

JOHN RIUS - CAMPS

THE COSMOLOGICAL
FOUNDATIONS OF MECHANICS
AND THE FUNDAMENTAL
LAWS OF DYNAMICS

BILINGUAL EDITION
(5TH JANUARY 2010)

PHILOSOPHICAL YEARBOOK - VOLUME IX - 1976
U N I V E R S I T Y O F N A V A R R A

PROLOGUE

This study was published for the first time in Vol. IX of this PHILOSOPHICAL YEARBOOK for 1976. After 17 years we thought it opportune to revise it, referring to the most up-to-date studies, which improve on certain points which were obscure at that time and others which were inadequately or even erroneously expounded, in the light of more recent theoretical and experimental discoveries. The philosophical aspects are practically unchanged, though not the physico-mathematical developments which have been substantially modified; this is because we had previously only surmised the formulation of the foundations of a New Dynamics (ND), of which the Classic or Newtonian (CD) is a particularly restricted case. We never even suspected its subsequent mathematical development. Interest and effort to maintain the general validity of the CD (apart from the problems concerning relativity and Quantum Dynamics) then led us to formulations which have now been omitted as we consider them unsatisfactory. We have replaced them with others which have been elaborated in far greater detail and which are, in our opinion, more accurate and coherent with the starting points. Nevertheless, the conclusions reached remain basically the same. The first result of this ND is the *dynamical irreversibility of a material point trajectory*. The *CHAOS presence in the dynamical world* is an immediate consequence.

The notes at the foot of the page refer to another fundamental study: *Dynamics of Irreversible Mechanical Systems* , (1985), in which the physico-mathematical aspects of this ND are expounded in their most complete and detailed form, (at present a second revised edition which explains it more extensively, is under way). In this study, which is basically philosophical in the first part, we thought it out of place to include all those mathematical formulations that are not strictly necessary in order to explain the fundamental ideas correctly.

Various reports of experimental work, which corroborate the assertions of this ND have also been recorded. Some of them, which had already been published, dealing with the subject of insect flight -which has still not been explained within the framework of the CD- are quoted in this study.

Barcelona, 26TH June 1993
Revised, 5TH January 2010)

THE COSMOLOGICAL FOUNDATIONS OF MECHANICS AND THE FUNDAMENTAL LAWS OF DYNAMICS

I. MATTER AND FORM.

1. The co-principles of *matter* and *form*, the foundations of Metaphysics of Nature or Cosmology, might be considered by some people as mere historical lucubrations passed down from ARISTOTLE's times to our own, which no longer require -and still less in scientific study- this infrastructure. It is nonetheless surprising that the greatest thinkers in contemporary physics cannot do without Metaphysics unless it is with a certain intellectual violence; first, with themselves; then, once they are convinced and accustomed to the new, self-composed ideological dogma, believed and received, sometimes without the least criticism, they set out to impose it on everyone else. Others, intellectually more honourable, end up admitting the equal rights of the opinions they received through education and those that they surmise as other possibilities and which, not infrequently, are actually the inalterable foundations of Metaphysics. It seems appropriate here to try, by giving ideas a name, to set out some of these antimetaphysical essays together with examples of the rediscovery of the perennial truth which lies in the very structure of physical reality and man's thought. It is the expression of the failure of modern *mechanicism*, pioneered by DESCARTES, and of OCKHAM's "sharp knife" which does not penetrate as far as the intimate being of things nor the profundity, which cannot be analytically formulated, of man's soul, seat of intelligence -limited by matter and temporality- which goes beyond experimentable reality. The law of *causality*, the centre of Cosmology, is the point at which the debate begins. Whilst LAPLACE affirmed that "we must consider the present state of the Universe as the effect of its former state and as the cause of that which will follow.", MACH can be found at the opposite pole: "there is neither cause nor effect in nature; nature simply is, since the link between cause and effect only exists in the abstraction that we create in order to reproduce, mentally, the facts". MAX PLANCK is more moderate: "it can be said that the law of causality is, above all, a hypothesis... but although it may be a hypothesis, it is a fundamental hypothesis, which represents the requirement which is necessary to give

sense and meaning to the application of all hypotheses in scientific research".

The principle of causality goes hand in hand with the concept of *determinism*. For some, "science, in the past, is a description and, in the future, a belief "(KARL PEARSON); it is a mere *probability* of coincidence. LOUIS DE BROGLIE would say, "the wall of determinism has a fissure the breadth of which is expressed by PLANCK's constant". But this indetermination is not metaphysical but purely experimental; nevertheless, there are many who have given it a transcendental nature, even taking it out of the framework of physics in order to apply it to the spirit -the existence of which they naturally refute- and then the truth no longer stands as universal, it is reduced to a pure "argument for plausibility": it is positivism taken to the very core of thought: GUSTAVE JUVET¹ puts the indeterminist position in its exclusively experimental place: "observation and experience cannot express physical phenomena in the language of space and time with indefinitely perfectible accuracy; the successive approximation of experience and theory have a limit in their accuracy; they cannot catch reality in ever smaller nets, because it is impossible that it should be made more tenuous than that measured by the number h . HEISENBERG formulated his famous "Principle of Indetermination" and did not intend its scope to extend beyond the purely experimental; "with indetermination, all causality is not denied, just as EINSTEIN does not refute the relativity of classical mechanics. Both suggest that we should subject our conceptions to a more severe criticism and refinement"².

Another idea which is repellent, physically speaking, is that this causality which is necessary between the agent and its effect, may occur without *contact*, without *nexo* between them both. Nexa which must be real, physical; a merely notional relationship is not enough; nonetheless, this possibility depends on the conception of cause which is accepted. Previously, it was a question of whether the idea of cause existed; now that this has been accepted, it is a question of how it acts: this is where opinions are once again divided: some accept *material causality*, the Cartesian "res extensa"; others go further, adopting the purely phenomenological and the space-temporal apriority of IMMANUEL KANT. Some will base themselves on the *formal aspect* eliminating physical reality: everything which is experimental is imponderable: *energy*; they follow more or less

¹ G. JUVET , *La Structure des Nouvelles Théories Physiques* . p. 141. Ed. Alcan. Paris. 1933.

² P. F. SCHURMANN, *Luz y Calor*. p. 148. Ed. Espasa-Calpe. Madrid. 1948.

closely the ideas of LEIBNIZ and the founders of *energetism* which tries to be an anti-mechanical tendency. When physicists want to escape this ideological trap, they then fall into the *positivism* of AUGUST COMPTON: let us limit ourselves to study the relationship between phenomena, we might hear, and let us leave speculative tirades for the philosophers. It is not unusual to find, even in physics manuals, such expressions as "this manner of speaking is somewhat metaphysical, since the affirmation that fixed stars are not accelerated goes beyond our present experimental knowledge"³.

