

Física 1

Introducción

Helga Dénes 2025 10 USFQ

hdenes@usfq.edu.ec

Adivine qué!

Suponga que usted realmente quiere medir el radio de la Tierra, al menos aproximadamente.

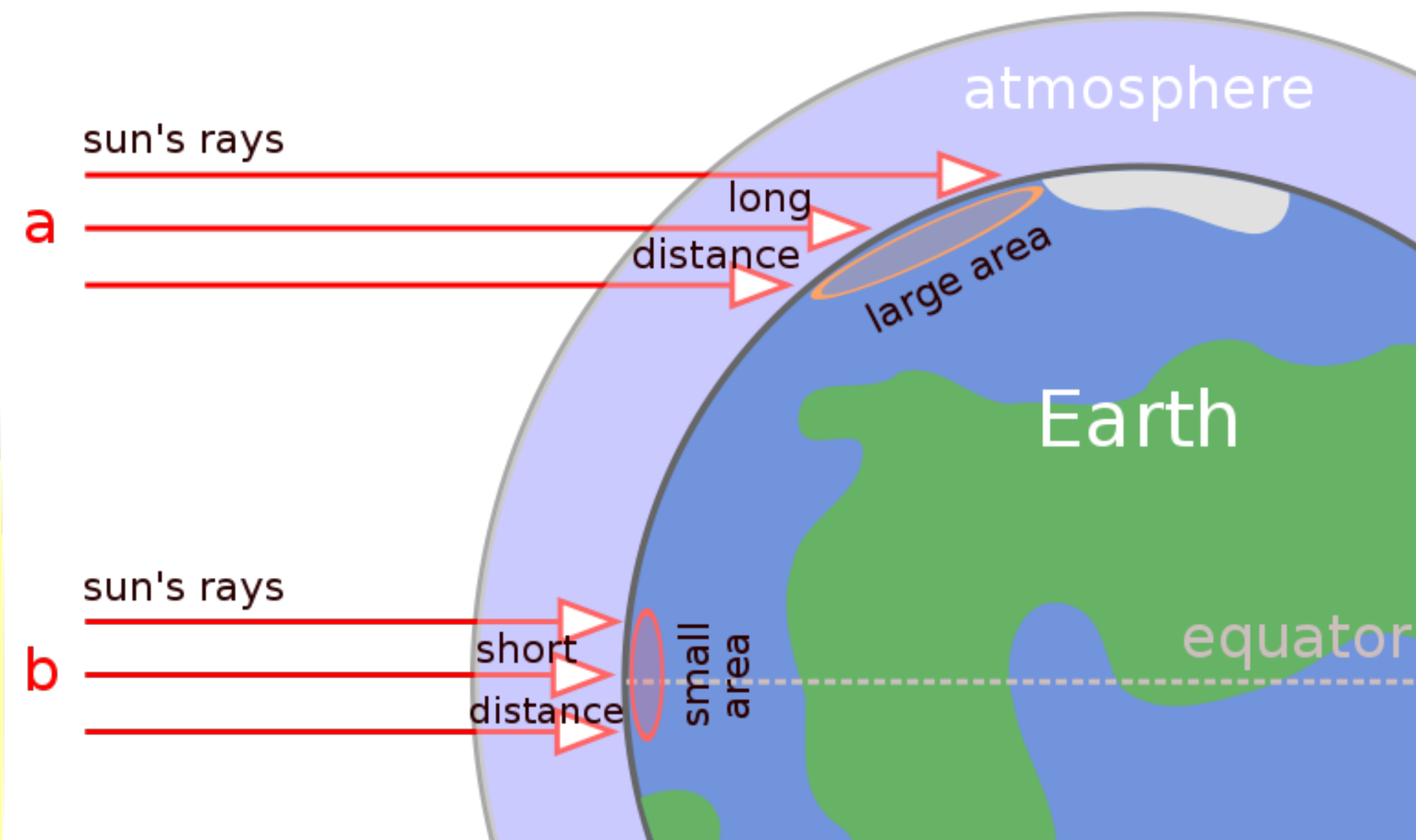
¿Cuál respuesta de las siguientes describe el mejor enfoque?

