

## Anexos

## Anexo A. Matriz de Referencias Bibliográficas

Autor	Título	Fecha y lugar de publicación	Paginas	Resumen
Rafael Alemany y J Pérez	Enseñanza Por Cambio Conceptual: De La Física Clásica a La Relatividad	<i>Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas</i> V18(3): paginas 463–471.	9	<p>En este artículo se discute la posibilidad de aprender a través del cambio conceptual y la mejor manera de lograr este objetivo.</p> <p>Esta enseñanza debe tener ciertas características específicas y garantizar que el debate en el aula se centre en las ideas explícitas de los estudiantes, cuyas dificultades conceptuales deben ser tomadas en cuenta con considerable cuidado.</p> <p>Para obtener esos resultados, debemos dar una importancia crítica a la explicación y justificación de las ideas, los debates deben ser metacognitivos y los profesores deben compartir la discusión en un papel activo y diversificado. Un ejemplo de esta manera de enseñanza se introduce en este artículo sobre el cambio conceptual requerido para pasar de la física clásico a la física relativista.</p>
Rafael Alemany y J Pérez	Una Nueva Propuesta Didáctica Para La Enseñanza De La Relatividad En El Bachillerato	2001 <i>Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas</i> V19(2): paginas 335–343	9	<p>The great importance that has been given to teaching the theory of Relativity in intermediate levels by the new plans of secondary education, is often discouraged by the erroneous treatment of all these topics in the usual didactic formulations. So, in this work we dare to suggest a new point of view which is more accurately attached to the real and original spirit of the genuine Relativity. Our proposal lies</p>

				on recovering in teaching the ideas of space-time and geometric representations introduced by Minkowski.
Irene Arriasecq y Ileana Maria Greca	Algunas Consideraciones Históricas, Epistemológicas y Didácticas Para El Abordaje de La Teoría de La Relatividad Especial En El Nivel Medio y Polimodal.	2002 <i>Ciência &amp; Educação (Bauru)</i> V8(1): paginas 55–96.	15	En este trabajo se presentan una serie de consideraciones, emergentes de aportes recientes de la Historia de la Ciencia, la Filosofía de la Ciencia y la Didáctica de las Ciencias, relevantes para la introducción de la Teoría Especial de la Relatividad (TER) en la enseñanza secundaria. Se considera que los aspectos destacados deberían estar presentes en los libros de texto utilizados, por lo que los ejes propuestos pueden servir de base para el análisis de las obras didácticas que abordan el tema de la teoría especial de la Relatividad (TER). El trabajo pretende, además, servir de aporte para los docentes, presentando la TER contextualizada desde el punto de vista histórico, epistemológico y didáctico.
Irene Arriasecq y Ileana Maria Greca	Enseñanza de la teoría de la relatividad especial en el ciclo polimodal: dificultades manifestadas por los docentes y textos de uso habitual	2004 Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias V3(2): paginas 221–227	17	En este trabajo se analizan el diseño de una encuesta, su implementación y los resultados obtenidos con docentes que se desempeñan en el nivel medio de enseñanza (polimodal). El objetivo consiste en indagar las dificultades con que se han enfrentado quienes han abordado en el aula el tema de la teoría de la relatividad especial (TER), los conceptos previos que consideran necesarios que el alumno haya aprendido y los textos que habitualmente consultan para preparar sus clases, como así también los que recomiendan a sus alumnos. En el caso de los docentes que nunca han desarrollado el tema en el ciclo polimodal, se pregunta acerca de los aspectos que consideran podrían ser conflictivos desde el punto de vista de la enseñanza y el aprendizaje y respecto de los textos que consultarían tanto para la preparación de sus clases como los que recomendarían a los alumnos.

Irene Arriasecq y Ileana Maria Greca	Introducción De La Teoría De La Relatividad Especial En El Nivel Medio /Polimodal De Enseñanza: Identificación De Teoremas - En - Acto Y Determinación De Objetivos – Obstáculo.	2006 <i>Capa V11(2): paginas189–218.</i>	29	En este artículo se presenta un análisis de ciertas nociones que los alumnos del nivel medio/polimodal de Argentina poseen respecto de conceptos fundamentales de física clásica que son necesarios para una adecuada conceptualización de algunos de los aspectos más relevantes de la Teoría Especial de la Relatividad (TER). Los resultados parecen indicar que los alumnos del grupo estudiado no han conseguido desarrollar esquemas apropiados para abordar situaciones en donde estos conceptos aparecen. A partir de los invariantes considerados no adecuados, se han determinado objetivos-obstáculos que deberían ser superados por los alumnos, en el contexto del aula y con la mediación de una propuesta didáctica específica, para un aprendizaje significativo de la TER
Frida Barriga Arceo	Enseñanza Situada: Vínculo Entre La Escuela Y La Vida	2006 México McGraw-Hill	171	
D Gil F Senent, J Solbes	Análisis Crítico de La Introducción de La Física Moderna En La Enseñanza Media.	1986 <i>Revista de Enseñanza de la Física: paginas16–21</i>	6	
J Guisasola J Solbes J Barragués A Moreno M Morentin	Comprensión De Los Estudiantes De La Teoría Especial De La Relatividad Y Diseño De Una Visita Guiada A Un Museo De La Ciencia.	2007 <i>Revista Eureka Enseñanza Divulgación y Ciencia V4(1): paginas 2-20</i>	19	El problema que nos planteamos en este trabajo surge de tres diferentes preocupaciones: la importancia del ‘aprendizaje no formal’ de la ciencia como parte del currículo escolar, la necesidad de alfabetización científica y la importancia de las implicaciones sociales de la ciencia contemporánea. Se ha aprovechado una exposición en el Kutxaespacio de la Ciencia de San Sebastián sobre el centenario de la Teoría Especial de la Relatividad para diseñar una visita de estudiantes de

				<p>primer curso de Ingeniería y evaluar el aprendizaje logrado. En la primera parte del trabajo se expone el diseño realizado para establecer puentes entre la docencia formal y la visita a la exposición. En la segunda parte se analiza el potencial de la exposición y del diseño realizado para influir en el conocimiento de los estudiantes en tres aspectos de la Teoría Especial de la Relatividad. Los resultados obtenidos muestran que el diseño de visita con actividades previas y posteriores a la misma resulta eficaz para aumentar la comprensión de los estudiantes y estimular su capacidad de argumentar científicamente.</p>
Ricardo López	Sobre La Enseñanza de Los Fundamentos de La Relatividad Sugerencias Para Una Investigación	1985 <i>Aula: Revista de Pedagogía de la Universidad de Salamanca,</i> V1(1): paginas 69–74.	6	
Héctor Pérez y Jordi Solbes	Algunos Problemas En La Enseñanza de La Relatividad	2003 <i>Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas</i> V21(1): paginas 135–46.	12	<p>La relatividad es una parte importante de la física moderna. En este artículo se analiza su enseñanza-aprendizaje en la enseñanza secundaria y se muestran sus principales dificultades. El artículo argumenta razonadamente contra prácticas tradicionales en la enseñanza de la relatividad y finalmente apunta una nueva aproximación a su enseñanza.</p>
Héctor Pérez y Jordi Solbes	Una Propuesta Sobre Enseñanza de La Relatividad En El Bachillerato Como Motivación Para El Aprendizaje de La Física.	2006 <i>Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas</i> V24(2): paginas 269–283.	15	<p>La relatividad es una parte importante de la física moderna. En este artículo se analiza su aprendizaje en la enseñanza secundaria y se argumenta razonadamente contra prácticas tradicionales en la enseñanza de la relatividad. Finalmente se presenta una nueva aproximación a su enseñanza y se concluye que es posible una enseñanza ajustada a las contribuciones de la</p>

				comunidad científica y que suscite en los estudiantes un cambio actitudinal, conceptual y metodológico.
Francisco Tarín	El Principio de La Conservación de La Energía y Sus Implicaciones Didácticas.	2000 Universidad de Valencia	332	
B Toledo I Arriasecg A Santos	Análisis de La Transición de La Física Clásica a La Relativista Desde El ‘Cambio Conceptual	1997 <i>Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas</i> V15(1): paginas 79–90.	10	Las entrevistas sobre relatividad especial se realizan con estudiantes de un curso de Física Moderna. Los resultados del análisis de las entrevistas sugieren que el cambio conceptual no significa una sustitución de las concepciones de la física clásica por las relativistas, sino que existe una coexistencia interactiva de ambas.

## **Anexo B. Actividad diagnostica inicial**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad de Educación**

**Licenciatura en Matemáticas y física**

**Actividad Diagnostica Inicial**

La actividad diagnóstica tiene como objetivo: identificar los conocimientos y actitudes que tienen las estudiantes sobre la física relativista. Cada estudiante debe responder en un tiempo máximo de 50 minutos las preguntas de forma individual. Es importante que trate de responder todas las preguntas. Igualmente, se aclara que está actividad no es evaluable y que los datos aquí recogidos serán usados sólo con fines investigativos. Muchas gracias por su participación.

**Exprésate desde las siguientes cuestiones:**

1. Te gusta la física

Si  No  Un poco

2. Como consideras tu habilidad en física

Buena  Mala  Regular

3. Crees que hablar de agujeros negros, preguntarse sobre: por qué titilan las estrellas, los fenómenos de la luz, astronomía y otros; ¿haría interesante la física, es decir, ¿qué te guste más la clase de física?

4. Tu respuesta es importante

- a. ¿Has escuchado el concepto de relatividad en física?
- b. ¿Qué me cuentas sobre él?
- c. ¿te gustaría saber más sobre este?
- d. ¿Has escuchado hablar del Espacio-Tiempo o que piensas sobre este al escucharlo?

Explica

5. Marca con una equis tu respuesta

a. El término de inercia

No lo conozco

Lo conozco

Lo he escuchado

b. La velocidad de la luz

Es constante

Es variable

Todas las anteriores

c. La gravedad

Es una fuerza



Deformación E-T



Ambas



Muchas gracias

### **Anexo C. Evaluación diagnóstica inicial grupal**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad de Educación**

**Licenciatura en Matemáticas y física**

**Actividad Diagnóstica Inicial Grupal**

La actividad, tiene como objetivo identificar los conocimientos que tienen las estudiantes y puede posibilitar el aprendizaje de la relatividad; para llevarla a cabo deben conformar grupos de 4 estudiantes y darles solución a los problemas planteados, se recomienda utilizar la imaginación en relación con sus aprendizajes.

**Nota curiosa:** Sabías que la distancia entre la tierra y el sol es de 150 millones de Kilómetros aproximadamente y un rayo de luz proveniente de este, tarda aproximadamente 8 minutos y medio en llegar a un punto sobre la tierra.

1. Interpreta físicamente y reúnete con una compañera, traten de congregar sus pensamientos y llegar a acuerdos o escribir las diferencias en la forma de pensar.
  - A. ¿Por qué un azafat@ en un avión no sirve la comida mientras inicia o termina el vuelo y sí cuando este llega a velocidad crucero?
  - B. ¿Por qué cuando el metro está en marcha y tú estás dentro, existe un momento en el que no te debes sostener?
  - C. ¿Porque cuando te encuentras viajando en el metro o bus y pasa otro al lado, no puedes saber en cierto momento cual se está moviendo realmente? ¿te causa curiosidad?
  
2. Analiza las siguientes situaciones y responde:
  - a. Imagina que tienes un gemelo, Tú haces un largo viaje a una estrella en una nave espacial a velocidades cercanas a la velocidad de la luz; el otro gemelo se queda en la Tierra. Cuando este regresa, el gemelo viajero, es decir tú, eres más joven que el gemelo terrestre. ¿por qué? ¿si puede suceder? ¿si ambos tienen un reloj programado antes del viaje con la misma hora y muy exacto, que observarán cuando regreses?
  
  - b. ¿Qué ocurriría si un malvado mago cósmico hiciese desaparecer el Sol en un instante? ¿lo seguiríamos viendo y durante cuánto tiempo? ¿Cómo viaja la luz de este? Dibuja la situación con el sol y la tierra.

