

Dimensiones no enteras

Israel Chávez Villalpando

¿Que sucedería en un mundo donde todo fuera plano? ¿O que todos viviéramos sobre una línea? ¿Emocionante? ¿Aburrido? Estas cuestiones las aborda Edwin A. Abbott en su trabajo *Tierraplana* (*Flatland* en inglés, editada en 1884). Los tierraplanos como así llama a sus habitantes, están destinados y confinados a vivir en dos dimensiones ignorando los misterios de la 3a. dimensión.

Nosotros vivimos en un mundo de 3 dimensiones (3D), aunque alguien a principios del siglo pasado nos dijo que de hecho son 4 dimensiones (4D, espacio-tiempo) de la misma forma podríamos permanecer ignorantes de los misterios de la 5a. dimensión y perdernos quizá de algunas hiper-superficies que pudiera ofrecernos la vida.

¿Pero que sucede cuando las dimensiones disminuyen? ¿Que sucede cuando somos confinados espacialmente? No podemos hacer estas preguntas a los claustrofóbicos por supuesto. Parece que el confinamiento pertenece mas al ámbito de la ciencia ficción, podemos recordar el libro de Isaac Asimov basado en el guión de la película *Viaje Fantástico* de 1966, donde se miniaturiza una nave tripulada, pero mas que miniaturizar hablemos sobre confinar.

El confinamiento espacial se refiere cuando acotamos el número de dimensiones, por ejemplo, podemos cortar un cubo (3D) transversalmente y al hacerlo obtenemos hojas de 2 dimensiones (2D), estamos confinando lo que haya quedado en esa parte del cubo a un plano, ahora podemos cortar estas hojas del mismo modo y obtendremos líneas de una dimensión (1D) y al cortar las líneas obtenemos puntos, cero dimensión (0D). Un claro ejemplo de confinamiento espacial es el metro de la Ciudad de México, tenemos libertad de movernos en 2D en horas no-pico (son raras hoy en día), en horas pico podemos movernos en 2D y a veces en 1D, sobre todo cuando uno camina en el andén, pero cuando ingresamos a los vagones estamos confinados en un solo lugar (un punto es 0D).

¿Pero que sucede en el intermedio de una dimensión y otra? ¿Existirá la dimensión 3.2? ¿La 1.5? y ¿Qué tal la 2.345? ¿Como llamaríamos a los habitantes de $Tierraplana+0.5$? ¿Tierraplanos y medio?

Hay veces que nos movemos en ε (epsilon) dimensiones, es decir, cuando nos salimos por un breve momento de esta o aquella dimensión. Un ejemplo, regresemos al metro cuando el vagón esta lleno, tanto que parecemos sardinas enlatadas, cuando frena el tren nos movemos ligeramente de nuestro lugar y también cuando hay gente que quiere entrar y ¡Está lleno el vagón! Estamos en $0+\varepsilon$ dimensiones, la ε puede ser distinta para cada uno, quizá sea menor para alguien que esta pegado a la puerta que para alguien que va en medio del vagón.

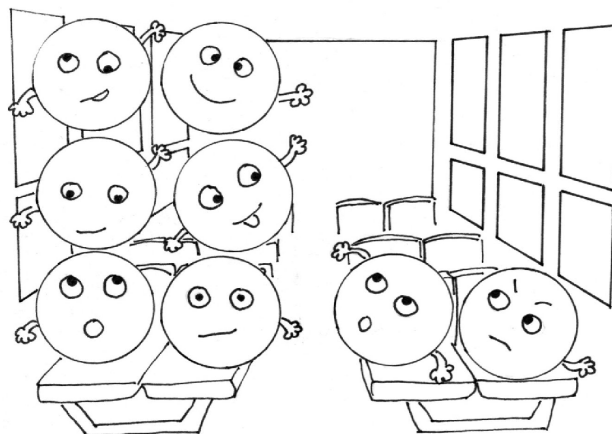
Todos vivimos en 3 dimensiones espaciales. Los seres humanos normalmente nos desplazamos en 2D aunque vivimos en 3D, los gatos por ejemplo viven en $2+\varepsilon$ dimensiones, es decir, podemos observar al gato del vecino mientras camina sobre el jardín y claramente esta en 2D, pero en cuanto se le cruza una mariposa pega un salto y ya esta en $2+\varepsilon$ dimensiones, o puede ser que en otro momento se suba a un árbol persiguiendo algún pajarillo despistado, en el momento que cambia al árbol otra vez esta en $2+\varepsilon$ dimensiones, aunque por cierto, cuando sube por el árbol sigue en 2D. Las aves viven en 3D pero su vida transcurre entre 2D y 3D, en cambio los peces viven todo el tiempo en 3D.

