



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, HUMANAS Y TECNOLOGÍAS
CARRERA DE PEDAGOGÍA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES:
MATEMÁTICAS Y LA FÍSICA

TITULO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Guía Didáctica para Aprendizaje de Relatividad Especial en estudiantes de Tercero de
Bachillerato, Unidad Educativa Hispanoamérica

Trabajo de Titulación para optar al Título de: Licenciado en Pedagogía de las Matemáticas y
la Física

AUTOR:

José Andrés Córdova Merino

TUTOR:

Mgs. Laura Esther Muñoz Escobar
RIOBAMBA - ECUADOR
Año 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, Córdova Merino José Andrés con cédula de ciudadanía 0604006973, autor del trabajo de investigación titulado: Guía didáctica para aprendizaje de relatividad especial en estudiantes de Tercero de bachillerato, Unidad Educativa Hispanoamérica, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 13 de mayo de 2025

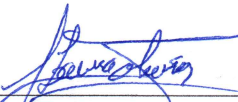


José Andrés Córdova Merino
CI: 0604006973

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Mgs. Laura Esther Muñoz Escobar** catedrático adscrito a la **Facultad de Ciencias de la Educación, Humanas y Tecnologías** por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación **Guía Didáctica para Aprendizaje de Relatividad Especial en estudiantes de Tercero de Bachillerato, Unidad Educativa Hispanoamérica**, bajo la autoría de **José Andrés Córdova Merino**; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 07 días del mes de febrero del 2025



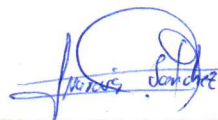
Mgs. Laura Esther Muñoz Escobar
C.I: 0601870942

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

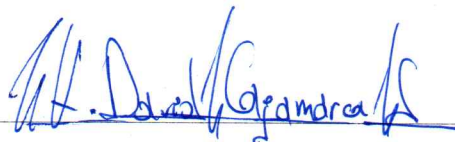
Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación GUÍA DIDÁCTICA PARA APRENDIZAJE DE RELATIVIDAD ESPECIAL EN ESTUDIANTES DE TERCERO DE BACHILLERATO, UNIDAD EDUCATIVA HISPANOAMÉRICA por José Andrés Córdova Merino, con cédula de identidad número 0604006973, bajo la tutoría del Mgs. Laura Esther Muñoz Escobar; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 13 de mayo de 2025.

Dra. Narcisa Sánchez Salcán.
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. Klever David Cajamarca Sacta.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. Cristian David Carranco Ávila.
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **JOSE ANDRÉS CÓRDOVA MERINO** con CC: **0604006973**, estudiante de la Carrera de **PEDAGOGÍA DE LAS CIENCIAS EXPERIMENTALES MATEMÁTICAS Y LA FÍSICA**, Facultad de **CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN, HUMANAS Y TECNOLOGÍAS**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **GUÍA DIDÁCTICA PARA APRENDIZAJE DE RELATIVIDAD ESPECIAL EN ESTUDIANTES DE TERCERO DE BACHILLERATO, UNIDAD EDUCATIVA HISPANOAMÉRICA**", cumple con el 8%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 7 de abril de 2025

Mgs. Laura Esther Muñoz Escobar
TUTORA

DEDICATORIA

Dedico este trabajo investigativo a mis padres, ya que ellos han sido mi más grande apoyo en cada etapa de mi vida, gracias a la confianza que me han tenido he podido desarrollarme en libertad y formar una personalidad independiente. Su amor hacia mí ha sido incondicional, prueba de ello es todos los sacrificios que han hecho para educarme e inculcarme valores y principios los cuales estoy seguro de que me llevaran a ser exitoso como ser humano empático y justo.

Por lo antes dicho, este logro no es individual, ya que con su apoyo y consejo han ido labrando frente a mí en estos años de estudio en un camino bien pavimentado por el cual pude llegar a la culminación de mi carrera de grado, con todo mi amor y gratitud esta tesis es para ustedes, queridos, mamá y papá.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a mis queridos docentes, quienes me han compartido sus conocimientos y me han acompañado en mis años de estudio, sus enseñanzas ha formado en mi un docente de matemáticas y física, no únicamente competente con la materia, también han dejado en mi huella la calidad humana que cada uno ha tenido, razón por la cual, me han inspirado a ser mejor persona y esforzarme por ser un gran docente, muchas gracias por transmitirme tal pasión por la enseñanza y enseñarme que el aprendizaje nunca termina.

A mis compañeros de carrera, con quienes he compartido momentos grandiosos de compañerismo durante mi proceso educativo, con los cuales nos hemos apoyado y ayudado mutuamente de manera sincera, gracias por cada debate constructivo, por cada sonrisa que deje escapar a causa de sus ocurrencias, y más que todo por haber formado parte de mi vida.

Finalmente agradezco a la Unidad Educativa Hispanoamérica, institución que ha sido el campo de recolección de datos de este trabajo investigativo.

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICACIÓN DEL ANTI-PLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

CAPÍTULO 1	15
1 INTRODUCCIÓN	15
1.1 Antecedentes.	16
1.2 Planteamiento del problema	17
1.2.1 Formulación del problema	18
1.2.2 Preguntas directrices	18
1.3 Justificación:.....	19
1.4 Objetivos	20
1.4.1 Objetivo general.....	20
1.4.2 Objetivos específicos	20
CAPÍTULO II	21
2 MARCO TEÓRICO	21
2.1 Estado del Arte.	21
2.2 Fundamentación teórica.	22
2.2.1 Concepto de Aprendizaje.....	22
2.2.1.1 El aprendizaje según la psicología.....	22
2.2.1.2 Educación y aprendizaje.	22
2.2.1.3 Teorías del aprendizaje.	22
2.2.1.4 El aprendizaje autónomo.	23
2.2.1.5 Aprender a aprender.....	23
2.2.1.5.1 Estrategias para desarrollar la competencia “Aprender a aprender”	23
2.2.2 Relatividad Especial: Cinemática Relativista	23
2.2.2.1 Relatividad Galileana.....	24

2.2.2.2	Problema de la relatividad Clásica y el Electromagnetismo.....	24
2.2.2.3	Postulados de la Relatividad Especial	25
2.2.2.4	Simultaneidad	25
2.2.2.5	Dilatación temporal.....	25
2.2.2.5.1	La paradoja de los gemelos.....	25
2.2.2.6	Contracción Longitudinal	26
2.2.2.7	Transformaciones de Lorentz	26
2.2.3	Aplicaciones de la Teoría de la Relatividad de Einstein.	27
2.2.3.1	Funcionamiento del GPS	27
2.2.3.2	Implicaciones filosóficas y sociales de la teoría de la relatividad de Einstein	28
2.2.4	Guía Didáctica	28
2.2.4.1	Aspectos para tener en cuenta en el desarrollo de una guía didáctica	28
2.2.4.1.1	Partes de una guía didáctica.....	28
2.2.4.1.2	La evaluación en una guía didáctica	29
2.2.5	Implicaciones Pedagógicas de la Relatividad Especial.	29
2.2.5.1	Dificultades en la enseñanza de la Relatividad Especial.	29
2.2.5.2	Estrategias didácticas para abordar conceptos abstractos.....	29
2.2.6	La relatividad especial en el libro de texto del Bachillerato General Unificado.	29
CAPÍTULO III.....		31
3	MARCO METODOLÓGICO.....	31
3.1	Tipo de investigación.	31
3.1.1	Según el enfoque.....	31
3.1.2	Según el lugar.	31
3.1.3	Según el tiempo.	31
3.1.4	Según su nivel de profundidad.....	31
3.2	Diseño de la investigación.....	31
3.3	Técnica e instrumento para la recolección de datos.	31
3.3.1	Técnicas.	31
3.3.2	Instrumentos.....	31
3.4	Validez y confiabilidad de los instrumentos.	32
3.4.1	Validez.....	32
3.4.2	Confiabilidad.	32
3.5	Población y muestra.	33

3.5.1	Población.	33
3.5.2	Muestra.	33
3.6	Métodos de análisis y procesamiento de datos.....	34
3.6.1	Método de análisis.	34
3.6.2	Procesamiento de datos.....	34
CAPÍTULO IV		35
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.	35
4.1	Resultados.	35
4.2	Discusión.....	43
CAPÍTULO V.....		45
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
5.1	Conclusiones	45
5.2	Recomendaciones.....	45
CAPÍTULO VI.....		46
6	PROPUESTA.....	46
6.1	Título	46
6.2	Introducción	46
6.3	Objetivo.....	46
6.4	Justificación.....	47
6.5	Guía didáctica desarrollada.	48
BIBLIOGRAFÍA.....		78
ANEXOS.....		83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos obtenidos en el cálculo del alfa de Cronbach con Excel	33
Tabla 2. Muestra conformada por estudiantes de tercero de bachillerato en la Unidad Educativa Hispanoamérica.....	34

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Pregunta 1: Conozco sobre la teoría de la relatividad especial de Albert Einstein .	35
Figura 2	Pregunta 2: Mi docente de física alguna vez me comentó sobre la relatividad especial.	36
Figura 3	Pregunta 3: Siento que el conocimiento sobre relatividad especial podría ayudarme a entender los avances científicos y tecnológicos actuales.	37
Figura 4	Pregunta 4: La ausencia de temas como dilatación temporal y contracción de la longitud limita mi comprensión de la física moderna.	38
Figura 5	Pregunta 5: Considero que tener una guía didáctica sobre relatividad especial facilitaría mi aprendizaje sobre esta temática.....	39
Figura 6	Pregunta 6: Estoy interesado en aprender como la teoría de la relatividad especial se aplica a fenómenos reales.	39
Figura 7	Pregunta 7: Me sentiría más motivado a estudiar relatividad especial si hubiera una guía didáctica accesible y clara.	40
Figura 8	Pregunta 8: Aprender sobre los postulados de Einstein y las transformaciones de Lorentz me resulta atractivo e interesante.....	41
Figura 9	Pregunta 9: Creo que una guía didáctica de relatividad especial aumentaría mi interés por aprender física.....	41
Figura 10	Pregunta 10: Me gustaría contar con una guía adicional para estudiar relatividad especial de forma independiente.	42

RESUMEN

El aprendizaje de la física moderna tiene gran importancia en la actualidad, aun así, temas como la relatividad especial, en un amplio contexto, no suelen ser tomados en cuenta en el bachillerato, esto afectando la comprensión y cultura científica en los estudiantes. El objetivo principal de la presente investigación fue la elaboración de una guía didáctica de relatividad especial en la Unidad Educativa Hispanoamérica. La tesis se caracterizó por tener un enfoque cuantitativo con un diseño no experimental, ya que se utilizó la estadística descriptiva, para representar los resultados de la encuesta y no se manipularon las variables, fue de campo porque se recolectaron datos estadísticos en el centro educativo, y bibliográfica puesto que se revisaron conceptos necesarios para el desarrollo de la guía didáctica. En relación con el tiempo, fue de carácter transversal ya que los resultados se recolectaron en un solo período, la población estuvo conformada por los estudiantes de la institución, en donde se realizó el estudio. La muestra fue intencional, no probabilística, conformada por los estudiantes de tercer año de bachillerato. Los instrumentos de recolección de datos fueron aprobados y validados por docentes expertos, además, se aplicó el alfa de Cronbach para la validación de los datos, mostrando alta consistencia del instrumento. En la encuesta aplicada a los estudiantes, se evidenció el deseo de aprendizaje de la relatividad especial, dado que consideran que los conceptos de la física moderna les permitirían entender de mejor manera la tecnología y ciencia moderna, también se mostraron motivados por disponer de una guía didáctica de la temática, puesto que, consideraron que efectivamente, según el cuestionario aplicado, aumentaría su predisposición por aprender física, por otro lado se encontró que los beneficiarios están dispuestos a estudiar de manera autónoma si contaran con la guía didáctica propuesta.

Palabras clave: Aprendizaje, física, Guía, Relatividad, Tiempo.

ABSTRACT

The learning of modern physics is of great importance today; however, topics such as special relativity, in a broad context, are often not addressed in high school education. This affects students' understanding and scientific literacy. The main objective of this research was to develop a didactic guide on special relativity at Unidad Educativa Hispanoamérica. The thesis employed a quantitative approach with a non-experimental design, as descriptive statistics were used to present the survey results and no variables were manipulated. It was considered field research because statistical data were collected within the educational institution, and bibliographic, since key theoretical concepts were reviewed for the development of the didactic guide. Regarding its timeframe, the study was cross-sectional, as the data were collected in a single period. The population consisted of students from the institution where the study was conducted. The sample was intentional and non-probabilistic, composed of third-year high school students. The data collection instruments were approved and validated by expert teachers, and Cronbach's alpha was applied to validate the instrument, showing high reliability. The survey revealed students' interest in learning special relativity, as they believe that modern physics concepts would help them better understand contemporary science and technology. They were also motivated by the idea of having access to a didactic guide on the subject, as they considered—based on the questionnaire—that it would increase their willingness to learn physics. Furthermore, the results showed that the students would be willing to study independently if they had access to the proposed guide.

Keywords: Learning, Physics, Guide, Relativity, Time.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

“Plantear nuevas preguntas, nuevas posibilidades, considerar los viejos problemas desde un nuevo ángulo, requiere imaginación creativa y marca un avance real en la ciencia” (Albert Einstein, citado en Lado, 2022). Mucho se puede reflexionar con respecto a estas palabras dichas por uno de los más grandes científicos del anterior siglo, quien fue la persona que revolucionó el paradigma de las ciencias físicas. Tal reflexión puede interpretarse como la necesidad constante del ser humano a innovar y por tanto adaptarse al entorno que lo rodea, invita a pensar siempre de la manera más actual posible y resalta la importancia de la creatividad. Por algo el genio de la relatividad, quien desafió lo que todos los científicos de su época pensaban, este espíritu revolucionario en cierto modo debe estar orientado a la enseñanza de la ciencia, innovando con temas de actualizar y haciendo preguntas nuevas, para así algún día alcanzar las estrellas.

El presente trabajo de fin de grado tiene como finalidad la realización de una guía didáctica sobre la relatividad especial, teoría de Albert Einstein, la cual está presente en el libro del Ministerio de Educación. Se encuentra en la unidad temática 5 correspondiente a “Física Moderna I” libro en el cual se aborda la cinemática relativista. Sin embargo, en la mayoría de las instituciones educativas no se aborda esta temática, por tanto, la guía didáctica aborda, la relatividad clásica, los postulados de Einstein, la dilatación temporal, la contracción longitudinal y las transformaciones de Lorentz. La guía en mención aspira a servir como fuente de consulta y material de estudio para los estudiantes de la Unidad Educativa Hispanoamérica.

Es de importancia generar material educativo correspondiente a física moderna ya que como menciona Iriarte & González (2023) es una necesidad que las personas en generar posean conocimiento científico, por esta razón se busca que los estudiantes estén a la vanguardia de los adelantos científicos, aun así, la enseñanza de la física moderna se encuentra rezagada al menos en América Latina. Teniendo en cuenta esto y reflexionando al respecto, queda claro que la enseñanza de la física moderna es importante, ya que, los contenidos de Relatividad Especial, Física Cuántica y Física Nuclear son los correspondientes a lo que se denomina física moderna y estos dan una imagen cercana a lo que es la Física actual (Lantaron, 2020) con esto el estudiante puede relacionar de mejor manera las ciencias físicas con los adelantos científicos y tecnológicos actuales, siendo así que se pueda facilitar la motivación y el estudio de estas ciencias.

La investigación tuvo un enfoque cuantitativo, ya que se usó la estadística descriptiva para analizar los resultados obtenidos en el cuestionario tomado a los beneficiarios, con el fin de encontrar el interés de estos en la realización de una guía didáctica de relatividad especial. La investigación tuvo un diseño no experimental, dado que, no se intervino en ninguna variable de estudio. El nivel del trabajo es descriptivo propositivo, pues solo se recolectaron datos para su posterior análisis y se realizó una propuesta dada la interpretación de estos. Los datos se recolectaron en el tercero de bachillerato de la Unidad Educativa Hispanoamérica.

El trabajo de investigación consta de la siguiente estructura:

CAPÍTULO I: Es en donde se detallan los antecedentes de la investigación, se plantea el problema, la justificación y se detallan los objetivos, siendo las bases que sostienen la construcción de todo el informe.

CAPÍTULO II: En donde se encuentra el estado del arte y la fundamentación teórica, cabe recalcar sus partes más importantes: Aprendizaje, Relatividad especial, aplicaciones de la relatividad especial, lo que es una guía didáctica, las consideraciones pedagógicas de la relatividad especial, la relatividad especial en el libro del bachillerato general unificado.

CAPÍTULO III: En este capítulo se encuentra la información de la metodología utilizada en la investigación.

CAPÍTULO IV: Se presentan los resultados por medio de gráficos estadísticos descriptivos por cada pregunta del cuestionario, el análisis y reflexión de cada uno, y discusión de estos.

CAPÍTULO V: En este capítulo se encuentran las conclusiones y recomendaciones, los cuales responden a los objetivos de investigación planteados en el capítulo 1.

CAPÍTULO VI: Aquí se detalla el título, introducción, objetivos y justificación, de la guía didáctica propuesta en este informe. También se presenta la guía didáctica desarrolladas en formato de imágenes, y un enlace para descargar el documento.

1.1 Antecedentes.

En el contexto internacional la enseñanza de las ciencias contemporáneas presentan ciertos desafíos y dificultades, como se puede evidenciar en el estudio de Alstein et al. (2021) en el que se revisaron 40 artículos científicos, en donde se investigaba la enseñanza y el aprendizaje de la teoría de la relatividad especial, STR siendo sus siglas en inglés, la investigación fue realizada a nivel de preparatoria, lo cual en la región es equivalente al bachillerato, los investigadores encontraron que la enseñanza de la relatividad especial al menos en esos niveles es un reto, puesto que, los estudiantes presentan dificultades al momento de estudiar la temática dada la complejidad de la materia. Las mayores dificultades presentadas son: el concepto de marco de referencia, los postulados de la relatividad, y los efectos de la relatividad especial. También el estudio enfatiza que es importante la enseñanza de la temática dada su importancia introductoria en la física moderna. Estas dificultades presentes en el aprendizaje de estos conceptos, indica que se deben desarrollar propuestas, con el fin de dotar a los estudiantes de recursos para su aprendizaje.

El aprendizaje de la relatividad especial, es importante, ya que abre las puertas al entendimiento de la física moderna y con ello una comprensión más detallada de la ciencia y la tecnología actual, ya que, según Porral et al. (2023) algunas aplicaciones de la relatividad especial son: la sincronización de relojes en sistemas GPS y telecomunicaciones, ya que se debe tomar en cuenta la dilatación temporal por velocidades relativas, la equivalencia masa energía, dada por la famosa ecuación de Einstein $E = mc^2$ que fue crucial para el desarrollo de la energía nuclear, también permite realizar buenas mediciones de distancia y velocidad importantes en interferometría láser y la astronomía, dentro de la física de partículas ayuda a explicar el comportamiento de partículas a altas velocidades, y en astrofísica ayuda a entender fenómenos, como agujeros negros, ondas gravitacionales y la expansión del universo. Dado que los temas de física moderna requieren esfuerzo en su aprendizaje, una guía didáctica de la

misma vendría a ser un recurso de aprendizaje a considerar para así fomentar la cultura y el conocimiento científico.

Dentro de las ramas de saberes científicos, la física representa un reto de enseñanza, puesto que esta ciencia contiene muchos elementos abstractos y gran necesidad de experimentación para visualizar los fenómenos físicos, bajo esta problemática también se ha visualizado de forma personal la gran dificultad que existe por parte de los estudiantes en el estudio de ésta, a más que muchos temas relevantes no suelen ser abordados por falta de tiempo o recursos que faciliten la comprensión de la misma, tal como concluye Chicaiza (2024) que en su investigación propone el diseño de una guía didáctica para la enseñanza-aprendizaje de la física, bajo un diseño universal, para bachillerato, en donde el investigador realizó entrevistas a estudiantes y profesores, también concluye que, en las ciencias físicas el proceso de enseñanza y aprendizaje siempre se ha caracterizado por métodos tradicionales, poco atractivos y participativos, esto da lugar a que exista una falta de motivación en los estudiantes, ya que al no participar todos no satisface las expectativas educativas de todos los estudiantes, puesto que, cada uno tiene estilos y ritmos de aprendizaje distintos, por todas estas razones existe la necesidad de una guía didáctica con estrategias innovadoras, con métodos diversos y que respondan a los tiempos de aprendizaje de todos los alumnos

Siguiendo la idea también cabe recalcar otras experiencias de estudios previos sobre la implementación de las guías didácticas para el aprendizaje de la física, siendo que la implementación de guías didácticas con laboratorios virtuales ha demostrado ser una herramienta válida para facilitar el aprendizaje de la física, volviéndolo dinámico y atractivo para los estudiantes. El impacto de las guías didácticas aplicadas en el área de la física se refleja en el aumento del interés en la materia por parte de los estudiantes, puesto que la experiencia de aprendizaje se vuelve más intuitiva al contar el material didáctico con contenido actualizado y simuladores interactivos, también cabe señalar que en la evaluación tomada en este estudio, los beneficiarios del mismo alcanzaron un rendimiento general del 40% con un 8% de alumnos que no alcanzan los conocimientos requeridos, por tal razón existe la necesidad de mejorar esfuerzos con estas propuestas innovadoras para reducir la deserción escolar (Balladares, 2023).

