



Facultad de Educación

MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN
SECUNDARIA

Propuesta de Innovación: la Filosofía como Herramienta para
enriquecer la Física de 1º de Bachillerato

Innovation Proposal: Philosophy as a Tool to enrich in the 1st Year
High School Physics

Alumno: Martínez Lucas, Agustín

Especialidad: Física, Química y Tecnología

Director/a: Fernández Canales, Vidal

Curso académico: 2022-2023

Fecha: junio 2023

Introducción	5
Objetivos	9
Metodología.....	10
Tema 1: Cinemática.....	13
1.1 Aristóteles: los lugares naturales	14
1.1.1. Los lugares naturales de Aristóteles y la cinemática.	15
1.2. El ímpetu de Galileo	16
1.2.1 El “ímpetu” de Galileo y la cinemática.....	17
Tema 2: Dinámica.....	21
2.1 El determinismo.	21
2.1.1. Determinismo y dinámica.	24
Tema 3: Estática.	28
3.1 El ideal griego.	28
El movimiento perfecto de Platón.	30
3.1.1 Ideal Griego y estática.....	31
Tema 4: Energía.....	34
4.1 Concepto de energía de Aristóteles.....	35
4.1.1 "Energeia" y la energía.....	37
Tema 5: Termodinámica.	40
5.1 Método Inductivo de Bacon. Temperatura y movimiento.	40
5.1.1 Bacon y la termodinámica.	42
Conclusiones	45
Bibliografía	48

Resumen

El presente trabajo presenta una propuesta educativa en la que se entrelazan la filosofía y la física, y se contextualiza en un grupo de 1º de bachillerato de la asignatura de física. El objetivo principal del trabajo es una mayor comprensión de la materia de física, entendiendo los cimientos de los contenidos de la misma, más allá de la simple aplicación en los clásicos problemas cómo se acostumbran a trabajar las materias científicas. Para ello, se han analizado distintas corrientes filosóficas y se ha reflexionado acerca de éstas y su relación con el temario de física. Mediante esta metodología se logran asumir otros objetivos, no menos importantes, como el pensamiento crítico del estudiante y el interés en formar parte de su proceso de enseñanza-aprendizaje.

PALABRAS CLAVE

Física, bachillerato, filosofía, multidisciplinar

Abstract

The present work shows an educational proposal in which philosophy and physics are intertwined. It is contextualized in an A levels 1st year group and corresponds to the subject of physics. The main objective of the proposal is a better/higher comprehension in the subject of physics, as well as its foundations beyond the simple application in the classic scientific subjects problems. In order to achieve this, we have analyzed different philosophical currents reflecting on them so we can relate them to physics "curriculum"/agenda. Lastly, but not less important, it is possible to assume other objectives through this methodology, such as the critical thinking of the students and the interest in being part of their teaching-learning process.

KEY WORDS

Physics, 1st year high school, philosophy, multidisciplinary

Introducción

Tradicionalmente, el concepto de la educación en nuestro país, tanto desde la institución como desde los agentes implicados en la misma, se definía generalmente como la superación de unos determinados contenidos siempre ligados a una materia concreta del conocimiento. De este modo, las competencias que se esperaba que fueran logradas por los alumnos se limitaban a las propias de cada materia. A esto se refería Braidotti (2017), como modelo “fordista” de la educación, que representaba una cadena de producción de bienes académicos de masas.

La LOMLOE, por otra parte, propone una integración curricular, abriendo la posibilidad de agrupar las asignaturas por ámbitos, así como promoviendo el aprendizaje multidisciplinar y haciendo énfasis en trabajar por proyectos y de manera colaborativa. Cabe resaltar también, que la educación deja de tener un papel marcadamente dirigido a la consecución de ciertos conocimientos aislados, sino que la intencionalidad de la nueva ley es crear ciudadanos capaces de razonar críticamente y listos para formar parte de una sociedad cada vez más globalizada y abierta, es decir, en constante cambio.

Este trabajo pone el foco en la parte de física de la asignatura de física y química de 1º de bachillerato. Al revisar las competencias específicas de física en bachillerato, según la LOMLOE, podemos observar varias de ellas que apelarían y darían espacio y justificación para trabajar contenidos de filosofía dentro de la materia de física.

En la primera competencia específica para la materia de física encontramos la siguiente descripción: “a partir de la comprensión de las implicaciones de la física en otros campos de la vida cotidiana, consigue formarse una opinión fundamentada sobre las situaciones que afectan a cada contexto, lo que es necesario para desarrollar un pensamiento crítico y una actitud adecuada para contribuir al progreso a través del conocimiento científico adquirido”. (*BOE.es - BOE-A-2022-5521 Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato.*, 2022), en

adelante (LOMOLE, 2022). Entonces, la filosofía tiene cabida en la asignatura de física porque es la materia por excelencia encargada del desarrollo del pensamiento crítico, y, por tanto, ayudaría en la consecución de esta competencia.

Asimismo, la competencia específica número 5, (LOMLOE, 2022): “poner en valor el papel de la física en una sociedad basada en valores éticos”. De la misma manera que ocurre con el pensamiento crítico, la ética y la filosofía están íntimamente relacionadas.

La siguiente competencia, la número seis, es mucha más explícita en este aspecto, y dice: “Reconocer y analizar el carácter multidisciplinar de la física, conservando su relevante recorrido histórico y sus contribuciones al avance del conocimiento científico como un proceso en continua evolución e innovación, para establecer unas bases de conocimiento y relación con otras disciplinas científicas” (LOMLOE, 2022). De este modo, si tratamos de entender el recorrido histórico de la física, son los primeros filósofos los que a su vez intentaban comprender la *physis* (naturaleza) y por ello se dice que eran *fisicalistas*, ya que, para revelar los misterios naturales, era necesario desarrollar la física. Por otra parte, esta competencia da lugar a poder relacionar la física con otras disciplinas como, en este caso, la filosofía que es una ciencia teórica, también denominada como ciencia especulativa. Una de las barreras que existe en este sentido, es el propio profesorado, pues “se forma según un modelo consecutivo: primero es especialista en una materia científica o disciplinar. Posteriormente, la formación pedagógica, que ha tenido, en general, una valoración negativa y una corta duración” (Bolívar, 2015).

Desde otro punto de vista, más allá de la nueva ley de educación, con esta propuesta se pretende despertar el interés del alumnado y con ello facilitar el aprendizaje, haciendo converger dos materias que a simple vista parecen estar en polos opuestos de la enseñanza y, de esta forma, evitar el riesgo del exceso de especialización (López, 2012). La física, una de las ciencias puras, y una ciencia teórica, como la filosofía, pueden presentar a simple vista características

opuestas en el proceso de enseñanza-aprendizaje, y ponerlas en común, puede resultar en un nicho de oportunidad para ambas.

El alumnado tiene, en general, dificultades para comprender la filosofía, la oratoria de los autores se percibe como compleja y enrevesada, a veces, no llegando a entender bien que está queriendo decir el texto con el que se trabaja. Esto ocurre con más frecuencia en el alumnado que escoge la rama científica en bachillerato, ya que, por lo general, perciben las asignaturas de humanidades como menos importantes y más tediosas.

A su vez, la física también suele devenir en una de las asignaturas “duras” para los educandos. Esta materia requiere mayor nivel de abstracción, y muchas veces, por no decir en la mayoría de los casos, se intenta aprobar de manera mecanicista, resolviendo muchos ejercicios de cada tema para poder tener cada posible caso memorizado de cara a un examen, pero sin llegar a comprender por qué se resuelven las cosas de una determinada manera, quedando bloqueados cuando se les plantea un ejercicio que no han trabajado, aunque sí hayan visto las leyes que se necesitan para realizarlo.

Koyré (1994), en su libro *pensar en la ciencia*, dice: “la influencia de las concepciones filosóficas sobre el desarrollo de la ciencia ha sido tan grande como el de las concepciones científicas en el desarrollo de la filosofía”. El mismo autor destaca que, tradicionalmente se le ha dado más importancia a cómo ha contribuido el pensamiento científico al desarrollo de la filosofía y no al revés, y se opone a esta idea, presentando la filosofía como los cimientos sin los cuales la ciencia no se hubiera podido desarrollar.

En este sentido, Descartes, filósofo y matemático francés del siglo XVII gracias al cual arranca la filosofía moderna, según Morocho (2021) y quién hizo las contribuciones más importantes en el campo de la geometría desde Euclides, planteó la metáfora del árbol del conocimiento, según la cual toda la filosofía es como un árbol de cuyo tronco emergen las diversas ciencias como si fueran ramas. Las raíces del árbol son la metafísica que sirven como base filosófica y epistemológica para todos los demás campos del conocimiento. El tronco correspondería a la física y las ramas las aplicaciones prácticas del conocimiento

derivado de la física. Según esta visión jerárquica del conocimiento, Descartes consideraba que cualquier individuo debía dedicar un tiempo de su vida a estudiar la filosofía y específicamente la metafísica, para comprender mejor cualquier otra ciencia a la que quisiera adscribirse.

