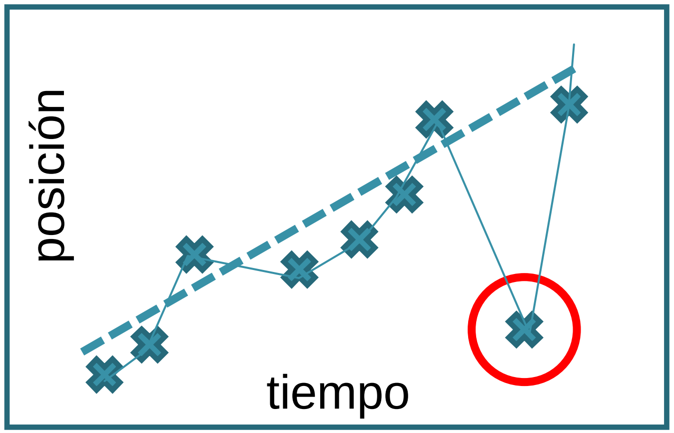
Error absoluto: $\Delta C=\sigma$: es el valor de la desviación estándar

Error relativo: $\Delta C/\langle C\rangle$ ayuda a saber cuan confiable son las mediciones que uno realizó

Eliminando datos



Si el o los datos caen fuera del error estadístico uno podría pensar en eliminarlo



Propagación de errores

$$a = \langle a \rangle + \Delta a$$

$$b = \langle b \rangle + \Delta b$$

$$Suma : c = \langle c \rangle \pm \Delta c = \left(\langle a \rangle + \langle b \rangle \right) \pm \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2}$$

$$\mathrm{Re}\,sta : c = \langle c \rangle \pm \Delta c = \left(\langle a \rangle - \langle b \rangle \right) \pm \sqrt{\Delta a^2 + \Delta b^2}$$

$$Multiplicación : c = \langle c \rangle \pm \Delta c = \left(\Delta a * \Delta b \right) \pm \left(\Delta a * \Delta b \right) \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{\langle a \rangle} \right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{\langle b \rangle} \right)^2}$$

$$División : c = \langle c \rangle \pm \Delta c = \left(\frac{\Delta a}{\Delta b} \right) \pm \left(\frac{\Delta a}{\Delta b} \right) \sqrt{\left(\frac{\Delta a}{\langle a \rangle} \right)^2 + \left(\frac{\Delta b}{\langle b \rangle} \right)^2}$$

$$Función : f(a) = f(\langle a \rangle \pm \Delta a) = f(\langle a \rangle) \pm \left(\frac{\partial f}{\partial x} \right)_{x=<a>} \Delta a$$

Cifras significativas

La población de nuestra ciudad es 157872 personas

El número de votos registrados hasta el 1 de Enero fueron de 157872

Definición: son todos los números que -que contados desde la izquierda- se conocen exactamente, sumando una más que se puede conocer "más o menos" → ¿cuán seguro estamos de nuestras mediciones?

Cifras significativas

¿cuán preciso puedodar el número?

La población de nuestra ciudad es 157900 ó también 158000 personas

→157900: cuatro cifras significativas
→157850… 157950
→157900±50

El número de votos registrados hasta el 1 de Enero fueron de 157872

→157872: 6 cifras significativas

Reglas simples para las cifras significativas Redondeos

Número a redondear / cifras significativas	Resultado	Regla o comentario
34.216 / 3	34.2	El primer dígito no significativo (1) es menor que 5, así simplemente se trunca
6.252 / 2	6.2 ó 6.3	El primer dígito no significativo es 5, así dado que no importa puede ya sea ser incrementado o dejado tal como está
39.99 / 3	40,0	Cruzando "los bordes decimales", así todo el número cambia (regla para los 9)
85,381 / 3	85,400	Los dos ceros simplemente son para mantener espaciao pero no "significan nada"
0.04957 / 3	0.0496	Los dos primeros ceros no son significativos

