

1- Ciencias, Física y las mediciones



Algunas frases célebres sobre la ciencia

1. *En cuestiones de ciencia, la autoridad de miles no vale más que el humilde razonamiento de un único individuo. (Galileo)*
2. *El nacimiento de la ciencia fue la muerte de la superstición. (Thomas Henry Huxley)*
3. *La ciencia es la progresiva aproximación del hombre al mundo real. (Max Planck).*
4. *Ciencia es creer en la ignorancia de los científicos. (Richard Phillips Feynman)*
5. *Ninguna cantidad de experimentación puede demostrarme siempre lo acertado; un solo experimento puede demostrar que estoy equivocado. (Albert Einstein)*
6. *Equipado con sus cinco sentidos, el Hombre explora el Universo que lo rodea y a sus aventuras las llama Ciencia. (Edwin Powell Hubble)*
7. *En la Ciencia la única verdad sagrada, es que no hay verdades sagradas. (Carl Sagan)*

¿Qué es la Ciencia?

Ciencia (del latín *scientia*, “conocimiento”) sistema ordenado de conocimientos estructurados que estudia, investiga e interpreta fenómenos naturales y sociales.

La ciencia tiene como fundamento la **observación experimental**.

Conocimiento científico: se obtiene mediante observación y experimentación en ámbitos específicos, se aplica el **método científico**.

Génesis del método científico: físico italiano **Galileo Galilei** (1564-1642) y filósofo inglés **Francis Bacon** (1561-1626).



Ramas de la Ciencia

3 grupos básicos de ciencias:

1) **Ciencias Formales-** (Matemáticas, Lógica, Computación)

2) **Ciencias Naturales:**

- **Ciencias Físicas** (Física, Química, Astronomía),
- **Ciencias de la Vida** (Biología, Bioquímica, Biomedicina) y
- **Ciencias de la Tierra** (Geología, Geografía, Climatología, Oceanografía).

3) **Ciencias Humanas o Sociales-** Estudian sociedad y comportamiento humano (Antropología, Psicología, Economía, Historia, Sociología, Ciencias Políticas, Demografía, Lingüística, Semiología).

Adicionalmente están las **ciencias aplicadas** que se apoyan sobre las básicas:

- **Ingeniería**
- **Medicina**



Ciencias Naturales

...o **ciencias experimentales** (antiguamente “filosofía natural”) tienen por objeto estudio de la naturaleza, siguiendo el **método científico** (empírico-analítico).

Se apoyan en el razonamiento lógico y el aparato metodológico de las ciencias formales (matemática y lógica).

Las diferencias entre las distintas ciencias naturales no siempre son marcadas, y existen “ciencias cruzadas” comparten un gran número de campos:

Física y otras ciencias naturales, da origen, por ejemplo a: astrofísica, geofísica, química física y biofísica.



Método científico

Principios y procedimientos para búsqueda sistemática de conocimientos científicos que involucran diferentes pasos:

- 1) Observación sistemática del fenómeno.
- 2) Reconocimiento y formulación del problema.
- 3) Mediciones y experimentación.
- 4) Formulación de hipótesis.
- 5) Análisis y eventual modificación de la hipótesis.
- 6) Puesta a prueba.
- 7) Publicación de resultados y verificación entre pares.

No existe *el método científico*.

Pero sí hay características comunes en la manera como los científicos hacen su trabajo.

Principales características de un método científico válido son:

Falsabilidad (o refutabilidad)

Reproducibilidad y repetibilidad de los resultados.

¿Qué es la Física?

Es la ciencia natural más básica, estudia el universo, los fenómenos naturales, la estructura de la materia... desde lo más pequeño a lo más grande. (10^{-15} a 10^{26} m)

Nos lleva a los principios generales que describen el comportamiento del universo físico.

Es una ciencia natural típicamente **experimental**.

Se observan fenómenos naturales y se intentan encontrar patrones descriptivos (teorías físicas o leyes o principios físicos).

Ninguna teoría física se considera como la verdad final o definitiva.

Siempre existe la posibilidad de que nuevas observaciones obliguen a modificarla o descartarla.

