

ESTUDIO DE LA RADIACIÓN IONIZANTE EMITIDA POR OBJETOS COTIDIANOS MEDIANTE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA DE WILSON



Trabajo enmarcado en el proyecto de investigación del primer curso de Bachillerato de Investigación Excelencia del I.E.S. Diego de Praves.

Autores: Ángela Pedraza, Jaime Sánchez, Álvaro Pérez, Jorge Martín.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	2
1 GENERALIDADES.....	3
1.1 TÍTULO	3
1.2 ÁREA DE INVESTIGACIÓN	3
1.3 AUTORES	3
1.4 TUTORES.....	3
1.5 LUGAR INSTITUCIÓN	3
2 PRESENTACIÓN	4
2.1 JUSTIFICACIÓN	4
2.2 ANTECEDENTES	4
2.3 MARCO TEÓRICO ^[1]	5
Modelo estándar	5
Física de partículas.....	5
Radiación nuclear	6
El efecto Termoeléctrico	7
Refrigeración termoeléctrica.....	8
Efecto Peltier.....	9
Efecto Joule	9
2.4 OBJETIVOS.....	10
3 DESARROLLO.....	11
3.1 METODOLOGÍA.....	11
Partes:.....	11
Funcionamiento:	13
3.2 Métodos, técnicas e instrumentos de recogida.	13
Instrumento de recogida:	13
Métodos de recogida:	15
3.3 Análisis e interpretación de resultados	17
4 CONCLUSIONES.....	19
5 BIBLIOGRAFÍA	20
6 ANEXOS.....	21

1 GENERALIDADES

1.1 TÍTULO

Estudio de la radiación ionizante emitida por objetos cotidianos mediante la construcción de una cámara de Wilson.

1.2 ÁREA DE INVESTIGACIÓN

Física de partículas.

1.3 AUTORES

Ángela Pedraza de Frutos, Álvaro Pérez Pecharromán, Jorge Martín Rodríguez y Jaime Sánchez Ciria.

1.4 TUTORES

Marta Blanco Laborda, Laura Gómez Carriazo y Esther Sanz Martín.

1.5 LUGAR INSTITUCIÓN

IES Diego de Praves.

2 PRESENTACIÓN

2.1 JUSTIFICACIÓN

Elegimos este proyecto principalmente porque la radiactividad nos parece un tema muy interesante y creemos que hay muchos conceptos erróneamente asumidos acerca de los objetos que la producen. La realidad es que gran cantidad de los objetos y alimentos de nuestro día a día emiten una pequeña cantidad de radiación, aunque está lejos de ser peligrosa para nuestro organismo. Sin embargo, no deja de ser curioso lo cotidiano que es un fenómeno que parece tan ajeno a nosotros.

También elegimos este proyecto ya que nos pareció muy impactante cómo la cámara de niebla permitía observar de una manera muy visual las partículas de radiación emitidas por algunos cuerpos. Al ver esto pensamos que, podríamos construir una cámara de niebla con componentes accesibles para todo el mundo, probar todos estos objetos cotidianos para observar la radiación que emiten.

Por tanto, el objetivo de nuestro proyecto será conocer la radiación que emiten algunos objetos de nuestro entorno, ya que muchas veces no somos conscientes de la cantidad de radiación que nuestro cuerpo recibe cada día. Con nuestro proyecto queremos demostrar visualmente la cantidad de partículas que emiten algunos objetos que manipulamos todos los días y con los que convivimos. Además, también veremos la cantidad de radiación ambiental y la compararemos con la que emiten estos objetos.

2.2 ANTECEDENTES



Figura 1. Imagen de Charles Wilson

La cámara de niebla es un dispositivo que nos permite observar partículas de radiación ionizante cuando se encuentran dentro del volumen de niebla contenido en ella. Estas se pueden ver en forma de estelas a simple vista.

La primera cámara de niebla fue inventada y construida a finales del siglo XIX por el físico escocés Charles Thomson Wilson, aunque no se utilizó hasta 1911, veinte años después de su desarrollo.

El fundamento sobre el cual se basa la cámara de niebla inventada por Wilson consiste en mantener a las partículas del alcohol isopropílico en un estado de supercondensación de forma que ante la mínima interacción se condense. De esta manera, las partículas que atraviesan la niebla dejarán tras de sí un rastro de moléculas de alcohol isopropílico en estado líquido, visibles para el ojo humano.

En 1927, Wilson recibió el Premio Nobel de Física por su método para hacer visibles las rutas de las partículas cargadas eléctricamente por condensación de vapor, es decir, la invención de la cámara de niebla.

Este proyecto sin embargo, se basa en un modelo de cámara de niebla posterior al de Wilson, diseñado en 1936 por Alexander Langsford y conocido como cámara de niebla de difusión.

