

ESCUELA DE DOCTORADO- UNIV. CADIZ

21 NOV 2017

IV Jornadas Doctorales del Programa de Doct. en Matemáticas

*"Las Matemáticas en
el siglo 21: retos
científicos y retos
sociales"*

Juan Luis VÁZQUEZ

Real Academia de Ciencias

Univ. Autónoma de Madrid

Univ. Complutense de Madrid



El Papel de las Ciencias en la Sociedad del Conocimiento y de la Información

- **Comprender:** PENSAR, teoría y práctica
- **Descubrir:** INVESTIGACION, nuestro jardín secreto
- **Producir y controlar:** DESARROLLO, mejorar mundo
- **Cambiar la vida:** INNOVACION, lo inesperado.
- **Comunicar, transmitir:** EDUCAR, enseñar a ver.

El Papel y el reto de las Matemáticas hoy

- **MATEMATICAS PARA LA EDUCACIÓN.** El binomio Matemáticas y Lengua. Vehículo para aprender a pensar, los números, las ideas permanentes y la buena lógica.
- **INVESTIGACIÓN PURA.** Descubrir el orden, la belleza y la verdad en los mundos abstractos, la herencia de Pitágoras, Platón y Euclides.
- **MATEMATICA APLICADA.** El lenguaje inevitable de las ciencias y las técnicas. Producir y controlar, innovar y administrar, diseñar y predecir. Mundo sostenible.

Las verdades de la Ciencia

Los tres momentos del proceso que se sigue en la ciencia:

- Enfrentarse a un problema: **opinión a priori**
- **Suspendemos el juicio.** Estudio y experimentación.
- Teoría comprobada: **verdad a posteriori.**
Esta verdad es aplicable hasta que algo de ella sea refutado... por hechos finísimamente observados.

Lo cierto y lo seguro

- El mundo de la lógica y las matemáticas tiene certezas absolutas.
- Nuestro concepto del mundo real admite sólo teorías, comprobaciones y probabilidades.
- Podemos calcular las probabilidades que nos permitan vivir en el margen de error que sea preciso. *Esa es la gran seguridad.* Lo que afirmamos ha de ser *fiable*.

El mundo del siglo XXI un mundo de datos

- La revolución digital que tuvo lugar a finales del siglo XX se ha acelerado en estos 17 años y hemos entrado en un mundo lleno de datos.
- Aparece la *Data Science* y los *Big Data*.
- Se forma un triángulo de saberes amigos:
Matemáticas-Informática-Estadística.

Qué hacer en un mundo de datos y robots

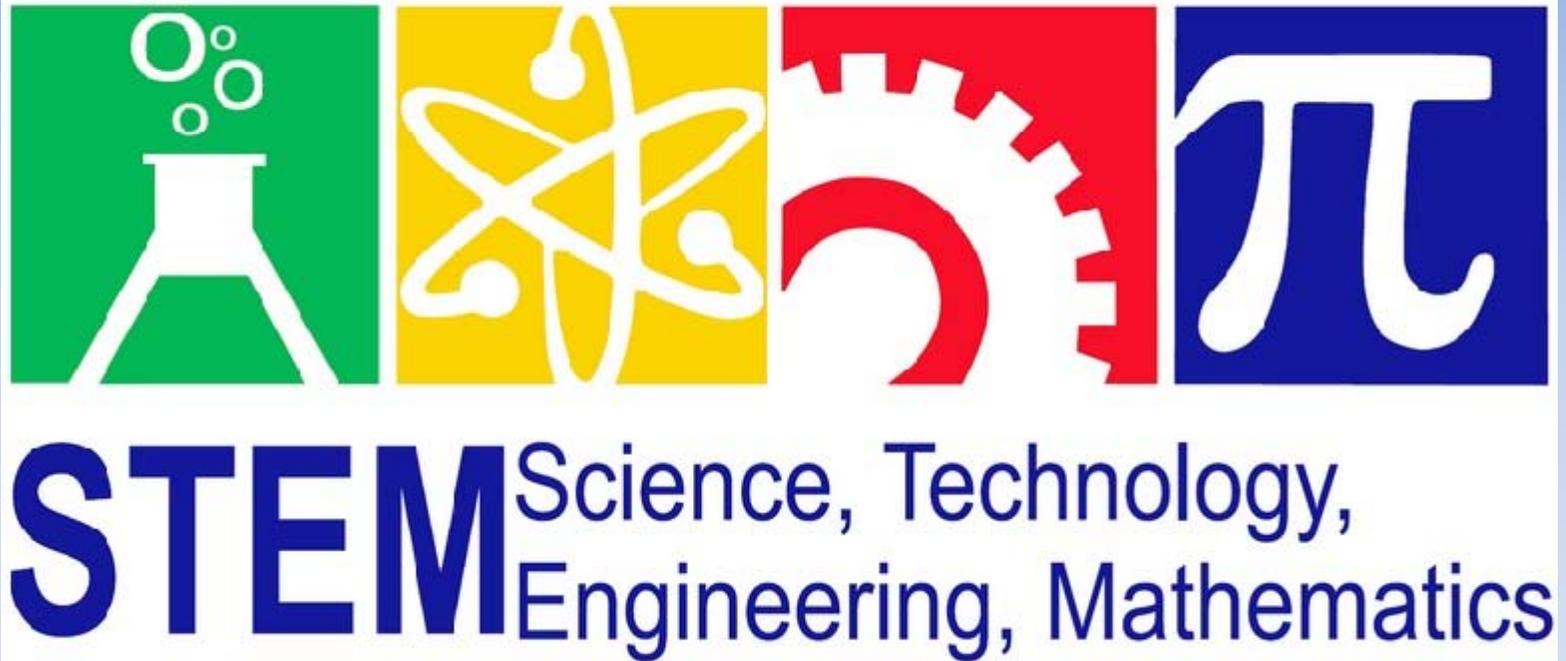
Depende de tus inclinaciones

- Si te abrumba la novedad, temes a futuro, tienes vértigo ante los grandes números y/o crees en el *poder inevitable de los malos*, hay un futuro de terror y susto para ti. Welcome to “*Apocalypse now*” o “*el futuro nos tiene aterrorizados*”.
- Si eres optimista o científico hay otra opción que ya habíamos probado.

El método científico

¡menos agobio, y más estudio!