- a)* Rendirse; es imposible hacerlo utilizando medios ordinarios.
- b)* Utilizar una cinta extremadamente larga para medir.
- c)* Sólo es posible rolar lo suficientemente alto y ver la curvatura terrestre real.
- d)* Utilizar una cinta para medir estándar, una escalera plegable y un lago grande y tranquilo.
- e)* Utilizar un láser y un espejo en la Luna o en un satélite.

Adivine qué!

El radio de la Tierra se puede medir de varias maneras, pero un método clásico y relativamente simple es el utilizado por Eratóstenes hace más de 2000 años. Este método se basa en la observación de la **sombra proyectada** por un objeto vertical en dos lugares diferentes al mismo tiempo.

Eratóstenes midió la diferencia de ángulos de los rayos solares en dos lugares y la distancia entre ellos para estimar la circunferencia de la Tierra, y de ahí dedujo su radio. Métodos más modernos utilizan tecnología como GPS y sistemas satelitales para mediciones más precisas, pero la base del cálculo sigue siendo la misma.



Qué es la física?

Qué es la física?

La física es la más fundamental de las ciencias. Estudia el comportamiento y la estructura de la materia.

El campo de la física se divide usualmente en *física clásica*, que incluye movimiento, fluidos, calor, sonido, luz, electricidad y magnetismo;

y *física moderna* que incluye relatividad, estructura atómica, materia condensada, física nuclear, partículas elementales, y cosmología y astrofísica.

La naturaleza de la ciencia

Por lo general, se considera que el objetivo principal de todas las ciencias, incluida la física, es la búsqueda de orden en nuestras observaciones del mundo que nos rodea.

Un aspecto importante de la ciencia es la **observación de eventos**, que incluye el diseño y la realización de experimentos.

Considere, por ejemplo, cómo dos grandes pensadores, Aristóteles (384-322 A.C.) y Galileo (1564-1642), interpretaron el movimiento a lo largo de una superficie horizontal. **Aristóteles** notó que **los objetos con un empuje inicial a lo largo del suelo (o de una mesa) siempre sufren una desaceleración y se detienen**. En consecuencia, Aristóteles indicó que **el estado natural de un objeto es el reposo**.

En el siglo XVII **Galileo**, en su reexamen del movimiento horizontal, imaginó que **si la fricción pudiera suprimirse**, un objeto con un empuje inicial a lo largo de una superficie horizontal continuaría moviéndose indefinidamente sin detenerse. Concluyó que para un objeto, estar en movimiento es algo tan natural como estar en reposo. Inventando un nuevo enfoque, Galileo fundó nuestra visión moderna del movimiento. Galileo hizo este salto conceptualmente, sin eliminar realmente la fricción.

La naturaleza de la ciencia

La observación, junto con la experimentación y medición cuidadosas, son un aspecto del proceso científico. El otro aspecto es la **creación de teorías para explicar y ordenar las observaciones**. Las teorías nunca se derivan directamente de las observaciones. En realidad, **las observaciones pueden ayudar a inspirar una teoría, y las teorías se aceptan o se rechazan con base en los resultados obtenidos de la observación y los experimentos**.

Las grandes teorías de la ciencia pueden compararse, en cuanto a logros creativos, con las grandes obras de arte o de la literatura.

Pero, ¿cómo difiere la ciencia de esas otras actividades creativas?

La naturaleza de la ciencia

Pero, ¿cómo difiere la ciencia de esas otras actividades creativas?

Una diferencia importante radica en que **la ciencia requiere pruebas** de sus ideas o teorías, para saber si sus predicciones se corroboran o no con el experimento.

