

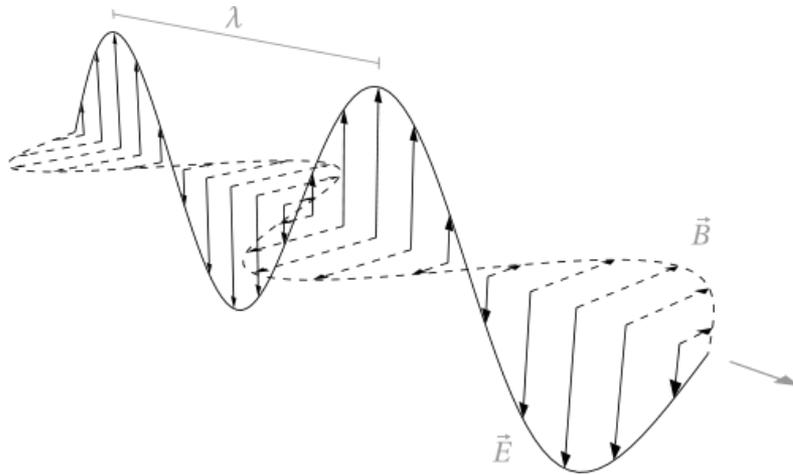
Laboratorio 2 - Turno C

Estabilidad de Laser Transmitancia

Clase 7
(26/10/2019)

Ondas Luminosas

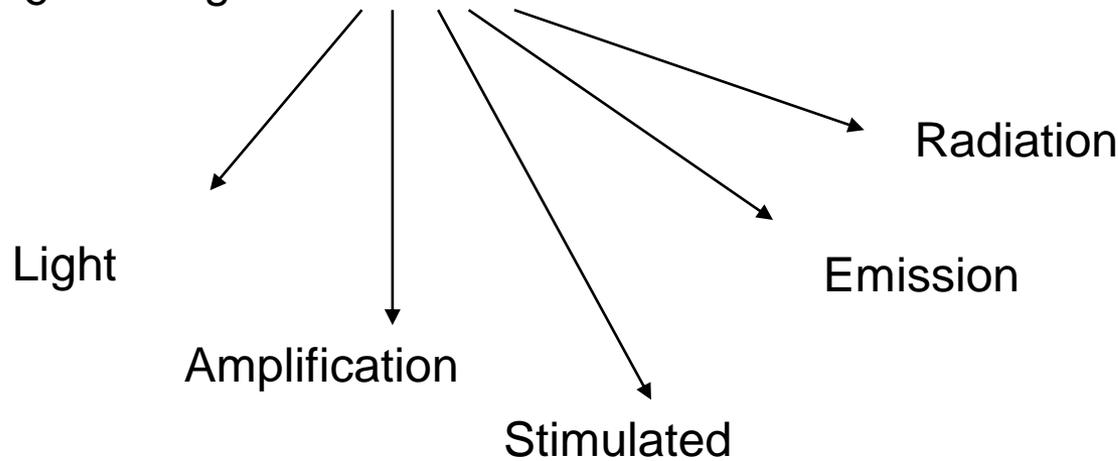
- En esta etapa del curso se buscará caracterizar la luz como fenómeno ondulatorio
- Luz \longrightarrow Ondas transversales



El campo magnético y el campo eléctrico son ortogonales y el plano que definen es perpendicular a la dirección de propagación

En las prácticas usaremos como fuente la luz emitida por un **laser** en el rango de luz visible

¿ Que significa LASER ?



Light amplification by the stimulated emission of radiation

Entonces el laser es ***una fuente luminosa que genera o amplifica radiación coherente del espectro electromagnético.***