For the first group, the *nexus* would be purely material, mechanical, and matter would be purely measurable, *quantifiable*; for followers of MACH it would be implicit in energetic transformations, energy is the only thing which is experimentable: it gives rise to a kind of imponderable material nature which is equivalent to a physical formalism. Energetism, founded by LEIBNIZ, was generally accepted in 1855 with RANKINE: it results from a negative criticism of mechanicism, starting from the assumption that all physical phenomena are nothing more than manifestations and transformations of energy and accuses it of giving too little importance to experimental fact and too much to the hypothesis that in the physicist's mind, it replaces reality itself. RANKINE's energetics was not idealistic, as LEIBNIZ suggested, but rather "experimental, empiric, determinist, deductive and mathematical"⁴. The physics of energetics had already begun to be developed by MAYER, although he did not go so far as to deny matter; MACH was the foremost driving force behind this doctrine in his famous *Mechanics*⁵, in which he developed these ideas under the title of an "animated kinetic explanation of an anti-metaphysical spirit" and added that the "mechanical explanation of all natural phenomena is nothing more than a historical prejudice".

Basically, neither RANKINE nor MACH are very far from DESCARTES, neither were COPERNICUS, KEPLER, GALILEO, NEWTON or HUYGHENS. For over two centuries the mechanical doctrine was engaged in trying to construct a mathematical model of nature, by studying matter and its movements, following the Newtonian laws applying to the invisible mass and movement of atoms. It was a purely *quantitative* theory: first a geometrical analysis of nature, followed by analytical Mechanics which when completed with the concepts of *mass*, *inertia*, *action equal to reaction* (introduced by GALILEO, NEWTON,

³ C. KITTEL, and others, *Mechanics Berkeley Physics Course*, vol. 1. p. 60.

⁴ P. F. SCHURMANN, *op.cit.* p. 208.

⁵ E. MACH, *Mechanics*, published in 1903.

HUYGHENS) led to the mechanics whose findings, in part, are still valid. However, around the middle of the nineteenth century, this great edifice was on the verge of collapse when SADI CARNOT described and formulated the "Second Principle of Thermodynamics": natural phenomena are not only quantifiable but also display an *asymmetry*, a *one way direction* in their evolution: there exists a quality which cannot be explained by the all-powerful equations of Newtonian mechanics: the *irreversibility* of natural processes. This is an aspect which although merely formal is difficult to quantify. Matter, on its own, does not explain either this aspect or the reason why energy dissipates in order to transform itself into another kind of energy: MAYER enunciated the "First Principle of Thermodynamics", which historically came after the second (but which, as was discovered years after SADI CARNOT's death, he had actually discovered a great deal earlier, as is proved by his manuscripts, which his brother gave to the French Academy of Science –forty-six years later– in 1878). The supporters of energetics try to find a solution by means of energetic formalism; however, its Cosmology, without matter, is based on the continuity of energy and on determinism. But at the end of the nineteenth century there was no convincing experimental proof that the atom existed, as had been claimed since LEUCIPO and DEMOCRITUS, and later by GASSENDI; thus MACH could continue to consider the atomic hypothesis superfluous.

Continuous and *discontinuous* have constituted a constant polarity since the dawn of physics and philosophy. PLANCK inclines the experimental balance definitively in favour of the latter: *Quantum Mechanics* was born and energetics was abandoned. EINSTEIN, affirming the equivalence between mass and energy: $E=mc^2$, eliminates the alleged difference between mechanicism and the theories of energetics. Finally, beginning in 1925 with DE BROGLIE and WERNER HEISENBERG, and later with ERWIN SCHRÖDINGER and DIRAC, *Wave Mechanics* was born; it attempted something which is mentally contradictory: to unite the physical, corpuscular, discontinuous aspect with the ondulatory, energetic, continuous vision (based on the *substratum* or continuous ether). We come back once more to positivism and to experimental fact; all intuition, whether sensorial or relating to the old physical conceptions which sought a model which could be imagined, is disregarded in order to give a totally abstract description -based on values which could easily be measured- thus providing us with a mathematical model of a reality which vanishes -in a microcosmic analysis- behind the Principle of Indetermination. The causal nexus is solely logico-mathematical: concepts like "direct action at a distance", are perfectly admissible in a model of this kind.

2. Finally, after the arduous diatribe between mechanicians and energetists, modern Quantum Mechanics seeks more profound support; it cannot remain at the level of the positive facts, measured in the laboratory and synthesized in a mathematical model. Kantian systematics go well with this positivist-indeterminist vision of reality; CARL F. VON WEIZSÄCKER⁶ says: "The insufficiency of ingenuously realist and positivist opinions, which clash today with KANT's system, embodies the approach in the direction taken by KANT. The solutions which KANT found for the basic problems he was considering do not appear, in the light of modern physics to be either true or false, but rather ambivalent. As we try to test here, hand-in-hand with present-day knowledge, a discernment between a sound interpretation and a false one of Kantian thesis, we establish a principle of criticism for KANT's philosophy and, at the same time, a starting point for further philosophical elaboration of modern physics". P. F. SCHURMANN⁷ casts somewhat more light on this tendency, a compromise between DESCARTES and LEIBNIZ: "In KANT's opinion experience provides us with the necessary information about *things in themselves* which really exist, but whose only intervention in our knowledge is to stimulate our senses and to remain inaccessible. It is on these impressions that our faculty of knowledge, with its intellectosensorial organization constructs our image of the world. In order to do this it takes the notions of *time* and *space*, which are *forms* of our sensitivity, as fundamental bases of all perception. With understanding, which also has its own forms or *categories*, we give shape and relate to impressions of sensitivity..." In this Cosmology certain ideas are "a priori", stemming from sensitivity and understanding; the concepts of *space*, *time* and *causality* are to be found here. This vision of the world was pioneered in the last century by such eminent physicists as HERTZ who, agreeing with MACH in some aspects, coincides with KANT in declaring that "the images which our intellect constructs must satisfy conditions of admissibility, correctness and expediency. While correctness is established by experience, admissibility is released to our intellect as an *a priori* condition"⁸.

⁶ C.F. VON WEIZSÄCKER, *La Imagen Física del Mundo*. pp. 76 & c. Ed. B.A.C. Madrid. 1974.

⁷ P. F. SCHURMANN, *op. cit.* p. 205.

⁸ P. F. SCHURMANN, *op. cit.* p. 211.