Si bien las pruebas de las teorías distinguen a la ciencia de otros campos creativos, no debe suponerse que una teoría “se comprueba” mediante pruebas. Ante todo, ningún instrumento de medición es perfecto, por lo que no es posible realizar una confirmación exacta. Además, no es factible probar una teoría en cualquier circunstancia posible. Por consiguiente, una teoría no puede verificarse en forma absoluta. De hecho, la historia de la ciencia nos indica que **las teorías que durante mucho tiempo se han considerado como válidas pueden reemplazarse por otras teorías nuevas.**

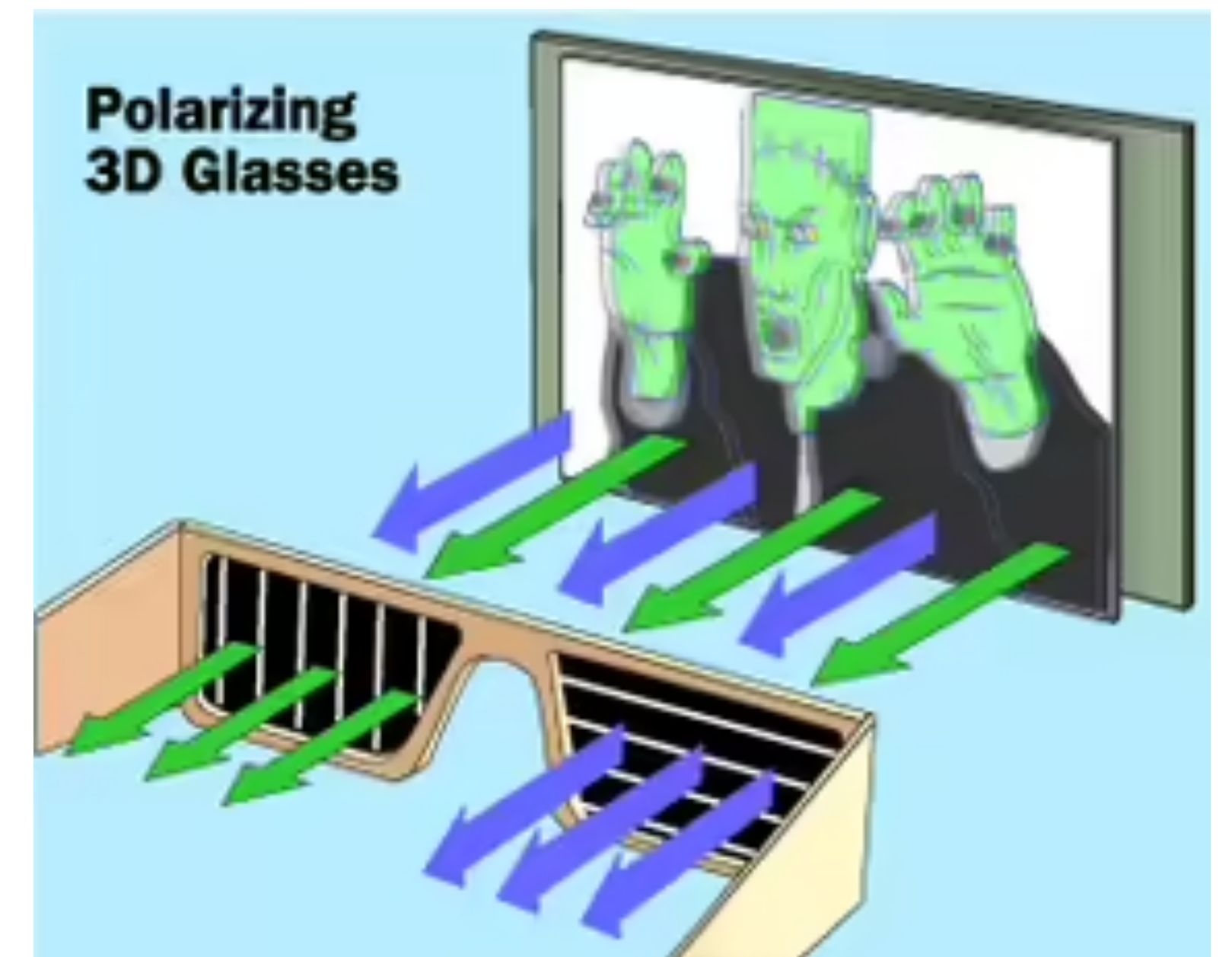
Ejemplos?

