

Telescopios Cuánticos

Juan Rafael Álvarez

Estudiante de Física

Universidad de los Andes

Quantum telescopes

A. Kellerer

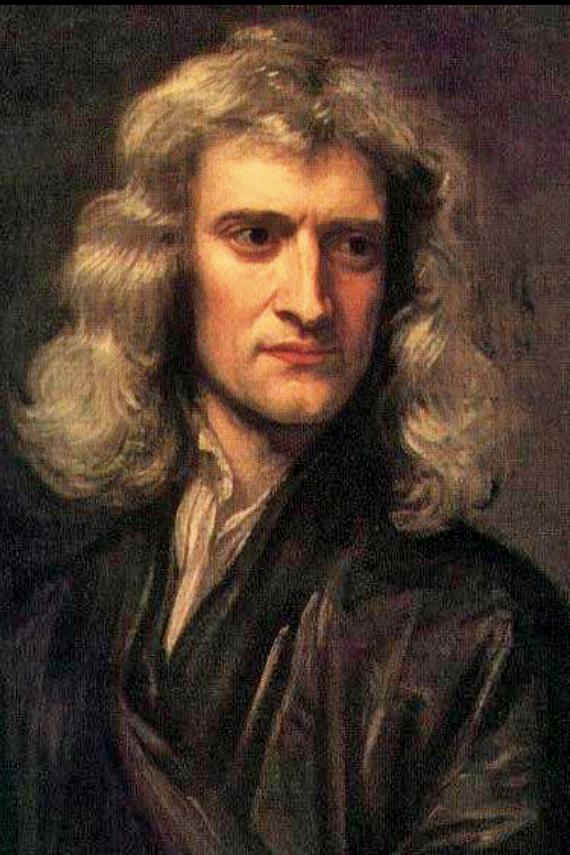
arXiv:1403.6681v1 [astro-ph.IM] 26 Mar 2014

Menú

1. ¡Telescopios cada vez más grandes!
2. Imágenes astronómicas: un extraño proceso
3. Turbulencia atmosférica
4. Enredamiento cuántico
5. Clonación de fotones
6. Medición sin demolición
7. Perspectivas

¡Telescopios cada vez más grandes!