Estos resultados de estudios previos remarcan que las guías didácticas son recursos útiles para que los estudiantes alcancen los aprendizajes requeridos en el área de la física, destacando por tener información confiable y resumida, así como adaptarse a las formas y ritmos de aprendizaje de cada alumno al estar disponibles de forma física o digital prácticamente todo el tiempo, aun así, estas guías didácticas aplicadas en diferentes contextos de aprendizaje únicamente han sido orientadas a lo que se conoce como física clásica, ahora bien al abordar problemas de la física moderna y en particular la cinemática relativista hay que indagar en el acervo conceptual y procedimental que tiene la misma.

1.2 Planteamiento del problema

Hoy en día el avance tecnológico y científico ha demostrado llevar a la sociedad a un estado de bienestar, al satisfacer las necesidades de las personas, como mejorar movilidad, industrialización de la mano de obra, las telecomunicaciones, entre otras. Pero es importante

también incluir en el acervo cultural de la gente las nociones de ¿Cómo la humanidad ha conseguido lograr tales hazañas?

Por tales razones es importante que se genere contenido de enseñanza en estas áreas del saber para ilustrar estos tópicos de ciencia contemporánea, en este caso siendo el foco de atención la teoría de la relatividad especial de Einstein, precisamente lo correspondiente a cinemática relativista.

La enseñanza de la física moderna ha tenido grandes obstáculos, tales como, el escaso conocimiento de docentes con respecto al tema, la falta de motivación, dificultades con la transposición didáctica, entre otras (Iriarte & González, 2023), en los colegios de la ciudad de Riobamba también se ha observado esta problemática en el proceso de prácticas preprofesionales, por tal razón se ha visto la importancia de generar material de aprendizaje para esta temática evaluando el interés del público al que va dirigido, bajo estos argumentos se aplicó un cuestionario a los estudiantes de tercero de bachillerato de la Unidad Educativa Hispanoamérica, para posteriormente desarrollar una guía didáctica sobre relatividad especial.

Cuando se hace referencia a la física moderna dentro el campo científico, se tratan los temas correspondientes a los estudios contemporáneos de las leyes fundamentales del universo (Equipo editorial, Etecé, 2022) dentro de la física moderna como introducción entra la relatividad especial, que es el tema abordado en la investigación, concordando con lo mencionado por Iriarte & González (2023): “se necesita que la comunidad en general, conozcan las bases de los adelantos científicos contemporáneos” (p. 135), esto haciendo referencia a la enseñanza de la relatividad especial de Einstein, más aun teniendo en cuenta que los mismos autores mencionan que la enseñanza de la física moderna es en sí desvalorizada en Latinoamérica al menos en lo que a educación media se refiere. Siguiendo este contexto y al no haber muchos recursos didácticos referentes al tema, las guías didácticas pueden ser una alternativa, como mencionan Cortijo & Paúl (2020) con el uso de recursos didácticos se facilita el acceso a la información, así como ayudar a mejorar las destrezas en los estudiantes, e influir en la motivación por aprender los temas a abordarse.

La física moderna se encuentra dentro del currículo de física del bachillerato general unificado, sin embargo, en la mayoría de las unidades educativas no se aborda esta temática, ya sea por el escaso número de horas, por falta de recursos didácticos o por otro tipo de dificultades, es por ello la presente investigación pretende elaborar una guía didáctica para el aprendizaje de la relatividad especial, la misma que podrá ser utilizada por los docentes, estudiantes o cualquier otra persona que tenga acceso a este contenido.

1.2.1 Formulación del problema

¿Cómo abordar el aprendizaje de la teoría de la relatividad especial en estudiantes de Tercero de bachillerato de la Unidad Educativa Hispanoamérica?

1.2.2 Preguntas directrices

¿Cuáles son las bases teóricas de la relatividad especial?

¿Cuáles son los conocimientos sobre la relatividad especial que tienen los estudiantes de la Unidad Educativa Hispanoamérica?

¿Cómo es el diseño de una guía didáctica de relatividad especial?

1.3 Justificación:

En lo que respecta a América Latina, la enseñanza de la física moderna no es muy valorada, incluso sabiendo que es necesario aprender la misma, dado que es importante que el público en general conozca sobre los últimos avances científicos para que así los valoren siendo que son importantes, por estas razones se debe buscar que los estudiantes en general estén informados de los avances científicos y tecnológicos, así como el acervo cultural que estos tienen (Iriarte & González, 2023) de esa forma se pueden derrumbar mitos y en si obtener una sociedad más educada y más consciente con el mundo, y el universo que les rodea, así como los avances tecnológicos existentes. En los colegios de la ciudad de Riobamba que tuve la oportunidad de realizar mis prácticas preprofesionales fue evidente que existe una necesidad con la enseñanza de la ciencia contemporánea, ya que no suelen toparse estos temas.

La física moderna se aborda dentro del currículo del Bachillerato General Unificado del Ecuador dentro del “Bloque 4: La Tierra y el universo” y el “Bloque 5: La física de hoy”, esta temática es tratada en el Libro del Ministerio de Educación de tercero de Bachillerato en su Unidad Temática 5 que lleva el nombre de “Física Moderna I” siendo que el libro corresponde dos bloques de física moderna el primero comprendiendo desde relatividad hasta mecánica cuántica, y el segundo hace referencia a física nuclear. Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, la relatividad especial es una competencia que debe desarrollar el bachiller ecuatoriano, y que como se justificó antes fue necesario generar material para el aprendizaje de estos temas contemporáneos de física.

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito atender a la enseñanza de la física moderna en bachillerato, en particular a la enseñanza de la relatividad general, abordando lo concerniente a cinemática relativista incluyendo las transformaciones de Lorentz, como mencionan Iriarte & González (2023) es importante generar métodos y estrategias para la enseñanza en esta área, refiriéndose a la física moderna y en particular a la relatividad. La guía didáctica servirá como soporte al estudio de los estudiantes de bachillerato pretendiendo llevar el contenido de una manera clara y entendible con un lenguaje simple, esto con el fin de no generar confusiones típicas que se dan al momento de abordar este tema.

Dentro del estudio de las ciencias físicas, a los correspondientes a partir del siglo XX llamados “física moderna” de los cuales se incluye la teoría de la relatividad especial, son importantes, ya que al ser un cambio de paradigma dentro de las ciencias, más allá de su aplicabilidad tecnológico, son conocimientos relevantes ya que muestran un desarrollo de todos los conceptos al proponer una manera alternativa de ver las cosas, permitiendo trabajar conjuntamente componentes de ciencia tecnología y sociedad (Muñoz et al., 2021).

La investigación fue factible porque se contó con el personal adecuado, también se tienen los recursos y el tiempo necesario para llevarlo a cabo, el tema tratado por la investigación es de importancia para la difusión de la ciencia contemporánea, así como para el desarrollo cultural y tecnológico como ha quedado implícito en las menciones anteriores.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Elaborar una guía didáctica para aprendizaje de relatividad especial dirigido a estudiantes de Tercero de bachillerato de la Unidad Educativa Hispanoamérica.

1.4.2 Objetivos específicos

Realizar una revisión bibliográfica sobre relatividad especial, para comprender los fundamentos básicos de la misma.

Identificar las necesidades de aprendizaje de la relatividad especial en estudiantes de Tercero de bachillerato de la Unidad Educativa Hispanoamérica.

Diseñar una guía didáctica para el aprendizaje de la relatividad especial dirigido a estudiantes de Tercero de bachillerato de la Unidad Educativa Hispanoamérica.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del Arte.

En contexto de la presente investigación, cabe poner énfasis en la necesidad de impartir conceptos físicos avanzados en el nivel de bachillerato, siendo que estas áreas de la física se encuentran dejados a un lado en la región en general, tal y como mencionan Muñoz et al. (2021) con respecto a la teoría especial de la relatividad (TER) ya que en su investigación menciona que las horas impartidas en esta temática dentro de la educación media (en Ecuador bachillerato) son insuficientes, acompañado de otros problemas, ya que existe una falta de información e interés de los estudiantes con respecto al tema, también la percepción ante la materia resulta desafiante dada la complejidad del tema, añadido a todo esto cabe hacer mención que existe una falta de material didáctico relacionado con el tema.

El aprendizaje de las ciencias es importante para el correcto desarrollo de una sociedad, bajo esta perspectiva es importante generar material de aprendizaje de las temáticas que comprenden dentro de estas, con respecto a la relatividad especial el material didáctico es escaso, en otras investigaciones se proponen la creación de guías didácticas para acompañar el aprendizaje de los estudiantes, al respecto Chávez (2023) en su tesis de grado titulada “Guía didáctica de prácticas de laboratorio para el aprendizaje de óptica ondulatoria” justificó la creación de la guía didáctica por medio de una encuesta, utilizando la técnica del cuestionario para de esa manera comprender si bajo la perspectiva de los estudiantes la disposición de tal material se percibe de forma beneficiosa o no. Comparando esta información con la del párrafo anterior, se menciona que el aprendizaje de la TER es complicado, dadas las pocas horas de trabajo y la complejidad del tema, es así, que la propuesta de una guía didáctica del tema puede ser efectivamente bien recibida por los beneficiarios, dada la experiencia previa del cuestionario usado para justificar la creación de la guía didáctica de laboratorio para óptica ondulatoria.

Siguiendo con el mismo hilo, en una tesis de maestría de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, con el propósito de encontrar la necesidad de generar material didáctico para el área de física, Padilla (2022) encontró en los estudiantes de segundo de bachillerato encuestados en su investigación, que el aprendizaje de la física es muy útil e importante para la comprensión de la tecnología, así como que, los estudiantes son conscientes de la importancia que esta ciencia ha tenido en el desarrollo de la humanidad, lo cual claramente muestra el interés de estos en el aprendizaje de la materia.

Como se pudo referenciar, el aprendizaje de la teoría especial de la relatividad no se encuentra muy presente en la educación del bachillerato dentro de la región, esto debido a que es un tema difícil de impartir en estos niveles educativos, haciendo mención también a la falta de recursos didácticos que se encuentran referente a esta temática, así mismo también se encontró que en otras investigaciones que tuvieron como objetivo generar material didáctico dentro del área de física, tuvieron un buen recibimiento por parte de los beneficiarios, ya que en encuestas cualitativas los estudiantes estuvieron de acuerdo en que la física es útil e importante, por lo tanto debe ser aprendida. Cabe añadir que se debe encontrar interés en los

futuros beneficiarios del material didáctico, es decir si consideran que es importante disponer de una guía didáctica sobre la temática de la materia, ya que los estudiantes serán los que harán uso de la guía didáctica propuesta, por tanto, debe atender sus necesidades.

Recapitulando, las guías didácticas resultan atractivas para los beneficiarios a quienes son propuestas, y fomentan el interés a aprender la materia, también la TER presenta dificultades en su proceso de enseñanza y aprendizaje, es por eso por lo que la propuesta de crear una guía didáctica de la temática es efectivamente una idea innovadora y de impacto, que de ser aceptada podría tener buenos resultados.

2.2 Fundamentación teórica.

2.2.1 Concepto de Aprendizaje.

El aprendizaje es el proceso a través del cual el ser humano adquiere, modifica o refina sus habilidades, destrezas, conocimientos o conductas, como resultado de la experiencia, que puede incluir el estudio, la observación, la instrucción o la práctica. Representa un cambio relativamente permanente, es decir, que perdura durante cierto tiempo (Gómez, 2024, párr. 2).

2.2.1.1 El aprendizaje según la psicología.

“En la psicología, el aprendizaje es un concepto central. La psicología del aprendizaje estudia la forma en que las personas adquieren y procesan la información, las prácticas educativas y los factores que influyen en el aprendizaje” (Gómez, 2024, párr. 6).

2.2.1.2 Educación y aprendizaje.

A la educación se le atribuye un proceso de formación que se lleva a cabo por parte de un docente con sus estudiantes, por tanto este los instruye, bajo esta perspectiva un centro de estudio es el entorno más frecuente de aprendizaje, en donde un profesor hace uso de distintas metodologías con el objetivo de que sus estudiantes aprendan, esto justificando la creación de planes de estudio para cumplir objetivos, por medio de pruebas y exámenes en los que los alumnos demuestran lo que han aprendido (Porto & Gardey, 2008a).

2.2.1.3 Teorías del aprendizaje.

Cuando se considera que el comportamiento forma parte de una dinámica de estímulos o refuerzos positivos o negativos, el paradigma es conductista, el referente de esta corriente del aprendizaje fue John. B. Watson (1878-1958) sosteniendo que la forma de comportarse de cierto individuo se debe a condicionamientos (Gómez, 2024).

Las teorías cognitivistas nacen como respuesta a las conductistas, estas al contrario consideran al individuo como un ser activo que relaciona lo que aprende con lo que ya conocía antes, por tanto, implica el desarrollo de capacidades intelectuales (Gómez, 2024).

Las teorías constructivistas sostienen que el conocimiento se construye a través de la experiencia y depende de la interpretación. Es decir, el aprendizaje no se trata de procesar y almacenar información, sino de construirla. La realidad no se percibe de

forma objetiva, por lo que aprender es un proceso dinámico que implica interpretar y reorganizar la información (Gómez, 2024, párr. 17).

2.2.1.4 El aprendizaje autónomo.

Para Porto (2024), el aprendizaje autónomo es cuando un estudiante consigue conocimientos, o desarrollar habilidades por sí mismo sin intervención de un profesor o docente, por tal razón se dice que está vinculado a la autonomía o independencia del alumno, que asume la responsabilidad de su propia formación, estableciendo por sí mismo objetivos de acuerdo con sus necesidades, y autoevaluándose. También señala que este tipo de aprendizaje es activo y promueve el empoderamiento educativo, pero, este requiere de ciertas competencias como: habilidades lectoras, motivación intrínseca, responsabilidad, independencia a la hora de tomar decisiones, flexibilidad, curiosidad, pensamiento crítico.

2.2.1.5 Aprender a aprender.

Mauri & David (2020) consideran, que el “aprender a aprender” tiene como fin el desarrollo de habilidades de forma autónoma, es decir una construcción de los aprendizajes en base a experiencias, adquiriendo competencias que sirvan para aplicar un determinado conocimiento en distintas situaciones, las habilidades que un individuo adquiere hacen posible el autodesarrollo cognitivo, contextual, conductual, y emocional.

2.2.1.5.1 Estrategias para desarrollar la competencia “Aprender a aprender”

Dentro de cómo aprender a aprender, se debe considerar ciertos factores que puede hacer mejor la experiencia al momento de adquirir conocimientos de forma autónoma, tales como mencionan Gairín Sallán & Olmos Rueda (2024) “a) la reflexión hacia el desarrollo de las tareas de aprendizaje y los resultados obtenidos, b) las herramientas para la organización del proceso de aprendizaje y c) aspectos del trabajo en grupo (saber trabajar en grupo y cómo gestionarlo)” (p. 291), esto situando por encima al trabajo en grupo ya que se pueden compartir criterios, sacar conclusiones, comprometerse, pedir ayuda etc.

Sobre cómo enseñar a aprender a aprender, Gairín Sallán & Olmos Rueda (2024) mencionan que se debe priorizar aspectos como:

a) explorar y partir de las concepciones sobre el aprendizaje; b) enseñar al estudiante a regular sus propios procesos de aprendizaje; c) ayudar al alumnado a que realice atribuciones adecuadas sus éxitos y fracasos y actúen en consecuencia; d) promover la escritura epistémica de los propios procesos y resultados; e) el trabajo colaborativo; f) la utilización de la evaluación formadora (p. 292).

2.2.2 Relatividad Especial: Cinemática Relativista

La teoría de la relatividad especial es una teoría física propuesta por Albert Einstein en 1905. Describe cómo se comportan el espacio, el tiempo y la materia en ausencia de campos gravitatorios, es decir, en situaciones donde la gravedad es insignificante (Nehuén, 2024, párr. 1).

2.2.2.1 Relatividad Galileana

Antes de la teoría de la relatividad de Einstein ya se entendía la relatividad con las leyes clásicas de la mecánica, con respecto a la relatividad galileana Gómez Reguera, (2023) menciona que “Las transformaciones galileanas son una serie de ecuaciones matemáticas que describen cómo los observadores pueden medir el tiempo y el espacio en un marco de referencia diferente al suyo” (p. 5).

Young & Freedman (2018) presentan las ecuaciones de las transformaciones galileanas como:

$$x = x' + ut'$$

$$v_x = v'_x + u$$

$$t = t'$$

La posición de una se describe mediante las coordenadas x y y en el sistema de referencia S o mediante x' y y' en el sistema S' que se mueve a una velocidad con respecto al sistema de referencia en reposo S .

2.2.2.2 Problema de la relatividad Clásica y el Electromagnetismo

Si otras leyes de la física, además de la mecánica fuesen invariantes ante las transformaciones galileanas, entonces ningún tipo de experimento llevado a cabo en un solo sistema sería suficiente para determinar la velocidad de este con respecto a otro sistema. Veremos aquí, que lo anterior no ocurre, ya que el caso de la electrodinámica es diferente al de la mecánica. Desde otro sistema inercial S' , que se desplaza a una velocidad constante, v , con respecto al primero, un observador mediría una velocidad diferente: $c + v$ o $c - v$, dependiendo de la dirección del movimiento relativo. Pero las ecuaciones del electromagnetismo de Maxwell contienen la constante c , que se identifica como la velocidad de propagación de una onda plana en el vacío, por lo que, al cambiar de sistema de referencia, la ecuación de la onda cambia, ya que esta velocidad de propagación deja de ser constante en todos los sistemas de referencia inerciales, lo cual es incompatible con las observaciones experimentales (Gómez Reguera, 2023, (pp. 9-10).

2.2.2.3 Postulados de la Relatividad Especial

Tippens (2020) menciona que la teoría de la relatividad especial se basa en dos postulados, el primero establece que no existe el reposo absoluto y el segundo postulado por otro lado alega que no se puede saber si “algo” se mueve con respecto a nosotros o nosotros con respecto a algo. Tippens (2020) menciona que los postulados de la relatividad son: El primero afirma que las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas de referencia que se muevan a velocidad constante respecto a otros, y el segundo postulado, menciona que, en el vacío, la velocidad de la luz es siempre la misma y se la representa con c siendo la misma en todos los marcos de referencia.

2.2.2.4 Simultaneidad

Tipler & Llewellyn (2012) definen la relatividad de la simultaneidad como “Los eventos simultáneos en un sistema de referencia no son, en general, simultáneos en ningún otro sistema de referencia inercial” (p. 14). Bajo este precedente se puede presentar un problema de simultaneidad: la paradoja de los gemelos, que plantea que, debido al efecto conocido como dilatación temporal, un astronauta que realice un viaje interestelar a velocidades cercanas a la velocidad de la luz regresaría más joven que su hermano gemelo que se quedó esperando en la Tierra. Lo paradójico radica en la idea de “gemelos con edades diferentes” (Simesen de Bielke, 2020).

2.2.2.5 Dilatación temporal

Según Escribano (2021) en la teoría de la relatividad especial se cumple que, para dos sistemas o marcos de referencia inerciales, y siendo que uno está en movimiento relativo con el otro a una velocidad constante v , la coordenada temporal se reduce a:

$$t = \gamma t_0$$

Donde t es el tiempo medido por el marco de referencia que se considera en reposo, y t_0 se le conoce como tiempo propio ya que es el tiempo del observador que se encuentra en movimiento a velocidad v

Con respecto a la dilatación temporal Serway & Jewett, (2019) mencionan que “Los relojes en movimiento relativo a un observador, se miden que funcionan más lentos en un factor γ . Este fenómeno se conoce como dilatación del tiempo” (p. 1042).

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

2.2.2.5.1 La paradoja de los gemelos

La ecuación de la dilatación temporal da cabida a una paradoja conocida como “la paradoja de los gemelos”, para explicarla hace falta realizar un ejercicio mental, imaginando a Elena y Astrid como dos hermanas gemelas, una de ellas (Astrid) emprende un viaje espacial a alta velocidad en su nave, considerando a donde se encuentra Elena (en la tierra) como un sistema inercial en el cual la nave de Astrid se mueve en relación con ella, bajo estas

condiciones y por efectos de la relatividad especial Elena se percata por los latidos del corazón de Astrid que el tiempo en su marco de referencia pasa más lentamente, por lo tanto después de su viaje debería ser menor en edad biológica a Elena. ¿Pero Astrid no puede considerar lo mismo con respecto a Elena, ya que puede considerarse ella en reposo y que Elena se mueve en relación con ella? En ese escenario según las mediciones de ambas la otra debería ser más joven. Para resolver la paradoja hay que identificar que las condiciones de cada una de la gemela no son las mismas, dado que Astrid tiene que acelerar en relación con el sistema inercial de Elena, dar vuelta y regresar al planeta, mientras el sistema de Elena permanece casi inercial, por lo tanto, existe una diferencia física entre los dos casos, por lo tanto, después del análisis se concluye que efectivamente Astrid es más joven que Elena cuando regresa de su viaje (Young & Freedman, 2018).