Por su parte, Ortega y Gasset, uno de los filósofos más influyentes de España en el siglo XX, en “la misión de la universidad” señala la necesidad de relacionar los contenidos especializados con la vida y cultura de los pueblos, para evitar formar bárbaros tecnificados.

Por tanto, cómo ya se ha expuesto, este trabajo trata en primer lugar de utilizar la filosofía para mejorar la competencia en física y para que el alumnado vea que las materias no son únicas e indivisibles, sino que existe conexión entre ellas. Del mismo modo, aunque el trabajo no se focaliza en esto, se espera que indirectamente mejore el interés por la filosofía al poner en un escenario como este, pues de otra manera no podría llevarse a cabo la propuesta.

Objetivos

- Comprender la relación entre filosofía y física: Explorar los fundamentos filosóficos de la física para entender cómo los conceptos y teorías físicas han evolucionado en el tiempo, y cómo la filosofía ha jugado un papel en este desarrollo.
- Aplicar conceptos filosóficos a la física: Utilizar ideas y teorías de la filosofía para analizar y entender de manera más profunda los conceptos de física de primero de bachillerato.
- Desarrollar habilidades de pensamiento crítico y analítico: Fomentar la capacidad de cuestionamiento, análisis y razonamiento mediante la aplicación de principios filosóficos a la física.
- Explorar las consecuencias filosóficas de la física en nuestra cultura: Analizar cómo la física y su interpretación filosófica afectan a nuestra comprensión del mundo y cómo interactuamos con él.
- Fomentar la comprensión conceptual: Alentar a los estudiantes a trascender la memorización de formular y hechos en la física, utilizando la filosofía para promover una comprensión más sólida.
- Incorporar la historia de la ciencia: Incluir perspectivas históricas en la enseñanza de la física para entender cómo las ideas filosóficas han influido en el desarrollo de las teorías físicas.
- Promover un marco multidisciplinar: Mostrar cómo la física y la filosofía pueden interactuar y enriquecerse mutuamente, destacando la importancia de enfoques multi o interdisciplinarios en la educación.
- Aportar material educativo: Crear una propuesta con una serie de recursos didácticos que sirva de guía y ejemplo para combinar la física y la filosofía, de manera que pueda ser utilizado por otros docentes en el futuro.

Metodología

Este trabajo, va a requerir de la utilización de ciertas metodologías, que se adecuen, por su enfoque multidisciplinar, a la consecución de los objetivos de la forma más conveniente posible.

En primer lugar, cabe destacar que, en el enfoque de este trabajo no se han tenido en cuenta el uso de tecnologías para la educación. Aunque podrían utilizarse, por ejemplos, vídeos de apoyo que introduzcan, por ejemplo, quién era un determinado filósofo, se ha despreciado esta idea con la intención de que el alumnado ponga en marcha el razonamiento sin apoyo de este tipo de soportes tecnológicos, a los que están de sobra acostumbrados, y quizás por esto también, pudieran prestar menos atención.

No es objetivo de este trabajo debatir sobre el uso de la tecnología actual en educación, si bien, me gustaría destacar que novedoso no es sinónimo de innovador y creo que la investigación educativa se obsesiona con defender que los procesos de enseñanza-aprendizaje mejoran con el uso de las TIC. Por supuesto, hay momentos y materias en las que tiene cabida, y muchos tipos de tecnología, pero siendo uno de los grandes problemas de la sociedad contemporánea la relación abusiva con la utilización de aparatos electrónicos, no creo que aplicar su uso también en educación sea conveniente.

En segundo lugar, la propuesta que se incluye en estas páginas no pretende que se realice una evaluación en el momento en que se impartiera en las aulas. La naturaleza de la misma surge con la intención de ofrecer, con carácter introductorio, herramientas para posteriormente abordar el tema que sea menester con mayor solidez conceptual.

La dinámica de trabajo en el aula funcionaría del mismo modo en el que se desarrollan los apartados en el cuerpo de este trabajo (tema 1, tema 2, tema 3...). La estructura es la siguiente: el primer día de cada tema, la sesión se dedica a trabajar la propuesta. Al inicio de la clase, se ofrece un resumen de los contenidos que se trabajarán en el tema correspondiente, y explicaciones muy

breves de los mismos. A continuación, se habla de la corriente filosófica en cuestión y del autor que la propone.

Para finalizar, se pone en marcha la parte más importante y la que da sentido al trabajo: muy en la línea del método socrático, se plantean preguntas que aborden tanto el contenido filosófico como los contenidos del temario de física, promoviendo que el alumnado aporte las respuestas de manera autónoma y se pongan en común las mismas, llegando a las reflexiones que se esperan, conduciéndolo para ello, si fuese necesario, es decir, haciendo de guías y ofreciendo las pistas necesarias. En este sentido, cabe la posibilidad de dividir la clase en subgrupos, dependiendo del número de alumnos que la conformen, para que cada grupo explore las respuestas y realizar posteriormente una puesta en común. Este proceder va en línea con “el interés metodológico de dialogar con jóvenes de bachillerato, de darles el uso de la voz como un ejercicio indispensable para desarrollar sus habilidades de reflexión y justificación” (Preciado, 2022).

De este modo, buscamos que el alumnado, de manera distendida, pueda acercarse al conocimiento sobre el cuál gira el tema, en una tarea no evaluable que busca el mero placer de aprender. Veremos en las siguientes páginas cómo tratamos de descubrir/descifrar/entender las ecuaciones que nos competen, sin que, a priori estemos centrando el trabajo en las mismas, sino en reflexionar acerca de cómo una teoría filosófica tiene relación con éstas.

Según los motivos expuestos y acorde a la justificación realizada en la introducción de este trabajo, las metodologías que se emplearán son las siguientes:

- Aprendizaje cooperativo: es una metodología que enfatiza en la interacción de los estudiantes en grupos pequeños, con el fin de lograr metas de aprendizaje compartidas. Los estudiantes trabajan juntos para aprender y son responsables del aprendizaje de los demás, no solo del propio.

- Debate: los estudiantes, junto con la figura docente, discutirán cuál es la respuesta a las preguntas de reflexión que engloban las disciplinas de física y filosofía. Paralelamente, con esta metodología se favorecerá la convivencia, el respeto y la escucha activa.

- Aprendizaje autónomo: Este enfoque se centra en permitir que los estudiantes tomen la iniciativa en su propio aprendizaje. Con el tipo de preguntas a las que se van a enfrentar los estudiantes, tendrán que indagar autónomamente en la solución, den o no con la respuesta correcta.

- Indagación: mediante esta estrategia pedagógica, se fomenta el aprendizaje activo a través de la exploración dirigida de preguntas o problemas.

Tema 1: Cinemática.

El tema de cinemática trata sobre los conceptos básicos del movimiento, centrándose en la descripción y análisis de los objetos en movimiento sin considerar las causas que lo producen:

- Movimiento rectilíneo uniforme (MRU): describe el movimiento de un objeto en línea recta y cuya velocidad es constante.
- Movimiento rectilíneo uniformemente acelerado (MRUA): este tipo de movimiento se refiere al de un objeto en línea recta cuya aceleración, en este caso, es constante. Dentro de este tipo de movimiento se encuentran las caídas libres y los tiros verticales.
- Tiro parabólico: se trata de objetos cuya trayectoria describe una parábola, lanzados con una velocidad inicial que generalmente tendrá componentes tanto verticales como horizontales, al descomponer el movimiento en estos componentes, podrá ser analizado como la composición de dos movimientos rectilíneos.
- Movimiento circular uniforme: cubre el movimiento de un objeto en una trayectoria circular a una velocidad angular constante. Esto significa que el objeto cubre ángulos iguales en iguales intervalos de tiempo alrededor del punto central del círculo.
- Movimiento circular uniformemente acelerado: es el movimiento de una partícula o cuerpo sólido con una trayectoria circular, cuya velocidad aumente o disminuya de forma constante en cada unidad de tiempo (aceleración angular constante).

Para poder resolver los ejercicios sobre los movimientos que se han comentado en el párrafo anterior, será imprescindible saber aplicar vectores de desplazamiento, trayectorias (posiciones cuando un cuerpo se mueve), distancia o espacio recorrido, velocidad y aceleración. Por tanto, estos aspectos definen los conceptos claves que necesitamos entender como base para tener una comprensión sólida de la temática en cuestión. Al manejar estos principios

básicos se podrán aplicar las ecuaciones para describir y predecir el comportamiento de los objetos en movimiento.

1.1 Aristóteles: los lugares naturales

Aristóteles (384 a.C. - 322 a.C.) fue un filósofo griego considerado una de las figuras más importantes en la historia del pensamiento occidental, siendo discípulo de Platón y maestro de Alejandro Magno. Fundó su propia escuela en Atenas y en sus escritos trató de explicar todos los aspectos del mundo natural y humano, abarcando disciplinas como la física, biología, metafísica, lógica, ética, estética...