Isaac Newton
1642 - 1727



Telescopio de Isaac Newton

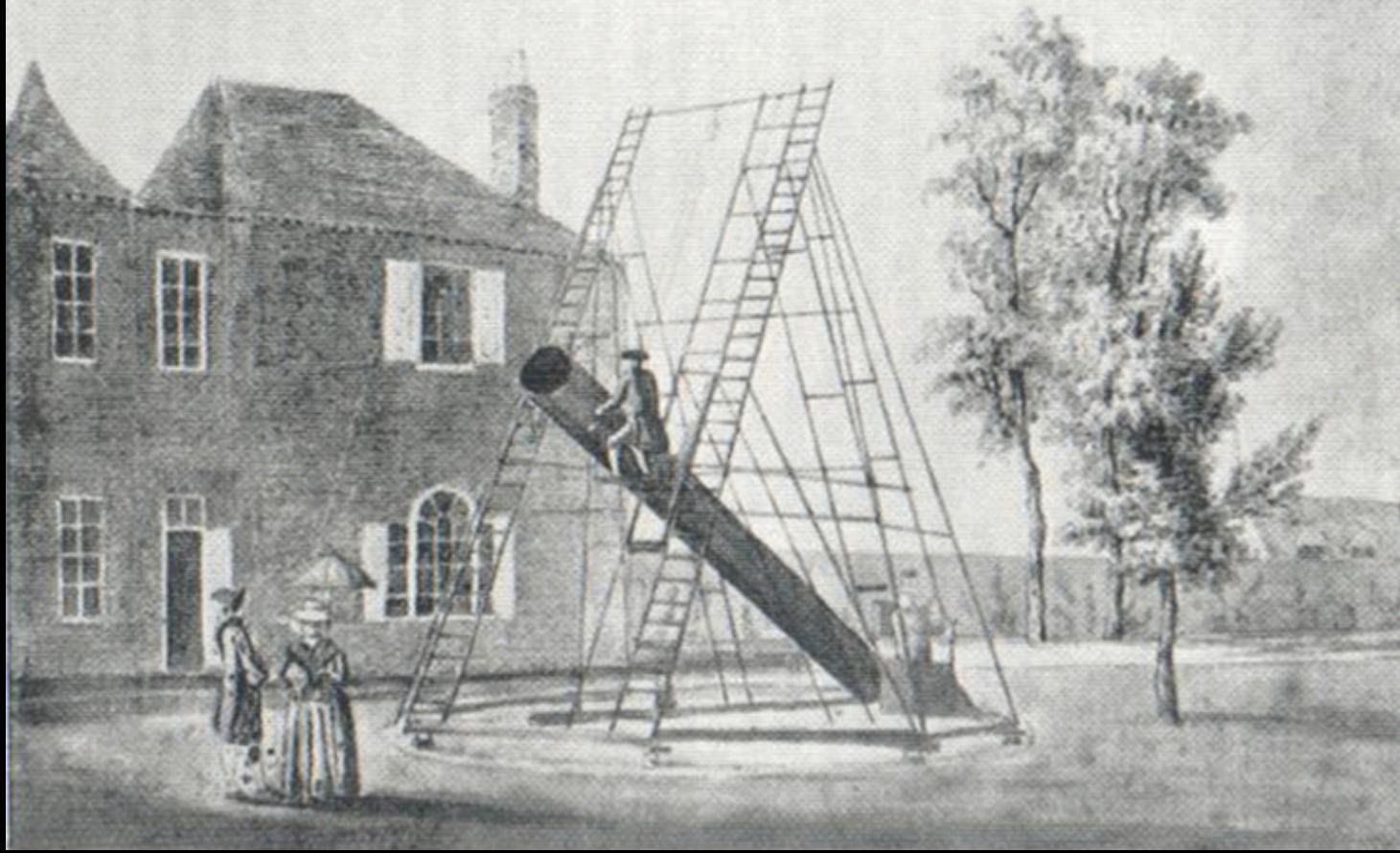


Christiaan Huygens
1629 - 1695



“While there is no doubt that Huyghens and Newton would be astounded by the size of our modern telescopes, they would nevertheless understand their optical design”

Diámetro de apertura de 1.2m



Telescopio de William y Caroline Herschel – Big Forty Foot Telescope – (40ft =12m)cc

Se demoró mucho tiempo en construir, con muchos sobrecostos, y al final terminó siendo decepcionante debido a la alta turbulencia del aire. **Duró 50 años en ser desbancado como el telescopio más grande del mundo.**

- Construir un telescopio de más de 1m de diámetro parecía una hazaña imposible de lograr en los tiempos de los Herschel.





J.C. Casado
Teide Observatory (IAC)

Observatorio de El Teide, Tenerife, España

- Hoy día se rompen récords para el telescopio más grande del mundo cada 4 ó 5 años. ¿Para qué nos sirve un telescopio más grande?
 - Mayor sensibilidad: Es análogo a la pupila del ojo, que puede observar mejor los objetos en la oscuridad cuando está bien abierta.
 - Razón “cuántica”: Los telescopios más grandes nos dan menos incertidumbre en los detalles de los objetos.

Formación de Imágenes astronómicas: un extraño proceso

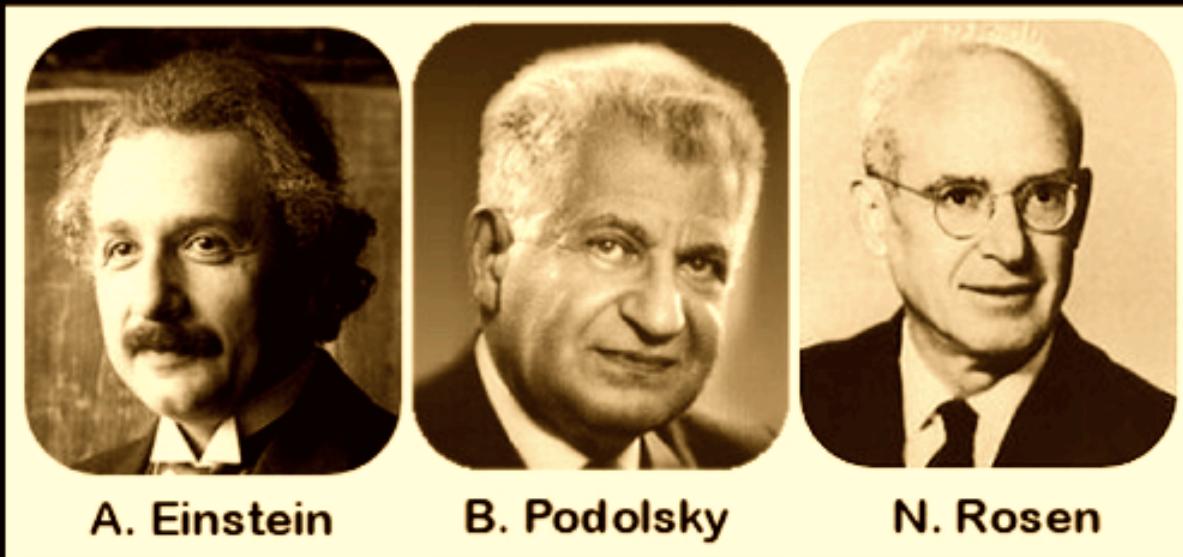
- Sabemos que la luz está cuantizada: En efecto, al mirar un objeto lo suficientemente tenue, podemos observar cómo llegan fotones individuales en lugar de una señal continua.



