

CAPITULO I

Fundamentos de la ciencia moderna y la filosofía científica clásica

No hay nada más necesario para
El hombre de ciencia que la historia
De ésta y la lógica de la investigación...
La forma de descubrir los errores, el
Uso de hipótesis y de la imaginación,
El modo de someter a contraste.
Lord Acton

El desarrollo de la teoría cuántica y sobre todo la *problemática filosófica* posterior que se desprendió de los **polos de interpretación**, tienen un fundamento esencialmente ligado a procesos históricos que se iniciaron en el siglo VI a.C. y que son los orígenes de la **tradicón científica** que practicamos hoy.

Los *problemas* de la física actual, su *método* y muchos de sus *conceptos* son en gran medida productos de una **tradicón científica** que nace en la física y la astronomía del Renacimiento. Al respecto decía Heisenberg en 1973 que en el trabajo científico del presente, aún se sigue esencialmente el método descubierto y desarrollado por Copérnico, Galileo y sucesores en los siglos XVI y XVII.¹

Y sobre todo porque como afirma Nagel: “La mecánica clásica constituye el paradigma generalmente reconocido de teoría determinista y las discusiones actuales acerca del determinismo deben a la mecánica muchas de sus distinciones y buena parte de su lenguaje”²; nos parece menester realizar un recorrido histórico –aunque general- del

¹ Heisenberg. *Encounters with Einstein*. P. 8

² Nagel. *La estructura de la ciencia*. P. 259

derrotero que le dio sus características básicas a la *mecánica clásica* para poder situarla como un paradigma esencialmente **determinista, causal, objetivo y realista**.

1.- Antecedentes griegos:

Tenemos que empezar con los griegos porque fueron ellos (desde el siglo VI a.C.) los primeros que usaron *principios metafísicos* y *conceptos abstractos* para explicar un orden en la naturaleza y describir fenómenos naturales. Entre ellos destaca Pitágoras ya que introduce el **elemento ideal** (los números) y resalta la importancia de las **relaciones matemáticas** en los fenómenos naturales, dando pie a un considerable desarrollo en matemáticas, astronomía y filosofía natural que otras culturas no tuvieron.

Los antiguos griegos indagaron sobre el origen y la forma del movimiento, sin embargo no fue hasta Aristóteles que se tuvo un sistema organizado de estas ideas y se pudo dar una teoría del movimiento. Para el Estagirita –explica el profesor de historia de la ciencia Knut Metzger- “el movimiento era una de las cuatro manifestaciones del cambio (kinesis) que la materia era capaz de hacer, por su propia voluntad (seres vivos) o por aplicación de una fuerza ajena de un agente que constantemente debería estar en contacto con el móvil”.³

La teoría de Aristóteles postula el *lugar natural* al que corresponden los movimientos terrestres naturales: los objetos másicos buscan la Tierra, los líquidos el agua (los ojos de agua brotan hacia arriba), un gas busca la atmósfera y el fuego el mundo celeste (el sol y las estrellas) porque esos son sus lugares naturales. Respecto a los movimientos no naturales (no verticales), también llamados violentos (por ejemplo una piedra lanzada por alguien), Aristóteles explica su **causa** a través de una fuerza motriz

³ Metzger, *Introducción a la Historia de la Ciencia* (en preparación).

aplicada sobre el objeto inerte. En el movimiento, el aire delante del objeto se rompe arremolinándose en torno suyo y empujándola desde atrás incrementando su velocidad.

Así que la causa y el movimiento tenían una *relación indirecta*. Según el Estagirita no basta una sola clase de causa para la producción de un efecto, sino que se necesitan cuatro clases: la causa material (receptáculo pasivo sobre el cual actuaban las demás causas y que nada tiene que ver con la noción de materia de la ciencia moderna); la causa formal (que provenía de la esencia, idea o cualidad de la cosa); la causa eficiente o fuerza motriz (la compulsión externa a la cual debían obedecer los cuerpos); y la causa final (meta a lo cual todo tendía y servía).

Siguiendo la teoría de los cuatro elementos postulada por Empédocles, Aristóteles distinguía entre lo que llamaba la región “*sublunar*” (formada por los cuatro elementos – tierra, aire, fuego y agua) y el mundo celeste (para el que propuso un quinto elemento – la “quinta esencia”); mundos que obedecen físicas distintas (una cambiante y otra inmutable). Además, en la visión aristotélica, de corte realista, tanto el *espacio como el tiempo tenían carácter ontológico* (existencia propia, independiente de objetos y sucesos) y la tierra se postuló como el centro inmóvil del cosmos dando pie a que todo sistema en movimiento pudiera ser puesto en referencia a ella.

