

AAA Malargüe 19 | 09 | 2017

# Las encrucijadas del Tiempo

Horacio Dottori  
IFUFRA  
Brazil

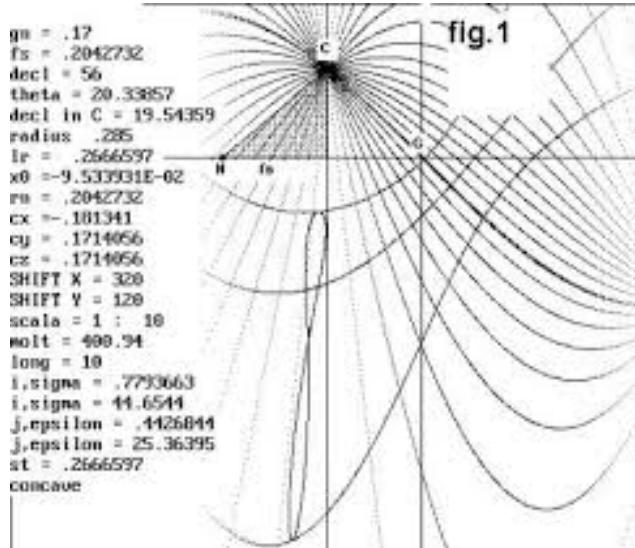
# Resumen

- Consideraciones Preliminares.
- Física vs Metafísica
- Es el tiempo primordial o emergente?
- Es el tiempo continuo?
- La flecha del tiempo.
- Mc Taggart vs Einstein.
- El Tiempo como ente físico: T. de la Relatividad.
- Tensión entre la MC y la TR: Entrelazamiento. Es el tiempo responsable?
- Consideraciones finales.
-

- *El tiempo es un tejido invisible en el que se puede bordar todo: una flor, um pájaro, una dama, um castillo, una tumba... .*

*Tambien se puede bordar nada. Nada encima de lo invisible es la mas sutil obra de este mundo, y talvez del otro.*

*Machado de Asis*



- *O tempo é um tecido invisível em que se pode bordar tudo: uma flor, um pássaro, uma dama, um castelo, um túmulo. Também se pode bordar nada. Nada em cima do invisível é a mais sutil obra deste mundo, e acaso do outro.*

- *El tiempo es la medida del movimiento em la perspectiva del antes y despues. Aristóteles, Livro IV, Física, 10-14. (Ursula Coope, Time for Aristotle, Oxford University Press, 2005, 208pp, ISBN 0199247900)*

*El análisis del movimiento de la esfera de las estrellas en relación a la del Sol (hoy: Tiempo Sideral y Tiempo Solar), lleva a Plotino(205-270AD) a preguntarse: Como podemos decir que una esfera es mas lenta que la outra, Si no contamos con la medida del tiempo para afirmarlo? (Plotino, Eneada terceira.)*

E. Mach (1838, 1916)- Está mas alla de nuestro alcance medir el cambio de las cosas por el tiempo.

Por el contrario, el tiempo es una abstracción a la que llegamos a través del cambio de las cosas.



# *Física vs Metafísica*

Aunque los filósofos tengan una inclinación casi compulsiva a discutir el concepto de tiempo, esta tendencia es un tanto perturbadora para nosotros, como físicos y quizas mucho mas para los que somos astrónomos.

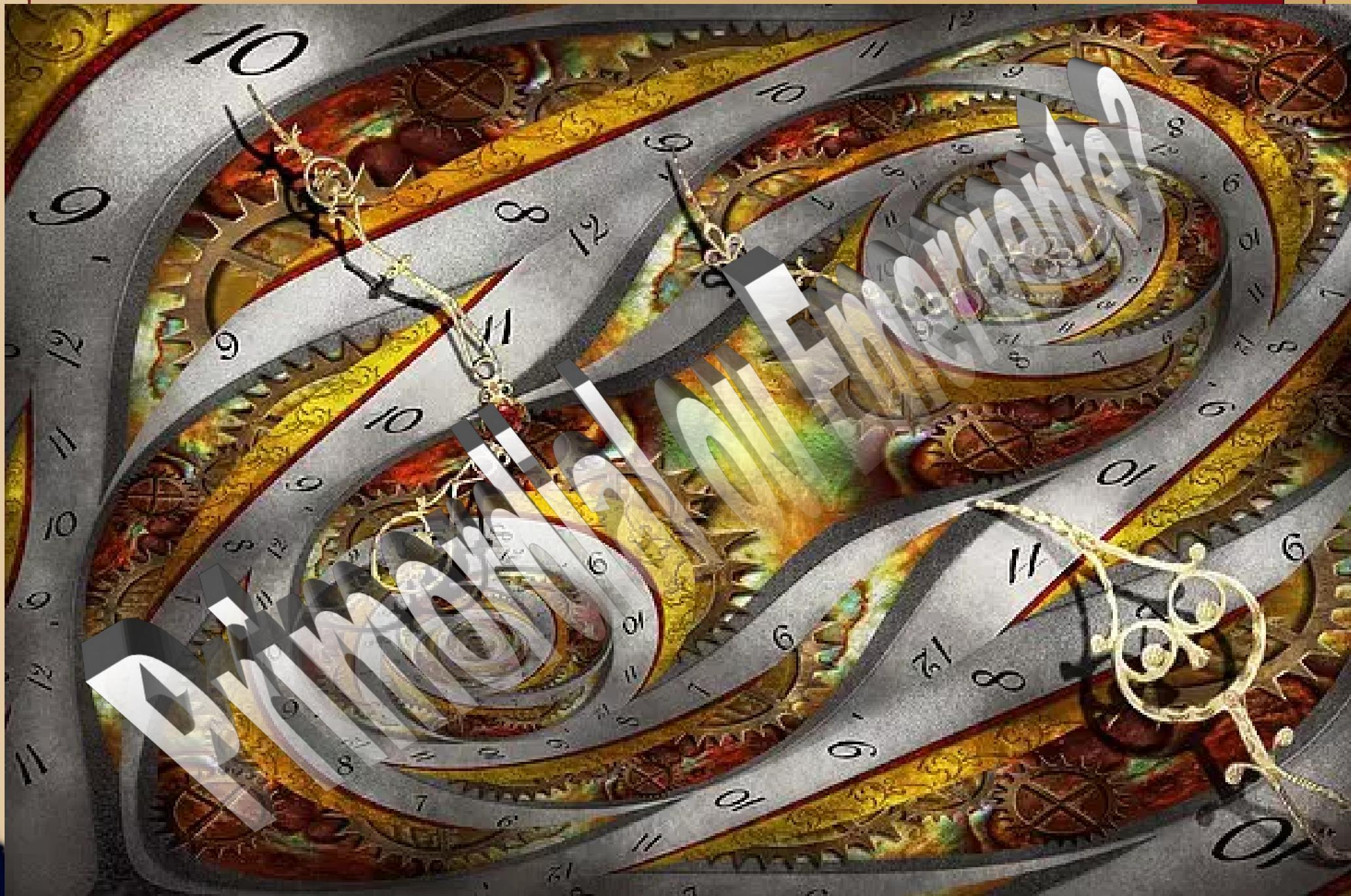
Preferimos basarnos en la medida de un fenómeno periodico, mas de que en un concepto claramente definido, no preguntamos su origen ni negamos su existencia (hasta ahora !).

“La duración o perseverancia de la existencia de cosas permanece la misma, así sean los movimientos rápidos o lentos, o hasta completamente nulos y, por lo tanto, essa duración, o *tiempo absoluto*, se deve distinguir de aquellas que son apenas sus medidas perceptibles, o *tiempo relativo*, a partir de las cuales aquél es deducido atraves de las ecuaciones astronómicas” (Newton, Principia).

La razón es clara: Para medir una ocultación, un eclipse o cualquier fenómeno celeste transiente, precisamos del tiempo cuanto un banquero precisa de las transacciones en dinero para que su banco sobreviva.

Sin embargo, esto nada quiere decir sobre el carácter del tiempo como ente físico, Es primordial o emergente?, es continuo o no?, es unidireccional? etc.

Printed by **Freelancer**



# ***The Singular Universe and the Reality of Time.***

**R. Mangabeira Unger & Lee Smolin, 2015**

***“Pensar el Universo en su totalidad implica en presionar a la ciencia a transponer el límite de la Filosofía”***

***Lee Smolin.***

- ***Atributos del Tiempo:***

***Contínuo.***

***Irreversible (flecha del tiempo).***

***No emergente.***

***Global o cósmico.***



**M. Cortês L. Smolin: Buchalter Cosmology Prize 2015, 225 th meeting of the AAS.**

**M. Cortês L. Smolin: GRandQC, <https://arxiv.org/abs/1307.6167v3>.**

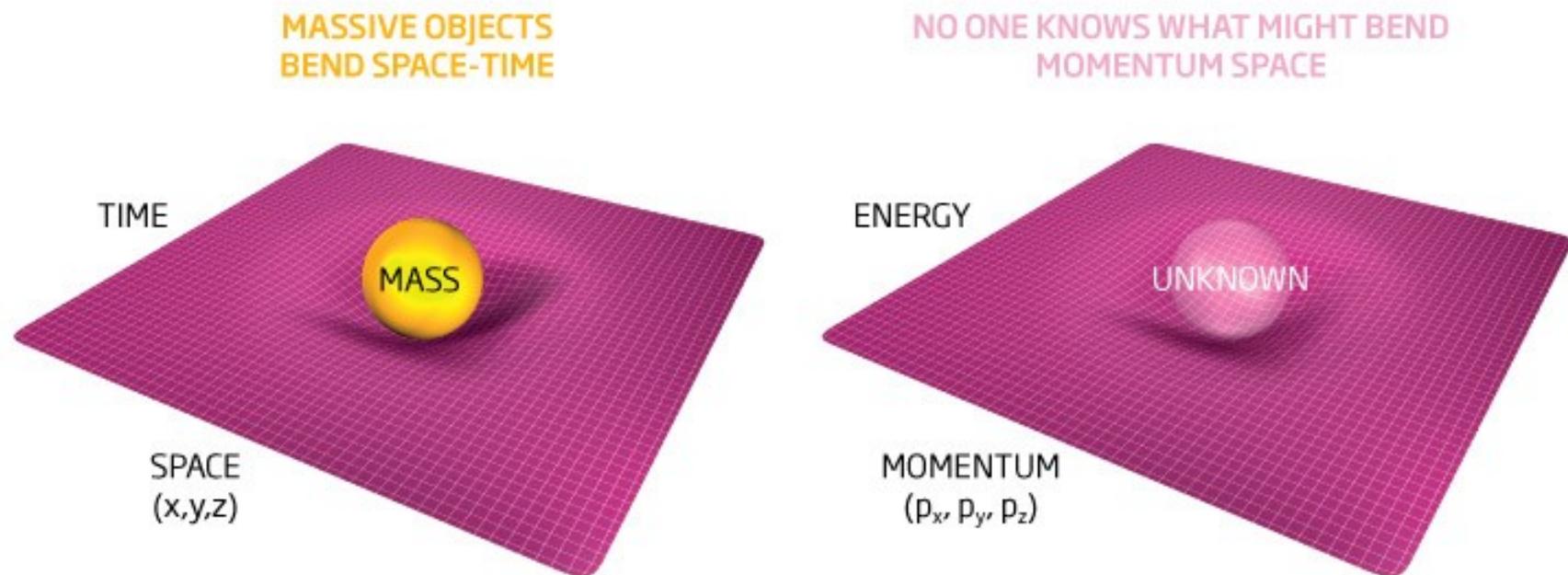
# *Conceito primordial ou emergente?*

## Espaço-Tempo ou Energia-Momento?

Fabrics of reality

©NewScientist

Space-time is like a malleable sheet with the three spatial coordinates on one side and time on the other. Momentum space is similar, with three coordinates of momentum and energy