The supporters of energetics defended a position based on the bastion of the thermodynamic "Second Principle", which was introduced with difficulty into mechanics; however, with MAXWELL, BOLTZMANN and GIBBS' kinetic theory of gases and the statistical concept of entropy, these difficulties disappeared. As if that were not enough, the triumph of atomism, definitively proclaimed by OSWALD⁹ as opposed to continuity, knocked energetic Cosmology out of the running. The advocates of mechanicism had triumphed definitively... The quantification of matter and the powerful laws of determinism –even if they were statistical– gave sufficient explanation of our Cosmos. This was the accepted view, until the Thirties when another vision of the Microcosmos opened up as the result of HEISENBERG's "Uncertainty Principle". Mechanicism is also incapable of comprising all the "raison d'être" of the real world. Modern Quantum Mechanics maintains a merely positive attitude which should not fall into such an awkward *crystallization* as the preceding ones. Nevertheless, the scientist is constantly tempted to seek the *unity* of things; this is what E. POINCARÉ said on the matter: "science draws near to unity, one of the conditions which make it possible". Man often forgets where the driving force for his investigations comes from, that which really makes them possible: the search for *something*, which at the same time we understand to be desirable: something which is *good*; but one cannot draw near to reality without any law, with merely experimental data; a *unity* must exist, endowed by laws which distinguish the *true* behaviour of things and which exclude falseness and error. We thus arrive at *what it is* in its various manifestations: and it leads us to the essence of things comprised in the five *transcendentals*, foundations of the authentic Metaphysics of nature.

Aristotelic-Thomist Metaphysics, since OCKHAM and DESCARTES, was harshly attacked; not for its inadequacy, which has never been proved, since its foundations are so strong that its opposers -if they are consistent- deny its very starting points in order to destroy it. Perhaps it was attacked because of a desire for novelty, in an attempt to avoid the existence of *a sole* platform for all thinkers; arrogantly denying a "perennial philosophy", as a basis for all good thinking. Moreover, men often reject the *truth* if they do not live by it: they have often sought a "set of false teachers to flatter their base passions"¹⁰ and because of the sophisms of his slanderers SOCRATES had to drink hemlock for his wisdom.

⁹ To his great regret, as he was the author of *The Defeat of Atomism*.

¹⁰ 2. *Tim.* 4, 3-4.

Physicists, and scientists in general, are actually closer to the perennial truth, in Metaphysics, than many philosophers. They do not usually ponder such problems until the end of their lives, as the result of profound reflection about their own physical knowledge: they include C. VON WEIZSÄCKER, BONDI, LEMAITRE, W. HEISENBERG. However, they are men of their time and were influenced by contemporary ideas, as were PARMENIDES and PLATO, ST. AUGUSTIN and his Manichean friend FAUST. Some manage to unmask fundamental errors thus giving rise to a new vision which replaces the former one (in the field of physics for example), but these changes often mean that a philosophical stand is taken, as seen in the preceding study. Present-day physicists are no exception and avidly seek an infrastructure which gives unity to their knowledge. In the environment in which they were born and had lived, in most cases, Metaphysics has not only been brought into "disrepute" or is viewed with suspicion, but it is not even well-known. ARISTOTLE, PLATO, PARMENIDES, surmised and even came to know the *five transcendentals*, *causality* and the co-principles of *matter-form*, which explain the unity and multiplicity of beings... They arrived at these conclusions by paying "a great price", in the midst of a world full of *myths* and *sophists* whose most outstanding intellectual characteristic was their zeal for novelty¹¹. With the advent of CHRIST the Truth came into the world and that which previously had only been achieved at "a great price" was from that time on "held by birth".

Today, in an environment where science is evolving while Metaphysics has lost its place, it is hardly surprising that *ambivalence* is spoken of and *relativism*, and that a disconnection from reality occurs. Kantian philosophy has all the characteristics of pseudo-metaphysics in which the essence of things can no longer be objective: reality itself is disconnected. That is why many important contemporary physicists really prefer this cosmological vision which provides the Ontology which they were lacking.

The four Aristotelian causes: *causa materialis*, *formalis*, *efficientis*, *finalis*, have lost a lot of ground: the first is inaccessible and the formal one and the last one are identified with the agent which, based on its "categories", is the only cause and, moreover, is found outside physical reality. C.F. VON WEIZSÄCKER¹² expresses it thus: "The Modern Age

¹¹ 2. *Tim.* 4, 3.

¹² C.F. VON WEIZSÄCKER, *op. cit.* p. 165.

knows no cause other than that which is found outside the thing. So, to start with, the two first causes, which are to be found within the thing itself, are eliminated; in this manner of speaking, matter and form designate the essence, but not the cause of the object. With these modifications, controversy broke out among the scientists of nature at the beginning of the Modern Age, distorting the original meaning of ARISTOTLE and going against the scholastic thesis that substantial forms, or qualities, could be causes... If knowledge is power, the first thing it must know, above all, is the means of producing things and phenomena, or at least it must influence them. The *causa efficiens* of each one must be known. The criterion by which we may know if the *causa efficiens* is really understood is being able to predict correctly the action which it causes. In this way the concept of cause was transformed so much that in modern natural science the principle of causality came to be identified with complete predictability of natural phenomena. The mathematical expression of this concept of causality is the representation of natural phenomena by means of differential equations which set forth the differential temporal quotient of magnitudes, which characterize the state of the thing, by means of these same magnitudes; this state even determines, from one time to another, its temporal variation". Modern mathematics claims that there is no difference between efficient and final determination of a process. The last redoubt of the old metaphysical causality is the mathematical form on which physics is based: a kind of extra-material *causa formalis*; but Metaphysics has been mutilated to such an extent that rather it is pseudo-metaphysics, as stated earlier. Basically, all the formal value of physics, leaving aside the nebulous contact with reality through phenomena and the space-temporal "categories" of sensitivity, is found in mathematical science (we must not forget that KANT was a mathematician and that his errors arise from applying to philosophy methods which are valid for purely mathematical objects). Thus we can understand HILBERT's attempt¹³ to reduce logic to *meta-mathematics*, (a phrase which he coined himself), a *consistent* and *complete* formal system: a complete foundation for mathematical methods and theorems. Nonetheless, GÖDEL's theorem implies that this system is not simultaneously consistent and complete. Contemporary physics took refuge in KANT; for a time it seemed to be a secure position; the mechanists were ousted by the "Uncertainty Principle". What other Principle could discredit that ancient philosophical attitude, which was the very shortcoming of the afore-mentioned meta-mathematics? A. DOU¹⁴ expresses it thus: "GÖDEL's theorem has been generalized in various

¹³ A. DOU, *Fundamentos de la Matemática*. p. 105. Ed. Labor. Barcelona. 1970.