El propósito del experimento radica en estudiar las trazas dejadas por las partículas pudiendo determinar así los procesos que se han llevado a cabo. También el estudio de la radiación ionizante emitida por los procesos de fusión en las estrellas, la llamada radiación cósmica.

2.3 MARCO TEÓRICO [\[1\]](#)

Modelo estándar

Es el paradigma actual de la física teórica, basado en la física clásica, y desarrollado para que incluyera los grandes descubrimientos del siglo XX como la mecánica cuántica o la relatividad general. Con este modelo se pretende universalizar todas las interacciones con unas mismas leyes físicas.

Física de partículas

Es la rama de la física que estudia las partículas a nivel microscópico y sus interacciones. El paradigma actual estudia las partículas desde el punto de vista de la teoría de campos, donde las partículas no son objetos, sino que están formadas por manifestaciones tridimensionales de distintos campos, que les dan propiedades como la masa o la carga eléctrica dependiendo del campo excitado.

Radiación nuclear

La radiactividad o radiación nuclear es el proceso por el cual un átomo inestable decae en otro a través de la emisión de partículas o radiación electromagnética. Los tipos principales de desintegración radiactiva son los siguientes:

Emisión de partículas alfa: formadas por dos neutrones y dos protones. Poseen gran cantidad de masa y por ende un menor poder de penetración. Pueden ser detenidas por una hoja de papel.

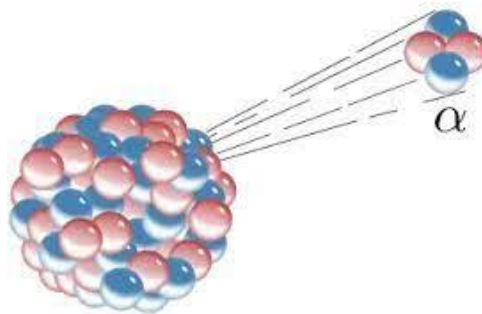


Figura 2. Partícula alfa

Su origen natural es en la mayoría de los casos causado por el radón atmosférico. Las partículas alfa provenientes de la radiación cósmica no suelen ser capaces de alcanzar la corteza pues son detenidas en la atmósfera. Las únicas capaces de penetrar la atmósfera son las que poseen una gran energía, y son extremadamente infrecuentes.

Emisión de partículas beta: formadas por un electrón y un neutrino. El neutrino debido a su baja masa y a que no tiene carga es muy difícil de detectar. Se producen como resultado de la desintegración de un neutrón en un protón. Pueden ser detenidas por una placa de aluminio.

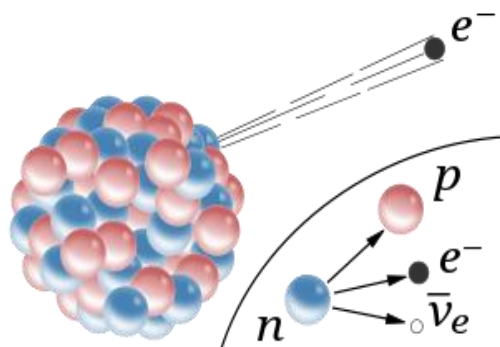


Figura 3. Partícula beta

Su origen es tanto natural como artificial. Como posibles orígenes naturales encontramos a la radiación terrestre y a la radiación cósmica. Son ampliamente producidos en las descomposiciones radiactivas.

Emisión de radiación gamma: es un tipo de radiación electromagnética que está formada por fotones de muy alta energía. Tiene la capacidad de alterar el ADN de las células, lo que la hace muy peligroso para los seres vivos. Al carecer los fotones de masa, no son detectados en una cámara de niebla. Tienen un gran poder de penetración y hace falta hormigón, plomo o grandes cantidades de agua para detenerla.

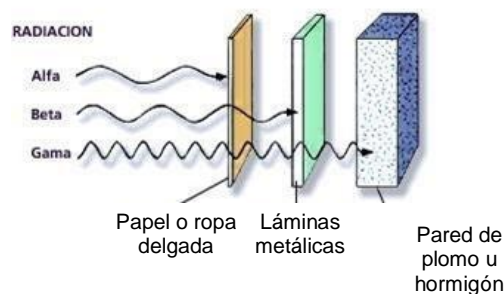


Figura 4: Penetración de cada tipo de radiación

El efecto Termoeléctrico

La Termoelectricidad es la rama de la Termodinámica donde se estudian los fenómenos en los que están presentes el calor y la electricidad. También es el fenómeno físico por el cual se convierten diferencias de temperatura en diferencias de tensión y viceversa. La conversión de diferenciales de tensión a diferenciales de temperatura se puede realizar de tres formas distintas:

- Mediante el efecto Peltier-Seebeck.
- Por emisión termoiónica.
- A través de magnetohidrodinámica.