Según Aristóteles, en su obra "Física", los objetos en la tierra ocupan su lugar natural, y su lugar natural está determinado por su composición y características inherentes. Aristóteles argumentaba que cada elemento (tierra, agua, aire y fuego) tenía un lugar natural al que tendía a moverse.

Por ejemplo, consideraba que la tierra, por su naturaleza pesada, tenía su lugar natural en el centro del universo, mientras que el agua ocupaba el lugar natural justo por encima de la tierra. El aire se encontraba por encima del agua, y el fuego, el elemento más liviano, tenía su lugar natural en la parte superior.

Aristóteles también sostenía que los objetos en movimiento tienden a buscar su lugar natural. Por ejemplo, si un objeto más pesado que el aire, como una piedra, se arrojara hacia arriba, siempre caerá hacia abajo porque su lugar natural está en la tierra. Esto se debía a que los objetos buscaban su lugar natural y se movían hacia él.

Estas ideas, fueron formuladas en un contexto determinado, desde la visión cosmológica y filosófica de Aristóteles, y no se corresponde necesariamente con nuestra comprensión moderna de la física y la naturaleza.

1.1.1. Los lugares naturales de Aristóteles y la cinemática.

Aunque los detalles específicos y las formulaciones de Aristóteles eran incorrectas, él estaba tratando de abordar algunas de las mismas preguntas fundamentales sobre cómo y por qué se mueven los objetos.

En este sentido, a modo introductorio para este primer tema de física, se podría argumentar que la física de Aristóteles es un antecedente histórico de la cinemática moderna, trazando un camino tanto a nivel histórico como conceptual desde la visión de Aristóteles hasta los principios básicos de la cinemática.

En otro sentido, y desde mi experiencia personal, me parece muy adecuado tratar también los sistemas de referencia con este tema. Al llegar a la física de bachillerato suele ser uno de los conceptos que resultan abstractos para el alumnado. De este modo, se puede reflexionar acerca de cómo Aristóteles ofrece una perspectiva filosófica sobre la posición y la tendencia de los objetos en el cosmos, mientras que la cinemática proporciona herramienta y métodos para describir y analizar el movimiento de los objetos, utilizando una referencia espacial y un sistema de coordenadas.

Por último, podríamos reflexionar sobre qué ha cambiado desde las ideas de Aristóteles hasta nuestro conocimiento actual de la física.:

- ¿Qué conceptos describe la cinemática para explicar los movimientos?

Aquí podemos detallar los conceptos de velocidad, aceleración, distancia y tiempo. Esto servirá para entender mejor cómo se resuelven los problemas de cinemática en las siguientes sesiones.

- ¿Cómo explicaría Aristóteles el movimiento de un objeto que sigue un camino recto (como una flecha lanzada al aire) en términos de “lugares naturales”? ¿Cómo se compararía esto con la explicación de un movimiento rectilíneo uniforme (MRU) en la cinemática moderna?

La idea de Aristóteles de “lugares naturales” sugiere que un objeto se moverá de acuerdo a su naturaleza intrínseca para buscar su lugar adecuado en el universo. En su perspectiva, un objeto en movimiento recto como una flecha disparada en el aire, estaría luchando contra su lugar natural. Por ejemplo, si la flecha estuviera hecha de madera, una vez que la fuerza inicial que la impulsó se agotara, comenzaría a caer al suelo, ya que la tierra es el lugar natural de la madera según Aristóteles. Este descenso al suelo sería visto como la flecha volviendo a su “lugar natural”.

Por su parte, la cinemática moderna, basada en las leyes del movimiento de Newton, no hace ninguna suposición sobre un “lugar natural”. Un objeto que se mueve en una línea recta a velocidad constante se describe como movimiento rectilíneo uniforme (MRU). Según la primera ley de Newton, también conocida como ley de inercia, un objeto en movimiento tiende a mantenerse en este a una velocidad constante en una línea recta, a menos que una fuerza externa actúe sobre él. En el caso de una flecha disparada en el aire, la gravedad y resistencia del aire son las fuerzas que eventualmente detienen el movimiento de la flecha, no un deseo innato de la flecha de llegar a su “lugar natural”.

De esta manera, escapamos de la enseñanza tradicional de la materia de física, con la esperanza de que los alumnos empiecen el tema con la mente abierta y despierta. Dejamos atrás la física cómo un ente aislado y permitimos que el alumnado adopte un rol más activo, en el que una visión global ayude a la reflexión y al espíritu crítico.

1.2. El ímpetu de Galileo

Galileo (1564-1642) fue un científico italiano y una figura destacada en la historia de la ciencia. Es conocido principalmente por sus contribuciones en astronomía, física y matemáticas, y es considerado uno de los padres de la revolución científica.

En la física medieval, el ímpetu era una propiedad que se creía que mantenía a los objetos en movimiento. Este concepto se introdujo como un intento de explicar ciertos fenómenos que no podían ser explicados adecuadamente por la

física aristotélica. Así, cuando se aplica fuerza a un objeto, se decía que éste adquiere una cierta cantidad de ímpetu que luego mantiene al mismo en movimiento después de que la fuerza original ha cesado. De esta manera los físicos medievales explicaban fenómenos como el vuelo de una flecha o el movimiento de un péndulo.

Aunque Galileo Galilei no utilizó explícitamente el término “ímpetu”, sus teorías y experimentos propusieron conceptos similares que sirvieron de base para la física moderna y las leyes del movimiento de Newton. Los experimentos y observaciones de Galileo sobre la caída de los cuerpos y el movimiento de proyectiles llevan implícita la idea del “ímpetu”.

Uno de los experimentos más famosos de Galileo fue el de la Torre inclinada de Pisa, donde demostró que dos cuerpos de diferente peso caen al suelo a la vez en ausencia de resistencia del aire. Galileo también realizó experimentos y observaciones sobre el movimiento de los proyectiles. Observó que los proyectiles siguen una trayectoria parabólica y que su movimiento puede descomponerse en dos componentes independientes, uno horizontal y otro vertical. Este trabajo fue crucial para el desarrollo de la física moderna y las leyes del movimiento de Newton.

Por tanto, Galileo se apartó de la idea aristotélica de que los cuerpos en movimiento cesan de moverse de forma natural. En cambio, postuló que un objeto en movimiento continuará moviéndose a una velocidad constante en línea recta a menos que una fuerza externa actúe sobre él.

1.2.1 El “ímpetu” de Galileo y la cinemática.

Ahora que ya tenemos claro cómo se explica el concepto de ímpetu y la física de Galileo, ¿Cómo podemos utilizar esto en la cinemática de primero de bachillerato?

Una de las partes fundamentales de la cinemática es explicar la caída libre. Así, Galileo fue pionero en el estudio de la aceleración, en especial en su análisis de la caída libre de los objetos, descubriendo que todos caen al suelo con la misma

aceleración, independientemente de su masa, si no hay resistencia del aire. Esta aceleración constante se representa con el símbolo g y es un concepto clave en el estudio del movimiento acelerado.

Galileo desarrolló una ley de caída libre en la cual estableció que la distancia que recorre un objeto desde su posición en reposo era proporcional al cuadrado del tiempo que ha estado cayendo. Esta aceleración constante se representa con el símbolo g y es un concepto clave en el estudio del movimiento acelerado.

Aunque la gravedad suele ser bien entendida por los alumnos, explicar cómo se llega a su descubrimiento nos permite profundizar en el entendimiento de la misma.

De esta manera, gracias a Galileo, Newton formuló la ley universal de la gravitación, calculando la aceleración aproximada de $9,8 \text{ m/s}^2$ cerca de la superficie de la tierra, medida que es la base para los cálculos modernos de la gravedad terrestre.

Siguiendo en esta línea y como hemos explicado en el punto anterior, ¿Cómo llega Newton a desarrollar su primera ley? La primera ley de Newton establece que un objeto en movimiento tiende a permanecer en movimiento y un objeto en reposo tiende a permanecer en reposo, a menos que una fuerza externa actúe sobre él. Este desarrollo fue posible gracias al concepto que comentábamos de “ímpetu” al sugerir Galileo que los objetos en movimiento no se detienen por sí solos a menos que una fuerza externa los detenga.

Por último, y quizás la parte en la cual los alumnos muestran más dificultades, es la de trabajar en dos dimensiones. Así, se puede acabar la parte de filosofía de este tema explicando como Galileo fue pionero en el estudio del movimiento en dos dimensiones, particularmente en su análisis del movimiento de los proyectiles, apartado que se trata en este tema. Enseñar a los alumnos como Galileo demostró que el movimiento vertical y horizontal de un proyectil son independientes entre sí, proporcionará una buena base de entendimiento para la comprensión posterior por parte del alumnado.

En esta línea, algunas de las preguntas que se podrían trabajar con el alumnado para abordar la cinemática a través de la idea de “ímpetu” de Galileo, son:

- ¿Cómo describiría Galileo el movimiento de un objeto que se lanza en el aire y luego cae de nuevo al suelo? ¿Cómo se compararía esto con las ecuaciones de movimiento que aprendemos en la cinemática?

Galileo, describiría el movimiento de un objeto lanzado en el aire (como podría ser una pelota) en dos fases: el ascenso y la caída.

