



Jornadas de Automática - 2016

Madrid 7 de Septiembre 2016



Hacia las Tecnologías Cuánticas de la Información

Miguel A. Martin-Delgado

**Departamento de Física Teórica I
Facultad de Ciencias Físicas
Universidad Complutense Madrid**



gicc

mardel@miranda.fis.ucm.es



gicc

Mi Agradecimiento al *Comité Español de Automática (CEA)* y al *Prof. Jesús M. de la Cruz* por su amable invitación



Grupo de Información y Computación Cuánticas Universidad Complutense de Madrid



<http://www.ucm.es/info/giccucm/>

Curso de Master en Física Fundamental
Información Cuántica y Computación Cuántica

SPONSORS

PICC: The Physics of Ion Coulomb Crystals



QUITEMAD



QUITEMAD

QUantum Information TEchnologies MADrid



Sumario de la Conferencia

I) ¿Para Cuándo un Ordenador Cuántico?

II) Información Cuántica: Panorama General

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

- Metrología Cuántica
- Sensores Cuánticos
- Criptografía Cuántica
- Simulación Cuántica
- Computación Cuántica

IV) Tecnologías Cuánticas: Flagship Comisión EU

V) Conclusiones y Perspectivas

l) ¿Para Cuándo un Ordenador Cuántico?

Esta es la pregunta que siempre se hace después de dar una conferencia sobre Información Cuántica

La voy a contestar al principio

Pero se puede seguir preguntando al final

1) ¿Para Cuándo un Ordenador Cuántico?

Que va a haber tecnologías cuánticas es algo **INEVITABLE.**

Concretamente, en los **últimos tiempos** hemos visto como los chips estaban hechos con **tecnológica de micras**,

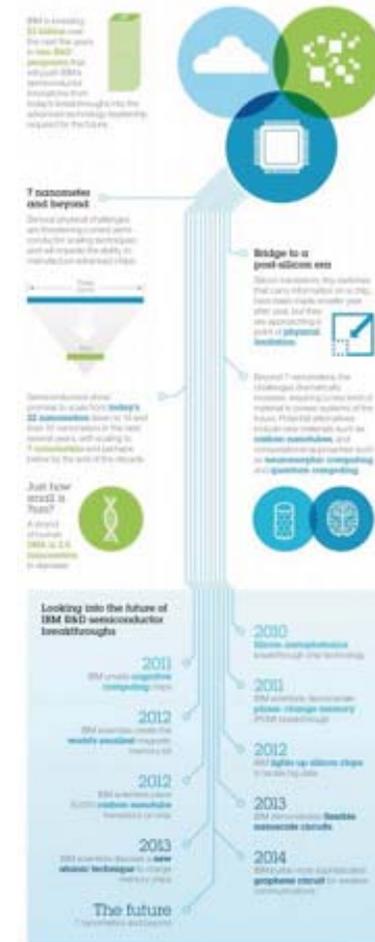
luego **cientos de nanómetros**,

este ordenador es de **22 nanómetros**

y ya hay procesadores chips comerciales de **7 nanómetros** (IBM 2015 y otros).

IBM is investing \$3 billion to push the limits of chip technology

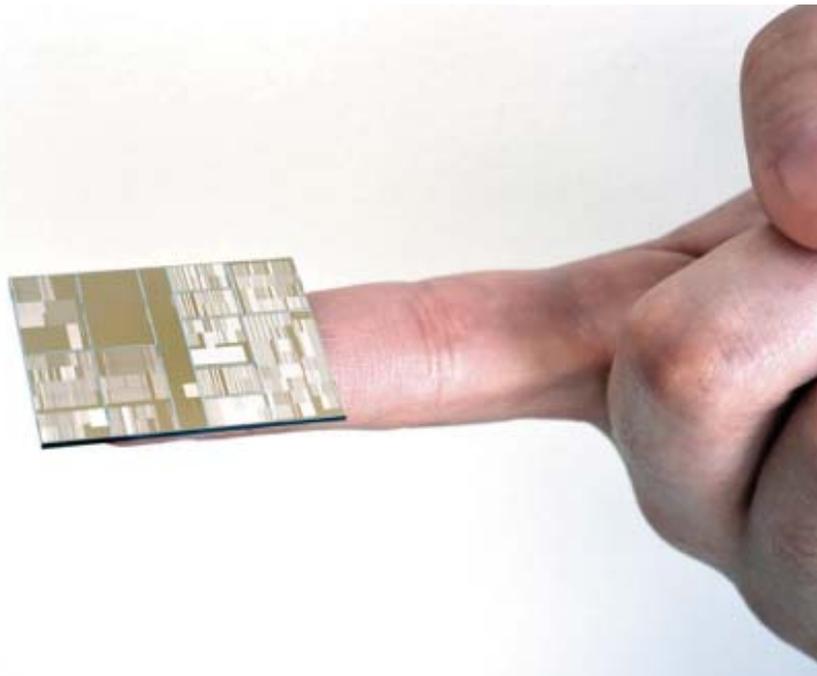
Cloud pricing data suggests the computing power challenge is on, just as the underlying chip technology is being redefined through scaling time.



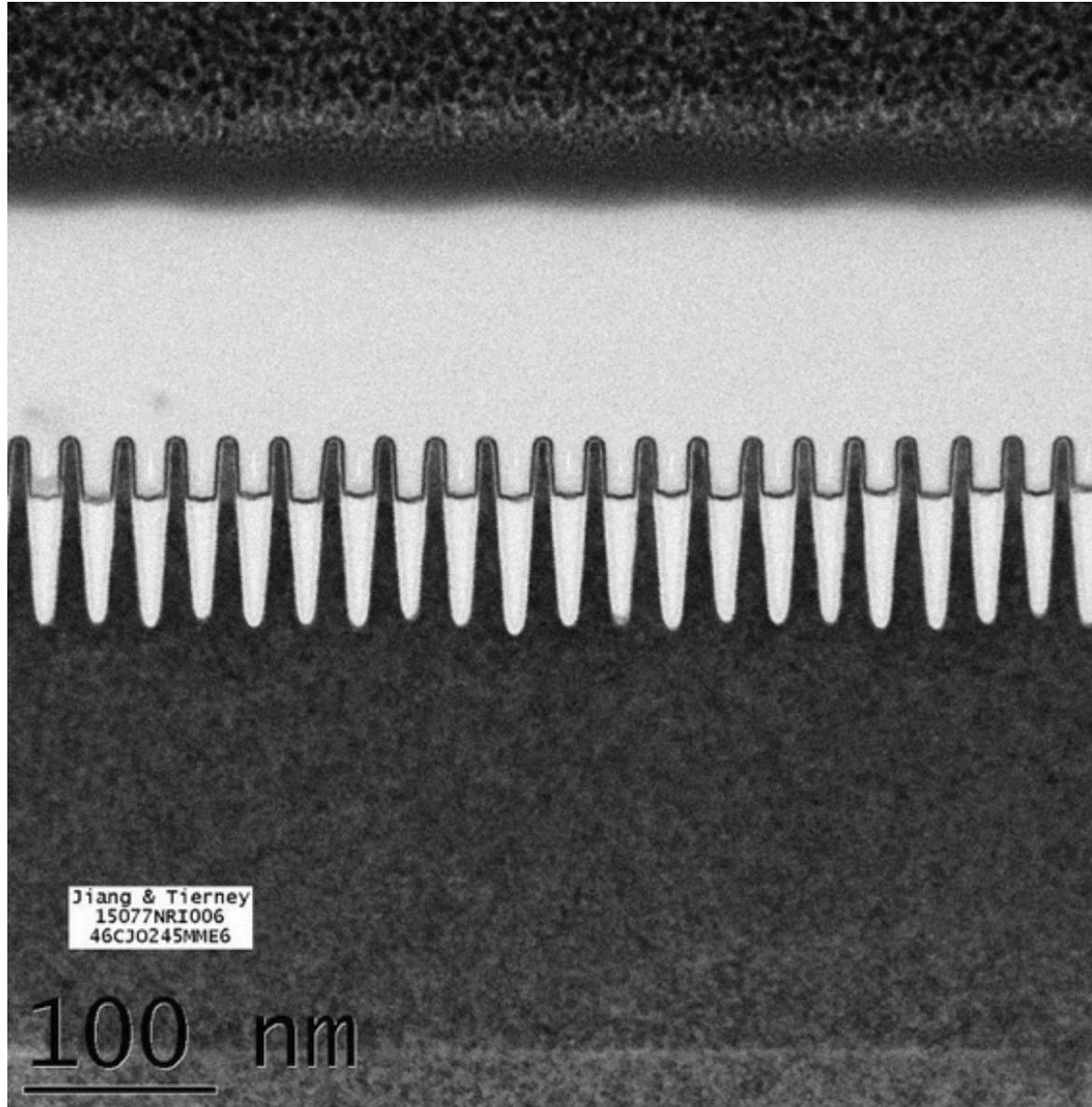
1) ¿Para Cuándo un Ordenador Cuántico?

IBM Research builds functional 7nm processor

IBM is banking on its research unit to deliver semiconductor breakthroughs that will ultimately power the company's products ranging from Watson to the cloud to mainframes and data centers.



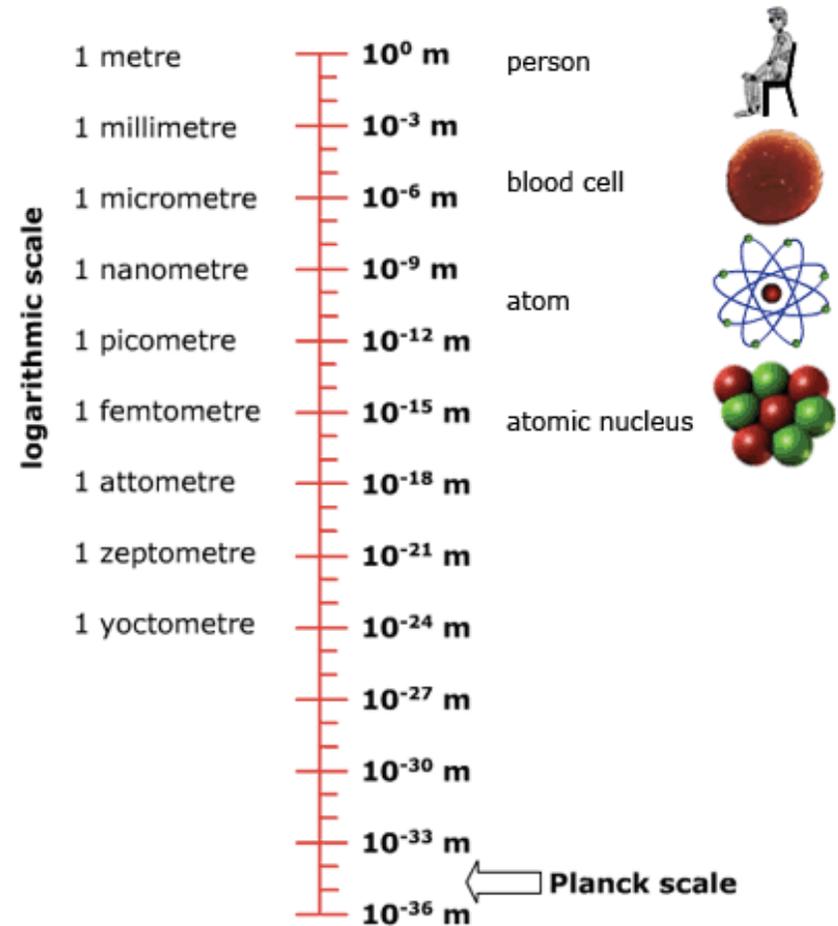
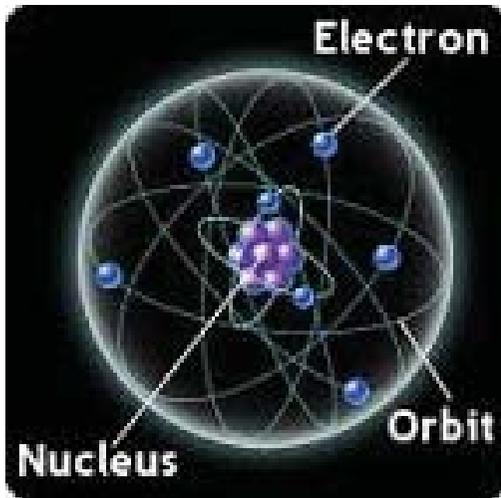
1) ¿Para Cuándo un Ordenador Cuántico?



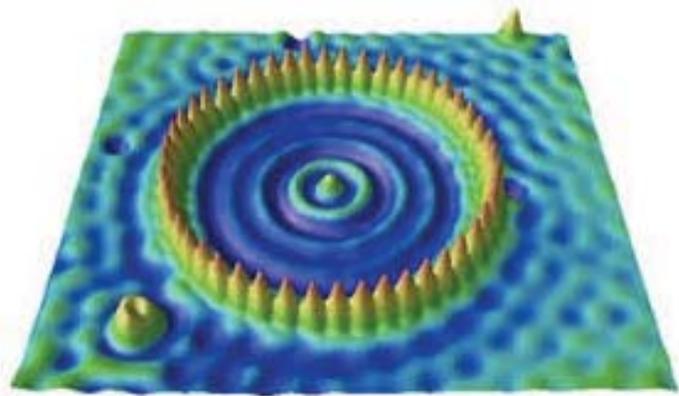
IBM's seven-nanometer node transistors. A strand of DNA is about 2.5 nanometers in diameter and a red blood cell is roughly 7,500 nanometers in diameter. Credit IBM Research

1) ¿Para Cuándo un Ordenador Cuántico?

¿Qué significa esto? que estamos solo a una escala de **10 veces** la escala del **Amgstrom** que es la escala atómica.

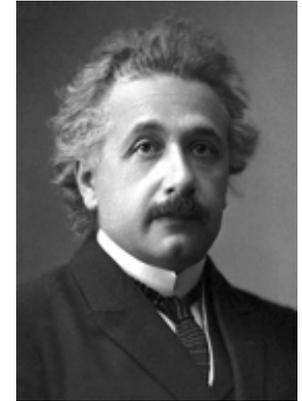


Estamos pues a punto de entrar en el **reino cuántico**.



1) ¿Para Cuándo un Ordenador Cuántico?

La historia está de nuestra parte



Se esta repitiendo la historia

que sucedió a principios del siglo XX cuando la física cuántica surgió para paliar las deficiencias de la física clásica para describir la interacción radiación-materia.



Ahora, la **tecnología cuántica** va a resolver los problemas a los que se va a enfrentar la tecnológica clásica.

1) ¿Para Cuándo un Ordenador Cuántico?

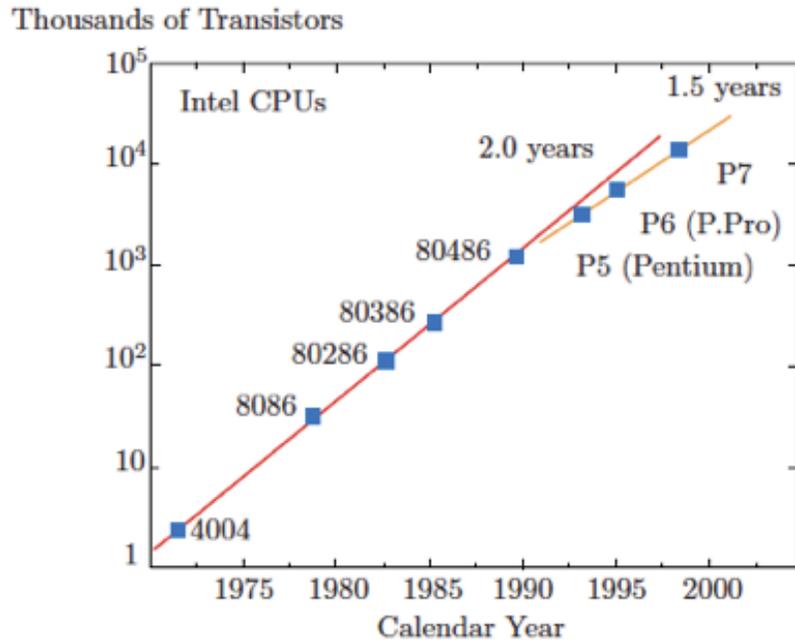


FIG. 8: Moore's law for processors capacity (number transistors per square inch).

Information and Computation: Classical and Quantum Aspects
 A. Galindo, M.A. Martin-Delgado
 Rev.Mod.Phys.74:347-423,2002

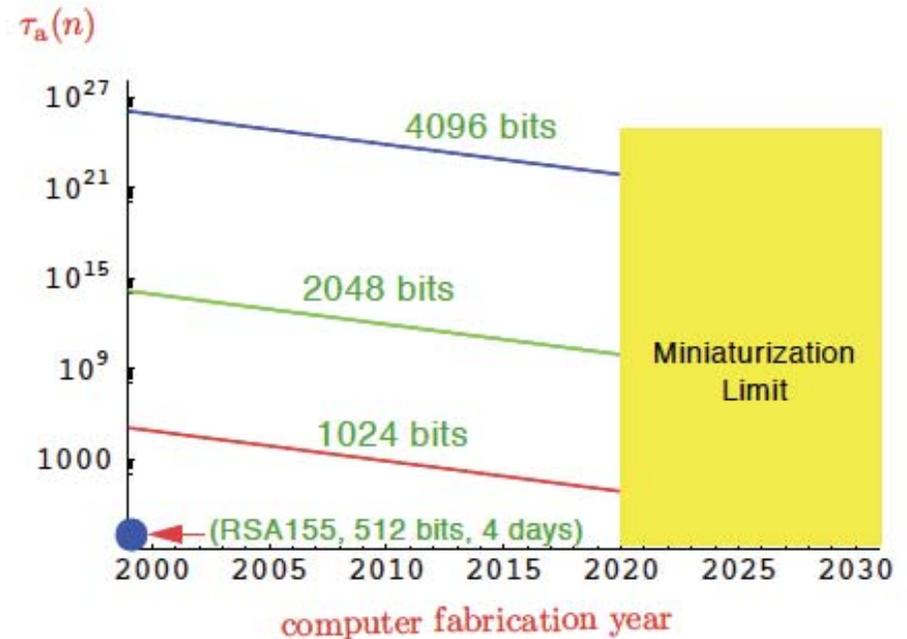


FIG. 5: Factorization with 1000 workstations with increasing power according to Moore's law starting from 800 MIPS in 2000. The vertical axis shows the factorization time $\tau_a(n)$, in years, for an integer number of n bits. The horizontal axis shows the calendar year.

