



PROFESORA: MARÍA VALENCIA M.  
CURSO: 3° MEDIO A – B  
ASINATURA: FÍSICA DIFERENCIADO.

#### **UNIDAD4.**

### **FÍSICA MODERNA: ¿QUÉ SABEMOS DE LO MÁS PEQUEÑO Y LO MÁS GRANDE DE LA NATURALEZA?**

#### **PROPÓSITO DE LA UNIDAD**

Esta unidad busca que los estudiantes reflexionen y debatan sobre la naturaleza de la realidad, con base en los estudios teóricos y experimentales desarrollados en el marco de la física moderna, considerando interrogantes como: ¿qué diferencia a la física moderna de la física clásica? ¿Por qué los saberes de la física moderna desafían nuestros sentidos y percepciones de la realidad? ¿Cómo la mecánica cuántica y la relatividad favorecen una comprensión más amplia de la naturaleza? ¿Cuál es el alcance de la física moderna en la sociedad, la tecnología y los sistemas naturales?

**OA 4** Evaluar la contribución de la física moderna y sus teorías estructuradoras (como relatividad y mecánica cuántica) al debate sobre la naturaleza de la realidad, así como su impacto sobre la sociedad, la tecnología y los sistemas naturales.

**OBJETIVO:** Reflexionar y debatir sobre la contribución de la teoría de la relatividad general de Einstein al entendimiento de la naturaleza y la realidad.

**Inicio:** ¿Qué significa que el espacio-tiempo sea curvo? Einstein y la relatividad general. REGISTRE LA RESPUESTA EN SU CUADERNO.

#### **Desarrollo de la actividades:**

#### **Activación**

- ✓ **Los estudiantes, a modo de introducción, leen el siguiente mensaje, analizan una película y reflexionan a partir de algunas preguntas.**

1. Analizan una película de ciencia ficción como Interestelar, que trata de un agujero negro y de viajes en el tiempo; o documentales como El Universo de Stephen Hawking; Cap. 2: Viajar en el tiempo, disponible en YouTube.
2. Posteriormente deben responder las siguientes preguntas : - ¿Qué nuevas ideas introducirá la teoría general de la relatividad sobre la teoría especial estudiada en la actividad anterior? - ¿En qué situaciones la mecánica de Newton sigue siendo de utilidad práctica?, ¿en cuáles ya no corresponde usar la física de Newton? - ¿Qué es una línea recta?, ¿un triángulo?, ¿una esfera? - ¿Cómo serán esas geometrías distintas a la de Euclides, que es la que nos enseñan en la asignatura Matemática? - ¿Hay rectas, triángulos, esferas, etc. en el mundo real que pretende estudiar la física? - ¿Qué habrá que entender por una realidad de cuatro dimensiones? ¿Cómo se relaciona el tiempo con la cuarta dimensión? - Según la física actual, ¿cómo sería posible viajar en el tiempo? - ¿Por qué la luz no puede escapar de los agujeros negros? - ¿Qué puede significar que el universo, a gran escala, presente una curvatura? - ¿Qué otras preguntas les surgen?

#### **Observaciones**

Esta etapa es principalmente de carácter motivacional, pero permite además recabar

información acerca de dos aspectos: los conocimientos que ustedes ya poseen y las preconcepciones erróneas que puedan arrastrar sobre esta área de la física, que se explica porque el nivel de la divulgación en lo que se refiere a la teoría general de la relatividad suele ser confusa. • La película que se recomienda analizar, Interestelar, contó en su realización con la asesoría del físico teórico Kip Thorne, particularmente en los efectos especiales; pero también ha recibido la crítica en aspectos científicos. Véase, por ejemplo: <https://danielmarin.naukas.com/2014/11/09/los-aciertos-y-errores-deinsterstellar/>

