

Ordenando el desorden: El impacto de la Física de Giorgio Parisi

J. J. Ruiz-Lorenzo

Departamento de Física
Facultad de Ciencias
Universidad de Extremadura

http://www.eweb.unex.es/eweb/fisteor/juan/juan_talks.html

Facultad de Ciencias

Badajoz, 22 de Octubre 2021



Real
Sociedad
Española de
Física



Facultad de Ciencias



CONFERENCIA:

Ordenando el desorden: El impacto de la Física de Giorgio Parisi

Dr. Juan Jesús Ruíz-Lorenzo

Catedrático de Física Teórica (UEx)

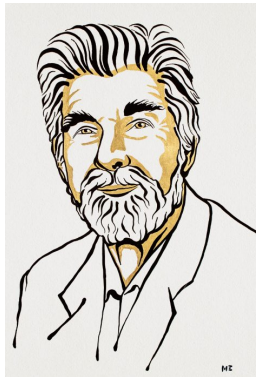
Salón de Actos de la Facultad de Ciencias

22 de octubre de 2021; 12:30 h

Plan de la Charla

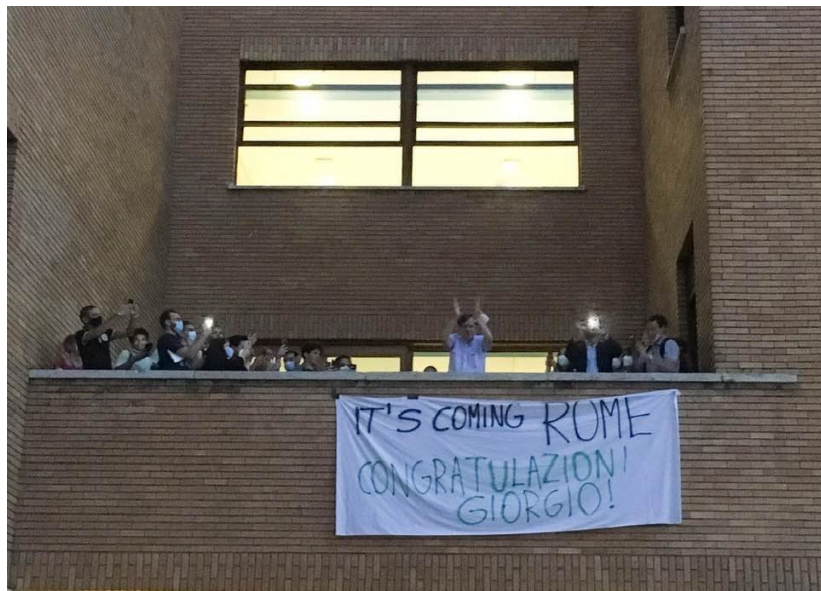
- ▶ EL Premio Nobel de Física 2021
- ▶ Algunos apuntes biográficos sobre Giorgio Parisi
- ▶ Contribuciones científicas (selección)
 1. Resonancia Estocástica
 2. Cromodinámica Cuántica
 3. Ecuación de Kardar-Parisi-Zhang
- ▶ Replica Symmetry Breaking
- ▶ Giorgio como jefe, mentor y colega

Premio Nobel de Física 2021



The Nobel Prize in Physics 2021 was awarded "for groundbreaking contributions to our understanding of complex systems" with one half jointly to Syukuro Manabe and Klaus Hasselmann "for the physical modelling of Earth's climate, quantifying variability and reliably predicting global warming" and the other half to Giorgio Parisi "for the discovery of the interplay of disorder and fluctuations in physical systems from atomic to planetary scales."

Premio Nobel de Física 2021



Algunos apuntes biográficos

- ▶ Nació en Roma el 4 de Agosto de 1948.
- ▶ *Laurea* en Física, Università di Roma *La Sapienza*.
- ▶ Un hermano: Valerio.
- ▶ Casado con Daniella Ambrosino. Dos hijos: Lorenza y Leonardo.
- ▶ Laboratorio Nazionale di Frasacati (INFN) (1971-1981).
- ▶ Estancias: Columbia University (1973-1974), Institut des Hautes Études Scientifiques (1976–1977) y École Normale Supérieure (1977–1978).
- ▶ Catedrático de Física Teórica en la Università di Roma *Tor Vergata* (1981-1992).
- ▶ Catedrático de Teorías Cuánticas en la Università di Roma *La Sapienza* (1992-) (emérito).
- ▶ Presidente de la Accademia dei Lincei (2018-2021).

Contribuciones científicas más importantes

- ▶ Física de Partículas
 - ▶ Ecuación de Altarelli-Parisi. 1977.
 - ▶ Teorías Gauge en el retículo. Cálculo de masas de hadrones y simulación de teorías con fermiones dinámicos. 1981.
 - ▶ Ordenadores dedicados para cálculos en Cromodinámica Cuántica. 1988.
- ▶ Mecánica Estadística
 - ▶ Diagramas planares. 1978.
 - ▶ Grupo de renormalización en dimensión fija. 1980.
 - ▶ Resonancia Estocástica. 1982.
 - ▶ Multifractales. 1985.
 - ▶ Ecuación de Kardar-Parisi-Zhang. 1986.