- Un fotón **no es** un objeto puntual. Más bien, se extiende sobre una superficie esférica que tiene como centro al punto donde fue emitido. A medida que el fotón se propaga, el radio de esta esfera se extiende.
- Cuando el fotón es medido, **colapsa** instantáneamente y entrega **la totalidad** de su energía.



Einstein-Podolsky-Rosen paradox



A. Einstein

B. Podolsky

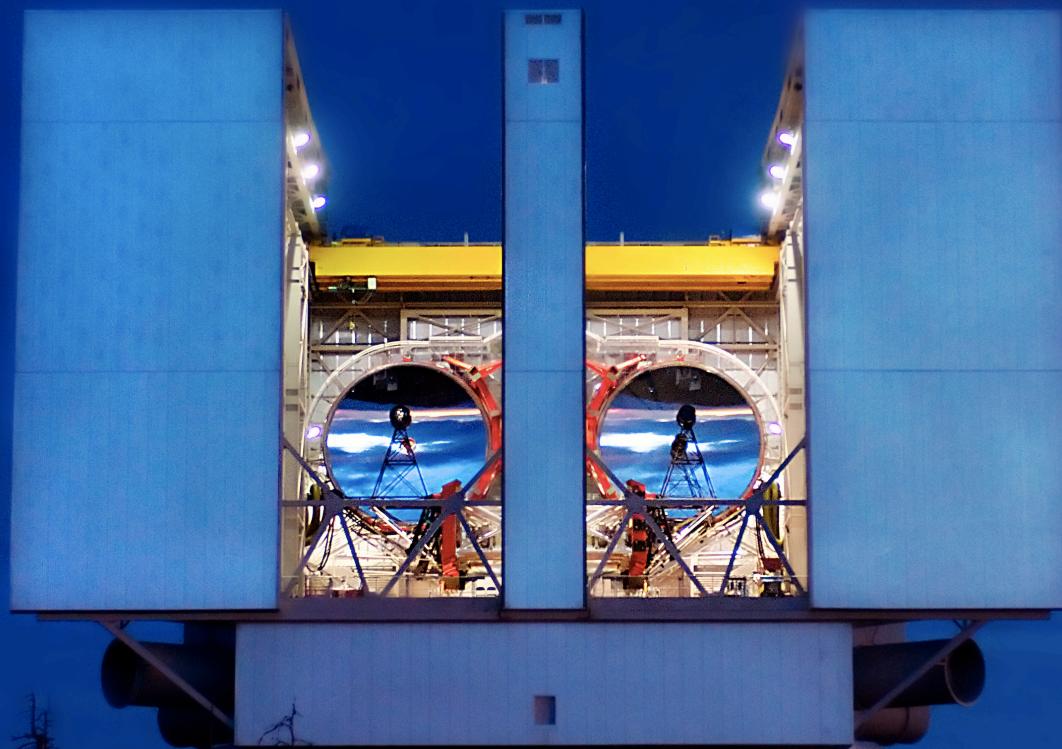
N. Rosen

- El fenómeno del enredamiento despierta la pregunta:
“¿Puede la información viajar más rápido que la luz?”

- De vuelta al telescopio:
 - La luz la podemos medir entonces en términos de incertidumbres.
 - Cuando la luz llega al telescopio, la incertidumbre sobre su posición se reduce, aumentando la incertidumbre sobre su momento: La posición inicial del fotón no puede esclarecerse más allá del límite de difracción.

- Este límite se reduce utilizando **telescopios más grandes**:

- Cada espejo tiene un diámetro de 8.4m.
- El telescopio recombina la imagen en el mismo detector.



