



1. DATOS BÁSICOS DEL TFG:

Título: La interacción débil: violación de paridad y el experimento de Wu

Descripción general (resumen y metodología):

Resumen

El Trabajo de Fin de Grado propuesto aborda la fenomenología y el marco teórico de la interacción débil, con especial atención a la violación de la simetría discreta de paridad (P). Motivada por las anomalías del rompecabezas $\theta-\tau$, la hipótesis de T.D. Lee y C.N. Yang sobre la no conservación de la paridad en los decaimientos débiles requirió una verificación empírica concluyente. El objetivo principal de este trabajo es analizar el experimento diseñado por C.S. Wu en 1957 centrado en la desintegración beta del isótopo de Cobalto-60, evaluando cómo la asimetría espacial observada en la distribución angular de los electrones emitidos evidenció la estructura subyacente de la interacción. A partir de este hito experimental, el trabajo explorará la evolución del formalismo teórico: desde la teoría de contacto de Fermi hasta la implementación del acoplamiento V-A (Vector-Axial), analizando la introducción de proyectores quirales en el lagrangiano débil y cómo estos resultados sentaron las bases fenomenológicas para la posterior formulación de la simetría gauge SU(2)_L en el Modelo Estándar.

Metodología

El desarrollo del trabajo se estructura en tres fases fundamentales:

Estudio bibliográfico y desarrollo teórico: Revisión de las fuentes primarias (Lee, Yang y Wu) y literatura avanzada en física de partículas. Se analizará matemáticamente la amplitud de desintegración débil, partiendo de la teoría de Fermi hasta llegar a la estructura del acoplamiento V-A, haciendo especial énfasis en el álgebra de matrices de Dirac, los proyectores quirales y el concepto de helicidad.

Análisis fenomenológico del experimento: Estudio crítico del montaje empírico, evaluando los requerimientos de polarización nuclear mediante campos magnéticos en régimen criogénico. Se correlacionará el observable de asimetría espacial en la desintegración beta del ^{60}Co con las predicciones del modelo teórico.

Síntesis y redacción: Integración de los resultados experimentales con sus implicaciones teóricas en la restricción de la forma de las corrientes débiles cargadas.

Resumen

El presente Trabajo de Fin de Grado aborda la fenomenología y el marco teórico de la interacción débil, con especial atención a la violación de la simetría discreta de paridad (P). Motivada por las anomalías del rompecabezas $\theta-\tau$, la hipótesis de T.D. Lee y C.N. Yang sobre la no conservación de la paridad en los decaimientos débiles requirió una verificación empírica concluyente. El objetivo principal de este trabajo es analizar el experimento diseñado por C.S. Wu en 1957 centrado en la desintegración beta del isótopo de Cobalto-60, evaluando cómo la asimetría espacial observada en la distribución angular de los electrones emitidos evidenció la estructura subyacente de la interacción. A partir de este hito experimental, el trabajo explorará la evolución del formalismo teórico: desde la teoría de contacto de Fermi hasta la implementación del acoplamiento V-A (Vector-Axial), analizando la introducción de proyectores quirales en el lagrangiano débil y cómo estos resultados sentaron las bases fenomenológicas para la posterior formulación de la simetría gauge SU(2)_L en el Modelo Estándar.

Metodología

El desarrollo del trabajo se estructura en tres fases fundamentales:

- **Estudio bibliográfico y desarrollo teórico:** Revisión de las fuentes primarias (Lee, Yang y Wu) y literatura avanzada en física de partículas. Se analizará matemáticamente la amplitud de desintegración débil, partiendo de la teoría de Fermi hasta llegar a la estructura del acoplamiento $V-A$, haciendo especial énfasis en el álgebra de matrices de Dirac, los proyectores quirales y el concepto de helicidad.
- **Análisis fenomenológico del experimento:** Estudio crítico del montaje empírico, evaluando los requerimientos de polarización nuclear mediante campos magnéticos en régimen criogénico. Se correlacionará el observable de asimetría espacial en la desintegración beta del ^{60}Co con las predicciones del modelo teórico.
- **Síntesis y redacción:** Integración de los resultados experimentales con sus implicaciones teóricas en la restricción de la forma de las corrientes débiles cargadas, finalizando con la elaboración del documento acorde a la normativa académica de la Facultad de Ciencias.

