

UNIVERSIDAD PONTIFICIA DE COMILLAS

MÁSTER EN FILOSOFÍA: HUMANISMO Y TRASCENDENCIA

**EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL ARGUMENTO
COSMOLÓGICO DE LA EXISTENCIA DE DIOS**

Realizado bajo la Dirección
del Doctor D. Antonio Sánchez-Orantos

Rafael Abajo Pérez
rafaelabajoperez@outlook.es
Móvil 696464326

PRÓLOGO

El 1 de octubre del año 1970 inicio mis estudios universitarios en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros del Instituto Católico de Artes e Industrias, la institución conocida por todos como el I.C.A.I. de Madrid.

Fueron cinco años de trabajo que concluyeron con la elaboración de un proyecto, necesario para obtener el título de Ingeniero. Obviamente no me podía imaginar que 40 años más tarde tendría que redactar un tema similar por concepto para tratar de conseguir el título de Magister en la Universidad Pontificia de Comillas en Madrid, en la que se encuentra integrado el antiguo I.C.A.I.

Durante todos estos años he ejercido mi profesión, la que había elegido, que me ha permitido “ganarme la vida” al menos hasta el día de hoy que hago compatible mi situación de jubilado con el ejercicio de otras actividades de ingeniería, fundamentalmente proyectos para lo que conocemos como Tercer Mundo o mejor países en vías de desarrollo.

La ingeniería me ha dado muchas cosas, pero no ha sido capaz de completar mis inquietudes.

Tal vez esa fue la razón por la que en el curso 2010-2011 volví a matricularme en la Universidad de Comillas. Esta vez en unos cursos de Filosofía que dirigió el profesor García-Baró. Fueron dos años de cursar diversas asignaturas del área de filosofía y humanidades que con el inicio para todos ellos de “*Pensar*” añadían “*la ciencia*”, “*la religión*”, “*la literatura*”, “*el arte*”... Estos cursos me permitieron descubrir que grandes pensadores históricos que yo había estudiado por sus contribuciones a la física como, Pascal, Descartes, Galileo, Newton y muchos otros también habían aportado otros conocimientos grandes y muy interesantes a otras áreas de conocimiento.

Estos cursos fueron el origen del máster en Filosofía: humanismo y trascendencia que en el citado profesor García-Baró dirige en la misma Universidad, Comillas.

Este máster exige la presentación de una tesina para obtener el título, tesina que redactamos a continuación, y es objeto de este humilde trabajo.

Para una persona como yo, sin un grado en Filosofía y solo tres años de estudio a tiempo parcial de esta materia no era fácil encontrar un tema como objeto de la tesina y que fuera capaz de desarrollarlo con una dignidad suficiente como para defenderla y aprobarla ante un Tribunal por muy generoso que fuese, algo que a la hora de redactar estas líneas no tengo asegurado.

En esa situación me puse en manos de uno de los profesores del máster, el Doctor Don Antonio Sánchez-Orantos, profesor de la asignatura Ciencia y Religión y que a lo largo de sus clases había demostrado un gran conocimiento de otras materias como la Física, o la Teoría de la Evolución.

Como tema me propuso y yo acepté, estudiar los conocimientos del cosmos en tres momentos concretos de la historia, la antigua Grecia, el Renacimiento y la época actual y ver cómo estos conocimientos repercutían en el tema de la existencia de Dios.

Iniciada la preparación de la tesina, me di cuenta de la amplitud del tema y los ingentes escritos sobre el mismo a lo largo de la historia que han concluido con un debate como el actual sobre Ciencia y Religión.

Son centenares los libros que podemos encontrar sobre un debate tan interesante como el que me proponía el Doctor Sánchez Orantes. Los artículos podían multiplicar el número anterior por un número posiblemente superior al cinco.

En esta situación y con el objetivo último de redactar una tesina apta por la concreción y limitar el estudio a los cinco o seis últimos siglos. Reducía el estudio de la Grecia clásica pero, podía estudiar el tema desde la concepción de Ciencia Moderna que todos los autores señalan en el Renacimiento y poder analizar con más detenimiento las conocidas teorías del Siglo XX que han dado un impulso

inconmensurable a la Física actual que arranca con la conocida Teoría de la Relatividad.

Con este planteamiento más reducido, pero que no deja de ser amplísimo, tuve que concretar a lo realmente escrito.

Aunque no los estudiaré con detenimiento no podía olvidarme de Aristóteles y de Santo Tomás y las cosas que tienen en común. Después los grandes pensadores por los que debía de comenzar eran sin duda, Copérnico, Brahe, Galileo, Kepler y Newton. Posiblemente tendría que haber incluido a Descartes y Francis Bacon, pero no lo hice porque sin dejar de ser grandes pensadores en sus aportaciones o la visión del cosmos eran, pero inferiores a los de los cinco estudiados. Me he limitado a un breve análisis de ambos.

De todos ellos se comienza por estudiar su biografía, pues fueron épocas turbulentas sin duda alguna y que culminaron en el famoso proceso por el Vaticano a Galileo Galilei. Se trataba de ver cómo estas turbulencias afectaron a sus vidas.

También he querido estudiar el conjunto de todos sus descubrimientos a la ciencia, porque aunque en muchas ocasiones no aportaban nada a la visión que tenían sobre el cosmos me permitían concretar y resumir lo que habían sido sus investigaciones a lo largo de toda su vida y de esta forma ver cómo había evolucionado su pensamiento.

Un número cercano al 100% de los científicos actuales piensan que la física moderna comienza con la Teoría de la Relatividad de Einstein y por esta razón con ella comienzo el estudio de la visión cosmológica actual. Tal vez debería haber incluido al físico del siglo XIX, Maxwell. No lo he hecho porque sus aportaciones son más bien técnicas y de eso sabemos algo los ingenieros eléctricos como es mi caso, aunque he incluido sus famosas ecuaciones sobre el electromagnetismo, base del desarrollo de la utilización para la humanidad de la energía eléctrica y que al Nobel del año 2004 Frank Wilczek le permiten analizarlas cuando considera las cosas del mundo que son una obra de arte.

Las bases de la ciencia física moderna son sin duda la Teoría de la Relatividad, la Física Cuántica y la Teoría del Caos. Tal vez se podría añadir la Teoría de Cuerdas pero entiendo éste en un nivel de desarrollo no suficiente como para sacar conclusiones aceptadas por todos.

A esta parte, la hemos añadido un estudio básico sobre nuestro conocimiento actual del universo. Nada más iniciarlo te das cuenta que sus dimensiones y valor numérico de casi todos sus parámetros son admitidos por el papel, pero están muy lejos de ser imaginados por la mente humana. En el debate entre deístas y ateos o agnósticos surge de inmediato la existencia del cosmos, del mundo en general. Sabemos sobre su origen lo que sabemos y hemos de tratarlo de reflejar en la presente tesina.

También los cosmólogos actuales se atreven a prever como evolucionara el cosmos en un futuro tan sumamente lejano para una persona humana y su esperanza de vida. Está claro que la infinitud del tiempo y del espacio no pueden ser explicadas por la mente humana. Al igual que el misterio de Dios serán misterios tal vez eternamente para la humanidad.

Una visión del cosmos que quiere relacionarse con la existencia de Dios, como se pretende en esta tesina obviamente debe analizar lo que conocemos como “un diseño inteligente”.

No se pretende analizar ni de lejos, si el mundo exige o no exige un creador que es un misterio que al igual que el de Dios posiblemente nunca será resuelto. Se busca algo infinitamente más sencillo. Buscar algunas realidades físicas que no se puedan poner en cuestión, reflexionar y que permitan pensar sobre la posibilidad que no sean producto del azar. Para ello hemos estudiado tres libros. El primero titulado ¿Es matemático el mundo? de Aleman Berenguer; Constantes en la naturaleza, también de Aleman Berenguer y el tercero, El mundo como obra de arte, del ya citado Premio Nobel Frank Wilczek.

Nunca hemos pretendido poder asegurar o negar si el mundo es un diseño inteligente.

Nos hemos limitado a reflejar cosas que permitan pensar y que a los creyentes les llevaran a decir que el mundo es un diseño inteligente que tiene detrás un creador y a los ateos que todo es un producto del azar que desconocemos.

No hemos querido entrar en el debate ciencia-religión. Sería de una arrogancia intolerable para un aspirante a Magister, escribir sobre un tema del que en los últimos 30 años se han escrito decenas o tal vez centenas de libros por los más brillantes pensadores y científicos actuales. Una vez que se ha concretado qué se entiende por Ciencia y qué se entiende por Religión, prácticamente todos han coincidido que son dos temas distintos. Que la confrontación de los últimos cinco siglos desaparece si la Religión se dedica a estudiar sus temas y la Ciencia los suyos. Que no se deben inmiscuir porque son dos cosas distintas, aunque la Religión necesite de la Ciencia y la Ciencia de la Religión.

Si nos centramos en la Católica, todos recordamos el famoso proceso a Galileo Galilei. Este gran científico renacentista –en uno de sus libros, La carta a Lorena- ya defendía la diferencia entre Ciencia y Religión y recordemos que era un hombre creyente y católico. Que el Papa gobernante en la época no lo viene así unido a una posible arrogancia de Galileo no solo motivó su procesamiento sino lo que es peor su condena.

Las teorías científicas de Galileo eran compartidas desde casi un siglo antes por los grandes científicos de la época con la excepción de algún cosmólogo jesuita. En el año 1950 con el Papa Pío XII, la Iglesia Católica no había rectificado su error y tuvo que ser el Papa Juan Pablo II quien en el año 1988 ordenara una revisión de todo el proceso y reconociera la verdad de las teorías que motivaron la condena de Galileo, pero descubiertas por Copérnico.

En el apartado de conclusiones, hemos reflejado algo que se conocía previamente y era fácil de saber. No obstante lo hemos dejado reflejado, pues poder escribirlo convencido me ha permitido conocer todo el resto de lo escrito en la tesina y que me ha permitido aprenderlo.

En uno de los múltiples libros leídos en el último año, en uno de ellos se contaba una anécdota que quiero recordar a los miembros del Tribunal que han de juzgar esta tesina.

A principios del siglo XX, un doctorando después famoso filósofo presentó su tesis en la Facultad de Filosofía de la Universidad de Viena. No se la aceptaron por que opinaron trataba de temas de física y correspondía a ésta Facultad aprobarla.

Cuando la llevó a la Facultad de Físicas, tampoco se la aceptaron porque opinaron su tema era filosófico y debía presentarla en la Facultad de Filosofía. La única solución era escribir otra nueva y así lo hizo el joven doctorando.

Si esta tesina no la acepta el Tribunal por considerar que los temas tratados son de Física y no de Filosofía me quedara el consuelo de no ser el primero y tener un antecedente en un Filósofo de primer nivel del siglo XX.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	15
1.- ¿Quién es Dios para el hombre?.....	17
2.- Estructura de la tesina.....	18
PARTE I. GRECIA CLÁSICA Y EDAD MEDIA	21
1.- La metafísica aristotélica	23
2.- Santo Tomás de Aquino.....	28
2.1. Su vida.....	28
2.2. Summa Teología	33
PARTE II. EL RENACIMIENTO	39
1.- Copérnico	41
1. Su vida.....	41
2. Su pensamiento	50
1. La astronomía en la antigüedad	50
2. La irrupción del cristianismo	51
3. La astronomía renacentista antes de Copérnico.....	52
4. Formación e investigaciones	53
5. Los orígenes del Revolutionibus. El commentariolus	53
6. Las dificultades del sistema copérmicano	57
7. Balance crítico de la obra de Copérnico.....	57
2.- Galileo Galilei	59
1. Su vida.....	59
2. Su pensamiento	65
1. La obra escrita	65
2. Inventos y descubrimientos en el campo de la física	66
3. La balanza hidrostática.....	66
4. La palanca.....	67
5. El termómetro	67

6. El telescopio	68
7. Observaciones y descubrimientos en el campo de la astronomía	68
8. Las manchas solares y su polémica con Chistoph Scheiner	70
9. Observaciones de los cometas.....	71
10. Estudio de las mareas	72
11. Cálculos para navegación	73
12. Galileo. Pensamiento	74
13. Aportaciones de Galileo al lenguaje matemático	75
14. El método de Galileo y su aplicación científica	76
15. Los estudios de Galileo sobre el movimiento	77
16. Estudios de Galileo sobre la fuerza de la gravedad	77
17. Conclusiones sobre la materia y el movimiento	78
18. La cosmología	79
3.- Nace la ciencia moderna	82
1. Galileo Galilei	82
2. Francis Bacon	82
3. Descartes	83
4.- Kepler	85
1. Su vida.....	85
2. Su pensamiento	90
1. Introducción	90
2. Las investigaciones de Kepler.....	93
5.- Newton.....	100
1. Su vida.....	100
2. Su pensamiento	108
1. Newton y el cálculo infinitesimal	108
2. Los conceptos newtonianos.....	112
3. La obra astronómica de Newton.....	114
6.- Conclusiones del período	116
Alta Edad Media y Renacimiento	116

PARTE III. LA FÍSICA, LA VISIÓN DEL COSMOS Y LA NATURALEZA ACTUAL 121

1. LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD 123

1.1. Introducción..... 123

1.2. Antecedentes. La física de Galileo..... 124

1.2.1. La geometría euclidiana 124

1.2.2. El sistema de coordenadas..... 124

1.2.3. Espacio y tiempo en la física clásica o de Galileo..... 125

1.2.4. La primera observación en la física de Galileo..... 125

1.2.5. Movimiento relativo en la física de Galileo 126

1.2.6. La velocidad de la luz es constante e independiente del
sistema de referencia 128

1.3. La teoría de la relatividad especial 129

1.3.1. El tiempo se dilata y el espacio se contrae 129

1.3.2. El espacio tiempo 130

1.3.3. Es la teoría antiintuitiva 131

1.4. Teoría de la relatividad general..... 131

1.4.1. Dificultad de la teoría..... 131

1.4.2. ¿Por qué es necesaria una teoría de la relatividad general? 132

1.4.3. Masa y energía 132

1.4.4. El campo gravitatorio 133

1.4.5. ¿Casualidades de la naturaleza? 134

2.- LA FÍSICA CUÁNTICA 138

1. Introducción y antecedentes 138

2. Las aportaciones de Max Plank 140

3. Más avances de la física cuántica 141

4. Probabilidad y superposición de la física cuántica 142

5. El principio de incertidumbre 143

6. Einstein y la física cuántica 144

7. La segunda cuantización 145

8. Las partículas más pequeñas 145

9. Aplicaciones actuales de la física cuántica 146

3.- LA TEORÍA DEL CAOS	148
1. Introducción.....	148
2. Dos sistemas caóticos. El sistema solar y la atmósfera	149
3. ¿Qué es el caos?.....	152
4.- EL ORIGEN Y EL FIN DEL UNIVERSO	155
1. El origen del Universo.....	155
2. El Universo actual	156
2.1. Qué nos enseña la cosmología actual	157
2.2. Naturaleza y evolución de las galaxias	159
2.3. La vida de las estrellas	161
2.4. El ocaso cósmico	163
2.5. El futuro del Universo	164
5.- CONCLUSIÓN	165
5.1. La física actual y Dios.....	165
5.2. El Universo y Dios	166
5.3. La Naturaleza y Dios	167
PARTE IV. EL UNIVERSO ¿ES UN DISEÑO INTELIGENTE?	169
1. Introducción.....	171
2. ¿Es matemático el mundo?	172
3. Constante de la naturaleza.....	179
1. El número de Avogadro	179
2. La constante de Boltzmann.....	180
3. El número de Feigenbaum	184
4. La constante dieléctrica	186
5. La constante de la luz.....	187
6. La constante de Planck.....	188
7. La constante de gravitación universal.....	190
8. La constante cosmológica	190
9. ¿Un mensaje oculto?	192
4. El mundo como obra de arte.....	195
1. Pitágoras.....	195

2. Platón	198
3. Newton.....	201
4. Maxwell.....	205
5. Simetría.....	207
6. Belleza cuántica.....	209
Conclusión del estudio sobre si el mundo es un diseño inteligente	213
PARTE V	215
CONCLUSIONES.....	215
AGRADECIMIENTOS.....	217
GLOSARIO	223
BIBLIOGRAFÍA.....	228

INTRODUCCIÓN

1.- ¿QUIÉN ES DIOS PARA EL HOMBRE?

Indicar que pasan por cuatro tiempos o estados claramente diferenciados

1.- El dios de los antiguos y de la Grecia clásica. Para los antiguos existe la PHYSIS y fuera de la PHYSIS no hay nada. Con Aristóteles se considera a dios como la materia primera, el primer motor inmóvil.

2.- Con la llegada del cristianismo la referencia a Dios sufre una transformación radical, Dios es el creador de todo el universo, animales y hombres. Dios es un ser racional, trascendente promesa de vida eterna para los humanos que crean en él y que ha creado el universo de una forma continua.

3.- El Dios moderno de los siglos XVI y XVII. Los grandes científicos de estos dos siglos Copérnico, Kepler, Galileo y Newton creen en un Dios creador del universo al que ha dado autonomía y funciona gracias a leyes dadas por Él.

En los dos siglos posteriores XVIII y XIX surgirán los primeros ateísmos de grandes filósofos basados en causas ajenas a la ciencia o cosmología.

4.- La época actual. En el siglo XX aparece un ateísmo que podemos llamar militante porque busca el proselitismo y el particularmente agresivo con el credo cristiano. Aseguran que Dios no existe, pero son incapaces de explicar cómo fue la creación, como es posible el orden actual si hubo un desorden inicial y otras muchas teorías para las que la ciencia actual no tiene respuestas y algunas de ellas parecen inalcanzables para la mente humana.

Frente a ellos los creyentes y en particular los creyentes católicos al igual que otros muchos científicos, separan los campos de actuación de la ciencia y la religión. No obstante, aceptando que la existencia de dios no es algo a explicar racionalmente, si creen que en la naturaleza terrestre y en el universo como creados por Dios, ha dejado huellas que se pueden estudiar, que serían imposibles sin la existencia de un ser superior y que en consecuencia es suficiente para sustentar sus creencias.

2.- ESTRUCTURA DE LA TESINA

Para desarrollar estos cuatro puntos de estudio, hemos desarrollado esta tesina en cuatro partes, más otra más dedicada a Conclusiones.

En la parte primera estudiamos a Aristóteles y a Santo Tomás. Vivieron en una diferencia de tiempo de más de mil quinientos años, pero si los hemos incluido en la misma parte, es porque sus teorías no fueron rechazadas explícitamente y no como sucede en el caso de los pensadores y científicos del Renacimiento o en la fecha actual. Sucede además que Santo Tomás es un estudioso y gran seguidor de Aristóteles.

En la baja Edad Media la cultura en la actual Europa se recluye en los monasterios, donde se estudian el “Trivium” y el “Cuadrivium” y las asignaturas que integraban.

La ciencia aristotélica no era conocida en Occidente en estas fechas. Gracias a la invasión del Islam, gran parte de la filosofía griega es transmitida por medio de sabios, científicos y filósofos entre los que sin duda alguna destacan los nombres de Avicena, Averroes y Maimónides, y que no debemos olvidar su concepción o visión naturalista del universo se opone a la concepción creacionista de los pensadores cristianos, con textos aristotélicos que alguno llegó a ser prohibido por los Papas de Roma.

En el siglo XII, surgen las universidades. Palencia, la primera en España y algo después las de Salamanca y Alcalá tan conocidas y famosas por el impulso que dan a la cultura española. En el resto de Europa, entre otras muchas surge la de París, baluarte sin duda de las creencias cristianas.

Por todas estas razones, además de la metafísica aristotélica hemos estudiado inmediatamente después la vida de Santo Tomás de Aquino, ilustre universitario de la época, con estancia en varias universidades europeas y su doctrina con defensas conocidas de la existencia de Dios.

En la parte segunda, recogemos a los cuatro grandes pensadores, científicos y cosmólogos (Copérnico, Galileo, Kepler y Newton) y hacemos una pequeña incursión en Bacon por sus aportaciones a la Teoría del Conocimiento y a Descartes por su

metafísica y pruebas de la existencia de Dios. El estudio no es exhaustivo, pues son ajenos al argumento cosmológico de la existencia de Dios, objeto de esta tesina.

Recordar aquí que con el tema del heliocentrismo surge lo que podemos llamar conflicto ciencia-religión. Galileo Galilei, en su libro Carta a Lorena, se pronuncia claramente que son temas diferentes. El Papa no lo vio así y tuvo lugar el famoso proceso.

Si los científicos ya citados del renacimiento recurrían a Dios como hacedor de las cosas que no sabían explicar, ésta necesidad deja de existir a finales del siglo XVIII.

Laplace es capaz de explicar cómo funciona el universo, sin necesidad de recurrir a Dios. Hemos dicho funcionar, no crear problemática que surgiría dos siglos más tarde.

En la parte tercera, hemos estudiado las tres teorías que surgen en el siglo XX, relatividad cuántica y del caos, y ya hemos dicho porque hemos excluido la de cuerdas. Además, se hace un estudio breve para lo que hoy sabemos del origen y evolución del universo.

Las tres teorías se estudian con un cierto detalle, para lo que es una tesina en filosofía. Si lo hemos hecho así, es porque además de ser apasionantes, vienen a demostrar que queda mucho por saber. Si Newton hubiera vivido en el siglo XX-XXI, sin duda hubiese considerado que Dios las comandaba. Los científicos actuales, creyentes y no creyentes, consideran simplemente que son temas para seguir estudiando y que poco a poco iremos conociendo y descubriendo, aunque estos conocimientos exijan la realización de nuevos descubrimientos.

Que el mundo es un diseño inteligente, es el gran argumento cosmológico de los teólogos del siglo XXI. Por eso, nos preguntamos en la parte cuatro sí lo es o no lo es, y damos algunos datos para que se pueda opinar. En esta tesina no nos pronunciamos.

Por último, en la parte quinta, abordamos las conclusiones generales del estudio.

PARTE I

ARISTÓTELES Y VIDA Y OBRA DE SANTO TOMAS

1.- LA METAFÍSICA ARISTOTÉLICA

Nace Aristóteles el año 384 a.C. Históricamente se acaba de disolver el imperio de Alejandro y surgen las monarquías helénicas que convierten al ciudadano griego en súbdito. No se buscan personas con grandes virtudes cívicas, sino personas con determinados conocimientos técnicos. No se encuentran alternativas a la Polis. Nace una nueva cultura y surge la necesidad de buscar una nueva identidad moral que de sentido a la vida humana. Se buscan ciudadanos autónomos, pero también la enorme tarea de hacer del hombre un ciudadano de mundo.

Aristóteles primero ingresa en la Academia Platónica hasta el año 347 a.C. que muere Platón. Después de una breve estancia fuera de esta ciudad vuelve a Atenas, donde abre su propia escuela a la que llama “liceo”. Las clases se dan paseando (peripatéticas) hasta el año 323 a.C., año en el que muere Alejandro y le obliga a retirarse a Calais hasta el año 322 a.C. en el que muere.

Para Aristóteles *“la ciencia debe buscar la verdad universal y necesaria que exprese el verdadero ser de las cosas”*. Se debe abandonar el elemento místico-religioso-creológico y configurarse únicamente desde el logos. El elemento místico-religioso-creológico constituye el fundamento de la teoría de las ideas con su implicación sobre la inmortalidad del alma.

Se abandona porque las ideas no pueden ni explicar adecuadamente el origen de las cosas sensibles, ni explicar la definición propia de cada cosa, con el añadido que la teoría de las ideas no es más que una *“sublimación”* del mundo sensible. Para Aristóteles la física no es una ciencia creadora ni práctica. El principio de toda creación, es el agente, el espíritu, el arte o cierta potencia. La física es una ciencia teórica, de los seres que son susceptibles de movimiento, pero siempre inseparable de un objeto material. Si hay algo que sea realmente inmóvil, eterno. Este conocimiento tampoco pertenece a la ciencia matemática, sino a otra superior: la teología. Hay tres ciencias teóricas: la matemática, la física y la teología.

Aristóteles se pregunta ¿Hay algo realmente inmóvil, eterno e independiente, que provoque la necesidad de una ciencia superior? Aristóteles considera que la crisis cultural engendrada por los sofistas, sigue abierta en su tiempo; no considera suficiente la respuesta de Platón. La filosofía sofística no es una más entre otras, su diferencia con la verdadera filosofía porque no estudia la naturaleza de los problemas que trata, sino la intención con que dichos problemas son abordados.

Al juzgar a los filósofos del pasado, Aristóteles nunca se atenderá a las palabras, sino que buscare la distinción que puede dar sentido. ¿Qué garantiza que la palabra conserve para todos los que la verán una única significación? Por sí misma es sólo un sonido y su significación puede ser subjetiva. Aristóteles que cree en el carácter conversión del lenguaje, quiere mostrar que las palabras no son significantes por naturaleza y que su sentido podría proceder de una intención significante. La experiencia atestigua que las intenciones humanas pueden compartirse con el diálogo, si no fuera así habría posibilidad de diálogo. La objetividad de la significación de las palabras es lo que Aristóteles llama “*la esencia*”.

Según Aristóteles “*Por significación única entiendo aquí lo siguiente: si hombre significa tal cosa y si algún ser es el hombre, tal cosa sería la esencia del hombre*”. La conclusión es evidente. “*Las palabras tienen un sentido porque las cosas tienen una creencia*”. Hay que diferenciar entre pensamiento y lenguaje y entre lenguaje y ser. Todo el lenguaje es una verdadera ontología y no un discurso inmediato sobre el Ser, un discurso que solo puede ser comprendido si se supone la esencia (el ser de cada cosa) como fundamento de la comprensión.

En Aristóteles el proyecto de una ontología aparece ligado a una reflexión, siempre presente, sobre la comunicación. Interesa la estructura interna del lenguaje y la posibilidad de la comunicación humana.

Debemos analizar los diferentes modos de ser. Textualmente Aristóteles dice “*Todos están de acuerdo en que algunas cosas sensibles son sustancias; por ellas debemos comenzar nuestra investigación*”. Debemos partir de las cosas cognoscibles por naturaleza (las cosas sensibles) para llegar a las no cognoscibles (las cosas sensibles).

Pero ¿Qué sustancias existen? Y otra pregunta implícita ¿Qué es la sustancia en general?

El dato fundamental de la experiencia sensible sobre la sustancia (la realidad natural) es el movimiento. Luego la definición de la sustancia exige la definición del movimiento.

Nos seguimos preguntando ¿Qué es el movimiento? En contra de Parménides, Platón dice que es necesario admitir la existencia de un no-ser, diferente del ser, pero existiendo, siendo ser real. Recordemos que Platón había establecido que el ser verdadero era solo lo inteligible y por eso presentaba al ser sensible como una especie de *“mundo intermedio entre el ser y el no ser, que en este caso es entendido, segunda acepción del no ser, no como una forma concreta de ser sino como “nada”, como lo opuesto al ser”*.

Una vez que hemos explicado el movimiento, se exige dar cuenta del movimiento de la realidad humana, de la sustancia sensible.

El movimiento no es abstracto, siempre es algo lo que se mueve. Si el movimiento es potencia-acto, todo lo que se mueve tiene que existir realmente un principio de potencia, de dinamismo, que es denominado por Aristóteles. Pero si la sustancia sensible fuera solo materia, algo que todavía no es, pero que puede llegar a ser, no sería un algo concreto. Luego, si es algo concreto que tiene posibilidades realizadas, se exige un principio de acto, de perfección actualizada y actualizante que Aristóteles denomina forma. Todo lo que se mueve es composición de materia y forma su conocida teoría hilemórfica.

Para Aristóteles la materia es el principio constitutivo de las realidades sensibles, pero que solo es potencialidad que requiere ser actualizada para llegar a ser algo. La materia es, pues impropia sustancia. La forma, en cambio, constituye el verdadero ser (lo que es) de la cosa. Su definición, su ciencia y puede ser llamada sustancia. Pero la forma, si fuese actualización pura de todas las potencialidades, el movimiento sería inexplicable. La forma pura carece de materia y es inmóvil. El compuesto materia y forma, también debe ser llamado sustancia. Resumiendo,

podemos decir *“materia, compuesto y forma pueden, pues, denominarse seres, pero el compuesto es más ser que la materia y la forma es más ser que el compuesto en cuanto que es su causa, su razón de ser”*. Así queda explicado el movimiento. La *“epistema”*, el conocimiento científico, debe alcanzar la razón de ser, lo último que se pretende explicar.

Preguntarnos por el movimiento, es preguntarnos por sus causas.

La materia y la forma son causas del movimiento, pero no suficientes. Todo lo que se mueve es movido por otro que esté en acto con respecto a lo que mueve.

Pero ¿cuál es la causa del movimiento del todo? Para que el movimiento sea posible tiene que haber un principio primero que sea su causa. Con esta pregunta se abre, abandonando la física, un tipo de conocimiento que intenta situarse más allá de la experiencia sensible (de la sabiduría física). Aristóteles lo llama primera filosofía y la tradición posterior la llamara metafísica.

Con el motor del movimiento, llegamos a un primer motor inmóvil. De él depende cuánto existe. El acto de vivir del primer motor es el deleite algo que no es posible para nosotros. También es vida y esa es su verdad, su estado. La actividad de su inteligencia es vida y Dios es esa actividad. Es vida perfecta y eterna. La inteligencia divina es lo más excelente que puede darse. La diferencia con Platón es evidente. Aristóteles al igual que Platón admite lo suprasensible, pero esto no es las ideas de Platón sino una inteligencia suprema. El ser suprasensible es Inteligencia.

Dios atrae como objeto de amor, es decir como fin. La causalidad del primer motor inmóvil es causalidad final.

Es necesario admitir la existencia de una materia originaria, pura potencialidad, que atraída por el primer motor inmóvil realice sus posibilidades dando lugar a la substancia sensible. Esta materia es la materia primera, lo que obliga a llamar a la substancia sensible, unidad de materia y forma, materia segunda.

El mundo material existe desde siempre. Dios es eterno y desde toda eternidad atrae a la materia primera que existe. También desde siempre.

Aristóteles introduce también el concepto de accidente. Aquellos accidentes que son necesarios, inherentes a la substancia son las categorías aristotélicas.

El ser se puede presentar en el sentido del accidente, en el sentido de la substancia, en el sentido de ser como verdadero al que se pone al ser como falso y por último en el sentido del ser como potencia y ser como acto.

Todo lo que llamamos ser, recibe este nombre por referencia a substancia.

Hay tres tipos de realidades: divina (suprasensible y eterna), celeste (sensible eterna) y terrestre (sensible) y a las tres se las puede denominar substancia.

La filosofía primera es ciencia en sí, y es la ciencia libre por excelencia. No responde a necesidades prácticas, es pura necesidad de saber lo verdadero; necesidad radical de responder a los “*porqués*” y en especial al “*por qué*” último.

En la metafísica aristotélica caben muchas cosas que obviamos por hacer menos referencia al tema que nos ocupa.

Terminar resaltando que Aristóteles defiende que existe un primer motor inmóvil, algo que se corresponde con los principios cristianos, pero que después de estar casi diez siglos ocultos para occidente, cuando se le vuelve a conocer se prohíbe su lectura. Para Aristóteles el universo es eterno. Para los cristianos creado por Dios.

2.- SANTO TOMÁS DE AQUINO (1225-1274)

1. SU VIDA

Tomás de Aquino nació el año 1225 en el castillo italiano de Roccasecca, en la actualidad en ruinas y a mitad de camino entre Roma y Nápoles. Se crío en un ambiente de gran nobleza. Cerca del castillo de nacimiento de Tomás de Aquino se encuentra el famoso monasterio benedictino de Montecassino que tanta influencia tuvo en su vida y en su obra.

En el año 1230, es decir con solo cinco años de edad, Tomás de Aquino ingresa en este monasterio benedictino como oblatos.

El monasterio de Montecassino había sido fundado en el año 520 por San Benito de Nursia. El joven Tomás fue uno más de los niños de familias nobles que ingresaban en monasterios como oblatos para que recibieran la formación propia del estado religioso. Estos niños no hacían votos y al llegar a la pubertad podrán optar por seguir o no la vida religiosa.

El niño Tomás destacó enseguida por su prodigiosa memoria y la brillantez de su inteligencia, así como por su inquietud por conocer a Dios. Con frecuencia preguntaba a sus profesores ¿Quién es Dios? Se puede decir que gran parte de su vida la dedicó a contestarse esta pregunta.

En abril de 1236 viaja a Nápoles, cuando las tropas de Federico II ocupan el monasterio de Montecassino y asesinan a muchos de los monjes residentes. Tomás tras una breve estancia en casa de sus padres se traslada a un monasterio benedictino en Nápoles para iniciar los estudios universitarios en esta ciudad. Es en esta ciudad donde tiene el primer contacto con los frailes dominicos la orden de predicadora fundada por el español Domingo de Guzmán.

A principios del año 1244, después de la muerte de su padre, Tomás el joven de 19 años solicita su ingreso en la orden de predicadores. No consultó a nadie de su

familia por temor a que se opusieran, algo que después los hechos demostraron que hubiese sucedido. Los frailes deciden enviarlo a Roma al convento de Santa Sabina.

Cuando su madre se entera, dio órdenes a sus hijos que estaban en el ejército al mando de tropas que interceptaran la caravana en la que viajaba su hermano Tomás para secuestrarlo. Efectivamente lo hicieron y lo enviaron a uno de los castillos que la familia tenía, llamado Montesangiovanni.

En este castillo ocurrió un incidente que dio lugar al famoso cuadro de Velázquez titulado “*La Tentación de Santo Tomás*”. Introdujeron en la celda de Tomás a una mujer de muy mala reputación con objeto de tentarle sexualmente. El de Aquino la rechazó con un tifón de fuego que ardía junto a la chimenea. De ahí le viene el título de “*Doctor Angélico*”.

Desde mayo de 1244 hasta el otoño de 1245, Tomás permaneció en el castillo de Roccasecca, donde su madre trató de persuadirlo para que abandonara la orden dominicana. Aquí escribió su primera obra sobre “*El Tratado de las falacias*” de Aristóteles.

Pasado un cierto tiempo se relajó la vigilancia sobre Tomás y éste pudo planear su fuga ayudado por otro fraile dominico que le esperaba con unos caballos al pie de la ventana del castillo.

Para evitar otro secuestro de su familia al ya monje dominico lo envían a París. Aquí permaneció los años 1246, 1247 y los primeros meses del año 1248. Aquí terminó el noviciado y en la universidad estudió filosofía y teología. En esta ciudad también siguió los cursos de otro celebre dominico San Alberto Magno, que gozaba de un gran prestigio y como sabemos posteriormente canonizado.

En julio de 1248 se creó el Estudio General de Colonia. Se encargó la enseñanza al maestro Alberto, quien pidió a Tomás, su mejor alumno que le acompañara como un profesor más.

Coincidiendo con el ofrecimiento de profesores ya indicado, el Papa Inocencio IV le ofreció ser abad de Montecassino, algo que Tomás rechazó a pesar de la importancia del cargo.

En Colonia, Santo Tomás además de estudiante fue profesor, iniciándose el año 1250.

A finales del verano de 1252, Santo Tomás es enviado de nuevo a París a ocupar una vacante de profesor donde se encontró con un ambiente muy tenso entre franciscanos y dominicos por ver quién ocupaba más cátedras.

En París el año 1256 escribió una extensa obra que utilizaba para sus clases en la universidad y este mismo año consigue el grado máximo de maestro o doctor. Tenía 31 años. También en esta época comienza a escribir "*La summa contra los gentiles*", obra en su mayor parte filosófica o racional sobre la realidad.

En el año 1259 regresa de nuevo a Nápoles como predicador provincial, una importante distinción con la que se reconocía a quien había sido el primer miembro de aquella provincia romana que había conseguido una cátedra universitaria.

A los dos años de estar en Nápoles fue nombrado lector del convento dominicano de Orvieto.

Estando en esta ciudad el Papa que estaba interesado en la unión de las iglesias de Occidente y Oriente, le encargó que examinara las cuestiones teológicas en las que había desacuerdo. Por esta razón escribe "*Contra los errores de los griegos*" en el año 1263.

El año 1265, Santo Tomás recibe el encargo de abrir un estudio provincial en Roma para formar a los jóvenes dominicos de la provincia romana.

Su traslado de esta ciudad al antiguo convento de Santa Sabina junto a la famosa basílica y residencia desde la época del fundador del maestro general, para comenzar el curso.

El año 1266 el Papa Clemente IV le ofreció el arzobispado de Nápoles, renunciando Santo Tomás a este honor, a pesar que tal como pensaba su familia llevaba aparejada la inminente promoción al cardenalato.

Las guerras intestinas de esos años entre Carlos de Anjou y el emperador obligaron al Papa Clemente IV a trasladarse a Viterbo.

Esta decisión afectó a Santo Tomás porque en el curso 1267-1268 el capítulo general de la orden le envía como lector a esta ciudad, pues querían que hubiese un profesor de prestigio donde estuviese la corte pontificia.

Allí trató a Guillermo de Moerbeke, el traductor griego de Aristóteles, que estaba revisando las traducciones antiguas al latín y confrontándolas con los textos griegos. Aprovechando la tranquilidad de la ciudad de Viterbo, Santo Tomás terminó la primera parte de la "*Summa Teológica*". Corría el año 1268.

En noviembre de 1268 enviaron de nuevo a Santo Tomás a la universidad de París para ocupar por segunda vez una cátedra, en la que estuvo casi cuatro años en un ambiente de intrigas y controversias constantes en las que el santo se vio involucrado. Tuvo que combatir las doctrinas del pensador musulmán Averroes (1126-1198) un gran comentarista de Aristóteles pero que ponía en peligro la síntesis de la escolástica de teología y ciencia elaborada durante siglos.

También se vio envuelto en las agrias controversias entre "*filósofos*" y "*teólogos*" en lo que se conoce como "*el conflicto de las facultades*" que obligó a Santo Tomás a escribir "*sobre la unidad del entendimiento contra los averroístas*"

Santo Tomás todavía tuvo que participar en una tercera lucha. El nuevo frente lo constituían los teólogos, principalmente franciscanos, capitaneados por Enrique de Gante (1217-1293) que rechazaban también las ideas averroístas pero también rechazaban las teorías de Aristóteles. Los franciscanos solo admitían la teología escolástica de San Agustín basada en el gran filósofo Platón.

No obstante y a pesar de emplear tiempo en la defensa de Aristóteles esta última etapa en Padua que duro cuatro años (1268-1272) fueron los más productivos de su vida.

Terminó la segunda parte de la "*Summa Teológica*" en 1270, la segunda serie en 1272, así como las primeras cuestiones de la tercera parte de su ingente obra.

En París, Santo Tomás se propuso la tarea de comentar toda la obra completa de Aristóteles. Advirtió la necesidad que tenían los estudiantes de conocer a este filósofo, sin deformaciones y veía éste proyecto como paralelo y complementario del

de la escritura de la “*Summa Teológica*”, aunque por su extraña y temprana muerte no pudo terminar ninguno de los dos proyectos.

A finales de abril de 1272 Santo Tomás deja la universidad de París para regresar a Italia.

El motivo pudo ser la intervención de Carlos de Anjou, rey de Nápoles, que tenía muy buena relación con la orden de predicadores.

El rey se había interesado por el desarrollo de esta universidad y quiso que tuviese una facultad de gran futuro y prestigio de teología para lo que necesitaba al santo predicador.

Todos los esfuerzos del rey francés Luis IX, así como de sus muchos amigos y alumnos de retenerle en París no tuvieron ningún fruto.

Su enfermedad que le llevo a la muerte tuvo algo de misterioso. El 6 de diciembre de 1273 durante la celebración de la misa de San Nicolás de Bari, en la capilla de este Santo, Santo Tomás se sintió extraordinariamente conmovido y cambiado según declararon los testigos en su proceso de canonización. A partir de este momento dejó de escribir, dejando varias obras incompletas entre otras “*La Summa Teológica*”.

Se han tratado de dar muchas explicaciones a este suceso que van desde que sufrió un derrame cerebral hasta que tuvo una experiencia mística.

A principios del año 1274 Santo Tomás tuvo que emprender viaje a Lyon, invitado por el Papa Gregorio X. No pudo llegar, en el camino sufrió un accidente cuando iba montando en un mulo que chocó contra un árbol, bajando una cuesta, golpeándose en la cabeza y quedando aturdido.

A partir de este momento sufrió un desgaste progresivo llevado con una gran paz según los testigos de su canonización y falleció el día 7 de marzo, miércoles del año 1274.

Santo Tomás fue canonizado muy pronto, el 18 de julio de 1323.

El Papa Pío V lo declaró Doctor de la iglesia el 11 de abril de 1567. El 4 de agosto de 1880 fue proclamado patrono de los estudios por León XIII (1878-1903). Antes en el año 1879, cuando publica la encíclica *Aeternis Patris* propuso la restauración de la filosofía y la teología católica según la doctrina de Santo Tomás. El Papa Pío XI (1932-1939) publicó en 1923 la encíclica *Studiorum Ducem* donde le nombra oficialmente Doctor Communis doctor de los doctores y Doctor Angelicus. El Papa Pío XII (1939-1958) en su encíclica *Humani generis* volvió a insistir sobre seguir la filosofía del Santo Dominico. Por último decir que también se recordó su magisterio en el Concilio Vaticano II.

2. SUMA TEOLÓGICA

Esta ingente obra es sin duda la cumbre de Santo Tomás. Son muchas las razones para tener a Santo Tomás como uno de los grandes pensadores de todos los tiempos y desde luego que es el filósofo más importante del período de 2000 años que transcurren entre Aristóteles y Descartes.

Muchos filósofos y teólogo coetáneos de Santo Tomás escribieron “*Sumas*”. Una “*Suma*” no es más que un resumen. Se parece más a una enciclopedia que a un libro de texto. Y está pensada para un ámbito que se asemeja más al de una biblioteca de referencia que al de un libro.

El diseño estructural de la “*Suma Teológica*” es un espejo del diseño estructura de la realidad. Comienza hablando de Dios como principio, continua con el acto de la creación y a una valoración de las criaturas, obviamente centrada en el hombre como único ser creado a imagen y semejanza de Dios. Para después del retorno del hombre a Dios a través de su vida de elecciones morales y religiosas y culmina en los medios o la vía para tal fin. Cristo y su iglesia. En la “*Suma*” de San Agustín, Dios es el corazón ontológico que bombea sangre del ser a través de las astucias de la creación en el cuerpo del universo.

Recomienda Peter Kreeft, gran pensador actual norteamericano experto en Santo Tomás que la mejor preparación para leer este libro es revisar la lógica Aristotélica en especial los tres actos de la mente, como las denominaron en la edad

media, la aprehensión, el juicio y el raciocinio con sus respectivas expresiones lógicas: términos, proposiciones y argumentos.

Para estudiar las vías de la existencia de Dios, escritas en la “*Suma*” de Santo Tomás nos hemos valido del librito “*Suma Teológica Mínima*” del gran pensador ya citado, Peter Kreeft. Él mismo asegura que recoge los pasajes filosóficos esenciales de la Suma Teológica original de Santo Tomás de Aquino.

La Suma Teológica se encuentra dividida en cuatro partes generales (I, I-II, II-II y III). Cada parte está dividida en tratados, por ejemplo tratado de la creación, tratado del hombre...

Cada tratado se divide en “*cuestiones*” numeradas o temas generales dentro de la temática (por ejemplo, “sobre la simplicidad de Dios”, “sobre la relación de los ángeles con lo corporal”...

Por último cada cuestión se encuentra dividida en “*artículos*” numerados. Podemos decir que el “*artículo*” es la unidad básica del pensamiento de Santo Tomás a través de su “*Suma*”.

Además de las Vías, para demostrar la existencia de Dios que nos da Santo Tomás en su obra cumbre podemos ver otros pasajes importantes y de gran utilidad para evitar los errores que posteriormente cometió la iglesia de Roma, por una parte con Copérnico, poniendo su libro en el índice y mayor error todavía con Galileo al que llegó a condenar.

El artículo 10 lo tituló Santo Tomás “*El texto de la sagrada escritura ¿tiene o no tiene varios sentidos?*”

Como objeción escribe “*por las que parece el texto de la Sagrada Escritura no tiene varios sentidos. Estos son el histórico, literal, el alegórico, el tropológico o moral y el anagógico*”.

Dice el autor que la multiplicidad de sentidos en un texto “*engendra, confusión y desengaño y quita fuerza al argumento*”. Añade que la generalización de argumentos

puede ofrecer meros sofismas y que las Sagradas Escrituras no pueden tener varios sentidos.

Después escribe “*La solución*” dice el por qué se deben aceptar los cuatro sentidos y no solo el literal como ya decía San Agustín.

Lo más interesante para esta humilde tesina de magister lo escribe Santo Tomás en “*II Pruebas de la existencia de Dios cuestión 2, sobre la existencia de Dios*”. La reflexión sobre Dios abarcará tres partes. En la primera tratará de lo que es propio de la ciencia divina, en la segunda lo que pertenece a la distinción de personas, en la tercera lo que se refiere a las criaturas en cuanto que proceden de Él.

A la evidencia sobre la existencia de Dios, Santo Tomás pone tres objeciones.

- 1) No es cierto que la felicidad que busca la naturaleza humana sea y esté en Dios, pues de hecho muchos piensan que el bien perfecto del hombre está en la riqueza, otros en el placer y otros en cualquier otra cosa.
- 2) Incluso suponiendo que alguien entienda lo que con la palabra Dios se dice, se puede pensar que este nombre se da en la realidad a no ser que se presuponga algo que en la realidad puede pensarse y es evidente que esto no es aceptado por los que dicen que Dios no existe.
- 3) Puede que exista la verdad absoluta pero aunque la verdad en general existe, no es evidente que existe la verdad absoluta.

En el artículo 2 de la cuestión 2 se pregunta Santo Tomás si la existencia de Dios ¿es o no es demostrable?

Primeramente pone tres objeciones y a continuación las contesta.

- 1) Sobre la existencia de Dios como artículo de fe hay que decir que la existencia de Dios y otras verdades que de Él pueden ser conocidas no son artículos de fe. La fe presupone el conocimiento natural como la gracia presupone la naturaleza y la perfección lo perfectible. Pero nada impide que lo que en sí mismo es demostrable y comprensible sea tenido como creíble por quien no llega a comprender la demostración.

