



UNIÓN DE ASOCIACIONES
DE INGENIEROS TÉCNICOS
INDUSTRIALES Y GRADUADOS
EN INGENIERÍA DE LA
RAMA INDUSTRIAL DE ESPAÑA

VIDEO EXPLICATIVO: https://www.youtube.com/watch?v=7NmQDhqw_C4

UNIÓN DE ASOCIACIONES DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES Y GRADUADOS EN INGENIERÍA DE LA RAMA INDUSTRIAL DE ESPAÑA (UAITIE)

“CONVOCATORIA 2018”

**III PREMIO NACIONAL DE INICIACIÓN A LA INVESTIGACIÓN
TECNOLÓGICA**

**Título del Trabajo:
VPEEL**

AUTOR/ES:

Marcos Martínez Cuesta
Xavier Mondéjar Cuesta
Miguel Ángel López Martínez
Darío Carrasco Martínez

BLOQUE TEMÁTICO:

Eficiencia Energética y Lumínica

NIVEL EDUCATIVO:

1º BACHILLERATO

COORDINADOR:

Francisco Javier Pérez Mora

Marzo de 2018



Resumen

Este proyecto tiene como objetivo incrementar la eficiencia tanto lumínica como energética en un aula de proyecciones (o en cualquiera en la que se utilice un dispositivo de proyección de imagen y vídeo) de cualquier centro educativo. En este proyecto desarrollamos uno de tipo teórico con nitrobenzono, (pero también se podría realizar un proyecto con cristales polarizados que al rotarlos a través de una placa arduino UNO y un servomotor no deje pasar la luz) idóneo para un uso doméstico y educativo. Éste, tendrá como objetivo el de aumentar la eficiencia lumínica u térmica, ya que utilizamos el efecto Kerr, ya que el nitrobenzono tiene la capacidad de no dejar pasar la luz, pudiendo así regularla. Hemos sido incapaces de realizarlo prácticamente, debido a que el compuesto utilizado es altamente tóxico y no se puede obtener en España sin permiso y con muchas restricciones. En el experimento se verifica el efecto Kerr en nitrobenzono, ya que en este caso la constante de Kerr es particularmente grande. El líquido se llena en un pequeño recipiente de vidrio, en el que se ha construido un condensador de placas apropiado (celda Kerr). El montaje se encuentra entre dos filtros de polarización cruzados perpendiculares entre sí, y es iluminado con un haz de luz linealmente polarizado. El campo visual estará oscuro si no se aplica el campo eléctrico. Cuando se aplica el campo eléctrico el campo visual se esclarece, debido a que el haz de luz al pasar por el líquido birrefringente se polariza elípticamente.

Al incrementar la eficiencia de la luminosidad de la clase, reducimos significativamente el uso innecesario de energía lumínica para intentar estabilizar los reflejos que se producen en las pantallas. Al reducir el consumo de energía lumínica, supondrá un incremento de la eficiencia y reducción del consumo eléctrico. Por lo tanto, estaremos frente a un aumento significativo de la eficiencia lumínica y energética del aula en cuestión.



Palabras Clave

- **Nitrobenceno:** Derivado nitrado del benceno. Es un líquido oleoso, tóxico, incoloro, ligeramente soluble en agua y muy soluble en alcohol y éter
- **Efecto Kerr:** Es una birrefringencia creada en un material por un campo eléctrico exterior. Fue descubierto en 1875 por el físico escocés John Kerr, y se caracteriza por la existencia de dos índices de refracción diferentes: un haz luminoso se divide en dos haces cuando penetra en este material.
- **Polarización lumínica:** Fenómeno de polarización que se debe a que las ondas luminosas no suelen estar polarizadas, de forma que la vibración electromagnética se produce en todos los planos. La luz que vibra en un solo plano se llama luz polarizada.
- **Arduino UNO:** Es una placa de desarrollo de hardware para construir dispositivos digitales y dispositivos interactivos que puedan controlar objetos del mundo real. Arduino se enfoca en acercar y facilitar el uso de la electrónica y programación de sistemas embebidos en proyectos multidisciplinarios. Los productos que vende la compañía son distribuidos como hardware y software libre.