Según Galileo, durante la fase de ascenso, el objeto pierde parte de su “ímpetu” inicial debido a la fuerza de la gravedad que actúa en dirección opuesta a su movimiento. Este “ímpetu”, según Galileo, era lo que mantenía al objeto en movimiento.

Una vez que el objeto alcanza su punto más alto (la cima de la parábola), todo su ímpetu inicial se ha gastado. Luego comienza la fase de caída. Aquí el objeto no simplemente cae recto hacia abajo, sino que continúa moviéndose hacia adelante mientras cae, describiendo una trayectoria parabólica. Según Galileo, esto se debe a que el objeto ha adquirido un nuevo ímpetu a través de la caída libre.

Si comparamos esto con las ecuaciones que aprendemos en cinemática, vemos que la descripción de Galileo era bastante precisa. Según las leyes de Newton, un objeto lanzado en el aire experimentará una aceleración constante hacia abajo debido a la gravedad (lo que Galileo describía como pérdida de ímpetu), y su trayectoria será una parábola.

- Galileo descubrió que la distancia que recorre un objeto en caída libre es proporcional al cuadrado del tiempo transcurrido. ¿Cómo se relaciona este descubrimiento con las ecuaciones de movimiento que se enseñan en la cinemática?

El descubrimiento de Galileo de que la distancia recorrida por un objeto en caída libre es proporcional al cuadrado del tiempo transcurrido es fundamental para la cinemática moderna. Esta observación de Galileo se convierte en la

ecuación de movimiento para un objeto en caída libre, que es uno de los aspectos clave de la cinemática.

En la cinemática moderna, la ecuación que describe el movimiento de un objeto en caída libre (ignorando la resistencia del aire) es: $y = H + \frac{1}{2} g \cdot t^2$, donde:

- y: posición final del objeto
- H: la altura en la que el objeto se encuentra al inicio del movimiento
- g: aceleración debida a la gravedad
- t: intervalo de tiempo durante el cual se produce el movimiento

De este modo, vemos que esta ecuación es herencia o aplicación directa del descubrimiento de Galileo. Demuestra que la distancia que recorre un objeto que cae no es lineal con respecto al tiempo, sino que en cambio, es proporcional al cuadrado del tiempo que ha estado cayendo, ya que la aceleración es constante ($9,8 \text{ m/s}^2$ en la superficie de la tierra).

Tema 2: Dinámica.

La dinámica es una rama de la física que se ocupa de la relación entre el movimiento y las causas que lo producen (fuerzas). En primero de bachillerato se centra sobre todo en las leyes del movimiento de Newton, que son fundamentales para entender cómo las fuerzas afectan al movimiento de los objetos.

Los conceptos clave que se estudian en este tema son:

- Fuerza: se define como una magnitud vectorial (dirección, magnitud y sentido) que mide la intensidad de la interacción entre dos cuerpos.
- Leyes de Newton: se enseñan las tres leyes del movimiento de Newton.
- Fuerzas de rozamiento: son aquellas que se oponen al movimiento relativo entre dos superficies de contacto.
- Gravitación universal: se presenta la ley de gravitación universal de Newton, que describe la fuerza de atracción gravitatoria entre dos objetos con masa.
- Diagramas del cuerpo libre: representación gráfica para analizar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo libre.

2.1 El determinismo.

El determinismo es una teoría filosófica que defiende que todos los eventos están determinados por causas anteriores. Estas causas se pueden rastrear hasta eventos previos en una cadena ininterrumpida que se remonta hasta la creación del universo.

Según esta teoría, si conociéramos todas las condiciones iniciales y las leyes naturales que rigen el universo, podríamos predecir con certeza absoluta el curso de los acontecimientos futuros.

Por tanto, el determinismo implica una visión del mundo en la que el libre albedrío estaría restringido. Todas nuestras acciones y decisiones son el resultado necesario de las condiciones que nos rodean y de las leyes que rigen el universo.

Esto significa que nuestras elecciones no son producto de un razonamiento libre, sino que están determinadas por factores que escapan a nuestro control.

Veamos ahora desde que puntos de vista puede abordarse el determinismo:

- Determinismo físico o causal.

Se basa en las leyes de la física y sostiene que todas las acciones y sucesos en el universo son el resultado de condiciones anteriores y leyes físicas. Esta forma de determinismo se remonta a la antigüedad clásica y se refuerza con la física newtoniana.

El determinismo físico es la base de los principios científicos de causalidad y predictibilidad. Sostiene que, si conocemos todas las condiciones presentes en un sistema dado, podemos predecir todos los estados futuros de ese sistema. Así si todo el universo está sujeto a leyes físicas, el universo es, por tanto, determinista.

- Determinismo biológico.

El determinismo biológico sostiene que nuestro comportamiento y características físicas están determinados por nuestros genes. Este enfoque reduce la personalidad, las preferencias, y en última instancia, la elección, a la biología y la genética. De este modo, los procesos mentales y las decisiones humanas incluidas pueden reducirse a interacciones físicas y químicas en el cerebro. En este sentido, Richard Dawkins, en su libro "El gen egoísta" (1976), afirma que las acciones que llevamos a cabo son en gran parte el resultado de los genes que buscan su propia replicación.

- Determinismo psicológico.

Este tipo de determinismo sostiene que nuestro comportamiento y nuestras decisiones están moldeados por nuestra psicología. Nuestro entorno, nuestras

experiencias pasadas, nuestros recuerdos y nuestra percepción del mundo juegan un papel crucial en esta forma de determinismo. Así, en “la interpretación de los sueños” (2013), Freud argumenta que nuestras acciones están dictadas por deseos y experiencias inconscientes.

- Determinismo social o cultural.

El determinismo social, por su parte, sostiene que nuestro comportamiento y nuestras decisiones, están moldeados por la sociedad y la cultura en la que vivimos. Nuestras normas sociales, costumbres, valores y creencias juegan un papel fundamental en la configuración de nuestras decisiones y comportamientos.

- Determinismo teológico o predestinación

La predestinación es una forma de determinismo teológico, que sostiene que todos los sucesos están predestinados por Dios o una divinidad. En este punto de vista, todas sus acciones y sucesos están ya planeados y decididos por una entidad superior.

Por otra parte, el determinismo ha sido objeto de críticas y desafíos filosóficos a lo largo de la historia. Uno de los principales argumentos en contra del determinismo es sobre el concepto que hemos comentado previamente, el del libre albedrío. Los defensores del libre albedrío sostienen que tenemos la capacidad de tomar decisiones conscientes y que estas decisiones no están totalmente determinadas por factores externos, además, si aceptamos el determinismo esto nos eximiría de la responsabilidad moral. Algunos filósofos como Daniel Dennett han intentado reconciliar el determinismo con el libre albedrío, una postura conocida como “compatibilismo”. En su libro “La libertad de acción: un análisis de la exigencia de libre albedrío” (1992), Dennett argumenta que el determinismo es compatible con la idea del libre albedrío. Para

Dennett, nuestro comportamiento está determinado, sigue una cadena causal física determinada, pero no lo ve desde un punto de vista derrotista, pues considera que hay opciones, alternativas.

Otro desafío al determinismo proviene de la física cuántica, que introduce un elemento de indeterminación en el nivel subatómico, de aleatoriedad. Según el principio de incertidumbre de Heisenberg, existen límites fundamentales para la precisión con la que se pueden conocer simultáneamente ciertas propiedades físicas, como la posición y el momento de una partícula. Esto implica que, incluso si tuviéramos información completa sobre las condiciones iniciales, todavía habría límites para nuestra capacidad de predecir con certeza el comportamiento futuro de las partículas subatómicas.

2.1.1. Determinismo y dinámica.

El determinismo, como hemos dicho, es un concepto filosófico que sostiene que todas las cosas, incluyendo eventos y las acciones humanas, son causadas por algo y que, por lo tanto, se pueden predecir. En el campo de la física, este principio se aplica en la idea de que si conocemos las condiciones iniciales de un sistema y las leyes que lo rigen, podemos predecir su comportamiento futuro.

Así, tras explicar la base teórica del tema 2 y el determinismo, podemos plantear preguntas al alumnado para llevar a una puesta en común de sus respuestas que nos ayude a comprender los contenidos de esta área de la física. Algunas de las preguntas que podemos realizar son:

- Si sabemos la velocidad y dirección de un objeto en un momento determinado, ¿Podemos predecir su posición futura? ¿Cómo se relaciona esto con el determinismo?

La respuesta que buscamos es que, debido a las leyes del movimiento de Newton, si conocemos la velocidad inicial y la dirección de un objeto en un momento determinado, y si tenemos conocimiento de todas las fuerzas que

actúan sobre ese objeto, sí podemos predecir su posición futura. Esto encajaría con la idea del determinismo que hemos trabajado previamente.

Además, se pediría si pueden ejemplificar con algún caso práctico, como, por ejemplo, el lanzamiento de una piedra con una velocidad y dirección determinada, si sabemos la aceleración de la gravedad, podemos usar las ecuaciones del movimiento para predecir dónde y cuándo aterrizará la piedra.