También podemos estudiar las dimensiones no enteras en los gases, nuestra atmósfera esta confinada sobre la superficie de nuestro planeta, esta sobre $2+\varepsilon$ dimensiones y en este caso la ε es uno. Es decir muy cerca de la superficie de la tierra nuestra atmósfera esta en 3D. Podemos jugar con el confinamiento de los gases, un ejemplo de ello, en un recipiente con un embolo podemos tener vapor de agua, si apretamos el gas, empujando con el émbolo (como en una jeringa) estamos tratando de confinarlo de 3D a 2D y encontramos algo fantástico, el vapor de agua se licua, es decir se convierte en agua liquida si ejercemos la suficiente presión.

Encontramos algo divertido al tratar con la ε de dimensión, podemos encontrar que ocurre un cambio de fase, de gas a líquido. ¿Podrá suceder algo así con los terraplanos?

Podemos encontrar cosas divertidas con objetos más pequeños, hablemos de partículas. Existen dos grandes familias de partículas, conocidas como fermiones y bosones, a los fermiones se les llama así porque no comparten estados cuánticos y fueron descubiertos por Enrico Fermi y los bosones si comparten estados y fueron descubiertos por Satyendra Bose. Por ejemplo, si llenáramos un autobús con fermiones y bosones, los fermiones al no compartir estados, eligen el lugar para sentarse, conforme se van ocupando los lugares, los bosones les da igual ocupar uno u otro lugar, incluso llegaría el momento en que ¡Muchos podrían estar sentados en el mismo asiento!

Empiezan a suceder cosas interesantes, puesto que si los bosones pueden estar en el mismo asiento, eso podría decirnos que están en $2+\varepsilon$ dimensiones, pensando que es un autobús miniatura. ¿Podría ocurrir un cambio de fase con los fermiones y bosones? La respuesta es afirmativa, se han encontrado los condensados de Bose-Einstein que fueron predichos en 1925 [1-2], son montones de bosones que se encuentran amontonados en un estado por debajo de una temperatura, que ahora se le conoce como temperatura de condensación o crítica. Es como si echáramos un vistazo al autobús y vemos que todos los bosones están en un solo asiento. Los muy aburridos fermiones no se pueden condensar porque eligen estar en un solo asiento.