2.2.2.6 Contracción Longitudinal

Dentro de la teoría de la relatividad, las mediciones que se realizan con respecto a espacio o tiempo dependen del movimiento, por ejemplo si se quiere medir la longitud de un auto que se encuentra en movimiento se tiene que tomar en cuenta diversos aspectos, realizando un ejercicio mental, si dos personas intentan marcar los extremos del auto en movimiento al mismo tiempo si difieren temporalmente el momento en que realizan la marca no obtendrán las mismas medidas, esto se debe a que la concepción de “al mismo tiempo” no es la misma para observadores con movimiento relativo, en otras palabras, los observadores no pueden estar de acuerdo si un fenómeno ocurre en el mismo tiempo, estas ideas de simultaneidad son ideas increíbles y no intuitivas de la relatividad de Einstein (Young & Freedman, 2018).

Si dos puntos están en reposo en un sistema de referencia específico, la distancia l_0 entre ellos, medida en ese sistema, se considera una longitud propia. Sin embargo, si este sistema se mueve a una velocidad constante v respecto a otro sistema, y las distancias se miden en la dirección del movimiento, la distancia l entre los puntos en el segundo sistema será menor que l_0 (Serway & Jewett, 2019).

Para dos puntos que se encuentran en reposo en un sistema inercial, la distancia l_0 que hay entre ellos, medidas en ese sistema tomado en reposo, se lo llama longitud propia, pero, si este sistema inercial se encuentra en movimiento relativo con otro a una velocidad constante “ v ” y el movimiento es paralelo a la distancia que se midió, la distancia relativa l entre los puntos en el segundo sistema es menor que l_0 (Serway & Jewett, 2019).

$$l = \frac{l_0}{\gamma}$$

Hay que tomar en cuenta que γ es el factor de Lorentz

2.2.2.7 Transformaciones de Lorentz

La transformación galileana no es consistente con los postulados de la relatividad especial de Einstein, ya que no mantiene la velocidad de la luz constante en todos los sistemas de referencia. Por ello, las ecuaciones de transformación clásicas deben ser modificadas. Estas nuevas ecuaciones, conocidas como transformaciones de Lorentz, fueron propuestas por Hendrik A. Lorentz en la década de 1890 como parte de su teoría electrodinámica, la cual

implicaba la constancia de la velocidad de la luz en el vacío. Einstein demostró que estas ecuaciones se derivan naturalmente de sus postulados y las reinterpretó, creando un nuevo concepto de espacio-tiempo. A continuación, enunciaremos las transformaciones que relacionan las coordenadas de dos sistemas de referencia en movimiento relativo de traslación uniforme, usando un sistema de referencia S con coordenadas x, y, z y origen O, y otro sistema S' con coordenadas x', y', z' y origen O' (Gómez Reguera, 2023). Las transformaciones de Lorentz quedan como:

$$\begin{aligned}x &= \gamma(x' + ut') \\t &= \gamma\left(t' + \frac{ux'}{c^2}\right) \\v_x &= \frac{v'_x + u}{1 + \frac{uv'_x}{c^2}}\end{aligned}$$

Para el Sistema de referencia en reposo S

$$\begin{aligned}x' &= \gamma(x - ut) \\t' &= \gamma\left(t - \frac{ux}{c^2}\right) \\v'_x &= \frac{v_x - u}{1 - \frac{uv_x}{c^2}}\end{aligned}$$

Para un Sistema de referencia S' a velocidad constante u con respecto al sistema S.

2.2.3 Aplicaciones de la Teoría de la Relatividad de Einstein.

2.2.3.1 Funcionamiento del GPS

La teoría de la relatividad permite calcular la distancia que existe entre el receptor que lleva consigo un GPS y el satélite, esto gracias al conocimiento del valor de la velocidad de la luz, para que este sistema funcione correctamente es necesario corregir las discrepancias en las mediciones por los efectos descritos por la teoría de la relatividad de Einstein. Tales discrepancias se deben a que los satélites orbitan a unos veinte mil kilómetros de altitud con respecto a la superficie terrestre, en estas zonas la gravedad se vuelve cuatro veces más débil, también los satélites se mueven alrededor de 14000 km/h, bajo estas condiciones los relojes que viajan en los satélites experimentan dos efectos: el de la relatividad especial que provoca que avancen 7 microsegundos más lento que en planeta tierra, y los de la relatividad general que hace que avancen 45 microsegundos más rápido debido al campo gravitatorio en esa zona, la combinación de los dos fenómenos resulta en un avance total de 38 microsegundos diarios más rápido que los relojes en superficie terrestre, este desfase puede parecer insignificante, pero si no se aplican las correcciones necesarias, los errores en el cálculo de la posición se acumularían generando desviaciones de hasta 10 km por día (Pérez, 2015).

2.2.3.2 Implicaciones filosóficas y sociales de la teoría de la relatividad de Einstein

Las ideas de Einstein no solo han tenido impacto dentro del ámbito científico, ya que su teoría de la relatividad también ha influido en la cultura y la filosofía, puesto que las ideas de que el tiempo o la posición dependen del observador, es decir son relativas influyen en corrientes como el posmodernismo y el relativismo, visto desde la perspectiva que esta característica de la naturaleza desafía la creencia de verdades absolutas, ya que si los físicos podían ser relativos porque no sería de igual manera relativa la noción de verdad, como el bien y el mal que podrían variar según la noción de cada individuo (Pérez, 2015).

2.2.4 Guía Didáctica

Sobre la guía didáctica se puede decir que esta facilita el proceso de aprendizaje dado que adapta el contenido, lo resume o explica de forma clara, también las guías didácticas detallan actividades, ya que estas pueden llevar ejercicios que permiten practicar a los estudiantes y así desarrollar sus competencias, por estas características promueve el estudio independiente, ya que cada estudiante decide las horas a destinar a su estudio, ayudando a los mismos a organizar su tiempo. La guía didáctica al indicar los contenidos que se deben revisar y los problemas que resolver, así como las prácticas a realizar y proyectos a implementar, por tales razones apoya de gran manera el aprendizaje de un tema (Mejía, 2013).

Sobre las guías didácticas también mencionan Barrios Perea & Reales Fontalvo (2021) las guías didácticas promueven el “aprender a aprender” ya que fortalecen y motivan el aprendizaje autónomo, siendo que este actúa como un elemento didáctico que orienta el aprendizaje, por estas razones estas son factibles para que los estudiantes realicen sus actividades en casa.

2.2.4.1 Aspectos para tener en cuenta en el desarrollo de una guía didáctica

2.2.4.1.1 Partes de una guía didáctica

Según argumenta Pino Torrens & Urías Arbolaez (2020) en su investigación, detalla que una guía didáctica tiene una estructura flexible que se adapte en el contexto educativo en el que sea utilizado. La misma debe facilitar el aprendizaje de la temática, por eso en general dentro de sus partes deben incluir: el título del tema, una introducción breve que explique el contenido, la descripción de los conceptos a aprender identificando los objetivos y resultados de aprendizaje, también es importante que la guía incluya el apartado de la evaluación, siendo en este caso una autoevaluación, por último, se debe incluir bibliografía para respaldar el contenido de esta. Cabe decir que los anexos deben incluir recursos adicionales para enriquecer la comprensión del tema.

Contrastando Barrios Perea & Reales Fontalvo (2021) que plantean una estructura más general para la guía didáctica, ya que en esta investigación se concluye que la guía didáctica debe tener dentro de su estructura: Identificación General, objetivos, aprendizaje esperado, conocimientos previos, temática, ejemplificación, actividades, evaluación (autoevaluación), anexos, y bibliografía.

2.2.4.1.2 La evaluación en una guía didáctica

Las guías didácticas deben proponer un componente procedimental para que exista una autoevaluación que permita a los lectores de esta obtener un aprendizaje significativo, como lo mencionan Pino Torrens & Urías Arbolaes (2020). Con respecto a la evaluación en una guía didáctica, esta debe responder tanto al proceso como el resultado, ya que el propósito es que los estudiantes adquieran habilidades, tales como, aprender a aprender, aprender haciendo y enseñar a aprender, por esto la autoevaluación es crucial, ya que permite al estudiante identificar sus logros y dificultades, darse cuenta de sus errores y reconocer los factores que contribuyen al éxito de su aprendizaje, contribuyendo a su desarrollo integral.

2.2.5 Implicaciones Pedagógicas de la Relatividad Especial.

2.2.5.1 Dificultades en la enseñanza de la Relatividad Especial.

En su investigación De Hosson & Kermen (2013) llegan a la conclusión, que muchos de los estudiantes presentan dificultades al momento de comprender los conceptos de la relatividad especial, aun mas en lo que respecta a cinemática relativista, ya que, la noción del sistema de referencia no se suele interpretar correctamente, dado que, hay confusión cuando se habla de observadores en reposo o movimiento relativo, otras de las dificultades se centran en la localización espacio-temporal de un observador cuando este se mueve relativamente a una velocidad, también se lograron observar que los estudiantes interpretan erróneamente el orden de los eventos, esto relacionado con el tema de simultaneidad. El panorama antes expuesto refleja que existe una necesidad de reforzar la enseñanza de la teoría de la relatividad especial, con un enfoque centrado en los conceptos que permita que los estudiantes comprendan el tema desde una perspectiva relativista.

2.2.5.2 Estrategias didácticas para abordar conceptos abstractos.

Hay que valorar la importancia de implementar estrategias didácticas y pedagógicas dinámicas, en otras palabras, participativas, y contar con la integración de recursos didácticos con la ayuda de la tecnología y materiales concretos, todo esto para mejorar la comprensión de estudiantes con respecto a conceptos de carácter abstracto. Por último, cabe añadir que es necesaria la formación constante y permanente del profesorado a cargo de estas temáticas (Herrera Lemus et al., 2024).

2.2.6 La relatividad especial en el libro de texto del Bachillerato General Unificado.

Los contenidos correspondientes a Relatividad Especial se encuentran en el libro del ministerio de educación del Ecuador (2016), en el cual, en el libro de tercer año de bachillerato, se trabaja en la unidad temática 5 con el nombre: Física moderna 1. Los contenidos son:

1. Sistemas de referencia
2. La relatividad en la Mecánica Clásica
 - 2.1. Transformaciones de Galileo
3. Limitaciones de la Física Clásica

3.1. Mecánica relativista: relatividad especial

3.2. Postulados de Einstein

3.3. Transformaciones de Lorentz

4. Radiación térmica del cuerpo negro

4.1 Hipótesis de Planck

4.2 Ondas electromagnéticas

5. Efecto fotoeléctrico

5.1 Teoría cuántica de Einstein

6. Espectros atómicos

6.1 Modelo atómico de Bohr

7. Mecánica cuántica

7.1 Dualidad onda-partícula

7.2 Aplicaciones de la mecánica cuántica

De estos contenidos, se tomarán en cuenta desde el punto uno al punto tres, es decir desde sistemas de referencia, hasta las limitaciones de la física clásica. Esto ya que son los correspondientes a los temas correspondientes a relatividad especial.

CAPÍTULO III

3 MARCO METODOLÓGICO

3.1 Tipo de investigación.

3.1.1 Según el enfoque.

Cuantitativo, puesto que se recolectaron datos estadísticos con el fin de encontrar la necesidad de la investigación y como mencionan Polanía Reyes et al. (2020) “El investigador busca y recoge información relacionada con el objeto de estudio, no presentándose la administración o control” (p. 34) siendo una investigación descriptiva.

3.1.2 Según el lugar.

Esta fue una investigación de campo puesto que se recolectaron los datos necesarios para evaluar la necesidad de los beneficiarios, y documental dado que para generar la guía didáctica se realizó una revisión bibliográfica sobre el tema.

3.1.3 Según el tiempo.

Investigación de tipo transversal ya que esta según Polanía Reyes et al. (2020) “Son investigaciones que estudian un aspecto de desarrollo de los sujetos en un momento dado” (p.29), y este estudio se lo va a realizar recolectando la información en un solo momento.

3.1.4 Según su nivel de profundidad.

Descriptivo propositivo, descriptivo porque “En este tipo de estudio se observa, describe y fundamentan varios aspectos del fenómeno, no existe la manipulación de las variables, tampoco la búsqueda de causa efecto” (Sousa et al., 2007, p.3). Propositivo ya que se propone la redacción de una guía didáctica.

3.2 Diseño de la investigación.

No experimental, ya que, según Arias & Gallardo (2021) “En este diseño no hay estímulos o condiciones experimentales a las que se sometan las variables de estudio” (p. 78)

3.3 Técnica e instrumento para la recolección de datos.

3.3.1 Técnicas.

Se utilizó la encuesta, dado que, según Useche et al. (2019) “Esta recogida de información puede ser a través de cuestionarios, test o pruebas de conocimiento” (p. 31) por lo que se tomó una en la que se trate de evidenciar el interés de los beneficiarios.

3.3.2 Instrumentos.

Como instrumento se utilizó el cuestionario. Siendo este un instrumento que aborda una serie de preguntas con respecto al tema (Useche et al., 2019), en este caso la investigación tiene que de alguna manera medir el interés de los beneficiarios con respecto a la física

contemporánea, en si la relatividad especial bajo este contexto se realizaron preguntas formuladas con la escala de Likert, las mismas que buscaron identificar el interés de los beneficiarios por tener a disposición el material didáctico propuesto.

Las preguntas del cuestionario se consideraron los siguientes indicadores: Interés por la física moderna, es decir conocimientos previos y motivación; y expectativas sobre la propuesta de una guía didáctica del tema.

El cuestionario para identificar la necesidad de la creación de una guía didáctica de relatividad especial se lo hizo con inteligencia artificial (Chat GPT). Se utilizó un prompt especificando que se desea evaluar el interés por parte del beneficiario, por medio de un cuestionario que emplea la escala de Likert, así mismo se especificó el tema de la investigación, como los objetivos que se persiguen con la misma y también a que publico en específico está dirigido. Con esta información se generaron 50 preguntas de las que se seleccionaron 10 en un orden en el que el cuestionario tenga coherencia y pretenda medir el interés de la creación de la guía didáctica, así como se modificaron algunas preguntas seleccionadas para que las mismas sean más entendibles y recolecten la información en específico que se desea conseguir. Todo esto para despues pasar por un proceso de validación por parte de expertos, en donde tres docentes del área de física evaluaron su aplicabilidad, concluyendo en que el instrumento es válido y aplicable.

Para la realización del cálculo del alfa de Cronbach con los datos a obtenidos se utilizó Excel, puesto que, según el Equipo editorial, Etecé (2022) “Se trata de una aplicación versátil, útil sobre todo para elaborar tablas, gráficas y otras operaciones de representación de la información” (párr. 11), por tales características se decidió usar este software.

3.4 Validez y confiabilidad de los instrumentos.

3.4.1 Validez.

La validez del instrumento de recolección de datos fue realizada por docentes expertos del área de física de la Universidad Nacional de Chimborazo, quienes valoraron favorablemente, la univocidad, pertinencia, organización, e importancia de cada ítem.

3.4.2 Confiabilidad.

Se realizó el cálculo del “Alfa de Cronbach: Método Alpha de Lee Cronbach”, en este caso para medir la homogeneidad de las preguntas, es decir la fiabilidad de su consistencia interna, para ello se utilizó Excel con los datos obtenidos en el cuestionario, por consiguiente, se usó la siguiente fórmula:

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_T^2} \right]$$

Donde “k” es el número de preguntas del instrumento; $\sum S_i^2$ es la sumatoria de las varianzas; S_T^2 la varianza del instrumento; y α es el “Alfa de Cronbach”. Cuando se realiza el cálculo del coeficiente del Alfa de Cronbach los valores se clasifican en un rango del 0 al 1

según su nivel de confiabilidad, siendo que el instrumento tiene muy baja confiabilidad si α esta entre 0.01-0.20, baja si va de 0.21-0.40, confiabilidad moderada en 0.41-0.60, alta de 0.61-0.80 y un nivel muy alto si está en el rango entre 0.81-1.00. Esta clasificación permite valorar el instrumento de recolección de datos desde su consistencia interna. (Zavala, 2019)

Los resultados del cálculo de α fueron:

Tabla 1.

Datos obtenidos en el cálculo del alfa de Cronbach con Excel

Denominación	Resultado
Numero de preguntas (k)	10
Sumatoria de las varianzas ($\sum S_i^2$)	6.577160494
Varianza del instrumento (S_T^2)	20.58333333
Alfa de Cronbach (α)	0.756068709

Nota. Esta tabla muestra el valor del alfa de Cronbach confirmando que la confiabilidad del instrumento es alta.

Como el valor del Alfa de Cronbach es redondeando 0.76 quiere decir que el nivel de confiabilidad del instrumento es Alta.

3.5 Población y muestra.

3.5.1 Población.

Estudiantes de la Unidad Educativa Hispanoamérica, que, por datos proporcionados por la misma institución educativa, la población consta de 300 estudiantes.

3.5.2 Muestra.

Estudiantes de tercero de bachillerato de la Unidad Educativa Hispanoamérica, esto correspondiente a una muestra intencional no probabilística, según Otzen & Manterola (2017) esta “Permite seleccionar casos característicos de una población limitando la muestra sólo a estos casos” (p. 230). Dado que se quiere obtener información sobre un tema específico se realiza una muestra intencional para ese nivel de BGU.

El número de estudiantes en tercero de bachillerato en la Unidad Educativa son 20 estudiantes, pero al momento de realizar la recolección de datos solamente se confirmó la asistencia de 18 alumnos, por lo que la muestra es: $n=20$.

Tabla 2.

Muestra conformada por estudiantes de tercero de bachillerato en la Unidad Educativa Hispanoamérica.

Muestra	Frecuencia	Porcentaje
Alumnos de 3ro de bachillerato	18	90%

Nota. Esta tabla muestra el número de alumnos encuestados y el porcentaje que representa de la muestra.

3.6 Métodos de análisis y procesamiento de datos.

3.6.1 Método de análisis.

Se realizó una investigación bibliográfica, tanto de tesis, como de artículos científicos publicados, para tener los antecedentes al problema necesarios para realizar la investigación. Después se procedió a validar los instrumentos de recolección de datos por parte de docentes expertos.

Se recolectaron los datos en la institución beneficiaria de la investigación haciendo uso de Google forms, para de esa manera proceder con la interpretación de las estadísticas descriptivas obtenidas en esta aplicación. También se verificó la consistencia interna del instrumento, por medio del cálculo del alfa de Cronbach.

3.6.2 Procesamiento de datos.

Se utilizó la herramienta Google forms con el fin de facilitar el procesamiento de los resultados obtenidos en la encuesta, ya que este recurso online sirve para la recolección de los datos, también automáticamente la aplicación realiza estadísticas descriptivas de las respuestas.

Se utilizó la aplicación de offimatica Excel para el cálculo de la consistencia interna del instrumento, aplicando el Alpha de Cronbach.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

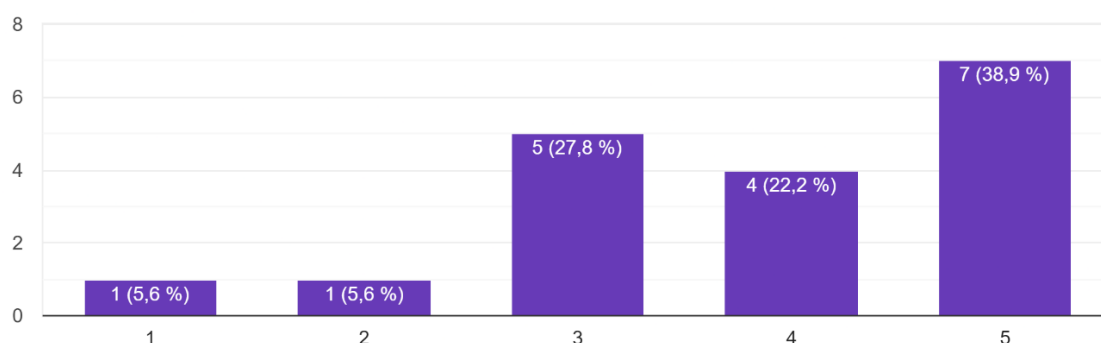
4.1 Resultados.

Pregunta 1.

La primera pregunta pretende indagar en si los estudiantes en general tienen en su acervo cognitivo los conceptos referentes al tema:

Figura 1

Pregunta 1: Conozco sobre la teoría de la relatividad especial de Albert Einstein



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta

Análisis e Interpretación:

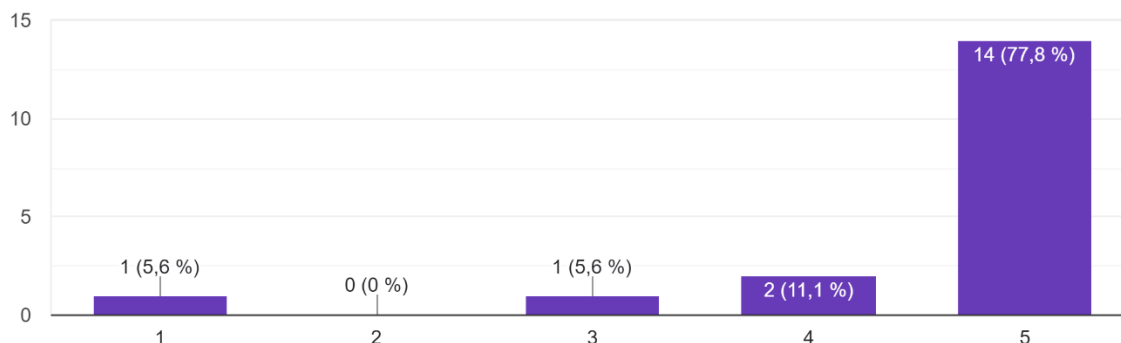
Según los datos presentados en la figura 1, de los 18 estudiantes encuestados solo 2 no conocen sobre la teoría de la relatividad especial; 5 marcaron como respuesta neutral, es decir que no están seguros si conocen o no sobre el tema; la mayor frecuencia se encuentra en las respuestas 4 y 5 correspondientes a, de acuerdo y totalmente de acuerdo, lo que suma un 61.1% de los encuestados que conocen la teoría de la relatividad especial. Interpretando los estadísticos se puede decir que más de la mitad de los estudiantes conocen de la teoría de la relatividad especial, lo que es un porcentaje bastante esperanzador sobre el conocimiento científico en las generaciones que están por salir de la educación formal obligatoria.