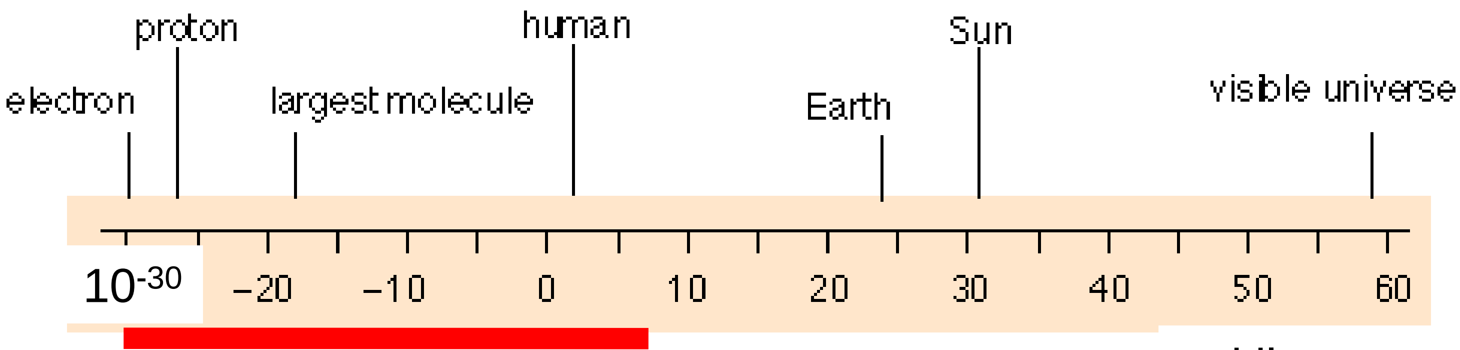
Cantidades relevantes en Física

- Masa
- Distancia
- Tiempo
- Otras: fuerza, temperatura, resistencia, corriente, voltaje, energía, presión

Masa

Unidad SI =kilógramo

IPK (Prototipo Internacional del kilógramo, por sus siglas en inglés)
Altura=diámetro=39.17mm
Aleación de Pt e Iridio



kilogramos

Rango de masas en Física

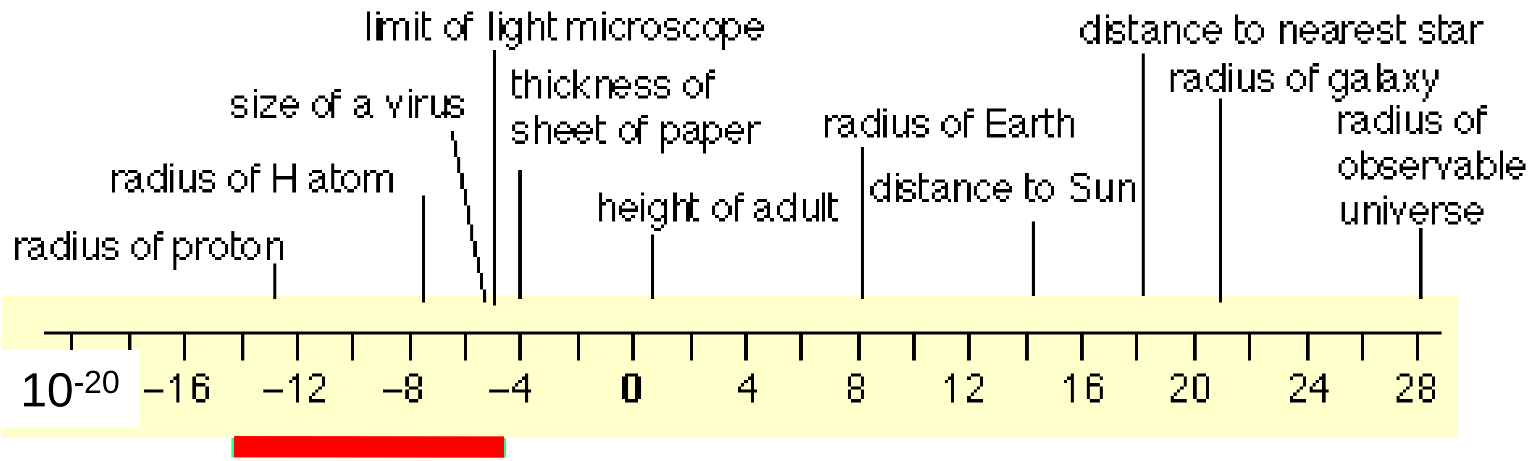
La escala numérica representa el logaritmo del número mostrado

