



2º de Bachillerato

Historia de la Filosofía

Contenidos

Filosofía moderna I: La revolución científica - Galileo

En este tema vamos a presentaros un problema que durante siglos ocupó a filósofos y científicos: ¿cómo puedo saber si la Tierra se mueve o está quieta? O, dicho de otro modo: ¿es la Tierra el centro del Universo o solamente un planeta más que gira alrededor del Sol? Aunque pueda pareceros un poco tonta esta pregunta, lo que queremos es acercarnos a la cuestión de un modo distinto: ¿cómo podrías demostrar por ti mismo una cosa o la otra? Está claro lo que nos diría la ciencia hoy en día, pero ¿serías capaz de argumentar de una manera razonable a favor de tu respuesta?

Los conocimientos adquiridos que podamos tener no son válidos solamente por el principio de autoridad, eso ya lo sabemos. Algo ya no es cierto porque lo dijera Aristóteles o Santo Tomás. Pero precisamente si hoy consideramos que la ciencia ha desplazado a la filosofía es porque autores como Galileo, por ejemplo, nos han mostrado que hay una forma diferente de llegar a la verdad: la investigación científica. Y de eso va precisamente el tema que ahora comenzamos.

Física - Video 25 - Trayectorias.



Vídeo de [SergiodeTigre](#) en Youtube

Te planteamos, pues, dos experimentos diferentes. Uno sería el famoso experimento de la torre de Pisa. Si la Tierra se mueve, dicen los aristotélicos, lo que tiremos desde lo alto de la torre no puede caer a sus pies. Como cae a sus pies, dicen, esto demuestra que no se mueve (es lo que en Lógica hemos llamado un Modus Tollens, ¿no?). El otro experimento es el del barco. Exactamente igual, diría Galileo, tendría que ocurrir con lo que tiráramos desde el mástil de un barco en movimiento. Pero, como podemos comprobar, ocurre exactamente igual que en la Tierra. Un experimento y otro están relacionados, y con ellos podremos probar si la Tierra se mueve o no. Esta es la historia que queremos contarte.

Curiosidad

Otra pregunta previa: ¿cómo podemos saber que la Tierra es redonda?

Eratóstenes



Vídeo de [Kassel Hof](#) en Youtube

A lo largo del presente tema vamos a hacer referencia a numerosos datos históricos y a nuevos conceptos técnicos que puede ser que no hayas escuchado previamente. Ten en cuenta que lo que nos importa sobre todo es que captes la importancia de este momento histórico, así como el papel que jugaron los autores más relevantes en esta revolución científica. No te asustes, que aunque en un principio te pueda parecer excesivo, a través de los ejercicios irás repasando poco a poco lo más importante (y, de esta manera, al final habrás adquirido los conocimientos básicos imprescindibles al respecto).

Para saber más

El siguiente vídeo nos proporciona una imagen previa de lo que queremos decir cuando hablamos de **revolución científica**. Lo que queremos que entiendas es la necesidad de "ver con nuevos ojos" que implica una revolución científica. Un cambio de paradigma es algo así como una nueva forma de ver el mundo. Y más todavía si de lo que hablamos es del mundo mismo, del Cosmos.

Redes - El cerebro construye la realidad



Vídeo de [Gente lógica](#) en Youtube

1. El mundo anterior: Aristóteles y el Geocentrismo.

Pero antes de empezar con Galileo hay que ver previamente cómo era el mundo antes de él.

Importante

Durante siglos se pensó que la Tierra estaba quieta en el centro del Universo. Como consecuencia de la creación divina, a nosotros nos correspondía un lugar de importancia en el Cosmos, y qué mejor lugar que el centro mismo.

Física - Video 65 - Visión platónica del universo



Vídeo de [Sergio de Tigre](#) en Youtube

Luego es evidente que la Tierra está quieta (nuestros mismos sentidos así nos lo dicen, ¿no?). Casi podríamos considerar que lo natural es pensar de este modo. No observamos movimiento alguno en el lugar donde habitamos. Si la Tierra se trasladase a la velocidad que hoy en día nos dicen (106.400 km/h, o 29,5 km/sg., como prefieras), ¿cómo no lo íbamos a notar?

Además, las Sagradas Escrituras venían a dar la razón a los filósofos griegos (en el Eclesiastés 1, 4-5, leemos que la Tierra permanece siempre en su lugar, y en el libro de Josué, capítulo 10, éste ordena al Sol que se detenga).

De esto modo, el sistema del Universo era geocéntrico, y todos los planetas giraban alrededor de la Tierra, describiendo círculos perfectos (pues el círculo es el movimiento perfecto, y la perfección es lo que corresponde a los cielos mismos).

Claro que había un problema: algunos planetas, como hemos señalado, no se atenían a las normas descritas por los filósofos y teólogos, y realizaban movimientos nada armónicos. Constituían lo que el historiador de la ciencia T.S. Kuhn denominó una *anomalía*, un problema sin resolver dentro de un paradigma, de una determinada manera de entender la ciencia.

