

50 anys del làser

El 15 de maig de 1960, Teodoro Maiman va posar en funcionament un làser per primera vegada en la història. Han passat 50 anys i el làser i les seves aplicacions estan presents en la nostra societat, en la nostra vida quotidiana: CD's, DVD's, escaners... Però saps realment què és un làser?

Què és un làser ?

El làser l'acrònim del qual significa "Llum amplificada per emissió estimulada de radiació" és un dispositiu que utilitza el mecanisme d'emissió estimulada per a generar una forma de llum amb característiques peculiars, que la fa única. En aquest recorregut podreu conèixer amb més detall: què és el làser? i Per a què s'utilitza?

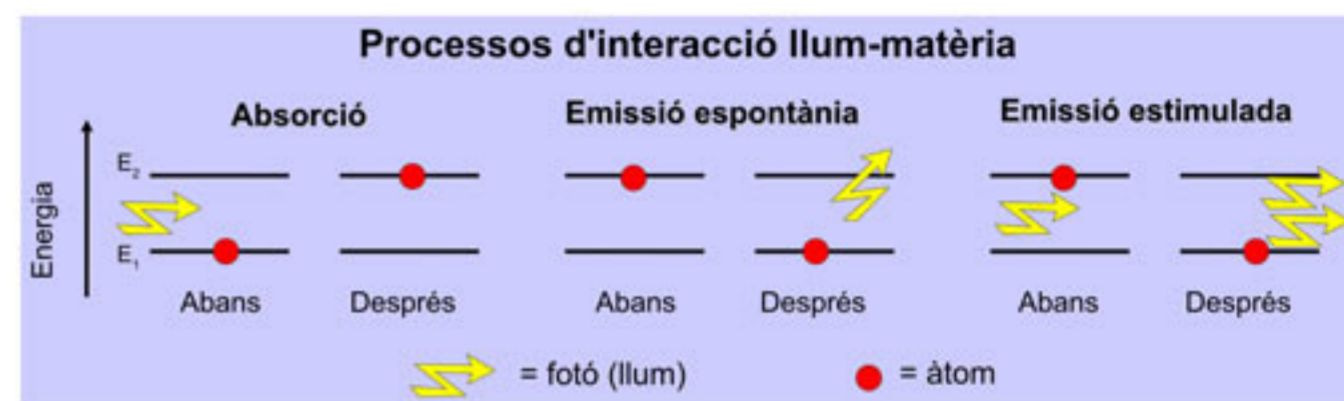
Com és la llum làser ?

En un làser, la llum s'amplifica mitjançant el procés d'emissió estimulada, en el qual un fotó genera un altre fotó idèntic a l'anterior. Aquest mecanisme va ser introduït per Einstein l'any 1917.

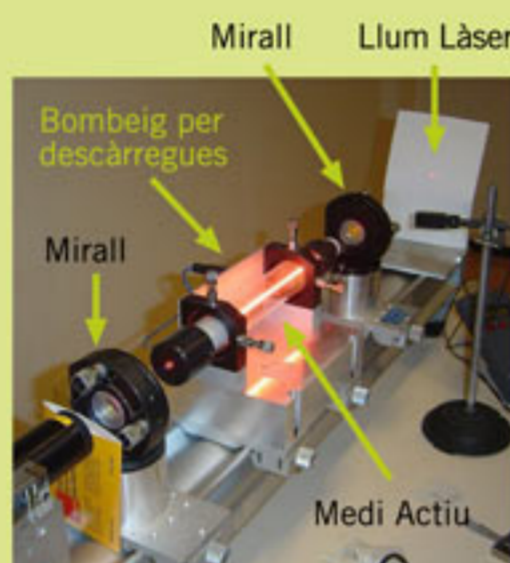
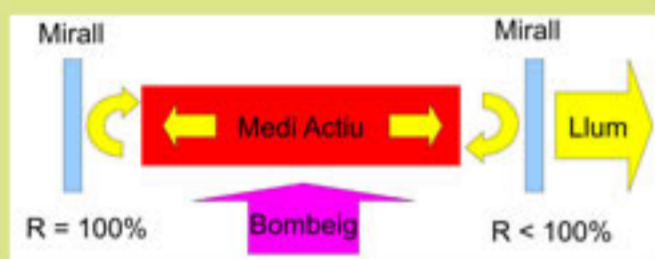
La llum d'una bombeta o d'una espelma, en canvi, la llum es produeix mitjançant el procés d'emissió espontània. Aquests dos tipus de llum tenen unes característiques molt diferents.

en una única direcció.

