

Simulación de decaimiento de partículas: Una herramienta para la enseñanza de Física de frontera.

Valentina Salazar Moya^{1*}, Juan Marchant González¹

Resumen

El presente trabajo corresponde a una propuesta pedagógica orientada a la enseñanza de la física de frontera, específicamente de la física de partículas, cuyo propósito es facilitar la comprensión de fenómenos altamente abstractos como el decaimiento de las partículas. El objetivo central es acercar a los estudiantes a los contenidos de la Física moderna mediante recursos tecnológicos que permitan interactuar con simulaciones, modificando parámetros y observando cómo estos afectan el proceso de decaimiento. Para ello, se propuso el uso de Python para generar simulaciones dinámicas y Wolfram para el cálculo de los procesos físicos subyacentes. La propuesta no corresponde a una experiencia ya implementada, sino a un planteamiento teórico que busca servir como herramienta didáctica, a ser utilizada en el aula con el propósito de disminuir el nivel de abstracción en tópicos complejos, como en este caso fue el decaimiento de partículas. En conclusión, esta propuesta pedagógica puede ofrecer una alternativa innovadora para la enseñanza de la Física de partículas, transformando fenómenos abstractos en experiencias comprensibles y motivadoras que potencian la participación del estudiante.

Palabras clave: Modelo de simulación, ciencias físicas, instrumento de enseñanza.

Abstract

This work corresponds to a pedagogical proposal aimed at teaching frontier physics, specifically particle physics, whose purpose is to facilitate the understanding of highly abstract phenomena such as particle decay. The central objective is to bring students closer to the contents of modern physics through technological resources that allow them to interact with simulations, modifying parameters and observing how these affect the decay process. To this end, the use of Python is proposed to generate dynamic simulations and Wolfram to perform calculations of the underlying physical processes. The proposal does not correspond to an already implemented experience but rather to a theoretical approach intended to serve as a didactic tool to be used in the classroom, with the purpose of reducing the level of abstraction in complex topics such as particle decay. In conclusion, this pedagogical proposal offers an innovative alternative for the teaching of particle physics, transforming abstract phenomena into understandable and motivating experiences that enhance student participation.

Keywords: Simulation model, physical sciences, teaching instrument.

1. Introducción

La física de partículas constituye un pilar esencial de la física moderna, al estudiar los componentes más elementales de la materia y las interacciones fundamentales que los rigen. Dentro de este campo, el análisis de los procesos de decaimiento de las partículas subatómicas ocupa un lugar central, dado que permite comprender fenómenos que se representan mediante diagramas de Feynman, los cuales resultan esenciales para la descripción de interacciones subatómicas.

Sin embargo, la enseñanza de esta denominada “*física de frontera*” presenta notables desafíos, debido tanto al nivel de abstracción de sus conceptos como a la complejidad matemática que implica, donde, según Longos Ulloa (2023), mientras que autores como Barrón y Ramírez (2021) argumentan que otro de los problemas presentes, además de los niveles de abstracción, son las condiciones presentes en el aula como la cantidad de estudiantes en donde la comprensión del tema presentado, requiere un dominio de conceptos propios de la física moderna, lo que implica una dificultad, para los estudiantes. En este contexto, surge la necesidad de desarrollar estrategias o propuestas pedagógicas que faciliten su aprendizaje y promuevan una comprensión más accesible de estos fenómenos.

El presente trabajo propone la utilización de simulaciones implementadas en Python, con el propósito de apoyar la enseñanza y el aprendizaje de los procesos de decaimiento de las partículas subatómicas. Dichas simulaciones permiten no solo representar de manera didáctica los fenómenos, sino también modificar parámetros y visualizar los efectos de tales cambios, ofreciendo una aproximación interactiva que contribuye a la comprensión de la Física de partículas, complementada con los cálculos matemáticos realizados con Wolfram Mathematica, para abordar la temática con su respectivo fundamento matemático, considerando las ecuaciones de los decaimientos, para que la explicación del contenido tenga la versatilidad de análisis desde una perspectiva tanto teórica, como una perspectiva complementaria matemática, por lo tanto, en el desarrollo de este trabajo se centrará en disminuir los niveles de abstracción brindando alternativas para la representación de procesos fundamentales para el entendimiento de una Física fundamental.