Física - Video 67 - Los epiciclos



Vídeo de [SergiodeTigre](#) en Youtube

Para saber más

Aunque ya hemos estudiado a Platón en un tema anterior, sin embargo no hemos profundizado en su cosmología. Ahora es el momento. Si te interesa la cosmología platónica te recomendamos el siguiente [enlace](#).

Curiosidad

¿Has visto *Ágora*, la película de Alejandro Amenábar? Nos muestra la lucha entre ciencia y religión, y lo difícil que es a veces buscar la verdad. En ella, Hipatia de Alejandría, astrónoma del siglo IV, parece llegar a la conclusión de que el movimiento de los cielos pudiera explicarse a través de la elipse (cuando es Kepler, como luego veremos en el tema, el autor de tal logro). Lo que nos interesa es que en algunas escenas de la película se plantean los mismos problemas que aquí estamos viendo, y para los que durante siglos se buscó respuesta. Por ejemplo, he aquí una referencia a otro astrónomo griego, partidario en este caso de la teoría heliocéntrica: Aristarco de Samos.



Vídeo de [agoradeamenabar](#) en Youtube

1.1 La física aristotélica (el mundo sublunar).

Para Aristóteles la Tierra debe ocupar el centro del Universo por su propia naturaleza. Y es que este autor conjugaba en su obra el pensamiento filosófico y la investigación científica, haciendo una genial síntesis entre pensamiento racional y observación empírica. Así, a los cuatro elementos naturales de la tradición griega le corresponden por su naturaleza una ubicación propia, y la Tierra, al ser el elemento más pesado, pues debe estar en el centro mismo.

Todos los planetas, en cambio, tienen que estar hechos de un material distinto, que no pese. Es el éter, el quinto elemento, ingrávido, sin peso. Por eso los cielos se mueven en la perfección del círculo, y "no nos caen encima". Todo parece lógico, y cada cosa está en su sitio, en un orden perfecto que los cristianos hicieron suyo (a mayor gracia de Dios, creador de este magnífico cosmos).



Universum, por Camille Flammarion

Imagen de Heikenwaelder en [Wikimedia Commons](#),

Licencia CC

Pero si el movimiento propio de los astros es el circular, en el mundo sublunar, es decir, en la Tierra, el movimiento de los graves es distinto. Los cuerpos caen en movimiento rectilíneo. Si yo tiro hacia arriba cualquier objeto, éste volverá a realizar posteriormente un movimiento de descenso, ya que cada cosa ha de volver a su **lugar natural**, y lo natural en lo pesado es el reposo.

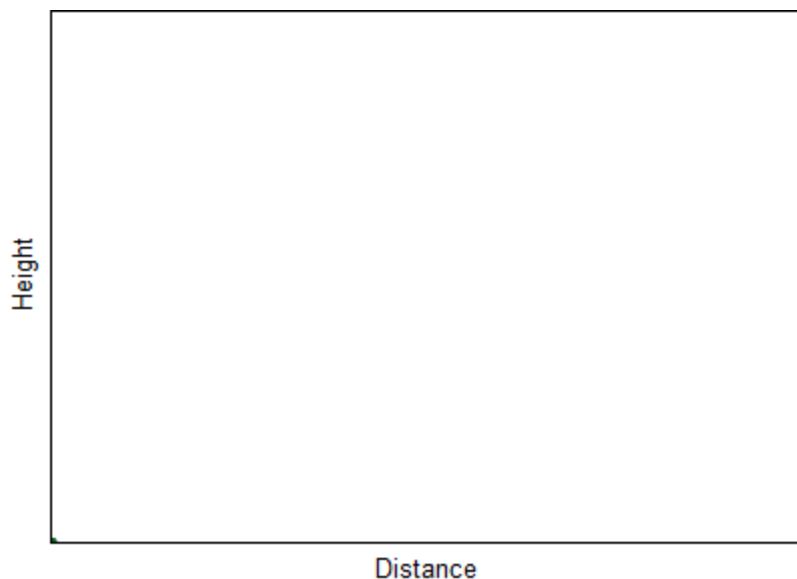
Ahora bien, esto generaba algunos problemas dentro del sistema aristotélico, ya que, en un principio, todo lo que se mueve tiene que ser movido por otro (si es algo inerte y no tiene en sí mismo el principio de su movimiento, como los seres vivos).

Importante

Para **Aristóteles** la Tierra debe ocupar el centro del Universo por su propia naturaleza, ya que es el elemento más pesado del cosmos. Todos los objetos de este mundo sublunar están constituidos por los cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego. Los objetos caen en movimiento vertical rectilíneo, ya que cada cosa ha de volver a su lugar natural. Los astros, sin embargo, están constituidos de un solo elemento ingrávido, el éter, llamado también quinto elemento. Lo natural en el mundo supralunar es el movimiento circular perfecto.