En este proyecto solo utilizaremos el efecto Peltier-Seebeck

Refrigeración termoeléctrica

La refrigeración termoeléctrica se basa en el efecto Peltier para crear un flujo térmico mediante la unión de dos materiales diferentes, como metales o semiconductores. Un dispositivo calentador o refrigerador Peltier, es decir, una bomba de calor termoeléctrica es una bomba de calor activa en estado sólido que transfiere calor de un lado del dispositivo a otro provocando el calentamiento de uno y enfriamiento del otro, y consumiendo para ello energía eléctrica. Un instrumento de este tipo también es conocido como dispositivo Peltier o diodo Peltier. A pesar de que pueden tener las dos aplicaciones, tanto calentamiento como refrigeración, se usa principalmente para esta última, ya que el calentamiento se puede obtener por otros muchos medios de forma más sencilla, económica y eficiente. De cualquier forma, si lo que se requiere es un dispositivo tanto para enfriar como para calentar, el uso de un dispositivo Peltier suele ser aconsejable. Simplemente al conectarlo con una fuente de tensión continua se da este gradiente de temperatura que causa el enfriamiento de una de las partes, mientras que la otra se calienta.

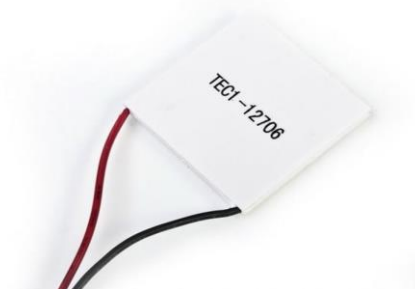


Figura 5. Célula termoeléctrica Peltier

La efectividad de la célula Peltier para mover el calor lejos del lado frío, acción determinante para la eficiencia del sistema de refrigeración, depende totalmente de la cantidad de corriente proporcionada y de la forma en que el calor se extraiga de la parte opuesta, para esto podrían utilizarse, por ejemplo, disipadores térmicos.

Los dispositivos Peltier pueden tener una aplicación inversa al usarse como generador eléctrico si se logra mantener una diferencia de temperatura entre ambos lados, esta aplicación se basaría en el efecto Seebeck.

Efecto Peltier

El efecto Peltier es una propiedad termoeléctrica descubierta en 1834 por Jean Peltier, trece años después del descubrimiento del mismo fenómeno, de forma independiente, por Thomas Johann Seebeck.

El efecto Peltier hace referencia a la creación de una diferencia de temperatura debida a un voltaje eléctrico. Sucede cuando una corriente se hace pasar por dos metales o semiconductores conectados por dos “junturas de Peltier”. La corriente propicia una transferencia de calor de una juntura a la otra: una se enfría en tanto que otra se calienta.

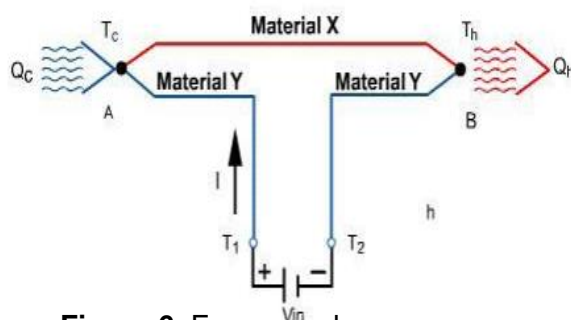


Figura 6. Esquema de funcionamiento del efecto Peltier

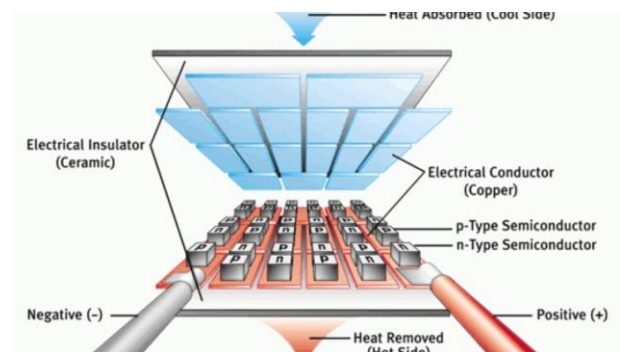


Figura 7. Esquema de funcionamiento de bomba termoeléctrica Peltier.

El efecto es utilizado para la refrigeración termoeléctrica.

Una manera de entender cómo es que este efecto enfría una juntura es observar que cuando los electrones fluyen de una región de alta densidad a una de baja densidad, se expanden (de la manera en que lo hace un gas ideal) y se enfría la región.

