

TEMAS DE FÍSICA

COMO EXPLICAR LO GRANDE Y LO PEQUEÑO

ALBERTO CLEMENTE DE LA TORRE

Departamento de Física. Universidad Nacional de Mar Del Plata
Fúnes 3350. CP 7600. Mar Del Plata. Argentina.
dltorre@mdp.edu.ar

RESUMEN

Las magnitudes grandes y pequeñas que se presentan en la física son explicadas mediante un cambio de escalas. Este método permite ubicar al hombre en su dimensión característica dentro de la naturaleza. Reconocer esta ubicación es relevante para evitar desviaciones culturales antropocéntricas.

ABSTRACT

The magnitude of very small and very big numbers appearing in physics is explained by means of a change of scales. With this we can place the human being in its correct dimension within nature. This is relevant in order to avoid cultural anthropocentric deviations.

En esta nota adoptamos la idea, a veces rechazada por filósofos de la ciencia, que la explicación es una reducción a lo familiar (1). Cuando la física, en el siglo XX comenzó a estudiar sistemas muy alejados de los directamente perceptibles por nuestros sentidos, comenzaron a aparecer magnitudes no familiares, muy grandes o muy pequeñas tales como la carga del electrón, el tamaño de un átomo o de su núcleo, o más pequeño aún, los protones y neutrones que

lo forman.

También la masa de una estrella, el tamaño de una galaxia o la edad del universo son magnitudes que escapan a la escala humana. Los físicos se han familiarizado con estas magnitudes pequeñas y grandes pero posiblemente los estudiantes, los humanistas o el público en general, se sientan algo desamparados al enterarse, por ejemplo, que la masa del electrón es $9,1093897 \times 10^{-31}$ Kilos. Para "entender" la magnitud de estas cantidades se presentará en esta nota un método para reducir las a lo familiar.

(1) Para más detalles sobre esta idea se puede consultar un ensayo de Manuel Comesaña, *Análisis Filosófico XIV*, N.1, 49-59, (1994), o el libro del mismo autor "Razón, Verdad y Experiencia" editado por la Universidad Nacional de Mar del Plata.

Hay dos maneras de expresar una magnitud grande o pequeña. La primera es simplemente asignarle un valor numérico adecuado (grande o

es muy variado dependiendo de la masa que tienen. Algunas duran pocos años y otras varias decenas.

También depende de la masa que tienen, cual sería su destino final. Algunas de ellas se extinguirán lentamente, son las Enanas Blancas, otras más masivas, explotarán violentamente expulsando grandes cantidades de materia y luz alrededor y dejando en el centro una estrella de neutrones pequeña y masiva. A veces es tan masiva que no puede sustentar su propia gravitación y entra en un colapso vertiginoso formando un "agujero negro".

La materia expulsada en estas explosiones, las supernovas, es no solamente hidrógeno y helio inicial sino también todos los elementos más pesados como hierro, oxígeno, carbono, etc. que han sido producidos en las complejas reacciones nucleares que acontecen en el interior de las estrellas. Esta materia también comienza a aglutinarse por acción gravitatoria y termina formando planetas como el que habitamos. Así, en 1955 se formó una estrella que, dado la masa que tiene, vivirá un siglo y terminará como una enana blanca después de haber sido una estrella gigante roja. Alrededor de esta estrella se aglutinó nuestra tierra en 1960.

A fines de la década del 80 se generaron en la tierra los primeros organismos y en 1992 aparecen las primeras plantas y animales primitivos. En 1998, a dos años de finalizar el siglo, se han desarrollado los mamíferos y reptiles. Los primeros meses de 1999 se caracterizaron por una rápida evolución biológica. Así, a mediados de abril de 1999, dinosaurios y otros animales gigantes vivían en una tierra de vegetación exuberante. Toda esa voluptuosidad no dejaba sospechar la catástrofe que se acercaba.

El 3 de mayo de 1999, en Yucatán, hizo impacto un meteorito de 10 kilómetros de diámetro a 90000 kilómetros por hora de velocidad. El humo de los incendios y de los volcanes que se abrieron y la nube de polvo levantada, oscureció el cielo de toda la tierra y gran parte de la vida sobre ella se extinguió.

Después de este holocausto la evolución hizo su trabajo y a pesar del meteorito, o gracias a él, el 20 de diciembre de 1999, a once días del fin del siglo, aparece el hombre sobre la tierra y comienza una nueva calidad de evolución: la cultural. El 31 de diciembre a las 23 horas y 30 minutos se inventa la escritura. Un cuarto de hora después comienza la especulación filosófi-

ca. A las 23 horas y 58 minutos del último día se afirma el método teórico experimental que marca el nacimiento de la física. 15 segundos antes del fin del siglo se afianzaron las teorías físicas que son como los libros que permitieron a Aureliano Buendía descifrar los pergaminos de Melquíades y entender estos cien años de soledad del universo.

EJERCICIOS

1- Como primer ejercicio se sugiere controlar si no se ha cometido algún error en las fechas asignadas en la historia anterior. Los datos en "tiempo real" son: Cien mil (10^5) años después del Gran Pum los átomos neutros comienzan a concentrarse por acción gravitatoria para formar estrellas.