2. Metodología

La metodología utilizada para el desarrollo del trabajo fue, en primer lugar, realizar una revisión bibliográfica respecto a las simulaciones utilizadas en educación y si existían aplicaciones a la reducción de los niveles de abstracción sobre temáticas más complejas relacionadas con la Física de partículas. En esta búsqueda se evidenció una escasez de recursos pedagógicos sobre la enseñanza de la física de partículas y específicos sobre decaimientos de partículas, lo que fundamenta la pertinencia de la propuesta, ya que según Rutten, van Joolingen y van der Veen (2012), el uso de simulaciones en contextos educativos mejoran el aprendizaje conceptual.

Después de la revisión bibliográfica, se procedió a escoger el proceso de decaimiento, donde se decidió trabajar con el decaimiento del muón, ya que es uno de los procesos más comunes de las partículas elementales que se producen cada segundo en la atmósfera de nuestro planeta debido al paso de los rayos cósmicos. Por lo cual, es una buena instancia para conocer más sobre esta partícula y su respectivo proceso.

Con la elección del proceso, se comenzó con el estudio de las variables y parámetros que intervienen en el decaimiento del muón, para realizar los cálculos pertinentes con el software Wolfram Mathematica y obtener una función matemática para este decaimiento. Con esta función, se procedió a crear un código de programación en Python para generar una simulación dinámica e interactiva. Se escogió este lenguaje de programación debido a su masificación en los últimos años y a la simplicidad de su interfaz.

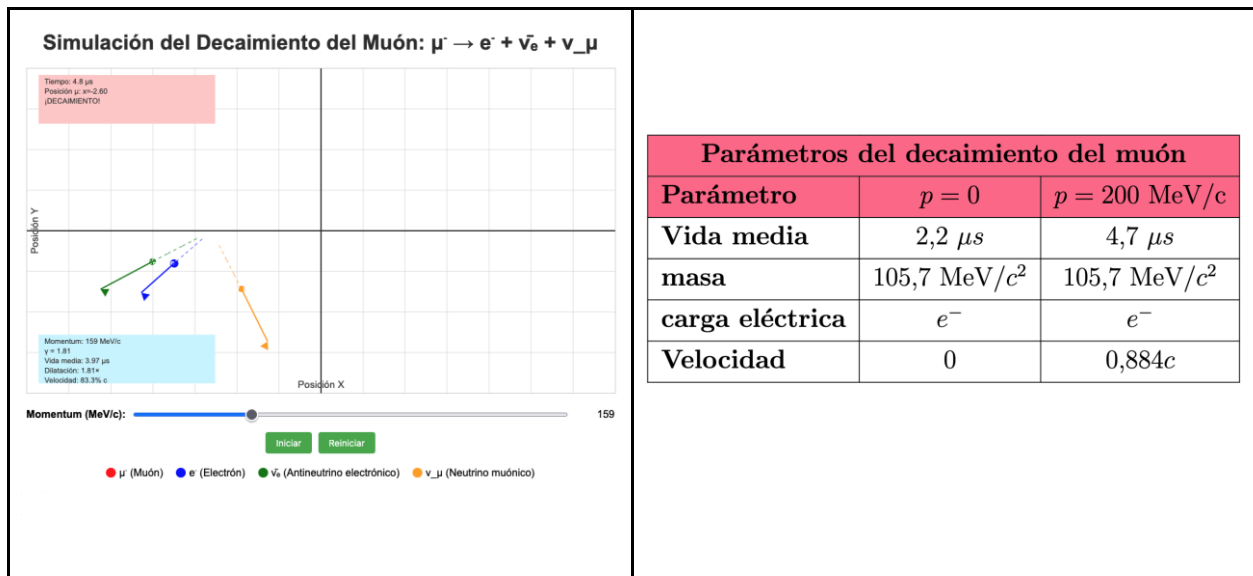
En nuestra búsqueda de los parámetros que afectan al decaimiento del muón, se encontró que el principal factor que interviene, es el momentum lineal de la partícula, por lo tanto, en la creación de la simulación se determinó incluir un botón interactivo para variar este parámetro y así, poder evidenciar en la misma simulación, las consecuencias que provoca variar el momentum del muón en su decaimiento.