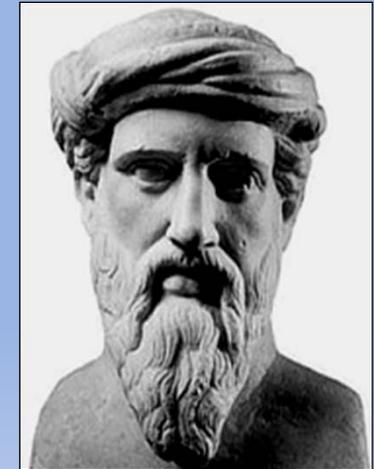
La solución organizada al reto: STEM



RESUMEN



P. LAX



PITÁGORAS

La matemática es un vasto edificio con muchas vistas y dos caras:

la aplicada

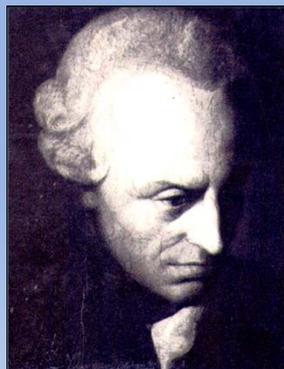
la pura

En el siglo XXI podemos calcular, el cálculo es rápido, eficiente y barato. Una computadora normal de investigador tiene más de 10^{11} bytes de memoria y es capaz de usarlos efectivamente. (España posee un superordenador de 100 TeraBytes).

El sueño de Pitágoras: Παντα αριθμος = todo es número, y el proyecto de Galileo-Newton están siendo realizados y ¡de qué manera!

La Ciencia ve el mundo a través de las matemáticas, que son al mismo tiempo la ciencia de lo exacto y de lo probable.

EL LEGADO DE LOS ILUSTRADOS



I. KANT

I. Kant (1724-1804) analiza el poder de la razón: *Crítica de la Razón Pura / Crítica de la Razón Práctica*

La noble *herencia de la Ilustración*: la razón ilustrada nos hará más sabios, más libres, más felices, más ricos y más solidarios.

Desde el siglo XVIII las autoridades ilustradas no dejaron de apoyar el desarrollo de los (dos) saberes combinados. Hoy ese apoyo adopta la forma de Programas Nacionales y Europeos de Mat / Mat Apl. / Mat.Comput., Becas, Grants, etc.

(cuando se acuerdan que no siempre)

- La matemática es profunda y barata

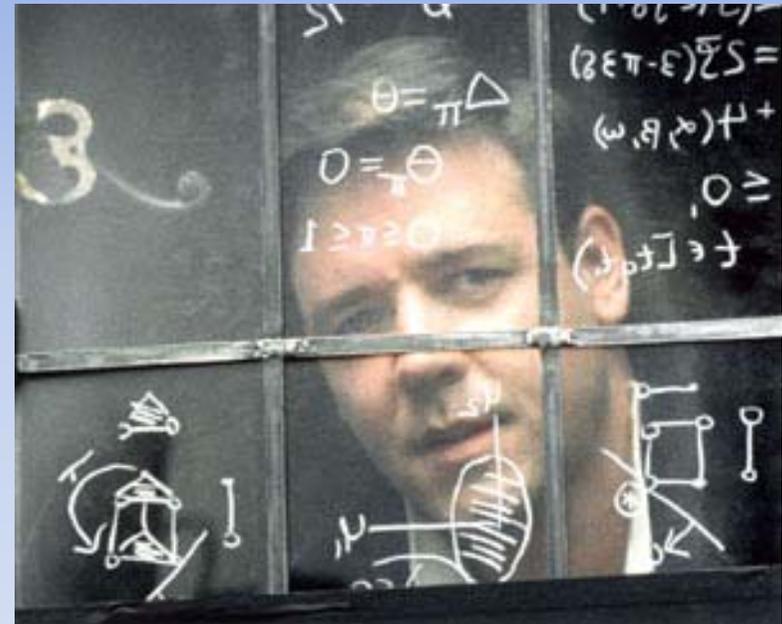
Como trabajamos

Dos ejemplos de estos años

Abelprisen

El premio Abel

Los Premios Abel son un galardón anual otorgado por el Rey de Noruega a un matemático/a destacado. Junto con las medallas Fields, son dos de los premios más importantes que puede ganar un matemático/a.



John Nash, 2015

El premio Abel de 2017

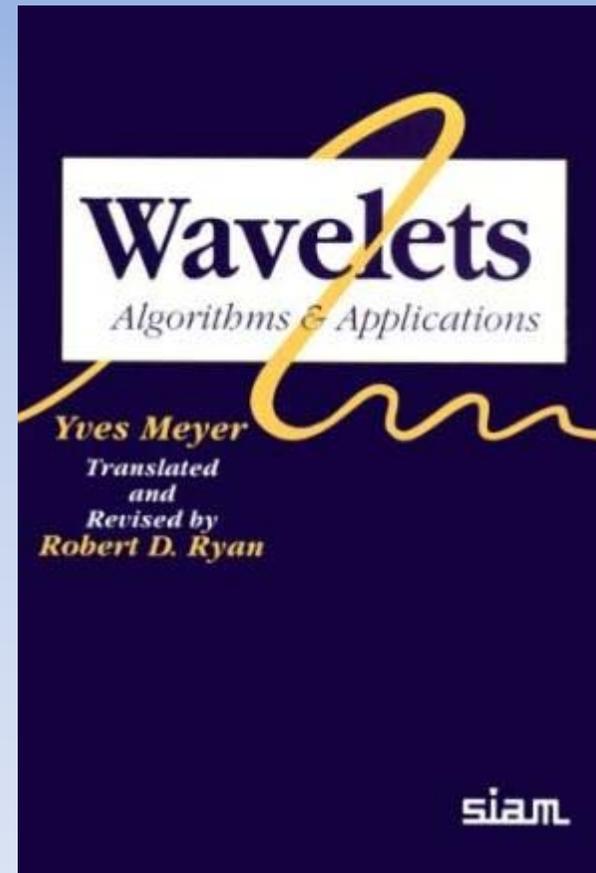
Matemática Pura muy útil

The Norwegian Academy of Science and Letters has decided to award the Abel Prize for 2017 to Yves Meyer (age 77) of the École Normale Supérieure Paris-Saclay, France

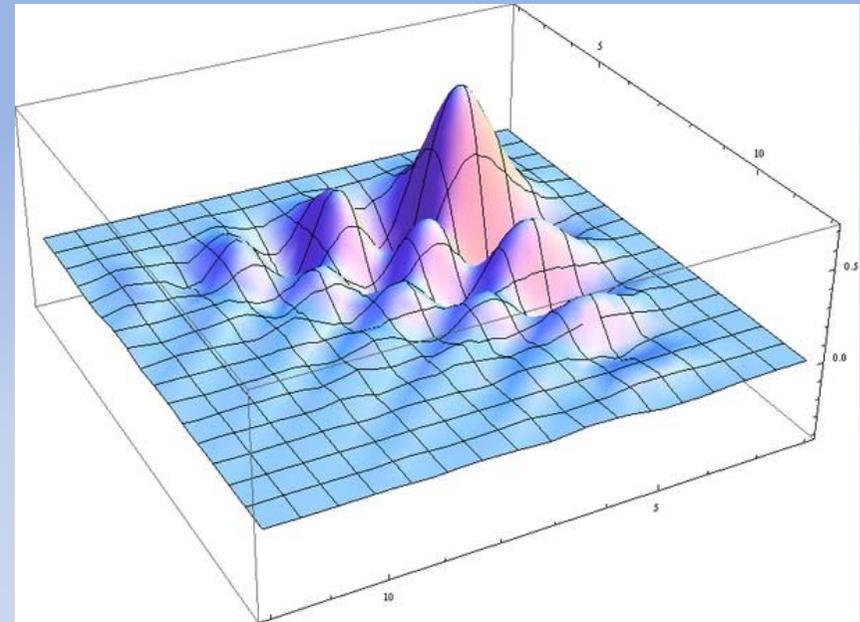
“for his pivotal role in the development of the
mathematical theory of wavelets”.

