

EL CASO DEL NEUTRINO OCULTO

NOTAS DEL PROFESOR

DESCRIPCIÓN

En esta actividad, los estudiantes usan la conservación del momento para examinar la descomposición de los pares superior-antitop para determinar qué falta en el evento. Examinan gráficos de datos del experimento $DØ$ en Fermilab. Los eventos fueron elegidos cuidadosamente: todos los productos de desintegración se movieron en un plano perpendicular al haz. Los estudiantes pueden analizar los eventos en dos dimensiones en lugar de tres. El uso del análisis vectorial bidimensional encaja muy bien con una unidad de leyes de conservación o como un problema de práctica para una unidad de análisis vectorial.

Esta versión de la "Actividad Top Quark" ha sido rediseñada para introducir la física de neutrinos o preparar a los estudiantes para una clase magistral de neutrinos.

NORMAS ABORDADAS

Estándares científicos de próxima generación

Prácticas de Ciencia e Ingeniería

4. Análisis e interpretación de datos
5. Uso de las matemáticas y el pensamiento analítico
6. Construcción de explicaciones
7. Participar en argumentos a partir de pruebas

Conceptos transversales

1. Patrones observados
4. Sistemas y modelos de sistemas
5. Energía y materia
7. Estabilidad y cambio

Normas básicas comunes de alfabetización

Lectura

- 9-12.3 Siga precisamente un procedimiento complejo de varios pasos. . .
- 9-12.4 Determinar el significado de símbolos, términos clave. . .
- 9-12.7 Traducir información cuantitativa o técnica . . .

Estándares básicos comunes de matemáticas

- MP2. Razonar abstracta y cuantitativamente.
- MP4. Modelar con matemáticas.
- MP5. Utilice las herramientas adecuadas estratégicamente.
- MP6. Atender a la precisión.

IB Physics Standard 7: La estructura de la materia

Aplicaciones y habilidades: Aplicación de leyes de conservación en reacciones de partículas

ENTENDIMIENTOS DURADEROS

La evidencia indirecta proporciona datos para estudiar fenómenos que no pueden ser observados directamente.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

Los estudiantes conocerán y serán capaces de:

- Utilizar la conservación del momento para determinar la magnitud y la dirección del vector momento neto de las partículas detectadas en un evento.

- Explicar la posible importancia del "momento perdido" en un experimento de física de colisionadores.
- Describir las propiedades de un neutrino que hacen imposible su detección en el detector DØ.

CONOCIMIENTOS PREVIOS

Los estudiantes deben ser capaces de:

- Sumar vectores en dos dimensiones.
- Utilizar las unidades de energía y momento comunes a la física de partículas, momento en GeV/c y energía en GeV.

MATERIAL DE REFERENCIA

Enlaces útiles para describir el experimento DØ y cómo funcionan los detectores:

<https://www-d0.fnal.gov/>

<https://home.cern/about/how-detector-works>

<http://lutece.fnal.gov/Papers/PhysNews95.html>

RECURSOS/MATERIALES

Los estudiantes necesitarán una regla, un transportador, calculadora u hoja de cálculo y datos del siguiente enlace: http://ed.fnal.gov/samplers/hsphys/activities/thumbnails_pdf.html.

IMPLEMENTACIÓN

El experimento DØ involucró protones que se movían cerca de la velocidad de la luz colisionando con antiprotones que viajaban en la dirección opuesta a velocidades cercanas a la velocidad de la luz. Dado que un protón y un antiprotón tienen la misma masa y viajan en direcciones opuestas, el momento neto de la colisión será cero.

La clave para encontrar el momento llevado por el neutrino es determinar el "pt faltante" o el "momento transversal faltante". El detector no puede detectar neutrinos directamente porque apenas interactúan con la materia. Los estudiantes tienen que mirar todo el momento registrado en el evento y luego aplicar la conservación del momento para determinar qué se necesita para hacer que el momento neto del sistema sea cero. Recuerde que la energía en GeV y el momento en GeV / c son efectivamente los mismos números en estas energías, es decir, un muón con energía de 30.5 GeV tendrá un momento de 30.5 GeV/c.