Curiosidad

El estudio de los proyectiles fue un tema de suma importancia en esta época (puesto que es importante dar en el blanco). El problema que se plantea en la física aristotélica es qué mueve entonces cualquier objeto lanzado (una flecha, un proyectil), mientras éste va por el aire. Ya Juan Filipón, neoplatónico del siglo VI planteó que el aire tendría que ejercer una cierta resistencia. En el siglo XIV se planteó la llamada "teoría del ímpetus" como intento de solución a dicho problema. En ella, el agente (el causante del movimiento) imprime al móvil una cierta fuerza motriz que hace que éste pueda continuar en movimiento en el aire (aunque, lógicamente, dicha fuerza irá a menos, hasta que el móvil cae siguiendo su inclinación natural). Esta teoría supuso en cierta forma el principio del fin del sistema aristotélico, al mostrar que la obra del Estagirita no era intocable, y necesitaba revisiones.



[Trayectorias balísticas en Wikimedia Commons](#),
Imagen de [Alien MCC](#). Licencia CC

En definitiva, el Universo aristotélico consigue ordenar el mundo, mostrarnos un Cosmos en el que cada elemento natural ocupa el lugar que le es propio, pero planteaba al mismo tiempo una serie de problemas, como vamos a ver a continuación.

Ejercicio resuelto

Otro ejemplo que muestra lo intuitivo y evidente que es el sistema de Aristóteles es el problema que se plantea ante la caída de los graves: lo más pesado debe caer antes que lo menos pesado, ¿no? La Lógica y hasta el sentido común así parecen decirlo. Hagamos el experimento: si tiramos una pluma y un martillo, ¿qué llegará antes al suelo?



Vídeo de [MCEmilio Delgado](#) en Youtube

Mostrar retroalimentación

Hicieron falta siglos para poder hacer una comprabación in situ (en la Luna, nada menos). Aristóteles se equivocaba, y Galileo tenía razón.

1.2 La visión del mundo (el mundo supralunar)

Importante

En el universo aristotélico todo encajaba a la perfección: la Tierra, centro del universo por su importancia y su propio peso; los planetas girando alrededor de ella, "engastados como gemas preciosas" en esferas cristalinas de éter y, por último, la esfera de las estrellas fijas. El Motor Inmóvil, Dios, mueve el mundo (en lo físico y en lo metafísico). Pero el movimiento de los planetas, díscolos, hizo necesario introducir los mecanismos técnicos llamados epiciclos, deferentes, excéntricas y ecuantas, con los que el recurso a la perfección del círculo celeste quedaba a salvo.

Física - Video 68 - El aporte de Ptolomeo



Vídeo de [SergiodeTigre](#) en youtube

Un epiciclo es un círculo pequeño que realiza su trayectoria sobre otro círculo más grande (el deferente), para, de esta forma, solventar siempre con círculos las trayectorias anómalas que realizaban algunos planetas respecto a la Tierra. Una órbita excéntrica ocurre cuando el movimiento de un cuerpo celeste respecto de la Tierra no es uniforme (ésta parece que deja de ser su "centro" en determinados momentos). Por último el ecuante era el punto imaginario respecto del cual el movimiento se mostraba uniforme.

Vemos pues que el sistema de los cielos se iba complicando, necesitando de numerosos "artilugios técnicos" para explicar los movimientos celestes, lo que dificultaba enormemente la elaboración de unas tablas astronómicas claras que permitiesen la navegación nocturna. Además, los cielos ya no parecían tan perfectos (sino complicados y confusos, como vemos en la siguiente ilustración).

Ptolemaic Model in Full



Vídeo de [hpsKereem](#) en Youtube

Y para finalizar este apartado, a continuación puedes ver una presentación a modo de resumen:



Presentación de [pacoluque](#) en Slideshare

Para saber más

Si te ha gustado el tema de la astrología y te gustaría saber algo más sobre el mundo aristotélico te recomendamos el siguiente [enlace](#).

2. La revolución copernicana: el Heliocentrismo.

Importante

Nicolás **Copérnico** fue el autor que, en el año 1530, planteó un nuevo modelo del universo más simple y adecuado a la belleza, a la estética propia de los cielos. En su obra *De revolutionibus orbium Coelestium* propuso un cambio del modelo geocéntrico por uno que pusiera no a la Tierra, sino al Sol como centro de nuestro sistema, es decir, postuló un nuevo modelo de universo, el modelo heliocéntrico.

A continuación podemos ver una representación de los dos sistemas, y comprobar la diferencia entre ambos.

Ptolemaic vs. Copernican Model



Vídeo de [Granger Meader](#) en Youtube

Curiosamente, la obra de Copérnico no se publicó hasta el año 1543 (el mismo año de su muerte). Y en ella, además, en su prólogo, Andreas Osiander consideraba que dichas innovaciones técnicas no debieran sorprender ni molestar a nadie, puesto que se trataba en el fondo de un simple cambio técnico que se podría añadir a las numerosas modificaciones ya señaladas (se comenta que el sistema aristotélico-ptolemaico constaba ya por esas fechas de 70 esferas). Por eso, aunque no cuadraba del todo (exactamente) con las observaciones astronómicas, el nuevo modelo pasó a imponerse entre diversos autores sobre todo debido a su aparente simplicidad y racionalidad. Y este fue el principio del fin del sistema aristotélico.

