

## Física 3

### **Docentes:**

#### Teoría

Prof. Dr. Adrián Guillermo Gómez, jueves de 19 a 23 hs (a cargo de la materia)

Prof. Ing. Matías Dellagnolo, jueves de 19 a 23 hs y sábados de 14 a 16 hs

#### Lab. y problemas

### **Régimen:**

6 hs semanales    Jueves 19 a 23 hs

                                 Sábados 14 a 16 hs

2 parciales y 1 recuperatorio a elegir (entre 1ro o 2do parcial).

Se aprueba con 7 o más en c/parcial, no se promedian las notas de los parciales.

Se cursa la materia con 4 o más en c/parcial.

2 clases para trabajos prácticos de laboratorio

Los dos TP de lab. tienen que estar aprobados antes de c/parcial.

### **Trabajos prácticos de lab.:**

*TP1.- Estudio de la polarización de la luz*

*TP2.- Óptica física: interferencia y difracción*

TP3.- Efecto fotoeléctrico

TP4.- Radiación de cuerpo negro

TP5.- Espectroscopía atómica

TP6.- Difracción de electrones

# BIBLIOGRAFIA

## BIBLIOGRAFÍA BASICA

- FRANCIS W. SEARS, Fundamentos de Física 3, Editorial Aguilar, MADRID 1960.
- EISBERG R. MARTIN, Fundamentos de Física Moderna, Editorial Limusa, MEXICO 1992.
- D.C. GIANCOLI. Física General Vol. II. Prentice-Hall (1988).
- J.P.KELVEY/ H.GROTCH Física para Ciencias e Ingenierías 2 .Harla.(1981).
- J.P.MC KELVEY .Física del estado sólido y de semiconductores.México,Limusa,(1994)
- SERWAY-MOSES.-MOYER. Física Moderna.Tercera Edición –Thomson,2005
- ALONSO Marcelo - FINN Edward J. Física volumen III:Fundamentos cuánticos y estadísticos, México, Addison- Wesley Iberoamericana, 1986.
- FISHBANE Paul M. – GASIOROWICZ Stephen – THORNTON Stephen T., Física para ciencias e ingeniería, volumen I y II, México, Prentice Hall, 1993

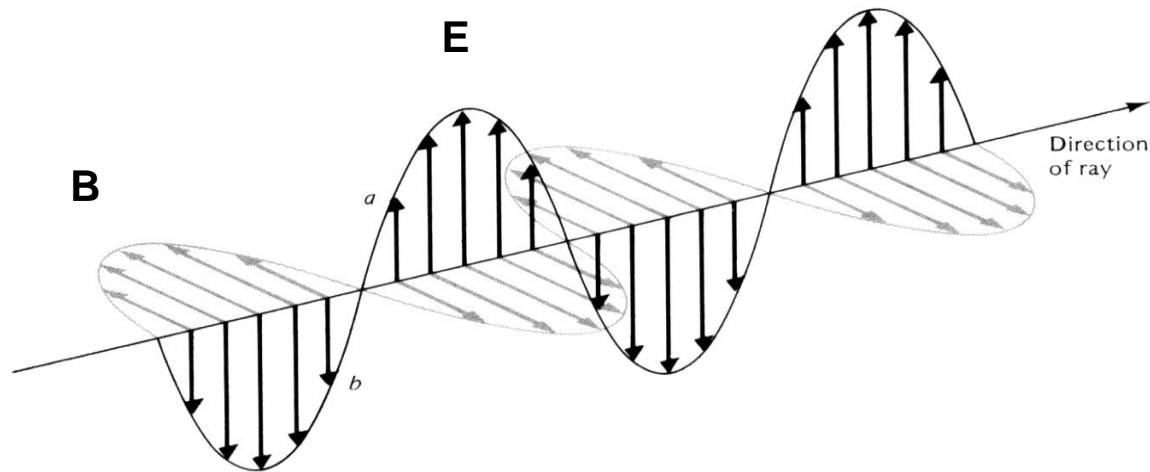
## BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

- FEYNMAN Richard y otros, Física volumen III: Mecánica cuántica, Estados Unidos, Addison-Wesley Iberoamericana, 1987.
- BUECHE Frederick, Física para estudiantes de ciencias e ingeniería volumen II. McGraw - Hill.
- HECHT Eugene – ZAJAC Alfred, Óptica, Estados Unidos, Addison-Wesley Iberoamericana, 1986.