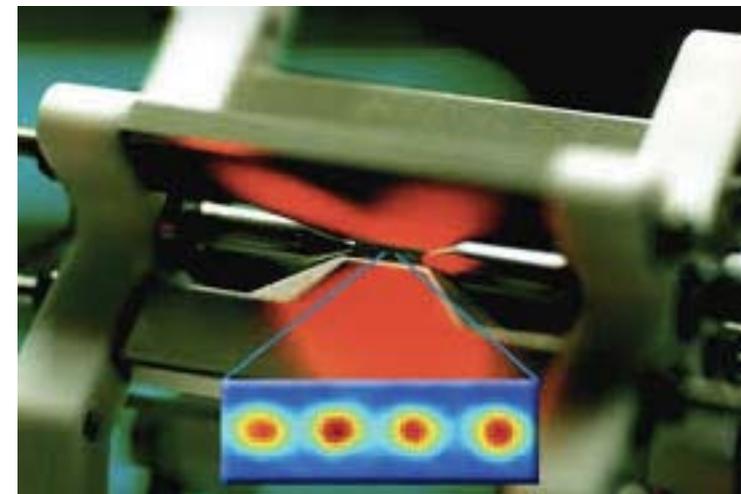
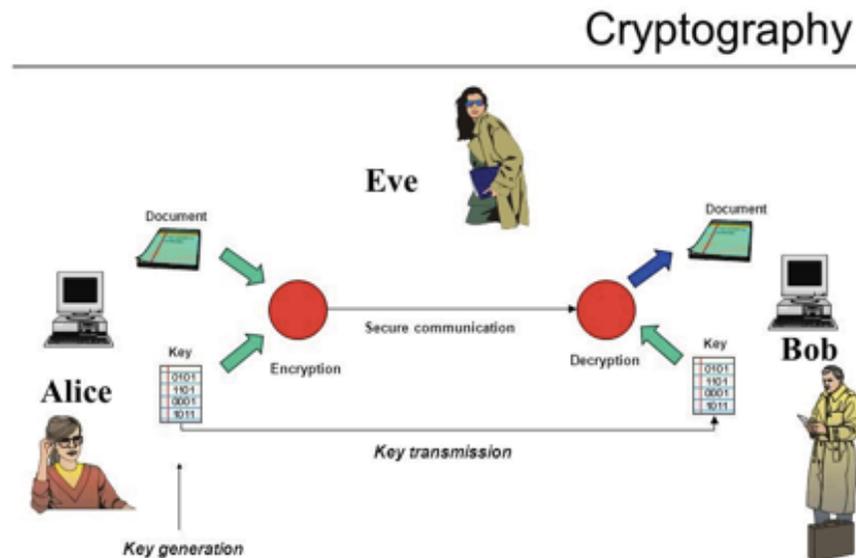
Los efectos cuánticos serán inevitables en la década 2020 y eso conducirá a un ordenador cuántico.

II) Información Cuántica: Panorama General

Información Cuántica

Comunicación
Cuántica

Computación
Cuántica



III) Áreas Fundamentales de Trabajo

- **Metrología Cuántica**
- **Sensores Cuánticos**
- **Criptografía Cuántica**
- **Simulación Cuántica**
- **Computación Cuántica**



Complejidad

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Metrología Cuántica



Bienvenue sur le serveur internet du BIPM
Welcome to the BIPM internet server



El Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) es el responsable de definir el SI de unidades. Desde 1967, el segundo ha sido definido en función de la frecuencia de resonancia del átomo de cesio:

El segundo es la duración de 9192631770 períodos de la radiación correspondiente a la transición entre los dos niveles hiperfinos del estado fundamental del átomo de cesio 133.



III) Áreas Fundamentales de Trabajo

Reloj Óptico con Lógica Cuántica

Una de las primeras aplicaciones 'reales' de la Computación Cuántica



Los relojes atómicos eran hasta el momento los más precisos y los mejores patrones de frecuencia conocida:
típicamente 1s en 30 millones años

Se utilizan como:

- i/ patrones primarios para servicios internacionales de distribución de tiempo,
- ii/ para controlar la frecuencia de onda de las emisiones de televisión,
- iii/ en los sistemas mundiales de navegación por satélite como el GPS.

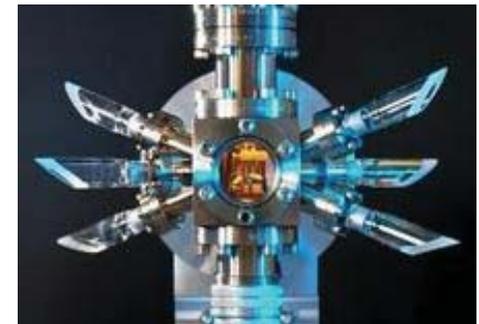
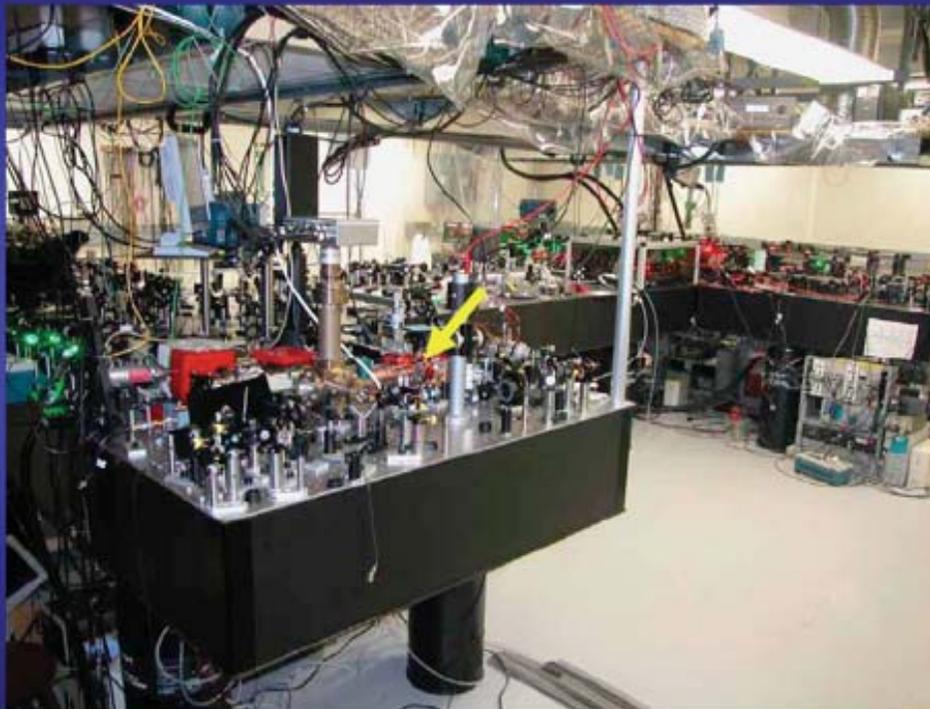
III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Metrología Cuántica

La precisión de un reloj atómico depende de la anchura y la frecuencia intrínseca de la transición electrónica. Las frecuencias más altas y las líneas estrechas aumentan la precisión.

Relojes con Iones Atrapados

Al⁺ Laboratory @ NIST/Boulder



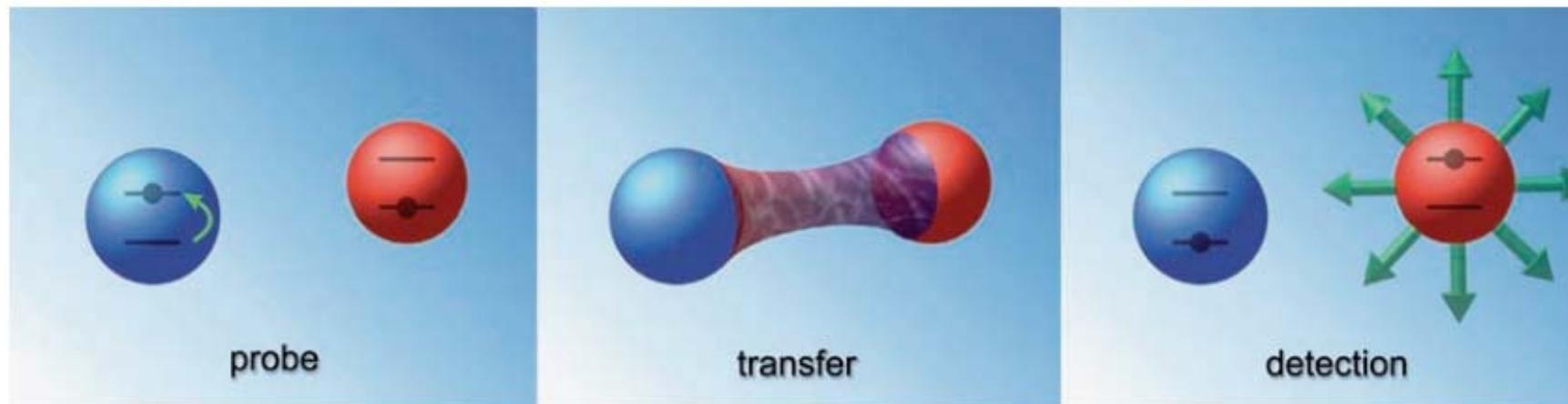
III) Áreas Fundamentales de Trabajo

Relojes con Iones Atrapados

Medidas con Lógica Cuántica

Debido al fuerte acoplo entre los iones y los modos vibracionales, hace que el enfriamiento por laser del ion 'logico' (Mg ó Be) se transfiera por simpatía (proximidad) al ión 'espectroscópico' (Al).

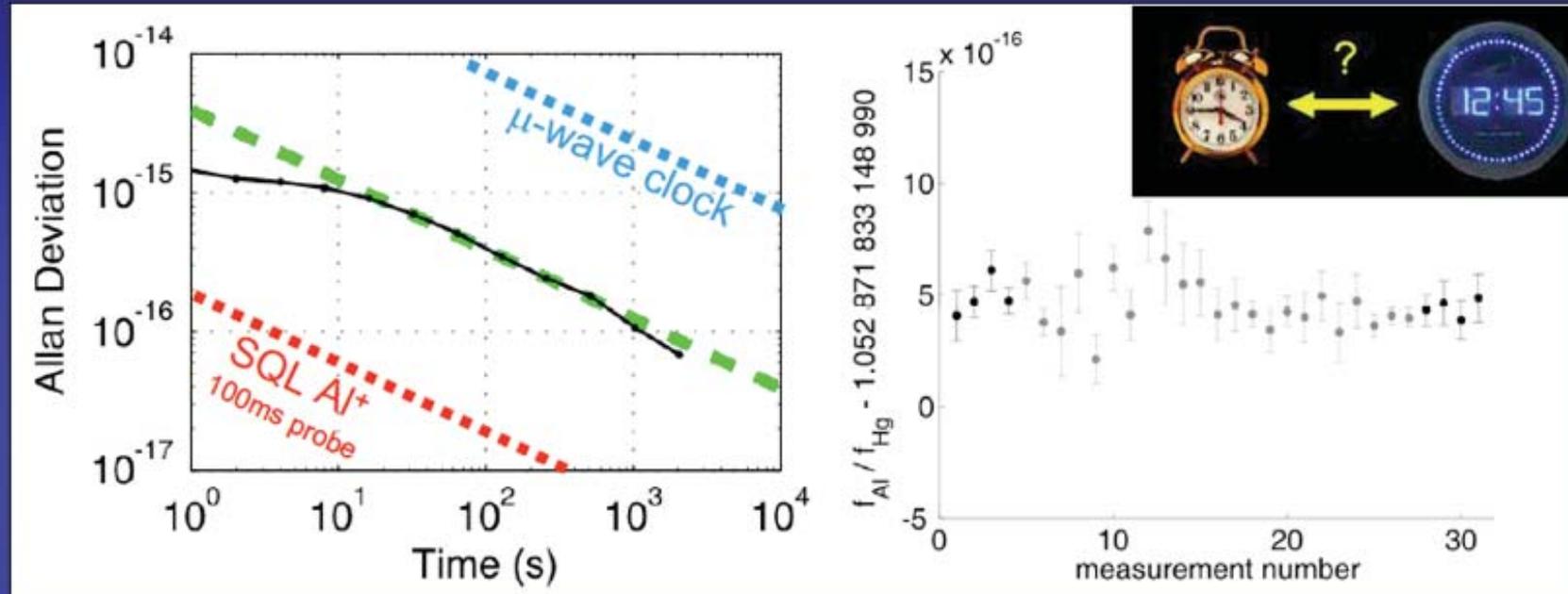
Usando protocolos de computación cuántica, la información sobre el estado interno del ión espectroscópico (Al) despues de sondear su transición puede ser fielmente transferido al ión lógico (Mg ó Be), en donde esta información puede ser detectada con eficiencia casi del 100%.



Esta técnica espectroscópica es particularmente prometedora para iones con transiciones ciclicas en el rango del ultravioleta donde no hay fuentes laser disponibles, y para iones atómicos o moleculares con una estructura muy compleja de niveles atómicos/moleculares (con muchos canales posibles de desexcitación.)

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

Al⁺/Hg⁺ Comparison



Al⁺: 2.3×10^{-17} systematic uncertainty

First comparison of
frequency standards
at the 17th digit

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

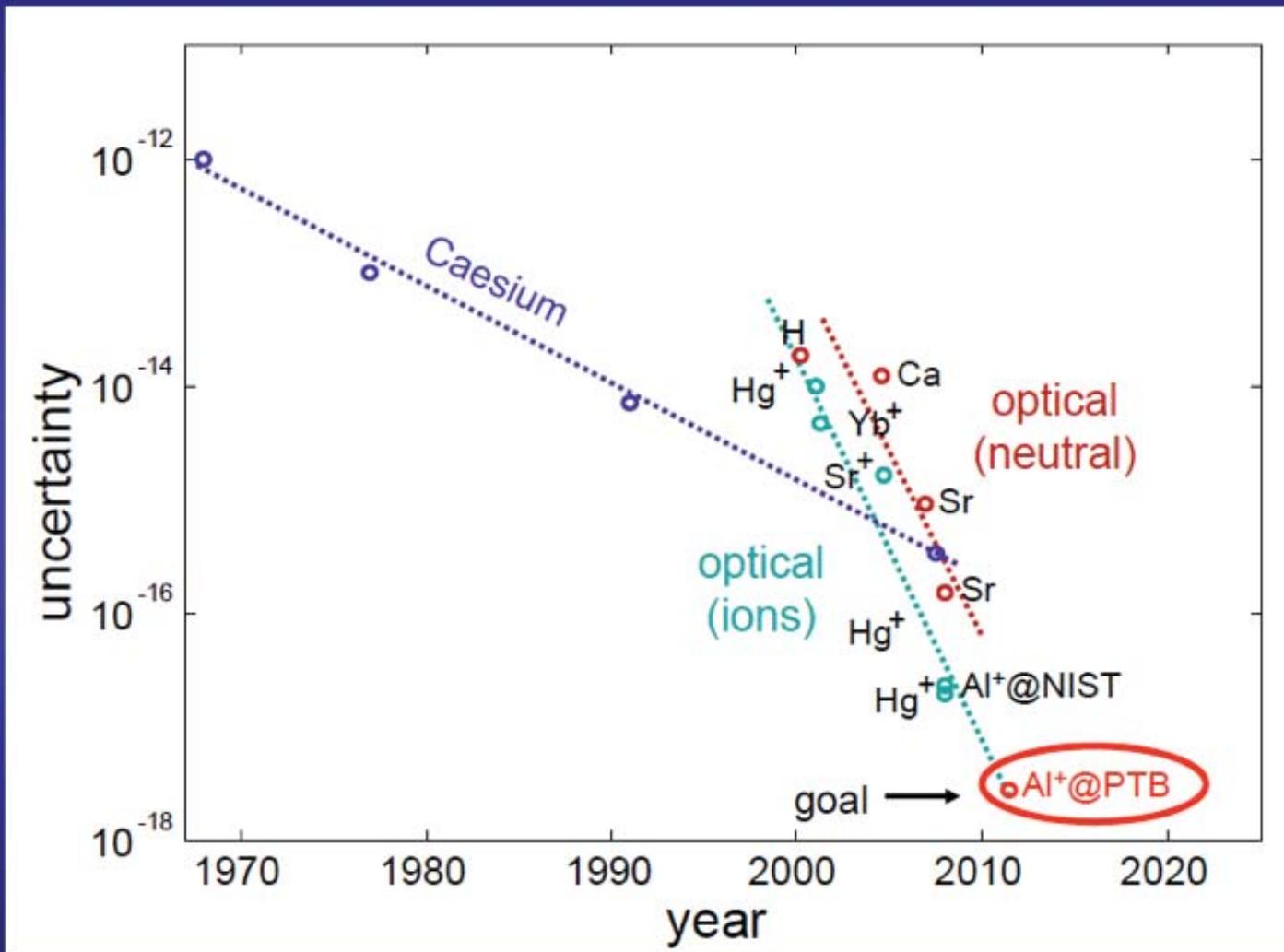
Qué Significa 10^{-17}

- 1:100,000,000,000,000,000
- 50x better than Cs fountain clocks
- 1 s deviation in 3 billion years
- 1st order Doppler shift: 3 nm/s or 300 $\mu\text{m}/\text{Jahr}$
- Distance measurement earth-sun to 1/100 of the diameter of a hair



III) Áreas Fundamentales de Trabajo

History of Clock Uncertainties



courtesy: T. Rosenband, NIST

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Sensores Cuánticos

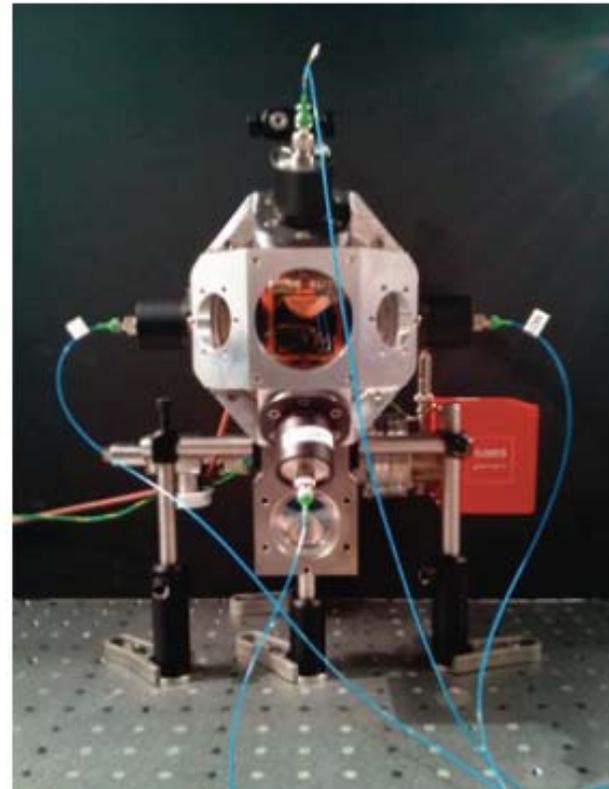
Es un caso de **Serendipia**

Hacer de la Necesidad —> Virtud

Un sistema cuántico (**qubit**) es muy **Frágil** pues interacciona muy fácilmente con el ambiente que le rodea.