Pregunta 2.

La segunda pregunta sirve para indagar si los estudiantes han tenido un acercamiento formal por parte de su maestro en la institución educativa:

Figura 2

Pregunta 2: Mi docente de física alguna vez me comentó sobre la relatividad especial.



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta

Análisis e Interpretación:

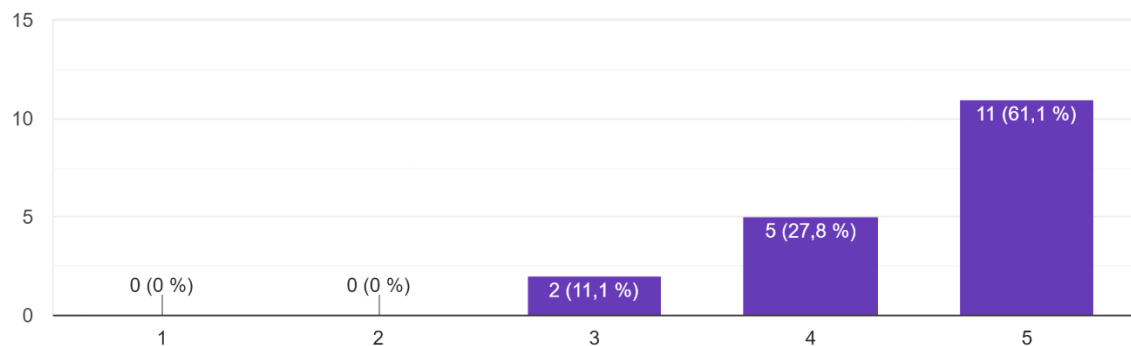
Como se puede analizar en la Figura 2, un solo estudiante respondió totalmente en desacuerdo; también solo un encuestado respondió neutral; dos estudiantes están de acuerdo con la pregunta; y la mayor frecuencia de respuestas es para la opción totalmente de acuerdo, ya que, son 14 los que eligieron esta opción. Estos estadísticos pueden explicar los resultados de la anterior pregunta, siendo que la explicación puede ser que los estudiantes poseen conocimientos de física moderna gracias al docente de física de la institución, o la planificación de los contenidos en la misma, ya que, en la anterior pregunta los estudiantes en mayoría manifestaron que conocen acerca de esta teoría, y en esta pregunta, es mayor el porcentaje de personas manifestando que su docente les ha comentado sobre la relatividad especial.

Pregunta 3.

Con respecto a la tercera pregunta esta quiere ver que percepción tienen los estudiantes con respecto a la ciencia y la tecnología:

Figura 3

Pregunta 3: Siento que el conocimiento sobre relatividad especial podría ayudarme a entender los avances científicos y tecnológicos actuales.



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta

Análisis e Interpretación:

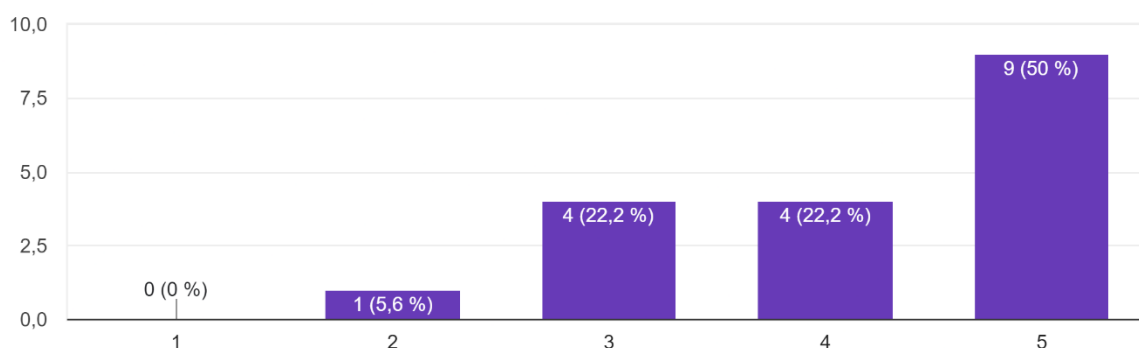
En los datos presentados en la Figura 3, se presenta que 2 estudiantes marcaron que tienen una opinión neutral con respecto a la pregunta, es decir que estos estudiantes no saben si aprender relatividad especial les ayudaría a entender los avances científicos y tecnológicos actuales; 5 están de acuerdo; y 11 están totalmente de acuerdo. Lo que aquí se denota, es que la mayoría consideran que entendiendo el tema les permitiría aumentar su comprensión del mundo moderno bajo una perspectiva científica, y es que hay que tomar en cuenta que los científicos y las teorías científicas en general, han tenido una buena influencia dentro de la cultura popular.

Pregunta 4.

La cuarta pregunta tiene como objetivo saber cuál es la opinión de los estudiantes con respecto al aprendizaje de la relatividad especial y el entendimiento de la física moderna:

Figura 4

Pregunta 4: La ausencia de temas como dilatación temporal y contracción de la longitud limita mi comprensión de la física moderna.



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta

Análisis e Interpretación:

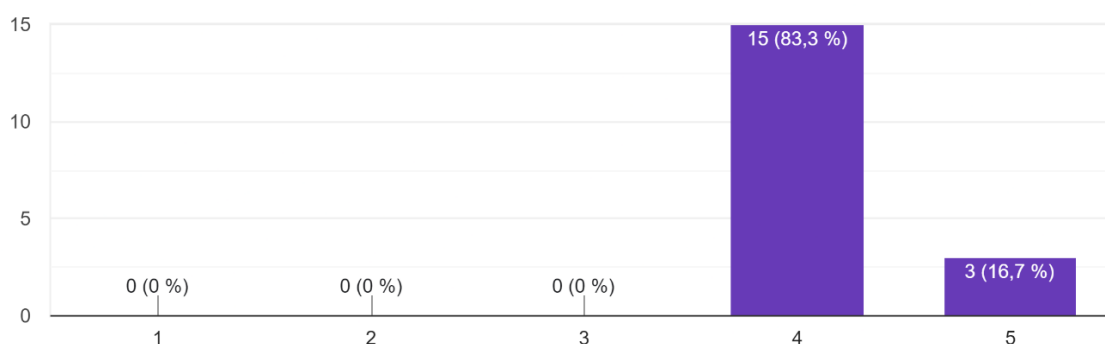
Los resultados presentados en la Figura 4, indican que solamente uno de los encuestados considera que está en desacuerdo; 4 tienen una opinión neutral; 4 están de acuerdo; y 9 correspondiente al 50% de los estudiantes a quienes se les aplicó la encuesta, consideran que están totalmente de acuerdo con que aprender cinemática relativista aumentaría su comprensión de la física moderna. Como se puede interpretar, la mayoría de los estudiantes de último año están de acuerdo en que entenderán más con el estudio de estos importantes temas, lo que justifica en una medida la creación de material didáctico de la temática.

Pregunta 5.

La quinta pregunta es la primera que pretende indagar el interés de los estudiantes con respecto a una guía didáctica de cinemática relativistas:

Figura 5

Pregunta 5: Considero que tener una guía didáctica sobre relatividad especial facilitaría mi aprendizaje sobre esta temática.



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta

Análisis e Interpretación:

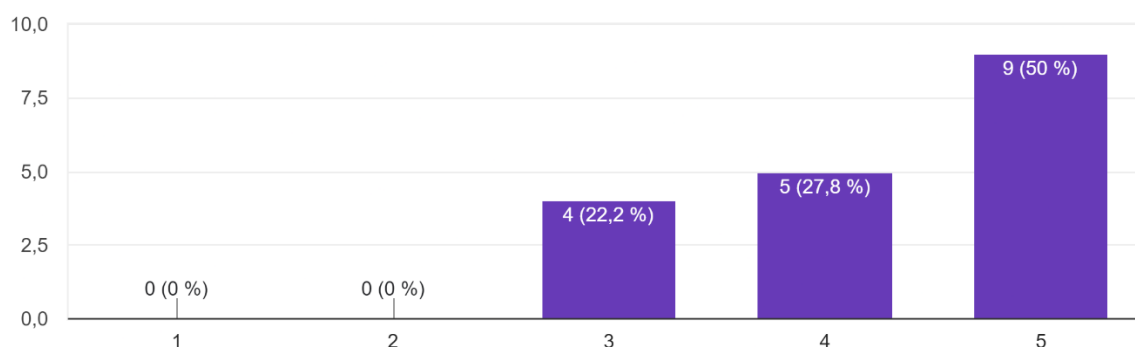
Con respecto a la pregunta 5, la totalidad de los estudiantes respondieron entre de acuerdo y totalmente de acuerdo (15 y 3 respectivamente), con respecto a si consideran que material didáctico, en particular una guía didáctica sobre relatividad especial facilitaría sus aprendizajes en esos temas en específico. En este apartado se evidencia que los beneficiarios de la investigación consideran que su aprendizaje del tema sería mejor si contaran con una guía didáctica.

Pregunta 6.

Con respecto a la sexta pregunta, esta quiere ver el interés de los estudiantes sobre este tema en relación con aplicaciones reales del mismo:

Figura 6

Pregunta 6: Estoy interesado en aprender como la teoría de la relatividad especial se aplica a fenómenos reales.



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta

Análisis e Interpretación:

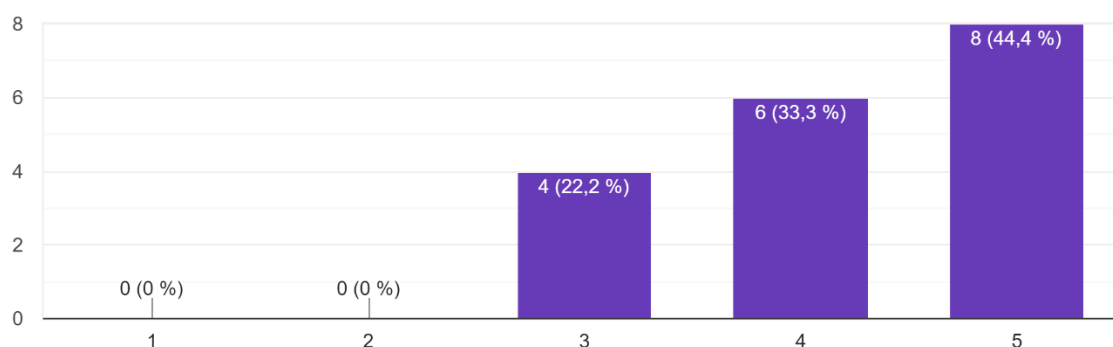
En la Figura 6, se puede visualizar que de los 18 encuestados, 4 tienen una opinión neutral con respecto a su interés en aprender relatividad especial; 5 están de acuerdo; y 9 están totalmente de acuerdo, respuesta que tiene la mayor frecuencia de selección. Esta pregunta justifica la inclusión de las aplicaciones de la teoría de la relatividad especial en la vida real dentro de la guía didáctica. Ya que es mayoría el número de personas que están de acuerdo con esto.

Pregunta 7.

La séptima pregunta indaga sobre la motivación de estudio del tema teniendo a disposición material didáctico de estudio claro y entendible:

Figura 7

Pregunta 7: Me sentiría más motivado a estudiar relatividad especial si hubiera una guía didáctica accesible y clara.



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta

Análisis e Interpretación:

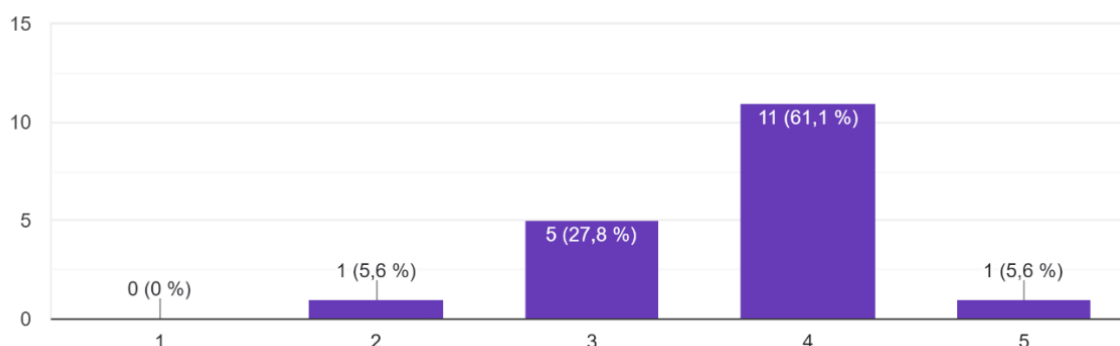
Aproximadamente el 77,7% de los estudiantes encuestados están de acuerdo con pensar que tendrían más motivación en estudiar el tema si contaran con una guía didáctica, y el resto no está seguro. Esto evidencia que la mayoría de los estudiantes consideran que su motivación aumentara con el uso de la guía didáctica de relatividad especial.

Pregunta 8.

La octava pregunta quiere indagar sobre el interés de los temas de la guía didáctica a proponer por parte de los estudiantes:

Figura 8

Pregunta 8: Aprender sobre los postulados de Einstein y las transformaciones de Lorentz me resulta atractivo e interesante.



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta

Análisis e Interpretación:

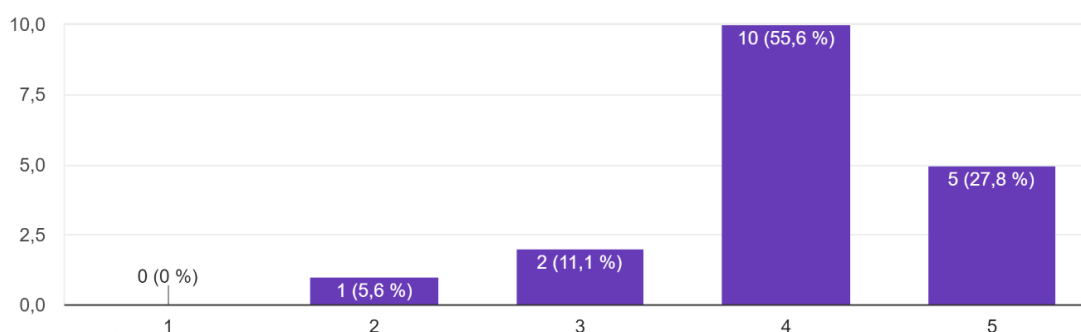
Con respecto a la Figura 8, se puede observar que tan solo un encuestado está en desacuerdo, con respecto a si se considera interesante aprender de cinemática relativista; 5 mantienen una postura neutral al respecto; 11 están de acuerdo; y un estudiante está totalmente de acuerdo. Un poco más de la mitad siente atracción por estudiar este apartado de la física, por lo que una guía didáctica del tema atendería la necesidad de esta parte de los beneficiados.

Pregunta 9.

Con respecto a la novena pregunta, quiere medir en que grado los estudiantes piensan que con una guía didáctica disponible del tema aumentaría su interés por aprender física.

Figura 9

Pregunta 9: Creo que una guía didáctica de relatividad especial aumentaría mi interés por aprender física.



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta

Análisis e Interpretación:

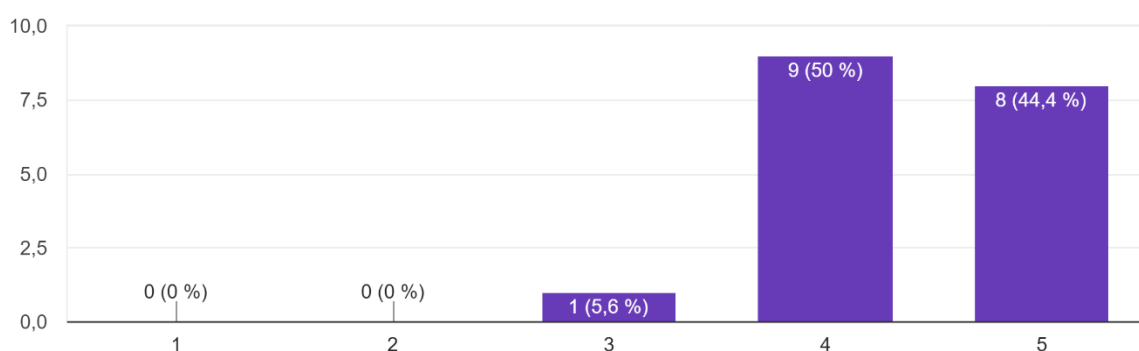
En los estadísticos mostrados de la pregunta nueve en la Figura 9, se puede observar que una persona no está de acuerdo, sobre si, con una guía didáctica de relatividad especial aumentaría su interés por aprender física; 2 tienen una opinión neutral; 10 que es la frecuencia más alta con un 55,6% de los encuestados están de acuerdo; y 5 están totalmente de acuerdo. Esto justifica una vez más la creación de esta ya que son mayoría los encuestados de acuerdo.

Pregunta 10.

Por último, la décima pregunta pretende ver en qué cantidad los estudiantes estudiarían relatividad especial de forma independiente si contaran con una guía didáctica del tema.

Figura 10

Pregunta 10: Me gustaría contar con una guía adicional para estudiar relatividad especial de forma independiente.



Nota. Resultados obtenidos de la encuesta

Análisis e Interpretación:

Los datos de la Figura 10 correspondientes a las respuestas de los encuestados en la décima pregunta, muestran que tan solo un estudiante tiene una postura neutral con respecto a que estudiaría de forma independiente si contara con la guía didáctica; es un numero bajo para los 9 y 8 que respondieron, de acuerdo, y totalmente de acuerdo respectivamente. Por lo tanto, la gran mayoría de estudiantes quiere contar con una guía didáctica para el estudio de la relatividad especial.

Como se puede evidenciar a lo largo de las preguntas, todas coinciden en que se encuentra un gran interés por parte de los encuestados por contar con una guía didáctica de este tema de la Física moderna, así mismo muestran disposición al autoestudio y a mostrar mayor entusiasmo en la materia con el uso del material propuesto, por tales razones se justifica la creación de esta bajo los contextos descritos.

4.2 Discusión

Según los resultados de la tesis de Paguay Ambi (2023) que propone una guía didáctica para prácticas de laboratorio de movimiento rotacional. Encontró que un 70% de los encuestados consideran que es factible la creación de una guía didáctica del tema, así mismo se menciona que son muchos los estudiantes que consideran tener interés en el material que se propone en el trabajo. Todo esto se asemeja con los resultados obtenidos, puesto que, los estudiantes de la Unidad Educativa Hispanoamérica en las encuestas respondidas manifiestan interés y predisposición, siendo que los beneficiarios respondieron positivamente las preguntas, interpretando que aumentaría su interés a aprender física y estarían motivados al autoestudio, esto con la creación y el futuro uso que se le pueda dar a la guía didáctica de relatividad especial propuesta en este trabajo. Tal como indica esta relación, la creación de guías didácticas de temas relacionados con las ciencias físicas resultan atractivas para estudiantes de diversos niveles, por tal razón es importante generar propuestas de material didáctico con el fin de mejorar y promover el aprendizaje en estos temas.

Con respecto a la percepción de los estudiantes sobre el aprendizaje de la física, se pudo apreciar que un 88,9% de los estudiantes consideran que el aprendizaje de relatividad especial les ayudaría a entender mejor los avances científicos y la tecnología actual, justificando de esa manera el interés de los beneficiarios con las ciencias físicas, así mismo siguiendo a Padilla (2022) que encuentra en su investigación que alrededor del 92% de los alumnos encuestados consideran entre de acuerdo y totalmente de acuerdo que la física les brinda conocimientos para su desarrollo, teniendo en cuenta esto claramente el aprendizaje de esta ciencia es demandada, por lo cual se debería generar oferta de material que acompañe el estudio de esta misma.

En la tesis de Revelo (2023) sobre la creación de una guía didáctica para el uso de un software de física. Encuentra en sus encuestas realizadas con respecto al mismo que un 68% de estudiantes encuentran entre muy útil y útil la creación de tal guía didáctica. Lo que de igual manera concuerda con los datos obtenidos en esta investigación, ya que, poniendo como ejemplo la pregunta 10 cuyos datos graficados se encuentran en la Figura 10 indican que las personas que quisieran contar con una guía didáctica de relatividad especial son alrededor del 94,4% lo cual indica que el interés en ambas investigaciones por disponer de una guía didáctica de un tema relacionada con la física es mayoría. Siendo así que la creación de una didáctica de relatividad especial, que es parte de la física, tiene una demanda significativa por parte de las personas, puesto que, en la mayoría de los casos estos temas se complican en los estudiantes.