# El espectro electromagnético. Clasificación y origen de la radiación

Naturaleza electromagnética de la luz

J. C. Maxwell demostró que la luz es una onda electromagnética compuesta por un campo eléctrico y un campo magnético perpendiculares entre si oscilando juntos. Un rayo de espesor infinitesimal puede expresarse por el siguiente gráfico:



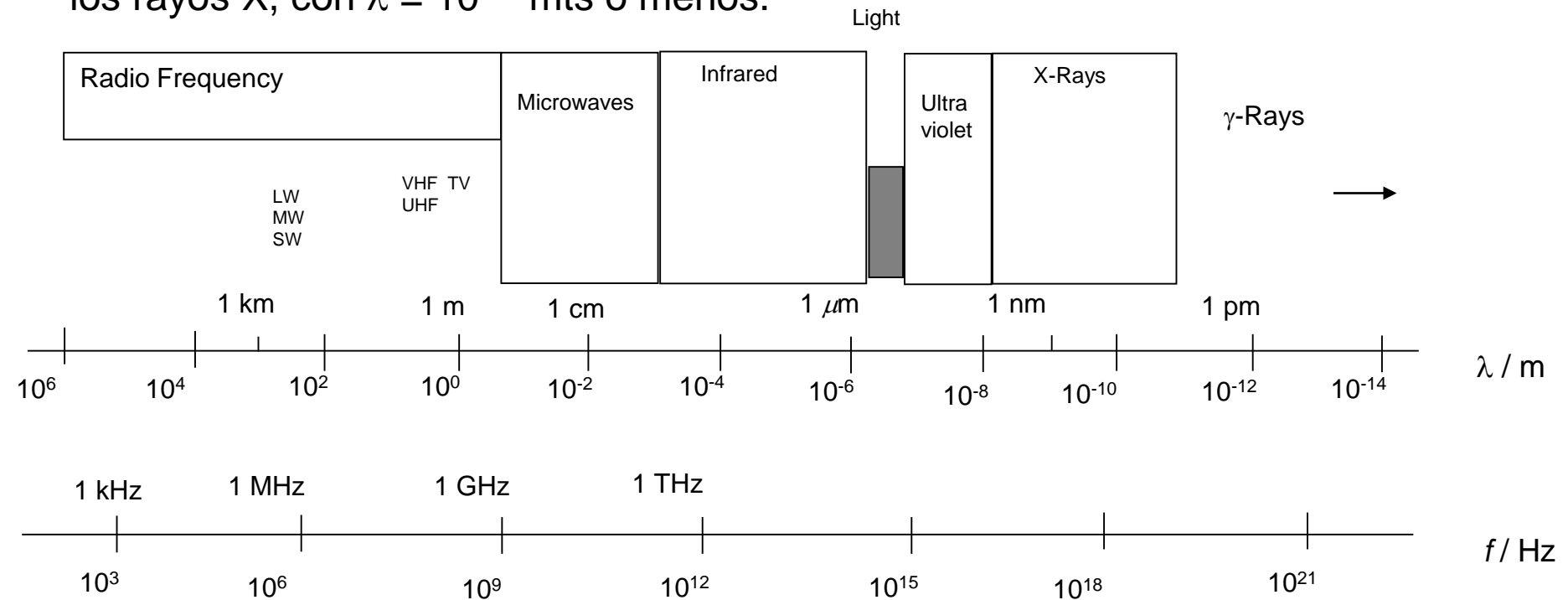
El campo magnético interactúa mucho más débilmente que el campo eléctrico con la materia, de manera que su presencia puede ignorarse. La luz puede modelarse como si fuera una onda oscilante transversal.

# Generación y detección de ondas electromagnéticas (EM)

La perturbación que genera una onda EM es el movimiento de cargas, pero esto ocurre en un enorme rango de escalas, desde la nuclear a la galáctica. Esto lleva a un enorme rango de longitudes de onda posibles. Las ondas EM son detectadas por su interacción con la materia al producir movimiento de cargas.

## El espectro electromagnético

Las longitudes de onda de una onda EM puede variar de millones de kilómetros a los rayos X, con  $\lambda = 10^{-12}$  mts o menos.