Copernico y Galileo



Vídeo de [ervible](#) en Youtube

Actividad de lectura

El siguiente fragmento es parte de una obra de Copérnico, en concreto del *Commentariolus*, una breve exposición de sus hipótesis acerca de los movimientos celestes (en *Opúsculos sobre el movimiento de la Tierra*, Alianza Editorial, 1986, páginas 26 y 27):

"PRIMER POSTULADO

No existe un centro único de todos los círculos o esferas celestes.

SEGUNDO POSTULADO

El centro de la Tierra no es el centro del mundo, sino tan sólo el centro de gravedad y el centro de la esfera lunar.

TERCER POSTULADO

Todas las esferas giran en torno al Sol, que se encuentra en medio de todas ellas, razón por la cual el centro del mundo está situado en las proximidades del Sol."

Mostrar retroalimentación

Con estos tres postulados Copérnico inicia el fin del sistema aristotélico-ptolemaico. Pero hay más, como podemos ver por ejemplo en el "**SEXTO POSTULADO:** Los movimientos de que aparentemente está dotado el Sol no se deben en realidad a él, sino al movimiento de la Tierra y de nuestra propia esfera, con la cual giramos en torno al Sol exactamente igual que los demás planetas. La Tierra tiene, pues, más de un movimiento."

2.1 Sus seguidores: Tycho Brahe y Johannes Kepler.

Importante

El sistema copernicano tenía un logro evidente: volvía a la perfección clásica de la geometría, reduciendo notablemente el número de esferas necesarias para explicar el movimiento de los planetas (y de la Tierra misma, que pasaba a ser considerada como un planeta más, con tres movimientos propios). Con su sistema se mantenían dos condiciones fundamentales de la astronomía hasta entonces: la circularidad y la uniformidad de los movimientos celestes (al prescindir del *punctum equans* o ecuante).

Física - Video 69 - El Universo de Copérnico



Vídeo de [serdiodeTigre](#) en Youtube

De entre los seguidores del nuevo sistema destacó por la importancia de sus observaciones **Tycho Brahe** (estudió la nova de 1572 y el cometa que apareció en 1577, con lo que la inalterabilidad del orbe celeste quedó en entredicho). Curiosamente este autor propuso un modelo intermedio, un sistema mixto: la Tierra sería el centro del universo, y la Luna y el Sol girarían a su alrededor (así como la esfera de las estrellas fijas). Pero los restantes planetas lo harían alrededor del Sol.

Vemos pues como poco a poco las nuevas ideas van adquiriendo notoriedad y encuentran eco entre los estudiosos de los cielos.

Pero quien aportó el empuje necesario para imponer definitivamente el sistema copernicano fue sin duda **Johannes Kepler**. Aunque combinó teología y astronomía en su *Mysterium Cosmographicum*, lo cierto es que en este autor es de fundamental importancia la concordancia de las ideas geométricas y las observaciones empíricas. El Universo constituye el mayor ejemplo de la racionalidad divina, de la perfección. Así, en su *Astronomia nova*, afirma que "todos los planetas barren áreas iguales en tiempos iguales" (esta es la llamada segunda ley de Kepler, que curiosamente fue descubierta antes que la primera).

Tres leyes de Kepler



Vídeo de [ervible](#) en Youtube

Las mediciones obtenidas en el estudio de la órbita de Marte le llevaron a formular la primera ley: "todos los planetas describen órbitas elípticas, con el Sol en uno de sus focos". La circularidad de los cielos era uno de los principios hasta entonces intocable de la astronomía aristotélica. Su sustitución por la órbita elíptica permite, sin embargo, la definitiva racionalidad matemática, la simplicidad absoluta del sistema solar (en la que podemos ver la perfección divina).

kepler



Vídeo de [pepejunto](#) en Youtube

Finalmente, con la tercera ley que lleva su nombre, Kepler nos muestra las relaciones matemáticas existentes entre las órbitas. Es el triunfo definitivo del platonismo sobre el aristotelismo, la belleza de las matemáticas plasmadas en los orbes celestes. Las matemáticas se imponen pues como el modelo a seguir; el método matemático aplicado a los cielos tiene que extenderse al estudio de la naturaleza en su totalidad (en todos sus campos). La nueva ciencia ha nacido: matemáticas y observación, método y experimentación. Los misterios de la Naturaleza serán descifrados gracias a la aplicación de las matemáticas al mundo mismo.

Actividad de lectura

Actividad de Lectura

En una de las obras claves para entender la historia de la ciencia, La revolución copernicana, T.S. Kuhn nos dice lo siguiente acerca de la obra de Kepler (Editorial Orbis, 1984, páginas 278-280):

"Así pues, el sistema astronómico copernicano heredado por la ciencia moderna es el fruto conjunto de los trabajos de Kepler y Copérnico. El sistema de seis elipses diseñado por Kepler hacia operativa y viable la astronomía heliocéntrica, poniendo de relieve a un mismo tiempo la economía y la riqueza implícita de la innovación introducida por Copérnico. [...] No obstante, el proceso por el que Kepler llegó a la deducción de sus famosas leyes depende de algo más que de la existencia de datos precisos y de la previa admisión del estatuto planetario para la Tierra. Kepler era un ardiente platónico. En consecuencia, creía que las leyes naturales simples son la base de todos los fenómenos naturales y que el Sol es la causa física de todos los movimientos celestes. Tanto sus más perdurables como sus más efímeras contribuciones a la astronomía están teñidas por estos dos aspectos de su, con frecuencia mística, fe neoplatónica."

