

# UNA FORMA DIFERENTE DE RELATAR LA HISTORIA DEL LÁSER

## Prólogo

Con el título **Una nueva historia del Láser**, el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de la Plata, SEDICI, publicó años atrás un relato que surgió luego de un encuentro en el Centro de Investigaciones Ópticas (CIOP), de los Doctores Eduardo Quel, Mario Garavaglia y el autor de este relato Mario Gallardo especialistas en el tema, que luego de largos debates arribaron a importantes conclusiones.

Pero las historias reales tienen siempre, en una nueva versión, la posibilidad de introducir en ellas diferentes personajes que permiten a un relator, luego de un nuevo y más detallado análisis mostrar hechos para él más relevantes y así como definiciones, comentarios y **también correcciones de errores**, que resultan, en ciertos casos, **determinantes** para lograr entender con más claridad el derrotero de la misma.

Además, en esta nueva forma de relatar la historia, el autor se introduce en ella, reporta errores involuntarios que fueron incluidos en la versión anterior y resalta importantes acciones generadas en un pasado lejano que deben ser tenidas en cuenta en esta versión. Pero para ello debe recorrer tres Siglos para dar el panorama completo de lo que él cree debe contener este nuevo relato.

## Introducción

Cuando Albert Einstein en 1916, incorpora a la Física los conceptos de probabilidad de transición y de emisión estimulada de la radiación, comienza a desarrollarse una parte importante de **la historia del láser**.

Ya desde muchos años atrás, los científicos tenían los conocimientos básicos de la generación de radiación luminosa. Esto quiere decir que excitando la materia convenientemente, ésta devuelve en forma de luz parte de la energía recibida.

Como un ejemplo elemental, un átomo excitado por medio de una descarga eléctrica, “ve” como el electrón que “se mueve” alrededor de su núcleo, pasa a un estado de mayor energía. El regreso espontáneo del electrón a su posición anterior, se realiza generalmente emitiendo radiación luminosa que posee la energía que absorbió el mismo, para saltar al estado superior. La frase correcta que describe esta última operación es: El átomo emitió un fotón de luz.

Esta operación se conoce como emisión espontánea de radiación y la realiza el átomo, en algún momento, con un cierto grado de probabilidad.

De la misma manera, con otra dada probabilidad, el átomo excitado puede ser forzado a emitir, por la llegada de un fotón **de la misma energía**, proveniente de otro átomo.

En este momento se está en presencia de lo que Einstein denominó **emisión estimulada de radiación**, idea que debe ser complementada agregando que los dos fotones que ahora existen, continuarán su camino **en la misma dirección y con sus ondas en fase**.

Esta última operación puede continuar con un tercer átomo y con un cuarto y así sucesivamente, con muchos más, generándose un haz de fotones que se propagan en la misma dirección que el inicial y, por supuesto, en fase.

Por lo tanto y en este último caso –año 1916–, se podría haber usado el acrónimo **LASER**, ya que el mismo significa “Amplificación de luz por emisión estimulada de la radiación”. El término “amplificación” se debe a que incide un fotón y salen dos, el incidente y el producido por la estimulación. Y estos dos generan otros cuatro, en los átomos excitados que encuentran en su camino, y así siguiendo este proceso multiplicativo. Es decir que ingresa uno y emerge una gran cantidad de ellos. - Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation-.

En ese momento, se establece la fundamentación teórica del Láser a través de una adecuación de la ley de radiación de Max Planck, pero **conceptualmente basada sobre coeficientes de probabilidad para la absorción, emisión espontánea y emisión estimulada de radiación electromagnética**.

## **Historia I**

Debieron pasar algunos años para que trabajos teóricos y experimentales dieran señales de que lo establecido por Einstein, acerca de la existencia de la emisión estimulada, tenía rigor científico. Entre los más importantes están los trabajos de:

-1924 - Richard Tolman del Instituto Tecnológico de California, reporta un trabajo científico en el que discute acerca de la emisión estimulada, a la que nombra como “absorción negativa” o “amplificación”.

1928-1933- Rudolf Ladenburg y H. Koopfermann. Experimentalmente observan absorción negativa (emisión estimulada) y fundamentalmente en gas Neon al que atraviesa una descarga eléctrica.

**1939** - Valentín Fabrikant quien de acuerdo con las anteriores agrega al relato el concepto fundamental de **inversión de población**, dentro de la cual está la idea de **temperatura negativa** y la cercanía del desarrollo del láser.

La guerra impuso un paréntesis en varias actividades científicas, aunque las relacionadas con la estructura de apoyo a desarrollos de fines militares, cobró un

avance sustancial. La electrónica fue materia determinante y un ejemplo clásico fue el desarrollo del Radar.

Muchos científicos experimentales, habían dado cuenta de observaciones, fuera de lo normal, que aparecían en descargas luminosas convencionales. Los datos aportados, que indicaban un aumento de la radiación emitida, no fueron suficientemente claros para su publicación, aunque, como se detallará más adelante, los mismos serán analizados dentro del marco de esta presentación.

El camino que se recorrió, tanto desde el punto de vista teórico como experimental, para arribar a la observación concreta de la emisión estimulada, tiene varios puntos de interés que en forma simple se describirán.

Una de las afirmaciones a la que arriba la teoría, indica que la probabilidad de la emisión estimulada es mucho mayor si se trabaja en una región del espectro electromagnético lejano, por ejemplo las microondas.

Es por ello que en 1954 C.H. Townes, J.P. Gordon y H.J. Zeiger operan por primera vez un **MASER –Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation** generando la tan buscada emisión estimulada que Einstein había introducido, dentro de la expresión matemática que expresa el “balance” entre la absorción y emisión de radiación.

La puesta en funcionamiento del primer máser, colmó por un tiempo las expectativas experimentales de los científicos, que durante los tres años siguientes dedicaron su tiempo a perfeccionar el nuevo descubrimiento. Pero alrededor del año 1957, se potenció la idea del denominado inicialmente **máser-óptico**, un dispositivo que generara emisión estimulada en la región “óptica” del espectro, esto quiere decir en la región que abarca el Ultravioleta – Visible – Infrarrojo.

Los científicos, sobre todo los que desarrollaban sus tareas en grandes laboratorios de empresas (Bell Telephone, Hughes, Westinghouse, etc) y universidades de EEUU, que contaban con conocimientos e infraestructura experimental del más alto nivel, pronosticaron la no muy lejana aparición de dicho máser-óptico (láser) e internamente se dieron cuenta del potencial, sobre todo económico, que esto representaba.

Así se inició lo que podría llamarse, la “guerra por la patente del láser” y la historia aproximada de la misma nace a partir de una de las fórmulas a la que arriba el desarrollo de la teoría generada a través de los años.

Dicha fórmula, indica que para hacer crecer la probabilidad de generar emisión estimulada, la que surgirá dentro de un medio material del cual surgirá, al ser excitado el mismo, debe existir una gran densidad de radiación para contrarrestar las lógicas pérdidas que siempre posee todo sistema óptico.