Contribuciones científicas más importantes

- ▶ **Sistemas Desordenados**
 - ▶ Supersimetría en materia condensada: mecanismo de Parisi-Sourlas. 1979.
 - ▶ Localización. 1981.
 - ▶ Replica Symmetry Breaking y su interpretación física. 1979-1983.
 - ▶ Satisfacibilidad. 2002.
 - ▶ Ordenadores dedicados en sistemas desordenados (Janus I y II). 2008-actualidad.
- ▶ **Vidrios**
 - ▶ Una gran cantidad de resultados. 2010-2015.
- ▶ **Redes Neuronales y Sistemas Biológicos**
 - ▶ Replica Symmetry Breaking en redes neuronales. 1985.
 - ▶ Frustración en el plegamiento de proteínas. 1985.
 - ▶ Bandadas, enjambres y microbios (experimentos y teoría). 2008-2015.

Premios

- ▶ Premio Antonio Feltrinelli (Accademia Lincei). 1987.
- ▶ Medalla Boltzmann. 1992.
- ▶ Premio Italgas. 1993.
- ▶ Medalla Dirac en Física Téorica. 1999.
- ▶ Premio del Primer Ministro de Italia. 2002.
- ▶ Premio Enrico Fermi. Società Italiana di Fisica. 2002.
- ▶ Premio Dannie Heineman en Física Matemática (American Physical Society). 2005.
- ▶ Premio Nonino. 2005.
- ▶ Premio Galileo Galilei (Pisa). 2006.
- ▶ *Microsoft Award*. 2007.
- ▶ Premio Lagrange. 2009.

Premios

- ▶ Premio Vittorio De Sica. 2011.
- ▶ Medalla Max Planck (German Physics Society). 2011.
- ▶ *Prix des Trois Physiciens*, ENS Paris. 2012.
- ▶ *Nature Prize for mentoring*. 2013.
- ▶ *High Energy and Particle Physics Prize*. 2015.
- ▶ Premio Lars Onsager (APS) 2016.
- ▶ Premio Pomeranchuk (Institute for Theoretical and Experimental Physics, Moscu) 2018.
- ▶ Premio Wolf. 2021.
- ▶ Premio Nobel en Física. 2021.

Premio Nonino (2005)



Premio Feltrinelli (1986)

Otros ganadores han sido, por ejemplo, Italo Calvino y Michelangelo Antonioni.



Doctorados Honoris Causa

1. Universidad de Extremadura a propuesta de su Facultad de Ciencias (4 de Abril de 2019).



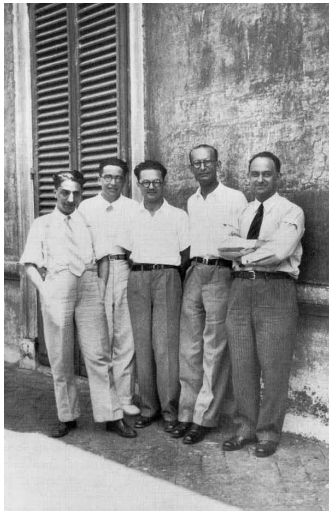
Inicios



Giorgio Parisi en Creta (21 años). En el fondo Nicola Cabibbo.

Inicios: I ragazzi di via Panisperma

D'Agostino, Segrè (PN 1959), Amaldi, Rasetti y Fermi (PN 1938)



Fermi → Amaldi → Salvini ↔ Touschek → Cabibbo → Parisi

Giorgio sobre Nicola Cabibbo

- ▶ *“Nicola aveva un entusiasmo contagioso per la fisica, per il divertimento che gli suscitava mettere assieme i pezzi di un puzzle, fino ad ottenere un quadro coerente al posto di un insieme di dati sconnessi”*
- ▶ *“Le grandi scuole scientifiche nascono anche dalla capacità del maestro nel motivare le persone più giovani”*
- ▶ *“Avrebbero dovuto dare a lui il premio, non a me. È stato un grande fisico e ha infuso conoscenza ed entusiasmo a una generazione di fisici italiani, me compreso”*

Tellus (1982) 34, 10–16

Stochastic resonance in climatic change

By ROBERTO BENZI, *Istituto di Fisica dell'Atmosfera, C.N.R., Piazza Luigi Sturzo 31, 00144, Roma, Italy,*

GIORGIO PARISI, *I.N.F.N., Laboratori Nazionali di Frascati, Frascati, Roma, Italy,*

ALFONSO SUTERA, *The Center for the Environment and Man, Hartford, Connecticut 06120, U.S.A.*

and ANGELO VULPIANI, *Istituto di Fisica "G. Marconi", Università di Roma, Italy*

(Manuscript received November 12, 1980; in final form March 13, 1981)

ABSTRACT

An amplification of random perturbations by the interaction of non-linearities internal to the climatic system with external, orbital forcing is found. This stochastic resonance is investigated in a highly simplified, zero-dimensional climate model. It is conceivable that this new type of resonance might play a role in explaining the 10^5 year peak in the power spectra of paleoclimatic records.