Pero un **SENSOR** es un dispositivo que justamente se utiliza para sondear el ambiente que le rodea.

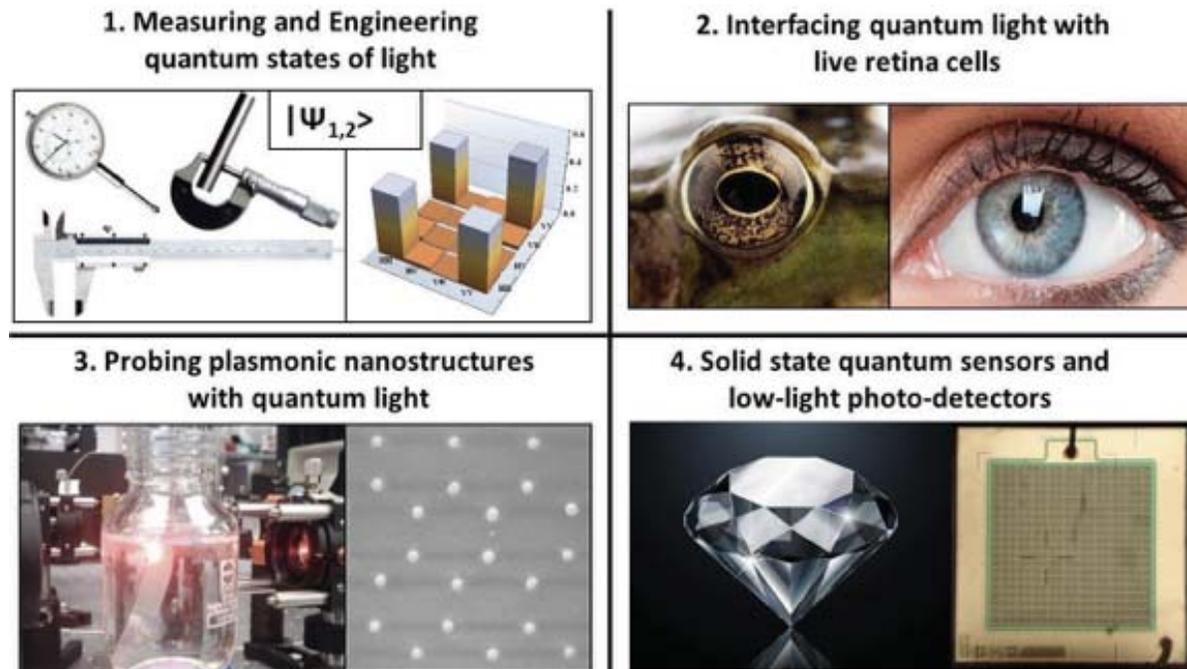
Asi un problema se vuelve una virtud.



III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Sensores Cuánticos

Sensores cuánticos que se aprovechan de superposición y / o entrelazamiento cuántico para lograr una mayor sensibilidad y resolución



Para medir vacíos debajo el suelo y para la detección de depósitos minerales

También se utilizarán para proporcionar el diagnóstico no invasivo en zonas dañadas o enfermas.

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Sensores Cuánticos

Hoja de Ruta

Corto Plazo: 0-5 años

- Sensores cuánticos de aplicaciones específicas: sensores de gravedad y magnéticos para el cuidado de la salud, la seguridad y GeoSurvey)
- Relojes atómicos más precisos para la sincronización de las futuras redes inteligentes, incl. redes de energía

Medio Plazo: 5-10 años

- Sensores cuánticos para aplicaciones de mayor volumen incluyendo el automóvil, la construcción
- Dispositivos cuánticos de navegación portátiles

Largo Plazo: >10 años

- Dispositivos de mapas de gravedad sobre la base de sensores de gravedad
- Integración de sensores cuánticos con las aplicaciones de consumo, incluyendo los dispositivos móviles

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

- **Sensores Cuánticos**



Quantum Technologies a National Priority for Canada

Press Release

Tuesday May 17, 2016



III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Sensores Cuánticos

Founders & Managing Partners



Mike Lazaridis



Doug Fregin



Perimeter Institute for Theoretical Physics



Institute for Quantum Computing



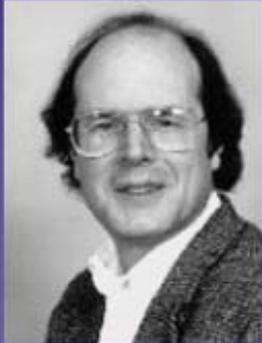
Waterloo Institute for Nanotechnology

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Criptografía Cuántica



C.H. Bennett and G. Brassard "Quantum Cryptography: Public Key Distribution and Coin Tossing", Proceedings of IEEE International Conference on Computers Systems and Signal Processing, Bangalore India, December 1984, pp 175-179



– *Experimental Quantum Cryptography*, Bennett, Bessette, Brassard, Salvail, Smolin (1991)

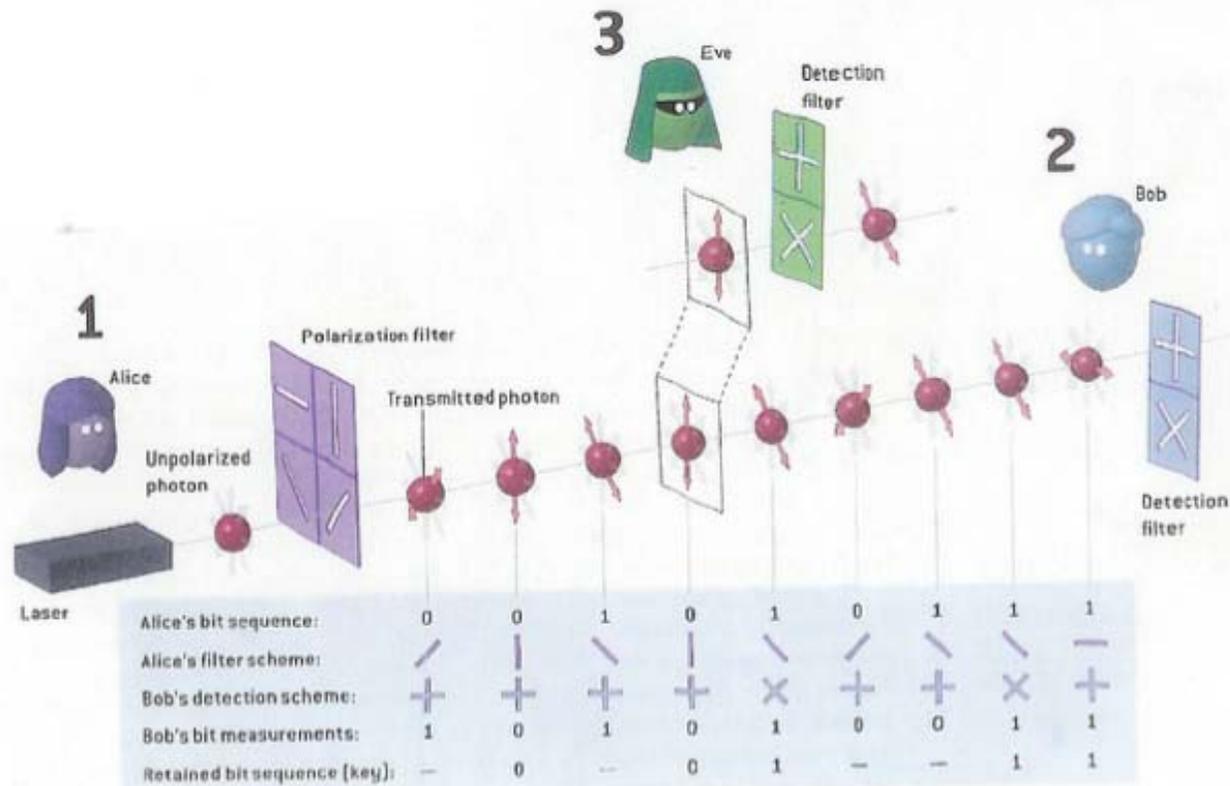


III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Criptografía Cuántica

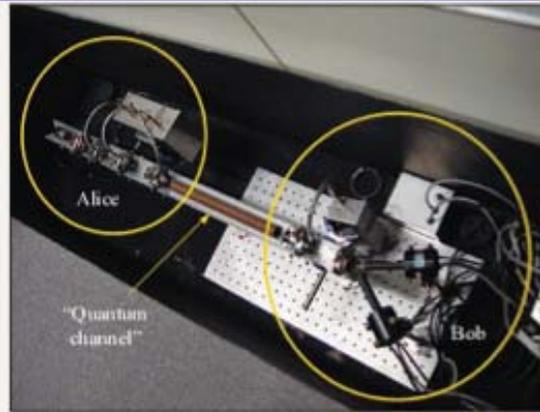


Example of key distribution

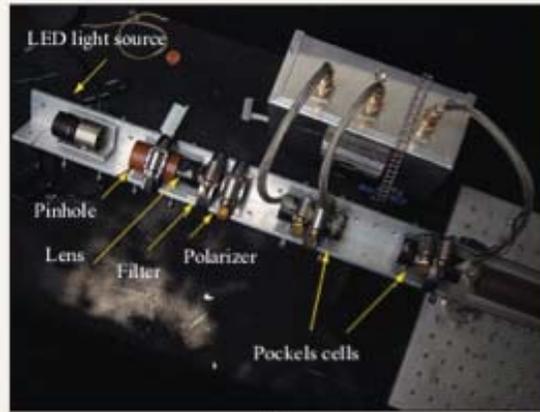


III) Áreas Fundamentales de Trabajo

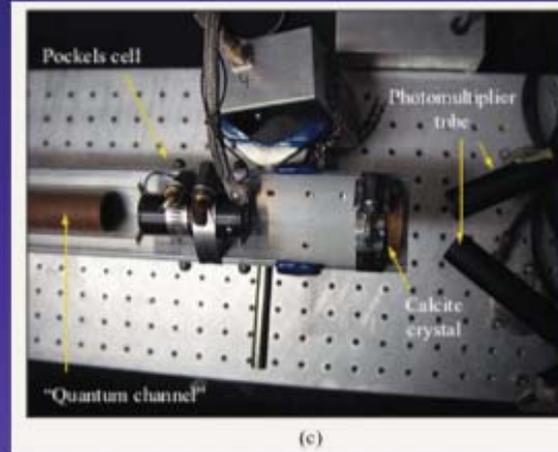
• Criptografía Cuántica



(a)



(b)

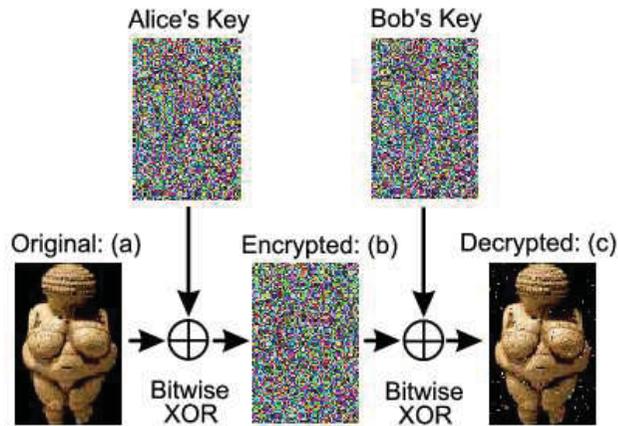


(c)

The apparatus used to perform the first quantum cryptography experiment: (a) The entire apparatus; (b) detailed view of Alice; (c) detailed view of Bob.

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

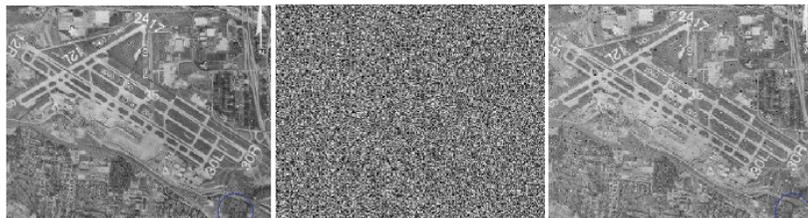
• Criptografía Cuántica



IN-1 02-0753 (3/02)

UNCLASSIFIED

Encryption and Decryption of an Image Using Free-Space Quantum Cryptography (No Error Correction)



Encrypted Image

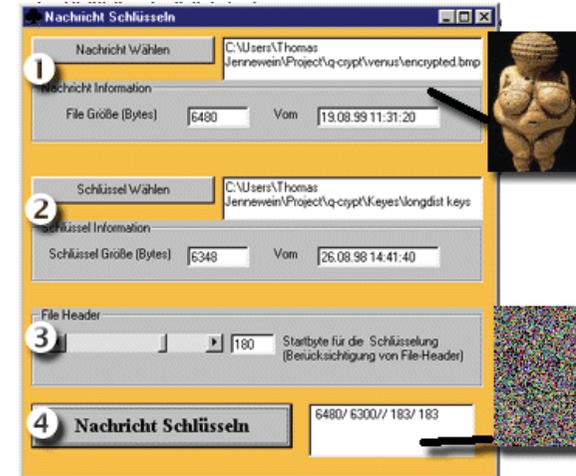
Alice encrypts
by adding a word of
her key:
00111101
to each pixel

Bob decrypts
by subtracting a
word of his key:
00111101
from each pixel

NISA

UNCLASSIFIED

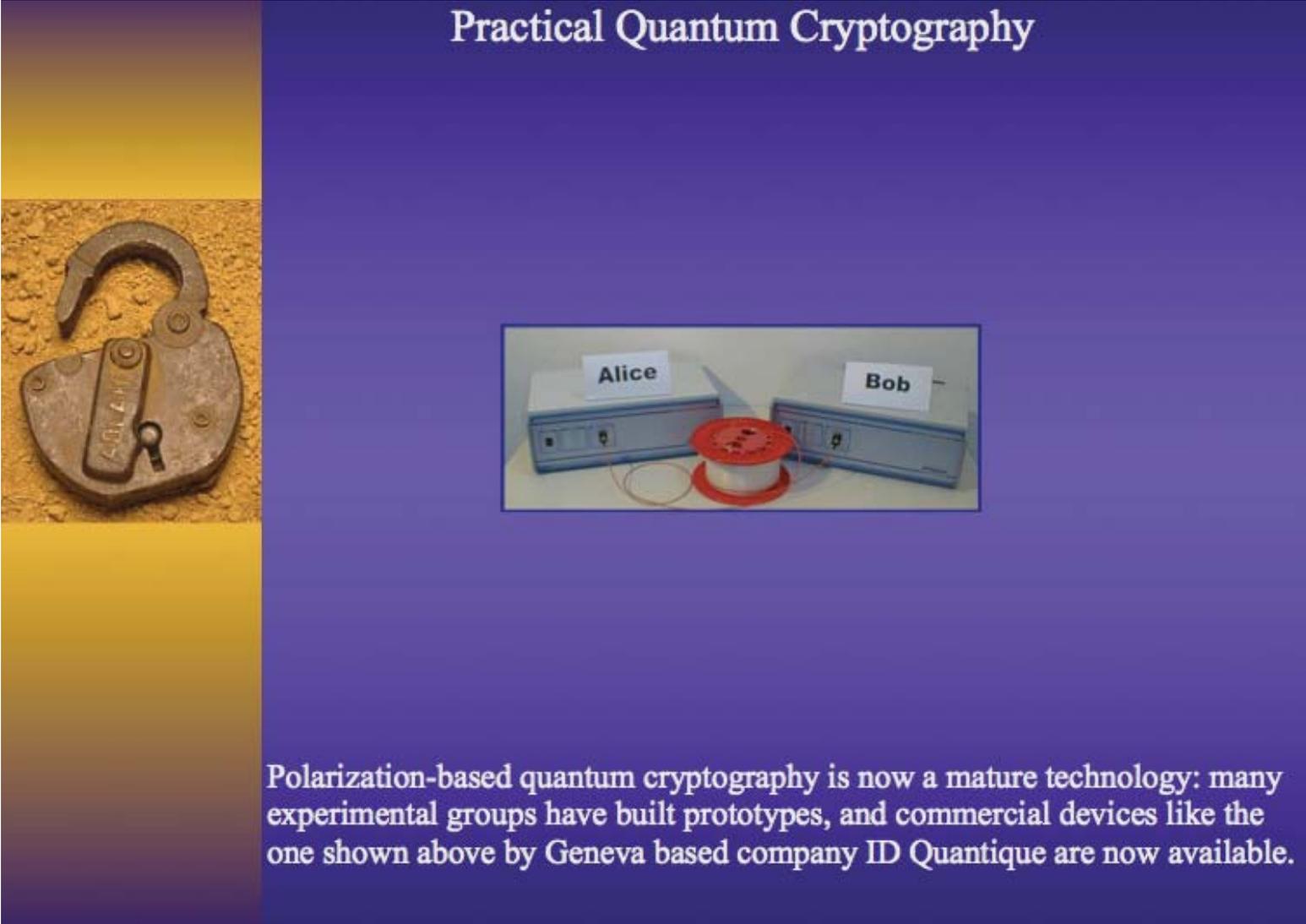
Los Alamos



III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Criptografía Cuántica

Practical Quantum Cryptography



Polarization-based quantum cryptography is now a mature technology: many experimental groups have built prototypes, and commercial devices like the one shown above by Geneva based company ID Quantique are now available.

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Criptografía Cuántica



Commercial QC providers

- ◆ **id Quantique, Geneva Switzerland**
- ◆ Optical fiber based system
- ◆ Tens of kilometers distances
- ◆ **MagiQ Technologies, NY City**
- ◆ Optical fiber-glass
- ◆ Up to 100 kilometers distances
- ◆ **NEC Tokyo 150 kilometers**
- ◆ **QinetiQ Farnborough, England**
- ◆ Through the air 10 kilometers.
- ◆ Supplied system to BBN in Cambridge Mass.

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Criptografía Cuántica



<http://www.idquantique.com/>

Vectis

Link Encryptors are hardware Quantum Cryptography appliances for point-to-point wire-speed link encryption. Quantum Key Distribution and AES encryption engines are combined in a stand-alone unit. Vectis is a layer 2 encryption device that securely bridges two Fast Ethernet fiber optic networks.



Clavis

is a plug-and-play Quantum Key Distribution system that was designed for research and development applications. It is the ideal tool for researchers interested to contribute to the field of Quantum Cryptography.



Quantis

is a physical random number generator exploiting an elementary quantum optics process. The product comes in two configurations: a PCI card and an OEM module. The product delivers best-in-class random bit rate of up to 16Mbps.