La llum d'una bombeta conté tots els colors i s'emet en totes direccions.



Com funciona el làser ? Elements d'un làser



Medi amplificador de llum

Gas: He-Ne, CO₂, nitrogen, argó-ió, vapor de coure
Sòlid: robí, Nd:YAG, fibra òptica, semiconductor
electrons lliures, rajos X, etc.

Cavitat òptica ressonant

Miralls → Retroalimentació òptica

Bombeig

Corrent elèctric o llum → Per assolir l'amplificació de la llum al medi mitjançant emissió estimulada

Un poc d'història...

- 1917** Albert Einstein utilitza la física quàntica per descriure la interacció llum-matèria.
- 1947** W. E. Lamb i R. C. Rutherford demostren experimentalment l'emissió estimulada.
- 1953** C. H. Townes, J. P. Gordon i H. J. Zeiger produeixen el primer MASER (Amplificació de Microones per Emissió Estimulada de Radiació).
- 1957** G. Gould proposa de forma teòrica una nova font de llum i bateja el LASER.
- 1960** T.H. Maiman construeix el primer LASER (robí bombejat per llum de flaix).
- 1960** A. Javan, W.R. Bennet i D. Herriot construeixen el primer LASER de gas (He-Ne).
- 1962** R. N. Hall construeix el primer DIODE LASER (GaAs – polsant).
- 1970** Z. Alferov / I. Hayashi i M. Panish aconseguen que el DIODE LASER emeti llum en contínua i a temperatura ambient usant estructures d'heterounió.



Actualitat

El làser s'utilitza a infinitat d'aplicacions a camps molt diversos:
Nanotecnologia (Circuits fotònics integrats).
Processament d'informació en el domini òptic.
Medicina.
Processament de materials.

ALGUNS PROJECTES IFISC RELACIONATS AMB EL LÀSER

OCCULT: Optical chaos communication using laser diode transmitter. El seu Objectiu principal ha estat l'estudi de les comunicacions segures utilitzant el caos.

PICASSO: Photonic integrated components applied to secure chaos encoded optical communications systems. En aquest projecte es van desenvolupar circuits fotònics integrats.

IOLOS: Integrated Optical Logic and Memory using Ultra-fast Micro-ring Bistable Semiconductors Lasers. Projecte que va estudiar els làsers de micro anells i les seves aplicacions.

PHOCUS: Towards a photonic liquid state machine based on delay-coupled systems. Projecte que intenta emular el funcionament del cervell utilitzant sistemes fotònics.

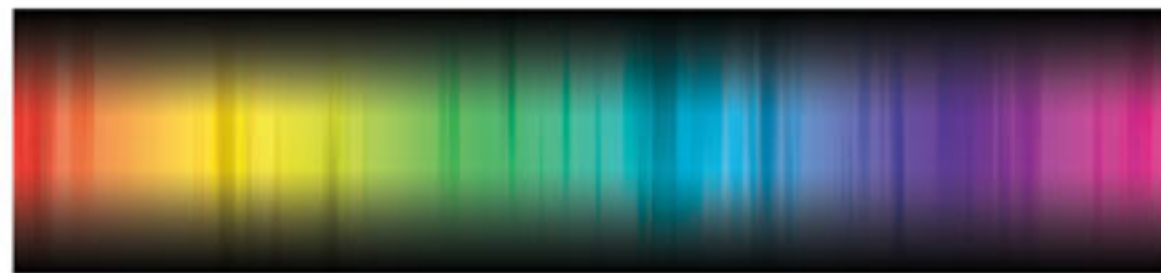
Alguns premis Nobel relacionats amb el làser