Inherente a las teorías físicas, es el hecho de que podemos demostrar su **falsedad** encontrando comportamientos que no sean congruentes con ellas, pero **nunca podremos comprobar que una teoría siempre es correcta.**

Ramas de la Física

La podemos dividir en seis áreas primordiales:

1. Mecánica clásica- *movimiento e interacciones de objetos macroscópicos que están en reposo o se mueven con una rapidez mucho menor al de la luz;*

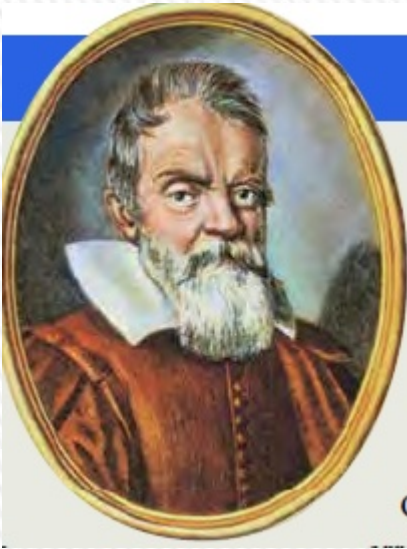
2. Relatividad- *objetos que se mueven con cualquier rapidez, incluso los que se aproximan a la rapidez de la luz;*

3. Termodinámica- *trata del calor, el trabajo, la temperatura y el comportamiento estadístico de los sistemas con gran número de partículas;*

4. Electromagnetismo- *le compete la electricidad, el magnetismo y los campos electromagnéticos;*

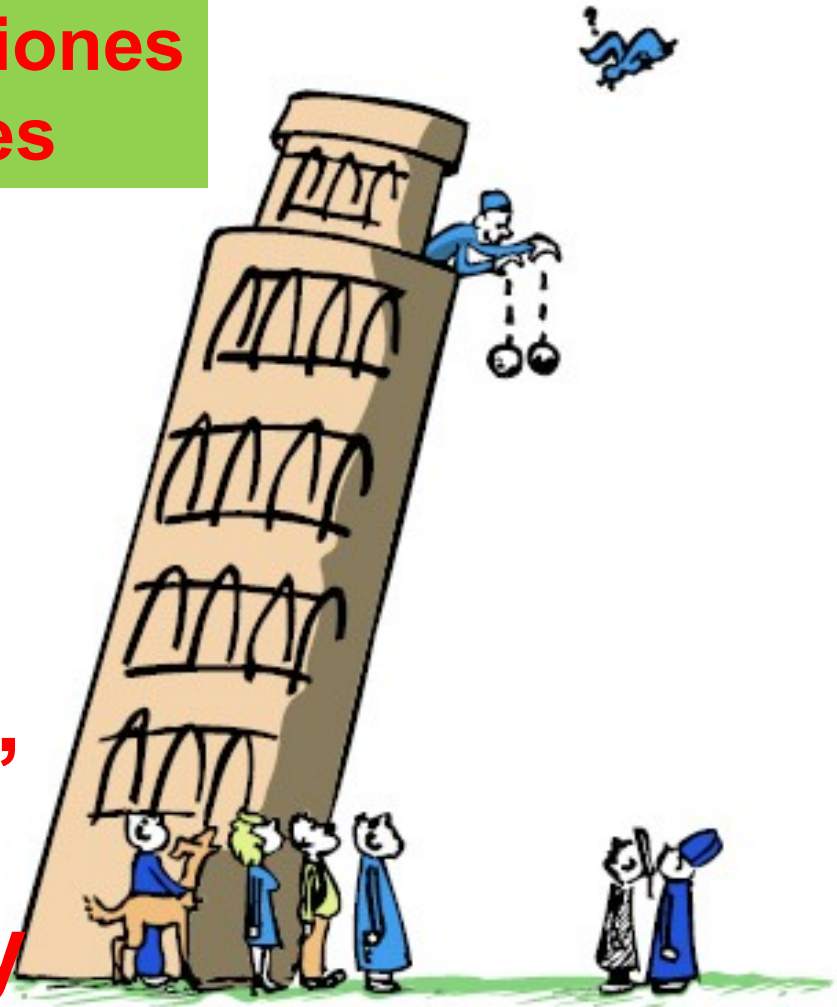
5. Óptica- *estudia el comportamiento de la luz y su interacción con los materiales;*

6. Mecánica cuántica- *teorías que conectan el comportamiento del mundo microscópico con el macroscópico.*



Física, mediciones y estimaciones

02. - Física, modelos, mediciones, errores, cifras significativas y estimaciones



Modelos en Física...

Modelo: versión simplificada de un sistema físico demasiado complejo para analizarse con todos sus pormenores

a) Una pelota real lanzada al aire

La pelota gira y tiene forma compleja.

