

VIII edición
**Premios
Fundación BBVA
Fronteras
del Conocimiento**

8th edition
**BBVA Foundation
Frontiers
of Knowledge
Awards**

Fundación **BBVA**

Con la colaboración del
With the collaboration of



VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Fundación **BBVA**

Con la colaboración del
With the collaboration of

 **CSIC**
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Jurado



Fundación **BBVA**

Con la colaboración del
With the collaboration of

 **CSIC**
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Presidente del Jurado



Prof. Theodor W. Hänsch

Titular de la Cátedra Carl Friedrich v. Siemens.

Facultad de Física

Universidad Ludwig-Maximilians de Múnich

Premio Nobel de Física

Alemania

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Secretario del Jurado



Prof. Avelino Corma

Profesor de investigación

Departamento de Catalizadores

Instituto de Tecnología Química

CSIC - Universidad Politécnica de Valencia

España

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Jurado



Prof . Dr. J. Ignacio Cirac

Director de la División Teórica
Instituto Max Planck de Óptica Cuántica
Alemania

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Jurado



Prof. Trevor Hastie

Catedrático John A. Overdeck

Catedrático de Estadística

Catedrático de Ciencia de los Datos Biomédicos

Universidad de Stanford

Estados Unidos

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Jurado



Prof. Nigel Hitchin

Catedrático Savilian de Geometría

Universidad de Oxford

Reino Unido

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Jurado



Prof. Martin Quack

Director. Grupo de Cinética y

Espectroscopia Molecular

ETH Zúrich

Suiza

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Jurado



Prof. Sandip Tiwari

Catedrático Charles N. Mellowes
de Ingeniería
Universidad de Cornell
Estados Unidos

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Fundación **BBVA**

Con la colaboración del
With the collaboration of

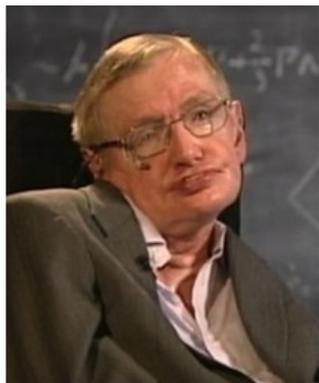
 **CSIC**
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition



Prof. Stephen Hawking

Director de Investigación

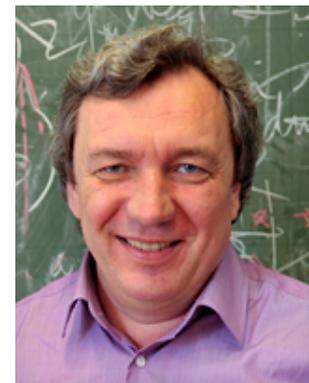
Departamento de Física Teórica y
Matemática Aplicada

Universidad de Cambridge

Reino Unido

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)



Prof. Viatcheslav Mukhanov

Catedrático de Cosmología

Universidad Ludwig-Maximilians de
Múnich

Alemania

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Categoría / Category

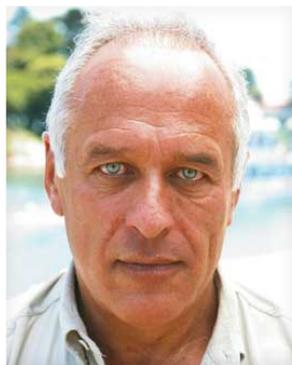
Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Nominadores



Marc Henneaux

International Solvay Institutes
Bruselas
Bélgica



Claudio Bunster

Centro de Estudios Científicos
Valdivia
Chile



Hermann Nicolai

Max-Planck Institut für
Gravitationsphysik
Postdam-Golm
Alemania

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition



Prof. Stephen Hawking

Director de Investigación

Departamento de Física Teórica y
Matemática Aplicada

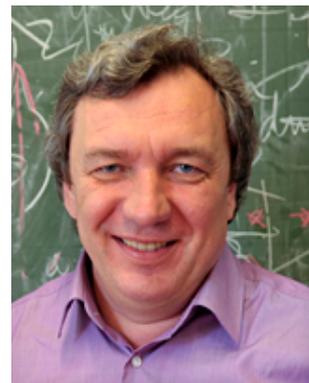
Universidad de Cambridge

Reino Unido

Fundación **BBVA**

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)



