

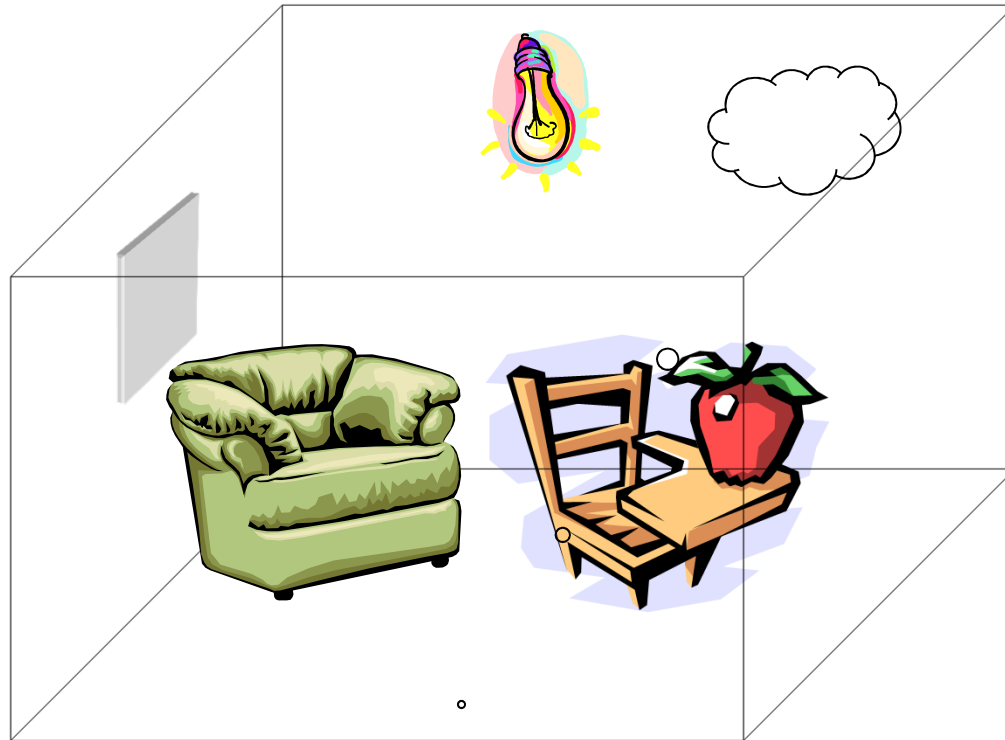
El vacío cuántico:
¿qué queda cuando no hay nada?

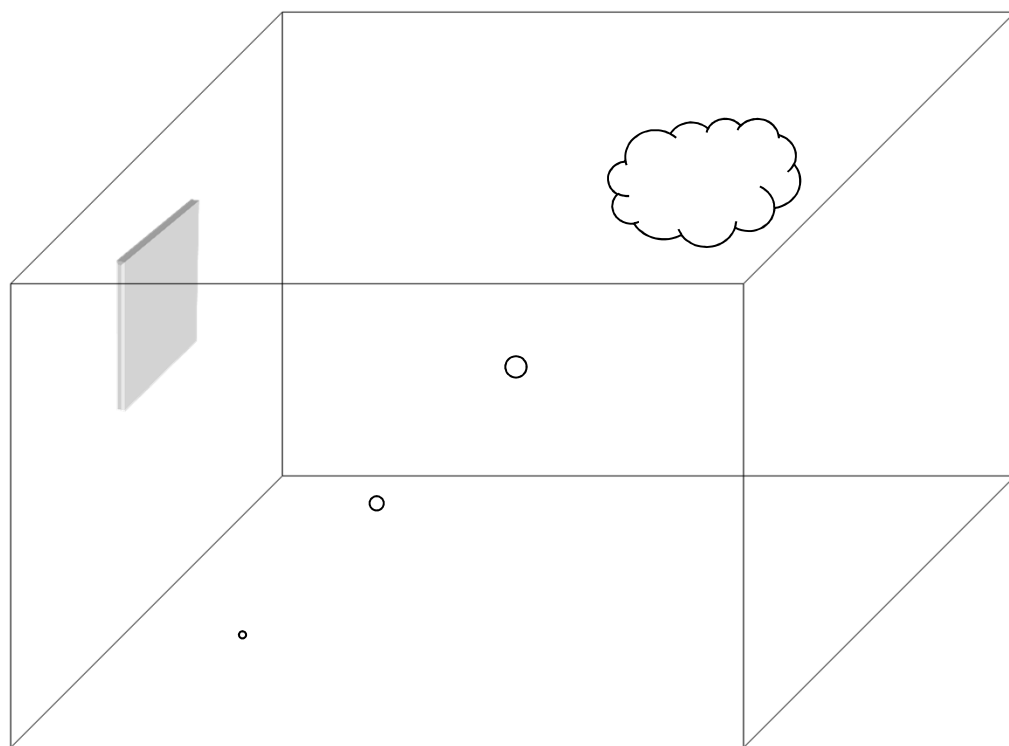
Francisco Diego Mazzitelli
Departamento de Física, F.C.E.N -
Universidad de Buenos Aires

Plan de la charla

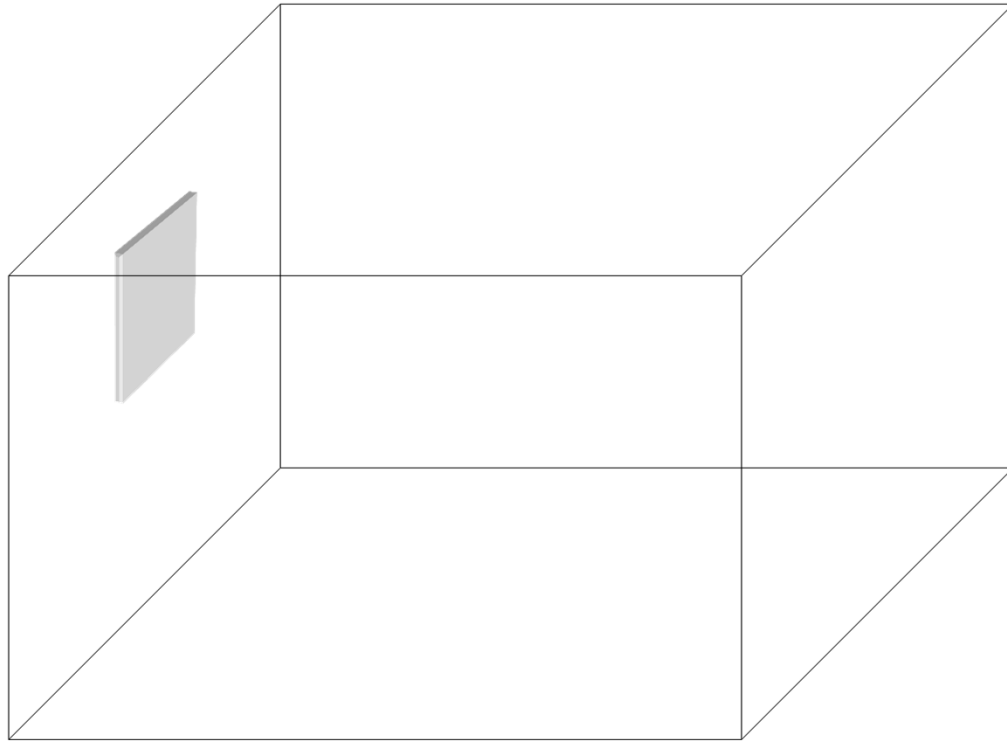
- Cómo “hacemos vacío”?
- El principio de incertidumbre
- La “fuerza del vacío”
- Experimentos
- Otras consecuencias de la energía del vacío