Mostrar retroalimentación

Podemos ver por lo tanto que la historia de la ciencia incluye a veces elementos que parecen ajenos a la investigación científica (como las creencias religiosas). Y es que, en definitiva, los científicos también son seres humanos. Precisamente la idea central de la obra de Kuhn es la de reflejar la influencia de la sociedad misma en el pensamiento científico, haciendo de esta manera "sociología de la ciencia".

3. Galileo y la nueva ciencia.

Importante

Si Kepler proporcionó el modelo definitivo de nuestro sistema solar con sus leyes, **Galileo Galilei** aportó las pruebas definitivas para derrumbar el sistema aristotélico. Con sus experimentos, sus observaciones astronómicas y su novedosa metodología de trabajo, Galileo mostró el camino a desarrollar en el futuro. En sus obras (escritas a la manera de los diálogos platónicos, pero con la precisión científica necesaria) podemos observar la disputa entre los dos sistemas del mundo, la ciencia clásica y la nueva ciencia. Sus problemas con la Iglesia hacen palpable ese choque, esa tensión inherente que define a la **revolución científica**.

Física - Video 20 - La revolución copernicana



Vídeo de [SergiodeTigre_](#) en Youtube

La obra de Galileo se centra fundamentalmente en dos campos: de un lado, el estudio de lo que ocurre en la Tierra, de la llamada "física terrestre". Aquí Galileo tuvo que enfrentarse a los problemas que hemos planteado ya a lo largo del tema: ¿por qué no notamos el movimiento de la Tierra? ¿Por qué, además, caen entonces las cosas hacia "el centro de la Tierra" (que es el centro del Universo mismo)? Por otro lado, aunque Kepler hubiese propuesto un nuevo modelo más simple, no por ello el sistema aristotélico parecía más lógico, más "natural". Con Aristóteles tenemos un sistema del mundo, no lo olvidemos. La razón de que la Tierra sea el centro es su peso. Los planetas no caen porque están compuestos por otro material distinto. La Física y la Metafísica se dan la mano en la tradición medieval. Hace falta pues una nueva metafísica para fundamentar este nuevo orden de las cosas.

Ejercicio resuelto

¿Recuerdas *Ágora*? En una escena de la película podemos observar como Hipatia parece adelantarse siglos a los descubrimientos del Renacimiento, y nos propone el experimento del barco que Galileo formuló en una de sus obras.

¿Podemos apreciar el movimiento de un barco si estamos dentro de él? Si tirásemos un objeto desde el mástil de un barco, ¿caería a los pies de éste o en un lugar distinto?

Clip 5



Vídeo de [agoradeamenabar](#) en Youtube

Mostrar retroalimentación

Apliquemos la cuestión a la Tierra misma, y tendremos claro un paralelismo con nuestra situación en el movimiento terrestre. Es imposible que lo notemos. Aquí Galileo comienza a desarrollar el concepto de **inercia**.

Actividad de lectura



Galileo ante el Santo Oficio. Imagen en [Wikimedia Commons](#), Dominio público

Uno de los graves problemas a los que tuvo que enfrentarse Galileo Galilei fue su conflicto con la doctrina tradicional de la Iglesia, que no veía "con buenos ojos" el nuevo modelo heliocéntrico. Al final del tema haremos una reflexión sobre dicho problema. Ahora, para entender el planteamiento de Galileo, recordemos sus palabras en la carta

Antes, para entender el planteamiento de Gómes, recordemos sus palabras en la carta que escribió a la Gran Duquesa de Toscana:

"Me parece que cuando estudiamos los problemas de la naturaleza, no deberíamos partir de la autoridad de los textos de las Escrituras, sino de la experiencia de los sentidos y de las demostraciones necesarias. [...] Porque las expresiones de las Escrituras no están ligadas a condiciones estrictas como lo está cada hecho de la naturaleza; y Dios no se revela a Sí mismo menos admirablemente en los efectos de la naturaleza que en las palabras sagradas de las Escrituras."

Mostrar retroalimentación

Por ello no es de extrañar que luego afirme:

"Esto quiso tal vez decir Tertuliano en aquellas palabras: "Nosotros defendemos que Dios debe ser conocido en primer lugar por la naturaleza, y después reconocido por la ciencia; por la naturaleza, a partir de las obras; por la ciencia, a partir de los discursos."

(Carta a Cristina de Lorena, Alianza Editorial, 1987, página 70).

3.1 La física terrestre.

Lo curioso es que la Física que propone Galileo es (si se permite la palabra) contra-intuitiva. Lo que queremos decir es que lo normal es pensar que un objeto pesado tiene necesariamente que caer antes que otro que pese menos, ¿no? La nueva ciencia nos habla de cuestiones que a los profanos se nos escapan, como de situaciones experimentales imposibles para nosotros (el vacío). Lo normal es que los aristotélicos ni entendieran ni quisieran admitir la posibilidad de este tipos de experimentos, contrarios al mundo natural mismo.