Dentro del interés en la creación de una guía didáctica, siguiendo el trabajo de titulación de Chávez (2023) afirma con sus datos obtenidos que hay un interés considerable en los temas referentes al área de la física que se pretende estudiar, así como la demanda de guías didácticas de laboratorio para aprender óptica ondulatoria, lo cual coincide con la presente investigación en donde se encontró que los beneficiarios tienen interés en disponer de una guía didáctica de física moderna, viendo similitud en la demanda de este tipo de material didáctico en el área de la física.

En el estudio se encontró una principal limitante, no se encontraron resultados de estudios previos correspondientes específicamente a una guía didáctica de relatividad especial,

aun así, los antecedentes encontrados se consideraron útiles, ya que son de investigaciones en donde se realizan propuestas de guías didácticas de temas del área de la física, por ello esta investigación es pionera en la creación de propuestas de guías didácticas sobre temas de física moderna en español.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Para contar con el contexto científico necesario para realizar la investigación, se consultaron varios libros de física general, física moderna e investigaciones en revistas científicas relacionadas con la relatividad especial, la investigación se centró principalmente, en lo concerniente a cinemática relativista, esto de acuerdo con las unidades temáticas, lineamientos y resultados de aprendizaje del libro de física de 3ro de bachillerato del ministerio de educación.
- Los estudiantes de la Unidad Educativa Hispanoamérica, en general, según el cuestionario aplicado en los mismos, están de acuerdo en que los temas de la física moderna, y en particular la relatividad especial, son importantes a la hora de entender la tecnología y ciencia moderna, a la vez que los datos analizados muestran que hay un alto interés con la guía didáctica propuesta. Por tal razón se concluye que el desarrollo de una guía didáctica de relatividad especial es una necesidad educativa para los beneficiarios.
- Con los resultados obtenidos mediante los cuestionarios utilizados, los esfuerzos de esta investigación concluyeron en el diseño de una guía didáctica de relatividad especial, la misma abarcando solamente los temas de la cinemática relativista, puesto que, para el nivel de educación bachillerato en el Ecuador, son estos contenidos los abordados con respecto a la temática. El diseño de la guía didáctica cuenta con gráficos de autoría propia, que acompañaran al estudiante, ayudándolo a entender la cinemática relativista en sí, y las matemáticas que se requieren para operar bajo contextos relativistas. Fueron incluidas numerosas y detalladas demostraciones matemáticas dentro de la guía, estas con un manejo ordenado y claro de las operaciones algebraicas, proporcionando al lector con las herramientas necesarias para resolver los ejercicios propuestos al final de cada capítulo, cabe mencionar que se presentan las respuestas de todos los problemas, para acompañar mejor el proceso de aprendizaje en el alumno, para facilitar el estudio autónomo.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda a los docentes instruir a sus estudiantes la teoría de la relatividad especial, ya que en los tiempos actuales y con el avance constante de las ciencias y tecnologías, son de importancia los conocimientos especializados en estas temáticas científicas.
- Se recomienda utilizar la guía didáctica propuesta en cualquier contexto educacional, esto con el fin de probar su eficacia y mejorar la calidad educativa en conjunto del conocimiento científico especializado.

CAPÍTULO VI

6 PROPUESTA.

6.1 Título

Relatividad especial: una visión del espacio, tiempo y la realidad

Cinemática Relativista

6.2 Introducción

La guía didáctica de relatividad especial, está pensada desde su elaboración ser un pequeño “libro o folleto” que procura cuidar la calidad científica de su contenido, explicando a detalle que todos los argumentos, conceptos y ejemplos en la misma tengan un carácter académico confiable, es decir fieles a los preceptos que las personas que un día investigaron estos fenómenos, aun así, la obra no pretende ser destinada u orientada a estudiantes de la educación superior dado el alcance de la misma, aunque puede usarse. Al ser el público objetivo estudiantes de bachillerato, esta guía didáctica a pesar de contar con un gran número de demostraciones matemáticas que sostienen la teoría de la relatividad especial se ha procurado incluir todos los procesos en los mismos, con el fin de ser entendible para estudiantes de ese nivel educativo, procurando en resumen difundir el tema con una buena fiabilidad científica posible, explicando los conceptos de forma simple.

Con el objetivo de elaborar una guía didáctica con una alta calidad científica pero orientado a un nivel de bachillerato, se consideró que dicha guía posea una buena cantidad de gráficos e ilustraciones, así como “tips de control” los cuales son pequeñas recomendaciones y correcciones a posibles malas interpretaciones del contenido, también se pretendió incluir breves biografías de los científicos que participaron de alguna manera en la construcción de este apartado científico con imágenes de ellos mismos creadas con inteligencia artificial de uso libre, de esta manera se pretende conseguir una atención constante por parte del futuro lector de la misma, también siguiendo el ejemplo del libro didáctico sobre vectores y tensores utilizado en la Universidad de Cambridge, con el título “A Student’s Guide to Vectors and Tensors” cuyo autor Fleisch, (2011) manifiesta que pensando en el entendimiento de su obra, procuro dar las explicaciones con lenguaje sencillo. Lo cual es una de las ideas principales a la hora de redactar la guía, procurando así utilizar el lenguaje cotidiano bajo el contexto de la región andina.

Por otro lado, cabe recalcar que la guía didáctica está pensada para lograr el aprendizaje por medio del auto estudio o estudio asistido, es decir que se procura dar las explicaciones y ejemplos necesarios para que un estudiante de nivel de educación media pueda instruirse en el tema sin que un docente le explique, esto aun así, no quiere decir que se deban pasar por alto las instrucciones sobre el tema en clase, siendo en este caso la guía para uso complementario en el aprendizaje de la temática abordada.

6.3 Objetivo

Elaborar una Guía Didáctica de Relatividad Especial, con temas concernientes a cinemática relativista, mediante la fundamentación científica, conceptual y haciendo uso de gráficos y ejemplos de resolución de problemas, enfatizando en las deducciones matemáticas

del fenómeno explicado paso a paso para estudiantes de tercer año de bachillerato de la Unidad Educativa Hispanoamérica.

6.4 Justificación

Luego de la encuesta aplicada a los estudiantes de la unidad educativa Hispanoamérica, se logró evidenciar que efectivamente los beneficiarios están interesados en el aprendizaje de la teoría de la relatividad especial, con el fin de ajustar el diseño de la guía didáctica al currículo del bachillerato general unificado, los contenidos dentro de esta obra son los temas correspondientes a cinemática relativista: Relatividad newtoniana, postulados de la teoría de la relatividad especial, concepto de simultaneidad, dilatación temporal, contracción longitudinal y transformaciones de Lorentz.

Una vez realizada una revisión bibliográfica sobre la temática mencionada, se pudo ver que no existen textos de Cinemática Relativista para el aprendizaje de estos temas en estudiantes de bachillerato, a pesar de ser parte del currículo, es por eso que, ésta guía se presenta como una alternativa, que, estoy seguro será de mucha utilidad tanto para estudiantes de bachillerato como para docentes, Por lo tanto, los beneficiarios directos serán los estudiantes de bachillerato, los docentes, y las personas que tengan acceso a este material.

6.5 Guía didáctica desarrollada.

Relatividad especial: una visión del espacio, tiempo y la realidad
Cinemática relativista



José Córdova



Introducción

La guía didáctica de relatividad especial, está pensada desde su elaboración ser un pequeño "libro o folleto" que procura cuidar la calidad científica de su contenido, explicando a detalle que todos los argumentos, conceptos y ejemplos en la misma tengan un carácter académico confiable, es decir fieles a los preceptos que las personas que un día investigaron estos fenómenos, aun así, la obra no pretende ser destinada u orientada a estudiantes de la educación superior, así pues, al ser el público objetivo estudiantes de bachillerato, es por eso que este material didáctico a pesar de contar con un gran número de demostraciones matemáticas que sostienen la teoría de la relatividad especial, se ha procurado incluir todos los procesos en los mismos, con el fin de ser entendible para estudiantes de ese nivel educativo, procurando en resumen difundir el tema con la mayor fiabilidad científica posible, explicando los conceptos de forma simple.

Con el objetivo de elaborar una guía didáctica con una alta calidad científica pero adaptado a un nivel de educación media, se consideró que dicha guía posea una buena cantidad de gráficos e ilustraciones, así como "tips de control" los cuales son pequeñas recomendaciones y correcciones a posibles malas interpretaciones del contenido, también se pretendió incluir breves biografías de los científicos que participaron de alguna manera en la construcción de este apartado científico con imágenes de ellos mismos creadas con inteligencia artificial de uso libre, de esta manera se pretende conseguir una atención constante por parte del futuro lector de la misma, también siguiendo el ejemplo del libro didáctico sobre vectores y tensores utilizado en la Universidad de Cambridge, con el título "A Student's Guide to Vectors and Tensors" cuyo autor Fleisch, (2011) manifiesta que pensando en el entendimiento de su obra, procuro dar las explicaciones con lenguaje sencillo, lo cual es una de las ideas principales a la hora de redactar la guía, procurando así utilizar el lenguaje cotidiano bajo el contexto de la región andina.

Por otro lado, cabe recalcar que la guía didáctica está pensada para lograr el aprendizaje por medio del auto estudio o estudio asistido, es decir que se procura dar las explicaciones y ejemplos necesarios para que un estudiante de nivel de educación media pueda instruirse en el tema sin que un docente le explique, esto aun así, no quiere decir que se deban pasar por alto las instrucciones sobre el tema en clase, siendo en este caso la guía para uso complementario en el aprendizaje de la temática abordada.

Objetivos

- Comprender la relatividad newtoniana con el fin de poder identificar marcos de referencia.
- Entender los postulados de Einstein y el concepto de simultaneidad relativista.
- Aprender como construir un reloj de luz, para deducir modelos matemáticos usados en cinemática relativista.
- Operar matemáticamente los conceptos de dilatación temporal, contracción longitudinal y las transformaciones de Lorentz

Justificación

A pesar de que la cinemática relativista forma parte del currículo del Bachillerato General Unificado, no se dispone de materiales didácticos accesibles que faciliten su aprendizaje a nivel escolar. Los postulados de la teoría de la relatividad especial, el concepto de simultaneidad, la dilatación temporal, la contracción longitudinal y las transformaciones de Lorentz suelen abordarse en textos de nivel universitario, lo que dificulta su comprensión por parte de los estudiantes de bachillerato.

Por esta razón, la presente guía didáctica se propone como un recurso accesible y estructurado que facilite la enseñanza y el aprendizaje de estos conceptos. Su diseño está orientado a proporcionar explicaciones claras, apoyadas en ejemplos y aplicaciones que permitan a los estudiantes desarrollar una comprensión intuitiva de la relatividad especial; así, los principales beneficiarios de esta obra serán los estudiantes de bachillerato, los docentes y cualquier persona interesada en el tema, brindando una herramienta que contribuya a la divulgación de la física moderna en el ámbito escolar.

Índice general

1	Relatividad Newtoniana,	6
1.1	Principio Galileano de Relatividad,	6
1.2	Transformación Galileana de Coordenadas,	7
1.3	Autoevaluación del capítulo,	9
2	Relatividad Especial y Simultaneidad,	11
2.1	Postulados de la relatividad especial,	11
2.2	Relatividad de la Simultaneidad,	12
2.3	Autoevaluación del capítulo,	13
3	Efectos de la Relatividad especial,	14
3.1	Dilatación temporal,	14
3.2	Contracción Longitudinal,	17
3.3	Autoevaluación del capítulo,	20
4	Transformaciones de Lorentz,	22
4.1	Transformaciones de Lorentz para coordenadas espaciales y temporales,	23
4.2	Transformaciones de velocidades,	24
4.3	Autoevaluación del capítulo,	27
5	Bibliografía y Respuestas a las cuestiones de la autoevaluación del capítulo 2,	29

Capítulo

Relatividad Newtoniana

1.1 Principio Galileano de Relatividad

El término "relatividad" no es exclusivo de la teoría de la relatividad especial desarrollada por Einstein que se estudiará en esta guía didáctica; este ya se utilizaba en la mecánica clásica, siendo que Galileo y Newton ya habían pensado en cómo estudiar las leyes de la física desde diferentes marcos inerciales de referencia, sea que uno se mueva a velocidad relativa con respecto al otro. Un ejemplo para entender qué se quiere decir con marcos inerciales de referencia: imaginemos una camioneta en movimiento a velocidad constante; esto se puede visualizar en la **Figura 1.1**, se lanza una pelota desde el balde de una camioneta. Con respecto a un observador en la misma camioneta, la pelota describirá un movimiento rectilíneo. Si nos fijamos en (b) ahora se lanza la pelota desde la camioneta, pero el fenómeno lo mira un observador externo que se encuentra en reposo con respecto a la camioneta; en este caso se visualiza que la pelota describe una trayectoria parabólica, esto quiere decir que con respecto al marco de referencia de S' la pelota no se desplaza en x' pero si se lo mira desde S esta sí tiene un desplazamiento $x = vt$, siendo que el movimiento es relativo dependiendo el marco de referencia en el cual se visualice el evento.

Principio Galileano de relatividad

Las leyes de la física deben ser las mismas en todos los marcos de referencia inerciales

tips

Un marco inercial de referencia se refiere a un sistema de coordenadas en el cual las leyes del movimiento de Newton son válidas.

Issac Newton



Isaac Newton, (1643-1727), fue un Científico, matemático, físico e inventor. Sus contribuciones revolucionaron la ciencia ya que desarrolló el cálculo integral y diferencial, describió las leyes del movimiento y la gravitación universal, y formuló su teoría de los colores.

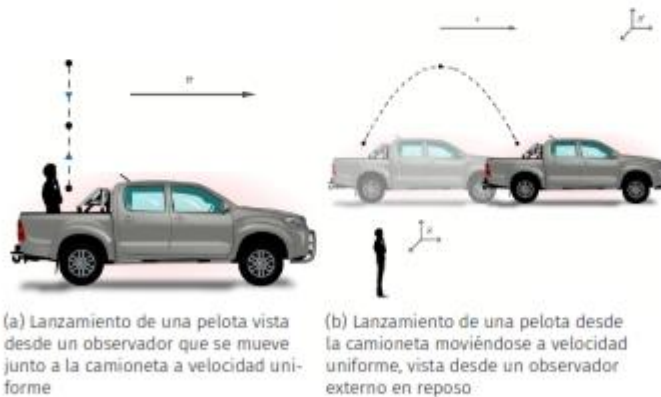


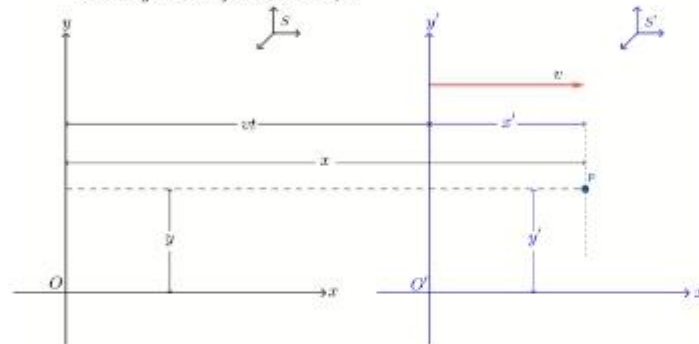
Figura 1.1

Resultados diferentes de un mismo fenómeno físico, con respecto a el observador

1.2 Transformación Galileana de Coordenadas

Un objetivo con respecto a la relatividad clásica es poder transformar las coordenadas de un sistema inercial en reposo S (un observador desde la Tierra) a otro sistema o marco de referencia S' (nave espacial) que se mueve a una velocidad constante v con respecto al observador en reposo. Por términos de simplicidad, se asume que el sistema S' se mueve a lo largo de únicamente el eje x con respecto a S , siendo que ambos sistemas comparten un eje en común x y x' [1]. Cuando identifiquemos el marco inercial S' hay que tomar en cuenta que este se mueve con respecto a S

El sistema S' se mueve a velocidad constante v con respecto al sistema S , a lo largo de un eje común en x/x'



El origen de ambos marcos de referencia O y O' coinciden en un tiempo $t = t' = 0$

Figura 1.2

La posición de una partícula o evento P es descrita por x y y en el marco inercial S y por x' y y' en S'

Ahora suponiendo que en S' se encuentre un objeto P en movimiento, el objetivo es encontrar una forma de poder representar la posición de este en el marco de referencial S , asumiendo tal y como nos dice la mecánica clásica que el tiempo es absoluto se tiene que $t = t'$ y si nos fijamos en la Figura 1.2 vemos que la longitud de x es la misma que $vt + x'$ en donde puede reemplazarse t por t' , por lo tanto las transformaciones galileanas de la posición son:

$$\begin{aligned}x &= x' + vt' \\x' &= x - vt\end{aligned}$$

Ahora sí vemos cualquiera de estas ecuaciones en términos de incrementos: $\Delta x = \Delta x' + v\Delta t'$ y $\Delta x' = \Delta x - v\Delta t$ y dividimos estas para un incremento de tiempo, teniendo en cuenta que el tiempo se considera absoluto en la relatividad Newtoniana: $\Delta t = \Delta t'$ y considerando que $\frac{\Delta x}{\Delta t} = v_x$ y $\frac{\Delta x'}{\Delta t'} = v'_x$ entonces las transformaciones Galileanas para velocidades en diferentes marcos de referencia son:

$$\begin{aligned}v_x &= v'_x + v \\v'_x &= v_x - v\end{aligned}$$

Advertencia

Aquí se utilizan los términos sistema de referencia y marco de referencia haciendo alusión al mismo concepto de marco inercial de referencia

Galileo Galilei



Galileo Galilei (Pisa, 15 de febrero de 1564, Arcetri, 8 de enero de 1642) fue un científico italiano. Su legado es impresionante dado que algunos lo consideran el inventor del método científico, fue astrónomo, filósofo, físico, matemático e ingeniero.

tips

Estas ecuaciones son válidas únicamente considerando el movimiento en el eje x , siendo un movimiento lineal o rectilíneo



Ejemplo 2.1: Imagina que estás en un tren que se mueve a una velocidad constante de 20 m/s en dirección al este. Dentro del tren, un pasajero lanza una pelota hacia adelante (en la misma dirección en la que se mueve el tren) con una velocidad de 15 m/s respecto al tren. a) ¿Cuál es la velocidad de la pelota respecto a un observador que está parado en la estación de trenes y observa el tren en movimiento? b) Si otro pasajero lanza otra pelota hacia atrás (en la dirección contraria al movimiento del tren) con una velocidad de 10 m/s respecto al tren, ¿cuál será la velocidad de esta segunda pelota respecto al mismo observador en la estación?

El marco de referencia en reposo es el observador parado en la estación del tren, por tanto, corresponde a S , mientras que el tren en movimiento es S' , por tanto $v = 20\text{ m/s}$, ya que el movimiento es hacia el este, razón por la cual tiene signo positivo; en este caso, como en S' se lanza la pelota, entonces $v'_x = 15\text{ m/s}$.

a) Utilizando las transformaciones Galileanas de velocidades:

$$v_x = v'_x + v$$

$$v_x = 15\text{ m/s} + 20\text{ m/s}$$

$v_x = 35\text{ m/s}$ siendo esta la velocidad observada por la persona parada en la estación

Para resolver el literal b se toma $v'_x = -10\text{ m/s}$ el signo es negativo ya que se mueve hacia el oeste (izquierda)

b) Utilizando las transformaciones Galileanas de velocidades nuevamente:

$$v_x = v'_x + v$$

$$v_x = -10\text{ m/s} + 20\text{ m/s}$$

$v_x = 10\text{ m/s}$ siendo esta la velocidad observada por la persona parada en la estación

? Pregúntate!

Ahora que tienes un ejemplo de como funciona la relatividad, crees que esta sea la única que podamos describir, al menos matemáticamente? El tiempo es absoluto en todos los casos?



1.3 Autoevaluación del capítulo

? Pregunta 1: Un tren se mueve con $v = 20$ m/s hacia el este. Un pasajero en el tren lanza una pelota con velocidad $u' = 5$ m/s hacia el este, respecto al tren. ¿Cuál es la velocidad de la pelota respecto al suelo?

Respuesta: $u = 25$ m/s

? Pregunta 2: Un barco navega a $v = 10$ m/s hacia el norte. Un marinero camina hacia la proa (parte delantera del barco) con velocidad $u' = 2$ m/s respecto al barco. ¿Cuál es la velocidad del marinero respecto al agua?

Respuesta: $u = 12$ m/s

? Pregunta 3: Un tren viaja a $v = 15$ m/s hacia el oeste. Un pasajero camina hacia la parte trasera del tren con velocidad $u' = 3$ m/s respecto al tren. ¿Cuál es la velocidad del pasajero respecto al suelo?

Respuesta: $u = 12$ m/s

? Pregunta 4: Un avión vuela con velocidad $v = 300$ m/s hacia el este. Un pasajero camina hacia la parte trasera del avión con $u' = 1$ m/s respecto al avión. ¿Cuál es la velocidad del pasajero respecto al suelo?

Respuesta: $u = 299$ m/s

? Pregunta 5: Un observador en reposo ve un auto moverse hacia el norte con velocidad $v = 20$ m/s. Si otro auto viaja en la misma dirección con $u' = 10$ m/s respecto al primer auto, ¿cuál es su velocidad respecto al suelo?