Un enfriador/calentador Peltier o bomba de calor termoeléctrica es una bomba de calor activa de estado sólido que transfiere calor de un lado del dispositivo al otro. El enfriamiento Peltier es llamado enfriamiento termoeléctrico.

Efecto Joule

El efecto Joule descubierto por James Prescott Joule en 1852 afirma que la cantidad de energía calorífica producida por una corriente eléctrica depende del cuadrado de la intensidad de la corriente, del tiempo que esta circula por el conductor y de la resistencia que opone el mismo al paso de la corriente.

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t$$

Donde:

Q = Energía calorífica producida por la corriente.

I = Intensidad de la corriente que circula por la célula.

R = Resistencia eléctrica del conductor. t = Tiempo de sometimiento.

$$P = \frac{V^2}{R}$$

Y la potencia disipada por el efecto Joule es:

V = diferencia de potencial entre los extremos de la célula.

R= resistencia eléctrica I= corriente eléctrica

2.4 OBJETIVOS

El objetivo principal de nuestro proyecto es el estudio de la radiación emitida por algunos objetos cotidianos.

Para esto hemos tenido que seguir algunos objetivos secundarios como:

- La construcción de una cámara de niebla o cámara de Wilson que nos permita ver las partículas emitidas por distintos objetos y las partículas ambientales.
- Experimentación con distintos objetos en la cámara de niebla y observación del tipo de radiación emitida por cada uno.

3 DESARROLLO

El proyecto se divide en dos partes, una es la construcción de la cámara de niebla y la otra el estudio de la radiación de diferentes objetos utilizando la cámara anteriormente construida.

3.1 METODOLOGÍA

Partes:

Depósito de isopropanol: consiste en un fieltro adherido a la pared más alta de la pecera empapado en isopropanol. El isopropanol (C_3H_8O) es un alcohol incoloro, con intenso olor y miscible en agua. La razón por la que se usa este tipo de alcohol es que evapora muy fácilmente incluso a temperaturas bajas, condensa en gotas muy pequeñas y solo una perturbación, como las partículas de radiación, hace que se condensen en gotas más grandes, que dan lugar a las trazas observadas en la cámara. Esta condensación se produce cuando el vapor de isopropanol es atravesado por las partículas y es lo que podemos ver como “estelas”.

Base de la cámara: construida con aglomerado y una lámina de cartón pluma que hemos pintado para poder observar mejor lo que ocurre en el interior de la cámara.

Pecera: es el recipiente de la cámara, es importante que se selle bien para que la temperatura se mantenga constante y el isopropanol no salga al exterior.

Células Peltier: dispositivos utilizados como método de refrigeración de la cámara basados en el efecto Peltier, es decir, al pasar una corriente eléctrica por las células, se da lugar a un gradiente de temperatura que puede llegar a ser de hasta 30°C. En estos diodos, una de las caras se calienta y la otra se enfría. Sin embargo, si no se enfría el foco caliente de estos dispositivos, no se logrará la refrigeración deseada, sino que ambos focos se calentarán, aunque uno lo haga 30°C por debajo del otro, esto explica la importancia de la construcción de un sistema de refrigeración externo que cumpla esta función.

En base a la temperatura necesitada para el correcto funcionamiento de la cámara, se consideró que lo más oportuno era utilizar cuatro células Peltier, dos pares en serie que

a su vez se colocan en paralelo dos de forma que el foco frío de dos de ellas, las que están siendo refrigeradas por el agua, enfríen a su vez el foco caliente de las otras dos (las que entran en contacto con la cámara)

Sistema de refrigeración por bomba de agua: como hemos explicado, la disipación del calor de las células Peltier es imprescindible para el cumplimiento de su función, en este caso se ha hecho por bombeo de agua. Se construyó un circuito de agua que conecta mediante tubos un tanque con agua fría. Para que la temperatura del agua fuese lo más baja posible, llenamos una gran parte del depósito con hielos, y echamos sal al agua, de modo que la temperatura de esta era próxima o incluso menor a 0°. En el tanque pusimos una bomba que moviera el agua fría a través de los tubos hasta la cara caliente de los Peltiers. De esta manera el agua fría se hacía pasar por la pieza que contenía las células Peltier, poniéndola en contacto con estas y disipando el calor que generaban antes de volver al depósito a través de otro tubo. La bomba que hemos utilizado bombea 151,57 litros por hora.