**En este punto de la historia, la lectura de muy diversas versiones sobre “la patente del láser”, obliga a tomar posición acerca de quién fue o quiénes fueron realmente**

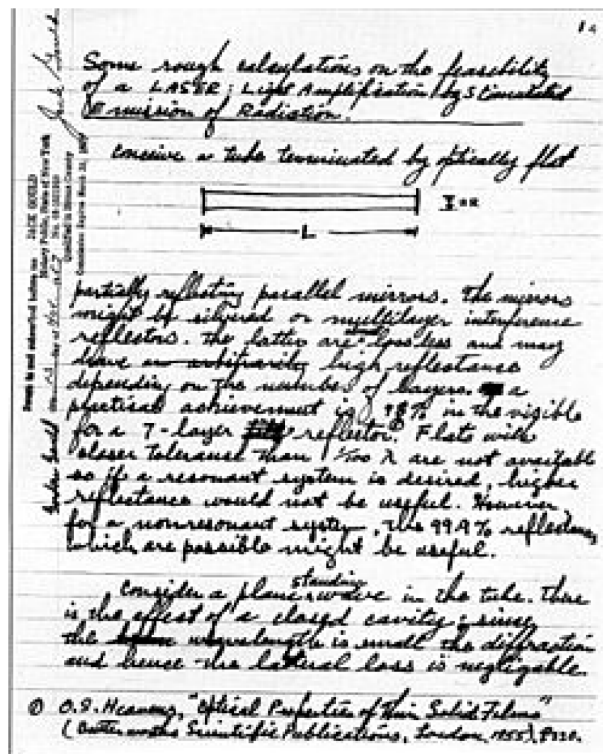
los verdaderos dueños de dicha patente. Los relatos de los pormenores de dicha guerra que involucra finalmente a dos contendientes, poseen ingredientes que resultan insólitos dentro de la comunidad científica, aunque no raros si se tiene en cuenta el factor humano.

La versión de la historia que se relata, debe iniciarse en 1957 a partir de **Gordon Gould**, joven físico estadounidense al que muchos, tal como puede leerse en Wikipedia, le atribuyen la invención del láser, aunque, en el relato que continúa, se desprenderá un cambio de significado sobre tal “hecho”.

G. Gould, tesista de la Universidad de Columbia, propone en 1956, usar el llamado “bombeo óptico” para estimular un máser, idea que fue analizada junto a C.H.Townes, Profesor de dicha Universidad e inventor del máser.

G. Gould, continúa en Columbia hasta 1957 trabajando en el tema y antes de abandonar la Universidad y tratando de salvaguardar sus ideas, hace certificar las notas de su cuaderno de trabajo con un notario. Las notas sugieren que el láser debe disponer de dos espejos semitransparentes en los extremos del medio activo, –denominados luego “resonador abierto” o “**cavidad resonante**” –, dato esencial en los futuros láseres.

La figura de la página inicial del cuaderno de Gould, muestra además de los detalles de la propuesta, la firma de un testigo, que era el propietario del despacho de comestibles en donde él se abastecía.



La propuesta, con base en un segundo resultado teórico fundamental ya detallado, dice que el resonador abierto, formado por los dos espejos, genera el aumento de radiación dentro del medio activo, tal como lo requería la última expresión matemática mencionada en párrafos anteriores.

Como en la época de Edison (1891, su primera patente) se debía presentar el dispositivo y una memoria descriptiva, Gould creyó erróneamente que para obtener la patente se requería construir el dispositivo que generara emisión estimulada en la región “visible” del espectro,

Al dejar la Universidad de Columbia, Gould se incorpora al Technical Research Group (TGR) y logra que ellos presenten un proyecto al Gobierno para la construcción de dicho dispositivo, que él denominó Láser.

Gould, que tenía por antecedente haber sido desafectado del Proyecto Manhattan (Bomba atómica) en 1945, por pertenecer al partido Comunista, no logró por el mismo motivo, ser incluido en la presentación de la propuesta de TGR declarada como reservada por la Agencia Gubernamental.

Continuando con la carrera por la patente, debe aclararse que meses después que Gould sugiriera cómo debería ser un láser, L. Schawlow y el tan renombrado Townes llegaron a la misma conclusión, dándole el nombre de “Máser-óptico” al futuro dispositivo.

Gould y TGR por una parte y Bell Telephone Laboratories, junto con Schawlow y Townes por la otra, presentan los formularios para optar a la patente en 1959.

En marzo de 1960 la U.S. Patent Office argumentando con conceptos no muy claros, no hace lugar a la presentación de TGR y otorga la misma a la Bell.

La “guerra” terminó con la victoria de una de las más poderosas empresas de EEUU, para la cual la presencia de Townes significó tener y usar, **tal como sugiere el autor de este artículo**, las ideas de Gould.

Meses después del otorgamiento de dicha patente, el 16 de mayo de 1960, **Theodore Maiman** pone en funcionamiento el Láser de rubí y aquí el destino juega una mala pasada a la poderosa Universidad de Columbia (Townes), a la Bell Telephone Labs (Schawlow) y a TGR (Gould), porque Maiman desarrolló su instrumento en los Laboratorios de Hughes Research, California.

Nuevamente en este punto se generan tensiones, ya que científicos de renombre y grandes empresas relacionadas con el tema, no aceptan con naturalidad la primera operación de un láser en el Planeta, hecho anunciado públicamente en los diarios por la Hughes, el 7 de julio de 1960.

Los científicos, sobre todo Schawlow y Townes, tardaron muchas semanas en confirmar que realmente Maiman había observado emisión estimulada en la región visible.

Townes en su publicación *The First Laser* de la Universidad de Chicago, relata detalles referentes a las dudas que surgieron al leer la presentación, ya que se trataba de una fuente de luz pulsada, de la que no se daban especificaciones de su luminosidad y por sobre todas las cosas, no había **“sido prevista por él y Shawlow”** dentro del escrito de la patente.

Pero lo más increíble que ocurrió, está relacionado con dos hechos:

– Maiman rápidamente presentó su trabajo al *Physical Review Letters*, importante publicación científica, que por medio de su editor S. Pasternak y mostrando el limitado conocimiento del tema y su proyección futura, desestimó su publicación aduciendo que el artículo “era más de lo mismo”, ya que el autor había desarrollado una intensa actividad en máseres y en la emisión de los cristales excitados por luz.

Maiman logró que *Nature*, una revista de carácter más general, publicara su trabajo el 6 de Agosto de 1960.

– Cuando ya nadie dudaba de la aparición del láser en el planeta Tierra, se solicitó a la Hughes Research, como era lógico, una foto del instrumento desarrollado.



Se describe aquí cómo era el láser de Maiman. (Ver foto). Se trataba de una barra cilíndrica de rubí (óxido de aluminio dopado con cromo), de apenas 6 cm de longitud, excitada por una lámpara de flash helicoidal, con una forma muy parecida a algunas de las actuales lámparas de bajo consumo. Ejecutivos de la Hughes Research, definieron que a pesar de tratarse de un gran descubrimiento, el instrumento, desde el punto de vista de un impacto periodístico, dejaba mucho que desear, por lo que la empresa suministró a la prensa una fotografía de un máser de gran tamaño imaginando que nadie sabría cómo era un láser. Por lo tanto, la foto del primer láser fue la de un máser.