Respuesta: $u = 30$ m/s

? Transformaciones Galileanas de Coordenadas:

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

? Pregunta 6: Un ciclista viaja a $v = 8 \text{ m/s}$ hacia el este. El viento sopla hacia el este con velocidad $u' = 2 \text{ m/s}$ respecto al ciclista. ¿Cuál es la velocidad del viento respecto al suelo?

Respuesta: $u = 10 \text{ m/s}$

? Pregunta 7: Un tren avanza con $v = 25 \text{ m/s}$ hacia el este. Desde el tren, una persona lanza un balón hacia el oeste con velocidad $u' = 10 \text{ m/s}$ respecto al tren. ¿Cuál es la velocidad del balón respecto al suelo?

Respuesta: $u = 15 \text{ m/s}$

? Pregunta 8: Un barco se mueve hacia el sur con $v = 5 \text{ m/s}$. Un marinero camina hacia la popa con velocidad $u' = 1 \text{ m/s}$ respecto al barco. ¿Cuál es la velocidad del marinero respecto al agua?

Respuesta: $u = 4 \text{ m/s}$

? Pregunta 9: Un avión vuela con $v = 250 \text{ m/s}$ hacia el norte. Una persona lanza una pelota hacia el frente del avión con $u' = 20 \text{ m/s}$ respecto al avión. ¿Cuál es la velocidad de la pelota respecto al suelo?

Respuesta: $u = 270 \text{ m/s}$

? Pregunta 10: Un auto se mueve con $v = 18 \text{ m/s}$ hacia el este. Una persona en el auto lanza una pelota hacia el oeste con $u' = 4 \text{ m/s}$ respecto al auto. ¿Cuál es la velocidad de la pelota respecto al suelo?

Respuesta: $u = 14 \text{ m/s}$

? Transformaciones Galileanas de Coordenadas:

$$x' = x - vt$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

$$t' = t$$

Capítulo

Relatividad Especial y Simultaneidad

2.1 Postulados de la relatividad especial

La relatividad especial enfrenta la percepción del tiempo y del espacio que tenemos preestablecida, como se verá a continuación en los próximos capítulos. Cuando nos acercamos a la velocidad de la luz en el universo en el que vivimos, empiezan a suceder fenómenos extraños a comparación con la experiencia cotidiana. La relatividad especial, se basa en dos postulados establecidos por Albert Einstein.



Primer postulado, Principio de relatividad

Las leyes de la naturaleza, son las mismas en todos los sistemas o marcos de referencia inerciales. [6]

Este postulado quiere decir que no se puede hacer ningún experimento que pruebe que nos encontramos en reposo o a movimiento constante, para explicar esto imagínense viajando en un avión, dentro del mismo si dejamos caer un objeto este cae con movimiento rectilíneo, esto quiere decir que el avión es un marco de referencia inercial con respecto a nosotros, si abrimos una ventana veremos la superficie de la tierra moviéndose, por lo cual se puede interpretar que el avión está en reposo y la tierra es la que se mueve o, que el avión se está moviendo mientras que la tierra está en reposo.

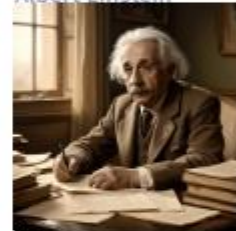


Segundo postulado, Constancia de la velocidad de la luz

La velocidad de la luz siempre es c en todos los sistemas de referencia inerciales independiente de la velocidad de la fuente emisora. [7]

Antes se revisó la relatividad galileana y se veía cómo la velocidad de un objeto puede variar con respecto a la velocidad de otro marco inercial desde donde

Albert Einstein



Albert Einstein, nació el 14 de marzo de 1879, en Ulm (Alemania), y murió el 18 de abril de 1955, fue un físico teórico de origen alemán, considerado uno de los científicos más importantes del siglo XX. Es famoso por haber desarrollado la teoría de la relatividad, que revolucionó nuestra comprensión del espacio, el tiempo y la gravedad.

tips

El valor c en física se conoce como "velocidad luz" y es la rapidez que tiene la luz en el vacío, el valor para los cálculos se puede aproximar a 300 mil km por segundo es decir $3 \cdot 10^8$

se lanza el hipotético objeto, ahora bien cuando se trata de la velocidad de la luz, vemos que la misma es siempre c desde cualquier sistema de referencia que se mida, aun así, si pudieras moverte a una velocidad muy cercana $0.999c$ en dirección hacia y contraria a un rayo de luz siempre se medirá la misma cantidad.

2.2 Relatividad de la Simultaneidad

Imagina un tren que viaja a una velocidad constante. Dentro de este tren, hay dos flashes de luz que se encienden al mismo tiempo en los extremos opuestos. Para un observador que viaja dentro del tren, ambos flashes le parecerán llegar a un punto central del vagón exactamente al mismo tiempo. Es decir, para él, los dos eventos (encender los flashes) son simultáneos.

Ahora, imagina a un observador parado en el andén, viendo pasar el tren. Desde su punto de vista, el tren se está moviendo hacia él. Cuando los flashes se encienden, la luz de ambos extremos comienza a viajar hacia el centro del vagón. Sin embargo, como el tren se mueve, el extremo delantero del tren se acerca a la luz que viene de atrás, mientras que el extremo trasero se aleja de la luz que viene de adelante. [4]

Esto significa que para el observador en el andén, la luz del extremo delantero llegará al centro del vagón antes que la luz del extremo trasero. En otras palabras, los dos eventos (encender los flashes) no son simultáneos para él.

En resumen, la simultaneidad es un concepto que depende del observador. Lo que observamos como simultáneo depende de nuestro estado de movimiento. Esta idea, que puede parecer extraña a primera vista, es una de las bases fundamentales de la teoría de la relatividad especial de Einstein y ha sido confirmada por numerosos experimentos.

tips

Cuando se habla de "Simultaneidad" no se considera que uno u otro observador este equivocado, se asume que ambos están en lo correcto, es decir que el fenómeno físico que visualizan es distinto dependiendo del marco de referencia inercial en el que se encuentren



2.3 Autoevaluación del capítulo

 Pregunta 1: ¿Cómo afecta el principio de la constancia de la velocidad de la luz a nuestra comprensión del tiempo y el espacio?

 Pregunta 2: Si la simultaneidad depende del observador, ¿qué implicaciones tiene esto para eventos que parecen ocurrir al mismo tiempo en diferentes lugares?

 Pregunta 3: ¿De qué manera el principio de relatividad redefine los conceptos de movimiento absoluto y reposo absoluto?

 Pregunta 4: Si un observador en reposo y otro en movimiento miden diferentes tiempos para un mismo evento, ¿significa esto que el tiempo es subjetivo? Reflexiona.

 Pregunta 5: ¿Qué problemas de la física clásica resolvió Einstein al proponer sus dos postulados de la relatividad especial?

Capítulo

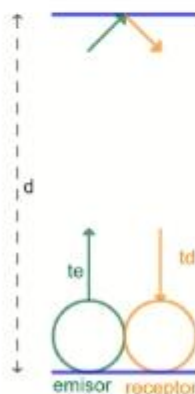
Efectos de la Relatividad especial

3.1 Dilatación temporal

La dilatación temporal es el fenómeno por el cual el tiempo transcurre más lentamente con respecto a un observador en movimiento en relación con un observador en reposo. En otras palabras, si tú viajas en una nave espacial a una velocidad cercana a la de la luz y luego regresas a la Tierra, habrás envejecido menos que tus amigos que se quedaron ahí, esto deja espacio a la formulación de paradojas.

La dilatación temporal es una consecuencia directa de la constancia de la velocidad de la luz en el vacío, para que la velocidad de la luz sea siempre la misma independientemente del movimiento del observador, el tiempo y el espacio deben ser relativos, es decir, deben "estirarse" o "contraerse" para mantener constante esa velocidad.

Ahora bien para explicar este fenómeno matemáticamente, es necesario definir lo que es un "reloj de luz". Imagina una caja con dos espejos paralelos, uno en el suelo y otro en el techo. Un pulso de luz se emite desde el suelo, rebota en el espejo del techo y vuelve al suelo. El tiempo que tarda la luz en completar este viaje se puede considerar como un "tic" de un reloj. Para un tic en un reloj de luz se considera un intervalo de tiempo Δt [5]



Construcción del espejo de luz:

Tiempo de emisión : t_e

Tiempo de detección : t_d

$$\Delta t = t_d - t_e = \frac{2d}{c}$$

Figura 3.1

Δt en terminos de la longitud entre los espejos del reloj y la velocidad de la luz c

La paradoja de los gemelos



Imagina dos gemelos idénticos. Uno de ellos se sube a una nave espacial que viaja a una velocidad cercana a la de la luz y realiza un largo viaje espacial. Al regresar a la Tierra, el gemelo que se quedó en casa habrá envejecido más que su hermano viajero.

? Por que es importante?

La dilatación temporal tiene importantes implicaciones en muchos campos, desde la física de partículas hasta la astronomía. Por ejemplo, los satélites GPS deben tener en cuenta la dilatación temporal para funcionar correctamente.

Ahora, imagina que la caja se mueve a una velocidad constante. Desde el punto de vista de un observador en reposo, la luz sigue el mismo camino dentro de la caja, pero la caja se ha desplazado mientras la luz viajaba. Para completar un "tic", la luz debe recorrer una distancia diagonal mayor. Como la velocidad de la luz es constante, esto significa que el tiempo que tarda en completar un "tic" es más largo para el observador en reposo.

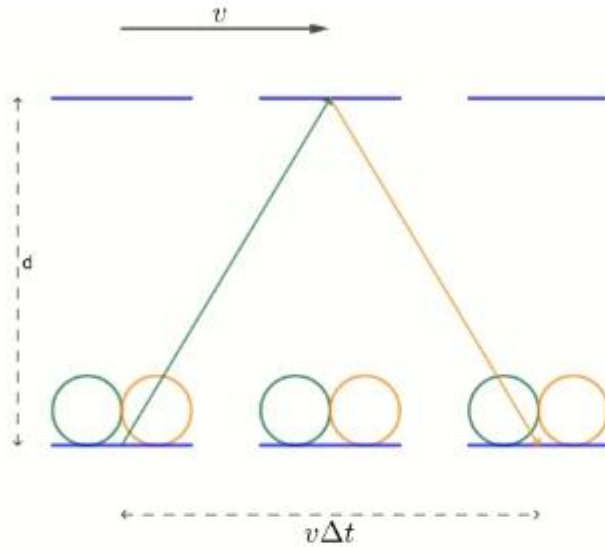


Figura 3.2 Trayectoria de la luz desde el punto de vista de un observador externo cuando el reloj se mueve a velocidad constante

Para el intervalo de tiempo medido por el observador en reposo se usará Δt y para un observador que se mueve a velocidad constante junto al reloj se denotará con Δt_0 siendo este último llamado como tiempo propio.

Como se puede observar en la figura 3.2 ahora la trayectoria que recorre la luz es mayor que antes, si el trayecto se divide desde que la luz se emite hasta que golpea el espejo superior nótese que corresponde a la mitad de la distancia recorrida por el mismo, por tanto es $\frac{1}{2}v\Delta t$, como se puede visualizar si se considera eso se forma un triángulo rectángulo, cuyo primer cateto es $\frac{1}{2}v\Delta t$ y el otro es d , también se debe tomar en cuenta que la distancia que recorre la luz en este intervalo de tiempo es $\frac{1}{2}c\Delta t$

aplicando el teorema de pitágoras se obtiene:

$$\left(\frac{1}{2}v\Delta t\right)^2 + d^2 = \left(\frac{1}{2}c\Delta t\right)^2$$

Si nos fijamos en el sistema de referencia inercial en el que está viajando el reloj a velocidad constante, se puede definir "d" en términos del tiempo propio ($\Delta t_0 = \frac{2d}{c}$):

$$d = \frac{1}{2}c\Delta t_0$$

Reemplazando este término en la ecuación anterior queda:

Sistema GPS



Los satélites del GPS orbitan la Tierra a altas velocidades (aproximadamente 14,000 km/h) y están situados a una altitud de unos 20,000 km. Esto provoca que los relojes atómicos en los satélites experimenten dilatación temporal, la variación de estos relojes difiere de los relojes en la Tierra en unos 38 microsegundos al día. Este pequeño desfase sería suficiente para causar errores de kilómetros en la ubicación si no se corrigiera. Los ingenieros tienen en cuenta estos efectos relativistas para garantizar que el GPS funcione con precisión.

$$(\frac{1}{2}v\Delta t)^2 + (\frac{1}{2}c\Delta t_0)^2 = (\frac{1}{2}c\Delta t)^2$$

Despejando para el tiempo relativo Δt :

$$\begin{aligned}\frac{1}{4}v^2\Delta t^2 + \frac{1}{4}c^2\Delta t_0^2 &= \frac{1}{4}c^2\Delta t^2 \\ \Delta t^2(v^2 - c^2) &= -c^2\Delta t_0^2 \\ \Delta t^2(c^2 - v^2) &= c^2\Delta t_0^2 \\ c^2\Delta t^2(1 - \frac{v^2}{c^2}) &= c^2\Delta t_0^2 \\ \Delta t^2 &= \frac{\Delta t_0^2}{1 - \frac{v^2}{c^2}} \\ \Delta t &= \frac{\Delta t_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}\end{aligned}$$

Ahora cabe decir que el termino $1/\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$ se lo llama factor de Lorentz y se denota por la letra griega gamma γ por lo tanto:



Dilatación temporal

$$\Delta t = \gamma\Delta t_0$$

Siendo Δt conocido como tiempo relativo, y Δt_0 como tiempo propio, cabe también decir que al término v/c se lo denota con la letra griega beta " β " por lo tanto el factor de Lorentz se lo puede escribir como $1/\sqrt{1 - \beta^2}$ así mismo, las rapidezces cercanas a la velocidad de la luz se las suele expresar como el cociente β multiplicado por la velocidad de la luz c , es decir $v = \beta c$. Aquí el tiempo puede expresarte en muchas unidades, no únicamente la del sistema internacional (SI) que es el segundo, de hecho, en muchos ejercicios sera conveniente tabajar el tiempo en años.



Ejemplo 1.1 : Imagina que viajas en una nave espacial al 80 por ciento de la velocidad de la luz y que bajo tu perspectiva pasaron 5 años en tu viaje. Calcula cuánto tiempo habría transcurrido para un observador en la Tierra.

Cuando se dice que la nave viaja al 80 por ciento de la velocidad de la luz matemáticamente puede denotarse como $v = 0.8c$ y el tiempo de 5 años vendría a ser el tiempo propio $\Delta t_0 = 5$ años

Primero, calculamos la constante de lorentz identificando $\beta = 0.8$:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0.8^2}} = 1.667$$

Ahora calculamos el tiempo relativo con la formula de dilatación temporal:

$$\Delta t = \gamma\Delta t_0 = (1.667)(5 \text{ años}) = 8.3 \text{ años}$$

Desde el punto de vista del observador en la Tierra, el viaje del astronauta duró 8.3 años aproximadamente, mientras que para el astronauta, solo pasaron 5 años debido a la dilatación temporal.

Este resultado muestra que el tiempo transcurre más lentamente para el astronauta en movimiento rápido en comparación con el observador en reposo en la Tierra. Si el astronauta regresara a la Tierra, encontraría que las personas en la Tierra habrían envejecido más que él.

La dilatación temporal nos enseña que el tiempo no es absoluto, sino que depende del movimiento del observador. Este concepto, aunque desafía nuestra intuición, nos permite comprender mejor el funcionamiento del universo y tiene aplicaciones prácticas como los sistemas GPS.

Más allá de las fórmulas, la dilatación temporal nos invita a reflexionar sobre cómo nuestra percepción del tiempo puede cambiar en diferentes contextos, recordándonos que la ciencia siempre amplía los límites de lo que creíamos conocer.

3.2 Contracción Longitudinal

La contracción longitudinal es otro fenómeno sorprendente de la relatividad especial. Nos dice que los objetos que se mueven a velocidades cercanas a la de la luz se hacen más cortos en la dirección de su movimiento cuando se miden desde un observador en reposo.

Imagina un tren que viaja a una velocidad extremadamente alta, cercana a la de la luz, para un observador que está en la estación el tren parecerá más corto de lo que sería si estuviera detenido, sin embargo, para los pasajeros dentro del tren su longitud no ha cambiado.

Para poder interpretar este fenómeno físico matemáticamente, haremos uso nuevamente del reloj de luz, pero ahora el movimiento será paralelo a la trayectoria de los rayos de luz. Para esto usaremos el mismo reloj de luz de la figura 3.1, la longitud que tiene el reloj fue representada con la letra "d" pero la llamaremos en este caso longitud propia " L_0 " la cual es su longitud cuando esta en reposo, se utilizara nuevamente el color verde para el rayo de luz emitido y el naranja para el recibido. [7]

Ahora imaginemos a dos personajes Ana y Jorge, Ana se encuentra en un vehículo que alcanza velocidades cercanas a la luz, la longitud del reloj de luz para ella será:

$$L_0 = \frac{1}{2} c \Delta t_0$$

Pero Jorge se encuentra fuera del vehículo, entonces, ¿Qué mira Jorge?, tomando en cuenta que el tiempo de Jorge es el tiempo relativo Δt , para eso se tomará dos momentos, cada uno siendo un intervalo de tiempo que se diferencia cuando el rayo de luz se refleja. Para ello fijémonos en la Figura 3.3 en donde la L es la longitud del espejo de luz que Jorge visualiza cuando este se mueve hacia la derecha.

De la figura se puede plantear relaciones entre el viaje del reloj, y el viaje de la luz con respecto a la longitud relativa:

$$c \Delta t_1 = L + v \Delta t_1; c \Delta t_2 = L - v \Delta t_2$$

Despejando las ecuaciones para t_1 y t_2 :

? Por que es importante?

Aunque la contracción longitudinal tiene menor impacto directo en los sistemas GPS que la dilatación temporal, forma parte de las correcciones relativistas necesarias para garantizar la precisión en el cálculo de posiciones, dado que los satélites se mueven a altas velocidades relativas respecto a la superficie terrestre.

$$t_1 = \frac{L}{c-v} \quad ; \quad t_2 = \frac{L}{c+v}$$

Ahora teniendo en cuenta toda la variación de tiempo de este instante " $\Delta t = t_1 + t_2$ " y también teniendo en cuenta al factor de Lorentz " $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$ ":

$$\Delta t = t_1 + t_2 = \frac{L}{c-v} + \frac{L}{c+v} = \frac{2}{c} \frac{L}{1-v^2/c^2} = \frac{2}{c} \gamma^2 L$$

Despejando la longitud relativa (Lo que Jorge observa) " L ", que " $L_0 = \frac{1}{2}c\Delta t_0$ ", y recordando que en dilatación temporal el tiempo relativo es igual al tiempo propio multiplicado por el factor de Lorentz " $\Delta t = \gamma \Delta t_0$ ":

$$L = \left(\frac{1}{2}c\Delta t\right)\left(\frac{1}{\gamma^2}\right) = \left(\frac{1}{2}c\gamma\Delta t_0\right)\left(\frac{1}{\gamma^2}\right) = \frac{L_0}{\gamma}$$

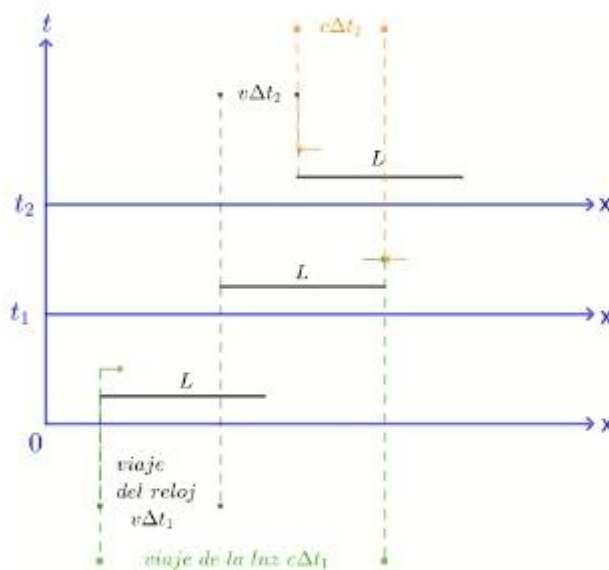


Figura 3-3 Diagrama espacio temporal para la deducción matemática de la contracción longitudinal

Rayos cósmicos



Las partículas de alta energía provenientes del espacio que impactan la atmósfera terrestre, como los protones, se mueven a velocidades relativistas. La contracción longitudinal de estas partículas permite que recorran mayores distancias antes de desintegrarse, explicando cómo pueden llegar hasta la superficie de la Tierra desde regiones muy lejanas del universo.



Contracción Longitudinal

$$L = L_0/\gamma$$

Donde γ es el factor de Lorentz

Ejemplo 2.1 : Una nave espacial tiene una longitud propia (longitud medida en reposo) de $L_0 = 100$ m. Si la nave se desplaza a una velocidad de $v = 0.8c$ (donde c es la velocidad de la luz en el vacío), ¿qué longitud observará un observador estacionario en la Tierra?