Índice

Resumen.....	2
Palabras Clave.....	2
Índice.....	3
Estilo general del texto.....	4
1. <i>Desarrollo</i>	4
2. <i>Tablas</i>	4
3. <i>Figuras</i>	4
4. <i>Normas básicas a tener en cuenta</i>	5
5. <i>Referencias</i>	5



Estilo general del texto

En este capítulo se presenta el estilo general del texto que se desarrollará en formato de página A4. Se ha optado por un estilo ARIAL 12 pt con interlineado 1,5 líneas y doble salto de línea en los puntos y aparte. Se ha utilizado justificación del texto. Los márgenes recomendados son: superior 3 cm, inferior 1,5 cm, izquierdo 3 cm, derecho 1,75 cm.

Desarrollo

1.1 Introducción

Kerr descubrió en 1875 que una sustancia transparente isotrópica se vuelve birrefringente al colocarse en un campo eléctrico. Si por simplicidad suponemos una sustancia colocada entre las armaduras de un condensador plano, siendo estas armaduras rectangulares, el paralelepípedo de sustancia delimitado por las armaduras se comporta como un paralelepípedo de calcita cuyo eje óptico coincide con la dirección del campo eléctrico impuesto. Si se hace incidir normalmente a una de estas caras un haz de luz, tendremos la propagación de un haz ordinario y un haz extraordinario, pero que en este caso no sufre desviación. Consideremos a este haz polarizado y de tal forma que haga un ángulo con el eje óptico, es decir, que el vector campo eléctrico de la radiación forme ese ángulo con el vector campo estático impuesto a la sustancia. Al vector campo eléctrico de la radiación lo podemos descomponer en dos vectores, uno paralelo al eje óptico extraordinario y uno perpendicular ordinario, los cuales se encuentran en fase al entrar en el paralelepípedo descrito.

Kerr encontró experimentalmente que la birrefringencia aumenta con el cuadrado del campo eléctrico. El medio adquiere las características de un cristal uniáxico cuyo eje óptico corresponden a la dirección del campo aplicado. Los dos índices están asociados con las dos orientaciones del plano de vibración de la onda esto es, paralela y perpendicular al campo eléctrico aplicado respectivamente. El efecto Kerr es proporcional al cuadrado del campo, denominándose a menudo efecto electro-óptico cuadrático. El efecto en los líquidos se atribuye a que la polarizabilidad de las moléculas es distinta en diferentes direcciones. En ausencia del campo las moléculas

están orientadas caóticamente, por los que el líquido en conjunto no manifiesta anisotropía. Bajo la acción del campo las moléculas giran de tal modo que en la dirección de aquél estén orientados en sus momentos dipolares eléctricos (sí las moléculas son polares) o las direcciones de máxima polarizabilidad (si las moléculas son neutras). Como resultado el líquido se hace ópticamente anisótropo.

De los líquidos conocidos el que mayor constante de Kerr tiene es el nitrobenzeno.

1.2 Objetivos

Tiene como objetivo incrementar la eficiencia tanto lumínica como energética en un aula de proyecciones (o en cualquiera en la que se utilice un dispositivo de proyección de imagen y vídeo) de cualquier centro educativo.

También tiene como objetivo evitar los reflejos de la luz solar que se pueden dar en las pantallas de proyección.

1.3 Metodología

Usamos el nitrobenzeno en su estado líquido. Vertemos el nitrobenzeno en un recipiente con dos placas de capacitor (Celda Kerr) bien seco y limpio de tal manera que el líquido llene el espacio entre las placas.

Montamos el experimento con la fuente de alimentación apagada y en la posición cero (tope izquierdo) del potenciómetro.

Posteriormente colocamos la celda Kerr entre dos filtros de polarización (polarizador y analizador) enfrentados entre sí de modo tal que la luz no pueda pasar.

El sistema debe de estar bien centrado con el láser, polarizador, analizador y la fotocelda a la misma altura que el eje de las plaquitas de la celda de Kerr.