Muchas Gracias

## **Anexo D. Protocolo de entrevista semiestructurada**

**Universidad de Antioquia**

**Facultad de Educación**

**Licenciatura en Matemáticas y física**

**Protocolo de entrevista semiestructurada**

El siguiente protocolo de entrevista tiene como propósito: identificar algunos conocimientos y actitudes frente a la física relativista, que tienen las estudiantes de educación media, grado undécimo de la Institución Educativa Centro Formativo de Antioquia,

Participante: \_\_\_\_\_

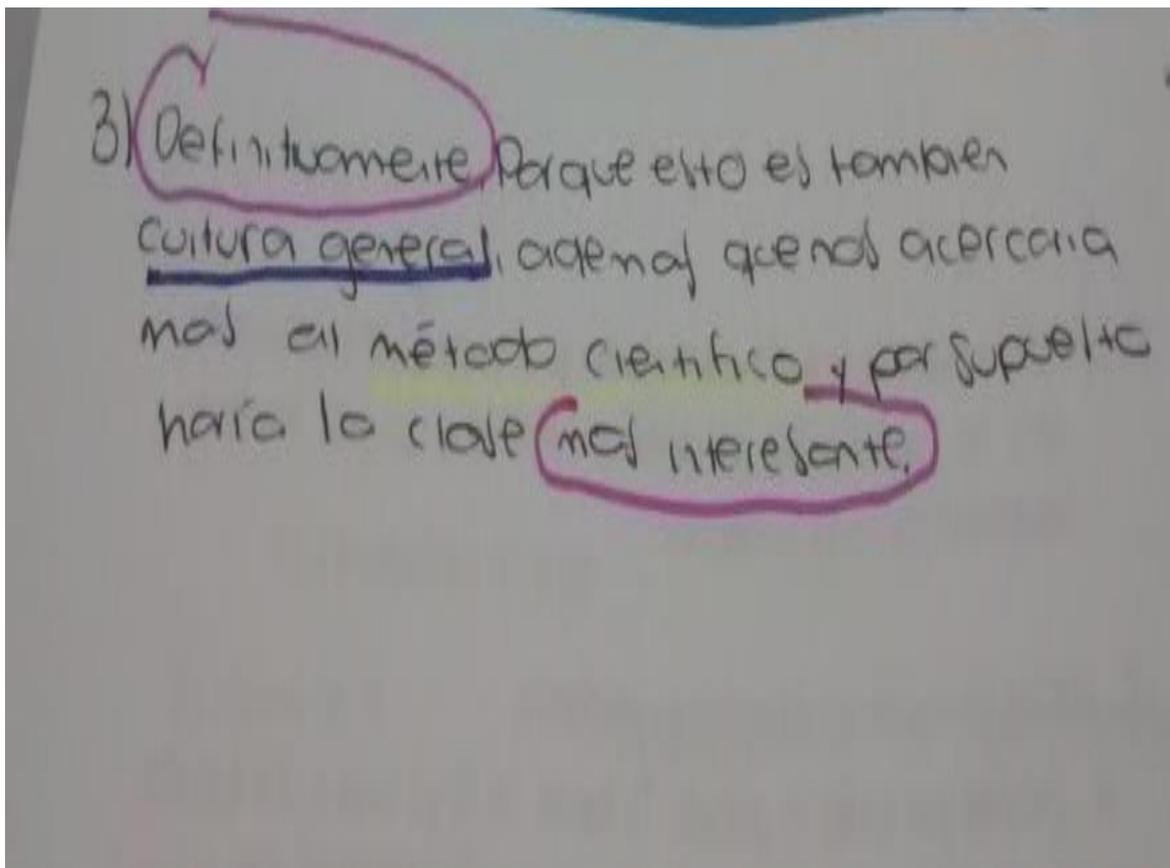
Fecha: \_\_\_\_\_

Duración: \_\_\_\_\_

**Preguntas de foco**

- ¿Qué ramas de la física conoces?
- ¿Cuál te gusta más?
- ¿Consideras importante la experimentación en la física? ¿Por qué?
- ¿Qué has escuchado o sabes sobre: los agujeros negros, la paradoja de los gemelos, Alberto Einstein y la relatividad?
- ¿Sería importante e interesante aprender sobre estos? ¿por qué?
- ¿Qué pasaría si te pudieras montar en un rayo de luz?
- ¿Te gustaría aprender sobre estos temas en la clase de física?
- ¿Te gustaría aprenderlos mediante películas, applets o realidad virtual?

#### Anexo E. Clasificación de la información por colores





### Anexo F. Organización Entrevista

Pregunta	participante 1	participante 2	participante 3	participante 4	participante 5	participante 6	participante 7	participante 8	participante 9	participante 10
¿Qué ramas de la física conoce?	cuántica, astrofísica	Ninguna	Ninguna	ninguna	hidro-física	ninguna	acústica, termodinámica, biofísica, astrofísica	astrofísica, cuántica, termodinámica	astrofísica, cuántica	astrofísica, física-estadística, termodinámica
De las que acaba de escuchar y tal vez no conocía ¿Cuál le llama más la atención?	astrofísica	astrofísica	astrofísica	astrofísica	astrofísica	Física acústica	astrofísica	Astrofísica, biofísica	astrofísica	astrofísica, biofísica
¿Considera importante la experimentación en la física? ¿Por qué?	Porque todos los fenómenos cotidianos están rodeados de pura física y considero que es muy importante saber de ello		Lo considero importante porque es interesante llevar a la práctica lo teórico		Porque de esa manera sabemos si la teoría es verdadera o no		Es importante porque nos acerca al método científico y es cultura general	Lo considero importante porque la experimentación es el eje principal de toda ciencia exacta; como la física, con la experimentación se verifican las teorías; sin experimentación ¿Cómo se podría comprobar?		

<p>¿Qué has escuchado o conoces sobre los agujeros negros, la paradoja de los gemelos, Albert Einstein y la relatividad?</p>	<p>Sobre los agujeros negros que al entrar haya como que se pierde el tiempo</p>	<p>De los agujeros negro he escuchado que llevan mucha luz por dentro, de la paradoja he escuchado que en el espacio el tiempo pasa más lento que aquí en la tierra y la relatividad cada persona ve de distinta forma cada fenómeno</p>	<p>De los agujeros negros he escuchado las teorías de los que son, que pasa dentro de ellos, de que si en realidad si existen pero que nunca los podríamos ver porque en el espacio no existe el color, las imágenes que salieron hace poco son una construcción de lo que sería con los datos recogidos durante mucho años</p>	<p>De los agujeros negros que son como un tipo de ruptura poco conocida, las imágenes que salieron hace poco son una construcción con los datos recogidos durante muchos años entonces es una suposición de lo que serían. Conozco la paradoja de los gemelos y creo que lo importante es la gravedad, ya que en el espacio, los planetas manejan diferentes gravedades. Y de Einstein que fue un revolucionario</p>	<p>De los agujeros negros se ha comprobado que son deformaciones en el espacio-tiempo que tiene la capacidad de absorber la luz esto nos habla de la fuerza de atracción que tiene el agujero. La paradoja de los gemelos la relaciono con la relatividad, puesto que el tiempo transcurre diferente debido a diferentes factores como la gravedad. Einstein fue un científico alemán, creo que sentó las bases para la construcción de la bomba atómica y que se arrepiente de eso, que creo en el</p>	<p>De Albert Einstein que fue un científico muy importante, de los agujeros negro no se saben si existen o no</p>
--	--	--	---	--	---	---

							adelantado a su tiempo, muchas de sus teorías fueron demostradas apenas en la actualidad, el cambio la física. A mí me gusta la física pero es poco comprensible	dios de Espinosa y dio la bases para la física cuántica		
¿Sería importante o interesante aprender sobre estos temas?	Es interesante he importante que todos pudiéramos conocer aunque sea la básico de estos temas, además llaman mucho la atención	Sería importante para solucionar todas estas cuestiones que han generado tanta debate en todos nosotros	Sería muy interesante aplicar estas nuevas términos y conocimiento, ya que hacen la física menos aburrida, menos monótona	Me parecen importante porque son revolución, hace poco concebíamos el mundo de forma muy distinta y gracias a la ciencia exactas hemos cambio de parecer y mejorado la calidad de	Me parece importante porque los conocimientos en matemáticas y física nos ayudan a pensar y comprender que es todo lo que nos rodea , nos permite recorrer el universo	Si, porque tendríamos más campo en el tema y aprenderíamos más sobre las ramas de la física		Me parece de vital importancia conocer estos fenómenos y otros, relacionados con la física, comprender nos ayuda a comprender nuestra realidad , así impulsar en las nuevas generaciones una conciencia en física	Lo considero muy importante porque podríamos comprender fenómenos que pasan diariamente	Me parece muy interesante porque la física esta en nuestra cotidianidad y es importante conocer cómo se dan estos fenómenos

				vida					
¿Qué pasaría se te pudieras montar en un rayo de luz?	Si esto fuera posible y no nos desintegrara y el rayo fuera proviniera del sol, creo que viajaríamos más rápido de lo normal	Aumentaría la temperatura, y la velocidad sería tan alta que seríamos inconsciente de lo que pasaría	Si fuera emitido por e sol; me quemó, me muero. Y al viajar llegaría más rápido de un lugar a otro	Moriríamos, y como somos energía nos volvería más energía y haríamos parte del rayo de luz	Si yo fuera capaz de montar a un rayo de luz tendría súper poderes y podría viajar por todo el universo y me demoraría segundos			De alguna manera nos desintegraríamos y nuestra partículas nuestra energía sería parte del rayo de luz	

<p>¿Te gustaría aprender sobre estos temas en clase de física?</p>	<p>Si las clases serían más entretenidas y llamarían más la atención de las estudiantes</p>	<p>Si porque es un tema que genera mucha curiosidad y entretiene muchísimo</p>	<p>Si porque es un tema que abarca muchas cosas y la clase no sería tan monótona como siempre</p>	<p>Sí, me gustaría que la clase tratara de estos temas, que sea más dinámica</p>	<p>Si porque esto aprendería de temas que nunca hemos visto</p>	<p>Si porque las clases serían mucho más interesantes y a las estudiantes aprenderíamos de física</p>	<p>Si porque es muy triste llegar a una edad adulta y no saber que es un agujero negro, definir la relatividad, al final esto es cultura general, es necesario saber también nos permite formarnos como personas</p>	<p>Considero muy necesario aprender de estos temas y saber cómo implementarlos como se debe, que aprendemos a ir más allá de lo que nos dan, si no sentamos bases se puede desperdiciar talentos científicas, sería una pérdida para la humanidad</p>	<p>Si porque aumentaría el interés en las estudiantes</p>	<p>Si porque aprenderíamos muchas cosas que desconocer, experimentar nuevas cosas</p>
--	---	--	---	--	---	---	--	---	---	---

<p>¿Te gustaría aprenderlos mediante películas, applets o realidad virtual?</p>	<p>Si, las clases serían más dinámicas</p>	<p>Sería interesante en el aula para tener quien me soluciones dudas</p>	<p>Si me gustaría mucho aprenderlo con preguntas de cultura general como lo están haciendo comúnmente en YouTube</p>	<p>Pues claro, para qué sirve la tecnología si no para utilizarla, ósea llevamos mucho tiempo con un mismo sistema educativo que nos prepara para ir a una empresa, tememos que ser personas creativas, propositivas</p>	<p>Si porqué hay muchas herramientas que facilitan el aprendizaje, no nos podemos quedar solo en un salón con un tablero, deberíamos tener más estrategias para aprender</p>	<p>Si me gustaría porque hay muchas películas que explican muchas ramas de la física</p>		<p>Estas estrategias son excelentes, tenemos que seguir el ritmo que la sociedad nos exige, tenemos mucho tiempo con el mismo sistema educativo, y no funciona, muchos viene a la clases para responder a un deber no por pasión. Hay que considerar que no todas las compañeras aprendemos igual</p>	<p>Si para cambiar la monotonía de las clases</p>	
---	--	--	--	--	--	--	--	---	---	--

## **Anexo G. Acta de consentimiento informado**

### **Acta de Consentimiento Informado**

#### **Consentimiento Informado de Participación en Proyecto de Investigación**

Mediante la presente, se le solicita su autorización para participar de estudios enmarcados en el Proyecto de investigación de trabajo de grado presentado a la Universidad de Antioquia y conducido por la profesora Luz Estella Mejía perteneciente al CEFA.

Dicho Proyecto tiene como objetivo principal Analizar cómo la evaluación diagnóstica se convierte en estrategia para la introducción de algunos conceptos de relatividad, en estudiantes del grado once de la Institución Educativa Centro Formativo de Antioquia-CEFA. En función de lo anterior es pertinente su participación en el estudio, por lo que mediante la presente, se le solicita su consentimiento informado. Además, su participación en este estudio no Implica ningún riesgo de daño físico ni psicológico para usted, y se tomarán todas las medidas que sean necesarias para garantizar la **salud e integridad física y psíquica** de quienes participen del estudio. Todos los datos que se recojan, serán estrictamente **anónimos y de carácter privados**. Además, los datos entregados serán absolutamente **confidenciales** y sólo se usarán para los fines científicos de la investigación. El responsable de esto, en calidad de **custodio de los datos**, será el Investigador Responsable del proyecto, quien tomará todas las medidas necesarias para cautelar el adecuado tratamiento de los datos, el resguardo de la información registrada y la correcta custodia. Además, quienes participen en el focus-group, se comprometen a mantener absoluta confidencialidad respecto a los dichos y declaraciones de las demás personas con quienes interactúen en la discusión grupal. La participación en este estudio **no involucra pago o beneficio económico** alguno.