La resistencia del aire y el viento ejercen fuerzas sobre la pelota.

La fuerza gravitacional sobre la pelota depende de la altura.



b) Un modelo idealizado de la pelota de béisbol

La pelota de béisbol se trata como un objeto (partícula) puntual.

No hay resistencia al aire.

La fuerza gravitacional sobre la pelota es constante.



Ejemplo: movimiento de una pelota lanzada al aire.

La pelota no es perfectamente esférica y gira conforme viaja por el aire. El viento y la resistencia del aire afectan su movimiento, el peso de la pelota varía un poco al cambiar su distancia con respecto al centro de la Tierra, etc.

Si tratamos de considerar todo esto, la complejidad del análisis nos abruma..

En vez de ello, **creamos una versión simplificada del problema.**

Omito tamaño y forma de la pelota, considero un objeto puntual o **partícula**, ignoro resistencia del aire (como si se moviera en vacío) y supongo su peso constante.

Ahora ya tengo un problema manejable !!!

Medición y magnitudes

Medir: comparar objeto con otro tomado como patrón universal que se define como unidad.

Magnitud física atributo de un cuerpo, fenómeno o sustancia susceptible de ser medido.

Ejemplo: longitud, masa, carga eléctrica, etc.

Medición: proceso basado en comparación de un patrón seleccionado (unidad de medida) con el objeto o fenómeno cuya magnitud física se desea medir, para saber cuántas veces el patrón está contenido en esa magnitud.

Magnitudes fundamentales de la mecánica:

- Longitud (L)
- Masa (M)
- Tiempo (T)



Magnitudes fundamentales y unidades del Sistema Internacional (S.I.)

1. Masa (M) - kilogramo (kg)
2. Longitud (L) - metro (m).
3. Tiempo (T) - segundo (s).
4. Temperatura- kelvin (K).
5. Intensidad luminosa - candela (cd).
6. Cantidad de sustancia - mol.
7. Intensidad de corriente- amperio (A).



Errores de medición

Resultado de una medición: un número real, valor de una magnitud física, su unidad correspondiente y un intervalo de incertidumbre:

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

Toda medición siempre implica un **error** o **incertidumbre** (Δx), que indica la máxima diferencia probable entre el valor medido (\bar{x}) y el real (x)

Nunca podemos conocer el valor real (x), sólo podemos determinar el valor más probable (\bar{x}).

Δx depende de la **técnica de medición empleada**.

Fuentes de errores: se destacan los de **apreciación** del instrumento (menor variación de la magnitud que se puede registrar); y el de **exactitud** que cuantifica qué tanto “creemos” que se acerca al valor real. Éste se asocia a la calibración de los instrumentos.

Otras fuentes de error: de **interacción**, de **definición**.

Diámetro de una varilla de acero: $12,71 \pm 0,02$ mm, implica que es poco probable que el valor real sea mayor que 12,73 mm o menor que 12,69 mm.

Errores de medición

Error de medición: diferencia entre valor medido y "valor verdadero".
Afectan a cualquier proceso de medición y se deben a distintas causas.
Podemos agrupar los errores en dos tipos:

1) Deterministas o sistemáticos: se pueden prever, calcular o eliminar mediante calibraciones y compensaciones.

Permanecen constantes en valor absoluto y en signo al medir una magnitud en las mismas condiciones, se conocen las leyes que lo causan.

Puede estar originado en un defecto del instrumento, en una particularidad del operador o del proceso de medición, etc. y se relacionan con la exactitud y apreciación del instrumento.

2) Aleatorios o accidentales: no se pueden prever, son inevitables, dependen de causas desconocidas o estocásticas.