### **CONSTRUCCIÓN DE EXPLICACIONES**

- ✓ Los estudiantes analizan y comentan sobre si es posible distinguir, realizando algún tipo de experimento, si se está en un campo gravitacional (una habitación sin ventanas aquí en la superficie terrestre, por ejemplo) o en un sistema de referencias acelerado (una nave espacial, también sin ventanas, que acelera respecto de las estrellas lejanas a razón de  $9,8 \text{ m/s}^2$ , por ejemplo).
1. Investigan y responden acerca de lo que ocurre en los siguientes experimentos:
    - Cómo se mueven las manzanas al dejarlas caer libremente en cada uno de los sistemas de referencias mencionados.
    - Las trayectorias que siguen rayos de luz en cada uno de los sistemas de referencias mencionados.
    - Cómo ocurren las cosas dentro de un ascensor que cae libremente aquí en la Tierra y cómo en una nave espacial muy lejos en el vacío del espacio.
  2. Explican el significado del principio de equivalencia de la teoría general de la relatividad; analizan las consecuencias y predicciones que se derivan de él. Por ejemplo:
    - La necesidad de reconocer que el espacio-tiempo, si se acepta la constancia de la velocidad de la luz, debe obedecer a una geometría distinta a la de Euclides o presentar cierta curvatura.
    - Investigan la verificación de la curvatura del espacio-tiempo alrededor del Sol en el eclipse solar de 1911 en la Isla Príncipe de África por parte de Sir Arthur Eddington.
    - La explicación del movimiento “anómalo” del perihelio del planeta Mercurio, por no poder ser explicado por la mecánica de Newton.
    - El descubrimiento de agujeros negros.
    - El descubrimiento de lentes gravitacionales.

### **Observaciones**

Para esta segunda etapa, que trata del principio de equivalencia (clave para entender la

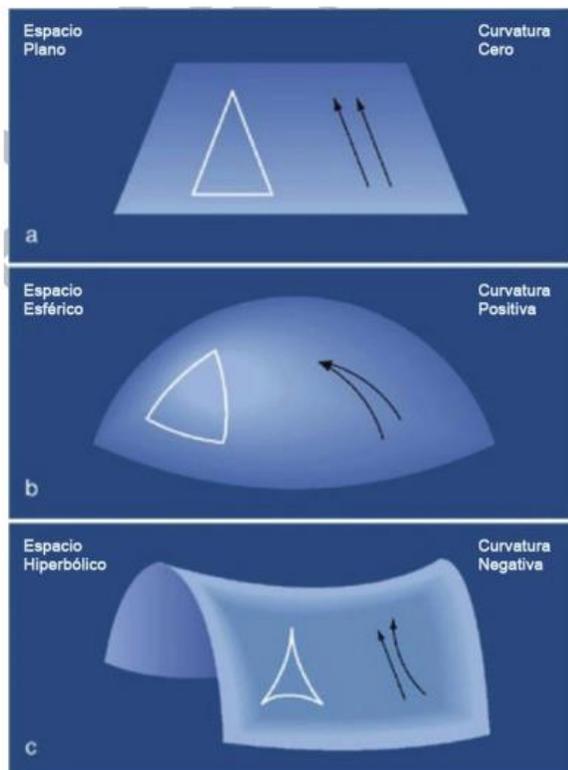
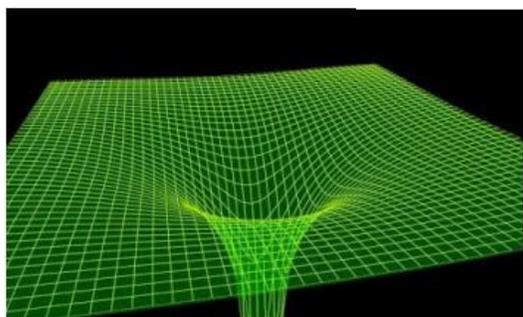
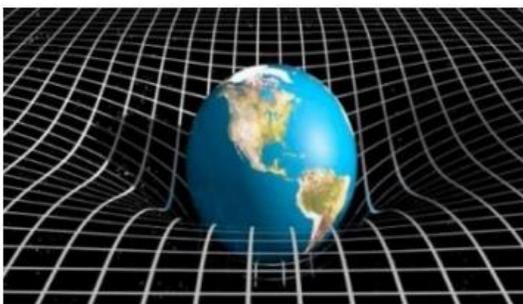
relatividad general) puede ser oportuno apoyarse en videos (y animaciones) disponibles en internet, como Relatividad [Experimento mental del Principio de Equivalencia], disponible en YouTube; se sugiere pongan atención y se fijen en los siguientes aspectos:

- La importancia de los “experimentos pensados”, como los que empleó Einstein para concebir sus teorías.

Que la luz se mueve en línea recta y con rapidez constante en todos los sistemas de referencias; cuestión que vincula el concepto geométrico de recta (mundo de las ideas) con la propagación de la luz en un medio homogéneo (mundo real). - Señalar las condiciones de aislamiento en que se encuentran los sistemas de referencias necesarios de considerar para el enunciado del principio de equivalencia: imposibilidad de observar fuera del laboratorio; pequeñas dimensiones del laboratorio; equipos para producir distintos fenómenos (mecánicos y con luz), e instrumentos adecuados para realizar todo tipo de mediciones y con total exactitud. - Que la fuerza de gravedad puede ser entendida como consecuencia de la curvatura del espacio-tiempo; es decir, que una manzana cuando cae, un planeta que orbita una estrella, etc. no se mueven como consecuencia de la fuerza de gravedad, sino que, lo hacen porque siguen la curvatura del espaciotiempo a través de trayectorias denominadas geodésicas. - Puede apoyarse con explicaciones breves sobre relatividad general disponibles en algunos canales de YouTube, como Quantum Fracture o Date un Voltio.