Si presenta dudas sobre este proyecto o sobre su participación en él, puede hacer preguntas en cualquier momento de la ejecución del mismo. Igualmente, puede retirarse de la investigación en cualquier momento, sin que esto represente perjuicio. Es importante que usted considere que su participación en este estudio es **completamente libre y voluntaria**, y que tiene derecho a negarse a participar o a suspender y dejar inconclusa su participación cuando así lo desee, sin tener que dar explicaciones ni sufrir consecuencia alguna por tal decisión.

Fecha \_\_\_\_\_

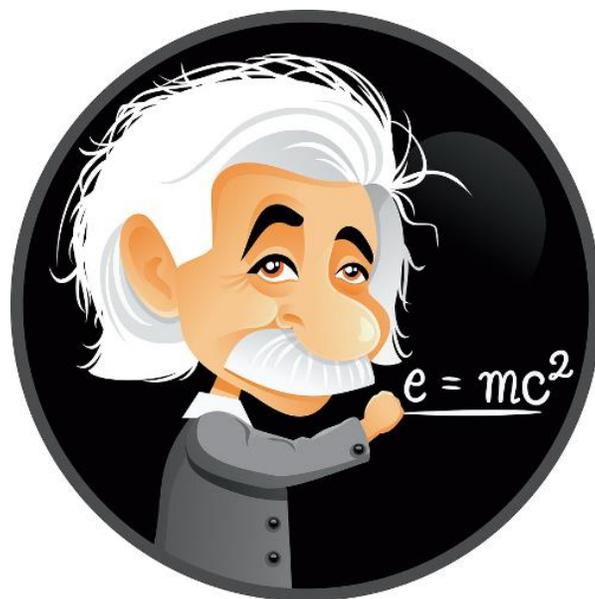
Yo \_\_\_\_\_, alumna  
de \_\_\_\_\_, en base a lo expuesto en el presente documento, acepto  
voluntariamente participar en la investigación  
“ \_\_\_\_\_”, conducida por el  
investigador \_\_\_\_\_ de la Universidad de Antioquia

He sido informada) de los objetivos, alcance y resultados esperados de este estudio y de las características de mi participación. Reconozco que la información que provea en el curso de esta investigación es estrictamente confidencial y anónima. Además, esta no será usada para ningún otro propósito fuera de los de este estudio.

He sido informada de que puedo hacer preguntas sobre el proyecto en cualquier momento y que puedo retirarme del mismo cuando así lo decida, sin tener que dar explicaciones ni sufrir consecuencia alguna por tal decisión.

**Nombre y firma del participante**      **Nombre del Investigador Responsable**

## Anexo H. Unidad didáctica



### UNIDAD DIDÁCTICA PARA LA INTRODUCCIÓN DE LA RELATIVIDAD EN SECUNDARIA

#### LA FÍSICA MODERNA EN LA ESCUELA: INTRODUCCIÓN DE LA RELATIVIDAD

Por Juan Camilo García Gaviria

#### Objetivo general

Construir actividades secuenciadas para la introducción de conceptos de relatividad en el bachillerato en el área de física, con vistas a organizar el currículo y hacer un plan que transversalice las áreas del conocimiento, que no debería dividirse en la escuela.

<b>SECUENCIA N°</b>	01
<b>NOMBRE DE LA ACTIVIDAD</b>	Introducción TRG y TRE
<b>DURACIÓN</b>	70 minutos
<b>EVALUACIÓN INICIAL</b>	
<p>Esta unidad se construyó en base a la evaluación diagnóstica inicial que permitió encontrar tanto los conceptos y algunas sugerencias de la forma o metodología de enseñanza</p>	
<b>OBJETIVO DE LA UNIDAD</b>	<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b>
<p>Introducir sobre la aparición de la relatividad como campo de estudio, para generar reflexiones sobre la historia y el cambio de paradigma con sus implicaciones desde la mecánica clásica</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocer la importancia de la relatividad para las ciencias, tecnología y sociedad</li> <li>• Reflexiona sobre la deconstrucción de conceptos iniciales</li> </ul>
<b>PREGUNTA GÚIA</b>	

- ¿Que llevó a considerar la relatividad y sus propuestas, que además desde la mecánica clásica no se podían explicar?
- ¿Por qué se da la crisis de la mecánica clásica y el origen de la física moderna?

## ÁREAS TRANSVERSALES

- Historia
- Filosofía
- Ciencias

## ACTIVIDADES/TAREAS

- Introducción
- Lectura corta grupal e introductoria sobre reflexiones sobre la construcción de conocimiento y los cambios de paradigma
- Video foro introductor de conceptos y nuevos planteamientos de experimentación

## METODOLOGÍA

- Magistral
- Grupal
- Conversatorio

## RECURSOS / MATERIALES

### DOCUMENTAL

1. [https://www.youtube.com/watch?v=F7XPAPRE\\_Sw](https://www.youtube.com/watch?v=F7XPAPRE_Sw)
2. [https://www.youtube.com/watch?v=3\\_k8ZKdmDx8](https://www.youtube.com/watch?v=3_k8ZKdmDx8)

3. <https://www.youtube.com/watch?v=0I1jeBnd1LM>
4. <https://www.youtube.com/watch?v=qBCm7ceNUMs>

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	FORMAS DE EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconoce la importancia de la relatividad y algunas implicaciones de la aparición de esta en la historia</li> <li>• Reflexiona sobre los fenómenos y experimentos que no se explican desde la mecánica clásica y dan la aparición de la relatividad</li> <li>• Sitúa los actores principales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Producción de un escrito corto en el que se evidencien algunos aprendizajes auto reconocidos por los estudiantes desde la relatividad</li> <li>• Retroalimentación para mejora</li> <li>• Participación en las actividades</li> <li>• Autoevaluación</li> <li>• Coevaluación</li> </ul>

**Anexo: Un cambio de paradigma (o ciencia revolucionaria). Debemos preguntarnos en la actualidad ¿Cómo se construye y valida el conocimiento?**

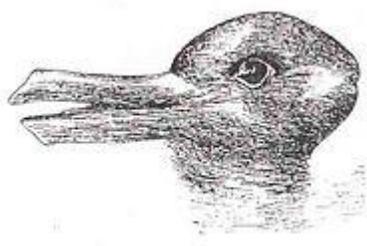
Según Thomas Kuhn en su influyente libro *La estructura de las revoluciones científicas* (1962), un cambio en los supuestos básicos, o paradigmas, dentro de la teoría dominante de la ciencia. Contrasta con su idea de ciencia normal. Según Kuhn, «Un paradigma es lo que los miembros de una comunidad científica, y solo ellos, comparten». A diferencia de un científico normal, Kuhn sostenía que «un estudiante de humanidades tiene ante sí una serie de soluciones competitivas e inconmensurables a estos problemas, soluciones que en última instancia debe

examinar por sí mismo.» (La estructura de las revoluciones científicas). Una vez que un cambio de paradigma se ha completado, un científico no puede, por ejemplo, rechazar la teoría de la física moderna y la óptica postulando que el éter transporta la luz. Por el contrario, un crítico en Humanidades puede adoptar una serie de posturas (por ejemplo, crítica marxista, crítica freudiana, deconstrucción, crítica literaria al estilo del siglo XIX), que pueden estar más o menos de moda durante un período determinado, pero que son todos considerados legítimos.

Desde la década de 1960, el término también se ha utilizado en numerosos contextos no científicos para describir un cambio profundo en un modelo fundamental o la percepción de acontecimientos, a pesar de que el propio Kuhn restringió el uso de la palabra a las ciencias duras.

#### Cambios de paradigma de Kuhn

Kuhn usó la ilusión óptica del pato-conejo para demostrar la forma en que un cambio de paradigma podía provocar que la misma información se viese de forma totalmente diferente.



#### **Preguntas para pensar:**

¿Qué ves pato o conejo?

¿Qué observador tiene la razón?;

la observación es una base en el sentido del método científico tradicional, con esta imagen ¿Cómo reflexionas frente la verdad desde esta visión?

El epistemólogo e historiador de la ciencia Thomas Kuhn llamó a un cambio de paradigma epistemológico una revolución científica en su libro *La estructura de las revoluciones científicas*.

Una revolución científica se produce cuando, de acuerdo a Kuhn, los científicos encuentran anomalías que no pueden ser explicadas por el paradigma universalmente aceptado dentro del cual ha progresado la ciencia hasta ese momento. El paradigma no es simplemente la teoría vigente, sino toda la cosmovisión dentro de la que existe, y todas las implicaciones que conlleva. Hay anomalías en todos los paradigmas, mantiene Kuhn, que se descartan como niveles de error aceptables, o simplemente se ignoran y no se les tiene en cuenta (un argumento principal que Kuhn usa para rechazar el modelo de Karl Popper de la falsabilidad como la fuerza clave que interviene en el cambio científico). Más bien las anomalías tienen varios niveles de significado para los practicantes de la ciencia en ese momento. Para ponerlo en el contexto de la física de principios del siglo XX, algunos científicos encontraron los problemas del cálculo del perihelio de Mercurio más preocupantes que los resultados del experimento de Michelson-Morley, y otros al revés. El modelo de Kuhn del cambio científico es diferente aquí, y en muchos lugares, del de los positivistas lógicos, ya que pone un mayor énfasis en los humanos individuales involucrados como científicos, en lugar de abstraer la ciencia a una empresa puramente lógica o filosófica.

Cuando suficientes anomalías significativas se han acumulado en contra de un paradigma vigente, la disciplina científica cae en un estado de crisis. Durante esta crisis se intentan nuevas ideas, tal vez las mismas que antes se descartaron. Finalmente, se forma un nuevo paradigma, que gana sus propios seguidores, y ocurre una batalla intelectual entre los seguidores del nuevo paradigma y los que resisten con el viejo paradigma. Una vez más, a principios de la física del siglo XX, la transición entre la visión electromagnética del mundo de Maxwell y la visión

relativista del mundo de Einstein no fue ni instantánea ni tranquila, en vez de eso hubo una serie prolongada de ataques, tanto con datos empíricos como con argumentos retóricos o filosóficos, por ambos lados, siendo la teoría científica de Einstein ganadora a largo plazo. La valoración de las pruebas y la importancia de los nuevos datos se ajustan a través del tamiz humano: algunos científicos encontraron la simplicidad de las ecuaciones de Einstein más convincente, mientras otros las encontraron más complicada que el concepto de éter de Maxwell, que éstas descartaban. Algunos encontraron las fotografías de Eddington con la luz curvada por el campo gravitatorio solar convincente, otros cuestionaron su precisión y significado. A veces la fuerza convincente es el propio tiempo y el costo humano que conlleva, decía Kuhn citando a Max Planck: «Una nueva verdad científica no triunfa convenciendo a sus oponentes y haciéndoles ver la luz azul, sino más bien porque sus oponentes eventualmente mueren y crece una nueva generación que está familiarizada con ella».

Cuando una determinada disciplina ha pasado de un paradigma a otro, esto se denomina, en terminología de Kuhn, una revolución científica o un cambio de paradigma. A menudo es la conclusión final, resultado de este largo proceso, lo que se entiende por cambio de paradigma cuando se usa el término coloquialmente; simplemente el cambio (a menudo radical) de la visión del mundo, sin hacer referencia a las especificidades del argumento histórico de Kuhn. (Tomado [https://es.wikipedia.org/wiki/Cambio\\_de\\_paradigma](https://es.wikipedia.org/wiki/Cambio_de_paradigma))

<b>SECUENCIA N°</b>	02
<b>NOMBRE DE LA ACTIVIDAD</b>	Apropiándose de la relatividad
<b>TIEMPO</b>	30 minutos

## EVALUACIÓN INICIAL

Espacio reflexivo de 5 minutos para retroalimentar la clase anterior

OBJETIVO DE LA UNIDAD	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE
<p>Analizar las posiciones de las estudiantes frente a los conceptos y propuestas mostradas desde la relatividad</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apropriarse del re conceptualización presentada por el cambio de paradigma</li> <li>• Relacionar la física como construcción social</li> </ul>
PREGUNTA GÚIA	

¿Para qué sirve y de qué manera, acercarse a conocimientos básicos de relatividad?