La visible constituye una angosta banda de frecuencias cuyas longitudes de onda varían entre 780 y 390 nm. La producen los movimientos de los electrones de las capas externas de átomos y moléculas.

Color	$\lambda$ [nm]	$f$ [ $10^{12}\text{Hz}$ ]
Rojo	780-622	384-482
Anaranjado	622-597	482-503
Amarillo	597-577	503-520
Verde	577-492	520-610
Azul	492-455	610-659
Violeta	455-390	659-769

Diferentes procesos dan lugar a ondas EM de otras longitudes de onda. Groseramente hablando, las ondas de radio se generan debido al movimiento de electrones en medios tenues (aire, gases en general), el infrarrojo se genera por vibraciones y rotación de moléculas, los rayos X cuando se excitan electrones internos y los rayos  $\gamma$  vienen de procesos nucleares. Estos procesos se han presentado aquí según un orden creciente en energías. El comportamiento de las ondas EM a bajas frecuencias es bien descrito por la teoría clásica de las ondas pero a altas frecuencias ellas interactúan con la materia y su comportamiento se explica con la teoría cuántica.

## Representación de una onda EM

Como dijimos, las ondas EM son ondas transversales compuestas por un campo eléctrico ( $E$ ) y un campo magnético ( $B$ ) perpendiculares entre si, y a su vez, ambos perpendiculares a la dirección de propagación de la onda.

Considerando propagación en el vacío, en la dirección  $x$ , la velocidad puede expresarse como  $v = c$  i donde  $c$  es el módulo de la velocidad de la luz en el vacío (300000 km/seg).

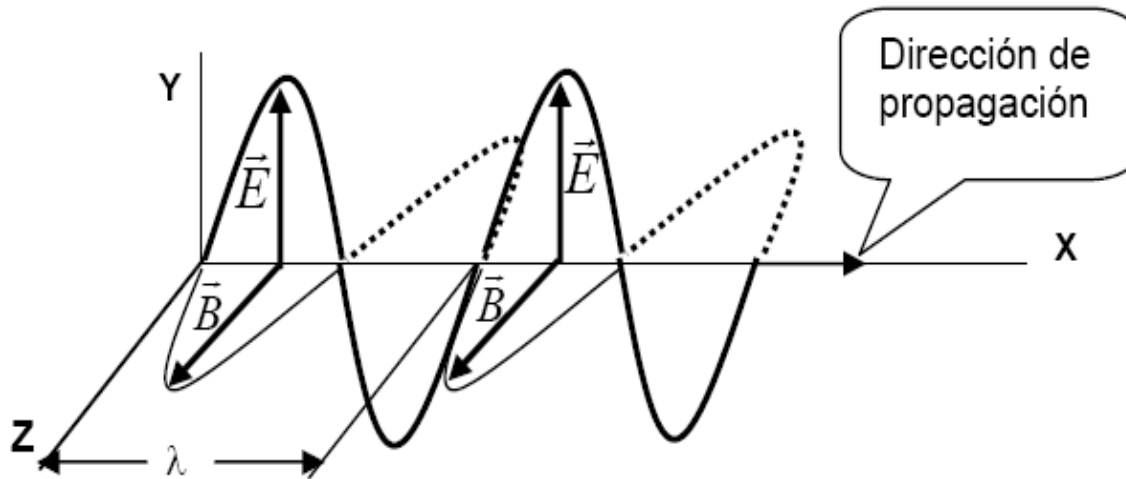


Fig. 1

## Detección de la radiación electromagnética

Así como las cargas en movimiento emiten radiación EM, la radiación también mueve cargas cuando incide sobre un material. Eso puede tener efectos secundarios que pueden guiar la detección. Pero, como ocurre con la emisión, la forma en que esto ocurre depende de la longitud de onda. Las ondas de radio producen corrientes aéreas las cuales pueden amplificarse para dar una señal con información. No podemos ver el infrarrojo pero podemos sentirlo como radiación térmica. Muchos insectos pueden ver dentro del UV, nosotros solo lo detectamos por las quemaduras de sol.