Prof. Viatcheslav Mukhanov

Catedrático de Cosmología

Universidad Ludwig-Maximilians de
Múnich

Alemania

Con la colaboración del
With the collaboration of

 **CSIC**
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

Contribuciones

- Si la expansión del universo tras el Big Bang se hubiese realizado según la teoría clásica, viviríamos en un universo homogéneo. Sin embargo, el universo es asimétrico, como lo muestra la existencia y localización no uniforme de galaxias y planetas.
- Viatcheslav Mukhanov y Stephen Hawking predijeron, de manera independiente y con un año de diferencia (1981-1982), que las estructuras del universo tienen su origen en fluctuaciones cuánticas, es decir, en “grumos” de energía que aparecieron después del Big Bang.
- Además de dar una explicación de por qué el universo es desigual, cuantificaron las diferencias de temperatura de esas fluctuaciones y predijeron que sería posibles detectarlas en la radiación de fondo del universo miles de millones de años después.

Quantum fluctuations and a nonsingular universe

V. F. Mukhanov and G. V. Chibisov

P. N. Lebedev Physics Institute, Academy of Sciences of the USSR, Moscow

(Submitted 26 February 1981; resubmitted 15 April 1981)

Pis'ma Zh. Eksp. Teor. Fiz. 33, No. 10, 549-553 (20 May 1981)

Over a finite time, quantum fluctuations of the curvature disrupt the nonsingular cosmological solution corresponding to a universe with a polarized vacuum. If this solution held as an intermediate stage in the evolution of the universe, then the spectrum of produced fluctuations could have led to the formation of galaxies and galactic clusters.

PACS numbers: 98.80.Bp, 98.50.Eb

A nonsingular cosmological model with a polarized vacuum has been attracting particular interest recently.¹ It has been pointed out elsewhere that quantum fluctuations may prove important in cosmology at energy densities comparable to the Planck value.² Since these are in fact the energy densities characteristic of the nonsingular polarized-vacuum model,³ we believe it is worthwhile to study the role of quantum fluctuations in order to determine whether there is a singularity in this model.

For an isotropic metric, the single-loop corrections describing the polarization of the vacuum of physical fields in a strong gravitational field lead to the following Einstein equations²:

$$R_k^i - \frac{1}{2} \delta_k^i = \frac{1}{H^2} \left(R_l^i R_k^l - \frac{2}{3} R R_k^i - \frac{1}{2} \delta_k^i R_m^n R_m^n + \frac{1}{4} \delta_k^i R^2 \right) - \frac{1}{6M^2} \left(2R^i{}_k R^k{}_i - 2\delta_k^i R^l{}_l R^k{}_i - 2RR_k^i + \frac{1}{2} \delta_k^i R^2 \right), \quad (1)$$

where the coefficients M^2 and H^2 result from the sum over the effects of all the fields. For stability of the Minkowski space, M^2 must be positive. For $H^2 > 0$, Eq. (1) has a particular solution of the "de Sitter" type,¹

$$ds^2 = \epsilon_{ik} dx^i dx^k - a^2(\eta) \left(d\eta^2 - \sum_{\alpha=1}^3 (dx^\alpha)^2 \right), \quad (2)$$

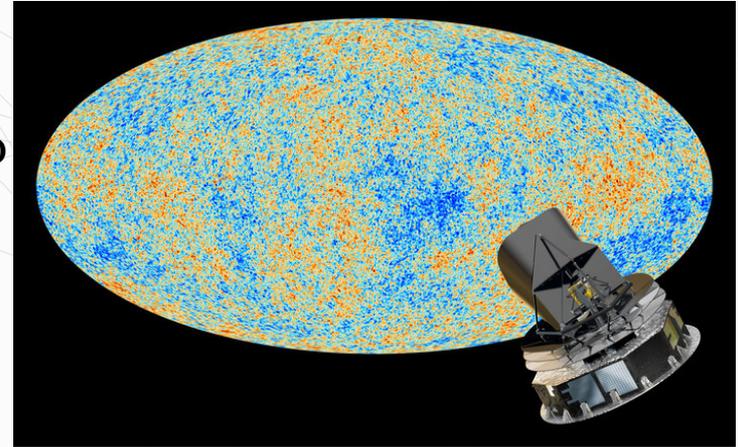
$$a(\eta) = -\frac{1}{H\eta}, \quad -\infty < \eta < 0, \quad R = -12H^2 = \text{const.}$$

The curvature invariants, in particular R , have no singularities in the limit $\eta \rightarrow -\infty$, showing that there is no actual singularity in the universe described by metric (2).