## HISTORIA II

### Primera parte

La Historia I, analizada hoy por ojos expertos, que rescataron datos no muy tenidos en cuenta en el pasado y por definiciones sumadas a trabajos de investigación llevados a

cabo a partir del primer cuarto del Siglo XX, se la expuso para ser complementada, dándole diferente importancia a otros relevantes conocimientos.

Este nuevo punto de vista del relato, que incorpora al texto nuevos personajes, no excluye definitivamente a Maiman como el creador de un Emisor Láser diferente, sino que como define el Dr. Eduardo Quel tal acción, sólo significó **amplificación de emisión estimulada mediante el uso de una cavidad resonante**. Además, agrega el autor de este relato, el impacto científico que produjo no alcanzó un grado de importancia en el tiempo.

Esta forma diferente de relatar la Historia, se inicia en 1954, luego del impacto científico que genera la puesta en marcha del **Máser**, **hecho que confirma la teoría desarrollada por Einstein en 1916**, y la fundamental introducción de la **cavidad resonante** en los desarrollos experimentales.

Pero como una manera de reiniciar este relato, se introduce en la misma a **Ali Javan** (1926-2016), destacado científico que en 1957 publica en Physical Review *Theory of a 3-Level Máser*, y que por sus conocimientos en el tema, en 1958 predice : **“Amplificación de radiación podría eventualmente ser descubierta radioastronómicamente”**, hecho que se confirma siete años más tarde cuando el Radio Astronomy Group de California, descubre radio emisión Máser proveniente de moléculas OH cercanas a estrellas de la Nebulosa de Orión.

Pero para completar lo que este autor llama una introducción diferente a la Historia, se citan en ella otros comentarios:

*-El físico Ali Javan inventó uno de los tipos de láser más prácticos y ampliamente utilizados, el láser de gas. Creado en 1960, su láser de helio-neón fue el primero en proporcionar un haz de luz continuo, lo que hizo posible, en años siguientes, utilizar la tecnología de fibra óptica para telecomunicaciones, medicina y una gran variedad de otras aplicaciones científicas tecnológicas y de consumo.*

Además, para dar a este tipo de relato una característica diferente y una cobertura temporal que cubra todos los eventos científicos que este autor considera involucrados en el tema, las palabras redactadas por Javan en 1960 justifican la puesta en marcha de la redacción de este texto-

*“Cuando se trata del láser, mi tipo de láser, el láser de gas, estoy convencido de que podría haber sido inventado en la década de 1930, no treinta años después, en 1960, cuando logré hacerlo. Si mira hacia atrás en la historia de la ciencia, se encontrará físicos, en su mayoría en Europa, que se habían acercado mucho a la idea de los láseres en 1937 y 1938. Los científicos en ese entonces estaban estudiando cómo los átomos emiten ondas de luz y se acercaron mucho a la idea de los láseres. Idea láser (amplificación de luz en gases por emisión estimulada de radiación)”*

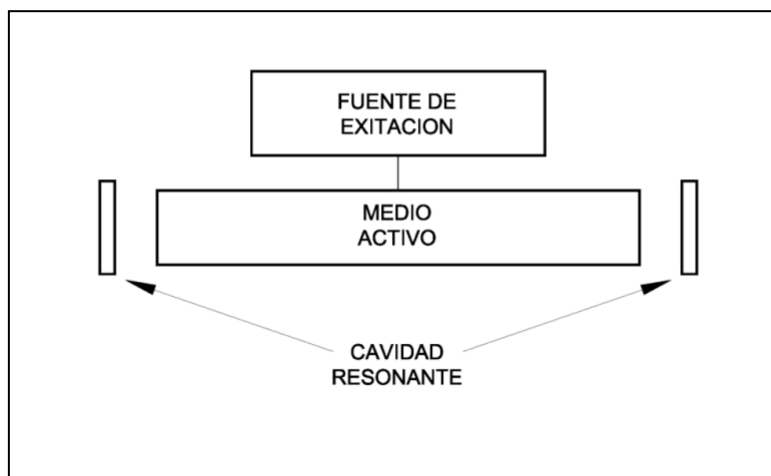
Aunque observando temporalmente los importantes hechos científicos que se desarrollaban en el año 1959, un trabajo publicado por Javan en ese año – **Possibility of production of negative temperatura in gases discharges** -, se entrelazan menciones a trabajos de Schawlow y Townes en ese mismo año con Rudolf Lademberger en 1933.

Finalmente, se introducen publicaciones fundamentales como base para dar comienzo a la ya mencionada “forma diferente de relatar la Historia”.

- **Population Inversion and Continuous Maser Oscillation in a Gas Discharge containing a He-Ne Mixture** –A.Javan, W.R. Bennett and A.R. Herriot. Physical Review Letters - Februry 1961, a la que se complementa con importantes publicaciones de A.W White y J.D. Rigden ( Bel Telefone Laboratories- Murray Hill N.J.).

De ellas y situándonos dentro del arreglo experimental de un Láser de He Ne, podemos analizar diferentes comentarios que se generan:

--“La mayoría de los osciladores láser convencionales constan de un medio amplificador situado entre un par de espejos, que proporcionan retroalimentación óptica”.



--Pero si en un momento de su trabajo, los investigadores retiran uno de los espejos que usan como cavidad, surgen hechos que serán determinantes en nuestra historia:

>>Desde las primeras etapas de este experimento se pudo observar la amplificación de un solo paso de una señal transmitida a una frecuencia infrarroja de 1,15 micrones.

>>Pero si nos situamos, como ejemplo, dentro del arreglo experimental de un Láser de He Ne, con un tubo de 2,5 metros y con un espejo plateado en un solo extremo, la ganancia es tan alta que tiene propiedades direccionales similares a las de un oscilador láser convencional.



**--Este importante hecho indica que puede generarse emisión con sólo un espejo por supuesto de diferente intensidad pero con las mismas cualidades que surgen de la cavidad resonante.**

**Además es necesario hacer notar que la emisión que surge de un Láser es generalmente intensa, que viaja dentro de un haz colimado y con la importante particularidad de ser de un color más puro (monocromático).**

**Este hecho toma cuerpo cuando tiempo después un Láser de HeNe es operado en forma continua y generando un haz de luz roja, constituyéndolo en el más popular y vendido de la historia.**

Y el mundo del láser, a partir de este momento, comenzó a crecer y trabajos de investigación que generaban emisión Láser en los más diferentes elementos, cubrieron centenares de páginas en alrededor de 40 revistas de la especialidad

Dentro de los miles de datos específicos allí publicados, surge información importante de emisión de radiación emergente de sistemas sin el uso de cavidad resonante inicialmente denominadas **“líneas de alta ganancia”**, pero que con el avance de las investigaciones, pueden surgir definiciones que alteren drásticamente la estructura del tema.

Y agregamos al nuevo punto de vista, el conocimiento que Javan tenía de trabajos de investigación realizados décadas atrás:

En **1924**, Richard Tolman del Instituto Tecnológico de California, reporta un trabajo científico en el que discute acerca de la emisión estimulada.

Ejemplo > Si un haz de luz atraviesa un medio de **alguna manera activado** y a la salida se observa un aumento de su intensidad, ese hecho, que está en desacuerdo con lo que definiríamos como lógico, es lo que Tolman teóricamente definió como Absorción Negativa y que resulta en su trabajo, relacionado con la Emisión Estimulada.