III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Criptografía Cuántica

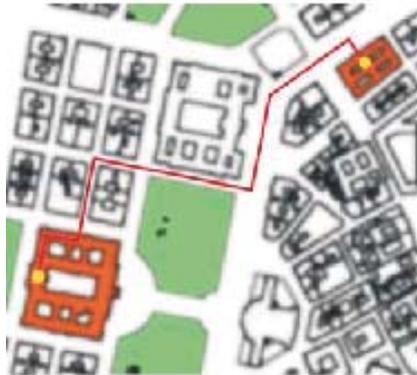


Quantum key distribution system: autonomous GHz-rate prototype, H. Zbinden, University of Geneva.

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Criptografía Cuántica

Quantum Cryptography "live" Demonstration in Vienna



the encrypted message is transferred from the Vienna City Hall to the headquarters of the Bank Austria - Creditanstalt

press conference
and demonstration of the ground-breaking experiment:
21 April 2004, 11:30, Vienna City Hall - Steinsaal

world premiere:
bank transfer via quantum cryptography
based on entangled photons

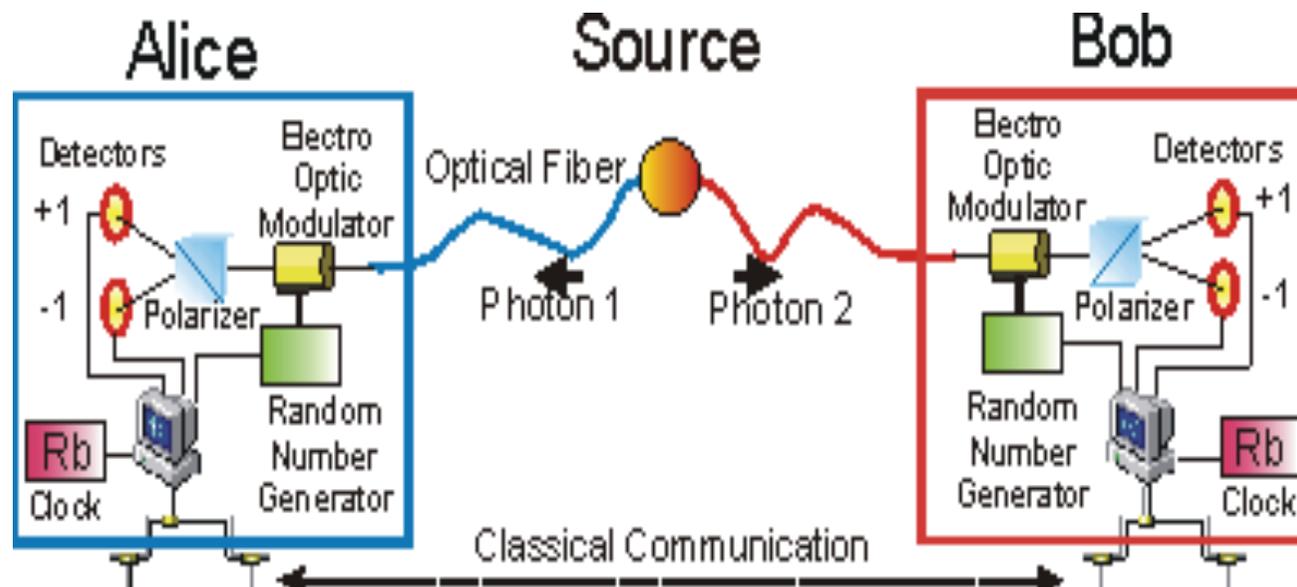
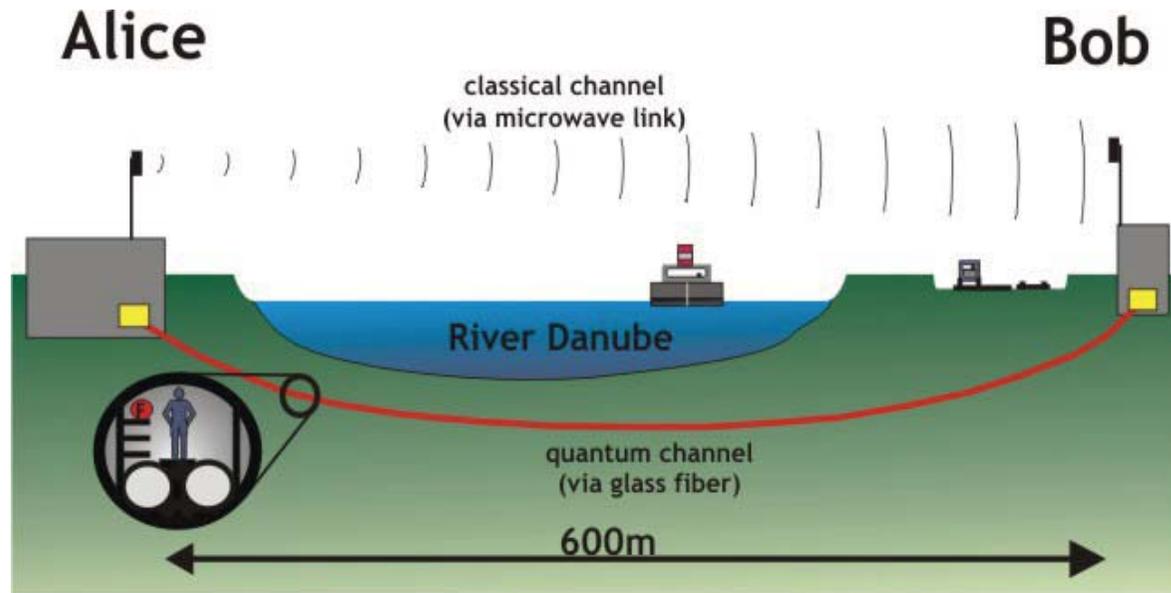
Albert Einstein's "spooky action at a distance" can now be adopted for an absolutely secure transfer of information. The quantum mechanical laws of nature - as opposed to complicated mathematical procedures - are what makes this method unbreakably safe!

Representatives of the concerned parties will be present and prepared for questions:

Mayor Dr. Michael Häupl - City of Vienna
Prof. Anton Zeilinger - Vienna University, Austrian Academy of Sciences
Prof. Erich Gornik - ARC Seibersdorf research GmbH
SR Dipl.-Ing. Helmut Kadrnoska - Wien Kanal Abwassertechnologien Ges.m.b.H.
Director Dr. Erich Hampel - Bank Austria Creditanstalt

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Criptografía Cuántica



III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Criptografía Cuántica

Red Cuántica a Escala Mundial

China Quantum Space Satellite (QUESS) program

Satélite Cuántico a Prueba de Hackers

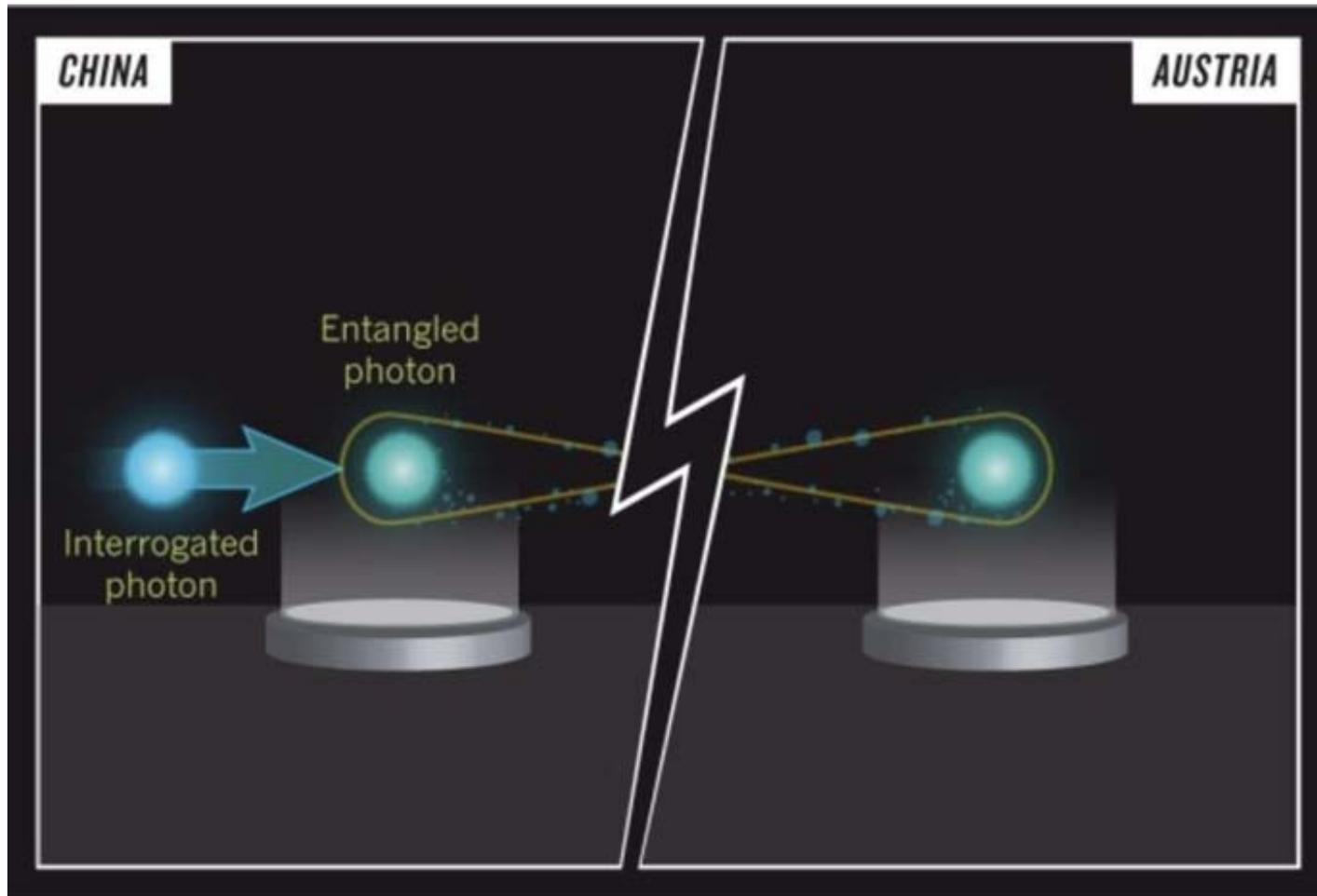


QUESS

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Criptografía Cuántica

China Quantum Space Satellite (QUESS) program



III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Criptografía Cuántica

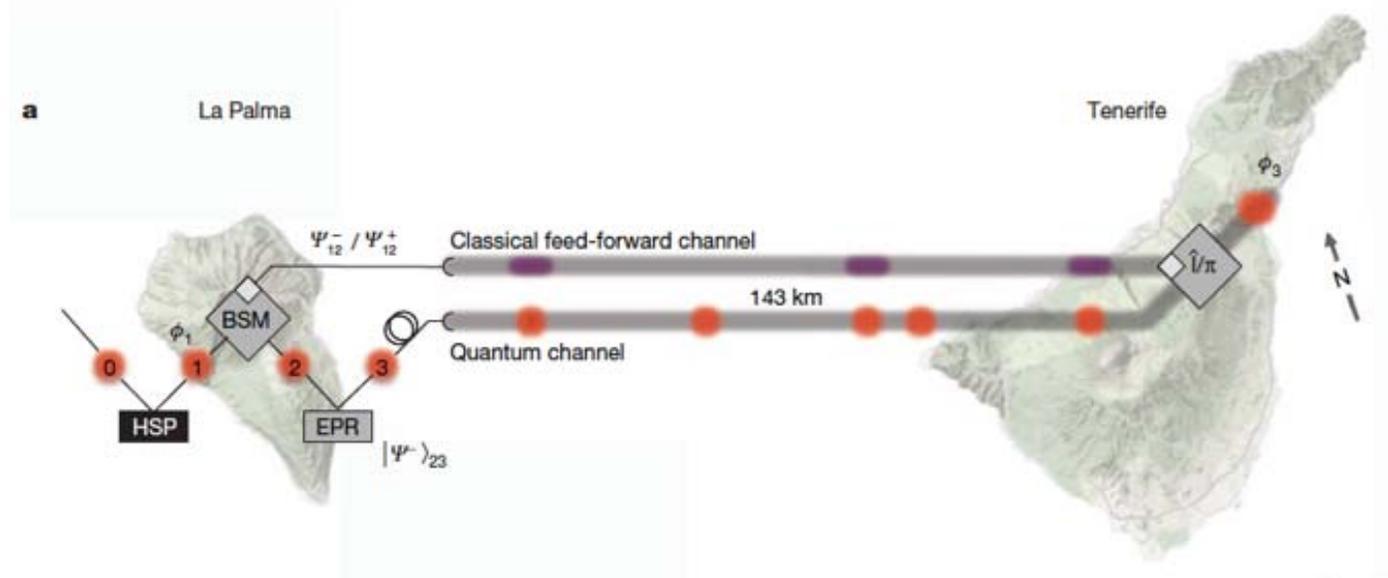
NATURE | LETTER



日本語要約

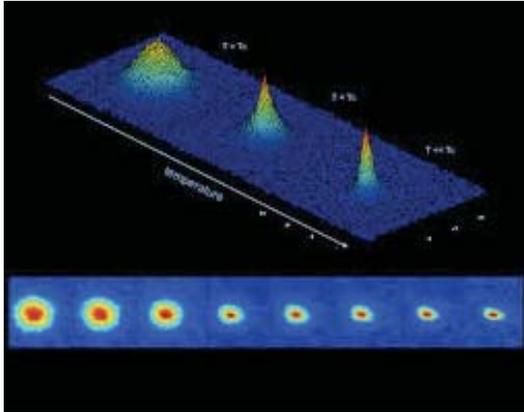
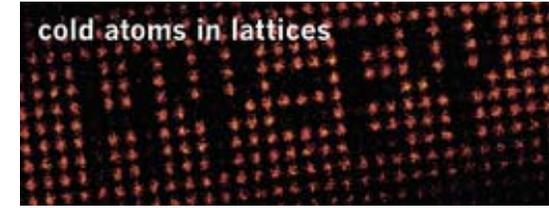
Quantum teleportation over 143 kilometres using active feed-forward

Xiao-Song Ma, Thomas Herbst, Thomas Scheidl, Daqing Wang, Sebastian Kropatschek, William Naylor, Bernhard Wittmann, Alexandra Mech, Johannes Kofler, Elena Anisimova, Vadim Makarov, Thomas Jennewein, Rupert Ursin & Anton Zeilinger

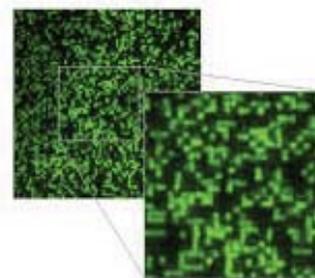
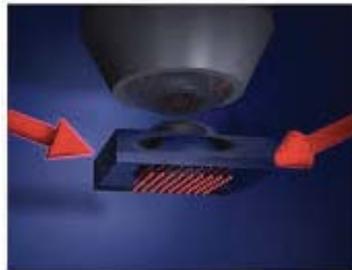


III) Áreas Fundamentales de Trabajo

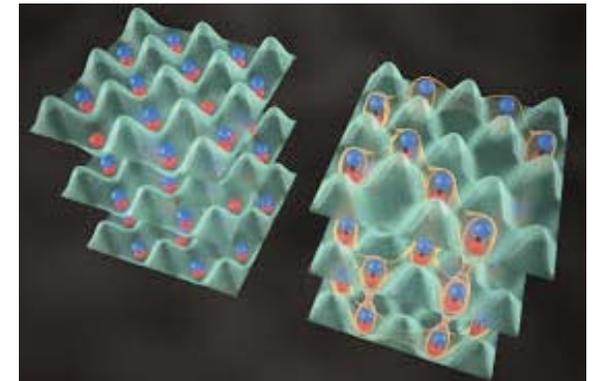
• Simulación Cuántica



Los simuladores cuánticos pueden ser construidos con el propósito especial de **simular materiales** o **reacciones químicas**.



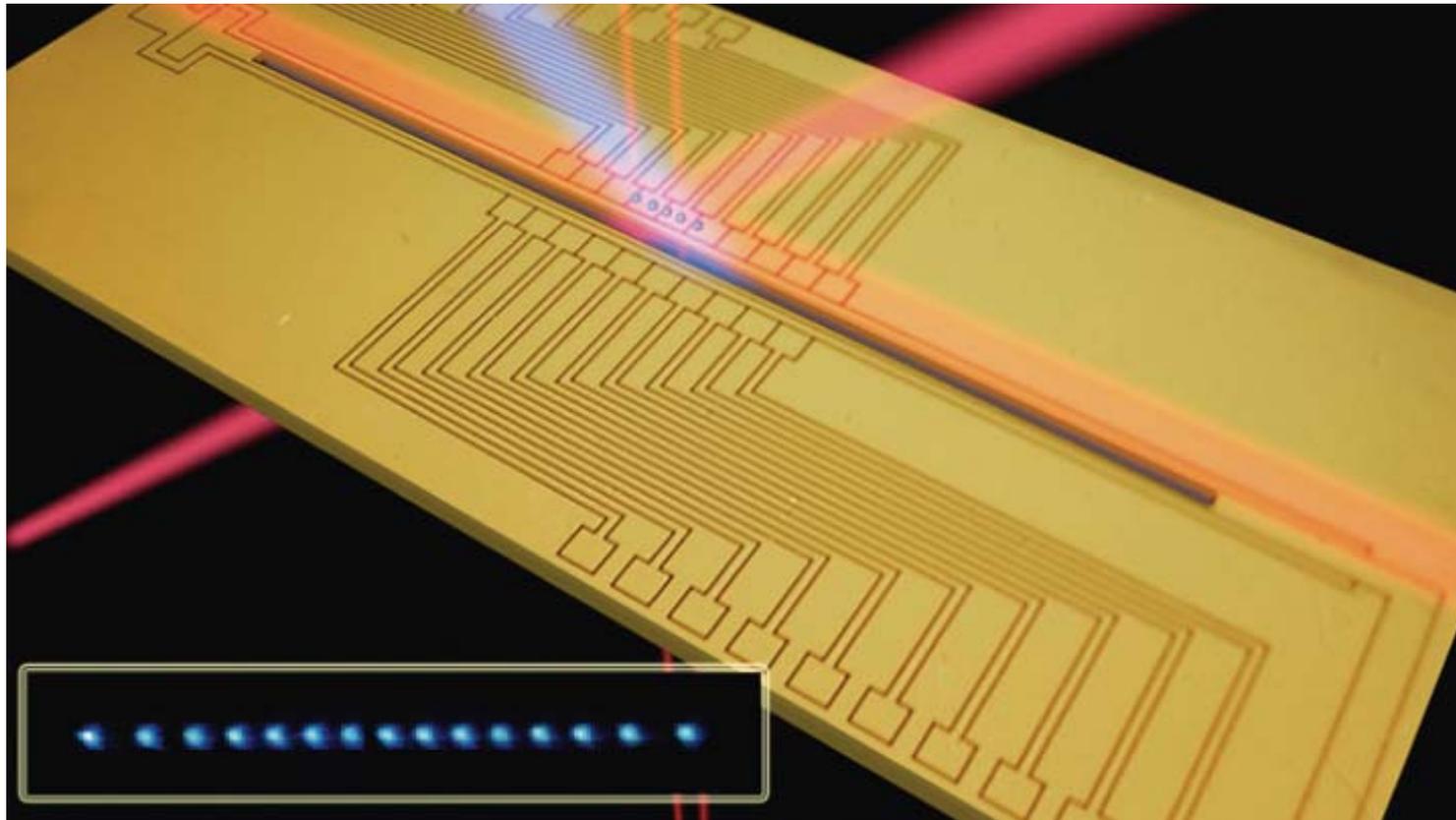
La simulación permite nuevos procesos o propiedades que deben explorarse antes de que exista el material, como una herramienta para el diseño de nuevos materiales que se necesitan en múltiples sectores, como la energía o el transporte.