Modelos, teorías y leyes

Cuando los científicos tratan de entender un conjunto específico de fenómenos, a menudo utilizan un **modelo** que, en el sentido científico, es un **tipo de analogía o imagen mental de los fenómenos** en términos de algo con lo que estamos familiarizados.

Un **ejemplo** es el **modelo ondulatorio de la luz**. No podemos ver las ondas de luz como observamos las ondas de agua; pero es conveniente pensar que la luz está formada por ondas, porque los experimentos indican que en muchos aspectos la luz se comporta como lo hacen las ondas de agua.

Qué evidencia tenemos?



Modelos, teorías y leyes

La finalidad de un modelo es darnos una imagen mental o visual aproximada —algo en qué apoyarnos—, cuando no podemos ver lo que realmente está sucediendo. Con frecuencia, los modelos nos dan una comprensión más profunda: la analogía con un sistema conocido (por ejemplo, las ondas de agua en el ejemplo anterior) puede sugerir nuevos experimentos y ofrecer ideas acerca de qué otros fenómenos relacionados podrían ocurrir.

Tal vez ustedes se preguntan cuál es la diferencia entre una teoría y un modelo. Por lo general **un modelo es relativamente sencillo** y proporciona una similitud estructural con los fenómenos que se estudian. Una **teoría es más amplia**, más detallada y puede ofrecer **predicciones cuantitativamente demostrables**, a menudo con gran precisión.

Sin embargo, es importante no confundir un modelo o una teoría con el sistema real o los fenómenos mismos.

Modelos, teorías y leyes

Los científicos dan el nombre de **ley** a ciertos **enunciados concisos pero generales acerca de cómo se comporta la naturaleza** (por ejemplo, que la energía se conserva). A veces, el enunciado toma la forma de una relación o ecuación entre cantidades (como la segunda ley de Newton, $F_{\text{net}} = ma$).

Para llamarse ley, un enunciado debe ser **experimentalmente válido en una amplia gama de fenómenos observados**.

Para **enunciados menos generales**, a menudo se utiliza el término **principio** (como el principio de Arquímedes).