Resumen

El presente Trabajo de Fin de Grado aborda la fenomenología y el marco teórico de la interacción débil, con especial atención a la violación de la simetría discreta de paridad (P). Motivada por las anomalías del rompecabezas $\theta-\tau$, la hipótesis de T.D. Lee y C.N. Yang sobre la no conservación de la paridad en los decaimientos débiles requirió una verificación empírica concluyente. El objetivo principal de este trabajo es analizar el experimento diseñado por C.S. Wu en 1957 centrado en la desintegración beta del isótopo de Cobalto-60, evaluando cómo la asimetría espacial observada en la distribución angular de los electrones emitidos evidenció la estructura subyacente de la interacción. A partir de este hito experimental, el trabajo explorará la evolución del formalismo teórico: desde la teoría de contacto de Fermi hasta la implementación del acoplamiento $V-A$ (Vector-Axial), analizando la introducción de proyectores quirales en el lagrangiano débil y cómo estos resultados sentaron las bases fenomenológicas para la posterior formulación de la simetría gauge $SU(2)_L$ en el Modelo Estándar.

Metodología

El desarrollo del trabajo se estructura en tres fases fundamentales:

- **Estudio bibliográfico y desarrollo teórico:** Revisión de las fuentes primarias (Lee, Yang y Wu) y literatura avanzada en física de partículas. Se analizará matemáticamente la amplitud de desintegración débil, partiendo de la teoría de Fermi hasta llegar a la estructura del acoplamiento $V-A$, haciendo especial énfasis en el álgebra de matrices de Dirac, los proyectores quirales y el concepto de helicidad.
- **Análisis fenomenológico del experimento:** Estudio crítico del montaje empírico, evaluando los requerimientos de polarización nuclear mediante campos magnéticos en régimen criogénico. Se correlacionará el observable de asimetría espacial en la desintegración beta del ^{60}Co con las predicciones del modelo teórico.
- **Síntesis y redacción:** Integración de los resultados experimentales con sus implicaciones teóricas en la restricción de la forma de las corrientes débiles cargadas, finalizando con la elaboración del documento acorde a la normativa académica de la Facultad de Ciencias.

Resumen

El presente Trabajo de Fin de Grado aborda la fenomenología y el marco teórico de la interacción débil, con especial atención a la violación de la simetría discreta de paridad (P). Motivada por las

anomalías del rompecabezas $\theta-\tau$, la hipótesis de T.D. Lee y C.N. Yang sobre la no conservación de la paridad en los decaimientos débiles requirió una verificación empírica concluyente. El objetivo principal de este trabajo es analizar el experimento diseñado por C.S. Wu en 1957 centrado en la desintegración beta del isótopo de Cobalto-60, evaluando cómo la asimetría espacial observada en la distribución angular de los electrones emitidos evidenció la estructura subyacente de la interacción. A partir de este hito experimental, el trabajo explorará la evolución del formalismo teórico: desde la teoría de contacto de Fermi hasta la implementación del acoplamiento V-A (Vector-Axial), analizando la introducción de proyectores quirales en el lagrangiano débil y cómo estos resultados sentaron las bases fenomenológicas para la posterior formulación de la simetría gauge SU(2)_L en el Modelo Estándar.

Metodología

El desarrollo del trabajo se estructura en tres fases fundamentales:

- **Estudio bibliográfico y desarrollo teórico:** Revisión de las fuentes primarias (Lee, Yang y Wu) y literatura avanzada en física de partículas. Se analizará matemáticamente la amplitud de desintegración débil, partiendo de la teoría de Fermi hasta llegar a la estructura del acoplamiento V-A, haciendo especial énfasis en el álgebra de matrices de Dirac, los proyectores quirales y el concepto de helicidad.
- **Análisis fenomenológico del experimento:** Estudio crítico del montaje empírico, evaluando los requerimientos de polarización nuclear mediante campos magnéticos en régimen criogénico. Se correlacionará el observable de asimetría espacial en la desintegración beta del ^{60}Co con las predicciones del modelo teórico.
- **Síntesis y redacción:** Integración de los resultados experimentales con sus implicaciones teóricas en la restricción de la forma de las corrientes débiles cargadas, finalizando con la elaboración del documento acorde a la normativa académica de la Facultad de Ciencias.

Resumen

El presente Trabajo de Fin de Grado aborda la fenomenología y el marco teórico de la interacción débil, con especial atención a la violación de la simetría discreta de paridad (P). Motivada por las anomalías del rompecabezas $\theta-\tau$, la hipótesis de T.D. Lee y C.N. Yang sobre la no conservación de la paridad en los decaimientos débiles requirió una verificación empírica concluyente. El objetivo principal de este trabajo es analizar el experimento diseñado por C.S. Wu en 1957 centrado en la desintegración beta del isótopo de Cobalto-60, evaluando cómo la asimetría espacial observada en la distribución angular de los electrones emitidos evidenció la estructura subyacente de la interacción. A partir de este hito experimental, el trabajo explorará la evolución del formalismo teórico: desde la teoría de contacto de Fermi hasta la implementación del acoplamiento V-A (Vector-Axial), analizando la introducción de proyectores quirales en el lagrangiano débil y cómo estos resultados sentaron las bases fenomenológicas para la posterior formulación de la simetría gauge SU(2)_L en el Modelo Estándar.