Este filósofo no ofreció pruebas experimentales de sus ideas, a pesar de darle primacía a la evidencia sensorial, su sistema utilizaba un **método inductivo** tripartito: observación, principio explicativo, consecuencias derivadas por deducción. En cuanto al conocimiento verdadero, sólo puede ser proporcionado por un razonamiento correcto (el silogismo) expuesto en su *Organon*, en el que trata las **reglas formales de la lógica deductiva** .

La teoría cinemática del movimiento planetario más significativa de la antigüedad por su trascendencia es la de Claudio Ptolomeo, astrónomo alejandrino inventor del astrolabio y sintetizador de las obras de Aristóteles e Hiparco de Samos. Su obra (ca. 140 d.C), traducida al árabe como *Almagesto* consagró el sistema geocéntrico del mundo que persistió hasta Copérnico (1543).

Ptolomeo **no asignó causas** a los complejos movimientos de los cuerpos celestes, más bien se centró en otros fenómenos como los eclipses. El objetivo de su sistema astronómico era *explicar* apariencias sensibles, especialmente el movimiento (aparentemente) irregular. Tomaba los movimientos como **razones** y no como causas. Y explicó los movimientos aparentes de los planetas cuya irregularidad fue un importante resorte del progreso de la astronomía, sin embargo, no dió las causas eficientes (no es dinámica sino cinemática) del movimiento planetario, por lo que es una teoría no causal, descriptiva y parcialmente explicativa.⁴

2.- La Edad Media

Los escritos de Aristóteles sobre la naturaleza fueron un pilar del mundo medieval ya que sobrevivieron el colapso del mundo griego y el imperio romano, a parte de que fueron traducidos por los árabes. La visión de Ptolomeo fue adoptada por la Iglesia cristiana como la imagen del universo que concordaba con las escrituras. Así que el marco teórico de la **visión organicista** que imperó desde 1200, descansaba en dos autoridades: Aristóteles y la Biblia, estableciendo un sistema comprensivo de la naturaleza de acuerdo a la teología cristiana basada tanto en la fe como en la razón,

⁴ Bunge. *El principio de causalidad en la ciencia moderna*. P. 270-1

siendo el conocimiento un instrumento para entender el significado de las cosas y no para predecirlas o controlarlas.

Cuando hablamos de una visión organicista, nos referimos a aquella idea que entiende a la *naturaleza como una totalidad*, es decir, una unidad en la que cada parte es soporte del conjunto; por lo que no puede ser tomada aisladamente y ni siquiera la más pequeña de ellas puede ser entendida sin éste. El organicismo medieval está compuesto de varios niveles codependientes: el material, el vegetal y el animal estructurados en perfecta armonía. Para esta época, las comunidades humanas, como parte íntegra de la naturaleza, habrían de asumir una actitud de respeto frente a la armonía natural.⁵

Para el filósofo de la época el **conocimiento no** representaba **una problemática** a resolver, es decir, no se ocupaba de la *posibilidad* del conocimiento (la epistemología es una empresa moderna). Para la episteme de la época todo el mundo de la naturaleza podía ser inmediatamente presente y por completo inteligible. Por ello, las categorías con las que era interpretado no tenían que ver con el espacio, el tiempo, la masa y la energía, sino con *la substancia, la esencia, la materia, la forma, la cualidad y la cantidad*.⁶ Por otro lado el pensador medieval no podía olvidar los imperativos de la fe por lo que *su filosofía era eminentemente religiosa*. Las relaciones espaciales y temporales eran accidentales; no características esenciales. No se buscaban interacciones en el espacio; se buscaban **conexiones lógicas**⁷, el conocimiento que se procuraba era meramente lógico, no matemático ni experimental.

En general, las ideas que se tenían sobre la naturaleza eran que la Tierra era el centro del universo y que el sol, las estrellas y los planetas se movían circularmente a su

⁵ Metzger. *Op. Cit.*

⁶ Burt. *The Metaphysical Foundations of Modern Science*. P. 18

⁷ *Op. Cit.* P. 27

alrededor. El sentido común les decía que si el sol sube en la mañana y caía al anochecer, se debía mover alrededor de la tierra (concordando con la Biblia). También se creía que las estrellas eran una especie de fuego celestial eterno y que el universo era una gigantesca esfera transparente como el vidrio aunque compuesta de elementos lo suficientemente fuertes para soportar los cuerpos celestiales (nada se caía del cielo). En la tierra, por el contrario, todo perecía y se encontraba en un estado constante de cambio. La tierra y el universo que la circunda son dos reinos irreconciliables para la episteme del siglo XVI. Estas ideas se deben a las teorías de los griegos y principalmente a Aristóteles de las que nunca se dio ni se exigió prueba experimental.⁸