Resonancia Estocástica

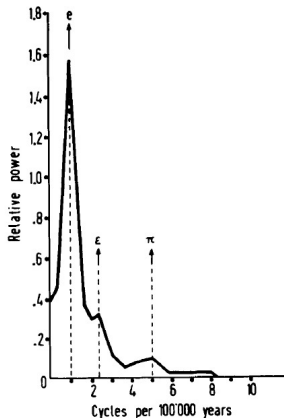


Fig. 1. Power spectrum of a time series of observation of the oxygen isotope content of fossil plankton in a deep-sea core from the equatorial Pacific which indicates fluctuations in global ice volume over the last 700 000 years. (From U.S. Committee for GARP, 1975, Academy Report, "Understanding climatic change", 1975, p. 144). The marked peaks have been tentatively associated with secular variations in the earth's orbit about the sun, namely changes in the eccentricity of the orbit (e), in the obliquity of its axis (ϵ) and the precession of the longitude of the perihelion (π).

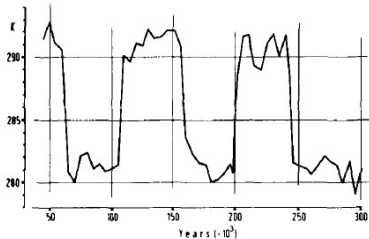


Fig. 4. Computer simulation of eq. (5) for heat-budget model with two observable climates at 280 and 290 K. The variance of the noise was about $0.15 \text{ K}^2/\text{year}$.

Resonancia Estocástica

REFERENCES

- Bhattacharya, K. and Ghil, M. 1978. An energy-balance model with multiply-periodic and quasi-chaotic free oscillations. In *Evolution of planetary atmospheres and climatology of the earth*. Toulouse, France: Centre National d'Etudes Spatiales, 299–310.
- Budyko, M. I. 1969. The effect of solar radiation variations on the climate of the earth. *Tellus* 21, 611–619.
- Ghil, M. 1976. Climate stability for a Sellers-type model. *J. Atmos. Sci.* 33, 3–20.
- Ghil, M. 1980. Internal climatic mechanisms participating in glaciations cycles. In *Climate variations and variability* (ed. A. Berger). Dordrecht–Boston–London: D. Reidel Publ. Co., in press.
- Ghil, M. and Bhattacharya, K. 1979. An energy-balance model of glaciation cycles. In *Climate models* (ed. W. L. Gates). WMO/ICSU, Geneva, Switzerland: GARP Publ. Series, n. 22, 886–916.
- Gihman, I. I. and Skorohod, A. V. 1972. *Stochastic differential equations*. Berlin–Heidelberg–New York: Springer-Verlag, 354.
- Hasselmann, K. 1976. Stochastic climate models, part I. Theory. *Tellus* 28, 473–484.
- Hays, J. D., Imbrie, J. and Shackleton, N. J. 1976. Variations in the earth's orbit: pacemaker of the ice ages. *Science* 194, 1121–1132.
- Milankovitch, M. 1930. *Handbuch der Klimatologie I Teil* (eds. A. W. Koppen and W. Wegener). Berlin: Doppen and Geiger.
- Nicolis, C. 1980. Fluctuations, solar periodicities and climatic transitions. In *Proc. Int. Conf. Sun and Climate*. CNES, Toulouse.
- Nicolis, G. and Nicolis, C. 1981. Stochastic aspects of climatic transitions—additive fluctuations. *Tellus* 33, 225–234.
- North, G. R. and Coakly, Jr. J. A. 1979. Differences between seasonal and mean annual energy balance model calculations of climate and climate sensitivity. *J. Atmos. Sci.* 36, 1189–1204.
- Pollard, D., Ingersoll, A. P. and Lockwood, J. G. 1980. Response of a zonal climate-icesheet model to the orbital perturbations during the quaternary ice ages. *Tellus* 32, 301–319.
- Schneider, S. H. and Thompson, S. L. 1979. Ice ages and orbital variations: some simple theory and modelling. *Quat. Res.* 12, 188–203.
- Suarez, M. J. and Held, I. M. 1979. The sensitivity of an energy balance climate model to variations in the orbital parameters. *J. Geophys. Res.* 84, 4825–4836.
- Sutera, A. 1981. On stochastic perturbation and long-term-climate behaviour. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 107, 137–152.

Cálculo de masas de hadrones (1983)

PHYSICAL REVIEW D

VOLUME 27, NUMBER 1

1 JANUARY 1983

Numerical estimates for the spectrum of quantum chromodynamics

Herbert Hamber

Brookhaven National Laboratory, Upton, New York, 11973

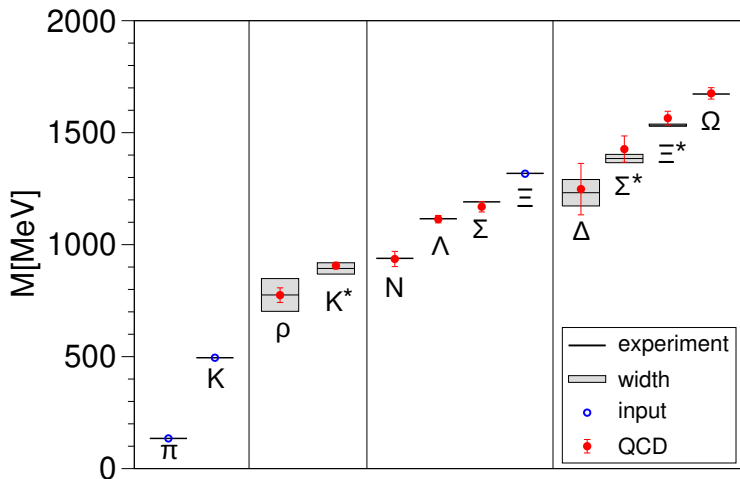
Giorgio Parisi

*Istituto di Fisica della Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi, Roma, Italy
and Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Frascati, Italy*

(Received 13 May 1982)

We present estimates for the hadron masses in lattice QCD obtained in the approximation of neglecting dynamic-fermion loops. Both light- and heavy-quark systems are considered and their dependence on the coupling constant and the quark mass is studied. Some results for the decay amplitudes are also given. We discuss how the η' mass can be computed to lowest order in n_f , the number of dynamic fermion flavors.