- Por tanto, visto lo anterior, ¿Cómo la segunda ley de Newton, que relaciona la fuerza, la masa y la aceleración, muestra el concepto de determinismo en la física?

En este caso, se aclararía que la segunda ley de Newton establece que la aceleración de un objeto es directamente proporcional a la fuerza neta que actúa sobre él e inversamente proporcional a su masa, cuya expresión matemática es $F = m \cdot a$, donde F es la fuerza, m es la masa y a es la aceleración.

De este modo, volvemos a ver el determinismo por la previsibilidad de un sistema que se adecua según estas condiciones, ya que conociendo la fuerza que actúa sobre el objeto y la masa del mismo, podemos determinar su aceleración. Además, si conocemos la velocidad inicial y la posición, podemos, mediante las leyes del movimiento, predecir la posición y velocidad que tendrá en el futuro. Esta idea, concuerda con el determinismo, ya que el estado futuro de un sistema es completamente determinado por sus condiciones iniciales.

- ¿Puede existir indeterminismo en la física clásica? Si es así, ¿Cómo se reconcilia eso con las leyes de Newton? ¿En qué situaciones el determinismo puede no aplicarse al estudio de la física?

Por último, tratamos de explorar con los alumnos los límites del determinismo. En primer lugar, abordamos que hay situaciones en las que la física clásica no parece ser determinista, que son aquellas en las que se analizan sistemas caóticos como el clima, donde las variables o condiciones iniciales son difíciles

de medir con exactitud. Aunque, en teoría, si pudiéramos medir todas las variables con precisión infinita, sí que podríamos conocer el resultado.

En este sentido, nos podemos apoyar en las siguientes aportaciones. La primera, de la mano de James Clerk Maxwell, matemático y científico escocés que formuló la teoría clásica de la radiación electromagnética, y que, en la conferencia introductoria de Física Experimental del año 1871, decía:

“Esta característica de los experimentos modernos, que consisten principalmente en mediciones, es tan prominente que parece haberse fundido la opinión de que en unos pocos años se habrán estimado aproximadamente todas las grandes constantes físicas y que la única ocupación que luego les quedará a los hombres de ciencia será continuar con estas mediciones aumentando su precisión a otro lugar de los decimales”

La segunda aportación, por parte de Albert Abraham Michelson, célebre físico experimental que recibió el premio Nobel de Física en 1907 y decía:

“Si bien nunca es seguro afirmar que el futuro de la ciencia física no deparará maravillas aún más asombrosas que las del pasado, parece probable que la mayoría de los grandes principios subyacentes se hayan establecido firmemente y que los avances adicionales se busquen principalmente en la aplicación rigurosa de estos principios a todos los fenómenos que se nos presentan. Es aquí donde la ciencia de la medición muestra su importancia, donde el trabajo cuantitativo es más deseable que el trabajo cualitativo. Un físico eminente comentó que las verdades futuras de la ciencia física deben buscarse en el sexto lugar de los decimales.” (Annual Register of the University of Chicago, 1896, pág. 159).

Para finalizar con la cuestión planteada al alumnado, es menester explicar que el determinismo no puede aplicarse a la física cuántica, rama de la física que se centra en niveles moleculares, atómicos o subatómicos. Esto es porque la física cuántica es indeterminista por el principio de incertidumbre de Heisenberg, que nos dice que hay límites fundamentales, ya que no podemos conocer en qué posición está una partícula y saber la velocidad exacta o dirección de esta. Si

medimos uno de estos aspectos con mucha precisión, disminuye la precisión con la que podemos medir el otro. A diferencia del determinismo que hemos explicado para los objetos en la física clásica, no podemos predecir con certeza absoluta el estado futuro de una partícula cuántica, solo podemos hablar en términos de probabilidades.

Tema 3: Estática.

La estática es una rama de la física que estudia el equilibrio de los cuerpos, o sistemas de cuerpos, bajo la acción de fuerzas, pero que no experimentan aceleración. Este tema sienta las bases para comprender conceptos más avanzados de la mecánica.

Así, la estática analiza las fuerzas que actúan sobre un objeto o un sistema de objetos en reposo para determinar las condiciones necesarias para que un cuerpo esté en equilibrio, es decir, que la suma de todas las fuerzas que actúan sobre él sea igual a cero y que la suma de todos los momentos de las fuerzas también sea igual a cero.

En el estudio de la estática, se utilizan diferentes conceptos y principios fundamentales:

- Fuerza: entendida como magnitud vectorial, en estática se analizan las fuerzas que actúan sobre un objetivo en equilibrio.
- Sistema de fuerzas: conjunto de fuerzas que actúan sobre un objeto (gravitatorias, de fricción, de tensión...).
- Equilibrio de fuerzas: para que un objeto esté en equilibrio, la suma vectorial de todas las fuerzas que actúan sobre él debe ser igual a cero.
- Momento de una fuerza: también conocido como torque, es una magnitud que mide la tendencia de una fuerza a producir una rotación alrededor de un punto específico.
- Equilibrio de momentos: la suma de todos los momentos de las fuerzas que actúan sobre un objeto debe ser igual a cero (equilibrio traslacional).

3.1 El ideal griego.

Los antiguos griegos tenían una apreciación profunda por el equilibrio y la armonía, lo que se refleja en muchos aspectos de su cultura, desde la arquitectura hasta la filosofía. Esta armonía (o justicia) para ellos suponía el

equilibrio, que era contraria al caos (*hibris*) que definían como aquello que va más allá de lo que corresponde.

Los griegos eran optimistas, por eso llaman al universo *cosmos* (orden). Para ellos existía una ley de la naturaleza que explicaba y equilibraba todo. Los que actuaban con *hibris* rompían el equilibrio del cosmos y se hacía necesaria una retribución o acción retributiva.

Un concepto clave que utilizaban los griegos en este sentido, era el de “mesotes”, o término medio, un concepto de la ética griega que explica que la virtud moral es el punto medio entre dos extremos viciosos, uno de exceso y otro de defecto. Como ejemplo, la valentía se consideraba una virtud porque es el término medio entre la temeridad (exceso) y la cobardía (defecto).

Este concepto de equilibrio y armonía también es evidente en la estética y el arte griegos. Las estructuras y la arquitectura griegas clásicas están caracterizadas por la simetría y la proporción, que reflejan una búsqueda de orden y equilibrio. El filósofo y matemático Pitágoras, vinculó incluso la armonía musical con las proporciones matemáticas, una idea que influyó en la visión griega del cosmos como un lugar de orden y equilibrio.

Los griegos eran muy conscientes de las consecuencias de la *hibris*, que es vista como una violación del orden natural y un rechazo de las limitaciones humanas. Esta desmedida es castigada por los dioses a través de la *nemesis*, la retribución divina. La *hibris* y la *nemesis* son por tanto dos aspectos esenciales en el concepto griego de justicia y orden en el universo.

Ejemplos de este ideal lo encontramos, por ejemplo, en los filósofos monistas, como Anaximandro o Thales de Mileto, y más tarde en filósofos presocráticos como Platón y su concepto del movimiento perfecto.

Estos filósofos presocráticos, fueron pioneros en el uso de la razón y la lógica para explicar el mundo natural, en lugar de atribuir los fenómenos naturales a la acción de los dioses y las deidades (mitología griega, por ejemplo).

Respecto al ideal griego, Anaximandro propuso el *ápeiron*, un concepto que trataba de explicarse como el origen de todo, el cosmos nacía y moría así en

éste, por tanto, el ápeiron, se podía entender como lo que equilibraba, proporcionaba armonía.

El movimiento perfecto de Platón.

Platón (427-347 a.C.) fue un filósofo griego ampliamente reconocido y una de las figuras más influyentes en la historia de la filosofía occidental, si no la que más. En este sentido, Alfred North Whitehead, filósofo y matemático, llegó a decir que la filosofía occidental no es más que notas a pie de página de los diálogos de Platón. Las ideas filosóficas de Platón se presentan principalmente en forma de diálogos en los que utiliza a personajes como Sócrates, del que fue discípulo. En estos diálogos se abordan temas de diferente índole, como la justicia, la ética, política y la metafísica.

En línea con el ideal griego, en su diálogo “Timeo”, Platón presenta la idea del “movimiento perfecto”, desde una visión cosmológica, distingue dos tipos de movimiento: el divino y perfecto (el que es circular y uniforme), y el movimiento terrenal e imperfecto.

El movimiento perfecto descrito por Platón se relaciona específicamente con los movimientos celestiales. Según él, los astros en el cielo se mueven en círculos perfectos y uniformes alrededor de la Tierra. Estos movimientos circulares son eternos y perfectos, y representan la manifestación del orden y la armonía divina en el cosmos, y, por tanto, el ideal a alcanzar.

El movimiento circular uniforme es “perfecto” para Platón debido a su predictibilidad, simetría y eternidad, atributos que asociaba con la divinidad y la perfección. Así, argumenta que el “Demiurgo”, o artesano divino, modeló el universo según formas eternas, ideales y perfectas y que la forma más perfecta de movimiento que existe en este universo es el movimiento circular uniforme de los astros.