## ACTIVIDADES/TAREAS

- Conversatorio del escrito corto realizado por parte de las estudiantes
- Debate sobre posturas diferentes y solución de dudas o planteamiento de nuevas preguntas

## METODOLOGÍA

- Exposición individual
- Debate de argumentos
- Planteamiento de preguntas

## RECURSOS / MATERIALES

Mesa redonda

Escritos de las estudiantes

Protocolo de preguntas recogidas en el debate por parte del maestro

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	FORMAS DE EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"><li>• Defiende su posición argumentando y generando validez desde la física</li><li>• Relaciona experimentos y conceptos en las discusiones</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Conversatorio</li><li>• Apropiación de los argumentos</li><li>• Coevaluación</li><li>• Heteroevaluación</li></ul>

<b>SECUENCIA N°</b>	03
<b>NOMBRE DE LA ACTIVIDAD</b>	Introduciendo conceptos de relatividad
<b>TIEMPO</b>	60 min
<b>EVALUACIÓN INICIAL</b>	

Coevaluación y repaso de lo visto hasta el momento a partir de un diálogo de 10 minutos en base a la pregunta ¿es importante la relatividad hoy en la escuela?

OBJETIVO DE LA UNIDAD	OBJETIVOS DE APRENDIZAJE
Llevar a diferenciar y relacionar los conceptos base para la relatividad, además de familiarizarse con estos y su construcción.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Acercarse al concepto de espacio-tiempo</li> <li>• Reconoce el valor de los experimentos y la teoría</li> <li>• Relaciona los tópicos que se presentan en el espacio de discusión</li> </ul>
PREGUNTA GUÍA	<p>¿Qué reflexiones surgen desde el experimento crucial?</p> <p>¿Cuál es en este caso y por qué?</p>

### ÁREAS TRANSVERSALES

- Arte
- Historia
- Astronomía

### ACTIVIDADES/TAREAS

- Visualización de documental Einstein y Eddington (2008) por parte de tarea en los alumnos
- Encontrar conceptos y posibles significados o cualidades en la película y si se requiere ampliar la búsqueda de estos en otros medios.

- Preparar un escrito corto que sirva como sustento y argumento en el debate

## METODOLOGÍA

- Introducción
- Presentación Documental
- Foro de discusión concluyente

## RECURSOS / MATERIALES

[https://www.youtube.com/watch?v=kt\\_3He\\_dK\\_U](https://www.youtube.com/watch?v=kt_3He_dK_U)

<https://www.youtube.com/watch?v=kpKtL75QbV8>

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	FORMAS DE EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Argumenta desde lo visto y toma posiciones propias en relación con lo aprendido hasta el momento</li> <li>• Reconoce la importancia de los experimentos tanto mentales como las experiencia en físico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Foro argumentativo</li> <li>• Escrito corto</li> <li>• Participación argumentada</li> <li>• Coevaluación</li> </ul>

<b>SECUENCIA N°</b>	04
<b>NOMBRE DE LA ACTIVIDAD</b>	La experimentación mental y la teoría de la

	relatividad
<b>DURACIÓN</b>	60 min
<b>EVALUACIÓN INICIAL</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Indagar por la posición que tienen las estudiantes sobre la imaginación y sus aportes a la construcción de las ciencias</li> </ul>	
<b>OBJETIVO DE LA UNIDAD</b>	<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b>
Introducir desde la experimentación mental algunos problemas y conceptos base de la relatividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Valora la importancia de los experimentos mentales en física</li> <li>Reconoce algunos experimentos esenciales para la construcción de la TR</li> <li>Plantea algunos experimentos o sus soluciones</li> </ul>
<b>PREGUNTA GÚIA</b>	

¿Por qué se ha encontrado en la experimentación mental una herramienta para generar conocimiento? ¿Cómo y de qué manera la observación y formas de imaginar afectan el resultado de un experimento mental?

<b>ÁREAS TRANSVERSALES</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Informática</li> </ul>
<b>ACTIVIDADES/TAREAS</b>
Analizar los experimentos mentales propuestos por Albert Einstein y dar una interpretación: Te

<p>persigue un rayo de luz o te montas; un rayo de luz en un tren en movimiento; gemelo en una nave espacial: dentro del ascensor</p> <p>Construir un paralelo de similitudes y diferencias entre el análisis de tu experimento mental y la explicación desde la relatividad</p>
<b>METODOLOGÍA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lectura individual y discusión sobre la interpretación de los experimentos</li> <li>• Trabajo individual con retroalimentación grupal al final</li> </ul>
<b>RECURSOS / MATERIALES</b>
Experimentos mentales (Anexo)

<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>	<b>FORMAS DE EVALUACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hace reflexiones argumentadas de forma coherente con la relatividad</li> <li>• Valora sus ideas en relación con lo expuesto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuadro en forma de paralelo</li> <li>• Argumentación oral sobre la interpretación de los experimentos mentales a la luz de Einstein</li> <li>• Coevaluación</li> </ul>

### Anexo: Te persigue un rayo de luz

Imaginemos que Sofía está sobre una plataforma con ruedas moviéndose a una velocidad uniforme de 5 m/s hacia Esteban, que permanece estático en el suelo. Mientras Sofía se mueve, arroja una pelota de tenis a Esteban a una velocidad para Sofía de 7 m/s. Esteban la atrapa, pero justo antes de hacerlo, rápidamente mide su velocidad. ¿Qué velocidad obtiene? La respuesta, es  $5 + 7 = 12$  m/s, ya que las dos velocidades se suman.

Hagamos otro experimento. Sofía está en la plataforma alejándose a 5 m/s de Esteban. Nuevamente lanza la pelota a 7 m/s para ella a Esteban, quien nuevamente mide su velocidad antes de atraparla. ¿Qué velocidad mide ahora? Esta vez es  $-5 + 7 = 2$  m/s, donde hemos adoptado la convención de que las cosas que se mueven hacia Esteban tienen velocidad de signo positivo y las que se alejan de signo negativo. Las velocidades se suman de nuevo

Ahora intentemos estos mismos experimentos usando rayos de luz en lugar de pelotas de tenis. Cuando Sofía se mueve hacia Esteban, le apunta con el haz de un lápiz láser. Esteban tiene un detector de luz que también mide la velocidad de la luz. ¿Qué velocidad de la luz mide?

### Un rayo de luz en un tren en movimiento

Supone Einstein la producción de un destello luminoso exactamente en la mitad de un vagón de longitud  $AB$  en un tren que avanza con velocidad de medida  $u$  con respecto a un observador inercial  $O$  en reposo con respecto a Tierra, y supone otro observador inercial  $O'$  en reposo con respecto a tren (parado en el vagón), como se muestra en la figura.

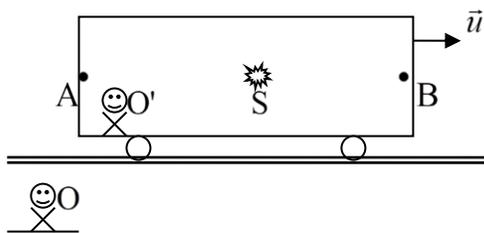


Figura: Relativización de los modos del tiempo

El evento 1 es la llegada del rayo al extremo A del vagón, y el evento 2 es la llegada del rayo al extremo B. Para el observador  $O$  los eventos son sucesivos: primero ocurre 1 y luego ocurre 2, mientras que para  $O'$  los eventos son simultáneos; para ambos observadores ambos eventos son distantes. Los modos del tiempo para eventos distantes son relativos.

¿Puede suceder que dos observadores simultáneamente vean cosas diferentes?

### Paradoja de los gemelos

Imagina que tienes un gemelo, Tú haces un largo viaje a una estrella en una nave espacial a velocidades cercanas a la velocidad de la luz; el otro gemelo se queda en la Tierra. Cuando este regresa, el gemelo viajero, es decir tú, eres más joven que el gemelo terrestre. ¿por qué? ¿si puede suceder? ¿si ambos tienen un reloj programado antes del viaje con la misma hora y muy exacto, que observarán cuando regrese?

### El ascensor de Einstein

Einstein argumentaba que dentro de un ascensor sin ventanas una persona no podría distinguir si el ascensor estaba en reposo en un campo gravitatorio o si, por el contrario, estaba

siendo izado con aceleración constante en un espacio libre de gravedad. Conjeturó entonces que las leyes de la física tenían que ser idénticas en ambas situaciones.

<b>SECUENCIA N°</b>	05
<b>NOMBRE DE LA ACTIVIDAD</b>	Experimentos mentales y sus modelos
<b>DURACIÓN</b>	60 min
<b>EVALUACIÓN INICIAL</b>	
¿Cómo se comprende un experimento mental?	
¿Son posibles otras formas de experimentación?	
<b>OBJETIVO DE LA UNIDAD</b>	<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b>
Acercar a las estudiantes a los modelos propuestos desde los experimentos mentales de manera digital para su comprensión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocer los modelos que se presentan sobre los experimentos mentales</li> <li>• Interpretar los modelos y describir las situaciones en relación con la física relativista</li> </ul>
<b>PREGUNTA GÚIA</b>	

¿Qué conceptos básicos de relatividad se trabajan y cuál es su representación en los experimentos mentales y modelos de computadora?

#### ÁREAS TRANSVERSALES

- TIC

- Informática

### ACTIVIDADES/TAREAS

- Relacionar los modelos presentados con las descripciones antes realizadas además escribir un ensayo corto sobre lo encontrado desde estas relaciones

### METODOLOGÍA

Clase sala de Informática dirigida utilizando una herramienta de visualización para datos y modelos llamada Lucify, Juho Ojala ha preparado un larguísimo artículo titulado Inside Einstein's head que incluye diversas gráficas interactivas acerca de los experimentos mentales de Albert Einstein y el espacio-tiempo relativista. En una versión moderna

### RECURSOS / MATERIALES

<https://www.lucify.com/inside-einsteins-head/>

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	FORMAS DE EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hace comparaciones y diferencias entre los modelos virtual y mental</li> <li>• Reconoce conceptos básicos de planos inerciales, contracción de longitudes y tiempo además de simultaneidad</li> </ul>	<p>Ensayo corto</p> <p>Respuestas a las preguntas presentadas en la página web</p>

<b>SECUENCIA N°</b>	06
<b>NOMBRE DE LA ACTIVIDAD</b>	El experimento de Michelson y Morley.
<b>TIEMPO</b>	30 min

### EVALUACIÓN INICIAL

- Valorar las concepciones en 8 minutos de las estudiantes sobre experimentos cruciales y hacer aclaraciones retroalimentadas.

<b>OBJETIVO DE LA UNIDAD</b>	<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b>
Reconocer la importancia y causar reflexión de los experimentos y su relación con la teoría, en este caso sobre la constancia de la velocidad de la luz.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocer las implicaciones de la ilustración del experimento</li> <li>• Reflexionar sobre la constancia de la velocidad de la luz y algunas implicaciones</li> </ul>

### PREGUNTA GUÍA

¿Por qué la luz y ondas electromagnéticas no necesitan de un medio como las ondas mecánicas y cuál es su relación con el experimento?

### ÁREAS TRANSVERSALES

- Informática
- TICs

## **ACTIVIDADES/TAREAS**

Clase dirigida desde un laboratorio virtual que simula la configuración utilizada en el experimento de Michelson-Morley, incluido el viento etéreo inexistente que intentaban detectar, La idea básica es detectar la diferencia de tiempo entre la luz que va "río arriba y luego río abajo" y la luz que va "a través de la orilla y de regreso".

Al girar el aparato virtual, se intercambian estas dos rutas: establezca la dirección del aparato haciendo clic en el círculo central del control, ajuste fino con +, -.

## **METODOLOGÍA**

ilustrar la idea detrás del experimento en la sala de informática

## **RECURSOS / MATERIALES**

Simulador :[http://galileoandstein.physics.virginia.edu/more\\_stuff/flashlets/mmexpt6.htm](http://galileoandstein.physics.virginia.edu/more_stuff/flashlets/mmexpt6.htm)

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	FORMAS DE EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpreta el experimento y su implicación de la constancia de la velocidad de la luz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación oral individual, con apuntes.</li> <li>• Autoevaluación</li> </ul>

### **Anexo: Introducción**

Einstein postuló que las ecuaciones de Maxwell del electromagnetismo son rigurosamente válidas en cualquier sistema de referencia. Esta condición de invariancia se cumple a condición de que el tiempo medido en un sistema no coincida con el medido en otro sistema. Este hecho no había sido tomado en cuenta por los antecesores de Einstein y, por esta razón, las ecuaciones de Maxwell parecían violar el principio de relatividad.