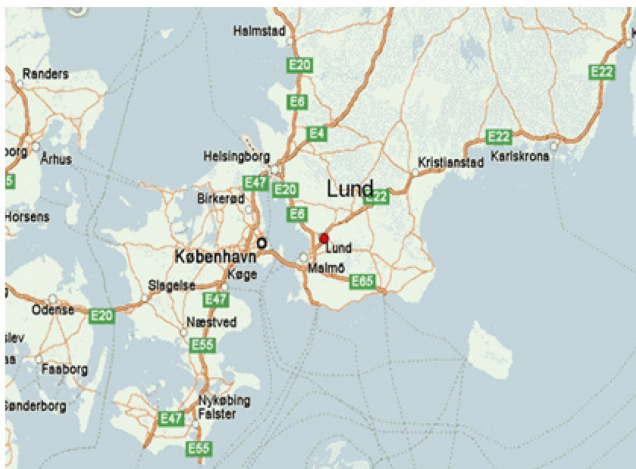
Entre **1928 y 1933**, Rudolf Ladenburg y H. Koopfermann, teniendo en cuenta el trabajo de Tolman, experimentalmente observan en gas Neon, al que atraviesa una descarga eléctrica, absorción negativa. La descarga genera, dentro de un tubo de 80 cm de longitud, radiación infrarroja de la misma frecuencia (1,15 micrones) que la observada en el HeNe de Javan y colaboradores.

**Pregunta Fundamental > Y si hubieran colocado un espejo en uno de los extremos del tubo ?, tal como sugirió Javan, posiblemente el primer láser hubiera sido una realidad.**

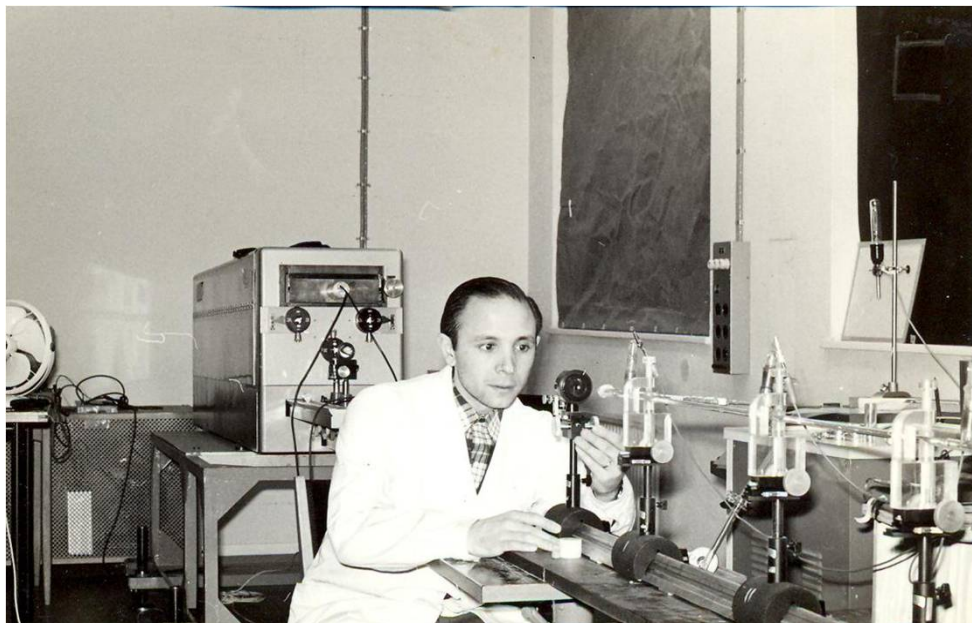
En **1940** Fabrikant dentro de su estudio de generar amplificación mediante el uso de la Emisión Estimulada, incorpora la idea de **Inversión de Población** de niveles, acción de un **futuro relevante para el devenir de la historia**, ya que es un hecho que no puede ocurrir en condiciones de equilibrio térmico. Formalmente a veces se describe como un estado con una temperatura negativa y tal como lo manifestado por Tolman, absorción negativa (amplificación).

**Y como final de esta primera parte se detalla:**

El autor de este relato arriba a Universidad de Lund Suecia en octubre de 1966 con una beca para trabajar en la instalación de un grupo láser, que años después se convirtió en el **Laser Lund Centre**.



La puesta en marcha de un láser pulsado de nitrógeno molecular – **primero en ese lugar y publicado al año siguiente**, permitió a los integrantes del mismo y en particular al joven becario, adquirir experiencia en el tema.



**Pero con un sistema experimental similar al anterior pero con gases nobles como base de la experiencia, surgen nuevos e interesantes resultados publicados al año siguiente.**

A la presentación del trabajo **High-Gain Laser Lines in Noble Gases, 24 lines from a pulsed discharge in Neon, Argon, Krypton and Xenon**, concurren, tal como era común en cada oportunidad, caracterizados científicos de los diferentes laboratorios del complejo científico.

**Estas 24 líneas de alta ganancia, integraron el grupo de más de dos centenares de ellas que surgieron dentro de 170 trabajos de investigación publicados en 40 revistas científicas entre 1962 y 1967 (con aproximadamente 1200 líneas láser en ellas). Importante información recolectada por un grupo de 3 becarios, incluido el autor.**

El láser convencional que se presentó como ejemplo, constaba de un tubo de vidrio de, aproximadamente 5 mm de diámetro y 0,7 m de longitud, lleno de gas Xe a baja presión.

A los electrodos, se conectó la fuente de energía que descargaba pulsos de alta corriente sobre el gas. Fuera del tubo se colocaron los espejos –en este caso cóncavos– y cuando todas las condiciones previas que requería el sistema –presión correcta del gas, alineación, nivel adecuado de la intensidad de excitación fueron satisfechas, emergió del tubo, a través del semi-espejo delantero: **emisión láser**. De la misma se seleccionó vía espectrógrafo la infrarroja de 2,02 micrones, detectada electrónicamente.

*El detallado comentario sobre el funcionamiento del equipo descrito y los resultados particulares que él generó, son expuestos a un nivel que resulten accesibles para lectores no relacionados con el tema, pero si determinantes para quienes puedan analizarlos.*

Ya detectada una señal seleccionada intensa, generada por un láser convencional, si se **quita el espejo delantero, la señal por lo menos se duplica**. Seguidamente y **eliminando el segundo espejo, sorpresivamente el detector da cuenta de una señal distinta de cero**, señal que aumenta cuando el operador del equipo primero coloca la palma de su mano en el lugar donde estaba ubicado el espejo trasero y luego la misma operación con una moneda, hecho que genera una emisión algo mayor.

Tal última acción, comentada por el Dr. Bokasten, Director del grupo de trabajo y redactor de la publicación, **simplemente** sugiere que tales dos acciones finales generaron en ese momento, una mínima y dispersa reinyección de radiación al sistema y así lograr amplificar el haz.

Pero observando, en un tramo de la página inicial del trabajo publicado en APPLIED PHYSICS LETTERS en agosto de 1967, surge en el texto la palabra “Superradiant”, adosada en el mismo a otras, tales como lines, character y properties.