- Prigogine, Propone la visión del tiempo que precede al Universo.
- Observa que el Universo inicia en un instante de un tiempo preexistente. El hecho relevante, dice, es el brutal aumento de entropía que sucede en este cambio de fase y no el propagandizado “almuerzo gratis” que representa la aparición del campo gravitacional.
- El Universo surge de esta “explosión entrópica” generada por un cambio de fase en el vacío (33, 51), una inestabilidad no una singularidad. El tiempo que vivenciamos hoy marca el comienzo de la validez de las ecuaciones de Einstein, que proceden de una expansión adiabática y no contemplan cualquier tipo de irreversibilidad.

# *LA CONTINUIDAD DEL TIEMPO*



# *Es el tiempo continuo?..., por que?*

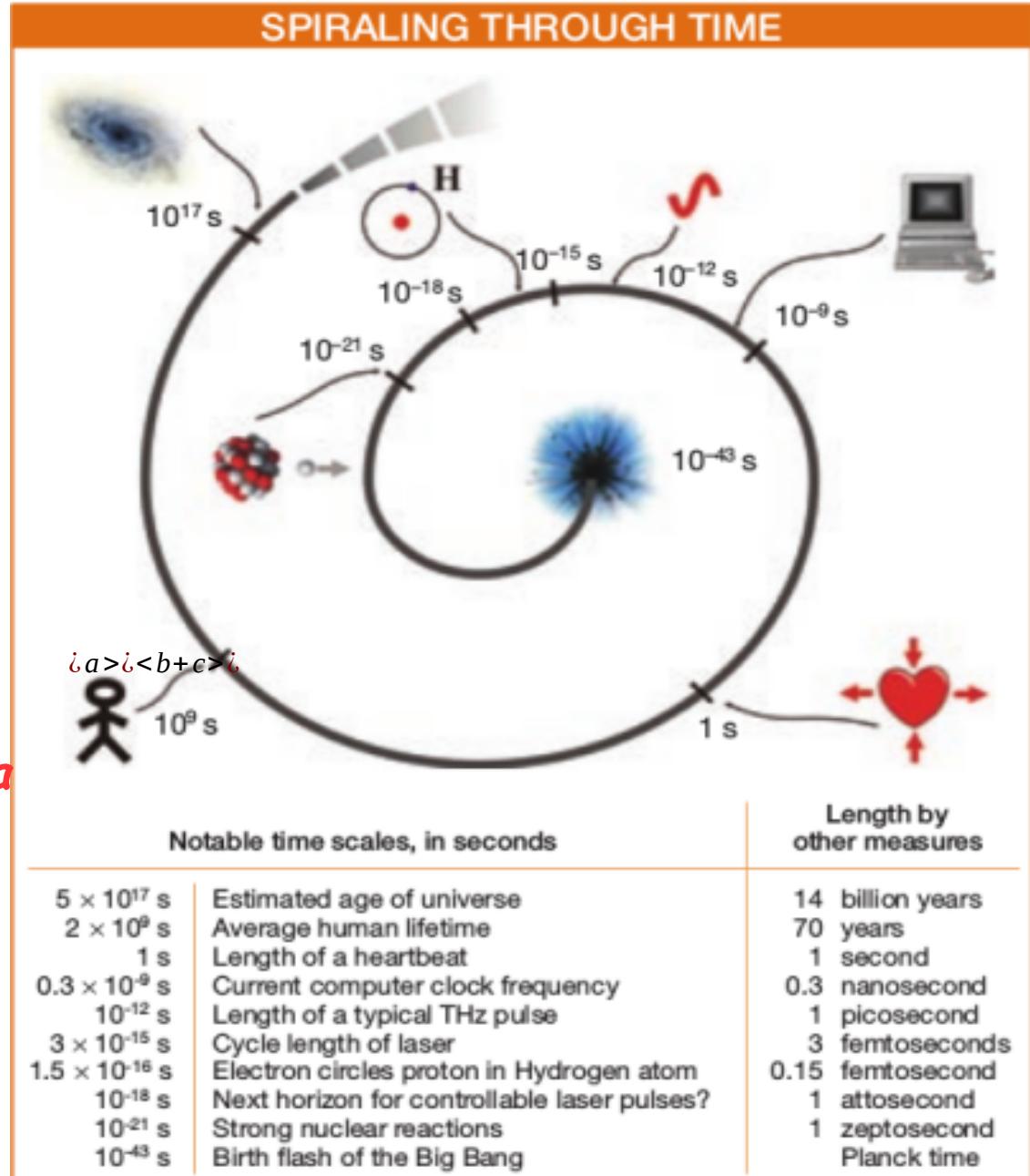
- *Continuidad significa relación biunívoca com los números reales.*
- *No demostrable, pues existe una imposibilidad del punto de vista de la teoria de la medida.* (Tiene un vicio, de alguna forma comparable a la definición del tiempo absoluto de Newton).
- *A. Kaplan, especialista en medición del tiempo, afirma que esta está intimamente vinculada al principio de incertidumbre.* (Ya que usamos frecuencias para medirlo). John Hopkins, NATURE, VOL431, pg633, 7/OCT/2004 "How much of the Cosmological Time we control and use?"

# Alexander Kaplan

(2006, Optics & Photonics News)

$$\Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{2 \cdot \pi}$$

Qualquier aumento em la precisión  
De la medida del tiempo, implica  
en un aumento de la frecuencia  
Própria del reloj (pulso laser). Para  
satisfazer el ppio. de incerteza,  
el tiempo de Planck requeriria la  
Energia de Planck,  $10^{19} \text{ GeV}$



# *Existe una Restricción Fundamental para medir el tiempo con precisión absoluta.*

*Castro Ruiz, Giacomini & Brukner, 2017*



La imagen idealizada del espacio y del tiempo en Relatividad General atribuye un reloj ideal para cada punto del espacio, con un tic-tac uniforme, que no es influenciado por los relojes próximos. Sin embargo, cuando los efectos mecánicos cuánticos y gravitacionales son llevados en cuenta, esta imagen no se sustenta mas - los relojes se afectan mutuamente y "los punteros" se tornan "difusos".[Imagen: Juan Carlos Palomino/Universidad de Viena]



Entanglement of quantum clocks through gravity

Esteban Castro Ruiz, Flaminia Giacomini, Caslav Brukner

Proceedings of the National Academy of Sciences

DOI: 10.1073/pnas.1616427114



# LA FLECHA DEL TIEMPO

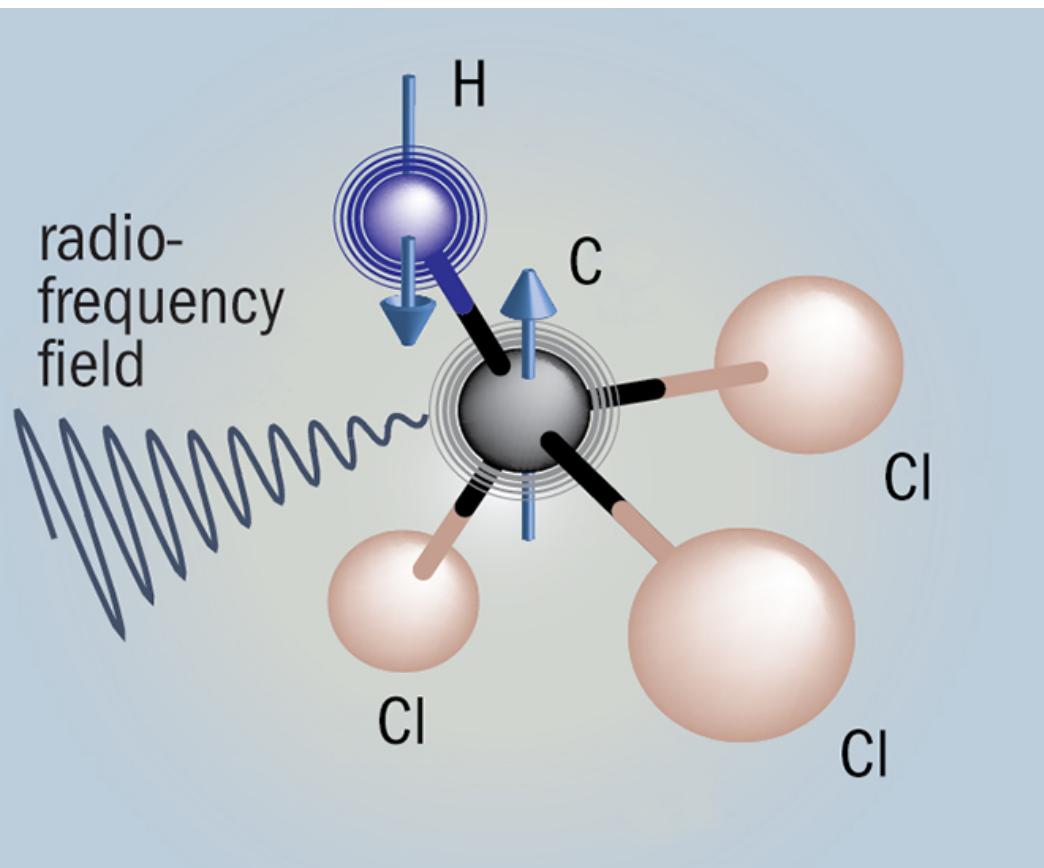


# **LA FLECHA DEL TIEMPO**

- *reversibilidad temporal de las ecuaciones de la Física.*
- *Newton.*
- *Einstein.*
- *Schroedinger.*
- *Pero..., no la Termodinámica.*
- 
- *En general se asocia la evolución con la Entropía de un sistema.*

