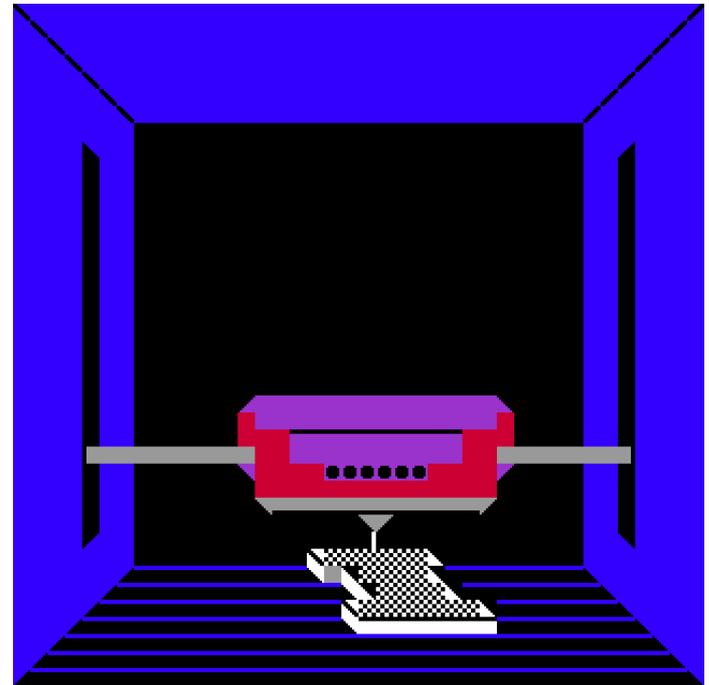
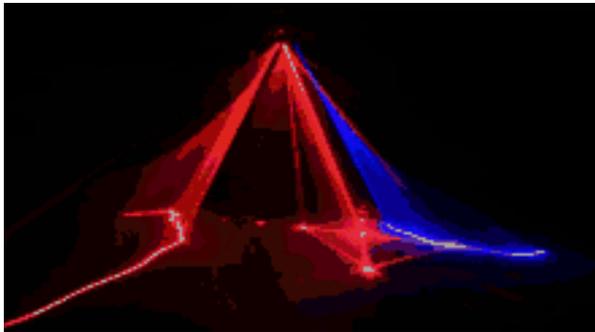




IL L.A.S.E.R.



Light **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation

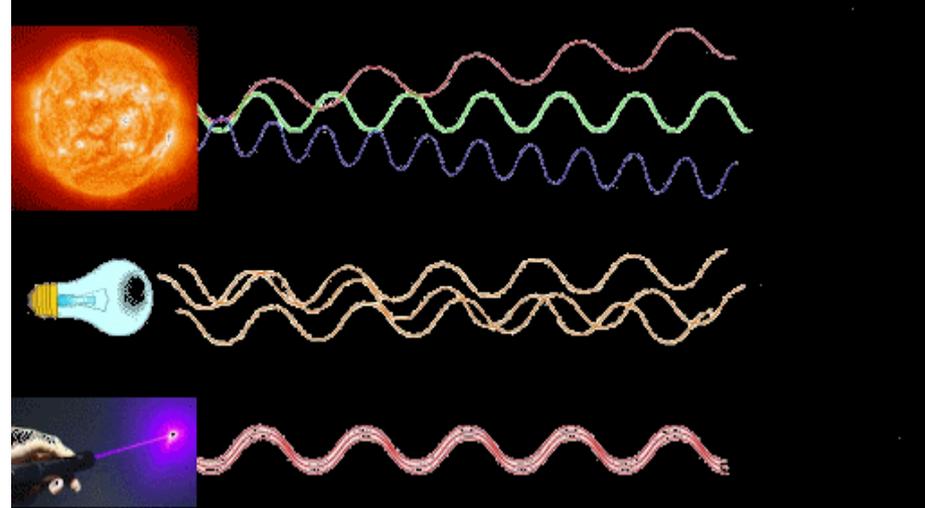
Il laser è un fascio di luce intenso e stimolato artificialmente.

- Cosa significa laser
- Come funziona il laser
- Come costruire un dispositivo laser
- Qual è la differenza tra la luce normale e il laser
- Quali sono le applicazioni del laser

Il significato letterale dell'acronimo è abbastanza chiaro, il laser è un fascio di luce amplificato (**L**ight **A**mplification) tramite l'emissione stimolata della radiazione (**S**timulated **E**mission of **R**adiation).

Light **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation

Il **LASER** è un dispositivo in grado di emettere radiazioni luminose di tipo **coerente**, cioè con tutti i raggi in fase, **e monocromatico**, cioè composte da un solo colore e quindi da una sola frequenza.



Il fenomeno fisico sul quale si base il suo funzionamento è quello dell'**emissione stimolata**, enunciato da **A. Einstein** nel 1917 e preso in considerazione, a livello applicativo, negli anni '50 nell'ambito della ricerca sugli **orologi atomici**, che portò alla realizzazione del primo **MASER** (**M**icrowave - **A**mplification - **b**y **S**timulated - **E**mission - of **R**adiation) ad ammoniac.

L.A.S.E.R.

Il **LASER** è stato inventato, a livello teorico, nel 1958 da uno scienziato americano, **Charles H. Townes** e realizzato, per la prima volta da due americani, **T. H. Maiman** e **A. Javan**, e dai russi **N.G. Basov** e **A.M. Prochorov**, negli anni '60.

La foto del primo **LASER** realizzato da **Maiman** nel '60.

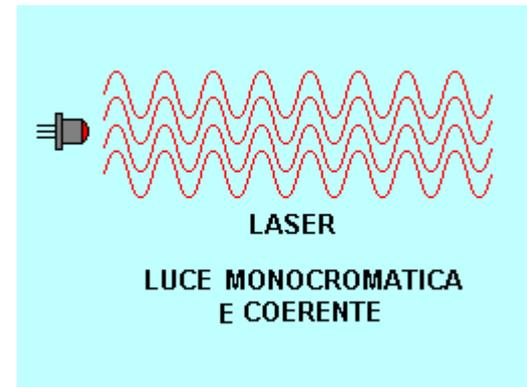
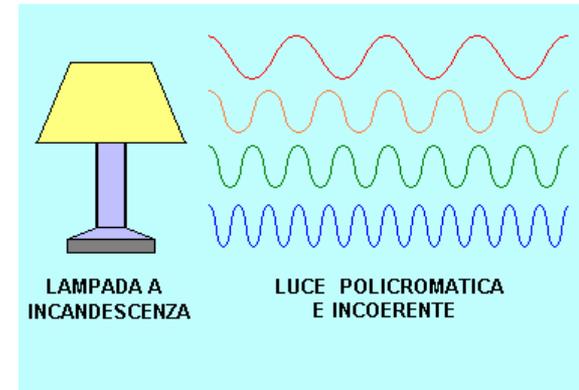


L.A.S.E.R.

Da un punto di vista concettuale, può essere considerato la naturale continuazione, nel campo ottico, del **MASER**, amplificatore a microonde, funzionante all'elio liquido, inventato in precedenza.