- 2) La base de la demostración está en lo que es, pero de Dios no podemos saber qué es, si no que no es.

A esto hay que decir que cuando se demuestre la causa por el efecto, es necesario usar el efecto como definición de la causa para probar la existencia de la causa. Esto es así sobre todo por lo que respecta a Dios. Demostrando por el efecto la existencia de Dios, podemos tomar como base lo que significa este nombre Dios.

- 3) Si se demuestra la existencia de Dios a través de sus efectos, sus efectos no son proporcionales a Él, en cuanto que los efectos son finitos y Él es infinito y lo finito no es proporcional a lo infinito.

A este contesta Santo Tomás diciendo que por efectos proporcionales a la causa no se puede tener un conocimiento exacto de la causa.

Pero un efecto demostrable demuestra que la causa existe. Así por efectos divinos puede ser demostrable la existencia de Dios, aun cuando por los efectos no podamos llegar a tener un conocimiento exacto de cómo es Él es sí mismo.

En el siguiente artículo de esta misma cuestión responde Santo Tomás a la pregunta ¿existe o no existe Dios? Dice puede ser contestada de cinco maneras distintas a las que llamara 5 vías.

Las pruebas de la Existencia de Dios en Santo Tomás.

Un primer resumen sería el siguiente:

- 1) La que se deduce del movimiento.
- 2) La que se deduce de la causa eficiente.
- 3) La que se deduce de lo posible y de lo necesario.
- 4) La que se deduce de la jerarquía de valores que encontramos en las cosas.
- 5) La que se deduce del ordenamiento de las cosas.

Ampliamos algunas de ellas.

La que se deduce del movimiento. En tiempos de Santo Tomás se sabía que los astros se movían. Muy particularmente pues sus errores, recordemos el movimiento

del Sol alrededor de la tierra, eran grandes pero se conocía el hecho físico de lo que entendemos por movimiento

No se conocían sus leyes, pero si en parte sus causas. Todo movimiento a nivel de la tierra exigía una causa. Si los astros se movían ¿a qué se debía éste movimiento si estaban aislados? Todavía Kepler no había publicado sus famosas leyes, pero había que justificar algo evidente. Decía Santo Tomás *“que nada se mueve a no ser que, en cuanto potencia esté orientado a aquello en que se mueve”* y añadía *“Quien mueve esta en acto. La potencia no puede pasar a acto más que por quien esté en acto”*.

Los movimientos se irán produciendo uno como causa de otro y así sucesivamente hasta llegar a un primero que llamamos Dios. Este argumento válido en el siglo XIII, hoy diríamos está superado, pues conocemos unas leyes físicas y del movimiento que en aquel siglo estaban pendientes de descubrir.

Lo que se deduce de la creación a día de hoy modificando algunas palabras seguiría totalmente en vigor. Sabemos en parte cómo se forma el universo que conocemos, pero de ahí no pasamos. Conocemos dos infinitos con los que convivimos que son el tiempo y el espacio, pero seguimos sin explicarnos el origen de los tiempos ni la terminación del espacio físico. Las unidades y magnitudes tanto físicas como temporales somos capaces de escribirlas pero se nos escapa su comprensión.

En nuestros tiempos es posible que Santo Tomás hubiese mantenido esta vía pero le habría escrito en otros términos.

Por último, trataremos de refundir lo que dice Santo Tomás de la tercera y quinta vía. El orden. El orden en el universo y las causas eficientes.

Hoy conocemos muchas de las leyes que rigen la naturaleza así como las causas de los movimientos, no solamente de los planetas sino también de las galaxias. Todavía hoy en día siguen surgiendo preguntas ¿estas leyes como han surgido? La fuerza de la gravedad, la teoría electromagnética, la constancia de la velocidad de la luz a nivel más elemental y las otras muchas constantes físicas y ecuaciones que manejamos son ¿el producto de qué?

Las vías de Santo Tomás se escriben casi tres siglos antes que las teorías de Copérnico acerca del movimiento del sol y de la tierra en su famoso libro del que luego escribiremos. Pero estos conocimientos tan novedosos incluso para los grandes científicos que las descubrieron, Copérnico, Kepler, Galileo y Newton, por citar los más importantes y de los que de alguna manera haremos referencia, son profundos creyentes y como tales se manifestaron en sus vidas y en sus obras. Fue preciso llegar a Laplace a finales del siglo XVIII para poder decir “*no necesito de Dios para explicar cómo funciona el universo*”, pero es posible que lo necesitase para alguna otra función.

PARTE II

EL RENACIMIENTO

1. COPERNICO (1473-1543)

1. SU VIDA

Nicolás Copérnico nace el día 19 de febrero de 1473 en Torún y muere en Frombork el 24 de mayo de 1543. El padre de Copérnico de nombre también Nicolás era un rico comerciante de Cracovia que en 1456 se asentó en Torún puerto sobre el Vístula a 200 kilómetros del mar para aprovechar las transacciones comerciales entre las ciudades ribereñas del Báltico y las tierras del interior. Su madre Bárbara Watzenrode, era de familia burguesa que había tenido miembros que ocuparon altos cargos en el gobierno de la ciudad. Nicolás Copérnico fue el hijo menor de este matrimonio que tuvo cuatro hijos, dos de los cuales Andrés y Bárbara abrazaron la carrera eclesiástica. En 1483 murió el padre de Copérnico, su madre había muerto con anterioridad.

Lucas Watzenrode, hermano de la madre de Copérnico en 1489 sería nombrado obispo de Wozniak y desempeñaría un importante papel en la política de la nación. Cuidó de una forma más o menos directa del acomodo económico y espiritual de sus sobrinos, introduciéndoles en la carrera eclesiástica para asegurarles una posición económica estable.

En 1491, a los 18 años de edad, Copérnico aparece matriculado en la Universidad de Cracovia, en la que permaneció hasta 1495. En estos años las ideas renacentistas tienen muchos partidarios, las relaciones con Italia eran abundantes y los Concilios de Constanza (1414-1418) y de Basilea (1431-1449) habían introducido el Humanismo en esta vieja universidad.

En esos años los estudios astronómicos en la Universidad de Cracovia eran muy importantes. Desde principios del siglo XV tenía una Cátedra de Astronomía a la que se añadiría una segunda de astrología a mediados de siglo. En la crónica del mundo escrita en 1493 por el historiador bávaro Hartmann Schedel aparece resaltado la fama de la universidad de Cracovia precisamente por sus estudios de astronomía y astrología. Un científico celebre de esta época fue Brudzewo que influyó decisivamente en la formación de Copérnico. La Geometría y la Geografía eran otras

ciencias también muy representativas en la Universidad de Cracovia en las que Copérnico demostró tener un alto nivel de destreza. Aquí estudió Copérnico “*Los elementos*” de Euclides, y las teorías planetarias, las tablas de las eclipses y el “*Tetrabiblos*” de Ptolomeo.

Destacamos la formación en estas materias del que posteriormente sería uno de los astrónomos más importantes de todos los tiempos.

En 1496 marcha Copérnico a Italia para continuar sus estudios. Así en 1496 según reza el registro de la Universidad de Bolonia, queda inscrito Copérnico en el colegio de “*la nación alemana*”. En esta Universidad estudia Derecho Canónico, pero se sabe mantuvo continuas relaciones con Domenico Novara con quien realizó investigaciones astronómicas, lo que demuestra el alto nivel de conocimientos que ya Copérnico había adquirido en estas materias con tan solo 23 años de edad.

Este enriquecedor contacto fructífero al menos en la primera observación de Copérnico de la que tenemos constancia. El eclipse de la estrella Palilicium (Alfa tauri, Aldebaran) por la luna el 9 de marzo de 1497.

Este mismo año, su tío el Obispo de Warnia consigue afianzar a su sobrino y lo integra en el Cabildo de la catedral. Este cargo no exigía órdenes religiosas y podía ser delegado.

En el año jubilar de 1500 siendo pontífice Alejandro VI (Rodrigo Borgia), Copérnico visita Roma.

No está confirmado pero hay quien asegura que en Roma dio conferencias de Matemáticas y Astronomía y que pudo en presencia del Papa Alejandro dar algún inicio de la posteriormente famosa teoría heliocéntrica.

Lo que sí está demostrado es que tanto de Bolonia como en Roma, Copérnico registró observaciones referentes a las conjunciones de los planetas con la tierra así como el eclipse de luna que se produjo el 6 de noviembre del año 1500.

En la primavera del año 1501 Copérnico junto a su hermano Andrés regresa a Polonia. Nicolás que ya ha estado estudiando tres años con el permiso del Capítulo,

solicita extender su permanencia en Italia durante dos años más para completar su formación estudiando medicina.

Su hermano Andrés también consigue el permiso. Los estudios de medicina los inicia Copérnico en Padua el año 1501 y los concluye en 1504.

El 31 de mayo de 1503 se doctora en Derecho Canónico en la Universidad de Ferrara a pesar de que nunca había estudiado en esta universidad. Este episodio ha llamado la atención de los historiadores que han buscado como es lógico, razones que lo justifiquen. La más admitida es un interés económico, dado que en esta universidad era más barato doctorarse.

Conseguido este doctorado, Copérnico regresa a su patria de la que no volvería a salir. Tenía treinta años.

En Polonia vive en el Castillo de Lidzbark, sede del obispo de Warnia, su tío el obispo Lucas Watzenrode. Aquí actúa como hombre de confianza y como médico. Acompañaría a su tío a los actos políticos hasta la muerte del obispo el 12 de marzo de 1512.

De estos años se conserva la actividad literaria de Copérnico, en 85 breves cartas al historiador bizantino Teófilo Simocatta. Escrita en latín, se publicó el año 1509.

En este tiempo y a pesar de su mucha actividad política y de representación, tampoco abandona las actividades científicas. En junio de 1509 examinó el eclipse de luna sobre el meridiano de Crocavia. Durante la noche del 6 al 7 de octubre de este mismo año registra otro eclipse de luna, en enero de 1512 observó la conjunción de Marte con la primera estrella de la constelación libre.

Hacia 1507 escribió Copérnico uno de los documentos más importantes para la historia de la ciencia "*El comentariolus*", aunque algunos biógrafos de Copérnico datan la fecha en el año 1533 o 1539, haciendo de él un resumen de su gran obra "*De revolutionibus*". La importancia radica en que en él describe un sistema heliocentrista diferente al que aparece en su obra definitiva.

El *Commentariolus* afirma que la excentricidad de la órbita terrestre posee siempre el mismo valor y que el lugar del “*apogeo*” solar no cambia su posición entre las estrellas fijas. Esto no es así en “*Revolutionibus*” y Copérnico mismo nos informa de que han sido sus observaciones ejecutadas en 1515 las que le han forzado a abandonar las opiniones respecto a Ptolomeo, es decir, aquellas de las que se muestra partidario en el “*Commentariolus*”.

El “*Commentariolus*” empieza con una breve exposición histórica que escasamente ocupa una página. En ella refiere como nuestros antepasados utilizaron un gran número de esferas celestes para salvar el movimiento aparente de los planetas atendiendo al principio de la regularidad. Para ellas era absurdo que los cuerpos celestes, esferas perfectas, no tuvieran un movimiento uniforme. Calipo y Eudoxo utilizaron esferas concéntricas para explicar todos los movimientos de los planetas y así intentaron esclarecer no solo los movimientos aparentes (irregularidades en la dirección), sino también el hecho de que estos cuerpos aparezcan unas veces más altos en los ciclos y otros más bajos. Pero como este hecho es incompatible con el principio de la concentricidad, pareció mejor emplear excéntricas y epiciclos.

Copérnico se compromete a salvar la uniformidad de los movimientos de un modo sistemático, aunque omite por razón de la brevedad, las demostraciones matemáticas dejándolas para un mayor volumen. El libro consta de siete capítulos muy breves.

A pesar de todas sus investigaciones, Copérnico también tuvo tiempo para dedicarse a la política, al menos a la provincial, lo que hace de él un verdadero hombre del renacimiento.

A la muerte del Obispo Watzenrode, Copérnico abandona el castillo de Lidzbank y se asienta en Frombork, ciudad en la que permanecerá hasta el resto de sus días salvo contadas y pequeños lapsus de tiempo.

También mereció su atención de reforma del calendario que preocupaba a toda Europa y muy especialmente a la Sede Romana, centro del saber y de todas las decisiones comunes a todo el mundo cristiano.

Finalmente decir que su pertenencia al cabildo, que en principio era su tarea habitual, lo obligó a atender obligaciones financieras como la reforma monetaria que hizo en 1517.

La labor astronómica de Copérnico puede dividirse en dos etapas. El hito separador lo constituye la muerte de su tío Lucas Watzenrode, y el abandono en consecuencia de las funciones de secretario. El primer período sin duda lo constituye el tiempo que transcurre en Italia y sus primeros años de canónigo.

Trata de buscar un sistema que superase la confección homocéntrica de Eudoxo y la confección de ecuantos y epicletos de Ptolomeo.

El segundo, comprendido entre la finalización del anterior y su muerte representa como rasgos característicos los constantes cálculos y un mayor número de observaciones. Hay quien opina que Copérnico buscaba en la regularidad de los astros, el sosiego que no podía proporcionarle la complejidad de las relaciones humanas.

En diversas ocasiones, leyendo escritos que recibía o contestándolos, Copérnico se muestra un firme partidario de Ptolomeo y toma como base de partida para sus cálculos “*La Gran Sintaxis*” de este científico griego. En otra carta recuerda el pensamiento de Aristóteles y escribe textualmente en una carta “*Deberíamos estar agradecidos no solo a los filósofos que han hablado correctamente, sino también a aquellos que lo han hecho con incorrección porque el hombre que desea alcanzar el camino correcto frecuentemente adquiere no poca ventaja conociendo los caminos erróneos*”.

Se piensa que hacia 1530 el “*De Revolutionibus*” estaba escrito y terminado, aunque nuevos cálculos le obligaron a hacer alguna retención y en otra carta escribe si es mejor publicar sus escritos o al igual que algunos filósofos dárselas a conocer solo a conocidos y amigos y nunca por esto. Como se puede comprobar, Copérnico era consciente que sus teorías chocaban con la lectura literal que en su época se tenía del libro del Génesis.

Aunque su primer libro “*Commentariolus*” había tenido escasa difusión, apenas se conocen referencias, en años próximos al 1530 y siguientes hay constancia

de una serie de presiones, instándole a editarlo. Sabemos que en 1533 el Papa Clemente VIII regala un manuscrito griego (de Alejandro Afrodisio, “sobre los sentidos y sensibilidad”) al secretario papal por haberle explicado la teoría de Copérnico sobre el movimiento de la tierra. En 1535 el secretario de entonces rey de Polonia envía a Viena la copia de un almanaque con la más auténtica y mejor explicación de los movimientos de los planetas, modelado según las nuevas tablas y cálculos de Copérnico. Este calendario hoy día está desaparecido. En 1536 Tiedemann Giese, el gran amigo de Copérnico escribe un Tratado “*Hiperaspisticon*” en el que defiende la edición de Copérnico y cita una opinión positiva sobre el de Erasmo de Rotterdam.

También se deben recordar palabras despectivas hacia Copérnico de Lutero y Melanchthon. La primera en 1539 tratando al científico como “*De un nuevo astrologo que pretende establecer el movimiento de la tierra y no el del Cielo, el Sol, y Luna, contra lo que dicen las sagradas escrituras*”. Otra crítica similar a ésta es la fechada en 1541 y un tercer juicio despectivo, aunque no tan claro, aparece en una comedia de Gulielmus Gnapheo Hag.... “*De vera ac personata sapienta, comoedia non minus festiva quam pia: Morosophus titulo inscripta*” en la que se ridiculiza a un astrónomo en el que todos señalan a Copérnico. Los nuevos científicos no eran bien vistos por el Papa de Roma pero tampoco por los que siguieron el cisma de Lutero.

Recordemos que el “*De revolutionibus dolo*” fue puesto en el índice, casi un siglo después, en el año 1616.

Copérnico necesitaba de algún matemático que discutiera sus teorías y las confirmase antes de publicarlas. Tal ayuda se la prestó Georg Joachim Rheticus.

Rheticus estuvo con Copérnico hasta el año 1541 y se adhiere inmediatamente a la nueva teoría, que no cesaba de insistir en la necesidad de publicarla. Copérnico modificó la disposición de su obra, dividiéndola en seis libros en lugar de los siete proyectados y amplió el texto de los capítulos sobre Trigonometría y Astronomía esférica, así como también las parejas dedicadas a la fijación de las latitudes uranográficas de los planetas.

De Rheticus se conservan pocos tratados, pero una de las obras recientemente identificadas constituye una defensa de Copérnico y del nuevo sistema heliocéntrico, pensado y dirigido a salvarlo de cualquier contradicción con las sagradas escrituras. También solicitó al duque Alberto de Prusia cartas de recomendación para Lutero, Melanchton y las jerarquías protestantes alemandas para que no pusieran ningún reparo al libro de Copérnico.

En 1540 Rheticus publica una obra-resumen del “*De Revolutionibus*” de Copérnico que aparece con el título “*De libris revolutionum Nicolai Copernici narratio prima*” dirigido en forma de carta al astrónomo y matemático Johann Schoner y amigo de Melanchthon, Gaspar Pencer y Andreas Osiander, todos ellos humanistas que habían facilitado la amistad entre Rheticus y Copérnico. A esta obra se la conoce como “*Narratio Prima*”.

Se alaba a Copérnico como un buen astrónomo y de la categoría de Ptolomeo. Habla de tres movimientos, el primero, la rotación aparente diaria de los cielos. También habla del movimiento del sol, de la luna y de las eclipses y termina con el movimiento de los restantes planetas.

En “*el Narratio Prima*”, señala como la perspectiva astronómica de Copérnico enlaza con las apreciaciones de Platón y las pitagóricas a las que considera los más grandes matemáticos de la época divina de la Grecia Clásica. Recuerdo como Aristóteles también apuntaba que cuando un movimiento es asignado a la tierra puede propiamente tener otros movimientos por analogía con los planetas. Decidió en consecuencia empezar con el supuesto de que la tierra tiene tres movimientos, con mucho el más importante de todos los supuestos.

El elogio continuo a la antigüedad clásica que se manifiesta en este texto es constante, multiplicando las citas a los sabios griegos y que sin duda expresan el deseo de Rheticus de suavizar la animadversión de las autoridades, políticas y universitarias entre las hipótesis de Copérnico. Asegura que su maestro no es un astrónomo innovador, presentándolo como fiel secuencia (en buena parte lo fue) de la tradición grecolatina y en especial del desarrollo matemático de Ptolomeo, cuyo sistema, si bien

no convenía en algunos aspectos parciales, no había sido puesto en duda en su totalidad.

Copérnico se insiste en la más pura tradición platónica-pitagórica y que en buena parte había sido rota por Ptolomeo al establecer los ecuantos, no dando de esta manera adecuada justificación del movimiento uniforme, aunque pretendiera “*salvar los fenómenos*” para dar cuenta del reto de Platón en su libro “*Mysterium Cosmographicum*”. Copérnico se defendería contra la acusación de abandonar sin razón la verdad de los antiguos. Después en otro libro “*Astronomía nova*”, Kepler le reprocharía el seguir servilmente a Ptolomeo, pretendiendo concordar más con él que con la naturaleza.

En el libro-carta de Rheticus, también se habla claramente de sus aficiones astrológicas. Algunos historiadores se han preguntado si Copérnico participaba de las ideas astrológicas de su discípulo, sin tener una respuesta clara.

En 1541, por fin Copérnico otorga a su discípulo Rheticus autorización para publicar su célebre y esperada obra. Principalmente publica algunos capítulos del libro que tratan de trigonometría y en los cuales Copérnico pretende unir los diversos y disgregados conocimientos que sobre esta ciencia tenía Ptolomeo. Por otra parte se allanaba el camino para la publicación del libro completo.

Los avatares de la edición de “*De Revolutionibus*” no tendrían más importancia que un valor anecdótico si no constituyesen la base discriminatoria para determinar si el nuevo sistema planetario era entendido como una mera hipótesis matemática o como reflejo de la realidad existente.

Rheticus antes de editar la tan esperada obra fue nombrado profesor titular de la universidad de Leipzig y no tuvo más remedio que dejar en manos de Andreas Osiander el cuidado de la edición. Osiander fue un teólogo protestante, ligado al luteranismo desde sus comienzos y con ciertos ribetes heréticos y estaba interesado en la obra de Copérnico desde hacía tiempo. El posible rechazo de las objeciones de Osiander por parte de Copérnico no impidió que aquél redactara un prólogo en el que expresara sus ideas sobre las nuevas teorías astronómicas.

En marzo de 1543 aparece por fin publicada la obra de Nicolás Copérnico con el título completo “*De revolutionibus orbium coelestium libri VI*”. Al principio de la obra figura el célebre prefacio de Osiander con el título “*Ad lectorum de hypothesibus hujus operis*”. Le sigue la carta de Nicolás Scholberg, Cardenal de Capua, dirigida a Nicolás Copérnico, y por último un prefacio del autor, en forma de dedicatoria al Papa Pablo III. En el título aparece que también intervino la mano de Osiander pues según la tradición aristotélica la tierra no figuraba entre los cuerpos celestes y de esta manera el título no reflejaría el movimiento de la tierra.

En la edición de la Academia Polaca de las Ciencias, se mantiene el título indicado por Copérnico “*De revolutionibus*”. Si el primer título fue acuñado por Copérnico o por Osiander no está claro. Para defender que el título de Copérnico era el más breve se indica el buscar siempre títulos muy breves por los astrónomos contemporáneos. En otras ediciones también se suprimen (Nuremberg 1543) las palabras “*orbium coelestium*”; viene a demostrar que algunas personas próximas a Copérnico tenían conocimiento de la indebida inclusión de estas palabras. Todo ello dentro del rechazo expresado por Rheticus y Giese Contre la interpolación del Prefacio de Osiander.

Como ya se ha indicado el 24 de mayo de 1543 muere Nicolás Copérnico en Frombork. Una carta de Tiedermann Ceine Obispo de Chelмно dirigida a Rheticus informa de algunos aspectos que preocupaban a los amigos de Copérnico a su muerte.

Señala como se enfurecía a medida que leía el prefacio, así como el hipócrita engaño de la edición de Nuremberg al que Rheticus correctamente denominó “*infamia*”. El Obispo escribió el consejo de la ciudad de Nuremberg con el propósito de que se volviera a publicar la obra con absoluta fidelidad.

Todos estos hechos debían añadirse a la biografía que Rheticus estaba escribiendo sobre Copérnico, así como la información de su muerte.

2. SU PENSAMIENTO

1. LA ASTRONOMÍA EN LA ANTIGÜEDAD.

Sabemos que el conocimiento actual de los movimientos de la tierra lo son desde los siglos XVI y XVII. La apariencia que la tierra está quieta y el Sol gira alrededor de la tierra se ha tenido durante muchos cientos de años.

El inicio de la cosmología científica en Grecia.

Ya los babilonios hicieron muchas observaciones de los cuerpos celestes, pero los consideraban dioses y su interés básico era la influencia que se suponía que ejercían sobre los acontecimientos terrestres, es decir, la astrología.

Tierra, planetas y estrellas en un cosmos esférico.

Muy pronto se confirmó la forma esférica de la tierra, tanto por argumentos filosóficos como físicos, basado en que la forma que proyecta la tierra en las eclipses es esférica. Por otro lado estaban las estrellas que veían girar en bloque alrededor de la tierra cada 24 horas. Euclides explica muy bien los argumentos que le llevaron a suponer que las estrellas estaban fijas en una esfera.

El movimiento retrogrado de los planetas.

La órbita del sol y la luna se podían representar como circulares, pero la de los planetas son más complejas. Sus movimientos de bucles se llaman “*retrogradaciones*” y hasta el siglo XVI plantearon el problema fundamental de la astronomía planetaria.

El problema de los planetas. Circularidad y uniformidad.

Los griegos tuvieron dos corrientes de opinión. Tales, Anaximandro, Anaxímenes, los atomistas y Aristóteles era más físico y empírico, la de los pitagóricos y Platón era más formal y matemático.

Ambos consideraban los cuerpos celestes superiores más perfectos y radicalmente distintos de los terrestres, y no tenían la menor duda que sus movimientos se debían explicar por simples singularidades geométricas. Como

veremos después con Kepler, a este astrónomo le fue muy duro tener que aceptar que los movimientos planetarios no son circulares o combinaciones de movimientos circulares.

La cosmología de Aristóteles.

Aristóteles (384-322 a.C.) fue quien elaboró la cosmología más completa y ambiciosa a la que no añadimos nada, pues fue analizada en la primera parte de esta humilde tesina.

La Astronomía de Ptolomeo.

Como igualmente vimos tuvo que introducir cambios en la cosmología de Aristóteles.

Geocentrismo, geoestatismo y sus alternativas fallidas.

Es cierto que Aristóteles propuso una cosmología geocéntrica, pero también en el mundo griego se propusieron otras cosmologías alternativas. Por ejemplo la de los atomistas que afirmaban que el universo era infinito y compuesto por infinitos átomos que componen el universo y los objetos que vemos. En este universo no había centro y la tierra era un objeto más.

Aristarco de Lamas (310-230 a.C.).

Como ya analizamos fue el primero que propuso un sistema heliocéntrico.

Las razones para rechazar el heliocentrismo de Aristarco de Lamas.

Si la tierra giraba en torno al Sol, las constelaciones estelares deberían variar su aspecto y esto no sucedía, luego la tierra no podía girar en torno al Sol.

2. LA IRRUPCIÓN DEL CRISTIANISMO

A pesar de los altos niveles de la ciencia griega, el dominio de Roma y la aparición del cristianismo hicieron que todas esas observaciones se paralizaran.

Cristianismo y ciencia pagana.

La expansión del cristianismo coincide con un período de crisis política, guerra civil, decadencia urbana... el cristianismo se convierte en la religión oficial del imperio y desde entonces domina el mundo del pensamiento y la cultura.

La sumisión de la ciencia a la fe.

Nicolás de Oresme (1320-1382) planteó todos los argumentos a favor de la quietud de la tierra. Aunque dice que también sería posible el giro de la tierra sobre el Sol, lo descarta de inmediato por razones de fe escritas en los textos sagrados.

El cosmos cristianizado.

De este modo la cosmología medieval consistió en una teologización de los rudimentos de la cosmología aristotélica. Lógicamente el universo no se consideraba eterno sino creado por Dios.

3. LA ASTRONOMÍA RENACENTISTA ANTES DE COPÉRNICO.

Los dos grandes protagonistas fueron los astrólogos vieneses Georg von Peurbach (1423-1461) y Johannes Müller llamado Regiomontano (1436-1476).

Ambos trataron de recuperar el contacto con la astronomía griega. Perseguían no la reforma, sino la restauración de la astronomía.

La necesidad de una reforma.

Desde el siglo XIII se venía hablando de la necesidad de la reforma del calendario juliano, cuyos errores acumulados hacían que su desfase resultara obvio. El equinoccio de primavera se producía el día 11 de marzo en lugar del 21. Copérnico fue invitado a participar en ella pero rechazó la oferta porque como insinúa al final de su prefacio al "*De revolutionibus*" la reforma del calendario exigía la reforma de la astronomía.

La crítica al ecuante y el peso de la herencia clásica.

Como ya hemos visto fueron muchos los que en el mundo árabe y latino criticaron el ecuante de Ptolomeo. La conclusión generalizada es que Ptolomeo no había descubierto la verdad respecto a la teoría de los planetas.

4. FORMACIÓN E INVESTIGACIONES

La formación de Copérnico.

Copérnico inició sus estudios en la Universidad de Cracovia, el año 1491. Como todos los estudiantes estudio el trívium y el cuadrivium. Es probable que la afirmación de que el polo terrestre cambiara su dirección también estimulara a Copérnico en sus comunicaciones sobre el problema del movimiento de la tierra. De hecho en “*Revolutionibus*”, Copérnico afirma la existencia de un movimiento del eje terrestre. Sabemos que en Italia aprendió griego y estudió entre otros autores a Platón y es posible que la lectura del filósofo griego le produjera una profunda impresión.

5. LOS ORÍGENES DEL REVOLUTIONIBUS. EL COMMENTARIOLUS

Presentación de los puntos básicos del sistema copernicano.

La génesis de su teoría cambió muy pronto los elementos básicos de su sistema.

“*De Revolutionibus*” dice que guardó su secreto durante “*cuatro veces nueve años*”, lo cual nos sitúa en 1507. Se refiere naturalmente a la idea sobre el heliocentrismo y el movimiento terrestre. En todo caso fue un secreto a voces. En los ambientes cultos no se ignoraba que Copérnico era un astrónomo de valía como lo demuestra el hecho de que el año 1514 le consultaran sobre la reforma del calendario Juliano. En 1510 escribió el “*Commentariolus*” que no llegó a publicar pero que dio a conocer a sus amigos. Es una excelente presentación no técnica de los puntos básicos de su sistema.

El modo revolucionario defender la tradición.

Copérnico considera a Ptolomeo una especie de doctor Frankenstein que hubiera construido un universo cosiendo modelos planetarios que por bien que

funcionaran cada uno por sí mismo eran partes independientes entre sí. No es pues un todo unitario, armónico y ordenado. Y eso según Copérnico no era pensable de “*la máquina del mundo*” construida para nosotros con el mejor y más sistemático artífice del todo.

Un sistema de círculos más racional.

Copérnico nos dice que se impacientó por el hecho de que los filósofos no hubieran hallado ninguna explicación válida de los movimientos celestes. Tenía que existir alguna solución diferente, algún sistema de círculos más racional. Descubrió que desde los pitagóricos, autores como Hicetal, El Tano, Heráclides de Ponto y otros habían postulado por la movilidad de la tierra.

Los siete postulados del “*Commentariolus*”

Copérnico con 34 círculos explica la estructura total del universo y toda la danza de los planetas. Los siete postulados son:

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

Segundo.- El centro de la tierra no es el centro del mundo, sino tan solo el centro de gravedad y centro de la esfera lunar.

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

Cuarto.- La razón de la distancia del sol a la tierra y la distancia a la que está situada la esfera de las estrellas fijas es mucho menor que la razón entre el radio de la tierra y la distancia que separa nuestro planeta del Sol.

Quinto.- Cualquier acontecimiento que parezca móvil en la esfera de las estrellas fijas no se debe en realidad a ningún movimiento de éste, sino más bien al movimiento de la tierra.

Sexto.- Los movimientos de los 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 lo cual giramos en torno al Sol exactamente igual que los demás planetas.

Séptimo.- los movimientos aparentemente retrogradados y directos de los planetas no se deben en realidad a su propio movimiento sino al de la tierra. Por consiguiente, éste por sí solo basta para explicar muchas de las aparentes irregularidades que en el cielo se observan.

“De Revolutionibus”. Exposición del sistema copérnico.

Es probable que ya en 1530 tuviese muy avanzado su “*De revolutionibus*”. Nos consta que en 1533 su teoría era conocida en Roma por las autoridades eclesiásticas sin que por el momento provocara ninguna reacción hostil. Más aún se sabe que en 1536 el cardenal Schönberg le escribió pidiéndole una copia de sus escritos y animándole a publicar su teoría heliocéntrica de la que había tenido noticias.

Por el contrario los protestantes con Lutero a la cabeza despreciaban las teorías de Copérnico.

Rheticus. La Narratio Prima y la publicación del “Revolutionibus”.

Rheticus un brillante profesor de matemáticas es el que realmente animo a Copérnico a publicar su teoría. Como Copérnico se negaba a redactarlo, Rheticus estudió atentamente el manuscrito del “*Revolutionibus*” y lo dispuso como una carta a su maestro Johannes Schöner en la que hacía una exposición introductoria. Se tituló Narratio Prima.

La valentía de Copérnico.

Publicar el “*Revolutionibus*” para Copérnico supuso un acto de gran valentía. Se lo dedica al Papa Pablo III y Copérnico afronta la cuestión que le preocupa y muy directamente. Recordemos que la filosofía estaba subordinada a la teología y de hecho en el “*Decreto Apostólico regímenes del quinto Concilio de Letrán de 1513*” así se ratifica. Pretender convertir la cosmología como hacía Copérnico en una cuestión

técnico-matemática exclusivamente para matemáticas era también enfrentarse al serio peligro de que se viera como una violación de la teología.

El sistema copernicano en el orden de los planetas.

Había que comenzar por ver cómo estaban expuestos los planetas entre el centro del universo y la esfera de las estrellas fijas que era su límite. Para Ptolomeo el orden de los planetas era parcialmente arbitrario. Había una tendencia para ordenar los planetas de tal forma que en tanto en cuanto más distante del centro mayor era su período, pero no era válido para Mercurio y Venus.

Copérnico si es fiel al principio tradicional, “pues nadie alegará una más conveniente que la de medir la magnitud de las órbitas por la cantidad de tiempo empleado en completarlas”.

Un sistema unitario, coherente y armonioso.

Nadie puede dudar que el heliocentrismo de Copérnico, resuelve todos los interrogantes astrológicos que habían aparecido hasta su tiempo con un sistema unitario, coherente y armonioso.

La explicación del movimiento aparente de los planetas.

Otra forma de ver Copérnico la superioridad del sistema planetario que había concebido era su explicación de los movimientos de los planetas. Cada planeta seguía un movimiento circular siempre en la misma dirección, alrededor del Sol. Es decir los que se creían movimientos retrógrados de los planetas no eran tales.

La “ventaja y la capacidad explicativa del sistema copernicano”.

En el sistema copernicano la distancia hasta Saturno era mucho más pequeña que en el sistema de Ptolomeo que era algo que se presumía. De modo similar en el sistema heliocéntrico de Copérnico se explicaba de modo automático el porqué Venus

y Mercurio nunca se alejan mucho del Sol, algo que en Ptolomeo no tenía justificación ninguna.

De lo dicho queda claro que el “*De revolutionibus*” de Copérnico presentaba una capacidad explicatoria superior al “*Almagesto*” de Ptolomeo.

6. LAS DIFICULTADES DEL SISTEMA COPÉRNICANO

¿Mayor simplicidad? La simplicidad de la que hablaba Copérnico era muy discutible. A medida que Copérnico fue elaborando más detalles se fue complicando y además nunca fue capaz de deducir de su sistema una combinación concreta de círculo que fuera única.

El tamaño del universo y su contenido.

Copérnico afirmó que el radio de la órbita celeste, es decir la distancia de la tierra al sol es incompatible con el radio del universo. La esfera de las estrellas fijas es “*inmensa*”, lo que equivale a decir a los efectos prácticos, es como si estuviera a una distancia infinita y en comparación la órbita terrestre como un punto.

¿Qué mueve a las orbes?

Aquí se pone de manifiesto la importancia de las órbitas esféricas, lo que hace que los planetas roten espontáneamente. Por eso en el libro “*De revolutionibus*” insiste tanto en la forma esférica de la tierra cuando ya nadie duda de ello.

Las dificultades en el ámbito de la física.

Es cierto que las teorías de Copérnico están llenas de observaciones y de coherencias que resolvían problemas conocidos, pero se apoyó poco en la física. Galileo, Kepler y Newton lo hacían en los años posteriores.

7. BALANCE CRÍTICO DE LA OBRA DE COPÉRNICO

Violación de la tradicional jerarquía de las disciplinas.

Recordemos que Copérnico era clérigo, que entre otras cosas había estudiado teología y era sobrino del cardenal arzobispo de Polonia. Resulta paradójico que Copérnico acaba siendo revolucionario, precisamente por defender a capa y espada un dogma básico de la tradición astronómica. Por eso Kuhn pudo decir con acierto “*De*

revolutionibus” de Copérnico más que un texto revolucionario es un texto que provoca una revolución.

Osiander y la difusión del copernicano.

Cuando al fin Copérnico se decide a publicar “*De revolutionibus*” se acordó que lo imprimiera Petreius, un editor de Nuremberg, especialista en artes de astronomía y que Rheticus se encargara de la revisión de la edición.

Rheticus tuvo que abandonar Nuremberg y dejó el encargo a Andreas Osiander que era partidario de presentar la teoría heliocéntrica como hipótesis.

Copérnico no accedió. A pesar de eso Osiander decidió incluir una carta al lector “*sobre las hipótesis de esta obra*”.

La propuesta ficcionalista y el triunfo de la postura realista.

Los cosmólogos de la época consideraron la teoría de Copérnico similar a la de Ptolomeo, una hipótesis. Fueron muy pocos los que le defendieron y aceptaron, pero entre esos pocos estaba Kepler que fue el iniciador de una nueva astronomía, Galileo que inició una nueva física y Bruno que desarrolló el copernicanismo en el ámbito metafísico y teológico.

2.- GALILEO. (1564-1642)

1. SU VIDA

Galileo Galilei (1564-1642). No solo es uno de los más grandes científicos de la historia sino que además es el inventor del telescopio que tanto supondría para los avances científicos de la humanidad y en concreto de la cosmología. Coetáneo de Kepler y antecesor de Newton son los tres grandes hombres de ciencia que revolucionan los conocimientos de esta época y proporcionan los pilares de una nueva era científica.

Nació el 15 de febrero de 1564 en el seno de una familia perteneciente a la nobleza italiana de Pisa. A pesar de ser noble la familia de Galileo no poseía ningún patrimonio. De hecho sobre la necesidad de conseguir dinero se asientan algunas de las decisiones que Galileo se ve obligado a tomar en su vida.

Su padre Vincenzo Galilei se dedicaba al comercio de lana. Originario de Florencia, era también un músico con un cierto reconocimiento. Uno de los experimentos más famosos de Vincenzo Galilei fue estudiar la tensión de una cuerda con su tono y que nos recuerda a Pitágoras cuando decía que las relaciones matemáticas eran la base de la armonía.

Galileo fue el primer científico que declaró abiertamente que el idioma de Dios son las matemáticas, dando a entender que los hombres pueden explicar la creación

divina del universo por que se rige por leyes que se pueden calcular y formular utilizando el lenguaje de los números.

La madre de Galileo, Giulia Degli Ammannati provenía de Pescia y se puede decir que ni padre ni madre mantuvieron buenas relaciones con su hijo mayor Galileo porque le consideraban unas ideas rebeldes y extremadamente avanzadas.

Cuando Galileo contaba con 10 años de edad, su familia se mudó a Florencia y él quedó al encargo de un amigo y vecino de la familia para continuar su educación en un colegio de los monjes de Vallombrosa cerca de Pisa. Allí pensó en estudiar teología y dedicarse a la iglesia, pero a criterio de su padre abandonó esta idea y en 1581 a los diecisiete años abandonó el colegio para a los 19 años entrar en la Universidad de Pisa y aunque pretendía estudiar medicina, ésta la abandonó para dedicarse a la filosofía, física y matemáticas.

Con el consentimiento de su padre Galileo se colocó bajo la tutela del matemático Ricci profesor de Pisa, pero tras algunos años abandonara la Universidad en 1585 sin haber conseguido ningún título.

En esta época Galileo comienza a fijarse en el movimiento de los cuerpos celestes en el espacio. Contará de él que durante un año estuvo absorto observando el movimiento pendular de una de las campanas de la catedral de Pisa.

Aunque Galileo quiso estudiar y construir un reloj de péndulo para medir el tiempo no se conseguiría hasta unos años después por su hijo Vincenzo.

También de esta época data su invento de la balanza hidrostática.

Tras la muerte de su padre y acuciado por la necesidad económica tuvo que aceptar alguna clase particular y alguna otra como profesor auxiliar en la Universidad de Pisa y en 1592 consigue una plaza en la Universidad de Padua, ciudad a la que se traslada.

En Padua los problemas económicos no mejoraron, aunque Galileo tenía un trabajo estable y tiempo para dedicarse a hacer sus experimentos. Aquí perfeccionó sus teorías sobre el movimiento pendular y la gravitación y descubrió la trayectoria

parabólica de los proyectiles. Aquí también se dedicó al estudio de las mareas que aseguraba que eran provocadas por el movimiento de la tierra. Hoy día sabemos que esto no es cierto.

Su estancia en Padua estuvo llena de polémica, pues Galileo era un hombre rebelde y no admitía las normas de vestidos que la universidad exigía a sus profesores. Prueba de su carácter es que escribió una composición de unos 300 versos ridiculizando los trajes típicos de los profesores universitarios.

En su etapa en Padua estableció una relación sentimental con Marina Gamba con la que nunca llegó a casarse pero con la que tuvo tres hijos. Después de múltiples intentos las dos chicas ingresaron en un convento.

Pero a sus problemas económicos y los derivados de su incapacidad para sujetarse a las normas académicas en esta ciudad, Galileo disfrutó de una paz y tranquilidad importante. Desarrolló diversos experimentos científicos que a partir de 1609 se centraron en las observaciones astronómicas.

En efecto, gracias a los contactos con otros científicos, particularmente Kepler en Alemania y Huygens en los Países Bajos, tuvo conocimientos de las lentes de aumento, aunque el primer telescopio más rudimentario se atribuye a Hans Lippershey They.

Gracias a varios de estos inventos Galileo consiguió un sueldo a perpetuidad y la plaza vitalicia en la universidad que le permitía cobrar el salario y dedicarse a sus investigaciones que tanto le apasionaban.

Con su telescopio rudimentario, el científico logró algunos descubrimientos relevantes como observar que la superficie de la luna no era plana o los cuatro satélites de Júpiter.

La publicación del Sidereus Nuncius por parte de Galileo fue polémica, pues acusó que se lo había plagiado el científico Martius arrebatándole el descubrimiento de los satélites de Júpiter. Causó gran revuelo pues de sus conclusiones Galileo extraía que la teoría heliocéntrica copérmica era la verdadera. El Sidereus Nuncius también

contiene interesantes explicaciones sobre las estrellas, por ejemplo de las muchas que componen la vía láctea.

Las publicaciones del Sidereus Nuncius hacen que salten las primeras alarmas. Los guardianes de la tradición estaban al acecho y fue en la estancia veneciana de Galileo cuando se empiezan a oír voces que alertaban del peligro de las teorías de este gran científico.

La situación se complicó al implicarse en la polémica Cosme II de Medici, hombre ambicioso pero de mentalidad avanzada que quiso que Galileo volviera a la Toscana y le ofreció un puesto de filósofo en la corte y nombrándole a su vez matemático extraordinario del estudio de Pisa, es decir nombra a Galileo profesor de la universidad de su ciudad natal.

Estando en su ciudad natal, saltan las polémicas sobre las manchas solares con una gran lucha encarnizada con el estudioso alemán Christoph Scheiner que reclamaba para sí el descubrimiento, en realidad era una cuestión social sobre la inmutabilidad de los cuerpos celestes.

En 1614 Galileo publicó un tratado sobre las manchas solares y volvía a insistir en que la tierra no era estacionaria.

Los Médicis comienzan a recibir noticias de otros intelectuales sobre las teorías de Galileo que podían ser contrarias a la fe.

El problema surgía en que con las nuevas observaciones quedarían demostradas las hipótesis de Copérnico.

A finales de 1614 se produce la primera denuncia contra Galileo. Un cura florentino Tommaso Caccini desde un pulpito denunció al astrónomo.

Por el contrario el fraile dominico Pedro Antonio Foscarini escribió un libro donde indicaba que las teorías de Galileo podían ser compatibles con la Biblia. Sin embargo, los ataques de Galileo seguirían apareciendo y el dominico Niccolo Lorini cursó al Tribunal del Santo Oficio un escrito para que la actividad científica de Galileo fuese investigada.

Los textos de Copérnico hasta entonces toleradas entran en el índice del año 1616. Previamente el Tribunal citó a Galileo en Roma para escuchar sus argumentos y responder a las acusaciones que se le hacían. Galileo se creía capaz de convencer al Santo Oficio con sus teorías y si así ocurría, no habría condena, sino libertad.

El debate ante el Tribunal duró siete meses, pero a medida que pasaba el tiempo Galileo veía más claro que la posición del Santo Oficio no iba a cambiar. Y efectivamente, el juicio terminó con la condena de herejía.

El cardenal Belarmino en el año 1600 había condenado al exmonje dominicano Giordano Bruno a morir quemado después de un largo proceso. Éste mismo cardenal fue quien por orden del Papa entregó a Galileo su sentencia.

Galileo no paraba de polemizar. En 1618 abandona el mutismo al que había sido condenado y se vio enzarzado por los colegas que le pedían opinión sobre unos cometas que habían aparecido en el firmamento y que la opinión del jesuita Orazio Grassi no les satisfacía. El jesuita pertenecía al Collegio Romano, alta institución jesuita de rango universitario.

Grassi defendía la idea del mundo proveniente de Aristóteles y aceptada por la iglesia. Para debatir la idea de Grassi, Descartes escribió el libro “Discursos sobre los cometas”. Galileo tuvo el ingenio de no escribir en clave copernicana.

La respuesta de Grassi fue un libro con seudónimo para no mezclar a la iglesia en la polémica, pero afirmaba su convencimiento sobre la inmutabilidad del universo y añadía que cualquier opinión contraria sería una herejía.

El sometimiento del saber científico a la autoridad eclesiástica sublevaba los ánimos de Galileo y satirizaba la posición de los jesuitas siempre que tenía ocasión y esto les lleva a un nuevo enfrentamiento con ellos.

La academia del Liceo y Stelluti a la cabeza se posicionaron a favor de Galileo y en la polémica con los jesuitas le aconsejaron suavizar el tono de las respuestas.

Galileo recibió también el apoyo del cardenal Maffeo Barberini que unos años después sería elegido Papa. Con el regalo de unos poemas que hizo a Galileo éste, pareció sentirse halagado y protegido.

La muerte de su protector Cosme II de Medici, trajo a Galileo muchos problemas económicos, pero a pesar de ello se atreve a escribir "*el ensayador*" que plantea como una respuesta definitiva a Grassi y la posición de los jesuitas. El libro se publicó con todos los permisos el año 1623.

Grassi responde de nuevo y Galileo no deja la pelea publicando el libro "*Señor Sarsil*" (seudónimo de Grassi).

El 8 de julio de 1623 muere el Papa Gregorio XV y es elegido nuevo Papa el Cardenal Maffeo Barberini que toma el nombre de Urbano VIII.