Cómo “hacemos vacío”?

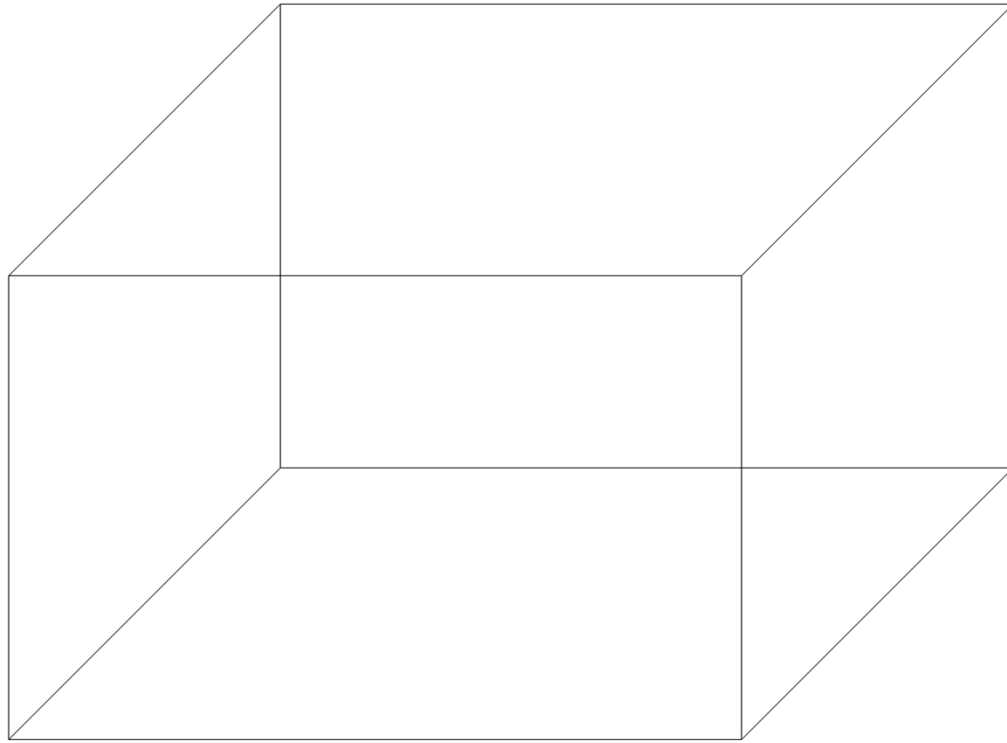




Sacar las cosas



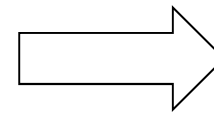
Sacar las cosas
Extraer el aire



Sacar las cosas

Extraer el aire

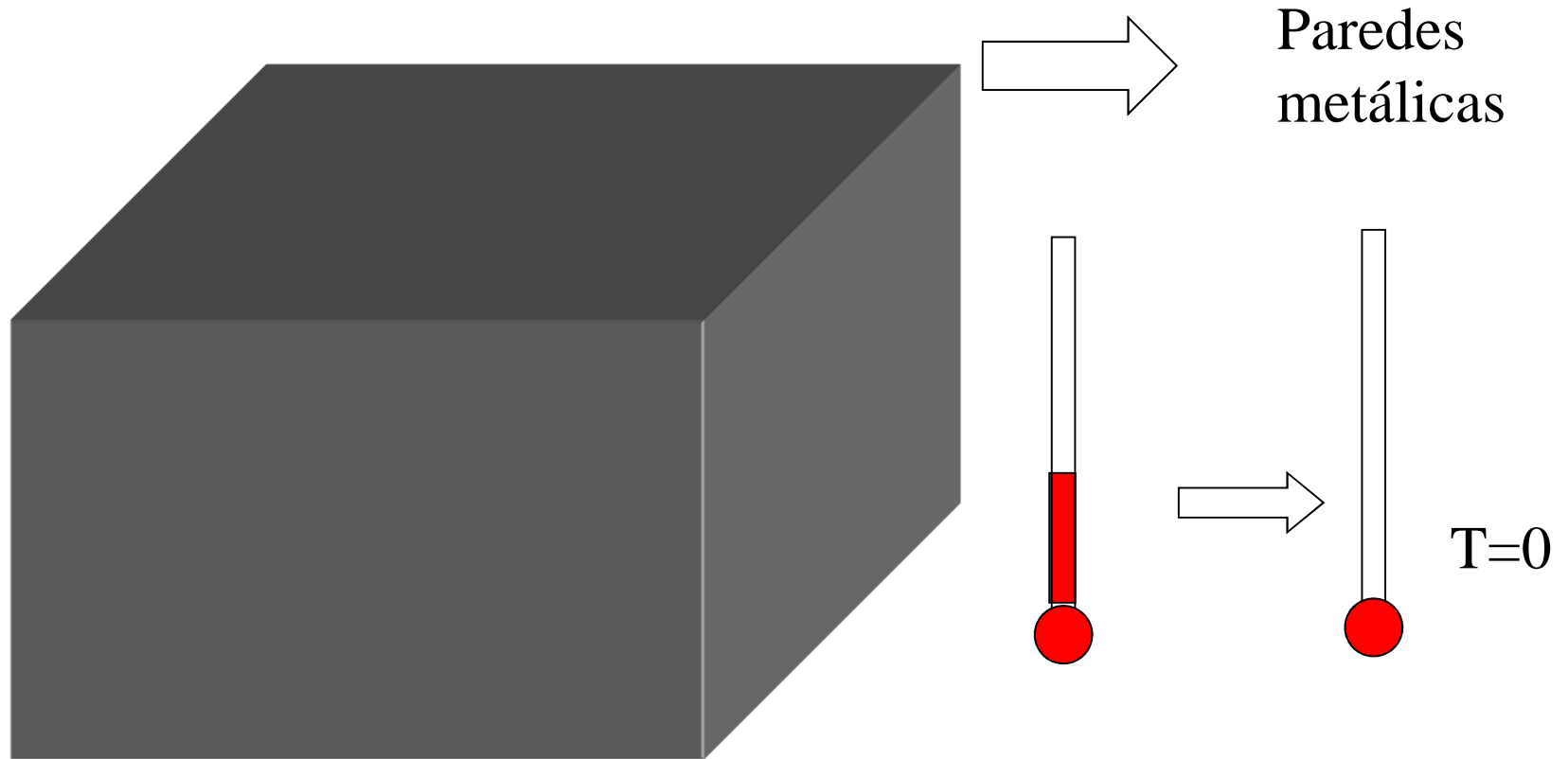
Tapar las ventanas