- El Large Binocular Telescope en Arizona ostenta hoy día el récord del **telescopio más grande del mundo**.

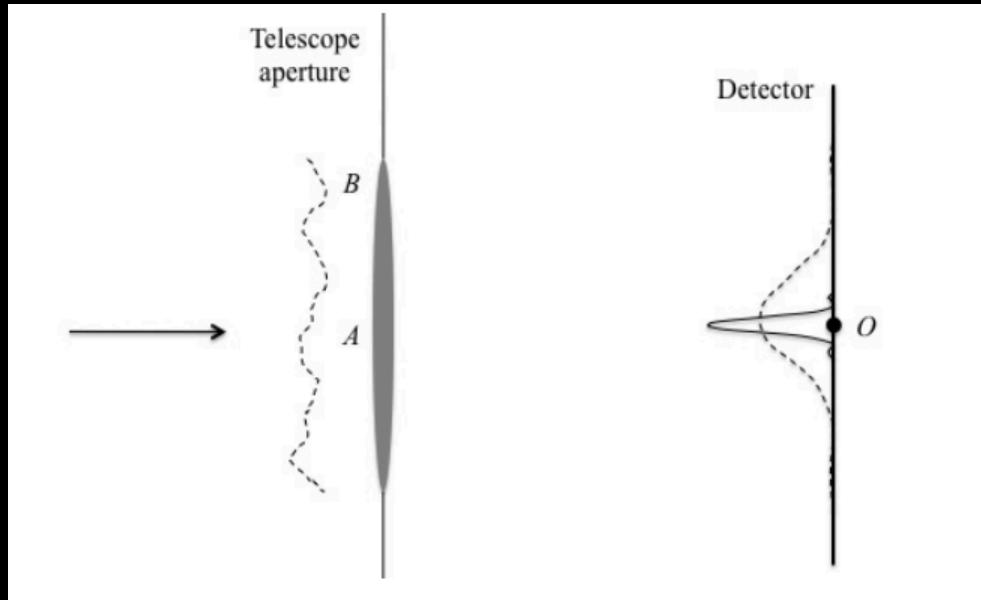


- En el Very Large Telescope, VLT, se recombinan las imágenes a partir de cuatro espejos de 8 metros de diámetro.

- Se usan varios espejos para hacer que el fotón “pase a través de más de una apertura”. Después se utilizan técnicas interferométricas para recuperar las imágenes.
- Hoy día también se sitúan los telescopios en sitios donde la turbulencia atmosférica se vea reducida.