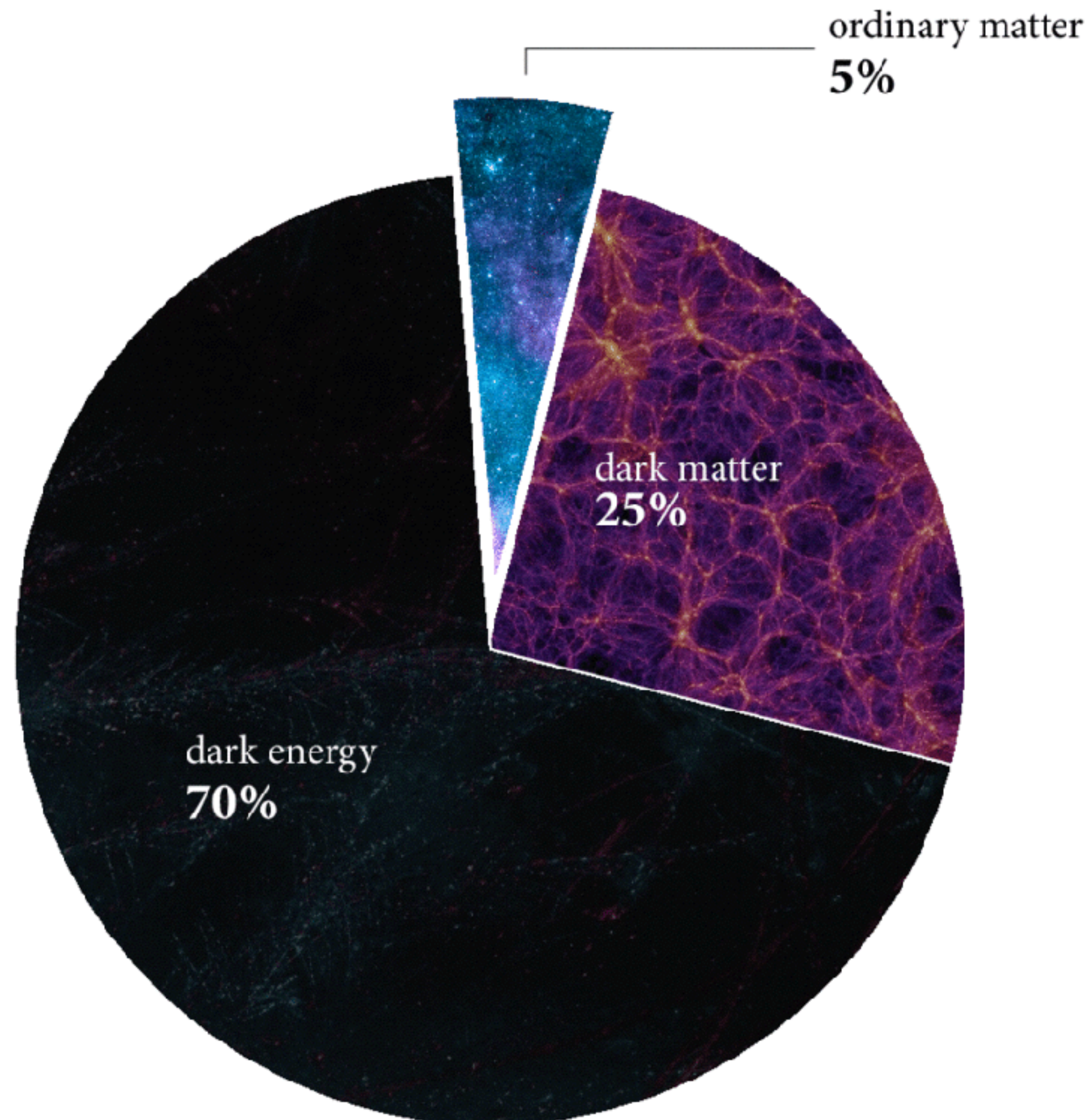
Al igual que las teorías, las **leyes no pueden probarse en la infinita variedad de casos posibles**. Por lo tanto, no podemos estar seguros de que cualquier ley sea absolutamente verdadera. Usamos el término “ley” cuando su validez se ha probado en una amplia gama de casos, y cuando cualquier limitación y dominio de validez se entienden claramente.

Los científicos realizan normalmente su trabajo como si las leyes y teorías aceptadas fueran verdaderas. Pero ellos están obligados a **mantener una mente abierta**, en el caso de que nueva información altere la validez de cualquier ley o teoría establecida.

De que está echo el Universo?

De que está echo el Universo?

Hay mucho espacio para descubrir nueva física.



Energía oscura - El Universo se está expandiendo de manera acelerada.

Materia oscura - evidencia de cómo se mueven las galaxias

Materia normal - átomos, la parte visible de las galaxias

Contenido energético del universo según el modelo estándar de física de partículas y la relatividad general

Sources: Max-Planck-Institute for Astrophysics Garching and Pixabay

Medición y incertidumbre

En un esfuerzo por entender el mundo a nuestro alrededor, los científicos tratan de encontrar relaciones entre cantidades físicas que puedan medirse.