Paredes
metálicas

Aislar de radiación electromagnética

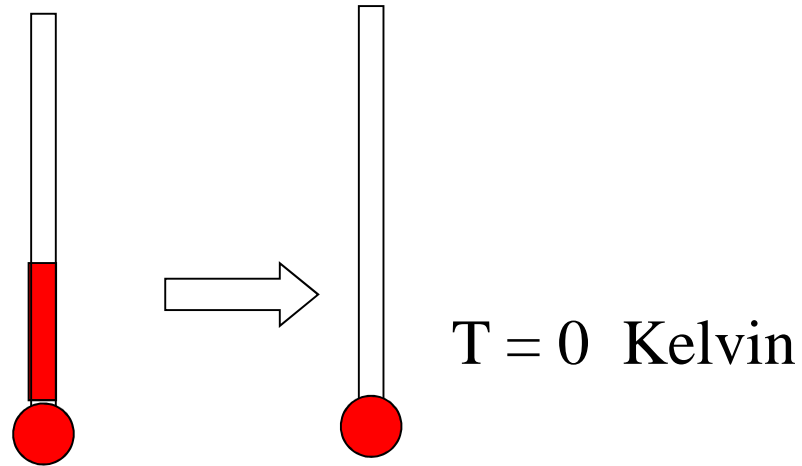
Sacar las cosas
Extraer el aire
Tapar las ventanas



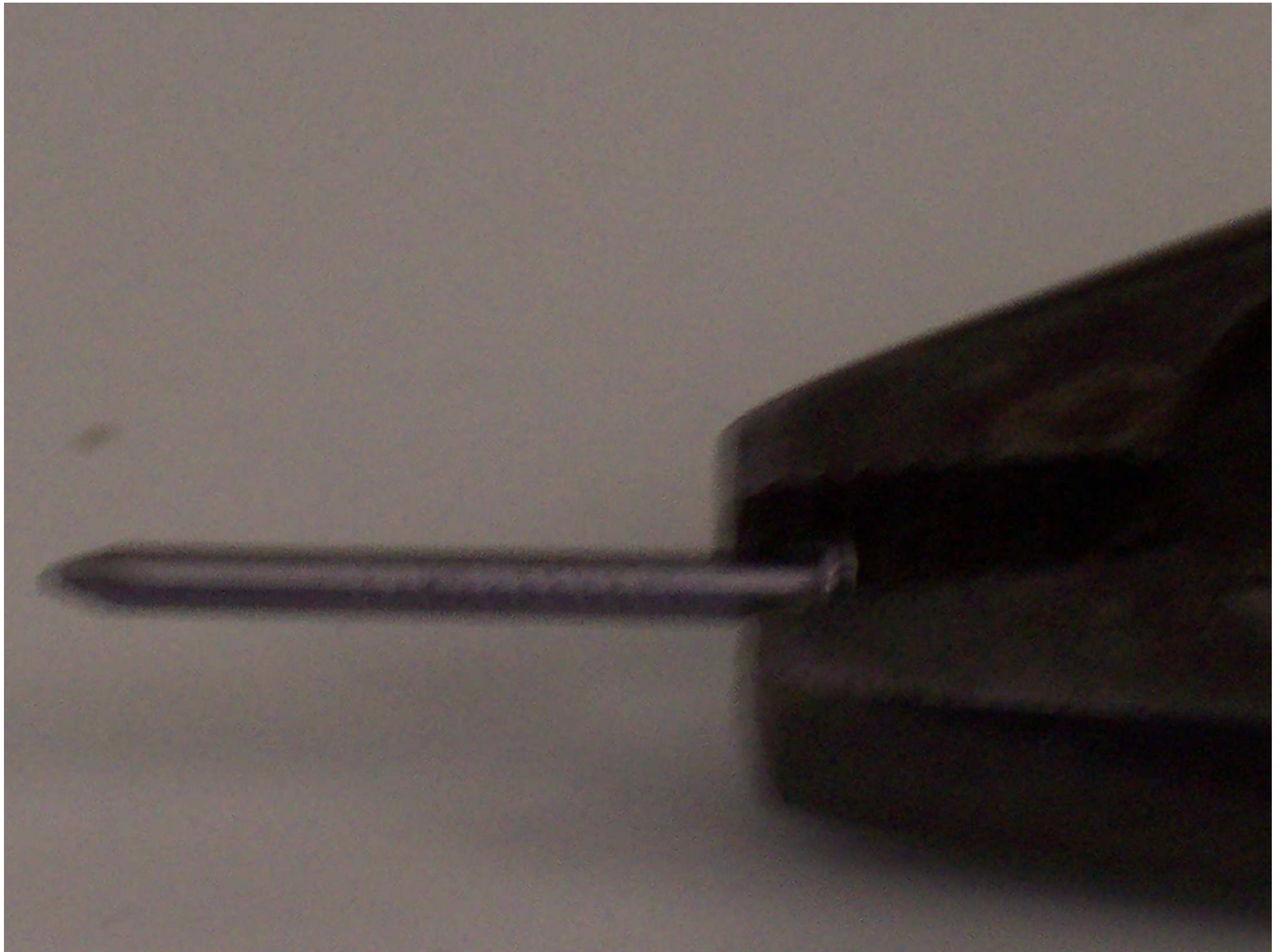
Sacar las cosas
Extraer el aire
Tapar las ventanas