Esta concepción de un universo ordenado y en armonía refleja con profundidad el ideal griego de equilibrio y armonía.

3.1.1 Ideal Griego y estática.

A priori, hay una conexión obvia entre los contenidos de estática y el ideal griego del que hemos hablado. La estática, en el estudio del sólido rígido, aborda aquellos sistemas en los que los cuerpos están en reposo, es decir, en equilibrio de fuerzas, y el ideal griego, como hemos visto, habla de la armonía, el equilibrio.

Esta no deja de ser una relación débil, por lo que hemos de profundizar para encontrar cuestiones más complejas con las que reflexionar con el alumnado en la unión de estos dos conceptos.

Como en el tema anterior, se proponen algunas preguntas para que la clase adquiriera un mayor grado de afinidad con los contenidos del temario:

- ¿Cómo relacionaríais la estática y el ideal griego?

Aquí se espera reflexionar del mismo modo cómo se ha introducido este apartado. En estática, un objeto o sistema de sólido rígido está en equilibrio cuando la suma de las fuerzas y momentos que actúan sobre él es igual a cero. Esto significa que todas las fuerzas que actúan sobre el objeto se cancelan entre sí, lo que resulta en una situación de reposo o equilibrio.

Esto tiene relación con el ideal griego, como el concepto de “mesotes” que se refiere a la virtud de evitar los extremos y buscar el punto medio, lo apropiado, el equilibrio en todas las cosas.

- Los antiguos griegos valoraban la simetría y el equilibrio en sus edificios y esculturas. El Partenón, el edificio más emblemático de la acrópolis es ejemplo de ello. ¿Cómo pueden los principios de la estática ayudarnos a entender este tipo de construcciones?

Estas construcciones son representaciones perfectas de los principios de la estática. Se construyen con disposiciones simétricas de columnas que soportan la estructura, así la carga del techo se distribuye uniformemente a través de éstas, evitando que alguna de ellas soporte más peso del que puede manejar, consiguiendo así el estado de equilibrio de fuerzas, es decir, un sistema con los cuerpos en reposo. En el cálculo de estructuras se utiliza la ecuación de la estática en la que el sumatorio de fuerzas es igual a cero.

Además, los griegos utilizaban en el diseño de las columnas un sistema al que llamaban “entasis”, de modo que las columnas eran más anchas en el centro que en los extremos inferior y superior de las mismas, y a pesar de esto, proporcionaban una sensación desde el punto de vista de la óptica, de rectitud, de armonía. Esto proporcionaba más estabilidad de las columnas, al redistribuir el peso.

- ¿Qué máquina o artilugio podríamos plantear que fuera útil para una persona griega de la antigüedad y además tuviera relación con la estática?

Un objeto útil que podrían emplear las personas griegas de aquél entonces podría ser una balanza de dos platos.

La balanza es un dispositivo que se usa para medir el peso o la masa de un objeto. Mediante un brazo horizontal que pivota alrededor de un punto central, cuelga un plato de cada extremo, donde se colocan los objetos que se desean pesar.

Así, en la antigua Grecia, éstas eran ampliamente utilizadas para todo tipo de transacciones comerciales y mediciones. Para conseguir una transacción justa, se debe conseguir que la balanza esté en equilibrio, es decir, que el sumatorio de los momentos (la fuerza aplicada por la distancia al punto medio) sea cero, al conseguir que las fuerzas que actúan se cancelen entre sí, tal como sucede en los sistemas que estudiamos en la estática.

Además, la balanza también era símbolo de armonía, de justicia, acorde al ideal griego.

- De la teoría del movimiento perfecto de Platón, ¿Qué ideas de las que hemos visto en ésta se podrían extraer y realizar una conexión con la estática?

Según Platón, el movimiento circular uniforme y constante, representa la perfección, y refleja un equilibrio entre el impulso hacia adelante del objeto y la fuerza centrípeta que lo mantiene en su trayectoria circular, de manera constante e inalterable, sin ningún cambio que perturbe su uniformidad. Así, en la estática, los sistemas que se mantienen en equilibrio también se encuentran en reposo sin fuerzas que perturben ese estado.

Tema 4: Energía.

La energía es uno de los conceptos fundamentales en física. La energía explica la capacidad que tiene un sistema para realizar trabajo, por tanto, otro de los conceptos que se trabajan es el del trabajo. En este tema se desarrollan los siguientes conceptos:

- Trabajo y potencia.

El trabajo es una medida de la energía transferida al aplicar una fuerza sobre un objeto a lo largo de una distancia. Por tanto, el trabajo generado por una fuerza, que actúa sobre un cuerpo, será proporcional al desplazamiento producido y a la fuerza aplicada. Se calcula como el producto de la fuerza aplicada y la distancia a la que el objeto se mueve en la dirección de la fuerza. Se mide en Julios (J).

La potencia es la cantidad de trabajo realizado o la cantidad de energía transferida por unidad de tiempo. Se mide en vatios (W).

- Energía potencial.

La energía potencial es la energía que un objeto tiene debido a su posición en un campo de fuerzas. Por ejemplo, un objeto a cierta altura sobre el suelo tiene energía potencial gravitatoria porque podría caer y liberar energía en forma de trabajo. De manera similar, un muelle comprimido o estirado tiene energía potencial elástica.

- Energía cinética.

La energía cinética es la energía que tiene un objeto debido a su movimiento. Se calcula como la mitad del producto de la masa del objeto y su velocidad al cuadrado. Así, tanto la velocidad como la masa afectan a la energía cinética del objeto.

- Energía mecánica.

Se entiende por energía mecánica la energía del movimiento mecánico y de la interacción de los cuerpos; es la suma de la energía cinética y la energía potencial.

- Conservación de la energía mecánica.

Es uno de los conceptos más importantes en física, la ley de la conservación de la energía establece que la energía no puede ser creada ni destruida, sólo puede transformarse de una forma a otra. Por ejemplo, la energía potencial puede convertirse en energía cinética y viceversa.

4.1 Concepto de energía de Aristóteles.

La noción de “energía” de Aristóteles puede ser un poco confusa para nosotros hoy en día, ya que el término no se refiere exactamente al concepto de “energía” como lo entendemos en la física moderna. El término griego que Aristóteles usa y que se suele traducir como “energía” es *energeia*, que tiene una connotación de “acto”, “actividad” o “realización”. Para Aristóteles, la energía no se limitaba a una mera fuerza física, sino que era un principio fundamental que permitía la existencia y la actividad de todas las cosas en el universo. Según él, todo ser tiene una potencialidad, es decir, una capacidad para desarrollarse y manifestarse de ciertas formas, y la energía es lo que actualiza esa potencialidad y permite que las cosas sean como son.

En su obra “Metafísica”, Aristóteles establece una distinción fundamental entre *dynamis* (potencia) y *energeia* (acto o energía). La *dynamis* es el estado de algo que podría ser de una cierta manera, mientras que *energeia* es el estado de ese algo siendo de esa manera. Para Aristóteles, la *energeia* es superior a la *dynamis* porque se trata de la realización de una potencia, es decir, de la concreción de algo que estaba en potencia.

Aristóteles veía el mundo natural como un lugar de cambio constante, en el que las cosas pasan de una “potencialidad” a un “acto”. Para ilustrar esta distinción, también en su obra “Metafísica”, Aristóteles utiliza el ejemplo de una estatua: el mármol tiene la *dynamis*, o potencial, para convertirse en una estatua, mientras

que la estatua misma es la *energeia*, la realización de ese potencial. El escultor, a través de su arte y trabajo, actualiza la potencia del mármol al convertirlo en una estatua. En esta misma obra, Aristóteles señala que la *energeia* no necesariamente implica un cambio y que una *dynamis* puede existir sin ser actualizada, por tanto, *energeia* es tanto un proceso (el acto de realizar un potencial) como un estado (el estado de haber realizado ese potencial).

Aristóteles también vincula la *energeia* con la perfección y la plenitud. En la obra que acabamos de mencionar, sostiene que algo en *energeia* es más perfecto que algo en *dynamis*. Para Aristóteles, la *energeia* es una especie de cumplimiento o plenitud, es decir, la realización de la naturaleza o la esencia de una cosa.

En esta línea, la idea de *energeia* también tiene implicaciones éticas. En “Ética a Nicómaco”, Aristóteles sostiene que la virtud moral es una disposición que se actualiza a través de la acción. De este modo, la virtud moral puede entenderse como una “*energeia*” en el sentido de que es la actualización de nuestra capacidad para actuar de acuerdo con la razón.

Otra referencia importante se encuentra en “De Anima”, donde Aristóteles aplica la distinción entre potencia y acto al estudio del alma. Según Aristóteles, el alma es la “forma” del cuerpo, que es la “materia”. En este contexto, el alma es la “*energeia*” del cuerpo: es lo que hace que el cuerpo sea un ser vivo.