Figura 1

La figura muestra la interfaz de la simulación del decaimiento del muón.

Tabla 1

Parámetros considerados en el decaimiento del muón.



En la figura 1 se puede apreciar la simulación en el instante en que el muón completó su proceso de decaimiento. En la parte de abajo, se encuentra una barra deslizadora, la cual permite la

variación del momentum y botones para el inicio del proceso y otro para el reinicio, mientras que en la tabla 1, se muestran los valores de los parámetros presentes al tener momentum diferentes, donde para ejemplificar, se considerarán solamente dos valores de momentum, el primero para la partícula en reposo y la segunda condición para un valor de 200 MeV/c.

Finalmente, se integró la simulación en una versión HTML interactiva, con el propósito de facilitar su acceso y uso por parte del profesorado en contextos educativos. Esta adaptación permite que la herramienta pueda ser utilizada directamente desde un navegador web, convirtiéndose en un integrador de conocimientos físicos que articula conceptos teóricos, matemáticos y computacionales, favoreciendo una mejor comprensión de los fenómenos de decaimiento de partículas.

3. Resultados

En la Figura 1 se muestra una captura de la versión preliminar de la animación resultante. En esta versión interactiva, los usuarios pueden variar el parámetro asociado al momentum. El estado de cada partícula en el proceso se representa visualmente mediante diferencias de tamaño y color, en donde en complemento, en la parte inferior se encuentran clasificadas según color las partículas involucradas, facilitando la identificación y el seguimiento del fenómeno simulado, de esta manera brindando la posibilidad a cada estudiantes evidenciar y construir sus nuevos conocimientos de forma intuitiva, sin la necesidad de conocer y saber matemática de alta complejidad. Este proceso, les permite abordar complejos conceptos de la física de partículas de una forma directa y clara con un enfoque en el entendimiento conceptual.

4. Discusión y/o Reflexión y/o Conclusiones

El desarrollo de esta propuesta permitió constatar la escasez de materiales y estrategias pedagógicas diseñadas para la enseñanza de la Física de frontera, en particular para la física de partículas. La principal limitación del presente trabajo radica en que, al tratarse de una propuesta teórica aún no implementada en el aula, no ha sido posible validar su eficacia de manera empírica. No obstante, el uso de esta simulación permite observar los factores que intervienen en los decaimientos de las partículas subatómicas, ya que, tal como se muestran en diversos estudios, como el de Alam (2023), destacan el potencial del modelado y la simulación computacional para mejorar la motivación y el aprendizaje estudiantil, donde Liu et al. (2025), el uso de simulaciones, promueve el aprendizaje autónomo, lo que genera mayor interés y compromiso por parte de los estudiantes hacia el tópico estudiado. Por lo tanto, el siguiente paso a realizar consiste en la creación de una secuencia didáctica, para ser implementada como parte de los cursos de 3ero-4to medio en la unidad de física moderna, con el fin de lograr el objetivo de generar una reducción en los niveles de abstracción en tópicos de física de física más actual.

Referencias

- Liu, Q., Blackman, M., Geschwind, G., Carter, C., Perkins, K. K., & Lewandowski, H. J. (2025). *Integrating noise into PhET simulations to promote student learning of measurement uncertainty*. arXiv preprint arXiv:2509.25769. <https://arxiv.org/abs/2509.25769>;
- Alam, A. (2023). *Leveraging the power of “Modeling and Computer Simulation” for education: An exploration of its potential for improved learning outcomes and enhanced student engagement*. In *Proceedings of the 2023 International Conference on Device Intelligence, Computing and Communication Technologies (DICCT)* (pp. 1–6). IEEE. <https://doi.org/10.1109/DICCT57496.2023.10131087>
- Rutten, N., van Joolingen, W. R., & van der Veen, J. T. (2012). The learning effects of computer simulations in science education. *Computers & Education*, 58(1), 136–153. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.07.017>
- Longos Ulloa, A. A. (2023). *Propuesta de unidad didáctica sobre partículas e interacciones de partículas para estudiantes de electivo de Física de tercero y cuarto medio*.
- Barrón, A. R., & Ramírez, M. H. (2021). Diseño universal de aprendizaje en la enseñanza de la Física. *Información Tecnológica*, 32(6), 73–84. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642021000600073>