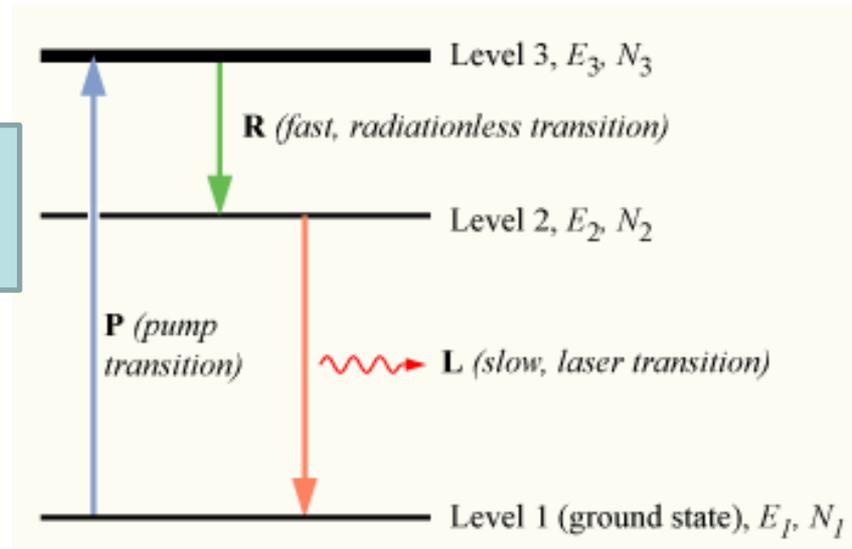
Características

- Distribución angosta de frecuencia de emisión ⇒ monocromaticidad
- Gran intensidad de salida
- Mínima dispersión angular
- Direccional
- Coherencia espacial
- Ruido despreciable
- Se pueden generar pulsos de muy corta duración y alta potencia ($\sim 10^{13}$ Watts)

Laser de 3 niveles

N átomos que pueden existir en 3 estados energéticos E_1 , E_2 , y E_3 , y poblaciones N_1 , N_2 , y N_3 ,

Luz
Descarga eléctrica
Reacción química



$$E_1 < E_2 < E_3$$

Si se continúa bombeando átomos, se excitará un número apreciable y entonces $N_3 > 0$. Se requiere que esos átomos excitados rápidamente decaigan al nivel 2.

La energía liberada en esta transición puede ser emitida como un fotón (emisión espontánea).

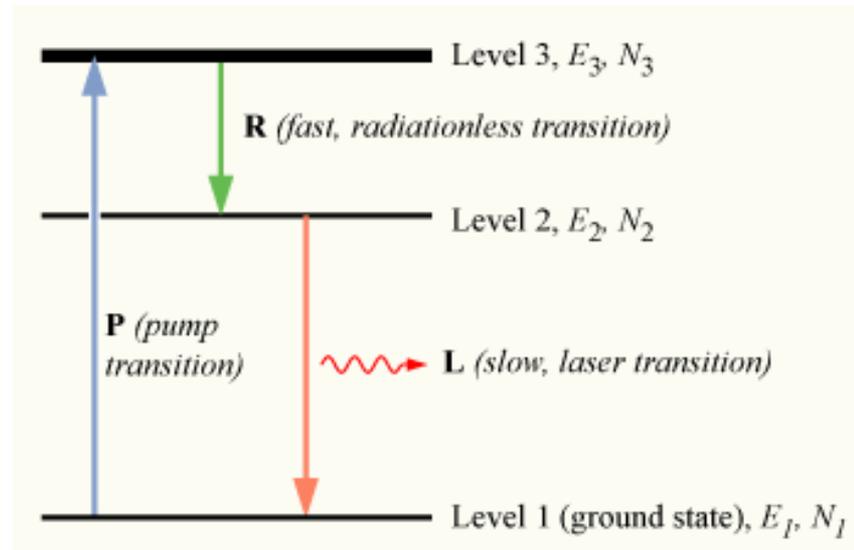
En la práctica la transición $3 \rightarrow 2$ no involucra radiación, sino energía que se transfiere al movimiento vibracional (calor).

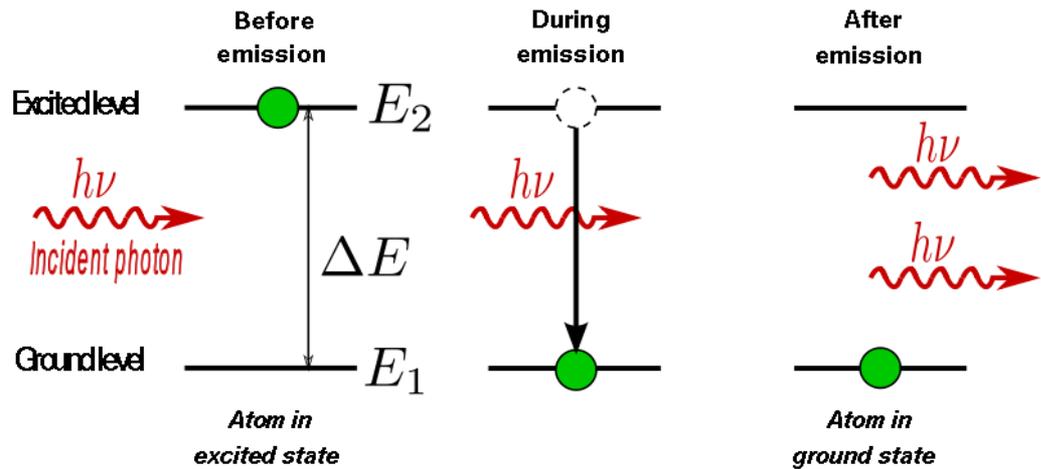
Un átomo en el nivel 2 puede decaer por **emisión espontánea** a su estado fundamental, liberando un fotón de frecuencia ν_{12} (dada por $E_2 - E_1 = h\nu_{12}$) \Rightarrow **transición laser**.