Aislar de radiación electromagnética
Bajar la temperatura de las paredes

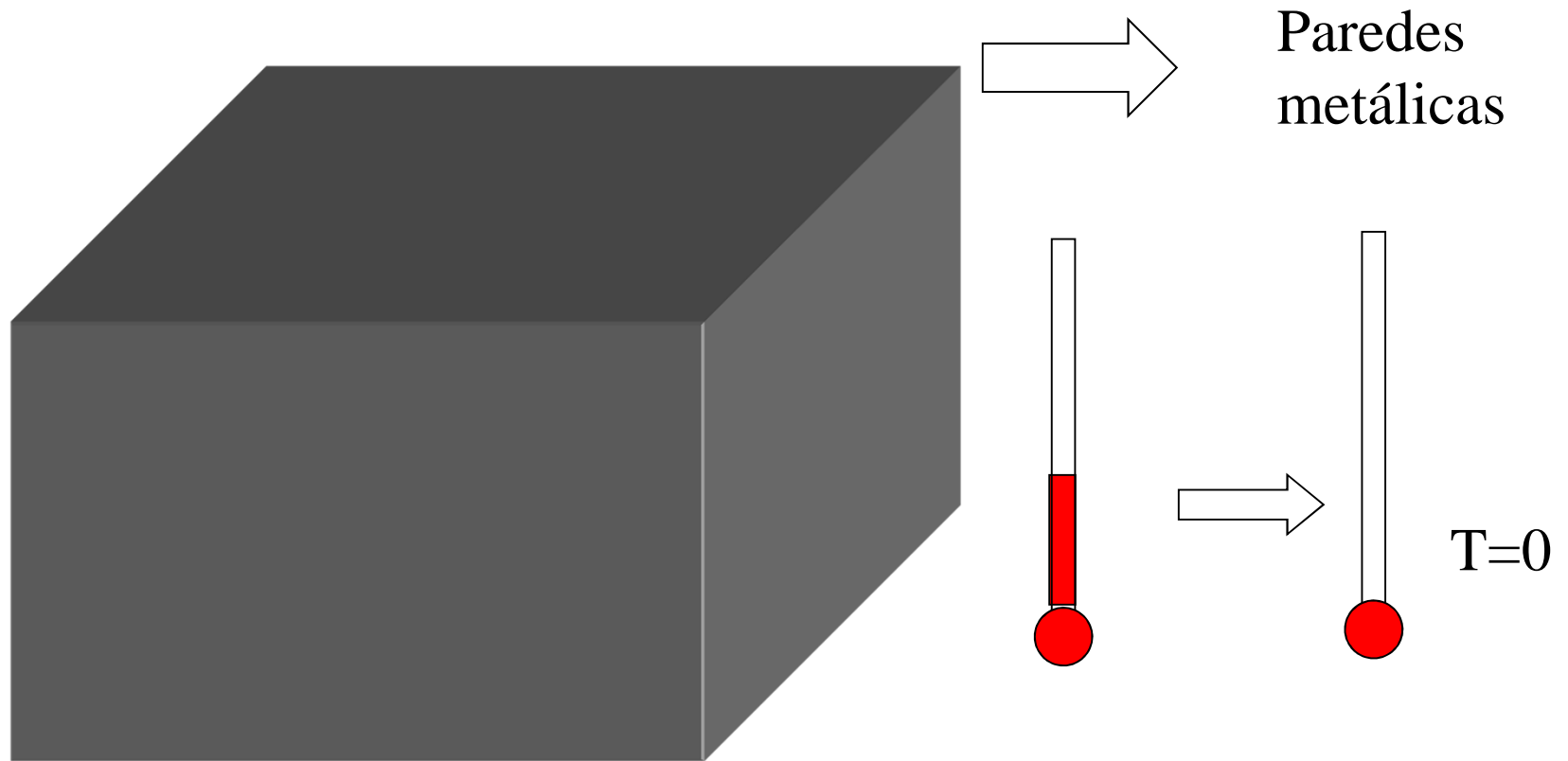
¿Porqué bajar la temperatura?



Todo cuerpo a temperatura no nula emite radiación electromagnética (aunque no la veamos a simple vista....)







Sacar las cosas
Extraer el aire
Tapar las ventanas

Aislar de radiación electromagnética
Bajar la temperatura de las paredes
Aislar de rayos cósmicos, neutrinos...

El principio de incertidumbre implica que, aún en vacío, debe haber fluctuaciones (variaciones) de los campos eléctricos y magnéticos,

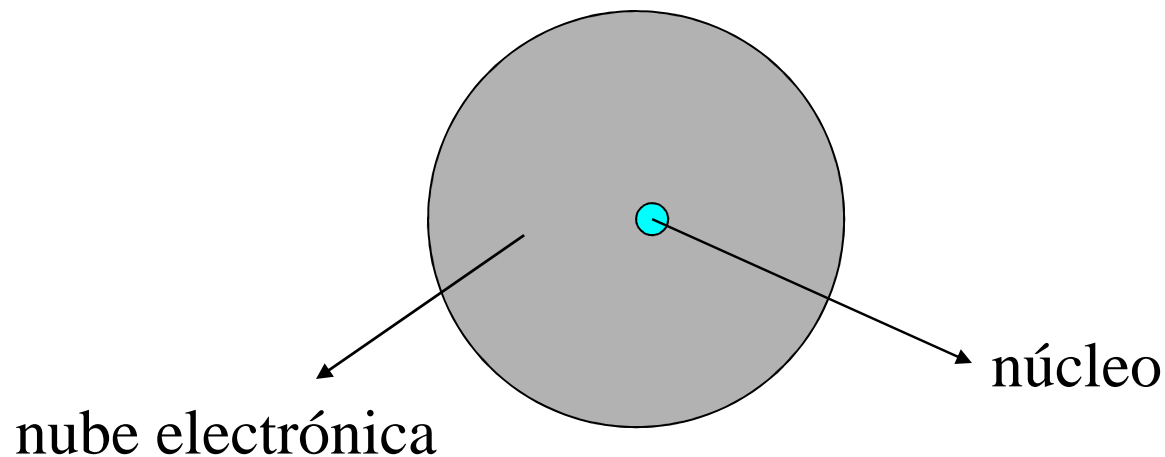
**POR LO TANTO LA ENERGÍA ELECTROMAGNÉTICA
CONTENIDA EN LA CAJA NO ES CERO, AUNQUE ESTÉ
“VACÍA”**