El proceso de medición y análisis de datos es:

- Dibuja líneas a través de los centros de todos los chorros y pistas de muones hasta el origen de las coordenadas.
- Para cada pista de chorro y muón, usa un transportador para encontrar el ángulo θ entre la línea que dibujaste y el eje x positivo.
- La magnitud del momento p para todos los chorros y muones se da en la gráfica. Encuentra $p_x = p \cos(\theta)$ y $p_y = p \sin(\theta)$ para todos los chorros y muones.
- Encuentra $p_{x_total_observed}$ y $p_{y_total_observed}$. Luego encuentra la magnitud y la dirección de $p_{total_observado}$.
- Recuerde que el centro de momento de masa antes de la colisión es cero; Por lo tanto, dado que el momento se conserva, la suma vectorial de momentos después de la colisión también debe ser cero. Este es el momento discordante hacia el que construyes. Si no se conserva el impulso, algo más debe estar sucediendo. Se necesita poca orientación para que los estudiantes se den cuenta de que hay una partícula invisible, que se puede identificar como un neutrino si los estudiantes no lo hacen.

El momento del neutrino es $\mathbf{p}_{\text{neutrino}} = -\mathbf{p}_{\text{total_observed}}$. Al darse cuenta de esto, los estudiantes comprenderán que han medido el momento de una partícula que el detector no pudo detectar. El profesor podría querer explicar que muchos detectores de neutrinos utilizan este principio para estudiar más a fondo los neutrinos: un neutrino no se detecta hasta que interactúa con la materia (esto es raro) y sus propiedades se infieren de la medición de los productos de esa interacción.

EVALUACIÓN

Considere hacer preguntas a los alumnos tales como:

- ¿Puede explicar el modelo matemático para encontrar el momento faltante arrastrado por el neutrino?
 - *Elija un sistema de coordenadas.*
 - *Mide el ángulo de todos los vectores en relación con el eje x elegido.*
 - *Determine correctamente el componente x y el componente y de cada vector momento.*
 - *Encuentra la suma de los componentes x y los componentes y .*
 - *Indicando que los componentes vectoriales deben sumarse a cero, determine el momento del componente x y el momento del componente y del neutrino que se necesita para que las sumas de los componentes sean iguales a cero.*
 - *Utilice el componente x del neutrino y el componente y para determinar la magnitud del momento del neutrino faltante.*
- Determine que la energía del neutrino debe ser la misma que la magnitud del momento del neutrino cuando se elijan las unidades apropiadas.
 - *Comience con la ecuación de Einstein $E^2 = p^2c^2 + (mc^2)^2$.*
 - *En las unidades correctas, la ecuación se reduce a $E^2 = p^2 + m^2$.*
 - *La masa del neutrino es insignificante a estos niveles de energía, por lo que $E = p$.*
- Describir las propiedades de un neutrino que hacen imposible su detección en el detector DØ.
 - *El neutrino no tiene carga y, por lo tanto, no interactúa con la sección de seguimiento del detector o el calorímetro electromagnético.*
 - *El neutrino tiene una masa tan pequeña que no interactúa con la materia y, por lo tanto, no será detectable en el calorímetro de hadrones o en las secciones del detector de muones del detector.*
 - *Los neutrinos interactúan solo por la interacción débil y solo en raras ocasiones. Por lo tanto, la probabilidad de interactuar con cualquier materia en el detector es muy pequeña.*
- Compara tu resultado individual con los valores determinados por el resto de la clase.
 - *¿Existe un valor central claro para eventos similares (mismo número de evento)?*
 - *¿Existe un valor central claro para todos los eventos (diferentes números de eventos)?*