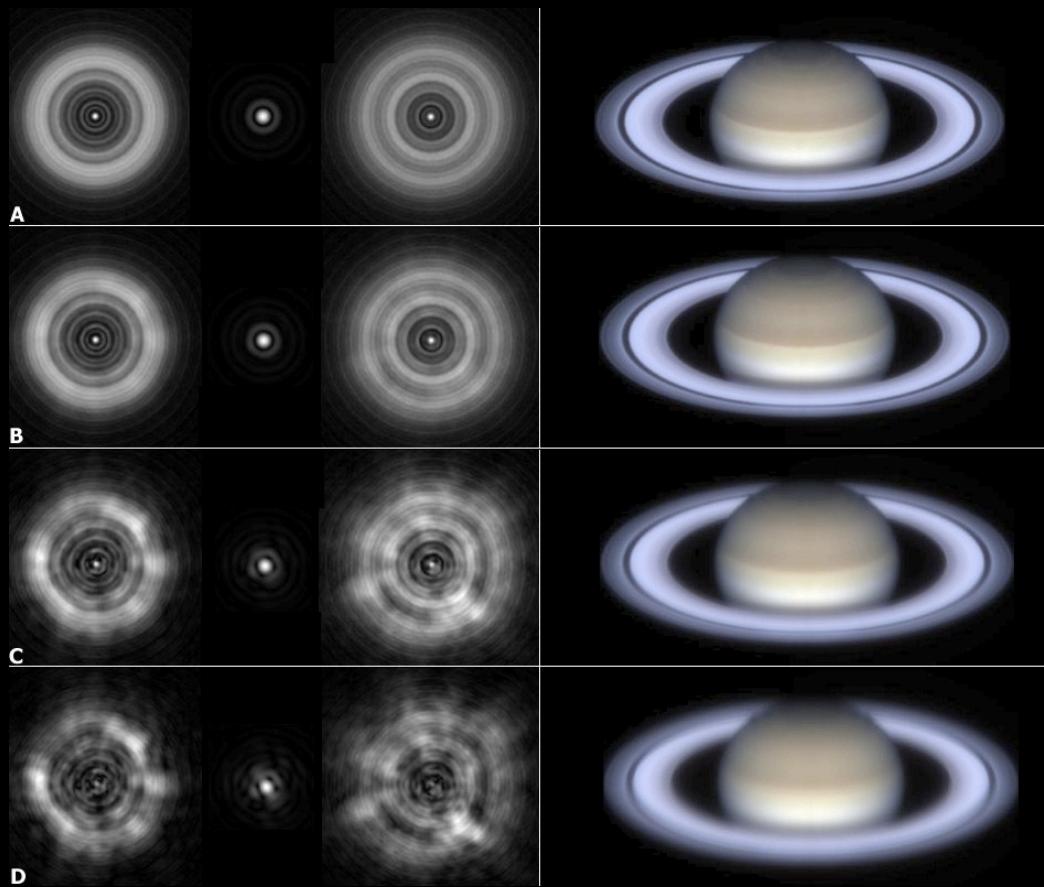


Turbulencia atmosférica

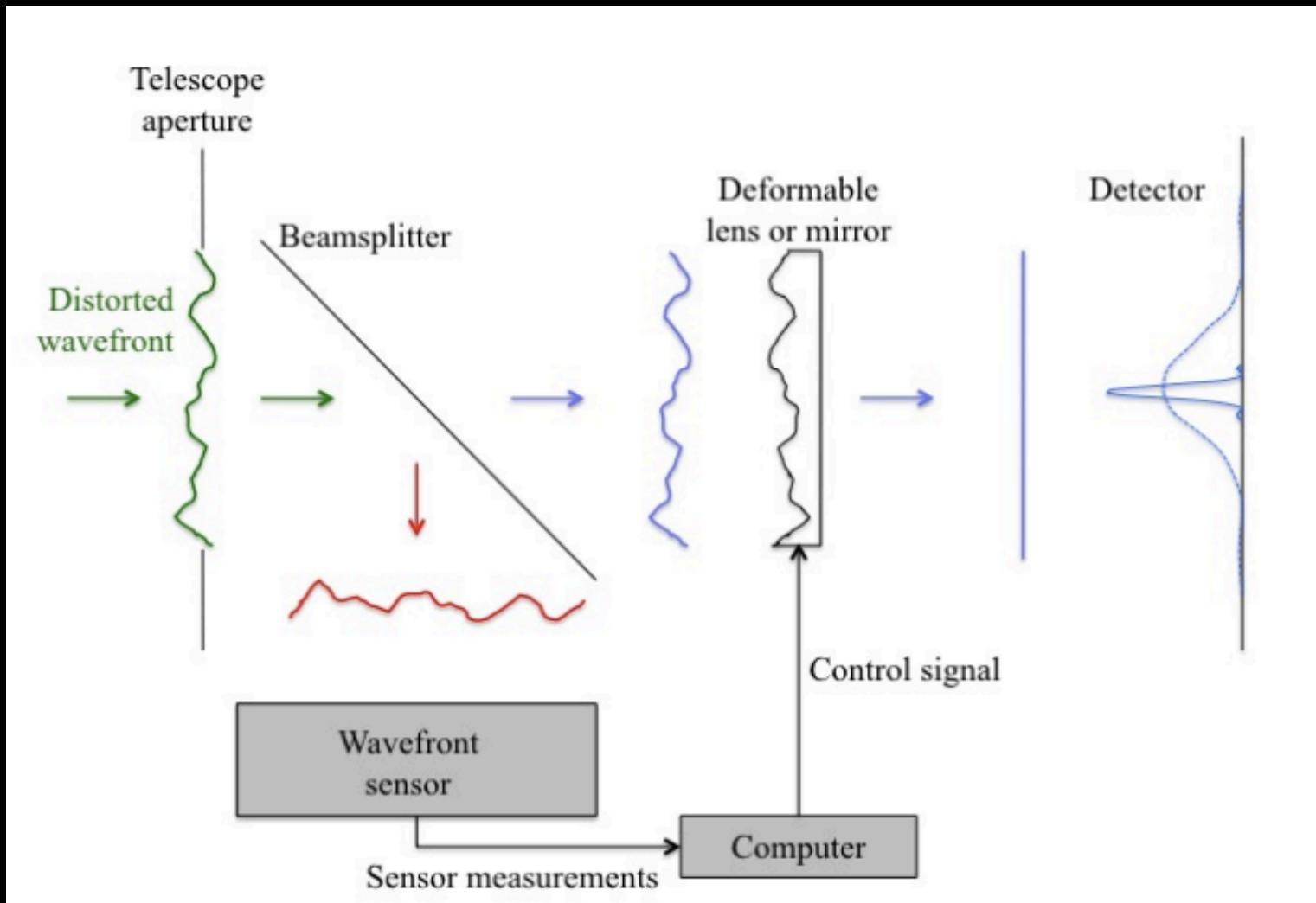


- Un fotón que pase por A se demora menos en llegar a O que un fotón que pase por B. Pero el fotón en B tiene menos extensión de lente por recorrer.

- La turbulencia atmosférica hace que el fotón pase por algunas partes de la atmósfera más rápido que por otras. Esto ayuda a distorsionar la imagen.



Adaptive-optical correction systems

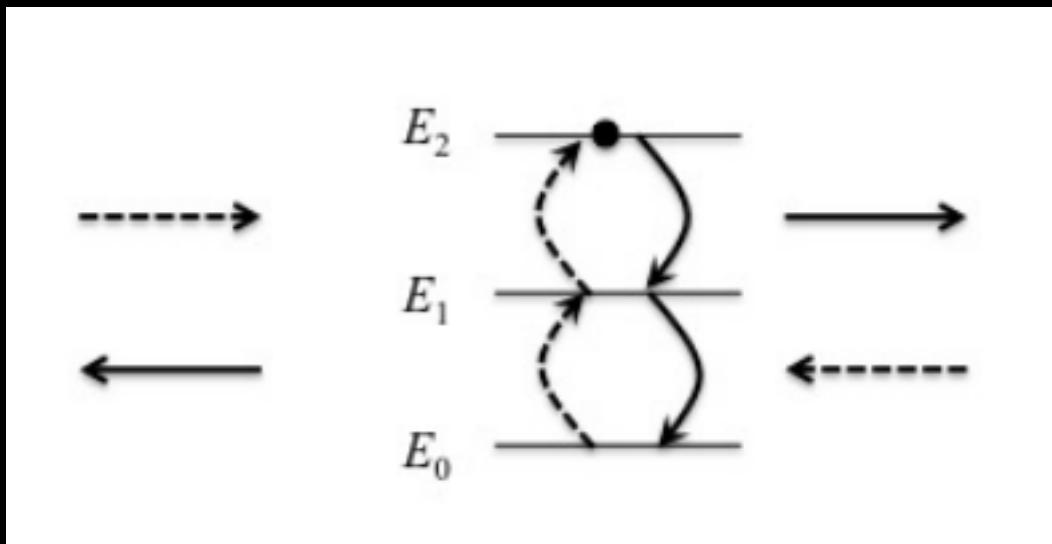


¡Cuántica en Telescopios!