3.-La Ciencia Moderna

El desarrollo de lo que podemos llamar propiamente *ciencia* occidental, se inicia en el Renacimiento cuando se cuestionan las teorías aristotélicas, se aparta de la Iglesia y se comienza a buscar en la naturaleza. Esta revolución científica –como la llamamos hoy– se debe principalmente a Copérnico (heliocentrismo, 1543), Kepler (órbitas elípticas, 1608/ 19) , Galileo (caída de los graves, 1590) y Newton (gravitación universal, 1687); entre otros y decimos que es una revolución porque consiste en el abandono de una filosofía organicista por una **mecanicista** de la naturaleza, y sobre todo porque dejó de ser una ciencia del *que*, para pasar a una del *cómo*.⁹

Ahora -explica el Prof. Metzger- “se analizan las cualidades cambiantes y medibles de los fenómenos con el fin de encontrar, entre ellos, regularidades y establecer

⁸ Bixby. *The universe of Galileo and Newton*. Pp. 18-19

⁹ Metzger. *Op. Cit.*.

leyes matemáticas precisas”.¹⁰ Desde el punto de vista mecanicista, todo fenómeno físico puede ser explicado si se le reduce a sus partes y se observan los mecanismos que lo hacen interactuar.

La nueva ciencia comienza en la astronomía y por lo tanto con las posiciones y velocidades de cuerpos que fueron los primeros conceptos para describir el fenómeno natural. Solemos darle el mérito al astrónomo prusiano Nicolas Copérnico que derrumbó el geocentrismo. Aunque Nicolas de Cusa (1401- 1464) ya enseñaba que no existe nada en el universo sin movimiento, que éste tenía un centro y que la tierra viaja a su alrededor junto con otras estrellas;¹¹ la concepción copernicana fue la primera en arrojar datos astronómicos en un orden matemático más *simple y armonioso*,¹² es decir, en *retomar el elemento ideal* (pitagórico y platónico) reduciendo todo a **matemática**.¹³

Copérnico formó una concepción rudimentaria de la **hipótesis científica** amoldada a su nuevo método astronómico. Una hipótesis fue considerada por él como *una combinación racional (matemática)* de cosas que hasta entonces habían sido distintas. Es una revelación de la *razón*, en términos de lo que une estos elementos, de porqué son como son.¹⁴ Una vez más no es una teoría dinámica del movimiento planetario *causal* ya que tampoco asigna causas a los movimientos de cuerpos celestes.¹⁵

A Copérnico lo siguió Johannes Kepler, astrónomo y matemático alemán que en 1609 publicó su *Astronomía Nova*. Obra que da las *primeras leyes empíricas* relativas al movimiento de los planetas, a través de tablas astronómicas dando un fuerte impulso al sistema copernicano.

¹⁰ *Ibid.*

¹¹ Burt. *Op. Cit.* P. 41

¹² *Op. Cit.* P. 38

¹³ P. 55

¹⁴ P. 57.

¹⁵ Bunge. *El principio de causalidad en la ciencia moderna*. P. 270.

Aunque la astronomía moderna ha demostrado que estas leyes cinéticas del movimiento planetario son sólo aproximadas (sobre todo debido a las perturbaciones que ejercen los otros planetas),¹⁶ la verdadera clave de su pensamiento está a la base de la simplicidad y la unidad que le da a la naturaleza¹⁷, su concepción del universo como *matemáticamente armónico*.

Kepler insistió en *teorizar los hechos observados*. El procedimiento científico en Kepler alcanza un nuevo concepto de **causalidad** que reinterpreta la noción aristotélica en términos de exactitud matemática. La *causa verdadera* subyace en la simplicidad y la armonía matemática, como lo muestra en su *Mysterium Cosmographicum*. Por ello, una **hipótesis** verdadera es una aseveración que subyace en la armonía matemática descubrible en los efectos. La concepción de Kepler tiene un carácter **inclusivo** ya que revela un orden matemático donde había diversidad, siendo este orden algo descubierto en los hechos mismos.¹⁸

No solo es posible descubrir relaciones matemáticas en todo objeto presentado a los sentidos, sino que ahora, todo conocimiento verdadero debe ser *conocimiento cuantitativo*: el conocimiento perfecto siempre es matemático.¹⁹ El método kepleriano le deja al mundo real sólo características cuantitativas siendo sus diferencias únicamente numéricas. La presencia de lo platónico es determinante: lo cambiante, las cualidades superficiales que no concuerdan con esta subyacente armonía matemática se encuentra en

¹⁶ Burt. *Op. Cit.* P.237.

¹⁷ *Op. Cit.* P.57.