Habiendo postulado que no puede haber ningún sistema de referencia privilegiado, Einstein concluyó que el éter simplemente no existe. Pero, entonces ¿con respecto a qué debe medirse la velocidad de la luz? La respuesta de Einstein fue drástica: la velocidad de la luz es la misma en cualquier sistema de referencia. Después de todo, eso es lo que indica el experimento de Michelson y Morley.

Este concepto de la invariancia de la velocidad de la luz contradice nuestro "sentido común". Si la velocidad de la luz es de 300 000 km/s, esperaríamos que al perseguir una señal luminosa veamos que se mueve con una velocidad menor. (Si, por ejemplo, corremos a 80 km/hora detrás de un tren que se mueve a 100 km/hora, vemos que el tren se mueve con respecto a nosotros a 20 km/hora.) Sin embargo, debido a la no invariancia del tiempo, las velocidades no

se adicionan o sustraen en el caso de señales luminosas (o, en general, de partículas que se mueven casi tan rápidamente como la luz).

<b>SECUENCIA N°</b>	07
<b>NOMBRE DE LA ACTIVIDAD</b>	Sobre los Postulados de la teoría de la relatividad
<b>TIEMPO</b>	60 min

### EVALUACIÓN INICIAL

Reflexión inicial:

¿Cómo se relaciona la velocidad de la luz con la construcción de los postulados?

<b>OBJETIVO DE LA UNIDAD</b>	<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b>
Llevar a identificar y reconocer los postulados base de la relatividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Apropriarse de los postulados presentados</li> <li>• Relacionar los postulados con los tópicos anteriores.</li> </ul>
<b>PREGUNTA GÚIA</b>	<b>¿Qué implicaciones tienen los postulados propuestos en la relatividad y su interpretación?</b>

### ÁREAS TRANSVERSALES

- Lenguaje

## ACTIVIDADES/TAREAS

- Videos introductorios
- Lectura por grupos de los postulados
- Construcción de cuadro paralelo

## METODOLOGÍA

Introducción a los postulados

Discusión y apropiación de estos

Diferenciación en teorías

## RECURSOS / MATERIALES

<https://www.youtube.com/watch?v=fKe2bGTmnhU>

<https://www.youtube.com/watch?v=RTlixJv7gWo>

Anexo

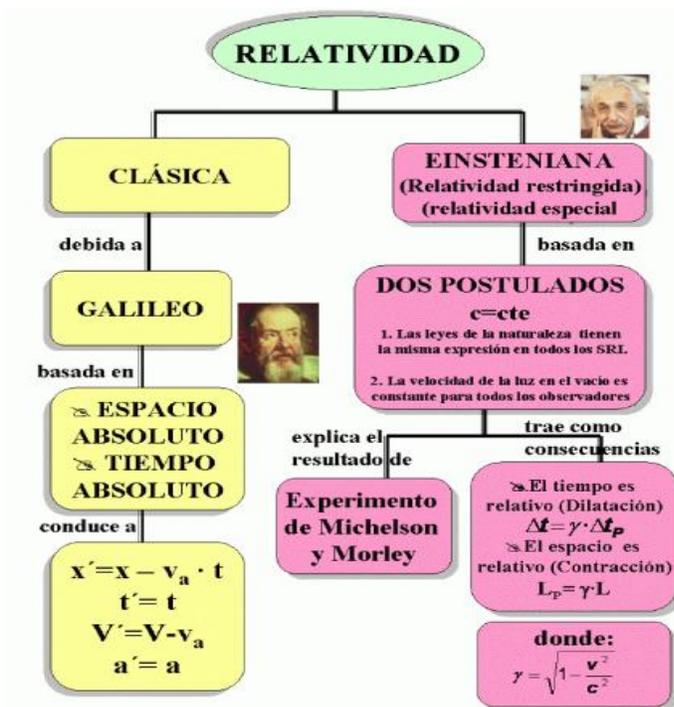
### CRITERIOS DE EVALUACIÓN

- Reconoce las implicaciones de los postulados y su contribución con la relatividad

### FORMAS DE EVALUACIÓN

Cuadro paralelo entre los postulados en mecánica clásica y en relatividad, describiendo lo que implica pararse en la una o la otra.

## Anexo



## Postulados

P1. La velocidad de la luz es constante e independiente de la velocidad relativa entre observadores y entre observadores y fuentes luminosas. Observadores considerados en reposo o en movimiento le miden a la luz la misma velocidad.

P2: Las leyes de la física (no

solamente de la mecánica, sino también las del electromagnetismo) son las mismas para todos los observadores inerciales. Es decir, las ecuaciones que describen las leyes de la física deben tener la misma forma para todos los observadores inerciales (Principio de relatividad).

Estos dos postulados están propuestos sobre la base de un tercer postulado:

P3: La homogeneidad (e isotropía) del espacio y del tiempo. Cualquier sistema aislado funciona igual si se le traslada en el espacio o en el tiempo. Esto significa que todo sistema aislado funciona igual en cualquier punto o región del espacio (todos los puntos del espacio son equivalentes) y que la historia temporal de los eventos dentro del sistema (aislado) es la misma sin que importe la ubicación espacial de dicho sistema. Solo las interacciones de los objetos dentro del sistema (aislado como un todo) dan cuenta de lugares y de instantes distintos, esto es, hacen inhomogéneo el espacio y el tiempo dentro del sistema. Así, por ejemplo, no es lo mismo caer libremente hacia la superficie de la Tierra que hacia la superficie de la luna, dentro del

sistema solar aislado, pero si dicho sistema estuviera igual de aislado en cualquier otro lugar del universo, la diferencia sería exactamente la misma.

<b>SECUENCIA N°</b>	08
<b>NOMBRE DE LA ACTIVIDAD</b>	¿Y cómo que $E=Mc^2$ ?
<b>TIEMPO</b>	65 min
<b>EVALUACIÓN INICIAL</b>	
Reflexionar sobre la pregunta ¿Cómo los postulados se transforman en ecuaciones?	
<b>OBJETIVO DE LA UNIDAD</b>	<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b>
Reflexionar sobre la construcción de la ecuación más importante de la relatividad $E= Mc^2$ y las implicaciones para la física actual.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocer como se construye la ecuación de la energía en relatividad</li> <li>• Relacionar los postulados con la deducción <math>E= Mc^2</math></li> </ul>

<b>PREGUNTA GÚIA</b>	<p>¿Cómo se llega a <math>E= Mc^2</math> tanto en la historia como matemáticamente?</p> <p>¿Qué?</p>
----------------------	--

### ÁREAS TRANSVERSALES

- Matemáticas
- Historia

### **ACTIVIDADES/TAREAS**

- Exposición magistral de los postulados
- Presentación de video deducción dinámica de  $E= Mc^2$

### **METODOLOGÍA**

- Clase magistral
- Resolución y análisis de dudas en video foro
- Construcción de un mapa mental que relacione los postulados y la ecuación apoyado de explicaciones o un escrito corto realizado por las estudiantes
- Exposición de ideas del mapa mental

### **RECURSOS / MATERIALES**

Texto Como se llega y que significa  $E=mc^2$ . Anexo

Video interactivo

<https://www.youtube.com/watch?v=zf13UX6-mpM>

<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>	<b>FORMAS DE EVALUACIÓN</b>
Reconoce y relaciona los postulados de la	Producción de un escrito

**Anexo: Como se llega a  $E=mc^2$** 

Los efectos predichos por la teoría de la relatividad son imperceptibles en nuestra vida cotidiana y sólo se manifiestan cuando se involucran velocidades comparables a la de la luz. Consideremos, como ejemplo, una nave espacial que se mueve con una velocidad muy alta: despegar de la Tierra y regresar después de recorrer cierta distancia. Según la relatividad, el tiempo transcurre normalmente tanto para los que se quedaron en la Tierra como para los pasajeros de la nave, pero esos dos tiempos no son iguales. Al regresar a la Tierra, los tripulantes de la nave constatarán que el viaje duró para ellos un tiempo menor que para los que se quedaron. Más precisamente, el tiempo medido en la nave es más pequeño que el medido en la Tierra por un factor de acortamiento

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

En donde  $v$  es la velocidad de la nave y  $c$  la velocidad de la luz

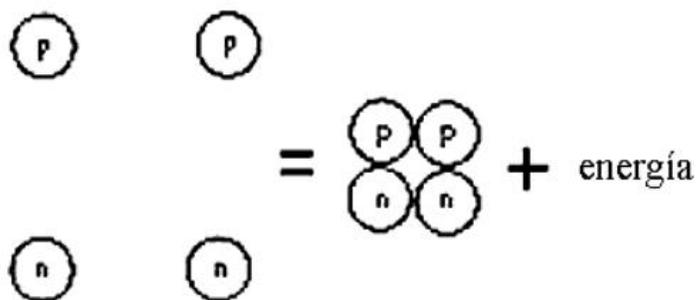
Para velocidades  $v$  del orden de algunos metros o kilómetros por segundo, como las que ocurren comúnmente en nuestras experiencias diarias, el factor de acortamiento es tan cercano al valor 1 que es imposible detectar el efecto relativista del cambio de tiempo. Si la nave espacial viaja a unos 10 000 km/hora, la diferencia entre los tiempos medidos será apenas unas diez

millonésimas de segundo por cada hora transcurrida (lo cual, incidentalmente, se ha podido confirmar con la tecnología moderna). Pero, en el otro extremo, si la nave viaja a una velocidad muy cercana a la de la luz, su tiempo puede ser muy corto con respecto al transcurrido en la Tierra: por ejemplo, a la velocidad de 295 000 km/s, una nave espacial tardaría unos 20 años medidos en la Tierra para ir a la estrella Sirio y regresar; sin embargo, para los tripulantes de la nave habrán pasado, sólo 3 años y medio.

La contracción del tiempo no es el único efecto sorprendente que predice la teoría de la relatividad. Einstein también demostró que existe una equivalencia entre la energía y la masa, dada por la famosa fórmula:

$$E = mc^2$$

En donde E es la energía equivalente a una masa m de materia. Por ejemplo, el núcleo de un átomo de helio está constituido por dos protones y dos neutrones, pero la masa del núcleo de helio es un poco menor, cerca del 4%, que la masa sumada de dos protones y dos neutrones separados (Figura); en consecuencia, al unirse estas cuatro partículas pierden una fracción de masa que se transforma en energía; éste es el principio de la fusión nuclear, que permite brillar al



Sol y a todas las estrellas (y construir bombas atómicas).

*Figura:* Un núcleo de helio pesa menos que sus componentes por separado: dos protones y dos neutrones. Al formarse un núcleo de helio, la diferencia de masa se libera en forma de energía (fusión nuclear).

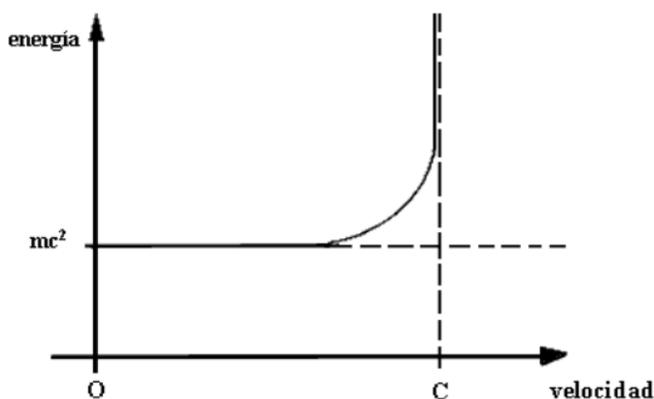
De la fórmula  $E = mc^2$  no se deduce que cualquier masa se puede transformar en energía o viceversa; este proceso se da sólo en condiciones muy particulares. Hemos mencionado la fusión nuclear, pero la manera más eficiente de transformar masa en energía es por la aniquilación de la materia con la antimateria.

Al entrar en contacto una partícula con su correspondiente antipartícula, las dos se aniquilan totalmente quedando sólo energía en forma de rayos gamma: la eficiencia de este proceso de transformación de materia en energía es del 100%. La gravitación puede ser un mecanismo de liberación de energía más eficiente que la fusión nuclear y sólo superado por la aniquilación de materia y antimateria. Para aumentar la velocidad de un cuerpo, hay que proporcionarle energía, lo cual se manifiesta como un aumento de la masa del cuerpo. La teoría de la relatividad predice que la energía necesaria para que un cuerpo de masa  $m$  alcance la velocidad  $v$  es:

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

En el límite  $v = 0$ , se recupera la fórmula  $E = mc^2$  para la energía ya existente en forma de masa. En el otro extremo, la energía  $E$  aumenta con la velocidad Figura siguiente y se necesita

una energía infinita para que el cuerpo alcance la velocidad de la luz. Es por ello que, según la teoría de la relatividad, ningún cuerpo puede alcanzar o superar la velocidad de la luz. La excepción es la luz misma: según la física moderna la luz está constituida por unas partículas llamadas fotones.