- Yves Meyer was the visionary leader in the modern development of this theory, at the intersection of mathematics, information technology and computational science.
- Wavelet analysis has been applied in a wide variety of arenas as diverse as applied and computational harmonic analysis, **data compression**, noise reduction, medical imaging, archiving, digital cinema, deconvolution of the Hubble space telescope images, and the recent LIGO detection of **gravitational waves created by the collision of two black holes**.

Yves Meyer, un héroe que conoce España



Y la científica que dio gran vida práctica a las ondículas

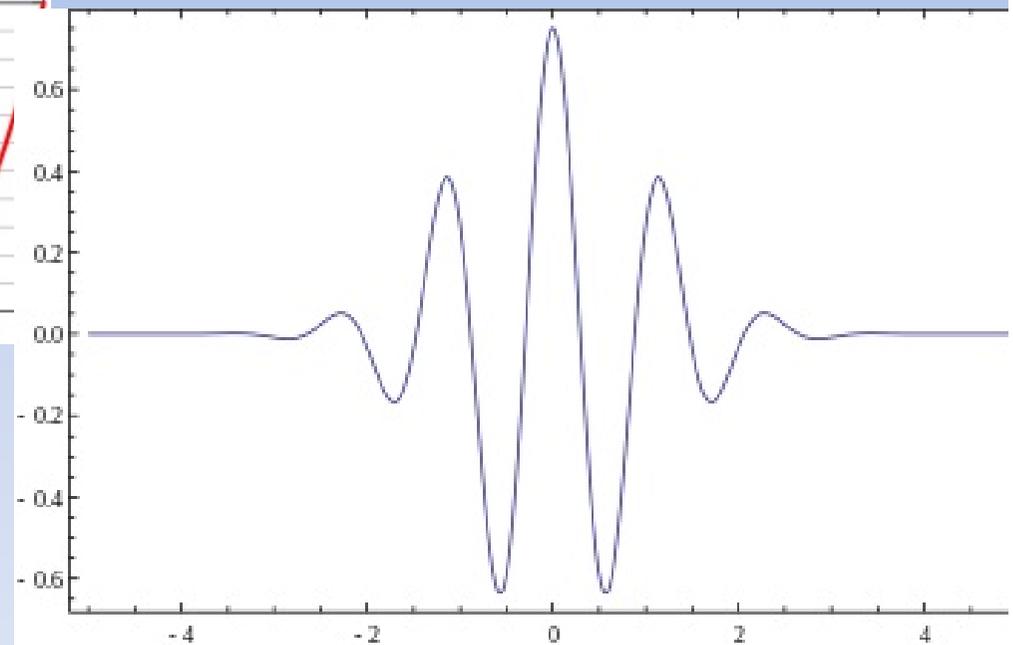
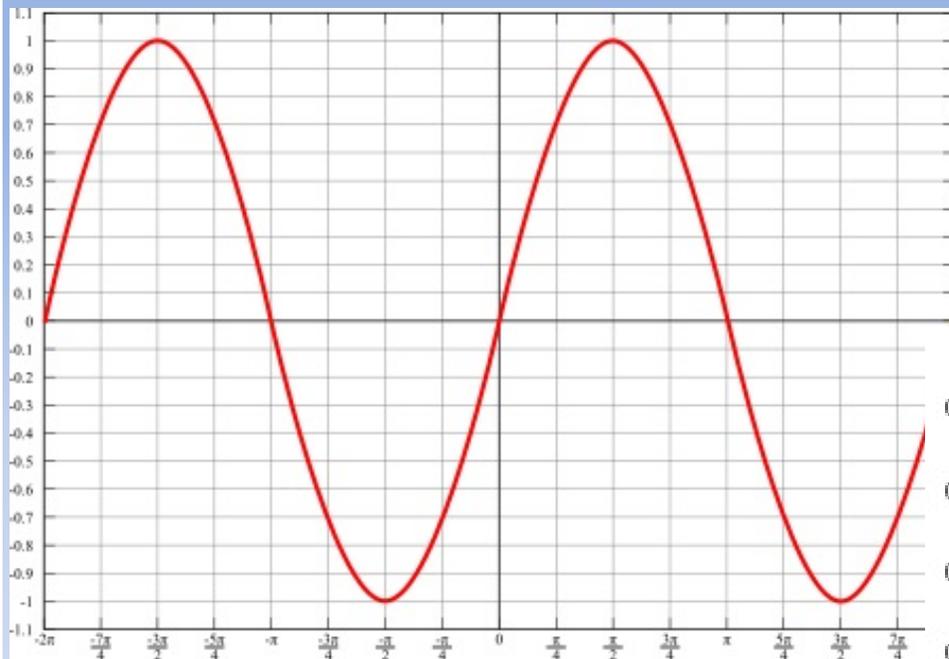


INGRID DAUBECHIES
y una de las ondículas
que la han hecho famosa

las ondículas de Daubechies

- (1989) Llevan el nombre de su diseñadora, **Ingrid Daubechies**, eminente profesora de origen belga, ahora en Duke University (EEUU).
- Las OdD son una *base wavelet ortogonal* que permite definir *una transformada wavelet discreta* para representar funciones generales.
- Para cada tipo de ondículas de esta clase, hay una función de escala (llamada la *wavelet madre*) que genera **un análisis ortogonal multi-resolución** (Meyer, Mallat 1989).