### Intensidad

La cantidad de energía que ilumina una superficie se llama irradiancia y es la energía promedio por unidad de área y por unidad de tiempo. En el modelo de ondas es proporcional al cuadrado de la amplitud del campo eléctrico.

$$I \propto \langle \mathbf{E}^2 \rangle$$

En el modelo cuántico, para una frecuencia particular, esta es proporcional al número de fotones que inciden en la unidad de área por unidad de tiempo.

Ley del cuadrado inverso de la distancia

La luz emitida por una fuente puntual viaja en todas direcciones produciendo ondas esféricas. El área de una superficie esférica de radio  $r$  es:

$$A = 4\pi r^2$$

Así como la onda se expande la energía se diluye sobre la superficie de la esfera. La irradiancia cae proporcionalmente a la inversa del cuadrado de la distancia de la fuente:

$$I \propto \frac{1}{r^2}$$





# Modelo vectorial de la onda electromagnética. Interferencias

Las ondas comienzan como una perturbación (fuente) y propagan energía.

Clasificación:

-ondas transversales: la vibración es perpendicular a la dirección de propagación (olas en un estanque).

-ondas longitudinales: la vibración tiene la misma dirección que la de propagación de la onda (sonido).

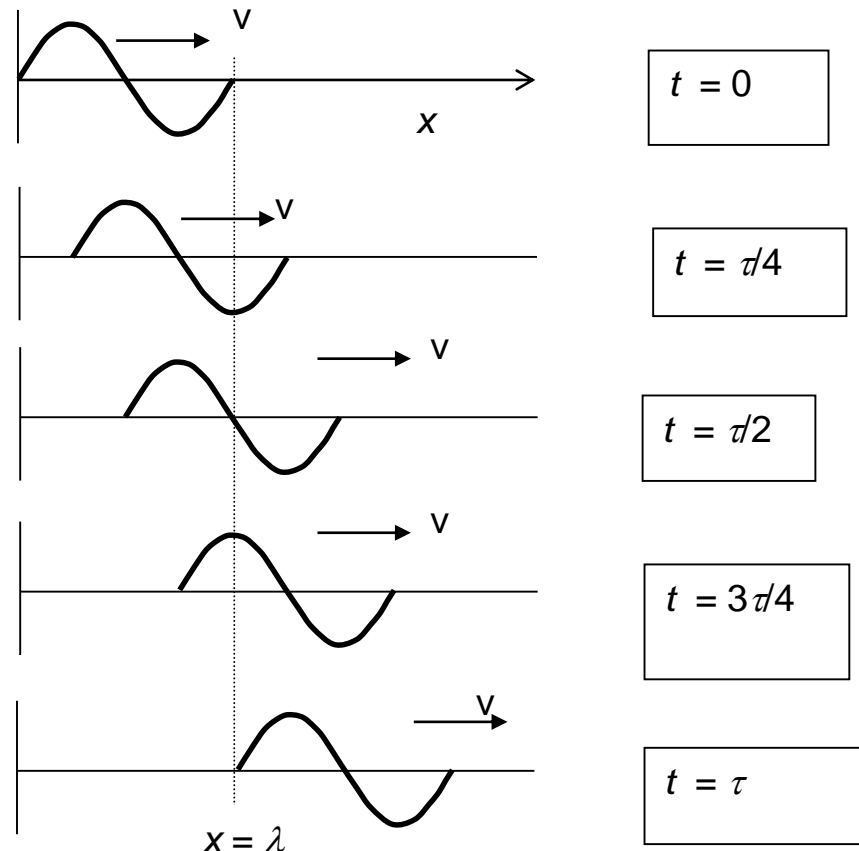
La luz es un tipo de onda transversal, de manera que nos enfocaremos en ellas.

La longitud de un ciclo completo se llama longitud de onda,  $\lambda$ . Viajando a velocidad  $v$ , esto demora un tiempo  $\tau$