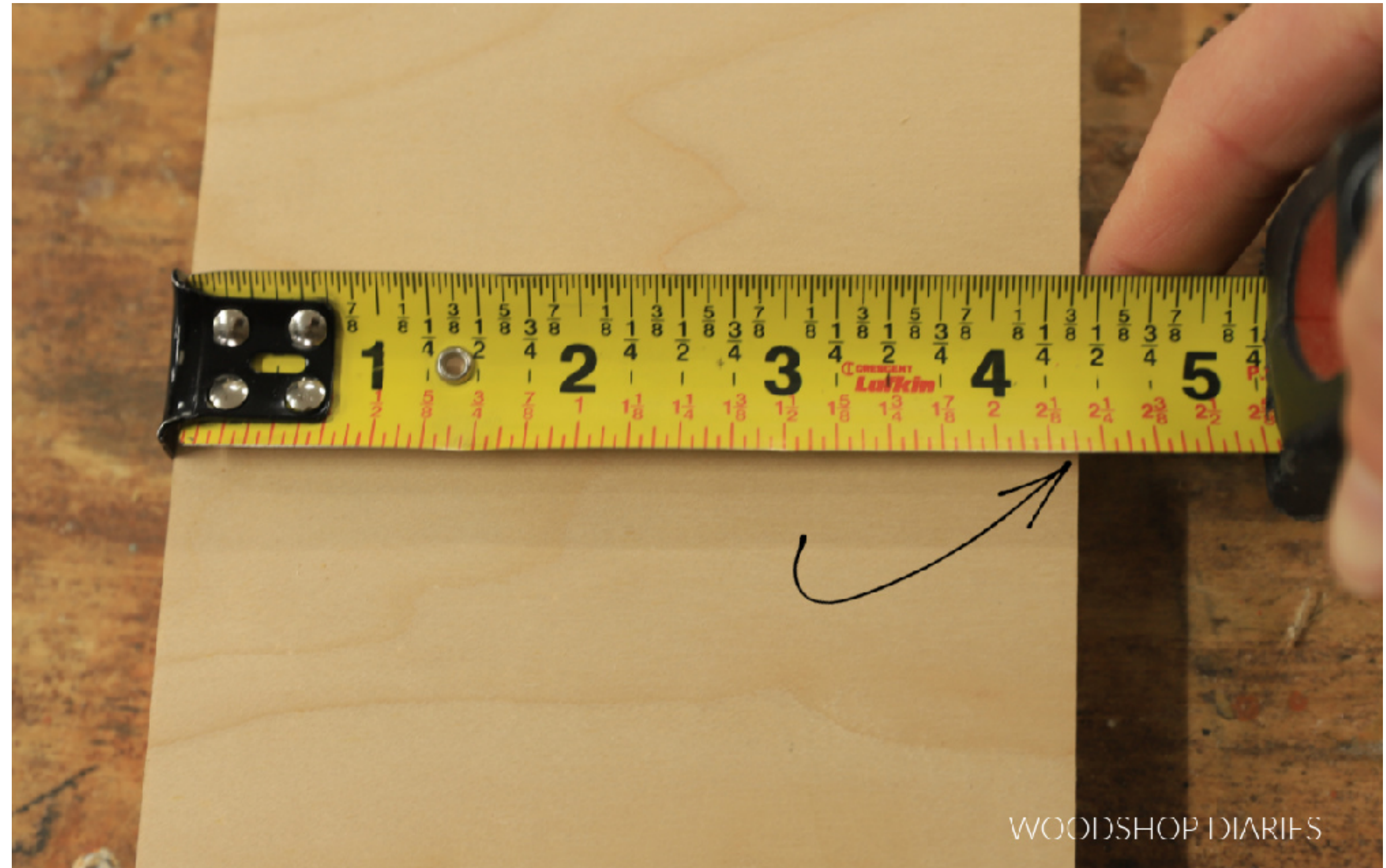
Incertidumbre

Las mediciones precisas son una parte fundamental de la física. Sin embargo, **ninguna medición es absolutamente precisa**. Siempre, hay una **incertidumbre asociada con toda medición**. Entre las fuentes más importantes de incertidumbre, aparte de las equivocaciones, están la **precisión limitada de cualquier instrumento de medición**, y la incapacidad de leer un instrumento más allá de alguna fracción de la división más pequeña que permita el instrumento.



Medición y incertidumbre

Por ejemplo, si se usa una regla centimétrica graduada en milímetros para medir el ancho de un tablón (figura 1-2), puede declararse que el resultado es preciso hasta 0.1 cm (1 mm), que es la división más pequeña de la regla; aunque la mitad de este valor podría también considerarse como el límite de nuestra precisión. La razón de esto es que resulta difícil para el observador estimar (o interpolar) entre las divisiones más pequeñas. Además, quizá la regla misma no haya sido fabricada con una precisión mucho mejor que ésta.