<b>SECUENCIA N°</b>	09
<b>NOMBRE DE LA ACTIVIDAD</b>	Recordando sobre sistemas o marcos referenciales y eventos en el e-t
<b>TIEMPO</b>	50 minutos
<b>EVALUACIÓN INICIAL</b>	
Reflexionar sobre la situación (Anexo1)	
<b>OBJETIVO DE LA UNIDAD</b>	<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b>
Relacionar las actividades con lo teorizado anteriormente en tópicos sobre los sistemas inerciales, dilatación o contracción de longitudes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflexionar sobre la simultaneidad desde relojes y los sistemas referenciales</li> <li>• Identificar las cualidades de los eventos en</li> </ul>

para introducir la necesidad de los cambios de geometrías	el e-t de Minkowsky
<b>PREGUNTA GÚIA</b>	<b>¿Cómo se representa y qué sentido tiene un evento en una gráfica de E-T?</b>
<b>ÁREAS TRANSVERSALES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Matemáticas</li> <li>• Informática</li> <li>• TICS</li> </ul>	

<b>ACTIVIDADES/TAREAS</b>
<p>Análisis y discusión del experimento virtual, realizado en un laboratorio virtual denominado Reloj de luz y la dilatación del tiempo donde se muestran dos marcos inerciales que se mueven uno al otro, cada uno equipado con un conjunto de relojes. Un cuadro es "estacionario" (con respecto a usted, el espectador de esta película), y el otro se mueve hacia la derecha a una gran fracción de la velocidad de la luz</p>
<b>METODOLOGÍA</b>
Clase experimental con TICS o laboratorio virtual

## RECURSOS / MATERIALES

- [http://galileoandstein.physics.virginia.edu/more\\_stuff/Applets/Lightclock/home.html](http://galileoandstein.physics.virginia.edu/more_stuff/Applets/Lightclock/home.html) Reloj de luz dilatación o contracción de longitudes
- [https://physics.nyu.edu/~ts2/Animation/Moving\\_clocks.html](https://physics.nyu.edu/~ts2/Animation/Moving_clocks.html) Planos inerciales Movimiento de relojes
- [https://physics.nyu.edu/~ts2/Animation/Rotation\\_with\\_grid.html](https://physics.nyu.edu/~ts2/Animation/Rotation_with_grid.html) Rotación de coordenadas y planos inerciales

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	FORMAS DE EVALUACIÓN
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Recuerda y analiza las situaciones presentadas con lo visto en tópicos anteriores</li> <li>• Reflexiona sobre el estudio de nuevas geometrías y su necesidad</li> </ul>	<p>Resumen en grupos del análisis del experimento para retroalimentar todo el grupo</p> <p>Construcción del cono de luz e interpretación en relación con gráficas de E-T en un Quiz</p>

**Anexo:** Nuestros observadores ficticios en el espacio, Ana y Alberto son nuestros principales actores en el experimento mental de hoy, la situación es la siguiente: en el espacio hay una bombilla, una pantalla, Ana y Alberto. Alberto se mueve hacia el resto de los objetos, que están todos en reposo unos respecto a otros. De modo que Ana ve la bombilla y la pantalla en reposo, mientras que Alberto ve la bombilla y la pantalla (y a Ana) moviéndose hacia él. Ahora bien, supongamos que en un momento dado la bombilla se enciende; tanto Alberto como Ana verán que la pantalla recibe un rayo de luz en un momento determinado, y pueden medir la distancia entre la bombilla y la pantalla (puesto que saben la velocidad de la luz, que es siempre 300.000 km/s, y saben el tiempo que la luz ha tardado en llegar desde la bombilla a la pantalla).

A esta altura deberías saber que no miden el mismo tiempo. Puesto que Alberto se mueve respecto a los demás, el tiempo que medirá él será más pequeño que el que transcurre para la bombilla, la pantalla y Ana, porque la pantalla se mueve hacia el rayo de luz en el sistema de referencia de Alberto. Pero si, por ejemplo, Ana mide 2 segundos y Alberto mide 1 segundo, la única manera de que las cosas tengan sentido es que Alberto vea que la luz no ha recorrido la misma distancia que ha visto Ana entonces la bombilla y la pantalla, en su sistema de referencia, tienen que estar a la mitad de distancia. Ambos, al realizar el experimento, ven que tiene sentido: Ana ve que la luz recorre una distancia en 2 segundos a 300.000 km/s, y Alberto ve que la luz recorre la mitad de distancia en la mitad de tiempo a 300.000 km/s. Para que todo encaje, al medir ambos tiempos diferentes y ser la velocidad de la luz la misma, las distancias deben ser diferentes.

Pero, al igual que Alberto, al moverse respecto a los otros objetos, ve todas las distancias en la dirección de su movimiento “achatas”, Ana ve a Alberto “achatado” en la dirección de su movimiento. Aquí el experimento no es simétrico, porque Ana sólo ve achatado a Alberto, mientras que él ve todos los otros objetos (y la distancia entre ellos, medida en su dirección de movimiento) achatados. Otra manera de ver la contracción de la longitud es la siguiente:

Supongamos que Alberto va a ir de la Tierra a Plutón a una velocidad muy grande. El tiempo que él mide que dura el viaje es, como vimos en la entrada anterior, más pequeño que el tiempo que pasa para un observador situado, por ejemplo, en Plutón. Sin embargo, la velocidad de Alberto respecto al resto del Sistema Solar es la misma (Alberto ve a Plutón acercarse a la misma velocidad que Plutón ve acercarse a Alberto), de modo que la única solución a la aparente paradoja (de que Alberto crea que tarda menos de lo que debería) es que, cuando Alberto mira mientras se mueve, ve que la distancia entre la Tierra y Plutón es más corta que la que mide el observador situado en Plutón. De hecho, si lo llevas al extremo,

imagina que Alberto viaja al 99.99999% de la velocidad de la luz. De acuerdo con lo visto anteriormente, para Alberto habrá pasado un tiempo cortísimo en el viaje. Supongamos que el viaje dura, para él, 0.001 segundos mientras que el tiempo que dura medido desde Plutón es de 1 hora. Pero, ¿cómo diablos es posible viajar de la Tierra a Plutón en sólo 0.001 segundos? Porque la distancia entre la Tierra y Plutón que ve Alberto mientras viaja es de sólo unos pocos metros. Piénsalo, tiene sentido: es imposible aceptar que cambia la medición del tiempo entre dos sistemas de referencia y que no lo hace la medición de la longitud, cuando la velocidad (que es la relación entre el espacio recorrido y el tiempo empleado) es la misma en ambos sistemas de referencia, como lo es la de la luz por el segundo postulado. Es una consecuencia inevitable que las longitudes se contraigan si los tiempos se dilatan.

Por si te lo estás preguntando, sí: una partícula que viaja a la velocidad de la luz (como un fotón) ve el resto del Universo “achatado hasta el infinito” no tiene grosor. Por eso, en su sistema de referencia, llega instantáneamente a todas partes y el tiempo no pasa para ella, porque no recorre ninguna distancia. Sin embargo, visto desde fuera, el tiempo sí pasa y la partícula sí recorre distancia. ¿Quién tiene razón? Ya sabes la respuesta. De manera que, hasta ahora, hemos visto que cuando alguien se mueve respecto a ti, te parece que su tiempo va más despacio y que están “achatados”.

### **Anexo: Un evento en el E-T de Minkowsky**

En cualquier evento o “punto”  $E$  (ver figura )se pueden cortar dos líneas del universo para sendos pulsos luminosos (señales portadas por partículas inmatrimales llamadas fotones): una línea hacia la derecha en la coordenada espacial  $r(x, y, z)$  con ecuación  $r = ct$  (de pendiente  $+1$ ) y otra hacia la izquierda en dicha coordenada, con ecuación  $r = -ct$  (de pendiente  $-1$ ). Cualquiera de estas dos líneas del universo oficia de generatriz del llamado doble cono de luz o cono del tiempo para  $E$ , de tal manera

que la superficie de uno de los conos contiene todos los eventos en el futuro de  $E$  que pueden ser conectados desde  $E$  mediante un intervalo luminoso manteniendo la relación  $causa(E) \rightarrow efecto(evento\ en\ el\ futuro\ de\ E)$ , mientras que la superficie del otro cono contiene todos los eventos en el pasado de  $E$  desde los cuales pudo haber conexión con el evento  $E$  mediante un intervalo luminoso manteniendo la relación  $causa(evento\ en\ el\ pasado\ de\ E) \rightarrow efecto(E)$

Los eventos dentro del cono de luz para  $E$  también pueden estar conectados con  $E$  pero ya no mediante un intervalo luminoso sino mediante un intervalo temporal (definido por una señal portada por partículas materiales): desde cualquiera de tales eventos en el cono de luz del pasado de  $E$  hasta el evento  $E$  manteniendo la relación  $causa(evento\ en\ el\ pasado\ de\ E) \rightarrow efecto(E)$  o desde  $E$  hasta cualquiera de los eventos en el cono de luz del futuro de  $E$  con la relación  $causa(E) \rightarrow efecto(evento\ en\ el\ futuro\ de\ E)$ . Por otra parte, los eventos por fuera del cono de luz de  $E$  se conectan con  $E$  mediante intervalos espaciales (definidos por señales portadas por hipotéticas partículas que, en principio, deberían ser materiales aunque de naturaleza discutible): desde cualquiera de tales eventos por fuera del cono de luz del pasado de  $E$  hasta el evento  $E$ , o desde  $E$  hasta cualquiera de tales eventos por fuera del cono de luz del futuro de  $E$ , sin que exista relación causal entre  $E$  y alguno de tales eventos ni entre alguno de éstos y  $E$ . Los eventos por fuera del cono de luz para  $E$  causalmente nunca podrán afectar a ni podrán ser afectados por lo que suceda en  $E$ , así sea que tales eventos se halle en el presente de  $E$ .

En la figura el evento de referencia  $E$  convenientemente se ha definido como el origen del espacio-tiempo de Minkowski en el que aparece el cono de luz asociado a dicho evento (de referencia).

En el espacio cartesiano,  $r = vt$  es la distancia avanzada durante un tiempo  $t$  con velocidad de valor constante, y se puede escribir  $r = vt = \left(\frac{v}{c}\right)ct$ . El gráfico de  $r$  contra  $ct$  es un gráfico de

Minkowski y constituye la línea de universo para una partícula que se mueve en el espacio-tiempo de Minkowski (o espacio de Minkowski).