**ESTA ENERGÍA PRODUCE EFECTOS MICROSCÓPICOS Y
MACROSCÓPICOS**

MECÁNICA CUÁNTICA

- Planck: 14/12/1900
- Bohr - De Broglie - Schroedinger - Heisenberg - Pauli - Dirac
1900 - 1930

LA TEORÍA MÁS PRECISAMENTE TESTEADA EN LA HISTORIA DE LA CIENCIA



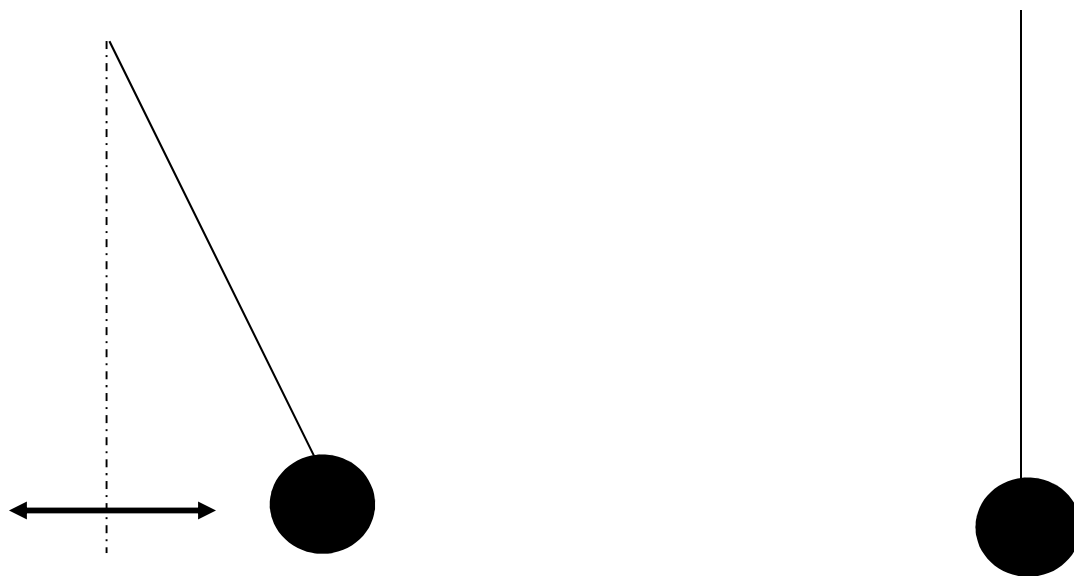
EL PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE (W. Heisenberg 1925)

No es posible medir simultáneamente la velocidad y posición de una partícula. El producto de la incerteza en la posición por la incerteza en la velocidad, por la masa de la partícula es mayor que una constante universal (constante de Planck)

$$m \Delta x \Delta v \geq \hbar$$

$$\hbar \approx 10^{-34} \text{ Joule} \times \text{seg}$$

El principio de incertidumbre prohíbe que una partícula tenga posición definida y al mismo tiempo velocidad definida (por ejemplo en reposo)



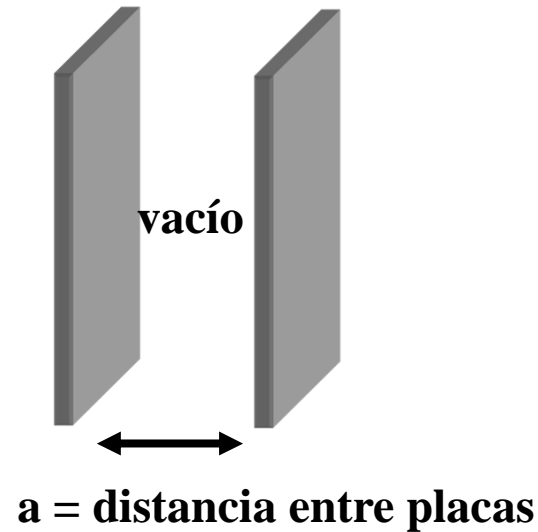
El péndulo no puede estar en reposo. Tiene una energía mínima, llamada “energía de punto cero”

El principio de incertidumbre aplicado al electromagnetismo implica que los campos eléctrico y el magnético no pueden medirse simultáneamente.

POR LO TANTO, AÚN EN “VACÍO” LOS CAMPOS FLUCTÚAN Y TIENEN CIERTA ENERGÍA (ENERGÍA DE PUNTO CERO).

Consecuencia macroscópica:

La fuerza de Casimir (1948)



Las placas conductoras **DESCARGADAS** se atraen!!

$$\text{Casimir 1948} \quad \frac{F_C}{A} = \frac{\pi^2}{240} \times \frac{\hbar c}{a^4} = \frac{0.013}{a^4_{\mu m}} \frac{\text{dyn}}{\text{cm}^2}$$

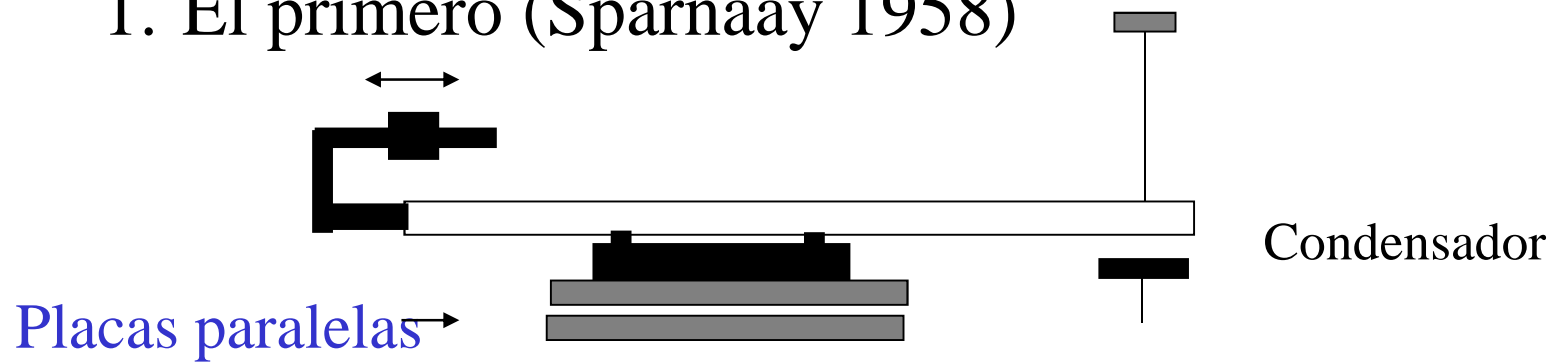
Anécdotas:



- **El estudio del efecto Casimir se originó en el estudio de efectos fuerzas en suspensiones coloidales – (Phillips).**
- **Bohr sugirió a Casimir que la energía de punto cero podría estar relacionada, y esto indujo a Casimir a estudiar la fuerza entre placas.**
- **Casimir fue director de la Phillips, y ferviente defensor de la ciencia básica**

Experimentos

1. El primero (Sparnaay 1958)



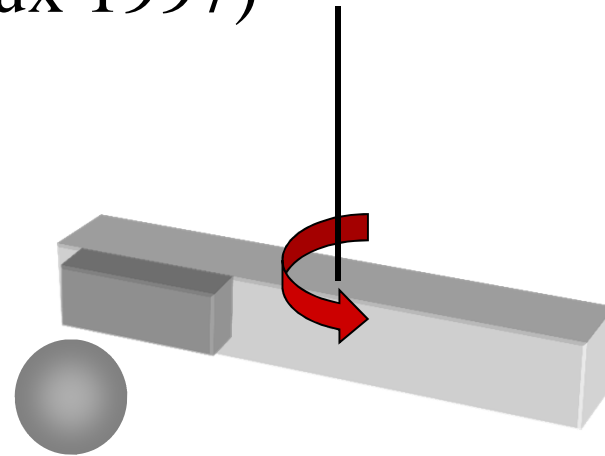
“los resultados experimentales no contradicen la predicción de Casimir”

error 100% $a = 1$ micrón

2. Pendulo de torsión (Lamoreaux 1997)

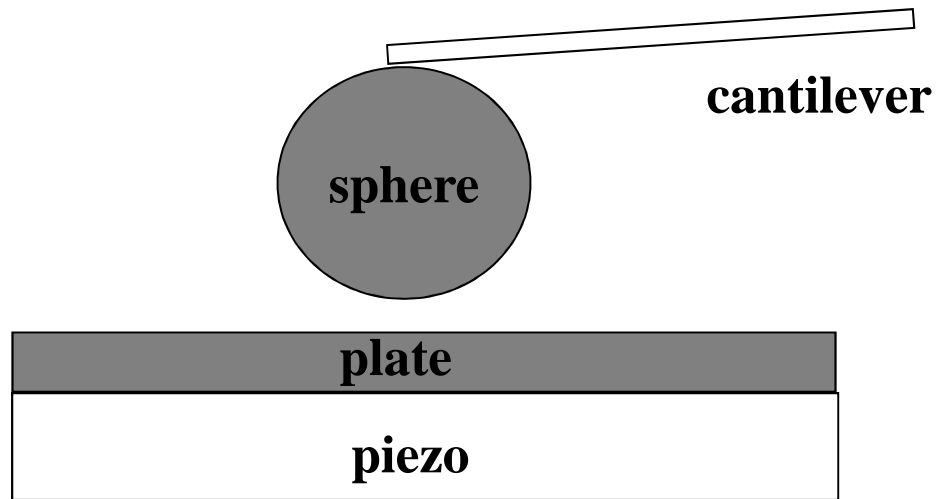
$R = 10 \text{ cm}$ $a = 1 \text{ micrón}$