¹⁸ *Ibid.* P.65.

¹⁹ P.67.

un nivel más bajo de realidad.²⁰ Trayendo así una *reinterpretación* de nociones como *causalidad, realidad, e hipótesis*.

Sin embargo, el verdadero cambio vino con Galileo Galilei, que estudió el movimiento (a través de la caída de los graves), la luz y la organización del sistema solar. Además de ser contemporáneo de Kepler, mantuvo una interesante correspondencia con él aunque no podemos decir que se influenciaron mutuamente. Con el científico italiano la naturaleza se convirtió en un sistema aún más simple que el de Kepler. Todo en la naturaleza era *regular y necesario*. Siendo esta rigurosa necesidad, de carácter fundamentalmente matemático. El libro del universo estaba escrito en lenguaje matemático y sus símbolos eran triángulos, círculos y otras figuras geométricas.²¹

El gran pisano fabricó su propio telescopio y propuso examinar el mundo con este instrumento en vez de basarse en textos. De esta manera desacreditó por completo la vieja cosmología estableciendo la hipótesis copernicana como verdadera. Fue el primero en *combinar la experimentación con la matematización para formular leyes*, por lo que se le considera el fundador de la ciencia moderna y el método científico. Su modelo empírico- matemático para llegar a principios ha dominado la ciencia desde entonces.

Lo que hizo Galileo fue traer una nueva ciencia: la *dinámica terrestre*. Hasta entonces, el porqué del movimiento había sido el objeto de estudio, procediendo en términos cualitativos y sustantivos; con Galileo encontramos un viraje, ahora el objeto de análisis se centraba en el *cómo* del movimiento a través del método matemático.²² El estudio matemático del cómo del movimiento abrió las puertas a los conceptos de *espacio* y *tiempo*. Mientras para la física aristotélica y escolástica estas categorías no tenían

²⁰ P. 70

²¹ Burt. *Op. Cit* P. 74

²² *Ibid.* P.91

ninguna importancia, en la metafísica de Galileo, el espacio (o distancia) y el tiempo fueron fundamentales. El mundo real es un mundo de movimientos matemáticamente medibles en el espacio y el tiempo.²³

Con Galileo la idea de **causalidad** fue utilizada en forma dinámica más que formal.²⁴ Galileo definió la causa eficiente como aquella condición necesaria y suficiente para la aparición de algo: “aquella, y no a otra debe llamarse causa, a cuya presencia siempre sigue el efecto y a cuya eliminación el efecto desaparece”.²⁵ Así pues, es una visión que le atribuye significado *ontológico* y *metodológico* (ofrece la *eliminación* como criterio práctico para decidir si un factor es o no causa necesaria) pero conflictivo ya que hace el análisis causal imposible (debido a la infinidad de factores) y resulta demasiado general porque expresa un “conjunto de condiciones” tanto necesarias como suficientes para que ocurra un acontecimiento producido por un proceso de cualquier naturaleza (sea o no causal).²⁶

Guiado por las necesidades inherentes de la metafísica de sus matemáticas, Galileo, igual que Kepler, derivó una doctrina de *cualidades primarias* y *secundarias* (que ya rastreamos en Demócrito y Locke y que aquí se inauguran en la mecánica). Encontramos una clara distinción entre aquello en el mundo que es *absoluto, objetivo, inmutable y matemático* (cualidades primarias); y aquello *relativo, subjetivo, fluctuante y sensible* (secundarias). El primero incumbe al conocimiento, el segundo a la opinión y la

²³ Burt. *Ibid.* P.93

²⁴ P.98.

²⁵ Citado en Bunge. *Op. Cit.* P.45

²⁶ Ver: Bunge. *Op. Cit.* P.46

ilusión.²⁷ La realidad del universo es geométrica, las únicas características de la naturaleza reales son aquellas que hacen posible el conocimiento matemático.

Esta doctrina galileana de las *cualidades primarias y secundarias* tuvo un fuerte impacto en el pensamiento moderno. Como lo ha demostrado el Profesor Burttt en su *The Metaphysical Foundations of Modern Science*, esta división fue un paso fundamental para el destierro del hombre del gran mundo de la naturaleza y su tratamiento como un efecto de lo que pasa en ella. Y ha llegado a ser un rasgo constante del desarrollo de la filosofía de la ciencia trayendo consigo la gran problemática metafísica y sobre todo **epistemológica** de la filosofía moderna. El mundo verdadero ahora debía ser el mundo **fuera del hombre**.²⁸ El campo quedaba listo para el **dualismo cartesiano**: por un lado el reino matemático y por el otro el del hombre.