III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Simulación Cuántica

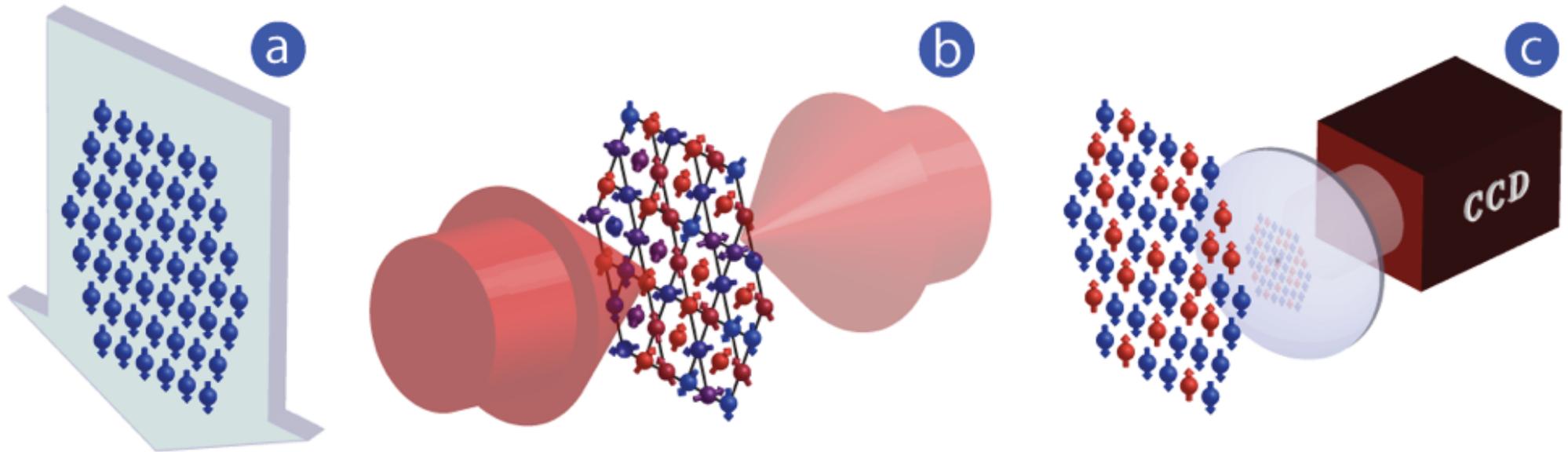
Con Ion-Traps. Innsbruck Lab. Rainer Blatt



III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Simulación Cuántica

Simulación Bidimensional con Iones



III) Áreas Fundamentales de Trabajo

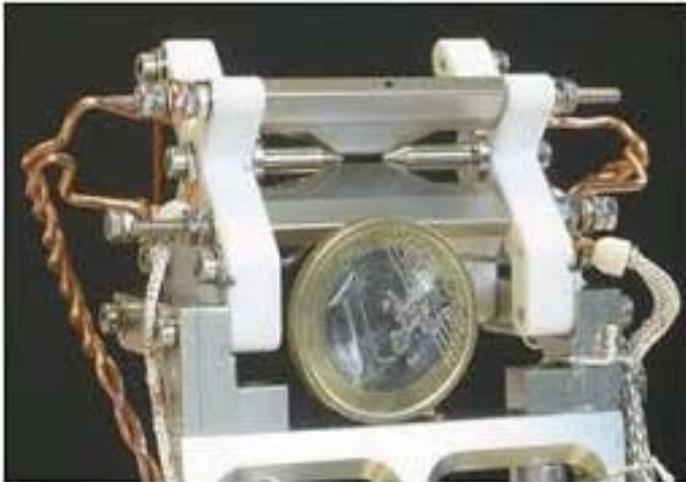
• Computación Cuántica

Ordenadores cuánticos universales estarán disponibles con potencia de cálculo a un nivel de rendimiento que *superará incluso los más potentes ordenadores clásicos del futuro.*

Serán máquinas reprogramables utilizados para resolver problemas computacionalmente muy exigentes, tales como tareas de optimización, búsquedas de bases de datos, aprendizaje automático y reconocimiento de imagen.

TEORIA:

R.P. Feynman, D. Deutsch, P. Shor



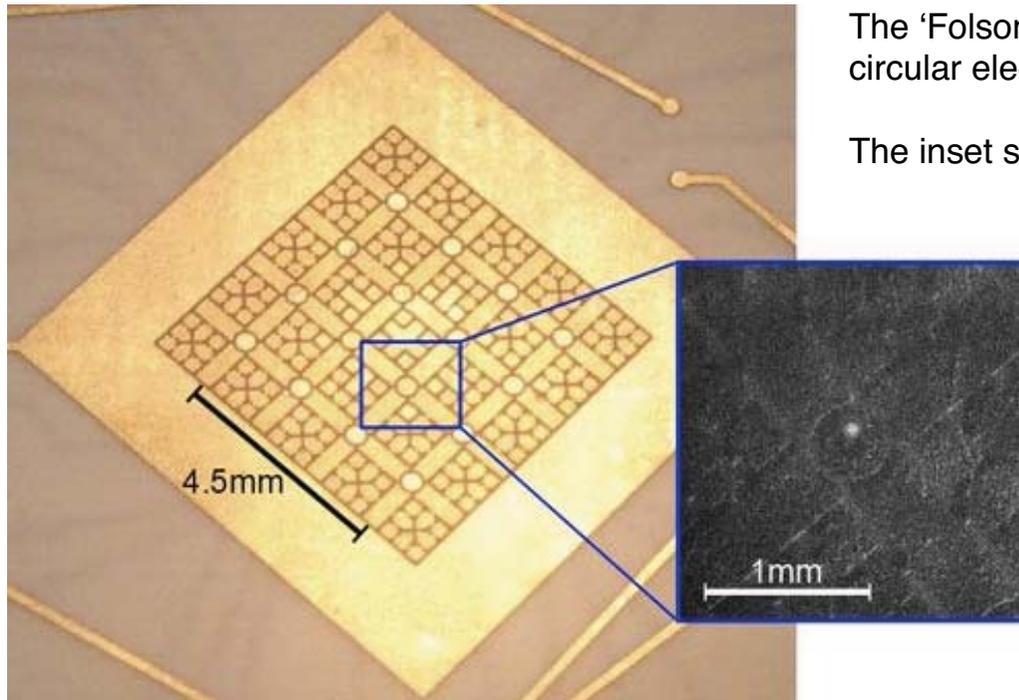
TRAMPAS DE IONES
R. BLATT LAB. INSBRUCK



POSIBILIDAD EXPERIMENTAL:
J.I. Cirac, P. Zoller

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Computación Cuántica

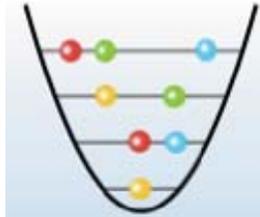


The 'Folsom' trap. A 4x4 array, where each of the circular electrodes is an individual trapping site.

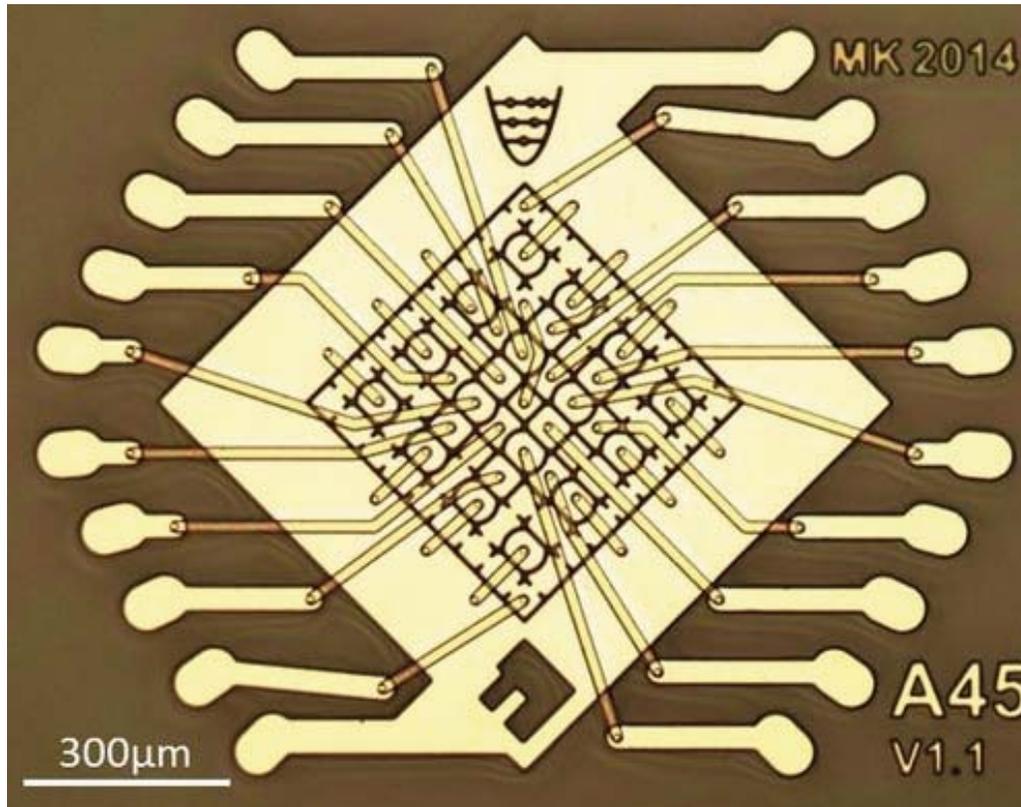
The inset shows a trapped cloud of $^{40}\text{Ca}^+$ ions.

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Computación Cuántica



Quantum Optics and Spectroscopy
Institut für Experimentalphysik - Universität Innsbruck



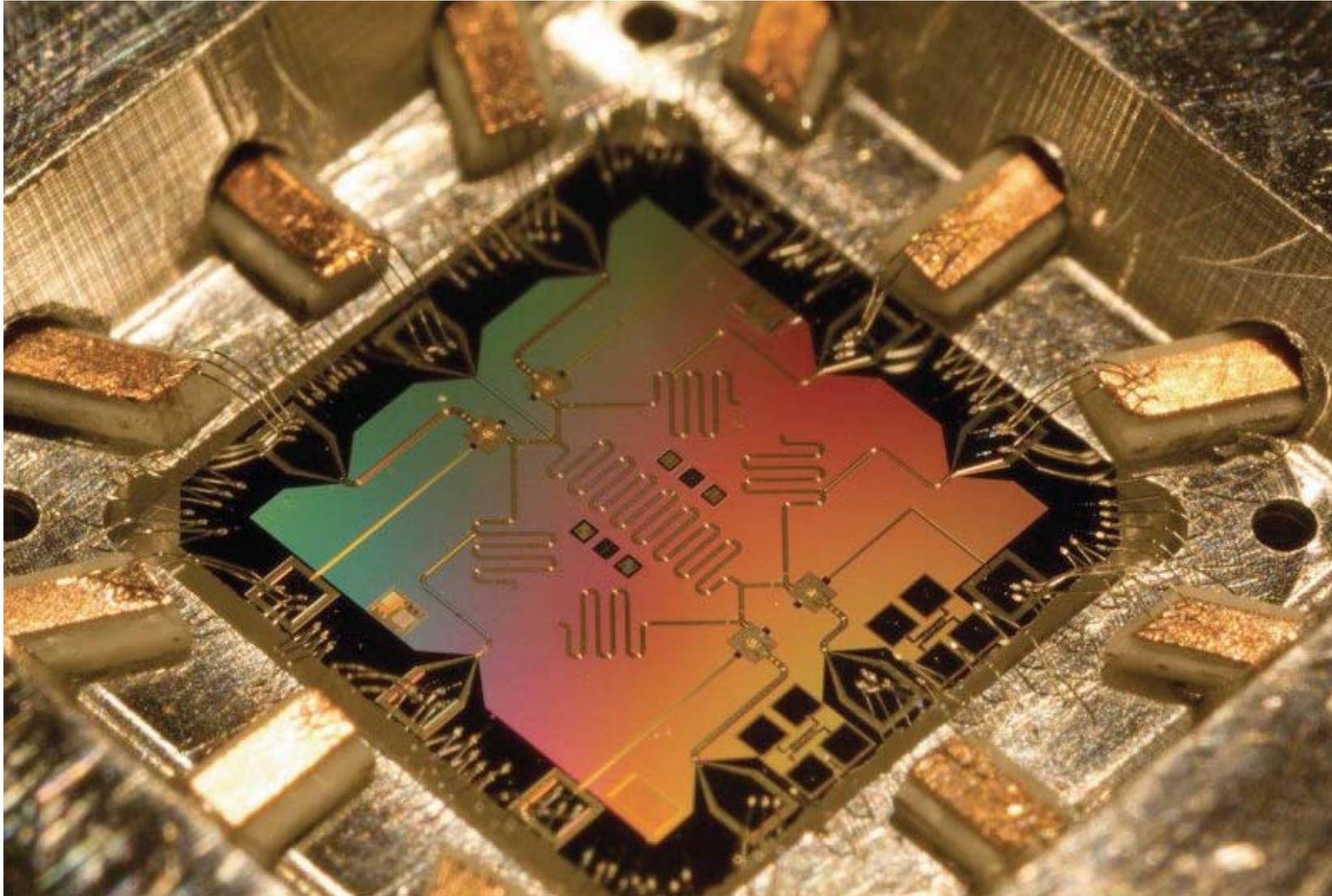
The trap array 'Ziegelstadl'. Similarly to the Folsom design, the array has 16 independent trapping sites. But here the distance between adjacent trapping sites is only $100 \mu\text{m}$ – about the diameter of a human hair!

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

- **Computación Cuántica**

Google Machine

Funding 100 M\$



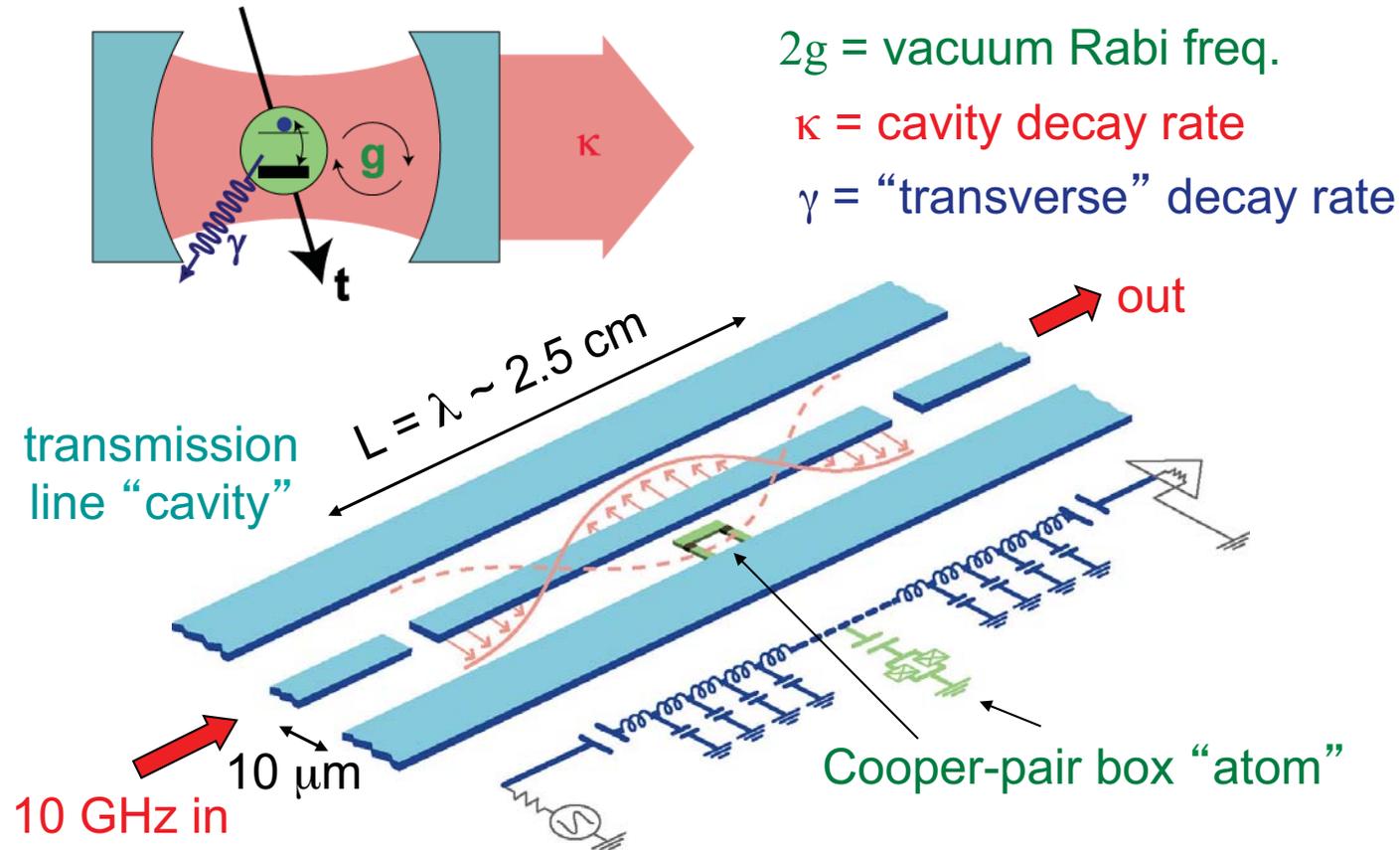
Martinis Group, California

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Computación Cuántica

La cavidad QED-también ha inspirado la investigación que utiliza circuitos superconductores que se ha llamado Circuit-QED (Schoelkopf y Girvin, 2008).

