

DRAKONTOS

Gerard't Hooft

Partículas elementales

En busca de las estructuras
más pequeñas del universo

DK



CRÍTICA

Índice

- Portada
- Sinopsis
- Dedicatoria
- Prefacio: una disculpa
- 1. El principio del viaje hacia lo pequeño: cortando pa-
pel
- 2. Hacia las moléculas y los átomos
- 3. El misterio mágico de los cuantos
- 4. Velocidades deslumbrantes
- 5. El zoo de las partículas elementales antes de 1970
- 6. La vida y la muerte
- 7. Los locos Kaones
- 8. Los Quarks invisibles
- 9. ¿Campos o cordones?
- 10. La bonanza Yang-Mills
- 11. El vacío superconductor: la máquina de Higgs-Ki-
bble
- 12. Modelos
- 13. Coloreando las interacciones fuertes
- 14. El monopolio magnético
- 15. Gypsy
- 16. La brillantez del modelo estándar
- 17. Anomalías
- 18. La engañosa perfección
- 19. Pesando neutrinos
- 20. El gran desierto
- 21. Technicolor
- 22. La gran unificación
- 23. La supergravedad
- 24. El espacio-tiempo de once dimensiones
- 25. Sujetando la supercuerda
- 26. En el agujero negro
- 27. Las teorías que aún no existen

28. El dominio de la ley de lo más pequeño

Glosario

Notas

Créditos

Gracias por adquirir este eBook

Visita Planetadelibros.com y descubre una nueva forma de disfrutar de la lectura

¡Regístrate y accede a contenidos exclusivos!

Primeros capítulos
Fragmentos de próximas publicaciones
Clubs de lectura con los autores
Concursos, sorteos y promociones
Participa en presentaciones de libros

Comparte tu opinión en la ficha del libro
y en nuestras redes sociales:



Explora

Descubre

Comparte

SINOPSIS

Hooft nos ofrece en este libro una fascinante narración personal, de corte detectivesco, de uno de los períodos más creativos e interesantes de toda la historia de la física: la búsqueda de la estructura básica de la materia.

En la primera parte, el autor nos ofrece un brillante resumen de todo lo que sabemos sobre el mundo de las moléculas, los átomos y los núcleos atómicos, mientras que en la segunda se ocupa de los avances conseguidos en el estudio de las partículas elementales durante los últimos años y de cómo se llegó a desarrollar la poderosa síntesis teórica denominada «teoría estándar».

En los últimos capítulos Gerard't Hooft también da rienda suelta a su imaginación especulando sobre los posibles caminos por los que puede discurrir la investigación científica en el futuro inmediato.

*A mi madre
A la memoria de mi padre
A Betteke, Saskia y Ellen*

Prefacio: una disculpa

Es difícil aventurarse en el mundo de lo definitivamente pequeño, o incluso hablar de ello, sin un conocimiento muy profundo de las leyes de la naturaleza que rigen ese mundo. Las fuerzas que uno encuentra allí determinan la forma en la cual se mueven las partículas pequeñísimas que vamos a estudiar y sus demás propiedades. De esas fuerzas también depende que podamos realmente observar estas partículas, y de cómo lo hagamos.

Esto no es fácil porque las leyes de la naturaleza son complicadas. Cada vez hay más expertos en este campo que buscan refugio en una especie de galimatías matemático que ninguna persona «normal» puede entender a menos que sea uno de ellos. Para apreciar realmente la solidez de la lógica de las leyes físicas, uno no puede evitar las matemáticas. Sin embargo, nosotros los físicos sentimos la necesidad de compartir la alegría que nos proporcionan nuestros maravillosos descubrimientos con cualquiera que esté dispuesto a escuchar. Nos piden, entonces, que evitemos completamente las matemáticas, y eso es lo que yo, sin mucho convencimiento, voy a hacer.