Física - Video 01 - Caída libre en el vacío: demostración



Vídeo de [Sergiodetigre_](#) en Youtube

Si hicieron falta siglos para poder comprobar lo que decía Galileo en la misma Luna, cabría pensar que la postura sensata era la de los aristotélicos. El problema es entonces idear una situación experimental en la que podamos comprobar nuestras hipótesis. Y aquí entra en juego el "experimental mental": esa serie de situaciones imaginarias a las que Galileo enfrentaba a sus contrincantes filosóficos, para llegar a contradicciones lógicas que hicieran ver lo absurdo de su postura.

Física - Video 02 - Caída libre: deducción de Galileo



Vídeo de [Sergiodetigre_](#) en Youtube

Y, por otro lado, está la cuestión del método científico. Galileo propuso una nueva forma de enfrentarse a los problemas científicos: el método *resolutivo-compositivo*. Hoy preferimos hablar del método científico como hipotético-deductivo. Pero la técnica que Galileo utilizaba es similar, y parece avanzar lo que hoy en día hacen los científicos: la **resolutio** es lo que nosotros conocemos como análisis, mientras que la **compositio** no sería más que la síntesis. Luego el método propuesto es una conjunción de ambas formas de razonamiento (que vimos en los temas de 1º, ¿te acuerdas?). La intuición o resolución

me lleva a enfrentar los problemas, buscando los factores que los componen. Hay que descomponer un problema en todas sus partes, para luego, recomponerlas, a través de la reconstrucción o demostración en el experimento, aislando así los factores que no sean importantes para cada caso (por ejemplo, en el experimento anterior, la resistencia del aire).

Física - Video 03 - Movimiento uniformemente acelerado



Vídeo de [Sergiodetigre_](#) en Youtube

Ejercicio resuelto

Imagínate que tienes que enfrentarte a un problema científico: vemos que un objeto se hunde en el agua. ¿Por qué?, se pregunta el científico. Ahora tendrías que analizar el problema, como dice Galileo, y luego plantear hipótesis, a través de las cuales deberías dar con la solución. Primero analizarías el problema, dividiéndolo en cuantas partes fuera necesario (resolutio) y luego lo reconstruirías mentalmente, generando así un intento de solución (compositio).

Puedo analizar por ejemplo que los objetos se hunden debido a su forma o a su composición (o por su peso). En el primer caso debería probar con experimentos en los que la forma de los objetos fuera distinta, pero el material del que estén compuestos fuera el mismo. En el segundo caso sería al revés, y podríamos variar de qué está hecho el objeto en cuestión, pero no su forma.

Mostrar retroalimentación

¿Cuál crees que es la solución correcta? Ya Arquímedes dijo algo al respecto.

3.2 La física de los cielos.

Importante

No hay dos Físicas, una para los cielos y otra para la Tierra. Hay solamente una: las mismas leyes deben servir para explicar el movimiento en la Tierra y fuera de ella. La Tierra está compuesta del mismo material que los mismos cielos, y es un planeta más que gira alrededor del Sol.

Física - Video 21 - El telescopio le da la razón a Copérnico.



Vídeo de [Sergiodetigre_](#) en Youtube

La observación de los cielos le da la razón a Galileo: la superficie de la Luna es similar a la de la Tierra. El mismo Sol presenta manchas en su superficie. Hay otros satélites girando alrededor de otros planetas (los cuatro satélites de Júpiter). Además, las fases de Venus no eran explicables dentro del sistema geocéntrico, y sí lo eran en el nuevo sistema heliocéntrico. Las pruebas parecían darle la razón a los creadores de este "nuevo mundo".

Física - Video 22 - Introducción a la ley de inercia



Vídeo de [Sergiodetigre_](#) en Youtube

Por otro lado, lo importante en primer lugar es observar el movimiento de los cuerpos, el estudio de la **Cinemática**. Luego vendrá el estudio de las causas que hacen posible dichos movimientos (la **Dinámica**). Pero hizo falta separar el estudio de una y otra, en primera instancia, para hacer posible la caída del sistema, del paradigma aristotélico, y sustituir éste por una nueva forma de entender la ciencia, basada en las matemáticas y en la experimentación. (Tanto es así que hay quien dice que con Kepler y Galileo se produce en la historia de la ciencia la venganza de Platón sobre Aristóteles; recordad el lema de la Academia: "Nadie entre aquí sin saber geometría".)

Actividad de lectura

En una de sus obras, *Il Saggiatore* (El Ensayador), Galileo nos dice lo siguiente:

"La filosofía se halla escrita en el gran libro que está siempre abierto ante nuestros ojos (quiero decir, el universo); pero no podemos entenderlo si antes no aprendemos la lengua y los signos en que está escrito. Este libro está escrito en lenguaje matemático y los símbolos son triángulos, círculos u otras figuras geométricas, sin cuya ayuda es imposible comprender una sola palabra de él y se anda perdido por un oscuro laberinto."



Galileo Galilei

Imagen en [INTEF](#). Licencia [CC](#)

Mostrar retroalimentación

La Naturaleza (el segundo libro de Dios), dice Galileo, está escrita en caracteres matemáticos, y quien no los comprende no puede acceder a ella. La nueva ciencia muestra su pitagorismo.