- 1921 Albert Einstein**
Per les seves contribucions a la física teòrica i l'explicació de l'efecte fotoelèctric.
- 1922 Niels Bohr**
Per les seves investigacions sobre l'estructura dels àtoms i la radiació que surt d'ells.
- 1955 Willie Lamb, Jr.**
Pel desplaçament de Lamb i contribucions a l'electrodinàmica quàntica i a la teoria quàntica del làser.
- 1964 Charles H. Townes**
Per la invenció del màser d'amoniac i el desenvolupament del làser.
- 1964 Nikolai G. Basov i Aleksandr M. Prokhorov**
Per les seves contribucions als màsers i als làsers.
- 1966 Alfred Kastler**
Pel bombeig òptic, espectroscòpia òptica de doble ressonància.
- 1971 Dennis Gabor**
Per la invenció de l'holografia.
- 1981 Nicolaas Bloembergen i Arthur Schawlow**
Pel màser de tres nivells, òptica no lineal i espectroscòpia làser.
- 1997 Steven Chu, Claude Cohen-Tannoudji i William D. Phillips**
Pel desenvolupament de mètodes per a refredar i atrapar àtoms amb llum làser.
- 2000 Herbert Kroemer i Zhores Alferov**
Pel desenvolupament de làsers d'heteroestructures de semiconductor.
- 2005 John L. Hall i Theodor W. Hänsch**
Per les seves contribucions al desenvolupament de l'espectroscòpia de precisió basada en el làser.
- 2009 Charles K. Kao**
Per millorar la transmissió de llum per fibra per a comunicacions òptiques.

Per a saber més del làser

ÉS LA LLUM LÀSER D'UN ÚNIC COLOR?

Els làsers comuns són "monocromàtics", es a dir, emeten llum d'un sol color o longitud d'ona (λ). Els colors estan caracteritzats per diferents longituds d'ona, per exemple: $\lambda_{\text{blau}} = 450-495 \times 10^{-9} \text{ m}$, $\lambda_{\text{verd}} = 495-570 \times 10^{-9} \text{ m}$, $\lambda_{\text{groc}} = 570-590 \times 10^{-9} \text{ m}$ i $\lambda_{\text{vermell}} = 620-750 \times 10^{-9} \text{ m}$.



correspon a la diferència d'energia (E) entre els nivells electrònics del medi actiu que participen a l'emissió de la llum (veure "emissió estimulada"). La longitud d'ona és $\lambda = hc / (E_{\text{nivell superior}} - E_{\text{nivell inferior}})$ on E és l'energia del nivell, $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ la velocitat de la llum i $h = 6.62 \times 10^{-34} \text{ Js}$ és la constant de Planck.



QUINS COLORS ES PODEN OBTENIR AMB LÀSERS?



En principi es poden construir làsers que emeten llum des de l'ultraviolat fins a l'infraroig. El color només depèn del medi actiu que s'utilitzi. De moment, només s'han aconseguit alguns colors, entre ells vermell, verd, taronja, blau...

PER QUÈ NO ES VEU EL FEIX?



En general, només veiem el punt de llum que es reflecteix en una superfície.

Si l'entorn per on viatja la llum làser té partícules en suspensió

(fum, pols,...), es pot veure el feix en dispersar-se la llum per aquestes partícules.

Només els feixos dels làsers molt potents es poden veure en l'aire pur.



SEMPRE ES POT VEURE LA LLUM DELS LÀSERS?

Molts dels làsers emeten llum fora de la regió del visible, per exemple a l'infraroig o a l'ultraviolat, amb la qual cosa no es pot veure ni el punt de llum ni el feix. Un exemple comú és el làser de CO_2 usat a la indústria, que emet al voltant de $\lambda = 11.000 \times 10^{-9} \text{ m}$ (infraroig).

ELS MÍSSILS S'ORIENTEN PER LÀSER



Des de fa temps, el làser s'utilitza en aplicacions militars com a sistema guia per a bombes i míssils, sistemes de comunicacions o de punteria.



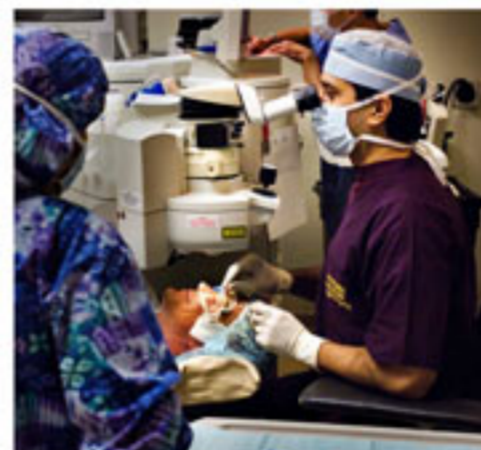
A l'actualitat també es comença a utilitzar com a sistema d'atac directe; degut a l'alta energia, són capaços de penetrar els blindatges més gruixuts.