- Tres fenómenos cuánticos pueden ayudarnos a mejorar la resolución de un telescopio por encima del límite de difracción clásico:
 - Emisión estimulada
 - Enredamiento cuántico
 - Medición sin demolición

Enredamiento cuántico

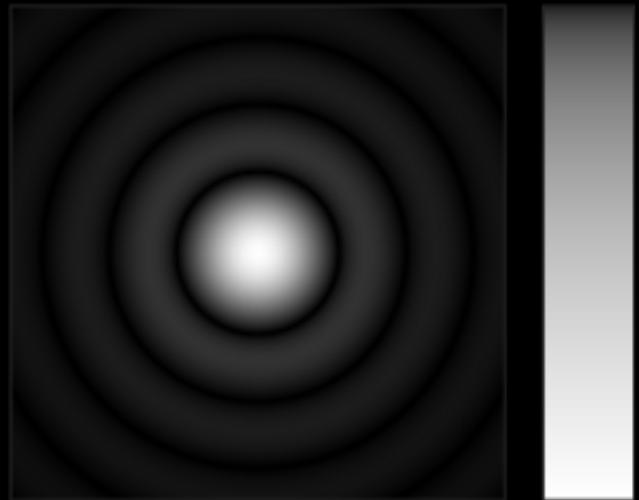
- Dos fotones se envían en direcciones opuestas a excitar un átomo en una red cristalina. Cuando el átomo retorne al estado base, emitirá dos fotones (cuya suma de momentos lineales debe ser igual a cero) de tal manera que al medir el momento de un fotón, sabremos inmediatamente el del otro.