A Circuit Implementation of Cavity QED



Theory: Blais et al., Phys. Rev. A 69, 062320 (2004)

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

- **Computación Cuántica**

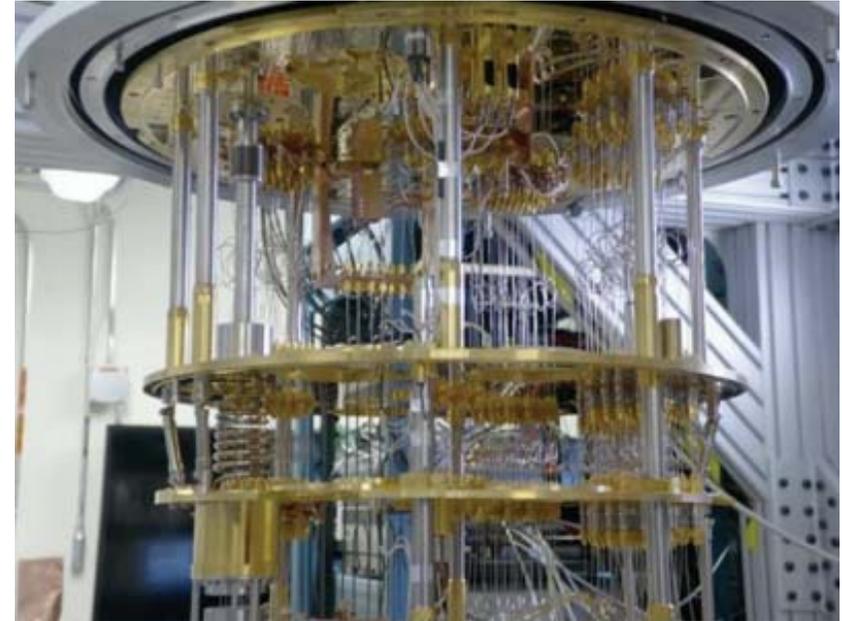
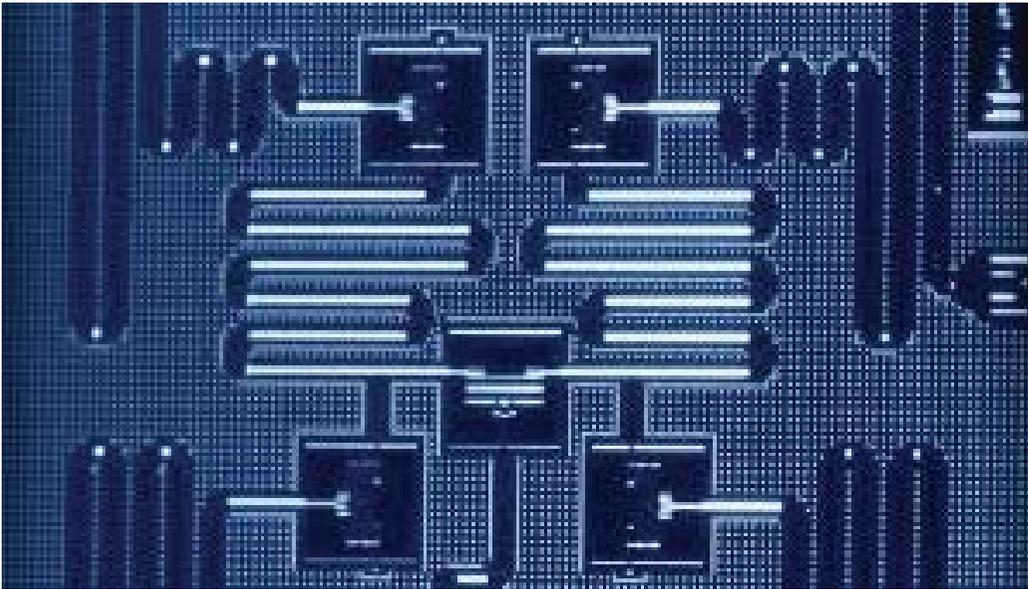


This structure of metal plates is necessary to cool and shield quantum chips.

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

- **Computación Cuántica**

IBM at Yorktown Heights, NY



Jay Gambetta Group, NY

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

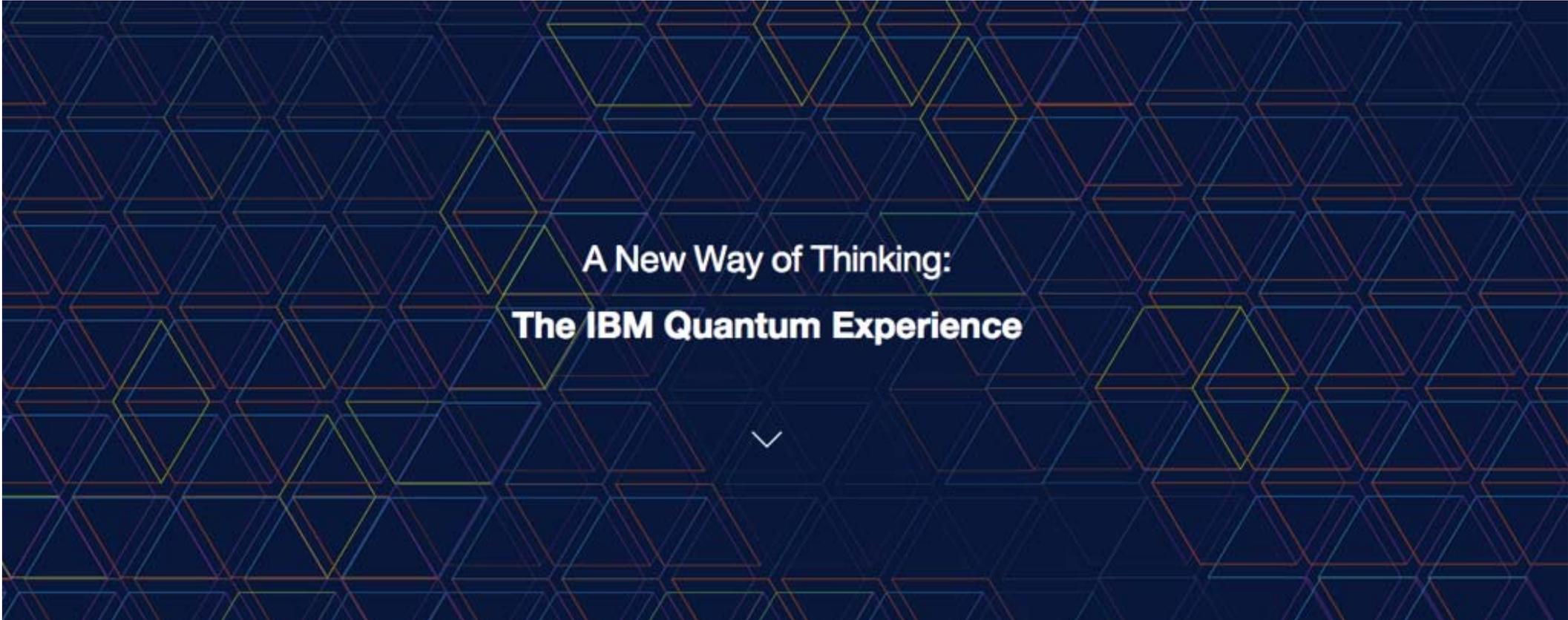
- **Computación Cuántica**



IBM Makes Quantum Computing Available on IBM Cloud to Accelerate Innovation

08 MAY 2016
SOURCE: www.ibm.com

The image shows a news header with a background of a network graph with nodes and connecting lines. The text is in a bold, sans-serif font.



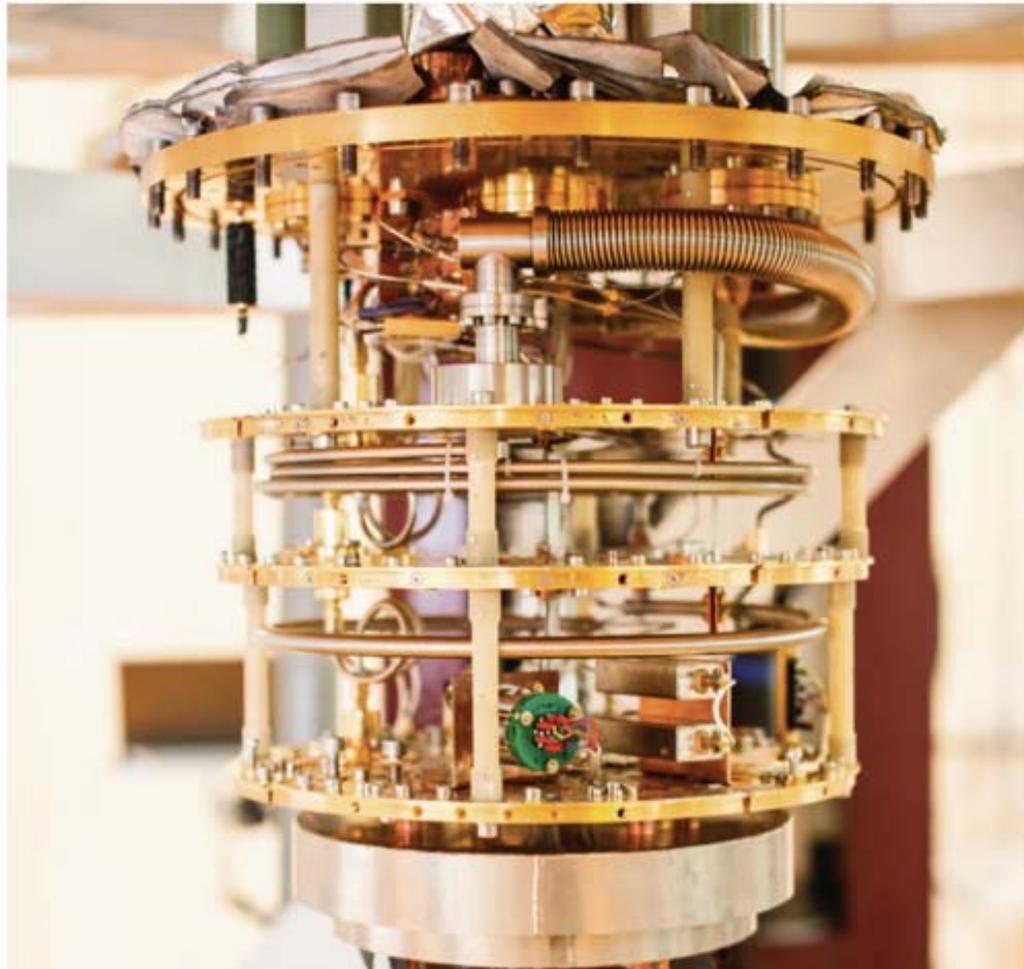
**A New Way of Thinking:
The IBM Quantum Experience**

The image shows a title card with a dark blue background featuring a complex geometric pattern of overlapping lines in various colors (blue, green, red, yellow) forming a grid of irregular shapes. The text is centered and in a white, sans-serif font.

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Computación Cuántica

Superconducting Qubits en Europa



Univ. Delft. Holanda



IBM Zürich



III) Áreas Fundamentales de Trabajo

- **Computación Cuántica**

Obstáculo Fundamental:

Escalabilidad de los Ordenadores Cuánticos

Posible Solución: ordenadores cuánticos Autocorregibles

Una Opción: Computacion Cuantica Topologica

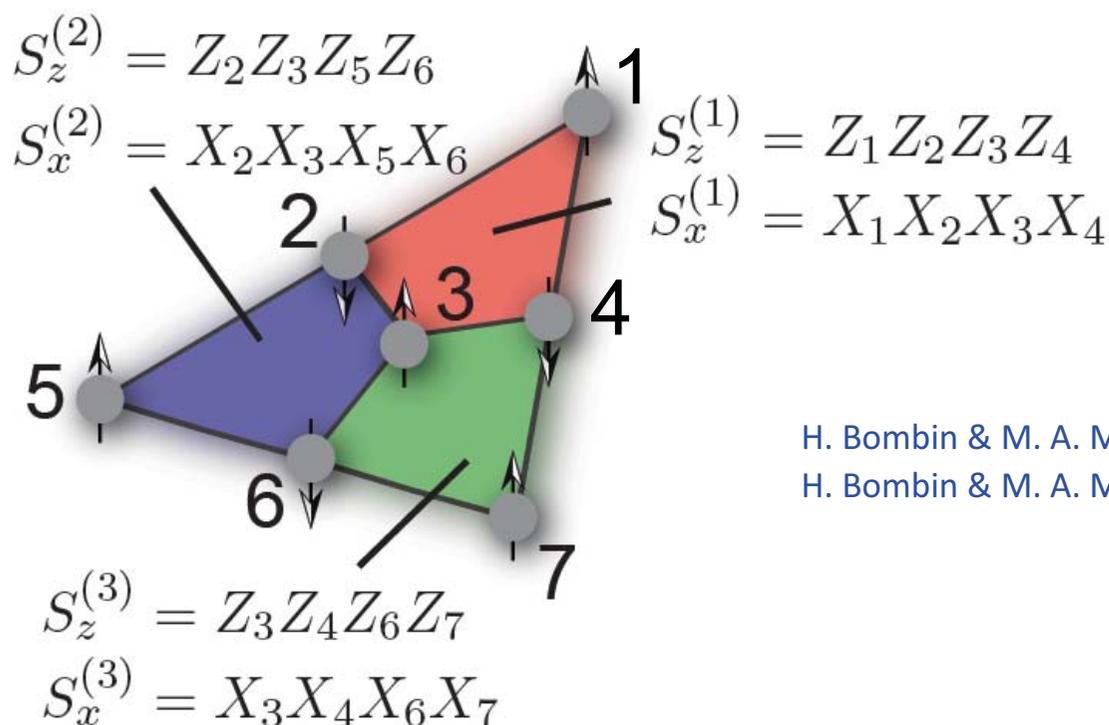
Recientes Experimentos de Innsbruck & Madrid:
publicados en Science y PRX

III) Áreas Fundamentales de Trabajo

• Computación Cuántica

The smallest topological color code - 7 qubits

- ▶ 7 physical qubits, 6 stabilizers, thus 1 encoded logical qubit (+1 eigenstate of all stabilizers)



H. Bombin & M. A. Martin-Delgado. PRL **97**, 180501 (2006)

H. Bombin & M. A. Martin-Delgado. PRL **98**, 160502 (2007)

- ▶ logical Z-operator: $\bar{Z} = \sigma_1^z \sigma_2^z \sigma_3^z \sigma_4^z \sigma_5^z \sigma_6^z \sigma_7^z$ $\bar{Z}|\bar{0}\rangle = |\bar{0}\rangle$ $\bar{Z}|\bar{1}\rangle = -|\bar{1}\rangle$
- ▶ logical X-operator: $\bar{X} = \sigma_1^x \sigma_2^x \sigma_3^x \sigma_4^x \sigma_5^x \sigma_6^x \sigma_7^x$ $\bar{X}|\bar{0}\rangle = |\bar{1}\rangle$ $\bar{X}|\bar{1}\rangle = |\bar{0}\rangle$

