

Actividad 4. ¿Qué nos aporta finalmente la física moderna?

PROPÓSITO DE LA ACTIVIDAD

Que los estudiantes reflexionen y reconozcan las repercusiones de la física moderna en sus diferentes ámbitos (filosóficos, científico-tecnológico) y cómo está presente en sus vidas cotidianas.

OBJETIVOS DE APRENDIZAJE

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.

OA 6

Valorar la importancia de la integración de los conocimientos de la física con otras ciencias para el análisis y la propuesta de soluciones a problemáticas actuales, considerando las implicancias éticas, sociales y ambientales.

OA b

Planificar y desarrollar investigaciones que permitan recoger evidencias y contrastar hipótesis, con apoyo de herramientas tecnológicas y matemáticas.

OA e

Construir, usar y comunicar argumentos científicos.

OA f

Desarrollar y usar modelos basados en evidencia, para predecir y explicar mecanismos y fenómenos naturales.

OA h

Evaluar la validez de información proveniente de diversas fuentes, distinguiendo entre evidencia científica e interpretación, y analizar sus alcances y limitaciones.

ACTITUDES

Participar asumiendo posturas razonadas en distintos ámbitos: cultural, social, político y medioambiental, entre otros.

Valorar las TIC como una oportunidad para informarse, investigar, socializar, comunicarse y participar como ciudadano.

DURACIÓN

12 horas pedagógicas.

DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD

Investigación

- Los estudiantes, reunidos en grupos, investigan en diferentes fuentes las aplicaciones científicas y tecnológicas de la relatividad especial de Einstein, de la teoría de la relatividad general, de la mecánica cuántica, y sus alcances en la sociedad y el ambiente.

Observaciones al docente

- Se sugiere que se organicen dos grupos para investigar las aplicaciones y alcances de la relatividad especial de Einstein, dos grupos para relatividad general, y dos grupos para mecánica cuántica. Se propone que cada grupo investigue por su propia cuenta hasta organizar lo pesquisado. En seguida, invitarlos a que se reúnan los dos grupos por tema, intercambien sus hallazgos y organicen la información con el uso de TIC para compartirlas posteriormente al curso. Para esto, pueden elegir a dos o tres representantes por tema, quienes tendrán la misión de enfatizar en las aplicaciones investigadas, considerando contextos e implicancias sociales, éticas y ambientales.
- Respecto de las utilidades de la teoría especial de la relatividad, se sugiere tener en cuenta y señalar que:
 - En situaciones en que hay grandes velocidades (como en la radiación cósmica y los aceleradores de partículas) estamos obligados a usar las ecuaciones de la relatividad especial.
 - La famosa expresión $E = mc^2$ permitió, por primera vez, entender el proceso a través del cual las estrellas evolucionan e iluminan durante tantos años; favoreció el diseño de reactores nucleares que permiten generar energía eléctrica y producir materiales radiactivos de usos medicinales; pero también permitió construir peligrosas armas nucleares. Es una oportuna instancia para enfatizar en las relaciones CTS y la importancia de la ética y la conciencia en el uso de los saberes científicos.
- Respecto de la utilidad de la teoría general de la relatividad, se sugiere tener en cuenta y señalar que:
 - Entre las aplicaciones a la cosmología hay que destacar, por ejemplo, el que las ecuaciones de la relatividad general implican que el universo no puede estar en equilibrio o ser estacionario como creían muchos científicos, entre ellos, inicialmente el propio Einstein, quien en algún momento introdujo la famosa constante cosmológica para explicar que el universo no hubiese colapsado.
 - Actualmente, gracias a observatorios de interferencia de rayos láser (como LIGO) con los cuales se están detectando las ondas gravitacionales, está siendo posible detectar catástrofes cósmicas como la fusión entre agujeros negros y la de estrellas de neutrones con agujeros negros. Posiblemente, en un futuro no muy lejano, se detectarán ondas gravitacionales provenientes del propio Big Bang.
 - También hay que abordar los GPS o sistemas de posicionamiento global y sus diversas aplicaciones. En cuanto a su funcionamiento, hay que destacar que ellos operan con base en una serie de satélites artificiales que, básicamente, son relojes de gran precisión y que, gracias a la exactitud de la teoría general de la relatividad, permiten conocer las posiciones. Entre sus usos hay que destacar la navegación terrestre, marítima y aérea (tanto civil como comercial, deportiva, turística, etc.). Bastantes dispositivos móviles y automóviles los incorporan en la actualidad, siendo de especial utilidad para encontrar direcciones. También resultan de gran importancia en geología; por ejemplo, para medir la deriva continental, monitorear volcanes y medir actividad sísmica. Asimismo, son de utilidad para rastrear personas perdidas, automóviles y computadores robados, mascotas extraviadas, entre otros.
- Respecto de las utilidades de la mecánica cuántica, se sugiere tener en cuenta y señalar que:
 - Desde la época de los sesenta, sus aplicaciones son las que más han impactado en las personas y en toda la sociedad, y que también serán las que determinarán más fuertemente el estilo de vida de las personas y de la sociedad en el futuro.
 - Por ejemplo, el diodo, el transistor y el circuito integrado permitieron la portabilidad de los dispositivos electrónicos (desde la radio a pilas, pasando por la calculadora electrónica hasta el moderno teléfono celular);
 - Los circuitos integrados de gran complejidad, como los procesadores, posibilitaron el manejo digital de gran cantidad de información y en forma cada vez más rápida y eficiente, lo que permitió almacenarla (discos duros, memorias de estado sólido y en la nube, entre otros) y transmitirla como se hace por internet, wifi; Bluetooth, entre otros.