Cálculo de masas de hadrones (2009): Colaboración BMW.



APE (Array Processor Experiment)



APE



APE100

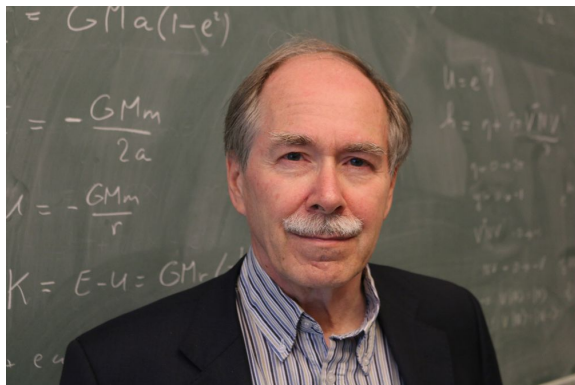


Gerard 't Hooft

Para una teoría gauge no abeliana con un grupo (semisimple) de simetría G :

$$\beta(g) = - (g^3/16\pi^2) \frac{11}{3} C_2(G)$$

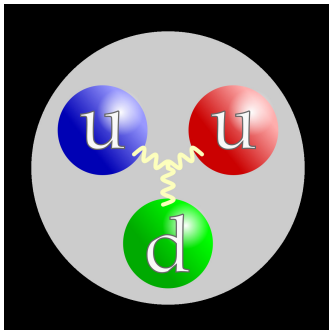
con $C_2(SU(N)) = N$.



Gerard 't Hooft (Premio Nobel 1999)





¿SU(3) de color o de sabor?

Masa →	2.4 MeV/c ²	1.27 GeV/c ²	171.2 GeV/c ²
Carga →	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$
Espín →	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
Nombre →	u up	c charm	t top
Quarks	4.8 MeV/c ²	104 MeV/c ²	4.2 GeV/c ²
	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$	$-\frac{1}{3}$
	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
	d down	s strange	b bottom



¿Cómo perder un Nobel con 25 años en 25 minutos?

Primo piano  Il riconoscimento

 È una sfida grande, ci vuole orgoglio e ancora più determinati nel far sì che non sia visto ripetibile
Cristina Messia   

POTEVO VINCERLO, L'INTERVENTO AVEVO 25 ANNI ECCOME SFUGGÌ



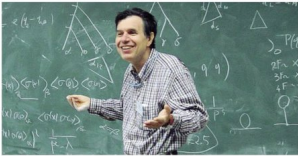
L'intervento
Non sono mai riuscito a capire se farò sempre un Nobel o se ci riuscirò un giorno da un momento all'altro. Non sono mai riuscito a capire se farò sempre un Nobel o se ci riuscirò un giorno da un momento all'altro. Non sono mai riuscito a capire se farò sempre un Nobel o se ci riuscirò un giorno da un momento all'altro.

Giorgia Parisi

Non sono mai riuscito a capire se farò sempre un Nobel o se ci riuscirò un giorno da un momento all'altro. Non sono mai riuscito a capire se farò sempre un Nobel o se ci riuscirò un giorno da un momento all'altro. Non sono mai riuscito a capire se farò sempre un Nobel o se ci riuscirò un giorno da un momento all'altro.

Pubblicazione un ampio stralcio di un testo letto dal professor Giorgio Parisi, che nel febbraio 1981 ricevette il premio Nobel per la Fisica. Erano 25 anni, e la scoperta era quella dei frattali. Nel 1981, infatti, il professor Parisi, con il collega Stefano Fortunato, scoprì che le coste della Sicilia non sono rettilinee, ma frastagliate. E che lo stesso vale per le coste di qualsiasi altra isola. La scoperta fu pubblicata nel 1981, e il professor Parisi ricevette il premio Nobel per la Fisica nel 1982. È un fatto che il professor Parisi non ha mai ricevuto il premio Nobel per la Fisica. È un fatto che il professor Parisi non ha mai ricevuto il premio Nobel per la Fisica.

Nella conferenza di Parigi, nel marzo del '79, il Nobel del 1981, il professor Parisi ricevette il premio Nobel per la Fisica. Erano 25 anni, e la scoperta era quella dei frattali. Nel 1981, infatti, il professor Parisi, con il collega Stefano Fortunato, scoprì che le coste della Sicilia non sono rettilinee, ma frastagliate. E che lo stesso vale per le coste di qualsiasi altra isola. La scoperta fu pubblicata nel 1981, e il professor Parisi ricevette il premio Nobel per la Fisica nel 1982. È un fatto che il professor Parisi non ha mai ricevuto il premio Nobel per la Fisica. È un fatto che il professor Parisi non ha mai ricevuto il premio Nobel per la Fisica.