Distancia

Unidad SI = metro (μέτρον)

la longitud del trayecto recorrido en el vacío por la luz durante un tiempo de 1/299 792 458 de segundo (unidad de tiempo)

Esta distancia la recorre la luz en ~3,34 ns



Rango de distancias en Física

metros

Distancia

Unidad SI = metro (μέτρον)

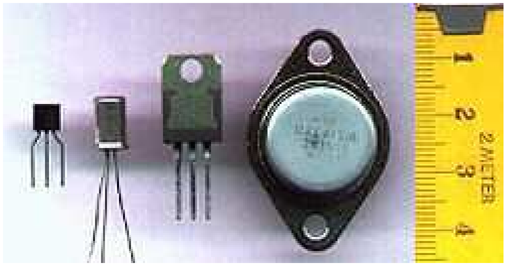
En microelectrónica la unidad más usada es el nanómetro

$$1 \text{ nanómetro} = 1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$$

Diámetro de 1 átomo de hidrógeno ~ 0.1 nm

Ejemplos: Transistores

1. Core2 820 millones de transistores, Distancia característica 45nm
2. iPod: medio de almacenamiento memorias flash, 65-130 nm

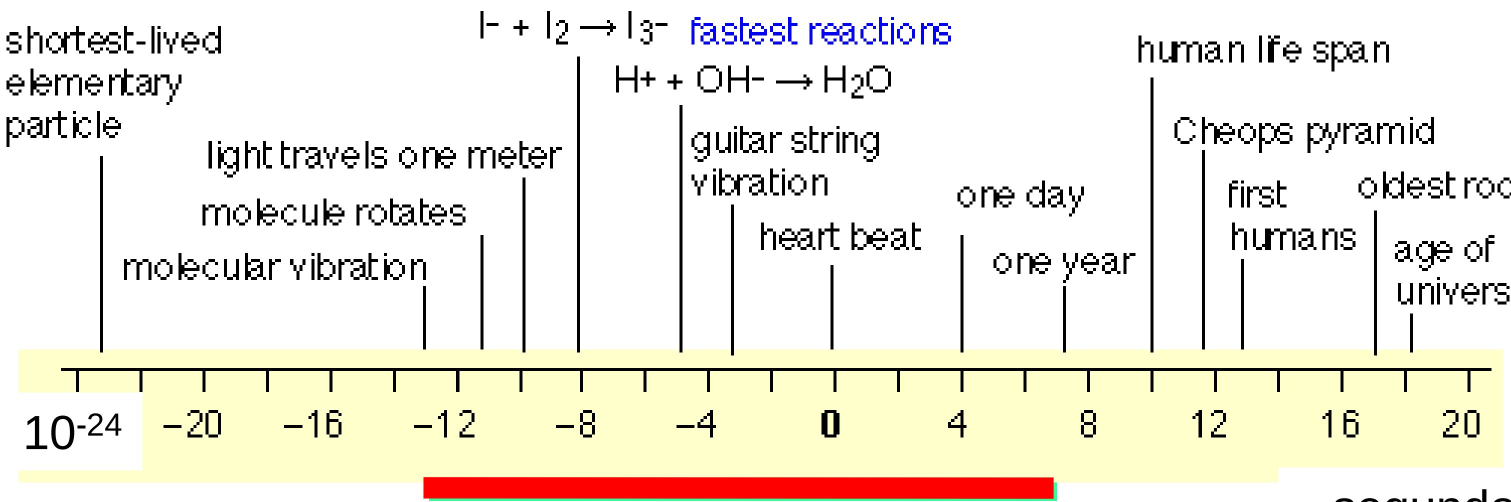


Tiempo

Unidad SI = segundo

1 segundo es la duración de 9.192.631.770 periodos → transición entre dos niveles hiperfinos del estado de energía mínimo del átomo de Cesio 133