¹⁴ *Ibidem*, pp. 109 and 110.

directions and, in general, mathematical logic is at present undergoing a period of extraordinary development. From the point of view of the foundations of mathematics, the importance of the theorem is evidently extraordinary and it basically means that HILBERT's optimism must in principle be renounced... It also seems obvious that GÖDEL's theorem implies a certain limitation in the deductive power of logic. Something like HEISENBERG's Indetermination Principle in Quantum Mechanics, but here, it seems, at the much more abstract and profound level of mathematics or pure logic... Sometimes it seems that the fact that we know that the interpretation of *wdf* (*well done formula*) is true, in spite of being independent in the (system) S , is interpreted as if human intelligence, and consequently the capacity of the human brain, were superior to the very best of artificial calculators; since it is accepted that a computer's functions of calculation are identified as recurrent functions and these are precisely the ones which can be represented in S . It may therefore be concluded that man in his cognitive or intellectual function cannot, even in the realms of theory, be totally replaced by machines or robots. For the moment it appears that all this is effectively true".

3. Neither mechanistic, nor energeticist, nor this last attitude of Kantian following which has just been analysed can adequately explain the material reality which eludes them or, what is even more serious, even though accessibility to it is disregarded, what then vanishes is thinking reality itself. ARISTOTLE began and SAINT THOMAS completed the most powerful and congruent Cosmology with the brilliant intuition of the doctrine of *actus* and *potentia*, which can be applied to both levels of being: the purely entitative, which includes the most general form of being, and applies to all beings -both physical and spiritual- with a clear distinction of the co-principles of *essence* and *existence* (*actus essendi*); and the purely material, composed of *matter* and *form*, which constitute the co-principles of the corporeal being. God goes beyond both levels, while man goes beyond matter: the thinking super-machine, as some would like to reduce it to, eludes matter, including formal logic: its substantial form is *spiritual*; it is a reality with certain qualities which are not contained in any quantifiable experience nor any attempt at "consistent and complete" formulation".

In the mechanistic, dispensing with the formal cause, the qualities of corporeal beings are elusive; they may only be approached in quantifiable form indirectly, through the Laws of Nature. Yet experience

shows us that what we know "primo et per se" are, in fact, these very qualities. In formulations from energetics and phenomenism, these qualities, which are on the lines of formal cause, are disconnected from physical reality; which is then no longer accessible reality, which may be objective, with objective qualities, that is to say, they are the "hallmark of the artist" who created them. The Laws of Nature, which we know and are able to formulate, are not sufficient to provide understanding of *all* the qualities of beings: there is an *excess of being* which cannot be formulated by any theory, even resorting to probabilistic processes, which some of us scientists are so accustomed to, and which require millions of years (or even billions in order to be exact) to be completed and which remind us of the fabulous numbers of the Hindustani cosmogonies.

There are ideas which were regarded for years as ascientific, and which are expressed by this "excess of being", as well as the insufficiencies pointed out in this study. The most important is the "ex nihilo" Creation by a transcendent Being. Another idea is the existence of a transcendent soul in man. With regard to the former, there are an increasing number of scientists who do not reject the existential hypothesis of a time $t = 0$, that is, "the beginning of time", and at least consider it as scientific as non-existence at the beginning. BONDI¹⁵ has this to say on the subject:

"Speaking in general terms, three answers have been given to the question of the beginning, and opinions of the relative merits of each one are strongly divided:

a) The beginning was a singular point in the frontier of physical science. Any question regarding its nature or antecedents cannot be answered by physics and it therefore bears no relation to the same.

b) The beginning was a very simple state; the most simple, harmonious and permanent that can be imagined. Nonetheless, it contained the origins of growth and evolution which at some undefined moment initiated the chain of complicated processes which have turned it into the Universe as we know it.

¹⁵ H. BONDI, *Cosmología*, p. 17. Ed. Labor. Barcelona. 1970.

c) There was no beginning. On a large scale the Universe probably remains unchanged or perhaps undergoes cyclical changes. In either case, its age is infinite.

Further on we shall look at how these three different explanations are reached. For the moment suffice it to say that a theory must, at least, lead to the problem of creation and that opinions differ with regard to the nature of the actual explanation".

In order to identify the present disparity of opinion referring to the idea of Creation, the following anecdote related by C.F. VON WEIZSÄCKER¹⁶ may be helpful: "In 1938, when I was a young theoretical physicist in Berlin I passed a report to the *Physikalische Colloquium* of that university on the subject of transmutation of the elements in the Sun... I was very proud of my discovery , and in order to demonstrate its plausibility I underlined the point stating that the Sun could be assigned an age very similar to that of the Universe, obtained by interpreting the spectrums of the nebulae, an idea which was very new at that time. But on this point I ran up against the violent opposition of the famous chemical physicist WALTHER NERNST, who belonged to an earlier generation and was then professor of physics at this University. NERNST said that the idea of the Universe having an age was not scientific. He then explained that the infinite duration of time was a basic element of all scientific thought, and that to deny it would be to deny the very foundations of science. This idea greatly surprised me, and I ventured to object that it was scientific to form hypotheses in accordance with the insinuations of experience and that the idea of the Universe's age was one of these hypotheses. He argued that it is not possible to form scientific hypotheses which contradict the very foundations of science. He was very annoyed... What impressed me about NERNST was not his line of argument, which I am afraid I still believe to be lacking in substance; what impressed me was his annoyance. Why was he so irritated? What vital interests of the man WALTHER NERNST, born at the end of the nineteenth century and sure to die in the twentieth, what vital interests of this man could be violated by the possibility that the Universe had not existed since infinity, but that it had begun to exist some five thousand million years ago?...Neither the platonian, believing in the immortality of the soul, nor the Christian, believing in resurrection to a new land under a new sky, would feel disturbed by the discovery that this material world could be of finite duration for immanent reasons. I think

¹⁶ C.F. VON WEIZSÄCKER, *La importancia de la Ciencia.* p. 140 . Ed. Labor. Barcelona. 1968.

that I am not mistaken in believing that NERNST, along with most scientists of his generation, was not a positively religious man, and it seemed natural to me (and it still does) to conclude that he had mentally adopted the infinite and everlasting Universe in place of an eternal God and an immortal soul".

We have seen that one of the strongest hypotheses of present-day physics is the *First Fundamental Law* of Mechanics: the conservation of energy, or rather of mass-energy, according to Einstein's identification of $E = mc^2$, equally strongly accepted; with the exception of theories which, in order to maintain the density of matter-energy constant in a Universe in expansion, suggest that it is constantly being created; such as BONDI and GOLD's "fixed state theory" (1948)¹⁷ and that of HOYLE, which begins with conveniently modified equations of General Relativity. However, no experimental confirmation of this constant creation appears to exist and, in any case, it is not a question of an "ex nihilo" creation, but rather of a hypothesis. It is nevertheless clear that all Cosmologies run up against this problem of creation, as BONDI himself warns.