Francis Bacon y Rene Descartes también contribuyeron con el desarrollo de esta revolución científica y el cambio epistemológico que la acompaña.

El primero propuso un nuevo **método empírico** que envolvía la descripción matemática (*matematización*) de la naturaleza y cuyo **procedimiento inductivo** consiste en experimentar, sacar conclusiones generales y probarlas en otros experimentos. Desde esta perspectiva, el objetivo de la ciencia era el conocimiento para el **dominio y control** de la naturaleza. El *Novum Organon* (1620) de este inglés juzgó inútil y perjudicial el método deductivo que perduró en la escolástica, abogando en favor de un método inductivo por eliminación. Ahora el conocimiento debía ser llevado a la **práctica**, “saber

²⁷ Burttt. *Op. Cit.* P. 83

²⁸ *Op. Cit.* P.89

es poder” –proclamó-, promoviendo una nueva actitud más agresiva ante la naturaleza.²⁹
Con Bacon también nace la idea de una ciencia útil presupuestada por el Estado.

El método de pensamiento cartesiano –por su parte- tenía como meta la **certeza absoluta**, a la que consideraba de *naturaleza matemática*. A Descartes le debemos la *síntesis del álgebra y la geometría* en la *geometría analítica* que le permitió aplicar un **análisis matemático al movimiento** de los cuerpos reduciendo todo fenómeno físico a *relaciones matemáticas* (por lo tanto exactas).³⁰ Para llevar a cabo estos planes y crear una ciencia natural exacta, pensó en un nuevo **método de razonamiento** presentado en su *Discurso del método* (1637); una especie de texto introductorio a la ciencia diseñado para alcanzar la verdad científica como dice su nombre completo: *Discurso del método para dirigir bien la razón y buscar la verdad en las ciencias*. De hecho, podemos decir que su proyecto consistió en darle a la ciencia físico- matemática naciente los marcos filosóficos que le hacían falta.³¹

Para Descartes la certeza es alcanzada por la intuición y la deducción, por lo que decimos que su **método** es **analítico** ya que consiste en estudiar el problema por partes y ordenarlas en un orden lógico. A caso sea esta la mayor contribución de este pensador a la ciencia, sobre todo tomando en cuenta que se ha convertido en una característica esencial de la ciencia moderna y se ha mostrado sumamente útil para el desarrollo de las teorías científicas.³² El método del descubrimiento filosófico es distintivamente racional y conceptual; el mundo sensible queda como algo vago y confuso.

²⁹ Metzger. *Op. Cit.*

³⁰ Capra. *The Turning Point*. P. 58

³¹ Descartes. *Discours de la Méthode*. P.8

³² Capra. *Op. Cit.* P.59

En cuanto al movimiento, el sistema cartesiano era *de carácter cinético y no dinámico*: su objetivo no era explicar los fenómenos en términos de fuerzas, sino de movimientos. No aceptaba otros principios en física que los geométricos, abstractos o matemáticos.³³ Sí es sobre el mundo sensible sobre lo que se filosofa, pero el método correcto no descansa en la confianza en la experiencia sensible. De lo sensible sólo provienen “pensamientos confusos”³⁴ por lo que sólo puede servir como instrumento para el conocimiento verdadero. Así, leemos en el Principio 73 de su *Principia Philosophiae*: “Y como no son nuestros sentidos los que nos revelan la naturaleza de cosa alguna, sino sólo la razón cuando en ello interviene...”³⁵

Para el mundo de Descartes todo menos la mente está inanimado y funciona igual que un reloj mecánico que funciona con principios. El ser humano es la excepción ya que en él se encuentran tanto la **res cogitans** (sustancia pensante) como la **res extensa** (cuerpo). El dualismo cartesiano divide al mundo: por un lado tenemos una enorme máquina matemática extendida en el espacio y por el otro un mundo que consiste en espíritus pensantes sin extensión.³⁶

La **gran síntesis**, el núcleo de revolución científica se dio en Isaac Newton y su *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687), obra brillante que utiliza una mezcla del **método inductivo** de Bacon y el **racional- deductivo** de Descartes para **unificar** la **física terrestre** de Galileo y la **astronomía** de Kepler en su **ley de**

³³ Jeans, James. *Physics and Philosophy*. P.107

³⁴ Descartes. *Obras Completas*. P.526. (*Principios*, Parte I, Principio197)

³⁵ *Op. Cit.* P. 504

³⁶ Burt. *Op.Cit.* P.121

gravitación universal; con la que es posible –siempre y cuando se tengan ciertos datos iniciales- calcular la trayectoria de cualquier objeto en el espacio.³⁷

Afirma el Profesor Metzger:

“como esta fuerza [la gravitación universal] opera a distancia y de manera recíproca entre todos los objetos másicos del mundo, los movimientos resultantes entre ellos confirman la imagen cartesiana del *universo* como una máquina perfecta (“reloj cósmico”). Debido a que no existe ningún cuerpo libre de fuerzas que actúen sobre él, en el mundo no quedó ningún margen para el azar y si alguien conociera todas las masas, posiciones, velocidades y distancias de hoy, podría calcular el mundo físico del futuro; el modelo newtoniano era *estrictamente determinista*”.³⁸ (Cursivas nuestras)

Esta ley establece que toda partícula en el universo es atraída a otra por una fuerza directamente proporcional a los productos de sus masas e inversamente proporcional al cuadrado de su distancia.³⁹ Así que *todo fenómeno físico queda reducido al movimiento de partículas materiales causado por su mutua atracción que es la fuerza de gravedad*. El efecto que esta *fuerza* tiene sobre los objeto es descrita matemáticamente por las ecuaciones del movimiento de Newton que son la base de la mecánica clásica. Fueron tratadas como leyes fijas gobernantes de todo cambio observado en el mundo físico. Dios había creado las partículas materiales, las fuerzas entre ellas y las leyes del movimiento.

40

³⁷ Metzger. Op. Cit.

³⁸ Ibid.

³⁹ Bixby, *Op. Cit.* Pp.128-9

⁴⁰ Capra. *Op. Cit.* P.66

Ya que lo que ocupa el pensamiento de Newton es el fenómeno del movimiento, el concepto de *fuerza* le permite establecer sus **causas**.⁴¹ Dentro de la visión newtoniana, el mundo físico era una colección de partículas cada una de las cuales puede estar en reposo o movimiento en el espacio. Las fuerzas eran explicadas sólo por sus efectos: provocar cambios; una fuerza se medía por el cambio que producía en la velocidad del cuerpo sobre el que actuaba multiplicado por la masa del cuerpo (segunda ley).

Newton no era tan buen filósofo como formulador de leyes físicas, dentro del campo filosófico no era muy crítico y a veces hasta bosquejado e inconsistente,⁴² pero podemos decir que quería ser un completo empirista y que trató de evitar toda metafísica en su sistema aunque no lo logró.

Rechazaba la hipótesis (proposiciones explicativas no deducidas inmediatamente de fenómenos)⁴³ y tenía un lema: "*hypóthesis non fingo*" (no hago proposiciones sin posibilidades de confrontarlas con la realidad).⁴⁴ Sin embargo, de sus tres leyes del movimiento (de inercia, de la fuerza y de acción- reacción), la primera es axiomática y no empírica. Además, podemos decir que en general asume respuestas a cuestiones fundamentales como la naturaleza del espacio, el tiempo y la materia que en esencia son metafísicas.⁴⁵

Para Newton, las causas se buscan en los efectos sensibles; es el fenómeno observado lo que ha de ser explicado y el sentido experimental junto con la verificación debe acompañar cada paso de este proceso. A diferencia de Kepler y Galileo y por supuesto Descartes, en Newton ya no encontramos rastro alguno de certeza *a priori*

⁴¹ Burt. *Op. Cit.* P.210

⁴² *Op. Cit.* P.208

⁴³ *Op. Cit.* P. 221

⁴⁴ Metzger. *Op. Cit.*

⁴⁵ Burt. *Op. Cit.* 33

habiendo ya una diferencia clara entre verdad matemática y verdad física.⁴⁶ El Profesor Burttt analiza el método experimental- matemático newtoniano en tres momentos:

1)La simplificación del fenómeno por experimentación (de tal modo que sus características que variaran cuantitativamente, junto con el modo de su variación pudieran ser medidas y definidas precisamente).

2)La elaboración matemática de proposiciones (usualmente con ayuda del cálculo).

3)El experimento exacto que verifique la aplicabilidad de estas deducciones en cualquier nuevo campo reduciéndolas a su forma más general.⁴⁷

Newton le dio a conceptos aún vagos como “fuerza” y “masa” un significado preciso en tanto continuidades cuantitativas para que con su uso los fenómenos físicos fueran descifrables al tratamiento matemático⁴⁸ e introdujo también la cantidad de movimiento (lo que hoy llamamos *momentum*).⁴⁹ * Una vez que los objetos se convirtieron en *masas* moviéndose en el *espacio* y el *tiempo* bajo el impulso de fuerzas, su comportamiento podía ser completamente explicable en términos matemáticos, precisos y exactos.⁵¹