Uso: GPS, redes de telefonía, calibraciones, etc

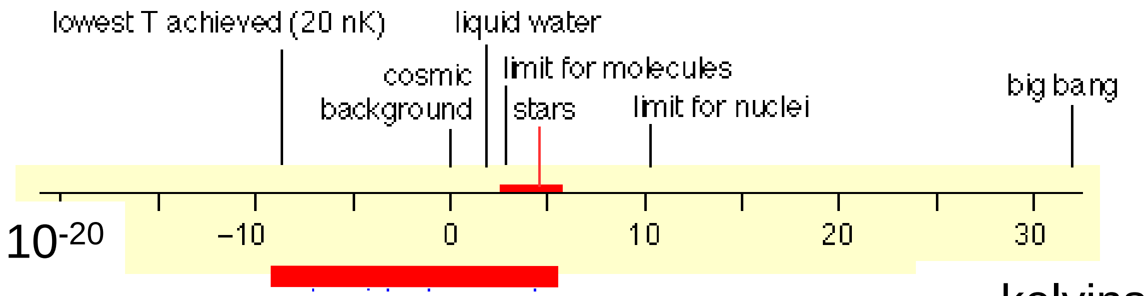


segundos

Rango de distancias en Física

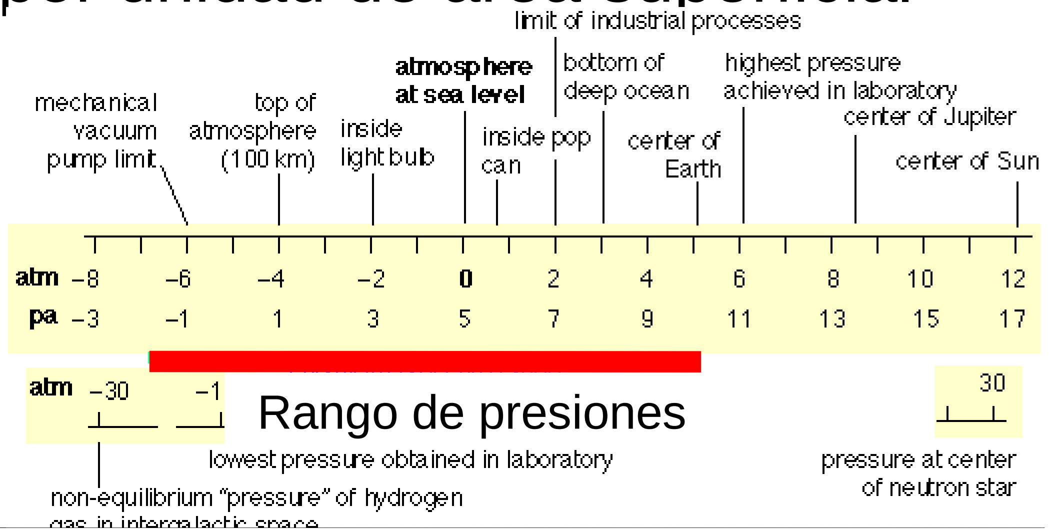
Otras cantidades

Temperatura: medición de la intensidad térmica unidad es kelvin, 0 k = -273.15 °C



Rango de temperaturas en Física

Presión: fuerza ejercida por unidad de área superficial unidad es 1 Pascale = 1



Rango de presiones

Otras cantidades

Fuerzas

Unidad SI =kg*m/s^2=Newton (N)

Uso de las unidades

1. Te ayudan a entender las relaciones entre varias unidades de medida y de ahí su significado físico
   aceleración $m/s^2=(m/s)/s$ =variación de la velocidad en el tiempo

2. Te ayudan a calcular también como se calculan las cantidades físicas

3. Te ayudan a evaluar si una ecuación está bien definida: no se suman papas con peras… $A= b+c^2$

4. Fijate que muchas cantidades no tienen dimensiones: variable x en $\log(x)$, e^x, $\sin(x)$

Hoy hemos discutido

1. Medir conlleva siempre una incertidumbre
    - Errores sistemáticos
    - Errores aleatorios: tratamiento estadístico de resultados
        - Promedio, varianza y desviación estadística
        - Distribución gaussiana

2. Entre más **mido** menor es la **dispersión** de mis datos ↔ cifras significativas y cuantificación de errores
3. Las unidades utilizadas en Física

Ejercicio

- Viernes 14 de Agosto 10:15
- Unidad 1 y Unidad 2
- No habrá que programar en matlab