Senos, cosenos y ondículas



<https://www.youtube.com/watch?v=ZnmvUCtUAEE>

Como trabajamos

Segundo ejemplo

El brillo de la Matemática Pura

- Cada cuatro años se celebra el *International Congress of Mathematicians*. Se celebró en Pekin en 2002, en Madrid en 2006, en India en 2010, en Seúl (Korea) en 2014 y en Rio Janeiro (Brasil) en 2018.
- En el congreso se conceden las **Medallas Fields**, las más famosas en el mundo matemático. Son “el Nobel de los matemáticos”. Ahora hay otras llamadas **Abel**
- Restricción además de ser un genio de las más difíciles teorías: tener menos de 40 años de edad.
- En el Congreso de 2014 en Korea fueron premiados **Artur Avila** (RioJan-Paris), **Manjul Barghava** (Princeton), **Myriam Mirzakhani** (Stanford) y **Martin Hairer** (Warwick)

Youngest Heroes-Fields Medalists 2014



Artur, Dynamical Systems



Manjul, Geometry of Numbers



Myriam, Moduli Spaces



Martin, Stochastic PDEs

Dónde está el talento

- El talento natural, cultivado por la tradición , la innovación y el esfuerzo , es lo que hace la diferencia en la ciencia.
- El talento surge en todas partes, pero se cultiva adecuadamente en muy pocas
- **Artur Avila** (Rio de Janeiro – CNRS Paris, Fr),
- **Manjul Barghava** (Punjab-Canadá-Princeton, USA),
- **Myriam Mirzakhani** (Teherán- Stanford, USA)
- **Martin Hairer** (Suiza- Austria- Warwick, UK)

Tanto nuestras autoridades como el público ven esto

Pero hacen poco por tenerlo en cuenta

y en muchos casos se va en la dirección equivocada.

Por ello nuestros científicos que lo hacen bien en nuestros países
tienen tanto mérito

Youngest Heroes-Fields Medalists 2018



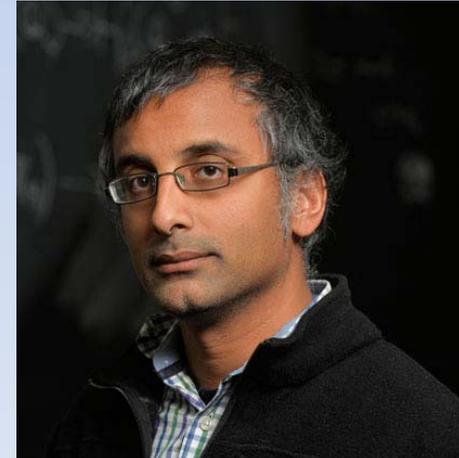
Birkar, Kurdistan, Iran
Algebraic Geometry



Peter Scholze, Germany,
Algebraic Geometry



Alessio Figalli, Italy
Partial Diff Eqns, Calc. Var.



Akshay Venkatesh, India
Number Theory

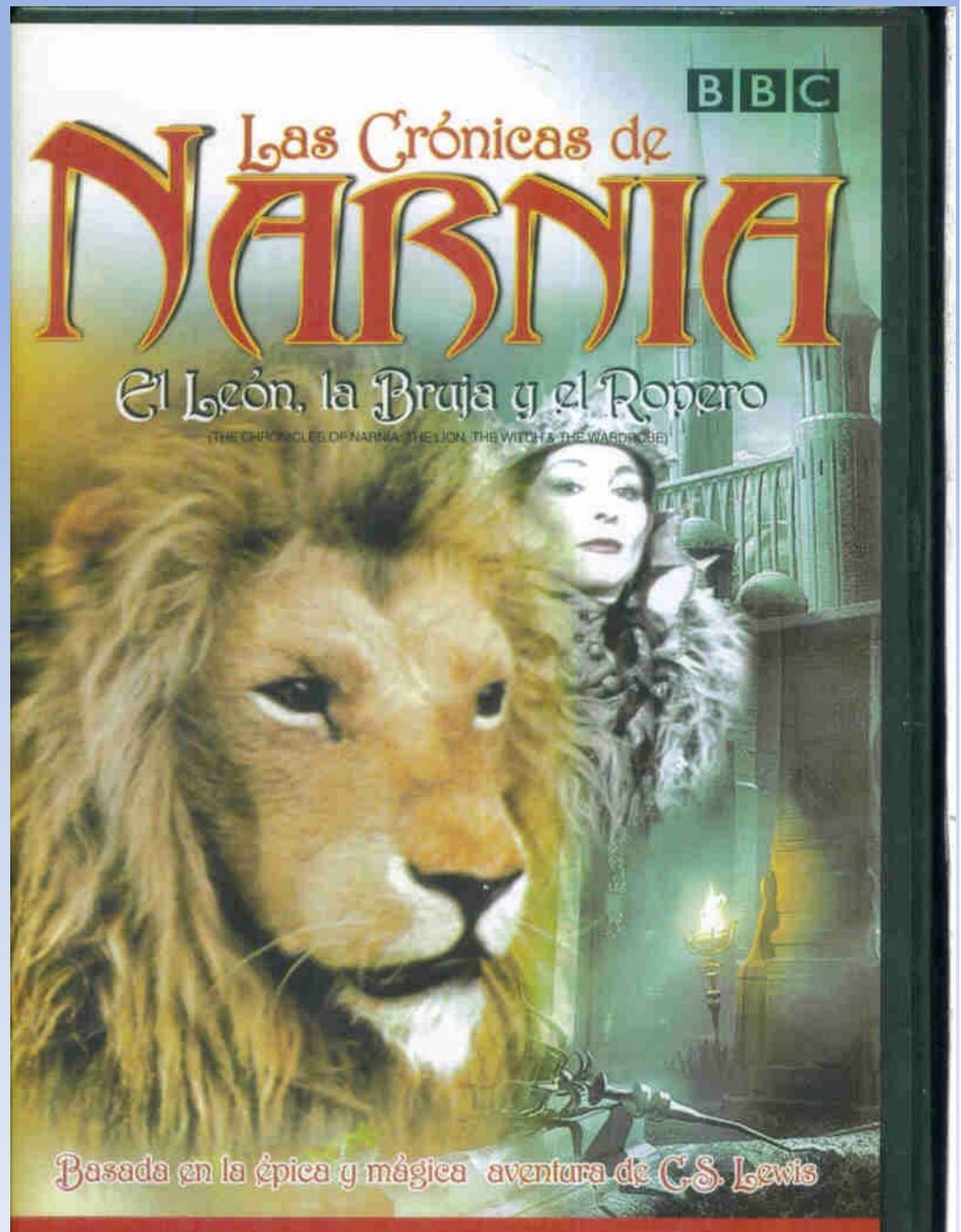
Nuestro mundo de ensueño ?