COM TALLEN ELS LÀSERS?



Els làsers tallen materials, però no com unes tisores, sinó cremant i evaporant la superfície. La tècnica de tall amb làser és molt precisa ja que el feix es pot fer quasi tan fi com es vulgui.

QUINA DIFERÈNCIA HI HA ENTRE ELS LÀSERS QUE TALLEN METALLS A LA INDÚSTRIA I ELS QUE TALLEN TEIXITS EN OPERACIONS QUIRÚRGIQUES?



Són completament diferents: el color, la potència i el mode d'operació (polsant o continu). Depenen del material a tallar. És possible dissenyar làsers específics per a determinades feines. Els làsers són molt versàtils i serveixen com a eina multi-propòsit.

COSES QUE POTSER NO SAPS....

ALGUNES DE LES MESURES MÉS PRECISES ES REALITZEN GRÀCIES ALS LÀSERS



L'any 1983 l'oficina internacional de pesos i mesures de Sèvres, prop de París, va adoptar una nova definició de metre basada en la distància que recorre la llum d'un làser al buit en un temps de $1 / 299.792.458$ segons.

D'ON VE EL NOM DEL SISTEMA "Blu-ray"?



El nou sistema de disc òptic anomenat Blu-ray (de l'anglès "raig blau") llegeix discs de la mateixa manera que un lector de CD o DVD, però els Blu-ray s'enregistren amb un làser que emet en blau ($\lambda = 450 \times 10^{-9} \text{ m}$) envers de vermell ($\lambda = 650 \times 10^{-9} \text{ m}$). Amb una longitud d'ona més petita es pot emmagatzemar més informació en el mateix espai, al voltant de 20-40 GB en comparació als 5-8 GB d'un DVD.

QUANTA POTÈNCIA ELÈCTRICA ES CONVERTEIX EN LLUM LÀSER?



Els làsers converteixen més del 50% de la potència suministrada en llum làser.

ON VA LA RESTA DE L'ENERGIA ?

L'energia que no genera llum útil es perd en forma de calor.

PER QUÈ INTERNET BASAT EN COMUNICACIONS ÒPTIQUES POT SER MOLT MÉS RÀPIDA EMPRANT LÀSER ?