Pero ¿Qué ocurre cuando confinamos a los bosones y fermiones? Los bosones pueden condensarse en dimensiones mayores que 2D, y eso lo podemos notar en el autobús, mientras que en dimensiones menores o iguales que 2D no ocurre este amontonamiento. Podemos seguir confinando a los fermiones y bosones y notaremos que exactamente en 2D ambos son muy parecidos. Como todas las familias, los miembros toman diferentes direcciones y comportamientos, sucede lo mismo con los fermiones y bosones, mientras confinamos más y más a los fermiones hasta alcanzar el punto-cero de dimensión (0D) descubrimos que solo un fermión puede vivir en ese punto [3-4]. Como todo en nuestro mundo existen principios y reglas, Los fermiones también tienen y obedecen un principio: El principio de exclusión de Pauli, enunciado por Wolfgang Pauli en 1925 [5] y que dice que solo una partícula podrá ocupar un estado a la vez. Cuando confinamos a los bosones hasta alcanzar el punto-cero de dimensión (0D) descubrimos que los bosones ¡no pueden confinarse! [6] debido que siguen también otro principio: El de incertidumbre de Heisenberg [7-8]. Este principio enuncia que no podemos medir con precisión arbitraria al mismo tiempo, la posición y la velocidad de una partícula o bien su tiempo y su energía. Si queremos ser precisos en medir la posición, la velocidad será mucho muy grande y en consecuencia ¡su energía también! Cuando intentamos confinar a los bosones su energía se hace muy grande, es como apachurrar una bolsita de catsup con mucha fuerza, en algún momento termina por escurrirse. Así de alguna manera los bosones encuentran la forma de escaparse al confinamiento. Yo recuerdo haber hecho eso mismo cuando era pequeño e intentaban darme sopa de verduras, de alguna manera ¡conseguía escaparme!

El estudio del confinamiento espacial hoy en día es muy importante, por el descubrimiento de nuevos materiales

que sean resistentes, elásticos, que soporten altas temperaturas o que sean superconductores. La superconductividad [9] es el fenómeno de cero resistencia de algún material al conducir corriente eléctrica. Conduce electricidad sin ningún tipo de pérdida por debajo de una temperatura. Su estudio se vuelve de vital importancia, ya que conocemos materiales que son superconductores a bajas temperaturas (tanto como -108°C) y estamos buscando encontrar superconductores que sean enfriados por ¡agua líquida! Este descubrimiento podría llevar a nuestra sociedad a una revolución tecnológica comparable a la revolución industrial del siglo XVIII.

Se ha observado que los superconductores se organizan en capas (2D) y los responsables de conducir la electricidad son bosones y además interactúan con fermiones, son como pares de canicas que se mueven sobre una resbaladilla y nada puede detenerlos.

El estudio de las dimensiones no enteras apenas está empezando, con el tiempo podremos ser capaces de manipular por completo las dimensiones espaciales, tanto que podremos elegir la ε de nuestra dimensión. ¿Podremos algún día alcanzar la dimensión cero? ¿Qué sucede en un punto? Esta pregunta ha intrigado a las mentes más brillantes, tanto que se ha conjeturado mil y una teorías: Agujeros negros, agujeros de gusano, dimensiones enrolladas sobre sí mismas, etc. Si vivimos en cuatro dimensiones y empezamos a considerar al tiempo como una dimensión más, podemos conjeturar que ¿El tiempo también estará fraccionado? ¿Existirá el punto-cero en la dimensión del tiempo?

Agradezco a la Dra. Marcela Grether y al Dr. Manuel de Llano por su sugerencias.

-
1. A. Einstein, Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften **1**, 3 (1925)
 2. S.N. Bose, Zeitschrift für Physik **26**, 178 (1924)
 3. M. Grether, M. de Llano & M.H. Lee, Int. J. Mod. Phys. B **23**, 4121 (2009)
 4. M.H. Lee, Acta Physica Polonica B **40**, 1279 (2009)
 5. W. Pauli, 1945, Nobel Prize Lecture, <http://nobelprize.org/nobelprizes/physics/laureates/1945/pauli-lecture.html>
 6. I. Chávez, M. Grether & M. de Llano. *Low-dimensional Fermi and Bose gases*. **Enviado**
 7. W. Heisenberg, Zeitschrift für Physik. **43**, 172 (1927)
 8. W. Heisenberg, *Physikalische Prinzipien der Quantentheorie* (Leipzig: Hirzel). English translation: *The Physical Principles of Quantum Theory*, University of Chicago Press (Chicago, 1930).
 9. J. Bardeen, L. N. Cooper & J. R. Schrieffer, Phys. Rev. **108**, 1175 (1957)

Pie de Figura. Los bosones comparten un solo estado cuántico (izquierda) mientras que los fermiones ocupan un solo estado por partícula (derecha).