Si $\tau_{21} \gg \tau_{32}$, la población de la E_3 será prácticamente nula ($N_3 \approx 0$) y una población de átomos en estado excitado se acumulan en el nivel 2 ($N_2 > 0$).

Si más de la mitad de los átomos de N se puede acumular en N_2 , este superará a la población del estado fundamental N_1 .

Una inversión de población ($N_2 > N_1$) se alcanza entre el nivel 1 y 2, y se puede obtener amplificación óptica en la frecuencia de ν_{21} .





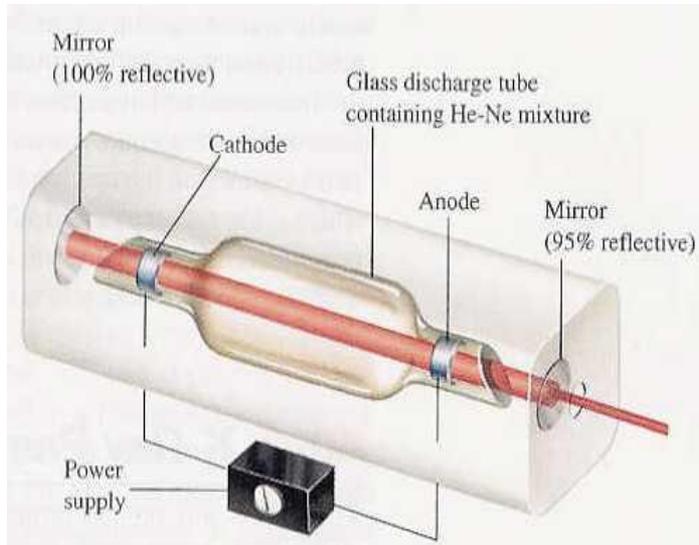
$$E_2 - E_1 = \Delta E = h\nu$$

Si un átomo está en un estado excitado (2) , podría ser perturbado por el paso de un fotón de frecuencia ν_{21} correspondiente al gap de energía ΔE entre el estado excitado y el fundamental (1).

Entonces, el átomo excitado se relaja al estado fundamental y es inducido a producir un segundo fotón de frecuencia ν_{21} en fase con el primero.

El fotón original no es absorbido por el átomo y por lo tanto el resultado neto es la presencia de dos fotones de la misma frecuencia. (emisión *estimulada*).

La idea de la primera parte de la práctica es caracterizar un laser gaseoso de He-Ne