error 5%



3. Microscopio de fuerza atómica (Mohideen et al 1998)

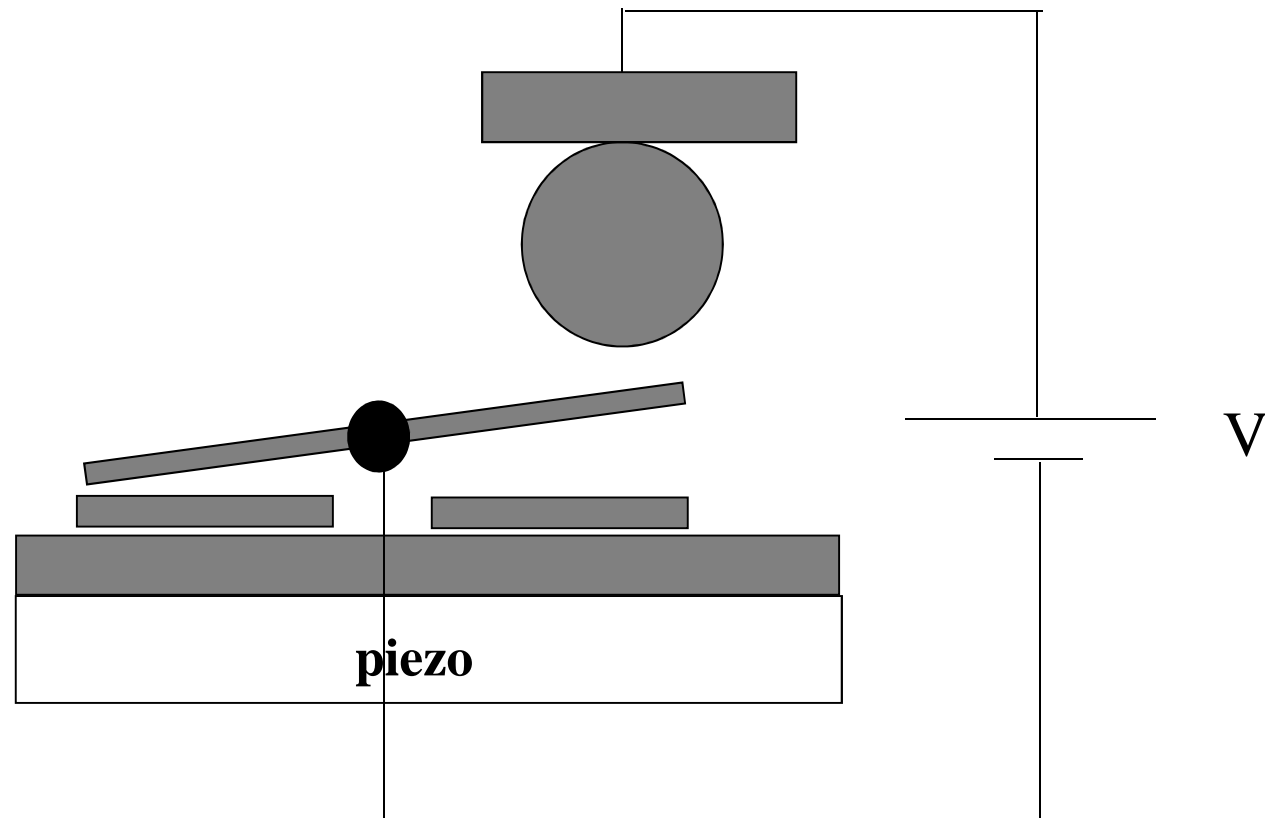
error 1%



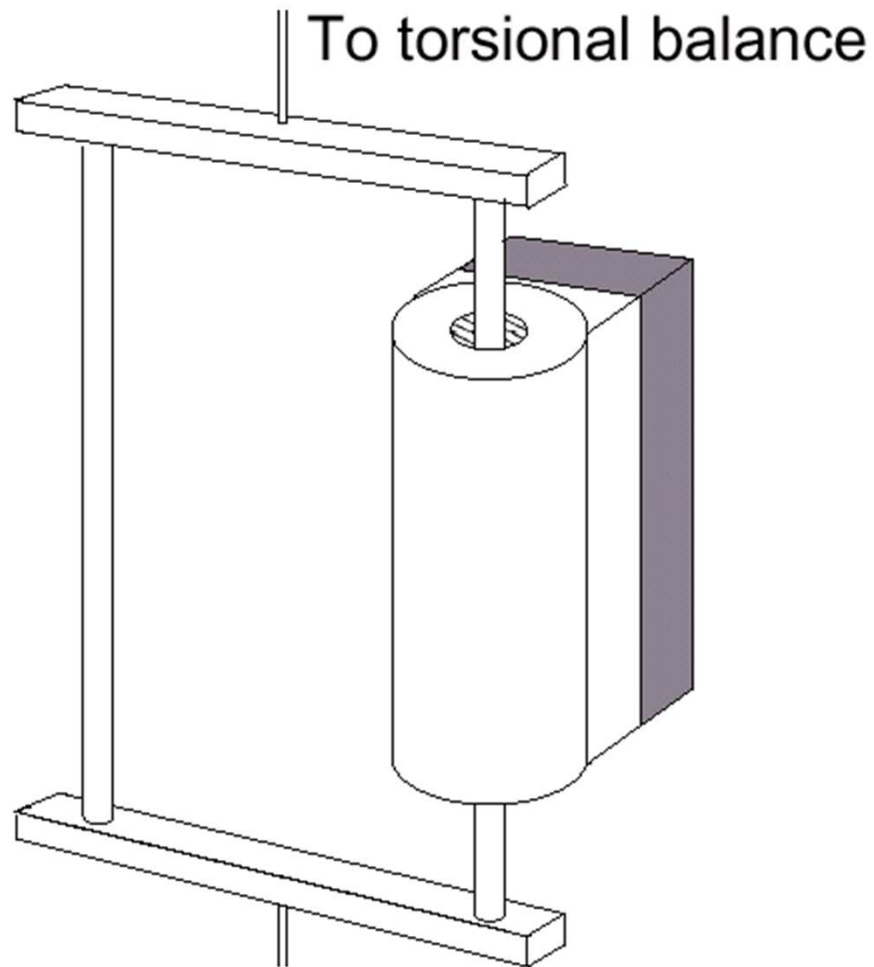
4. Sube y baja microscópico (Bell Labs 2001)

¿Relevancia de la fuerza del vacío en micromáquinas electrónicas?

error 0.5%

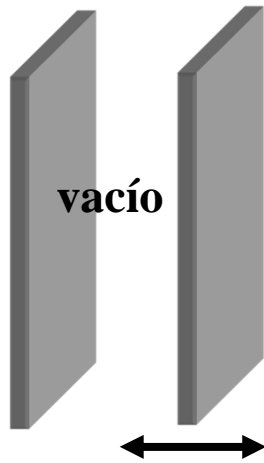


Nuestra propuesta: medir la fuerza entre cilindros:

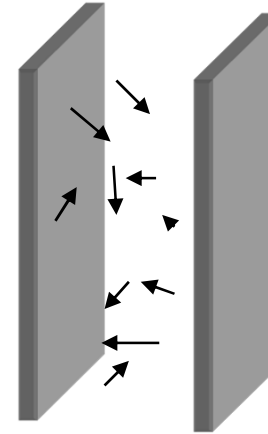


Relevante para estudiar correcciones térmicas y para detectar correcciones a la ley de gravitación universal

Otras consecuencias de la energía de vacío:



Espejo oscilante



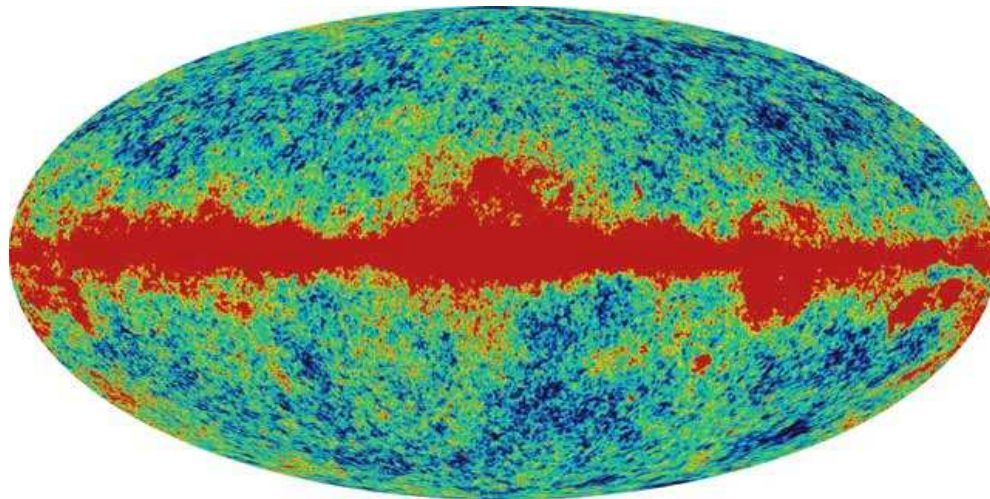
“radiación inducida por el movimiento”

**Efecto muy relacionado: radiación de Hawking
-- evaporación de agujeros negros**

¿Efectos cosmológicos de las fluctuaciones del vacío?