Con el buen hacer de Federico Gressi, Galileo obtuvo de la corte de Florencia permiso para trasladarse a Roma, ciudad a la que llegó en 1624. Galileo no deja en su empeño y publica "*Diálogo sobre el flujo y el reflujó del mar*", y que posteriormente titularía "*Diálogo sobre las dos máximas sistemas del mundo*", lo que arreció las polémicas entre Galileo y sus enemigos. Galileo pretendía que la obra "*Diálogo sobre las dos máximas sistemas del mundo*" fuese cauteloso y sin ocultar la verdad que no fuera motivo de provocación. A finales del año 1630 Galileo se traslada a Roma con objeto de conseguir la impresión para su libro, pero tuvo que volverse a Florencia sin haberlo conseguido, aunque llegó finalmente en el año 1631 y condicionado a la publicación de un prefacio y un epílogo preparado por la curia romana y que Urbano VIII había insistido en publicarlo.

Surge entonces de nuevo la polémica con Scheiner, el jesuita que reclamaba el descubrimiento de las manchas solares y en el libro que redacta incluye más citas bíblicas que confirman las teorías heliocéntricas y que fue probablemente el texto que utilizó el santo oficio para llevar a cabo el juicio contra Galileo.

El año 1633 se inicia el proceso contra Galileo. A petición del Santo Oficio tuvo que volver a Roma donde tuvo que someterse al largo proceso muy célebre y conocido. El proceso fue complejo y lleno de intrigas pues de alguna forma el libro de

Galileo había conseguido “*el imprimatur*”. El proceso estuvo lleno de humillaciones que hoy día llamaríamos maltrato psicológico. La sentencia de pena de cárcel a perpetuidad se conmutó por el arresto domiciliario de por vida.

Terminado el proceso, Galileo se refugia en Siena y se le permitió alojarse en el Palacio Arzobispal. Durante su estancia en Siena muere su hija Virginia en abril de 1634 a los 33 años de edad.

A partir de este momento la degeneración física de Galileo va en aumento. Su espíritu luchador le lleva a escribir su último libro “*Discurso sobre dos nuevas ciencias*”, que ocupó su actividad durante los últimos días de su vida.

Ciego y enfermo, encerrado en su villa natal y sin poder tener contacto con nadie, solicitó permiso para trasladarse a Florencia para un mayor acceso con los médicos.

Completamente ciego y sin poder leer su último *libro* “*Discurso sobre dos nuevas ciencias*”, muriendo el 8 de enero de 1642.

Su último libro fue muy útil para la teoría del movimiento de los planetas formulada por Kepler, cuando ya aparecían los nuevos escritos del gran Isaac Newton.

2.- SU PENSAMIENTO

1. OBRA ESCRITA. SÍNTESIS DE SUS LIBROS

De Motor. Libro de juventud. Galileo empieza a exponer sus hallazgos sobre la mecánica y algún experimento sobre los cuerpos en caída libre.

La bilancetta. Estudio sobre como Aristóteles consiguió descifrar el robo en la corona de oro del rey Hierón.

Discurso sobre la descripción de los cuerpos flotantes. Basado en los estudios de Aristóteles a quien siempre se refiere como el maestro y los cuerpos que se sumergen en un líquido.

Cartas a Mark Welser. Sobre las manchas solares.

Historia sobre las manchas solares y sus propiedades. Donde muestra sus observaciones sobre la evolución de las manchas solares.

Cartas Copernicanas. Cartas a diferentes amigos hablando de las teorías heliocentristas de Copérnico.

El Saggiatore (el Ensayador). Galileo expone sus ideas sobre el papel de las ciencias y del científico en el mundo.

Diálogo entre los dos máximos sistemas del mundo y Ptolomeo. Su obra más famosa en la que defiende el heliocentrismo y fue motivo de juicio ante la Santa Inquisición.

Discusiones y anotaciones matemáticas sobre las dos nuevas ciencias. Es la compilación final de todas las observaciones y estudios de Galileo.

2. INVENTOS Y DESCUBRIMIENTOS EN EL CAMPO DE LA FÍSICA

El Péndulo. Por todos conocido y que permitía medir el tiempo sin recurrir a elementos como el agua o la arena y que sería el padre del reloj.

Aristóteles. Uno de los temas que Galileo quiso revisar ya ciego y sin posibilidad de dibujar. Indicó que la característica terrenal de la materia tendía hacia el centro de la tierra.

En busca de un lenguaje matemático. Buscaba Galileo un lenguaje matemático que sirviera para reflejar fórmulas físicas.

La lámpara de la catedral de Pisa. Estudió el espontáneo movimiento oscilatorio de la catedral de Pisa.

Christian Huygens. Terminó de perfeccionar el péndulo de Galileo.

Del péndulo al reloj. O primer reloj ideado por Galileo que medía el tiempo basándose en un péndulo.

El pulsilogium. O reforma de la teoría del péndulo que servía para medir el pulso de los pacientes.

Aplicaciones diversas para el futuro. El péndulo de Foucault basado en el péndulo de Galileo.

Otras funciones del péndulo son: la hidrometría o medición de la velocidad de una corriente, la medición de la aceleración de la gravedad, la medición de la velocidad de proyectiles de pequeño calibre y además aunque las leyes del péndulo no pudieran deducirse durante la época de Galileo, pero con su reloj de péndulo se lograban precisiones de un segundo.

3. LA BALANZA HIDROSTÁTICA

Invento menor. Permitió medir la densidad de los cuerpos.

Hieron y la corona de oro. O forma de como introduciendo un cuerpo en un líquido desaloja a un volumen equivalente al del cuerpo.

4. LA PALANCA

Dadme un punto de apoyo y levantara el mundo. Frase de Aristóteles que Galileo incurrió de nuevo como estudio de la palanca.

Colocación de los remos de una embarcación. Galileo realizó un estudio de la posición óptimo de los remos en una embarcación veneciana.

La bomba de agua. Uso de bombas de mano de los ríos para elevar el agua. Muy utilizado hasta época reciente en algunas casas antiguas, constaba de un pistón ajustado a un cilindro metálico con un par de lengüetas de cuero que permitía o cerraban el paso del agua según el momento del mismo.

Evangelista Torricelli. Galileo estudió el tema de la presión hidrostática, pero sería su discípulo Torricelli el que definitivamente se llevó la gloria de su invento.

5.- EL TERMÓMETRO

Torricelli y la presión atmosférica. El átomo de una vara de Torricelli permite medir la temperatura del cuerpo adherido.

El Termoscopio. O recipiente lleno de un líquido con un cuello largo y fino. Al calentar el recipiente sube el agua por el cuello.

El termómetro de aire, o forma de medir la temperatura del aire.

El movimiento de los proyectiles y el sector. O cálculo de la trayectoria curvilínea de un proyectil.

La trayectoria parabólica. O trayecto de un proyectil que se lanza en línea recta con movimiento uniformemente acelerado y sobre el que también actúa la fuerza de la gravedad.

El compás proporcional. O aparato que permitía precisar el disparo de los cañones cuyo uso se había intensificado.

6. EL TELESCOPIO

Llega la revolución tecnológica. Galileo inventa el telescopio que sin duda alguna provoca una revolución en el conocimiento del cosmos.

La invención de las gafas. Invento importante que se utilizó para contrarrestar la presbicia de los ojos.

Hans Lippershey. Científico que solicitó la patente del telescopio.

Thomas Harriot. Este documentado que en 1609 ya tenía un telescopio en Inglaterra con el que pudo observar la luna, pero fue Galileo quien lo promocionó y divulgó.

El telescopio de Galileo constaba de un tubo de 1,50 metros a 2 metros provisto de un objetivo plano convexo. La lente que se dirigía hacia el objetivo y un visor plano-cóncavo colocado en un pequeño tubo que permitía ser ajustado para enfocar el objetivo deseado.

Mejora del pulido de las lentes. Mejoró sensiblemente en pocos años y permitió una mejor visión.

El telescopio de cien aumentos. Realizado por Galileo al final de su vida, año 1640.

7. OBSERVACIONES Y DESCUBRIMIENTOS EN EL CAMPO DE LA ASTRONOMÍA

Observaciones de la luna. Galileo empezó a observar la luna en cuanto contó con su primer telescopio construido con las lentes de aumento proveniente de los países bajos.

Las irregularidades de la corteza de la luna. Con su telescopio de veinte aumentos, Galileo pudo observar que la corteza de la luna no era plana como se había creído sino rugosa.

La teoría de Aristóteles. Aristóteles creía que la luna tenía muchas manchas, pero como siempre se observaba la misma cara creyó que era lisa y no cambiaba. Por ello, categorizó el mundo en dos. El supralunar o celeste, perfecto y el sublunar o terrestre, corrupto y sujeto a la mutabilidad.

Plutarco. Fue una voz discordante que en el primer siglo de nuestra era aventuró la hipótesis de una posible relación con la tierra.

La explicación está en los gases. Aceptado que la luna es el planeta de la tierra y que se mueve alrededor de ella, la explicación dada a las manchas lunares no podía ser satisfactoria. Se opinó que la luna estaba rodeada de unos gases orgánicos que en función del movimiento de la esfera hacían que su apariencia, pero solamente ella fuese cambiante, cuando se observaba en diferentes momentos desde la tierra.

Valles y montañas. Galileo observó los valles y montañas de la luna.

Christoph Clavius. Astrónomo jesuita del colegio romano que se opuso a las divulgaciones de Galileo sobre la luna, por considerarlas erróneas.

Mejoras en la navegación. Galileo publica el Siderius nuncius y con él, el uso del telescopio en toda Europa se pudieron hacer mapas con gran facilidad.

La Vía Láctea. Las observaciones de Galileo con su telescopio dieron la idea que el universo no era tan pequeño ni tan fácil de explicar cómo había sido para Aristóteles y todos los astrónomos de la edad media.

Observación de los satélites de Júpiter, que Galileo descubrió gracias a su telescopio.

Tres cuerpos extraños juntos. Júpiter tres cuerpos frente a Júpiter que Galileo considera estrellas.

Aparece otro cuerpo extraño. Galileo repite sus experimentos y encuentra otro cuerpo extraño. Hoy sabemos que son cuatro de los dieciséis satélites que tiene Júpiter.

Publicación de las observaciones. La primera con la que el sabio de Pisa publicaba sus investigaciones hizo que el mismo tuviese que corregir algunas.

La importancia del descubrimiento. El descubrimiento de las lunas de Júpiter fue de gran importancia, aunque condujo a algún error.

Estrellas Mediceas. A los satélites de Júpiter Galileo las llamó Estrellas Mediceas como homenaje a la familia Medicis.

Io, Ganímedes, Europa y Calisto. Posteriormente, Simon Marius bautizó las lunas de Júpiter con personajes que la mitología griega asociaba con el Dios Júpiter.

Defensa de la teoría Copernicana. La aparición de los satélites de Júpiter, le reforzaron a Galileo en su teoría heliocéntrica-copernicano.

8. LAS MANCHAS SOLARES Y SU POLÉMICA CON CHRISTOPH SCHEINER

El astrónomo Lin Hsiang. Se cree fueron conocidos por este astrónomo chino a simple vista el año 28 a.d.C. y Anaxágoras se cree también pudo observarlas.

Santo Tomás de Aquino. Santo Tomás de Aquino creía que las manchas solares que venían y volvían a desaparecer y esto estaba en contra de la teoría de Aristóteles, puesto que por ello arrojaba dudas sobre la inmutabilidad de los astros.

Thomas Harriot. Fue este astrónomo inglés el que hacia el final de 1610, se anticipó a Galileo y vio las manchas solares.

Christoph Scheiner. Hoy día se considera que el verdadero descubridor de las manchas solares fue el jesuita Christoph Scheiner.

La ayuda de Benedetto Castelli. Fiel colaborador de Galileo que le ayudó en el estudio de las manchas solares y ayudó en sus investigaciones.

La teoría mixta de Tycho Brahe. Scheiner continuó ocupándose del Sol y de las manchas solares y en 1624 el jesuita alemán se traslada a Roma para profundizar junto a jesuitas italianos en el estudio de las manchas solares. Scheiner escribe entre 1626 y 1630 una obra de altísimo impacto que durante más de un siglo fue el referente oficial para el estudio de la astronomía. Su título “Ros-Ursina sire Sol”.

Se abandona la teoría de que las manchas solares son sombras de los planetas y se admitía la teoría mixta que concilia el geocentrismo y el heliocentrismo de Tycho Brahe.

La Rosa Ursina. Es un completísimo estudio sobre el Sol que se divide en cuatro libros. No abandona la disputa sobre quién fue el descubridor de las manchas solares.

El diagrama de Maunder. En 1873, en el observatorio de Greenwich se contrata al astrónomo Edward Maunder, pero no consiguió desvelar en todo su comportamiento. Su actividad e influencia sobre la tierra siguen siendo objeto de estudio.

9. OBSERVACIONES DE LOS COMETAS

Elemento desestabilizador del universo supralunar aristotélico. Sabemos que en el universo perfecto aristotélico no había lugar para los cometas que eran una imperfección que se movía asociado a la imperfecta y corrupta región sublunar, es decir la tierra.

Malos augurios. En regiones fuera del ámbito aristotélico como China se estudiaban los cometas, pero en Occidente eran vistos como un mal augurio, anuncio de algún mal que iba a asolar a la humanidad.

Peter Apian. Fue el primer astrónomo que describió el fenómeno de los cometas que escribe en alemán y no en latín para su divulgación en un pequeño grupo de filósofos.

Tycho Brahe. La aparición de un cometa muy grande en el año 1577 desató la curiosidad de los astrónomos, entre ellos Tycho Brahe que fue quien más lo observó aunque todavía no manejaba el telescopio que se inventó años después. Brahe aceptó que la trayectoria de los cometas era elíptica.

Contraversia con Grassi. En 1618 aparecieron tres cometas más en el cielo y ello llevó a Galileo a investigar el tema ahora ya provisto de telescopio. Los jesuitas astrónomos también habían observado el fenómeno y Orazio Grassi publicó un tratado en 1619 en el que trataba de dar una explicación y se posicionó con Brahe en contra de las opiniones de Galileo.

Edmund Halley. Ya en el siglo XVIII Edmund Halley construyó una tabla con los parámetros de cálculo de las apariciones de los veintidós cometas más brillantes de los que se habían registrado en los siglos anteriores.

Con ello pudo decir que el cometa apareció en 1533, 1607, 1682, era el mismo y predijo una nueva aparición para el año 1758. Halley había fallecido el año que se cumplía su previsión, pero al cometa se le bautizó con su nombre.

10. ESTUDIO DE LAS MAREAS

Galileo expuso sus conclusiones acerca del estudio de las mareas con libros sucesivos que tituló sobre el flujo y el reflujó del mar.

Diálogo entre estudiosos. La obra se presenta con tres personajes. Salviati que defiende las nuevas ideas relacionadas con los descubrimientos del propio Galileo. Simplicio, personaje imaginario que daba voz a las viejas ideas, abogando por el heliocentrismo y un tercer personaje, Sagredo que encarna a un fervor entre dioses, pero discípulo neófito en la ciencia.

Entrevista con Urbano VIII. El Papa tuvo seis entrevistas con Galileo y el Cardenal Barberini recientemente nombrado Papa como Urbano VIII. Galileo

quería convencer al Papa de sus teorías, aunque muy pronto tuvo la certeza de que no iba a conseguir nada.

Galileo abandona Roma y sigue con sus proyectos.

La tierra se mueve. A su regreso a Florencia, Galileo comienza a pensar en la edición de una gran obra donde de forma meticulosa, pudiera demostrar que la tierra se mueve.

La tesis de Urbano VIII. El Papa consideraba que el lenguaje divino no podía en algunos casos ser entendido por el hombre, por lo que cualquier lectura de la Biblia debió ser permanente y no las investigaciones producto del hombre, ser limitado por naturaleza.

El prólogo de Andreas Osiander. La tesis de Urbano VIII es la misma que hallamos en el prudente prólogo que Andreas Osiander, el editor de “De revolutionibus orbium coelestium” de Copérnico ha añadido al libro antes de darlo a la imprenta.

Ahí Osiander mantiene que las conclusiones de Copérnico no son más que hipótesis de trabajo y que como tal deben ser tratados, porque la verdad absoluta no está nunca al alcance del hombre, ser limitado y desconocedor de los planes divinos.

El libro de Galileo sobre el geocentrismo tiene un fallo grande. Demostrar que el movimiento de las mareas constituye una explicación directa del movimiento de la tierra, algo que hoy sabemos que no es cierto.

La explicación acertada de Kepler. Kepler dio el fundamento acertado de las mareas, son la mayor influencia que la luna ejerce sobre la tierra.

11. CÁLCULOS PARA LA NAVEGACIÓN

La navegación actividad de gran importancia. Galileo contribuyó y mucho a la mejora de la estabilidad de los barcos, tema prioritario en un mundo donde gran parte del transporte de mercancías se hacía por mar.

Viajes sin puntos fijos de orientación. Hasta Galileo los viajes se hacían sin puntos de referencia.

En 1612, Galileo observó por primera vez un eclipse de uno de los satélites de Júpiter, acontecimiento que se produce con bastante rapidez cuando penetra en la zona de sombra del planeta y que puede ser observado desde muchos lugares. A partir de esta observación Galileo creyó que podía elaborar unas tablas que permitiesen a los barcos en alta mar el fenómeno, calcular su hora local y compararla con el momento en que el fenómeno había ocurrido en algún punto de Europa.

La corona española. Estuvo durante un año perfeccionando su sistema de navegación y se lo ofreció sin éxito a la corona española.

Los Países Bajos. Al igual que la corona española, la de los Países Bajos rehusó al proyecto por considerarlo poco fiable y además caro.

12. GALILEO. PENSAMIENTO

La filosofía natural del renacimiento

Galileo Galilei es uno de los hombres centrales de una pléyade de grandes hombres que el renacimiento da a la humanidad.

La imprenta Gutenberg. La imprenta fue inventada por Gutenberg el año 1450 y sería el instrumento fundamental para difusión de los inventos y la cultura del período.

Bacon y el empirismo. Bacon (1561-1626) en Inglaterra se propuso renovar el método científico propugnando la observación empírica y la inducción por encima del método deductivo que era el empleado mayoritariamente por los científicos de la época.

Newton. Llegó un siglo más tarde, pero se basó en todo el conocimiento anterior, reflejando en el libro “La enciclopedia ou Dictionnaire raisonne des arts et des metiers” (Enciclopedia o diccionario razonado de las ciencias, artes y oficios) que se había difundido semiclandestinamente.

Galileo precursor del método científico. Su manera de trabajar basada en la observación de la naturaleza, la inducción como una sólida base matemática y finalmente el recurso a la experiencia como forma de las teorías propuestas marcan el inicio de lo que hoy se conoce como el método científico.

La filosofía natural. La ciencia hasta el renacimiento no existía como tal y fueron Galileo y sus contemporáneos quienes dieron el salto y suscribieron las bases para el desarrollo del pensamiento científico.

Tecnología precaria. Recordemos que todos los grandes inventos y experimentos se hicieron con una tecnología realmente precaria.

13. APORTACIONES DE GALILEO: EL LENGUAJE MATEMÁTICO

El sistema copérnico. Sin que la intención de Galileo fuera ir en contra de Aristóteles en la física y las ptolemaicas en la astronomía sus estudios si estaban enfocados a rebatirlos en favor del sistema copernicano.

La oposición de la iglesia a la posibilidad de demostración. Galileo creía que el heliocentrismo era un hecho demostrable en contra de la iglesia que opinaba que no era posible y en consecuencia indemostrable.

El lenguaje matemático. Surgió la nueva ciencia de la matemática, en ella se apoyaba Galileo. El lenguaje conciso que utilizó para demostrar todas sus hipótesis desde la cinemática de la caída de los cuerpos hasta el heliocentrismo copernicano, le sirvió también para urgir que el sistema ptolemaico era menos económico que el de Copérnico.

Cualidades primarias y secundarias. De hecho Galileo llegó a una descripción de la materia que luego heredaron científicos como Locke o Descartes y que substancialmente describe dos cualidades de la misma, las primarias y las secundarias.

Dar forma lógica a las experiencias sensibles. En la misma obra *Il saggiaiore*, Galileo sigue adelante con la búsqueda de un método y lenguaje que pueda garantizar la explicación objetiva y por tanto verdadera de los fenómenos naturales.

La obtención del “imprimatur”. Ya hemos visto que tanto Copérnico como Galileo tenían que escribir como hipótesis de sus sistemas geocentristas si querían ver publicadas. Caso contrario el “imprimatur” del clero apostólico no se conseguía.

Entrevista con Urbano VIII. Galileo quedó convencido que el Papa autorizaba la publicación de su libro sobre el geocentrismo si iba precedido de un prólogo no preparado por él.

Posición del Papa. Considera la Biblia como fuente sagrada y en consecuencia todo lo que sea ir en su contra no es publicable.

Postura del científico. Galileo creyente **era** que aunque este argumento era indudablemente cierto, él estaba interesado en descubrir cómo Dios había creado el mundo.

14.- EL MÉTODO DE GALILEO Y SU APLICACIÓN CIENTÍFICA

Método científico y autonomía de la ciencia. Galileo defendió siempre que la ciencia no estaba sujeta a la Biblia y que las expresiones de la Biblia podían tener varios significados.

Registro de mediciones. Galileo cronometraba todos los experimentos que hacía como si se tratara de un laboratorio.

Publicista genial. Galileo sin duda alguna fue un genial publicista de su propia obra y además un lógico convincente con solución a sus colegas y pupilos.

Tecnología e investigación. Galileo demostró ser un genio en diversos campos de la ciencia, aunque podríamos centrarlo en dos grandes ramas. La tecnología de inventar y su experiencia de investigador.

Aportaciones a la dinámica a pequeña escala. Aquí podemos destacar sus aportaciones del péndulo, tanto circular como rectilíneo.

Aportaciones a la dinámica a gran escala. Puede destacarse en este campo todas sus investigaciones y descubrimientos del cosmos.

La descripción de la materia antes de Galileo. Estaba la preocupación por la composición de la materia y trató de encontrar una nueva concepción de lo que constituye una filosofía natural y de cómo debería éste perseguirse, le llevó a plantearse el enigma aún no resuelto en su época de la constitución de la materia y sus propiedades, sobre todo para sus aplicaciones científicas en el ámbito de la dinámica.

Las categorías físicas aristotélicas. El mayor impulso que movía a Galileo era el de destronar las categorías físicas aristotélicas, ya que el afán de Aristóteles por hallar sistemas cerrados e incontestables le habían llevado a algunas contradicciones.

Las esferas celestes. Por encima de la esfera ígnea sobre la que se mueve el fuego, se hallan las esferas celestes formadas por elementos más perfectos como el éter. Las estrellas celestes se mueven girando unas en un sentido y otras en sentido contrario, de forma que el movimiento interpuesto de unas y otras contrarreste la posibilidad de perturbación de las orbitas planetarias.

15. LOS ESTUDIOS DE GALILEO SOBRE EL MOVIMIENTO

Experimentos con planos inclinados. Diversos experimentos que le llevaron a ver qué cuánto más próxima a la horizontal fuese la inclinación del segundo plano más lejos llegaba la bola.

La Ley de la Inercia. Origen de toda la mecánica clásica de Newton. Todo cuerpo en movimiento tiene una característica que es la inercia.

Diálogo de Simplicio y Salviati. Defendiendo y atacando las teorías de Copérnico.

Principio de relatividad. Relacionado con el principio de inercia. En un barco en movimiento todo sucede como si el barco estuviera en reposo que después utilizara Newton y Albert Einstein.

16. ESTUDIO DE GALILEO SOBRE LAS FUERZAS DE GRAVEDAD

Las Gravitass. Galileo argumenta que solo existe un principio de movimiento, la gravedad o gravitass.

La balanza y los cuerpos flotantes. Un peso introducido en un cuerpo flotante automáticamente disminuye y descompensa una balanza si está estaba previamente en equilibrio.

Concepto de momento. Sus estudios sobre planos inclinados de objetos le hizo concebir que todos los cuerpos tenían una característica mecánica y dinámica que llamó “momento”.

El factor altura. Galileo descubrió que los cuerpos adquieren mayor velocidad a medida que descienden algo que después Newton aclararía con la aceleración de la gravedad.

Refutación de la caída libre de Aristóteles. Según Aristóteles un cuerpo más pesado cae más deprisa que uno menos pesado, algo que Galileo refutó y es probablemente uno de sus resultados más conocidos.

17. CONCLUSIONES SOBRE LA MATERIA Y EL MOVIMIENTO

La ley natural del movimiento resucita. Galileo cuando estaba ya a punto de poder relacionar todo lo que había descubierto con sus experimentos sobre el movimiento antes de explicar y publicar sus conclusiones sobre la densidad y no la gravedad o ligereza de los cuerpos que caracteriza la característica de toda la materia y sobre todo la densidad con relación a la densidad de los diversos medios, Galileo cambió de tercio y empezó a trabajar en el telescopio. Después llegaría a demostrar que la diferencia entre objetos terrenales y celestiales era falsa.

El movimiento de los astros. Refutó las viejas teorías que explicaban que los planetas tienen un movimiento distinto al resto de los cuerpos celestes debido a su distinta naturaleza.

Dos nuevos principios sobre el movimiento. Fue posible partiendo de dos principios básicos, uno que todo movimiento natural es circular, el otro, que el

movimiento común a dos cuerpos no puede ser observado desde ninguno de ellos.

La nueva ciencia mecánica. A través de lo que Galileo llama mecánica, su nueva forma de filosofar, pretendió y logró establecer una ciencia de la naturaleza en base a dos aspectos. La naturaleza matemática de la materia y los principios matemáticos de la dinámica.

Euclides y Arquímedes. Galileo presenta una nueva ciencia de la materia, una cosmografía física y una nueva ciencia del movimiento local. Para ello se basa en las matemáticas de Euclides y Arquímedes.

18. LA COSMOLOGÍA

Desarrollo de las teorías cosmológicas hasta el siglo XVI.

Como se ha indicado repetidamente Galileo adopta la postura de Copérnico sobre el cosmos.

El heliocentrismo. Fue la teoría dominante del cosmos hasta la llegada de Copérnico, pero se pueden descubrir otros astrónomos en la historia de la humanidad que no lo veían tan claro.

Aristarco de Samos y Heraclides Ponticus. Aristarco de Samos en el siglo IV a. de C. en Grecia puso de manifiesto por escrito que la tierra podía girar como otros planetas. Heraclides Ponticus un siglo antes de Aristarco ya dijo que la tierra rotaba sobre su propio eje y de ahí su sucesión de días y noches.

Claudio Ptolomeo. Claudio Ptolomeo (siglo II) que trabajó en Alejandría, perfeccionó la teoría de Aristóteles dando a su teoría geocéntrica forma definitiva que fue adoptada por la iglesia católica y que recoge en su gran obra “El almagesto”.

Tomás de Aquino. Adoptó el sistema de Aristóteles y la astronomía técnica de Ptolomeo que habían llegado a Europa a través de los árabes renombrando el primer motor del sistema aristotélico llamándole Dios.

George Peurbach y Johannes Regiomontanus. Efectivamente hay que esperar al siglo XV para hallar las primeras revisiones de los sistemas aristotélicos y de Ptolomeo por parte de los astrónomos europeos que empiezan a estar preocupados por la gran cantidad de incorrecciones que encuentran en estos autores.

Copérnico Ya ha sido estudiado. Propone la teoría de que la tierra no es el centro del mundo y da vueltas alrededor del Sol. Lo pone como hipótesis para no enfrentarse a la iglesia católica.

Pérdida de centralidad del hombre. La teoría de Copérnico pone en cuestión un bien construido sistema aristotélico y planteaban una serie de interrogantes que provocaban el colapso de muchas de las ideas asumidas hasta entonces.

Choca con la interpretación bíblica y concretamente cuando Josue manda parar el Sol.

El Concilio de Trento y el Santo Oficio. En el Concilio de Trento la Iglesia Católica estableció los contenidos del dogma cristiano que iba a ser la vara de medir con la que el santo oficio juzgaría a los presuntos herejes. Mencionar que el carmelita Foscarini trató de demostrar y convencer que las teorías copérmicas que Galileo defendía no suponían ningún conflicto con la Biblia.

Lutero y la Reforma. Ambos dieron por válida la teoría de la tierra quieta y que el Sol se mueve.

Las aportaciones de Galileo. Se consideran expuestas previamente.

Galileo el peligro definitivo del geocentrismo. La lucha más encarnizada de la iglesia lo es contra Galileo, si bien es cierto que el científico adopta una postura prepotente y poco dialogante.

Avance tecnológico y hechos comprobables. Los avances de Galileo tuvieron repercusiones importantes en la Iglesia. Las comprobaciones empíricas que ahora se podían hacer y que la ciencia podía sacar a la luz era la que asustaba a la institución eclesiástica porque con ello perdían el poder de control sobre

conocimientos que veían recaer definitivamente en manos de personas cuya obediencia a la Iglesia o a la Ley divina estaba por demostrar o era dudosa.

Hoy día sabemos que en la comunidad de los jesuitas hubo quién se alineo del lado de la iglesia y siguió negando las teorías heliocéntricas hasta que éste las aceptó.

El sistema mixto de Tycho Brahe. Tycho Brahe que tenía conocimientos y experimentos para apoyar la teoría heliocéntrica decidió presentar sus conclusiones de forma menos polémica avanzando una teoría mixta que trataba de compaginar algo imposible de hacer, el heliocentrismo y el geocentrismo.

Las cartas copérmicas. Recordemos de Copérnico estas cartas en plan humilde, respetaban las Sagradas Escrituras, pero adelantaba que sus teorías tampoco iban en contra de la fe, mientras la fe no se refute con una evidencia clarísima.

Apoyo de Kepler. Se adhirió al sistema de Galileo y se puede decir que a finales del siglo XVII todos los científicos eran de la misma opinión.

Equilibrio entre la fuerza centrífuga y la fuerza de la gravedad. El sistema de Galileo utilizó el argumento de la relación y equilibrio entre lo que hoy llamamos fuerza centrífuga y la fuerza de la gravedad de la tierra para refutar las objeciones a la teoría copernicana.

El reconocimiento de la Iglesia. Fue en el siglo XVIII cuando el Papa Benedicto XIV permitió la publicación del primer volumen de las obras completas de Galileo, primero en 1741 y más adelante en 1757 cuando el resto de la obra completa fue retirada por orden papal de los libros prohibidos de la congregación del índice.

En el siglo XIX el Papa León XIII y a lo largo de todo el siglo XX las recomendaciones para las distintas traducciones de la Biblia que se han llevado a cabo han tenido en cuenta los innumerables avances científicos.

3.- NACE LA CIENCIA MODERNA

1. GALILEO GALILEI

Con el estudio experimental de los nuevos descubrimientos se puede decir que nace la ciencia moderna. Con el descubrimiento del telescopio es capaz de responder a los interrogantes que suponían aceptar el heliocentrismo de Copérnico, aunque no impidiese el cometer algunos errores.

Frente a los aristotélicos y teólogos, Galileo considera que los argumentos de la autoridad, no se pueden considerar válidos solo por esa razón.

Si bien los discípulos de Aristóteles opinaban que Aristóteles recurría a la autoridad, ésta no era la opinión de Galileo. Consideraba que si no se hubiese fijado en la naturaleza no habría podido escribir todo lo que había escrito.

La postura de Galileo le acarreó numerosas controversias y tener muchos enemigos. Recordemos que estamos en el siglo XVII, no en el XXI.

En Galileo se encuentra además una distinción entre cualidades primarias, aquellas que pueden constituirse en objeto de conocimiento. Objetivo y cualidades secundarias subjetivas y que sólo dependen de la percepción y que no pueden constituir conocimientos.

Galileo es el gran impulsor del método experimental por él creado. La observación y sus famosos experimentos desde la torre de Pisa así lo acreditan.

2. FRANCIS BACON

En la baja Edad Media, toda la ciencia y la cultura se reduce a los monasterios y su famosa frase "*Ora et labora*".

La llegada de las universidades supone un impulso importante, tanto para la cultura como para la ciencia, que se enseña en las aulas.

Durante el Renacimiento surgió un creciente interés por lo que estaba ocurriendo fuera de las aulas, como por ejemplo en los talleres artesanos. Allí se

elaboraban y pulían lentes, se manipulaban y fundían metales y se observaban algunas características sorprendentes como es el caso de los imanes. Los artesanos tenían un gran conocimiento en bruto y cuando estos conocimientos despertaron el interés de los estudiosos pudieron sistematizarse y publicarse.

Si ya hemos dicho que Galileo se posiciona frente al aristotelismo, otros dos coetáneos Francis Bacon y Descartes se alían con él.

Francis Bacon (1561-1626) criticó el desprecio de Aristóteles por el conocimiento de los artesanos y decía que no se podía separar la tradición culta y la artesanal.

Para Bacon, la experiencia ofrece datos crudos y caóticos, pero su acumulación proporciona una suerte de progreso.

Si a Galileo se le considera como el autor del método deductivo o mejor experimental deductivo a Francis Bacon es el primero que se ocupa del otro método, hoy conocido el inductivo.

Los razonamientos inductivos a diferencia de los deductivos van de lo particular a lo general o de lo menos general a lo más general.

También es utilizado en la ciencia moderna.

3. DESCARTES

No hemos analizado sus demostraciones sobre la existencia de Dios, pues ninguna tiene carácter cosmológico. René Descartes, también reivindicó la libertad de pensamiento y la necesidad de prescindir de la autoridad para llegar a alcanzar la verdad. Aspiró a pensar por sí mismo mediante un método de conocimiento racionalista. El conocimiento tenía que fundarse en intuiciones evidentes, claras y distintas y en el análisis y la síntesis de los problemas. Recurrió y apostó muy fuerte por la sistematización de la realidad en leyes matemáticas y recordemos su celeberrimo “*Discurso del método*” no es más que un prefacio a unos artículos de geometría y física matemática. Descartes busca con insistencia la causa de las cosas en

contra de Galileo que consideraba las causas como la aceleración de un cuerpo en caída libre como cosas de “*fantasmas*”.

Otros científicos y pensadores pudieron contribuir, pero sin duda alguna los tres citados dieron un giro de 180° a la forma de buscar nuevos conocimientos. Gracias a ellos y a partir de ellos, podemos decir se acelera la velocidad de descubrir nuevas teorías científicas.

Habría que superar el siglo XVIII para que en el XIX surja la revolución industrial que con una base científica instaura todos los desarrollos que nos llevan al mundo desarrollado que hoy disfrutamos en Occidente.

4.- KEPLER (1571-1639)

1. SU VIDA

Johannes Kepler nace el 27 de diciembre de 1571 en el seno de una familia protestante, en la ciudad de Weil der Stadt, a los siete meses de embarazo de su madre. Este temprano nacimiento pudo ser la causa de que fuese una persona hipocondriaca y de salud frágil. De hecho muy pronto comenzó a padecer enfermedades; a los tres años la viruela que le dejó secuelas graves en la vista.

Gran parte de la juventud de Kepler la conocemos por sus propios escritos que redactó cuando con 23 años era profesor en la ciudad de Graz.

Ninguno de sus familiares próximos sale bien parado. Tampoco se llevó nada bien con sus dos hermanos.

Fue un hombre de inteligencia precoz. Según se decía, con cuatro o cinco años ya hacía demostraciones aritméticas que dejaban asombrados a todos sus visitantes.

En 1576 la familia se traslada a Leonberg, lo que para el joven Kepler le permitió ir a la escuela. Recordemos que ésta era la forma habitual de iniciar los estudios en aquella época, para después pasar a otra escuela, antes de ir a los conventos o universidades como forma de ganarse la vida sin pasar penalidades.

A pesar de su inteligencia, pero debido a su frágil salud necesitó cinco años para completar un ciclo de tres.

Su padre fracasó en los negocios y tuvo que enrolarse en la milicia mercenaria para ganarse la vida. Después de varios cambios de residencia volvieron a Leonberg. A pesar de la poca sensibilidad por la cultura de sus padres, inculcaron a Kepler el interés por la astronomía. En el año 1577 su madre le llevó a un monte elevado para contemplar un cometa y su padre le mostró un eclipse de luna el 31 de enero de 1580.

En octubre de 1584. Kepler entro en un seminario de la ciudad de Adelberg y transcurrido un año pasa al seminario superior el de educación cisterciense de

Maulbronn. Aquí estudió las conocidas asignaturas integrantes del trívium y quadrivium. Aquí desarrolló su talento humanístico y científico y además logró una excelente formación religiosa que hará de él un hombre devoto y con un carácter espiritual en grado sumo.

En 1588, y después de aprobar el examen de ingreso, Kepler comienza sus estudios superiores en la Universidad de Tubinga. Tuvo que esperar un año después de aprobar el ingreso, pues era becado y el año de su ingreso no había plaza para los becados.

En 1591 obtuvo su maestría en artes con la intención de lograr un puesto como clérigo en el ducado natal.

Recordemos los profesores que tuvieron una influencia mayor en el joven Kepler. El astrónomo Michael Maestlin, que le mostró las verdades del sistema heliocéntrico de Copérnico. En filosofía tuvo a Vitus Müller, que le inició en el estudio de Pitágoras, Platón y Nicolás de Cusa. En griego contó con el helenista Mantus Crusines y por último recordar en teología a Matthias Haffner quien le enseñó a valorar y respetar las diversas religiones.

Maestlin que como ya hemos dicho fue el maestro de Kepler en las teorías copernicanas, tuvo que hacerlo en forma privada y de alguna forma clandestina, pues conocía que las autoridades luteranas de Tubinga no compartían el heliocentrismo.

En 1594 se le ofreció y aceptó un puesto de profesor de matemáticas en una escuela de la ciudad protestante austriaca de Graz (capital de Estiria).

En esta ciudad tuvo que vivir los conflictos religiosos propios de la época entre protestantes y católicos.

Aquí escribe su primera obra “El secreto del universo” donde inicia la búsqueda de las leyes del movimiento de los planetas. El libro se publicó prescindiendo de la teoría heliocéntrica, respetando la decisión de las autoridades eclesiásticas de Tubinga. Esta expresión irritó a Kepler que colocaría la parte eliminada en posteriores trabajos.

El 27 de abril de 1597, Kepler contrajo matrimonio con Bárbara Muller, una viuda de veintitrés años, madre de una niña.

En estos años, los enfrentamientos de carácter religioso entre católicos y protestantes se incrementan, hasta tal punto que el joven archiduque Fernando que había alcanzado el poder en Estiria, quiso restablecer la religión católica en sus territorios y expulsó a todos los protestantes de Graz. Uno de los expulsados fue Johannes Kepler.

En 1597, Kepler había enviado algunos ejemplares de “El secreto del universo” a destacadas personalidades del ámbito científico, entre otras a Galileo Galilei y al eminente astrónomo imperial Tycho Brahe.

Brahe radicaba en la corte de Praga, capital del imperio germano, insistió a Kepler hasta convencerle en el año 1600 para que acudiera como ayudante suyo al primer gran centro de observación astronómico de toda Europa para colaborar en diferentes investigaciones.

Poco antes de su traslado a Praga, Kepler vivió un período de incesante labor, pero también de más desgracias familiares. En el verano de 1599 murió su hija con tan solo un mes de vida. Solo su fe religiosa pudo hacer su vida llevadera. Algo también debieron ayudarle sus investigaciones, pues a partir de este instante, Kepler no hizo más que volcarse en sus estudios metódicamente.

El 4 de febrero de 1600 se incorpora en la residencia del famoso astrónomo Brahe y no tardaría mucho tiempo en percatarse de los rasgos que definían su carácter. Despiadado y despótico para todo el que trabajaba con él.

Kepler y Brahe trabajaron durante un tiempo juntos, pese a que Brahe no permitió a su colega la consulta de ciertos datos que había anotado a lo largo de los años y que le podían haber facilitado mucho su investigación sobre el movimiento de los planetas. Su diferencia de estatus se entiende diciendo que Brahe cobraba 3.000 guldens y Kepler 200, uno era el jefe y el otro el subordinado, pero ambos tenían un objetivo común: desentrañar los misterios que guardaba el cielo.

Brahe pensaba que su estancia en Praga sería hasta que aparecieran las condiciones que le permitieran volver a Tubinga. Pero las cartas que le llegaban no eran alentadoras. No había sitio para él, en la universidad y empezaba a ser mal visto por no apoyar claramente la llamada fórmula de la “encordia”, un documento luterano de 1577 cuyo principal precepto no podía ser más drástico: si se estaba de acuerdo en él, el creyente hacía lo correcto en cuestiones de fe, de lo contrario era acusado de hereje y condenado a muerte.

Brahe muere una noche de octubre de 1601 y esto supone un cambio radical en la vida de Kepler. Al saber Brahe que iba a morir entrega a Kepler “Las tablas rudolfinas” un trabajo excepcional y muy útil procedente de 20 años de investigación. Además a la muerte de Brahe, Kepler fue nombrado matemático imperial.

Kepler inició una vida llena de eventos que le pusieron en contacto con lo más granado de la sociedad de Bohemia. De este modo durante los 14 años que permaneció en la corte de Praga, pudo recibir a científicos europeos de renombre y establecer contacto epistolar con personalidades de la talla de Galileo con el que mantendría una afectuosa relación personal y un fructífero intercambio de ideas científicas.

El primer período de calma de su estancia en Praga se rompió por desavenencias políticas y religiosas. En 1608 los príncipes protestantes se unieron bajo el mando de Federico IV y por su parte Maximiliano de Baviera hizo lo propio fundando la liga católica. Abrumado por las circunstancias, en julio de 1609, Rodolfo II se vio obligado a permitir la libertad del credo protestante en Bohemia.

En 1611 comenzaron una serie de grandes desgracias para Kepler. Primero murió su hijo de 7 años y el mes de julio de ese año también fallece su esposa. La ciudad además volvía al caos. Matías, el hermano de Rodolfo obligó a éste a abdicar del trono, las tropas de Leopoldo, hermano del archiduque de Estiria habían llegado a Praga y los cruentos enfrentamientos hacían que la sangre corriera por las calles.

Ante esta situación Kepler abandona Praga y se traslada a la pequeña ciudad de Linz.

En Linz permaneció 14 años y rehízo su vida matrimonial, casándose de nuevo el 30 de octubre de 1613.

Este mismo año continuaron las desdichas. La madre de Kepler fue acusada de brujería. Kepler se encargó de su defensa durante seis años, pero no pudo evitar que permaneciese un año en la cárcel.

Durante estos años escribió “Compendio de astronomía copernicana” (1617) en la que introduce las tres conocidos hoy como, leyes de Kepler del movimiento planetario y “Las armonías del mundo” (1619-1620) obra en la que alude a las teorías musicales de Vincenzo Galileo padre de Galileo.

En 1612 las autoridades eclesiásticas de Württemberg lo excomulgan por no firmar la “fórmula de la concordia”. Su desdicha solo se sostuvo por su gran fe religiosa.

Cuando escribe “las armonías del mundo” asegura que sus descubrimientos se deben a sus estudios previos de Copérnico-Brahe.

La publicación de “Las armonías del mundo” coincide con el inicio de la guerra de los 30 años y posteriormente fue incluido en el índice de libros prohibidos, prácticamente coincidiendo con la entrada en el índice del libro “De revolutionibus” de Copérnico y tres años antes del inicio del proceso condenatorio a Galileo Galilei.

Para ganar más dinero, Kepler dejó Linz en 1626 abandonando su servicio al emperador. Las pretensiones de convertir a toda la población al catolicismo encendió los ánimos del pueblo que se dedicó a asaltar propiedades, hasta que consiguieron sitiar la ciudad y causaron muchas muertes civiles.

Kepler, ante esta situación solicitó permiso al emperador que éste concedió para abandonar la ciudad. Partió hacia Alemania, con la intención de publicar las “Tablas rudolfinas”, las cuales en adelante fueron usadas en todo el mundo por todos los astrónomos para calcular las posiciones de los planetas y las estrellas.

Kepler quiso volver a Praga, pero el emperador Fernando III para aceptarlo le exigió convertirse al catolicismo, algo que Kepler no aceptó dadas sus firmes convicciones religiosas.

Kepler se trasladó al ducado de Sagan en Siberia para escribir un horóscopo que le solicitaba el militar Albrecht von Wallenstein (1583-1634).

En esta ciudad permaneció Kepler hasta prácticamente el final de su vida. Curiosamente escribió el libro “Sueño o astronomía lunar” en el que concebía los viajes a la luna.

La ciudad del emperador obligó a Kepler a tomar nuevos rumbos. Decidió trasladarse a Linz, pero al detenerse en Ratisbona, enfermó repentinamente y murió en septiembre de 1630.

A las leyes básicas planetarias expuestas por Kepler las esperaba un intérprete de máximo nivel Isaac Newton (1643-1727) y gracias a ellas pudo formular la ley de la gravitación universal.

2.- SU PENSAMIENTO

1. Introducción

Hubo grandes científicos de los siglos XVI y XVII y Kepler fue uno de ellos, tuvieron que luchar denodadamente para conseguir distinguir a las ciencias nacientes como la física o la astronomía como ciencias independientes. Eran considerados filósofos naturales como ciencia inferior a la teología.

Al igual que Copérnico y Galileo, Kepler también vio sus obras condenadas por la iglesia católica desde el año 1618. Ninguno pretendía excluir a Dios, pero la jerarquía católica no podía aceptar el movimiento de nuevas ciencias que no estuvieran bajo su control.

Una nueva filosofía natural.

La tradición pitagórica-platónica o neoplatónica por una parte y el atomismo por otra y distintas combinaciones entre ellos que se desarrollaron, inicialmente

incompatibles, fueron la forma que tuvieron los grandes científicos para adecuar sus descubrimientos a las exigencias de la iglesia.

Kepler fue el gran protagonista de una unión entre la geometría y la cosmología y Galileo entre la física y la cosmología.

Si en Copérnico puede discutirse el protagonismo de las ideas neoplatónicas, y en el de Galileo si algunas de sus ideas platónicas eran una táctica o convicciones, en el caso de Kepler no hay ninguna duda en ese sentido. Ambos eran copernicanos y creían al igual que Copérnico que el universo era un todo ordenado y que su estructura y funcionamiento respondía a simples regularidades matemáticas.

