

# Capítulo introductorio

Sebastián Montoya Hernández

September 26, 2024

Desde tiempos inmemoriales, el ser humano ha utilizado sus sentidos para interpretar el entorno, siendo la visión uno de los más fundamentales. La percepción visual se basa en la interacción de la luz, o de forma más general, la radiación electromagnética, con la materia. La luz se dispersa al incidir sobre los objetos, es absorbida por el ojo y transformada en señales neuronales que el cerebro procesa para generar la imagen percibida. De manera análoga, la detección de partículas elementales, núcleos y radiación electromagnética de alta energía, comúnmente denominadas "partículas", también depende de su interacción con la materia.

El estudio de partículas subatómicas comenzó a principios del siglo XX, cuando científicos como J.J. Thomson y Ernest Rutherford realizaron experimentos pioneros que revelaron la estructura interna del átomo. Thomson, con su descubrimiento del electrón a través de la manipulación de los rayos catódicos, y Rutherford, al desentrañar la estructura nuclear mediante la dispersión de partículas alfa, sentaron las bases de la física atómica moderna. Estos experimentos fueron posibles gracias al uso de sistemas de detección que permitieron observar indirectamente los efectos de las partículas sobre la materia. La creación de estos montajes experimentales, que incluían detectores rudimentarios pero eficaces, supuso un avance crucial para la ciencia, ya que facilitó la interacción controlada con partículas incidentes, proporcionando información valiosa sobre la estructura de la materia.

A medida que avanzaba el siglo XX, la necesidad de detectar partículas subatómicas de manera más precisa y en entornos más complejos se hizo cada vez más urgente. A diferencia de la luz visible, las partículas no son perceptibles directamente por nuestros órganos sensoriales, lo que llevó al desarrollo de dispositivos especializados llamados detectores, en los cuales las partículas interactúan con la materia, generando señales que los científicos pueden analizar. Estos detectores explotan principalmente la interacción electromagnética para registrar la presencia de partículas. Por ejemplo, las partículas cargadas producen ionización a lo largo de su trayectoria, mientras que los fotones y electrones generan cascadas electromagnéticas que permiten medir su energía. Incluso otras interacciones, como la fuerte y la débil, son aprovechadas para detectar neutrones y neutrinos, respectivamente.

El desarrollo de detectores y métodos de detección ha sido impulsado en gran medida por la necesidad de aplicaciones en la física de partículas y nuclear. Estos campos dependen de la capacidad para medir no solo la presencia de partículas, sino también sus propiedades cinemáticas como la dirección, el momento y la energía, así como determinar su identidad. Los primeros dispositivos, como las cámaras de niebla de C.T.R. Wilson o las cámaras de burbujas de Donald Glaser, revolucionaron la forma en que los científicos podían observar eventos a nivel subatómico. A lo largo del tiempo, estas tecnologías se fueron perfeccionando, lo que permitió detectar partículas con mayor precisión y en un rango más amplio de energías.

Con el tiempo, surgieron diferentes tipos de detectores, cada uno aprovechando distintos fenómenos físicos. Los detectores de estado sólido, por ejemplo, son muy utilizados por su alta resolución espacial y energética, mientras que los detectores de centelleo, basados en cristales como el NaI o CsI, convierten la energía de la radiación en luz que luego puede ser medida. Además, los detectores líquidos, como los de argón líquido, ofrecen una excelente resolución en la detección de neutrinos y partículas cargadas en grandes volúmenes. Existen también sistemas híbridos que combinan múltiples tecnologías para explotar diversos mecanismos de interacción de partículas, como la ionización y la emisión de radiación secundaria. Dentro de esta amplia gama, los detectores gaseosos han desempeñado un papel clave debido a su capacidad para cubrir grandes áreas con una cantidad mínima de material y aprovechar la ionización de partículas en el gas para generar señales medibles.

Un ejemplo destacado de esta evolución en los detectores gaseosos es la tecnología de los Gas Electron Multipliers (GEMs), basada en láminas perforadas que amplifican las señales resultantes de la ionización del gas. Esta tecnología ofrece una mayor sensibilidad y capacidad para manejar altas tasas de conteo, haciéndola ideal para experimentos de alta precisión. Además, los GEMs son especialmente eficaces en entornos con campos magnéticos, ya que permiten rastrear con precisión las trayectorias de partículas cargadas. En comparación con los detectores de semiconductores, los GEMs son más económicos y ligeros, lo que los convierte en una opción preferida cuando es necesario cubrir grandes volúmenes.

En este capítulo se examinan los principios fundamentales de la física que gobiernan el funcionamiento e interacción de los detectores gaseosos, revisando conceptos clave como la ionización, recombinación, poder de frenado y amplificación. Además, se estudian diferentes tipos de detectores gaseosos, desde los contadores de eventos basados en placas paralelas hasta las cámaras de múltiples hilos (MWPCs), culminando en los GEMs. También se explican las señales típicas que estos detectores generan y la instrumentación necesaria para su acondicionamiento y adquisición, que constituyen el objeto central de este trabajo.

## References

1. Sauli, F. (2015). Gaseous radiation detectors: fundamentals and applications (p. 497). Cambridge University Press.
2. Giovanni Mocellin. “Performance of the GE1/1 detectors for the upgrade of the CMS Muon Forward system”. PhD thesis. Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen University, 2021. url: <https://cds.cern.ch/record/2809098>.
3. K Nakamura and (Particle Data Group) 2010 J. Phys. G: Nucl. Part. Phys. 37 075021. DOI 10.1088/0954-3899/37/7A/075021