Ingegneria
Devo aver letto un libro di fisica con 73 anni a riflettere. Da giovane, invece facevo il foglio, nella vasca della casa del padre, nel gabbietto con i parenti e con il cane. Era un momento di grande entusiasmo per il problema.

have difficoltà a produrre un libro. Il problema che non riesco a risolvere è quello di capire come si può fare. Ingegneria è un campo molto vasto, e ci sono molte cose da imparare. Devo aver letto un libro di fisica con 73 anni a riflettere. Da giovane, invece facevo il foglio, nella vasca della casa del padre, nel gabbietto con i parenti e con il cane. Era un momento di grande entusiasmo per il problema.

Lando era un tempo che volevo una famiglia. La mia vita era molto semplice, e volevo una famiglia. La mia vita era molto semplice, e volevo una famiglia. La mia vita era molto semplice, e volevo una famiglia. La mia vita era molto semplice, e volevo una famiglia.

Il professor Parisi ricevette il premio Nobel per la Fisica nel 1982. È un fatto che il professor Parisi non ha mai ricevuto il premio Nobel per la Fisica. È un fatto che il professor Parisi non ha mai ricevuto il premio Nobel per la Fisica. È un fatto che il professor Parisi non ha mai ricevuto il premio Nobel per la Fisica.



Ingegneria
Devo aver letto un libro di fisica con 73 anni a riflettere. Da giovane, invece facevo il foglio, nella vasca della casa del padre, nel gabbietto con i parenti e con il cane. Era un momento di grande entusiasmo per il problema.

have difficoltà a produrre un libro. Il problema che non riesco a risolvere è quello di capire come si può fare. Ingegneria è un campo molto vasto, e ci sono molte cose da imparare. Devo aver letto un libro di fisica con 73 anni a riflettere. Da giovane, invece facevo il foglio, nella vasca della casa del padre, nel gabbietto con i parenti e con il cane. Era un momento di grande entusiasmo per il problema.

Lando era un tempo che volevo una famiglia. La mia vita era molto semplice, e volevo una famiglia. La mia vita era molto semplice, e volevo una famiglia. La mia vita era molto semplice, e volevo una famiglia. La mia vita era molto semplice, e volevo una famiglia.

Il professor Parisi ricevette il premio Nobel per la Fisica nel 1982. È un fatto che il professor Parisi non ha mai ricevuto il premio Nobel per la Fisica. È un fatto che il professor Parisi non ha mai ricevuto il premio Nobel per la Fisica. È un fatto che il professor Parisi non ha mai ricevuto il premio Nobel per la Fisica.

Premio Nobel 2008

Descubrimiento de la libertad asintótica (1973).

2004 Nobel Prize in Physics



David J. Gross

Frank Wilczek

H. David Politzer

Crecimiento de Frentes: Ecuación de Kardar-Parisi-Zhang

VOLUME 56, NUMBER 9

PHYSICAL REVIEW LETTERS

3 MARCH 1986

Dynamic Scaling of Growing Interfaces

Mehran Kardar

Physics Department, Harvard University, Cambridge, Massachusetts 02138

Giorgio Parisi

Physics Department, University of Rome, I-00173 Rome, Italy

and

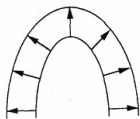
Yi-Cheng Zhang

Physics Department, Brookhaven National Laboratory, Upton, New York 11973

(Received 12 November 1985)

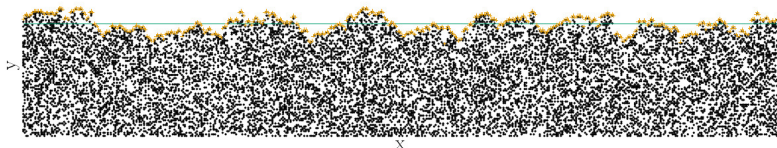
A model is proposed for the evolution of the profile of a growing interface. The deterministic growth is solved exactly, and exhibits nontrivial relaxation patterns. The stochastic version is studied by dynamic renormalization-group techniques and by mappings to Burgers's equation and to a random directed-polymer problem. The exact dynamic scaling form obtained for a one-dimensional interface is in excellent agreement with previous numerical simulations. Predictions are made for more dimensions.

Crecimiento de Frentes: Ecuación de Kardar-Parisi-Zhang



$$\partial_t h = \nu \nabla^2 h + \frac{\lambda}{2} (\nabla h)^2 + \eta(x, t)$$

$$\langle \eta(x, t) \rangle = 0, \quad \langle \eta(x, t) \eta(x', t') \rangle = 2D \delta(t - t') \delta(x - x').$$



Medalla Fields

Martin Hairer (MF 2014, Breakthrough Prize 2021)



"For transformative contributions to the theory of stochastic analysis, particularly the theory of regularity structures in stochastic partial differential equations."