El sol se formó hace 4500 millones de años. La tierra tiene 4000 millones de años. Plantas y animales primitivos aparecen hace 800 millones de años, y los mamíferos y reptiles lo hacen, hace 200 millones de años. Los dinosaurios vivieron hace 70 millones de años y fueron extinguidos por el meteorito hace 65 millones de años.

El hombre hace su entrada hace 3 millones de años, inventa la escritura entre 3 y 4 mil años antes de nuestra era y comienza a especular un milenio antes de Cristo. La física nace en el siglo XVII y en los últimos 50 años se afianzaron la mecánica cuántica, la relatividad general y los modelos para partículas elementales que permiten hacernos una imagen bastante confiable del universo.

2- Un trozo cualquiera de materia, una piedra, una tiza, un lápiz, está compuesta por átomos. Estos átomos tienen típicamente el tamaño de 10^{-10} metros. Esta cantidad es denominada Armstrong (Å) con lo cual los átomos miden aproximadamente un Å.

El átomo tiene los electrones revoloteando (no en lindas elipses como se lo suele dibujar) alrededor del pequeño y pesado núcleo que mide típicamente 10^{-14} metros. Este núcleo a su vez está compuesto por protones y neutrones cuya dimensión es de 10^{-15} metros, cantidad denominada "fermi". La historia no termina aquí porque los protones y neutrones están formados por partículas más pequeñas: los "quarks". No estamos seguros si podemos hablar del "tamaño" de los quarks y electrones. En caso de tener sentido, les podemos asignar la dimensión de 10^{-18} metros.

¿Sigue la historia? No hay evidencia experimental que permita afirmar que los quarks y electrones son compuestos por otras partículas más pequeñas aunque existen algunos teóricos perversos que lo están planteando.

Nosotros nos detenemos aquí. Se sugiere familiarizarse con las dimensiones del átomo suponiendo que los quarks y electrones tienen el tamaño de una décima de milímetro. ¿Cuánto mediría el núcleo y el átomo?

3- Cuando oscurecemos el dormitorio para dormir una siesta (cordobesa) después de un abundante almuerzo dominical (por ejemplo loco y empanadas), a veces penetra por una rendija un rayo de luz solar. Con la oscuridad de fondo, se pueden ver las pequeñísimas partículas de polvo que flotan en el aire y terminan depositándose sobre los muebles para angustia de algunas amas de casa. Estos son posiblemente los objetos más pequeños que podemos percibir directamente. Estimo que su tamaño es de 0.05 milímetros.

Supongamos que nuestra tierra, que con tanta soberbia habitamos, tiene el tamaño de un grano de polvo de 0.064 mm de radio. Si fuese así, ¿qué tamaño tendría el Sol, y el sistema solar, y nuestra galaxia (la vía láctea)? ¿A qué distancia estarían las galaxias más cercanas y las más lejanas? Datos: Radio de la tierra: 6.4×10^6 metros. Radio del sol: 7×10^8 metros. Radio del sistema solar: 6×10^{12} metros. Radio de nuestra galaxia: 10^{21} metros. Distancia a las galaxias más cercanas: 2.5×10^{22} metros. Las más lejanas están a 10^{26} metros.

Notemos que no planteamos la distancia hasta el "borde" del universo y tampoco preguntamos lo que puede haber más allá de dicho borde. El motivo para no hacerlo es que la teoría de la relatividad general ha modificado el concepto de espacio y distancia de forma tal que dichas preguntas no tienen sentido.

Para comprender las modificaciones intro-

ducidas al concepto de espacio y tiempo por la relatividad y por la mecánica cuántica debemos abandonar los conceptos, algo ingenuos, generados por nuestra percepción sensorial. Pero esa es otra historia. Este ejercicio pone en evidencia lo insignificante que es el hombre en la inmensidad del universo. Habitamos un diminuto grano de polvo con dimensiones espaciales y temporales despreciables.

Teniendo esto en cuenta, los modelos físicos y filosóficos "antropocéntricos" son realmente ridículos como también lo son ciertas ideologías postmodernas que reducen la realidad a un constructo mental nuestro. Sin embargo tampoco somos una basura miserable ya que algunos motivos de orgullo encontramos, si pensamos que la cultura y la ciencia nos han permitido pensar y entender a la naturaleza en sus escalas más gigantescas y también las más microscópicas que vimos en el ejemplo anterior. Ese conocimiento lo hemos desarrollado en un tiempo cortísimo. Alguna autoestima podemos tener.

4- Este último ejercicio puede ayudar a aumentar la autoestima a quienes hayan quedado algo deprimidos por los comentarios del ejemplo anterior.

La cultura, la física, la mecánica cuántica más en particular, se enorgullece de poder calcular teóricamente una propiedad física, el momento magnético del electrón, con una precisión asombrosa de uno en 10^{11} . Dicha predicción teórica se confirma experimentalmente.

Que dispongamos de una teoría que permita ese cálculo tan preciso y que podamos realizar experimentos con esa precisión y que ambos resultados coincidan, es motivo de orgullo. Para entenderlo, calcule con qué error deberíamos medir la distancia de La Quiaca a Ushuaia para obtener la mencionada precisión. Respuesta: el error no debe exceder el tamaño de la partícula de polvo del ejemplo anterior, o el espesor de un cabello.