Our experiment (Innsbruck) - theory (Madrid) team

Daniel Nigg



Esteban Martínez



Philipp Schindler



Thomas Monz



Markus Müller



Miguel Ángel
Martín-Delgado

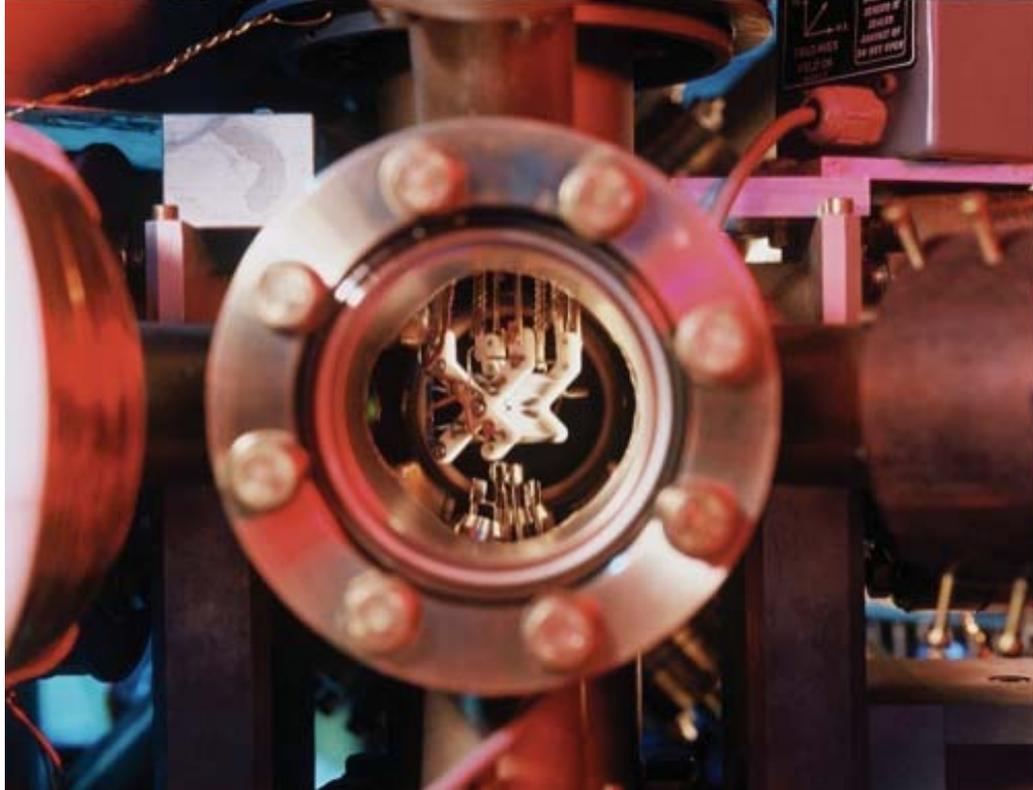
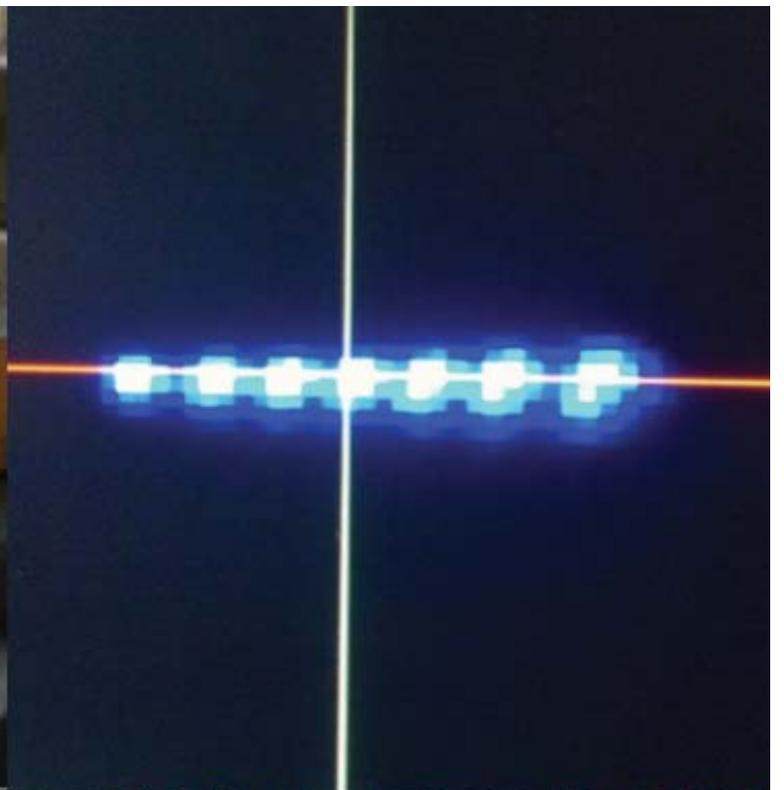
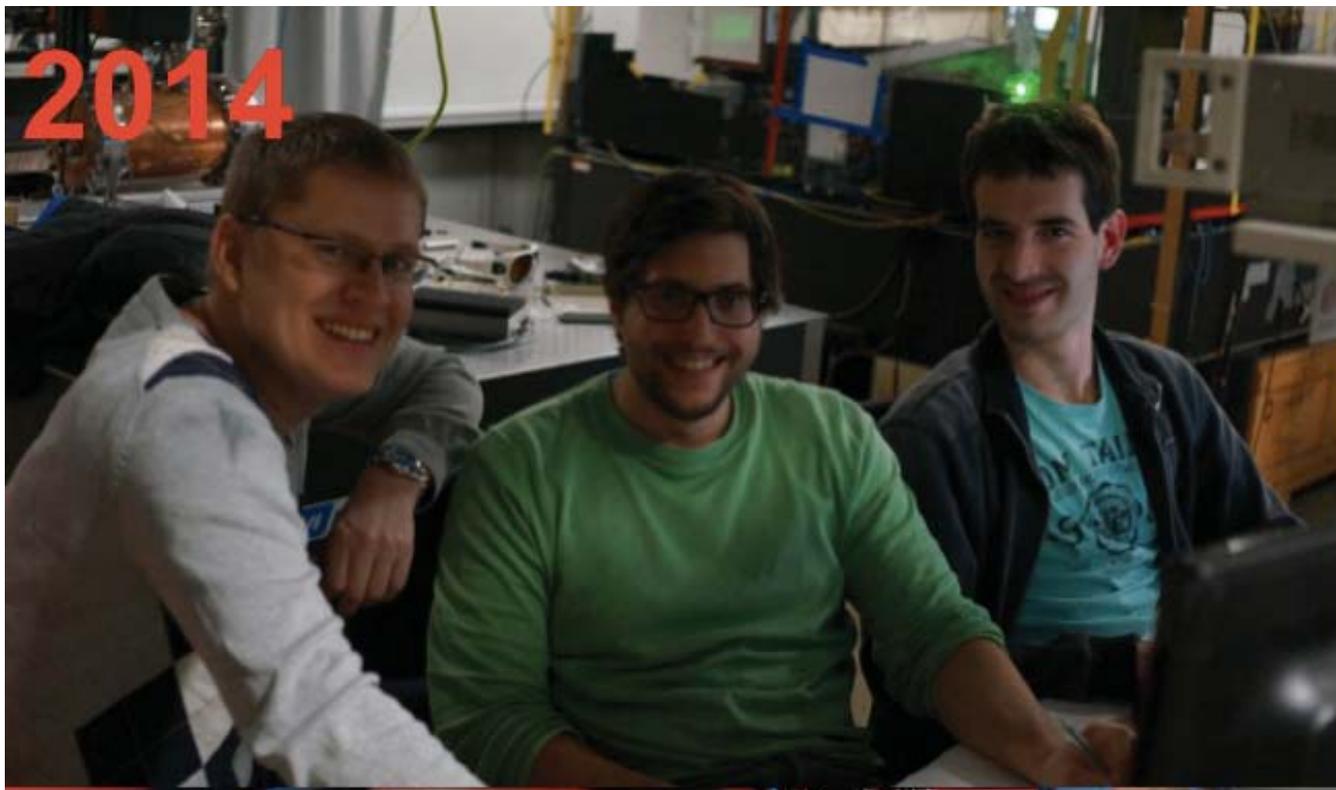


Markus Henrich

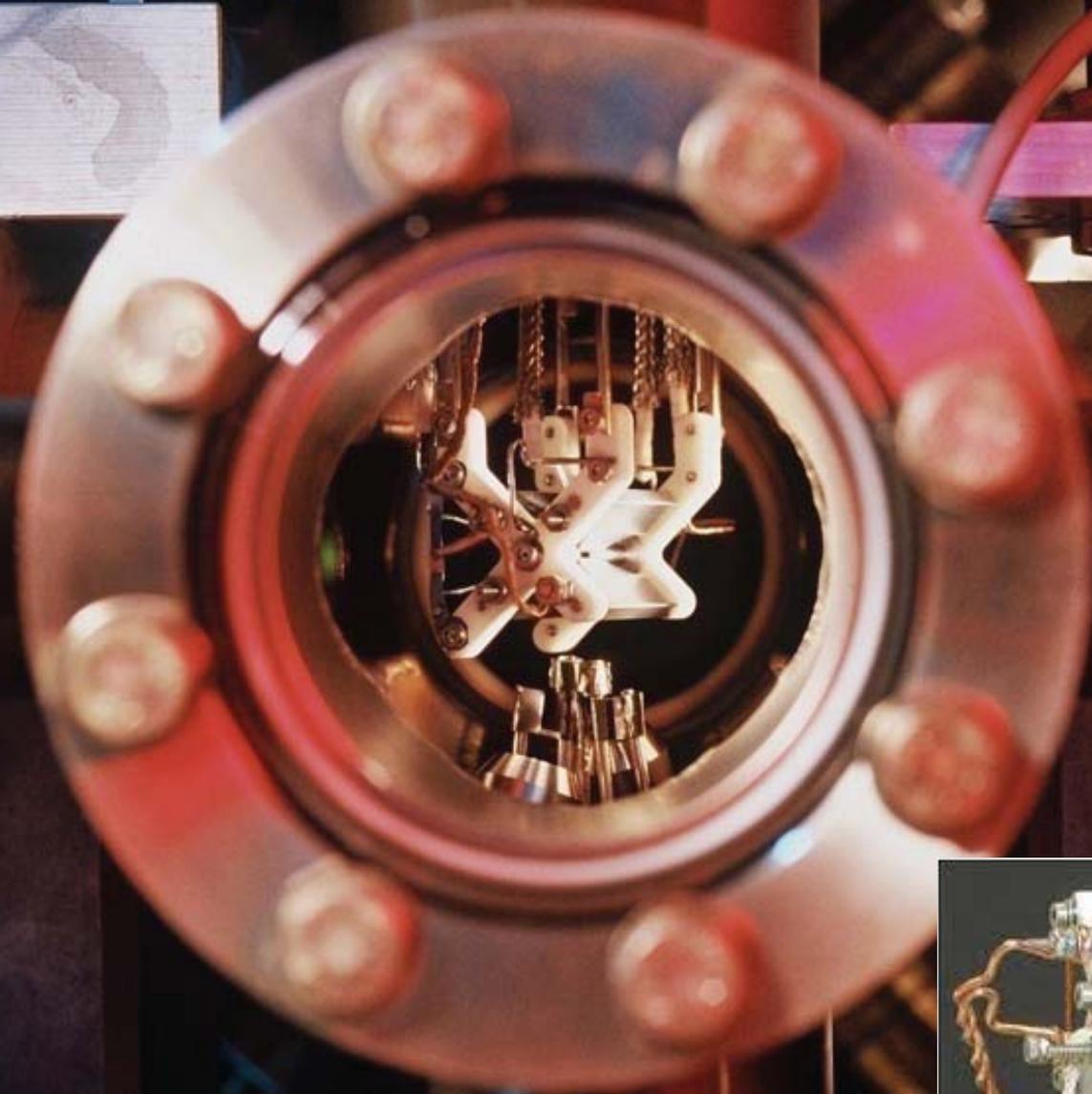


Rainer Blatt

2014

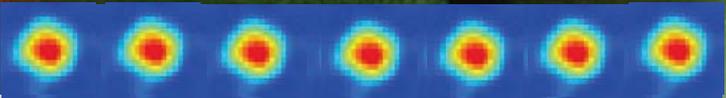
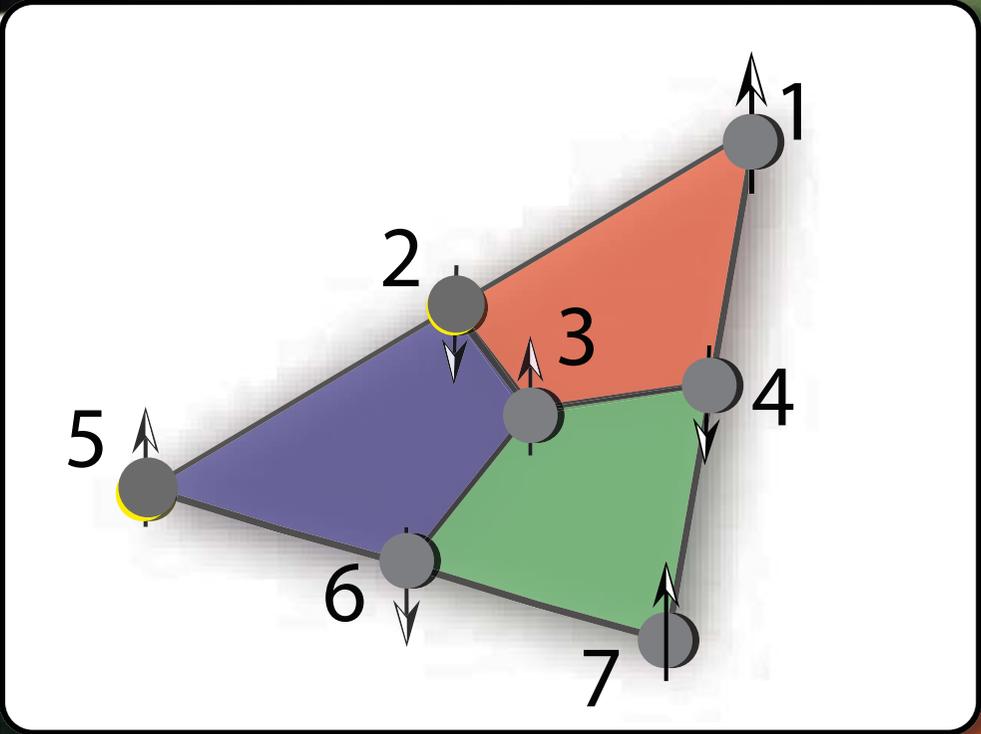


The experimental toolbox

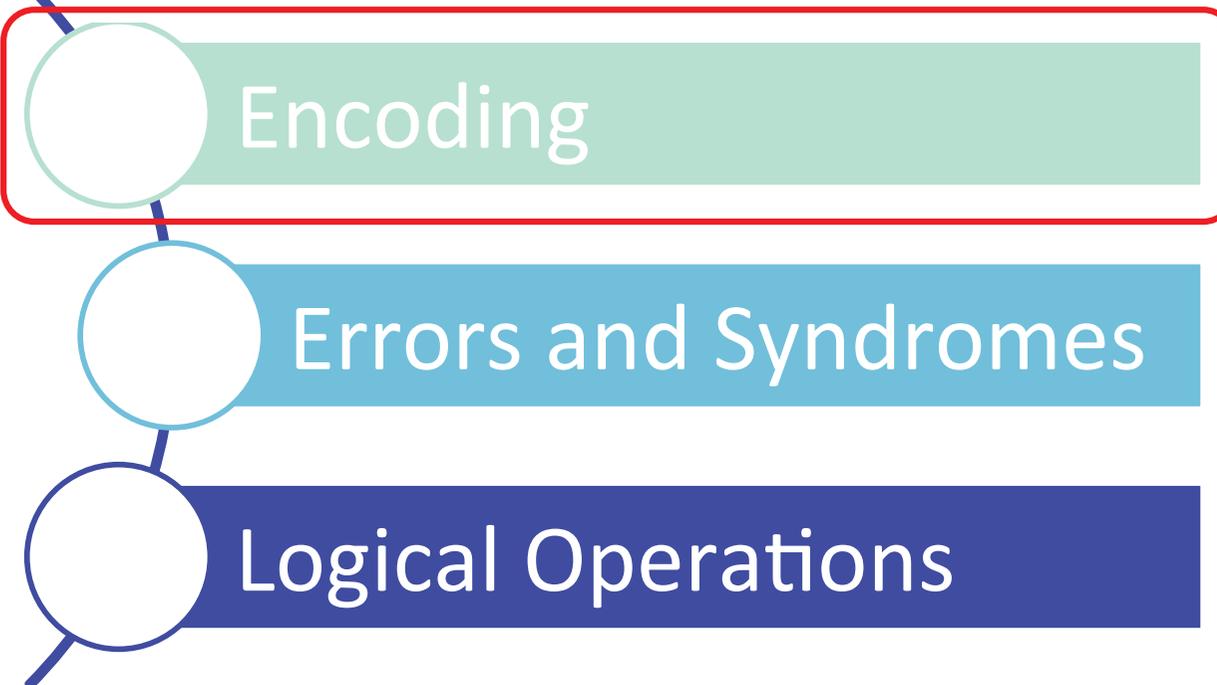
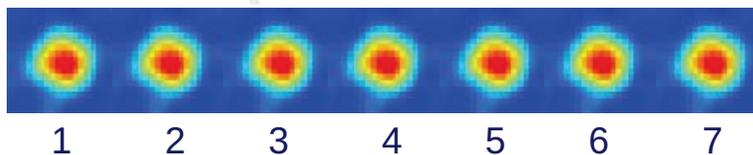
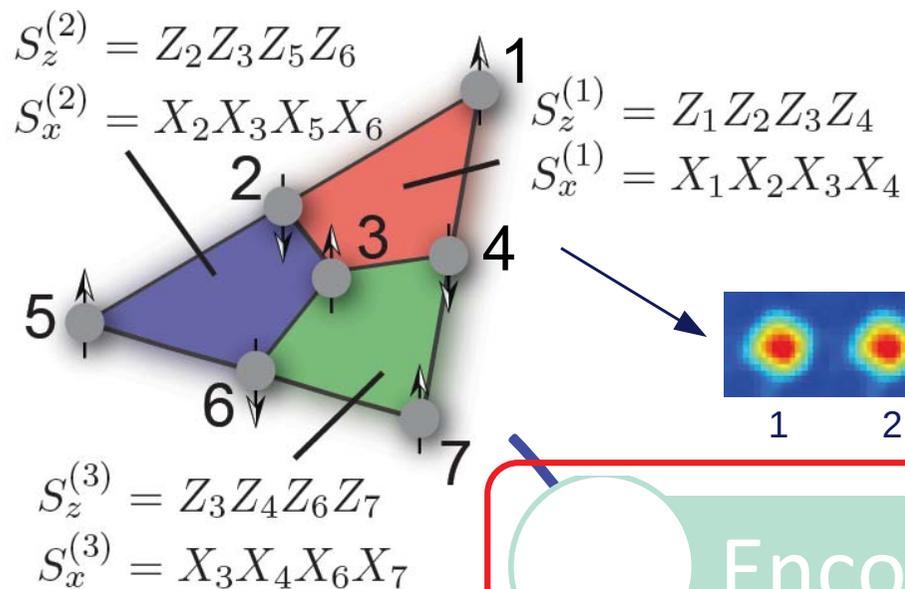


SENSOR IS SEALED AGAINST RF DO NOT OPEN
FIELD AXES FIELD OK H.X.





Experimental roadmap



Science

Home News Journals Topics Careers

Science Science Advances Science Immunology Science Robotics Science Signaling Science Translational Medicine

SHARE REPORT

Quantum computations on a topologically encoded qubit

D. Nigg^{1,†,‡}, M. Müller^{2,†,‡}, E. A. Martinez¹, P. Schindler^{1,‡}, M. Hennrich¹, T. Monz¹, M. A. Martin-Delgado², R. Blatt^{1,3}

+ Author Affiliations
+† Corresponding author: E-mail: daniel.nigg@uibk.ac.at (D.N.); mueller@uom.es (M.M.)
+†† These authors contributed equally to this work.
+‡ Present address: Department of Physics, University of California, Berkeley, CA 94720, USA.

Science 18 Jul 2014:
Vol. 345, Issue 6194, pp. 302-305
DOI: 10.1126/science.1253742

IV) Tecnologías Cuánticas: Flagship Comisión EU

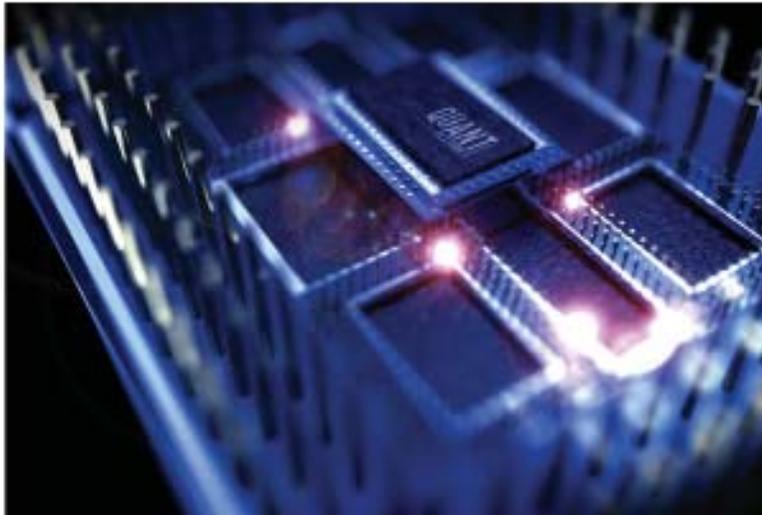
Commissioner Oettinger announces 1Billion € flagship on Quantum Technologies (10 years).