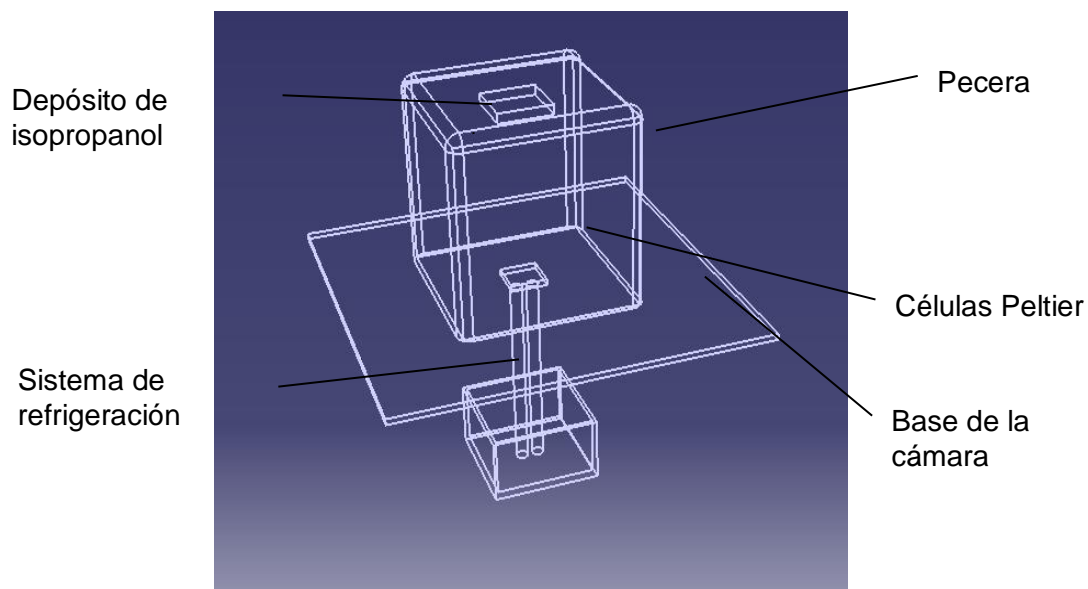


Figura 8. Esquema de la cámara de niebla

Funcionamiento:

El funcionamiento de la cámara es el siguiente:

Desde el depósito de isopropanol, en la parte de arriba de la pecera, se van repartiendo por toda la cámara las partículas de este alcohol que se van evaporando. Al llegar a la zona más baja de la cámara, su temperatura desciende de forma rápida y considerable debido al efecto de las células Peltier que hemos colocado. Esto hace que las partículas se condensen en gotas muy pequeñas y queden en un estado de supercondensación que da lugar a una fina capa de niebla que puede verse unos centímetros por encima de los Peltier. En este estado, una perturbación, como una partícula de radiación, hará que la niebla generada por el isopropanol pase a estado líquido. De esta forma, las partículas producen una estela en la niebla lo que hace que sean visibles.

Para que esto suceda, la cámara debe estar bien sellada de forma que las partículas de isopropanol no salgan y la temperatura se mantenga constante. Para que el isopropanol se mantenga en estado de supercondensación y forme la niebla, debe encontrarse a temperaturas muy bajas, lo que conseguimos gracias a las células Peltier.

3.2 Métodos, técnicas e instrumentos de recogida.

Instrumento de recogida:

El instrumento de recogida de los datos experimentales es la cámara de niebla, que antes de comenzar a usarla, tuvimos que construir.

El proceso de construcción comenzó con pruebas para optimizar el funcionamiento de las células Peltier y la implementación del circuito hidráulico de refrigeración. Tras ver la viabilidad de esto, imprimimos una pieza de plástico con la forma y el tamaño para que cupiesen las cuatro células Peltier y con dos orificios para la circulación del agua. Paralelamente, hicimos la base con tablones de madera aglomerada y fijamos usando tirafondos, escuadras y en ciertos lugares silicona caliente.

A continuación, fijamos la pieza a la base y la sellamos con ayuda de silicona caliente y silicona de sellado para baños. En esta parte hubo un número notable de complicaciones ya que el agua salía del circuito. Tras muchos intentos conseguimos arreglarlo facilitando el paso del agua por los tubos.

Con las células Peltier ya colocadas en su sitio, y el sistema de refrigeración funcionando, colocamos una plancha de cartón pluma que previamente había sido pintada e hicimos las conexiones eléctricas de los Peltier a unos tornillos en la parte delantera para hacer más accesible la toma de corriente. También pegamos dos trozos de fieltro a la parte de arriba de la pecera, que, al empaparse, funcionaría como depósito de isopropanol.

A la hora de experimentar utilizamos dos fuentes de alimentación encargadas de proporcionar electricidad a las células Peltier. Se utilizó uno para los 2 Peltiers superiores y otra para los inferiores. ^[2], ^[3]

Y con esto finalizamos la construcción de la cámara de niebla y dimos paso a la experimentación.



Figura 9. Primeras pruebas del sistema de refrigeración.