Primero calculamos el término $\beta^2 = \frac{v^2}{c^2}$, y el factor de Lorentz:

$$\beta^2 = \frac{v^2}{c^2} = \left(\frac{0.8c}{c}\right)^2 = (0.8)^2 = 0.64$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{1}{\sqrt{1-0.64}} = 5/3 = 1.67$$

Ahora se aplica la fórmula de la contracción longitudinal:

$$L = \frac{L_0}{\gamma} = \frac{100\text{m}}{5/3} = 60\text{m}$$

Desde el punto de vista del observador estacionario en la Tierra, la nave parece tener una longitud de 60 metros en lugar de los 100 metros que mide en reposo. Esto ocurre debido al efecto de la contracción longitudinal, una consecuencia directa de la relatividad especial cuando un objeto se mueve a velocidades cercanas a la luz.

Este ejemplo ilustra cómo las dimensiones espaciales se ven afectadas en referencia a observadores en diferentes marcos inerciales. Es importante destacar que la contracción longitudinal solo se percibe en la dirección del movimiento relativo y no afecta las dimensiones perpendiculares a la velocidad.

La contracción longitudinal es un fenómeno que desafía nuestra intuición clásica al mostrar cómo las dimensiones de un objeto se acortan en la dirección del movimiento cuando este viaja a velocidades cercanas a la de la luz, según lo percibe un observador externo. Este efecto, una consecuencia directa de la relatividad especial de Einstein, no solo tiene implicaciones teóricas, sino que también se evidencia en fenómenos como los rayos cósmicos y los aceleradores de partículas. Más allá de su relevancia científica, este concepto invita a replantear nuestra comprensión del espacio y del tiempo como entidades relativas, ofreciendo una oportunidad única para desarrollar habilidades críticas y fomentar una visión más profunda y conectada de las leyes que rigen el universo.



3.3 Autoevaluación del capítulo

Pregunta 1: Un tren tiene una longitud propia de $L_0 = 200$ m. Si viaja a $v = 0.6c$, ¿cuál es la longitud observada desde la Tierra?

Respuesta: $L = 160$ m

Pregunta 2: Un astronauta viaja a $v = 0.7c$ durante un tiempo propio de $\Delta t_0 = 5$ años. ¿Cuánto tiempo ha pasado para un observador en la Tierra?

Respuesta: $\Delta t = 7$ años

Pregunta 3: Una nave espacial tiene una longitud propia de $L_0 = 150$ m. Si viaja a $v = 0.8c$, ¿qué longitud se observa desde la Tierra?

Respuesta: $L = 90$ m

Pregunta 4: Una partícula tiene un tiempo de vida propio $\Delta t_0 = 3 \mu s$. Si viaja a $v = 0.9c$, ¿cuál es su tiempo de vida medido desde un observador estacionario?

Respuesta: $\Delta t = 6.87 \mu s$

Pregunta 5: Un avión mide $L_0 = 40$ m en reposo. Si viaja a una velocidad de $v = 0.5c$, ¿cuál será su longitud observada desde la Tierra?

Respuesta: $L = 34.64$ m

Pregunta 6: Un reloj en una nave espacial que viaja a $v = 0.85c$ mide un intervalo de tiempo propio de $\Delta t_0 = 10$ segundos. ¿Qué intervalo de tiempo mide un observador estacionario?

Respuesta: $\Delta t = 18.52$ segundos

Contracción longitudinal y dilatación temporal

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\Delta t_0 = \gamma \Delta t$$

$$L_0 = \frac{L}{\gamma}$$

? Pregunta 7: Un cohete de longitud propia $L_0 = 50$ m viaja con una velocidad tal que su longitud observada desde la Tierra es $L = 30$ m. ¿Cuál es su velocidad?

Respuesta: $v = 0.8c$

? Pregunta 8: Un muón tiene un tiempo de vida propio $\Delta t_0 = 2.2 \mu s$. Si viaja a $v = 0.95c$, ¿cuánto tiempo dura su vida desde el punto de vista de un observador en reposo?

Respuesta: $\Delta t = 7.03 \mu s$

? Pregunta 9: Una nave espacial de longitud propia $L_0 = 120$ m se mueve a $v = 0.9c$. ¿Cuál será su longitud observada desde la Tierra?

Respuesta: $L = 52.25$ m

? Pregunta 10: Un piloto viaja en una nave a $v = 0.6c$. Según su reloj, transcurren $\Delta t_0 = 2$ horas. ¿Cuánto tiempo ha pasado para un observador en la Tierra?

Respuesta: $\Delta t = 2.5$ horas

? Contracción longitudinal y dilatación temporal

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

$$\Delta t_0 = \gamma \Delta t$$

$$L_0 = \frac{L}{\gamma}$$

Capítulo

Transformaciones de Lorentz

Las transformaciones de Lorentz son un conjunto de ecuaciones fundamentales en la relatividad especial que permiten relacionar las coordenadas espacio-temporales de un evento en dos sistemas de referencia inerciales que se mueven uno respecto al otro a una velocidad constante. Estas transformaciones son esenciales para comprender cómo las leyes físicas permanecen invariantes entre sistemas en movimiento relativo, cumpliendo con los postulados de Einstein. [3]

La **figura 4.1** ilustra un escenario típico para explicar las transformaciones de Lorentz en el contexto de la relatividad especial. Se presentan dos sistemas de referencia inerciales: el sistema S , asociado a la Tierra, y el sistema S' , en movimiento con velocidad v respecto a S en la dirección del eje x . En el sistema S' , se observa un cohete que tiene componentes de velocidad (u'_x, u'_y) en su sistema de referencia. Estas velocidades se relacionan con las componentes (u_x, u_y) en el sistema S mediante las transformaciones relativistas de velocidades. Se incluye la orientación de los ejes $(x, y$ y $x', y')$, la dirección del movimiento relativo entre los sistemas, y las velocidades relacionadas.

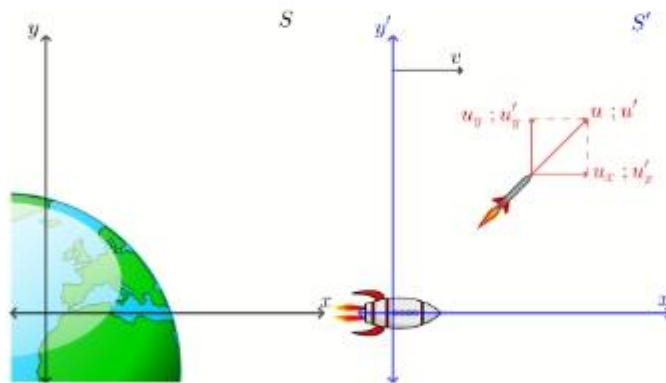


Figura 4.1 Representación de dos sistemas de referencia inerciales (S y S') en el contexto de las transformaciones de Lorentz.

Las transformaciones de Lorentz describen cómo se relacionan las coordenadas espaciales y temporales entre dos sistemas de referencia inerciales S y S' , donde S' se mueve con velocidad constante v respecto a S en la dirección del eje x .

4.1 Transformaciones de Lorentz para coordenadas espaciales y temporales

Para las transformaciones de Lorentz, espacio temporales, debemos fijarnos en la figura de arriba, supongamos así que la tierra es S y la nave espacial es S' , y el misil es un evento que sucede en el marco de referencia de la nave espacial por lo tanto, x sería la coordenada espacial desde la tierra S hasta el evento, el cual es el misil, suponiendo que la nave se mueve en dirección del eje x , entonces: $x = vt + x'/\gamma$, siendo v la velocidad de la nave y x'/γ la distancia de la nave al misil medido desde el marco S , ahora despejando para x' : $x' = \gamma(x - vt)$. Como la nave espacial se mueve solo en dirección del eje x no es necesario operar en esas coordenadas

De forma inversa se puede considerar la distancia x' , ya que si se mide la distancia de la nave al misil desde el marco S' de la nave la ecuación quedaría: $x' = x/\gamma - vt'$, ahora vt y x/γ son lo mismo que la anterior vez, lo único que cambia es que ahora están medidos desde el marco inercial S' , despejando para x queda: $x = \gamma(x' + vt')$

Las ecuaciones temporales se dejan como ejercicio propuesto al lector, para hallar las dos ecuaciones que se mostraran a continuación, tanto para t y t' , únicamente se deben realizar reemplazos entre las dos ecuaciones temporales halladas previamente.

Transformaciones espacio-temporales

$$\begin{aligned}x' &= \gamma(x - vt) \\y' &= y \\z' &= z \\t' &= \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right)\end{aligned}$$

donde:

- $\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$ es el factor de Lorentz.
- v es la velocidad relativa entre los sistemas.
- c es la velocidad de la luz en el vacío.

Forma inversa de las transformaciones de Lorentz: Las coordenadas en S pueden expresarse en función de las coordenadas en S' mediante:

Transformaciones espacio-temporales (Inversas)

$$\begin{aligned}x &= \gamma(x' + vt') \\y &= y' \\z &= z' \\t &= \gamma\left(t' + \frac{vx'}{c^2}\right)\end{aligned}$$

4.2 Transformaciones de velocidades

Las transformaciones de Lorentz también se aplican a las componentes de la velocidad u_x, u_y, u_z de un objeto observado desde S , para relacionarlas con las componentes u'_x, u'_y, u'_z medidas desde S' .

Hallar las transformaciones de velocidades requiere muchas operaciones algebraicas, para hacer esto primero definiremos que $\frac{\Delta x}{\Delta t} = u_x$, bajo esta idea tomaremos en cuenta las ecuaciones de Lorentz en base a los incrementos, por lo tanto:

$$\begin{aligned}u'_x &= \frac{\Delta x'}{\Delta t'} \\u'_x &= \frac{\gamma(\Delta x - v\Delta t)}{\gamma(\Delta t - \frac{v\Delta x}{c^2})}\end{aligned}$$

Simplificando γ y sacando factor común Δt en el denominador queda:

$$\begin{aligned}u'_x &= \frac{\Delta x - v\Delta t}{\Delta t(1 - \frac{v}{c^2}\frac{\Delta x}{\Delta t})} \\u'_x &= \frac{\frac{\Delta x}{\Delta t} - v}{1 - \frac{v}{c^2}\frac{\Delta x}{\Delta t}}\end{aligned}$$

Si simplificamos Δt y tomamos en cuenta que $\frac{\Delta x}{\Delta t} = u_x$, la expresión nos queda como:

$$u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \frac{u_x v}{c^2}}$$

El resto de deducciones para velocidades se deja como ejercicio de repaso propuesto para el lector.

Componente en la dirección del movimiento (x):

$$u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \frac{u_x v}{c^2}}$$

Componentes perpendiculares al movimiento (y y z):

$$\begin{aligned}u'_y &= \frac{u_y}{\gamma\left(1 - \frac{u_x v}{c^2}\right)} \\u'_z &= \frac{u_z}{\gamma\left(1 - \frac{u_x v}{c^2}\right)}\end{aligned}$$

Forma inversa (de S' a S):

$$u_x = \frac{u'_x + v}{1 + \frac{u'_x v}{c^2}}$$

$$u_y = \frac{u'_y}{\gamma \left(1 + \frac{u'_x v}{c^2}\right)}$$

$$u_z = \frac{u'_z}{\gamma \left(1 + \frac{u'_x v}{c^2}\right)}$$



Ejemplo 2.1: Un astronauta en una nave espacial viaja con una velocidad constante de $v = 0.8c$ respecto a un observador en la Tierra. En el sistema de referencia de la Tierra, un evento ocurre en las coordenadas espaciales y temporales $(x, t) = (300 \text{ m}, 2 \times 10^{-6} \text{ s})$. Determina las coordenadas x' y t' del evento en el sistema de referencia de la nave espacial.

Usamos las transformaciones de Lorentz:

$$x' = \gamma(x - vt) \quad \text{y} \quad t' = \gamma \left(t - \frac{vx}{c^2} \right),$$

donde el factor de Lorentz es:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

1. Calculamos γ :

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{(0.8c)^2}{c^2}}} = \frac{1}{\sqrt{1 - 0.64}} = \frac{1}{\sqrt{0.36}} = \frac{1}{0.6} = 1.6667.$$

2. Sustituimos los valores en la ecuación para x' :

$$x' = \gamma(x - vt) = 1.6667 (300 - (0.8c)(2 \times 10^{-6})).$$

Dado que $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$:

$$vt = 0.8 \cdot 3 \times 10^8 \cdot 2 \times 10^{-6} = 480 \text{ m}.$$

Por lo tanto:

$$x' = 1.6667 (300 - 480) = 1.6667 \cdot (-180) = -300 \text{ m}.$$

3. Sustituimos los valores en la ecuación para t' :

$$t' = \gamma \left(t - \frac{vx}{c^2} \right) = 1.6667 \left(2 \times 10^{-6} - \frac{(0.8c)(300)}{c^2} \right).$$

Calculamos el término $\frac{vx}{c^2}$:

$$\frac{vx}{c^2} = \frac{(0.8)(3 \times 10^8)(300)}{(3 \times 10^8)^2} = \frac{0.8 \cdot 300}{3 \times 10^8} = 8 \times 10^{-7} \text{ s}.$$

Entonces:

$$t' = 1.6667 (2 \times 10^{-6} - 8 \times 10^{-7}) = 1.6667 \cdot 1.2 \times 10^{-6} = 2 \times 10^{-6} \text{ s.}$$

Respuesta: En el sistema de referencia de la nave espacial, las coordenadas del evento son:

$$x' = -300 \text{ m, } t' = 2 \times 10^{-6} \text{ s.}$$



4.3 Autoevaluación del capítulo

Pregunta 1: Un evento ocurre en un sistema en reposo a $x = 300 \text{ m}$ y $t = 2 \text{ s}$. Si un observador en movimiento con $v = 0.8c$ observa este evento, ¿cuáles son las coordenadas x' y t' del evento en su sistema?

Respuesta: $x' = -180 \text{ m}$, $t' = 1.2 \text{ s}$

Pregunta 2: En el sistema de referencia S , un evento ocurre en $x = 500 \text{ m}$ y $t = 4 \text{ s}$. Un sistema S' se mueve con velocidad $v = 0.6c$ respecto a S . ¿Cuáles son las coordenadas x' y t' del evento en S' ?

Respuesta: $x' = 200 \text{ m}$, $t' = 2.8 \text{ s}$

Pregunta 3: Un sistema S' se mueve con velocidad $v = 0.7c$ respecto a S . En S , un evento ocurre en $x = 400 \text{ m}$ y $t = 3 \text{ s}$. ¿Cuáles son las coordenadas del evento en S' ?

Respuesta: $x' = -140 \text{ m}$, $t' = 1.71 \text{ s}$

Pregunta 4: En el sistema S , un evento ocurre en $x = 1000 \text{ m}$ y $t = 5 \text{ s}$. Si S' se mueve a $v = 0.5c$ respecto a S , calcula x' y t' .

Respuesta: $x' = 500 \text{ m}$, $t' = 4.33 \text{ s}$

Pregunta 5: Un observador en S mide un evento en $x = 800 \text{ m}$ y $t = 6 \text{ s}$. Si S' se mueve con $v = 0.9c$, ¿cuáles son x' y t' ?

Respuesta: $x' = -120 \text{ m}$, $t' = 1.71 \text{ s}$

Transformaciones de Lorentz (espacio temporales)

$$x' = \gamma(x - vt)$$

$$t' = \gamma\left(t - \frac{vx}{c^2}\right)$$

$$y' = y$$

$$z' = z$$

Transformaciones inversas:

$$x = \gamma(x' + vt')$$

$$t = \gamma\left(t' + \frac{vx'}{c^2}\right)$$

$$y = y'$$

$$z = z'$$

? Pregunta 6: Un tren se mueve a una velocidad constante de $v = 0.6c$ respecto a la Tierra. Un pasajero dentro del tren lanza una pelota en la dirección opuesta al movimiento con velocidad $u' = -0.3c$ en su sistema de referencia. ¿Cuál es la velocidad de la pelota en el sistema de la Tierra?

Respuesta: $u_x = -0.09c$

? Pregunta 7: Una nave espacial viaja a $v = 0.9c$ respecto a una estación espacial. En la nave, un evento ocurre en $x' = 1.2 \times 10^8$ m y $t' = 2$ s. ¿Cuáles son las coordenadas del evento en el sistema de la estación espacial?

Respuesta: $x = 3.14 \times 10^8$ m, $t = 4.11$ s

? Pregunta 8: En un sistema S , un objeto se mueve con velocidad $u_x = 0.5c$. Si un sistema S' se mueve con velocidad $v = 0.7c$ respecto a S , ¿cuál es la velocidad del objeto en el sistema S' ?

Respuesta: $u'_x = 0.235c$

? Pregunta 9: Un astronauta en una nave que viaja a $v = 0.6c$ dispara un proyectil en la misma dirección del movimiento con velocidad $u'_x = 0.7c$ en su sistema de referencia. ¿Cuál es la velocidad del proyectil en el sistema de la Tierra?

Respuesta: $u_x = 0.91c$

? Pregunta 10: Un observador en la Tierra ve una nave moverse con velocidad $v = 0.85c$. Desde la nave, un rayo de luz es emitido hacia adelante con velocidad c . ¿Cuál es la velocidad del rayo de luz en el sistema de la Tierra?

Respuesta: c (confirmando la invariancia de la velocidad de la luz)

? Transformaciones de Lorentz (velocidades)

$$u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \frac{u_x v}{c^2}}$$

$$u'_y = \frac{u_y}{\gamma \left(1 - \frac{u_x v}{c^2}\right)}$$

$$u'_z = \frac{u_z}{\gamma \left(1 - \frac{u_x v}{c^2}\right)}$$

Transformaciones inversas:

$$u_x = \frac{u'_x + v}{1 + \frac{u'_x v}{c^2}}$$

$$u_y = \frac{u'_y}{\gamma \left(1 + \frac{u'_x v}{c^2}\right)}$$

$$u_z = \frac{u'_z}{\gamma \left(1 + \frac{u'_x v}{c^2}\right)}$$

Capítulo

Bibliografía y Respuestas a las cuestiones de la autoevaluación del capítulo 2

Respuestas a las cuestiones de la autoevaluación del capítulo 2

Respuesta 1: El principio de la constancia de la velocidad de la luz implica que el espacio y el tiempo son relativos y dependen del sistema de referencia del observador. Esto introduce la necesidad de considerar transformaciones no intuitivas como las de Lorentz, que unifican el espacio y el tiempo en un continuo espacio-tiempo.

Respuesta 2: La dependencia de la simultaneidad en el observador significa que no existe un "ahora" absoluto en el universo. Dos eventos que parecen simultáneos en un sistema de referencia pueden no serlo en otro, lo que afecta la forma en que entendemos la causalidad y la relación entre eventos distantes.

Respuesta 3: El principio de relatividad elimina la noción de un marco de referencia privilegiado. Esto significa que las leyes de la física son las mismas en todos los sistemas inerciales, y no hay una base universal para definir movimiento o reposo absoluto.

Respuesta 4: No significa que el tiempo sea subjetivo, sino que el tiempo es relativo al sistema de referencia. Esto refleja la idea de que el tiempo no es independiente del espacio, sino que ambos están entrelazados en el continuo espacio-tiempo.

Respuesta 5: Einstein resolvió inconsistencias entre las leyes de la mecánica clásica y el electromagnetismo, como la incompatibilidad entre la transformación galileana y las ecuaciones de Maxwell. Además, explicó fenómenos como la constancia de la velocidad de la luz y las variaciones del tiempo y el espacio observadas en sistemas en movimiento relativo.