Il raggio LASER ha anche la caratteristica di essere fortemente concentrato al punto da potersi considerare perfettamente rettilineo.

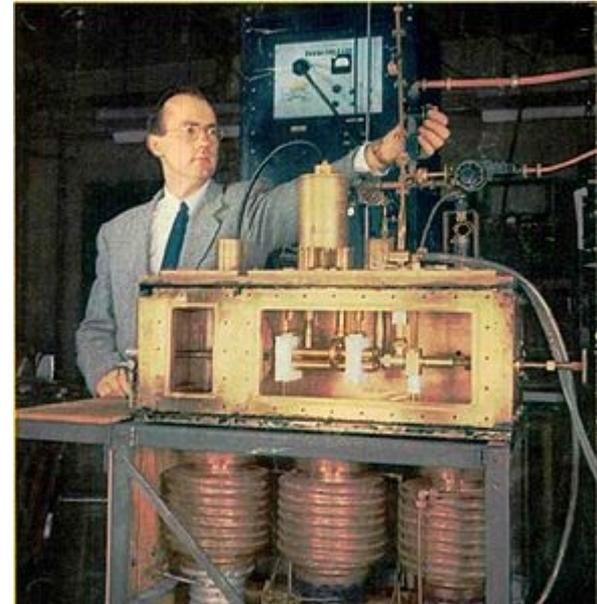
Il suo diametro è dell'ordine del millesimo di millimetro.



M.A.S.E.R.

Maser è l'[acronimo inglese](#) di ***Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation***, ovvero Amplificazione di microonde tramite emissione stimolata di radiazioni.

Un maser è simile a un [laser](#), ma opera nella regione delle [microonde](#) dello [spettro elettromagnetico](#).

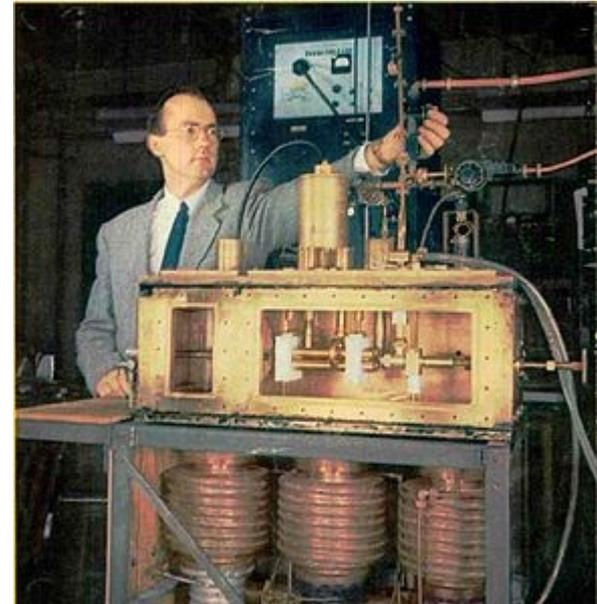


I maser vengono usati per produrre frequenze di riferimento ad alta precisione, come accade negli [orologi atomici](#). Sono usati anche come [amplificatori elettronici](#) nei [radiotelescopi](#)

M.A.S.E.R.

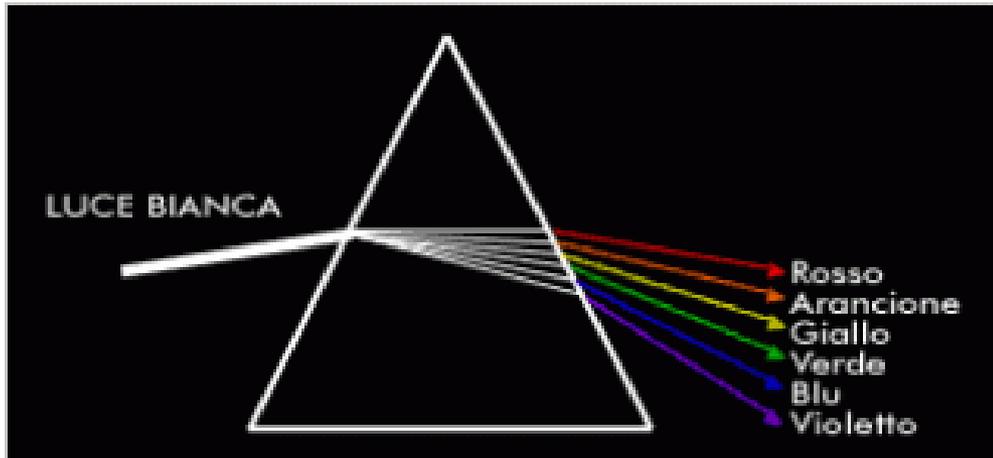
Il primo maser fu costruito nel [1953](#) alla [Columbia University](#) da [Charles Hard Townes](#), [J. P. Gordon](#), e [H. J. Zeiger](#). L'apparecchio utilizzava l'[emissione stimolata](#) in un flusso di molecole di [ammoniaca](#) energizzata, per l'amplificazione delle microonde alla frequenza di 24 gigahertz.

Townes in seguito lavorò con [Arthur L. Schawlow](#) per descrivere il principio del maser ottico, o [laser](#), inventato nel [1960](#) da [Theodore H. Maiman](#).



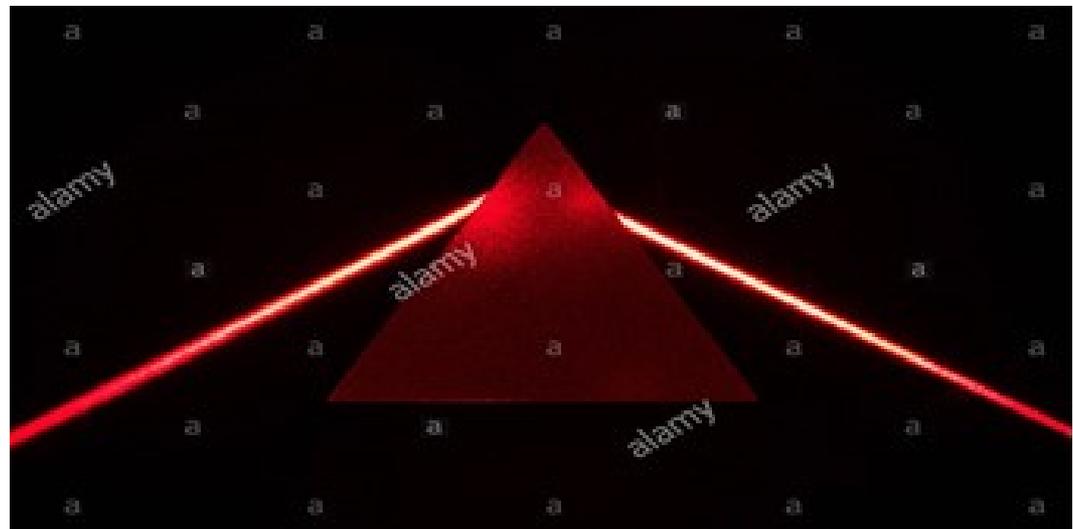
[RETURN](#)

L.A.S.E.R.