Metodología

El desarrollo del trabajo se estructura en tres fases fundamentales:

- **Estudio bibliográfico y desarrollo teórico:** Revisión de las fuentes primarias (Lee, Yang y Wu) y literatura avanzada en física de partículas. Se analizará matemáticamente la amplitud de desintegración débil, partiendo de la teoría de Fermi hasta llegar a la estructura del acoplamiento V-A, haciendo especial énfasis en el álgebra de matrices de Dirac, los proyectores quirales y el concepto de helicidad.
- **Análisis fenomenológico del experimento:** Estudio crítico del montaje empírico, evaluando los requerimientos de polarización nuclear mediante campos magnéticos en régimen criogénico.

Se correlacionará el observable de asimetría espacial en la desintegración beta del ^{60}Co con las predicciones del modelo teórico.

- **Síntesis y redacción:** Integración de los resultados experimentales con sus implicaciones teóricas en la restricción de la forma de las corrientes débiles cargadas, finalizando con la elaboración del documento acorde a la normativa académica de la Facultad de Ciencias.

Tipología: Estudio de casos, teóricos o prácticos, relacionados con la temática del Grado.

Objetivos planteados:

Objetivo General:

Analizar de forma exhaustiva la violación de la simetría discreta de paridad (P) en la interacción débil, integrando el desarrollo teórico que condujo al acoplamiento V-A con el análisis fenomenológico del experimento de Wu, para comprender su impacto estructural en la formulación de la física de partículas moderna.

Objetivos Específicos:

Contextualizar la ruptura de la simetría: Describir el panorama fenomenológico previo a 1956, abordando específicamente el rompecabezas $\theta-\tau$ como la anomalía cinemática que motivó la hipótesis de la no conservación de la paridad formulada por Lee y Yang.

Desarrollar el formalismo de la interacción débil: Estudiar la evolución matemática desde la teoría de contacto de Fermi original, analizando cómo transforman los campos espinoriales y las corrientes bilineales bajo los operadores de paridad (P) y conjugación de carga (C).

Analizar el diseño empírico: Estudiar críticamente el montaje experimental de Wu et al. para la desintegración beta del isótopo ^{60}Co , evaluando las técnicas de polarización nuclear en régimen criogénico y la medición de la asimetría en la distribución angular de los electrones emitidos.

Conectar la fenomenología con la teoría moderna: Demostrar cómo los resultados experimentales de Wu forzaron la introducción de proyectores quirales en el lagrangiano débil, derivando la estructura Vector-Axial (V - A) y justificando la naturaleza de la interacción débil que, posteriormente, se cristalizaría en la simetría gauge $\text{SU}(2)_L$ del Modelo Estándar.

Bibliografía básica:

Griffiths, D. (2008). Introduction to Elementary Particles (2ª ed.). Wiley-VCH.

Halzen, F., & Martin, A. D. (1984). Quarks and Leptons: An Introductory Course in Modern Particle Physics. John Wiley & Sons.

Perkins, D. H. (2000). Introduction to High Energy Physics (4ª ed.). Cambridge University Press.

Thomson, M. (2013). Modern Particle Physics. Cambridge University Press.

Lee, T. D., & Yang, C. N. (1956). Question of Parity Conservation in Weak Interactions. Physical Review, 104(1), 254-258.

Wu, C. S., Ambler, E., Hayward, R. W., Hoppes, D. D., & Hudson, R. P. (1957). Experimental Test of Parity Conservation in Beta Decay. Physical Review, 105(4), 1413-1415.

Recomendaciones y orientaciones para el estudiante:

Se recomienda al alumno cursar la asignatura de Campos y Partículas.

Plazas: 1

2. DATOS DEL TUTOR/A:

Nombre y apellidos: ADRIÁN CARMONA BERMÚDEZ

Ámbito de conocimiento/Departamento: FÍSICA TEÓRICA

Correo electrónico: adrian@ugr.es

3. COTUTOR/A DE LA UGR (en su caso):

Nombre y apellidos:

Ámbito de conocimiento/Departamento:

Correo electrónico:

4. COTUTOR/A EXTERNO/A (en su caso):

Nombre y apellidos:

Correo electrónico:

Nombre de la empresa o institución:

Dirección postal:

Puesto del tutor en la empresa o institución:

Centro de convenio Externo:

5. DATOS DEL ESTUDIANTE:

Nombre y apellidos: Juan Ignacio Martínez Cantón

Correo electrónico: jmarcan923@correo.ugr.es