Mi intención es narrar los últimos 25 años de investigación sobre las partículas más pequeñas que constituyen la materia. Durante esos 25 años, yo empecé a ver la naturaleza como un test de inteligencia para toda la humanidad en su conjunto, como un gigantesco puzzle con el que podemos jugar. Una y otra vez, nos tropezamos con nuevas piezas, grandes o pequeñas, que encajan maravillosamente con las que ya tenemos. Yo quiero compartir con usted la sensación de triunfo que sentimos en esos momentos.

Así pues, lo que tengo que hacer es traducir las matemáticas a lenguaje sencillo. Esto es ciertamente posible, pero siempre perderemos algo, en particular, cuando trate de formular argumentos utilizados habitualmente para justificar o rechazar alguna teoría o descripción. Si usted, querido lector, siente que no es posible seguir mis argumentos, puede, desde luego, culparme, pero reclamaré la circunstancia atenuante de que traducir fórmulas matemáticas al lenguaje sencillo es a veces imposible sin hacer un poco de trampa.

En muchos casos, ni siquiera intentaré dar una explicación precisa. Un lector que no esté familiarizado con la física teórica tendrá que aceptar muchas de mis afirmaciones como artículos de fe. El objetivo es, pues, que el lector se haga una idea global de la situación sin necesidad de entrar en detalles (a menudo demasiado extensos) de la historia que ha precedido a la adquisición de este conocimiento.

Los cuatro primeros capítulos constituyen un resumen de lo que conocemos del mundo de las moléculas, los átomos y el núcleo atómico. Aunque en este libro repasaré de forma muy breve la interesantísima investigación que condujo a estos conocimientos, en aquel tiempo el autor ni siquiera llevaba pañales, y prefiere dejar la revisión del tema a los historiadores de la ciencia.^[1] Este libro trata de lo que sucedió después.

En los últimos 25 años, nuestro conocimiento de las «partículas elementales» ha avanzado tanto que algunos investigadores han empezado a especular sobre «el final» de esta investigación: la teoría última de todas las partículas y las fuerzas, la así llamada teoría de todo, TOE.^[2] ¿Acaso la simple idea de una teoría tal, que abarque todo, no significa una sobreestimación sin límites de nuestra capacidad, o una subestimación, también sin límites, de la infinita complejidad de nuestro universo? Diré algo más acerca de este asunto un poco más adelante, pero, brevemente, la idea puede que no sea tan absurda como suena.

Este libro no pretende ser una revisión histórica de todo lo que sabemos sobre las partículas elementales. Libros sobre eso hay y son muy buenos.^[3] Aunque el resultado final se parezca un poco, éste no ha sido escrito con la intención de ser una introducción sistemática a la física de partículas.^[4] He añadido al final un glosario atendiendo a la sugerencia de varios lectores. El propósito de este libro no es más que un relato personal de alguno de los desarrollos en este campo. El objetivo es compartir con el lector mi propio entusiasmo y el de mis colegas científicos usando un lenguaje que espero sea razonablemente inteligible para todo el mundo.

Todas esas personas que menciono por su nombre son las que, de un modo u otro, han jugado un papel importante en el desarrollo de la imagen que tenemos de las partículas más pequeñas que forman la materia, en la forma en la que yo quiero contarlo. Todos ellos son personas que admiro por sus contribuciones e incluso con esta pequeña selección habrá muchas omisiones. Pido perdón por adelantado por las muchas inexactitudes en los nombres que menciono y por los que no menciono.

Probablemente me perdonarán si ahora mis palabras denotan algo de orgullo nacional. Hay bastantes investigadores holandeses que han destacado en este campo y yo mencionaré a muchos de ellos. Menos perdonable, sin duda, es que mi propia contribución aparezca mayor de lo que realmente ha sido. Esto no lo he podido evitar completamente porque, después de todo, mi intención es revelar el concepto de las partículas elementales según lo veo a través de mis propios ojos y, desde luego, lo que se ve demasiado cerca aparece amplificado.