[Annals of Mathematics](https://doi.org/10.4007/annals.2013.178.2.4) **178** (2013), 559–664
<http://dx.doi.org/10.4007/annals.2013.178.2.4>

Solving the KPZ equation

By MARTIN HAIRER

1. Introduction

The aim of this article is to construct and describe solutions to the KPZ equation. At a purely formal level, this equation is given by

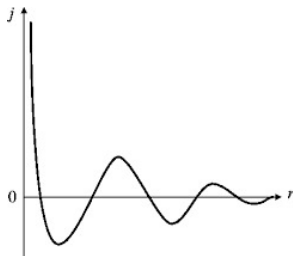
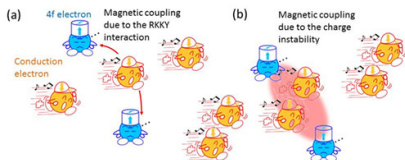
$$(1) \quad \partial_t h = \partial_x^2 h + \lambda(\partial_x h)^2 - \infty + \xi,$$

¿Qué son los vidrios de espín?

- ▶ Materiales con desorden y frustración.
- ▶ Desorden *quenched*.
- ▶ Vidrio de espín canónico: Base metálica (Cu) con impurezas magnéticas (Mn).
- ▶ Ejemplos : Ag:Mn at 2.5%, $\text{CdCr}_{1.7}\text{In}_{0.3}\text{S}_4$ y $\text{Fe}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{TiO}_3$.

"The history of spin glass may be the best example I know of the dictum that a real scientific mystery is worth pursuing to the ends of the Earth for its own sake, independently of any obvious practical importance or intellectual glamour." [P. Anderson (PN 1977)]

Vidrios de espín: interacción



Simplificación:

Tomaremos los acoplamientos J_{ij} como variables aleatorias!

Vidrios de Espín: Tipos de Desorden

Primer en mecánica estadística: la probabilidad de una configuración es proporcional a

$$\exp(-\beta\mathcal{H})$$

con la definición usual de $\beta \equiv 1/(k_B T)$.

► Desorden *annealed*

1. Calculamos la función de partición para todos los grados de libertad:

$$Z = \int d[J] p[J] \sum_{[s]} \exp(-\beta\mathcal{H}_J).$$

2. Y la energía libre

$$F = -\frac{1}{\beta} \log Z.$$

Vidrios de Espín: Tipos de Desorden

► Desorden *quenched*

1.

$$F_J = -\frac{1}{\beta} \log Z_J,$$

donde la función de partición se calcula para una realización del desorden dado,

$$Z_J = \sum_{[s]} \exp(-\beta \mathcal{H}_J),$$

2. La energía libre se calcula como

$$F = \int d[J] p[J] F_J.$$

Vidrios de Espín: Energía

Hamiltoniano de Edwards y Anderson (PN 1977)

$$\mathcal{H}_J = - \sum_{i,j} J_{ij} S_i S_j + h \sum_i S_i ,$$

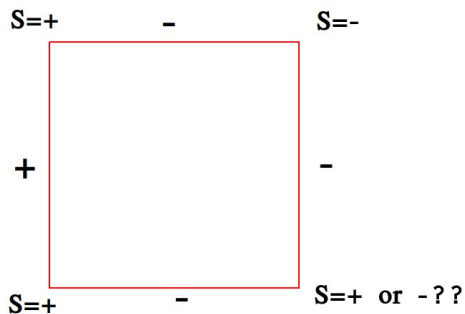
$$S_i = \pm 1$$

Los acoplamientos están distribuidos siguiendo una distribución Gaussiana con media cero y varianza unidad:

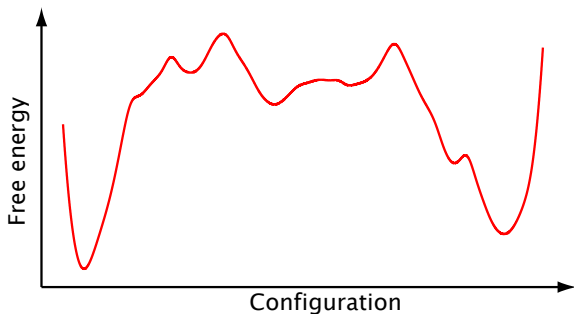
$$p(J_{ij}) \propto \exp(-J_{ij}^2/2) .$$

Vidrios de Espín: Frustración

$$E \sim -J_{12}S_1S_2 - \dots$$



Vidrios de Espín: Frustración y desorden



Rotura de la simetría de las réplicas

Truco de las réplicas:

$$\log Z_J = \lim_{n \rightarrow 0} \frac{Z_J^n - 1}{n}.$$

En la aproximación de campo medio ($d = \infty$) la ecuación a resolver es [proviene de un cálculo de un punto silla]:

$$\frac{\delta \mathcal{H}_n(Q_{ab})}{\delta Q_{ab}} = 0,$$

es decir,

$$Q_{ab} = \lim_{n \rightarrow 0} \frac{\sum_{\{S^a\}} S^a S^b \exp(\beta^2 \sum_{a < b} Q_{ab} S^a S^b)}{\sum_{\{S^a\}} \exp(\beta^2 \sum_{a < b} Q_{ab} S^a S^b)}.$$

Rotura de la simetría de las réplicas

Primer intento (0-step):

$$Q_{ab} = (1 - \delta_{ab})q.$$

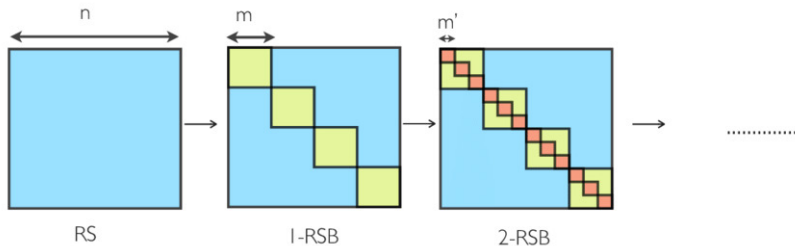
Se mantiene la simetría de las réplicas, S_n .