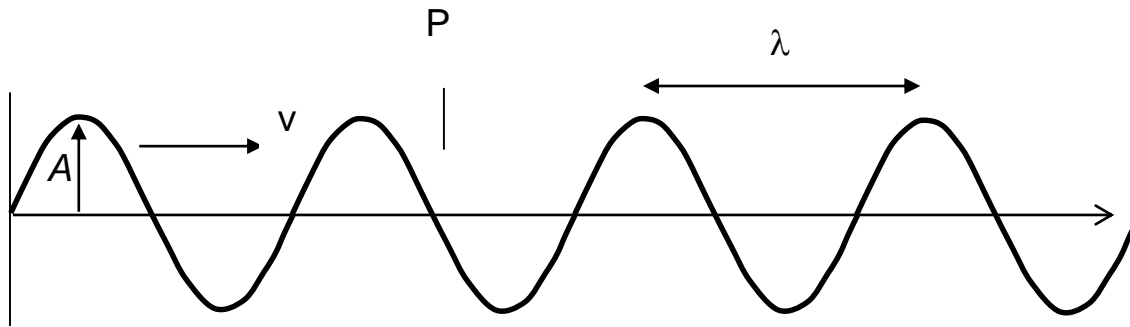
$$\tau = \frac{\lambda}{v} \quad (1)$$

Donde  $T$  es el período de la onda

Supongamos una onda que viaja por una cuerda a una velocidad  $v$  [m/seg]



## Trataremos con ondas continuas



La distancia entre crestas es la forma más sencilla de medir longitudes de onda. El número de crestas que pasan por un punto P arbitrario en un segundo se denomina frecuencia,  $f$ . Se expresa usualmente en Hertz (Hz) o en ciclos/seg. Si dos crestas sucesivas demoran un tiempo  $\tau$  (en segundos) en pasar el punto P, entonces el número de crestas pasando por segundo es la frecuencia  $f$ .

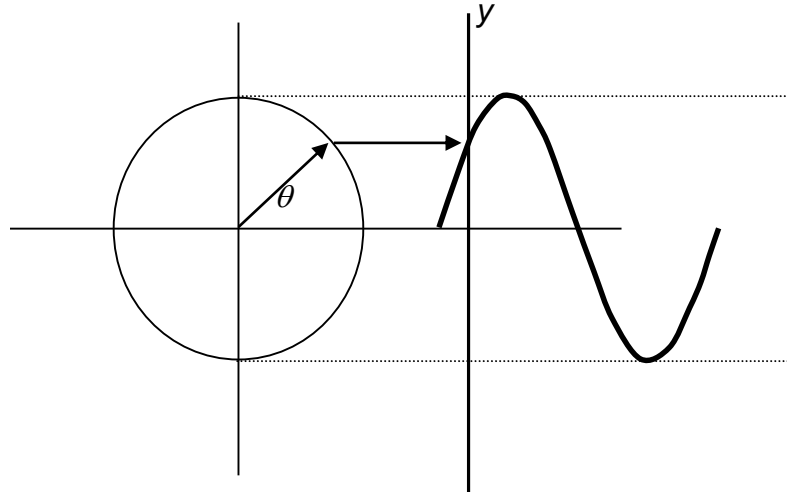
$$f = \frac{1}{\tau} \quad (2)$$

Combinando (1) y (2)

$$v = \lambda f \quad (3)$$

## Oscilador Armónico Simple

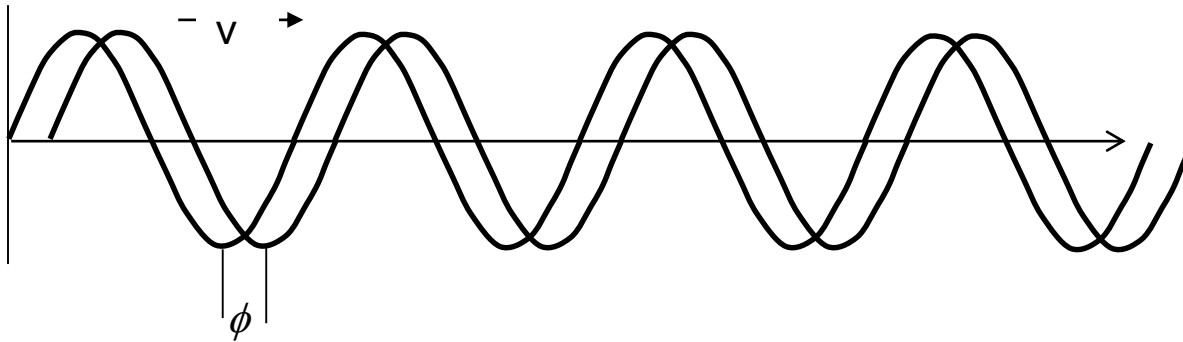
Una onda sinusoidal esta íntimamente ligada al movimiento circular



La altura  $y = \text{sen } \theta$  siendo  $A$  el radio del círculo. El ángulo  $\theta$  se llama ángulo de fase y puede ser usado como una medida de la posición a lo largo del frente de onda. En esa medición la longitud de onda completa es siempre  $2\pi$  radianes o  $360^\circ$ . Hay muchos ejemplos físicos que pueden modelarse con un movimiento oscilatorio armónico simple: un péndulo, un peso colgado de un resorte, una sierra oscilante.