La luce bianca, è costituita da tutti i colori dell'iride. Così pure quella solare, o quella di una comune lampada a incandescenza.

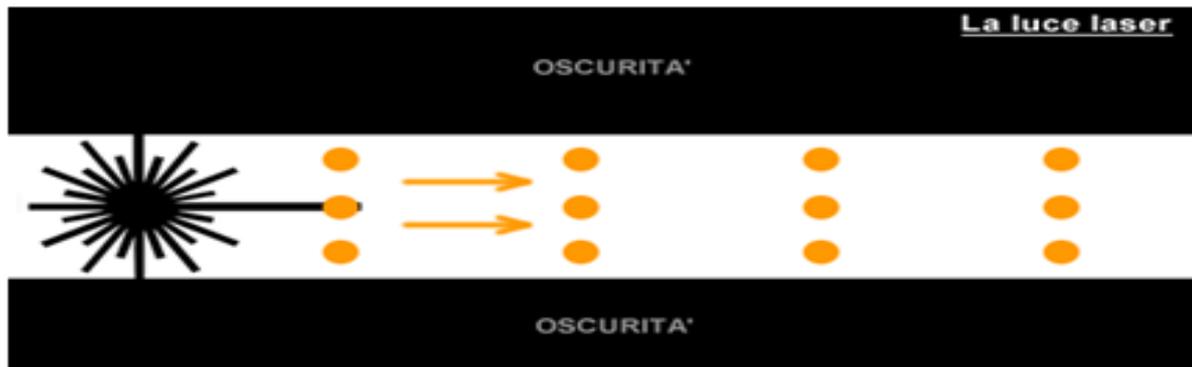
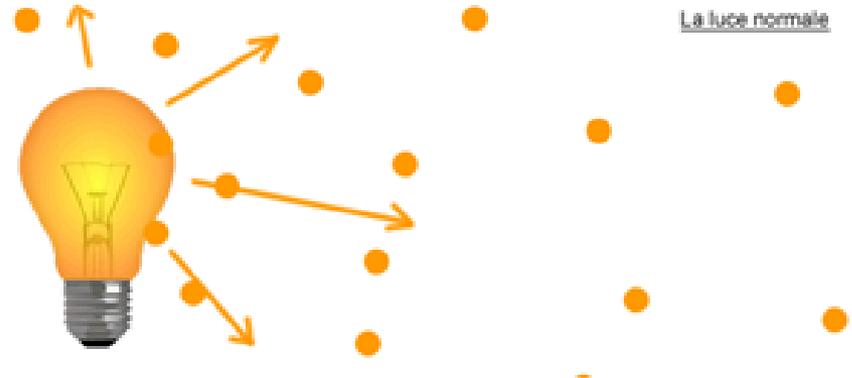
Il raggio laser ha la caratteristica di essere monocromatico, cioè costituito rigorosamente da un solo colore, cioè da una sola frequenza



L.A.S.E.R.

Qual è la differenza tra la luce normale e il laser

Se non ci sono ostacoli, la luce normale si diffonde nello spazio circostante in ogni direzione.



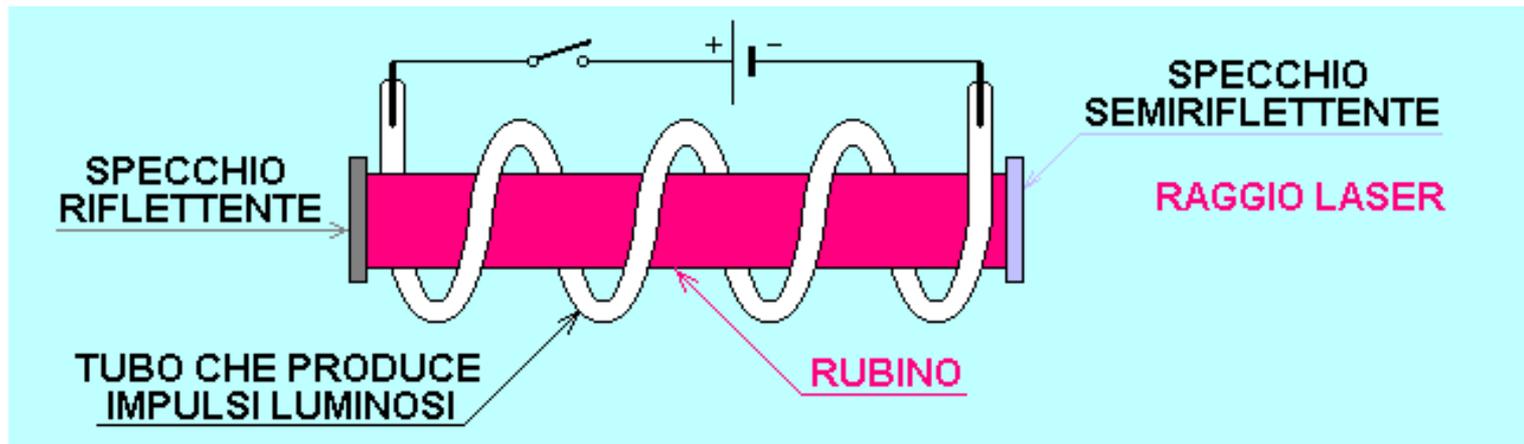
Viceversa, in un fascio di luce laser i fotoni sono emessi nello stesso istante (luce coerente) e sono sincroni. Hanno la stessa lunghezza d'onda (luce monocromatica).

Inoltre, i fotoni della luce laser seguono tutti la stessa direzione. La luce è concentrata in un punto preciso e non si disperde nello spazio circostante. **Il fascio della luce laser è facilmente direzionabile.**

L.A.S.E.R.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

I primi **LASER** sperimentali, utilizzavano come materia prima un rubino, cioè una pietra preziosa di colore rosso intenso, posto fra due specchi paralleli e circondato da un tubo di vetro contenente gas che veniva sottoposto a scariche luminose di tipo impulsivo, come indicato in figura.

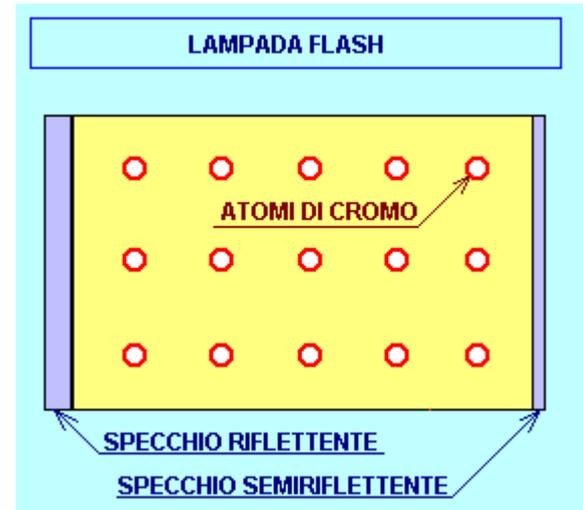


Da un punto di vista chimico il rubino è costituito da sesquiossido di alluminio contenente atomi di cromo che gli conferiscono un colore rosso intenso.