- La luz láser, además de ser útil como puntero para los profesores, tiene gran importancia en la industria y en la observación astronómica (por ejemplo: en la denominada "óptica adaptativa", que permite minimizar las distorsiones propias de la atmósfera terrestre).
- Las tecnologías de los sensores remotos (temperatura, presión, humedad, rapidez de los flujos, contaminación, etc.) que se derivan de los progresos en mecánica cuántica están permitiendo poner en evidencia el comportamiento de los sistemas naturales y del cambio climático.
- La mecánica cuántica nos promete cambios mucho más revolucionarios en el procesamiento de información (con las computadoras cuánticas) y la industria, y en la medicina con la introducción de las nanociencias que, por medio de nano-robots, podrán actuar a niveles muy pequeños.
- No es necesario en esta actividad analizar cómo funcionan los transistores, los circuitos integrados ni los rayos láser, aunque puede ser interesante mostrar cómo ha evolucionado la electrónica desde las válvulas de vacío hasta la actualidad, para que se aprecie el proceso de miniaturización que ha tenido lugar durante el último siglo.

Conversatorio

- Aclaran mitos relacionados con la física moderna, considerando situaciones como:
 - En una reunión entre amigas y amigos se habla sobre diversos temas, desde diferentes puntos de vista. Uno de ellos dice: "Al final, no llegaremos a un acuerdo, ya que todo es relativo, como dijo Einstein". ¿Es esta aseveración coherente con lo propuesto por la teoría de la relatividad de Einstein?, ¿por qué?
 - Otra persona afirma: "Que el tiempo sea relativo, según Einstein, se evidencia en hechos como: si estamos entretenidos el tiempo parece transcurrir muy rápido, en comparación a cuando estamos aburridos, en que parece ir muy lentamente". ¿Es a esto a lo que se refiere la teoría de la relatividad?
 - Al rato, otra persona expresa: "Es que yo creo que esa persona tuvo un salto cuántico". ¿A qué se referirá con esto? ¿Será esto compatible con los principios de la mecánica cuántica?
 - Finalmente, llega otro amigo y les dice: "Hoy cambió radicalmente mi forma de ver la vida. Tuve una curación cuántica". ¿Se fundamenta esto desde la teoría cuántica?
- Estudian los problemas científicos que aún existen en la física moderna, y reflexionan a partir de algunas preguntas como:
 - Einstein dijo: "Dios no juega a los dados". ¿Y ustedes, qué opinan?, ¿Dios juega o no a los dados?
 - La gravedad cuántica, ¿es solo un sueño?
 - ¿Existirá una teoría que unifique la relatividad general y la mecánica cuántica?
 - ¿Cuáles son los alcances de la teoría de cuerdas?
 - ¿Qué pretende ser la teoría del todo? ¿Por qué muchos físicos en el mundo la buscan tanto?
 - ¿Por qué hay tantas distorsiones y abusos de información sobre, por ejemplo, la mecánica cuántica?
 - ¿Qué aspectos éticos, sociales y ambientales están relacionados con la física moderna?

Observaciones al docente

- Se sugiere que los estudiantes, antes del conversatorio, recopilen información a través de sus teléfonos celulares u otros medios, y que puedan leerla con calma para poder participar activamente del conversatorio.
- Asimismo, sería necesario invitarles a realizar un recorrido mental sobre el conjunto de actividades que han realizado anteriormente, y sobre cuáles han sido los conceptos y principios fundamentales en estudio.
- El hecho de que los estudiantes dominen más información no implica necesariamente una comprensión más amplia. Por eso, se recomienda recordar lo contra-intuitivo de la física moderna a la hora de la reflexión colectiva. Es importante favorecer un ambiente de libertad intelectual, pero cautelando el respeto en y para la diversidad, lo que ha sido fundamental para el desarrollo científico a lo largo de la historia.