Por último, en su “Física” (libro III, capítulo 1), Aristóteles dice que el movimiento es una especie de *energeia*, comparando al movimiento con una actualización, pero una actualización incompleta. Esto se debe a que, aunque el movimiento implica el paso de la potencialidad a acto, este paso no se completa en un instante, sino que se extiende a lo largo del tiempo. Por ejemplo, si una persona está caminando hacia un lugar, está en proceso de actualizar su potencialidad de llegar a ese lugar, pero no ha actualizado completamente esa potencialidad hasta que realmente llega.

En resumen, la noción de *energía* de Aristóteles tiene que ver con la actualización o realización de un potencial. Esta idea es fundamental para muchas áreas de su filosofía, desde su metafísica hasta su teoría del alma.

4.1.1 "Energeia" y la energía.

Con la intención de que el alumnado empiece a familiarizarse con los conceptos que vamos a ver en este tema, se proponen las siguientes cuestiones que ayudan a conectar la teoría de Aristóteles con los contenidos de física:

- ¿Qué similitudes y diferencias podríamos extraer del concepto de energía de Aristóteles y los contenidos del temario de física?

Tanto Aristóteles como la energía que vemos en este tema, implican la idea de potencialidad o capacidad para el cambio o la acción. En física, la energía potencial es una forma de energía que puede convertirse en otra, como la cinética, para realizar un trabajo. Por su parte, la filosofía de Aristóteles habla de un "ser en potencia" que puede convertirse en un "ser en acto" al realizar su propósito o función.

En cuanto a las diferencias, la energía para Aristóteles está intrínsecamente vinculada con el propósito y la finalidad en el universo, que es un concepto ausente en la física del temario. Además, los conceptos de energía en la física son cuantitativos (pueden ser medidos y calculados), mientras que el concepto de energía de Aristóteles es algo cualitativo.

- Cuando un objeto, como una roca, cae desde una determinada altura, su energía potencial se convierte en energía cinética. ¿Cómo podrías explicar este fenómeno desde la perspectiva de la filosofía de Aristóteles?
¿Y desde la física?

Desde la perspectiva de Aristóteles, el fenómeno puede explicarse de la siguiente manera:

Al inicio, cuando la roca está en la cima sin movimiento, ésta se considera un “ser en potencia”. Tiene el potencial de caer, pero no lo está haciendo todavía. Esta situación sería similar a la de tener energía potencial en física.

Cuando la roca inicia el descenso, está realizando su potencial para moverse bajo la influencia de la gravedad. Es este punto, se podría decir que se ha convertido en un “ser en acto”, ya que, en términos aristotélicos, está realizando la acción para la cual tenía el potencial. Aquí nos encontraríamos con una situación representativa de la energía cinética en física.

Por otra parte, desde el punto de vista de la física, la explicación sería la siguiente:

La roca tiene energía potencial, debido a su posición en un campo de fuerza, en este caso, debida a su altura en el campo gravitatorio de la tierra. Antes de caer, cuando no se está moviendo, toda su energía está en forma de energía potencial.

A medida que la roca desciende, esta energía potencial se convierte en energía cinética, que es la energía asociada al movimiento, y dependerá de su masa y de su velocidad. Esta energía cinética, en otras palabras, es la capacidad que tiene la roca para realizar trabajo, y aumenta a medida que la roca cae, mientras disminuye su energía potencial.

Finalmente, antes de que la roca choque, toda su energía potencial se ha convertido en energía cinética, punto en el que su velocidad es máxima.

- ¿Cómo se relaciona la conservación de la energía con la noción de Aristóteles? ¿Qué pasará cuando la roca impacte contra el suelo?

La ley de conservación de la energía establece que la energía no puede ser creada ni destruida, solo puede cambiar de una forma a otra. Esto significa que la energía total de un sistema cerrado siempre permanece constante.

En ambos casos, tanto Aristóteles como en la física, hay una transformación de potencialidad a actualidad, sin la creación o destrucción de lo esencial. Como hemos dicho, la energía potencial gravitacional de un objeto a una altura se

transforma en energía cinética cuando éste cae, pero la suma total de energía potencia y cinética en el recorrido, será igual a la energía potencial inicial que tenía. Esta energía que tiene la roca en la etapa de caída es la energía mecánica, que se define como la suma de la energía potencial y la energía cinética.

Cuando la roca impacte contra el suelo, toda la energía cinética que tiene en ese instante se disipará, generalmente en forma de sonido y calor.

De esta manera, gracias al concepto de *energeia* de Aristóteles, se pueden abordar los contenidos del tema de física, de manera que será más fácil para los alumnos seguir las clases en futuras sesiones.

Tema 5: Termodinámica.

La termodinámica estudia las relaciones entre el calor y otras formas de energía. Aquí se introducen conceptos como la energía interna, que es la energía total de un sistema debido a la energía cinética y potencial de sus componentes microscópicos.

Entre los conceptos que se estudian en este tema encontramos las leyes de la termodinámica:

- Primera ley de la termodinámica.

También conocida como ley de conservación de energía, establece que la energía no puede ser creada ni destruida, sólo transformarse de una forma a otra. Aplicado a este campo, significa que la energía que se añade a un sistema debe ser igual a la energía que se pierde más la que se acumula en el sistema.

- Segunda ley de la termodinámica.

Esta ley establece que la entropía (una medida de desorden) de un sistema aislado siempre aumenta o permanece constante. También introduce el concepto de eficiencia termodinámica y el hecho de que ningún motor térmico puede ser 100% eficiente.

- Tercera ley de la termodinámica.

La tercera ley establece que es imposible alcanzar la temperatura de cero absoluto en escala Kelvin (aproximadamente $-273,15\text{ °C}$) mediante un número finito de procesos físicos.

5.1 Método Inductivo de Bacon. Temperatura y movimiento.

Francis Bacon (1561-1626) fue un filósofo, jurista y político inglés, conocido por ser uno de los principales propulsores del método científico, en particular, de la metodología inductiva.

Francis Bacon es conocido por su énfasis en el método inductivo de razonamiento y por su papel en la formulación de los principios del empirismo. Bacon sostenía que el conocimiento auténtico se basa en la observación de la naturaleza y en la recopilación de datos a partir de experimentos y observaciones.

En su obra más conocida, “Novum Organum”, Bacon propuso un nuevo método de indagación que se basaba en la inducción en lugar de en la deducción. Mientras que el método deductivo, que era el método preferido de los filósofos escolásticos de su tiempo, parte de premisas generales para llegar a conclusiones específicas, el método inductivo de Bacon parte de observaciones específicas para llegar a principios generales. Según Bacon, este enfoque permite una comprensión más precisa y completa de la naturaleza.

Bacon sostiene que el método inductivo debe comenzar con la observación y la recopilación de datos (a lo que llamó “tablas”). Después, estos datos deben ser organizados y clasificados (tabla de presencia, tabla de ausencia y tabla de grados). De esta manera, Bacon piensa que este método permitiría a los investigadores descubrir leyes naturales que se ocultan a simple vista. Finalmente, a partir de esta recopilación de datos, se pueden inferir leyes generales o principios sobre el funcionamiento del mundo natural.

En la obra que hemos mencionado, Bacon propone que el calor no es más que un tipo particular de movimiento. Para él, el calor es el resultado de un movimiento agitado, o “expansivo” de las partículas. Así, Bacon sugería que este movimiento podría ser el resultado de una reacción química, fricción o radiación solar, por ejemplo.

De este modo, Bacon observa que, al golpear un objeto, éste se puede calentar, lo que interpreta como prueba de que el calor es una forma de movimiento. Así, también observa que los materiales que conducen el calor (como los metales)

también conducen el sonido, sugiriendo que ambos fenómenos pueden ser formas de movimiento.

Aunque su descripción del calor como movimiento a nivel molecular era limitada por el conocimiento científico de su tiempo, su enfoque anticipó la moderna teoría cinética de los gases, que sostiene que la energía interna de un gas es el resultado del movimiento de sus partículas.

En resumen, Bacon propuso que el calor está directamente relacionado con el movimiento a nivel microscópico, animando así a los científicos a probar y refinar estas ideas a través de la experimentación directa y la observación de la naturaleza.

5.1.1 Bacon y la termodinámica.

En este apartado, vamos a relacionar el enfoque inductivo de Bacon con los conceptos de termodinámica, para ayudar al estudiantado en el entendimiento de los contenidos de esta parte del temario.

Las cuestiones que se plantean al respecto son las siguientes:

- ¿Cómo ha influido el enfoque inductivo de Bacon en el desarrollo de las leyes de la termodinámica?

El enfoque inductivo de Francis Bacon ha influido enormemente en el desarrollo de las ciencias, termodinámica incluida. Bacon propuso un método de estudio que parte de la observación y la recopilación de datos para luego generalizar las conclusiones a partir de los datos recolectados. Este método se contrapone al método deductivo, que parte de las generalizaciones para llegar a conclusiones específicas.

Las leyes de la termodinámica fueron planteadas a partir de este enfoque, por ejemplo, la primera ley, que establece que la energía no puede ser creada ni

destruida, solo convertida de una forma a otra. Esto se logró gracias a la observación y el estudio de múltiples fenómenos, como la transferencia de calor.