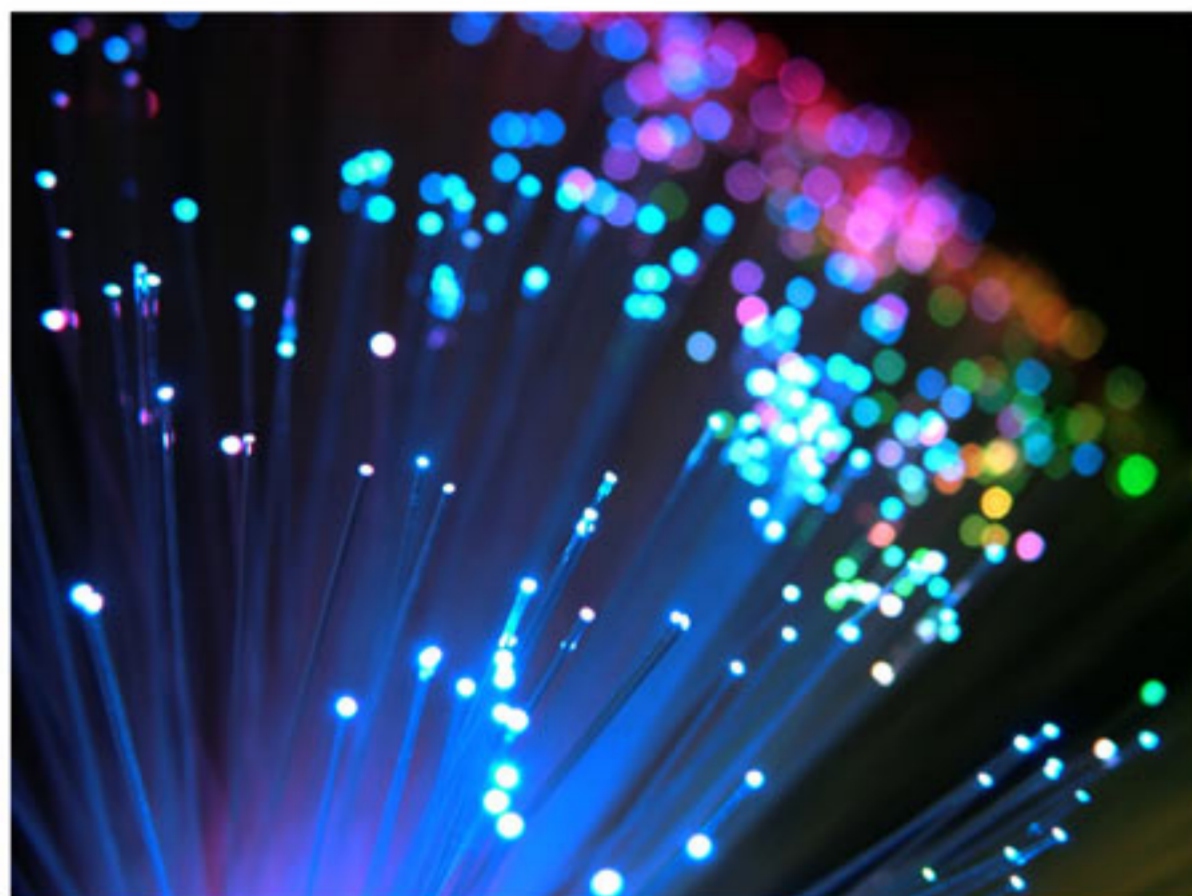
Perquè la velocitat d'operació dels làsers de semiconductor permet enviar milers de milions de bits per segon a través d'una fibra òptica del diàmetre d'un cabell.

HI HA XARXES DE FIBRA ÒPTICA A LES ILLES BALEARS?

La xarxa de fibra òptica arriba a la major part del planeta. A la nostra comunitat, diverses companyies de telecomunicacions utilitzen fibra òptica.

Per a què serveix un làser?

Des que es va inventar, ara fa 50 anys, el làser s'ha emprat en molts àmbits. El tractament de materials, la medicina o les comunicacions òptiques són només alguns dels nombrosos exemples en els quals el làser ha revolucionat la indústria.



Fibra òptica, Raymond (GFDL)

Però els làsers s'utilitzen en molts més àmbits:

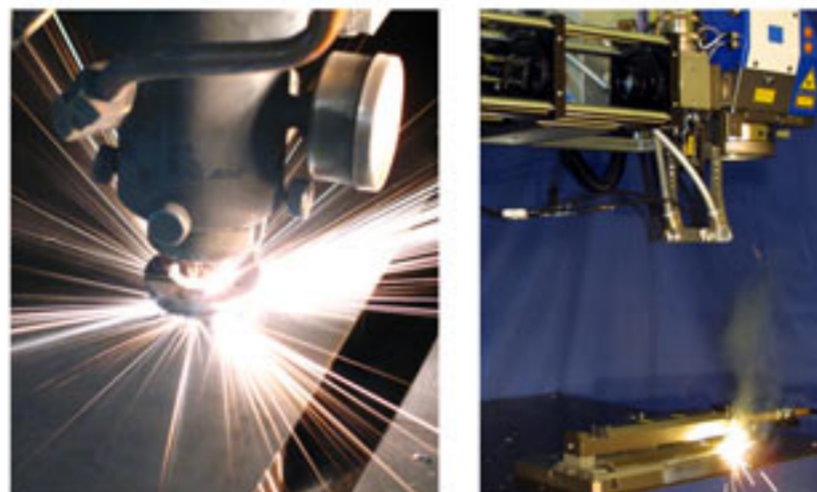
A la indústria de l'entreteniment, s'usen làsers en espectacles, a les discoteques, els projectors o la televisió.

A la indústria del metall, el làser permet gravar, tallar, perforar o soldar amb alta precisió.