### **DESCRIPCIÓN DE GEOMETRÍAS QUE PUEDE ADOPTAR EL ESPACIO-TIEMPO**

- ✓ Los estudiantes consideran imágenes como las siguientes, que típicamente pretenden representar la curvatura del espacio-tiempo relativista, y luego responden a algunos desafíos.



3. Describen cualitativamente, por medio de modelos y esquemas, las características de las distintas geometrías que puede adoptar el espacio-tiempo según la teoría general de la relatividad. Para esto:
  - Consideran la geometría de Euclides: su importancia histórica y práctica, los postulados que la caracterizan (especialmente el quinto postulado) y su significado e implicancias en el mundo físico de Newton.
  - Consideran las geometrías no euclidianas en espacios con curvaturas positivas y negativas y cómo se separan de la geometría de Euclides (en el quinto postulado), y en algunos teoremas geométricos básicos; por ejemplo, cuánto suman los ángulos interiores de un triángulo, cómo es la medida de la hipotenusa en relación con los catetos en un triángulo rectángulo (teorema de Pitágoras), etc.
4. Comentan y responden acerca de qué geometría es la que le corresponde realmente al universo físico.
5. Formulan hipótesis sobre la realidad en el universo físico de las geometrías no euclidianas y las formas de ponerlas en evidencia.

### **Observaciones**

Para la tercera etapa, que trata de la geometría del espacio-tiempo, es necesario: - Analizar las diversas geometrías desde el punto de vista lógico, tanto respecto a las dimensiones como en relación con sus postulados. Se puede construir cualquier geometría con el número de las dimensiones que se desee y los postulados son arbitrarios. Que la geometría del mundo real debe determinarse experimentalmente. - Acudir, como es tradicional, a mundos habitados por seres bidimensionales que hacen geometrías en espacios-tiempos planos, esféricos (cerrados) y con forma de silla de montar (abiertos), para explicar la curvatura del espacio.

### **TRABAJO DE INVESTIGACIÓN (SE SUGIERE VER PAUTA ESTA AL FINAL DE ESTE DOCUMENTO)**

- ✓ Los estudiantes investigan las consecuencias más importantes de la teoría general de la relatividad, guiados por los siguientes desafíos:
6. En el caso de los agujeros negros: - Analizan la historia de su estudio, desde el clérigo inglés John Michell, hasta la actualidad, pasando por Albert Einstein, Stephen Hawking y la primera fotografía de uno de ellos publicada el 10 de abril de 2019. - Investigan las formas en que se los clasifica (activos e inactivos; micros y macros; etc.) y las técnicas con las que se los pone en evidencia. - Explican lo que

ocurre con el espacio-tiempo fuera, dentro y en el horizonte de sucesos de un agujero negro. - Investigan lo que se piensa puede ocurrir con la materia en su interior. - Explican el posible origen de los agujeros negros. - Investigan las opiniones de los astrónomos sobre la existencia de agujeros blancos y los agujeros de gusanos que los comunicarían. - Especulan sobre el significado que ellos puedan tener acerca de la evolución del universo.

7. En el caso de las ondas gravitacionales detectadas en 2016: - Describen su historia, las tecnologías con las que fueron detectadas y las futuras utilidades que pueda tener en la investigación astronómica.
8. Analizan, desde el punto de vista científico, el mal uso que en ciertos contextos se hace del concepto de dimensión; asociándolo, por ejemplo, a misterios como “portales” para pasar de una a otra dimensión.
9. En el caso de las implicancias cosmológicas: - Investigan la predicción de la teoría del Big Bang, la inestabilidad que implican las ecuaciones de la teoría general de la relatividad y la necesidad de que se esté expandiendo o comprimiendo. - Describen las posibles geometrías del espacio-tiempo a escala global (cerrado, abierto y plano) y la posible finitud o infinitud del universo. - Explican lo conveniente de considerar el espacio-tiempo como una sola entidad, en vez de referirse separadamente al espacio y al tiempo, y que esta entidad es de cuatro dimensiones. - Analizan las posibilidades reales de viajar en el tiempo; por ejemplo, al futuro, al moverse cerca de un agujero negro.