## HIGH-GAIN LASER LINES IN NOBLE GASES

O. Andrade,\* M. Gallardo,\* and K. Bockasten

Lund Institute of Technology

Lund, Sweden

(Received 14 June 1967)

Twenty-four superradiant lines from a pulsed discharge in neon, argon, krypton, and xenon are reported in the wavelength region 8000–29,000 Å. All the lines have been classified as transitions in the neutral spectra. The upper levels are expected to be populated by electron impact or by cascade processes.

A number of laser lines of superradiant character have been observed in the near-infrared wavelength region in pulsed discharges in Ne, Ar, Kr, and Xe. Some of these have been reported earlier as ordinary laser lines in continuous operation and the Ne I lines have also been found in a pulsed hollow cathode discharge.<sup>1</sup> The superradiant properties are now reported for the first time for all the tabulated lines except two, which have been included in the table because they take part in cascade transitions.

veloped by Högberg.<sup>3</sup> We observed peak currents of 500 A and each discharge gave 4–6 oscillations of 0.6 μsec period. The current showed little dependence on the pressure.

The light was analyzed in a 2-m Ebert spectrograph and the wavelengths were measured in several spectral orders with a PbS photoconductor as detector. Below 10,000 Å the lines were recorded on Kodak spectroscopic plates together with a reference spectrum of Ne I. The estimated uncertainty in our measurements is less than 0.1 Å below

Pero si recorremos las publicaciones generadas dentro de los primeros siete años de la década, para determinar las emisiones, surgen diferentes nombres: Optical Maser, Gas Maser, Líneas laser de alta ganancia, Acción Maser continuo, Visible láser y Líneas Láser de característica **Superradiante**.

Esta última surge del siguiente comentario y especialmente se sugiere en el trabajo con el tubo de 2,5 metros realizado por White and Ridgen, que dice: “La **emisión espontánea a lo largo del tubo es suficiente para saturar esencialmente el medio, si la alta ganancia de esta línea se acompaña de un estrechamiento apreciable de la misma**”.

Y aquí comienza a surgir para el autor de este relato, las palabras **Superradiancia** o **superradiante** y una etapa del relato que deberá ser analizado detalladamente, ya que en el mismo, se describe un error conceptual, que el autor de esta historia trasladó en su retorno luego de su beca y que aparece dentro de **La nueva historia del Láser**, escrita mucho tiempo después.

Esta palabra surgió en 1954 cuando **R.H.Dicke**, teóricamente logró demostrar que la **interacción coherente de las partículas a través de su campo de radiación, puede dar como resultado un aumento de la intensidad de la radiación, fenómeno que denominó “Superradiancia”**. La radiación amplificada emitida en tal caso, está caracterizada por un moderado angostamiento del ancho de línea (color más puro) y una direccionalidad también moderada.

Ridgen en 1963, operando dentro de la estructura del Láser de He-Ne hace uso de la palabra Superradiante aunque luego, varios autores, incluidos los que generaron el trabajo publicado en párrafos anteriores, la vuelcan **erroneamente** para identificar emisiones Láser de alta ganancia que surgen de sistemas sin **cavidad resonante (un solo espejo)**.

Pero retornando a la presentación del trabajo, personalidades del prestigio del Profesor Bent Edlen y del Director del Grupo Láser Kjell Bockasten, quien redactó el mismo, destacaron el hecho, pero no aportaron comentarios sobre un pasado reciente en el tema. Además, compartió dicha presentación Bela Lengyel, –Autor del libro **Introduction to Laser Physics**–sin emitir comentario alguno, de la misma manera que omitió tratar el tema de la Superradiancia de Dicke en su libro, edición 1965.

Fue necesario el transcurrir de más de una década para que **LASERS**, la muy importante publicación de Anthony E. Sigman (1980), recomponga en su escrito el Mundo del Láser, tema que ya había alcanzado una envergadura relevante, pero que requería para un mejor entendimiento del mismo, una serie importante de definiciones.

La que podía considerarse la primera o más importante de las correcciones, involucra el hecho que la emisión **Superradiante**, surge a partir de **amplificación de emisión espontánea**, tal como en forma elemental sugieren Ridgen y White en una de sus consideraciones ya generadas dentro del análisis del láser de He-Ne y de una importante publicación de L.Allen y G.I.Peters en 1971.

Pero el tema fundamental que cambia drásticamente la estructura de la Historia que quiere desarrollar el autor de este relato surge ya avanzados importantes temas teóricos que detalla el Prof. Sigman en su libro y que se denomina **Mirrorless Laser y redacta:**

**“Algunos sistemas láser tienen tal alta ganancia que ellos no requieren espejos. Además pueden emitir muy brillantes y más o menos casi coherente rayos en cada uno de los finales del medio láser simplemente como un resultado de una alta ganancia, amplificación de su propia emisión espontánea interna atravesando a lo largo la longitud del medio láser”**

**La teoría desarrollada en la publicación es extensa y cubre una gran cantidad de temas, pero para que el autor de esta historia pueda continuar con su nueva forma de relatarla debe arribar al punto donde se describe el más común de los Mirrorless laser, también llamados >(ASE) láser > “Amplified Spontaneous Emission Laser”**

**“Emisión espontánea amplificada que surge de una distribución de átomos con inversión de población linealmente amplificada por el mismo grupo de átomos, con una ganancia considerable en, al menos, una dirección a través de los átomos”.**

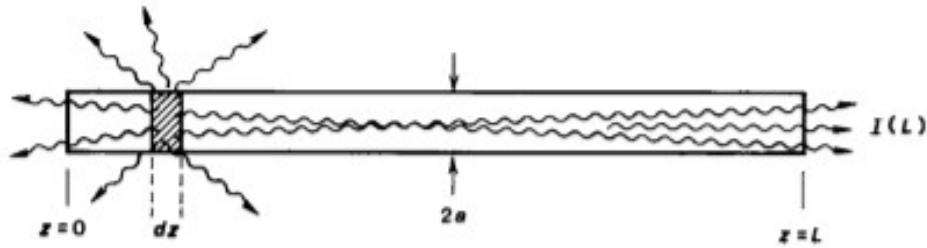


FIGURE 13.33  
An amplified-spontaneous-emission or ASE laser.

Pero si, la amplificación a lo largo de un angosto cilindro de átomos invertidos puede producir un haz en cada extremo del mismo, esto actúa como un **Mirrorles Láser**.

La enorme cantidad de largos y potentes Máseres y Láseres “naturales” que se generan en el espacio exterior, son los ejemplos primarios de ASE Laser.

Pero dentro de esta nueva manera de redactar la Historia, el autor tiene la posibilidad de incluir en ella resultados que surgen de trabajos anteriores a la definiciones de Sigman relativo a los *Mirrorles Laser*.

Uno de los primeros y creemos **el más importante**, fue el desarrollado en Lund y presentado en párrafos anteriores, ya que en el final de la exposición ante las personalidades que observaban el experimento, el autor de este relato **al quitar el segundo espejo y tener emisión en ambos extremos mostraba, sin saberlo que se estaba en presencia de un *Mirrorles Laser***.