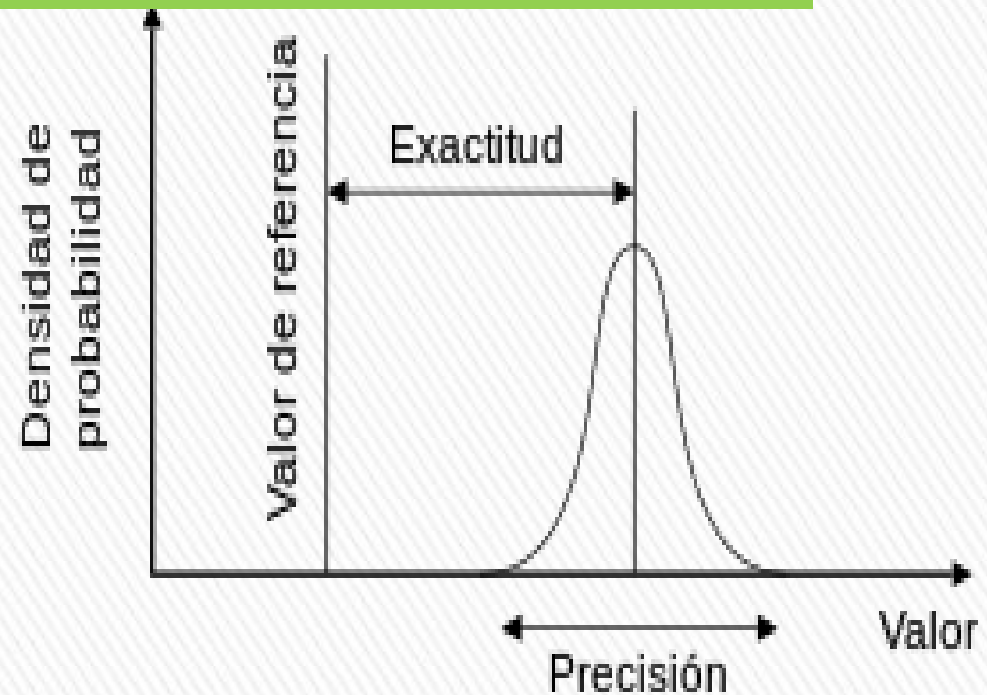
Para conocerlos primero debemos realizar una serie de medidas.

Con los datos de sucesivas medidas podemos calcular su valor medio y la desviación estándar.

Con estos parámetros se puede obtener la distribución normal característica (curva de Gauss), y la podemos acotar para un nivel de confianza dado.

Exactitud y precisión

La **precisión** se refiere a la dispersión del conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud. Cuanto menor es la dispersión mayor la precisión. Una medida común de esta variabilidad es la desviación estándar de las mediciones.



La **exactitud** se refiere a cuán cerca del valor real se encuentra el valor medido. Cuanto menor es la desviación más exacta es una estimación. Cuando se expresa la exactitud de un resultado, se expresa mediante el error absoluto que es la diferencia entre el valor experimental y el valor verdadero

Exactitud y precisión

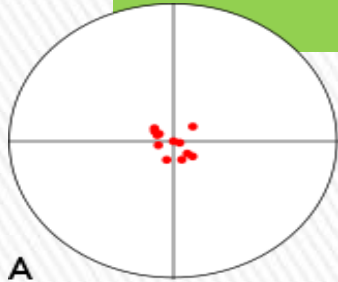


Figura A: tiene un **alto grado de precisión** (todos los disparos se concentran en un espacio pequeño), y un **alto grado de exactitud** (los disparos se concentran sobre el centro del blanco).

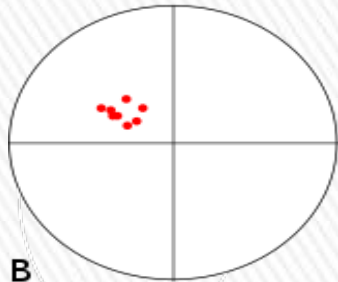


Figura B: **precisión similar a la figura A** (disparos igual de concentrados); **exactitud menor** (disparos desviados a la izquierda y arriba, separándose del centro del blanco).

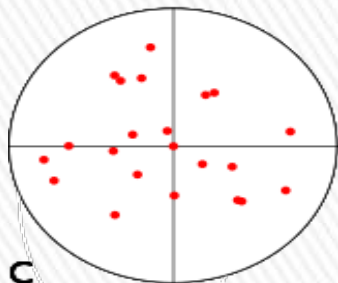


Figura C: **precisión baja** (dispersión de disparos por toda el blanco), pero **exactitud alta** (disparos se reparten sobre el centro del blanco).

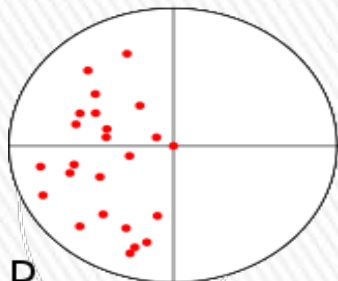


Figura D: la distribución de los disparos por una zona amplia denota la **falta de precisión**, y la desviación a la izquierda del centro del blanco revela la **falta de exactitud**.