- En “El fin de las certezas” destaca Prigogine “Lo posible es mas rico que lo real. La Naturaleza nos regala, de hecho la imprevisible novedad”. (convergencia con las propuestas filosóficas de Bergson e Withehead).
- El reaparecimiento de la paradoja del tiempo se debe, segun él, a dos descubrimientos: 1) El de las estructuras de no equilibrio o “disipativas” y 2) A la formación de estructuras estacionarias de no equilibrio o estructuras de Touring .(Prigogine, “Las leyes del caos”).
- Destaca aun Prigogine las palabras de Lighthill, presidente de la UIMP, en 1996 “Los especialistas en Mecánica estamos hoy plenamente concientes de como el entusiasmo que nuestros predecesores nutrian por el éxito de la mecánica newtoniana los llevó a hacer afirmaciones en el campo da predictibilidad que hoy reconocemos como falsas” (Proc. of the Royal Soc. v.A/407, p. 35, 1986).

# Irreversibility and the Arrow of Time in a Quenched Quantum Systems



La entropia de un conjunto de átomos de  $C^{13}$  contenidos em una muestra de 1 trillón de moléculas de clorofórmico líquido fue medida. El carácter no interactivo de las moléculas garante que el procedimiento es equivalente a medir um átomo 1 trillón de veces.

Un campo magnético externo oscilante es aplicado a la muestra lo que flipa el spin do  $C^{13}$ . La frecuencia es incrementada e inmediatamente decrescida a cero. Se nota un remaneciente de desorden en los spines, que corresponde a un aumento de la entropia e indica el sentido de la flecha del tiempo.

# J. E. Mc Taggart y la irrealidad del tiempo

Mc Taggart argumenta en “La Irrealidad del Tiempo” (Mind magazine 1908), que nuestra percepción del tiempo es una ilusión y que el tiempo mismo es meramente ideal.

Para demostrarlo, dentro de una argumentación lógica, él idealiza dos series de eventos A y B. En la serie A un dado evento corresponde al pasado, presente o futuro. En contraste, en la secuencia B E1 es anterior, simultaneo ou posterior a E2.

Mc Taggart argumentou que B es una relación inmutable, en tanto que A es una componente necesaria para cualquier teoria completa del tiempo, mas concluye que esta se contradice a si misma y, consecuentemente, el tiempo es irreal.

*Borges, con claridad entrópica dice: "Negar la sucesión temporal, negar el Universo astronómico, son desesperos aparentes y consuelos secretos. Nuestro destino no es terrible por irreal; es terrible por ser irreversible."*

# Mc Taggart vs Einstein

Einstein (1905) habla de la irrealidad del tiempo en un contexto muy diferente, que inviabiliza buena parte, si no todos, sus argumentos.

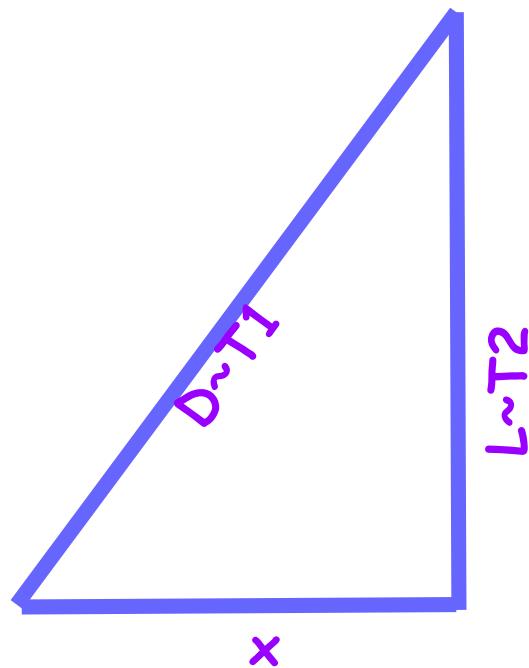
Aparecen entonces dos vertientes diferentes de la percepción del tiempo: Una, la de McTaggart, la del individuo y su vivencia sometido al tamiz de la lógica aristotélica, la de Einstein, el individuo que actua dentro de las reglas del conocimiento científico, que quiebra paradigmas existentes en su época y, sin negar el tiempo como ente físico, lo relativiza en el concepto de Espacio-Tiempo.

Sobrevive, sin embargo, en la RE, y tambien en la RG, algo del absoluto newtoniano, ahora en el concepto de métrica espacio-temporal.

Veremos otros aspectos de este dialogo, no siempre amigable, en el idealismo de Berkeley y la interpretación de Copenhague de la MC.

*"La velocidad de la luz es constante"  
y entonces ... que?*

[http://www.physics.nyu.edu/~ts2/Animation/Time\\_dilation.html](http://www.physics.nyu.edu/~ts2/Animation/Time_dilation.html)



$$\begin{aligned}C &= \text{cte} \\D &> L \\D/c &> L/c \\T_1 &> T_2\end{aligned}$$

<https://www.youtube.com/watch?v=C2VMO7pcWhg>

# EINSTEIN ATTACKS QUANTUM THEORY

---

Scientist and Two Colleagues  
Find It Is Not 'Complete'  
Even Though 'Correct.'

---

SEE FULLER ONE POSSIBLE

---

Believe a Whole Description of  
'the Physical Reality' Can Be  
Provided Eventually.

"Einstein Attacks Quantum Theory" read the *New York Times* headline of May 4, 1935. The article continued:

*Professor Albert Einstein will attack science's important theory of quantum mechanics, a theory of which he was a sort of grandfather. He concludes that while it is "correct" it is not "complete." With two colleagues at the Institute for Advanced Study here, the noted scientist is about to report to the American Physical Society what is wrong with the theory of quantum mechanics. The quantum theory with which science predicts with some success inter-atomic happenings does not meet the requirements for a satisfactory physical theory, Professor Einstein will report in a joint paper with Dr. Boris Podolsky and Dr. N. Rosen.*

N  
Y

T

1

9  
3

5

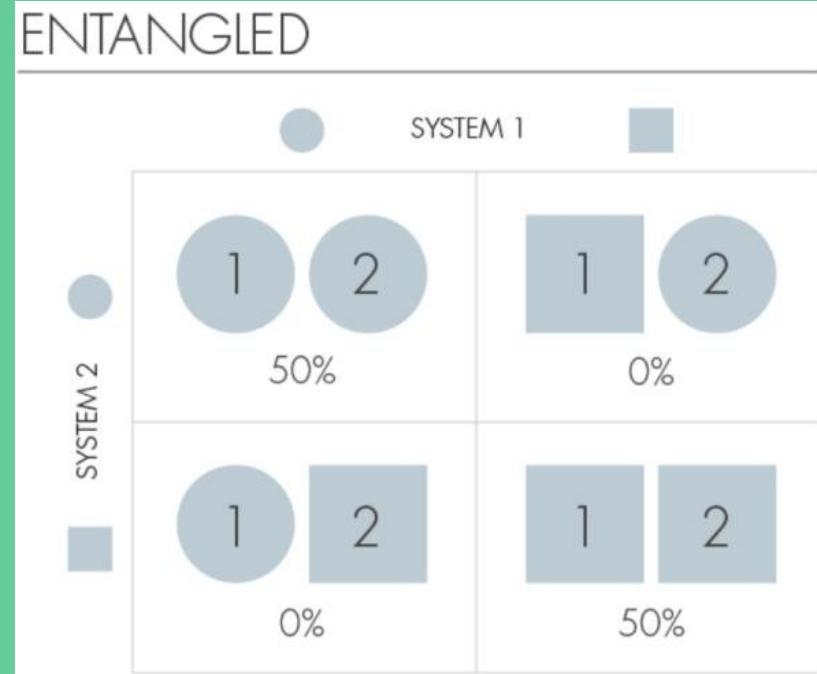
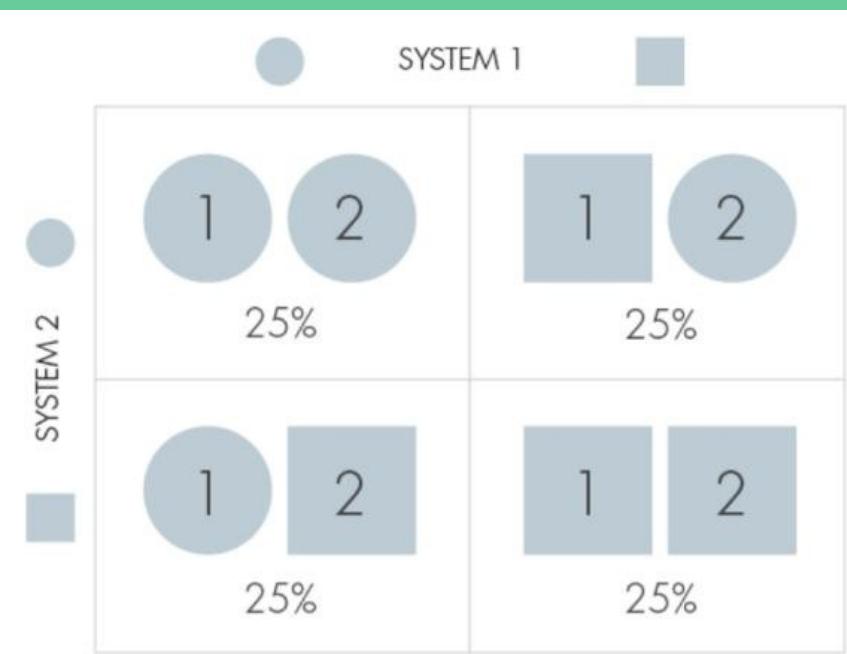
# El Idealismo de Berkeley y la interpretación de Copenhague.

