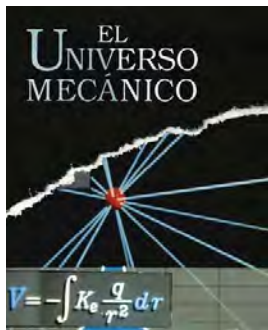


La búsqueda de una ecuación de la Naturaleza

Roberto Rodríguez del Río

Departamento de Matemática Aplicada
Universidad Complutense de Madrid
Grupo UCM de investigación CADEDIF
<http://www.mat.ucm.es/~rrdelrio/>

Seminario de Historia de la Matemática,
Facultad de Ciencias Matemáticas, UCM
22 de febrero de 2012



David L. Goodstein, El Universo Mecánico, 1985

“... muy pronto tendremos las Ecuaciones definitivas que describan todo lo que ocurre en el Universo...”

¿QUÉ RETO QUIERES HACER REALIDAD EN EL 2030?

107.309 Votos

Resultados reto a reto

Votaciones cerradas

← Marcador

AGENDA CIUDADANA
de CIENCIA e INNOVACIÓN

HOME

ACCESO ESCUELAS

<p>12 Innovar en una alimentación saludable.</p>	<p>13 Almacenar la electricidad de forma más eficiente.</p>	<p>20 Una agricultura menos agresiva con el medio ambiente.</p>	<p>21 Entender cómo funciona el cerebro para mejorar nuestras vidas.</p>
<p>14 Vencer las barreras lingüísticas gracias a la tecnología.</p>	<p>15 Tecnologías para ayudar a las personas mayores.</p>	<p>22 Aprovechar las TIC e Internet en beneficio de la educación.</p>	<p>23 Órganos artificiales para reemplazar órganos dañados.</p>
<p>16 Innovar en los sistemas de protección social públicos.</p>	<p>17 Tratamientos médicos personalizados gracias a la genética.</p>	<p>24 Unificar todas las teorías de la física.</p>	<p>25 Robots que faciliten nuestras vidas.</p>
<p>18 Ciudades más cómodas, accesibles y ecológicas.</p>	<p>19 Reducir el consumo de materias primas.</p>	<p>El sorteo se realizará fraternalmente en sede notarial durante la segunda quincena de julio, publicándose el resultado en fecha 21 de julio.</p>	<p>SORTEO: VIVE UNA EXPERIENCIA QUE TE CAMBIARÁ LA VIDA</p>

Comparte esta web

¿Qué estamos haciendo en la red?

+ SOBRE LA AGENDA

¿Quién ha hecho posible este proyecto?

¡Gracias por participar!

El periodo de participación de la Agenda Ciudadana ya ha finalizado. Con esta iniciativa, todos los ciudadanos hemos podido participar en la construcción de Europa. Seguimos trabajando para que ésta no sea la primera y última vez que los ciudadanos somos protagonistas del debate científico.





Ignacio Cirac

"...mi reto para 2030 es la unificación de todas las teorías de la física."

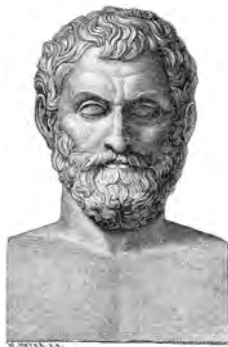
También fue un reto de Einstein, de Schrödinger, de Newton...

El comienzo de la historia

El imperio de los dioses



El comienzo de la historia



Tales de Mileto (624-546 a.C.)

La naturaleza sigue unos principios consistentes que pueden ser descifrados.

El número como principio

Pitágoras (580-490 a.C.) y la música: primera formulación matemática de una ley de la naturaleza.

... y los pitagóricos

...les parecía que toda la naturaleza estaba hecha a imagen de los números, y que los números son los primeros en la naturaleza, supusieron que los elementos de los números fuesen los elementos de todos los seres y que el universo entero fuese armonía y número.

Aristóteles

Leyes físicas o matemáticas



Arquímedes (287-212 a.C.)

Ley de la palanca, ley de la hidrostática y ley de la reflexión.
Para Arquímedes se trataba de teoremas puramente matemáticos.

El lenguaje del universo



La Filosofía está escrita en ese gran libro del Universo, que está continuamente abierto ante nosotros para que lo observemos. Pero el libro no puede comprenderse sin que antes aprendamos el lenguaje y el alfabeto en que está compuesto. Está escrito en el lenguaje de las Matemáticas y sus caracteres son triángulos, círculos y otras figuras geométricas, sin las cuales es humanamente imposible entender una sola de sus palabras. Sin ese lenguaje, navegamos en un oscuro laberinto.

Galileo Galilei, *El ensayador*

Para aquellos que no conocen las matemáticas, es difícil sentir la belleza, la profunda belleza de la naturaleza...

Richard P. Feynman



Un ejemplo

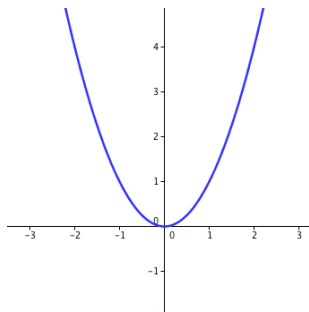
$$y = x^2$$

¿Qué hay detrás?