El ordenado universo copernicano

Copérnico estaba convencido de que finalmente había descubierto la estructura del universo e ilustrado el carácter armonioso, simétrico, coherente y unitario de la estructura del universo o dicho de otra forma Copérnico creía que había mostrado que el universo creado por Dios era efectivamente un todo ordenado y bello “*un cosmos*”.

El nuevo planteamiento de Kepler

Pero Kepler fue mucho más allá. Le fascinó el universo heliocéntrico, pero quiso saber más. ¿Por qué los planetas más alejados del Sol, se movían más lentamente? ¿Cuál era la causa? Es decir, si Copérnico diseñó el universo, Kepler quiso conocer las leyes que hacían que funcionase de una determinada manera.

La astronomía entre Copérnico y Kepler: Tycho Brahe

Si Copérnico sin duda alguna fue el gran astrónomo de la primera mitad del siglo XVI, Tycho Brahe (1546-1601) lo fue de la segunda mitad. Trató de renovar y legitimar la astronomía tradicional, como Copérnico lo había hecho con la de Ptolomeo. No obstante éste error hizo que sus aportaciones fueran importantes para que Kepler desarrollará sus investigaciones.

Su gran aportación fue la precisión en los cálculos. Observó que Saturno y Júpiter estaban tan juntos que casi no podían distinguirse. Esto le obligó a revisar y a

detectar grandes errores en las Tablas Alfonsinas. Tenían un error de meses y las tablas Cuprénicas basadas en Copérnico de días.

La Nova de 1572

Su carrera profesional se consolidó con el descubrimiento de una estrella nueva –*una nova*- que hoy sabemos que es una supernova. A pesar de que se mantenía inmóvil, otros científicos creyeron que era un cometa.

Uraniborg y la mejora de las observaciones

Si el descubrimiento de Brahe de 1673 pasó inadvertido, el fenómeno cobró su importancia en 1677, una importancia decisiva por su conjunción con un cometa. Gracias a ello el rey Federico II de Dinamarca le hizo una donación de cuento de hadas. Todas las rentas de la isla de Hveem con la que el astrónomo construyó un observatorio astronómico con una mayor y mejor precisión de las observaciones. El observatorio de Uraniborg.

La base empírica de la obra de Kepler

Tycho realizó un mapa estelar de más de 700 estrellas y estudió durante 25 años las posiciones de los planetas en cualquier configuración del Sol. Fueron la base indispensable para que Kepler partiendo de ella pudiese hallar la solución al problema de los planetas que se habían perseguido desde Grecia.

El cometa de 1577

En 1577 aparece el cometa que se había estado esperando desde 1572 que se movía dentro de la órbita de Venus.

Otro dato más en contra de la teoría de Aristóteles que consideraba los cometas como fenómenos sublunares. Brahe publicó un impresionante y meticuloso trabajo que demostraba que el planeta estaba cuatro o cinco veces más allá de la luna.

Este trabajo “*De Mundi aethereus recentioris phaenomenis*”, se publicó en 1588. Ya nadie podía dudar del carácter astronómico —en oposición al meteorológico— de la nova y los cometas.

El sistema de Tycho Brahe

Un personaje de la alcurnia y ambiciones de Brahe no limitaba sus conocimientos a las observaciones. Ya en 1574 había expresado su ideal de evitar el absurdo matemático del ecuante ptolemaico como el absurco físico del movimiento terrestre de Copérnico. En 1578 Tycho había llegado a un sistema en el que los planetas inferiores giraban alrededor del Sol. También según sus escritos la órbita del Sol y de Marte se cruzaban. Cuando en Ibooo se produce el encuentro entre Tycho Brahe y Kepler, Brahe todavía no había desarrollado por completo su cosmología y los modelos geométricos de cada planeta. Brahe confiaba en que Kepler le ayudara a desarrollar sus teorías pero Kepler tenía otros planes.

2. Las investigaciones de Kepler

Teólogo, profesor de matemáticas

Los estudios de Kepler siempre se realizaron con beca y se encaminaban a la teología. También amaba las matemáticas y en la universidad de Tubinga su profesor Michael Maestlin le ayudó a descubrir lo que sería el objetivo de su vida.

Maestlin era un competente astrónomo que en sus clases no se atrevía a explicar las teorías heliocéntricas, pero en privado explicaba a algunos alumnos, entre otros a Kepler. El azar de la vida de Kepler tuvo un papel decisivo. El ofrecimiento de un puesto de profesor de matemáticas en la escuela de Graz. Aceptó y esto determinó su futuro profesional.

El secreto del universo 1596

En el prefacio de su libro "*Mysterium cosmographicum*", Kepler ya adopta las teorías de Copérnico, que no solo explicarían las relaciones y los períodos entre los planetas, sino también su "*número*". Seis en aquellos tiempos.

El universo de un Dios geómetra

Kepler buscaba las leyes del movimiento planetario y la estructura del universo, pero sus primeras hipótesis fracasaron estrepitosamente. El 9 de julio de 1595 durante una de sus clases, estando dibujando en la pizarra una figura determinada por la parte de conjunciones entre Júpiter y Saturno, cuando se le ocurrió una gran idea. La figura resultante era un círculo y tuvo la revelación. La proporción de los radios de los dos círculos inscritos y circunscritos por un triángulo era la misma que la distancia entre Saturno y Júpiter. Conclusión, la clave del universo no estaba en relaciones numéricas, sino geométricas.

La demostración de Tecteto

Kepler entonces recordó que Tecteto, un discípulo de Platón había demostrado que no pueden existir más de cinco poliedros regulares de lo que dedujo Kepler que las propiedades de los números son puramente accidentales, mientras que las geométricas y las de la armonía musical están basadas en la propia naturaleza.

En una primera redacción de *Mysterium*, Kepler había introducido un capítulo en el que defendía la compatibilidad del texto copernicano con el texto bíblico, pero aconsejado por otros profesores lo sustituyó por algunas reflexiones metodológicas.

Bailando con los hechos

Kepler sometió su cosmología poliédrica a la contrastación con los datos. Kepler analizó dos interrogantes de Copérnico. Que las orbes de los planetas tenían un grosor determinado y que las orbes de los planetas estaban separadas por intervalos que eran mucho mayores que los grosores de las respectivas orbes.

Comparación con los datos de Copérnico

La conclusión de Kepler era clara: Si la hipótesis fuese contra natura, esto es, “*si el propio dios en la creación no hubiera atendido a estas proporciones*” las discrepancias serían enormes.

Un sistema verdaderamente heliocéntrico

Kepler fue el pionero que calculó la “*excentricidad*” –la distancia máxima y mínima- de los planetas respecto al propio Sol. Es decir, fue el primero que propuso un universo realmente heliocéntrico.

El error ha de estar en los datos de observación

Kepler señaló que los cálculos de las “*tablas prutenicas*” para determinar las tablas de los planetas son con mucha frecuencia erróneas. Además Kepler señaló que puesto que no se han estudiado las causas de las excentricidades y las que se habían estudiado se habían hecho en base a difíciles observaciones que tenían unos enormes márgenes de error, incluyendo que Copérnico había tomado parte de sus observaciones de Ptolomeo.

Primeras especulaciones sobre la causa del movimiento de los planetas

Si Ptolomeo fue incapaz de explicar el problema de Mercurio, Venus y el Sol, los cuales a pesar de estar a distancias distintas tenían el mismo periodo de un año alrededor de la tierra, en cambio Copérnico al orbitar los planetas en torno al Sol, la proporción se cumplía perfectamente.

Proporción entre la distancia del planeta y el periodo

Los datos demostraron que desde luego no es una “*proporción simple*” del tipo, los periodos son proporcionales a las distancias. Saturno está al doble de distancia del Sol que Júpiter cuyo período es de 12 años, luego el de Saturno debía ser 24 pero es de 30. Según nos alejamos del Sol, los planetas giran más lentamente, algo que Kepler explicó en la segunda edición de su libro “*Mysterium*” de 1621. La primera se editó en 1596.

Imbricación de cinemática y dinámica

En la primera edición de “*Mysterium*”, Kepler había reducido sus estudios a la cinemática, en la segunda ya contempla las fuerzas existentes en el cosmos y comienza el desarrollo de la física celeste que posteriormente desarrollaría en su libro “*Astronomía Nova*”.

Tycho Brahe y Kepler

Kepler había enviado su libro “*Mysterium*” a Tycho Brahe con el que tuvo unas relaciones nada fáciles debido a que eran tan peculiares y opuestos. El primero, rico y noble y el segundo, pobre y de la parte baja de la sociedad renacentista. No obstante, la persecución de Graz a los protestantes, y Kepler lo era, hicieron que en 1600 aceptase ir a trabajar con Brahe en el castillo de Benatek cerca de Praga a donde Tycho Brahe se había trasladado.

La batalla de Marte

Ptolomeo había explicado mediante un modelo que hacía que el planeta se moviera uniformemente, no respecto a su centro geométrico sino a un punto excéntrico llamado ecuante. Copérnico había usado un pequeño epiciclo que disimulaba esa variación de velocidad.

A diferencia de Copérnico, Kepler no tenía ningún inconveniente en utilizar el ecuante que supone la excentricidad y la violación del movimiento uniforme. Por el contrario lo razonaba con sus especulaciones físicas que había explicado claramente en *Mysterium*.

El ecuante y la hipótesis vicaria. Kepler construyó dos modelos de ecuanes

Kepler probó con dos modelos de excentricidades bisecada, lo que era mucho mejor para la determinación de las distancias que daba un error máximo de 8' en las longitudes que superaba con creces la precisión de cualquier solución anterior y hubiera colmado las aspiraciones de cualquier astrónomo hasta entonces.

La órbita de la tierra

Copérnico asumía que la tierra a diferencia de los demás planetas se mueve uniformemente en su órbita circular y por tanto no requiere ningún epiciclo adicional. De modo análogo Ptolomeo y Tycho habían hecho lo mismo con el Sol. Kepler se preguntaba por qué razón la tierra tiene que tener una teórica, un modelo geométrico tan complicado y diferente a los demás planetas. Kepler creía que la tierra debería variar su velocidad en función de su distancia al Sol. Es decir, que también la tierra en su órbita excéntrica tiene que moverse más veloz cuando este en el perihelio y más lenta en el afelio. Había que comprobarlo. Tomando a Marte como punto de referencia descubrió que la órbita terrestre era un círculo con el Sol ligeramente desplazado del centro y que el movimiento de la tierra sobre dicho círculo no era uniforme.

La Ley de la distancia

Junto con otras averiguaciones, llegó a la solución. *“La velocidad lineal de un planeta es inversamente proporcional a su distancia al Sol”*.

La nueva óptica

Kepler no podía estar centrado en un solo problema. Cuando le nombran matemático del Emperador Rodolfo II se embarca en el estudio de la visión que implicaba el problema sobre la naturaleza de la luz de geometría óptica y de la anatomía del ojo.

Vuelta al problema de Marte

La segunda ley, sin nociones todavía de cálculo infinitesimal pero razonando, Kepler llegó a definir su segunda ley *“La línea que une al Sol con el planeta barre áreas iguales en tiempos iguales”*.

La órbita de Marte no es circular: Primera ley de Kepler

Gracias al estudio de la órbita de Marte Kepler pudo enunciar su primera ley *“La órbita de los planetas es una elipse en uno de cuyos focos está el Sol”*.

Una física celeste

Las nuevas leyes de Kepler suponían una nueva y radical ruptura con la astronomía tradicional. Kepler une la física y la astronomía y con sus investigaciones es capaz de encontrar las leyes físicas que rigen las orbitas celestes.

Kepler y Galileo

Son coetáneos aunque Galileo nace 2 años antes. Sin embargo, sus contactos fueron fugaces. Galileo publicó estudios que geocéntricos mostrando que Venus y Mercurio giraban en torno al Sol, pero cuando sus estudios sobre Júpiter se publican todos los astrónomos esperan la oposición de Kepler al que dan más fundamento.

Una física fallida

En el *Mysterium*, Kepler afirmaba que no existen almas en cada planeta y en el Sol, sino que existe una sola fuerza que mueve a los planetas y que reside en el Sol. No obstante atribuía los movimientos de rotación de los planetas a “*su alma*”. Pero los trataba en términos básicamente físicos y dinámicos. No hay duda de que evolucionó desde un concepto animista a una explicación mecanicista. En su última obra “*Epitome astronomía copernicana*” sintetizaba su evolución.

Harmonice Mundi (Las armonías del mundo, 1619)

Si Copérnico había sido el primero capaz de explicar coherentemente cuál era el orden de los cuerpos que lo integran, Kepler en su *Mysterium* había llegado mucho más lejos. Había desentrañado los fundamentos que el gran arquitecto Dios geometra, había utilizado en su creación. Los cinco poliedros regulares.

Geometría de la armonía

Polígonos regulares y sonidos armoniosos. Kepler se había interesado por la armonía musical desde el inicio de su trabajo. En 1599 ya había esbozado un texto sobre sus bases matemáticas y cuando poco después consiguió una copia de la ²sido el primer elemento que ponía de manifiesto las relaciones matemáticas en la naturaleza.

Distintas proporciones de una cuerda daban distintos sonidos. Con su peculiar perspicacia Kepler observó que el número de lados de los respectivos polígonos construibles (3, 4, 5, 6, 8) coincidían con los números que expresaban las proporciones de las divisiones armónicas.

La tercera Ley de Kepler

Cuando estudió las relaciones entre velocidades o notas de pases de distintos planetas hizo que Kepler entrara en éxtasis. Encontró la solución al problema que hoy conocemos como Tercera Ley.

Los cuadrados de los períodos de revolución de los planetas son proporcionales a los cubos de sus distancias medias al Sol:

$$\left(\frac{T^2}{D^3} = \text{constante} \right)$$

$$/ = /$$

Un éxito personal, un fracaso histórico

Kepler vio cumplido el sueño de su vida. Consideró que había descubierto las leyes con las que Dios había creado el Universo. Pero su obra apenas tuvo impacto entre sus contemporáneos. Un gran libro “*La Astronomía Nova*” fue un fracaso editorial absoluto. La física Galileana que como Newton rompió totalmente con física celeste de Kepler que aún compartía elementos esenciales de la física aristotélica. El tiempo ha venido a colocar a Kepler como el gran astrónomo de los siglos XVI y XVII.

5.- NEWTON (1642-1727)

1. SU VIDA

En el año 1652 durante la hegemonía de Oliver Cromwell se abrió el primer café en Londres. Quedaron registrados más de veinte entre los años 1677 y 1703.

En enero de 1684, Rober Hooke comparte tertulia con otros dos insignes tertulianos. Uno es Edmund Halley, el célebre astrónomo y el tercero es Christopher Wren otro celebre astrónomo de Oxford.

Esa tarde, los tres, Hooke, Halley y Wren le dan vueltas a uno de los problemas que han venido preocupando a los humanos desde tiempos inmemoriales ¿cómo y por qué se mueven los planetas?

Para explicarlo Hooke había propuesto un tiempo atrás la existencia de una fuerza de atracción del Sol sobre los planetas inversamente proporcional al cuadrado de la distancia. De este planteamiento surgía una pregunta. ¿Qué tipo de órbita seguirá un planeta sobre el que actúa una fuerza atractiva central de este tipo?

Obviamente la respuesta es de la máxima importancia. Hooke cree que su ley de atracción sería compatible con las órbitas elípticas propuestas por Kepler. No sabían contestar, pero uno de ellos tuvo una idea que fue preguntarle a Newton.

Halley se dispuso a visitar a Newton en agosto de 1684. El encuentro lo contó años más tarde el científico francés Abraham de Moivre. Newton aseguró que la órbita de los planetas sometidos a la fuerza establecida por Kepler sería elíptica. Halley preguntó que cómo lo sabía. Porque lo he calculado fue la respuesta de Newton. Newton trató de buscar los papeles pero no los encontró.

Retrocedamos. Según el calendario juliano por entonces, todavía incluso en Inglaterra, no se adaptaría hasta el año 1752, Newton nació el día la Navidad de 1642 en Woolsthorpe, una aldea de la comarca de Linednshire.

La primera tragedia de Newton es que su padre muere antes de nacer él y a los tres años se tiene que separar de su madre que contrae segundas nupcias con el clérigo Barnabas Smith de setenta y tres años.

La pareja se instaló a cierta distancia, quedando Newton al cuidado de su abuela materna.

Estudios psicológicos sobre Newton que en la década del siglo XX se realizaron por el forense Frank E. Manuel, señalaron que estos dos acontecimientos marcaron su vida, sobre todo en el trato de no discutir con otros investigadores o competir por la prioridad de algún descubrimiento.

Andando el tiempo, la figura del padre desaparecido antes de su nacimiento la ocuparía nada más y nada menos que la figura de Dios Padre. Toda la trayectoria de Newton fue una búsqueda de la verdad, ya fuese a través de las ciencias, la teología o la alquimia y con una agresividad tremenda hasta llegar a la fobia visceral y absurda cada vez que se proponían publicar alguno de sus descubrimientos. La consecuencia fue un retraso enorme en la publicación de sus escritos, algunos de los cuales quedaron inéditos y otro gran número de escritos de filosofía y teología y sobre todo de la importancia en el camino que se la disputa del cálculo infinitesimal con Leibniz, menos miedoso que Newton a la hora de llevar su producción intelectual a la imprenta

y alimentó también el odio feroz que sintieron mutuamente Isaac Newton y Robert Hooke, uno de los tertulianos del inicio de nuestro relato.

Tuvo una desmesurada reacción contra las críticas. Nada menos que Robert Hooke que se consideraba la principal autoridad en óptica o Christian Huygens, el líder de la ciencia europea tuvo controversias con él y que varios de los biógrafos de Newton han descrito y han explicado las consecuencias de la primera publicación newtoniana y la posterior crisis.

La polémica que siguió a su primera publicación nos dice más sobre Newton que sobre la óptica. Había permanecido encerrado durante ocho años en una titánica lucha con la verdad.

Newton explicaba su verdad, pero no estaba capacitado para discutir las controversias.

Ya dijimos que Newton vivió sin madre porque cambió de residencia a raíz de un nuevo matrimonio. Viuda de nuevo, regresó a casa el año 1653. Traía consigo a tres vástagos que había tenido de su segundo matrimonio en los siete años que duró más unos pocos de cientos de libras que Newton heredó de su padrastro. Este hecho de vuelta no hizo a Newton perder el sentimiento traumático del abandono de niño de su madre por otro esposo. Sin duda alguna marcó su carácter.

En uno de los cuadernos manuscritos de Newton se conserva una confesión retrospectiva de pecados cometidos antes de 1662 –tenía entonces 20 años-. Los pecados números trece y catorce dicen respectivamente “amenazando a mi padre y madre Smith con quemarles dentro de su casa”, deseando su muerte y esperándole para alguien.

Newton pasó algunos años en la escuela de Grantham a unos 8 kilómetros de su casa. Allí fue a estudiar cuando tenía doce años. Estuvo viviendo en casa de la farmacéutica de cuya hijastra pudo enamorarse, según ella dio a entender pasado el tiempo, lo que con toda probabilidad fue el galantico de un adolescente mal adaptado a convivir con los otros niños de su sexo. Esto pudo ser el único romance que tuvo Newton a lo largo de su vida.

En Cambridge; treinta y cinco años de soledad. La madre de Newton quería que se hiciese cargo de la granja familiar, algo que a Newton no le gustaba. Afortunadamente tras la intervención de un hermano de la madre se decidió enviar al joven Newton a Cambridge. Newton llegó a principios del verano de 1661 y allí iba a permanecer durante treinta y cinco años, hasta que en 1666 se mudara a Londres a trabajar en la casa de tesoro. Entre estos 20 meses 1665 y 1666 que Newton pasó en su casa natal de Woolsthorpe debido a una peste que hizo que Cambridge permaneciera cerrado. A esos 20 meses, casi dos años, de Newton se les llama “*annus mirabilis*, que fue en ella cuando Newton busca/encuentra buena parte de su producción científica de cálculo infinitesimal, la mecánica, la gravitación, y la teoría de los clones, todos ellos engendrados durante prodigiosos años.

Hay quien compara a Newton solo con Arquímedes, Einstein o Darwin. Su obra principal y cumbre “*Philosophiae naturalis principia mathematica*” (Principios matemáticos de la filosofía natural), año 1687. Otras obras suyas fueron “La óptica”, 1704, con dos apéndices de matemáticas “*De quadratura curvarum*” (sobre la cuadratura de las curvas), “*Enumeratio linearum tertii ordinis* (clasificación de las curvas de tercer orden). “*De Analysis per aequationes numero terminorum infinitas*” (del análisis mediante ecuaciones infinitas en cuanto al número de sus términos fijos), o el póstumo “*A treatise of the method of fluxions and infinite series*” (un tratado sobre el método de fluxiones y series infinitas), 1737.

Sin embargo el conocimiento cabal de la complejísima personalidad newtoniana no se ha alcanzado hasta hace apenas 40 años y ha sido fruto de la ingente cantidad de manuscritos que Newton nos legó.

El 13 de julio de 1936 se celebró una histórica subasta en Sotheby que fue toda la obra de Newton, un total de 332 lotes contemporáneos y buena parte de los manuscritos de Newton que revelaron gran parte de su carácter.

Es conocido por todos, el tema Newton y la caída de la manzana. No le damos importancia, pues fue contada por el propio Newton y además de ser una anécdota no está claro que fuera cierta.

Newton murió sin testar y hubo algunas desavenencias entre sus ocho herederos. Excepto su sobrina preferida y su marido, los demás herederos querían hacer dinero con la venta de su herencia. Empezaron por vender los libros de la biblioteca y posteriormente vendieron todo lo que se encontraron lícito y ordenado, y se pudieron encontrar libros no publicados. En uno de ellos “La cronología”, Newton defendió que la Biblia es la más fiable y antigua fuente histórica que poseemos, mejor por tanto que las fuentes griegas, fenicias, babilónicas o egipcias. Se da el caso que para dotar determinados acontecimientos bíblicos utilizó sus conocimientos científicos ayudándose en efemérides de eclipses y cometas aunque mayormente sus herramientas deben más a las exegesis bíblica.

En 1872 empezaron a catalogarse por primera vez los escritos de Newton y cuando los estudiosos vieron el legado, comprobaron que era de tal categoría que lo mejor era dejar provisionalmente el legado en la Universidad de Cambridge. El resultado fue publicado en 1888, año en que fueron legados por la familia o la Universidad de Cambridge.

La otra parte o llamada colección Portsmouth como ya se ha dicho fue subastada en 1936.

Indignado por la subasta de papeles de Newton, el célebre economista John Maynard Keynes se dedicó a comprar de su propio bolsillo documentos personales de Newton. Lo que pudo conseguir Keynes se lo legó al King College de Cambridge donde todavía hoy se conserva.

El estudio de la figura de Newton sobre todo a partir de la segunda Guerra Mundial, hace que se cambie la figura que se tiene sobre Newton.

Keynes dijo de Newton que era el último de los magos, el último de los babilónicos y sumarios, la última gran mente que se asomó al mundo visible e intelectual con los mismos ojos que aquella que empezaron a construir hace 10.000 años, nuestro patrimonio cultural.

Newton con un extenso e impecable trayecto sería ya tanto como catedrático, como parlamentario o como escrupuloso funcionario del tesoro, o presidente de la

Royal Society, nos muestra Newton como un arrianismo convenido y que le hubiese apartado de todos sus cargos de haberse conocido, como le ocurrió a su colaborador William Whiston, que lo fue en 1710 precisamente por arrianismo.

Newton en sus manuscritos diatriba contra la Santísima Trinidad a pesar de ser un ferviente creyente y que el College de Cambridge donde el feroz anfitrión Newton solo pasó tres décadas y media de su vida, lleva por nombre Holy and Undivided Trinity College o sea colegio de la Santa e indivisa Trinidad.

En las tres décadas y media en Cambridge, Newton produjo una ciencia, aunque la mayor parte de su tiempo dedicara a otros estudios y menesteres como la teología, historia, biblioteca y sobre todo alquimia. Newton fue sin duda un genio pero también tenía una gran capacidad de trabajo mayúsculo, que desde luego ejerció. En Cambridge lo único que hizo Newton fue trabajar olvidándose en ocasiones hasta de comer o dormir. Estuvo concentrado en sus estudios de óptica, física y matemáticas.

Dejando aparte los planteamientos mecanicistas y su teoría de vértices presentes cualitativamente en un estudio de Huygens sobre la fuerza centrífuga no centraremos solo en la cuestión planetaria. La figura principal fue Robert Hooke. Siguiendo la inercia rectilínea de Descartes. Hooke sustituyó las fuerzas centrífugas y de gravedad por el único principio de atracción como carácter causante de la trayectoria recta inicial. En 1670 expuso sus ideas en la Royal Society, de la que recordemos Hooke fue secretario general desde 1677 hasta 1703.

Se puede satisfacer del siguiente modo:

1.- Todos los cuerpos celestes tienen una atracción o gravitación hacia su centro y atraen a todos los demás cuerpos que están bajo su radio de acción.

2.- Los cuerpos se mueven en línea recta salvo que se vean afectados por otra fuerza que les obliga a cambiar de trayectoria.

3.- La atracción de las fuerzas atractivas disminuye a medida que la distancia aumente según una ley que en esos momentos se desconoció y que unos años después por analogía entre gravedad y luz, Hooke estableció que dicha atracción es proporcional al cuadrado de la distancia. Eso en cuanto Hooke. Pero ¿y Newton?

Es en los años “annus mirabilis” cuando por primera vez trabaja sobre el problema planetario. Lo había estudiado por su cuenta en Cambridge. Contando con la inercia rectilínea ya conocida y el par gravedad/fuerza centrífuga para modificar las trayectorias rectas.

Combinándolo con la tercera ley de Kepler consiguió encontrar que las fuerzas generadas por los planetas variaban inversamente al cuadrado de sus distancias al Sol; si se asumía que se movía en órbitas circulares.

Hooke acusó a Newton de plagio cuando redactaba los “Principie”. Ya se había producido una violenta disputa en 1672 a cuenta de otro trabajo “Philosophical Transactions” de un trabajo de Newton sobre la naturaleza de la luz.

Newton revisó sus cálculos sobre la trayectoria de los planetas y completó en noviembre de 1684 y envió a Halley un pequeño tratado de nueve páginas del título “Motu corporum in gyrum” y allí se esbozaba la demostración que la trayectoria que genera una fuerza de atracción inversamente proporcional al cuadrado de la distancia es una cónica que ante velocidades por debajo de cierto límite es en efecto una elipse.

El libro la “Principia de Newton” este dividido en tres libros, donde se enuncian las tres leyes newtonianas de la física.

En noviembre de 1684 envió a Halley un pequeño tratado de nueve páginas de título “De mitu Corporum in gyrum” y en ellos esbozaba una demostración de que la trayectoria que genera una fuerza de atracción inversamente proporcional al cuadrado de la distancia, es una cónica que ante velocidades por debajo de cierto límite es en efecto una elipse, que incluía el resultado recíproco y como se acaba de decir había descubierto a raíz de la carta de Hooke.

La capacidad de trabajo de Newton hizo que en dos años, el pequeño trabajo de nueve páginas se convirtiera en el gran libro de Newton “Philosophiae naturalis principia mathematica”, presentado en la Royal Society.

La “principia” que ya hemos dicho está dividido en tres libros, se enuncian las tres leyes newtonianas de la física. Es en el tercero “el sistema del mundo” donde se deducen los movimientos de los cuerpos celestes usando esencialmente el estudio del

movimiento de los cuerpos. En el libro II estudia el movimiento en medios resistentes y constituye una implacable crítica a la teoría cartesiana de los vértices. En el sistema del mundo, primer libro, se identifica la fuerza centrípeta que mantiene a los planetas en órbitas elípticas con la gravedad. También en este primer tomo cita la teoría de las mareas como efecto de la atracción gravitatoria del sol y la luna en contra de lo que había dicho Galileo.

Newton fue un genio soberbio y de relaciones muy complicadas y a partir de su periodo de madurez en torno a 1680 buscó amigos más jóvenes que él, todos ellos con su referencia histórica a los que ayudó y colocó en importantes cátedras universitarias y estudios científicos.

A Descartes de quien aprendió toda la geometría analista, llegó a odiarle con grandes críticas y escritos contra la geometría del gran sabio francés.

Newton se mudó a Londres en 1696 para incorporarse a la casa de la moneda primero como responsable segundo y después en el año 1699 como responsable máximo.

Desde 1686 Newton ya hemos escrito que buscó amigos jóvenes. Frank Manuel hace una interesante lectura freudiana de este gusto por la gente joven y con talento con las que Newton se identificaba asimismo como “La madre”.

Newton que había mantenido disputas con otros genios de la ciencia como Hooke, Leibniz y John Flamsteed, pero cada una era diferente de la otra. Lo que mantuvo con Hooke en su primer trabajo sobre la luz y los colores (1672) a lo que no reaccionó bien ante las críticas del segundo, además de las acusaciones de plagio que Hooke atribuyó a su “Principio”. Se consideró a Hooke y a Newton como dos genios de la Royal Society que no podían convivir.

De todas las amistades de Newton merece destacar la de John Flamsteed con el que Newton mostró lo peor de sí mismo.

John Flamsteed fue el primer astrónomo real de Inglaterra. Realizó un excepcional catálogo de estrellas que incluía más de 3000 y que fue considerado un gran logro del laboratorio que él mismo había creado. La corrosiva disputa con Newton

fue motivada por este catálogo. La disputa fue ganada por Newton aprovechándose de su fuerza como presidente de la Royal Society.

Otra de sus amistades que merece la pena destacar fue la de Nicolás Fatio de Duilzzer. Enseguida se consideró un seguidor de “La pos principios”, manifestando una fuerte atracción personal por el autor, con atracción mutua por parte de Newton. Se cruzaron muchas cartas llenas de afecto y calor conocidas en su día, pero hoy desaparecidas. Newton le ofreció irse a vivir al Trinity College en Cambridge, pero Fatio rehusó y viajó a Suiza para arreglar una herencia financiera.

Coincidiendo con este viaje, Newton sufrió una profunda crisis mental en torno al verano de ese año y es natural hacerse la pregunta de a qué fue debido y si estaba relacionada con la marcha de su amigo.

El caso es que a partir de 1693 se produjo una especie de ruptura y la relación, Newton con Fatio desapareció por completo.

Newton muere el 20 de marzo de 1727 y fue enterrado con todos los honores como un Rey en la Abadía de Westminster.

2.- SU PENSAMIENTO

1. Newton y el cálculo infinitesimal

La formación matemática de Newton. Newton comenzó su formación matemática en Cambridge. En Ubres Newton aprendió la “*Geometrie*” de Descartes, “*la arithmetica infinitorum*” de Wallis y la clases “*mathematicae*” de William Oughtred.

Decepción lectura de Euclides. Cuando leyó “*los elementos*” de Euclides le parecieron muy triviales.

Meticuloso estudio de Descartes. Es muy significativo de Newton estudiar a Descartes y con su propia autoformación de la matemática griega depuró en una condición óptima de desarrollar en su vida el cálculo infinitesimal.

Dominio de las primeras novedades y primeras producciones. En 1665, Newton ya conocía y dominaba suficientemente que se habían producido en la primera mitad

del siglo XVII y enseguida comienza a hacer sus primeros cálculos de tangentes y cuadrantes que dieron lugar a la versión newtoniana de cálculo infinitesimal.

El descubrimiento Newtoniano del cálculo infinitesimal. Hacia mayo de 1665 encontró un algoritmo para derivar funciones algebraicas que esencialmente era el ya descubierto por Fermat.

Reestructuración de las bases de su cálculo en Woolsthorpe. En el verano de 1665 Newton regresó a su casa de Woolsthorpe debido a una epidemia y allí sin libros encauzó su pensamiento hacia las bases de cálculo, tratando de evitar las cantidades infinitesimales, lo encauzó hacia el concepto fundamental de fluxión, la velocidad con la que una variable fluye con el tiempo. El cálculo infinitesimal aparece cuando trata de definir las velocidades instantáneas. Esto ocurre en el otoño de 1665.

Primeras investigaciones importantes. En el período que va del 13 de noviembre de 1665 hasta el 14 de mayo de 1666, Newton pareció perder interés por las matemáticas. En mayo del 1666 vuelve a Cambridge y de nuevo tiene un periodo de abandono importante de las matemáticas que dejó hasta octubre de 1666. Para una comprensión cabal de la importancia de las investigaciones de Newton durante los años 1664-1666 hay que verle como un hombre claustrofóbico, encerrado en sí mismo, sin ganas de publicar.

La elaboración del De Analsi la cátedra lucasiana. Desde octubre de 1666 hasta junio de 1669 que publica "*De Analsi*" pasaran casi tres años en los que Newton dedicó muy poco tiempo al desarrollo de su cálculo de fluxiones. Pero a finales de este año, se produce un hecho que le llevará a publicar con cierta rapidez "*De Analsi*". El motivo fue la publicación en 1668 del libro de Nicolás Mercator (1646-1687) "*Logarithmo teehnia*". En la tercera parte del libro Mercader mostraba el desarrollo en serio de las potencias de logaritmos.

Rivales en la carrera por el descubrimiento del cálculo infinitesimal. John Collins envió a principios de 1669 un ejemplo a Isaac Barrow que desde 1669 era catedrático en Cambridge. Barrow le pasó el libro a Newton y tal como contó Whiteside, cuando

Newton fue a la tercera sección del libro de Nicolás Mercator debió quedar abatido. Encontró publicado parte de lo que él había descubierto de cálculo infinitesimal.

El alumbramiento del cálculo infinitesimal en versión newtoniana. A finales de junio de 1669 Newton publica "*De Analysis*". Su contenido estaba mediatizado por lo que publicó Mercator.

La aprensión de Newton ante la publicación de sus hallazgos. Una vez redactado el "*De Analysis*" que iba a dar a conocer por primera vez el nombre de Newton, se lo mostró a Barrow para su envío inmediato a Collins, y entra en juego el pánico enfermizo que Newton tenía ante la publicación de sus obras.

Correspondencia entre Barrow y Collins. En un primer momento -26 de julio de 1669- Newton solo le permitió a Barrow dar noticia a Collins del libro que había escrito, pero le prohibió mencionar el nombre del autor. Cuando Collins estudió "*De analysis*" transmitió su entusiasmo a Barrow y obtuvo el permiso de Newton de publicar su nombre.

Renuncia de Barrow a la cátedra lucasiana. La cátedra lucasiana la había creado Henry Lucas y la había dotado de inmensos medios materiales. Era la única con un perfil matemático que tenía que impartir geometría, astronomía, geografía, óptica, estadística y otras disciplinas. Barrow la llevaba ocupando cinco años, renunció a ella. Cuando renunció propuso a Newton como sucesor.

Barrow y Collins insisten en la publicación del cálculo infinitesimal. Ambos indicaron a Newton la necesidad de divulgar el cálculo infinitesimal. De hecho se lo pidieron en 1669. Ya la disputa con Leibniz se había iniciado y "*la aprensión de Newton estaba sembrada de semillas rencorosas de conflictos*".

El inconcluso "*tractatus de methodist serierum et fluxiones*". A petición de Barrow, Newton pensó en publicar su tratado sobre método fluxional. Lo comenzó a primeros de 1670 en el que estuvo trabajando de forma muy interrumpida durante 1671. Hacia mediados de 1672, después de casi medio año de no trabajar en el "*De Methodis*" decidió posponer su conclusión sobre Sine die.

Leibniz entra en juego. A comienzos del otoño de 1676, Leibniz tuvo que volver a Alemania tras haber pasado cuatro años en París. Cuando 25 años después empezara la polémica sobre la prioridad del descubrimiento del cálculo, lo que Leibniz viera o no viera durante la visita a Londres, iba a ser determinante, así como las cartas que Newton envió a Leibniz fechadas el 13 de junio y el 24 de octubre de 1676. A día de hoy la polémica no está resuelta.

La disputa con Hooke y la exasperante polémica con Linus. El primer trabajo publicado por Newton generó la disputa Robert Hooke. Newton sigue en su opinión de no publicar. Con Collins tuvo un año de interrupción de correspondencia por sus disputas sobre la naturaleza de la luz. También son conocidas sus disputas sobre este tema con el jesuita inglés Francis Hall. (LINE). Los desarrollos en serie también fueron motivo de importantes disputas.

En su trabajo "*De quadratura*", Newton usó sistemáticamente y por primera vez un trabajo que pensaba dar a la imprenta. Adelantó la publicación para adelantarse a Leibniz.

Todo esto nos permite ver la gran rivalidad existente entre los dos científicos que se consideran autores del cálculo infinitesimal, a pesar de las muchas cartas epistolares que se intercambiaron. Sus diferencias llegaron a tal extremo que Newton concluye su intercambio epistolar con Leibniz.

Polémica por la invención del cálculo infinitesimal. En los veinte años que discurren entre 1677 y 1699 se produjeron importantes avances en el desarrollo científico. El principal de toda la publicación en 1687 de "*Philosophiae naturalis principia mathematica*". En el número de octubre de 1684 se publica un artículo de seis páginas de Leibniz sobre el cálculo diferencial al que siguió otro artículo sobre cálculo integral, en este caso en el número de junio de 1686. Newton tenía el concepto de fluxión como derivada con respecto al tiempo del espacio, algo que la mecánica actual llama velocidad. Leibniz su procedimiento analítico llevaba a la tangente de la curva de espacio, algo a lo que hoy también llamamos velocidad. Aunque Newton fue el primero en descubrir y desarrollar su cálculo, una década antes que Leibniz, fue

Leibniz quien primero lo publicó. Las recriminaciones mutuas han llegado hasta nuestros tiempos.

Los taques y contraataques es posible que tanto a uno como a otro les hicieran perder el tiempo que hubieran podido dedicar a nuevas investigaciones que se podrían haber anticipado en el tiempo. Leibniz incluso llegó a ponerse en manos de la Royal Society para que se le reconociera como primer autor del hoy tan conocido y utilizado cálculo infinitesimal.

Otro gran científico y conocido por sus ecuaciones sobre la dinámica de fluidos en Johann Bernoulli, tuvo su tema de posición en el asunto. Parecía neutral pero realmente instigaba a Leibniz contra su rival.

Leibniz muere en noviembre de 1716. Clarke publicó en 1717 sus críticas a la metafísica de la gravitación y las explicaciones de Newton del rol de Dios dentro de su filosofía natural.

Newton “*en Account*” se refirió sobre todo a las críticas sobre el carácter de la gravedad que según Leibniz, Newton había convertido en una propiedad oculta y milagrosa del mismo tipo animista que las consideradas por los escolásticos. Newton era consciente de que no había explicado la causa de la gravedad y no estaba satisfecho con que fuera una propiedad que actúa a distancia, incluso en el vacío, pero no quiso renunciar a un concepto con tan gran valor predictivo.

2. Los conceptos newtonianos

Los *Philosophiae naturalis principia mathematica*, fechados el ocho de mayo de 1796 empiezan con definiciones y axiomas o leyes del movimiento que constituyen el primer código de la ciencia mecánica que haya sido jamás establecido.

En ellos la masa y el éter figuran como cantidad de materia. La cantidad de movimiento se define por el producto de la masa por la velocidad. Las “*vis impresora*” es la acción por la cual puede ser cambiado el estado de un cuerpo, sea ese estado el reposo o el movimiento rectilíneo y uniforme.

Newton distingue el lugar o el movimiento, entre el movimiento absoluto y el relativo y entre movimientos aparentes y verdaderos. Si Galileo había sido el descubridor de las leyes de la cinemática, Newton lo es de las leyes de la dinámica.

Las leyes de Newton

La primera ley del movimiento enunciada por Newton es la ley de la inercia: *“todo cuerpo persevera en el estado de reposo o de movimiento uniforme en que se encuentre, a menos que una fuerza obligue a cambiarlo”*.

La segunda ley dispone que los cambios ocurridos en la cantidad de movimiento son proporcionales a la fuerza motriz y se desarrollan en la dirección de esa fuerza motriz.

La tercera ley consiste en el principio de igualdad de acción y reacción en las acciones mutuas de dos cuerpos. Esta ley es trivial en las acciones de contacto, pero Newton las amplía a las acciones a distancia.

La mecánica y el sistema del mundo de Newton

Con la ayuda de sus principios, Newton de un modo absolutamente general, describe el movimiento de un punto bajo el efecto de una fuerza central que es plano y se efectúa según la ley de las áreas, ley que había sido establecida por Kepler, para los casos de las excéntricas circulares y ampliada a la elipse.

Particularmente si la curva es una elipse y si el centro de fuerza ocupa un foco de la misma, la fuerza es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia al centro.

Newton también estudia el movimiento en un medio resistente, siendo la resistencia inversamente proporcional a la velocidad o al cuadrado de la velocidad.

Posteriormente tratará del sistema del mundo, concretamente en 1713 con las *“Regulae philosophandi”* que continúa con la *Phenomenes* que son observadores astronómicos.

Newton en su “*sehollum generale*” que cierra los “*Principios*” manifiesta que no ha querido sentar hipótesis. “*He explicado hasta aquí los fenómenos celestes y los del mar por la fuerza de la gravedad, pero no he indicado en parte alguna la causa de dicha gravedad*”.

El pensamiento físico de Newton iba acompañado por una teología de la que debemos decir algo, tanto más cuanto Newton tuvo el principio más discípulos de este su apostolado religioso, que de su física matemática propiamente dicha.

La armonía del sistema del mundo es consecuencia de una intención deliberada de una elección y no de una casualidad. Ninguna causa natural sería suficiente para instituirlo.

Newton pensaba sin duda que se le opondrían las tesis del mecanicismo cartesiano. Así dice que es imposible de hallar cuantitativamente la tercera ley de Kepler si se supone que los planetas son transportados por torbellinos, algo a lo que Kepler daba mucha importancia.

Newton escribe textualmente: “*Habla usted a veces de la gravedad como esencial e inherente a la materia. Le ruego que no me atribuya una tal noción, pues no pretendo conocer la causa de la gravedad y necesitaría más tiempo para considerarla*”.

Cuando Newton visita el continente no es bien acogido. El pecado capital Newtoniano era, para los cartesianos, el que al sustituir las simples acciones de contacto por la atracción, se restablecían de las cualidades que había condenado en el siglo anterior.

3. La obra astronómica de Newton

Ya Kepler se había planteado el problema de la atracción y gravitación. En la “*Astronomía nova*” de 1609 Kepler declaró que la atracción mutua de los cuerpos y que esa atracción es proporcional a la “*moles*” (magnitud) de los cuerpos, pero solo le parecía posible entre cuerpos emparentados como la tierra y la luna, pero no entre la tierra y otros planetas o entre la tierra y el sol.

La noción de atracción que implica la de acción a distancia, fue rechazada por G.A. Barelli (1608-1679) pero en un libro escrito en Florencia en 1666 tiene en cuenta la ley de la inercia, mas el movimiento circular de los planetas e implica entonces la existencia de fuerzas centrífugas que deben ser compensadas por las fuerzas centrípetas.

Habiendo así recordado brevemente el pensamiento de los científicos del siglo XVII sobre el problema de la mecánica celeste, surge la originalidad del pensamiento de Newton.

Newton desarrolló plenamente el cálculo de las fuerzas centrífugas; dedujo del movimiento de los planetas la intensidad de las fuerzas centrífugas que contrapesan las centrípetas para que los astros se mantengan permanentemente en su órbita. De esta forma descubre que el sol atrae a los planetas en razón inversa del cuadrado de sus distancias de los mismos respecto a aquél.

Estos descubrimientos de Newton coinciden con sus trabajos sobre óptica con sus grandes polémicas con Huygens y Hooke a los que finalmente acabó convenciendo.

El año 1680 Newton vuelve sobre el movimiento de los planetas y considera que el movimiento es elíptico y que es provocado por la acción de una fuerza central, la atracción hacia el sol, sobre el movimiento rectilíneo que se produce bajo la sola acción de la inercia. Para probar las objeciones a sus teorías, Newton que perfeccionará o creará un nuevo instrumento matemático, el cálculo de fluxiones, fundamento del cálculo diferencial e integral.

Newton en el año 1685 termina la redacción de su obra maestra "*Philosophiae naturalis principia mathematica*". Esta obra, sin duda cumbre del espíritu humano apareció finalmente en Londres en 1687.

6.- CONCLUSIÓN DEL PERÍODO

ALTA EDAD MEDIA Y RENACIMIENTO

En lo que ya podemos llamar inicio de la Alta Edad Media, irrumpe en escena el gran Santo Domingo, Tomás de Aquino, de familia noble, se dedica a enseñar en las nacientes y florecientes universidades de la época y sobre todo a escribir de filosofía y teología.

Su obra es inmensa, su prestigio en la época enorme y toda su doctrina se extiende con mucha rapidez por toda la Europa cristiana de aquella época. Su obra más importante y tal vez de las primeras de todas las obras de Teología es la “*Suma Teológica*”, obra inmensa por su volumen y de una gran magnitud por lo que refleja.

Ya destacamos al hablar de Santo Tomás lo que más nos interesa de este santo en esta tesina.

Las cinco vías que demuestran la existencia de Dios de las que nos hemos tratado de hacer eco de tres. En aquella época, siglo XIII en el que vive Santo Tomás, ni en los siglos venideros nadie critica estas vías. Son totalmente aceptadas y no podía ser de otra forma, pues los conocimientos del cosmos que se tenían eran prácticamente los de la antigua Grecia. Desde entonces los eventos culturales y de investigación, tanto en el mundo cristiano y en el mundo árabe habían sido muy escasos y a las vías de Santo Tomás se las tomaban como ciertas y definitivas. Recordemos también de Santo Tomás su postura que los textos sagrados podían tener

al menos tres lecturas que matizaran lo literalmente escrito. Se anticipó a un pensamiento que tres siglos más tarde todavía no era admitido por la jerarquía católica y dio lugar a uno de los juicios más famosos de la Santa Inquisición.