Terminando el ajuste dentro del banco óptico colocamos el polarizador a con respecto al plano horizontal (si la celda Kerr tiene sus placas dispuestas verticalmente).

Durante 10 minutos aplicamos una tensión de 10.000 V y luego durante otros 10 minutos aplicamos una tensión gradualmente creciente hasta el máximo que se pueda usar.

Este paso tiene por objeto hacer que las partículas de polvo y otras impurezas que puedan provocar descargas eléctricas entre las placas se depositen sobre alguna de ellas, una inversión de polaridad provocaría una migración de estas partículas por lo que no debemos cambiar la polaridad durante el experimento. Cuando aplicamos una tensión lo suficientemente alta a las placas del capacitor, el nitrobenceno se volvía birrefringente y era posible el paso de la luz. Este efecto fue más evidente cuanto mayor era la tensión aplicada.

1.4 Resultados

Datos obtenidos de la bibliografía y utilizados para hacer los cálculos pertinentes:

- Espesor de la sustancia birrefringente atravesada por la luz:

$$d = 16 \text{ mm}$$

- Separación entre placas:

- $\alpha = 1.5 \text{ mm}$

- Valor de la tensión para el primer máximo:

$$V_{\text{max}} = 4.7 \text{ kV}$$

Para calcular la constante de Kerr utilizamos la ecuación:

$$\varphi = 2\pi d \kappa' E'^2$$

Para el primer máximo tenemos que $\varphi = \pi$ además $E' = V_{\text{máx}}/\alpha$

$$\pi = 2\pi d \kappa' \left(\frac{V_{\text{máx}}}{\alpha} \right)^2$$

$$\kappa' = \left(\frac{\alpha}{V_{\text{máx}}} \right)^2 \cdot \frac{1}{2d}$$

Reemplazando los valores de α , d y V_{max} resulta:



$$\kappa' = 286.47 \times 10^{-7} \text{ cm/statvolt}^2 \quad (20^\circ\text{C}, \lambda_0 = 633\text{nm})$$

$$(1\text{statvolt} = 300\text{V})$$

De la bibliografía obtenemos un valor referencial de la constante de Kerr para el nitrobencono:

$$\kappa = 220 \times 10^{-7} \text{ cm/statvolt}^2 \quad (20^\circ\text{C}, \lambda_0 = 589.3\text{nm})$$

Para hallar la constante de Kerr para el nitrobencono, no involucramos en ningún momento la longitud de onda del láser con el cual hemos trabajado, sin embargo es importante tener en cuenta la temperatura al cual se ha estado trabajando, pues este factor puede modificar considerablemente nuestro valor de

. Teniendo en cuenta lo anterior podemos comparar la constante de Kerr dada en la bibliografía y la hallada en nuestra experiencia, puesto que estas se encuentran a una misma temperatura, de esa manera podemos hallar un porcentaje de error respecto al valor referencial.

$$\% \epsilon = \left| \frac{\kappa - \kappa'}{\kappa} \right| \times 100\% \approx 30\%$$

- En el segundo método colocamos una tensión aproximadamente constante de $V = 2.5\text{kV}$ y trazamos un diagrama polar de la intensidad luminosa en función de la posición angular α .

Sustituimos en las ecuaciones

$$\begin{array}{l} \beta = 0, \alpha = 45^\circ \\ \beta = 90^\circ, \alpha = 135^\circ \end{array} \quad \Rightarrow \quad \begin{array}{l} I_e = 0.238 \sim 1 + \cos\varphi \\ I_n = 0.152 \sim 1 - \cos\varphi \end{array}$$

$$r = \frac{I_e}{I_n} = \frac{1 + \cos\varphi}{1 - \cos\varphi} = 1.5658$$



$$\varphi = \arccos\left(\frac{r-1}{r+1}\right) = 77.26^\circ \approx 0.43\pi \text{ rad.}$$

$$0.43\pi = 2\pi d\kappa'' E'^2$$

$$\kappa'' = \left(\frac{0.215}{d}\right) \left(\frac{a}{V}\right)^2$$

$$\kappa'' = 435.37 \times 10^{-7} \text{ cm/statvolt}^2 \quad (20^\circ\text{C}, \lambda_0 = 633\text{nm})$$

$$\% \epsilon' = \left| \frac{\kappa - \kappa''}{\kappa} \right| \times 100\% \approx 90\%$$

1.5 Conclusión

Logramos observar el fenómeno relacionado a la birrefringencia inducida en un líquido por un campo eléctrico, esto se refleja en el cambio de intensidad al cambiar la tensión entre las placas.