A la indústria electrònica, els lectors i les enregistradores de CD o DVD i les impressores làser fan servir un làser de semiconductor per llegir o emmagatzemar una quantitat gran d'informació. Amb el format de disc òptic *Blue-ray* de nova generació, s'arriba a una capacitat d'emmagatzemament de 50 GB.



www.wikipedia.org



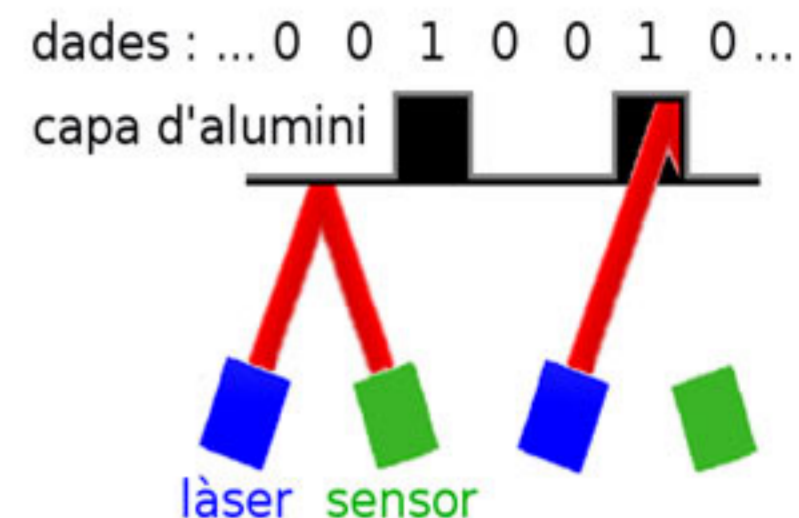
Tallant (esquerra) i soldant (dreta) metall amb làser.

En medicina, s'empren diferents tipus de làser (quirúrgics i terapèutics) en diversos camps: oftalmologia, odontologia, traumatologia, urologia, dermatologia, cirurgia plàstica Els làsers quirúrgics serveixen com a bisturí, per eliminar teixit mort de la pell, cauteritzar vasos sanguinis o treure tatuatges; també hi ha *làsers-grapadora*, útils per curar el desprendiment de retina.



T'has demanat mai com funciona un lector de CD?

Un CD conté la informació en una capa de material reflector amb alguns punts cremats. Cada punt representa un *bit* que pot prendre dos valors: "1" (punt cremat) o "0" (punt sense cremar). El làser s'utilitza tant per cremar els punts desitjats com per llegir la informació.

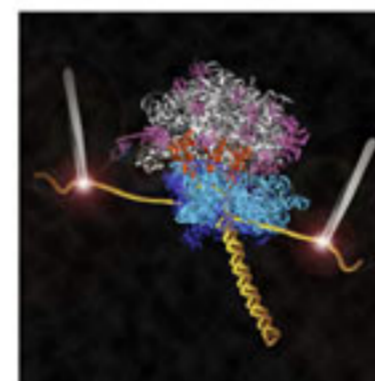


Sabies que cada cop que telefones la probabilitat que la informació es transmeti a través de llum làser per fibra òptica és d'un 90%?

Tecnologia LIDAR ("Light Detection and Ranging"). La tecnologia LIDAR permet obtenir la posició d'un objecte remot a partir del temps que empra la llum per anar a l'objecte, rebotar-hi i tornar.



Esquerra: LIDAR per generar models 3D. Dreta: miralls dipositats a la Lluna en la missió Apollo 14, emprats per mesurar la distància Terra-Lluna per LIDAR.



www.wikipedia.org

Pinces òptiques ("Optical Tweezers"). Una pinça òptica és un feix de llum làser altament focalitzat, capaç d'atrapar i manipular partícules diminutes, des de virus o àtoms fins a orgànuls a l'interior de cèl·lules vives.

Refredament d'àtoms ("Atom Cooling"). Un làser pot refredar un gas, fer disminuir la velocitat de moviment dels àtoms que el constitueixen. Amb els àtoms pràcticament quiets, la temperatura es pot baixar fins a uns pocs nanoKelvin.

Fusió de confinament inercial (ICF). Les reaccions de fusió nuclear es poden iniciar per escalfament i compressió d'una cambra d'àtoms de deuteri i triti irradiada amb feixos de llum làser molt potents. Això constitueix una font inesgotable d'energia per al futur, tot i que també pot ser utilitzada en armaments nuclears.



Nova laser, LLNL (Livermore, California, 1984-1999).