Fallo:

- ▶ Autovalores negativos en el Hessiano (de Almeida y Thouless (PN 2016)).
- ▶ Entropía negativa en $T = 0$.

Vidrios de Espín: Rotura de la simetría de las réplicas

Se rompe la simetría de las réplicas.



Vidrios de Espín: Ejemplo 2-step RSB

$$\left(\begin{array}{cccccccc} \overbrace{\hspace{10em}}^{m_1} & & & & & & & \\ \overbrace{\hspace{3em}}^{m_2} & & & & & & & \\ 0 & q_2 & & & & & & \\ \vdots & \ddots & \dots & & q_1 & & & \\ q_2 & 0 & & & \vdots & & & q_0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & & \vdots & & & \vdots \\ q_1 & \dots & 0 & q_2 & \dots & & & \\ & & q_2 & 0 & & & & \\ & & \vdots & & \ddots & & & \\ & & & & 0 & q_2 & & \\ & & & & q_2 & 0 & & \\ & & & & \vdots & \vdots & & \\ & & & & q_1 & \dots & q_1 & \\ & & & & & & \vdots & \\ & & q_0 & \dots & & & 0 & q_2 \\ & & & & & & \vdots & \\ & & & & & & q_2 & 0 \end{array} \right)$$

Se reduce sustancialmente, en valor absoluto, la entropía negativa de la fase vidrio de espín!! $\Rightarrow \infty$ -RSB!!

$q_i \rightarrow q(x)$ con $x \in [0, 1]$. El parámetro de orden es una función!

Vidrios de Espín: ∞ -step RSB (1979)

Interpretación física: 1979-1986

- ▶ Es exacta en dimensión infinita. Ha sido probado rigurosamente en los trabajos de F. Guerra (2003), M. Tallagrand (2011) y D. Panchenko (2013).
- ▶ Presenta un número infinito de estados puros.
- ▶ Estos infinitos estados puros están organizados de manera ultramétrica.

Un espacio es ultramétrico si para cualquier tripleta de elementos de este espacio (A, B, C) se verifica

$$d(A; B) \leq \max(d(A, C), d(B, C)).$$

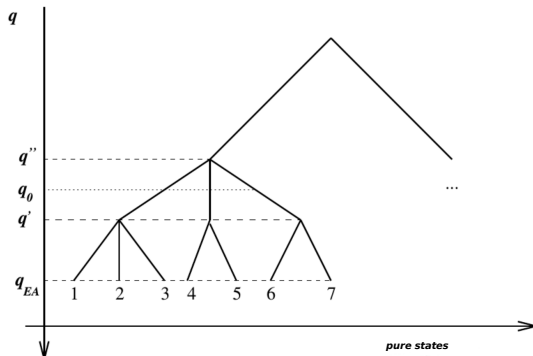
En vidrios de espín la definición de distancia es:

$$d(\alpha, \beta) = \frac{1}{2} (q_{EA} - q_{\alpha\beta}).$$

$$q_{EA} = q_{\alpha\alpha}.$$

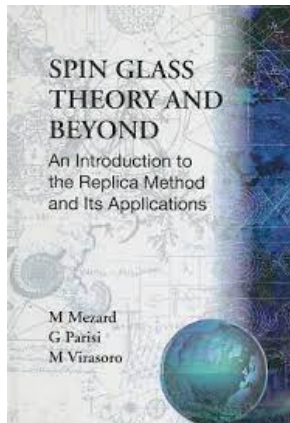
- ▶ En los vidrios de espín $1/4$ de los triángulos son equiláteros y $3/4$ isósceles.

Vidrios de Espín: Ultrametricidad



Spin Glasses and Beyond

Miguel Virasoro, Giorgio Parisi y Marc Mezard.



Janus I (Ferrara-Roma-UCM-Zaragoza-Extremadura, 2008)



Janus II (Ferrara-Roma-UCM-Zaragoza-Extremadura, 2013)

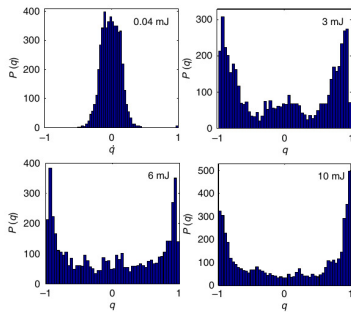
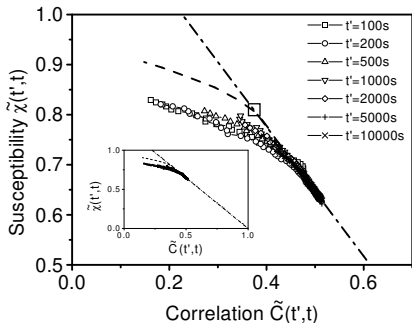


Colaboración Janus



(+Javier Moreno Gordo.)

Experimentos



Aplicaciones

Sistemas que pueden estar en un gran número de estados (fases).