Tablas

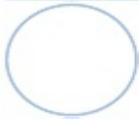
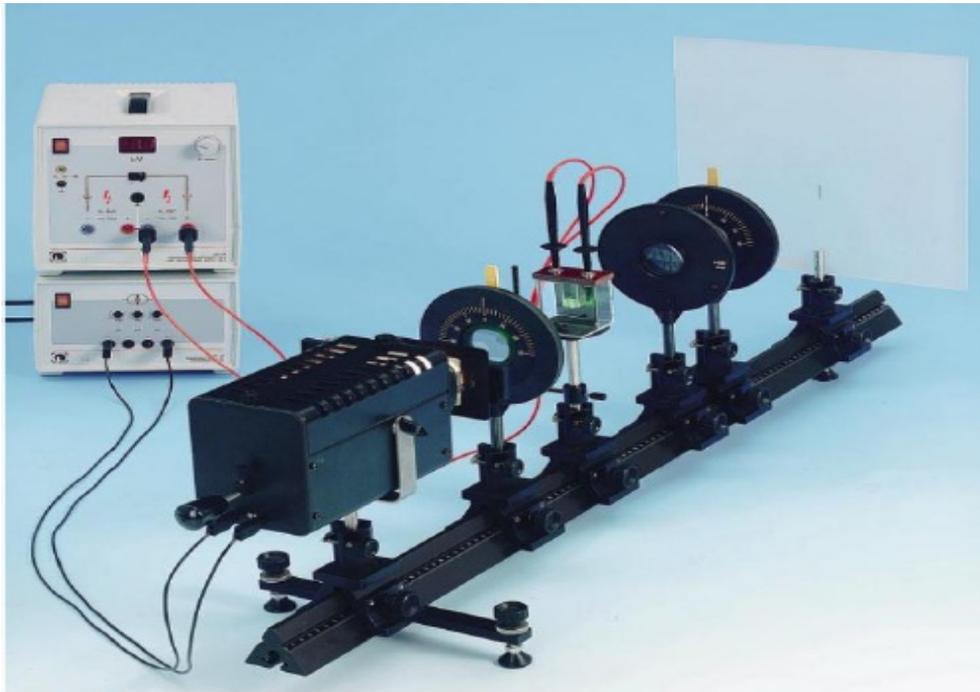
1 Datos experimentales para hallar la constante Kerr por el primer método.

Tensión entre las placas (kV)	Fotocelda (V)	Tensión entre las placas (kV)	Fotocelda (V)
0.0	0.003	2.6	0.209
0.1	0.005	2.7	0.212
0.2	0.009	2.8	0.215
0.3	0.013	2.9	0.217
0.4	0.024	3.0	0.219
0.5	0.035	3.1	0.222
0.6	0.042	3.2	0.223
0.7	0.050	3.3	0.225
0.8	0.065	3.4	0.227
0.9	0.070	3.5	0.228
1.0	0.075	3.6	0.230
1.1	0.086	3.7	0.231
1.2	0.092	3.8	0.232
1.3	0.106	3.9	0.233
1.4	0.126	4.0	0.234
1.5	0.135	4.1	0.235
1.6	0.143	4.2	0.236
1.7	0.154	4.3	0.237
1.8	0.167	4.4	0.238
1.9	0.174	4.5	0.238
2.0	0.180	4.6	0.239
2.1	0.187	4.7	0.239
2.2	0.193	4.8	0.238
2.3	0.198	4.9	0.238
2.4	0.202	5.0	0.235
2.5	0.206	5.1	0.232