Ejercicio resuelto

En su libro *Tratado contra el método* (que tiene el curioso subtítulo de *Esquema de una teoría anarquista del conocimiento*), el filósofo de la ciencia Paul K. Feyerabend nos habla de la importancia de Galileo en el surgimiento de la ciencia moderna, y, por lo tanto, del mundo tal y como lo conocemos. En él podemos leer:

"Considerar los fenómenos naturales de este modo conduce, como ya hemos dicho, a una completa reevaluación de toda la experiencia. Podemos ahora añadir que conduce a la invención de una nueva clase de experiencia que no sólo es más sofisticada sino también mucho más especulativa que lo son la experiencia de Aristóteles o la del sentido común. Expresándonos paradójicamente, pero no incorrectamente, podríamos decir que Galileo inventó una experiencia que tiene ingredientes metafísicos. La transición de una cosmología geostática al punto de vista de Copérnico y Kepler se consiguió con la ayuda de semejante experiencia." (Editorial Orbis, 1984, p. 79.)

Mostrar retroalimentación

¿Recuerdas las imágenes del principio del tema? Hablabamos entonces de "interpretar la realidad". Exactamente eso es lo que ocurre ahora: un aristotélico y un seguidor de Copérnico, como es el caso de Galileo, ven una misma cosa, tienen la misma experiencia (el Sol que se mueve), pero ambos viven en mundos distintos, ven una realidad distinta.

4. Conclusión: el nacimiento de una nueva ciencia.

A lo largo del tema hemos visto cómo "a hombros de gigantes", de los grandes hombres de ciencia del Renacimiento, ha sido posible el desarrollo de una nueva forma de pensar y de enfrentarse a los problemas que nos plantea la naturaleza. Hemos visto también que incluso estos grandes pensadores y científicos se pueden equivocar (por ejemplo, en el caso de Galileo con la inercia, o de Copérnico con el movimiento circular de los astros). Es evidente que un ser humano, por impresionante que sea su labor, no puede encontrar todas las respuestas por sí solo. La revolución científica fue la obra de todos estos pensadores (y otros que, por cuestión de espacio, no podemos tratar) y cada uno de ellos puso su grano de arena, su pequeña o gran contribución al nuevo mundo en el orden del pensamiento.

Física - Video 23 - René Descartes aporta a la Ley de inercia.



Vídeo de [SergiodeTigre_](#) en Youtube

Y para finalizar (y repasar) volvemos a las preguntas iniciales: hemos comentado ya la respuesta que la nueva ciencia da al problema de la percepción del movimiento terrestre (el ejemplo del barco). Si realizamos el mismo experimento pero no en un barco, sino en la Tierra misma, el resultado es el mismo: a través del principio de inercia, el movimiento propio del barco o de la Tierra acompaña a todos los elementos que viajen en su seno. Si tiro una piedra desde lo alto de la famosa torre de Pisa el resultado será idéntico. Galileo llevaba razón, pero los prejuicios, la misma forma de ver (que era distinta) de sus adversarios filosóficos, les impedía admitir los principios de la nueva ciencia. En eso consiste la verdadera revolución científica, en cambiar la forma de pensar, de ver, de entender el mundo.

Física - Video 24 - El punto de observación.



En definitiva, esperamos que este tema haya servido para mostrarte cómo cambió el mundo en el Renacimiento y para ver "de manera distinta" la Historia de la ciencia (de una forma más cercana, enfrentándote tú mismo a los problemas, y viéndolos con la mentalidad propia de un hombre de esa época). Hace siglos fuimos el centro del Universo; hoy seguimos buscando respuestas a nuestro lugar en él. Esperamos que, cuando mires de noche las estrellas, al menos veas algo distinto en ellas.

Comprueba lo aprendido

Para finalizar te recomendamos un pequeño repaso a algunos conceptos que hemos ido viendo a lo largo del tema. Simplemente tienes que elegir entre verdadero y falso.

En la Grecia clásica se pensaba que el movimiento natural de los cuerpos celestes tenía que ser el movimiento circular.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

Verdadero

El movimiento circular parece que es el movimiento perfecto.

Para explicar el movimiento anómalo de determinados planetas se utilizaron conceptos técnicos astronómicos como epiciclo, deferente y ecuante.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

Verdadero

Una anomalía es un fallo dentro de un paradigma científico, un problema sin resolver.

Copérnico pretendía resolver esos problemas, utilizando para ello una hipótesis original como es que la Tierra debe ser el centro del Universo.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

Falso

¡No! Copérnico precisamente propuso el cambio del paradigma geocéntrico al paradigma heliocéntrico.

Kepler propuso con sus tres leyes que el movimiento planetario alrededor del Sol no era circular, sino que describía una órbita elíptica.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

Verdadero

Efectivamente, los planetas describen órbitas elípticas con el Sol en uno de sus focos.