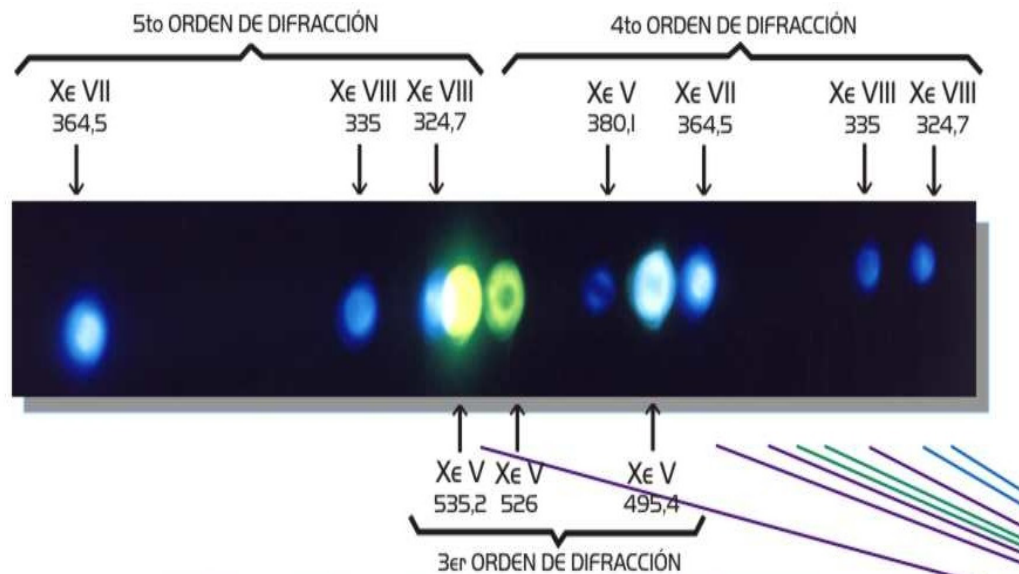
Ya en el Departamento de Física de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina, el desarrollo de un láser de Nitrógeno Molecular, marcó el inicio de un grupo importante de investigación, que además de generar una gama de trabajos publicados en el tema, desarrolló, como hechos inusuales y sin dar su nombre, un *Mirrorles Láser* de Nitrógeno Molecular convencional (331,1 nm) y un segundo que operaba excitado por una **Máquina de Wimshurdt manual**.

**Además, otros láser de gran envergadura de Campo Cruzado uno de ellos, réplica del puesto en marcha en Lund en la octava década del Siglo pasado, durante una pasantía de un becario de nuestro grupo de investigación.**

De igual manera que dentro del grupo de investigación al que pertenecía el autor de este relato, la palabra **Superradiante** seguramente también continuaba siendo erróneamente usada por otros autores.

En nuestros trabajos sobre **Láseres Pulsados de Gases Nobles Ionizados**, desarrollado por años en el CIOP, posiblemente también el tema *Mirrorles Láser* aparecía escondido

dentro del error de denominar Superradiante a emisiones de alta ganancia como las que aparecen rescatadas de las imágenes de Xenon ionizado que se observaban en una gran pantalla luego de ser analizadas por una red de difracción.



Pero es muy posible, que si se hubiera eliminado la cavidad resonante y variado las condiciones de la descarga y del gas, podría haber surgido emisión **superradiante** en algún ión del gas Xenón, tal como ocurrió en la línea 2026,2 nm de Xe neutro en Lund en 1957 y se repitió en los primeros trabajos realizados con gases nobles en el Dto de Física de la UNLP.

Luego de redactar esta primera parte de la Historia I, no hay duda que el autor ya había tomado contacto seriamente con la parte más importante para él de la publicación de Anthony Siegman y reconocido compartir errores relacionados con el uso de la palabra superradiante.

Pero lo que resulta más extraño, dentro del desarrollo del relato, es que quien lo genera, 56 años después, toma en cuenta que en el experimento que él detalló en Lund para un destacado grupo de científicos, se encontraba un *Mirrors Laser* y que tal acción fue una de las que por primera vez se realizaba.

Pero mientras el autor redactaba este final, surge como un hecho destacado, el nombre de los 3 galardonados con el Premio Nobel de Física 2023 y allí brota una nueva revalorización de lo desarrollado en el Laboratorio Láser de Lund en aquel lejano 1967.

Es que Anne L'Huillier –uno de los tres premiados-, justamente ingresó a dicho Laboratorio Láser en 1987 y declara que *“descubrió que surgían muchos matices de luz diferentes cuando transmitía luz láser infrarroja a través de un gas noble.”*

Nuevamente el viejo Laboratorio Láser, presente en el recorrido hacia el actual Premio Nobel de Física 2023.

## Segunda parte

Para reiniciar el relato, debemos dejar atrás el desarrollo de la primera parte de la historia y arribar al momento – 1997 - cuando el Telescopio Espacial Hubble permitió observar las emisiones luminosas provenientes del gas que emergió de Eta Carina, unos 100 años después de una gran explosión y recogió información sobre las diferentes radiaciones emitidas.

Enviada la información a la Tierra, uno de los Grupos más importante de especialistas en Espectroscopía Atómica liderado por el Dr Sveneric Johansson de la Universidad de Lund, analizó dicha información y determinó la existencia de **emisión láser**.

**“Informamos aquí sobre el descubrimiento de acción láser en el rango de 0.9-2 micrómetros. en varias líneas espectrales de Fe II que surgen de la Nébula del Homúnculo y que están asociadas con transiciones de estados "pseudo-metastables" poblados por transiciones espontáneas de niveles de Fe II bombeados por la intensa radiación Ly-alfa de hidrógeno neutro que se forma en la región de las condensaciones del gas cerca de la estrella Eta Carina”.**

Eta Carina (Eta Carinae), 100 veces más grande y varios millones de veces más luminosa que nuestro Sol, se encuentra a 8.000 años-luz de la Tierra rodeada por la Nebulosa del Homúnculo, identificada y estudiada en 1950 por Enrique Gaviola empleando el telescopio de 1,5 m de la Estación Astrofísica de Bosque Alegre, Argentina.

Este láser, que se encuentra dentro de la radiación emitida por la gran explosión y generada hace 8000 años, inició su camino hacia nuestro planeta cuando aquí el *homo sapiens* recién comenzaba en su vida la etapa de siembra. Toda una historia de vida transcurrió mientras su luz transitaba por el espacio y arribaba en 1997 a la cercanía de la Tierra, 246 segundos luego de atravesar la órbita de Marte.

Para investigadores que han desarrollado su actividad científica generando radiación o haciendo uso de ella en un rango definido entre el violeta y el infrarrojo cercano, este Láser debería ser considerado como el primero, detectado y “**visible**”, que llegó al Planeta Tierra.

Pero hay que rescatar el hecho que la emisión de láseres astrofísicos en el rango óptico, cómo hemos detallada en la experiencia de Eta Carina, fue descubierta en los años finales del Siglo XX, aunque sus raíces pueden ser atribuidas a observaciones realizadas entre 1930 y 1940, en las que surgían **emisiones anómalas de líneas espectrales**.

Pero como el lenguaje específico del mundo astronómico, dificultaba a quien esto escribe, expresar apropiadamente las revelaciones que surgían y además, tampoco poseía un conocimiento acabado del poder de análisis con que contaba en esos años, un astrónomo observador, fue necesario requerir ayuda especializada.