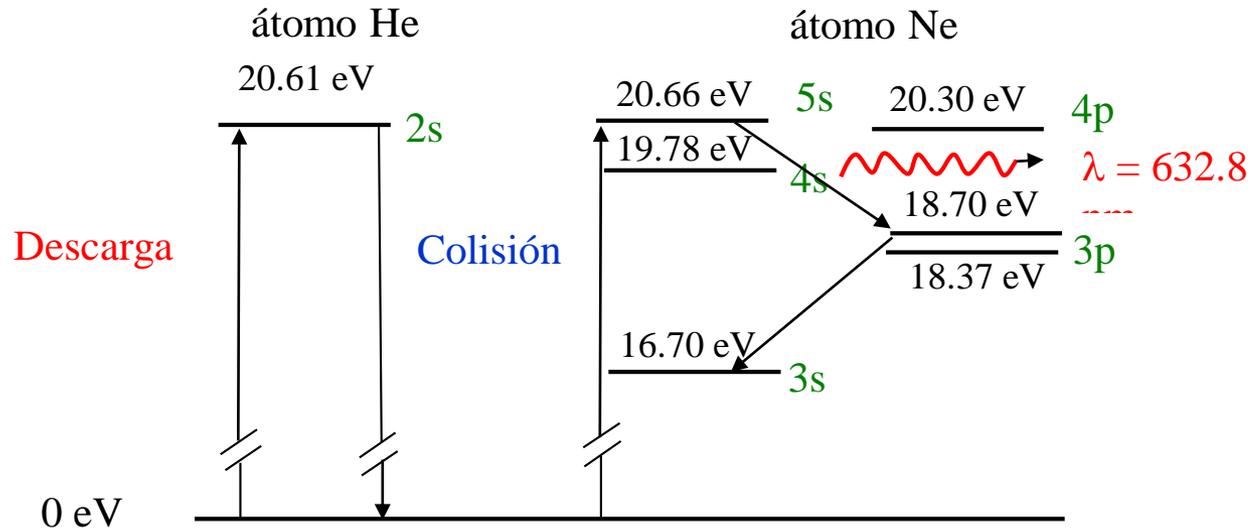
Una mezcla de He ($1s^2$) y Ne ($2s^2 2p^6$) a baja presión (mezcla típica 0.8 torr de He y 0.1 torr de Ne) se encuentra sellada en un tubo de vidrio que contiene dos electrodos conectados a una fuente de potencia para crear una ionización continua de la descarga gaseosa.

Los electrones acelerados desde el cátodo hacia el ánodo chocan con los átomos de He y Ne en el tubo laser de átomos neutros de He y Ne en estados excitados.

Estos átomos pueden desexcitarse y volver a su estado fundamental emitiendo luz espontáneamente. Esto genera una luz rosada en la cavidad (aún sin efecto laser).

Para tener efecto laser, es necesario tener más átomos en el estado excitado que en el fundamental y establecer lo conocido como *inversión de población*.

Diagrama de Energía



Un e^- acelerado choca con un átomo de He y lo lleva al estado excitado 2s.

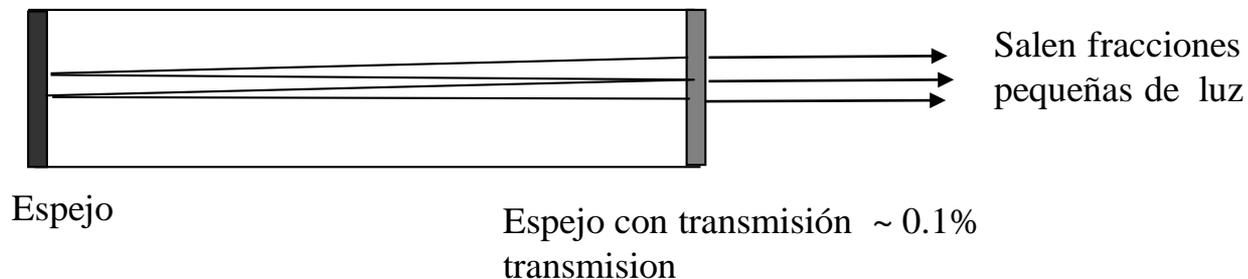
El átomo de He excitado choca inelásticamente con átomo no excitado de Ne, excitando éste.

Los átomos de Ne excitados decaen en diversos estados intermedios.

$$\Delta E = 20.66 - 18.70 = 1.96 \text{ eV} \Rightarrow \lambda = \frac{hc}{\Delta E} = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 3.0 \times 10^8}{1.6 \times 10^{-19} \times 1.96} = 632.8 \text{ nm}$$