*Amo los mundos sutiles,
ingrávidos y gentiles
como pompas de jabón,
nunca perseguí la gloria
ni dejar en la memoria...*

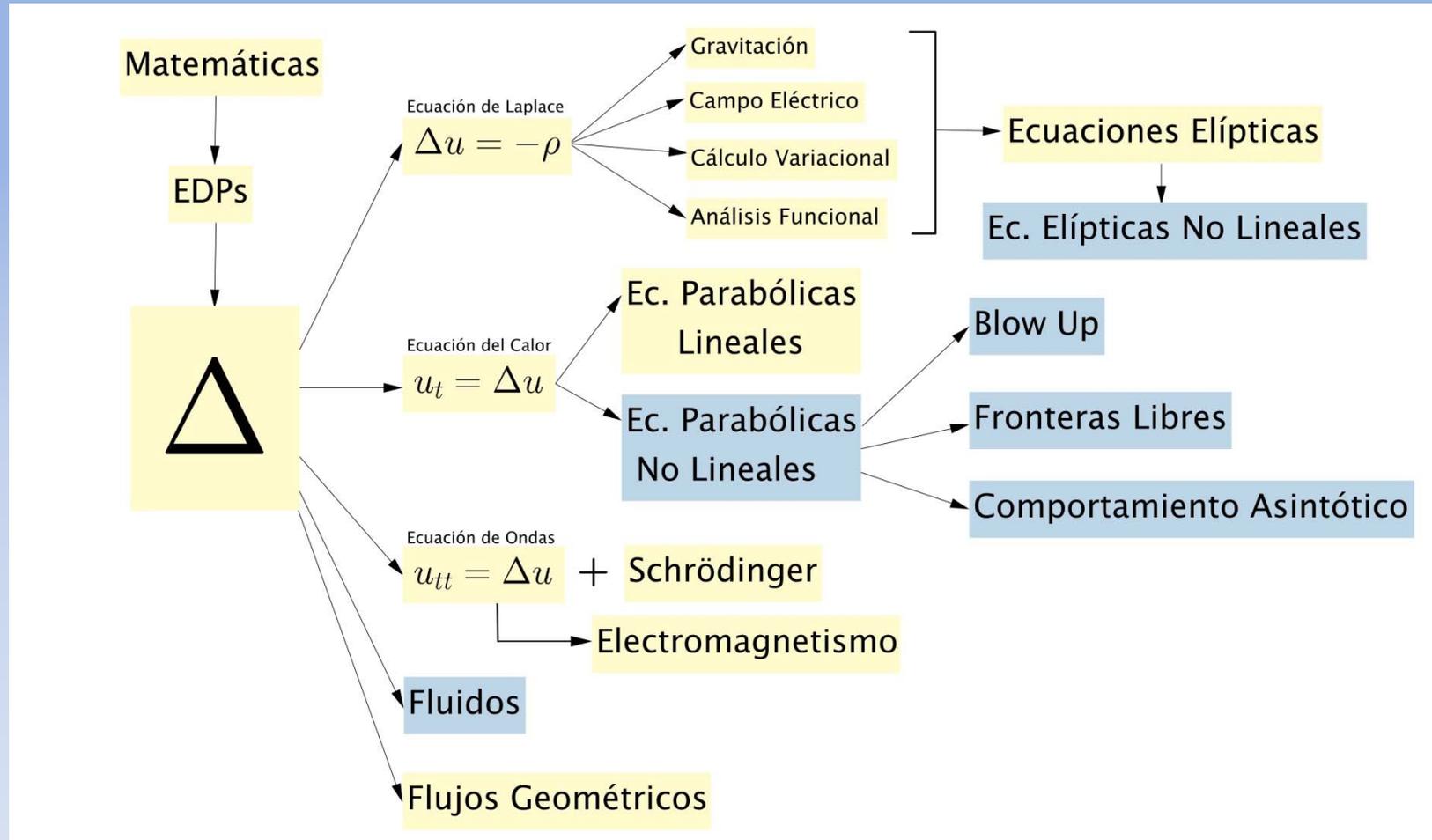
?

Nuestro mundo de ensueño

JUAN LUIS VAZQUEZ



Senderos de la ciencia (JLV 2014)



BREVE HISTORIA DE NUESTRO MUNDO

La ciencia moderna
El legado de Newton

El origen del mundo moderno



Europa 1500-1700

El hombre nuevo renacentista descubre el lejano pasado clásico y al tiempo el encanto del mundo que nos rodea.

Nace la Ciencia y la sociedad en la que hemos vivido (cada vez mejor) estos cuatro siglos.



Las Matemáticas y el mundo moderno

El hombre nuevo renacentista y el nacimiento de la ciencia

LOS DOS PILARES DE LA CIENCIA

EXPERIMENTOS

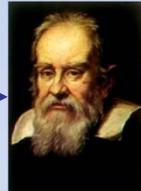
MATEMÁTICAS

La importancia de las Matemáticas en el mundo moderno

LOS DOS PILARES DE LA CIENCIA (Cont.)

Método Matemático: Galileo, Descartes, Newton

Dixit



G. Galilei (1623): “*il libro della Natura è scritto in lingua matemática*”

Fecit

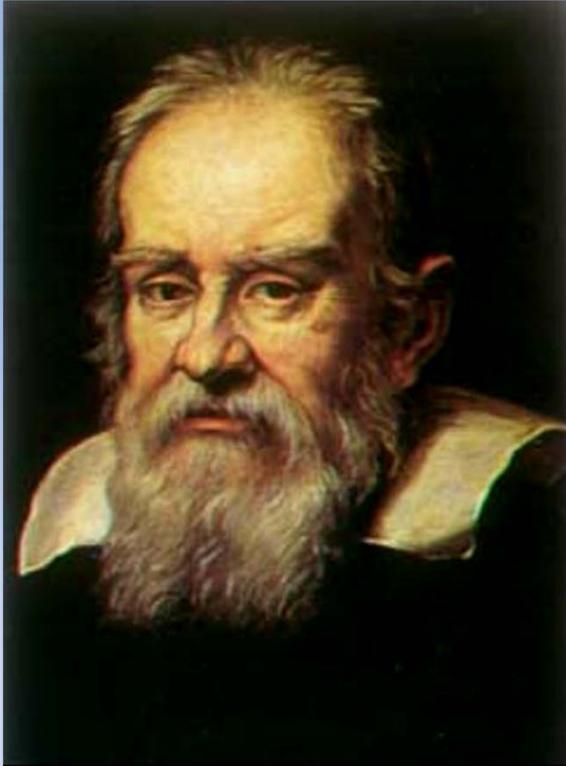


I. Newton (1687): “*Principia Mathematica Philosophiae Naturalis*”

Comprender un mundo que cambia

- *La clave para entender el mundo que nos rodea está en comprender **cómo cambia** y qué le hace cambiar (Dinamismo vs estática).*
- *El cálculo del cambio está en la **derivada**, que es velocidad y que es pendiente.*