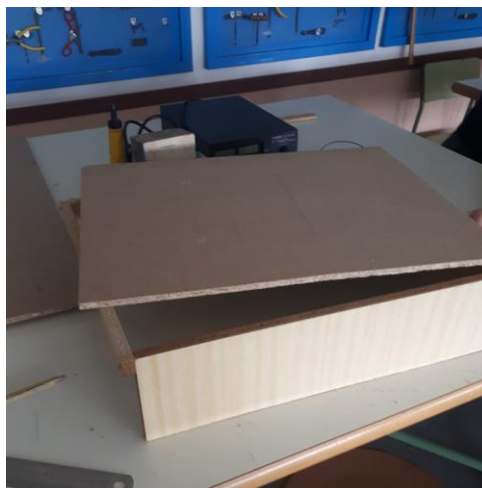


Figura 10. Construcción de la base de la cámara.



Figura 11. Sellado de la pieza que contiene a las células Peltier

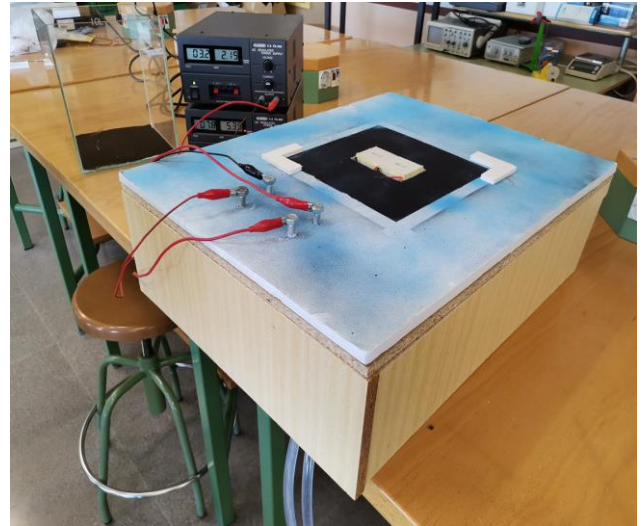


Figura 12. Conexiones de la cámara a las fuentes de alimentación

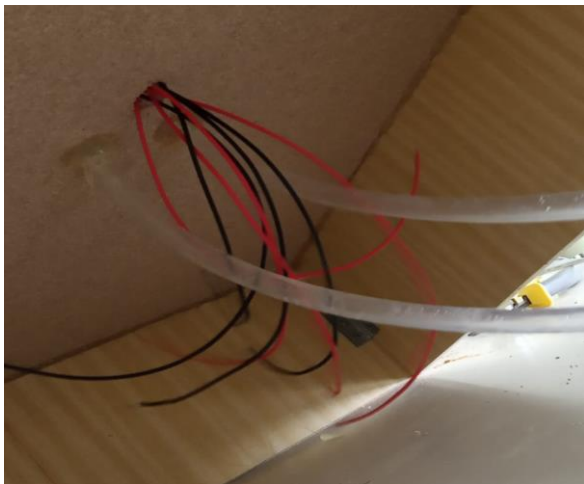


Figura 13. Parte no vista de la cámara (tubos del sistema de refrigeración y cables de las células Peltier)

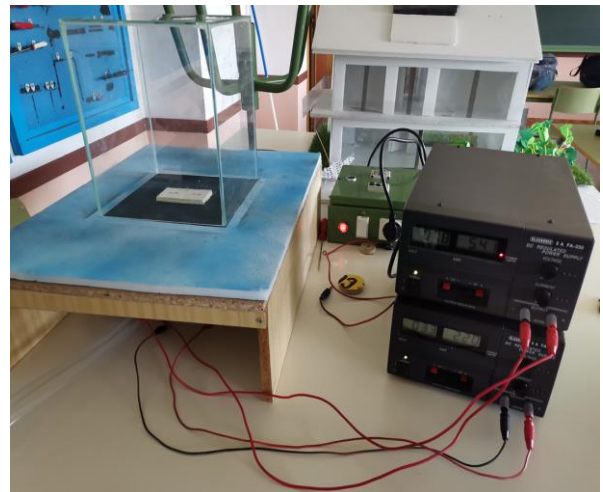


Figura 14. Resultado final de la construcción de la cámara

Métodos de recogida:

Una vez construida la cámara, procedimos a la experimentación.

El objetivo del proyecto era el estudio de la radiación ionizante emitida por objetos cotidianos, por lo que elegimos una serie de objetos que, por su composición, pensamos que podían emitir radiación, y experimentamos con ellos. Los objetos elegidos fueron:

Plátano (ya que contiene ^{40}K ^[4]), aguacate (al igual que el plátano, contiene ^{40}K) bentonita (presente en arenas de gato), granito, americio (presente en antiguos detectores de humos), magnesio y plomo.