## Diferencia de fase

Para determinar una onda debemos decir donde y cuando arranca o dar su fase a una determinada posición y tiempo. Las ondas que se muestran abajo tienen la misma amplitud y frecuencia pero una diferencia de fase. La diferencia de fase es  $\phi$ , que se mide en radianes o grados.



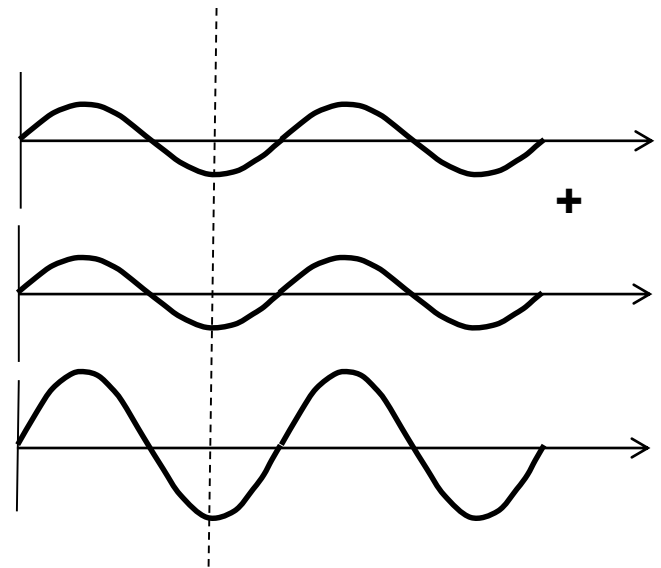
Se dice que la 2<sup>da</sup> onda tiene una diferencia de fase  $\phi$  respecto de la 1<sup>ra</sup>

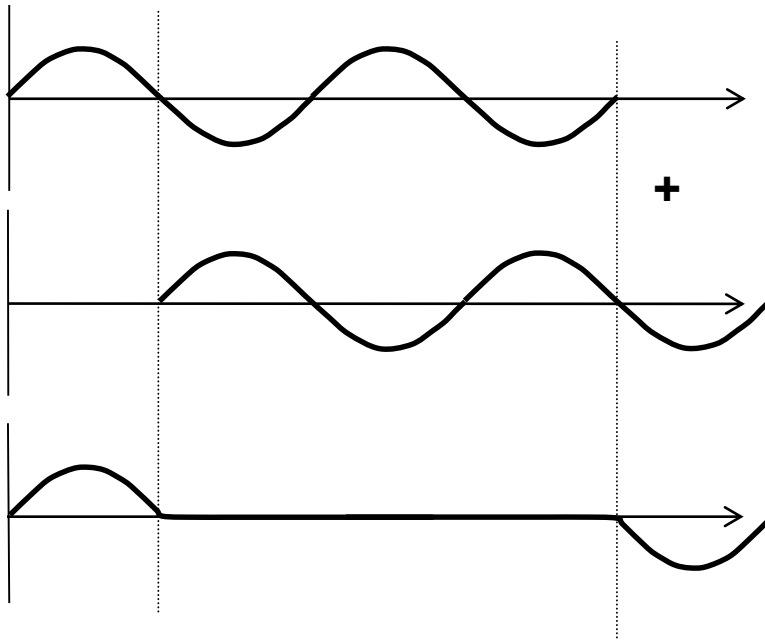
## Interferencia

Si dos ondas se encuentran en el mismo lugar, simplemente se suman, pero el resultado depende de la diferencia de fase que existe entre ellas.

### Interferencia constructiva

Dos ondas en fase,  $\phi = 0$ , interfieren constructivamente.