Una regla que relaciona los valores numéricos de dos variables,
 x e y :

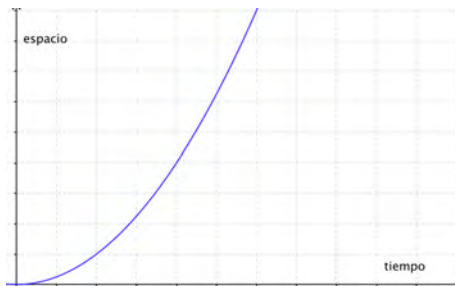
x	-3	-2	-1	0	1	2	3
y	9	4	1	0	1	4	9

Del Álgebra a la Geometría...



La parábola

A la Física.



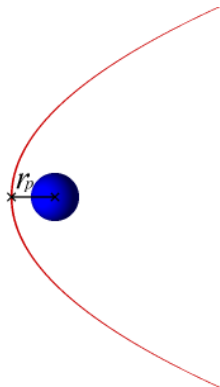
Tiro parabólico

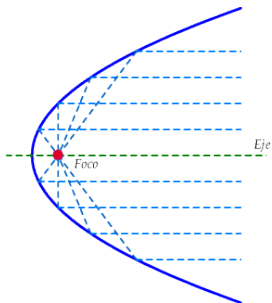


Siempre que se verifiquen ciertas condiciones, claro.



Órbita parabólica





¿Por qué funcionan las matemáticas?

¿Cómo es posible que la matemática, un producto del pensamiento humano independiente de la experiencia, se adapte tan admirablemente a los objetos de la realidad?

Albert Einstein

Dios es...

Dios es un geómetra

Platón

Dios es un matemático

Paul Dirac

Dios es un matemático puro

Arthur Eddington

Dios tiene cosas más importantes que hacer...

Paul Erdős

(Mario Livio, *¿Es Dios un matemático?*, Ariel, 2009).

Preguntas, preguntas...

¿Existe realmente una conexión entre los dioses y las matemáticas?

¿Son las matemáticas el material con el que están hechas las leyes de la Naturaleza?

¿Qué son las leyes de la Naturaleza?

... y más preguntas

¿Son verdades profundas sobre el mundo, o son simplificaciones derivadas de nuestra limitada capacidad mental?

¿Realmente es Dios un geómetra?

¿Los patrones matemáticos están realmente en la Naturaleza o los inventamos nosotros?

La razón por la que no podemos responder definitivamente a estas preguntas es que los seres humanos no podemos salirnos de nosotros mismos para tener una visión objetiva del universo.

Ian Stewart

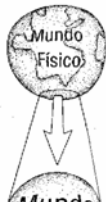
Algunas respuestas



Roger Penrose

Opinión de algunos
matemáticos, según

Penrose



Opinión de Penrose



Algunas respuestas



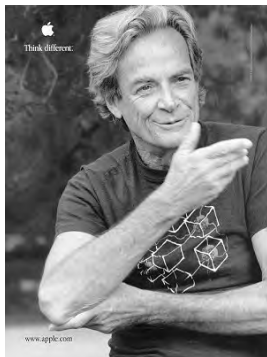
Vladimir I. Arnold (1937-2010)

Las matemáticas son una parte de la física. La física es una ciencia experimental, una de las ciencias de la naturaleza. Las matemáticas son la parte de la física en la que los experimentos son baratos.

Sobre la enseñanza de las matemáticas (1997)

¿Cómo se descubren las leyes de la Naturaleza?

Richard Feynman y el ajedrez



Conviene no distraerse en la observación...



¿Cómo cambian?

Richard Feynman y la peonza

Observación

Alguien pesa una peonza en reposo y después pesa la misma peonza en movimiento.

Ley

La masa de la peonza no cambia cuando se mueve.

Sin embargo, hoy sabemos:



El primer observador, ¿debería haber enunciado la ley de la siguiente forma?

La masa de la peonza no cambia *mucho* si la velocidad no es *demasiado grande*.

No. Toda ley científica, todo enunciado de los resultados de una observación es un resumen que deja fuera detalles.

Nada puede ser establecido de forma exacta.

¿Cómo permanecen? ¿Por qué?

Es más importante que una ecuación sea bella que el hecho de que concuerde con los experimentos.

Paul Dirac

Las leyes permanecen en forma de ecuaciones...

Ecuaciones y sus creadores

Albert Einstein...



Sus pasiones: Bach, Haydn, Mozart...

... y sus ecuaciones

Equivalencia de masa y energía

$$E = mc^2$$

(Para ver una deducción sencilla:

George F. Simmons, *Calculus Gems*, The Mathematical Association of America, 2007. Pág. 246-248).

Ecuación de campo de la Relatividad General

$$R_{ab} - \frac{1}{2}Rg_{ab} = -8\pi GT_{ab}$$

Ecuaciones y sus creadores

Erwin Schrödinger...