Para realizar cada experimento, se introdujo el objeto en el interior de la cámara y se observó la cantidad de partículas de radiación que dicho objeto emitía.

Cuando la cámara no tenía ningún objeto dentro, se podían observar partículas pasando ocasionalmente. Estas partículas no seguían ninguna dirección concreta ni eran regulares. Atribuimos este fenómeno a la radiación ambiental que hay en la atmósfera producida por diferentes fuentes, especialmente procedente del sol.

Tras esto probamos los distintos objetos. Comenzamos probando el plátano y el aguacate. Ambos contienen potasio 40. De este isótopo del potasio se desprenden principalmente partículas beta. En el caso de plátano hay 358 mg de potasio por cada 100 g, y en el caso del aguacate hay 485 mg.

También probamos con distintos elementos del laboratorio como magnesio, plomo, mercurio, uniuquita. ^[7]

Después, procedimos a experimentar con un pequeño bloque de granito. Este elemento era de nuestro interés ya que suele contener vetas de elementos radiactivos como el uranio o el torio, los cuales, al desintegrarse, emiten radón y también pueden emitir pequeñas cantidades de radiación beta y gamma (aunque esta última no es perceptible mediante la cámara)

Para este experimento, también empleamos una muestra de Americio-241, elemento artificial obtenido a partir del Plutonio-239 bombardeado con neutrones, que, aunque ya ha sido retirado en la mayoría de los sitios, antiguamente se usaba en detectores de humo de aviones y domésticos. El Americio-241 emite una partícula alfa y radiación

gamma para convertirse en Neptunio-237. Este a su vez se descompone en



Figura 15. Partículas alfa emitidas por americio.



Figura 16. Electrón emitido observado durante la experimentación con el aguacate

subproductos hasta llegar a un isótopo estable. ^[8]

El método para la obtención de resultados en este caso es la observación a simple vista, aunque para facilitar la visión, y dado que el efecto solo puede verse desde algunos ángulos respecto a la cámara, tuvimos un teléfono móvil grabando desde un ángulo óptimo, y revisábamos las interacciones de partículas apuntando el minuto del vídeo en el que se producían.

3.3 Análisis e interpretación de resultados

Estos datos los hemos obtenido contando el número de electrones que eran visibles por unidad de tiempo ^[5]. Dado que la cámara sólo captaba la radiación en un lado de los objetos y sobre una superficie plana, estos datos no se pueden comparar con otros datos de otras fuentes, pero sí que se pueden comparar entre ellos. ^[6]

Granito	$16 \frac{\beta}{\text{mint}}$
Aguacate	$7.3 \frac{\beta}{\text{mint}}$
Plátano	$6 \frac{\beta}{\text{mint}}$

Americio	$23 \frac{\beta}{\text{mint}}$
Plomo	$0 \frac{\beta}{\text{mint}}$
Magnesio	$0 \frac{\beta}{\text{mint}}$
Bentonita	$0 \frac{\beta}{\text{mint}}$
Radiación ambiental	$3 \frac{\beta}{\text{mint}}$

A pesar de haber podido observar partículas alfa emitidas por el americio, hemos considerado la medida de partículas beta por minuto más oportuna ya que nos ofrecía la posibilidad de comparar los datos obtenidos de cada objeto. La razón por la que las únicas partículas alfa captadas provenían del americio y no se ha observado ninguna de origen natural, es, como se explica en el marco teórico, el gran tamaño de estas partículas les impide atravesar superficies como el cristal que cubría la pecera o las paredes del edificio del instituto.

A partir de los datos obtenidos en la experimentación, no resulta difícil clasificar cuáles son los elementos más radiactivos de los estudiados. Además, al poder compararlos con la radiación ambiental, es decir, la observada en ausencia de objetos en la cámara, vemos que la cantidad de radiación emitida por ambas frutas es muy pequeña.

El granito a pesar de presentar una alta cantidad de partículas β por minuto en comparación con otros objetos, no ha presentado en ningún momento partículas alfa

4 CONCLUSIONES

Con la ejecución de este proyecto hemos conseguido estudiar y mostrar de una manera muy visual la radiación producida por distintos objetos cotidianos. Muchas veces no se asocia el concepto radiación a lo que realmente es y es difícil visualizarlo y comprenderlo sin poder verlo. Con este proyecto hemos conseguido hacer esto posible y poder ver y grabar este fenómeno.