### Interferencia destructiva

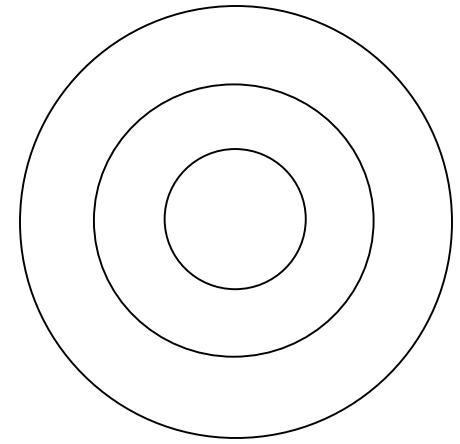
Dos ondas y una diferencia de fase de  $\phi = \pi$  radianes entre ellas. Interfieren destructivamente.

La interferencia es responsable de los colores que se observan en films delgados, como las burbujas, manchas de aceite sobre el agua y fenómenos como la iridiscencia en las alas de las mariposas. Experimentos como el de la doble rendija de Young o los anillos de Newton, que veremos próximamente, dependen de la interferencia y demuestran la naturaleza ondulatoria de la luz.

La luz viaja en línea recta porque es el único camino que interfiere constructivamente consigo mismo. Todos los otros caminos en promedio suman 0.

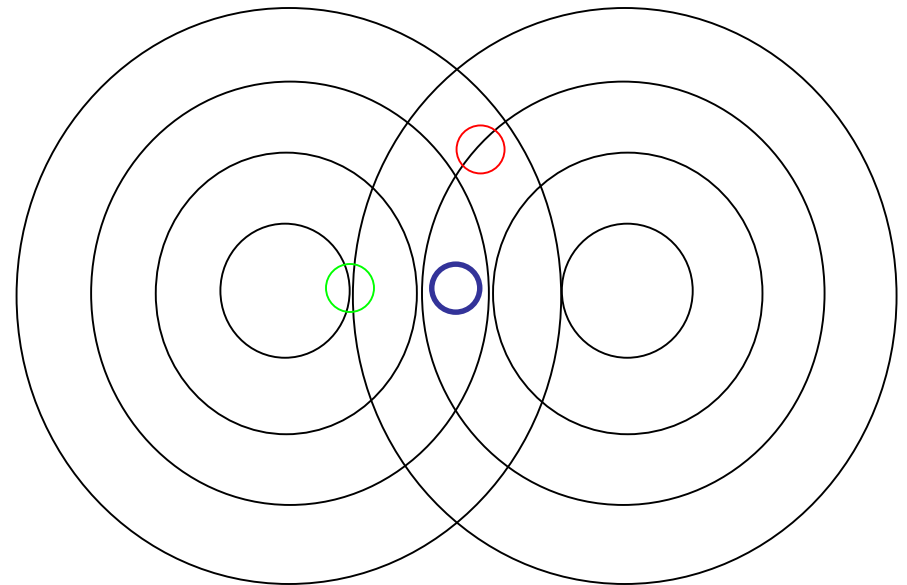
## Ondas en 2d y 3d

Una piedra en un charco produce ondas en dos dimensiones. La luz proveniente de una fuente puntual se expande en todas direcciones produciendo ondas esféricas tridimensionales. Las superficies esféricas alrededor de la fuente (donde el campo eléctrico es constante) se llaman *frentes de onda*. Como las ondas se alejan de la fuente el frente de ondas se va volviendo plano. La luz proveniente de las estrellas esta formada por ondas planas.



## Interferencia en un charco

Si se arrojan dos piedras simultáneamente en un lago las ondas interfieren y forman patrones. Si las líneas de la figura representan crestas y el espacio entre ellas son valles. Donde están los puntos más bajos y más altos del patrón resultante y donde los puntos en los que las ondas se cancelan?



## Ondas en 2d y 3d

Una piedra en un charco produce ondas en dos dimensiones. La luz proveniente de una fuente puntual se expande en todas direcciones produciendo ondas esféricas tridimensionales. Las superficies esféricas alrededor de la fuente (donde el campo eléctrico es constante) se llaman *frentes de onda*. Como las ondas se alejan de la fuente el frente de ondas se va volviendo plano. La luz proveniente de las estrellas esta formada por ondas planas.