Let us consider, against the background of this metric, some small perturbations

Contribuciones

- En 2013, los datos obtenidos por el telescopio espacial Planck de la Agencia Espacial Europea, confirmaron la teoría enunciada por Mukhanov y Hawking tres décadas antes. Planck indicó no solo el origen cuántico de las estructuras del universo, sino también la enorme precisión con que calcularon la evolución y consecuencias de las fluctuaciones.
- La teoría desarrollada por ambos se considera el descubrimiento más importante confirmado experimentalmente que une la física cuántica con la cosmología.



VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

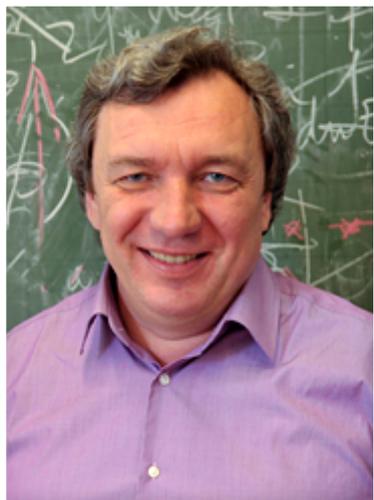
BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Prof. Viatcheslav Mukhanov



Catedrático de Cosmología

Universidad Ludwig-Maximilians de
Múnich

Alemania

VIII edición

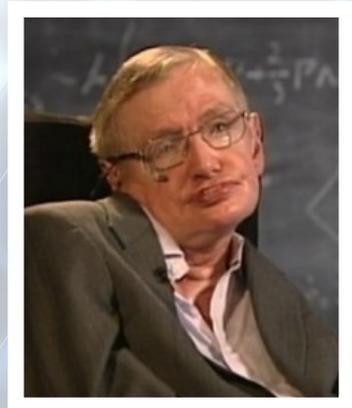
Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)



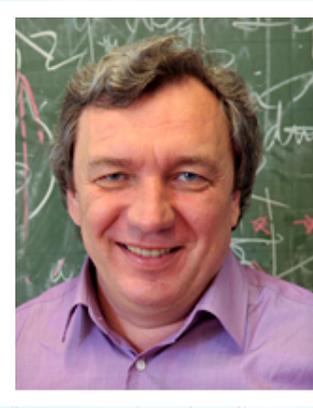
Prof. Stephen Hawking

Director de Investigación

Departamento de Física Teórica y
Matemática Aplicada

Universidad de Cambridge

Reino Unido



Prof. Viatcheslav Mukhanov

Catedrático de Cosmología

Universidad Ludwig-Maximilians de
Múnich

Alemania

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

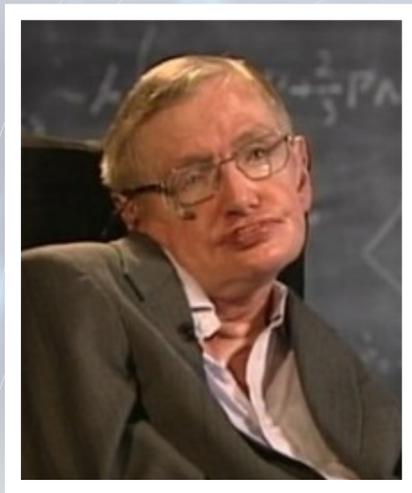
BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Prof. Stephen Hawking



Director de Investigación

Departamento de Física Teórica y Matemática
Aplicada

Universidad de Cambridge

Reino Unido

VIII edición

Premios Fundación BBVA Fronteras del Conocimiento

BBVA Foundation Frontiers of Knowledge Awards

8th edition

Categoría / Category

Ciencias Básicas (Física, Química, Matemáticas)
Basic Sciences (Physics, Chemistry, Mathematics)

Fundación **BBVA**

Con la colaboración del
With the collaboration of

 **CSIC**
CONSEJO SUPERIOR DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS

VIII edición
**Premios
Fundación BBVA
Fronteras
del Conocimiento**

8th edition
**BBVA Foundation
Frontiers
of Knowledge
Awards**

Fundación **BBVA**

Con la colaboración del
With the collaboration of