- Como los fotones están enredados, las relaciones de incertidumbre le aplican al sistema compuesto y no a los fotones individuales.
- Tenemos un sistema con el doble de energía. El límite de difracción se supera por un factor 2.
- Si hay N fotones enredados, el límite se supera por un factor N .

Clonación de Fotones

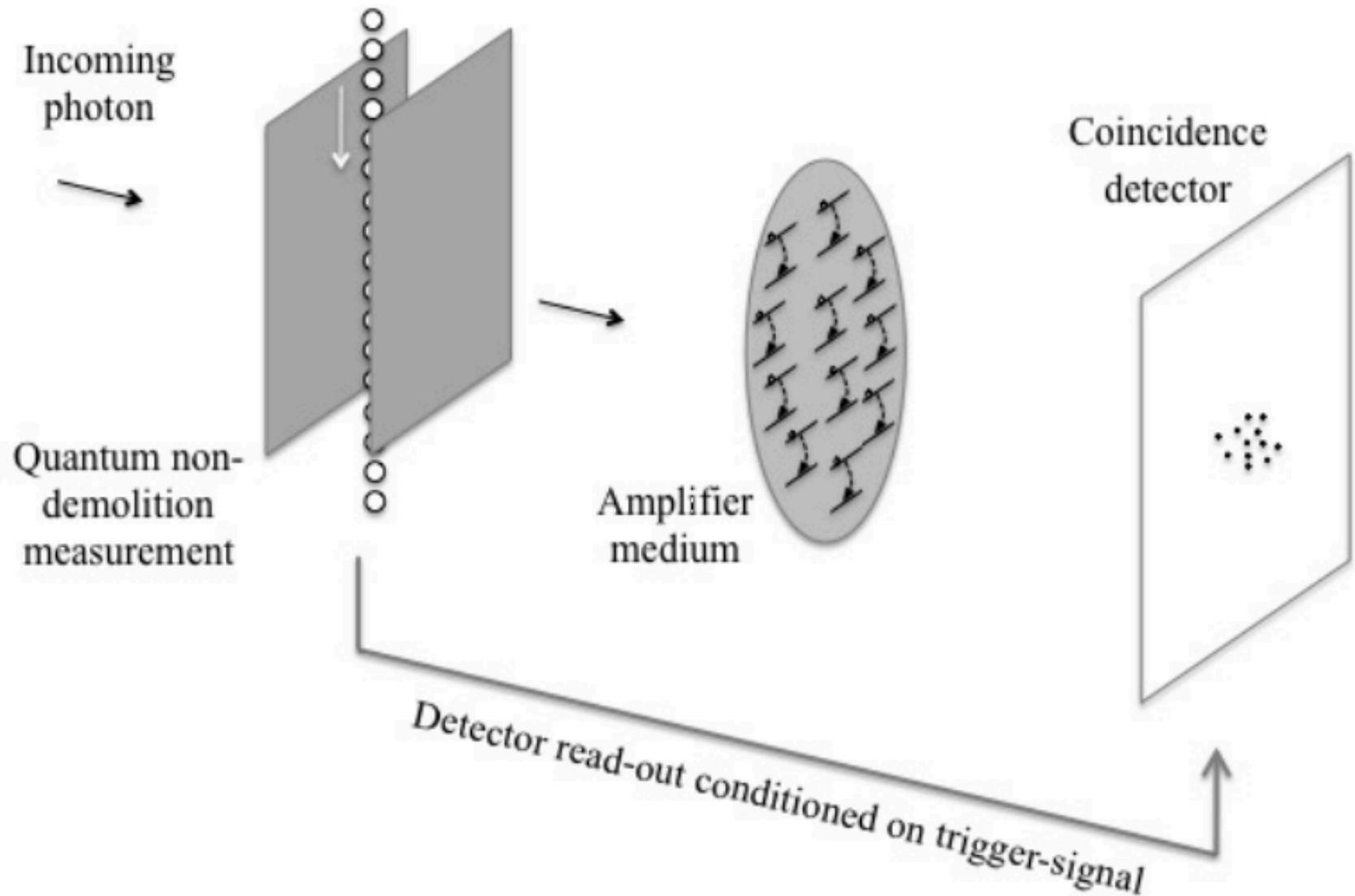
En un telescopio, la luz que se recoge se distribuye en un patrón de Airy de ancho angular λ/D , donde λ es la longitud de onda de la luz y D es el diámetro del telescopio.