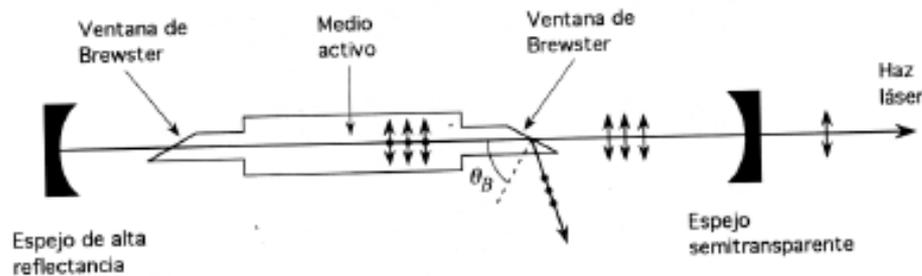
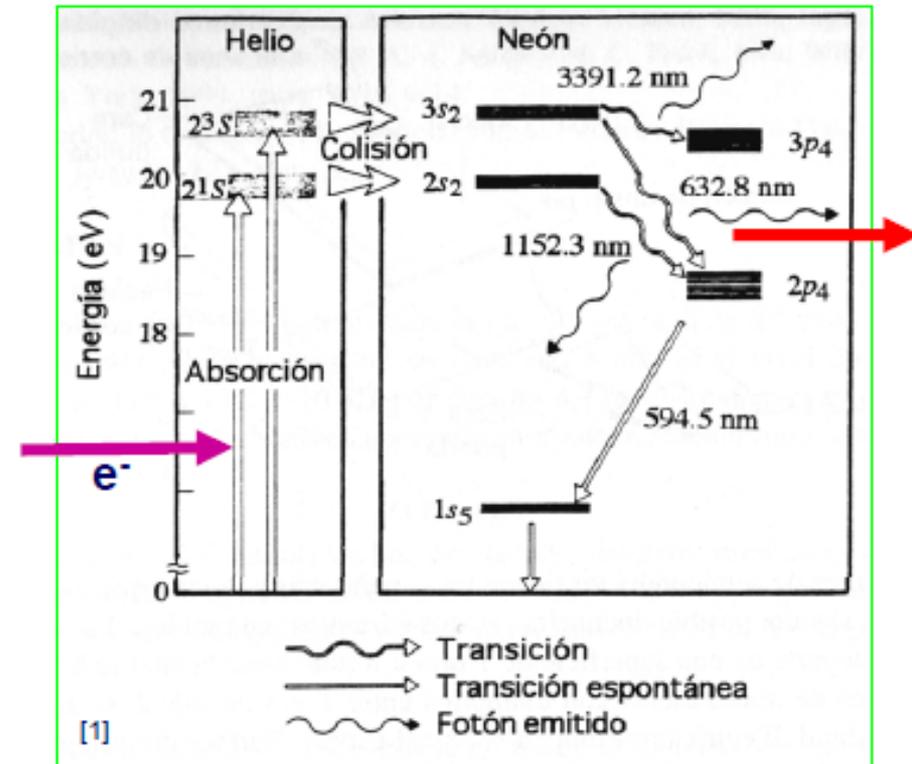
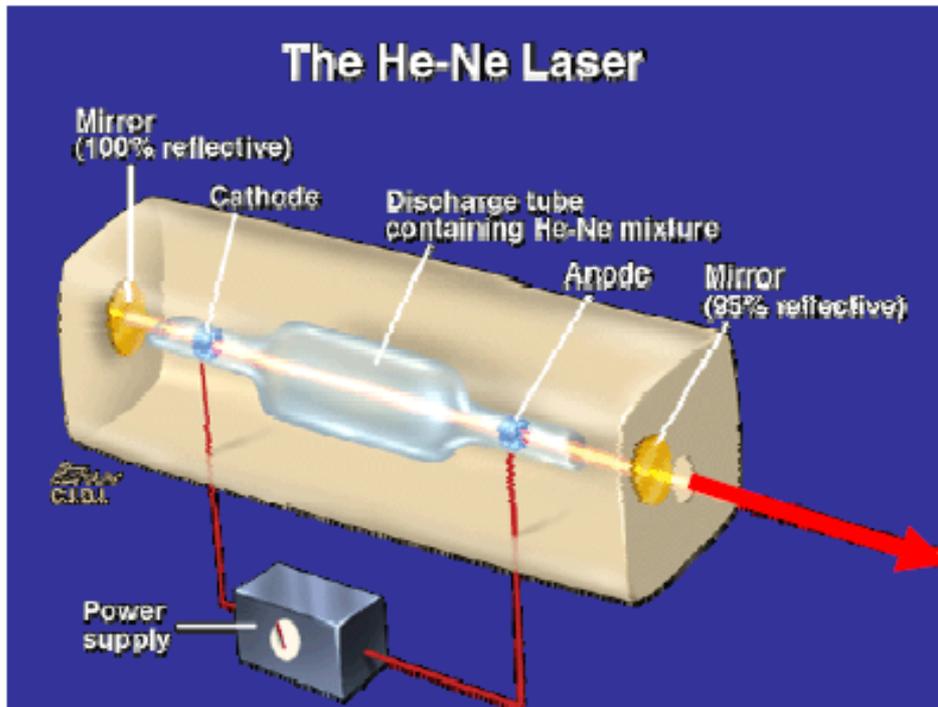
¿Cuáles son las condiciones para que funcione el laser?