Cuando ya está iniciando el movimiento renacentista y se va dejando atrás las costumbres del Medievo, nace en Polonia un gran astrónomo que además es clérigo, Nicolás Copérnico. Copérnico estudia en varias universidades europeas y su fama y prestigio es tal que le llaman para que forme parte del conjunto de sabios que tienen que reformar el calendario juliano. Copérnico no acepta, pues considera que previo a la reforma del calendario se debe hacer un estudio del cosmos para aclarar los muchos interrogantes que presentaba. Por esta o por otras razones comienza en solitario a investigar y llega a la conclusión revolucionaria en la época y es que en lugar de un sistema geocentrista como elemento que está quieto y a través del cual giran todos los planetas y el Sol, a un sistema heliocentrista con el Sol como centro y todos los restantes planetas girando en torno a él. Este conocimiento es conocido por el Papa de Roma y no pone ninguna objeción sino que le anima a publicarlo. El libro en el que publica sus experimentos es el "*De Revolutionibus*", el Papa Pablo III. Copérnico no se atreve a ello y publica una especie de resumen "*Commentariolus*" y después se apoya en su amigo Rheticus para hacer una especie de anticipo de ideas y por fin lo publica en el año 1543 en el mes de marzo. A pesar de estar publicado, no entra en el índice de libros prohibidos hasta el año 1616.

Otro principal científico de la época es Galileo Galilei, que defendía la teoría copernicana a capa y espada.

Galileo nace el año 1564 cuando Copérnico ha muerto en 1543. No tienen ningún año de vida en común.

Si nos fijamos en sus libros escritos desde el primer libro, se declaraba abiertamente copernicano, pero sus descubrimientos que apoyan la teoría de Copérnico se reducen a la publicación del "*Siderius Nuncius*", sobre el descubrimiento de los satélites de Júpiter en la que acertó plenamente y a una teoría de las mareas terrenas en cuya causa se equivocó. Ya estos libros dan las primeras voces de alarma. Con el problema de las manchas solares del que ya hemos hablado también, permiten

a Galileo afianzarse en su teoría heliocéntrica y en 1614 se produce la primera denuncia contra Galileo. En el año 1616 entra en el índice de libros prohibidos el de Copérnico, con su teoría que da lugar a nuevas polémicas, pues llevaba 50 años publicado y nadie se había acordado de él. No se puede tomar una posición de los jesuitas sobre el tema, aunque hay dos astrónomos de esta orden que están en contra de sus ideas y no hacen nada ante el anuncio del procedimiento por el santo oficio. Sorprende todavía más que a Kepler que no solo defiende las teorías de Copérnico, sino que además las cuantifica en leyes físicas y matemáticas, no se le moleste para nada.

Recordemos que el libro por el que realmente se inicia el proceso contra Galileo es "*Diálogo entre los dos máximos sistemas del mundo y Ptolomeo*". Como su nombre indica es un diálogo entre dos personajes, uno de los cuales defiende la teoría geocéntrica y el otro la heliocéntrica.

No parece suficiente para juzgar a uno de los grandes iniciadores de una nueva ciencia y del método deductivo. Sin poder aseverarlo del todo, parece que el juicio a Galileo es una lucha por la alta jerarquía católica que ven que se les puede escapar un elemento de poder como es interpretar las sagradas escrituras y definir que es herejía y qué no lo es y un hombre ya mayor, taciturno que por un cierto orgullo no quiso desdecirse de sus teorías.

No obstante, según mi humilde opinión si Galileo es un gigante en todos los oficios o investigaciones que hace el gran estudio del cosmos es Kepler. Nace dos años más tarde que Galileo, con lo cual se les puede considerar contemporáneos, pero es el que perfecciona el sistema de Copérnico, lo contempla, resuelve algunas de sus incongruencias y sobre todo establece las leyes por las que se rige el universo.

El cuarto gran sabio Newton de la época del que nos hemos ocupado. Hombre de fe y de vida acorde con sus creencias, no considera la teoría heliocéntrica como una herejía, sino que se basa en ella para demostrar un orden, una armonía y una singularidad que tiene el universo y que sin un Dios creador no hubiese sido posible.

Todos los grandes científicos estudiados son creyentes y grandes defensores de un Dios Creador. Se da el caso de Newton que a todos aquellos efectos que no es capaz de explicar, asegura que es la intervención de Dios quién los produce. Por esta razón se dice con cierta ironía que el Dios de Newton, es un “*dios tapaagujeros*”.

Sería necesaria la llegada de Laplace (1749-1827) que en su libro “*Tratado de la mecánica celeste*” explica el funcionamiento del universo. Es famosa la anécdota que cuando su emperador Napoleón le pregunta qué cómo es posible que Dios no aparezca en todo su libro, el gran científico contesta “*No majestad, no le he necesitado para nada*”. Solo añadir que Laplace no necesitó a Dios para estudiar y conocer cómo funciona el universo, pero jamás se llegó a plantear la creación que seguro seguía atribuyendo a Dios.

Resaltar que gracias a Galileo y Bacon y en menor medida a Descartes, en el siglo XVII nace la ciencia moderna. El método experimental se hace imprescindible para poder garantizar los descubrimientos futuros.

PARTE III
LA FÍSICA, LA VISIÓN DEL COSMOS Y LA NATURALEZA
ACTUAL

1.- LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD

1.1. Introducción

Todas las personas que tuvieran respuesta a la pregunta ¿Cuándo comienza la física actual?, sin lugar a dudas responderían en 1905, año en que Einstein publica su famosa teoría de la relatividad especial, que hace referencia al movimiento de las partículas. En el año 1916 publicaría la teoría de la relatividad general en la que también contempla que las partículas tienen una característica que es la masa.

El pasado año 2016, se cumplieron cien años de la teoría completa que alguien ha definido como la teoría más bella que es posible describir. Vimos y escuchamos la multitud de eventos, simposios y publicaciones que se celebraron con ese motivo.

No podemos decir, por el contrario, que su publicación cuando su autor tenía solo 26 años, tuviese una repercusión similar. La teoría de la relatividad especial se establece en un artículo que Einstein envía a la revista *Annalen der Physik*, junto con otros cinco más. Uno de ellos titulado *“Sobre un punto de vista heurístico acerca de la producción y transformación de la luz”* motivo que en el año 1921 se le concediera el premio Nobel. En él explicaba el hasta entonces inexplicable efecto fotoeléctrico, o como la luz al chocar sobre algunos materiales se puede transformar en electricidad. En la concesión, los miembros de la academia sueca no hacen ninguna referencia a la hoy tan famosa teoría de la relatividad.

Consciente de la dificultad de su comprensión y que las condiciones de su teoría están solo al alcance de unos pocos privilegiados, el año 1917 publica un librito titulado *“Sobre la teoría de la relatividad especial y general”*, en la que literalmente escribe *“Me propongo dar una idea lo más exacta posible de la teoría de la relatividad, pensando en aquellos que sin dominar el aparato matemático de la física teórica, tengan interés por la teoría desde el punto de vista científico o filosófico general”*. A él recurriremos con frecuencia para tratar de explicar muy resumidamente lo que dice la famosa teoría, esperando que la dificultad del trabajo mueva a la comprensión de sus fallos por algún posible lector.

En breves palabras decir que la teoría mueve los cimientos de la física conocida hasta entonces. La razón es obvia. Una de las partes de la física estudia el movimiento y la acción que una fuerza puede efectuar sobre una partícula en movimiento y como se modifica. Las ecuaciones del movimiento fueron establecidas por Galileo y la de la fuerza por Newton. Lo que Einstein demuestra es que esas ecuaciones son solamente válidas para espacios y tiempos reducidos. En dimensiones galácticas dejan de serlo y las que conocemos son una reducción o simplificación de las reales para espacios y tiempos pequeños, comparados con magnitudes como la velocidad de la luz. Queremos adelantar que el esfuerzo por conocer o entender la teoría de la relatividad tiene un premio. Conocer cómo funcionan los conocidos y utilizados GPS que tantos problemas de situación nos resuelven. Con las ecuaciones de Galileo y Newton, los GPS darían errores de más de 10 kilómetros sobre la situación del punto que buscamos, algo que con la tecnología actual nadie estaría dispuesto a aceptar.

1.2. Antecedentes. La física de Galileo

1.2.1. La geometría euclidiana. Supuestos en los que se basa.

Euclides vivió en el norte del actual Egipto (325 a.C, 265 a.C). Dejo para la posteridad su famosa geometría que todos hemos estudiado en los primeros años escolares y así seguirá siendo hasta fechas difícilmente predecibles. En esta geometría estudiamos el concepto de recta, plano... y otras proporciones geométricas que dada su intuición calificábamos de verdaderas, además porque los conceptos geométricos se corresponden con objetos de la naturaleza.

Resaltemos los dos puntos que Einstein aplica a esta geometría. El primero que en tres puntos están sobre una recta podemos fijar un punto de observación y hacer coincidir sus imágenes al mirar con un solo ojo.

El otro es que a dos puntos de un cuerpo prácticamente rígido les corresponde una sola distancia.

1.2.2. El sistema de coordenadas

Einstein se lo atribuye a Galileo pero todos los hemos estudiado como coordenadas cartesianas, debido al primero que la utilizó, René Descartes. Seremos breves pues son conocidas por todos y se intuyen perfectamente. Cualquier punto en el espacio físico queda definida su posición por tres números que llamamos coordenadas que son la distancia más corta desde ese punto a cada uno de los tres planos perpendiculares físicos y a los que únicamente pedimos que los tres tengan un punto común. El sentido físico para localizar un punto debe buscarse siempre con las coordenadas anteriores. La conclusión de Einstein a estos razonamientos es *“ Toda descripción espacial de sujetos se sirve de un cuerpo al que hay que referirlos espacialmente ”*.

1.2.3. Espacio y tiempo en la física clásica o de Galileo

En tiempos de Galileo se formula el objetivo de la mecánica diciendo que debe describir como varía con el tiempo la posición de los cuerpos del espacio.

Enseguida tras leer esta afirmación nos quedaríamos pensativos si alguien nos dice que entendemos por posición y espacio.

Einstein lo explica con lo que llama travesura de tirar una piedra una persona que está viajando en un tren. Un peatón que esté en el suelo verá que se describe una parábola o más bien un arco de parábola. Sin embargo el travieso actor verá que describe una línea recta. Nadie pondrá en juicio que la trayectoria es única, lo que debemos inmediatamente añadir es que para estudiar un movimiento debemos fijar un observador de referencia en el punto de un eje de coordenadas. En este caso las dos visiones responden a dos observadores distintos. Uno en tierra fijo y otro en el tren móvil que se desplaza a la velocidad del tren.

La descripción completa del movimiento solo se obtiene al especificar como varía la posición del cuerpo con el tiempo. Tenemos que tratar de definir el tiempo y recordamos la mecánica clásica lo hace como magnitud observable y cada instante es observable por un reloj.

1.2.4. Primera observación de la física de Galileo

Como bien sabemos la ley fundamental de la mecánica de Galileo y Newton es conocida como la Ley de la Inercia. Dice cualquier cuerpo alejado de otros que le pueden interferir, permanece en reposo o en movimiento rectilíneo y uniforme.

Este principio universal para la física de los Siglos XVI y XVII, Einstein, lo utiliza para las estrellas fijas y con un sistema de coordenadas, necesario como hemos visto, solidario con la tierra.

Para este observador la estrella no está fija, sino que describe una circunferencia. Dando la ley de la inercia como cierta solo podemos considerar sistemas de coordenadas en relación a las cuales las estrellas fijas no ejecutan movimientos circulares y a esos sistemas los llama Einstein coordenadas de Galileo equivalentes a las conocidas por todos por coordenadas cartesianas con un observador fijo e inmóvil en el universo.

1.2.5. Movimientos relativos en la física de Galileo

La limitación anterior permite considerar sistemas de coordenadas móviles que se desplacen uno con relación al otro con movimiento uniforme y rectilíneo.

Volvamos al ejemplo del tren en el que tanto se apoyó Einstein.

Si viajo en un vagón de tren en movimiento y me muevo desde mi asiento en el sentido longitudinal en el tren, evidentemente mi movimiento se puede estudiar desde dos puntos de vista. Uno, mi movimiento con relación al sistema de coordenadas situado en mi asiento y otro, su posición con sistema de coordenadas fijo al suelo situado en la estación.

Más en concreto, puedo afirmar que si estudio el movimiento con relación a dos sistemas que entre sí siguen un movimiento uniforme las velocidades se suman.

Imaginemos que viajamos en el AVE Madrid-Sevilla que circula a una velocidad de 300 Km/h desde el punto de partida de la estación. Me quiero divertir y posiciono a una tortuga que parte desde mi asiento a una velocidad de 1 km/h. Obviamente la velocidad de la tortuga con relación a la estación de partida es de 301 Km/h.

Añadamos ahora que según vamos en el tren suceden “simultáneamente” dos hechos (caer dos rayos). Si somos rigurosos, la simultaneidad no la podríamos decir salvo que hubiéramos colocado a un observador en la mitad del trayecto Madrid-Sevilla y supuesto que la velocidad de la luz es constante en el trayecto Madrid punto medio que en el Sevilla punto medio y éste observador hubiera detectado el mismo tiempo las dos caídas. Hemos definido un observador fijo y así la explicación es correcta.

Supongamos ahora exactamente lo mismo y fijémonos en un observador que va en el tren a una determinada velocidad y que detecta el rayo justo en el momento que circula por el punto medio del trayecto señalado. Solamente hemos variado y hemos pasado de un observador fijo a un observador móvil, luego en cuanto al tiempo todo debería ser igual, conforme a la teoría de suma de velocidades en los sistemas de referencia.

Si razonamos, en un trayecto la luz que hace visible el rayo, ha viajado a una velocidad suma de la luz mas la del tren y en el otro tramo a la misma velocidad de la luz menos la del tren. Luego por este razonamiento el viajero del tren no podría estar en el punto medio del trayecto como habíamos supuesto de inicio. Se ve claro.

La contradicción de lo que dice la física de Galileo, es obvio en cuanto al principio supuesto de sumar la velocidad en dos secuencias de referencia.

Veamos otra anomalía de la física a la que todo momento estamos llamando clásica.

Queremos medir la distancia entre el inicio de un vagón y el final. Un observador situado en el tren y que viaja en el mismo no tendría ningún problema.

Veamos ahora como lo puede hacer un observador fijo situado en la estación de inicio del trayecto.

En un momento proyectamos los dos puntos fijos del tren sobre la vía y procedemos a medirlos. Pero nadie nos asegura que ésta distancia sea la misma que la obtenida por el viajero del tren.

Los supuestos indicados, sin cuestionarlos, se resuelve muy rápidamente si decimos que la velocidad de la luz es constante e independiente del sistema de referencia como afirma la teoría de la relatividad de Einstein.

Pero alguien nos podría preguntar qué cómo nos atrevemos a decir que las fórmulas de Galileo y Newton son falsas si han permitido desarrollar la tecnología actual de la que disfrutamos.

La solución la aporta Einstein que en palabras textuales escribe sobre la física de Galileo.

1. *“El intervalo temporal entre dos sucesos depende del estado del movimiento del cuerpo de referencia”.*
2. *“El intervalo espacial entre dos puntos de un cuerpo rígido es independiente del estado del movimiento del cuerpo de referencia”.*

Toda la teoría clásica se cumple, si se cumplen estas dos limitaciones.

1.2.6. La velocidad de la luz es constante e independiente del sistema de referencia

Esta afirmación básica de toda la teoría de la relatividad si algún día se demuestra falsa, lo único que podemos decir es que la mecánica de Einstein solo es válida con esta premisa. En el anexo correspondiente se puede leer la lógica de la afirmación realizada. – Anexo con el experimento de Michelson Merloy. Cómo llegó Einstein a esta afirmación lo desconocemos y decimos la razón.

Ya desde el Siglo XIX se conocían las ecuaciones que rigen el electromagnetismo o ecuaciones de Maxwell. Nos limitamos a citarlas y dejar para los físicos e ingenieros eléctricos su estudio y desarrollo. En el año 1905 estas ecuaciones eran totalmente conocidas y resolvían todos los problemas de la interacción de los campos eléctricos y magnéticos. En estas fórmulas aparece la velocidad de la luz como una constante.

Independientemente de estos hechos históricos y de que Einstein hable de estas ecuaciones en el famoso librito en el que nos estamos apoyando, cuando hay que asegurar que la velocidad de la luz es constante e independientemente del sistema de referencia se base en el experimento de Siter del año 1913, es decir entre la publicación de la teoría de la relatividad especial y general.

Dejamos para los físicos la explicación de esta teoría y experimento, por entender que no procede ahora.

En contra de lo que opinaba Einstein, Siter mantuvo que de ser cierta la teoría de la relatividad, el universo se estaría expandiendo en contra de lo que dice la gravedad que obligaría al universo a colapsarse. La teoría de Siter de expansión del universo, aceptada por Einstein el año 1917 y hoy por todos los científicos, la resolvió introduciendo una constante en su teoría que resolvía esta contradicción de relatividad general.

1.3. La teoría de la relatividad especial

Toda física tiene que estudiar no solamente el movimiento de los cuerpos sino también su interacción sometidos a una o varias fuerzas. Ya hemos desarrollado y escrito las limitaciones de la física clásica en lo que respecta al movimiento y los dos principios que establecen sus limitaciones. Veamos ahora lo que dice la teoría de la relatividad de Einstein, anunciando que tiene una limitación ya referenciada y que recordemos que es que la velocidad de la luz es constante independientemente del sistema de referencia y un valor próximo a los 300.000 Km/s. La otra limitación que los observadores distintos se mueven el uno con relación al otro en movimiento rectilíneo.

1.3.1. El tiempo se dilata y el espacio se contrae

El principio de relatividad de Galileo y la invarianza de la velocidad de la luz se pueden considerar validas porque resuelven las inconsistencias de la física del movimiento de Galileo y para velocidades terrenales no galácticas prácticamente coinciden. Veamos que le sucede al espacio y al tiempo con los dos condicionantes dichos. Fijémonos en la figura adjunta.

Instalamos en un tren que circula a una velocidad “ V ” un observador y un reloj que mide el tiempo utilizando un rayo de luz que se desplaza verticalmente entre dos espejos situados a una distancia “ L ”. El tiempo será la distancia “ L ” dividido por la velocidad de la luz y le llamaremos “ T ”.

Tratemos ahora de imaginar que es lo que sucede cuando el tren y nuestro reloj circula a una velocidad “ V ” y con relación a un observador fijo ubicado en el inicio de la estación. Ahora y dada la velocidad del tren, la luz tiene que recorrer una distancia “ D ” que es mayor que “ L ”, ya que los espejos se desplazan a medida que lo hace el tren. Si la velocidad de la luz ya hemos dicho que es constante, el tiempo se ha alargado. Puede que no sea intuitivo pero la lógica es aplastante.

El fenómeno ya escrito no es la única sorpresa que nos tiene reservada la teoría de la relatividad de Einstein. Veamos qué pasa con el espacio. Dado que el tiempo pasa más lento para los fenómenos en movimiento, las distancias en movimiento deben contraerse. Para verlo supongamos que el observador de la estación fija dos puntos en las vías. Desde la estación estos dos puntos no se mueven, están en reposo y se encuentran a una distancia “ L ”. El observador de la estación inicia la medida del tiempo cuando el tren pasa por el primer punto y lo para cuando pasa por el segundo. Puesto que el tren circula a una velocidad “ V ”, el tiempo que el reloj marca será L/V . El otro observador en el tren hace lo mismo: acciona el reloj cuando pasa por el primer punto y lo para cuando pasa por el segundo. Desde su perspectiva los dos puntos que definen la distancia no están en reposo, sino que se mueven con el tren a una velocidad “ V ”, pero el reloj va más lento, por lo que la diferencia de tiempos medida en su caso será igual a la del observador de la estación para el cual los puntos en la vía están fijos, divididos por el factor gamma.

Puesto que la velocidad es la misma se concluye que la distancia medida entre los dos puntos en movimiento “L”, se ve reducida por el factor gamma.

1.3.2. El espacio-tiempo

Con la física de Galileo y un sistema de coordenadas podíamos definir la posición de un punto en el espacio con tres coordenadas. Ya hemos visto que también debemos concretar el tiempo y pasan a ser cuatro las coordenadas necesarias para definir la posición de un punto. Si quisiéramos pasar la referencia de un punto de un sistema de coordenadas a otro que fuese de Galileo (que se mueva en movimiento rectilíneo y uniforme) debemos cambiar las cuatro coordenadas y las transformaciones que utilizó Lorentz para hacer este camino, dejan de ser válidas porque para sistemas de coordenadas distintas aunque sean de Galileo, pasar de un sistema a otro, hace que el tiempo se dilate y el espacio se contraiga.

1.3.3. ¿Es la teoría antiintuitiva?

No sería fácil una respuesta. Es cierto que consideramos intuitivo a todo aquello que se ajusta a nuestra experiencia inmediata y cotidiana. Desde este punto de vista es totalmente antiintuitiva. La teoría de la relatividad no entra por nuestros sentidos, la tuvo que desarrollar mentalmente posiblemente el mejor físico nacido hasta el día de hoy. Pero recordemos que con esta lógica tampoco es intuitivo que digamos que la tierra gira alrededor del sol. Nuestros ojos ven lo contrario. En cientos o miles de libros que están en el comercio se desarrolla la teoría de la relatividad y absolutamente nadie ha podido demostrar el más mínimo fallo en su deducción lógica y matemática.

En el anexo se detalla un experimento que confirma la teoría de la relatividad especial.

1.4. Teoría de la relatividad general

La expone Einstein en el año 1915 a los académicos de la Real Academia de las Ciencias de Berlín.

1.4.1. Dificultad de la teoría de la relatividad general

Para ver las limitaciones, no de la teoría de la relatividad general, sino de poder explicarlo en una humilde tesina de aspirante a Magister, damos algunos datos que nos pueden hacer ver su dificultad.

Pensando en el tiempo que le exigió a Einstein (diez años) elaborar la teoría general de la relatividad y que a los 25 años publicara la teoría especial de la relatividad, debemos pensar que es muy compleja. Desde el punto de vista físico-matemático está reservada para unos pocos muy selectos y de máxima especialización. Aquí nos limitaremos a escribir porque se precisa esta nueva teoría, que es lo que dice y a matizar algunas notas introductorias de la teoría, al final de este punto y que han dado lugar a experimentos.

1.4.2. ¿Por qué era necesaria una teoría de la relatividad general?

A poco que recordemos, podemos decir que la teoría de la relatividad especial se limita al estudio de movimientos relativos vistos desde dos observadores, preferentemente uno fijo y un segundo que se movía con relación al primero en dirección rectilínea y velocidad uniforme. En la teoría de la relatividad general Einstein hace un estudio similar al de la teoría de la relatividad especial, pero estudiando el movimiento desde los observadores de referencia en lo que uno con relación al otro siguen cualquier tipo de movimiento.

Sucede además que ahora al existir aceleraciones que precisan de fuerzas para no contemplar exclusivamente el movimiento rectilíneo y uniforme entre observadores, Einstein tiene que estudiar la acción de la gravedad sobre el tiempo, el espacio y los rayos de luz.

Con relación al tiempo y espacio lo nuevo no supone ninguna novedad, pues al igual que en lo espacial el tiempo se dilata y el espacio se contrae, aunque ahora en relaciones no lineales.

Nos detendremos un poco en la acción de la fuerza de la gravedad ante los rayos de luz, porque esta deducción de la teoría de la relatividad general ha sido contrastada por muchos experimentos posteriores.

1.4.3. Masa y energía

Desde tiempos de Newton se aceptaban como muy validas dos teorías. La ley de conservación de la energía, que todos admitimos y otra solo conocida por físicos y técnicos que es de la ley de conservación del momento de inercia. Nos limitamos a la primera y dejamos para más expertos la segunda, no sin decir que ambas son validas para valores reducidos. A nivel de cosmos incluso, solo conocido dejan de tener validez.

Solo y a título casi de anécdota decir que la revisión de la validez del momento de inercia de Newton, que Einstein llamó cuasi-momento por incluir en su valor el parámetro tiempo, le llevó a descubrir la famosa ecuación $E = m \cdot c^2$ donde E = energía, m = la masa del cuerpo y c = la velocidad de la luz. De saber Einstein que esta fórmula sería la inicial para construir la bomba atómica, posiblemente la hubiera destruido sin hacerla pública.

1.4.4. El campo gravitatorio

Hacemos referencia a este concepto, no solo porque es necesario para evaluar mejor la ley de la relatividad general, sino también para descubrir su belleza sobre la que posiblemente no hemos reflexionado.

La tierra crea un campo de fuerzas llamado gravitatorio que se extiende a todo el volumen que es exterior a ella. Sabemos desde hace apenas dos siglos que determinados objetos llamados imanes también pueden atraer a otros metales como el hierro. La acción de la gravedad es a distancia y podemos saber y estudiar lo que sucede, pero mucho más difícil concretar porqué se produce ese campo de fuerzas. Los avances en la teoría electromagnética del siglo XIX permitieron conocer un poco más. Sabemos que el campo eléctrico crea un campo magnético y ambos dan lugar a una serie de ondas electromagnéticas que se pueden propagar en el vacío o en algunos medios materiales.

Este concepto intermedio es arbitrario y no vamos a entrar en él. Señalar tan solo que con su ayuda es posible explicar los fenómenos electromagnéticos y en especial la propagación de las ondas electromagnéticas. De manera análoga se interpreta la acción de la gravedad.

La tierra sobre un objeto situado en sus inmediaciones actúa a distancia, creando un campo de fuerzas que no podemos ver, pero sí estudiar y analizar y que ocasiona el movimiento de caída.

Los primeros descubrimientos sobre la gravedad se hicieron tirando objetos diversos desde la Torre de Pisa al suelo. El enunciado sería “los cuerpos que se mueven sobre la acción exclusiva de la gravedad o campo gravitatorio experimentan una aceleración que no depende lo más mínimo ni del material ni del estado físico del cuerpo. En palabras de Einstein, un trozo de plomo y un trozo de madera, por ejemplo, caen exactamente igual de rápido en un campo gravitatorio (en ausencia de aire) cuando los dejamos caer sin velocidad inicial.

1.4.5. ¿Casualidades de la naturaleza?

Recordando las leyes de Newton podemos decir que:

$$\text{Fuerza} = (\text{masa inercial}) \cdot (\text{aceleración})$$

donde la masa inercial es una constante característica del cuerpo acelerado.

Si la fuerza aceleradora es la de la gravedad, tenemos por otro lado que:

$$\text{Fuerza} = (\text{masa gravitatoria}) \cdot (\text{intensidad del campo gravitatorio})$$

donde masa gravitatoria es también una constante característica del cuerpo.

Podemos deducir:

$$\text{aceleración} = \frac{\text{masa gravitatoria}}{\text{masa inercial}} \cdot \text{intensidad del campo gravitatorio}$$

Obviamente que si para un campo gravitatorio dado, la aceleración es siempre la misma, independiente de la naturaleza y del estado del cuerpo tal y como demuestra la experiencia, la relación entre masa gravitatoria y masa inercial tienen que ser también iguales para todos los cuerpos y si elegimos adecuadamente las unidades puede hacerse que esta relación valga “1” siendo entonces válido el teorema siguiente:

“La masa gravitatoria y la masa inercial de un cuerpo son iguales”.

Este teorema junto con un experimento imaginario de un señor subido de un ascensor, le permitieron a Einstein afirmarse en su teoría de la relatividad general. Obviamos este experimento imaginario del ascensor porque hoy día hay múltiples experimentos reales, no imaginarios que prueban la veracidad de la teoría general de la relatividad y que describimos en el anexo .

Anexo 1.- Experimento sobre la velocidad de la luz

Experimento de Michelson-Morley

Analicemos el experimento que reflejamos en la figura anterior basado en el fenómeno de interferencia. Lo que hace es desviar dos rayos de luz para que sigan direcciones perpendiculares entre sí y después hacerlas converger en un mismo punto. Si las velocidades relativas cambiasen durante el trayecto (se han desacoplado porque uno viaja más rápido que el otro), debería observarse un determinado patrón de interferencia.

Si además desconocemos el desplazamiento de la tierra, se debería repetir el experimento desde distintas angulaciones con la esperanza de identificar en algún momento la situación ideal para medir la diferencia de tiempos de propagación de la luz. Se esperaba observar un cambio en el patrón de interferencia al girar el aparato de medida.

El experimento demostró que se apuntará como se apuntará y se pusiera como se pusiera el espejo, la luz se desplazaba siempre a los 299.792.458 metros por segundo que habitualmente se redondean a 300.000 Km/s.

Anexo 2.- Experimentos que prueban la teoría de la relatividad especial

En el librito, en el que Einstein explica sus teorías de la relatividad especial y general, dedica un capítulo a “la teoría de la relatividad general y la experiencia”.

Recuerdo el experimento de Michelson y Morley descrito en el anexo y que las ecuaciones de Maxwell se podían verificar sin ningún problema. Dos problemas que presentaban las ecuaciones de Maxwell se resolvían aplicando la teoría de la relatividad general, pero en esos casos en uno se medía la velocidad de la luz, algo que Einstein daba como principio al igual que Maxwell en sus famosas ocasiones.

En la época en que fue publicado solo influencias, que representa la luz de las estrellas fijas, debido al movimiento relativo respecto de ellas demostraban su teoría. Este efecto conocido como efecto Doppler y que dejamos para los que quieran profundizar es la única base que le permitía a Einstein dar fe de su teoría.

Anexo 3.- Experimentos que prueban la teoría de la relatividad general

Si decimos que en tiempos de Einstein había pocas pruebas de la verdad de su teoría, años después y a medida que pasa el tiempo cada día tenemos más evidencias de que las teorías famosas pueden ser antiintuitivas, complejas, pero cada día más evidentes por los múltiples fenómenos cósmicos que vamos conociendo y que se analizan perfectamente con lo que nos dice la teoría de la relatividad.

Veamos lo que hizo el propio Einstein el año 1919. Si como decía su teoría la luz se desvía por efecto de la gravedad, resulta bastante razonable fijarnos en el cuerpo masivo que tenemos más a mano, el sol.

De ser cierta la teoría de la relatividad general, los rayos de luz que nos llegan de las estrellas deberían desviarse al pasar por sus proximidades, proporcionando una posición en el firmamento distinta a la que observamos que el sol está de por medio.

El eclipse del sol que se presentó el 8 de marzo del año 1919 y que escuetamente reflejamos en la figura, confirmó totalmente lo previsto por Einstein y cuando se hicieron públicos sus resultados, fueron noticia de primera página de casi todos los periódicos, afirmando, como así es, que las ideas de Newton estaban superadas.

Otros muchos efectos de los anticipados por Einstein, como duplicar la imagen de los objetos, fue confirmada el año 1979 y para terminar recordar el perihelio del planeta mercurio confirmado el año 2006 o las ondas gravitacionales que han sido hace unos meses noticias de prensas.

2.- LA FÍSICA CUÁNTICA

1. INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La física de finales del siglo XIX, siglo de la revolución industrial, estaba tan avanzado que el destacado científico británico Lord Kelvin el año 1900 llegó a afirmar “La física es un conjunto perfectamente armónico y en esencia acabado”. No se tardaría mucho en ver el error de esta afirmación.

El universo podría no ser más que un revoltijo de fenómenos sin orden ni concierto, pero debido a los avances y muchos experimentos realizados a lo largo del siglo XIX esta mentalidad ya no se mantenía. La mecánica de Newton además de su validez mantenía su simplicidad y belleza, se conocían las leyes del electromagnetismo del escocés Maxwell y sus aplicaciones prácticas de corriente eléctrica y motores eléctricos y por si fuera poco, otra rama de la física, la termodinámica como encargada de estudiar los intercambios de energía, había logrado las máquinas de vapor primero y los motores de combustión después. Parecía que lo único que quedaba por resolver la vieja polémica entre atomistas y no atomistas sobre la estructura de la materia.

Nadie podía imaginar la tormenta que se avecinaba. Dos fueron las grandes revoluciones científicas que se producen a principios del siglo XX. La teoría de la relatividad sobre la que ya hemos escrito y la física cuántica de la que en este capítulo pretendemos escribir. En la segunda mitad del siglo se produce la tercera revolución científica del siglo, conocida como “*teoría del caos*” de la que en otro capítulo nos ocuparemos.

Dado que una de las razones de esa tesina, es la visión evolutiva del cosmos, no podemos dejar de escribir de los avances en astronomía. En esta época se descubren los planetas Neptuno y Urano y gracias al desarrollo de procedimientos de cálculo hoy extendidos, se estudia con rigor la órbita de Ceres, el mayor de todos los cuerpos

celestes del cinturón de asteroides entre Marte y Júpiter. En el otro extremo de la escala de tamaños estaba la polémica sobre la estructura de la materia.

Wilhelm Ostwald (1853-1932), se desligaba del mundo microscópico. Opinaba que esas teorías nunca podrían demostrarse. A la contra el alemán Ludwig Boltzmann (1844-1906) no tenía ninguna duda. La materia estaba constituida por componentes microscópicos y tomando el nombre de la antigua Grecia la llamaba “átomos”. Cada uno de los átomos tomados individualmente seguía la mecánica del movimiento de Newton. El ruso Dimitri Mendeleiev (1834-1907) y el alemán Lothar Meyer (1830-1895) construyeron independientemente la tabla periódica de los elementos químicos basada en la masa típica de cada clase de átomos. Los átomos existían aunque no pudieran verse.

Un paso de gigante como argumento a favor de la hipótesis atómica, se da cuando se descubre que la radiación electromagnética emitida por cada elemento químico, al ser calentado, identificaba plenamente al elemento. Esta teoría permitió conocer la existencia del helio, elemento no conocido en aquella época, pero que después se comprueba ésta en la naturaleza. Otra prueba sobre la existencia del atomismo la de Einstein, cuando en el conjunto de artículos, entre los que se encuentra la teoría de la relatividad, incluye otro, exponiendo que la absorción de calor por los materiales con el aumento de la temperatura coincidía exactamente con la que se podía esperar si la materia estuviera compuesta por átomos.

Probada la teoría atómica, los científicos del momento pasan a cuestionar la estructura interna.

Ya el británico J.J. Thomson (1856-1940) había descubierto en 1896, los electrones. El flujo de estos elementos a través de un cable conductor era la corriente eléctrica de tanta aplicación han tenido desde su conocimiento.

Volviendo a la teoría electromagnética, se podía opinar que la emisión de luz se daría como una corriente continua de colores, continuidad que venía establecida desde la Grecia clásica. Sin embargo los primeros experimentos decían lo contrario. El espectro de colores no era continuo, luego no podía ser cierta.

Los experimentos del neozelandés Ernest Rutherford (1871-1937) apoyaban la imagen del átomo como un sistema solar en miniatura. El núcleo era el sol con carga eléctrica positiva y a su alrededor girarían los electrones con carga eléctrica negativa.

Esta teoría podía ser muy bella, pero considerando las fuerzas ya conocidas en esos años, era insostenible.

Otro tema sin resolver a principios del siglo XX era el conocido como “cuerpo negro”. Se conoce con este nombre a un objeto ideal capaz de comportarse como un absorbente perfecto de la radiación electromagnética. Por argumentos de la física fundamental, podemos asegurar que esa capacidad absorbente le convierte en un emisor perfecto de radiación electromagnética. Esto permitía calcular para cada valor concreto de temperatura, la energía emitida en forma de radiación electromagnética y como se distribuía esa energía.

2. Las aportaciones de Max Planck

Max Planck (1858-1947) fue el que en definitiva describió perfectamente la radiación del cuerpo negro.

Planck consiguió explicar perfectamente la radiación del cuerpo negro argumentando que los átomos solo vibraban a unas determinadas frecuencias, sin absorber ni emitir energía en frecuencias distintas a éstas.

Planck, premio nobel el año 1918, dijo que la energía absorbida o emitida por un átomo obedecía a la sencilla ecuación $E = h \nu$, donde E = Energía, ν = frecuencia de vibración y h = la famosa constante hoy conocida como de Planck. Sucede además que no todas las frecuencias son posibles, sino solamente unas discretas, no continuas. Las posiciones discretas de cualquier elemento físico son conocidas por “cuantos”. Los “cuantos” de radiación electromagnética asociada también cumplen la fórmula de Planck. Deducir que la energía de los electrones dependía de la luz incidente, recordemos, le permitió a Einstein ganar el premio nobel de física.

La estabilidad de los átomos quedó resuelta el año 1913 por el físico danés Niels Bhor (1885-1962).

Según este físico, los electrones describían órbitas circulares alrededor del núcleo, pero a distancias fijas, no continuas. Solo había unas distancias permitidas. En su órbita los electrones ni absorbían ni emitían energía.

Por el contrario si pasaban de una órbita a otra, si emitían o absorbían energía.

3. Más avances de la física cuántica

La teoría de la relatividad está escrita en un artículo de cinco folios. La general se explica en una ponencia a los señores académicos de Berlín. Es cierto que Einstein tiene que introducir una constante el año 1917 para que no se cuestionara su teoría, pero a partir de ese año no se ha modificado en absoluto. Sólo se han realizado experimentos y se han tenido experiencias que la han confirmado.

No es así con la física cuántica. Niels Bohr obtiene el premio nobel del año 1922 por sus trabajos sobre la estructura atómica y la radiación. Son famosos sus enfrentamientos dialécticos con Einstein a cuenta de cómo interpretar la física cuántica. Algunos de ellos no se han resuelto y siguen siendo objeto de estudio en la actualidad.

El avance importante en la teoría de la física cuántica lo da Louis de Broglie (1892-1987) premio nobel del año 1927.

En el modelo atómico de Bohr, se había avanzado. Además de el llamado “número cuántico principal”, “n”, se había introducido el número cuántico “l” que describía la forma y el número “m” relacionado con la orientación de cada orbital en el espacio. También se descubrió que los electrones poseían una propiedad interna llamada “espín” representado por el número cuántico S.

La teoría cuántica parecía ya demasiado embrollada cuando en 1924, el físico y aristócrata francés Louis de Broglie, al que ya hemos presentado, presenta la dualidad onda-corpúsculo para la microfísica. Su razonamiento era el siguiente. “Si la radiación electromagnética antes considerada era un manojito de ondas, pero también mostraba propiedades típicas de las partículas, se podía asegurar que había un vínculo entre ambos comportamientos, que venía dado por una fórmula que decía:

$$\Lambda = \frac{h}{Pp} \text{ donde}$$

“ Λ ” es la longitud de onda asociada, “ p ”, sería el producto de la masa por la velocidad de una partícula o “impulso” (magnitud típica de los corpúsculos) y “ h ” la constante de Plack).

Al día de hoy se considera más acertado el reconocer que los objetos cuánticos se comportan como onda o como corpúsculo, que son las maneras que nosotros tenemos de ver el comportamiento.

Debemos recordar que estas teorías son validas para partícula-onda elemental. A nivel macroscópico dejan de tener validez.

Como todavía el concepto del “cuanticismo” no estaba lo suficientemente claro, el joven físico alemán Werner Heisenberg (1901-1976) se empeñó en construir un nuevo modelo y que avanzando en sus estudios llegó al principio clásico del “principio de incertidumbre que lleva su nombre”.

4. Probabilidad y superposición de la física cuántica

Hasta la irrupción de la física cuántica la materia se consideraba compuesta en último término de estos corpúsculos, que al ser los fragmentos de menor tamaño posible, reciben el nombre de partículas elementales. También existían los campos de fuerza, básicamente la gravitatoria y la electromagnética. No se sabía muy bien como se soportaba la substancia misteriosa, invisible, intangible y presente el todo el espacio “el éter”. A comienzos del siglo XX, evidencias experimentales despojaron al éter de cualquier credibilidad.

Sin saberlo explicar, lo que realmente sucedía, es que las líneas de fuerza de esos campos, oscilaban y aparecían el nuevo fenómeno de las ondas. Tanto la naturaleza de los campos de fuerza era un misterio, como las ondulaciones que resultaban igualmente enigmáticas. Para resolver estos problemas aparece de un salto más en el desarrollo de la física cuántica “La mecánica ondulatoria”.

Ya Einstein había mostrado que las ondas luminosas podían comportarse como partículas (los fotones) y la teoría de De Broglie había establecido la dualidad onda-corpúsculo ¿por qué no pensar que los componentes esenciales de la materia, eran las ondas y no las partículas.

Sehrödinger desarrolló la ecuación que llevó su nombre, se simboliza por H se aplica E de una función ψ

Nos proporciona la energía E de esa onda multiplicada por esa fórmula $\hat{H} [\psi] = E \psi$

Tampoco este planteamiento convenció a todos y comenzaron a surgir discrepantes.

El físico alemán Max Born (1892-1970) propuso nuevas soluciones, llegándose a asegurar que de una partícula lo único que podemos saber de antemano es la probabilidad de su posición.

¿Qué eran entonces las ondas de Schrödinger?

¿Eran algo físico o era una mera construcción matemática? Born propuso conocer sobre la probabilidad de localizar a la partícula en un punto. Esa probabilidad era lo único que podíamos saber. No obstante y a pesar de sus pocos conocimientos, todos los físicos coincidían en que era tan objetiva como la mecánica de Newton o la electrodinámica de Maxwell. Es posible que nos cueste aceptar la teoría cuántica porque hasta ahora el electrón, a título de ejemplo, en contra de la teoría previa se comportaba como una partícula casi elástica con una ubicación aproximadamente puntual. Los objetos cuánticos no son corpúsculos, ni ondas, ni campos en el sentido tradicional de tales términos. Son entes completamente distintos a todo cuanto conocíamos antes, por lo que merecen un nuevo nombre. El físico y filósofo argentino Mario Bunge propuso llamarlo “*cuantones*” y así se hizo desde su propuesta.

5. El principio de incertidumbre

Werner Heisenberg (1901-1976) físico alemán y nobel el año 1932 es conocido sobre todo por formular el principio de incertidumbre, según el cual es imposible medir simultáneamente y de forma precisa la posición y el momento lineal de una partícula. Heisenberg y Bohr se posicionaron ambos en contra de Einstein, resaltando la importancia de los observadores en las mediciones cuánticas y el carácter subjetivo de la realidad del micromundo.

Su famoso principio dice:

$$\Delta X \Delta p \leq h$$

Donde ΔX es el desplazamiento, Δp el momento y h la ya conocida constante de Plank.

6. Einstein y la física cuántica

Su primera aportación a este campo de la física fue en 1907 por la cuantización de los modos de vibración de una red cristalina. Más adelante colaboró en establecer uno de los métodos estadísticos aplicables a los “*cuantones*” según el valor de su Spin.

Si el Spin de un cuantón es semientero ($1/2, 3/2, \dots$) obedecerá a la estadística de Fermi-Dirac y por ello se le denominara “*fermión*”. Por el contrario si su espín toma un valor entero ($0, 1, 2, \dots$) estará sometido a la estadística Bohr-Einstein y se llamara bosón.

Einstein ponía tres reparos a la física cuántica:

- Rechazaba de plano que la física cuántica desplazase el foco intelectual de los objetos físicos hacia el observador que experimentara con ellos.
- Se recurría a probabilidades porque faltaba potencia explicativa en la teoría cuántica para saber lo que realmente sucedía.
- La tercera resumía un poco las dos anteriores, considerando que la física cuántica estaba incompleta. Opinaba, debía existir en la realidad física un nivel subcuántico todavía ignorado, cuya influencia en las micropartículas justificara el estrafalario comportamiento típico de los “*cuantones*”. David Bohm (1917-1992) desarrolló una alternativa de pleno derecho a la teoría cuántica. Inicialmente acogida con cierta reticencia, a comienzos de la década de 1950 la mecánica de Bohm recuperó 30 años después, parte de su protagonismo.

El argumento más famoso fue levantado por Einstein junto con Boris Podolsky y Nathaniel Rosen. El artículo firmado por los tres, que hizo época venía a decir que existían circunstancias fácilmente imaginables en que la teoría cuántica resultaba incapaz de asignar valores a propiedades físicas de cuya realidad nadie dudaba. El veredicto final se dio en 1982.

7. La segunda cuantización

La ya conocida ecuación de Schrödinger solo tiene solución exacta en casos muy sencillos como el átomo de hidrógeno, un electrón orbitando en el campo eléctrico del protón. Se conocían partículas, electrones, protones y neutrones, cuyo comportamiento se cuantificaba y por otro lado teníamos los campos de fuerza, la electromagnética particularmente, cuya descripción se adaptaba a la física clásica.

Parece claro que el siguiente paso fuera el de la cuantificación del campo electromagnético, la fuerza nuclear débil a la que se considera un pariente menor de las ondas electromagnéticas y la fuerza nuclear fuerza de la que al día de hoy conocemos muy poco. La cuantificación de la gravedad ni es conocida ni se espera poder estudiarla, si existe.

Cuantificando el campo electromagnético y con un cierto esfuerzo se llegó a alumbrar el concepto de “campo cuántico”. Como las ondulaciones del campo electromagnético se mueven siempre a la velocidad de la luz, deben cumplir la ya conocida ecuación $E = m c^2$ que permite la transformación de cuantos de radiación en cuantos de materia.

Las partículas eléctricamente cargadas no ejercen fuerzas a distancia entre ellas, sino que se intercambian los cuantos asociados al campo electromagnético, en éste caso fotones.

8. Las partículas más pequeñas

La doctrina clásica griega indicaba los cuatro elementos primordiales (aire, tierra, agua y fuego).

Durante un breve período de finales del XIX e inicios del XX se pensó que con cuatro elementos básicos eran suficientes (protón, electrón, neutrón y el fotón). Pronto apareció el neutrino para justificar los efectos radiactivos.

Posteriormente con el desarrollo de los aceleradores de partículas y un mejor conocimiento de las radiaciones cósmicas llevaron al descubrimiento de los “*muones*” y “*los piones*” y muchas otras partículas de vida más o menos larga.

Paul Dirac (1902-1984) introdujo la teoría de la antimateria confirmada experimentalmente años después. Según esta teoría cada partícula cuenta con una antipartícula, idéntica a ella, pero con una carga eléctrica negativa que duplicaba el número de partículas.

En 1950 vinieron los “*hadrones*” (partículas sometidas a fuerza nuclear fuerte) y los conocidos como “*leptones*”.

Sin entrar en más profundidades que dejamos para algún posible lector más interesado, decir que el número de partículas elementales se eleva a treinta y seis.

9.-Aplicaciones actuales de la física cuántica

Ya dijimos la teoría de la relatividad que revolucionó la física de principios del siglo XX y explica muchos fenómenos cosmológicos, aplicaciones prácticas para nuestra vida diaria, solo tiene una: El GPS.