L.A.S.E.R.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

I lampi luminosi di luce policromatica e incoerente, prodotti dalla lampada flash che circonda il rubino, eccitano gli atomi di cromo che spostano i loro elettroni dell'ultima orbita in una posizione ancora più esterna, cui corrisponde una maggiore energia, come indicato in figura.



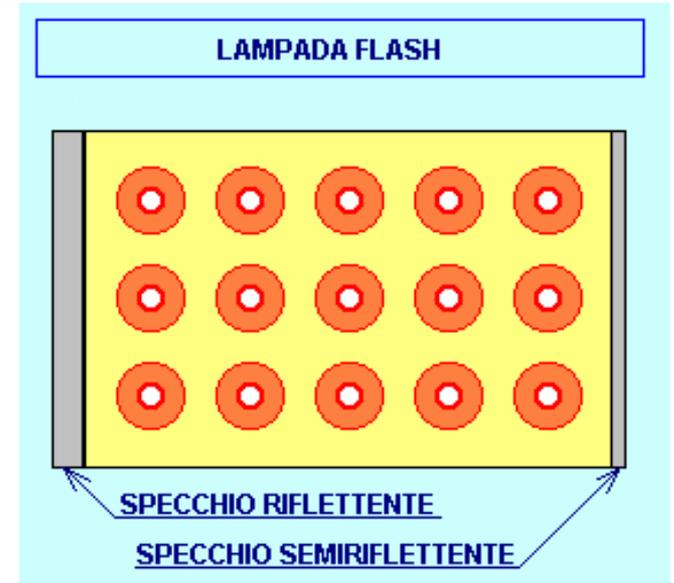
In condizioni normali, questi elettroni decadono nell'orbita più bassa in istanti successivi del tutto casuali e quindi imprevedibili, restituendo l'energia ricevuta, sotto forma di fotoni tutti con la stessa energia luminosa e quindi dello stesso colore, ma diretti però, in ogni direzione.

Questo tipo di emissione fotonica è detto di tipo naturale.

L.A.S.E.R.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Il **LASER**, invece, è in grado di produrre un'**emissione stimolata** a seguito della sua struttura di specchi paralleli, di cui uno perfettamente riflettente, ed uno semiriflettente, che detta di tipo FABRY - PEROT dal nome degli scienziati che li hanno inventato.



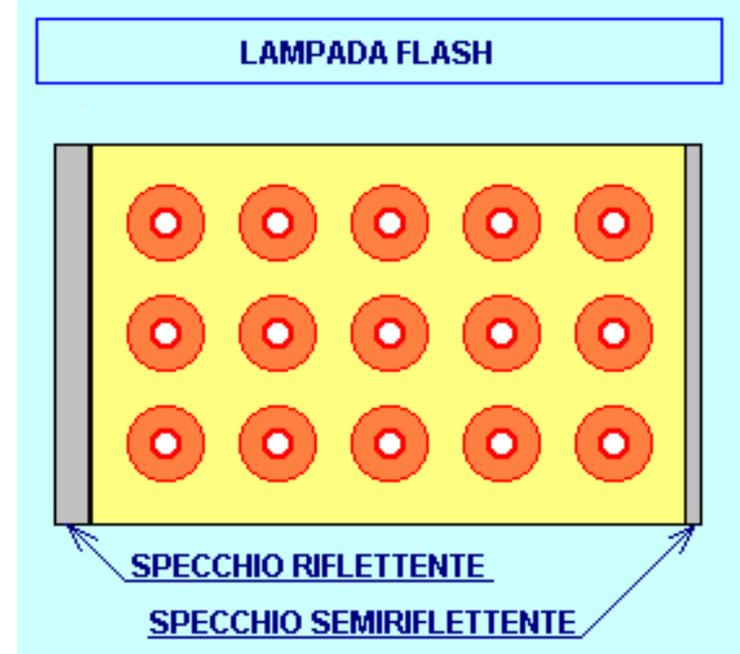
Infatti, quando i fotoni di luce monocromatica, prodotti dal decadimento degli elettroni nell'orbita inferiore, vengono generati, si vengono a trovare intrappolati in una struttura risonante, costituita dai due specchi **Fabry - Perot**, che li costringono ad andare avanti e indietro tante volte in linea retta

L.A.S.E.R.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

Questi fotoni, passando vicino agli atomi eccitati, producono il decadimento degli elettroni dall'orbita instabile a maggiore energia, a quella stabile a energia inferiore con conseguente emissione di altri fotoni, tutti rigorosamente della stessa frequenza e della stessa fase, che vengono anche loro costretti a oscillare in avanti e indietro fra i due specchi.

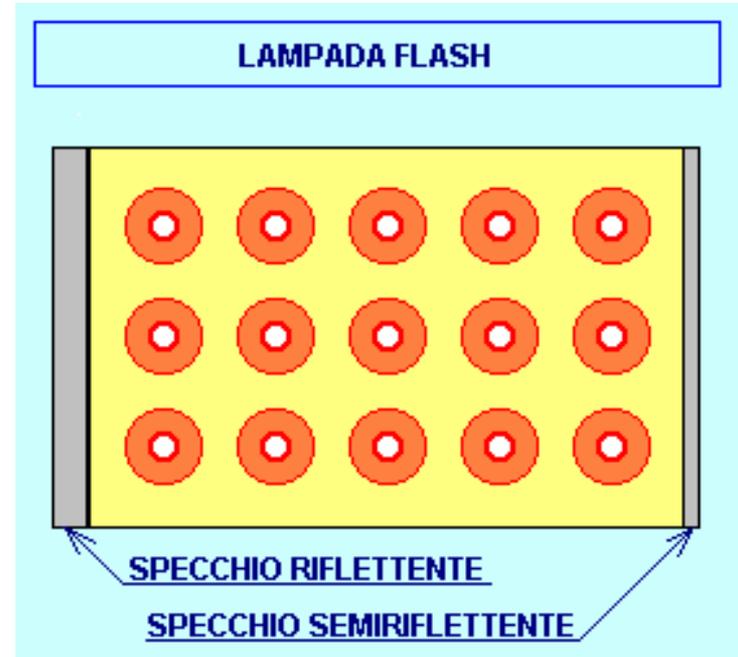
Questi costituiscono una cavità risonante ottica quando la distanza fra i due specchi risulta essere un multiplo intero di mezza lunghezza d'onda della radiazione **LASER**



L.A.S.E.R.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO

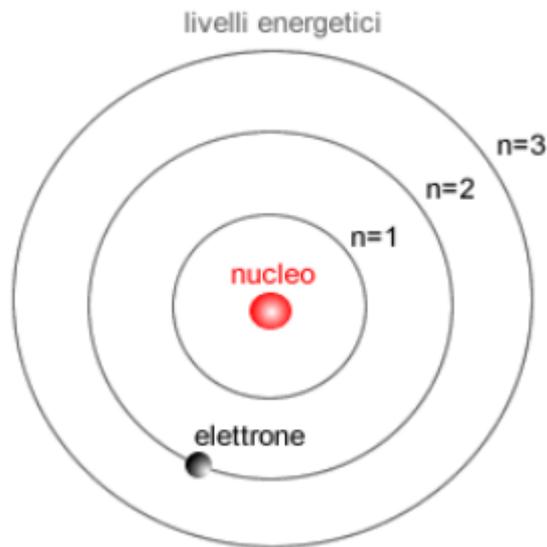
Raggiunta una certa intensità, i fotoni riescono ad uscire dallo specchio semitrasparente in un unico raggio perfettamente monocromatico e in fase, perché generato dall'**emissione stimolata** di atomi tutti assolutamente eguali, e perfettamente rettilineo, perché prodotto dopo un innumerevole numero di oscillazioni in linea retta che ne garantiscono la direzione rettilinea.