- La luz bombeada no debe coincidir $E_2 - E_1 = h\nu_{12}$ ya que reduce la emisión N_2 por emisión estimulada.
- Necesidad de una intensa acción de bombeo para lograr la inversión de población $N_2 > N_1$, siendo metaestable el estado N_2 .
- Uso de espejos parcialmente reflectantes para recircular la luz inicial del laser para impulsar la emisión estimulada (crear una cavidad óptica).



El método de bombeo usado en un laser de He-Ne es por descarga de gas.

Láser de gas



Para conseguir la emisión de luz con polarización controlada, los extremos del recipiente del gas se tallan en forma de ventanas correspondientes al ángulo de Brewster. El haz emitido tiene polarización plana (aunque se pierde energía luminosa).

- He-Ne $\lambda \sim 632.8$ nm, P~ W aplicaciones industriales
- Ar⁺: $\lambda \sim 515$ nm, P~10 W aplicaciones médicas
- He-Cd: $\lambda \sim 442$ nm, P~10 mW análisis ambiental (polución, ...)
- CO₂: $\lambda \sim 10.2$ μ m, P~ kW cortes, taladros,

1.1. Transmitancia

Se define la transmitancia de un filtro como:

$$T = \frac{I_1}{I_0} \quad (1)$$

donde I_0 es la intensidad de la onda antes de atravesar el filtro e I_1 es la intensidad de la luz luego de atravesarlo. De la definición se deduce fácilmente que la transmitancia debido a dos filtros en serie es $T = T_1 \cdot T_2$, donde T_1 es la transmitancia del primer filtro y T_2 la del segundo.

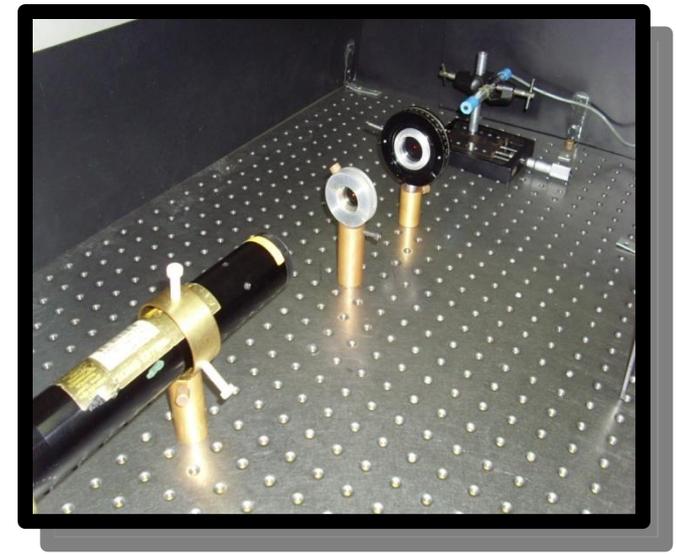
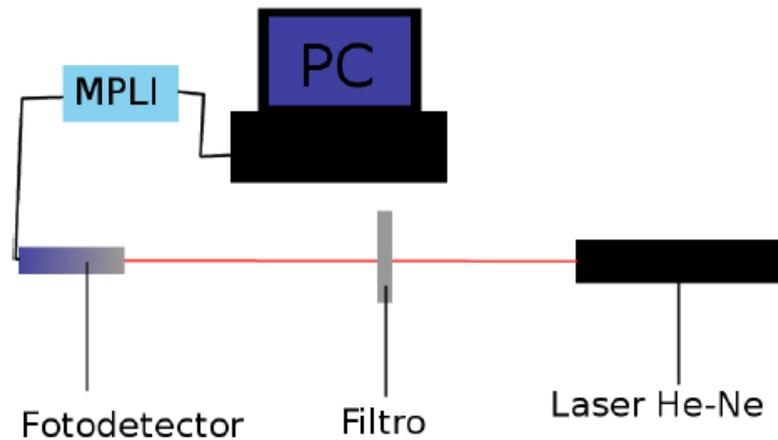


Figura 4: Configuración experimental utilizada durante la experiencia de transmitancia para una serie de filtros.