Muy distinta en este sentido es la física cuántica. Muchos de los avances técnicos que nos facilitan la vida, o prevén y evitan nuestras enfermedades se han desarrollado gracias a los avances de la física cuántica.

Nos limitaremos a citar algunos de ellos y dejar para algún posible lector interesado, el explicar cómo funcionan.

Los cristales líquidos, obedeciendo las leyes de la física cuántica, reaccionan cambiando su orientación en presencia de campos eléctricos.

Esa reorientación consigue que el cristal deje pasar la luz, la bloquee o produzca luz de distintos colores según los filtros empleados.

La tecnología LED (light Emizzing Diode) o “diodo de emisión de luz” que está en todos los nuevos televisores domésticos, los semiconductores que revolucionaron la industria electrónica y la fibra óptica, de esencial importancia en las comunicaciones actuales, todos ellos se han desarrollado gracias a la física cuántica.

En aplicaciones médicas, podemos recordar el laser, con otras múltiples aplicaciones, la cirugía laser conocidísima para pequeñas intervenciones y de la que muchos pacientes nos hemos beneficiado, la técnica TEP, o tomografía por emisión de positrones, la (RMN) o resonancia magnética nuclear, la radioterapia que tantas muertes evita... son muestras suficientes de todo lo que la humanidad ha conseguido por conocer y desarrollar la física cuántica.

3.- LA TEORÍA DEL CAOS

1. Introducción

Caos es una palabra de origen griego. Significa “confusión, desorden”. Su antónimo es cosmos, también de origen griego que significa orden. La Biblia nos recuerda “reinaba el caos antes de que Dios pusiera orden en las cosas creando el cosmos”.

La mecánica clásica es determinista. Conociendo las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y sus condiciones iniciales se puede calcular con toda precisión su trayectoria futura. Eso es el determinismo.

El determinismo físico se comienza a cuestionar a principios del siglo XX y culmina con el principio de incertidumbre de Heisenberg ya comentado en capítulo anterior.

El gran matemático Poincaré encontró que había situaciones en las que no era posible dar una solución cerrada a la trayectoria de los planetas y vislumbró el primer ejemplo de trayectoria caótica.

La teoría del caos no fue solamente desarrollada por físicos sino también por expertos de otras disciplinas como la biología, la química o la economía.

Conocemos como caos determinista, cuando un sistema sometido a leyes o reglas perfectamente determinadas se comporta de manera errática o aparentemente aleatoria, pero con características diferentes a un modelo aleatorio, que fueron definiéndose en la segunda mitad del siglo XX.

Lo más importante de todas, la sensibilidad a las condiciones iniciales: Los estados muy próximos inicialmente pueden dar lugar a estados futuros completamente separados. Para ilustrar la sensibilidad a las condiciones iniciales Edward Lorenz acuñó la expresión “efecto mariposa” que hoy día es utilizado por muchas disciplinas.

Además de la sensibilidad a las condiciones iniciales los sistemas caóticos deterministas tienen otras propiedades características como son la recurrencia, la autosimilitud y la fractalidad. Las dos últimas se definirán en este capítulo posteriormente. La recurrencia se refiere a que el sistema vuelve una y otra vez a situaciones muy parecidas a las de la partícula. Entre los primeros sistemas caóticos estudiados fueron el sistema solar y la atmósfera sobre la tierra.

La evolución en el tiempo de un sistema cualquiera se puede representar en un plano, a título de ejemplo podemos representar en un plano todas las órbitas posibles de un planeta en torno al sol, dependiendo de su posición y velocidad en todo

momento. Podríamos rellenar el plano con todas las trayectorias posibles. Cuando representamos gráficamente la evolución de un sistema caótico aparece un objeto geométrico muy peculiar al que se conoce como atractor extraño. Es un objeto que no llena completamente el volumen o área que ocupa y se dice que es fractal. Las líneas que lo recorren que son las trayectorias posibles del sistema que representan se separan y se unen a la vez. Sus propiedades como veremos después son muy peculiares.

Si en un sistema caótico, la energía se conserva, la llamamos sistema conservatorio.

Cuando la teoría del caos se desarrolla, segunda mitad del siglo pasado, la teoría cuántica estaba muy desarrollada, aunque también con enigmas sin resolver. Enseguida surgió la pregunta ¿cómo influye la teoría del caos, en la teoría cuántica?

También existen sistemas cuánticos que se comportan caóticamente.

Los conceptos matemáticos que han surgido para conocer el caos físico, también se han utilizado en otras ciencias como la biología, la química e incluso la economía. Como se ha demostrado un sistema caótico no tiene razón para ser complicado y siguiendo la evolución de unas pocas variables se puede conocer.

2. Dos sistemas caóticos. El sistema solar y la atmósfera

Como posteriormente veremos la atmósfera y el sistema solar son dos ejemplos de sistemas caóticos determinantes porque su comportamiento errático es debido a reglas perfectamente definidas determinadas. En los sistemas caóticos no deterministas las magnitudes físicas varían de forma errática en el tiempo sin obedecer a ninguna ley conocida.

Newton, después de descubrir la gravedad, demostró que las órbitas elípticas que Kepler había observado en los planetas obedecían a esta ley. Pero no era capaz de demostrar la razón de sus movimientos transversales. Como gran creyente que era, solo pudo decir que eran debidos a un movimiento inicial que Dios les había comunicado y que hacían posible que la tierra y todos los planetas orbitaran alrededor del sol y la luna alrededor de la tierra. Como estas elipses no son inmutables tuvo que

recurrir de nuevo a Dios para asegurar de vez en cuando tenía que reajustar las órbitas. En definitiva era Dios el que mantenía el buen orden cósmico que parecía evidente.

Posteriormente sería Immanuel Kant, el que introdujo la hipótesis, hoy considerada cierta de que el sistema solar había evolucionado a partir de una nebulosa, o inmensa nebulosa, razón por la que todos los planetas giran en el mismo sentido, que era el mismo que mantenía la nebulosa origen.

Laplace, astrónomo y matemático francés de la época de la revolución también estudió el movimiento de los planetas. Se interesó especialmente por el caso de las órbitas de Júpiter y Saturno. Observó cómo se producían variaciones en el movimiento del uno con respecto al otro pero que ésta variación era periódica. Cada 900 años se volvía a la situación inicial. Ya no se recurría a Dios para determinados trabajos.

El también francés y matemático Henri Poincaré ganó un premio convocado por el Oscar II de Suecia al que se podían presentar todos los astrónomos que pudiesen añadir algo nuevo sobre la estabilidad del universo. Lo único que pudo asegurar es que no había certeza. Reduciendo mucho el problema no solamente por número de planetas a tres y con alguna restricción añadida es a esa respuesta a la única que pudo llegar.

Otro fenómeno que no podemos explicar pero se debe tener presente en todo sistema que presenta algún comportamiento periódico.

En el sistema solar la resonancia entre dos cuerpos se da cada vez que sus períodos orbitales están en una razón que sea un número natural.

Una de las consecuencias de la existencia de resonancias es la determinada disposición de los asteroides existentes entre los planetas Marte y Júpiter. La existencia de orbitas resonantes entre estos dos planetas ha impedido la formación de otro gran planeta pero ha dado lugar a la existencia de estos asteroides.

El advenimiento de los ordenadores a mediados del siglo pasado puso en manos de los científicos una herramienta magnífica para abordar sistemas de ecuaciones complejas.

En el laboratorio Jet Propulsión de los Estados Unidos, se propusieron en el año 1980, conocer la evolución del sistema solar introduciendo en el sistema la ecuación de fuerzas completas gravitatorias para cada uno de los planetas, pero despreciando términos que se consideraban despreciables, solo se pudo calcular el futuro del sistema solar para los próximos 44 años. Posteriormente, con nuevas simplificaciones se encontró una cierta fiabilidad hasta dentro de 200 millones de años. Pero lo que si se pudo demostrar es que el sistema se comportaba de una forma caótica determinista. Las trayectorias en esas escalas de tiempo, muy superiores a las observables, cualquiera de los planetas se comportaban de forma totalmente distinta, al cabo de 100 millones de años si se variaban muy ligeramente las condiciones iniciales. Esta era una característica de los sistemas caóticos.

Posteriormente en el año 1990, aprovechando la mayor potencia de cálculo de los ordenadores, se volvieron a hacer cálculos para 5.000 millones de años.

Algunas de las conclusiones fueron:

- No se prevén colisiones entre planetas.
- La desestabilización de las órbitas planetarias tiene una probabilidad del 1%.

Otro sistema que se puede estudiar como caótico es la atmósfera que envuelve la tierra.

Ya en 1911, Lewis Fry Richardson quiso calcular la predicción del tiempo. Hasta ese año se realizaban por acumulación de datos de los distintos observatorios meteorológicos. Richardson se propuso “*calcular*” el tiempo atmosférico resolviendo las ecuaciones físicas de evolución de la velocidad del viento, la presión y la temperatura. El conjunto de ecuaciones diferenciales, muy difícil de resolver, se sustituyeron por ecuaciones de incremento. Además dividió el conjunto de Europa en 25 cuadrados de 200 km de lado y considerando iguales los parámetros en cada uno de los cuadrados. El resultado fue un rotundo fracaso.

En el año 1950 el matemático John von Neumann, se interesó por resolver el cálculo a través de los modernos ordenadores que ya se disponían en el Instituto de Estudios Avanzados de la Universidad de Princeton en EE.UU. a la que el pertenecía. Se

tardaba 24 horas en calcular la evolución de la atmósfera a 24 horas vista por lo que no hubiera servido como predictor.

En torno al año 1956, el meteorólogo estadounidense Edward Lorenz también se interesó por la predicción del tiempo. Partió de unas ecuaciones muy simplificadas pero cuyas soluciones tuvieron suficiente variabilidad. Después de varios meses de trabajo llegó a la conclusión que el comportamiento no es ni completamente periódico ni completamente aleatorio. Después de varios intentos pudo comprobar que con datos de partida de diferencias infinitesimales, la solución de las ecuaciones transcurridos ocho meses de tiempo no se parecían en nada y eran absolutamente diferentes. Y pensó con evidente razón *“si en una atmósfera simplificada para esto ¿Qué pasará en una atmósfera real como la que tenemos?”*

Podemos concluir que tanto el sistema solar, como la atmósfera son estados caóticos, aunque la escala de tiempo sea muy distinta.

En el segundo caso meses, en el primero millones o miles de millones de años.

3. ¿Qué es el caos?

Ya hemos indicado que los sistemas caóticos deterministas se caracterizan por la sensibilidad a las condiciones iniciales, por la irregularidad de su comportamiento y por la no linealidad de las ecuaciones que las rigen. Muchos fenómenos conocidos como el incremento de la población mundial según algún modelo, o experimentos que podemos realizar con agua o con helio se comportan caóticamente. Este último descubierto por el francés Albert Libchaber (1934-) fue el primer sistema experimental que mostraba un comportamiento caótico-determinista.

El comportamiento caótico en sistemas diminutos gira en torno a un concepto matemático descubierto en la segunda mitad del siglo XX. El atractor extraño un objeto geométrico de características muy especiales y que están íntimamente ligados a las matemáticas del caos.

Utilicemos una máquina fotocopidora reductora múltiple. El triángulo de la figura que se adjunta.

Fig. 1.- Pág. 81 Libro la teoría del caos.

La fotocopidora lo reduce primero a la mitad y luego lo copia tres veces. Las tres copias se disparan formando un triángulo equilátero como se ve en 1b. Hemos conseguido una figura de salida que consiste en tres copias reducidas de la figura de entrada original.

Si lo repetimos otra vez obtenemos la figura 1c. y una segunda repetición nos lleva a 1d. Lo podemos seguir repitiendo el número de veces que deseemos. Obtendremos el triángulo stierpinski, pero siempre sobre la misma superficie o área de triángulo. A este tipo de objetos decimos que son conjuntos frontales, palabra inventada por Benoît Mandelbrot (1924- 2010) en 1975.

A estos objetos que podemos actuar indefinidamente sobre ellos pero manteniendo una característica inicial básica los llamamos fractales.

En 1982 Mandelbrot publicó "*La geometría fractal de la naturaleza*" una revisión de la anterior publicada en 1977. Puso como ejemplo la carta de Inglaterra. Su longitud es única, pero si la vamos aproximando con mapa a escala cada vez mayor y midiendo nos aparecen mayores longitudes por lo que se podría pensar que tiende a infinito, algo que obviamente no es cierto.

Recordemos que fue el meteorólogo Edward Lorenz el que había modelizado la atmósfera en una especie de atmósfera de juguete, con doce ecuaciones diferenciales. Con ejemplos como la atmósfera o el movimiento de un columpio demuestra que un sistema disipativo de energía que no esté alimentado por una fuente externa de energía tiende al equilibrio. El columpio para mantener la oscilación precisa el aporte de energía extrema.

En los atractores las trayectorias tienden a juntarse en una sola dirección, porque el atractor atrae a todas las trayectorias de una cierta región del espacio.

En el último cuarto del siglo XX se han descubierto algunos sistemas fractales más que nos limitamos a citar. La herradura de Smale, la herradura codificada de Henon y el atractor de Rössler. También se han encontrado procedimientos para medir el caos y que no exponemos por ser tema de mayor especialidad.

4.- EL ORIGEN Y EL FIN DEL UNIVERSO. ¿QUÉ SABEMOS?

1. El origen del universo

Los científicos coinciden en que el origen del actual universo fue el Big-Bang ideado por el sacerdote Georges Lemaître (1894-1966). Pero nada más escribirlo nos surge la pregunta ¿Qué había antes? Para eso ya la ciencia actual no tiene respuesta.

En sus estudios en Cambridge junto con el astrónomo Edwin Hubble obtiene datos extraordinarios relativos a las velocidades y distancias de las galaxias lejanas que

en aquellos tiempos reciben el nombre de nebulosas, que se alejan de nosotros a velocidades proporcionales a su distancia. Con cálculos sobre la teoría de la relatividad de Einstein predice la existencia de un universo en expansión, esto es, de mundos en los cuales la distancia entre dos puntos, dos galaxias por ejemplo, aumenta en función del tiempo. Luego lo cierto, no son las galaxias las que se mueven en un universo estático, lo que sucede realmente es que el universo se “*hincha*” conforme a la teoría de la relatividad de Einstein, arrastrando consigo a las galaxias que no se mueven.

Es en 1931, cuando Georges Lemaître llega a proponer una hipótesis original describiendo el comienzo del universo bajo la forma de desintegración explosiva de “*un átomo primitivo*”. Cuando posteriormente tratamos de describir el universo conocido nos podemos hacer una idea lejana de lo que tuvo que ser esta explosión.

Lemaître define este “*comienzo natural*” del universo como el comienzo de una desintegración. Los primeros momentos de la historia del universo consisten en una fase de expansión desacelerada durante la cual el átomo primitivo se fragmenta cada vez más, engendrando polvo que se condensa formando estrellas, galaxias y cúmulos galácticos durante una segunda fase en la que el universo es casi estático, tal como lo soñaba Einstein. A este período le sucede una fase de expansión acelerada en la cual nos encontramos actualmente. Las teorías de Lemaître solo fueron aceptadas por los cosmólogos unos 20 ó 30 años después.

El descubrimiento de la radiación cósmica por A. Penzias y Wilson en 1964, por una parte le maravilló y por otra le defraudó puesto que no se trataba de partículas provenientes de un átomo primitivo, sino más bien de una radiación electromagnética emitida cerca de trescientos mil años después en el que la radiación cósmica se desacopla de la materia dando como resultado un cosmos transparente.

De esto se concluye que la génesis de los elementos no es el resultado de la fragmentación de un átomo inicial “*hinchado*” una especie de proceso que iría de lo “*uno a lo múltiple*”. Más bien es al contrario. Se parte de una serie de partículas elementales (las quarks y las leptones) que forman los neutrones, protones y electrones y que después se fusionan en el corazón de las estrellas formando átomos más pesados como el carbono, el oxígeno y el hierro.

A partir del año 1931 la cosmología de Lemaître empieza a difundirse y hace crecer la fama del autor. No obstante entre 1931 y 1964 no se consigue ninguna prueba decisiva que demuestre la teoría de Lemaître. Desde entonces comienzan a desarrollarse modelos alternativos que explican la expansión del universo pero cuestionando que tuviere un comienzo “*único*” y “*explosivo*”.

En la década de los 50 del siglo pasado, la oposición a esta teoría de Lemaître alcanza gran virulencia. El cosmólogo Fred Hoyle se mofa abiertamente de esta hipótesis e inventa irónicamente el término “*Big Bang*” con el que quedaría bautizada. Cálculos posteriores le vinieron a dar en parte la razón. La realidad actual ya lo decía el autor de la teoría del “*Big Bang*”. Su teoría es una hipótesis, que tiene sus limitaciones, con algunos puntos fuertes que hacen pensar que es cierta, pero admitiendo que quede mucho por descubrir y completar sobre el inicio de nuestro universo.

2. El universo actual

El primer paso importante para conocer el universo fue el telescopio de Galileo, que le permitió hacer importantes observaciones sobre Júpiter y sus satélites. Ya el filósofo Kant y el físico y astrólogo Laplace en el siglo XVIII sugirieron que el sol y los planetas habían surgido de una nube de gas en rotación, algo que hoy en día se admite como correcta. Las restantes estrellas según su teoría se habían formado de forma similar a nuestro sol.

En el siglo XIX aparece una nueva ciencia, la termodinámica, que estudia los intercambios de calor entre los cuerpos. Con esta nueva ciencia, los astrónomos comienzan a opinar que las estrellas y el sol como emiten energía acabarán muriendo por muerte térmica. No obstante las imposiciones de esta nueva ciencia les impedía conocer el tiempo que tardarían las estrellas “*en apagarse*”.

Un paso importante es el año 1923 cuando el astrónomo estadounidense Edwin Hubble fue capaz de determinar la distancia entre nuestro planeta tierra y la galaxia Andrómeda que con una ligera corrección se sigue dando como cierta.

Otro paso importante lo da Einstein, que con sus ecuaciones llega a predecir que el universo deberá expandirse o contraerse con el paso del tiempo, sin llevar a concretar su situación actual. No tardaría mucho, cuando de nuevo, Edwin Hubble demostró que la inmensa mayoría de las galaxias se alejan de nosotros, es decir que el universo está en expansión. En la segunda mitad del siglo XX se hace evidente que la mayor parte de la materia que existe en el universo no es visible para nosotros y que su naturaleza nos es desconocida y por tal razón se la llamó materia oscura.

Para terminar asegurar que si admitimos que el universo está en expansión, hace falta una energía que impulse, de la que tampoco sabemos nada y por esta razón la llamamos materia oscura.

Y después de admitir las grandes lagunas que tenemos del universo, tratamos de describir la parte de la que disfrutamos de algún conocimiento.

2.1.- Qué nos enseña la cosmología actual

De forma muy general podemos decir que el universo actual se compone de materia ordinaria, materia oscura y energía oscura. De las dos últimas ya se ha indicado que no sabemos nada y nos tenemos que limitar a escribir lo que sabemos de la materia ordinaria. Si estudiamos las densidades de estos tres componentes podemos estimar su antigüedad y en cuanto al tamaño ya podemos asegurar que nos es desconocido.

La ley de Hubble de quien ya hemos hecho referencia establece que la velocidad de alejamiento de una galaxia es proporcional a su distancia.

$$V = H \cdot d \quad \text{donde } V = \text{Velocidad, } d = \text{distancia} \quad \text{y } H = \text{Constante de Hubble}$$

Si partimos de que las galaxias en el origen estuvieron juntas y hoy conocemos distancia además de su velocidad, una primera aproximación permite decir que el universo actual tiene del orden de 13.900 millones de años. Para ello hemos tenido que asegurar que la ley de Hubble no ha variado con el tiempo, algo que sabemos no podemos asegurar.

Se llama radio de Hubble a la distancia en que se hace $V = c$.

V = Velocidad de la galaxia c = Velocidad de la luz

Calculando el radio de Hubble resulta ser igual próximo a 14.000 millones de años, aproximadamente igual a la edad del universo. El porqué de esta similitud lo desconocemos por completo. Lo que sabemos de estas galaxias no es como son actualmente, sino como eran cuando la luz partió de ellas hacia nosotros.

Todas las galaxias que están fuera del radio de Hubble están en esta situación. La parte del universo que está más acá del radio de Hubble es lo que se conoce como universo observable o metagalaxia.

Hasta ahora hemos hablado de galaxias, pero las galaxias no están aisladas. A las agrupaciones de galaxias más pequeñas las llamamos grupos, que son las agrupaciones formadas por muy pocas decenas de galaxias unidas por la fuerza gravitatoria.

Las galaxias que llamamos enanas tienen entre 300 y 30.000 años-luz. Las más grandes llegan a los 150.000 años-luz.

Los cúmulos son agrupaciones de galaxias que llegan al orden de varios miles de galaxias. Su diámetro del orden de diez millones de años-luz. Al día de hoy se conocen unos 10.000 cúmulos. También están unidas gravitatoriamente. Están inmersas en un gas muy tenue y caliente formado principalmente por hidrógeno y helio. Su temperatura entre 10 y 100 millones de grados Kelvins.

Dentro de los grupos y cúmulos, las galaxias están distribuidas de modo que la distancia entre ellos es del orden de su diámetro.

Podemos decir que las galaxias agrupadas están “*apretadas*” y en consecuencia son frecuentes las colisiones, que pueden prolongarse durante cientos de millones de años-luz.

A título de ejemplo podemos decir que nuestra vía láctea, está actualmente colisionando con la galaxia enana de Sagitario “*solo*” a 80.000 años-luz de la tierra y acabará incorporada a la galaxia en la que vivimos.

Ya se indicó que en el universo existe la materia oscura. Sabemos de su existencia por razonamiento. Para que las galaxias de un cúmulo no salgan de él, sus velocidades deben estar por debajo de cierto límite que depende de la masa total del cúmulo.

La velocidad de escape (salida de una galaxia) de un cúmulo si está limitada por la fuerza gravitatoria es porque entre las galaxias existe otra materia que por no conocerla llamamos materia oscura.

El último componente del universo es la energía oscura. Si las galaxias se agrupan por la fuerza de la gravedad, pero tienden a expandirse se hace necesaria una energía que como desconocemos la llamamos energía oscura.

2.2.- Naturaleza y evolución de las galaxias

No todas las galaxias son iguales. Ya hemos dicho que las hay de diversos tamaños para ahora decir que las hay de diversas formas.

Una galaxia está compuesta por estrellas, gas, polvo, materia oscura y en muchos casos un agujero negro central. El gas está constituido principalmente por helio e hidrógeno y en menor proporción por otros elementos como el hidrógeno o el oxígeno.

Las estrellas de una galaxia se forman a partir de nubes moleculares, también existe una relación entre la forma de las galaxias y las estrellas que la componen.

La distribución de las estrellas también varía de un tipo de galaxia a otro.

En el centro de la mayoría de las galaxias hay un agujero negro con una masa descomunal. En nuestra vía láctea, el agujero negro es cuatro millones de veces más grande que el sol.

El aspecto actual de las galaxias es diferente en la actualidad de la que tenían con un universo más joven. En función de esta evolución algunos científicos “se atreven” a predecir que será de ellas en el futuro.

Las galaxias se formaron en una etapa muy temprana de la historia del universo. Los astrónomos son capaces de determinar la edad de las estrellas por la luminosidad de cada una de ellas, considerando que la luminosidad se define como la cantidad de energía que se emite por unidad de tiempo en forma de radiación electromagnética. Otra forma de determinar la edad de una estrella es a través de sus contenidos químicos distintos al hidrógeno y al helio que es lo que los cosmólogos llaman su metalicidad. El enriquecimiento progresivo de los metales del gas nos permite tener una idea de la antigüedad de una estrella.

También los científicos han llegado a conocer la zona de formación de estrellas que no es la misma en todas las galaxias.

Se puede asegurar que la zona de formación de estrellas alcanzó su valor máximo teniendo unos pocos miles de millones de años y después ha ido disminuyendo paulatinamente.

Por el contenido de gas de la vía láctea podemos decir que se seguirán formando estrellas durante los próximos 1.300 a 2.000 millones de años.

En cualquier caso el destino final de todas las galaxias es agotar su gas y dejar de producir estrellas.

Todas las galaxias tienen en su interior un agujero negro, que poseen una mayor gravedad que impide que salga la luz de su interior, lo que hace pensar si los agujeros negros no terminaran por absorber al resto de la galaxia.

En el caso de la vía láctea, su agujero negro sólo engulle cada año una masa de gas equivalente a una milésima de la masa solar.

Si como ya indicamos el gas en nuestra vía láctea equivale de 4.000 a 6.000 millones de veces la masa del sol, podemos concluir que se terminará antes el gas por formación de estrellas que por ser engullido por su agujero negro.

2.3. La vida de las estrellas

Las estrellas se forman del gas existente en las galaxias y cuando se acaba el gas dejan de formarse.

A lo largo de la existencia de una estrella la gravedad y la presión de cada punto de la misma deben compensarse. La gravedad obviamente tiende a comprimir el gas que la compone y a la contra, la presión tiende a expandirlo.

En una estrella el calor parte del centro de la estrella hasta su superficie donde se emite radiación electromagnética, lo que significa que una estrella está perdiendo calor continuamente. El mecanismo que produce la energía dentro de una estrella es la fusión nuclear, que hace que se unan muchos atómicos más ligeros para constituir otros más pesados. La temperatura de una estrella varía desde los miles de grados de la superficie hasta los millones de grados en el centro.

La diferencia entre las temperaturas requeridas para la fusión del hidrógeno y del helio tiene una consecuencia. Primeramente se fusionan los elementos más ligeros, hidrogeno y posteriormente los más pesados, el helio. Para hacernos una idea del orden de magnitud de tiempo, el que tarda en promedio un protón en el interior del sol en fusionarse con otro protón, es de 400 millones de años.

Las estrellas comienzan su vida cuando empieza a fusionarse el hidrogeno de su núcleo. La cantidad de hidrogeno de la que dispone una estrella depende de la cantidad de gas que colapsó por efecto de su propia gravedad al formarse. En consecuencia podemos decir que la duración de una estrella depende de su masa inicial. Varía mucho de unas estrellas a otras pero la mínima posible es de 0,08 veces la del sol.

Por debajo de esta masa la contracción gravitatoria del gas que tiene que formar la estrella no es capaz de calentarlo hasta que se produzcan la fusión del hidrogeno.

Valores aproximados serían decir que el núcleo de una estrella tiene una masa de 0,1 veces la del sol y está a una temperatura de unos 7 millones de grados. Para estrellas más grandes puede estar entre los 15 y los 30 millones de grados. Las estrellas de masas más bajas tienen una longitud mayor.

La larga vida de las estrellas menos masivas implica que las de este tipo deben ser menos o poco luminosas.

Como orden de magnitud la luminosidad podemos decir que una estrella de 10 veces la masa solar del sol es unas 4.800 veces más luminosa y una estrella con una décima de la masa solar tiene una luminosidad del orden de una milésima la solar.

El tipo de radiación de una estrella depende de su temperatura variando desde la radiación ultravioleta a la radiación infrarroja.

También el nacimiento de las estrellas depende de su masa. Las comprendidas entre 0,1 y 0,5 la masa solar nacen con una frecuencia unas mil veces superior a las que tienen una masa entre 10 y 10^5 la masa solar.

Diferenciado como es el inicio y la vida de una estrella, nos debemos referir ahora a defender cómo y cuándo en su muerte.

En aquellas con masas superiores a 8 masas solares, el núcleo se contrae y se calienta hasta un punto en que se inicia la fusión del hidrógeno para transformarse en carbono nitrógeno y oxígeno que pueden dar lugar a núcleos todavía más pesados hasta que se forman núcleos de hierro.

Agotada la fusión nuclear de una estrella por falta de gas, estas evolucionan hasta convertirse en un residuo estelar.

Las estrellas de masa intermedia entre 0^8 y 8 masas solares acaban sus días de forma más discreta. Cuando se agota el núcleo de helio de su núcleo, se contrae, y las capas exteriores de la estrella se dispersan paulatinamente en el medio interestelar formando una nebulosa planetaria.

Por último, las estrellas más ligeras se contraen poco a poco cuando se acaba su hidrógeno y forman hasta que dejan de observarse.

2.4. El ocaso cósmico

Dentro de algunos miles de millones de años todo el universo estará formado por galaxias de estrellas envejecidas, que poco a poco se irán apagando. Todos los datos son estimados, aunque es cierto que en algunas de ellas casi todos los científicos están de acuerdo.

En una galaxia, las estrellas son los objetos luminosos. Transcurridos unas pocas decenas de millones de años, algunas entre ellas explotaran, en concreto las que tienen una masa superior a 8 masas solares.

Como la luminosidad galáctica cambia, pues la mayor proporción de la luminosidad galáctica la forman estas estrellas. Posteriormente la luz de la galaxia será más amarillenta, pues procederá de aquellas que tienen menor masa. Como en este punto la composición química de la materia de una galaxia es principalmente hidrógeno y helio, pero están atrapadas en estrellas de baja masa gran parte de ellas, y el resto está distribuido en forma de gas caliente y poco denso del que ya no pueden formarse cuerpos estelares.

La desaparición de las estrellas de mayor masa hará que cambien el color de la luz que emite la galaxia, pero su importancia es pequeña comparada con la luminosidad total.

Poco podemos decir de lo que pasara una vez que se acabe la luz de las últimas estrellas de una galaxia. El resultado será una galaxia formada por enanas blancas y estrellas de neutrones, agujeros negros, enanas marrones y planetas que poco a poco irán enfriándose hasta temperaturas cercanas al cero absoluto, mientras orbitan alrededor del agujero negro de la galaxia.

Hay muchas teorías por parte de los científicos, todas ellas supuestas, pero hay tres sobre las que si existe un cierto consenso. El decaimiento de las órbitas por radiación gravitatoria, la evaporación de los agujeros negros y la de separación de la materia ordinaria debido al decaimiento de los protones.

No nos extendemos en estos tres puntos por considerar que no aportan nada a las pretensiones de esta tesina, solo apuntar que surge la pregunta ¿Y después qué pasará?

2.5. El futuro del universo

En cada cúmulo de galaxias, las galaxias, gas y estrellas que la forman están ligadas por la fuerza de la gravedad, entonces es esperable que cada cúmulo siga su destino de una forma bastante independiente de lo que pasa en el resto del universo.

Si queremos saber algo más, tendríamos que saber cómo se va a comportar el universo a distancias mucho más grande que el tamaño de cualquier agrupación de galaxias. Recordamos que las galaxias más lejanas de nosotros están a 28.000 millones de años-luz de nosotros.

Y recordemos que esos 28.000 millones de años-luz es solo el universo observable. ¿Qué hay más allá? La más completa ignorancia. Las distancias y los tiempos son de tal magnitud que solo podemos hacer conjeturas.

Aparte del gas de las galaxias, podemos considerar otro gas formado por la materia oscura y por último también es posible considerar como un gas a la radiación electromagnética.

Ya dijimos en otro apartado que es razonable suponer que la tasa a la que el universo se expande era mayor en el pasado porque la atracción gravitatoria entre galaxias tiende a ralentizar la expansión del universo algo que saben los cosmólogos por el desplazamiento de frecuencias de la radiación de la luz.

Los científicos han hecho muchas hipótesis de previsible evoluciones de los componentes del universo, pero por la disparidad de resultados de esas hipótesis entendemos como mejor solución el no abordarlas.

5.- CONCLUSIONES DEL PERIODO

5.1. La física actual y Dios

Brevemente y con las limitaciones propias de una tesina, añadida a los conocimientos del autor hemos revisado las tres revoluciones científicas del siglo XX y expuesto lo que conocemos del universo.

Las tres revoluciones, brillantes sin duda alguna, tienen sus limitaciones y todavía no se las puede considerar completas. La teoría de la relatividad de Einstein

tiene una limitación importante que es que todos los observadores ven la velocidad de la luz constante, independiente de la posición del observador. Por otra parte ya tenemos alguna referencia de que es posible que alguna galaxia se aleje a velocidades superiores a las de la luz. La mente humana calcula estas velocidades y distancias y hasta es capaz de escribirlas en libros y revistas.

Permitiremos decir que el papel lo aguanta todo y multiplicar potencias de la misma base es algo tan sencillo como sumar sus exponentes. Otra cosa es que la mente humana sea capaz de imaginar estas distancias.

¿Pudiese ser que al igual que la mecánica de Galileo y Newton es una aproximación válida para distancias pequeñas, la teoría de la relatividad de Einstein sea una aproximación válida para nuestra galaxia, pero no válida para distancias intergalácticas? La física actual no tiene respuesta.

La física cuántica nos ha permitido conocer el mundo microscópico, aunque hay incógnitas que resolver, los científicos creen que hemos llegado a conocer las partículas más pequeñas, pero al final se llega al principio de incertidumbre que es una forma de admitir la falta de conocimiento. Pero si la materia, incluso la vida, está formada por partículas elementales como las conocidas por los expertos en física cuántica ¿cómo se forma la materia a partir de esas partículas? La teoría cuántica se limita de decir que no es de aplicación, como forma también de aceptar la limitación de sus conocimientos.

La tercera revolución importante de la física del siglo XX es la teoría del caos. Se han descrito algunos de los sistemas caóticos en el cosmos de los que tenemos conocimiento. Pero estos sistemas tienen su punto débil y es que variaciones infinitesimales en su punto de partida, da lugar a situaciones distintas y distantes. ¿Cómo podemos conocer el pasado o predecir el futuro de los sistemas caóticos conocidos por el hombre cuando se puede hablar de tiempos no imaginables por la mente humana?

Podemos concluir que la ciencia actual ha avanzado mucho, pero le queda mucho por descubrir y ya aparecen limitaciones para poder asegurar que llegará a alcanzar la totalidad del conocimiento.

La ciencia actual, al día de la fecha, no permite descartar la idea de un Dios creador del mundo.

5.2. El universo y Dios

En principio nos pueden impresionar las cosas que sabemos del universo, aunque sea con una cierta aproximación o estimación. Las dimensiones de espacio y tiempo de tal magnitud que solo podemos establecer entre ellas. A la velocidad de 300.000 Km/s que viajan los rayos de luz, tenemos que decir que la radiación electromagnética que hoy están emitiendo las estrellas de un gran número de galaxias llegara a la tierra dentro de millones de años, que podemos comparar con los años de historia conocidos de la humanidad que podemos estimar en 4.000. Tal vez deberíamos admitir que una gran parte del universo para la mente humana no será nunca accesible y nos estamos refiriendo al universo que tiene un pequeño planeta que gira alrededor del sol y que llamamos tierra.

Surgen muchas preguntas producto de la lógica, pero no del entendimiento algunas ya hechas.

¿Qué hubo antes del big-bang? Los científicos se han atrevido a dar cifras sobre cuándo se destruirá el actual universo. ¿Qué margen de fiabilidad tienen? ¿La vida humana en la tierra concluirá con el ocaso de nuestro sol o terminará antes por otras causas no conocidas? ¿Qué surgiría, si surge algo de los restos de nuestro actual universo? ¿Todas estas preguntas lógicas pero sin respuesta se refieren a nuestro universo? Pero nos quedan muchas preguntas de las que al día de hoy no es previsible ninguna respuesta ni dar en el caso que la especie humana habite sobre la tierra varios millones de años. ¿Hay otros universos paralelos al nuestro? ¿Nuestro universo procede de otro universo y el posible que genere otro universo después de su ocaso?

Solo podemos decir, que al día de la fecha, el conocimiento que tenemos del universo no permite descartar la idea de un Dios creador del universo.

5.3. La naturaleza y Dios

Entendemos por naturaleza la existente en el globo terráqueo. De esto si podemos conocer bastante y cada día que pasa se incrementa nuestro conocimiento.

Me atrevería a decir que hoy día todos los científicos católicos y no católicos establecen claramente la diferencia entre ciencia y religión. Los teólogos creyentes opinan de la misma manera. Sus campos de estudios son absolutamente distintos.

Obviamente no pretendemos discrepar de esta opinión tan generalizada, pero si pretendemos hacer referencia a dos temas. Por una parte establecer la distancia entre claramente existentes entre ciencia y religión y por otra estudiar en lo posible la naturaleza que tienen sus leyes conocidas y que son estudiadas gracias a leyes matemáticas también conocidas. Después de estudiadas nos podemos preguntar, este orden matemático existente y conocido. ¿Puede ser producto del azar o por el contrario esta pulcritud exige una realidad existente e inteligente, a la que muchas personas llaman Dios?

PARTE IV

EL UNIVERSO ¿ES UN DISEÑO INTELIGENTE?

EL UNIVERSO ¿ES UN DISEÑO INTELIGENTE?

1.- INTRODUCCIÓN

La bibliografía actual nos muestra infinitud de libros que escriben sobre ciencia y religión. Me atrevería a decir que la opinión más unánime es que aceptan su complementariedad, que pueden existir juntas pero con objetos y métodos distintos.

Solventado este punto los creyentes para explicar sus teorías se apoyan en un mundo, con un diseño inteligente. Grandes científicos actuales, algunos de ellos galardonados con el premio nobel, además de su fe, consideran la existencia de un mundo que si está diseñado con un cierto orden e inteligencia, solo que pueda ser debido a la actuación de un Dios Creador, omnipotente que lo ha hecho surgir de la nada. Por el contrario, también los hay con el famoso Stephen Hawking a la cabeza los que consideran posible un mundo como el que vivimos, producto de las fuerzas de la naturaleza.

¿Seguimos en los tiempos de Newton que cuando encontraba algo que no sabía explicar recurría a la intervención de Dios?

Los avances de la física en el siglo XX han sido espectaculares y prueba de ello son las humildes referencias del capítulo anterior sobre las teorías básicas por las que ha discurrido la física del siglo XX. Las referencias a los conocimientos del cosmos desbordan toda la imaginación posible. No pretendemos, obviamente, poner de acuerdo a las distintas partes, con conocimientos muy superiores al autor de esta humilde tesina, tampoco apuntar nada. Simplemente, pretendemos hacer alusión a aquellos hechos reales, existentes en el universo y que a muchas personas las hacen llegar a la conclusión que sí, que el mundo solo ha podido ser creado con un diseño inteligente. Para ello, trataremos de contestar a tres preguntas:

¿El mundo es matemático?

¿Las constantes del universo, son un enigma?

¿El mundo es una obra de arte?

2.- ¿ES MATEMÁTICO EL MUNDO?

En otras palabras obedece el mundo a unas leyes que se pueden estudiar con fórmulas que tengan una base acorde con los principios que siguen una ciencia inventada por el hombre, como son las matemáticas. Si estas leyes o principios existen ¿Podemos deducir o al menos no descartar que son producto de una creación no

sujeto a las leyes del azar, sino a unas leyes previamente establecidas? Y por último, si estas leyes que no son producto del azar existen ¿Pueden haber sido impuestas por un creador y en consecuencia no poder descartar su existencia, aunque tampoco podamos probarlo? A estas preguntas tratamos de contestar en el presente capítulo.

Si miramos a nuestro alrededor de una forma natura, podemos maravillarnos de las cosas tan esbeltas con las que nos obsequia la naturaleza. Las alas de una mariposa, los pétalos de una flor, las filigranas geométricas de los cristales microscópicos del hielo., son unos pocos ejemplos de este desfile de bellezas.

Esta maravillosa realidad es aún mayor por el hecho que todos ellos parecen obedecer a unos principios matemáticos muy concretos, que los científicos han ido revelando con el paso de los tiempos, aunque debamos de admitir que no todos están descubiertos.

Uno de los grandes científicos que buscaron las leyes o principios que rigen la naturaleza fue el matemático inglés Alan Mathison Turing. Este genial científico es conocido por su colaboración decisiva en el descubrimiento de los códigos secretos alemanes en la segunda Guerra Mundial y su trágica muerte. Sin embargo una de las joyas que nos ha dejado es su teoría matemática que había desarrollado para tratar de describir matemáticamente la diversidad de formas naturales observables en el mundo actual. Con sus ecuaciones, Turing consiguió elaborar un modelo para la generación de estructuras ordenadas en la naturaleza.

La teoría de Turing no dejó indiferente a la comunidad científica de su época que se alineó en dos bandos. Por una parte estaban aquellos que veían en las estructuras la demostración de un orden objetivo presente en el mundo material y en el bando contrario los que solo reconocían la habilidad e inteligencia del ser humano para organizar y describir matemáticamente los fenómenos observados, pero carentes de un ordenamiento común. Estos dos bandos provocaron un fuerte enfrentamiento religioso. Los primero veían en este ordenamiento un orden que no podría venir del azar, de una creación evolucionada y esta posición enfurecía a los segundos que no admitían esta realidad como producto o manifestación de un plan transcendente.

Ninguna de las dos posiciones pueden ni descartarse ni probarse, lo único cierto es que hay una realidad ante la que los humanos y los científicos pueden ver de dos formas diferentes.

Recordemos que si Galileo consideró la naturaleza como un libro escrito en lenguaje matemático, otros científicos actuales piensan que Galileo se equivocó en esta afirmación y somos los humanos los que buscamos una forma de describir la naturaleza para comprenderla y poder manejarla.

En algunos casos parece que en la naturaleza encontramos piezas de un rompecabezas que las podemos unir y encajar a la perfección. Así pudo pensar el matemático alemán Hermann Weyl (1885-1955) cuando encontró la posibilidad de incluir las fuerzas electromagnéticas dentro de la teoría de la relatividad general de Einstein que solo se refería a la ley de la gravedad. Razonó que la curvatura espacio-temporal de la teoría gravitatoria de Einstein hacía que, al desplazar un vector a lo largo de una trayectoria cerrada, ésta volviera al punto de partida con una orientación distinta de la original. Semejante y difícil de pensar, la alternativa se justificaba por la curvatura del espacio-tiempo, en el cual se había desplazado el vector, curvatura que físicamente se interpretaba como la gravitación. Weyl se preguntó con mucha lógica por qué no suponer que además de cambiar su orientación, un vector no podía también cambiar su longitud. De ser cierto, los coeficientes que determinaban el cambio de longitud dependiente del camino recorrido y de la curvatura espacio-temporal podrían identificarse con los potenciales del campo electromagnético.

Esta segunda teoría no se ha podido demostrar como cierta. Weyl que no se pudo mostrar satisfecho por el tema que se acaba de escribir de los campos electromagnéticos, pudo constatar posteriormente que su teoría, con unos sencillos retoques matemáticos, que había fracasado en el modelo espacio-tiempo triunfaba en el espacio de la física-cuántica. Esta teoría modificaba/explicaba admirablemente la existencia de diversos campos de fuerza a partir de ciertos requisitos de invarianza de las ecuaciones que gobiernan los sistemas cuánticos. Vemos como una técnica matemática de gran envergadura y de una belleza formal incuestionable se podía utilizar para estudiar temas fuera de su propio terreno.

Podemos también recordar a Riemann (1826-1866) que creó la función que lleva su nombre —la zeta de Riemann- y que un siglo después de su descripción los físicos la encontraron de una inesperada utilidad para ellos. Esta función tiene una importancia especial en aritmética, pues los valores que le anulan (los ceros, valores para los cuales la función se hace cero, suelen relacionarse con la distribución de los números primos dentro del conjunto de los números naturales.

Tal vez suponga sorpresa mayor decir que a finales del siglo XX, los ceros de la función de Riemann se demostró que reproducen el patrón de diversos fenómenos naturales como el ordenamiento de los niveles de energía en sistemas cuánticos caóticos o los modos de vibración de ciertas estructuras cristalinas.

Vemos otro ejemplo del propio Riemann que nos muestra la convergencia entre la matemática y la naturaleza, gracias a la recomposición que podemos hacer de las diversas geometrías euclideas y no euclideas en un marco único.

No había razón alguna para que el universo se adaptase a algunas de las geometrías ya establecidas o conocidas cuando Einstein abordó el problema de la gravitación, sin embargo, así sucedió. Einstein pudo construir su teoría gravitatoria con las geometrías existentes pero deja sin explicación por qué ha creado cosmológica la naturaleza y habría de obedecer las reglas de alguna geometría, sea ésta la que sea.

Recordemos el caso de los tensores cuyos valores juegan un papel clave en la geometría de Riemann. La interpretación actual del concepto de tensor es fruto de los esfuerzos del físico alemán Woldemar Voigt (1850-1919) y los utilizó para estudiar eficazmente las tensiones en el interior de un material cualquiera. El concepto matemático de tensor es hoy día utilizado por los físicos en muchas de sus explicaciones cuando tratan de describir la naturaleza.

Podemos seguir hablando de más hechos sorprendentes. Recordemos al físico alemán Werner Heisenberg (1901-1976) que descubrió los secretos del átomo prescindiendo de las tradicionales imágenes mecanicistas que lo representaban como un sistema solar en miniatura.

Heisenberg decidió construir una teoría en la que solo toman parte las transiciones energéticas dentro del átomo. Es conocido que en cada una de las transiciones del electrón emite o absorbe radiación electromagnética en una cantidad que se puede medir, aunque gracias a Bohr se sabía que no todas las transmisiones entre sí, que son energéticas se hallaban permitidas a los electrones, algunas eran posibles y otras totalmente imposibles. Heisenberg descubrió que las transiciones posibles reproducían la multiplicación de dos matrices, unas tablas numéricas manejadas en el siglo XIX por el matemático británico Arthur Cayley (1821-1895) en relación con los sistemas de ecuaciones lineales.

Podríamos poner otros muchos ejemplos, pero nos vamos a limitar a un caso más que supone una gran perplejidad. Murray Gell-Mann (1929-) quien a finales de la década de los cincuenta del siglo pasado sigue buscando unas leyes para la comprensión general de las fuerzas nucleares, se percató de que las leyes de conservación de las reacciones entre partículas elementales de su interés estaban gobernadas por unas reglas algebraicas muy precisas y muy arbitrarias. Gracias a un matemático del MIT se enteró de que tenía ante sí un grupo de simetría de las estudiadas muchos años antes por el matemático noruego Sophus Lie.

Es un caso claro de un caso en el que primero la mente humana crea el algoritmo y muchos años después se descubre un fenómeno de la naturaleza que se adapta perfectamente a ese algoritmo. Nos podemos replantear la pregunta inicial ¿Por qué un sistema matemático ideado por el hombre en muchos casos sin ninguna finalidad da muestras de una eficacia tan notable para describir las ciencias de la naturaleza? Obviamente ha habido múltiples respuestas y de la mayor variedad posible.