LOS HÉROES FUNDADORES



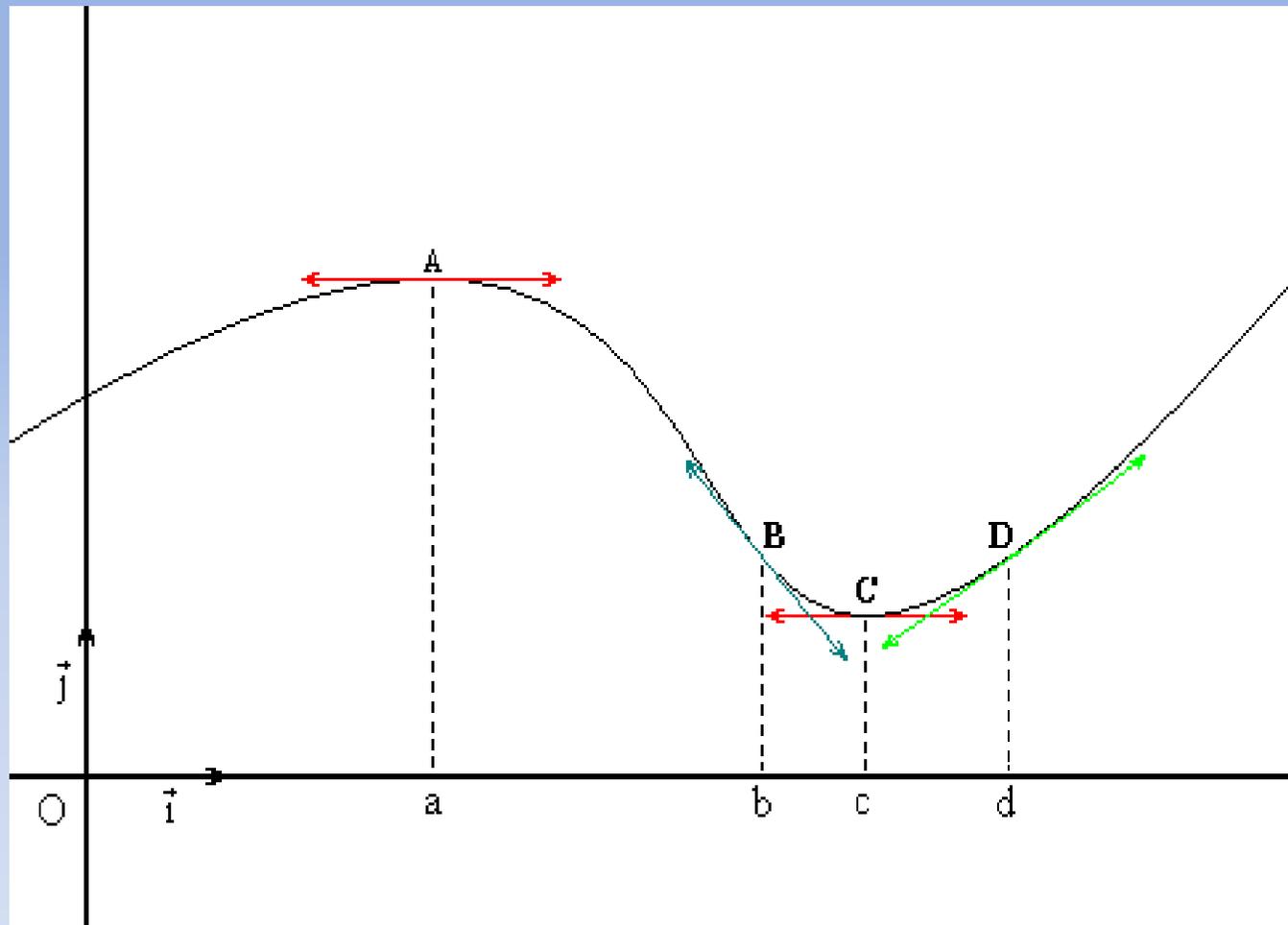
Galileo Galilei, 1564-1642



Isaac Newton, 1642-1727

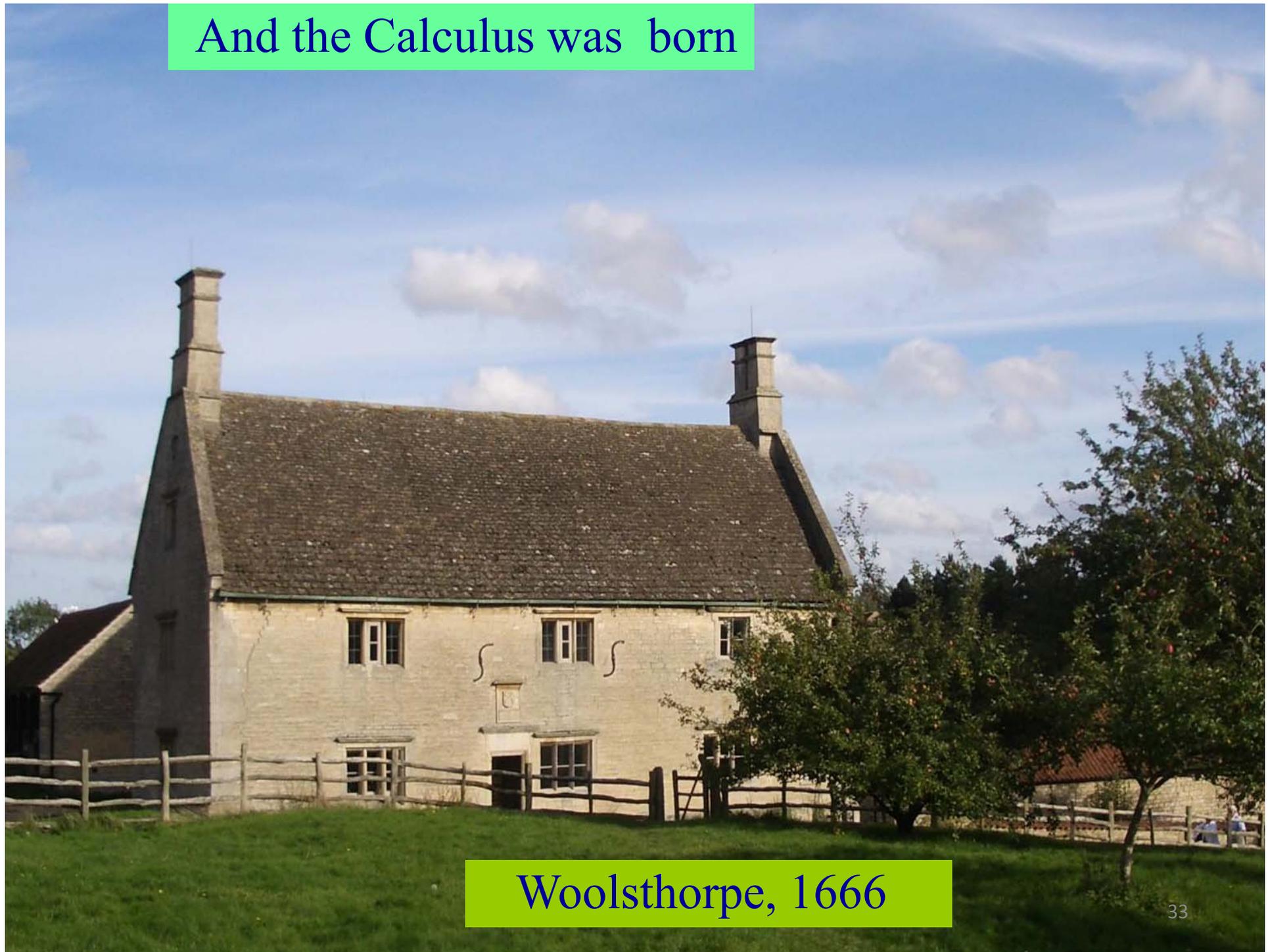
“Hijos de un dios mayor”