Berkeley (1685-1753) negó que hubiese un objeto por tras de las impresiones de los sentidos, negando la materia. No existe nada en un ente físico mas alla de las propiedades que el sujeto percibe atraves de sus sentidos.

La interpretación ortodoxa del formalismo cuántico, afirma que un ente cuántico existe em quanto observado em um experimento. (Ppio de complementariedad)

- Mas aun, el idealismo cuantico requiere que todo evento físico esté libre de propriedades fijadas a priori. La duda de Einstein em relación a esta interpretación se reduce al rol objetivo que un experimentador deveria tener en relación al experimento. (Rebaglia in Garola & Rossi "Found. of QM, Kluber 1995 pg. 396)
- La paradoja de EPR (1935) sobre variables ocultas en sistemas entrelazados que sugieren la incompletitud de la Mecánica Cuántica reflejan el drama. El drama se refiere intrinsecamente al tiempo.

Entrelazado



1. Einstein, Podolsky & Rosen: "Can quantum-mechanical description of physical reality be considered complete?" Physical Review 41, 777 (15 May 1935).

It is known by their collective initials as EPR. This is the paper that set out the original challenge to the Quantum Mechanical school to that QM was incomplete as a theory. Quantum theory proved to be correct regardless, but Einstein never knew. He died in 1955, and it would take Bell and others to prove him wrong years later.

J.S. Bell: "On the Einstein Podolsky Rosen paradox" Physics 1 #3, 195 (1964).

This is the paper that showed how to exclude an entire class of "hidden variable" theories from the realm of possibility via experiment. In a brilliant (and relatively straight-forward) mathematical proof, he showed that there existed certain settings for physical experiments that contradicted "common sense" views of reality. The Bell test related to so-called "entangled" pairs of light particles (photons), and measurement of their polarity relative to an apparatus set at specified angles. The relative angles were picked to exaggerate and highlight the desired effect, leading to apparently impossible measurements. After all, the likelihood of any event must be between 0 and 100%, right?

Aspect, Dalibard & Roger: "Experimental test of Bell's inequalities using time-varying analyzers" Physical Review Letters 49 #25, 1804 (20 Dec 1982).

This is the paper that experimentally answered the original challenge in a definitive manner. The actual results confirmed the statistical predictions of Quantum Mechanics - as formulated in the late 1920's - and ruled out Einstein's view of a more complete specification of reality. To paraphrase, a particle falling in the woods does NOT make a sound if there is no one to hear it. Strange - but true!

# EPR, Bell y Aspect

- EPR fue resuelto por Bell (1964), quien demostró que estadísticamente las predicciones de EPR y de la función de onda de la Mecánica Cuántica son diferentes.
- El fenómeno fue observado por Aspect (1982) y por diversos labs hasta el presente, todos comprueban que en partículas entrelazadas la medición del estado de una determina “instantáneamente” la de la otra. Los resultados refuerzan el carácter no local de la MC, violando consecuentemente la invariancia de Lorentz, minando la base de la RE a nivel cuántico.

# COMPLEJIDAD TARIEDAD

- 1- Una propiedad que no es medida no precisa existir.
- 2- La medición es un sistema activo que altera el objeto medido.

Frank Wilcsek, Quanta Magazine 2017.

# Aspect 1984, Bell vs EPR

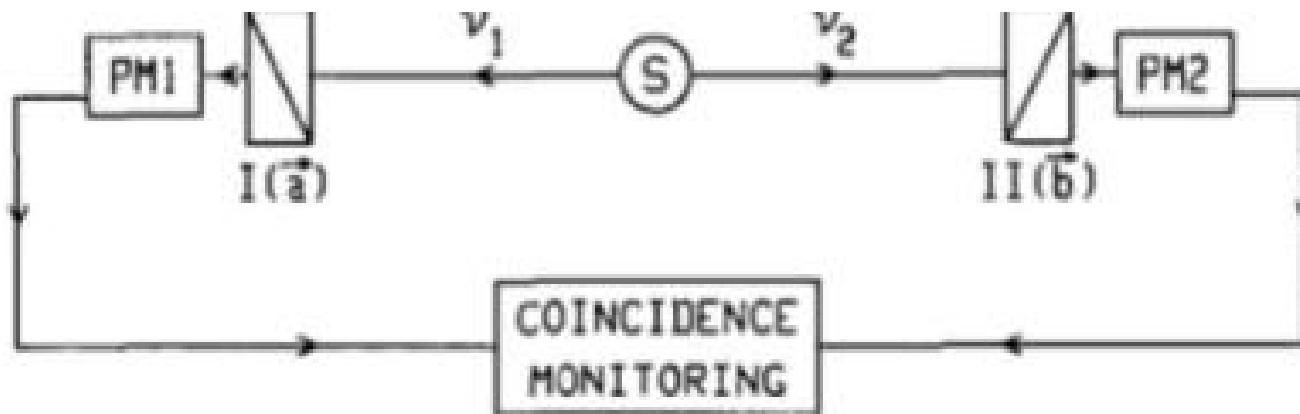
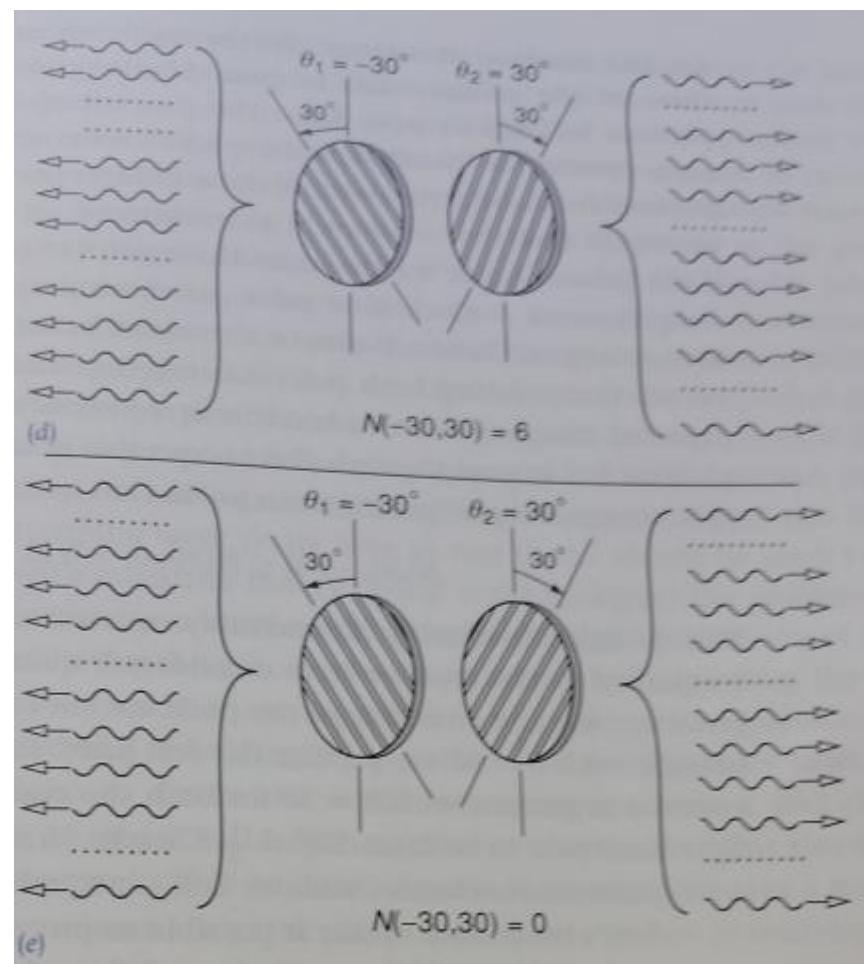
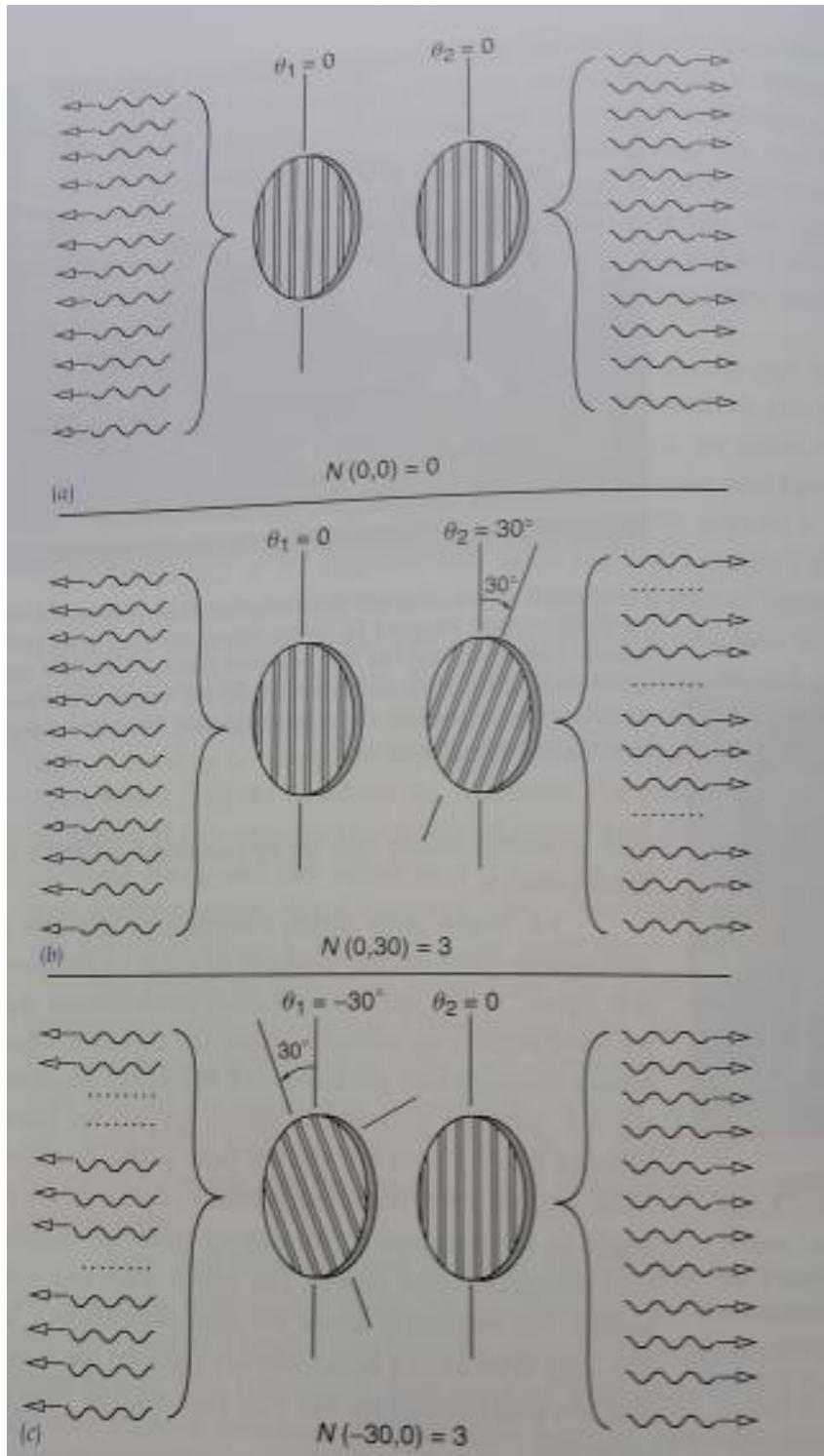