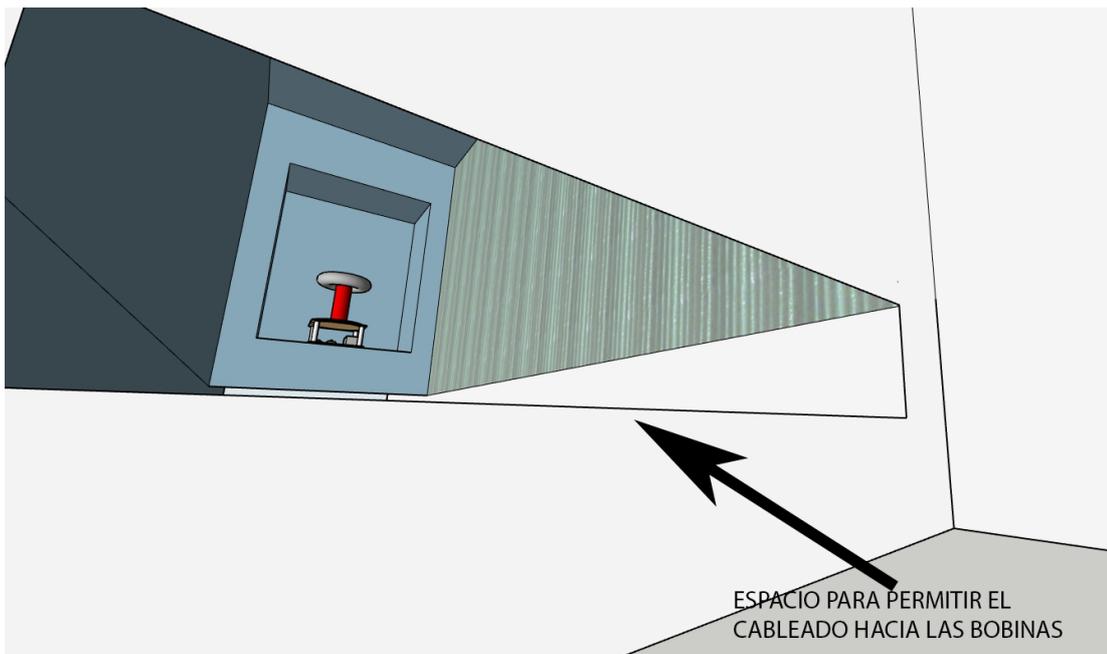
Figuras

1



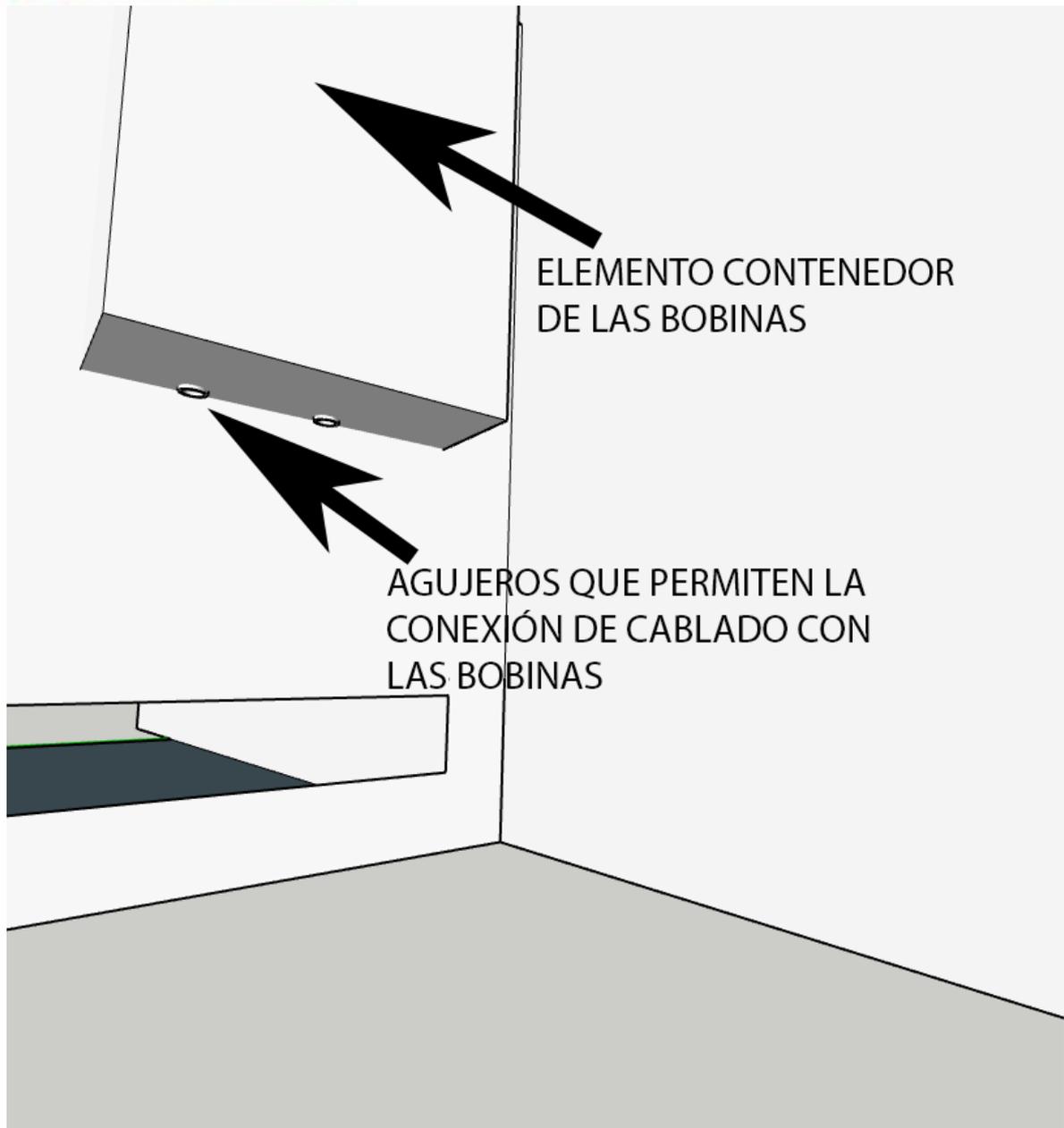
Efecto Kerr probado en un laboratorio

2

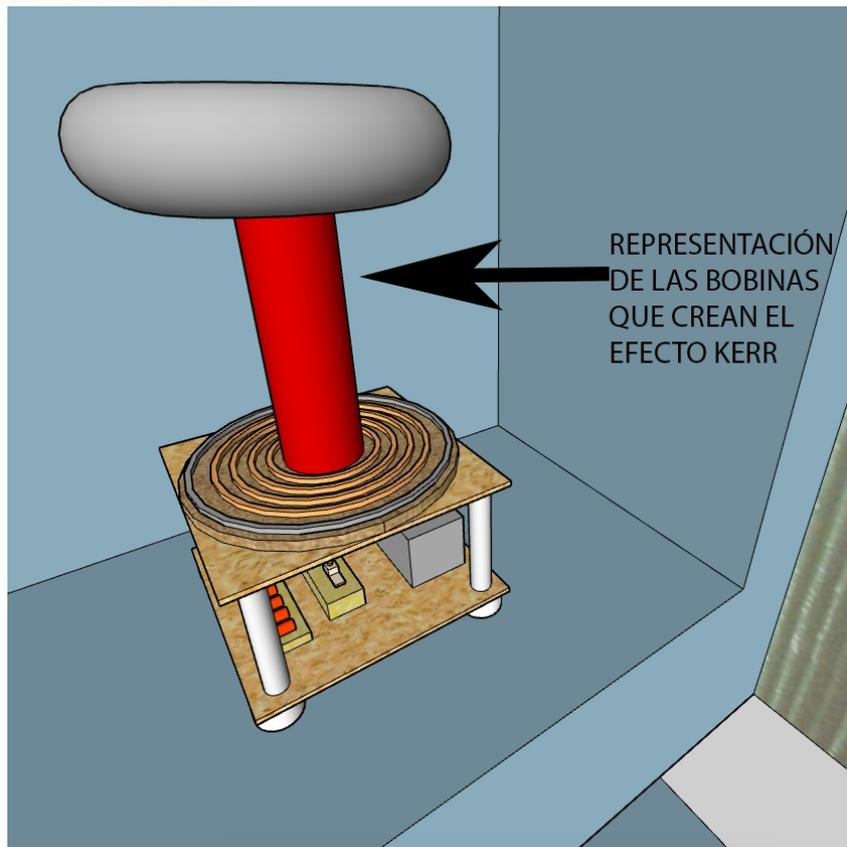


Diseño 3D proyecto (1)

3

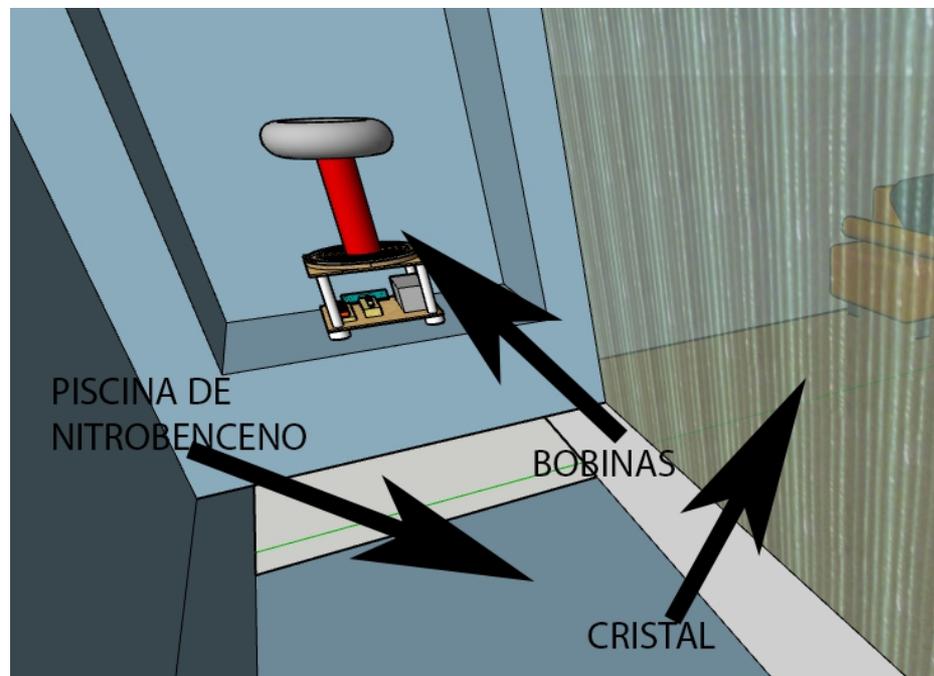


Diseño 3D proyecto (2)



Diseño 3D proyecto (3)

5



Diseño 3D proyecto (4)



6



Diseño 3D proyecto (5)



7



Diseño 3D proyecto (6)

Referencias

<http://rabfis15.uco.es/diacel/tutorial/html/efecto%20kerr.htm>

<https://es.wikipedia.org/wiki/Nitrobenceno>

https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Kerr

<https://www.youtube.com/watch?v=6Nc0lMsxEp8>

<https://es.scribd.com/document/107290311/El-Efecto-Kerr-Informe-de-Laboratorio>

https://en.wikipedia.org/wiki/Magneto-optic_Kerr_effect

https://www.rp-photonics.com/kerr_effect.html

http://www.merckmillipore.com/ES/es/product/Nitrobenzene,MDA_CHEM-806770

<http://www.chemspider.com/Chemical-Structure.7138.html>

<https://www.sigmaaldrich.com/catalog/product/sigald/252379?lang=en®ion=US>

<https://epjb.epj.org/articles/epjb/abs/2001/09/b0380/b0380.html>

<https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/38495>

<https://www.accessscience.com/content/kerr-effect/363500>