Entre más delgado el patrón de Airy, más resolución angular tiene el telescopio.

Mejorar resolución sin aumentar tamaño

- Si ponemos átomos excitados en el plano pupila del telescopio, los átomos excitados tenderán a regresar al estado base.
- En presencia de un fotón, los átomos tenderán a emitir un fotón clonado, es decir, en el mismo estado cuántico.
- Con menor probabilidad que lo anterior, los átomos emitirán fotones aleatorios.



Se genera una clonación del fotón. Un detector de coincidencias registra los fotones que llegan al mismo tiempo, y toma éstos como señal para el telescopio.

La ventaja de este método es que se puede disminuir la desviación de cualquier fotón incidente mediante la identificación de fotones que corresponden al mismo conjunto.

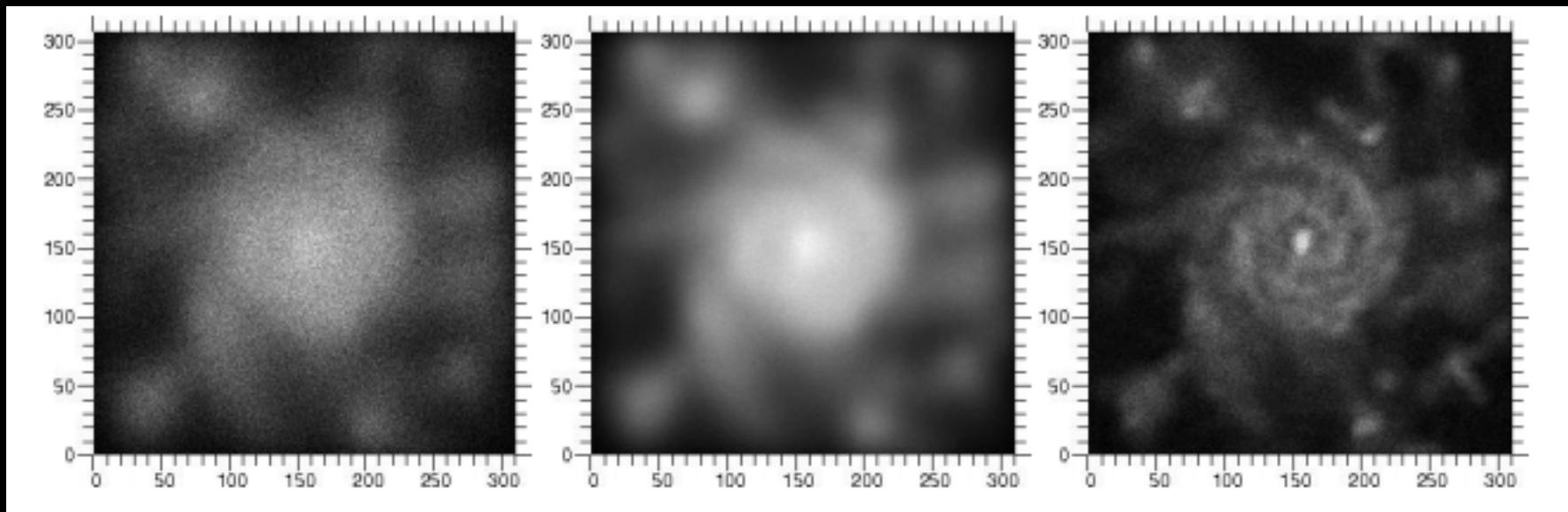


Imagen incidente.
Límite difractivo: 30px

Cada fotón produce un
conjunto de 35 clones

Mejoramiento en la
resolución mediante
coincidencias

Medición sin demolición

- Cuando los fotones llegan a un detector, interactúan con los átomos y por lo tanto se destruyen.
- Sin embargo, en la medición sin demolición utilizamos enredamiento cuántico: el fotón interactúa con alguna entidad cuántica, por ejemplo, con un átomo. Cambia el estado de polarización del átomo pero no su momento.

Perspectivas

- Los montajes aquí descritos no corresponden a telescopios que existan o estén en desarrollo, pero tienen como interés motivar ideas de conceptos cuánticos interesantes que puedan motivar en un futuro el mejoramiento de los telescopios, así como su resolución.

Referencias:

- A. Kellerer - Quantum Telescopes – arXiv
1403.6681v1.