Un contacto telefónico con la Dra. Lidia Cidale, Investigadora de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la UNLP, logró resolver el problema ya que, en una corta pero consistente serie de respuestas, informó a su interlocutor que un astrónomo en 1930 ya podía determinar claramente cambios de intensidad de una línea y además medir su ancho espectral, lo que quiere decir observar en ella su pureza cromática. Ya finalizando la corta “clase magistral”, surgió de la caracterizada interlocutora, un nombre: Bowen.

Y aquí surgieron nuevos e importantes hechos que se generan a partir de un interesante relato que genera el autor.

***En los inicios de la Astronomía telescópicas, ciertas e indefinidas manchas de luz que se detectaban recibían al nombre de Nebulosas. Algunas tenían un espectro similar a una estrella y otras diferían.***

***En 1864 William Huggins, un famoso Astrónomo, observando la Nebulosa Ojo de Gato, detectó dos intensas líneas espectrales verdes – 495,9 nm y 500,7 nm, que luego de un detallado análisis determinó que no surgían de un elemento conocido. Dicho presunto nuevo elemento se gestó con el nombre “Nebulio”.***

***Ya en el siguiente Siglo, el problema del nacimiento de un nuevo elemento químico, quedó en manos de Ira Sprague Bowen (1895-1973), quién en 1927 desestimó tal hecho y demostró que las que las líneas observadas correspondían al Oxígeno doblemente ionizado ( OIII).***



***Nebulosa Ojo de Gato (NGC 6543), nebulosa planetaria en la constelación del Dragon. Imagen tomada por el Telescopio Espacial HUBBLE con filtro que aísla la luz emitida en el verde por el Oxígeno doblemente ionizado. Obtenida de un artículo de Internet titulado Superradiancia en la Nebulosa del Gato.***

En 1928, Bowen explicó el origen de intensas líneas prohibidas producidas en el verde, de los espectros de las nebulosas planetarias. Y podemos agregar que el espectro de emisión de una difusa y brillante nebulosa (como ser el de una Nebulosa Planetaria), es producido por la energía recibida desde una estrella adyacente.

La existencia de un llamado Mecanismo Bowen (1934), que genera emisión intensa (por fluorescencia) en un elemento, a partir del bombeo de radiación coincidente energéticamente con la línea de absorción, no necesariamente es del mismo elemento (generalmente el bombeo lo produce la línea espectral del Hidrógeno Hbeta).

Con el conocimiento del potencial de análisis con que contaban los astrónomos que estudiaban las “luces” provenientes del espacio exterior en los años treinta, la observación de líneas anómalas (**más intensas y angostadas espectralmente**), daba cuenta de la existencia de **emisión en el espacio**. Además, usando las relaciones entre el bombeo y las tasas de emisión, A.D. Tackeray ya observaba lo que en términos modernos podemos llamar **inversión de población**.

**Pero para definir qué tipo de emisión generaba el OIII, el autor del presente artículo, debió recorrer un largo camino que culminó en la segunda década del Siglo XXI.**

Nicolás Gonzales Villareal en noviembre de 2016, rindió en la Universidad de <los Andes-Colombia su Tesis Doctoral en el tema: “Análisis Espectrográfico de Nebulosas de Emisión” Y dentro de un párrafo de la misma surge una frase: **Las transiciones prohibidas que ocurren en O III son transiciones radiativas debidas a Emisión Espontánea, citando un trabajo generado por Köpp Joachim, dentro del tema Astrophysics with Computer.**

Por lo tanto, ante la generación según una nueva nomenclatura, de los ASE Láser, tal como describió Siegman en su libro, “imaginariamente” deberíamos agregar a nuestra Historia un prólogo, dentro de la cual brevemente se detalle tan singular hecho ocurrido casi cinco décadas antes de 1916 cuando Albert Einstein, incorpora a la Física los conceptos de probabilidad de transición y de emisión estimulada de la radiación,

## **HISTORIA II**

### **Tercera parte**

**Basado en observaciones astrofísicas (“Astrophysical Lasers” Vladilen Letokhov y Sveneric Yohansson 2005), surge en la historia otro escenario, no tenido en cuenta luego del descubrimiento de la acción láser en 1997.**

El autor de este relato, luego de analizar el experimento generado 80 Siglos atrás en la Nébula de Homúnculo — y los que tiene lugar en otras nebulas planetarias, observa ciertas similitudes.

Los esquemas de niveles de energía dentro de los cuales se generan radiaciones intensas, son similares y en todos los casos, fuentes luminosas externas, lámparas de flash en experimentos terrestres o una estrella adyacente en otra, son las generadoras del proceso de excitación.

- Todo este simplificado análisis, que no alcanza la altura de una prueba científica, permite “sugerir” un camino similar al transitado por los investigadores que generaban emisión estimulada en los laboratorios terrestres en la misma época y redactar la frase:

### **Así en el Tierra como en el Espacio Exterior**

En manos de mi amigo Dr. Eduardo Quel compañero de promoción en el Departamento de Física de la Universidad Nacional de La Plata, Argentina, luego de la lectura de esta parte de la historia, surgió la frase

**..... a este relato le falta algo (o alguien)**

Y efectivamente la importante información recibida días después, sumada a la obtenida en Internet, confirmaba dicha falta y daba inicio a una investigación que seguramente irá más allá de lo que exprese este relato. Es por eso que para dicho inicio se debe incorporar a la Historia a un personaje fundamental, que ya formaba parte de ella.

### **Enrique Gaviola (1900-1989)**

Probablemente, el mayor investigador y de mayor influencia que haya producido la Argentina en su historia, opinión rescatada de la Enciclopedia Notable Twentieth Century Scientists, que lo incluye entre los más notables científicos del Siglo veinte.



Recibido de [agrimensor](#) en la ciudad de [La Plata](#) – Argentina - decidió, por recomendación de [Richard Gans](#), continuar su formación como físico en Alemania, adonde llegó en 1922 y estudió junto a los científicos más encumbrados de la época, [Max Planck](#), [Max Born](#) y [Albert Einstein](#).

En 1926 terminó sus estudios doctorales en [Berlín](#) con calificación "sobresaliente".

Luego le pidió a Einstein que apoyase su pedido de una beca Rockefeller para ir a trabajar a [Baltimore](#) donde dicha beca le fue negada con el argumento de que no se le concedía a sudamericanos, a pesar de haber obtenido la calificación más alta entre los solicitantes.

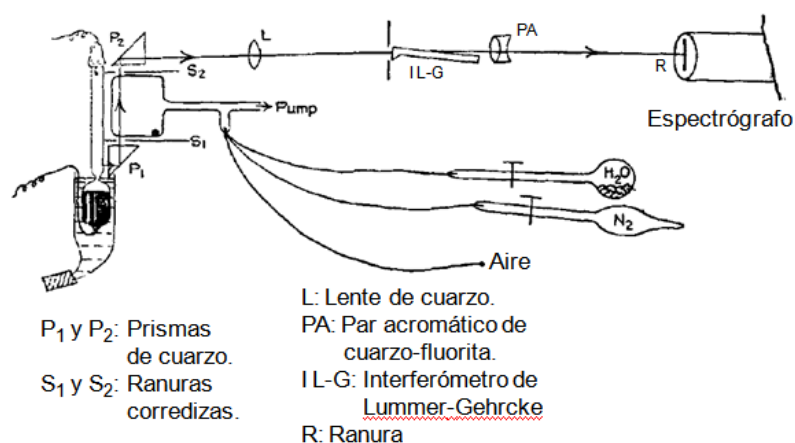
Indignado, Einstein envió una carta con la que lograría que el International Education Board concediese por primera vez una beca a alguien del hemisferio sur. Gaviola se trasladó entonces a [Estados Unidos](#) donde trabajó con [Robert Wood](#), el más grande físico experimental en aquel momento.