Los grandes filósofos griegos, Pitágoras y Platón ya sostenían la tesis de un orden matemático en el universo, ajeno a la mente humana. Y fue precisamente Platón quién despejó la defensa de su teoría, concediendo a los objetos matemáticos un nivel de realidad propio "El mundo de las ideas" que coexiste con el mundo material ordinario.

El platonismo explica con naturalidad la impresión de muchos matemáticos de haber descubierto una realidad abstracta y previa, esperando que alguien le descubriese ¿la matemática es inventada o descubierta?

Grandes matemáticos como Kurt Gödel (1906-1978) y Alain Connes (1947-) y algunos más, sostienen que el valor y eficacia de las matemáticas sólo puede justificarse si admitimos una suerte de armonía preestablecida entre el mundo matemático y el mundo material.

Para el gran filósofo alemán Immanuel Kant (1724-1804) esta concordancia estaría plenamente aceptada. Para él las matemáticas se ocupan de estudiar la realidad a través de las nociones de espacio y tiempo. El espacio da lugar a la geometría y el tiempo engendra la noción de número.

Por el contrario, el gran matemático del siglo pasado David Hilbert (1862-1943) sostenía que las matemáticas lo único que no podían tener eran contradicciones y que no importaba si permitían o no reflejar fenómenos de la naturaleza.

Recordemos también al economista y físico, Max Tegmark (1967-), que concibe al mundo como un todo matemático. Reflexiona sobre si cualquier parámetro cósmico cambiase en una minúscula fracción de su valor, el mundo adquiriría un aspecto muy diferente del actual, lo que supone un universo conforme a la teoría del caos que los físicos han desarrollado por otra parte. Tegmark constata a grandes físicos como John Wheeler o Stephen Hawking que se declaran no creyentes. Si algún día se hallan las ecuaciones de una teoría unificada de las fuerzas y la materia nos debemos preguntar ¿Por qué éstas y no otras ecuaciones rigen el universo actual?

Parece mostrado que multitud de procesos físicos y químicos que aparentan ocurrir por cauces muy distintos, resultan gobernados en definitiva por el mismo tipo de ecuaciones.

No podemos poner duda a la eficacia de las matemáticas y su capacidad para representar en un lenguaje matemático fragmentos dispares de la realidad.

Sin embargo no podemos considerar a las matemáticas como eficaces de manera aislada e inmediata. No lo es de inmediato porque casi siempre se necesita un

trabajo de adaptación y traducción para que las fórmulas matemáticas resultan significativas en la descripción de un determinado ámbito de la naturaleza. Y no sirven aisladamente porque su eficacia suele proceder de la vinculación con otras teorías que se han demostrado útiles en otros aspectos de las ciencias naturales.

Ya dijo Einstein "que lo más incomprensible del universo es que es comprensible".

Siguiendo a esta frase, fue el físico húngaro Eugene Paul Wigner (1902-1995) el que expuso esta opinión. Wigner era bien conocido entre sus colegas por el rigor matemático que desplegaba en sus trabajos, por lo que no resulta extraño que a él se le ocurriese señalar un problema central de la filosofía de la ciencia. Su artículo publicado en 1960 "la irrazonable efectividad de las matemáticas en las ciencias naturales" vino a llamar la atención general sobre el hecho que todo el mundo daba por descartado, pero que estaba muy lejos de ser trivial.

Wigner abre un ensayo donde se pregunte que son las matemáticas y que es la física. A Wigner le cuesta creer que el poder del razonamiento matemático desplegado por el cerebro humano sea producto de la selección natural y en el segundo de estos dos apartados recuerda el comentario de Schrödinger según el cual parece un milagro que a pesar de la abrumadora complejidad del mundo podamos descubrir ciertas irregularidades en los fenómenos físicos. En su tercera teoría cuando escribe del papel de las matemáticas en las teorías físicas, Wigner menciona el hecho de que solo una pequeña parte de los conceptos matemáticos encuentran aplicación en la física. El ensayo se cierra con unas palabras tremendamente conmovedoras en las que Wigner declara *“El milagro de la idoneidad del lenguaje de las matemáticas para la formación de las leyes de la física es un maravilloso regalo que ni comprendemos ni merecemos”*.

El matemático y físico británico Roger Penrose (1931-) fue uno de los muchos autores que se sintió resonar en su interior el reto lanzado por Wigner y lo incluyó como parte de su exposición sobre filosofía de la ciencia.

Penrose que profesa ideas platónicas, dice que el misterio principal del conocimiento humano consiste en el encadenamiento entre los tres mundos en el que

el científico agrupa la realidad, el mundo material, el mundo mental y el mundo de las ideas o platónico.

No todos los científicos aceptaron el platonismo matemático de Penrose. Por esta razón la pregunta formulada por Wigner en su célebre artículo no deja de recibir respuestas y no pierde su vigencia. El matemático estadounidense Richard Wesley Hamming (1915-1998) publicó un artículo titulado "la irrazonable efectividad de las matemáticas". Su tesis viene a ser que nuestro aparato intelectual y perceptivo selecciona aquellas parcelas de la naturaleza susceptibles de expresarse matemáticamente, lo que nos deja poco espacio para la sorpresa cuando constatamos que son matematizables.

Hamming sostiene que el teorema de Godel establece límites a la eficacia de las matemáticas tanto en el ámbito matemático como en su aplicación al mundo natural. No parece recordar que ese famoso teorema, tan solo se limita de probar ciertas cosas.

Las controversias persisten, incluso entre quienes piensan que la matemática es útil en la descripción del mundo físico a causa de su carácter como ciencia de la abreviación de las secuencias de datos.

Un último y nuevo punto de vista sobre este debate se sugiere en el artículo "Las matemáticas y el idioma de la naturaleza" de F. David Peat. Contempla la matemática como un lenguaje formal que contribuye a modelar nuestras ideas físicas y además insinúa que la efectividad de las matemáticas en las ciencias es porque brotan de una fuente común. Dicho más claro, mente y materia son dos aspectos de una base común subyacente que no es por completo desconocida. Su escollo reside en dilucidar cuál sería su base común subyacente a la materia y a la conciencia.

La ciencia sigue su marcha. Busca un principio unificador y no sabemos si lo va a encontrar.

Desconocemos si la solución se haya muy cerca de nosotros o se precisan nuevos lenguajes matemáticos para descubrirla. En cualquier caso la búsqueda será una tarea fascinante del pensamiento humano a lo largo de la historia.

3.- CONSTANTES EN LA NATURALEZA

Cualquier persona interesada y que haya estudiado, aunque no muy a fondo las ciencias físicas y químicas se ha encontrado con unos números que son inmutables y sorprendentemente iguales. Tal vez estemos tan habituados que no hemos tenido ocasión de reflexionar sobre ellos.

Antes de estudiarlos brevemente nos podemos hacer ya la pregunta ¿sirven estas constantes algo más que para intervenir como valores fijos en multitud de cálculos científicos? ¿Contienen en sí mismas alguna información interesante sobre la arquitectura del universo cuyas leyes intenta poner al descubierto el hombre de ciencia?

No pretendemos en esta humilde tesina posicionarlas al respecto. Solo en este capítulo analizaremos las más importantes, tratando de describirlas, su valor y lo que significan. Cada posible lector deberá otorgar a estos números la fuerza de convicción sobre un orden sobrenatural que quiera atribuirles.

1. EL NÚMERO DE AVOGADRO.

La química científica comienza con el francés Antoine Laurent Lavoisier (1743-1794).

Fue el autor de la primera de las leyes fundamentales de la química, la de conservación de la masa, la segunda o de las proporciones definidas se debe al también francés Joseph Louis Proust y la tercera o de las proporciones múltiples de John Dalton.

Estas tres leyes inspiran al investigador británico John Dalton descubrir la estructura de la materia en átomos. No supo descubrir que los átomos tienen una estructura interna hoy estudiada a niveles incluso básicos con la ley periódica de los elementos, sencilla aunque bastante sorprendente.

Avogadro en un artículo del año 1811 da un paso adelante y establece la distinción entre molécula y átomo y establece su famoso principio "*Volúmenes iguales*

de diferentes gases a la misma temperatura y presión contienen el mismo número de moléculas". Principio que conocemos y utilizamos, pero no sabemos a que es debido.

Pero lo que realmente hizo famoso y dio fama imperecedera a Avogadro fue definir una unidad llamada "*mol*". Un "*mol*" es el número de átomos o moléculas cuyo peso conjunto expresado en gramos es numéricamente igual al peso atómico o molecular.

Hoy sabemos que el número de Avogadro es muy grande y actualmente se acepta un valor de $6,0221367 \times 10^{23}$. Obviamente como se puede determinar el número de Avogadro que entendemos es una cuestión física no filosófica.

En ocasiones se habla de un átomo-gramo o molécula gramo para definir un mol. No profundizamos en todo lo que supone este concepto. Solo resaltar otros resultados de la investigación de estos tiempos. Los átomos están compuestos de protones, neutrones y electrones. Con un número determinado de estos tres elementos podemos formar cualquier átomo conocido con la particularidad que el peso de un protón o neutrón es constante, independientemente del átomo en el que éste.

2. LA CONSTANTE DE BOLTZMANN

Una buena parte de la física del siglo XIX estuvo presidida por un debate que venía de hacía tiempo. La continuidad o discontinuidad de la estructura de la materia. Ya Demócrito (400 a.C.) sostenía que la división de la materia tenía un límite inferior de tamaño. Por ello, creó el concepto de partículas indivisibles mínimas y las denominó "*átomos*".

Esta noción choca frontalmente con otras teorías actualmente explotadas con éxito, basadas en la continuidad de la materia como la mecánica de fluidos, la elasticidad o la refracción de la luz.

Hay razones suficientes para aceptar la realidad de los átomos y sobre esa base Mendeleiev y Meyer crearon el sistema periódico de los elementos en el año 1861, que permitía la ordenación de los elementos de acuerdo con las masas estimadas de sus átomos constituyentes. Cuando se creó esta tabla no se conocían todos los elementos

que se conocen al día de hoy, pero poder ver lo bien estructurada que está la materia, su simetría, la continuidad de sus elementos y lo fácil que es para el hombre utilizar los elementos disponibles en la naturaleza.

La existencia de los átomos no queda fuera de ninguna duda hasta que Albert Einstein publicó un artículo junto con el de la relatividad y otro sobre el efecto fotoeléctrico en el año 1905 y estudiaba el problema del movimiento molecular. Estudiando el movimiento caótico de pequeñas partículas suspendidas en un líquido por su agitación térmica dejó fuera de toda duda de la existencia de los átomos.

El genio alemán ideó su argumentación teórica sobre los átomos y las moléculas sin conocer los avances que Boltzmann y Gibbs habían realizado sobre este particular.

Tampoco los de James Clerk Maxwell más conocido por sus descubrimientos en el campo del electromagnetismo y sus famosas ecuaciones que dan cuenta de manera unificada de todos los fenómenos electromagnéticos. Es muy difícil poner en duda la belleza y simplicidad de las ecuaciones de Maxwell. Recordemos con asombro que Maxwell se vio rechazado en 1859 como profesor de la universidad de Edimburgo porque el comité de selección juzgó que sus explicaciones resultaban demasiado profundas y poderosas para la mayoría de los estudiantes. Rechazaron al autor de unas ecuaciones que han permitido el uso, desarrollo y explotación de la energía eléctrica y para demostrar su importancia basta con que dejemos de pensar un minuto para (ver) y pensar como sería el mundo actual sin energía eléctrica.

La teoría cinética que permitió afianzar el concepto de átomo tuvo su continuidad con la mecánica estadística que vincula al mundo atómico y molecular con el comportamiento y las propiedades de la materia de las sustancias que constituyen.

El físico que más contribuyó a la investigación y aceptación de estas teorías fue sin duda el austriaco Ludwig Boltzmann (1844-1905). Con la probabilidad en su mecánica estadística descubrió como las propiedades microscópicas de los átomos determinan las propiedades microscópicas de la materia.

A principios del siglo pasado ya era conocida la distribución de Maxwell para las energías y velocidades de las partículas de un gas, era solo válida para gases

monoatómicos. Boltzmann procedió a generalizarla para el caso de las moléculas poliatómicas. Según demostró Boltzmann la ecuación que nos proporciona el número η de moléculas con una energía determinada es

$$\eta \epsilon = \alpha e^{\beta E}$$

donde α y β son coeficientes de proporcionalidad. α se puede determinar aunque de una forma compleja y $\beta = (K_{\beta}T)^{-1}$ siendo T la temperatura absoluta y K_{β} la constante de Boltzmann $K_{\beta} \cong 1,38 \times 10^{23}$ J/K. El término exponencial $e^{-E/KT}$ es conocido como factor de Boltzmann.

Que esta ecuación con un término fijo como la constante de Boltzmann nada normal se puede generalizar a todos los gases y afirmar que el número de moléculas con una determinada energía es solo función de su temperatura absoluta exige una reflexión importante por su sencillez y sorpresa.

Esta extraña y sorprendente ecuación nos permite conocer las ecuaciones macroscópicas del funcionamiento de los gases.

Sabemos de termodinámica que

$$PxV = 2/3 N (t)$$

P = presión del gas

V= volumen del gas

$$PxV = N (K_{\beta} T) = NK_{\beta}T$$

ahora bien si recordamos, la cantidad total de átomos se puede escribir como el número de moles en un volumen dado n, por el número de Avogadro, N_{Δ} que es la cantidad de partículas de un mol

$$PxV = \eta N_{\Delta} K_{\beta} T$$

Si agrupamos $N_{\Delta} K_{\beta} = R$ que como producto de la constante de Avogadro por la constante de Boltzmann, nos queda

$$Pv = \eta RT$$

siendo R la constante de los gases.

Partiendo de ella es fácil llegar a $P_1V_1 = P_2V_2$ si estudiamos los estados del gas sin cambio de temperatura absoluta y = ley conocida como de Gay-Lussac que relaciona volúmenes y temperaturas de un gas a presión constante y $P_2 V_2 = P_1 V_1$ conocida como ley de Boyle-Mariotte que relaciona la presión y volumen de un gas si mantenemos constante, “ η ” o número de moles y “T” o temperatura absoluta.

También descubierto por Boltzmann, si consideramos un gas encerrado en una vasija con una presión “P” y una temperatura “T” determinadas, las moléculas pueden distribuirse dentro del recipiente de muchas formas posibles. La presión y la temperatura caracterizan el estado macroscópico del sistema, pero cada distribución de las partículas en el interior sería un microestado. Llamando Ω al número de microestados posibles Boltzmann demostró que la entropía de un estado o macroestado es igual a

$$S = \text{entropía} = K_\beta \ln \Omega$$

Ω se puede calcular aunque ahora obviemos el cómo, pero si afirma que la constante K_β se nos revela como un maravilloso puente entre la física de los mundos microscópicos y macroscópicos y de nuevo nos sorprende porque todos los gases se rijan por las mismas fórmulas y existe una constante idéntica para todos ellos de valor conocido.

3. EL NÚMERO DE FEIGENBAUM

También llamado la constante del caos es el número de más reciente introducción en el ámbito de la física. Fue descubierto por Mitchell Feigenbaum en 1978 y la podemos definir como la constante numérica implicada en la deriva hacia el caos por desdoblamiento del período.

Su descubrimiento se debe a la impetuosa irrupción de los sistemas no lineales en la segunda mitad del siglo XX y al desarrollo de la teoría del caos que ya se ha descrito.

La no linealidad de las ecuaciones sorprende tanto en el espacio como en el tiempo y no es demasiado difícil dar con ejemplos que la ilustren con claridad.

Recordemos los comienzos de la mecánica celeste cuando queremos aplicar las leyes de la mecánica de Newton a tres o más astros en interacción gravitatoria. En contra de la aparente facilidad, pues ya se había estudiado para el caso de los astros los físicos y matemáticos se encontraron que aplicar la mecánica clásica y conocida a tres astros constituía un inexpugnable problema cuya sombra se ha cernido sobre los científicos durante más de doscientos años. Tuvo que llegar el científico alemán Burns que en el año 1887 demostró que en el problema de los tres cuerpos no es posible encontrar en la integración de las ecuaciones dinámicas, suficiente número de constantes que sean funciones algebraicas de las variables del sistema. Unos años más tarde Poincaré enunciaba un teorema por el cual la solución de las ecuaciones de la mecánica celeste, salvo raras excepciones, no admiten integrales analíticas y uniformes aparte de la energía.

Este mismo científico en 1903 proporcionó indirectamente una réplica a la ostentosa seguridad Laplaciana en la predictibilidad de los fenómenos naturales, anticipándose con ello al marco del pensamiento actual.

También esbozó que una característica de la dinámica no lineal es la fuerte sensibilidad a las condiciones iniciales. Esa gran sensibilidad posiblemente sea la razón por la que a su estudio se le ha denominado teoría del caos. Este nombre no impide saber que los sistemas caóticos son deterministas, es decir que se han generado por un conjunto simple de reglas fijas que no contienen en sí mismo elementos de azar alguno. Si Laplace ya hablaba de un universo determinista, no se ha superado esta idea, lo que se añade a que el cálculo de ese determinismo se hace inasequible.

Existen tres grandes vías por las que puede encaminarse hacia el caos. La intermitencia, el desdoblamiento de periodo y la cuasiperiodicidad. La intermitencia

fue descubierta el año 1980 por los físicos franceses Y. Pomeau y P. Manneville De Lachay. Se produce cuando en un régimen dinámico, cambiamos un cierto parámetro de control y sufre un corto acceso caótico para volver de nuevo a un oscilamiento regular. La aparición de las olas es un ejemplo.

El desdoblamiento de período se presenta cuando al aumentar el parámetro de control de un sistema oscilante, ese período se duplica, cuadruplica y así aumenta sucesivamente hasta llegar al régimen caótico. Y por último el camino de la cuasiperiodicidad que es cuando variamos un parámetro de control y un sistema periódico para así ser biperiódico y se torna caótico con la aparición de una tercera frecuencia de oscilación.

El fenómeno del caos aparece con mucha frecuencia en la naturaleza, aunque por fortuna los efectos caóticos en la astronomía cuando existen parecen ser pequeños y presentan escalas de tiempo muy largas. Como sabemos, la gran mayoría de los sistemas físicos que afrontan los científicos son lineales o son muy próximos a ellos y se simplifican. También se puede dar la situación inversa, por lo que los sistemas lineales, bajo determinadas circunstancias se convierten en no lineales. Una de las rutas hacia el caos era el desdoblamiento de periodo. Si seguimos repitiendo el proceso una vez tras otra se obtienen sucesivos desdoblamientos de período hasta que en el límite se llegaría a un período infinito, la oscilación no se repite y con él, el caos.

El número de Feigenbaum es la constante numérica implicada en la deriva hacia ese caos por desdoblamiento de período. No importaba como se produjera el proceso de desdoblamiento ni cuál fuera el sistema físico concreto en el que tuviera lugar. Esta constante imponía las condiciones del caos. Al igual que el número “ Ω ” el número “ e ” o la proporción aunque resultó ser un número irracional igual a $4,6692016091029\dots$

4. LA CONSTANTE DIELECTRICA

Los griegos de la antigüedad ya sabían de una piedra que llamaban magnetita, la cual atraía o repelía pequeñas piezas metálicas. Mucho más tarde se advirtió que el ámbar al ser frotado con un trozo de lana, también ejercía los mismos efectos sobre

fragmentos de papel o cabellos ¿quién siendo niño ha frotado la pluma estilográfica contra su ropa para después atraer pequeños trozos de papel?

Franklin (1706-1790) nacido en Boston, siendo todavía colonia americana y sobre la base de sus trabajos supuso la existencia de un fluido eléctrico capaz de transmitirse de unos cuerpos a otros. Los había de dos clases a los que llamó positivo y negativo. Su característica es que los del mismo signo se repelían y los de signo contrario se atraían. Paso algún tiempo antes de constatar que los fenómenos eléctricos no se debían a un fluido extraño imponderable, sino a una propiedad intrínseca de las partículas elementales constituyentes de la materia a la que hoy día llamamos carga eléctrica. Se podía entender como una suerte de “carga gravitatoria” es decir, una magnitud indicativa de la intensidad con que cada objeto interacciona gravitatoriamente con los demás. Fue Sir Henry Cavendish quien en el año 1775 descubrió mucho de lo que hoy sabemos sobre las cargas eléctricas, pero debido a que no publicó ninguno de sus experimentos fue el francés Charles Augustin Coulomb (1736-1806) quien en sus tratados sobre electricidad y magnetismo publicados entre 1785 y 1791 describió su comportamiento y dio nombre a las leyes que regulan la ley de atracción entre cargas eléctricas.

La ley que lleva su nombre es muy similar a la de Newton

$$F=K_e$$

donde

F es la fuerza de atracción, “Q” y “q” el valor de las cargas, “r” la distancia entre ellas y K_e una constante que depende del medio en el que se haya las cargas.

Recordemos el concepto de campo eléctrico en física como un vector entonces podemos escribir

$$E = K_e \quad \text{donde “E” es el valor creado por una carga eléctrica.}$$

Si ponemos,

$E = e$, “e” también puede ser constante y podemos definir E como el campo eléctrico creado por una carga en una esfera de radio “r”.

Si hacemos $e = \epsilon_0$ igual a la constante dieléctrica del vacío y “ ϵ ” el cociente entre la constante dieléctrica del medio y la del vacío

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon r^2} Qq$$

Donde F es la fuerza creada por una carga “Q” sobre una carga “q” situada a una distancia “r” y μ y ϵ_0 dos constantes.

Igualmente si ya sabemos que una carga “q” a una velocidad “v” crea un campo magnético β igual a

$\beta = K_m \frac{qv}{r^2}$ donde todas las variables incluida la distancia son vectores y K_m una constante.

Podemos hacer $K_m = \frac{1}{\epsilon_0 c^2}$ y llamar “ μ_0 ” a la permeabilidad magnética del vacío. La teoría unificada de la electricidad y el magnetismo fue desarrollado por James Clerk Maxwell en 1880 y dio lugar a lo que hoy conocemos como corriente alterna, base de todo el progreso conseguido con la electricidad y de la que no procede decir nada en una tesina que pretende ser aprobada en una facultad de filosofía, pero sí resaltar el hecho curioso que $\frac{1}{\epsilon_0 c^2} = \mu_0$ donde “c” es la velocidad de la luz y las restantes constantes ya han sido denominadas.

5. LA CONSTANTE DE LA LUZ

Procede escribir poco sobre este parámetro después de lo escrito en la exposición de la teoría de la relatividad. Sobre recordar algunos datos que nos pueden llevar a la extrañeza.

Desde los tiempos de Galileo se vienen haciendo experimentos para conocer la velocidad de la luz con distintos experimentos que la han ido acortando más y más hasta el valor actual establecido en 1983 como valor oficial y que es 299.792.458 m/s en unidades del sistema internacional.

Hasta la llegada de Einstein no había una velocidad limitada para la propagación de las señales físicas, además de otros temas del espacio-tiempo de los que también escribimos en la teoría de la relatividad. Pero surgen algunas preguntas sin respuesta para la velocidad de la luz ¿Por qué la velocidad a la que puede desplazarse una partícula tiene este límite? ¿Por qué dos observadores distintos, situados en dos sistemas de referencia distintos, que debían observar dos velocidades distintas según la mecánica clásica, ven la misma? ¿Por qué este parámetro físico por importante que sea, está relacionado a través de fórmulas sencillas con otros parámetros relativos al campo eléctrico y al campo magnético como se escribía en un punto anterior? Las famosas ecuaciones del electromagnetismo de Maxwell que describen dos fenómenos físicos como el eléctrico y el magnético ¿Por qué precisan de incorporar la velocidad de la luz para que Maxwell pudiera describir estos dos fenómenos? La famosa ecuación $E = mc^2$ ¿Cómo la explicamos?

6. LA CONSTANTE DE PLANCK

Al igual que con la velocidad de la luz no procede escribir en exceso sobre esta constante que ya se explicó en el apartado de física cuántica. Solo resaltar algunas peculiaridades.

Esta constante surge con la pregunta ¿Por qué no considerar que las frecuencias del cuerpo negro eran discontinuas? ¿Qué impediría hacer lo mismo con las frecuencias de vibración de esos mismos átomos considerados osciladores? Entonces podríamos suponer que existe una frecuencia fundamental y que todas las restantes son múltiples enteras de ella.

Con estas premisas Planck demostró que:

$$E = h \nu$$

Donde

E = energía emitida

ν = frecuencia de oscilaciones

$h =$ constante llamada de Planck en honor a sus descubridores y de valor $6,6256 \times 10^{-34} \text{ J} \times \text{S}$ en unidades del sistema internacional

pero nos podemos preguntar ¿Qué es la constante h ?

Comencemos por recordar que la constante de Planck se mide en unidades de acción, o lo que es lo mismo, es una magnitud definida como el producto de la energía por el tiempo

$h \sim \text{Energía} \times \text{tiempo}$

Según la teoría de la relatividad

$$E = mc^2$$

Luego

$$h \sim mc^2 \times \text{tiempo}$$

Si hacemos $c = 1$ empleando el sistema de unidades naturales se simplificaría a

$$h \sim m \times \text{tiempo}$$

La masa de un cuerpo es el producto de la densidad por su volumen o $m = \rho v$ y resulta que

$$h \sim \rho v \times \text{tiempo}$$

Es decir que la constante de Planck sería proporcional al producto de un volumen espacial por un intervalo de tiempo.

Esto nos permite decir que h es el producto de un volumen tridimensional por un espacio de tiempo de cuatro dimensiones.

Podemos concluir con la dimensión espacial-temporal de la teoría de la relatividad es confirmada por la teoría cuántica o a la inversa.

7. LA CONSTANTE DE GRAVITACIÓN UNIVERSAL

Entre los filósofos griegos de la antigüedad, Aristóteles sustentó la opinión de que los cuerpos físicos se disponen en sus “lugares naturales” y si no están en ellos manifiestan una clara tendencia a ocuparlos.

El modelo astronómico de Ptolomeo superó a la vez la culminación y la decadencia del pensamiento antiguo sobre la mecánica celeste. La combinación de circunferencias dentro de circunferencias (Epiciclos recordemos es el nombre técnico, es una abigarrada maraña, que no tenía otra misión que salvaguardar la posición central de la tierra, en el universo visible, respetando con ello la interpretación literal de la biblia sobre ese particular. El éxito de esta teoría fue sin duda que cuando surgían discrepancias entre lo observado y la teoría siempre se resolvía añadiendo más circunferencias al modelo.

El éxito también pudo ser posible porque demostraría el físico francés Jean Fourier (1768-1827) quien probó que cualquier proceso periódico (aquel que se repite cada cierto tiempo) podía expresarse como una combinación infinita de funciones angulares, a las que hoy denominaremos desarrolló de Fourier.

Lentamente surgieron voces que abogaban, al principio con timidez por un nuevo modelo astronómico en el que el sol y no la tierra, ocuparan el centro de las demás orbitas planetarias. Recordemos las teorías de Aristarco de Samos, pero como ya dijimos fue Copérnico con más fundamento esta teoría, perfectamente fundamentado por Kepler con sus famosas leyes de las que ya hemos hablado y que aseguraba “cuanto más brillantemente desentrañemos los entresijos del funcionamiento del universo más admirables aparecerán ante los hombres las realizaciones del Creador. Poco después una de las más poderosas mentes científicos de todos los tiempos y gran creyente, Isaac Newton, el que descubrió la ley de la gravitación universal.

8. LA CONSTANTE COSMOLÓGICA

Con toda seguridad, el término cosmológico introducido por Einstein es la constante física menos conocida y más enigmática de todas las que existen. Recordamos que fue necesaria su introducción por el creador de la teoría de la

relatividad para que sus famosas ecuaciones y su teoría gravitatoria se pudieran aplicar al cosmos en su totalidad.

Einstein abordó el problema de explicar la estabilidad de las estructuras cósmicas habida cuenta de que la gravitación es siempre atractiva.

Según la gravedad de Newton el universo no deberá ser más que un inmenso amasijo amorfo constituido por la aglomeración de toda la materia, rodeado de un inmenso y estéril vacío.

Newton creyó haber solucionado la cuestión postulando un universo especialmente infinito con una distribución uniforme e infinita de materia. Einstein pretendió acabar con el problema adoptando un modelo cosmológico en el cual el espacio tridimensional se curvaría sobre sí mismo como superficie –y solo la superficie- de un balón evitando a la vez la infinitud newtoniana y la imposición de bordes o fronteras físicamente absurdas. Por ello introdujo un término en sus ecuaciones con la misión de equilibrar la atracción gravitatoria mediante una suerte de repulsión que actuaba únicamente en el colosal rango de distancias astronómicas y era por ello imperceptible en la escala cotidiana de tamaños. Había nacido la constante cosmológica. Pronto se vio que con esta teoría, exigía que la atracción gravitatoria y la repulsión cósmica se equilibraran con tanta exquisitez que la menor perturbación el cualquier punto del espacio provocaría o bien una expansión o bien un colapso.

Quien primero advirtió esa posibilidad fue el matemático ruso Alexander Friedman (1888-1925). El 29 de junio envió un artículo a una revista alemana, que leído por Einstein antes de su publicación vetó que se divulgara pues era contrario a su famosa teoría. Después de varios intentos, el sabio ruso consiguió hablar con el sabio alemán y demostrar que su teoría no estaba en contra de la relatividad. Einstein demostró su grandeza aceptando su error de que ambas teorías no eran compatibles.

Friedmann rechazó la vieja tradición centenaria que, previamente a cualquier experiencia declaraba el universo eterno y eternamente inmutable y con ello llevó a cabo una verdadera revolución científica similar a la de Copérnico.

Quedaba fuera de toda duda que la relatividad general admitía y de hecho contenía, modelos cosmológicos en los que el universo se hallaba en expansión o en contracción.

Posteriormente Hubble (1889-1953) demostró que los cúmulos de galaxias a nuestro alrededor se podían hallar en contracción o en expansión. En 1929 demostró que realmente estaban en expansión.

Aunque la teoría del big-bang surge después, la teoría de la relatividad está de acuerdo con la teoría de que la totalidad del universo se originó en una gran explosión de donde procede la expansión actual, acaecida hace miles de millones de años en el pasado. Al ser dinámico nos podemos preguntar por el futuro del universo. Investigaciones realizadas en los años 1998 y 1999 vinieron a confirmar que el universo carecía de un contenido suficiente como para acabar en un inmenso colapso, y además se dijo que la expansión actual es que se estaba acelerando debido a la constante cosmológica.

La expansión viene determinada por la constante G y por la densidad del universo. Denominaremos densidad crítica a la que determina una expansión uniforme y perpetua, subcrítica a una menor que produce la expansión acelerada y supercrítica a la que causaría el retroceso y colapso final. Con estas densidades y un valor variable de Λ o constancia cosmológica los científicos pueden plantear sus escenarios de evoluciones posibles del universo.

9. ¿UN MENSAJE OCULTO?

La tecnología actual nos ha permitido conocer el valor de determinadas constantes pero enseguida surgen dos preguntas. ¿Estas constantes, lo son en el espacio y en el tiempo? Y una segunda ¿Por qué estos valores y no otros?

Pensar sobre las respuestas posibles tal vez nos permitiría avanzar en el camino de poder unificar las causas de las cuatro fuerzas conocidas de la naturaleza, aunque ya algunos científicos hablan de la posibilidad de una quinta. A finales del siglo XIX también se planteó la posibilidad de que las leyes naturales cambiasen en el espacio y

en el tiempo. Podría cambiar la forma matemática de dichas leyes, que variase el valor de sus constantes y que se diesen las dos circunstancias conjuntamente.

El gran científico británico opinó que los valores de las constantes no variaban en sus valores numéricos, teoría hoy prácticamente aceptable por todos los científicos.

Hay otro tipo de constantes de las que podemos escribir y ver la importancia de no cambiar, así como de ser esas y no otras sus valores numéricos. Imaginemos nada más que por un momento que el electrón o el protón tuviesen una masa distinta en cada lugar del universo. Habida cuenta del delicado equilibrio que preside la constitución de los átomos, es dudoso que en una situación tal, la materia hubiera llegado a existir. La diversidad de masas de los protones y electrones hubiese hecho imposible la configuración de los núcleos atómicos. Casos similares de pequeñas variaciones de valores naturales que hubiesen sido diferentes y que no se hubiera formado un universo tal como lo conocemos al día de hoy se cuentan por decenas.

Pero sigue sin contestarse la pregunta sobre las diferentes constantes de la naturaleza, si en realidad lo son ¿Por qué esos números y no otros? La opinión de un reducido pero selecto grupo de científicos para responder a esta pregunta descansa en una peculiar suposición sobre los rasgos fundamentales del universo: El principio antrópico. Recordemos que hay dos versiones de este famoso postulado, denominadas “débil” y “fuerte”.

La versión débil, aceptando como un dato de partida las leyes de la naturaleza y el valor de las constantes universales, afirma que los requisitos necesarios para la aparición de la vida imponen en la práctica una selección sobre las características posibles del cosmos, tal como se presenta ante nosotros la edad del universo, a título de ejemplo, no puede ser menor que el tiempo requerido por las reacciones de combustión nuclear en el seno de las estrellas, pues de otro modo la nucleosíntesis estelar no hubiese habido tiempo suficiente para generar los elementos químicos indispensables para la vida. Por otro lado, la edad del cosmos tampoco puede ser muy superior ya que entonces las estrellas se hubiesen extinguido dejando un vacío sideral frío y estéril. El mundo es como es, porque en otro mundo distinto no hubiese podido comenzar la vida.

La versión fuerte del principio antrópico, por el contrario, sostiene que la presencia de observadores inteligentes establece en sí misma restricciones sobre los valores posibles de las constantes físicas fundamentales. Como ello significa que la vida solo puede surgir si se dan los valores que de hecho encontramos en la naturaleza, no pocos partidarios de esta idea la han utilizado para sugerir la autoría de un creador omnipotente que diseñó el universo a nuestra medida y beneficio.

En un futuro ¿una teoría fundamental de la física será capaz de determinar unívocamente las constantes universales que hoy tanto nos intrigan? ¿Serían algunas de ellas, condiciones iniciales contingentes del cosmos? Desconocemos si en un futuro próximo o lejano estas preguntas tendrán respuesta.

4.- EL MUNDO COMO OBRA DE ARTE

El estudio del mundo, de la naturaleza, se puede hacer desde muchos puntos de vista. Desgraciadamente algunos han sido para conocer sus recursos y al menos en parte esquilmarlos. Aquí pretendemos verlo y estudiarlo como obra de arte. Son muchas las cosas bellas que nos ofrece la naturaleza; una puesta de sol, un valle nevado... y otras muchas de las que los astutos han debido sacar provecho y reflejarlo en sus cuadros. Ni sabríamos hacerlo, ni pretendemos aquí reflejar esa realidad.

Hay otra realidad de estudio del mundo desde sus componentes, desde algunas de sus ecuaciones que lo rigen... y así otras muchas, que también demuestran que nuestro mundo no solamente es bello, sino que se podría añadir que es sospechosamente bello. Desde ese punto de vista reflejamos seis realidades que nos permiten apreciar otras bellezas del mundo.

1. PITAGORAS

Vivió y murió alrededor de los años 570-495 a.C. algunos estudiosos de Pitágoras hablan del Pitágoras histórico y del Pitágoras real. Se pretende con ello indicar que no son ciertas ni se pueden demostrar muchas de las atribuciones que se hacen sobre el matemático que fue y otras muchas cosas. Si se puede pensar que como experto en el destino del alma después de la muerte aseguraba que el alma era inmortal y pasaba por una serie de reencarnaciones. Así se dice que Pitágoras recordaba cuatro de sus vidas pasadas.

Se recuerda de Pitágoras la frase “*Todas las cosas son números*”, aunque nos debemos de cuestionar qué quería decir con eso.

Todos estudiamos en nuestra infancia el famoso Teorema de Pitágoras que dice:

$$a^2 + b^2 = c^2$$

siendo a y b los lados de un triángulo rectángulo y c su hipotenusa. A la primera demostración de Pitágoras se han seguido otras varias a través de la historia, incluida una atribuida a Einstein.

La frase que hemos atribuido a Pitágoras, tal vez debe de matizarse pues veamos qué pasa con su famoso teorema, sí hacemos algunas elucubraciones sobre el mismo.

Supongamos un triángulo isósceles en el que $a = b$, entonces

$$a^2 + b^2 = c^2 = 2a^2$$

Si tanto “a” como “c” son números pares, podemos considerar un triángulo que reduciéndolo sucesivas veces, al menos uno de los dos “a” o “c” sea impar.

Si “c” es impar “c²” también es impar, pero $2a^2$ forzosamente es par, luego la ecuación no es posible que sea cierta.

Supongamos que “c” es par, luego podemos decir que $c = 2xp$, o lo que es lo mismo $c^2 = 4p^2 = 2a^2$; $2p^2 = a^2$, y en consecuencia “a” no puede ser impar.

Con este sencillo ejemplo, hemos visto las limitaciones de los números enteros. Recordemos que los griegos más estudiosos de la geometría, la estudiaron en su forma continua más atractiva donde estas limitaciones desaparecen y que posteriormente Newton comprobó que era más fructífero para la física. Tuvieron que dar prioridad a la geometría sobre la aritmética, porque como hemos visto los números enteros tienen muchas limitaciones.

Para descubrir que la belleza de los números no se puede limitar a los números enteros, fijémonos en cualquier instrumento de cuerda, desde la antigua lira a la moderna guitarra. La calidad del sonido depende de muchos factores complejos, material de la cuerda, la forma de las superficies que vibran por simpatía o la manera en que la cuerda se pulsa, se toque con un arco o se golpee con un martillo.

En todos los instrumentos reconocemos el tono principal como la nota que se está tocando. Pitágoras no sólo descubrió las dos reglas a las que obedece la nota que se está tocando y su conexión con los números. El resultado sorprende por su armonía que es un aspecto de la belleza.

La primera regla de Pitágoras establece una relación entre la longitud de la cuerda y nuestra percepción de su tono. La regla dice que si sujetamos dos cuerdas a la misma tensión se producen tonos que suenan bien juntos, cuando precisamente las longitudes de las cuerdas son fracciones de números enteros pequeños. Así por ejemplo, si la relación de longitudes es 1:2, los tonos forman una octava, si la relación es 2:3, escuchamos la quinta, si la relación es 3:4 la cuarta. Se pueden relacionar estos tonos con las notas musicales. Al aplicar la regla de Pitágoras la longitud de cuerda que debemos considerar es la longitud eficaz, es decir, la que realmente vibra. Los instrumentalistas de cuerda lo hacen perfectamente cuando “pisan” con los dedos de su mano izquierda para que sea más o menos larga.

Este descubrimiento de Pitágoras que tan útil sigue siendo para los amantes de la música de todos los tiempos, supone una correlación entre la armonía de la música y la belleza de los números difícil de justificar. Nos tenemos que limitar a decir que existe.

La segunda regla de Pitágoras se refiere a la tensión de la cuerda. Cuando vamos a un concierto, vemos que previamente al director, aparece en el escenario el primer violinista que dé unos tonos. Los instrumentalistas de cuerda giran más o menos las clavijas de las cuerdas de sus instrumentos para que se queden con más o menos tensión. Desde Pitágoras sabemos que los tonos están en armonía, si las tensiones son fracciones de los cuadrados de los números enteros pequeños. A mayor tensión, mayor altura de la nota. Una relación de tensiones 1:4 genera la octava y así sucesivamente. Seguimos viendo que la armonía y su belleza se consiguen utilizando racionalmente los números enteros.

Hoy tenemos una comprensión mejor y mayor de los procesos físicos implicados en la producción, transmisión y recepción del sonido, pero no hemos sabido justificar las dos reglas enunciadas. Pero el tema no se acaba aquí, sino que podemos considerar tres partes. La primera, la cuerda vibra, emite un sonido y llega a nuestros tímpanos. La segunda parte empieza en el tímpano y llega a los impulsos nerviosos primarios. La tercera empieza con los pulsos nerviosos primarios y llega hasta la armonía percibida. El sonido comienza con la vibración de la cuerda, la caja de

resonancia que lo amplifica, la perturbación del aire que se desplaza. La perturbación adquiere vida propia y se prolonga en todas direcciones, llega a la oreja y al tímpano y vibra conforme le van llegando las perturbaciones. A través de todas las transformaciones es su velocidad o con palabra más técnica, su frecuencia, algo descubierto con mucha posterioridad a Pitágoras.

Gracias a este descubrimiento, sabemos que las reglas de Pitágoras las podemos expresar estudiando como varía la frecuencia de una vibración en función de su longitud o su tensión. Pero continuemos con la perturbación. El tímpano que vibra con su frecuencia produce disparos neuronales que tienen la misma frecuencia.

Terminemos diciendo que las vibraciones sonoras que podemos escuchar las personas, tienen frecuencia desde unas pocas decenas hasta varios miles por segundo, pero no podemos dejar de admirar cómo los números y la naturaleza nos permiten embelesar en todos los conciertos, canciones o simplemente voces que escuchamos con agrado a lo largo de nuestra vida.

2. PLATÓN

Para estudiar las formas platónicas, comencemos por los polígonos regulares. Todos sabemos lo que es un triángulo, un cuadrado... a cada número entero le corresponde un polígono regular que tiene todos sus lados iguales, a igual número de lados que de ángulos. El caso extremo, la circunferencia con infinitos lados, como polígono regular.

Pasemos del plano al espacio. Busquemos una regularidad semejante. Busquemos cuerpos sólidos, cuyas caras sean polígonos regulares.

Resulta que sólo encontramos cinco, los mismos que descubrió Platón hace más de veinte siglos. El tetraedro, el icosaedro, el dodecaedro, el octaedro y el cubo. Obviamente por conocido desde los años de escolaridad básica, lo que es cada de dichos poliedros. ¿Pero eso no evita la pregunta, ¿por qué cinco? Y ¿Por qué sólo cinco son los sólidos regulares finitos? Recordemos que con estos cinco sólidos, Platón construyó

una teoría visionaria del mundo físico. ¿Cómo se justifica que algunos diminutos espacios tengan figuras iguales a poliedros regulares.

¿Cómo se justifica que las criaturas microscópicas más completas también sean similares a los sólidos platónicos?

Los radiolarios son una forma de vida muy antigua, representados entre los primeros fósiles. Siguen prosperando en los océanos actuales. Cada uno de los cinco sólidos platónicos se materializa en varias especies.

Algunos nombres de esas especies engloban las de las formas como “*Circoposees octahedrees*”, “*circogenia icosaedre*” o “*circorrhegma dodecahedron*”.

Los “elementos” de Euclides se considera el mayor libro de texto de todos los tiempos por grandes matemáticos. Trajo sistema y rigor a la geometría. Estableció el método de análisis y síntesis en el dominio de las ideas.

Recordemos que para Newton “El método de análisis y síntesis consiste en asumir las causas descubiertas y establecerlas como principios y explicar mediante ellas los fenómenos que proceden de ellas y demostrar las explicaciones.

Recordemos que Euclides parte de los “axiomas” simples e intuitivos para deducir unas consecuencias fértiles y sorprendentes.

El libro “Principios” de Newton considerado el germen de la moderna física-matemática también sigue el principio expositivo de Euclides, procediendo de axiomas o resultados importantes paso a paso, a través de una construcción lógica.

Por último recordar que Euclides en su decimotercero y último libro de su obra citada, concluye con unas construcciones de los cinco sólidos platónicos y demostrando que sólo hay cinco.

Los antiguos griegos reconocieron cuatro elementos para la construcción del universo: fuego, agua, tierra y aire. El que sea uno menos que los poliedros le permitió demostrar en “timeo” una teoría de elementos basada en sus sólidos. Recordemos que a cada uno de los elementos le atribuyó un átomo equivalente de cuatro de sus

poliedros que además justificó. Al que no le había asociado a ningún elemento el dodecaedro, dijo que no era un mero átomo, era la figura del universo. La obra de Platón pudo fracasar como teoría científica, pero no deja de ser una obra de arte intelectual. El mundo tiene que ser bello y la belleza viene de la regularidad matemática, de la simetría perfecta.

Platón usaba la palabra “demiurgo” para llamar al Creador del mundo físico, tal como lo conocemos. El mundo físico no es la realidad última para Platón. Hay otro mundo, el intemporal, el de las ideas. El creador fabrica sus criaturas a partir de las ideas que utiliza como moldes. Para Platón los átomos pueden tener subcomponentes que tal vez no existan como independientes, sino formando parte de objetos más complejos. Los actuales quarks y gluones ya fueron aventurados por el gran filósofo griego.

Las ideas platónicas también fueron recogidas por Kepler que en su libro “*Mysterium cosmographicum*”. Se refería a los seis planetas conocidos en su época cuando escribió que los cinco sólidos platónicos mediaban entre las seis esferas de los planetas.

Platón insinuó algunas respuestas a preguntas, tales como las siguientes. Si te sientes incómodo con el concepto de realidad definitiva, te puedes preguntar ¿Cómo conectamos la naturaleza profunda de la realidad física con nuestras esperanzas y sueños?, ¿Qué significa todo esto, si es que significa algo? Las respuestas de Platón se basaban en la intuición mística y en una lógica propia y no en la ciencia. A pesar de ello, ha inspirado trabajos científicos y su influencia alcanza más allá de la ciencia hasta la filosofía.

La visión del mundo de Platón aparece en su obra la “*República*” como alegoría de la caverna. En la caverna los prisioneros ven una proyección de la realidad, no la realidad misma y como eso es todo lo que conocen lo dan por bueno. Nuestra situación no es diferente, pero nos persuade a considerar la posibilidad que hay más realidad de la que nuestros sentidos detectan.

Los ideales son los objetos perfectos de los que los objetos reales son copias imperfectas. Hay una realidad más profunda que es eterna e inmutable y que aparta la fuente de todo lo que podemos hablar o nombrar. La tercera corriente, la inmortalidad de las almas, la wikipedia la describe así “*caracteriza las almas humanas como divinas e inmortales, pero condenadas a vivir durante un periodo en un círculo penoso de vidas corporales sucesivas a través de metempsicosis o transmigración de las almas*”.