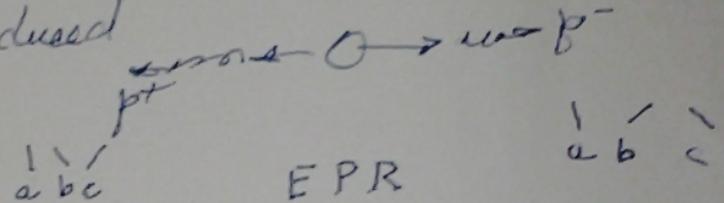
FIG. 1. Optical version of the Einstein-Podolsky-Rosen-Bohm *Gedankenexperiment*. The pair of photons  $\nu_1$  and  $\nu_2$  is analyzed by linear polarizers I and II (in orientations  $\hat{a}$  and  $\hat{b}$ ) and photomultipliers. The coincidence rate is monitored.



**Las desigualdades de Bell y la irrealidad de las variables ocultas.**

## Bell's Theorem

b - Suppose an experiment in which a pair of entangled photons are produced



entangled particles "feels" each other that contradicts locality

either a - SR is wrong or

b - There are hidden variables in each particle. That contradicts the theory when acted upon by experiment.

In the case of the entangled photons: "which are the possible variables?"

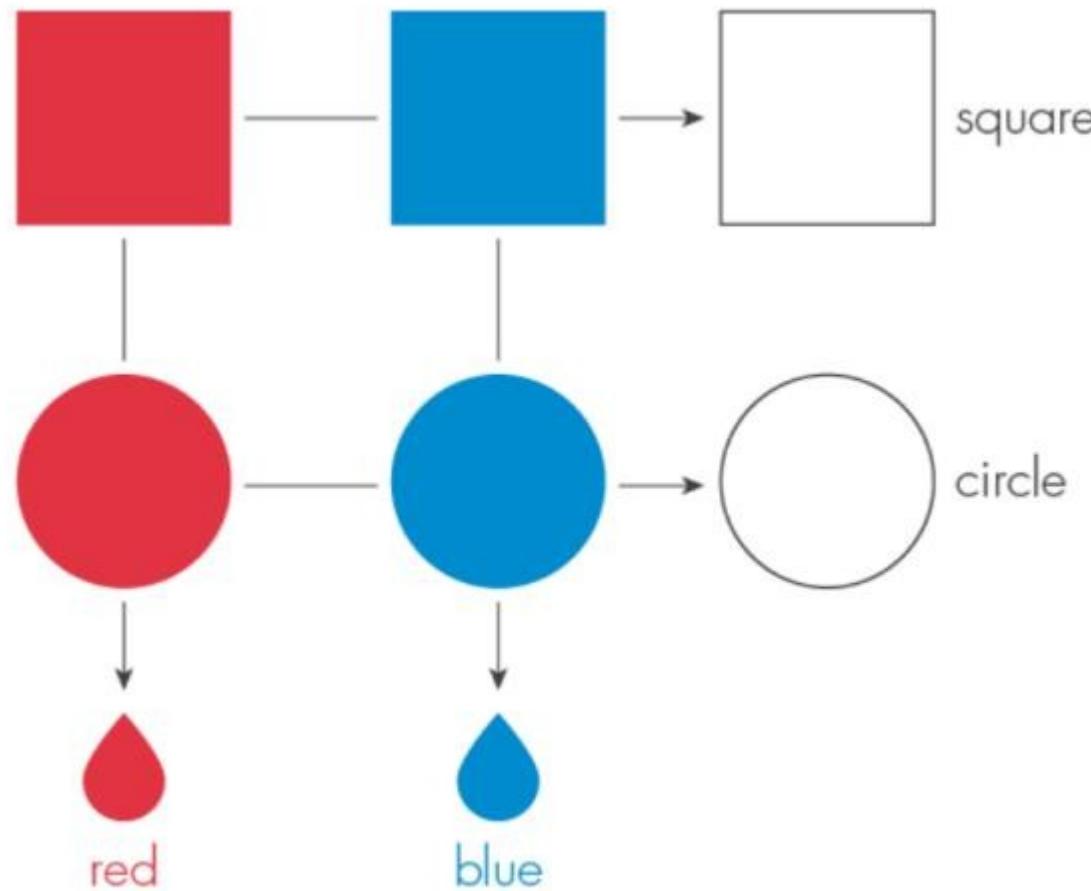
a	b	c	ab	bc	ac
y	y	y	-	y	y
y	y	n	y	n	n
y	n	n	n	y	n
n	y	y	n	y	n
n	n	y	n	y	n
y	n	y	y	n	n
n	y	n	n	n	y
n	n	n	-	n	y

In this figure a, b and c corresponds to the three possible set that John and Mary can put to the polarizer that is vertical and + or - 60°. Then, if hidden variables do exist, there will be 8 possibilities for them either the particle have all three, two, one or none of the properties. Then, if M and J set arbitrarily their own three polarizers, the probabilities in each one of the 8 possibilities will be those on the right table: always larger than 33%.

But QM gives 25% !!!

# **Experimento Greenberger, Horne & Zeilinger .**

3 Q-ons son preparados em un estado semejante y son enviados a Juana, Maria y Pedro, que estan distantes uno de outro.



Ell@s deciden independientemente sacar forma o color. La probabilidad de sacar cuadrado o redondo , azul o rojo es exactamente equivalente.

- La cuestión interesante aparece cuando Juana, María y Pedro comparan los resultados.
- Llamemos a la forma cuadrada y el color rojo "los buenos".
- Llamemos a la forma redonda y al color azul "los malos".
- JMP descubren que cada vez que dos de ellos deciden medir forma y el otro medir color, 0 o 2 son "malos".
- Cada vez que los 3 deciden medir color, 1 o 3 son "malos".
- La pregunta que se impone es: Es el número de malos par o impar?
- Vemos que la pregunta pierde sentido, ya que la respuesta depende de como se realiza el experimento.
- Coleman clasifica GHZ como MC en la vena.

# *Preguntas residuales para astrónomos curiosos...*

- *Que influencia tuvo en el Universo primordial el entrelazamiento cuántico?*
- *Cual es el papel de la probabilidad en este Universo que parece determinístico?*
- *Tiene alguna influencia el entrelazamiento en los fenómenos variables em los cuales la propagación de la información se supone limitada por la velocidad de la luz? (variabilidad en núcleos activos y QSOs, jets relativísticos, etc.).*
- *Tenemos (o podemos) que independizar la descripción de los fenómenos del tiempo?*

*Es posible una descripción ( $p, E$ ) en vez de una ( $e, t$ )?*



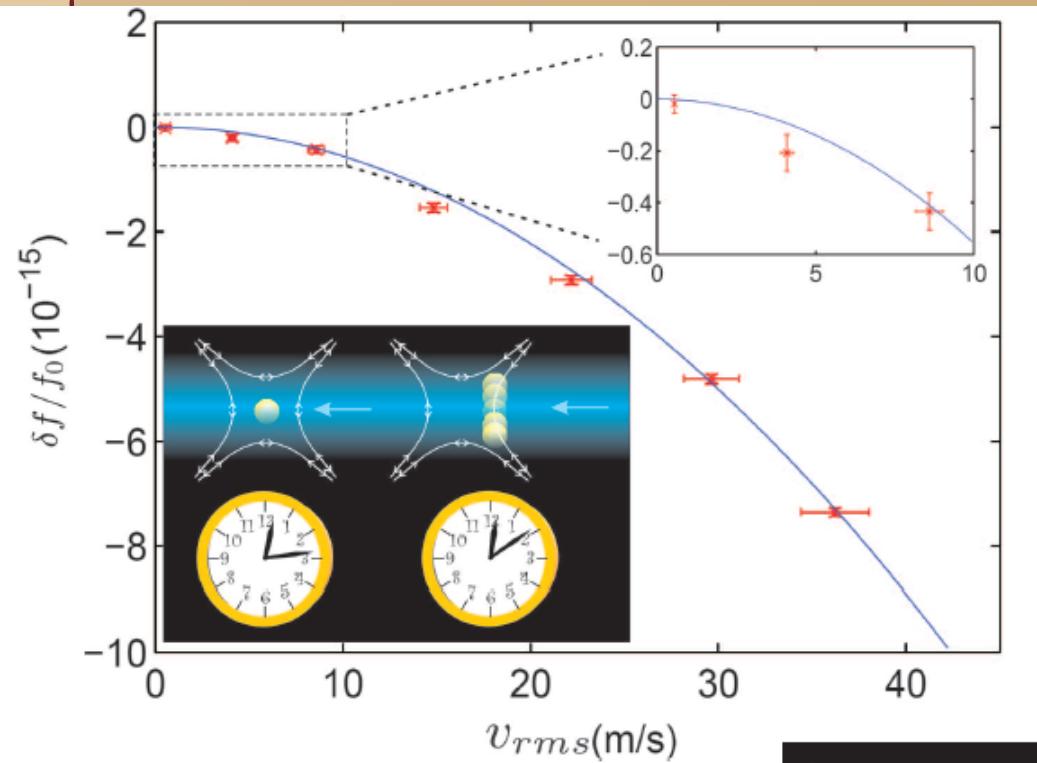
Borges, refiriendose a las calles de Bs As, dice: "Este es e laberinto de Creta cuyo centro fué el Minotauro que Dante imaginó como un toro con cabeza de hombre y em cuya red de piedra se perdieron tantas generaciones como Maria Kodama y yo nos perdimos em aquella mañana y seguimos perdidos em el tiempo, esse otro laberinto."