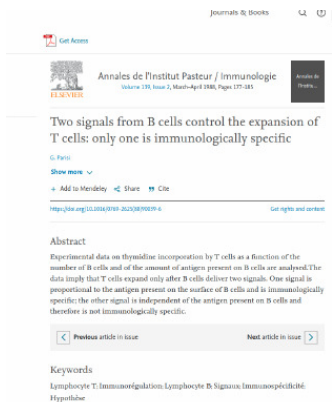
- ▶ Vidrios de espín.
- ▶ Vidrios.
- ▶ Sistemas desordenados.
- ▶ Redes Neuronales. Machine Learning.
- ▶ Problemas Computacionalmente difíciles (por ejemplo, 3-satisfacibilidad).
- ▶ ...

40 Cumpleaños de RSB



Parisi y la Biología

a su interdisciplinaridad intrínseca. La aplicación de las ideas de complejidad a otros campos, a la biología, requiere muchísimas discusiones para encontrar las preguntas correctas, lo que es más difícil que contestarlas. Entonces, el intercambio de ideas es crucial, y no basta leer artículos porque en general los físicos no entendemos los artículos de los biólogos y viceversa. Una vez escribí un artículo sobre inmunología y supe que había conseguido aproximarme al punto de vista de los biólogos porque mis colegas físicos simplemente no lo entendían. Superar estas barreras de lenguaje es algo que requiere muchas horas de charla, y esa charla

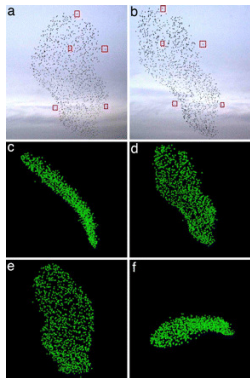


The screenshot shows a web page for a scientific article. At the top right, there are links for "Journals & Books" and "Get Access". Below that is the Elsevier logo and the journal title "Annales de l'Institut Pasteur / Immunologie" with the issue information "Volume 139, Issue 2, March-April 1988, Pages 177-185". The article title is "Two signals from B cells control the expansion of T cells: only one is immunologically specific". Below the title, it says "G. Parisi" and "Show more". There are social media sharing options: "Add to Mendeley", "Share", and "Cite". A URL is provided: "https://doi.org/10.1016/0759-2625(88)90039-6". There is a section for the "Abstract" which contains the text: "Experimental data on thymidine incorporation by T cells as a function of the number of B cells and of the amount of antigen present on B cells are analysed. The data imply that T cells expand only after B cells deliver two signals. One signal is proportional to the antigen present on the surface of B cells and is immunologically specific; the other signal is independent of the antigen present on B cells and therefore is not immunologically specific." Below the abstract are navigation buttons for "Previous article in issue" and "Next article in issue". A "Keywords" section lists: "Lymphocyte T; Immunoregulation; Lymphocyte B; Signaux; Immunospécificité; Hypothèse".

Interaction ruling animal collective behavior depends on topological rather than metric distance: Evidence from a field study

M. Ballerini^{1*}, N. Cabibbo², R. Candelier^{2,5}, A. Cavagna^{1,6,7*}, E. Cisbani¹, I. Giardina⁸, V. Lecomte^{1,9,10}, A. Orlandi⁴, G. Parisi^{1,9,10}, A. Procaccini^{1*}, and M. Viale^{1,9,10}, and V. Zdravkovic⁴

¹Centre for Statistical Mechanics and Complexity (SMC), Consiglio Nazionale delle Ricerche-Istituto Nazionale per la Fisica della Materia, ²Dipartimento di Fisica, and ³Sezione Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, Università di Roma "La Sapienza," Piazzale Aldo Moro 2, 00185 Roma, Italy; ⁴Istituto Superiore di Sanità, Viale Regina Elena 296, 00161 Roma, Italy; ⁵Istituto dei Sistemi Complessi (ISC), Consiglio Nazionale delle Ricerche, via dei Taurini 19, 00100 Roma, Italy; and ⁶Laboratoire Matière et Systèmes Complexes, (Centre National de la Recherche Scientifique Unite Mixte de Recherche 7057), Université Paris VII, 10 rue Alice Domon et Léonie Duquet, 75205 Paris Cedex 13, France



Bandadas



Ciencia en la calle



RANDOM MAGNETIC

Note Title

11/5/2009

Consideriamo il modello Ising completamente connesso in campo magnetico Random.

Al punto critico ho un'hamiltoniana effettiva nelle repliche che è

$$N \left[\sum_a (m_a^2 + q m_a^4) + h^2 \sum_a \sum_b m_a m_b \right]$$

NON posso fare argomenti di rescaling in quanto $h^2 \neq 0$ quando $\tau \rightarrow 0$. Per $n \neq 0$ OK

$$\langle m_a m_b \rangle = \frac{1}{N} G_{ab} = \frac{1}{N} \left[\frac{S_{ab}}{\tau} + \frac{1}{n} \left(\frac{1}{\tau + h^2} - \frac{1}{\tau} \right) \right]$$

70 Cumpleaños



Colaboradores



Aficiones



Grazie Giorgio!



“Perché dovremmo studiare questo problema se non ci divertiamo a farlo?” (N. Cabibbo)

“This is easy: maybe it is even possible!” (G. Parisi)

<https://chimera.roma1.infn.it/GIORGIO/indexhome.htm>