Comienzo año 2018

Quantum technologies for Europe - Opportunities for economy and society

06-04-2016 14:45 - 17:00

European Parliament Brussels - Paul Henri Spaak (PHS) Yehudi Menuhin Space



#quantumSTOA

IV) Tecnologías Cuánticas: Flagship Comisión EU

Comienzo año 2018

G. Oettinger, European Commissioner for Digital Economy and Society, in his speech at a recent Science and Technology Options Assessment (STOA) workshop held at the European Parliament in Brussels

“Now is the time for Europe to join forces to launch a Flagship scale initiative to catch this second quantum wave.”



Draft Programme

- 14:45 Welcome
Paul Rübig, MEP & STOA Chair
Günther Oettinger, EU Commissioner for Digital Economy and Society
- 15:00 Setting the stage: A vision for Quantum Technologies in Europe
Henk Kamp, Minister for Economic Affairs of the Netherlands (Member States' perspective)

IV) Tecnologías Cuánticas: Flagship Comisión EU

EU
2016
May
17

Conferencia Amsterdam 17-18 Mayo 2016

Quantum Europe: a New Era of Technology

Expert or political meeting | Ministry of Economic Affairs

17 May 2016 - 18 May 2016
Europe Building, Amsterdam



Visit of European Commissioner Günther Oettinger and Minister Henk Kamp to QuTech

IV) Tecnologías Cuánticas: Flagship Comisión EU

Iniciativa Española: "Position paper" de la comunidad QT en España

1er Foro Tecnologías Cuánticas. 15 Marzo 2016. Sede CDTI

2º Foro Tecnologías Cuánticas. 4 Mayo 2016. Sede MINECO

*CONTRIBUCIÓN DE LOS PARTICIPANTES DEL "FORO SOBRE
TECNOLOGÍAS CUÁNTICAS" A LA POSICIÓN ESPAÑOLA SOBRE
INICIATIVAS EUROPEAS EN ESTE CAMPO*

*Versión del 9 Mayo de 2016, incorporando las contribuciones orales y por e-mail
recibidas de los participantes en el 2º Foro.¹*

Las Tecnologías Cuánticas como previsible evolución

Las "Tecnologías Cuánticas" surgen como la evolución previsible de las técnicas

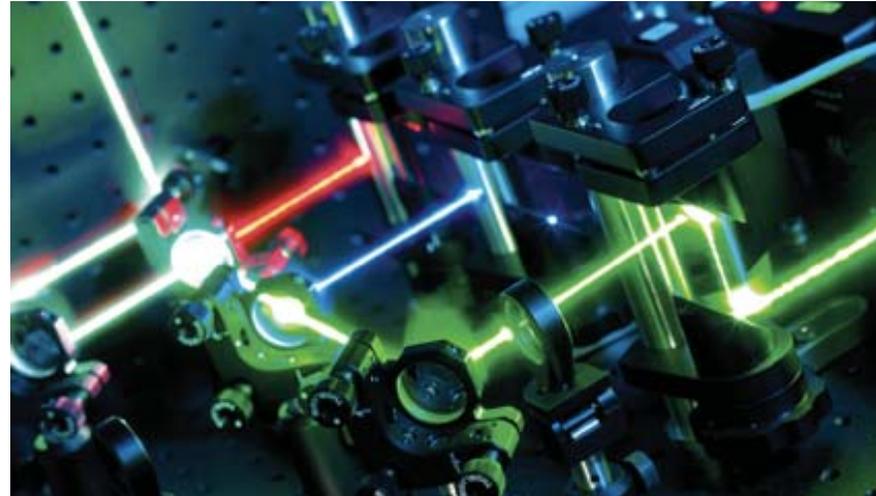
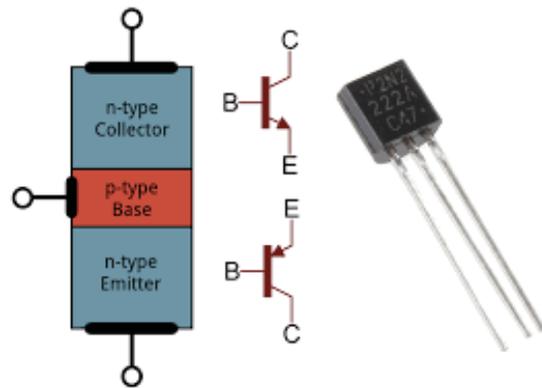
IV) Tecnologías Cuánticas: Flagship Comisión EU

Revoluciones Cuánticas

La primera revolución cuántica:

*La comprensión y aplicación de las leyes físicas de la esfera microscópica
Mecánica Cuántica*

Resultó en tecnologías innovadoras tales como el **transistor** y el **láser**.



El impacto de esta primera revolución cuántica en nuestra sociedad difícilmente se puede subestimar. Ahora, nuestra creciente capacidad para manipular a los efectos cuánticos en sistemas y materiales personalizados está allanando el camino para una segunda revolución cuántica.

IV) Tecnologías Cuánticas: Flagship Comisión EU

Revoluciones Cuánticas

La segunda revolución cuántica:

Nuestra capacidad de manipular los efectos cuánticos en sistemas y materiales personalizados está allanando el camino para una segunda revolución cuántica, que conduce a la teoría cuántica a nuevas consecuencias tecnológicas.

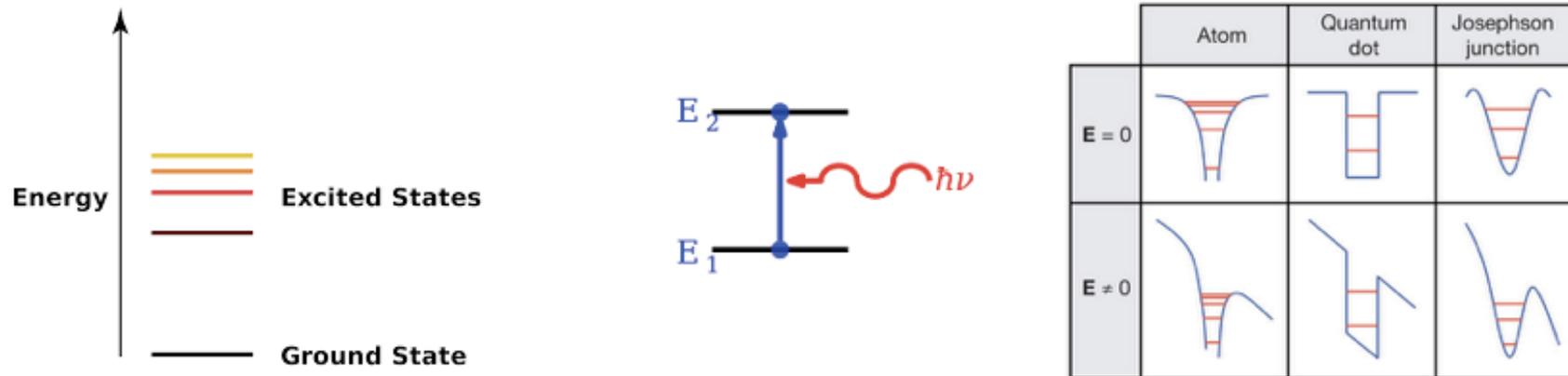
Dispositivos cuánticos con un rendimiento muy superior y capacidades para la detección, medición y proyección de imagen; para la comunicación, la simulación y la computación.

- **Metrología Cuántica**
- **Sensores Cuánticos**
- **Criptografía Cuántica**
- **Simulación Cuántica**
- **Computación Cuántica**

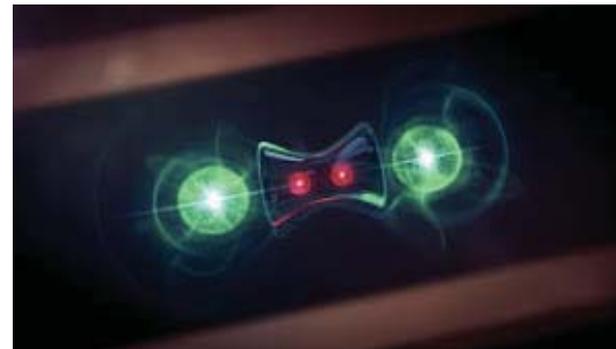
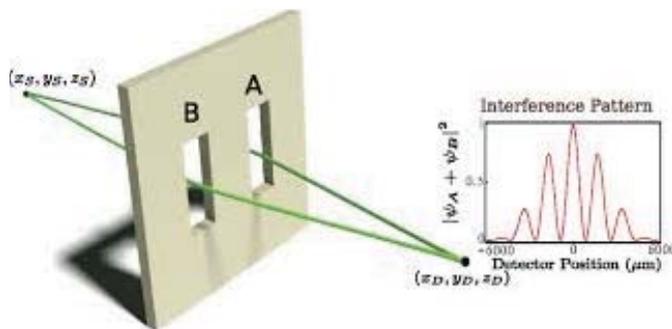
IV) Tecnologías Cuánticas: Flagship Comisión EU

Revoluciones Cuánticas

La **Primera Revolución** se basó en las propiedades DISCRETAS de la naturaleza cuántica: los cuantos de energía, momento angular etc.



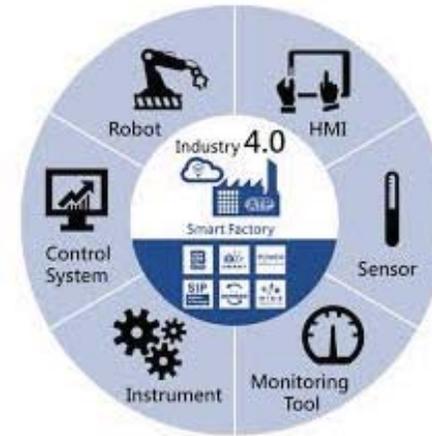
La **Segunda Revolución** se basa en el PRINCIPIO DE SUPERPOSICION de los estados cuánticos donde se almacena información y una consecuencia es el Entanglement.



V) Conclusiones y Perspectivas

Quantum Manifesto

Surge tras una serie de diálogos iniciados por la Comisión Europea con la industria y otras partes interesadas.



Con el apoyo de **más de 3000 representantes de la academia, la industria y las instituciones gubernamentales y de financiación.**



academia
for business

La **hoja de ruta** pide una estrategia ambiciosa para establecer las bases de una industria cuántica de clase mundial en Europa

V) Conclusiones y Perspectivas



V) Conclusiones y Perspectivas

Quantum Manifesto

Esta iniciativa tiene como **objetivo situar Europa en la vanguardia** de la segunda revolución cuántica que están desarrollándose actualmente en todo el mundo

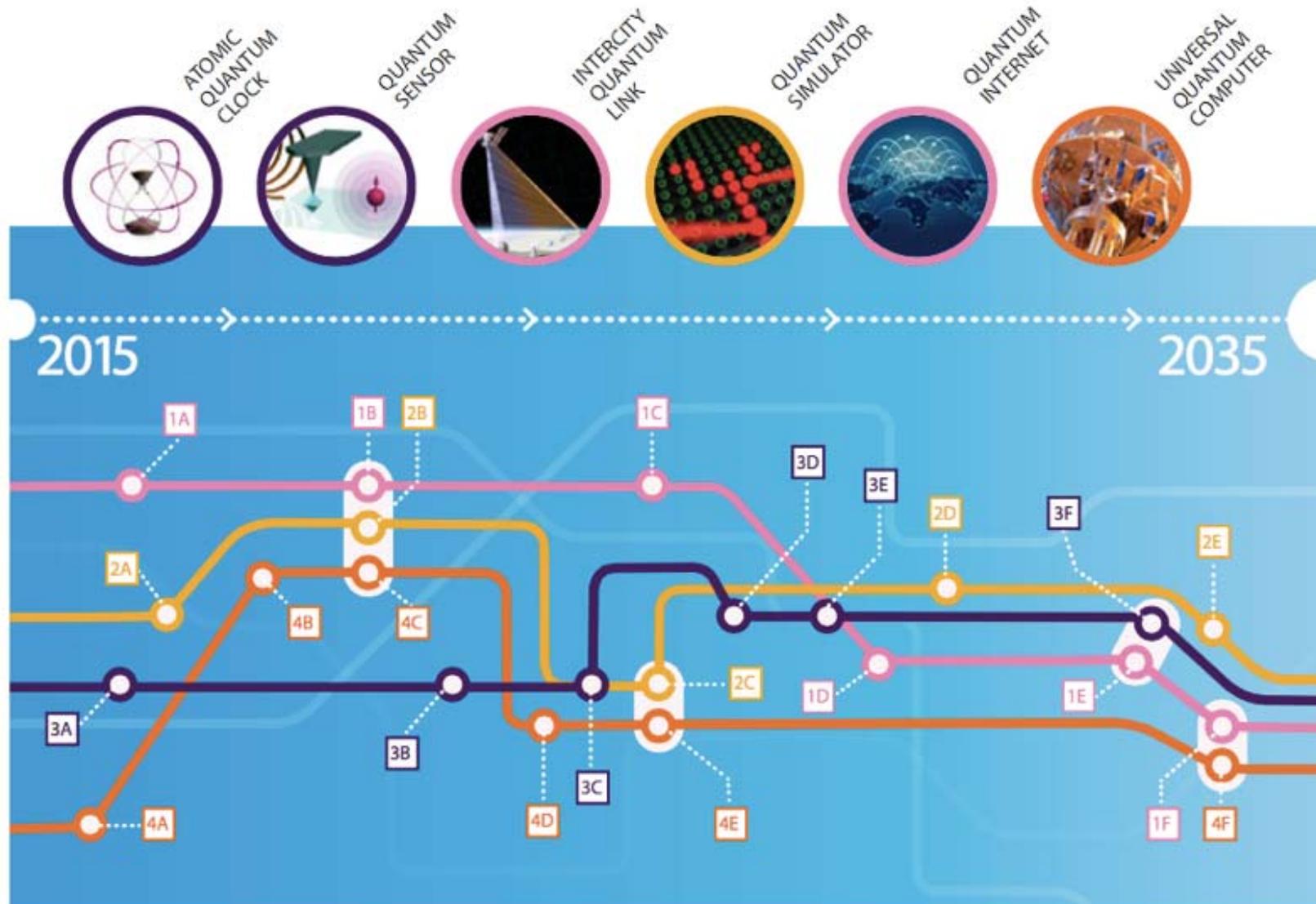
Se va a crear nuevas **oportunidades comerciales** que abordan los desafíos globales, proporcionar capacidades estratégicas para la seguridad y capacidades de comunicación aún no imaginados para el futuro.

Como ahora está sucediendo en todo el mundo, **el desarrollo de las capacidades de Europa en tecnologías cuánticas va a crear un nuevo ecosistema industrial** basado en el conocimiento, lo que lleva a las prestaciones económicas, científicas y sociales a largo plazo .

V) Conclusiones y Perspectivas

Quantum Manifesto

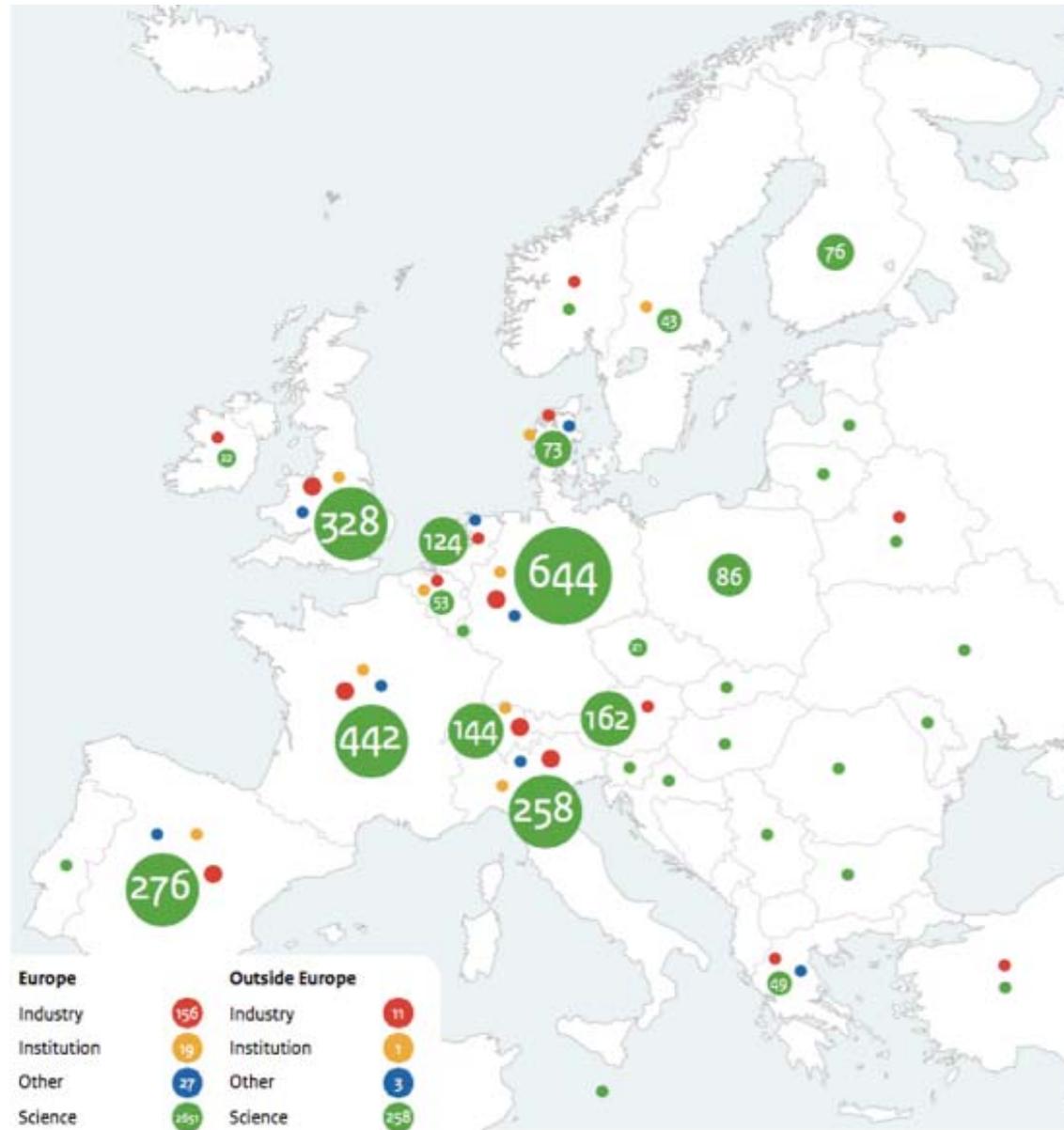
Quantum Technologies Timeline



V) Conclusiones y Perspectivas

Quantum Manifesto

Map of Europe with a list of all endorsing parties



The best
Is yet
To come



For now, this is it!

MANY THANKS FOR YOUR ATTENTION

THE END