Medición y incertidumbre

Al dar el resultado de una medición, es importante indicar la **incertidumbre estimada** en la medición. Por ejemplo, el ancho de un tablón podría escribirse como 8.8 ± 0.1 cm. El ± 0.1 cm (“más o menos 0.1 cm”) representa la incertidumbre estimada en la medición, por lo que el ancho real muy probablemente se encuentre entre 8.7 y 8.9 cm.

La **incertidumbre porcentual** es la razón de la incertidumbre al valor medido, multiplicada por 100. Por ejemplo, si la medición es 8.8 cm y la incertidumbre es aproximadamente 0.1 cm, la incertidumbre porcentual es

$$\frac{0.1}{8.8} \times 100\% \approx 1\%,$$

donde \approx significa “aproximadamente igual a”.

Medición y incertidumbre

A menudo, la incertidumbre en un valor medido no se especifica de forma explícita. En tales casos, por lo general **la incertidumbre se supone igual a una o a unas cuantas unidades del último dígito especificado.**

Por ejemplo, si se da una longitud como **8.8 cm**, la incertidumbre se supone igual a aproximadamente **0.1 cm o 0.2 cm.**

En este caso es importante que no escriban ustedes 8.80 cm, pues esto implicaría una incertidumbre del orden de 0.01 cm; se supone que la longitud está probablemente entre 8.79 cm y 8.81 cm, cuando en realidad usted piensa que está entre 8.7 y 8.9 cm.

Medición y incertidumbre

Cifras significativas

El número de dígitos conocidos confiables en un número se llama número de **cifras significativas**. Así, en el número **23.21 cm** hay **cuatro cifras significativas**, y **dos** en el número **0.062 cm** (en este caso los ceros a la izquierda se usan sólo para indicar la posición del punto decimal). El número de cifras significativas no es siempre evidente.

Por ejemplo, considere el número 80. ¿Hay en él una o dos cifras significativas? Si decimos que hay *aproximadamente* 80 km entre dos ciudades, se tiene entonces sólo una cifra significativa (el 8) puesto que el cero es meramente un ocupante de lugar. Si no se indica que el 80 es una mera aproximación, entonces supondremos (como haremos en este libro) que el valor de 80 km está dentro de una precisión aproximada de 1 o 2 km, y así 80 tiene dos cifras significativas. Si hay precisamente 80 km entre las ciudades, entonces la precisión está dentro de ± 0.1 km, y escribimos 80.0 km (tres cifras significativas).

Medición y incertidumbre

Al hacer mediciones o al realizar cálculos, ustedes deben **evitar la tentación de mantener más dígitos en la respuesta final que lo que sea justificable.**

Por ejemplo, para calcular el área de un rectángulo de 11.3 cm por 6.8 cm, el resultado de la multiplicación sería 76.84 cm². Pero esta respuesta no es claramente precisa a 0.01 cm², ya que (usando los límites exteriores de la incertidumbre supuesta para cada medida) el resultado podría estar entre $11.2 \times 6.7 = 75.04$ cm² y 11.4×6.9 cm = 78.66 cm².

En el mejor de los casos, daremos la respuesta como 77 cm², lo cual implica una **incertidumbre de aproximadamente 1 o 2 cm²**. Los otros dos últimos dígitos (en el número 76.84 cm²) deben cancelarse, ya que no son significativos.

Como regla burda general, diremos que *el resultado final de una multiplicación o división debe tener tantas cifras como el número de cifras en el valor de entrada menos preciso utilizado en los cálculos.* En nuestro ejemplo, 6.8 cm tiene el menor número de cifras significativas; a saber, dos. Así, el resultado 76.84 cm² necesita redondearse a 77 cm².

Medición y incertidumbre

Cuando se suman o se restan números, el resultado final no es más exacto que el número menos preciso usado. Por ejemplo, el resultado de restar 0.57 de 3.6 es 3.0 (y no 3.03).

Al usar una calculadora tenga en mente que todos los dígitos que genera quizá no sean significativos. Cuando usted divide 2.0 entre 3.0, la respuesta adecuada es 0.67 y no algo como 0.6666666666. Los dígitos no deberán escribirse en un resultado, a menos que sean verdaderamente cifras significativas.