*FIN*

Ese cielo azul que veis, no es cielo ni es azul. Lástima que  
no sea verdad tanta belleza. (Lupercio Leonardo de Argenzola)

# Chou et al., NIST, (Science 2010, 329, pg 1630)



RE fue probada para  $v=36 \text{ km/h}$   
y RG para diferencias en altura de  
 $\sim 35 \text{ cm}$ . Cada punto corresponde a  
8000 mediciones.

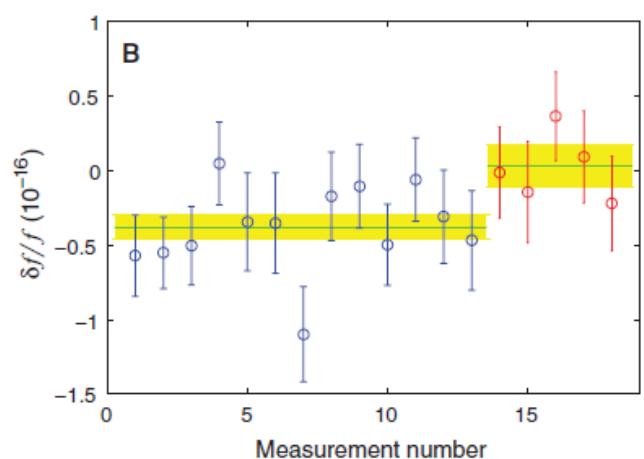
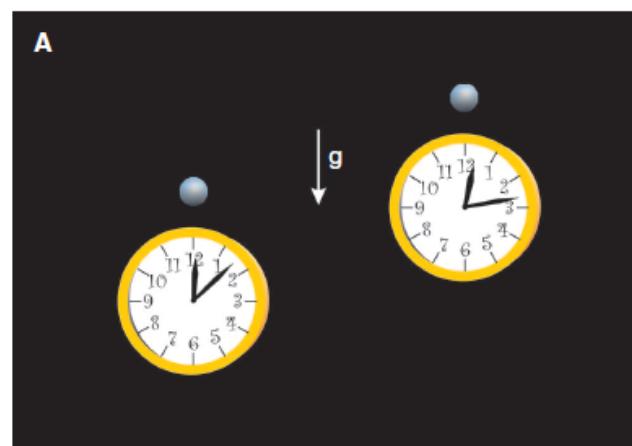


Fig. 3. Gravitational time dilation at the scale of daily life. (A) As one of the clocks is raised, its rate increases when compared to the clock rate at deeper gravitational potential. (B) The fractional difference in frequency between two  $\text{Al}^+$  optical clocks at different heights. The Al-Mg clock was initially 17 cm lower in height than the Al-Be clock, and subsequently, starting at measurement 13, it was 17 cm higher. The fractional shift in the frequency

height is measured to be  $(4.1 \pm 1.6) \times 10^{-17}$ . The vertical error bars represent statistical uncertainties (reduced  $\chi^2 = 0.87$ ). Green lines and yellow shaded bands indicate, respectively, the averages and statistical uncertainties for the first 13 data points (blue symbols) and the remaining 5 data points (red symbols). Each data point represents about 8000 s of clock operation.



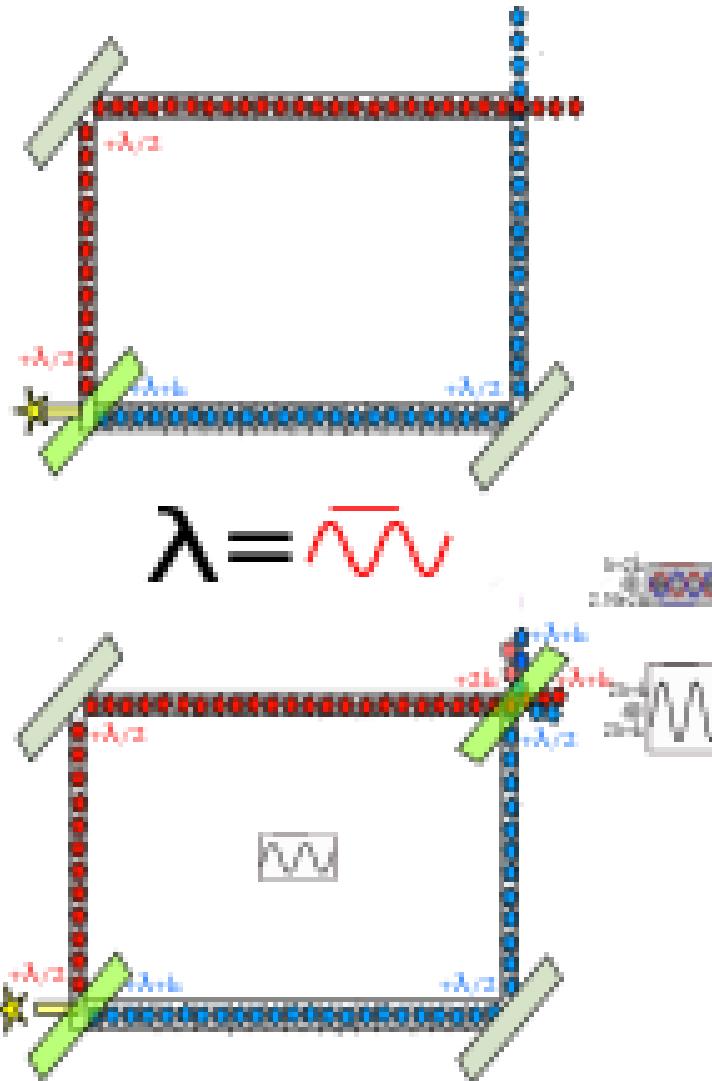
## Donde está la Astrofísica?

Wheeler's "delayed-choice" experiment:

La pregunta procedente que Wheeler tento responder es em que momento la partícula decide ser onda o corpúsculo?:

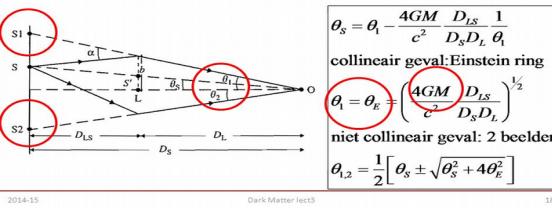
double slit, microscope, split beam, tilt-teeth, radiation pattern, one-photon polarization, and polarization of paired photons (1984).

# Wheeler "delayed-choice" experiment:

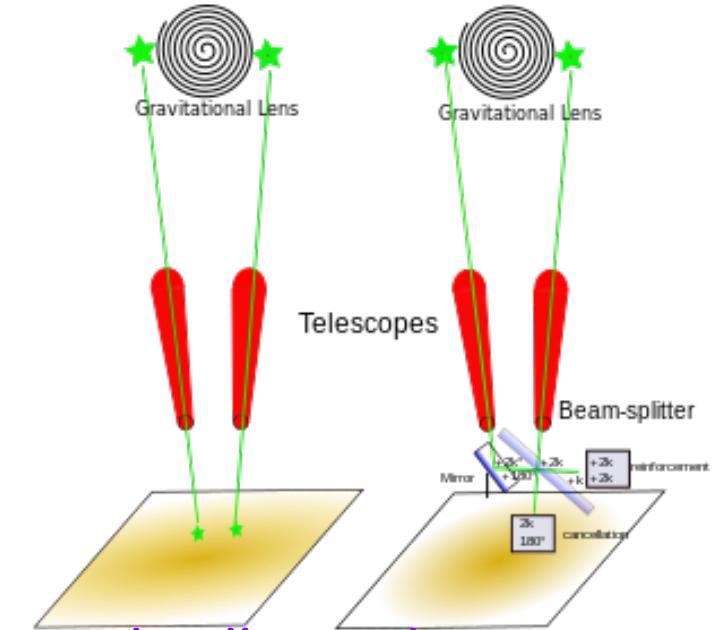
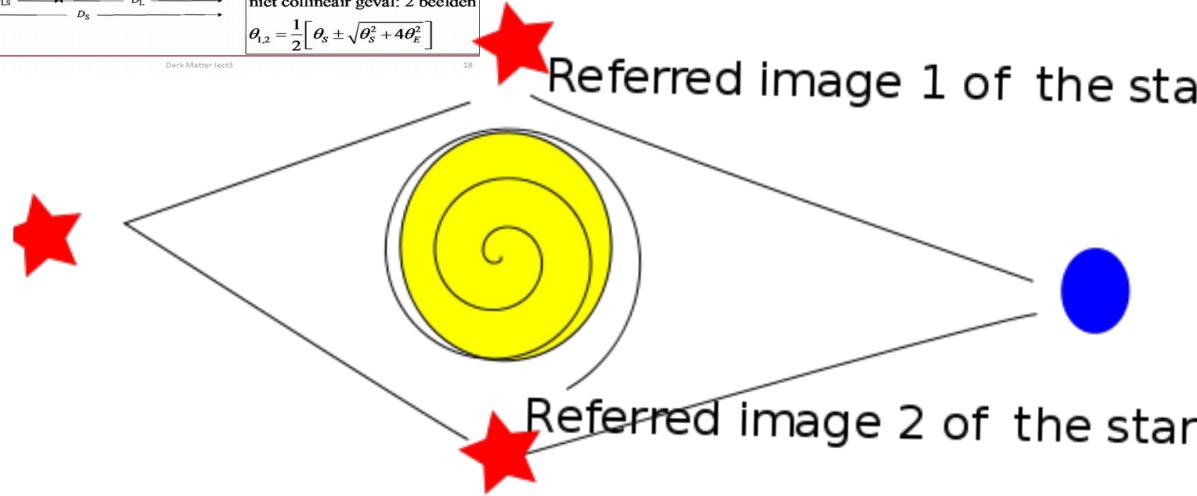


## Gravitational lensing principle

- Photons emitted by source S (e.g. quasar) are deflected by massive object L (e.g. galaxy cluster) = 'lens'
- Observer O sees multiple images



# El interferómetro cósmico



El fotón decidió viajar como partícula u onda hace mil millones de años.

Wheeler hace aquí el papel de abogado del diablo y propone que quizás el fotón espera a que el astrónomo coloque su interferómetro para transmitir la información instantáneamente hasta la lente gravitacional para que el próximo fotón cambie su comportamiento!