Formación de galaxias

Variaciones en la temperatura del Universo
Satélite WMAP 2003



Efectos cosmológicos de las fluctuaciones del vacío?

Aceleración de la expansión del universo

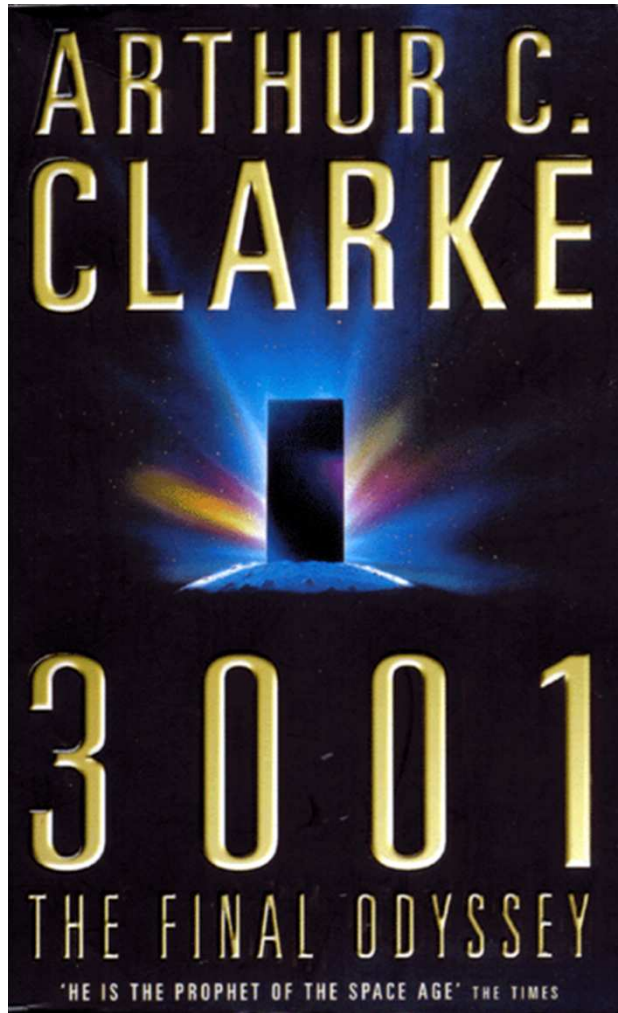
5% de materia ordinaria

25% de “materia oscura”

75% de energía oscura!!!

La energía de vacío ha dado lugar a innumerables especulaciones (científicas y pseudo-científicas) y es utilizada en ciencia ficción...

ALGUNOS EJEMPLOS:



La civilización maneja la energía de punto cero



Viaje a las estrellas



Serie de TV norteamericana

“Pistola gravitatoria”: en juego
Para PC



DIVISIÓN DE LA NASA QUE EXPLORA MÉTODOS DE PROPULSIÓN ALTERNATIVOS

The screenshot displays the NASA Glenn Research Center website. At the top, the NASA logo and the text "National Aeronautics and Space Administration" are visible. Navigation links include "ABOUT NASA", "LATEST NEWS", "MULTIMEDIA", "MISSIONS", "MY NASA", and "WORK FOR NASA". A search bar with a "GO" button is located in the top right corner. The left sidebar contains a "Glenn Research Center" header and a list of navigation options: "GLENN RESEARCH CENTER", "ABOUT GLENN", "GLENN NEWS", "MULTIMEDIA", "RESEARCH", "GLENN EVENTS", "EDUCATION", "BUSINESS WITH GLENN", "PROJECTS", and "TEST FACILITIES". Below the sidebar is a "SEARCH GLENN" section with a search input field and a "GO" button. The main content area features a large image of a blue jet engine nozzle. Below the image is the text: "Knowledge-expanding research at Glenn addresses the technology needs of the future. It is the engine that drives NASA's mission and sparks the American economy." To the right of this text is a smaller image of a person wearing safety glasses and working with a green laser beam, with the caption "Look, but don't touch". Below the main text is a breadcrumb trail: "+ NASA Home > Centers > Glenn". A yellow box highlights the text: "Knowledge-expanding research at Glenn addresses the technology needs of the future. It is the engine that helps drive NASA's missions and sparks the American economy." The page is divided into two columns: "FEATURES" and "RESOURCES". The "FEATURES" column contains three articles: "Walking on Air: NASA's Floating Treadmill", "The Wait is Over", and "Harnessing the Sun". The "RESOURCES" column contains one article: "Research and Technology Reports".

NASA National Aeronautics and Space Administration

+ Text Only Site
+ Site Help & Preferences

+ ABOUT NASA + LATEST NEWS + MULTIMEDIA + MISSIONS + MY NASA + WORK FOR NASA


+ NASA Home
+ GRC Home

Glenn Research Center

+ GLENN RESEARCH CENTER
+ ABOUT GLENN
+ GLENN NEWS
+ MULTIMEDIA
- RESEARCH
+ GLENN EVENTS
+ EDUCATION
+ BUSINESS WITH GLENN
+ PROJECTS
+ TEST FACILITIES

SEARCH GLENN
 + GO

NASA FACT



Look, but don't touch ↗

Knowledge-expanding research at Glenn addresses the technology needs of the future. It is the engine that drives NASA's mission and sparks the American economy.

+ NASA Home > Centers > Glenn

Knowledge-expanding research at Glenn addresses the technology needs of the future. It is the engine that helps drive NASA's missions and sparks the American economy.

FEATURES

Walking on Air: NASA's Floating Treadmill
NASA researchers study astronaut bone loss with a floating treadmill.
[+ Read More](#)

The Wait is Over
High school students and NASA researchers analyze a four-year space experiment.
[+ Read More](#)

Harnessing the Sun
How can an instrument as small as a postage stamp operate a satellite for decades?
[+ Read More](#)

RESOURCES

Research and Technology Reports
[+ Read More](#)

Conclusiones

- La noción de vacío en mecánica cuántica es más complicada que en la física clásica
- No es posible anular las fluctuaciones de los campos
- Estas fluctuaciones producen efectos observables, aún a escalas macroscópicas (fuerzas de Casimir)
- Estas fuerzas fueron medidas con mucha precisión en los últimos DIEZ años
- Las fluctuaciones del vacío son relevantes en varias ramas de la física.
- La energía del vacío ha dado lugar a innumerables especulaciones (científicas y pseudo-científicas)