L.A.S.E.R.

Come funziona il laser

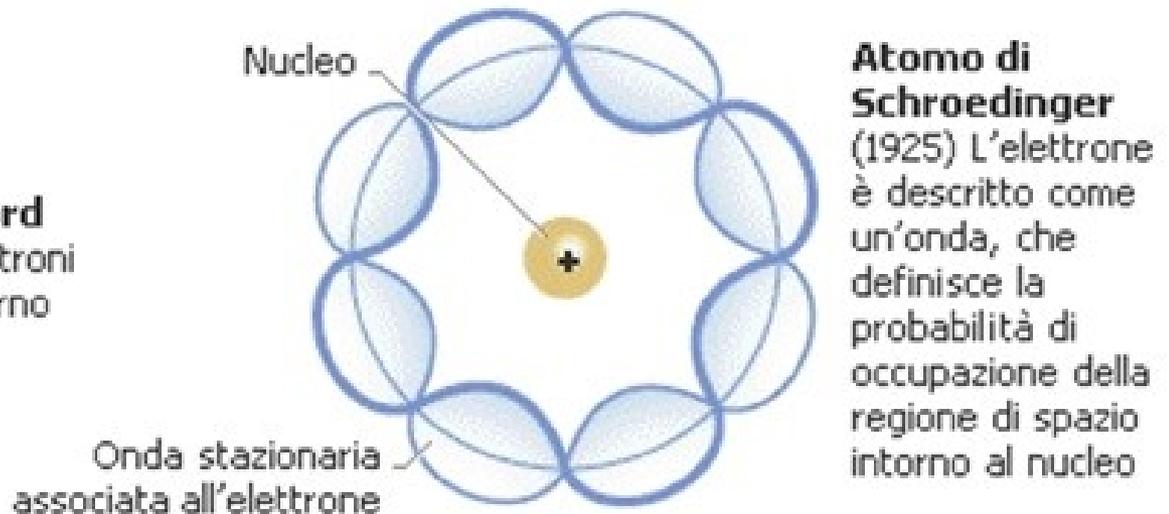
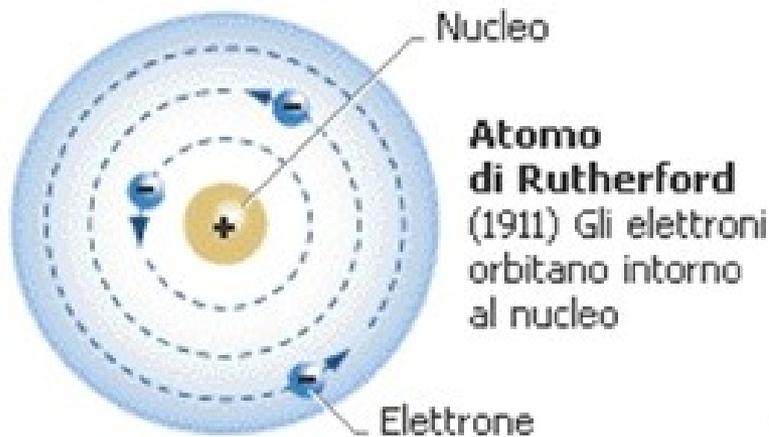
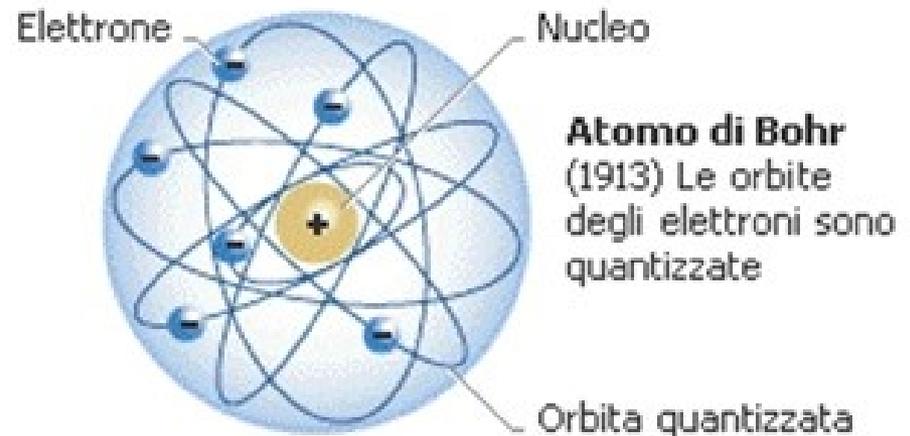
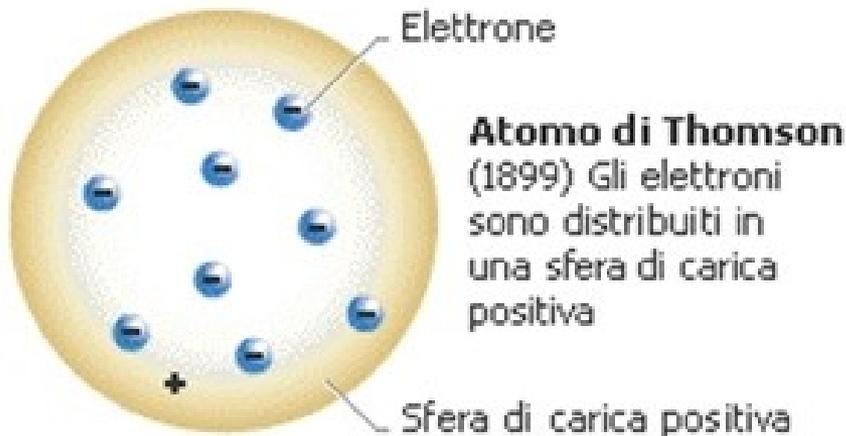
Il funzionamento del laser è spiegabile nella fisica quantistica con il fenomeno fisico dell'assorbimento e dell'emissione dei fotoni.