- Existen diversos videos cortos y entretenidos sobre el tema en canales de YouTube, como Date un Voltio o Quantum Fracture.
- La información recabada por los estudiantes puede complementarse con lo siguiente:
 - Que con la famosa frase de Einstein "Dios no juega a los dados" no se discute un tema religioso, sino que la opinión de que él no creía en la mecánica cuántica. Cosa curiosa, dado que con la solución que encuentra al problema del efecto fotoeléctrico, se convierte en uno de los iniciadores de la misma física cuántica; pero que se entiende si se comprende que su teoría de la relatividad se desarrolla en un contexto de un determinismo absoluto y no probabilístico, como lo enseña la mecánica cuántica.
 - Otro problema importante en la actualidad es encontrar un vínculo entre la física cuántica y la teoría de la relatividad, lo que aún parece complejo. Ello se expresa como gravedad cuántica, y entre sus problemas parece estar que se requiere encontrar una partícula elemental asociada a la gravedad, denominada gravitón, pero que hasta el momento no ha sido encontrada.
 - Las teorías de la relatividad y la mecánica cuántica son los dos pilares de la física actual; estas cuentan con una cantidad impresionante de evidencias que las apoyan, pero, hasta el momento, no logran compatibilizarse. Es decir, no disponemos de una física cuántica relativista satisfactoria, pero se piensa que será encontrada próximamente y se la denomina "teoría del todo".
- Sería interesante alertar, por último, sobre los distintos usos y riesgos que plantean la internet y las redes Sociales; los cambios educacionales que se producen por disponer de una gran cantidad de información en la palma de nuestra mano, el problema de la privacidad de nuestras vidas, el problema de los Hackers y de la delincuencia informática, entre otros.

Comunicación de ideas y saberes

- Finalmente, los estudiantes tendrán la misión de diseñar algún recurso (ensayo, infografía, póster científico, novela, mapa conceptual u otro) que permita responder a la siguiente pregunta: ¿Cómo la física moderna contribuye a la reflexión y el debate sobre la naturaleza de la realidad? Se deberá considerar:
 - Aspectos históricos y filosóficos de las ciencias.
 - Crisis de la física clásica.
 - Límites de nuestros sentidos, lógica y percepción.
 - Evidencias científicas.
 - Dudas y desafíos por resolver.
 - Desarrollo científico y tecnológico.

Observaciones al docente

- Existen diversas maneras de socializar un entendimiento. Por eso, es esencial que, en esta última etapa, los estudiantes tengan libertad de expresarse de la forma en que más les acomode. Eso sí, cautelando la inclusión de los criterios señalados.
- Dada la diversidad de propuestas que se elaborará, sería interesante una instancia de socialización de los diseños a la comunidad educativa.
- Es imprescindible, finalmente, un recorrido metacognitivo sobre el proceso desarrollado, considerando los obstáculos, preguntas y sentimientos; oportunidades y desafíos identificados, y las dudas que aún persisten. De esta manera, podrá hacer que su posterior retroalimentación al trabajo sea más afectiva y efectiva.
- De ser posible, y considerando la autorización de los estudiantes, compartir los recursos didácticos en las redes sociales de la Sociedad Chilena de Enseñanza de la Física (SOCHEF).

Algunos indicadores para evaluar formativamente esta actividad pueden ser:

- Analizan críticamente las implicancias del conocimiento de la física moderna en la sociedad, la tecnología y los sistemas naturales.
- Evalúan la validez de información sobre física moderna proveniente de diversas fuentes.

RECURSOS Y SITIOS WEB



- Pérez Arellano, I., Torres Villa, R. (2009). *Nuevos paradigmas de la física moderna*. Esfinge. Recuperado de <https://www.revistaesfinge.com/ciencia/fisica/item/672-71nuevas-paradigmas-en-la-fisica-moderna>
- "El futuro será cuántico o no será": preguntas para entender qué es la física cuántica y cómo afecta nuestras vidas. Recuperado de <https://www.bbc.com/mundo/noticias-46833112>
- Solbes. J., Sinarcas, V. (2010). Una propuesta para la enseñanza aprendizaje de la física cuántica basada en la investigación en didáctica de las ciencias. *Revista de Enseñanza de la Física*, 57-85.