Cifras significativas

En general no se da explícitamente la incertidumbre de un número, sino que se indica con las cifras significativas en el valor medido.

La medida 2,91 mm, tiene 3 cifras significativas, esto se interpreta como que los dos primeros dígitos son seguros, pero el tercero es incierto.

Es decir la incertidumbre sería de 0,01 mm.

Dos valores con igual número de cifras significativas pueden tener diferente incertidumbre; una distancia expresada como 137 km tiene tres cifras significativas, pero la incertidumbre es aproximadamente de 1 km.

Cuando usamos números con incertidumbre para calcular otros números, obviamente el resultado también es incierto.

Siempre hay que redondear la respuesta final conservando solamente el número correcto de cifras significativas o, si hay duda, una más cuando mucho.

Cifras significativas

Regla 1: Se cuentan de izquierda a derecha, a partir del primer dígito diferente de cero y hasta el último dígito (dudoso).

- a) 214 b) 81,60 c) 7,03 d) 0,03
e) 0,00860 f) 3236 g) 8700

Regla 2: Al sumar o restar dos números decimales, el número de cifras decimales del resultado es igual al de la cantidad con el menor número de ellas.

$$27,153 + 138,2 - 11,74 = 153,6 \quad \text{y no } 153,613$$

Regla 3: Al multiplicar o dividir dos números, el número de cifras significativas del resultado es igual al del factor con menos cifras.

El área de un rectángulo de 4,5 cm por 3,25 cm, está reportada correctamente por (Con calculadora tenemos $4,5 \times 3,25 = 14,625$)

- a) 14,625 cm²; b) 14,63 cm²; c) 14,6 cm²; **d) 15 cm²**; e) 14 cm²

Cifras significativas

- Siempre redondee su respuesta final conservando sólo el número correcto de cifras significativas.

$$2,72 \times 4,3 = 11,696$$

- Redondee, no trunque.

12 y no 11 (debe tener 2 cifras significativas)

- Para los cálculos intermedios use más cifras significativas que las necesarias.

- La **notación científica** no permite ambigüedades en las cifras significativas

¿9500 tiene 4, 3 ó 2 cifras significativas?

$$9,5 \times 10^3$$

$$9,50 \times 10^3$$

$$9,500 \times 10^3$$

Notación científica

Recurso matemático para simplificar cálculos y representar en forma concisa números muy grandes o muy pequeños.

Para hacerlo se usan **potencias de diez**.

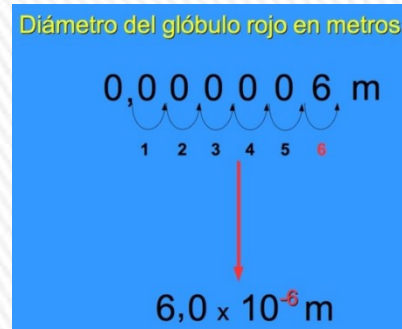
La notación científica significa que un número (entre el 1 y el 10) es multiplicado por una potencia de base 10.

Hay tres partes para escribir un número en notación científica:

Coficiente: es cualquier número real (entre 1 y 10).

Base: la base decimal 10.

Exponente: la potencia a la que está elevada la base. Representa el número de veces que se desplaza la coma. Siempre es un número entero, positivo si se desplaza a la izquierda, negativo si se desplaza a la derecha.



Distancia de la Tierra al sol en metros en notación científica

1,496 x 10¹¹

Coficiente Base Exponente

149.600.000.000 m

Número de Avogadro: cantidad de partículas que hay en un mol de sustancias. Es igual a:
602.200.000.000.000.000.000
¡seiscientos dos mil doscientos trillones!

En notación científica este número se escribe como: $6,022 \times 10^{23}$.

Carga eléctrica elemental: tanto el protón como el electrón tienen carga cuyo valor es: 0,0000000000000000001602 coulombs.

En notación científica este número se escribe como: $1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$

Ejemplos de cifras significativas

1) ¿Cuántas cifras significativas tiene el número 0,003270?

a) 5

b) 7

c) 4

d) 6

e) 3

2) $12,23 + 121,418 + 300,1 + 0,12 = 433,868$

¿Cuál es el resultado correcto de la operación si tenemos en cuenta las reglas de las cifras significativas?

a) 433,86

b) 433,87

c) 433,868

d) 434

e) 433,9

f) 433,8

3) $7,23 \times 0,7700 \times 28 = 155,8788$

¿Cuál es el resultado correcto de la operación teniendo en cuenta las cifras significativas?

a) $1,5 \times 10^2$

b) 155,8788

c) $1,55 \times 10^2$

d) $1,6 \times 10^2$

e) 155,9

f) $1,56 \times 10^2$

g) 155,8

Estimaciones: cálculos aproximados y de orden de magnitud

Obtener una respuesta exacta de un cálculo es con frecuencia difícil o imposible.