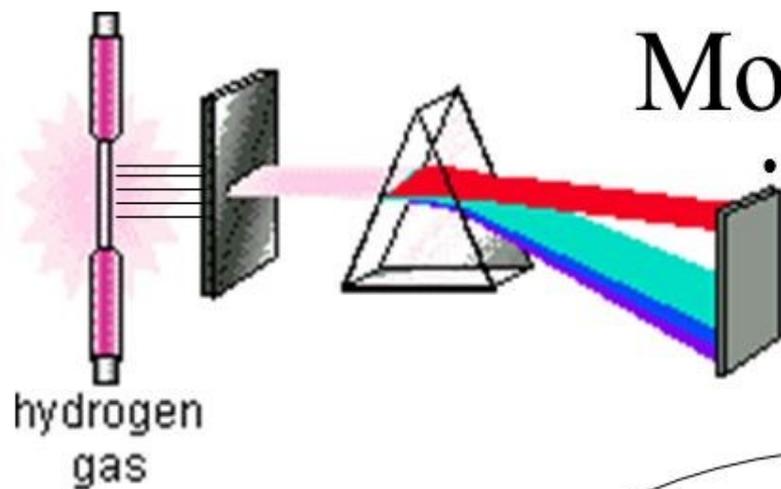
I livelli energetici più interni e vicini al nucleo richiedono minore energia rispetto a quelli più esterni e lontani.

Una volta capito questo si può capire anche il fenomeno dell'assorbimento e dell'emissione dei fotoni da parte dell'atomo.

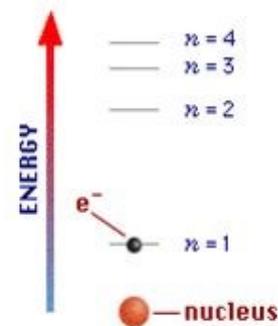
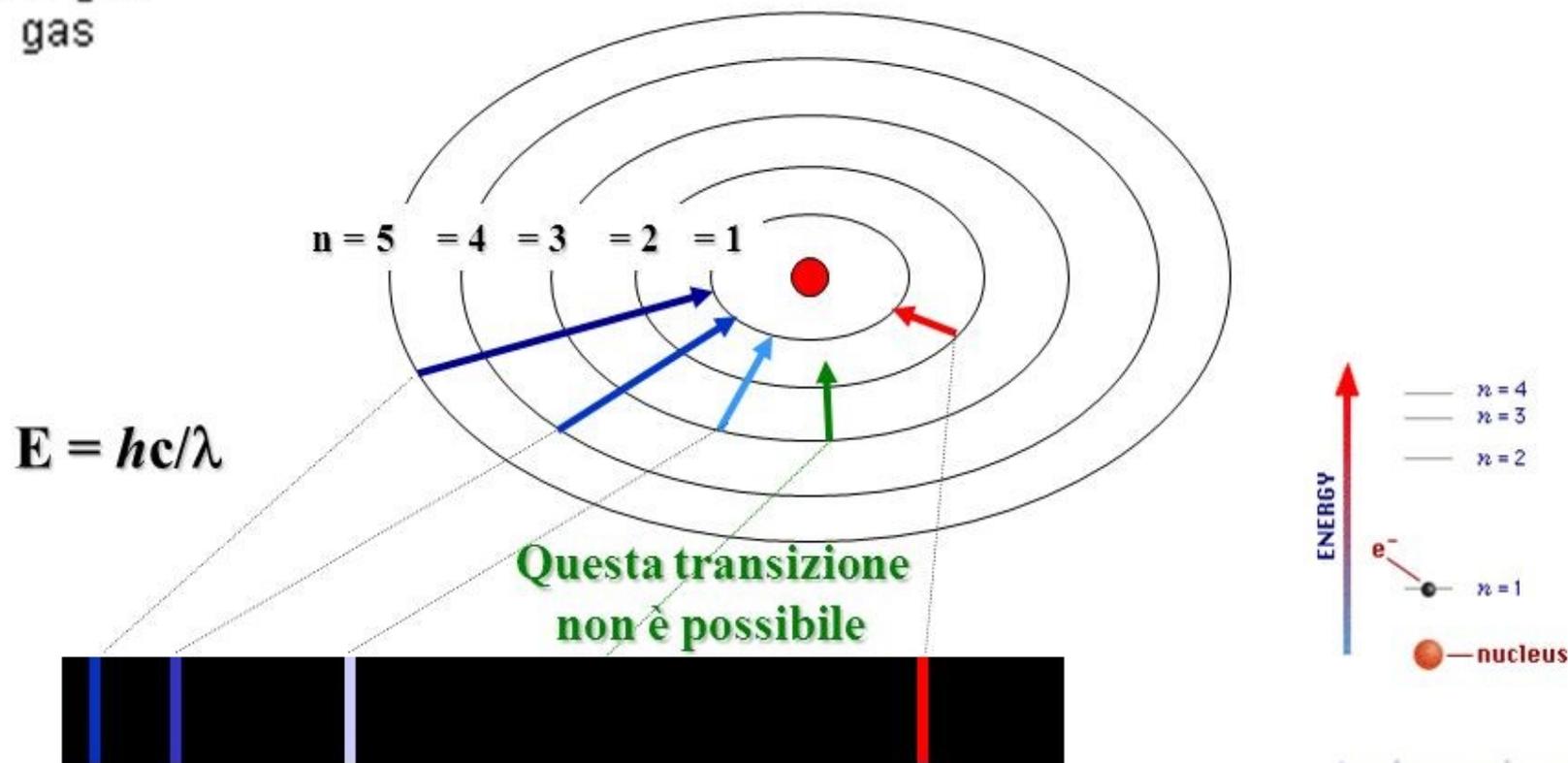
Evoluzione dei modelli dell'atomo



Modello atomico di Bohr



- Gli elementi eccitati emettono pacchetti specifici di energia (luce) quindi gli elettroni possono occupare solo orbite specifiche intorno al nucleo, ed ogni orbita ha energia quantizzata.



Spettro di emissione

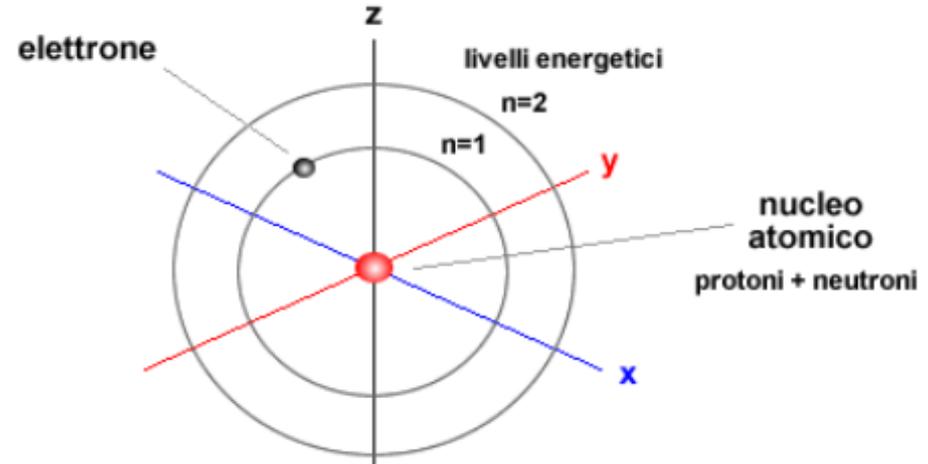
[Animazione](#)

L.A.S.E.R.

Assorbimento ed emissione di fotoni in un atomo

L'atomo quantistico è formato da un nucleo centrale e da diversi strati (livelli energetici) in cui orbitano gli elettroni.