Sin embargo, para obtener el resultado más exacto, por lo general *mantenga una o más cifras significativas adicionales a lo largo de todo el cálculo y sólo redondee en el resultado final.*

Advierta también que a veces las calculadoras dan muy pocas cifras significativas. Por ejemplo, al multiplicar 2.5×3.2 , una calculadora puede dar la respuesta simplemente como 8. Pero la respuesta es precisa con dos cifras significativas, por lo que la respuesta adecuada sería 8.0.

Medición y incertidumbre

Notación científica

Comúnmente escribimos los números en “**potencias de diez**” o notación “científica”; por ejemplo, 36,900 lo escribimos como 3.69×10^4 ; o 0.0021 lo escribimos como 2.1×10^{-3} .

Una ventaja de la notación científica es que **permite expresar con claridad el número de cifras significativas**.

Por ejemplo, no es claro si 36,900 tiene tres, cuatro o cinco cifras significativas. Con potencias de diez se puede evitar la ambigüedad: si se sabe que el número tiene tres cifras significativas, escribimos 3.69×10^4 ; pero si tiene cuatro, escribimos 3.690×10^4 .

Medición y incertidumbre

Incertidumbre porcentual versus cifras significativas

La regla de cifras significativas es sólo aproximada, y en ciertos casos tal vez subestime la exactitud (o incertidumbre) de la respuesta. Por ejemplo, suponga que dividimos 97 entre 92:

$$\frac{97}{92} = 1.05 \approx 1.1.$$

Tanto 97 como 92 tienen dos cifras significativas, de manera que la regla indica dar 1.1 como respuesta. No obstante, ambos números, 97 y 92, implican una incertidumbre de ± 1 si no se especifica ninguna otra incertidumbre. Así, 92 ± 1 y 97 ± 1 implican ambos una incertidumbre de aproximadamente 1% ($1/92 \approx 0.01 = 1\%$). Pero el resultado final con dos cifras significativas es 1.1, con una incertidumbre tácita de ± 0.1 , que es una incertidumbre de $0.1/1.1 \approx 0.1 \approx 10\%$. En este caso, es mejor dar la respuesta como 1.05 (que tiene tres cifras significativas). ¿Por qué? Porque 1.05 implica una incertidumbre de ± 0.01 , que es $0.01/1.05 \approx 0.01 \approx 1\%$, tal como la incertidumbre en los números originales 92 y 97.

SUGERENCIA: Utilice la regla de cifras significativas, pero considere también la incertidumbre porcentual, y agregue un dígito extra si éste da una estimación más realista de la incertidumbre.

Medición y incertidumbre

Aproximaciones

Mucho de la física implica aproximaciones, a menudo porque no disponemos de los medios para resolver un problema con total precisión.

Por ejemplo, tal vez elijamos ignorar la resistencia del aire o la fricción al realizar un ejercicio, aun cuando estén presentes en situaciones de la vida real y, por lo tanto, nuestro cálculo sería sólo una aproximación. Al hacer los ejercicios deberíamos **estar conscientes de que las aproximaciones que estamos haciendo**, y la precisión de nuestra respuesta, quizá no sean lo suficientemente buenas como el número de cifras significativas que se dan en el resultado.

Medición y incertidumbre

Exactitud versus precisión

Hay una diferencia técnica entre “precisión” y “exactitud”. La **precisión**, en un sentido estricto, se refiere a la repetibilidad de una medición usando un instrumento dado. Por ejemplo, si usted mide el ancho de un tablón varias veces, y obtiene resultados como 8.81 cm, 8.85 cm, 8.78 cm, 8.82 cm (interpolando cada vez entre las marcas de 0.1 lo mejor posible), usted podría decir que las mediciones dan una *precisión* un poco mejor que 0.1 cm.

La **exactitud** se refiere a cuán cerca está una medición de su valor *verdadero*. Por ejemplo, si la regla se fabricó con un error del 2%, la exactitud de su medición del ancho del tablón (aproximadamente 8.8 cm) sería de cerca del 2% de 8.8 cm o aproximadamente ≈ 0.2 cm. La incertidumbre estimada debe considerar tanto la exactitud como la precisión.