Bibliografía

- [1] Equipo editorial, Etecé. (2022). *Física moderna - Qué es, objetivos, ramas, física clásica*. concepto.de. Recuperado de <https://concepto.de/fisica-moderna/>
- [2] Escribano, J. T. (2021). Relatividad Especial: una interpretación del fenómeno de la "dilatación temporal". *Revista Española de Física*, 35(2). Recuperado de <https://revistadefisica.es/index.php/ref/article/view/2709>
- [3] Gómez Reguera, C. (2023). *Fundamentos de la relatividad especial* [Universidad de Sevilla]. Recuperado de <https://idus.us.es/handle/11441/155984>
- [4] Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2019). *Física para ciencias e ingeniería*. Cengage Learning. Recuperado de <https://elsolucionario.net/fisica-para-ciencias-e-ingenieria-vol-2-raymond-a-serway-john-w-jewett-jr-10ma-edicion/>
- [5] Tipler, P. A., & Llewellyn, R. (2012). *Modern Physics* (6a ed.). W. H. Freeman. Recuperado de https://www.academia.edu/90321821/Modern_Physics_by_Tipler_6th_edition
- [6] Tippens, P. E. (2020). *Física conceptos y aplicaciones*. McGraw-Hill, Interamericana Editores S.A. de C.V.
- [7] Young, H. D., & Freedman, R. A. (2018). *Física universitaria: con física moderna*. Pearson Educación de México. Recuperado de https://www.academia.edu/44931414/SEARS_Y_ZEMANSKY_F%C3%BDSICA_UNIVERSITARIA_14ta_edici%C3%B3n_Vol_2

BIBLIOGRAFÍA

- Alstein, P., Krijtenburg-Lewerissa, K., & van Joolingen, W. R. (2021). Teaching and learning special relativity theory in secondary and lower undergraduate education: A literature review. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2). <https://doi.org/10.1103/physrevphyseducres.17.023101>
- Arias, J., & Gallardo, M. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*. ENFOQUES CONSULTING EIRL. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w26022w/Arias_S2.pdf
- Balladares, L. (2023). *Guía didáctica informatizada para la enseñanza-aprendizaje de la física en primero bachillerato de la Unidad Educativa Luis A. Martínez* [Universidad Tecnológica Indoamérica]. <https://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/5311?mode=full>
- Barrios Perea, P. S., & Reales Fontalvo, M. D. J. (2021). *Fortalecimiento de las competencias comunicativas y el aprendizaje autónomo en estudiantes, a través de una guía didáctica* [Corporación Universidad de la Costa]. <https://repositorio.cuc.edu.co/handle/11323/7980>
- Chávez, V. (2023). *Guía didáctica de prácticas de laboratorio para el aprendizaje de óptica ondulatoria* [Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/11695/1/UNACH-EC-FCEHT-PMF-0035-2023.pdf>
- Chicaiza, Á. (2024). *Guía didáctica basada en el Diseño Universal para el Aprendizaje para el proceso de enseñanza - aprendizaje de la asignatura de Física en el primer año de bachillerato* [UNIVERSIDAD NACIONAL DE EDUCACIÓN]. <http://201.159.222.12:8080/bitstream/56000/3238/1/TM565.pdf>
- Cortijo, R., & Paúl, B. (2020). “*Guía didáctica virtual para la Enseñanza Y Aprendizaje de Resistencia y Potencia Eléctrica en primero de bachillerato técnico mediante la herramienta tecnológica, MOODLE* [Universidad Israel]. <http://repositorio.uisrael.edu.ec/handle/47000/2632>
- De Hosson, C., & Kermen, I. (2013). Identificar dificultades de estudiantes en relatividad especial: Las nociones de “sistema de referencia” y de “evento”. *El cálculo y su enseñanza*, 4, 1–10. <https://doi.org/10.61174/recacym.v4i1.126>
- Equipo editorial, Etecé. (2022). Física moderna - Qué es, objetivos, ramas, física clásica. *concepto.de*. <https://concepto.de/fisica-moderna/>
- Equipo editorial, Etecé. (2023). *Excel - Concepto, historia y usos*. *concepto.de*. <https://concepto.de/excel/>

- Escribano, J. T. (2021). Relatividad Especial: una interpretación del fenómeno de la “dilatación temporal”. *Revista Española de Física*, 35(2). <https://revistadefisica.es/index.php/ref/article/view/2709>
- Fleisch, D. A. (2011). *Student's guides: A student's guide to vectors and tensors*. Cambridge University Press.
- Gairín Sallán, J., & Olmos Rueda, P. (2024). Desarrollo y evaluación de la competencia ‘Aprender a Aprender’. *Aula abierta*, 53(3), 285–293. <https://doi.org/10.17811/rifie.21274>
- Gómez, M. I. (2024). *Aprendizaje - Concepto, teorías y tipos*. Concepto.de. <https://concepto.de/aprendizaje/>
- Gómez Reguera, C. (2023). *Fundamentos de la relatividad especial* [Universidad de Sevilla]. <https://idus.us.es/handle/11441/155984>
- Herrera Lemus, L. P., Consuelo Sanchez, B., Sumba Chacha, D. F., Chulli Cuello, J. F., Casanova Narvaez, H. M., Baque Curay, M. T., & Moran Garcia, I. R. (2024). Estrategias Pedagógicas para Mejorar la Comprensión de Conceptos Ma-temáticos Abstractos en Estudiantes de Educación Media. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 8590–8606. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.13018
- Iriarte, A., & González, M. (2023). Enseñanza de la física moderna en estudiantes de bachillerato: una aproximación desde la relatividad especial de Albert Einstein. *Memorias 2023*, 6, 134–140. https://www.researchgate.net/profile/Myriam-Gutierrez/publication/371448044_Implementation_of_a_virtual_conference_on_healthy_aging_An_online_resource_for_health_education_as_a_laboratory_space_to_design_a_MOOC_for_Older_people/links/6483de032cad460a1b00a024/Implementation-of-a-virtual-conference-on-healthy-aging-An-online-resource-for-health-education-as-a-laboratory-space-to-design-a-MOOC-for-Older-people.pdf#page=134
- Lado, S. (2022). *10 ventajas de estudiar Psicología en la Universidad Isabel I*. Ui1.es. <https://www.ui1.es/blog-ui1/10-ventajas-de-estudiar-psicologia-en-la-universidad-isabel-i>
- Lantaron, A. (2020). *Innovación docente para la Relatividad Especial e introducción a la Física Cuántica de 2º de Bachillerato* [Universidad de La Rioja]. <https://investigacion.unirioja.es/documentos/61765e1d9a6e185d8748a2bb/f/61765e1c9a6e185d8748a2ba.pdf>
- Mauri, G., & David, R. (2020). Aprender a aprender. *Referencia pedagógica*, 8(2), 203–218. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2308-30422020000200203&lng=es&tlng=es

- Mejía, L. G. (2013). La guía didáctica: práctica de base en el proceso de enseñanza-aprendizaje y en la gestión del conocimiento. *Apertura*, 5(1), 66–73. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=68830443006>
- Ministerio de educación del Ecuador. (2016). *Física 3 BGU* (Editorial Don Bosco Obras Salesianas de Comunicación, Ed.). Equipo de edición Grupo edebé.
- Mora, S. L. (2015). *Herramientas para la investigación*. Dlsi.Ua.Es. <https://desarrolloweb.dlsi.ua.es/cursos/2015/herramientas-investigacion/que-es-latex>
- Muñoz, Z., Salgado, R., & Gavilanes, A. (2021). Caracterización de la enseñanza de la física relativista en las instituciones públicas de educación secundaria del Departamento de Nariño. *Revista Historia De La Educación Colombiana*, 26, 123–147.
- Nehuén, T. (2024, abril 23). *Teoría de la relatividad especial*. Definición.de; Definicion.de. <https://definicion.de/teoria-de-la-relatividad-especial/>
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de Muestreo sobre una Población a Estudio. *Revista Internacional de Morfología [International Journal of Morphology]*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022017000100037>
- Padilla, R. (2022). *Guía didáctica interactiva para la enseñanza de leyes de Newton en la asignatura de Física dirigida a estudiantes de segundo año de bachillerato en la Unidad Educativa Fiscal Eloy Alfaro en el año lectivo 2021 – 2022* [Pontificia Universidad Católica del Ecuador]. <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/784d7d77-00f2-4c34-abd6-e78e4b2a1821/content>
- Paguay Ambi, M. A. (2023). *Guía didáctica de prácticas de laboratorio para el aprendizaje de Movimiento Rotacional* [Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11720>
- Pérez, R. (2015, noviembre 25). *Del GPS a las lupas cósmicas: aplicaciones actuales de la teoría de la relatividad*. El Confidencial. https://www.elconfidencial.com/tecnologia/2015-11-25/del-gps-a-las-lupas-cosmicas-aplicaciones-actuales-de-la-teoria-de-la-relatividad_1106299/
- Pino Torrens, R. E., & Urías Arbolaez, G. de la C. (2020). Guías didácticas en el proceso enseñanza-aprendizaje: ¿Nueva estrategia? *Revista Científica*, 5(18), 371–392. <https://doi.org/10.29394/scientific.issn.2542-2987.2020.5.18.20.371-392>
- Polanía Reyes, C. L., Cardona Olaya, F. A., Castañeda Gamboa, G. I., Vargas, I. A., Calvache Salazar, O. A., & Abanto Vélez, W. I. (2020). *Metodología de Investigación Cuantitativa & Cualitativa. Aspectos conceptuales y prácticos para la aplicación en niveles de educación superior* (Universidad César Vallejo, Ed.). Institución Universitaria Antonio José Camacho. <https://doi.org/10.54278/9789588292991>

- Porral, E., Bataglia, G., Reyes, I., & Enriquez, M. (2023). *Física electrónica*. Universidad Tecnológica Nacional. https://www.researchgate.net/profile/Edgardo-Porral-2/publication/369385431_FISICA_ELECTRONICA_Apunte_UNIDAD_1_Relatividad_Especial/links/6419af3f66f8522c38c1ff8a/FISICA-ELECTRONICA-Apunte-UNIDAD-1-Relatividad-Especial.pdf
- Porto, J. P. (2024, febrero 13). *Aprendizaje autónomo*. Definición.de; Definicion.de. <https://definicion.de/aprendizaje-autonomo/>
- Porto, J. P., & Gardey, A. (2008a, marzo 26). *Aprendizaje*. Definición.de; Definicion.de. <https://definicion.de/aprendizaje/>
- Porto, J. P., & Gardey, A. (2008b, julio 9). *Evaluación*. Definición.de; Definicion.de. <https://definicion.de/evaluacion/>
- Revelo, D. (2023). *Desarrollo de guía práctica para el aprendizaje de la Segunda Ley de Newton utilizando el software Interactive Physics* [Universidad Nacional de Chimborazo]. <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/11374>
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2019). *Física para ciencias e ingeniería*. Cengage Learning. <https://elsolucionario.net/fisica-para-ciencias-e-ingenieria-vol-2-raymond-a-serway-john-w-jewett-jr-10ma-edicion/>
- Simesen de Bielke, M. M. (2020). La Paradoja de los gemelos en los textos de Einstein. *Revista colombiana de filosofía de la ciencia*, 19(39), 11–41. <https://doi.org/10.18270/rcfc.v19i39.3025>
- Sousa, V., Driessnack, M., & Costa, I. (2007). Revisión de diseños de investigación resaltantes para enfermería parte 1: Diseños de investigación cuantitativa. *Revista Latinoamericana Enfermagem*, 15(3). https://www.academia.edu/download/38695782/es_v15n3a22.pdf
- Tipler, P. A., & Llewellyn, R. (2012). *Modern Physics* (6a ed.). W. H. Freeman. https://www.academia.edu/90321821/Modern_Physics_by_Tipler_6th_edition
- Tippens, P. E. (2020). *Física conceptos y aplicaciones*. McGraw-Hill, Interamericana Editores S.A de C.V.
- Universidad Europea en Ecuador. (2024, septiembre 17). *Tipos de evaluación educativa*. Universidad Europea ecuador; Universidad Europea en Ecuador. <https://ecuador.universidadeuropea.com/blog/tipos-evaluacion/>
- Useche, M. C., Artigas, W., Queipo, B., & Perozo, É. (2019). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos*. Universidad de la Guajira. <https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/handle/uniguajira/467>

Young, H. D., & Freedman, R. A. (2018). *Física universitaria: con física moderna*. Pearson Educación de México.
https://www.academia.edu/44931414/SEARS_Y_ZEMANSKY_F%C3%82SICA_UNIVERSITARIA_14ta_edici%C3%B3n_Vol_2

Zavala, A. (2019). *Alfa de Cronbach en SPSS*. SlideShare.
<https://es.slideshare.net/slideshow/alfa-de-cronbrch-en-spss/147558100>

ANEXOS

7 Validación del instrumento de recolección de datos por parte de expertos.

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título: “Guía didáctica para aprendizaje de relatividad especial en estudiantes de Tercero de bachillerato, Unidad Educativa Hispanoamérica”

Autor: José Andrés Córdova Merino

Jurado experto:

Ubique la calificación correspondiente a la escala cualitativa en la matriz ubicada al final del cuestionario, teniendo en cuenta que:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

En las siguientes páginas usted se servirá encontrar el cuestionario a validar.

Cuestionario: Evaluación de la Necesidad e Interés para Implementar una Guía Didáctica sobre Relatividad Especial

Instrucciones

A continuación, encontrarás preguntas relacionadas con la enseñanza de la relatividad especial. Por favor, indica el grado en el que estás de acuerdo con cada una:

1. **Conozco sobre la teoría de la relatividad especial de Albert Einstein.**
 - a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
2. **Mi docente de física alguna vez me comentó sobre la relatividad especial.**
 - a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
3. **Siento que el conocimiento sobre la relatividad especial podría ayudarme a entender avances científicos y tecnológicos actuales.**
 - a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo

- c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
4. **La ausencia de temas como dilatación temporal y contracción de la longitud limita mi comprensión de la física moderna.**
- a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
5. **Considero que tener una guía didáctica sobre relatividad especial facilitaría mi aprendizaje sobre esta temática.**
- a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
6. **Estoy interesado en aprender cómo la teoría de la relatividad especial se aplica a fenómenos reales.**
- a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
7. **Me sentiría más motivado a estudiar relatividad especial si hubiera una guía didáctica accesible y clara.**
- a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
8. **Aprender sobre los postulados de Einstein y las transformaciones de Lorentz me resulta atractivo e interesante.**
- a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
9. **Creo que una guía didáctica de relatividad especial aumentaría mi interés por aprender física.**
- a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo

- c) Neutral
- d) De acuerdo
- e) Totalmente de acuerdo

10. Me gustaría contar con una guía adicional para estudiar la relatividad especial de forma independiente.

- a) Totalmente en desacuerdo
- b) En desacuerdo
- c) Neutral
- d) De acuerdo
- e) Totalmente de acuerdo

ASPECTOS	CRITERIOS	Preguntas del cuestionario									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Univocidad de cada ítem	¿Se entiende el ítem?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
	¿Su redacción es clara?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Pertinencia	¿Tienen los ítems relación lógica con el objetivo que se pretende estudiar?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Organización	¿Existe una organización lógica en la presentación del ítem respectivo?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Importancia	¿Qué peso posee el ítem con relación a la dimensión de referencia?	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
PROMEDIO		S	S	S	S	S	S	S	S	S	S

Observaciones y recomendaciones.	
Pregunta N° 1.	N.A
Pregunta N° 2.	N.A
Pregunta N° 3.	N.A
Pregunta N° 4.	N.A
Pregunta N° 5.	N.A
Pregunta N° 6.	N.A
Pregunta N° 7.	N.A

Pregunta N° 8.	N.A
Pregunta N° 9.	N.A
Pregunta N° 10.	N.A

En caso de no existir observaciones, ubicar "NA"

CONCLUSIÓN DEL INSTRUMENTO

Promedio de la validación del instrumento:				5
APLICABLE	☒	NO APLICABLE	☐	APLICABLE ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES

Evaluated por:


Msc. Klever David Gramarca Soto
CI: 0301757373

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título: “Guía didáctica para aprendizaje de relatividad especial en estudiantes de Tercero de bachillerato, Unidad Educativa Hispanoamérica”

Autor: José Andrés Córdova Merino

Jurado experto: Mgs. Cristian Carranco

Instrumento: Cuestionario

Ubique la calificación correspondiente a la escala cualitativa en la matriz ubicada al final del cuestionario, teniendo en cuenta que:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

		Preguntas del cuestionario									
ASPECTOS	CRITERIOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Univocidad de cada ítem	¿Se entiende el ítem?	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	¿Su redacción es clara?	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Pertinencia	¿Tienen los ítems relación lógica con el objetivo que se pretende estudiar?	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Organización	¿Existe una organización lógica en la presentación del ítem respectivo?	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Importancia	¿Qué peso posee el ítem con relación a la dimensión de referencia?	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PROMEDIO		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Observaciones y recomendaciones.	
Pregunta N° 1.	NA.
Pregunta N° 2.	NA.
Pregunta N° 3.	NA.
Pregunta N° 4.	NA.
Pregunta N° 5.	Colocar como pregunta 7.
Pregunta N° 6.	Colocar como pregunta 5.
Pregunta N° 7.	Colocar como pregunta 8.
Pregunta N° 8.	Colocar como pregunta 6.
Pregunta N° 9.	NA.
Pregunta N° 10.	NA.

En caso de no existir observaciones, ubicar “NA”

CONCLUSIÓN DEL INSTRUMENTO

Promedio de la validación del instrumento:				5	
APLICABLE	X	NO APLICABLE		APLICABLE ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES	

Evaluated por:



Msc. Cristian Carranco
CI: 1003433388

VALIDACIÓN DEL INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título: “Guía didáctica para aprendizaje de relatividad especial en estudiantes de Tercero de bachillerato, Unidad Educativa Hispanoamérica”

Autor: José Andrés Córdova Merino

Jurado experto:

Ubique la calificación correspondiente a la escala cualitativa en la matriz ubicada al final del cuestionario, teniendo en cuenta que:

Totalmente en desacuerdo	En desacuerdo	Indiferente	De acuerdo	Totalmente de acuerdo
1	2	3	4	5

En las siguientes páginas usted se servirá encontrar el cuestionario a validar.

Cuestionario: Evaluación de la Necesidad e Interés para Implementar una Guía Didáctica sobre Relatividad Especial

Instrucciones

A continuación, encontrarás preguntas relacionadas con la enseñanza de la relatividad especial. Por favor, indica el grado en el que estás de acuerdo con cada una:

1. **Conozco sobre la teoría de la relatividad especial de Albert Einstein.**
 - a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
2. **MI docente de física alguna vez me comentó sobre la relatividad especial.**
 - a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
3. **Siento que el conocimiento sobre la relatividad especial podría ayudarme a entender avances científicos y tecnológicos actuales.**

- a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
4. **La ausencia de temas como dilatación temporal y contracción de la longitud limita mi comprensión de la física moderna.**
- a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
5. **Considero que tener una guía didáctica sobre relatividad especial facilitaría mi aprendizaje sobre esta temática.**
- a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
6. **Estoy interesado en aprender cómo la teoría de la relatividad especial se aplica a fenómenos reales.**
- a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
7. **Me sentiría más motivado a estudiar relatividad especial si hubiera una guía didáctica accesible y clara.**
- a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo
8. **Aprender sobre los postulados de Einstein y las transformaciones de Lorentz me resulta atractivo e interesante.**
- a) Totalmente en desacuerdo
 - b) En desacuerdo
 - c) Neutral
 - d) De acuerdo
 - e) Totalmente de acuerdo

9. Creo que una guía didáctica de relatividad especial aumentaría mi interés por aprender física.

- a) Totalmente en desacuerdo
- b) En desacuerdo
- c) Neutral
- d) De acuerdo
- e) Totalmente de acuerdo

10. Me gustaría contar con una guía adicional para estudiar la relatividad especial de forma independiente.

- a) Totalmente en desacuerdo
- b) En desacuerdo
- c) Neutral
- d) De acuerdo
- e) Totalmente de acuerdo

		Preguntas del cuestionario									
ASPECTOS	CRITERIOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Univocidad de cada ítem	¿Se entiende el ítem?	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
	¿Su redacción es clara?	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Pertinencia	¿Tienen los ítems relación lógica con el objetivo que se pretende estudiar?	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Organización	¿Existe una organización lógica en la presentación del ítem respectivo?	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Importancia	¿Qué peso posee el ítem con relación a la dimensión de referencia?	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
PROMEDIO		5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Observaciones y recomendaciones.	
Pregunta N° 1.	NA
Pregunta N° 2.	NA
Pregunta N° 3.	NA

Pregunta N° 4.	NA
Pregunta N° 5.	NA
Pregunta N° 6.	NA
Pregunta N° 7.	NA
Pregunta N° 8.	NA
Pregunta N° 9.	NA
Pregunta N° 10.	NA

En caso de no existir observaciones, ubicar "NA"

CONCLUSIÓN DEL INSTRUMENTO

Promedio de la validación del instrumento:					
APLICABLE	x	NO APLICABLE		APLICABLE ATENDIENDO A LAS OBSERVACIONES	

Evaluated por:



TANIA PILAR POMA
CHICAIZA

Msc. Tania P. Poma Ch.
CI: 0604002063

8 Cálculo del Alfa de Cronbach en Excel

Encuestados/ Preguntas	Pregunta 1	Pregunta 2	Pregunta 3	Pregunta 4	Pregunta 5	Pregunta 6	Pregunta 7	Pregunta 8	Pregunta 9	Pregunta 10	SUMA
Encuestado 1	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	41
Encuestado 2	5	5	5	5	4	3	3	2	4	4	40
Encuestado 3	3	5	4	3	4	5	5	4	4	4	41
Encuestado 4	5	5	5	5	4	5	3	4	2	3	41
Encuestado 5	3	5	4	3	4	3	3	3	3	4	35
Encuestado 6	3	3	5	2	4	5	4	3	4	5	38
Encuestado 7	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	47
Encuestado 8	1	5	3	5	4	3	3	4	4	4	36
Encuestado 9	4	5	4	5	5	5	5	5	5	5	48
Encuestado 10	3	5	3	3	4	3	4	3	4	4	36
Encuestado 11	2	1	5	4	4	4	5	3	4	5	37
Encuestado 12	3	5	5	3	4	5	5	3	3	4	40
Encuestado 13	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	48
Encuestado 14	4	5	4	4	4	4	4	4	5	4	42
Encuestado 15	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	48
Encuestado 16	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	48
Encuestado 17	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	40
Encuestado 18	5	5	5	5	5	4	5	4	4	5	47
Varianza	1,3611	1,0247	0,4722	0,9167	0,1389	0,6451	0,6173	0,4444	0,608	0,3488	

sumatoria de varianzas	6,5772
varianza del instrumento	20,583

$$\alpha = \frac{K}{K-1} \left[1 - \frac{\sum S_i^2}{S_r^2} \right]$$

k	10
---	----

Rangos	Magnitud
0,81 a 1,00	Muy alta
0,61 a 0,80	Alta
0,41 a 0,60	Moderada
0,21 a 0,40	Baja
0,01 a 0,20	Muy baja

alfa de cronbach	0,7561
------------------	--------