NUESTRA AMIGA LA DERIVADA



$$f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

And the Calculus was born



Woolsthorpe, 1666

Isaac Newton Institute for Mathematical Sciences



Clarkson Road, Cambridge, 2014

PARTE II

Dos siglos creando las bases del mundo en que vivimos: matemáticas, ciencia y tecnología

DOS SIGLOS DE RÁPIDO PROGRESO

“aprendiendo a jugar en dos tableros”

Análisis Diferencial e Integral: **Euler**, ...

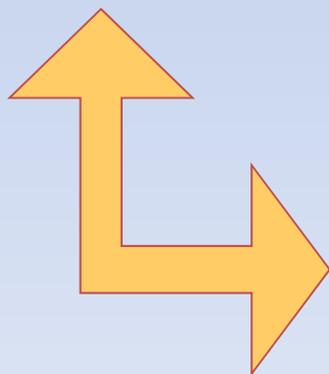
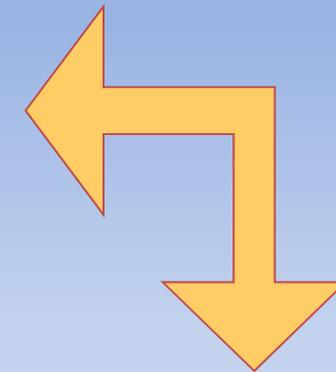
Geometría diferencial: **Gauss, Riemann**

Geom. Generales no euclidianas, dim. superiores

Teoría de **funciones**: **Fourier, Dirichlet, W, J,**

Grupos y **álgebra** abstracta: **Galois**

Conjuntos. Lógica: **Cantor, Boole, Russell**



Mecánica: **Bernoulli, Euler, Laplace**

Fluidos perfectos, reales (viscosos): **Euler, NS**

Electromagnetismo y Ondas: **Maxwell**

Calor y Termodinámica: **Fourier, Carnot, Joule**

Teoría cinética, M. Estad.: **Boltzmann, Gibbs**

SÍMBOLOS MÁGICOS

- La derivada parcial

$$\frac{\partial f}{\partial x} = f_x = \partial_x f$$

$$\frac{\partial^2 f}{\partial x^2} = f_{xx} = \partial_{xx} f$$

- El Laplaciano

$$\Delta = \nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

$$\Delta \phi = \nabla^2 \phi = \nabla \cdot (\nabla \phi)$$

- La variable compleja

$$z = x + iy$$

$$w = f(z) = u(z) + iv(z)$$

NUEVOS HÉROES



P. S. Laplace 1749-1827

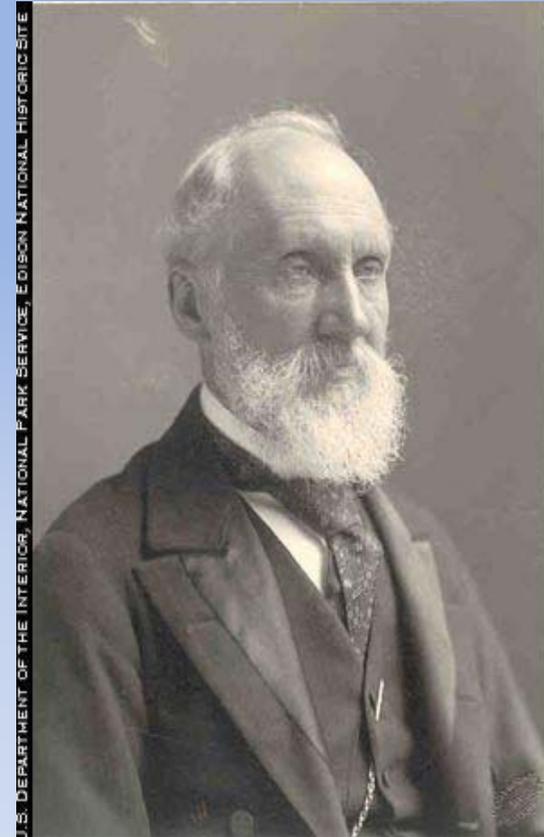


Joseph Fourier, 1768-1830

HÉROES de los FLUIDOS



George Gabriel Stokes, 1819-1903



W. Thompson, Lord Kelvin 1897

NUEVOS HÉROES



Gauss

Riemann



Física y Matemáticas en Alemania, siglo. XIX

PARTE III

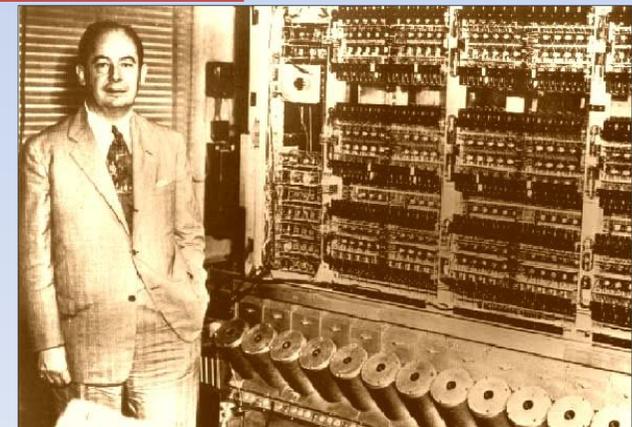
La era computacional

EL MUNDO COMPUTACIONAL

- Origen **mecánico** de las computadoras: **Pascal, Leibniz, Babbage**
- Problema de **Lógica** Formal: Formalización de la Aritmética de **David Hilbert** (la fe puesta en el mundo finito del algoritmo)
- Crisis: La prueba lógica de **Kurt Gödel** (1931) → incompletitud, inconsistencia, incertidumbre (el fin del absolutismo lógico)
- Un momento genial: **Alan Turing** (1936) La Máquina de Turing

La primera computadora moderna, ENIAC, 1946

- ALL PURPOSE → “todo uso”
- ELECTRONIC
- DIGITAL
- PROGRAMMABLE



John Von Neumann con la máquina

EL HOMBRE QUE VIÓ UN ORDENADOR



Alan Turing

TRAS LA REVOLUCIÓN COMPUTACIONAL...