Galileo utilizó un telescopio para mostrar que los cielos son perfectos, y están formados por lo tanto de éter.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

Falso

Galileo Galilei mostró con su telescopio que la superficie de la Luna era parecida a la de la Tierra y que el Sol tenía manchas en su superficie, por lo que "los cielos" no eran perfectos.

Según Galileo Galilei hay que hablar de una física terrestre y una física supralunar.

[Sugerencia](#)

☐ Verdadero ☐ Falso

Falso

Galileo propone precisamente que la Física es una y la misma tanto en la Tierra como en el "cielo".



Para saber más

Si te ha gustado el tema y te interesa a partir de ahora la astronomía te proponemos un viaje a través de la historia y el Universo de la mano de la celebración del Año Internacional de la Astronomía (2009), pulsando [aquí](#).

Resumen

Importante

Durante siglos se pensó que la Tierra estaba quieta en el centro del Universo. Como consecuencia de la creación divina, a nosotros nos correspondía un lugar de importancia en el Cosmos, y qué mejor lugar que el centro mismo.

Importante

Para **Aristóteles** la Tierra debe ocupar el centro del Universo por su propia naturaleza, ya que es el elemento más pesado del cosmos. Todos los objetos de este mundo sublunar están constituidos por los cuatro elementos: tierra, agua, aire y fuego. Los objetos caen en movimiento vertical rectilíneo, ya que cada cosa ha de volver a su lugar natural. Los astros, sin embargo, están constituidos de un solo elemento ingrávido, el éter, llamado también quinto elemento. Lo natural en el mundo supralunar es el movimiento circular perfecto.

Importante

ella, "engastados como gemas preciosas" en esferas cristalinas de éter y, por último, la esfera de las estrellas fijas. El Motor Inmóvil, Dios, mueve el mundo (en lo físico y en lo metafísico).

Pero el movimiento de los planetas, dísculos, hizo necesario introducir los mecanismos técnicos llamados epiciclos, deferentes, excéntricas y ecuantes, con los que el recurso a la perfección del círculo celeste quedaba a salvo.

Importante

Nicolás **Copérnico** fue el autor que, en el año 1530, planteó un nuevo modelo del universo más simple y adecuado a la belleza, a la estética propia de los cielos. En su obra *De revolutionibus orbium Coelestium* propuso un cambio del modelo geocéntrico por uno que pusiera no a la Tierra, sino al Sol como centro de nuestro sistema, es decir, postuló un nuevo modelo de universo, el modelo heliocéntrico.



Importante

El sistema copernicano tenía un logro evidente: volvía a la perfección clásica de la geometría, reduciendo notablemente el número de esferas necesarias para explicar el movimiento de los planetas (y de la Tierra misma, que pasaba a ser considerada como un planeta más, con tres movimientos propios). Con su sistema se mantenían dos condiciones fundamentales de la astronomía hasta entonces: la circularidad y la uniformidad de los movimientos celestes (al prescindir del *punctum equans* o ecuante).



Importante

Si Kepler proporcionó el modelo definitivo de nuestro sistema solar con sus leyes, **Galileo Galilei** aportó las pruebas definitivas para derrumbar el sistema aristotélico.

Con sus experimentos, sus observaciones astronómicas y su novedosa metodología de trabajo, Galileo mostró el camino a desarrollar en el futuro. En sus obras (escritas a la manera de los diálogos platónicos, pero con la precisión científica necesaria) podemos observar la disputa entre los dos sistemas del mundo, la ciencia clásica y la nueva ciencia. Sus problemas con la Iglesia hacen palpable ese choque, esa tensión inherente que define a la **revolución científica**.



Importante

Para Galileo no hay dos Físicas, una para los cielos y otra para la Tierra. Hay solamente una, las mismas leyes deben servir para explicar el movimiento en la Tierra y fuera de ella. La Tierra está compuesta del mismo material que los mismos cielos, y es un planeta más que gira alrededor del Sol.

Imprimible

Descargar **PDF**.

Aviso Legal

El presente texto (en adelante, el "**Aviso Legal**") regula el acceso y el uso de los contenidos desde los que se enlaza. La utilización de estos contenidos atribuye la condición de usuario del mismo (en adelante, el "**Usuario**") e implica la aceptación plena y sin reservas de todas y cada una de las disposiciones incluidas en este Aviso Legal publicado en el momento de acceso al sitio web. Tal y como se explica más adelante, la autoría de estos materiales corresponde a un trabajo de la **Comunidad Autónoma Andaluza, Consejería de Educación y Deporte (en adelante Consejería de Educación y Deporte)**.

Con el fin de mejorar las prestaciones de los contenidos ofrecidos, la Consejería de Educación y Deporte se reserva el derecho, en cualquier momento, de forma unilateral y sin previa notificación al usuario, a modificar, ampliar o suspender temporalmente la presentación, configuración, especificaciones técnicas y servicios del sitio web que da soporte a los contenidos educativos objeto del presente Aviso Legal. En consecuencia, se recomienda al Usuario que lea atentamente el presente Aviso Legal en el momento que acceda al referido sitio web, ya que dicho Aviso puede ser modificado en cualquier momento, de conformidad con lo expuesto anteriormente.

Régimen de Propiedad Intelectual e Industrial sobre los contenidos del