⁴⁶ *Op. Cit.* Pp. 212- 213

⁴⁷ P.221

⁴⁸ Burttt. *Op. Cit.* P. 32

⁴⁹ Heisenberg. *Encounters with Einstein.* P. 12

* Ya que el concepto de *momento* es recurrente en la discusión posterior, consideramos menester una definición: **momento es la masa de la partícula multiplicada por su velocidad**, escrito matemáticamente así: mv . Cuando dos partículas interactúan su momento cambia. Si el movimiento se dirige en una dirección en el espacio, observamos que cualquier aumento de momento por una partícula provoca una pérdida equivalente en la otra, de forma que el momento total queda inalterado. Si el movimiento no tiene una dirección dada en el espacio, la situación se complica. Podemos seleccionar tres direcciones en el espacio que están en ángulos rectos entre sí, como norte- sur, este- oeste y arriba- abajo. El movimiento de cada partícula ha de ser ahora separada en sus movimientos en estas tres direcciones. Esto divide el momento en tres, uno para cada dirección. El momento este- oeste se define como la masa de la partícula multiplicada por la velocidad en la que se mueve de este a oeste y así sucesivamente. El momento total en cada dirección tomada aisladamente debe permanecer inalterada y lo mismo ocurre en cualquier dirección en el espacio que escojamos.

⁵¹ Burttt. *Op. Cit.* P. 33

Newton produjo una teoría que pretendía definir la estructura del universo **en su totalidad**. La física newtoniana se erigió como *La Teoría* matemática del mundo, fundamento del pensamiento científico. Los siglos XVII y XVIII vieron florecer la mecánica newtoniana con gran éxito. No sólo se pudieron explicar sin dificultad movimientos planetarios, cometas, mareas y muchos otros fenómenos relacionados a la gravedad, sino que el comportamiento de sólidos, líquidos y gases, incluyendo el sonido y el calor podía explicarse como movimientos de partículas elementales.⁵² La visión del mundo como máquina perfecta se aceptó como la teoría que explicaba correctamente la realidad y el modelo de la mecánica newtoniana fue aplicado exitosamente en astronomía, el movimiento continuo de los fluidos, las vibraciones de cuerpos elásticos y la teoría del calor.

Con Newton se creyó haber encontrado la fórmula que revelaba el misterio del universo físico. Como apunta Nagel, “a mediados del siglo XIX, la mecánica era reconocida como la ciencia física más perfecta, que encarnaba el ideal hacia el cual debían tender todas las otras ramas de la investigación”. Es bien conocida la argumentación del astrónomo, físico y matemático francés Pierre Simón Laplace en favor de un universo **absolutamente determinista** hasta en el nivel atómico.

Para este Marqués, necesariamente habría un conjunto de leyes científicas que nos permitirían predecir cuanto sucederá en el universo en un momento en el tiempo. Las leyes de Newton podían ser usadas para predecir fenómenos no sólo naturales sino hasta sociales.⁵³ Ya Christian Huygens afirmaba en su tiempo: “En la filosofía verdadera [...] se

⁵² Capra. Op. Cit. P.67

⁵³ Hawking. *Historia del tiempo*. P. 81

conciben las causas de todos los efectos naturales en términos de movimientos mecánicos. En mi opinión, debemos necesariamente actuar de este modo o, en caso contrario, renunciar a toda esperanza de comprender nada de la física”.⁵⁴

Newton logró explicar desde la caída de una manzana hasta el movimiento de la luna con *cuatro leyes*. A nivel general podemos decir con Nagel que “la mecánica es un conjunto de ecuaciones que formulan la dependencia de ciertas características de los cuerpos con respecto a otras propiedades físicas”.⁵⁵ La visión mecánica propia del sistema newtoniano es esencialmente reduccionista, determinista, causal y objetiva. El mundo físico era presentado como una máquina que funciona con leyes mecánicas por lo que todo en él podrá ser explicado por la posición y el movimiento de sus partes.

Según las leyes de Newton una partícula A en el mundo será sujeto a fuerzas de todas las otras partículas (B,C,D.....) en el mundo. Consecuentemente sus cambios dependen sólo de su estado en ese instante (estado definido por las posiciones y velocidades de las partículas); los cambios de posición están determinados por las velocidades y cambios de velocidad por las fuerzas, que además están determinadas por las posiciones. Si sabemos el estado del mundo en un momento dado, podemos, en principio, calcular cada detalle de la manera y el grado que este estado va a cambiar. Como diría Laplace en su *Ensayo sobre probabilidad* (1812), el estado presente del mundo puede ser considerado el efecto de sus estado precedente así como la causa del estado que le sigue.⁵⁶

Es importante tomar en cuenta que estas consideraciones implican que el futuro devenir del mundo debió haber estado implícito en la creación de su configuración. El

⁵⁴ Nagel. *La estructura de la ciencia*. P. 151

⁵⁵ Op. Cit. P.259

⁵⁶ Jeans. *Physics and Philosophy* P. 109

patrón en el mundo es que A es seguida por B. La verdadera y absoluta causa de todo fue la manera en la que se encontraban las partículas del mundo al principio de los tiempos. Podemos decir que la visión clásica se toca con la teología de corte ortodoxo.