Experimentos realizados con fotones y partículas masivas, demuestran que el comportamiento de la partícula es definido por el montaje del instrumento en ese instante. Un átomo de He confinado "flipa" de onda a partícula cuando muda la configuración del instrumento.

## *Test de Wheeler versión 2015*

Experimentos realizados com fótons e partículas massivas, demostram que o comportamento da partícula é definido no instante da mudança da configuração do instrumento.

Um átomo de He confinado “flipa” de onda a partícula quando a configuração do instrumento muda, tudo à vista, já que a partícula pode-se manter em repouso. Manning et al. (doi:10.1038/nphys3343, 2015)

## *Dudas que permanecen...*

- *Inversión de la flecha del tiempo en el horizonte de eventos de Agujeros Negros?*
- *Sufren los mismos efectos relativistas los organismos vivos?*

$$ds^2 = d\tau^2 - \frac{R^2(dx^2 + dy^2 + dz^2)}{(1 + \frac{1}{4}kr^2)}$$

Universos de Sitter ou anti de Sitter apresentam curvatura sem matéria. Uma curvatura inerente ao e-t, o que é equivalente à energia do vácuo.

**de Sitter**  $\Lambda > 0$ ; **anti de Sitter**  $\Lambda < 0$ . (AdS age como à gravitação)"

Anti de Sitter tem borda ; neste caso, com algumas condições, “as propriedades do Universo n-D estão contidos na borda (n-1)-D”

Van Raamsdonk (2010) propõe que precisa só de emaranhamento para conseguir uma teoria unificada....

Sobre esta ideia Susskin & Maldacena, (2015) sugerem que ER = EPR.

Negar la sucesión temporal, negar el Universo Astronómico, son desesperos aparentes y consuelos secretos. Nuestro destino no es terrible por ser irreal, es terrible por ser irreversible. ( J.L. Borges, Antología personal).

Ese cielo azul que ves, no es cielo, ni es azul. Lástima que no sea verdad tanta belleza! (Lupercio Leonardo de Argenzola, poeta español del siglo XVI)

# Mecânica Relacional



$$\sum_i \left( \frac{m_i}{2} \right) \left( \frac{\delta d_i}{\delta t} \right)^2 + V = E$$

*As leis de conservação permitem, a partir de dois instantes sucessivos, definir:*

$$\delta t = \sqrt{\frac{\sum_i m_i (\delta d_i)^2}{2(E - V)}}$$

*o tempo, que resulta claramente emergente!*

$$v_i = \frac{\delta d_i}{dt} = \sqrt{\frac{2(E - V)}{\sum_i m_i (\delta d_i)^2}} \delta d_i$$

*e a velocidade*

*que podem ser definidos relationalmente*

$$\delta A = \sqrt{E - \sum_{i < j} \frac{(m_i m_j)}{r_{(ij)}} \sum_i m_i (\delta d_i)^2}$$

*O princípio de Ação Mínima permite traçar a trajetória atemporal do sistema.*

# *Identificação da flecha do tempo gravitacional.*

*(Barbour, Koslowsky & Mercati. 2014)*

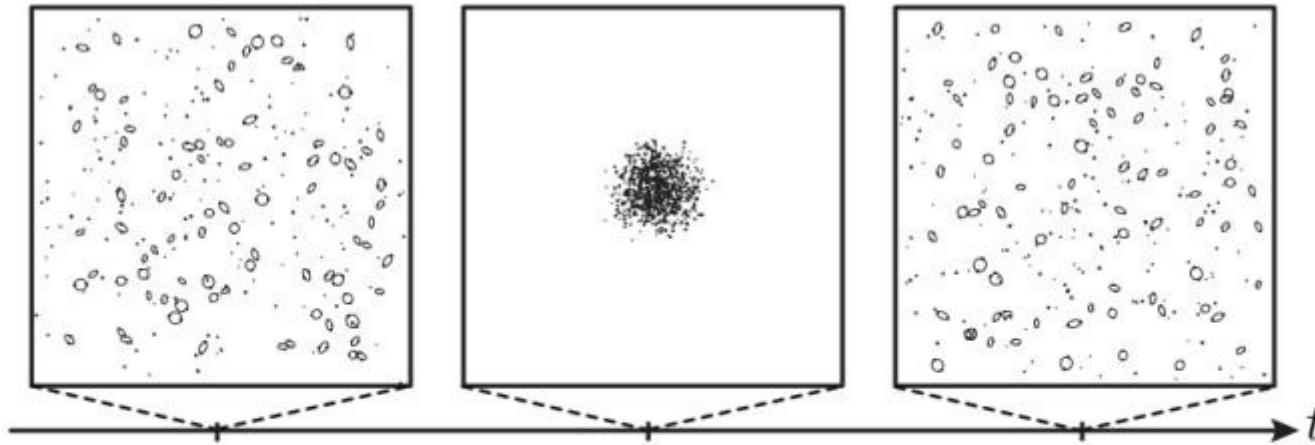


FIG. 1: Three configurations at different Newtonian times  $t$  of a typical solution of the  $N$ -body problem with  $\mathbf{J}_{\text{tot}} = 0$ ,  $E_{\text{tot}} = 0$ . The time symmetry of the law is reflected in qualitative symmetry about the central region in which the distribution of the particles is maximally uniform. The direction of time indicated by the arrow of the time axis is purely conventional. Either choice of direction gives contraction with structure destruction through uniformity at minimal size followed by expansion and structure formation, mainly in the form of Kepler pairs (shown as loops). Internal observers must be on one side of the central region and would regard it as their past..

$$\mathbf{r}_a \rightarrow \alpha \mathbf{r}_a, \quad t \rightarrow \alpha^{1-k/2} t \quad I_{\text{cm}} := \sum_{a=1}^N m_a \|\mathbf{r}_a - \mathbf{r}_{\text{cm}}\|^2 = \frac{1}{m_{\text{tot}}} \sum_{a < b} m_a m_b r_{ab}^2, \quad \dot{I}_{\text{cm}} = 4E_{\text{cm}} - 2(2+k)V_k,$$

$$\mathcal{H}(\tau) = \ln \left( \sum_{a=1}^N \boldsymbol{\pi}^a \cdot \boldsymbol{\pi}^a + \tau^2 \right) - \ln \left( I_{\text{cm}}^{\frac{1}{2}} |V_{\text{New}}| \right), \quad D := \sum_{a=1}^N \mathbf{r}_a^{\text{cm}} \cdot \mathbf{p}_a^{\text{cl}} + \xrightarrow{\quad \textcolor{blue}{\longrightarrow} \quad} \boldsymbol{\tau},$$

Momento Dilatacional

$$E = 0$$

$$P_{\text{tot}} = 0$$

$$J_{\text{tot}} = 0$$

# A complexidade mede a evolução do sistema.

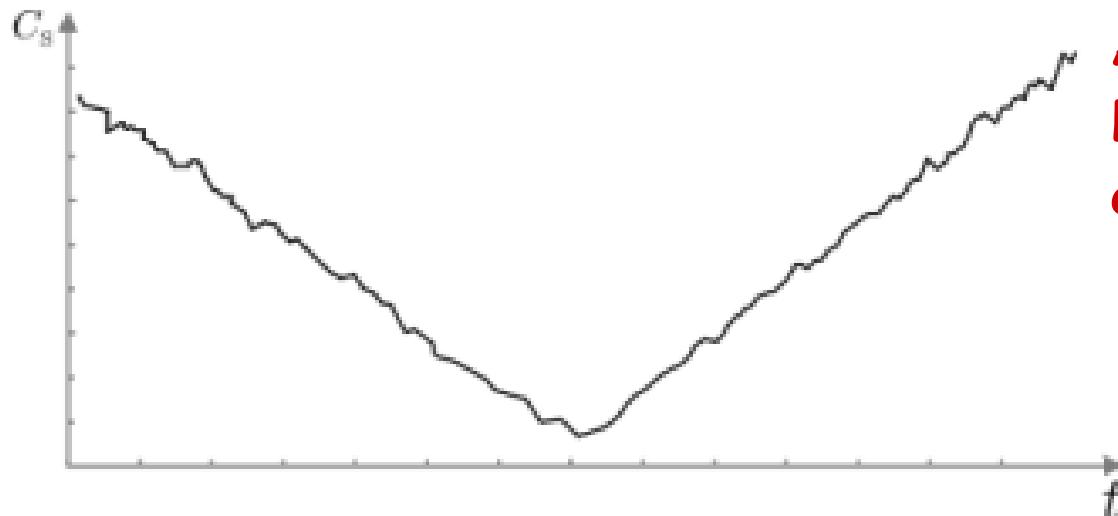


FIG. 2: Numerical computation of the complexity  $C_S$  vs. Newtonian time. This is the typical graph one obtains from a simulation with  $N = 1000$  particles. There is clear linear growth of  $C_S$  on either side of the central ‘turning point’, where the moment of inertia  $I_{cm}$  is minimal and the dilatational momentum  $D$  vanishes.

A evolução em  $\tau$  é dada por um  $H(\tau)$ . Ele marca a evolução no espaço das formas (shape S).

A complexidade é medida pelo consciente de duas medidas:

$$L_{rms} = I_{cm}^{0.5} / m_{tot}$$

Raíz quadrada média.

$$L_{mhl} = m_{tot}^2 / V_{new}$$

Longitude harmônica média.