La posición que he alcanzado en el mundo de la física y que me ha permitido hacer este detallado relato hubiera sido inalcanzable sin la importante influencia de mucha gente. En primer lugar están mi profesor de instituto Dr. W. P. J. Lignac y mi tío, el profesor Dr. N. G. van Kampen, y,

luego, mi director de tesis el profesor Dr. M. J. G. Veltman. Cada uno de ellos compartió conmigo sus ideas sobre la naturaleza de nuestro mundo físico, y de su visión del mundo surgió la mía. También son numerosos los físicos excelentes con los cuales he podido mantener discusiones y que me han ayudado a sentir el intenso placer que produce el descubrimiento de nuevas verdades.

Durante el tiempo que he dedicado a este libro, mi familia me ha apoyado incluso cuando esto significaba que durante las vacaciones dedicara más atención a un pequeño ordenador portátil que a ellos. Cuando pensaba que había terminado la traducción inglesa recibí una gran ayuda de Mrs. Robin Mize para corregir mi defectuoso inglés.

1

El principio del viaje hacia lo pequeño: cortando papel

Empecemos nuestro viaje hacia el mundo de lo pequeño con lo que podemos ver a simple vista y con esas leyes de la física a las que estamos acostumbrados. Tome un gran trozo de papel y dóblelo para hacer un avión. Puede partir el papel por la mitad y hacer dos aviones más pequeños. También podría volver a cortar cada uno de los trozos y hacer aviones cada vez más pequeños. Las propiedades del papel y las reglas para doblarlo en forma de avión no cambian excepto que los aviones serán cada vez de menor tamaño. Progresivamente, sin embargo, según se continúa cortando el papel en trozos cada vez más pequeños, se irá haciendo más difícil hacer los aviones y, finalmente, se encontrará con que sólo le quedan pequeñas fibras de lo que una vez fueron trozos de papel utilizables. La propiedad de «poder ser doblado en un avión» se ha perdido.

Una situación similar es la que encontramos si empezamos a repartir un cubo de agua en cubos más pequeños. Las propiedades físicas del agua tales como que fluye de arriba abajo seguirán siendo las mismas hasta que, al final, no tengamos más que una gota de agua. Uno no puede verter gotas de agua de arriba abajo, hay que sacudirlas.

Todos los niños que juegan con coches de juguete o muñecas saben que se puede imitar el mundo de los mayores a una escala menor. El escritor Jonathan Swift se basó en este hecho para escribir sus famosas historias. Un aventurero llamado Gulliver llegó a la tierra de Lilliput, en la cual habitaban personas diminutas. Allí todo era muy pequeño: la natu-

raleza, las plantas y animales, todo estaba escalado a tamaño pequeño. Él mismo se veía allí como un gigante: «el hombre montaña». Llegó incluso a extinguir un peligroso fuego en el palacio real orinando sobre él.

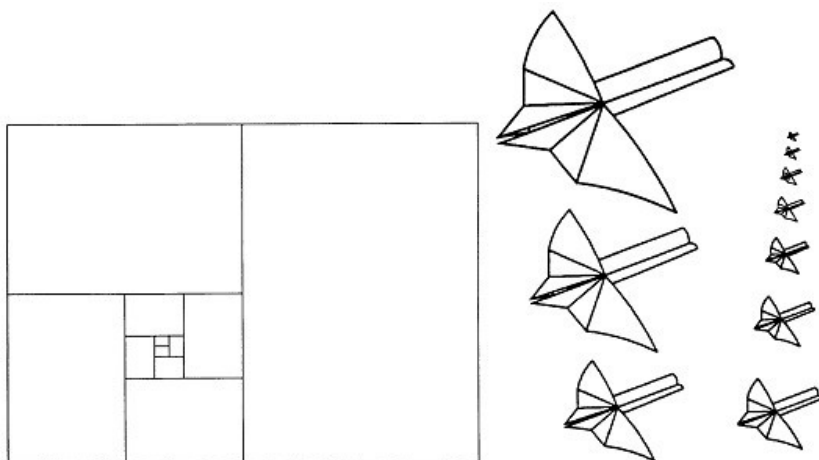


FIGURA 1. Cortes de papel y los aviones que se hacen con ellos.