In un atomo quantistico gli elettroni sono particelle di carica negativa che orbitano intorno al nucleo in un determinato livello energetico, su un orbitale di una particolare forma e orientamento (sottolivello).



Un atomo assorbe ed emette fotoni quando un elettrone si sposta da un livello energetico a un altro.

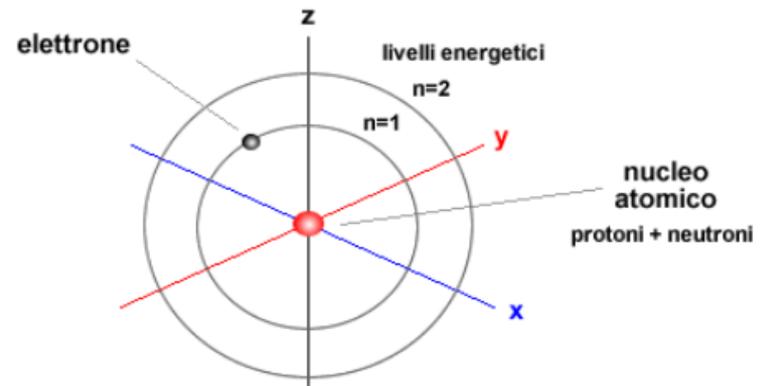
L.A.S.E.R.

I livelli energetici sono ordinati secondo una serie di numeri interi. Il livello energetico più interno e vicino al nucleo è quello più basso ed è associato al numero uno ($n=1$)

Il livello energetico successivo è associato al numero due ($n=2$) e ha una quantità di energia superiore al primo, e così via fino all'ultimo strato più esterno (n) dello spazio atomico.

L'ultimo livello energetico più esterno (n) è anche quello più intenso.

Il parametro che misura il livello energetico è detto numero quantico.



L.A.S.E.R.-gli orbitali

Gli orbitali

Un livello energetico è composto da uno o più orbitali che identificano le orbite seguite dagli elettroni nel loro moto intorno al nucleo.

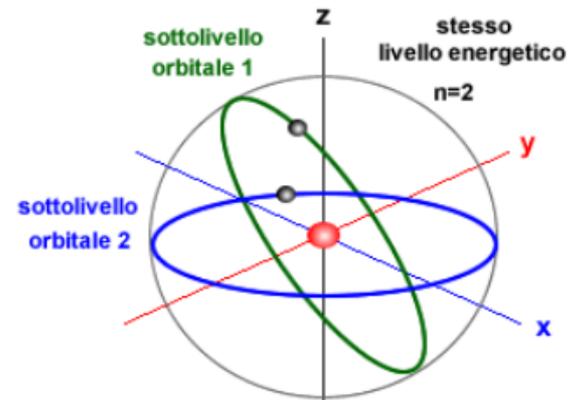
Sono detti sottolivelli energetici perché hanno lo stesso valore di energia del livello energetico.

Ogni singolo sottolivello energetico orbitale ha una forma diversa e un'orientazione differente rispetto agli altri orbitali dello stesso livello energetico (n).

Pur avendo lo stesso livello di energia.

Nota: Gli orbitali non devono essere necessariamente di forma circolare.

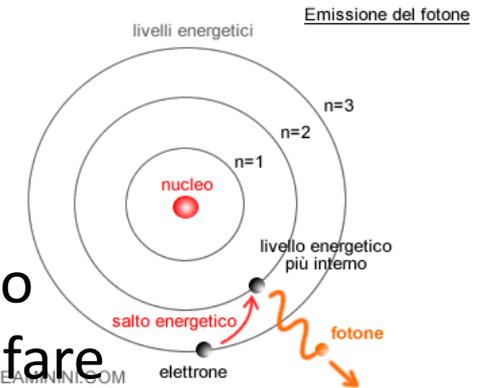
Inoltre, possono anche essere decentrati rispetto al nucleo atomico.



L.A.S.E.R.

Nota. In un atomo quantistico soltanto alcune orbite sono stazionarie.

Quindi, l'elettrone non può avvicinarsi al nucleo progressivamente e con continuità, bensì deve fare un salto da un livello all'altro e rilasciare una "quantità" discreta di energia.



Gli elettroni non irradiano energia quando si trovano in un'orbita stazionaria intorno al nucleo.

L'irraggiamento accade soltanto in occasione dei salti energetici verso l'interno.

L.A.S.E.R.

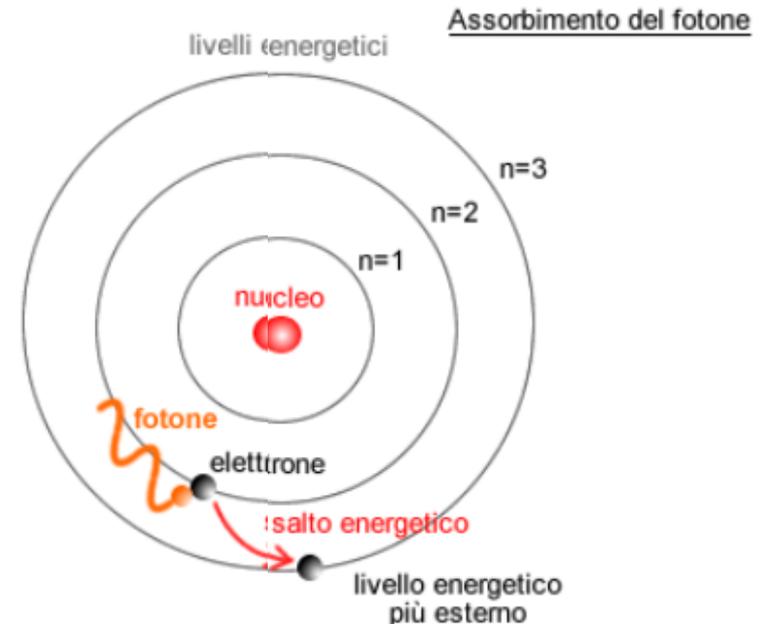
L'assorbimento di un fotone

Quando l'atomo viene investito da un fascio di luce (radiazione elettromagnetica), i fotoni della luce colpiscono gli elettroni degli atomi.

La collisione tra fotoni ed elettroni fornisce energia all'elettrone. In pratica, con l'impatto l'elettrone assorbe l'energia del fotone.

Avendo acquisito maggiore energia, l'elettrone eccitato si sposta su un livello energetico più esterno dell'atomo (salto energetico verso l'esterno).

Per passare allo stato eccitato l'elettrone deve assorbire una quantità di energia pari o superiore alla differenza di energia tra fra i due livelli energetici. (salto quantico)



L.A.S.E.R.



L'emissione del fotone

Nel corso del tempo l'elettrone eccitato perde spontaneamente energia e, a causa della forza di attrazione del nucleo atomico, si sposta nuovamente su un livello energetico più interno (salto energetico verso l'interno).

Il livello energetico più interno richiede una minore quantità di energia rispetto al precedente.

Pertanto, per stabilizzarsi sul nuovo orbitale l'elettrone deve rilasciare la quantità di energia in eccesso sotto forma di fotone.