Somos del juicio de que la teoría clásica es **reduccionista** porque, basada en conceptos como *fuerza, leyes, cambios másicos en el tiempo y el espacio*, etc.⁵⁷, para el mecanicismo toda causa y todo efecto se reduce al movimiento de cuerpos en el tiempo y el espacio matemáticamente transformables a términos de fuerzas. El fin de la explicación científica es el análisis de eventos móviles de unidades másicas para establecer el comportamiento de cualquier grupo co- relacionado de eventos en una *ecuación*.⁵⁸

Es **determinista** porque como dice Nagel, “es correcto llamar ‘determinista’ a una teoría si el análisis de su estructura interna revela que el estado teórico de un sistema en un instante determina lógicamente un estado único de este sistema en cualquier otro instante. En este sentido, y con respecto a los estados mecánicos definidos teóricamente, la mecánica es, indiscutiblemente, una teoría determinista”.⁵⁹

Su determinismo también está marcado en que da como hecho científico la **continuidad** en la naturaleza (causas similares producen efectos similares)⁶⁰, es decir que no ocurren saltos o discontinuidades, en los fenómenos físicos por lo que se podía predecir con exactitud la situación de un móvil cualquiera, ora en referencia a su posición en el espacio, ora en su momento cinético o en su cantidad de movimiento.⁶¹ En palabras del Profesor Queraltó: “La imagen determinista derivada de la física newtoniana se asentaba

⁵⁷ Burt. *Op. Cit.* P. 26

⁵⁸ Ibid. P.308

⁵⁹ Nagel. *Op. Cit.* 265

⁶⁰ Jenas. *Op. Cit.* P.140.

⁶¹ Queraltó. *Indeterminismo y racionalidad. En torno al problema de la causalidad en física.* Sapientia. P.

especialmente en los paradigmas de *continuidad, exacta localización, y determinabilidad completa* de las entidades físicas básicas”.⁶²

En cuanto a su **carácter objetivo** hemos de mencionar que la nueva ciencia *provocó un cambio radical en las nociones de realidad, causalidad y la mente humana*. Su mundo estaba integrado por masas en movimiento que obedecían ciertas leyes matemáticas estables en un tiempo y un espacio que, igual que su causalidad carecía de escepticismo.⁶³ También decimos que es objetiva porque esta actitud asume que podemos conocer la naturaleza como “realmente es”. Su mundo existe en el tiempo y el espacio y sigue sus leyes naturales, independientemente de un sujeto “observador” y podemos estar seguros de que el fenómeno observado ocurre frecuentemente en la naturaleza sin nuestra interferencia y que nuestro experimento sólo lo aísla para estudiarlo sin modificarlo.

Aunque siempre hubo sectores que criticaron esta visión, la postura predominó convirtiéndose en el *paradigma fundamental* de la epistemología de *ciencia moderna* guiando todas las observaciones científicas y la formulación de todas las teorías de fenómenos naturales hasta el siglo XX. Toda la mecánica de los siglos XVII, XVIII y XIX, fue un desarrollo del mecanicismo que le dio al pensamiento científico su marco general, apuntando a una visión de la naturaleza como una máquina perfecta gobernada por leyes matemáticas exactas.⁶⁴ Durante el siglo XIX el modelo mecanicista del universo se continuó en física, química, biología, psicología y las ciencias sociales.

La importancia histórica de la mecánica se debe principalmente a que es el modelo de la distinción *lógica y metodológica* de otras teorías científicas.⁶⁵ Se le

⁶² *Ibid.*

⁶³ Sellars. *The philosophy of physical realism*. P. 239

⁶⁴ Capra. *The Turning Point*. P.60

⁶⁵ Nagel. *Op. Cit.* P. 151

consideró la ciencia más *universal* y perfecta y su caída ha provocado controversias que atacan directamente la eficacia del método científico y por lo tanto la ciencia como se le considera tradicionalmente. El tiempo y el espacio absolutos del telón de fondo del mundo de la física clásica se caerían doscientos treinta años después una vez que la teoría de la relatividad nos enseñara un espacio- tiempo de cuatro dimensiones. Por su parte y al mismo tiempo, la física cuántica demostraría que las leyes de Newton son válidas sólo para fenómenos naturales de grande escala y baja velocidad: el mundo subatómico no las obedece.