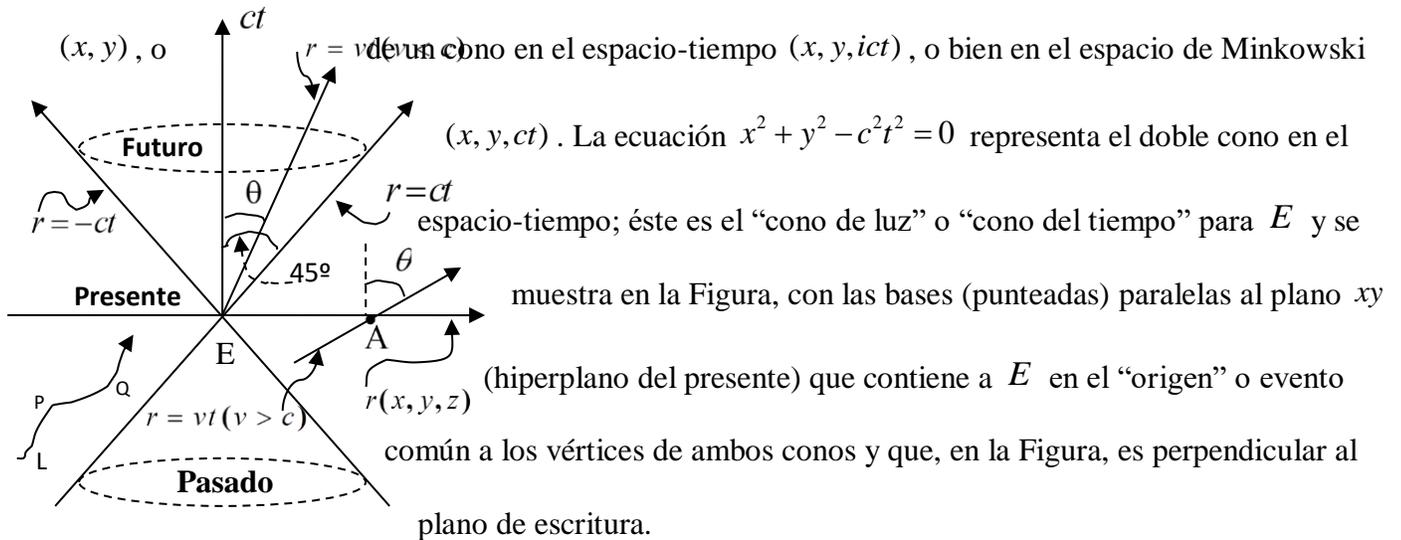
*Figura.* Gráfico de Minkowski: Co Si  $v$  es constante la línea de universo es una recta cuya pendiente con

luz

eje  $ct$  es  $\tan\theta = v/c$  y representa un movimiento inercial en espacio-tiempo.  $\theta < 45^\circ$  ( $v < c$ ) corresponde al movimiento de una partícula con masa en reposo no nula cuya línea de universo está conformada por eventos en un intervalo temporal.  $\theta = 45^\circ$  ( $v = c$ ) corresponde al movimiento de una partícula con masa en reposo nula cuya línea de universo está conformada por eventos en un intervalo luminoso. La línea del universo con  $\theta > 45^\circ$  ( $v > c$ ) corresponde a un movimiento hipotético cuya línea de universo está compuesta por eventos en un intervalo espacial. Sólo los movimientos cuya línea de universo tenga  $\theta \leq 45^\circ$  son físicamente posibles y sólo si en la pendiente  $\tan\theta = v/c$  el valor de  $v$  es constante, el movimiento posible es inercial, pues la línea de universo corresponde a una recta.

Si en la Figura de la coordenada espacial  $r(x, y, z)$  se despliegan las coordenadas cartesianas  $x, y$  se tiene

la ecuación  $x^2 + y^2 = c^2 t^2$  que corresponde a la ecuación de un círculo de radio  $ct$  en el plano cartesiano



En el cono de luz de  $E$  se distinguen claramente cuatro regiones del espacio-tiempo para  $E$ : El pasado (para  $t < 0$ ), el presente (para  $t = 0$ ), el futuro (para  $t > 0$ ) y “todos los demás eventos” por fuera del cono de luz. Las líneas de universo que pasen por “el origen” y que correspondan a movimientos inerciales físicamente posibles en el presente, en el pasado o en el futuro de  $E$ , no se pueden salir de su cono de luz. Si una línea de universo no pasa por  $E$ , también pueden describir movimientos inerciales en el presente, en el pasado o en el futuro (pero de otro evento que no es  $E$ ) y pueden ser físicamente posibles solo si dicha línea de universo tiene inclinación  $\theta \leq 45^\circ$ , o hipotéticos si  $\theta > 45^\circ$ . Por ejemplo,  $A$  en la figura 1.10 identifica un evento en el presente, correspondiente a un movimiento hipotético ( $\theta > 45^\circ$ ) cuya línea de universo proviene del pasado y se dirige hacia el futuro de  $A$ .

Las líneas de universo curvilíneas representan movimientos acelerados, y la pendiente en cada evento sobre la línea determina la posibilidad o imposibilidad de dicho movimiento en ese evento; la línea  $L$  en la Figura representa un movimiento acelerado que solo en el trayecto  $PQ$  es físicamente imposible

(que se considera como hipotético puesto que en dicho trayecto no se registra conexión causal). Si en la Figura de la coordenada espacial  $r(x, y, z)$  se despliegan las coordenadas cartesianas  $x, y, z$ , se tiene la ecuación  $x^2 + y^2 + z^2 = c^2t^2$ , que es la ecuación de una esfera cuyo radio  $ct$  aumenta con el tiempo en el espacio cartesiano  $(x, y, z)$ , o de un hipercono en el espacio-tiempo. Nótese que así se puede elaborar la idea de que el universo tridimensional, visto en el espacio cartesiano, es esférico y se halla en expansión con el transcurso del tiempo. Visto en el espacio-tiempo, el espacio cartesiano se asimila a una hipersuperficie curva expandiéndose en el tiempo, en la que no se cumple la geometría de Euclides (ésta solo se cumple en una superficie o hipersuperficie plana)

<b>SECUENCIA N°</b>	10
<b>NOMBRE DE LA ACTIVIDAD</b>	Cambio de geometrías
<b>TIEMPO</b>	50 min
<b>EVALUACIÓN INICIAL</b>	
Pregunta abierta al grupo: ¿por qué se considera un cambio necesario en la geometría, desprendiéndose así otras diferentes a la euclidiana?	
¿Qué otras geometrías conocen?	

<b>OBJETIVO DE LA UNIDAD</b>	<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b>
Llevar a reconocer otras geometrías que posibilitan el análisis de eventos en relatividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>Reconoce y se acerca a las diferencias entre las geometrías principalmente las utilizadas del E-T de Minkowsky</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cuestiona el método científico tradicional basado en la observación</li> </ul>
<b>PREGUNTA GÚIA</b>	<p><b>¿Qué podríamos encontrar desde la “realidad” o lugar en el que vivimos en relación con la geometría euclidiana? Y ¿qué con las otras geometrías?</b></p>
<b>ÁREAS TRANSVERSALES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Arte</li> <li>• Matemáticas</li> </ul>	

<b>ACTIVIDADES/TAREAS</b>
Exposición geometrías hiperbólica, elíptica y esférica
Taller Anexo

<b>METODOLOGÍA</b>
Exposición magistral
Construcción grupal

Retroalimentación	
<b>RECURSOS / MATERIALES</b>	
Exposición geometrías en <a href="https://es.slideshare.net/instituto127/geometra-hiperblica-elptica-y-esfrica">https://es.slideshare.net/instituto127/geometra-hiperblica-elptica-y-esfrica</a>	
Video Ilusiones ópticas <a href="https://www.youtube.com/watch?v=tQhgt_CtsdY&amp;list=PLRNz_keBILeKG_3hQRjFIbo0nBULPfEWo">https://www.youtube.com/watch?v=tQhgt_CtsdY&amp;list=PLRNz_keBILeKG_3hQRjFIbo0nBULPfEWo</a>	
<b>CRITERIOS DE EVALUACIÓN</b>	<b>FORMAS DE EVALUACIÓN</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconoce y comprende las bases de las geometrías no Riemannianas</li> <li>• Relaciona la geometría con el E-T</li> <li>• Cuestiona la tradición del método científico de verdad absoluta</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respuestas coherentes a la actividad dirigida</li> <li>• Participación en la actividad</li> <li>• Heteroevaluación</li> <li>• Retroalimentación y reflexión del proceso</li> </ul>

**Anexo: Actividad superficies, realidades, observación, ilusión y el método científico**

1. A manera de exposición, se dan a conocer geometría elíptica, hiperbólica y esférica por parte del profesor desde un sentido epistemológico que cuente sobre la historia, sus actores y las implicaciones en la transformación de la física.

- a) Se hace una actividad reflexiva, con diferentes objetos estos se construirán o llevarán con diferentes superficies algunas de ellas regulares con figuras geométricas donde propongo sean esferas, una silla de montar, una semiesfera con la parte interna hueca, sobre las que se pueda inscribir un dibujo



- b) hacer en diferentes dibujos en perspectivas, incluso figuras como triángulos, circunferencias, líneas; en este momento mostrando el video de los “dibujos en 3D” sobre un plano
- c) El siguiente paso es calcarlo o pasarlo a diferentes superficies, porque es sobre estas es decir las superficies es donde se trabaja la geometría; haciendo énfasis sobre esto, intentando pasar algo construido en una hoja de papel o plano con curvatura igual cero, a una superficie con curvatura diferente de cero. Donde se ha de notar la imposibilidad y la necesidad de aparición de las geometrías no euclidianas
- d) Reflexionar sobre la pregunta: el observador en el método científico clásico cumple un papel fundamental, ya hemos visto desde la relatividad y en esta unidad que la perspectiva puede ser diferente para estos, en ese sentido ¿Dónde quedaría el papel de la

observación y como se le da objetividad y se llegan a acuerdos desde las ciencias en la actualidad?

<b>SECUENCIA N°</b>	11
<b>NOMBRE DE LA ACTIVIDAD</b>	La relatividad en la cotidianidad
<b>TIEMPO</b>	60 min
<b>EVALUACIÓN INICIAL</b>	
Se dará un incentivo a quien responda a la pregunta ¿Cómo y en qué espacios podemos ver lo visto en relatividad desde la cotidianidad?	
<b>OBJETIVO DE LA UNIDAD</b>	<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b>
Llevar a que las estudiantes relacionen la teoría con sus aplicaciones, y vean nuevas perspectivas de problemas sobre relatividad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocer las aplicaciones de la relatividad</li> <li>• Comparar las reflexiones de la relatividad con la cotidianidad</li> </ul>
<b>PREGUNTA GÚIA</b>	<b>¿En qué aspectos de la cotidianidad y que aportes a esta posibilita la relatividad?</b>
<b>ÁREAS TRANSVERSALES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación ciudadana</li> <li>• Lectura crítica</li> </ul>	

## ACTIVIDADES/TAREAS

Por parte de las estudiantes se investigará en grupos sobre el tema en base a la pregunta guía, posteriormente se expondrán las aplicaciones y su explicación desde la relatividad una por cada grupo, siendo una actividad dirigida por el maestro.

## METODOLOGÍA

- Expositiva
- Debate
- Lectura autónoma y crítica

## RECURSOS / MATERIALES

Recurso informativo Anexo

Investigaciones realizadas por las estudiantes

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	FORMAS DE EVALUACIÓN
Determina y relaciona la cotidianidad con los conceptos de relatividad trabajados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exposición</li> <li>• Coevaluación</li> <li>• Heteroevaluación</li> </ul>

## **Anexo: Relatividad y cotidianidad**

La teoría de la relatividad nos dice que las leyes de la física son las mismas en todas partes. La teoría explica el comportamiento de objetos en el espacio y el tiempo, y puede ser usada para predecir todo, desde la existencia de agujeros negros, a la flexión de la luz debido a la gravedad, como el comportamiento del planeta Mercurio en su órbita.

En primer lugar, no hay un marco "absoluto" de referencia. Cada vez que se mide la velocidad de un objeto, o su impulso, o cómo se experimenta el tiempo, siempre están en relación a otra cosa. En segundo lugar, la velocidad de la luz es la misma sin importar quién lo mide o qué tan rápido la persona que la mide va. En tercer lugar, nada puede ir más rápido que la luz.

Pero no necesitamos necesariamente ver una nave espacial de cerca para observar los efectos relativistas. De hecho, hay varios casos de relatividad que podemos ver en nuestra vida cotidiana, e incluso tecnologías que utilizamos hoy que demuestran que Einstein tenía razón.

Algunos ejemplos son:

### **Sistema de Posicionamiento Global**

Para que la navegación GPS del auto pueda funcionar con la precisión que lo hace, los satélites tienen que tomar en cuenta los efectos relativistas. Esto se debe a que a pesar de que los satélites no se están moviendo a algo cercano a la velocidad de la luz, van muy rápido. Para conseguir que la exactitud, los satélites utilizan relojes muy precisos. Dado que cada satélite se

mueve a unos 6.000 kilómetros por hora, hay un tiempo de dilatación relativista de cerca de 4 microsegundos cada día.

### **Los electroimanes**

El magnetismo es un efecto relativista, y se necesita de los efectos de la gravedad para que los generadores produzcan electricidad. Si usted toma un aro de alambre y lo mueve a través de un campo magnético, se genera una corriente eléctrica. Las partículas cargadas en el alambre se ven afectadas por el campo magnético variable, lo que obliga a algunos de ellos a moverse y crear la corriente. Los electroimanes funcionan a través de la relatividad. Cuando una corriente directa (DC) de carga eléctrica fluye a través de un cable, los electrones se derivan a través del material.

### **El Oro Amarillo**

La mayoría de los metales son brillantes debido a que los electrones en los átomos saltan de diferentes niveles de energía. Algunos fotones que golpean el metal se absorben y re-emiten, aunque a una longitud de onda más larga. La mayor parte de la luz visible, sin embargo, solo se refleja. El oro es un átomo pesado, por lo que los electrones internos se mueven lo suficientemente rápido para que el aumento de masa relativista sea significativo, así como la contracción de la longitud. Como resultado, los electrones giran alrededor del núcleo en trayectorias más cortas, con más impulso.