In questo modo, l'elettrone perde lo stato eccitato e torna allo stato fondamentale iniziale.

Il salto energetico sull'orbita più interna determina l'emissione del fotone da parte dell'atomo.

APPLICAZIONI DEL LASER

A causa delle sue prestazioni molto specifiche, il **LASER** ha avuto in passato ed ha tuttora innumerevoli applicazioni in molti campi della tecnica, della medicina, delle scienze.

In medicina si ricordano:

a) il bisturi **LASER** che sostituisce il normale bisturi metallico, con il vantaggio della estrema sottigliezza del taglio e di cicatrizzare mentre taglia, impedendo quindi la perdita di sangue.

b) Nelle operazioni sulla **retina dell'occhio**, per la sua saldatura, oltre che per la sagomatura della **cornea** e quindi correzione definitiva dei difetti visivi, ed in particolari applicazioni di microchirurgia interna ed artroscopia.

L.A.S.E.R.

In campo militare vi sono le bombe a guida **LASER**, le armi da fuoco a puntamento **LASER**, usate sia per i cannoni, che per le pistole o i fucili.

Nell'industria con il **LASER** le stampanti 3D ,si tagliano i metalli o le tavole in legno per esempio per il modellismo con pilotaggio computerizzato da consolle,e gli interventi di precisione .

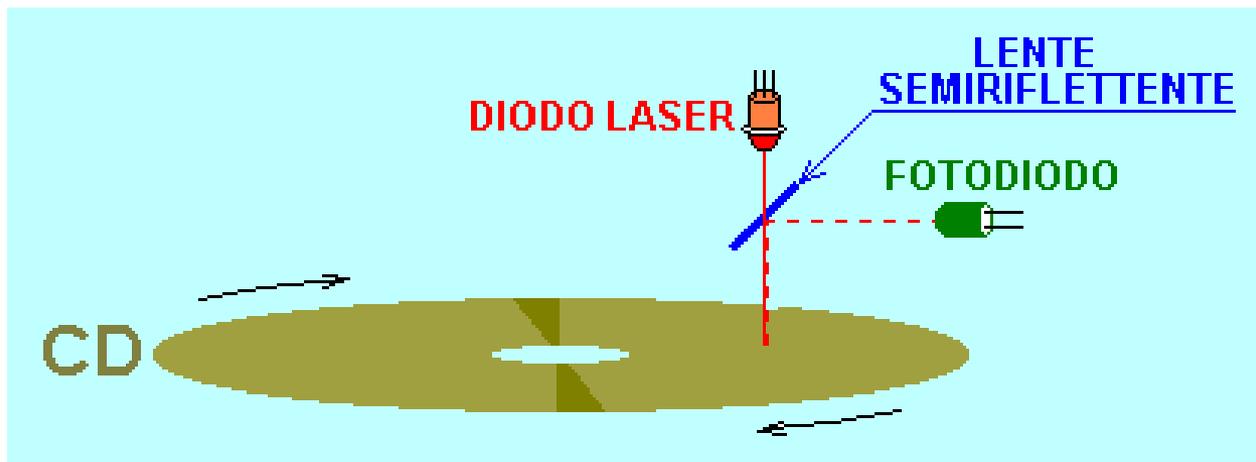
In astronomia il **LASER** è usato per mandare un raggio sulla luna e ritorno per misurarne la distanza con un errore di pochi centimetri, utilizzando uno specchio, rivolto verso la terra, lasciato dagli astronauti dell'**Apollo11** il 21 luglio del 1969. È stato a seguito della altissima precisione di questa misura che si è potuto rilevare, che la Luna si va lentamente allontanando dalla Terra.

L.A.S.E.R.

Nel campo scientifico, poi, gli impieghi sono certamente innumerevoli, specialmente nei campi della ricerca e sperimentazione di ogni tipo.

Il **LASER** consente inoltre la creazione di ologrammi, cioè di immagini tridimensionali.

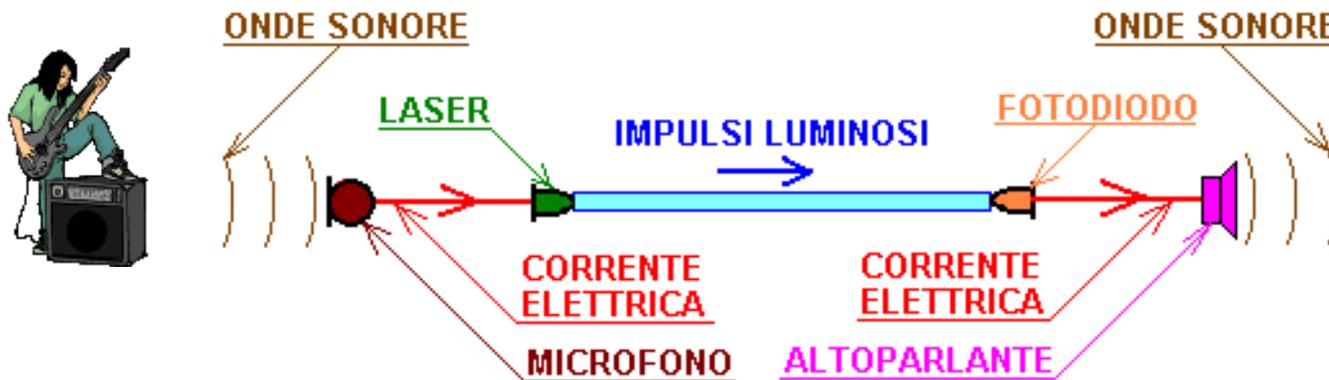
Nel campo dell'informatica il LASER è usato per i lettori CD, i masterizzatori, i DVD ,i mouses , microscopi etc.etc..



L.A.S.E.R.

SCHEMA A BLOCCHI DI UNA TRASMISSIONE IN FIBRA OTTICA

Il campo più interessante, però, è il campo delle Telecomunicazioni ed Internet dove il **LASER** è usato in coppia con i fotodiodi, per le trasmissioni in fibra ottica, come indicato schematicamente sotto.



Ovviamente queste sono solo alcune delle applicazioni !!!

L.A.S.E.R.

i dispositivi laser hanno avuto e continuano ad avere nei campi più disparati:

- l'elevatissima irradianza, data dal concentrare una grande potenza in un'area molto piccola, permette ai laser il [taglio](#), l'[incisione](#) e la [saldatura](#) di [metalli](#), ed un possibile utilizzo anche come arma;
- la monocromaticità e coerenza li rende ottimi strumenti di misura di distanze, spostamenti e velocità anche piccolissimi, dell'ordine del micrometro (10^{-6} m);
- sempre la monocromaticità li rende adatti a trasportare [informazioni](#) nelle [fibre ottiche](#) o nello spazio libero anche per lunghe distanze come avviene nelle [comunicazioni ottiche](#).

Inoltre impulsi laser ultrabrevi, dell'ordine dei femtosecondi, o con intensità elevatissima, dell'ordine dei 10^{18} W/cm² sono impiegati nelle più avanzate ricerche scientifiche.