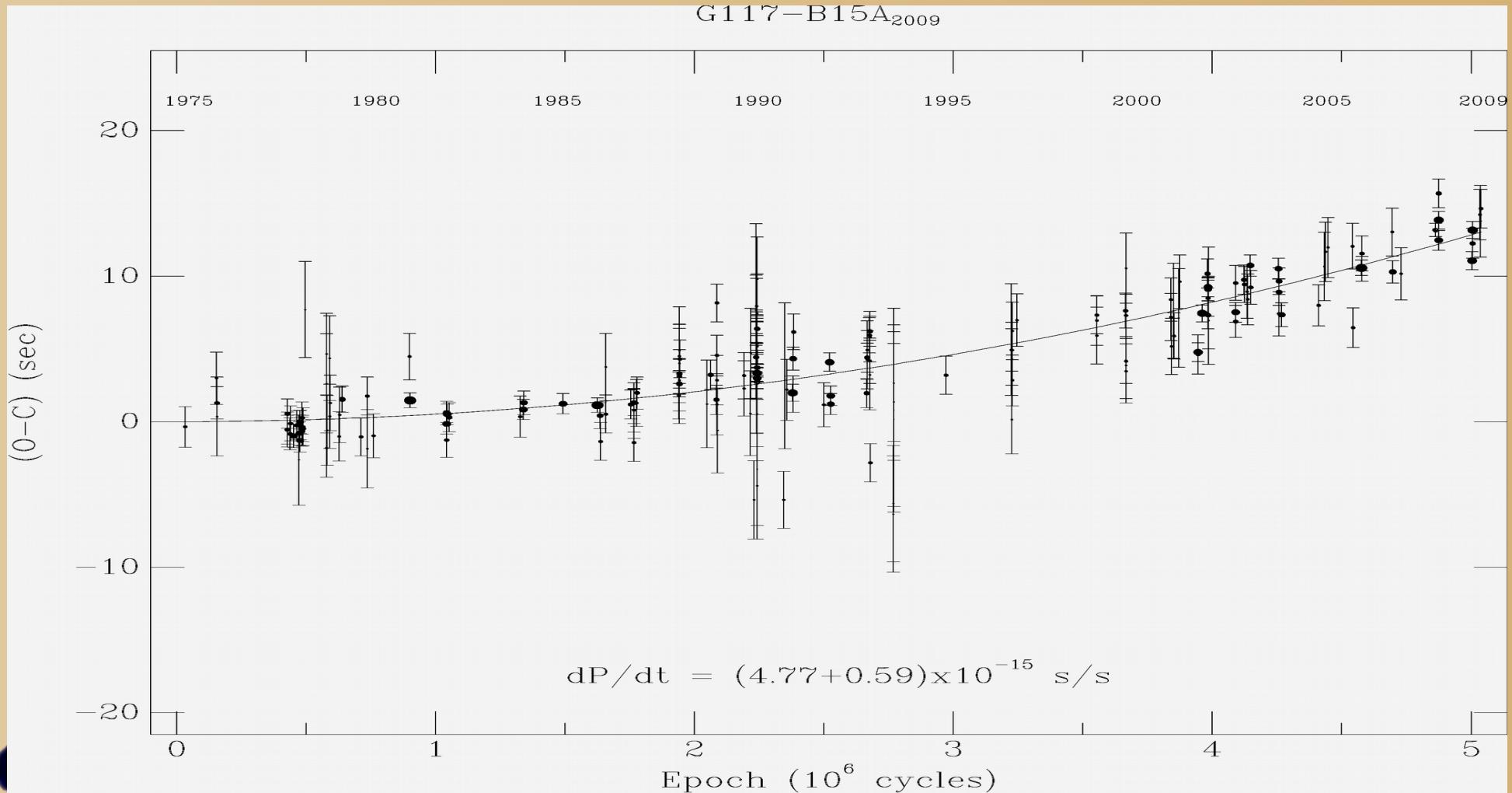
$$C_S = \frac{L_{rms}}{L_{mhl}}$$



# G117-B15A

## estabilidad vs precisión.

(Gentileza, S.O. Kepler et al.)



# *Expansão atemporal do Universo*

- Posso aplicar o mesmo arraçoadoo na equação de Friedman:

$$ds^2 = d\tau^2 - \frac{R^2(dx^2 + dy^2 + dz^2)}{(1 + \frac{1}{4}kr^2)}$$
$$\dot{R} = \frac{C}{R} + \frac{\Lambda R^2}{3} + k = F(R)$$

A integral se faz no tempo t, definido como:

$$t = \int dR / F(R)$$

Porem, usando leis da termodinâmica, temos uma relação R(T), onde T é a temperatura do plasma, que é no fundo o que determina as energias em jogo nas diversas eras, pilares do modelo padrão: a nucleossíntese primordial e a radiação de fundo.

# *Tempo e Entropia*

*(Dodelson "Physical Cosmology")*

Se considerarmos Universo como um fluido isotrópico perfeito o tensor de energia e a lei de conservação em um Universo em expansão :

$$T_{\mu}^{\nu} = \begin{bmatrix} \rho & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P \end{bmatrix}$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \dot{a} [3\rho + 3P] = 0$$

$$\frac{T}{a^3} \chi \frac{\partial}{\partial t} \left[ \frac{(\rho+P)a^3}{T} \right] = 0$$

A densidade de S

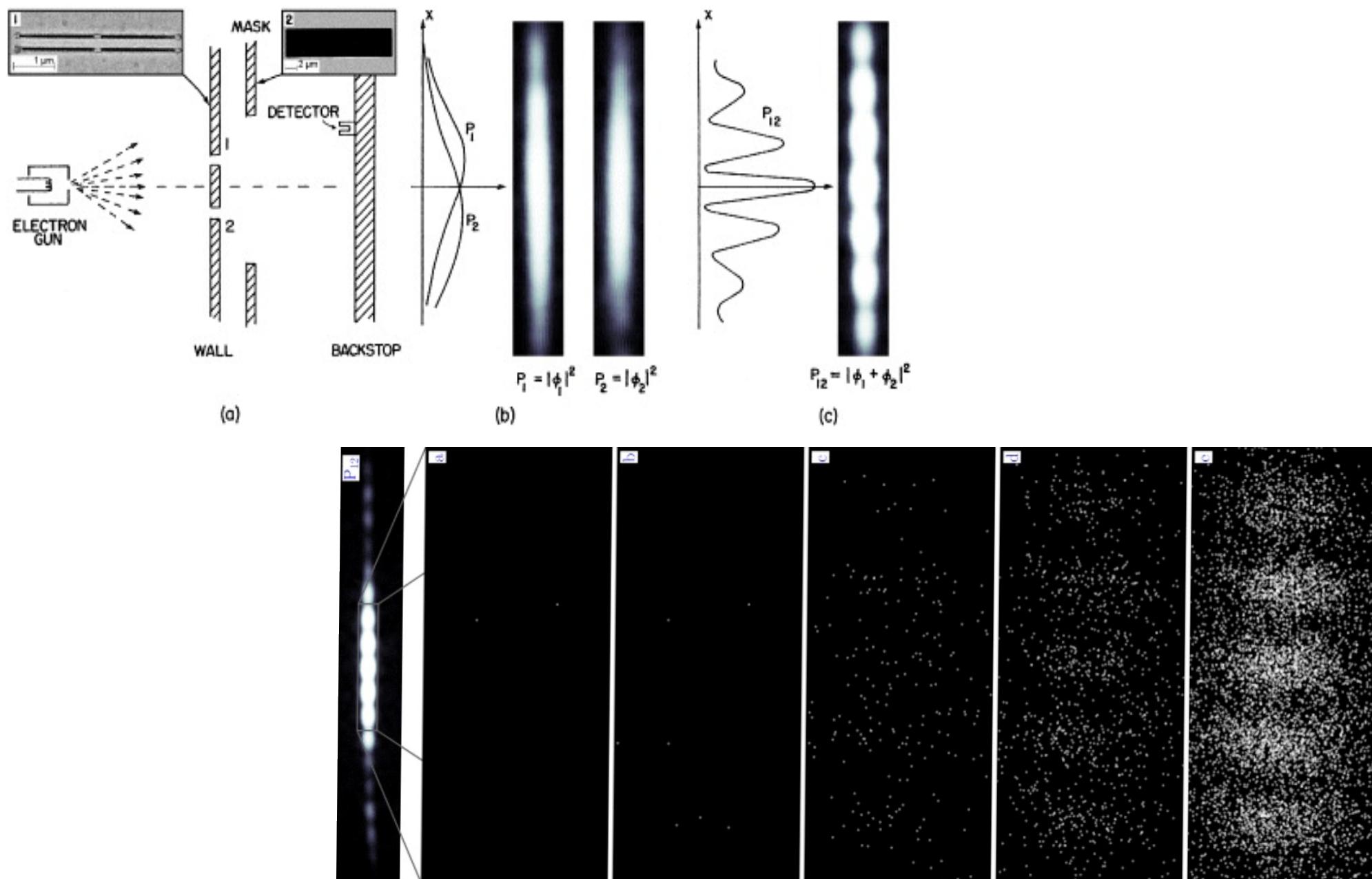
$$S \equiv \frac{\rho + P}{T} \sim a^{-3}$$

$$ds \sim \frac{-da}{a^4} < 0$$

se queremos que S cresça, devemos introduzir termos anisotrópicos em T.  
Ou as flutuações de densidade devem crescer mais do que as de T.

# Double slit experiment with individual electrons. Feynman's Gedanken Experiment.

New Journal of Physics, Volume 15, March 2013



# **Mangabeira Unger**

*(The Singular Universe and the Reality of Time, 2015)*

- **Atributos do Tempo:**

- *Contínuo.*
- *Irreversível (flecha do tempo).*
- *Não emergente.*
- *Global ou cósmico.*

# *Sobre a Existência do Tempo.*

- *Categorias do conceito.*

*Individual (Psicológico e Biológico individual).*

*Social (Antropológico e Arqueológico).*

*Científico (Biológico evolutivo, Geológico, Cosmológico).*

# Paradigma Newtoniano

Quais são as possíveis configurações iniciais do sistema ?

Quais são as forças que agem sobre o sistema ?

O método é poderoso, mas está sujeito a suposições muito fortes:

- 1) o espaço das configurações independe do tempo. Elas não evoluem, simplesmente existem.
- 2) as forças às quais o sistema está submetido, também não evoluem, por tanto podem ser dadas a priori.

Se estas duas condições independem do tempo, este pode ser removido da descrição da evolução do sistema. Toda a história de qualquer sistema pode ser dada como uma curva congelada no espaço das configurações.

# *Time and Space in QM*

- Entangled particles contradict SR Locality.  
*The theory is incomplete or*
- Entangled particles communicate themselves with  $v > c$  or
- There are hidden variables.
- E-T bridges are build every time and every where entangled particles are experimented.

# *O meu envolvimento com o tempo*

Síntese de Populações Estelares em Galáxias e Medição dos Círculos de Formação Estelar em Núcleos Normais e Ativos. (Tese 1982).

Calibração e Medição de Idades de Regiões HII. (Dottori 80, 81, Copetti tese, LMC & SMC). Câmera de vácuo, Filtros interferenciais! (260 citações).

Padrão Espiral e Ressonâncias em Discos Galácticos, Colisões de Galáxias ativas, etc.