Pero al comenzar el análisis de la información que recibió el autor de este relato de su amigo y fundamentalmente de la publicación de Gaviola en donde se analiza en forma crítica la teoría de Schrodinger, surge en ella y ante los ojos de laseristas experimentados, generación de **Inversión de Población y Amplificación en vapores de Mercurio.**

La importancia del trabajo del Prof. Gaviola, se refiere a que en su experimento, él **fuerza** dicha Inversión -acto fundamental que se produce dentro de la estructura de un átomo para generar emisión estimulada.

La intensidad de la radiación emitida y la monocromaticidad de la misma, dan cuenta de generación de emisión estimulada, hecho que en el experimento del Prof. Gaviola fue demostrado teóricamente por el Dr. Mario Garavaglia, destacado científico también egresado en la Universidad Nacional de La Plata.

Además quien esto escribe, junto con los colegas Garavaglia y Quel, analizando el esquema dibujado por Gaviola de su experimento, este sugiere, **pero no de un modo muy claro** que la superficie del Mercurio depositado en el fondo del recipiente que lo contenía, **podría jugar el papel de un espejo** y de tal manera incrementar la intensidad del haz de salida.



Es importante destacar que el Dr. Gaviola a partir de los resultados alcanzados en el trabajo del Dr. Garavaglia, pasa a constituirse en el científico cuyo trabajo experimental de 1928, parece marcar el **inicio de la Era del Láser**, aunque nunca estuvo relacionado con ese Mundo.

Además, poniendo de manifiesto que el trabajo del Prof. Gaviola había sido ignorado en el tiempo, en los finales de la década del '50, los rusos Butayeva y Fabrikant, reportan el descubrimiento de temperatura negativa (amplificación) en una mezcla de vapores de Mercurio e Hidrógeno, **repitiendo en parte la experiencia del investigador Argentino del año '28, sin nombrarlo.**

Durante la Reunión de la AFA – Asociación Física Argentina- Bariloche 1980, el CIOp le otorgó al Dr. Enrique Gaviola una medalla al mérito por sus trabajos en el Área de la Óptica. Parte de los presentes, incluido el autor de este relato, -investigadores que habían trabajado más de una década en la Física del Láser- y teniendo frente a ellos al

destacado científico, no estaban en ese momento en condiciones de expresar el reconocimiento que hoy sí cabría. Por eso: **“Perdón Profesor, no nos dimos cuenta”**.

## **Finalmente**

El autor de este relato, luego de evaluar detenidamente el contenido del mismo, no considera relevante dar un nombre que se identifique como el generador del primer láser.

Cada uno de los científicos mencionados, en diferentes tiempos y a partir de experiencias relevantes, generaron información suficiente para que se los considere partícipes de tal importante acontecimiento. Lo que sí podemos afirmar y justificar es, que **El Primer Láser de laboratorio**, se generó entre el tercer y cuarto decenio del Siglo pasado.

Es fundamental resaltar que, dentro del esquema del relato propuesto por el autor, tres caracterizados científicos contribuyeron de manera determinante en el mismo.

**Dr. Eduardo Quel**, ya mencionado en el texto, que no solo detonó la idea de reescribir la historia, sino que contribuyó activamente en la misma,

**Dra. Lydia Cidale**, la voz en el teléfono, que primero introdujo al autor dentro de técnicas que no conocía y finalmente proporcionó nombres y datos bibliográficos para redactar parte del texto

**Dr. Mario Garavaglia**, De su trabajo teórico rescatamos el porqué de la afirmación que asigna al científico argentino la generación en su experimento, de **emisión estimulada**.

Mario Gallardo 2023

*Agradecimientos: A mi querida esposa, la Dra.en Arquitectura Viviana Schaposnik por su invaluable ayuda en la edición del texto y a los Doctores Jorge Reyna Almandos y JorgeTocho por su mirada cuidadosa y correctiva del relato.*

## **Nota adicional 1**

En 1922 el joven Astrónomo Donald Menzel descubrió la nebulosa planetaria llamada de la Hormiga (Menzel 3). El fue el primero que observó y clasificó esta particular nebulosa y también sugirió que en ciertas condiciones **“amplificación de la luz natural por emisión estimulada podría observarse en dicha nebulosa”**

Fue necesario recorrer el Siglo entero y pasar al siguiente para responder positivamente a tan insólita y nunca aclarada generación de tal afirmación, porque:

Durante la segunda década del Siglo XXI, el Observatorio Espacial Herschel, de la European Space Agency, **reveló una inusual Emisión Láser en el corazón de la Nebulosa de la Hormiga.**

## Nota adicional 2

-**Láser Superradiante**, designación comúnmente usada en particular cuando nos referimos, en el texto, a emisiones que surgen en nebulosas planetarias y que surgió del trabajo teórico de R.H.Dicke, que se simplifica y se convierte, en muchos casos, simplemente en *Superradiancia*.

-Dicho término, **con todos los atributos teóricos que generó**, aparece por primera vez para los Astrofísicos en 1981:

### P.R. Jewell > Emisión Maser de OH en U Orionis

Además como un ejemplo de que el tema sigue latente, podemos observar de una de las tantas páginas de Internet en las se observan diferentes trabajos cuyos títulos se inician con las palabras Dicke's Superradiance:

Ejemplos:

-- Dicke's Superradiance in Astrophysics . II--The OH 1612 MHz  
[...https://arxiv.org > astro-ph 9.](https://arxiv.org/astro-ph/9)

"Dicke's Superradiance in Astrophysics" by Fereshteh Rajabi[https://ir.lib.uwo.ca > etd.](https://ir.lib.uwo.ca/etd)

Dicke's Superradiance in Astrophysics -  
Scholarship@Western[http://ir.lib.uwo.ca > cgi > viewcontent](http://ir.lib.uwo.ca/cgi/viewcontent)

DICKE'S SUPERRADIANCE IN ASTROPHYSICS. II. THE OH ... [https://www.osti.gov > biblio > 22667458-dickes-superr...](https://www.osti.gov/biblio/22667458-dickes-superr...)  
[https://www.semanticscholar.org > paper > figure](https://www.semanticscholar.org/paper/figure)

Por lo tanto, la superradiancia va más allá de un simple término, ya que pudo ser usado casi un Siglo atrás, en el inicio de este relato, para luego también se introducirse en el Mundo de Astrónomos y Astrofísicos.

Pero si viajamos un poco –sólo un poco – dentro del espacio, surge hoy la llamada Superradiancia Circular que nos dice:

La luz que trata de escapar o intenta ser captada por un Agujero Negro, es SUPERRADIANTE

**Ejemplo >>Superradiance - New Frontiers in Black Hole Physics. Vitor Cardoso ,  
Richard Brito , Paolo Pani**