Algo que hemos descubierto haciendo este proyecto, es que las partículas de los elementos no se desprenden de forma constante. Las partículas se podían ver en “grupos”, ya que durante algunos periodos de tiempo se podían ver varias simultáneamente, mientras que durante otros no podíamos verlas. Además, las partículas salen en intervalos de tiempo dependiendo del elemento. Por ejemplo en elementos más radioactivos como el americio estas partículas eran emitidas con mayor frecuencia, sin embargo, en otros como el granito salían menos frecuentemente.

Hemos comprobado que algunas frutas como el plátano y el aguacate desprenden electrones (radiación β), aunque la cantidad de radiación es muy pequeña y estas partículas son emitidas con poca frecuencia.

También hemos probado con un elemento más radiactivo como es el americio. Este elemento ha sido retirado de todos los sitios y solo se puede encontrar en laboratorios. Aunque es mucho más radiactivo, y emite también radiación α , los niveles de radiación β que hemos detectado no son mucho mayores que los del aguacate o el plátano, aunque sí se puede ver una diferencia.

Por último, también comprobamos que elementos como el plomo, que son utilizados para parar la radiación, no emiten ningún tipo de partículas que pudiera detectar la cámara, y el caso de la bentonita, que en diversas fuentes de las que hemos podido consultar se afirmaba que era radioactiva, aunque según nuestra experiencia no lo es.

Este proyecto nos ha mostrado cómo muchos objetos con los que interactuamos todos los días y algunos objetos que comemos producen radiación, y hemos sido capaces de ver esa radiación que emiten.

5 BIBLIOGRAFÍA

Es.wikipedia.org. 2021. *Efecto termoeléctrico - Wikipedia, la enciclopedia libre*. [Página web] Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_termoel%C3%A9ctrico> [Visitado el 18 Abril 2021].

Es.wikipedia.org. 2021. *Refrigeración termoeléctrica - Wikipedia, la enciclopedia libre*. [Página web] Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Refrigeraci%C3%B3n_termoel%C3%A9ctrica> [Visitado el 20 Abril 2021].

Ific.uv.es. 2021. [Página web] Disponible en: <<http://ific.uv.es/~martinee/LabFNyP-UV/CamaraNieblaDifusion-2011-20-11.pdf>> [Visitado el 7 Mayo 2021].

Es.wikipedia.org. 2021. *Potasio 40 - Wikipedia, la enciclopedia libre*. [Página web] Disponible en: <https://es.wikipedia.org/wiki/Potasio_40> [Visitado el 16 Mayo 2021].

Pdg.lbl.gov. 2021. [Página web] Disponible en: <<https://pdg.lbl.gov/2010/reviews/rpp2010-rev-cosmic-rays.pdf>> [Visitado el 16 Mayo 2021].

Fpsalmon.usc.es. 2021. [Página web] Disponible en: <http://fpsalmon.usc.es/Diplomas/DEA_JJLLerena.pdf> [Visitado el 20 Mayo 2021].

Fciencias.ugr.es. 2021. [Página web] Disponible en: <<https://fciencias.ugr.es/images/stories/documentos/semanaCiencia/camara.pdf>> [Visitado el 22 Mayo 2021].

.

6 ANEXOS

1. Dado que éramos un grupo de cuatro personas, nos fue requerido que repartiéramos el proyecto en dos grupos, por lo que, aunque en general hayamos realizado el trabajo entre los cuatro, hemos repartido el marco teórico y la recopilación de información en: parte física (Álvaro y Jorge) y parte técnica (Jaime y Ángela). Solo hemos separado la parte teórica del proyecto ya que la parte práctica consideramos que era necesario hacerlo todos juntos.
2. Hemos podido comprobar durante el experimento la importancia de mantener una temperatura baja en la cámara para poder ver la niebla, ya que pudimos experimentar que variando la temperatura se disipa la niebla.
3. Los voltajes óptimos para poder ver en las mejores condiciones son de 7V para el par inferior y 4V para el superior.
4. ^{40}K es un raro ejemplo de un isótopo que sufre todos los dos tipos de desintegración beta. Alrededor del 89,28% del tiempo, se descompone en calcio 40 (^{40}Ca) con emisión de una partícula beta (β^- , un electrón) Representa alrededor del 0,012% de la cantidad total de potasio en la Tierra.
5. Hemos contado las partículas que era capaz de recoger la cámara de niebla en tres minutos y luego hemos hecho la relación en partículas β partido minuto ($\frac{\beta}{\text{mint}}$).
6. Las partículas que hemos contado de cada elemento son las que tenían la dirección y el sentido de la posición del elemento que estábamos estudiando para evitar contar las partículas atmosféricas.
7. En análisis en interpretación de los resultados solo analizaremos los más relevantes para nuestro proyecto.
8. Aunque el americio ya no es un objeto cotidiano consideramos analizarlo para así poder comparar el resto de elementos con este que sabíamos que es mucho más radioactivo.