Sus pasiones: Botánica, pintura italiana, *Ephemeridae*...
¿Schumann, Brahms, Schubert, Chopin, ópera italiana?

... y su ecuación

Ecuación de onda de Schrödinger

$$\frac{-\hbar^2}{2m} \Delta \psi + V \psi = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t}$$

Incompatibilidad de caracteres

Ambos, Einstein y Schrödinger, buscaron una teoría que hiciera compatibles sus ecuaciones, una teoría que integrara Relatividad General y Mecánica Cuántica:

El reto de la teoría final de unificación,

la ecuación de la Naturaleza

Ecuaciones, iconos del conocimiento

Existe un dogma que está de moda en la actualidad acerca de la popularización de la ciencia, que impone un veto al uso de ecuaciones en cualquier exposición divulgativa sobre ciencia. Alguna gente odia las ecuaciones, mientras otros las adoran. Pero esto sería similar a asistir a una exposición sobre arte sin mostrar imágenes.... Si hablamos de las ecuaciones como iconos del conocimiento, ciertamente deberíamos mostrarlas en toda su belleza.

Sander Bais, *The Equations, icons of knowledge*

Si no la entiendes en una primera lectura, sáltatela y vuelve después a intentarlo. Si sigue sin decirte nada, continúa leyendo.

Roger Penrose

Un experimento

¿Cuál de las siguientes expresiones matemáticas reconoces?

1.

$$a^2 + b^2 = c^2$$

2.

$$F = ma$$

3.

$$1 + e^{i\pi} = 0$$

4.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

5.

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

6.

$$x''(t) + \omega^2 x(t) = 0$$

7.

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k \Delta u$$

Soluciones

1. Teorema de Pitágoras

$$a^2 + b^2 = c^2$$

2. Segunda ley de Newton

$$F = ma$$

3. Fórmula de Euler

$$1 + e^{i\pi} = 0$$

4. Ley de Gravitación Universal de Newton

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

5. Solución de la ecuación de segundo grado

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

6. Ecuación del movimiento armónico

$$x''(t) + \omega^2 x(t) = 0$$

7. Ecuación del calor

$$\frac{\partial u}{\partial t} = k \Delta u$$

Las 10 fórmulas que cambiaron la faz de la Tierra

1. Ley básica de adición

$$1 + 1 = 2$$



Las 10 fórmulas que cambiaron la faz de la Tierra

2. Ley de Gravitación Universal de Newton

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$



Las 10 fórmulas que cambiaron la faz de la Tierra

3. Equivalencia entre energía y masa

$$E = mc^2$$



Las 10 fórmulas que cambiaron la faz de la Tierra

4. Fórmula de los logaritmos

$$e^{\ln N} = N$$



Las 10 fórmulas que cambiaron la faz de la Tierra

5. Teorema de Pitágoras

$$a^2 + b^2 = c^2$$



Las 10 fórmulas que cambiaron la faz de la Tierra

6. Ecuación de Boltzmann

$$S = k \log W$$



Las 10 fórmulas que cambiaron la faz de la Tierra

8. Ecuación de onda de De Broglie

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$



Las 10 fórmulas que cambiaron la faz de la Tierra

9. Ecuación de la radiación electromagnética de Maxwell

$$\nabla^2 E = \frac{Ku}{c^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}$$



Las 10 fórmulas que cambiaron la faz de la Tierra

10. Ley de la palanca de Arquímedes

$$F_1x_1 = F_2x_2$$



Como ocurrió en el pasado, el desarrollo futuro de las matemáticas afectará, de forma directa o indirecta, a nuestra forma de vivir y de pensar. Las maravillas del mundo antiguo, como las pirámides de Egipto, fueron físicas. Las mayores maravillas del mundo moderno se encuentran en nuestro propio entendimiento.

Dios creó los números, Stephen Hawking

Referencias

- G. FARMELO (ED.). *Fórmulas elegantes. Grandes ecuaciones de la ciencia moderna*. Segunda edición. Tusquets editores. Barcelona, 2005.
- R. P. FEYNMAN. *El carácter de la ley física*. Tusquets, Barcelona, 2010.
- R. P. FEYNMAN. *Qué significa todo eso*. Crítica, Barcelona, 2010.
- S. HAWKING (ED.). *Dios creó los números*. Crítica, Barcelona, 2006.
- S. HAWKING, L. MLODINOW. *El gran diseño*. Crítica, Barcelona, 2010.
- S. HAWKING (ED.). *Los sueños de los que está hecha la materia*. Crítica, Barcelona, 2011.
- M. LIVIO. *¿Es Dios un matemático?* Ariel, Barcelona, 2009.
- R. PENROSE. *Lo grande, lo pequeño y la mente humana*. Akal, Madrid, 2006.
- C. PICKOVER. *De Arquímedes a Hawking*. Crítica, Barcelona, 2009.
- G. F. SIMMONS. *Calculus Gems*. The Mathematical Association of America, 2007.
- I. STEWART. *Cartas a una joven matemática*. Crítica, Barcelona, 2006.
- J. VOLPI. *En busca de Klingsor*. Seix Barral, Barcelona, 2008.

Gracias