Del mismo modo, la segunda ley de la termodinámica afirma, que la entropía total de un sistema aislado nunca disminuye, también es fruto de un proceso inductivo. La observación de fenómenos naturales y experimentación demostraron que la energía siempre fluye de regiones de mayor concentración de energía a regiones de menor concentración de energía.

- ¿Cómo define Bacon el calor en “Novum Organum” y cómo se relaciona esto con nuestra comprensión moderna de la energía cinética de las partículas?

Bacon, sugiere que el calor es una forma de movimiento, así se refirió al mismo como un movimiento expansivo, “oculto en los poros más íntimos de la mezcla de los cuerpos” (Bacon, F. aforismo 20 del libro segundo).

La comprensión moderna del calor, que se basa en la teoría cinética de la materia, encaja bastante bien con esta idea de Bacon. La teoría cinética de la materia sostiene que todas las partículas de la materia están en constante movimiento, y que este movimiento se incrementa a medida que la temperatura aumenta. Por lo tanto, el calor se considera una forma de energía cinética a nivel microscópico, y aunque Bacon no tuvo las herramientas para describir completamente la naturaleza del mismo como lo hacemos hoy en día, su descripción del calor como un tipo de movimiento es, en esencia, correcta.

- ¿Cómo se puede relacionar la idea de Bacon de que el calor es el resultado del movimiento de las partículas con la segunda ley de la termodinámica y el concepto de entropía?

La segunda ley de la termodinámica, en relación con la idea de Bacon de que el calor es el resultado del movimiento de las partículas, se puede expresar de tal manera que el calor siempre fluye de un objeto a otro, hasta que se alcanza el equilibrio.

La entropía, por otro lado, desde el punto de vista de la termodinámica, sugiere que un aumento de la misma se asociará con dispersión de la energía y la materia. Cuando el calor fluye de un objeto más caliente a uno más frío, la energía se está dispersando, lo que resulta en un aumento en la entropía. Por lo tanto, la segunda ley de la termodinámica también se puede expresar como que la entropía de un sistema aislado nunca disminuye, siempre aumenta o se mantiene igual.

Conclusiones

Este trabajo ha explorado la aplicación de distintas corrientes filosóficas para el entendimiento de la física en el bachillerato, con el objetivo de mejorar la comprensión y el aprendizaje de los estudiantes, además de potenciar el pensamiento crítico, la reflexión y la comprensión conceptual, ayudando a los estudiantes a entender no solo los “qué” y “cómo”, sino también los “por qué” de los fenómenos físicos.

Este enfoque dista mucho de la manera en qué se imparte hoy la física, pero puede ser muy útil para fomentar la reflexión y el diálogo en el aula, y explorar la física desde una perspectiva innovadora.

Se espera que este trabajo tenga implicaciones significativas para el proceso de enseñanza-aprendizaje en la materia física, y que cualquier docente se sienta libre de utilizarlo para sus clases y adaptarlo a conveniencia. Con esto, se desea que los estudiantes encuentren gracias al enfoque filosófico, una manera nueva de ver la física, como una disciplina viva y en constante evolución, en lugar de un conjunto estático de fórmulas y leyes.

Al respecto de los contenidos de este trabajo, podemos comprobar como cada nueva aportación del pensamiento, en nuestro caso desde Anaximandro hasta Bacon, ha motivado nuevas filosofías y pensamientos científicos que, de otro modo, no habrían sido posibles.

Si bien, yo mismo puedo apreciar las limitaciones del trabajo. En primer lugar, el autor no es experto en ninguna de las dos materias. En segundo lugar, a veces, la conexión entre las dos materias es relativamente estrecha y supone un esfuerzo realizar un trabajo apropiado en el aula con las mismas. Si hay personas interesadas en explorar este enfoque, seguramente se puedan encontrar otras ideas filosóficas que encajen con los temas de física, o realizar una propuesta para otro curso, como segundo de bachillerato. Del mismo modo, también sería útil investigar cómo los estudiantes perciben y experimentan la aplicación de este trabajo en el aula.

Como se ha podido comprobar, se trata de un trabajo interdisciplinar, pero a diferencia de lo que acostumbramos a ver, un proyecto común en el que trabajamos dos materias en paralelo, éste pone el foco únicamente en la asignatura de física a través de una simbiosis con contenidos de filosofía.

Por tanto, aunque no se trata de un trabajo grandilocuente, hinchado de beneficios en los que afrontamos muchos de los retos de la educación contemporánea, como puede ser la diversidad en las aulas, la igualdad de género o la sostenibilidad, esta humilde aportación tiene intencionalidad práctica y sincera para con la materia de física y el potencial alumnado que un día pueda ser objeto de la implementación de esta propuesta. Este también puede ser un reto muy interesante, ofrecer conocimiento de valor duradero

La física es sin duda una disciplina fascinante, que nos permite comprender las leyes y principios fundamentales que rigen en el universo. A través de la observación, la experimentación y el análisis crítico, podemos desentrañar los misterios de la naturaleza.

Echando la vista atrás, siento por una parte pena de no poder haber tenido esta mirada hacia la física, pero tampoco hacia la filosofía, en mi paso por el instituto. La física está presente en cada aspecto de nuestras vidas, desde los fenómenos cotidianos hasta los avances tecnológicos más avanzados, sin embargo, no se despertó en mí una curiosidad al respecto que fuera tal, que pudiera apreciar todas las aplicaciones de la ciencia y su relación con la historia de los pensadores más reconocidos.

En la realización de este trabajo, he podido reflexionar acerca del modelo de educación imperante, y que yo mismo he recibido en todas mis etapas académicas. El mero hecho de compartir información con los oyentes no garantiza que alcancemos con éxito los objetivos por los que existe el proceso de enseñanza-aprendizaje, se trata de abrir las mentes y estimular la curiosidad, para que el aprendizaje sea intencionado por parte del receptor de la información, y no un proceso forzado.

Espero sinceramente que esta aportación, contribuya en algún momento a enriquecer, al menos, un aula de física, tanto para los estudiantes como para los educadores involucrados. Igualmente, mi deseo es que las ideas y conocimientos aquí compartidos, sirvieran de inspiración a los estudiantes para adoptar una mirada crítica y reflexiva hacia el mundo que los rodea y a poder ser, que esto tenga un efecto duradero en la vida de los estudiantes, en un mundo cada vez más a merced de la “modernidad líquida”.

Bibliografía

Aristóteles: vida, pensamiento y obra. (2007).

Bacon, F., & Balseiro, M. L. (1988). *El avance del saber.*

Bassols, L., & Domingo, S. (2008). *Galileo: vida, pensamiento y obra.*

Braidotti, R. (2017). Lo posthumano: 302622 (1.a ed.). Gedisa Mexicana.

Botía, A. B. (2015). The comprehensive school in Spain: A review of its development cycle and crises. *European Educational Research Journal.*

<https://doi.org/10.1177/1474904115592496>

Camarero, F. J. C. (2022). *MAIC: Metodologías Activas para la Adquisición Interdisciplinar de Competencias.* Dialnet.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8449089>

Durán, A. J., Dugas, R., & Newton, I. (2008). *Newton: vida, pensamiento y obras.*

Guthrie, W. K. C. (1984). *Historia de la filosofía griega: Segunda época y la academia. La tradición Presocrática desde Parménides a Demócrito. Platón.*

Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Holubec, E. J. (1999). *El aprendizaje cooperativo en el aula.*

Koyré, A. (1994). *Pensar la ciencia.* Paidós Iberica Ediciones S A.

- López, L. A. U. (2012). La importancia de la interdisciplinariedad en la construcción del conocimiento desde la filosofía de la educación / The importance of interdisciplinarity in the construction of knowledge from philosophy of education. *Sophia*.
<https://doi.org/10.17163/soph.n13.2012.16>
- Morocho, L. R. L. (2021). Reflexiones sobre el problema de la verdad, la ciencia y la tecnología y sus implicaciones en el campo educativo. *Sophia*, 31, 137-164. <https://doi.org/10.17163/soph.n31.2021.05>
- Preciado, J. M. S. (2022). Enseñanza de la filosofía en adolescentes a partir de sus intereses y preocupaciones. *sophia*, 33, 225-248.
<https://doi.org/10.17163/soph.n33.2022.08>
- Paul, R., & Elder, L. (2007). *The Miniature Guide to Critical Thinking: Concepts & Tools*.
- Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. Boletín Oficial del Estado, 82, de 5 de abril de 2022. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/04/05/243/con>
- Reale, G., & Antiseri, D. (1992). *Historia del pensamiento filosófico y científico*.
- Reale, G. (1992). *Introducción a Aristóteles*.
- Roig, J. M. (2019). Zygmunt Bauman (2008). Los retos de la educación en la modernidad líquida. Barcelona: Gedisa. *SCIO: Revista de Filosofía*, 17, 239-242. <https://dialnet.unirioja.es/download/articulo/7238654.pdf>