Durante otro viaje, las fuerzas milagrosas del destino llevaron a Gulliver a un país llamado Brobdingnag, donde la gente y todos los seres animados e inanimados eran mucho más grandes que él. Allí era un enano, mimado por una niña pequeña llamada Glumdalclitch. Al final, Gulliver es recogido en su jaula por un águila que lo deja caer en el mar de donde lo rescatan unos marineros de tamaño normal que escuchan su historia con incredulidad.

Y tenían razón en no creerle. No importa lo bien contadas que estén, esas historias tienen puntos oscuros. Sabemos, por ejemplo, que las llamas de las velas pequeñas son aproximadamente del mismo tamaño que las de las velas grandes. ¿De qué tamaño eran las llamas de las velas en Lilliput? Y cuanto más se piensa más cuestiones surgen: ¿cómo eran de grandes las gotas de la lluvia en Lilliput y en Brobdingnag?, ¿eran las leyes físicas para el agua diferentes allí que en nuestro propio mundo? Y, finalmente, los físicos

preguntarían: ¿de qué tamaño eran los átomos en esos lugares?, ¿qué clase de reacciones químicas podrían tener lugar con los átomos del cuerpo de Gulliver?

Con esas preguntas las historias fallan. La verdadera razón por la que los mundos de *Los viajes de Gulliver* no pueden existir es que las leyes de la naturaleza no permanecen exactamente iguales cuando se cambia la escala. A veces esto es evidente en las películas de desastres, donde quizá se ha construido una maqueta a escala para simular una gran ola o un rascacielos incendiado. Los mejores resultados se obtienen cuando el factor de escala para el tiempo se elige igual a la raíz cuadrada de la escala espacial. Así, si el rascacielos se construye a escala de 1:9, hay que rodar la película a un $1/3$ de su velocidad real. Pero incluso así, el ojo entrenado notará las diferencias entre lo que sucede en la película y lo que se observaría en el mundo real.

En resumen, las leyes que gobiernan el mundo físico tienen dos características importantes: muchas leyes de la naturaleza permanecen invariables cuando cambia la escala, pero hay otros fenómenos, tales como una vela encendida o las gotas de agua, que no cambian del mismo modo. La implicación final es que el mundo de los objetos muy pequeños será completamente diferente del mundo ordinario.

2

Hacia las moléculas y los átomos

Justamente en el mundo de los seres vivos la escala crea importantes diferencias. En muchos aspectos, la anatomía de un ratón es una copia de la de un elefante, pero mientras que un ratón puede trepar por una pared de piedra prácticamente vertical sin mucha dificultad (y se puede caer desde una altura varias veces mayor que su propio tamaño sin hacerse gran daño), un elefante no sería capaz de realizar semejante hazaña. Con bastante generalidad se puede afirmar que los efectos de la gravedad son menos importantes cuanto menores sean los objetos que consideramos (sean vivos o inanimados).

Cuando llegamos a los seres unicelulares, se ve que para ellos no hay distinción entre arriba y abajo. Para ellos, la tensión superficial del agua es mucho más importante que la fuerza de la gravedad. Basta observar que la tensión superficial es la fuerza que da forma a una gota de agua y comparar el tamaño de esa gota con los seres unicelulares, muchísimo menores, para que sea evidente que la tensión superficial es muy importante a esta escala.

La tensión superficial es una consecuencia de que todas las moléculas y los átomos se atraen unos a otros con una fuerza que nosotros llamamos fuerza de Van der Waals. Esta fuerza de Van der Waals tiene un alcance muy corto. Para ser precisos, diremos que la intensidad de esta fuerza a una distancia r es aproximadamente proporcional a $1/r^7$. Esto significa que si se reduce la distancia entre dos átomos a la mitad, la fuerza de Van der Waals con la que se atraen uno a otro se hace $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 = 128$ veces más intensa.