En el caso del oro, cuando la luz es absorbida y se re-emite, las longitudes de onda son generalmente más largas. Eso significa que la combinación de las ondas de luz que vemos tiende a tener menos azul y violeta en ella. Esto hace que el oro se vea de color amarillento ya que la luz amarilla, naranja y roja es una longitud de onda más larga que la azul.

## **El mercurio es un líquido**

Similar al oro, el mercurio es también un átomo pesado, con electrones mantenidos cerca del núcleo debido a su velocidad y el consiguiente aumento de la masa. En el caso del mercurio, los enlaces entre sus átomos son débiles, por lo que se funde a temperaturas más bajas y es típicamente un líquido cuando lo vemos.

## **La vieja televisión**

Hace apenas unos años la mayoría de los televisores y monitores tenían pantallas de tubo de rayos catódicos. Un tubo de rayos catódicos trabaja por el disparo de electrones en una superficie de fósforo con un gran imán. Cada electrón hace un píxel iluminado cuando golpea la parte posterior de la pantalla. Los electrones disparados hacia fuera producen el movimiento de imagen de hasta 30 % de la velocidad de la luz.

## **La luz**

Si no fuera por la relatividad no solo el magnetismo no existiría, sino que la luz tampoco, ya que la relatividad exige cambios en un movimiento del campo electromagnético a una velocidad finita, en lugar de forma instantánea. Si la relatividad cumpliera este requisito, los cambios en los campos eléctricos se comunicarían de forma instantánea en lugar de a través de las ondas electromagnéticas.

## **Plantas y Supernovas Nucleares**

La relatividad es una de las razones de que la masa y la energía pueden convertirse unos en otros, lo que explica el funcionamiento de las centrales nucleares, y por qué el sol brilla. Otro efecto importante es el de las explosiones de supernovas, que señalan la muerte de estrellas

masivas. En una supernova, las capas exteriores de una estrella caen hacia abajo en el núcleo, y crean una gigantesca explosión que, entre otras cosas, crea elementos más pesados que el hierro.

### **Dispositivos láser y Lectores láser de códigos de barras**

Un año después de describir la relatividad general, Albert Einstein publicó su teoría de la radiación estimulada, en la que se basan los dispositivos láser. En la actualidad, esta tecnología se emplea para operaciones tan sencillas como leer un código de barras o señalar con un puntero, pero también para delicadas intervenciones quirúrgicas o procedimientos industriales que requieren gran precisión

### **Las Células fotoeléctricas y Paneles solares**

Sin la ley del efecto fotoeléctrico, por la que Albert Einstein recibió el Premio Nobel en 1921, no habrían sido posibles los aparatos que transforman la luz en electricidad, como los paneles solares. También el encendido automático de las farolas cuando llega la noche, el mecanismo que impide que se cierre la puerta de un ascensor cuando hay alguien delante, el regulador de los cartuchos de tinta de las impresoras o los alcoholímetros utilizan células fotoeléctricas basadas en las teorías de Einstein.

### **Movimiento de algunas partículas en general y de los mercados bursátiles**

Albert Einstein desarrolló el teorema de fluctuación-disipación para explicar el movimiento aleatorio que se observa en las partículas que se hallan en un líquido o gas. Este movimiento llamado ‘browniano’ en honor del biólogo escocés Robert Brown, que fue el primero en observarlo en los granos de polen suspendidos en el agua— no es muy diferente de las alteraciones de los precios de los mercados bursátiles. Desde que se descubrió este paralelismo, las ecuaciones de Einstein también se usan en Wall Street.

<b>SECUENCIA N°</b>	12
<b>NOMBRE DE LA ACTIVIDAD</b>	Conclusiones y ¿qué pasó con los agujeros negros?: actualidad de las ciencias
<b>TIEMPO</b>	75 min

### EVALUACIÓN INICIAL

Este espacio se utilizará de 35 minutos de manera en que construiremos entre todos con palabras y conceptos un árbol evaluativo de la relatividad. (Anexo)

<b>OBJETIVO DE LA UNIDAD</b>	<b>OBJETIVOS DE APRENDIZAJE</b>
Evaluar de forma reflexiva el desarrollo de la unidad y los aprendizajes adquiridos por las estudiantes, además de introducir a los agujeros negros como un abrebocas para que las estudiantes se direccionen por las ramas de la ciencia y aumenten su gusto hacia estas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coevaluar los procesos de Enseñanza-aprendizaje</li> <li>• Generar reflexiones sobre los procesos de aprendizaje, autoregulación, evaluación y pensamiento crítico</li> <li>• Acercarse a una somera introducción sobre agujeros negros, además de las implicaciones de la relatividad en estos.</li> </ul>

<b>PREGUNTA GÚIA</b>	<p><b>¿Qué es relativo y qué no?</b></p> <p><b>¿Considero importante lo aprendido sobre física moderna?</b></p>
<b>ÁREAS TRANSVERSALES</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Formación ciudadana E</li> <li>• Matemáticas</li> </ul>	

<b>ACTIVIDADES/TAREAS</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar la actividad del espacio evaluativo de aprendizaje final (Anexo)</li> <li>• Clase magistral agujeros negros (Anexo)</li> <li>• Video agujeros negros</li> </ul>
<b>METODOLOGÍA</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Debate reflexivo</li> <li>• Evaluación de los aprendizajes</li> </ul>
<b>RECURSOS / MATERIALES</b>

**Espacio evaluativo de aprendizaje (Anexo)**

**Video agujeros negros** <https://www.youtube.com/watch?v=cs2kyXC-zDw>

CRITERIOS DE EVALUACIÓN	FORMAS DE EVALUACIÓN
Reconoce sus propios aprendizajes y considera críticamente los aportes de estos para su vida	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Autoevaluación</li> <li>• Coevaluación</li> </ul>

**Anexo: Espacio evaluativo de aprendizaje**

1. En el último espacio reflexivo sobre el tema d relatividad se presentan las siguientes preguntas:

- ¿Crees que valen la pena los conocimientos que has adquirido sobre relatividad?
- ¿Construye una lista de los conocimientos que crees que has adquirido?
- ¿Fueron interesantes?
- Desde tu perspectiva ¿Cómo se puede mejorar la enseñanza de estos conceptos? ¿cómo sería más agradable?

**POSIBLES  
APLICACIONES**



2. Grupalmente se hacen aportes para la construcción del árbol de relatividad

## CONCEPTOS BASE

## EXPERIMENTOS

2. Todos respondemos en un paralelo en el tablero sobre el que se reflexiona desde los extremos ¿acaso todo es relativo?

**¿QUÉ NO ES  
RELATIVO?**

**¿QUÉ ES  
RELATIVO?**

### Anexo: ¿Qué es un agujero negro en física y qué se conoce en la actualidad?

Si la masa  $M$  es grande, la depresión o curvatura causada por ésta en el espacio-tiempo es bien profunda, y para cierto valor de  $M$  (grande) se puede romper la membrana causando un hueco en ésta; este hueco en el espacio-tiempo causado por el gran valor de  $M$  recibe el nombre de hueco negro (también conocido como hoyo negro), de tal manera que la masita  $m$ , de caer en dicho hueco, ya no podría regresar a la membrana, es decir, desaparecería del espacio-tiempo.

Incluso, la luz dirigida hacia un hueco negro es absorbida (por poseer masa-energía) por éste, de tal manera que un hueco negro es invisible ya que no permite que de él emane luz que le permita a un observador registrar su presencia. Como un campo gravitacional causa el retraso de los relojes siendo mayor el retraso cuanto más intenso sea el campo gravitacional, es de esperarse que en el interior de un hueco negro el tiempo no transcurra; por esta razón, se ha teorizado que

un hueco negro es un túnel del tiempo que puede conectar nuestro universo con otros universos, cuya entrada (o salida del túnel que tiene entrada por un hueco negro) es un hueco blanco.

Desde el punto de vista de Einstein, la estrella implosionada constituye un hueco negro y el campo gravitacional alrededor de éste resulta ser tan intenso que lo absorbe todo, incluso la luz, sin dejar escapar nada por la depresión con rotura causada en el espacio-tiempo, a no ser que el hueco tenga otra salida en el extremo opuesto (llamada hueco blanco) conectada a un universo diferente del que alberga la entrada del hoyo o hueco negro. Obviamente, el que una estrella alcance a evolucionar hacia un hueco negro depende de su masa; por ejemplo, la masa del Sol no es suficiente para que este astro alcance tal estado en su evolución, pero estrellas con más de cuatro masas solares son excelentes candidatas a huecos negros en su evolución.

Aunque un hueco negro es invisible, su presencia se puede inferir a partir de su efecto gravitacional sobre estrellas vecinas y por la intensa emisión de rayos  $X$  producidos por la masa-energía, incluida la luz, cuando está en inminencia de ser engullida por un hueco negro, como en una especie de estertor electromagnético (será que “muere” la luz al caer en un hueco negro....o qué?). Según Einstein, este “estertor” también debe estar acompañado por la emisión de ondas gravitacionales cuando anuncia al presentar la versión final de sus ecuaciones de campo ante la Academia Prusiana de ciencias (noviembre de 1915) que (idea general) así como las cargas eléctricas al ser aceleradas emiten radiación electromagnética (ondas electromagnéticas que viajan a la velocidad de la luz), también las cargas gravitacionales (masas) deben emitir radiación gravitacional (ondas gravitacionales que también viajaría a la velocidad de la luz).

Por una parte, la emisión de rayos  $X$  por un hueco negro ha hallado explicación (teórica) en la existencia de sistemas binarios de estrellas. Se han observado sistemas binarios en el

espacio constituidos por una estrella luminosa que parece orbitar alrededor de otra estrella invisible (hueco negro), emitiendo radiación X gracias a su movimiento acelerado; dos de estos sistemas binarios se han signado como Cignus X-1, 72 y Circinus X-1(3U 1516-56). Por otra parte, el 14 de septiembre de 2015, un siglo después de su predicción, los científicos del experimento LIGO (Observatorio de ondas Gravitaciones por Interferometría Láser) detectaron por primera vez ondas gravitacionales provenientes de la colisión de dos gigantes agujeros negros ubicados a unos 3.000 millones de años luz de la Tierra, y dos años después, el 27 de septiembre de 2017, científicos del Observatorio Europeo de la Gravedad (EGO) ya habían reportado una cuarta detección de ondas gravitacionales.

Ya para otros niveles y a manera de abre bocas para los curiosos: matemáticamente se define un agujero negro como:

El tensor métrico para describir en coordenadas esféricas  $(r, \theta, \varphi)$  el espacio-tiempo en torno un hueco (agujero) negro tipo Schwarzschild de masa  $M$  se conoce como la métrica de Schwarzschild

$$g_{\mu\nu} = \begin{bmatrix} -\left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right) & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right)^{-1} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & r^2 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & r^2 \sin^2 \theta \end{bmatrix}$$

Se puede observar que todas las entradas diagonales de este tensor métrico son diferentes y que

para la entrada  $g_{22} = \left(1 - \frac{2GM}{rc^2}\right)^{-1}$  se tiene una singularidad matemática

para  $r = \frac{2GM}{c^2}$ , conocido como el radio de Schwarzschild. Este tipo de singularidades en el

espacio-tiempo dan origen a la hipótesis de los huecos negros, que absorben todo lo que en ellos caiga, incluida la luz, sin que nada retorne de su interior, ni siquiera información matemática ya que nacen de la división por cero, no definida en ninguna estructura matemática.

El hueco negro de Schwarzschild es el más elemental de todos los posibles huecos negros, pues no rota ni posee carga eléctrica, depende solo de su masa y de su radio. Por ser  $g_{22}$  un coeficiente métrico (un número), es claro que con la masa  $M$  del hueco negro de Schwarzschild crece su radio y entre más crece más afectación sufre la curvatura del espacio-tiempo en sus alrededores.

De cualquier colapso gravitatorio en el ET se puede pensar que alcanza estado estacionario como hueco negro de radio  $r$  que se puede describir mediante tres parámetros: su masa  $M$ , su carga  $Q$  y su momentum angular  $J$ . En general, los parámetros  $M$ ,  $Q$  y  $J$  permiten clasificar el estado estacionario alcanzado de un hueco negro:

Agujero negro de Schwarzschild:  $Q = 0, J = 0$ .

Agujero negro de Reissner-Nordström:  $Q \neq 0, J = 0$ .

Agujero negro de Kerr:  $Q = 0, J \neq 0$ .

Agujero negro de Kerr – Newman:  $Q \neq 0, J \neq 0$ .