In our opinion, although we believe that this *First Law* is fundamental to Mechanics, we do not accept it in this absolute sense of "ex nihilo" creation, because in actual fact this observation applies to that which can be quantified, which can be measured in a laboratory. We find more appropriate the creational hypothesis of a cosmological *substratum*, of a *continuum*, which serves as a necessary basis for all cosmological theory: the basis of inertia which is implicitly accepted by all cosmological formulations, where to set up the "fundamental observers" which none of them can do without. We postulate this continuum in opposition to the quantum discontinuous, which is the object of all experimental measurement. Moreover, as expounded in an earlier study¹⁸, the claims defining the properties of this continuum are the following:

a) "The continuous exists" (as a last extreme created "ex nihilo" by God). Really it is the only matter in existence. The cosmological substratum is its physical interpretation.

¹⁷ Cf. H. BONDI, *op.cit.* p. 159.

¹⁸ J. RIUS-CAMPS, *La afirmación del Principio de Mach y sus consecuencias dinámicas*. pp. 10 & c. E.T.S.A. Pamplona. 1975.

b) "The continuous admits discontinuities". These constitute what we know as matter-energy.

c) "The continuous is meta-empiric". What is experimented or measured are merely relationships between discontinuities.

d) "The continuous is indestructible". Perishability and local movement are characteristic of the discontinuous. It could only perish by decree of its Creator. When discontinuities intervene in the heart of the continuous it marks the beginning of the observable Cosmos. Time, understood since ARISTOTLE as a "measure of movement", is pure, successive dynamic discontinuity; it is the experimental, measurable time of physicists. The "beginning of time" and the "end of time" refer to this discontinuous time, different from the "duration", permanence in being, characteristic of the cosmological substratum. This duration, because it is continuous, does not allow physical measurement, it is meta-empiric. It is not contradictory that the cosmological, or continuous, substratum did not begin simultaneously with time; the reason for this lies in the domain of Theology. NERNST's annoyance, as mentioned earlier, was physically out of place. Time $t = 0$ refers to the beginning of matter-energy, it is necessarily finite, as it is the measurement of a number of identical dynamic discontinuities which follow one after another, and it does not make sense that this number should be infinite. On the other hand, the substratum, being continuous, could have an infinite duration, that is to say, it might not require a beginning and an end. Christians know from the Revelation of God¹⁹ that it had a beginning, but there is no reason why it should have an end; they know, however, that the "end of time" will occur.

e) "The continuous does not flow". Movement, understood as a topological variation, pertains to the discontinuous, that which is quantifiable. In this sense, the continuous cannot admit spatial discontinuities which are infinitely and immediately divisible; matter-energy is quantifiable, as has been known since PLANCK; we may say that the same is true of time.

We may conclude from all this that the question of the Cosmological Foundation in terms of Physics, and in particular of

¹⁹ *Genesis*, 1, 1. "In the beginning GOD created the heavens and the earth".

Mechanics, is not something meta-scientific, as has been affirmed by more than a few, but that it is in fact of major importance. That is why we believe that these digressions on the subject of *Cosmological Foundations* of physics are of interest. We will now expound, along generic lines, the *Three Fundamental Laws* of Mechanics according to the same Cosmological vision.

The *First Fundamental Law*, which refers directly to the quantifiable aspect of matter-energy, has already been dealt with; it is based on the most material aspect of the essence of things; *quantity*, the primary expression of *matter*, which DESCARTES called "res extensa" and confused with *substance*, giving birth to modern mechanicism. However, still following faithfully in accordance with ARISTOTLE and SAINT THOMAS, corporeal beings also possess objective qualities, directly related to *substantial form* and cannot be reduced to simple quantifiable aspects. As we stated at the beginning, they are what is known "primo et per se". These qualities *are* of the material object, not a creation derived from the "a priori" forms of sensitivity and understanding based on a strict phenomenalism.

If this second qualitative aspect is neglected, denying it objectivability, it would hardly be surprising if physical science were to lose some possibilities in its development, that is to say, in its capacity to discover the profundities of Nature. In the following section, we will endeavour to give a cosmological foundation to what we shall call the *Second and Third Fundamental Laws* of Mechanics, based on the preceding ideas and criticism of the Newtonian Principles from the point of view of the Philosophy of Nature. The exposition will be completed in the following chapters.

4. In addition to the conservation of matter-energy, the following basic aspect of the physical world is the corporeal quality of *inertia*; which is as disconcerting for physicists as it is for philosophers²⁰. Is inertia a quality which is inherent to each body or is it relative to the presence of others? And another question: is it a property of masses in mutual relation, or is it the relation which each one of them has with space,

²⁰ Cf. J. MERLEAU-PONTY, *Cosmología del siglo XX* pp. 41 & c . Ed. Gredos. Madrid. 1971.

understood in physical terms as "substratum"? We read²¹: "in a coherent theory of Relativity, inertia may not exist in relation to space, but only as inertia of masses in relation to each other". NEWTON, on the other hand, claimed the existence of an absolute space, or substratum²². He could not accept the idea of a "direct action at a distance" which, nonetheless, underlies "MACH's Principle", accepted by EINSTEIN as one of the axioms of his theory of General Relativity which, on the other hand, gives an insufficient explanation of inertia as something real and existing in the Universe²³: "Thus, inertia would be *influenced (beeinflusst)* surely, but it would not be *determined (bedingt)* by matter present in the finite", in the words of EINSTEIN himself. "Following progressive disinterest in the question of inertia, the cosmologists of the present generation have returned it once more to the order of the day: this points out the fact that, in this aspect, EINSTEIN's failure has not been rectified and that nobody has been able to give a perfectly satisfactory mathematical expression of the principle of relativity of inertia. And for this reason people like HOYLE feel inclined to conclude that this principle is not actually of great interest; and even if it were true its heuristic value and deductive fecundity are very limited"²⁴.

If the *continuous substratum* is accepted, inertia is nothing more than the *response* of the same to all acceleration; unlike gravity, it does not depend on the presence - either close or distant - of other masses, but is rather a property of physical space, *extrinsic* to any body. "The distant stars", from MACH's Principle, are not the cause of inertia by an "*actio in distans*" but something like the beacons which tell us the situation of the *substratum* -which cannot be directly experimented as we pointed out earlier- and the same must also be said of the frameworks of inertia in the laboratory: the gyroscope, FOUCAULT's pendulum, etc., which concur with what was determined by the distant stars so accurately that any chance coincidence is excluded. This inertia might be different in another Cosmos different from our own (supposing that a procedure for comparison existed). It may also be thought that in our own Universe -on a large scale- it might well vary from one point to another, and even according to the direction which is considered; but on the scale known to us our Universe appears to be *homogeneous* and *isotropic*.

²¹ *Ibidem*, p. 53.

²² Cf. *Principia Mathematica*, published for the first time in 1686.

²³ J. MERLEAU-PONTY, *op.cit.* pp. 44 & c.