### **Observaciones**

Se sugiere a los estudiantes que no vieron la película Einstein y Eddington en la unidad 1 sobre el cosmos, es una excelente oportunidad para verla y analizar algunos aspectos sobre la construcción del conocimiento científico y el contexto sociocultural. La película está disponible en internet. • Las dimensiones en Matemática corresponden (desde la mirada de la geometría). Por una parte, la consistencia de considerar el espacio-tiempo como una entidad de cuatro dimensiones, y, por otra, la necesidad de realizar (por medio de planos) cortes geométricos en espacios de cuatro dimensiones para ayudar a la imaginación.

**CIERRE:** ¿Qué te parecieron las actividades? ¿Cuánto tiempo necesitaste para desarrollar cada una de las actividades? ¿Qué dificultades tuviste? Descríbelas. ¿Cómo las superaste? ¿En qué piensas que debes mejorar?

**Referencia bibliográfica/links páginas web:**

- ✓ Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (2015). La Teoría de Relatividad General de Einstein. Universidad de Chile.  
[https://www.youtube.com/watch?v=Clb8O\\_itOZM](https://www.youtube.com/watch?v=Clb8O_itOZM);  
<https://www.youtube.com/watch?v=GTHdtrgoIbE>;  
<https://www.youtube.com/watch?v=vG1vXgDvvqY>;  
<https://www.youtube.com/watch?v=VTPZFXzUqZg>.
- ✓ Cosmo Educa Gravitación. <https://www.iac.es/cosmoeduca/gravedad/temas/g1.htm>
- ✓ S.N. (2018) Las ecuaciones de campo de la relatividad general. Cuaderno de Cultura Científica. <https://culturacientifica.com/2018/03/27/las-ecuaciones-de-campo-de-larelatividad-general/>

**ANOTA EN TU CUADERNO LA IDENTIFICACIÓN DE CADA CLASE, COMO TAMBIÉN EL DESARROLLO DE CADA UNA DE LAS CLASES Y ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE SUGERIDAS**

**SEAN EXTREMADAMENTE ORDENADOS, PONIENDO FECHAS, TÍTULOS DE LA ACTIVIDAD, ETC.**

**AL FINALIZAR CADA UNA DE SUS CLASES, DEBE TRANSCRIBIR ESTE CUADRO EN SU CUADERNO Y RESPONDER LAS PREGUNTAS QUE APARECEN EN ELLA.**

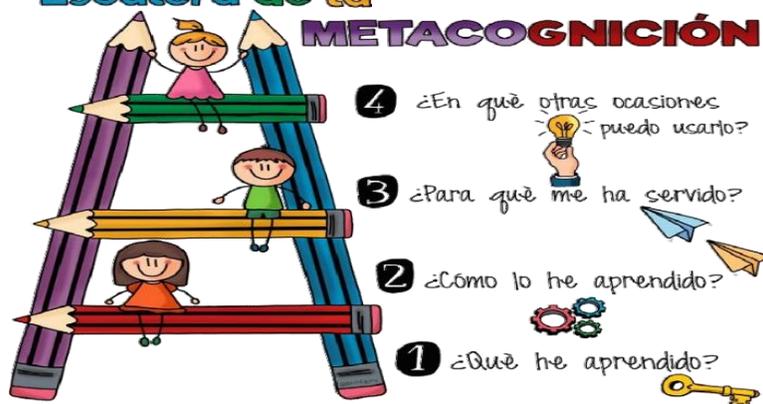
**Fuentes de información**

Recuerda que durante el proceso de aprendizaje debes recurrir al mayor número de fuentes de información y estrategias de estudio.



**Autoevaluación**

**Escalera de la METACOGNICIÓN**



**PAUTA INFORME DE FÍSICA**

PORTADA Y PRESENTACION	Tamaño y tipo de letra Presentación Nombre de la institución Asignatura, Nombre docente Título Nombre alumnos (2 máximo) o alumno (1 ), curso, Fecha	4 Pts	
INTRODUCCION	Señala Objetivos y metodología del trabajo, contextualiza al lector.	4 Pts	
MARCO TEORICO	La información es relevante acorde a la edad.  Están presentes las formulas, el fisico (breve biografía), tema a investigar Objetivo: Definiciones	12 Pts	
CONCLUSIONES	Concluye o da sugerencias pertinentes de acuerdo a las hipótesis y contenidos tratados en el informe	6 Pts	
ORDEN Y LIMPIEZA		3 Pts	
TOTAL		29 Pts	