Recordemos la liberación de la caverna, como un proceso activo de aprendizaje y compromiso.

Hay dos caminos para alcanzar la liberación, uno hacia adentro y otro hacia afuera. Por el camino hacia adentro llegamos a la filosofía y a la metafísica, por el camino hacia afuera encontramos el camino de la ciencia y de la física. Al final alcanzaremos la liberación, ¿por qué Platón para alcanzar la verdad última se volvió hacia adentro, alejándose del mundo físico?

La astronomía era necesaria para las cosechas y para poner los rituales sagrados en fechas concretas, pero lo más importante era el alma humana.

Tuvo que ser el renacimiento, el que redescubriera a Platón y tratando de descubrir su ideal de belleza, ideando la perspectiva, tratando de capturar la apariencia superficial de las cosas.

La geometría proyectiva contiene modelos genuinos en una galería de grandes ideas ingeniosas y formidablemente significativas como relatividad, simetría, invariancia y complementariedad. Estas grandes ideas conforman el corazón de la física moderna. Pueden surgir formas extrañas y abstractas que pueden resultar desconcertantes. Es una posibilidad maravillosa en caso de confusión recordar la geometría proyectiva, donde podemos verlas mermaidas en imágenes artísticas bellas y tangibles.

3. NEWTON

Nos ocupamos de Newton como gran físico del Renacimiento y desglosamos un poco de su vida y su obra. Volvemos ahora de nuevo. En un apartado dedicado a la

belleza del cosmos para dilucidar si es o no un diseño inteligente, no pueden faltar las aportaciones de Newton a descubrir las bellezas del cosmos.

El sistema solar previo al Renacimiento tenía una concordancia y belleza importante, aunque luego se demostraría como no válido.

Kepler en su juventud se obsesionó con el sistema solar basado en los sólidos platónicos. Avanzando sobre las especulaciones de Platón en el “*Timeo*” sujeta la esfera de mercurio a un octaedro circunscrito que está inscrito en la esfera de Venus. Luego tenemos un icosaedro, un dodecaedro, un tetraedro y un cubo que interpolan respectivamente Venus-Tierra, Tierra-Marte, Marte-Júpiter y por último Super-Saturno.

El Kepler enamorado de la belleza del universo que por una parte le presentaba, cuando estudia a sus predecesores Copérnico y Galileo, tuvo que abandonarlo cuando descubre que la órbita de Marte es una elipse. No obstante en su libro de 1621 titulado “*Mysterium*”, preparó otra versión de sus descubrimientos, añorando la belleza del sistema medieval que como científico no podía admitir.

Newton da un paso más y escribe *“cualquier cosa que no se deduzca de los fenómenos, debe considerarse una hipótesis; y las hipótesis sean físicas o metafísicas o basadas en cualidades ocultas o mecánicas, no tienen sitio en la filosofía experimental”*.

La ciencia moderna ya está descubierta. Las hipótesis son sólo hipótesis, sino se demuestran no se pueden tomar en consideración.

Newton, científico y como buen científico nada prepotente también escribe *“Explicar toda la naturaleza es una tarea demasiado difícil para un solo hombre o incluso para una sola época... es mucho mejor hacer un poco con certeza y dejar el resto para otros que vengan después de ti que explicar todas las cosas mediante conjeturas sin asegurarme de nada”*.

Newton es de una encantadora transparencia. Se trata de meter las declaraciones entre signos de interrogación, porque ya no son ni afirmaciones ni

hipótesis, sino indagaciones. Su último trabajo fue un conjunto de 31 indagaciones que adjunto a las ediciones tardías de su libro “*Óptica*”.

Newton hizo muchos descubrimientos sobre la luz. Calculó que la luz del sol tardaba en llegar a la tierra entre 7 y 8 minutos. No nos fijemos en el error de cálculo, sino en las herramientas que tuvo para calcularlo.

Para Leigh Hunt “*los colores son la sonrisa de la naturaleza*” y para John Ruskin “*las mentes más puras y reflexivas son las que más aman el color*”.

Antes de Newton se pensaba que los colores que emergen de los prismas o las gotas de lluvia resultaban de la degradación de la luz blanca que viajaba a su través. Se pensaba que los colores eran mezcla del negro y del blanco en proporciones variables.

Es Newton quien asegura que la luz blanca incluida la del sol es una mezcla de muchos ingredientes básicos y que además se pueden separar, pero también unir si están separados sus componentes.

Reproducimos las palabras escritas de Newton, porque son cortas y lo dicen con claridad y sencillez “*De lo expuesto resulta también evidente que la blancura de la luz solar está compuesta por todos los colores con los que las varias clases de rayos de que la luz consiste, cuando por sus diversas refrigeraciones son separadas uno de otro, tiñen el papel o cualquier otro cuerpo blanco sobre el que caigan*”.

Pues esos colores... son inmutables y cuando quiere que esos rayos con esos colores suyos se mezclan de nuevo, reproducen la misma luz blanca que antes”.

La física actual ha dado muchos avances sobre la luz. Que consiste en fotones, que se puede modificar su trayectoria con la fuerza de la gravedad... pero la belleza de su teoría espectral fue descubierta en el siglo XVII y sobre ella no se ha descubierto nada nuevo.

El Premio Nobel de Física del año 2004 en su libro que ha servido de base para escribir estas líneas “*El mundo como obra de arte*”, busca una química de la luz. Identifica los distintos colores compuestos por fotones de un solo tipo.

Sería algo parecido al sistema periódico de los elementos, pero de una sola fila. La diferencia estaría en que la tabla periódica de la luz es continua, mientras que la tabla periódica de las sustancias es discreta.

También es Newton quien establece las leyes de la mecánica newtoniana. Las que llamaremos leyes dinámicas. Previamente Newton había estudiado sus famosas tres leyes cósmicas. Pero eran leyes “estáticas”. Describen relaciones consumadas, pero no reglas de cambio.

Recordemos la montaña Newton que le permitió “*en mente*” probar su teoría de la gravedad sin dilucidar si esta teoría fue debida a la caída de una manzana como se dice. Newton es el primero que relaciona la fuerza de la gravedad (a título de ejemplo, la gravedad que la tierra ejerce sobre la luna) con el movimiento orbital de la luna sobre la tierra que es otro movimiento y otra fuerza.

También debemos a Newton el considerar el tiempo como dimensión y ascendiendo a un diagrama cartesiano – distancia – tiempo, resolver la aparente contradicción de la famosa tortuga de Aquiles.

Newton fue un estudioso del movimiento. Sin pretender resolver el problema de si el cálculo diferencial lo descubrió antes Newton que Leibniz, si decir que el físico inglés dejó escrito un conjunto de 16 números y letras que primeramente traducidas al latín y posteriormente a uno de los idiomas actuales diría “*Es útil resolver ecuaciones diferenciales*”.

El cálculo diferencial y su inverso el cálculo integral permiten resolver todos los problemas de movimiento.

El cálculo diferencial es además de útil, armonioso, bello y se refleja en ecuaciones sencillas para resolver los problemas del movimiento que se le presentaban a Newton.

Posteriormente, otros cálculos más complejos, como puede ser la resistencia de materiales o la teoría electromagnética, precisan de este mismo cálculo. Aunque sean

más complejas, en ningún caso pierden la uniformidad y belleza que ya conocieran sus inventores.

Para Newton la descripción del mundo se divide en dos partes:

- Ecuaciones dinámicas.
- Condiciones iniciales.

Para Newton, al que ya hemos catalogado como gran creyente, el Dios Todopoderoso, fijó las condiciones iniciales y dio las ecuaciones por las que se iba a regir.

En el siglo XX se descubre la Teoría del “*Big-bang*” y se desarrollan mucho las leyes del cosmos, básicamente con la Teoría de la Relatividad. Pero los dos principios de Newton siguen inmutables. De las condiciones iniciales conocemos muy poco y solos rasgos generales y las ecuaciones que tenemos, no sabemos si se van a modificar en el futuro.

Pero después de iniciarnos en la Teoría del Caos y conocer sus posibilidades que de una explosión surja un universo con leyes que sirven para todo él, que se puedan estudiar y que sea armonioso, que lo es, sin calificar si es bello o no, creemos es algo que debería hacer pensar a los científicos no creyentes.

4. MAXWELL

El progreso de la humanidad a nivel tecnológico comienza sin duda el año 1864, con el artículo de James Clerk Maxwell “*Una teoría dinámica del campo electrodinámico*”.

Estas ecuaciones son la base de la electricidad y el inicio de la Teoría del Sonido que se transmite como una onda y que con el paso del tiempo dará lugar a todo el mundo de las comunicaciones de las que disfrutamos hoy en día.

Las ecuaciones de Maxwell nos dieron un entendimiento completamente nuevo de lo que es la luz y predijeron la existencia de unas formas insospechadas de radiación que son nuevos tipos de luz.

La belleza de las ecuaciones de Maxwell radica en ellas mismas y que permitió decir a Einstein que hubiese sido una pena que no reflejaran la realidad con lo bonitas que eran.

La existencia de la gravedad y la transmisión de sus fuerzas en el vacío, ya le hizo pensar a Newton que tal vez su teoría no fuera cierta, porque era algo asombroso.

Fue el inglés Michael Faraday, quien comenzó a hablar de líneas de fuerza y en concreto de las fuerzas eléctricas y magnéticas que se pueden crear en el espacio vacío.

Las imaginativas ideas de Faraday fueron desarrolladas por Maxwell en un artículo de 1856. Si Faraday había descubierto que cuando los campos magnéticos cambian con el tiempo, producen campos eléctricos, Maxwell descubrió que cuando los campos eléctricos cambian con el tiempo se producen campos magnéticos.

Si el interés de la Teoría Electromagnética es grande por todas las aplicaciones que se le han encontrado útiles a la humanidad no deja también de tener su interés por la belleza de sus ecuaciones y la existencia de la electricidad y el magnetismo.

Las ecuaciones de Maxwell están basadas en:

- a) La Ley Eléctrica de Gauss que iguala el flujo del campo eléctrico que sale del volumen a la cantidad de carga eléctrica dentro de ese volumen.
- b) La Ley Magnética de Gauss que afirma que el flujo de campo magnético que sale de cualquier volumen es cero. Hay cargas eléctricas pero no cargas magnéticas.
- c) La Ley de Faraday que forja una relación entre los campos eléctricos y la velocidad de cambio de los campos magnéticos.
- d) La Ley de Ampère que dice que las corrientes eléctricas hacen que los campos magnéticos giren alrededor de ellas.
- e) La Ley de Maxwell que intercambia el papel del campo eléctrico y magnético. Dice que cuando los cambios eléctricos cambian con el tiempo

causan que los campos magnéticos giren alrededor de ellos. El poder de toda la tecnología moderna, su simetría y la belleza generativa hacen de las ecuaciones de Maxwell sean un punto importante para tratar de saber si el mundo es o no es un diseño inteligente.

5.SIMETRÍA

La frase e Einstein “*Lo que realmente me interesa es si Dios tuvo alguna opción al crear el mundo*”, sin duda alguna habría escandalizado a Newton o Maxwell. Por el contrario encaja muy bien con la búsqueda pitagórica de una armonía universal o en el concepto platónico de ideal inmutable.

Si Dios, el Artesano hacedor, no tenía elección, ¿Por qué no la tenía? ¿Qué podría constreñir a un artesano hacedor de mundos? ¿Podría ser el deseo de belleza?

Sin duda alguna para Einstein el mundo encarna muchas ideas bellas.

Y fueron muchas sus aportaciones en este sentido.

Demostró para incrementar su belleza que las cuatro ecuaciones de Maxwell se pueden derivar de una sola de ellas. La Teoría de la Relatividad general, además de belleza en sí, se pueden obtener más ideas bellas como que los colores se pueden obtener a partir de cualquiera de ellas, por el movimiento o dicho de otra forma haciendo transformaciones galileanas. Puesto que las transformaciones galileanas son simétricas de las leyes de la naturaleza, cualquier color es como cualquier otro. Todos los colores son una misma cosa, visto en distintos estados de movimiento.

También podemos ver el mundo desde una perspectiva diferente si le imprimimos una velocidad constante o lo que viene a ser lo mismo mirándolo desde una plataforma móvil, muchas cosas nos parecerán diferentes, pero las leyes físicas seguirían siendo las mismas, no cambiarían en absoluto.

Fue Emmy Noether (1882-1935) quien estableció una conexión íntima entre la simetría matemática de las leyes físicas y la existencia de cantidades físicas concretas que no cambia las leyes físicas que hoy rigen el mundo, son las mismas que lo rigieron

en el pasado y lo registrarán en el futuro. Lo que es una simetría. Se puede cambiar el significado de tiempo que aparece en las leyes físicas sumando o restando una cantidad sin cambiar el contenido de las leyes, lo que en la jerga de las matemáticas y la física se llama traslación. La simetría de traslación temporal es una propiedad de nuestras ecuaciones dinámicas, pero no dice nada de las condiciones iniciales.

Según el Teorema de Noether, toda simetría de las leyes implica la conservación de alguna cantidad física. Para la simetría de la cantidad conservada es... ¡la energía!

Hoy sabemos que la energía hace rodar el mundo. La familiaridad con el concepto, sin embargo, no debería ocultarnos el carácter esencialmente extremo de la energía.

La idea de conservación de la energía es un principio fundamental que no aparece hasta el siglo XIX. Previamente al estudiar el movimiento, los científicos se habían dado cuenta que el parámetro Velocidad al cuadrado, aparecía con mucha frecuencia, algo que hoy sabemos está relacionado con la conservación de la energía. En un cuerpo podemos hablar de dos tipos de energía, la cinética y la potencial. La primera es proporcional a la velocidad del cuerpo y la segunda depende de su posición. Para la gravedad cercana a la tierra es proporcional a su altura.

La teoría de conservación dice que los cambios en una de las dos energías, debe transformarse en la otra. En la época de Galileo era una “*idealización*”, no se consideraban otras fuerzas como el rozamiento, la fricción... Newton también acepta el teorema de conservación de la energía idealizado.

En el Teorema de Newton no se consideran las fuerzas de ficción, luego no hay nada que reprochar.

Con la llegada de Maxwell la cosa se complica, aparece una tercera forma de energía, la eléctrica que se suma a las ya conocidas de cinética y potencial.

La importancia de la conservación de la energía llega con la revolución industrial y el estudio de máquinas tuvo que reconocer la energía de fricción o pérdida de energía que se transforma en calor y es otra forma de energía.

Se han ampliado las formas pero se ha mantenido el principio. Este principio nos obliga a referirnos a otro principio de conservación de la masa cierta hasta fecha reciente. En un colisionador de electrones y protones de alta energía, la colisión de dos partículas muy ligeras (un electrón y un positrón) genera de forma rutinaria docenas de partículas cuya masa total suma muchos miles de veces la masa total de partida. Gracias a Einstein sabemos que es disminuyendo energía. ¿Podría la conservación de la energía seguir el camino de la conservación de la masa? Parece difícil pues nos obligaría a repensar prácticamente todas las leyes físicas con las que hoy describimos el mundo.

Noether nos permite asegurar más cosas de las leyes físicas como es su uniformidad en el espacio y en el tiempo. Las leyes físicas son las mismas vistas desde orientaciones distintas, lo que se llama simetría rotacional que nos permite decir que se conserva el momento angular. Kepler hacía cálculos con estas leyes, Noether estableció el porqué.

6. BELLEZA CUÁNTICA

Comencemos por recordar algo que le hubiera encantado saber a Pitágoras. Cuando comienza a desarrollarse la teoría cuántica a falta de otro mejor se utiliza un libro de matemáticas de texto para el estudio de conocer el funcionamiento de los instrumentos musicales.

A veces teorías como la del Fotón de Einstein o la de Bohr de que los átomos solo pueden existir en estados estacionarios parecen contradecir otras más asentadas como la Teoría Electromagnética de la luz de Maxwell o la de la mecánica de Newton. Fueron hipótesis imaginadas hasta que se resolvieron las teóricas contradicciones.

Los átomos de cierto tipo absorben ciertos colores de la luz espectral de manera más eficaz que otros, en realidad absorben ondas electromagnéticas de cierta

frecuencia, de manera más eficaz que otras. Si se calientan emiten ondas de esa frecuencia que también absorben mejor. Es lo que se llama espectro.

Según Bohr los electrones de un átomo sólo pueden existir en un conjunto discreto de estados estacionarios. Los posibles valores de la energía del electrón entonces forman un conjunto discreto. Un electrón puede dar un salto cuántico que viene acompañado por la emisión o absorción de un fotón. Los saltos cuánticos provocan los espectros atómicos. Para Einstein la energía de un fotón es proporcional a su frecuencia y su frecuencia está codificada en su color, luego los colores del espectro de un átomo reflejan las posibilidades de transición entre estados estacionarios.

A Einstein, sin duda genio científico le pareció un milagro el descubrimiento de Bohr.

El modelo de Bohr precisaba de unas ecuaciones. Tardaron diez años en construirse y al día de hoy se piensa que nunca se podrán rebatir.

De la Teoría Cuántica recordemos la ecuación que describe cómo evoluciona en el tiempo la función de onda de un electrón que recordamos se llamaba la ecuación de Schrödinger. Esta ecuación como pieza matemática está muy relacionada con las ecuaciones que utilizamos para describir los instrumentos musicales.

Veamos ahora los conceptos de Teoría Central del Nobel de Física Frank Wilczek.

Parte primera. El alma de la Teoría Central o espacios de de propiedad. Si quiero ver en un ordenador un determinado punto y su color necesito precisar, sus coordenadas (x, y) , su tiempo (t) y las interioridades de tres fuentes de color como nos enseñó Maxwell: rojo, verde y azul (R, V, A) . Podemos decir, que las tres últimas fuentes las podemos definir como números y entonces podemos hablar que son posiciones de un nuevo espacio, un espacio de propiedad que se superpone al espacio-tiempo.

Parte segunda. El descubrimiento clave que condujo a los modelos atómicos modernos y exitosos fue obra de Hans Geiger y Ernest Mardsen en 1911. Aunque hoy es muy conocido, el resultado fue histórico. La estructura atómica se estudiaba con dos tareas. Una tarea, la física atómica, es la que estudia el núcleo pesado y con carga positiva y determinar después cómo se unen en los electrones. La segunda tarea, la física nuclear, es entender de qué están hechos esos corazones interiores de los átomos y las leyes que los gobiernan.

En el caso del hidrógeno, Rutherford descubrió que en su núcleo hay un protón. El segundo ingrediente fue descubierto por James Chadwick en 1932. El neutrón, una partícula eléctricamente neutra y sólo ligeramente más pesada que el protón. Este conocimiento se amplía inmediatamente y se descubre que los núcleos de los diferentes elementos químicos sólo difieren en el número de protones que contienen porque ese número determina la carga eléctrica del núcleo, que controla su interacción con los electrones circundantes del átomo que a su vez gobiernan su química.

El siguiente paso, sería qué fuerzas actúan entre protones y neutrones y los mantienen juntos. La descomposición de estos elementos permitió descubrir otras partículas más pequeñas e inestables, así como la fuerza nuclear fuerte.

Los quarks se vieron por primera vez en los experimentos realizados en el acelerador lineal de Stanford a finales de los años sesenta, como componentes del protón.

Tercera parte. La fuerza débil. Hasta ahora no sabíamos cómo los protones se convierten en neutrones o viceversa, aunque sabemos que esas transformaciones ocurren. Para explicar estos sucesos, los físicos tuvieron que definir otra fuerza, además de la gravedad, el electromagnetismo y la fuerza fuerte. La llamaron fuerza débil. Esta fuerza débil completa la imagen actual de la física. La Teoría Central.

Es cierto que a finales del año 2016, físicos austríacos han hablado de la posibilidad de una quinta fuerza. Se cita simplemente pues no hay ninguna prueba de su veracidad al día de hoy.

Podemos resumir, que todas las fuerzas se describen teóricamente utilizando la simetría local. La teoría de la gravedad, la relatividad general de Einstein se basa en la simetría local del espacio-tiempo, mientras que las teorías de las otras tres fuerzas se basan en la simetría local de los espacios de propiedad.

Volvamos sobre el dodecaedro, del que ya hemos hablado en varias ocasiones. Es uno de los cinco sólidos platónicos y encarna mucha simetría geométrica. Lo podemos convertir en un plano, toda su superficie y perdería su belleza. Utilicémoslo. La teoría central describe un tesoro enorme de hechos, observaciones sólidas y cuantitativas sobre un mundo físico, creando un conjunto de ecuaciones muy compacto.

También es cierto que la teoría central muestra algunas imperfecciones.

Contiene tres fuerzas matemáticamente similares: la débil, la fuerte y la electromagnética que se basan en la simetría local de los espacios de propiedad y la gravedad se basa en la simetría galileana local. Algunos pueden pensar que es un parche. ¿Supone esto algún elemento perturbador? Hay una esperanza. Las diferentes fuerzas “*parecen*” desiguales en magnitud, pero tal vez algún día tengamos que corregir nuestra visión y se revelen iguales.

No todas las ideas bellas sobre la realidad profunda son verdaderas. Muchas sí. Tampoco todas las verdades de la realidad profunda resultan bellas. Muchas sí. La Teoría Central tiene muchos cabos sueltos y al día de hoy no hay muchas perspectivas de atarlos todos. Pero lo que resulta evidente es la respuesta a la pregunta.

¿Encarna el mundo ideas bellas?

La respuesta es un sonoro,

SI.

CONCLUSIÓN DEL ESTUDIO SOBRE SÍ EL MUNDO ES UN DISEÑO INTELIGENTE

En 1910 la evolución era un tema de gran controversia en los Estados Unidos desde el punto de vista religioso y concretamente en la década siguiente, la oposición por los cristianos de su enseñanza. De alguna forma se promovió la ciencia de la creación como “*una explicación científica alternativa al mundo en que vivimos*”. Tan complicado es el argumento del diseño de la naturaleza como la demostración de la existencia de Dios.

Ya desde la Edad Media, la discusión religiosa del argumento del diseño o “*argumento teleológico*” en teología, con su concepto de “*diseño inteligente*” se ha referido persistentemente al Dios creador teísta. El movimiento actual comenzó en la década de 1980 como movimiento antievolutivo que podría incluir la creación del mundo.

El movimiento ha aumentado en popularidad en la década de 1990 con dos eventos en EE.UU. La publicación de libros por el profesor de Derecho Philip Johnson y la fundación del Centro para la renovación de la Ciencia y la Cultura en 1996 (ahora llamado Centro de Ciencia y Cultura).

El término “*diseño inteligente*” se adoptó como un reemplazo para la “*ciencia de la creación*”. Fue decidido que el diseño inteligente representa una creencia religiosa en el caso del Tribunal Supremo de los EE.UU., Edwards contra Aguillard en 1987. Tal vez sea necesario recordar que a partir de 1990 los defensores del diseño inteligente lo presentan como una alternativa a la evolución-

En la presente tesina no hemos llegado tan lejos.

Hemos resumido los tres libros que citábamos al principio y presentado lo que demuestran como verdades irrefutables.

¿Qué es antes la Matemática o la Física? En algunos casos se han descubierto fenómenos físicos que después hemos analizado bajo una fórmula matemática, pero

en algún otro se ha descubierto primero la fórmula matemática y después el fenómeno físico que se adaptaba a la fórmula matemática previa. En el caso de las constantes ¿Podemos encontrar razones que justifiquen su valor? Que esas constantes sean las que permiten la vida en la tierra y pequeñas alteraciones la hubieran hecho inviable. ¿Es una cuestión del azar?

Que la belleza de las ecuaciones últimas que hemos visto respondan a una realidad física ¿tiene alguna significación?

En la presente tesina no nos hemos pronunciado, pero nos atrevemos a decir que hace falta más diálogo para su valoración. Para unos son suficientes para creer en un diseño inteligente que necesite un creador, para otros no son suficientes. Y ahí se quedan.

No creemos que sea fácil el acuerdo, tal vez imposible, pero el diálogo es posible que permitiera alguna luz sobre las que ya tenemos.

PARTE V

CONCLUSIONES GENERALES

CONCLUSIONES

Tres son los argumentos que consideramos o se han considerado históricamente como prueba de la existencia de Dios.

El Ontológico de Sócrates-Platón que continua con San Agustín y San Anselmo, y que Kant estudiaría como argumento moral y el Cosmológico que parte de Aristóteles para ser Santo Tomás que se reinterprete en los siglos XVI y XVII y que a través de Leibniz nos lleva a la ciencia moderna y la física actual.

Esta tesina está reducida al argumento cosmológico.

¿Es posible una prueba cosmológica de la existencia de Dios? Podemos decir que históricamente ha sido que sí, pero que esa respuesta no se puede considerar unánime al día de hoy, pues con unos mismos datos científicos irrefutables y no cuestionados, unos científicos contestan positivamente y en menor medida algunos negativamente.

Comenzamos la tesina con la pregunta ¿Quién es Dios para el hombre? Y la respuesta para cuatro momentos históricos.

A cada respuesta le corresponde un argumento cosmológico distinto sobre la existencia de Dios.

Para Aristóteles, Dios es el motor inmóvil que causa en movimiento que sin duda se observa en el mundo. El mundo es eterno.

Estas teorías no tienen ninguna oposición en su tiempo que al día de hoy conozcamos. Ciertamente es que en la Grecia clásica e incluso antes de este periodo hubo grandes astrónomos, pero ninguno de ellos usó sus teorías como argumento cosmológico.

Superada la baja Edad Media, surge la figura inmensa de Santo Tomás. En sus cinco vías famosas, si utiliza el argumento cosmológico.

Al igual que Aristóteles, para él, Dios es el primer motor inmóvil, pero conforme a su posición de religioso para él, el mundo no es eterno, ha sido creado por Dios. Tampoco han quedado oposiciones escritas.

El Renacimiento es la gran explosión desde el punto de vista científico y cultural de la historia de la humanidad.

Copérnico corrige los argumentos de Ptolomeo y saca su teoría heliocentrista, aunque con algunas contradicciones que no es capaz de demostrar y que explicará y aclarará Galileo.

En su tiempo estas teorías si tienen oposición. El magisterio de la Iglesia asegura que están en contradicción con la Biblia que en uno de sus pasajes dice que Josue *“mandó parar el sol”*. Se podría decir que es un argumento aristotélico *“el magisterio de la autoridad”*.

Según tres grandes científicos y pensadores; Galileo, Descartes y Bacon que se oponen a dar veracidad al simple argumento del *“magisterio de la autoridad”* en este caso de *“la Iglesia”* o de *“la Biblia”*. El conflicto se produce y se llega a la condena de Galileo, pero estos tres pensadores buscan nuevos métodos para crear conocimiento y llegan al conocimiento experimental de Galileo que revoluciona la historia de la ciencia.

Estos nuevos métodos permiten que si Galileo ha creado las fórmulas de lo que hoy llamamos cinemática, Kepler y Newton hagan continuos avances sobre las leyes que gobiernan el universo, además de descubrir Newton esa fuerza todavía enigmática que conocemos por gravedad. No son capaces de explicar el funcionamiento total del universo. Conociendo las fórmulas que lo rigen lo que no saben explicar aseguran son interacciones puntuales de un Dios creador. Será necesario esperar un siglo hasta que Laplace pueda decir que no necesita de Dios para conocer y demostrar cómo funciona el universo.

El siglo XIX se producen grandes avances científicos que dan lugar a grandes avances técnicos, base del bienestar actual de una gran parte del mundo occidental.

No consideramos necesario recordar todos los avances técnicos de la revolución industrial, pues son de sobra conocidos.

El siglo XX comienza con la Teoría de la Relatividad. Einstein con frecuencia hace referencia a Dios. Son famosas y conocidas las muchas frases en este sentido. No podemos opinar de los otros grandes científicos en este sentido.

Lo que sí se puede asegurar es que sus grandes y revolucionarias teorías, tal vez no demuestren la existencia de Dios, pero tampoco de su lectura se desprende la no existencia.

Se consiguen grandes avances científicos, pero ninguno llega a conclusiones definitivas. Se puede decir a este respecto que volvemos a la situación del siglo XVII con Newton, pero con la única diferencia que los científicos actuales las nuevas incógnitas se siguen investigando y no consideran en absoluto que sean intervenciones de Dios.

La cosmología iniciada en la Edad Antigua, fundamentada en el siglo XVII y con grandes y potentes telescopios que tenemos en la actualidad ha permitido que en la actualidad la humanidad tenga muchos conocimientos sobre el espacio en el que estamos inmersos.

No obstante, es posible afirmar con una alta probabilidad de ser cierto que es más lo que desconocemos que lo que conocemos. La velocidad de la luz al día de hoy es una barrera infranqueable que nos impide conocer muchas cosas. Si la mecánica clásica solo es válida para un mundo de dimensiones reducidas- ¿La velocidad de la luz como máxima a alcanzar, será sólo válida para el universo conocido?

La teoría del big-bang aportó mucho conocimiento como origen del universo actual, pero ¿qué había antes del big-bang?

El mundo determinista de la mecánica clásico ha sido superado por el indeterminismo que nos traen la mecánica cuántica y la teoría de la relatividad. Físicamente en el siglo XXI ese determinismo no se sostiene.

Siempre que se asista a alguna conferencia de neurociencias surge el problema de la libertad humana y sus defensores y detractores.

El problema de la libertad históricamente es la libertad humana y el libre albedrío. El avance de las ciencias experimentales en el siglo XX ha hecho que se considere un tema de estudio de la psicología.

La filosofía de todas las épocas se han apoyado en la física y la matemática para fundamentar sus posturas. Recordemos a Newton y su determinismo absoluto que obviamente influyó en los filósofos de la época y sobre todo en aquellos que defendían la predeterminación. La libertad humana sin duda alguna está relacionada con el determinismo. Si estamos en un mundo determinista o no, es algo que no debemos obviar para hablar de la libertad humana.

Recordemos que Laplace aseguraba que el determinismo absoluto no era compatible con la libertad humana. Laplace contemplaba con absoluta precisión el movimiento futuro de un cuerpo. Laplace no era determinista absoluto. Recurría a estas ecuaciones para introducir la necesidad de acudir al cálculo de probabilidades en muchas facetas de la vida real.

Un determinismo absoluto nos llevaría a que todo este escrito y nada de lo que hiciéramos sería capaz de cambiar el futuro.

A partir del siglo XX la ciencia se ha ido poco a poco alejando de esa posición hasta el día de hoy que no se considera posible. Boltzmann ya introduce el concepto de probabilidad para establecer las magnitudes termodinámicas, pero sobre todo la aparición de la mecánica cuántica, que llega a considerar la probabilidad como núcleo de sus fundamentos teóricos. La mecánica cuántica siempre calcula probabilidades. No se observa un evento aislado, sino una gran cantidad de eventos por lo que se deben medir promedios. Rotundamente podemos decir que la mecánica cuántica no es una teoría determinista.

Según Karl Popper la teoría de la relatividad también excluye el determinismo, la velocidad de la luz es un límite máximo al que se puede transmitir información de un punto a otro.

La mayoría de los físicos actuales excluyen el determinismo absoluto como categoría filosófica. Ni el microcosmos ni el mundo galáctico podemos hablar de determinismo que quede reducido a la física del mundo cotidiano.

Ni un mundo determinista ni un mundo totalmente aleatorio son compatibles con la libertad humana. Si todo fuese aleatorio, nuestras acciones no servirían para nada.

El caos determinista viene a ofrecer el marco justo que hace posible la libertad. En estas circunstancias, es posible prever lo que puede ocurrir, calcular o estimar la probabilidad de que ocurra y elegir si se trata de evitar o no. Y esa elección tendrá efecto en el futuro, de acuerdo con las leyes de la naturaleza.

Otro tema de debate actual es el mundo sobre si es o no un diseño inteligente.

Con cierta aproximación podríamos decir que el DI es el campo de batalla actual entre los científicos creyentes y los científicos ateos.

La teoría del DI se gestó dentro de los entornos críticos con la teoría de la evolución durante los años 80 del siglo pasado. La primera gran contribución a su desarrollo vino de la mano de Michael Denton, un bioquímico australiano, investigador titular de la universidad de Otago en Nueva Zelanda. En sus dos obras principales "*Evolution: a theory in crisis* y *natura destiny*", planteaba la idea de que la complejidad del mundo natural no podía ser explicada mediante la acumulación de cambios aleatorios.

Concretando decir que el D.I defiende que Algo/Alguien/una inteligencia/dios/ha creado el universo con un diseño inteligente implícito, con unas leyes tan particulares, precisas, puntuales minuciosas y exactas a todos los niveles que con tal precisión sería imposible que las estrellas se hubieran formado, que la tierra estuviera a la distancia justa del sol para posibilitar su vida... Los partidarios del D.I creen que las ciencias aportan datos suficientes como para sostener la tesis que detrás de la creación universal hay una inteligencia que diseñó o proyectó él con la posibilidad implícita de que surgiera en su interior vida capaz de ser consciente de sí misma y probablemente de ir a más.

Recordemos las palabras de Paul Davies, físico y matemático que dice textualmente: *“Según el principio antrópico, las condiciones físicas que hacen posible nuestra existencia se encuentran tan enormemente ajustadas que es difícil pensar que nuestra existencia sea un simple resultado del azar o de fuerzas ciegas”* *“pertenezco al grupo de científicos que no suscriben ninguna religión convencional y sin embargo niegan que el universo sea un accidente sin significado”*-

En esta humilde tesina se ha tratado de describir cosas que conocemos, que consideramos normales, pero que si nos paramos a meditar son de una belleza fascinante difícilmente surgido de un azar.

Por último recordemos al matemático británico Roger Penrose quien tomando en cuenta las variables físicas intentó probar matemáticamente la respuesta a estas preguntas ¿Cuál es la posibilidad de que un universo que pasó a existir por casualidad produzca órganos vivientes? Según Penrose es del orden de $1/10^{10^{123}}$. Obviamente es difícil imaginar ese número. Sirve de referencia que en matemáticas una probabilidad de $1/10^{50}$ significa *“probabilidad cero”*.

Pocas más conclusiones se pueden sacar. Termina diciendo que ante unos hechos, leyes y situaciones de la naturaleza, que estudiados científicamente no hay posibilidad de decir que no sean ciertos, y con los que están de acuerdo todos los científicos para que después se dividan.

Los creyentes los consideran suficientes para afirmar la existencia de Dios y los no creyentes no los consideran suficiente, pues creen que todos ellos son producto de casos reales que han resultado de un conjunto de casos difícilmente de imaginar y como este conjunto es grande aún con una probabilidad pequeña se han hecho realidad.

Madrid, 23 de abril, día del libro del año 2017

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar al profesor Doctor D. Miguel García-Baró, director del departamento de Filosofía de la Facultad de Ciencias Humanas y Sociales de la Universidad Pontificia de Comillas en Madrid y también director del máster en Filosofía, Humanismo y Transcendencia. Gracias a él, sin tener el grado de Filosofía, me ha permitido incorporarme al máster y gracias a ello descubrir una ciencia y adquirir unos conocimientos muy útiles para toda persona humana.

En contra de las corrientes actuales, no solamente pienso que se deberían incrementar los programas de filosofía en las enseñanzas medias, sino también no olvidarse de ellas en la formación universitaria.

A todos los profesores del máster, a los que no cito nominativamente, pero recuerdo agradecido a todos ellos. Cada uno en su materia, han sabido explicar la filosofía como asignatura actual, imperecedera y con una lozanía que si los escuchasen los que después definen los programas educativos, tal vez serían distintos en la que repercute a esta materia.

Y por último al Doctor Don Antonio Sánchez-Orantes, profesor del máster de la asignatura ciencia y religión. Le tengo que agradecer no solamente que me ha dirigido esta tesina, sino también que ha soportado estoicamente las nefastas presentaciones parciales, en algún caso sólo manuscritas y con bastante desorden.

Y para terminar, dejar escrita mi opinión. Si no todos, muchos de los problemas actuales, serían menos problemas o incluso se podrían solucionar afrontándolos, teniendo presentes los pensamientos de los grandes y sabios hombres que nos han precedido en la historia de la humanidad y que se estudian en la ciencia que denominamos filosofía.

Madrid, Mayo año 2017

GLOSARIO

Cuanto: Del latín quantum, es la palabra utilizada para referirse a la porción mínima de alguna magnitud que se presenta siempre en cantidades discontinuas (uno o varios cuántos). En física, se llama «cuantizar» el proceso por el cual la descripción de un sistema clásico se convierte en otra que obedece las reglas cuánticas, y por ello algunas de sus variables características —energía, impulso, etc.— sólo adoptan valores discontinuos.

Dimensión: En un sentido amplio, «dimensiones» son las variables que definen el estado físico de un sistema material, al conjunto de las cuales se puede aplicar las reglas de algún tipo de geometría. Debido a ello es posible definir espacios abstractos, con multitud de dimensiones, que siguen reglas geométricas poco usuales (geometrías no euclídeas, simplécticas, funcionales, etc.).

Electromagnetismo: Fuerza que atrae partículas de carga opuesta y repele partículas de carga similar. El electromagnetismo afecta a todas las partículas cargadas, pero no a las partículas neutras como los neutrinos.

Electrón: Partícula muy ligera (sólo el 0,05 % de la masa de un protón), con carga eléctrica negativa, que ocupa los orbitales dispuestos en torno al núcleo de un átomo. Su carga eléctrica es igual y opuesta a la del protón del núcleo, y en un átomo normal el número de electrones iguala al de protones, lo que determina su carácter eléctricamente neutro. El electrón emite y absorbe radiación electromagnética, protagonizando diversas transiciones entre los niveles cuánticos orbitales.

Elemento: En química, se denomina elemento a las sustancias formadas por el mismo tipo de átomos. Los elementos, clasificados de acuerdo con el número de protones de su núcleo atómico, se organizan en la tabla periódica de los elementos, creada en su versión original por el ruso Dmitri Mendeléiev (1834-1907) y el alemán Lothar Meyer (1830-1895).

Fotón: Cuanto del campo electromagnético, cuyo intercambio manifiesta la fuerza de este tipo entre partículas eléctricamente cargadas.

Fuerza nuclear fuerte/débil: La fuerza nuclear fuerte une los quarks entre sí en partículas compuestas, y también retiene juntos a protones y neutrones para formar núcleos atómicos. Por otro lado, la fuerza nuclear débil tiene un alcance muy corto y es responsable de ciertos procesos de descomposición radiactiva.

Fuerza: Una de las nociones esenciales empleadas por Newton en su concepción del mundo físico. Pese a la tremenda discusión filosófica en torno a su significado, el modo más sencillo de comprender esta idea es a través de las interacciones entre los cuerpos.

Dos objetos interactúan, o se ejercen una fuerza mutuamente, cuando su comportamiento es distinto comparado con el caso en el que se hallan aislados. Generalmente, la diferencia de su conducta consiste en que las fuerzas de interacción alteran sus movimientos acelerándolos (poniéndolos en movimiento, o modificando su velocidad en magnitud o dirección).

Función de onda/función de estado: Nombre que recibe, la función que contiene la descripción matemática de un sistema físico de acuerdo con las leyes de la teoría cuántica.

Esta función indica los estados posibles de un cierto sistema, y cuál es la probabilidad de un estado particular en un momento dado.

Gravedad: Fuerza responsable de la atracción mutua entre dos masas cualesquiera. Comúnmente se asocia con una aceleración.

Mecánica: Estudio matemático del movimiento de los cuerpos, y de las fuerzas que ocasionan tales movimientos. Se compone de la cinemática (que se ocupa sólo de las trayectorias, las velocidades y las aceleraciones) y de la dinámica (que trata de los movimientos considerando las fuerzas que puedan influir sobre ellos).

Neutrón: Partícula neutra, formada por tres quarks, con una masa similar a la de un protón.

Núcleo: Parte central del átomo donde se ubican los protones y los neutrones; por este motivo, se los denomina colectivamente «nucleones».

PiÓN: Partícula predicha por Hideki Yukawa en el año 1935. Se comporta como mensajera de la fuerza que une a neutrones y protones en el núcleo, y hoy se conoce como mesón pi o, brevemente, piÓN. Puede tener carga eléctrica positiva, negativa, o ser eléctricamente neutra.

Protón: Partícula cargada positivamente que está formada por tres quarks, posee unas 2.000 veces la masa de un electrón y usualmente forma parte de los núcleos atómicos.

Radiación electromagnética: Emisión de energía que consiste en la oscilación de un campo eléctrico y uno magnético que vibran perpendicularmente el uno con respecto al otro y viajan por el espacio a la velocidad de la luz.

Dependiendo de la longitud de las ondas, esta radiación se conoce como rayos gamma, rayos X, radiación ultravioleta, luz visible, radiación infrarroja u ondas de radio.

Radiactivo: Dícese de aquel sistema material con capacidad para emitir radiaciones (núcleos de helio, electrones o fotones gamma) a causa de procesos nucleares en el interior de sus átomos.

Semiconductor: Material cuya capacidad de conducir la corriente eléctrica depende en parte de condiciones extrínsecas, como la temperatura, la irradiación o la presencia de átomos de otra clase («dopaje») en su estructura interna.

Teleportación cuántica: Proceso físico por el cual se puede copiar el estado cuántico de una partícula en otra partícula arbitrariamente alejada de la primera. Se comienza tomando una pareja de cuantones (A y B) que haya interactuado inicialmente, por lo cual se encuentran en lo que se llama estado de «entrelazamiento».

Esto significa que la alteración de alguna propiedad cuántica en una de ellas afecta a la otra, con independencia de la distancia que las separe. Cuando esos cuantones entrelazados están en lugares apartados, una tercera partícula C interactúa, por ejemplo, con el cuantón A , lo que permite reproducir su estado cuántico en B al precio de destruir el estado de C .

En cualquier protocolo de teleportación cuántica existe el llamado «canal clásico», la transmisión de información sobre la interacción entre A y C para que los operarios puedan reproducir el estado de C en B . Con ello se garantiza que la información jamás podrá viajar a una velocidad superior a la de la luz infringiendo las leyes relativistas de Einstein.

BIBLIOGRAFÍA BÁSICA

ARISTÓTELES

- Juan Manuel García de la Mora. *Aristóteles. Vida, pensamiento y obra*. RBA. Colección grandes pensadores, Madrid, 2006.

SANTO TOMÁS

- Eudaldo Forment. *Santo Tomás. Vida, pensamiento y obra*. RBA. Colección grandes pensadores, Madrid, 2006.
- Tomás de Aquino. *Summa Teología*. Edición breve de bolsillo. Alianza Editorial, Madrid, 2010.

LA CIENCIA DEL RENACIMIENTO

- Nicolás Copérnico. *Sobre las revoluciones (de las orbes celestes)*. Tecnos. Clásicos del pensamiento, Madrid, 2009.
- Toni Montesinos. *Copérnico. Vida, pensamiento y obra*. RBA. Colección grandes pensadores, Madrid, 2006.
- Galileo Galilei. *Sobre los dos máximos sistemas del mundo ptolemaico y copernicano*. Alianza Editorial. Madrid, 2006.
- Galileo Galilei. *Carta a Cristina Lorena*. Alianza Editorial. Historia de la Ciencia, Madrid, 2009.
- S.M. Vaquero. *Galileo. El método científico. La naturaleza se escribe con fórmulas*. Colección grandes ideas de la ciencia, Madrid, 2015.
- Lourdes de Bassols. *Galileo Galilei. Vida, pensamiento y obra*. RBA. Colección grandes pensadores, Madrid, 2006.

- Kepler. *Vida, pensamiento y obra*. RBA. Colección grandes pensadores. Madrid, 2006.
- Antonio, J. Durán. *Newton, vida, pensamiento y obra*. RBA. Colección grandes pensadores, Madrid, 2006.

LA FÍSICA ACTUAL

- Albert Einstein. *El significado de la relatividad*. Austral, Madrid, 2009.
- Antonio Acín y Eduardo Acín. *Persiguiendo a Einstein*. De la intuición a las ondas gravitacionales. Colección Descubrir la ciencia, Madrid, 2016.
- Roger Corcho Orrit. *La naturaleza se escribe con fórmulas*. RBA. Grandes ideas de la ciencia, Madrid, 2012.
- Miguel Ángel Sánchez Quintanilla. *La mecánica cuántica*. RBA. Colección la física actual, Madrid, 2012.
- Alberto Pérez Izquierdo. *La teoría del caos*. Las leyes de lo imprescindible. Colección un paseo por el cosmos, Madrid, 2016.
- David Galadi Enriquez. *La evolución del universo*. Los siete primeros trillones de minutos. Colección un paseo por el cosmos, Madrid, 2016.
- Miguel Ángel Sánchez Quintanilla. *El final del universo*. ¿Qué destino le espera al cosmos? Colección un paseo por el cosmos, Madrid, 2016.
- *El Mundo ¿es un diseño inteligente?* Steven Weinberg.
- *El Mundo ¿es un diseño inteligente?* La naturaleza imaginada. ¿Es matemático el mundo? URSS, Madrid, 2015.
- Alemán Berenguer. *Constantes. El enigma de los números básicos que siguen el universo*. Almuzara, Madrid, 2013.
- Frank Wilczek. *El mundo como obra de arte – crítica-*, Madrid, 2015.

OTRAS BIBLIOGRAFÍAS CONSULTADAS

- *Explicar el mundo*. Taurus, 2010.
- *El fin de la fe*. Sam Harris, Paradigma, Madrid, 2013.
- Stephen W. Hawking. *La teoría del todo*. De bolsillo, Madrid, 2016.
- Lee Smolin. *Las dudas de la física en el siglo XII*. Crítica, Madrid, 2016.
- Jorge Blaschke, *Hawking esencial*. Crítica, Madrid, 2016.
- Richard Dawkins, *El Espejismo de Dios*, Espasa, 2016.
- Francisco Conesa-José Miguel Cejas. *El Nuevo Ateísmo*. Hoja de Ruta, Rialgo, Madrid, 2016.
- Rafael Andrés Alemañ Berenguer. *En busca de la Teoría del Todo*. Descubrir la Ciencia, Madrid, 2017.

Esta humilde tesina se terminó de escribir el día anterior, el tres de mayo del año 2017.

El día tres de mayo de cada año, el pueblo de Usanos-Guadalajara, que vio nacer al autor de la misma, celebra sus fiestas patronales en honor de la Virgen del Traspaso y Soledad.