²⁴ *Ibidem*, p. 53.

Faced with the question: what would happen if all matter were eliminated except for just one experimental body, would inertia still exist?: the "MACH school of thought" replies that it would not. However, those who believe that this is a *quality* of the substratum would answer in the affirmative. NEWTON is still right according to many present-day cosmologists. But his weakest point is the First Principle: "an isolated body moves with a rectilinear and uniform motion"; it refers to a material point and can be extended to the centre of masses (CM) if it is a question of an isolated system. This statement is nevertheless contradictory, since its movement is straight with regard to any framework of inertia, the only ones in which all three Newtonian principles are valid, and these references are *external* to the system, isolated by hypothesis, and consequently cannot be used to affirm that the movement will be rectilinear and uniform. If looked at in this light, *inertia* is a quality which is *external* to the system and the "forces of inertia" of Classical Mechanics (CM), instead of "apparent forces", are *real* and *external* to the system, an assumption referable to a framework of inertia. If there were not a framework of inertia, it is evident that apparent forces could appear, in the full sense of the word, as is well known. The MACH Principle's declaration that "the only accelerations which make sense are those which refer to movement in relation to the distant stars", that is to say, in relation to an framework of inertia, corroborates the preceding conclusions since the "distant stars" are evidently external to the system. We can call the affirmation that "an inertially isolated system *do not exist*" the *Third Fundamental Law of Mechanics*.

Some physicists have tried to prove the validity of MACH's Principle in ways which differ from the Einsteinian one (and other analogous Cosmologies), starting with a parallelism with MAXWELL's electromagnetic theory. One of these is D. W. SCIAMA²⁵, who has a precedent in FELIX TISSERAND (1872) who tried, on the basis of his theory, to explain the abnormal behaviour of the perihelion of the planet Mercury, but he failed. in the attempt. More recently, the physicians BRANS and DICKE have tried to provide complete experimental confirmation for MACH's Principle. But for most physicists, if not for all of them, this principle will continue to be mere conjecture, neither proved nor disproved".

²⁵ D.W. SCIAMA, "On the origin of inertia", *Monthly notices of the Royal Astr. soc.* (1953), n° 1. pp. 34 – 39.

The *First Fundamental Law*: conservation of matter-energy, and the *Third Fundamental Law*: inertially isolated systems does not exist, have been expounded and justified; what, then, is the *Second Fundamental Law*? Evidently, the Second Axiom of Thermodynamics sheds some light on what it may be, but it is not applicable to problems which are strictly mechanical; the latter are always *reversible* in the framework of CM, while the former refers precisely to the *irreversibility* of thermodynamic processes. The forces that act on a mass in movement are explained in the Second Newtonian Principle: the fundamental equation of Dynamics, and the equations of movement derived from it are always reversible with regard to variable time. However, continuing with the metaphysical criticism of these Principles (and thereby with consequences which are significant in physics), it turns out that when there is no acceleration, the Second Principle sends us back to the First: the movement is rectilinear and uniform; yet we know that this is not exact, then the other one will not necessarily always be so either. In general, the expression of force does not have to be so simple: the *acceleration* vector multiplied by a constant of proportionality that we call *mass*. As is shown in many studies, chronologically later than the first publication of this one in 1976, mass can vary with time when it is submitted to a Potential in function of position and time, and in the general expression of *force*, in the New Dynamics (ND) which emerges there appear new terms which, in addition to mass and acceleration, include the intervention of the velocity vector of the particle and the variation of the mass with time. It is surprising and gratifying at the same time that this expression should be isomorphic with "LORENTZ's force" of Electromagnetism; the equations that govern this ND are also isomorphic with "MAXWELL's equations"; moreover, the latter are a particular case of the former in their formal aspect. In the following chapters some further points of this matter will be explained.

Continuing with the exposition of the cosmological foundations of this ND, we can say that the *First Fundamental Law's* metaphysical starting-point is to be found in the co-principle, *matter*, of corporeal beings and the first of the *accidents* which determines it: *quantity*. That is the reason why this law is essentially quantitative and quantifiable. The *Third Fundamental Law* does not refer directly to the very essence of being of things, but to the fact that beings are not isolated, since they interact on account of their very *nature*. Furthermore, the fact that every material being occupies a "place", which is not exclusively its own but rather is determined by the presence of other bodies, is not a merely abstract question about distance relations, but concerns a physical and dynamic interaction (in the Microcosmos nothing is at rest, and in any

case this rest would only have existed prior to the "*beginning of time*", when the continuous was in perfect "*silence*", and would return if everything regressed to that "primitive silence"²⁶ at the "end of time"). The only body that does not occupy a place is the Universe, the Cosmos taken as a whole, so that this is actually the only really isolated system, the most extensive object, studied by Cosmology.

Another *accident*, which inevitably goes hand in hand with the *quantity* which it *qualifies* is that which, since ARISTOTLE, has been called *quality*: its essence pertains rather to the *formal* line; it can only be quantified indirectly, but it is the most intelligible property that things possess. The *Second Fundamental Law* is the physical, quantified expression of the most fundamental quality that bodies have when they change; since at the bottom of all change lies the Aristotelian concept of *local movement*, and that is why this *Second Law* is directly related to *time*, the intellectual measurement of all movement which, when related to the measurement of space, between the initial place and the final one, gives rise to the concept of *velocity*. This *Law* states first of all: "things move" (it would be the *panta rei* of HERACLITES of EPHESUS), and adds: "according to certain conditions". Things move because they are not isolated as a result of inertia (*Third Law*), and moreover they conserve their mass-energy (*First Law*), yet this interaction, this movement, is in the *direction* indicated by the *Second Law*. The "Second Principle of Thermodynamics" partly expresses this *Second Fundamental Law*, when it concerns the interaction of a very large number of particles; this is a statistical law. It is quite enlightening that this *Second Principle* was discovered before the *First*, as mentioned earlier; from the point of view of the Metaphysics of Nature, the following must be true: that the first thing the intellect understands are qualities; quantification comes afterwards.

As we will explain further on, in this ND the paths taken by material particles in a system are generally *not reversible* as is the case in Classical Dynamics (CD). Thermodynamic irreversibility –which considers a quasi-infinite number of interacting particles– is the statistical consequence of the irreversibility of each one of these trajectories. Thus, paradoxically, the problem of a system of infinite bodies was resolved, whilst the "simple" one of three remained unsolved. On the other hand, the fundamental incompatibility of CD and the second Principle of Thermodynamics is well known. Further on, in the next chapter, we will try to provide a mathematical formulation for the *Second Fundamental*

²⁶ *IV Liber Esdrae*, 6, 39 and 7, 30.