Las estimaciones producen cálculos aproximados eficaces, que permiten establecer si es necesario un cálculo más preciso, además, sirve como verificación parcial en caso de si se realizan cálculos exactos.

Una estimación hasta burda puede darnos información útil.

A veces sabemos cómo calcular cierta cantidad, pero tenemos que estimar los datos necesarios para el cálculo; o bien, el cálculo puede ser demasiado complicado para efectuarse con exactitud, por lo que lo aproximamos.

En ambos casos, nuestro resultado es una estimación, que aún sería útil si tiene un factor de incertidumbre de 2, 10 o más.

Estos cálculos se denominan **estimaciones de orden de magnitud**.

El físico nuclear **Enrico Fermi** (1901-1954) muy amigo de estos cálculos, los llamaba “cálculos aproximados” y actualmente hablamos de los llamados **problemas de Fermi**.



Estimaciones: cálculos aproximados y de orden de magnitud

En estos cálculos se suele redondear un número hasta la potencia de 10 más próxima, es lo que se llama **orden de magnitud**.

Ejemplos: longitud de una hormiga obrera “común”
p.ej. 0,8 mm ó, aprox. 10^{-3} m (orden de magnitud 10^{-3} m).

Altura de personas

entre 1,5 a 2,0 m, el orden de magnitud de $h \sim 10^0$ m,

El símbolo \sim significa “es del orden de magnitud de”.

Esto no quiere decir que la altura típica de una persona sea realmente de 1m, sino que está más próxima a 1 m que a 10 m ó $10^{-1} = 0,1$ m.

Podemos decir que una persona típica es tres órdenes de magnitud más grande que una hormiga típica (cociente entre las alturas es, aproximadamente, igual a 10^3).

Un orden de magnitud no proporciona cifras que se conozcan con precisión; es decir, debemos considerar que no tiene cifras significativas.

En muchos casos, el orden de magnitud de una cantidad puede estimarse mediante hipótesis razonables y cálculos simples.

Ejemplo: ¿Cuántos granos de arena hay en una playa?

Primero estimamos las características que tienen la playa y su arena.

Supongo que: la playa ocupa una zona rectangular de 500 m x 100 m y que la arena tiene unos 3 m de profundidad.

Según una búsqueda en Internet, los los granos de arena tienen diámetros entre 0,06 y 2 mm.

Voy a suponer que los granos de arena son esferas con un diámetro medio de 1 mm. Además supongo que los granos están tan juntos entre ellos, que el volumen del espacio entre ellos es despreciable comparado con el volumen de la arena.

1 El volumen V_P de la playa es igual al número N de granos por el volumen de un grano V_G : $V_P = N \cdot V_G$

2. Usando la fórmula del volumen de una esfera, se calcula el volumen de un grano de arena: $V_G = (4/3)\pi R^3$

3. Despejo el número de granos. En nuestro cálculo los números tienen una cifra significativa únicamente, por lo que la respuesta también viene expresada con esta precisión

$$N = \frac{V_P}{V_G} = \frac{L \times A \times h}{\frac{4}{3}\pi R^3} = \frac{3LAh}{4\pi R^3} = \frac{3(500)(100)(3)}{4\pi(0,5 \times 10^{-3})^3} = 2,9 \times 10^{14}$$

3×10^{14} granos de arena!

Ejemplo: ¿Cuántos granos de arena hay en una playa?

Veamos algo más fácil...

Si hubiera supuesto que cada grano de arena era un cubito de $a = 2 \text{ mm}$ de arista:

$$V_G = a^3 = (2 \times 10^{-3})^3 = 2 \times 10^{-9} \text{ m}^3$$

$$V_P = L \times A \times h = (5 \times 10^2) \times (2 \times 10^2) \times 3 = 30 \times 10^4 \text{ m}^3 = 3 \times 10^5 \text{ m}^3$$

$$N = V_P / V_G = 3 \times 10^5 / 2 \times 10^{-9} = 1,5 \times 10^{14}$$

Obtengo el mismo orden de magnitud: 10^{14} !!!