LOS TRES PILARES DE LA CIENCIA

EXPERIMENTOS

MATEMÁTICAS

SIMULACIONES

- El mundo del laboratorio

- Axiomas
- Deducción lógica
- Números y funciones
- Probabilidades
- Otras ideas abstractas
- Cálculos

- Modelado matemático
- Realidad virtual
- El mundo web

PARTE IV

Perspectiva matemática a finales del siglo pasado

EL LARGO ALCANCE DE LA MATEMÁTICA APLICADA

El entorno tecno-científico

Matemáticas para todo

- Los **Fluidos**:
La ciencia del aire: la **predicción del tiempo**,
la evolución del clima en el planeta
las ciencias marinas (costas, tsunamis, el Niño)
control de los recursos (de agua, de petróleo),
problemas del medio ambiente (residuos)
- Los **Cielos y los Astros**:
la aeronáutica, industria aeroespacial,
la aventura del cosmos, la astrofísica
el universo, los agujeros negros según S. Hawking
- Los **Materiales**:
materiales compuestos, materiales inteligentes
la nanotecnología
- La **Física Teórica**: partículas, supercuerdas,
- Las **Ingenierías**: *****
Minería de recursos y de datos

EL LARGO ALCANCE DE LA MATEMÁTICA APLICADA

La sociedad

Matemáticas para todo

- Las **Finanzas:**
matemáticas de la planificación económica
modelos del mercado de valores
- Las **Comunicaciones:**
Tratamiento de señales; códigos secretos; códigos de barras; criptografía. Tratamiento de imágenes; Internet, compresión: zip, MP3, ...; **Google, GPS**
- La **Administración y la Sociedad Democrática**
Estadísticas (SNE) y predicciones
Planificación y gestión: grafos y otras matemáticas discretas
Teoría de juegos, resolución de conflictos
Teorías de la elección social
- La **Informática** lógica y cálculo en el mundo digital;
algorítmica, el poder actual del ALGORITMO
optimización, INTELIGENCIA ARTIFICIAL
- Los **Sistemas Automáticos:** redes neuronales, autómatas

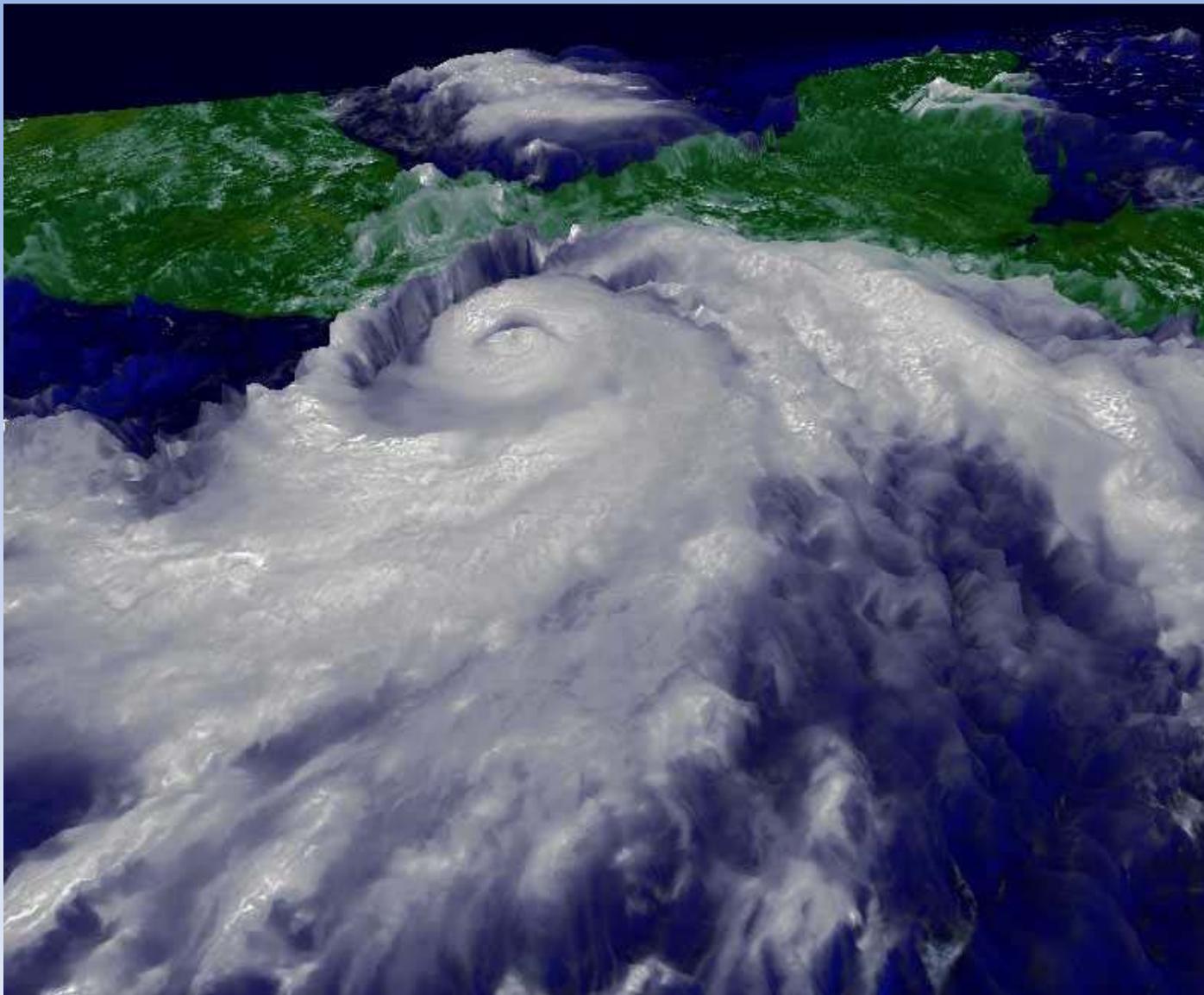
EL LARGO ALCANCE DE LA MATEMATICA APLICADA

las ciencias químicas y de la vida

Matemáticas para todo

- La **Química Computacional**:
cálculo molecular y espectroscópico directo;
diseño de fármacos
- La **Medicina**:
scáner, laser, tomografía;
crec. de **tumores**; genómica
simulación de la **circulación sanguínea**;
- La **Biología**:
dispersión de poblaciones, **tumores**, **epidemias**, **ecología**
- La **Biología molecular**
ADN, proteómica y genómica

Algunos retos para la ciencia



Final

¿Lograremos responder a los retos
científicos y a los sociales?

<http://www.uam.es/juanluis.vazquez>



***MUCHAS
GRACIAS***