Law, by defining the *mechanical entropy* of a system made up of a finite number of particles. It is also possible to reformulate mechanically the classical entropy of a thermodynamic system, without turning directly to the concepts of heat and temperature, or BOLTZMANN's statistical expression²⁷.

5. As you will see, the possibility of mathematically formulating this concept of *mechanical entropy*, for systems with a *finite* number of interacting bodies, rests on the fact that the kinetic energy of a system may vary not only *quantitatively* but also *qualitatively*, even if it remains constant. This point, as we understand it, had been unknown until now and even more so its formal expression. However, apart from the incomplete light shed on it by the Second Thermodynamic Principle, it did not pass unnoticed by such ancient thinkers as ARISTOTLE and SAINT THOMAS AQUINAS. Obviously their knowledge was a response to an intuitive, and esthetico-hierarchical vision of the Cosmos, yet no less real for all that; one cannot expect more from the scientific knowledge of those times. In our own age, however, it is somewhat surprising that this fact should, as we affirmed, have arrived so belatedly; perhaps as a result of our positivistic and anti-metaphysical education. We think that some of the texts of these two great thinkers deserve to be quoted, thus concluding this first chapter.

ARISTOTLE insists on an *active power*, found in the *medium* which surrounds the isolated *moving body*, so that it remains in movement; this continual movement cannot be understood without this active cause, *external* to the moving object. It is not a question of air or water in immediate contact (as claimed by other Greek thinkers, including PLATO). The Stagirite does not fall into the trap of this "challenge to common sense"²⁸, as misunderstood by DUHEM; instead it is an *active* property of *all* the medium, not of the particles in immediate contact: something along the lines of LORENTZ's ether?²⁹ A *cause* is required and, moreover, in

²⁷ J. RIUS-CAMPS, *Formulación Mecánica de la Entropía de un Sistema* registered in Barcelona, 1992. This study aims to give strictly mechanical expression to the entropy of a thermodynamic system from the mechanical concepts of potential energy and kinetic energy of the same.

²⁸ DUHEM, *Etudes sur Léonard de Vinci*, I. pp. 109 & c. *Le système du monde. Histoire des doctrines Cosmologiques de Platon a Copernic.* pp. 321 & c.

²⁹ Cf. P. HOENEN, *Filosofia della natura inorganica.* pp. 128 & c. Ed. La Scuola. Brescia. 1949.

contact: "actio in distans" is not admissible; the modern "theory of fields" is nothing more than the negation of this direct action at a distance. In this active power of the medium we find the cause of inertia: it is the intuition of the Third Fundamental Law.

ARISTOTLE noticed that not all bodily movements are equivalent in perfection, not even in the simplest of them: *local movement*, which only directly affects the accident *Ubi*, (but, in the last analysis, is what all the other actual *proper* movements amount to). In present-day thought we would say that not all kinetic energy is equivalent from the qualitative point of view although quantitatively they might be so, as has already been pointed out and will be expounded later on. Continuing with the ideas of the Philosopher, we read in *Physics*³⁰: "Might someone wonder if all movement is comparable with all other movement or not? If all movement is comparable, and if all bodies of equal velocity move in the same time along an equal quantity, then we could find a line equal to a straight line, either bigger or smaller... However, what can be said about the circle and the straight line? It would be absurd to compare them if the circular movement and that of the straight line were not alike... And yet, if they are comparable, we come back to the same conclusion that we expressed a short time ago: the equality of the straight line and the circle. Nevertheless, these lines are not comparable, then neither are their movements... Does that not mean, then, that velocity does not have the same meaning in these two cases?" He then goes on to consider the movements of alteration which are only comparable when they pertain to the same kind of thing and concludes: "The same thing happens with movement: there is equality of velocity when two movements equal in magnitude and in quality have occurred at the same time. But if during this time part of the magnitude has been altered and the other has been moved, would this alteration be equal to the movement and of the same velocity? This is absurd, because movement varies. Therefore, if things moved in an equal magnitude during an equal time have the same velocity then the straight line and the circle are equal. Why then is the movement of one kind or the line of one kind? In fact, time can never be divided into different kinds. So movement and trajectories have correlatively different types, since movement must have different types if the place where the movement takes place has them... Therefore, things moved across the magnitude for the same length of time will have the same velocity, and I understand by "the same" that it is indistinct in type and also in relation to

³⁰ ARISTOTLE, *Fisica*, lib. VII, ch. 4.

movement. Thus it is necessary to study the differentiation of movement... But we call equal velocity that of the alteration of the being whose change is the same in an equal time. What must be compared, then: the receptacle of modification or the modification itself? In this case, since the health is the same, one has the right to admit that there is nothing more or less in it than simple similarity. If, on the other hand, the alteration is different, for instance, when the alterations are a whitening and a healing, none of this can be called identical nor more equal than similar, since there are so many different kinds and because they do not form a united group in themselves, even less so than rectilinear and circular movements". ARISTOTLE qualifies rectilinear and circular movement as being specifically different. Circular movement may have a constant velocity, but this is not the case with rectilinear movement, which must begin to decrease at some moment until it stops and then, in any case, increase once more; he does not believe that an infinite rectilinear movement is possible: "the increase and decrease cannot be continuous, but they must have an intermediate state in which they stop".

ARISTOTLE thus perceives that there exists something, a *quality*, which differentiates movements in themselves; specifically in the two extreme cases of circular and rectilinear movement. The *Second Fundamental Law* formulates this quality, as we stated before while on the subject of *mechanical entropy*.

SAINT THOMAS AQUINAS³¹ would remark to the Stagirite: "The circular movement of heavenly bodies can only go in one direction, and therefore there is no violence between them; on the other hand, the lower bodies can go in different directions, such as up and down movements. So the heavenly bodies have a more universal virtue than the lower bodies. That is how the universal virtues are the driving force for the individual ones, as is clear from what has already been said. Therefore, the heavenly bodies move and direct the lower bodies". This is an outline of what we would now call *irreversibility* of a process. Further on in the same chapter, he continues: "because circular movement is also the first kind of local movement: regarding time, for it can only be perfect in that, as is proved in Book VIII of the Physics; as for nature, because it is the simplest and has the greatest unity, since no beginning nor middle nor end can be distinguished in it, but rather everything is the middle. And also with regard to perfection, because it reverts to its beginning. In the third place, as only heavenly movement is always regular and uniform; while in the

³¹ T. of AQUINO, *Summa contra gentes*, Lib. 3, ch. 82.

natural movements of both heavy and light bodies the velocity increases at the end, and in the violent ones it decreases. This means, therefore, that all heavenly movement is the cause of all other movement".

SAINT THOMAS AQUINAS perceives, from a different approach, the same thing that the Philosopher saw centuries earlier. We think that the quotations from these two thinkers, and the preceding exposition, can be illuminating and may help to penetrate into the essence of the chapters which follow.

II. SUPPLEMENTARY NORMAL ACCELERATION

$$a_n^*$$

KINEMATIC AND DYNAMIC MEANING OF ANGULAR VELOCITY ω^*

1. At first, we begin with the study of the trajectory of a material point m from the kinematical point of view exclusively. In classical kinematics a differential ds of arc in the trajectory is substituted by the corresponding in the osculating circle in order to calculate the acceleration vector. For this purpose a FRENET's referential frame is used. The acceleration components in this circle are

$$a_s = (dv/dt)s \quad \text{and} \quad a_\rho = -(v^2/\rho)n \quad (1)$$

Where s and n are the *versors*. In this frame whose *versors* are s , n , b the *positive sense* is determined by the velocity sense, by the sense towards convexity and by the vector product: $b = s \times n$, respectively. The angular velocity is

$$\omega = (v/\rho)b$$

A definite trajectory has a well defined *evolute*, and in the calculation of the normal component in the expressions (1) the differentials dv and $d\rho$ are obviously not taken into account. But, as we will demonstrate,

when $dv \neq 0$ and $d\rho \neq 0$, the *arc* of the *evolute* does not correspond with the real one: it turns locally at an angular velocity

$$\boldsymbol{\omega}^* = (dv/d\rho)\mathbf{b}$$

and the same thing occurs with the corresponding *arc* of *trajectory* in the osculating circle.

In order to explain the kinematics meaning of this angular velocity $\boldsymbol{\omega}^*$, we shall study an element ds of trajectory which corresponds to the $d\rho$ of the *evolute*; they are both located on the plane of osculation (see Fig.1 when $dv/dt > 0$; and Fig. 2 when $dv/dt < 0$). Thus we can consider the trajectory as being locally plane and referred to an intrinsic frame with *versors* \mathbf{s} , \mathbf{n} , \mathbf{b} , formed by the *tangent*, *normal* and the *binormal*. The *arc* ds of the trajectory is determined by the points A , B , and the $d\rho$, of the *evolute*, on account of its equivalent points A , B

The speed of the particle in A is v and in B it is $v + dv$. The radii of curvature at these points are: $\rho + d\rho$ and ρ . The angle turned by the radius of curvature when it passes from A to B is

$$d\theta = ds/\rho$$

and the corresponding angular speed will be as we have seen

$$\boldsymbol{\omega} = d\theta/dt \quad (\text{with } \boldsymbol{\omega} = \omega \mathbf{b})$$

We can also write: $\omega = v/\rho$, which evidently does not depend on dv and $d\rho$. When we calculate the centripetal acceleration we get the last expression (1):

$$\mathbf{a}_\rho = -(v^2/\rho)\mathbf{n}$$

in which the increases dv , $d\rho$, are not considered, as they do not affect it. It is the consequence of replacing the ds of *trajectory* by the corresponding one in the *osculating circle* at the same point. However, if we observe the real trajectory carefully, we see that is characterized by having a well determined *evolute* (see Fig. 1, when $dv/dt > 0$, and Fig. 2, when $dv/dt < 0$). When dv is dispensed with, in the study of centripetal acceleration, it means that starting out from point A we arrive at B' but not at the real point B ; and the same should occur to the centre of curvature: A is located in the *evolute*, as it is the starting point, but B' lays outside of the *real evolute* (see Fig. 1 and Fig. 2), whose point is B . It is evident that the centripetal acceleration is correctly determined, but it is also clear that the *arc* of the *evolute* must coincide with what is determined by points A and B in the figure, and not by the A and B' , as happens when dv and $d\rho$ are omitted. In order to rectify this deficiency it is necessary to rotate AB' an angle

$$d\theta^* = BB'/d\rho$$

so that it coincides with the $d\rho$ in the *evolute*, with a *finite* angular velocity (see Fig. 1 and Fig. 2) whose module is expressed by

$$(BB'/d\rho)/dt = (d^2s/d\rho)/dt = dv/d\rho = d\theta^*/dt = \omega^*$$

This angular velocity shows that the simplification of replacing the trajectory with the osculating circle in each point means that it is necessary to turn locally the *arc* of the *evolute*, with angular velocity ω^* , so that it coincides with the real one. But this *arc* AB' of the *evolute* must be *normal* to the corresponding AB'' of the *trajectory*, rotated also $d\theta^*$, with respect to the initial AB (see Fig. 1 and Fig. 2). It will be necessary to turn AB' this angle, in the *same sense* (when $dv/dt > 0$) and in the *opposite sense* (when $dv/dt < 0$), so that it coincides with the *real* one. As a result, the *radius* ρ has increased in a second order infinitesimal amount:

$$B'B'' = dsd\theta^* \quad (\text{when } dv/dt > 0)$$

and

$$B'B'' = -dsd\theta^* \quad (\text{when } dv/dt < 0)$$

and the immediate result is a *supplementary normal acceleration*:

$$\alpha_\rho^* = B'B''/dt^2 = ds d\theta^*/dt^2 = v\omega^* \quad (\text{when } dv/dt > 0)$$

$$\alpha_\rho^* = B'B''/dt^2 = -ds d\theta^*/dt^2 = -v\omega^* \quad (\text{when } dv/dt < 0)$$

superimposed to the *normal acceleration* a_ρ (1). So the *total normal acceleration* is

$$\begin{aligned} a_\rho + a_\rho^* &= -(v\omega + v\omega^*) = -v(\omega - \omega^*) \\ a_\rho + a_\rho^* &= -(v\omega - v\omega^*) = -v(\omega + \omega^*) \end{aligned} \quad (2)$$

in the two possible cases.

Obviously the *tangential acceleration* $a_s = dv/dt$ remains unchanged. Taking in account (2) we get in vector form the *total acceleration*:

$$\begin{aligned} a_s \mathbf{s} + a_\rho \mathbf{n} + a_\rho^* \mathbf{n} &= \mathbf{a} + v\omega^* \mathbf{n} = \mathbf{a} - \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^* \\ a_s \mathbf{s} + a_\rho \mathbf{n} + a_\rho^* \mathbf{n} &= \mathbf{a} - v\omega^* \mathbf{n} = \mathbf{a} + \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^* \end{aligned} \quad (3)$$

respectively.

2. From the dynamical point of view, if we want to calculate the *total normal force* correctly, the *total normal acceleration* (2) must be taken into account. So the expression of this *normal force* will be

$$\mathbf{f}_n = -mv (\omega - \omega^*)\mathbf{n} = m\mathbf{v} \times (\omega - \omega^*)$$

and

$$\mathbf{f}_n = -mv (\omega + \omega^*)\mathbf{n} = m\mathbf{v} \times (\omega + \omega^*)$$

in both possible cases.

Now, in summary, taken in account the expression (3), the *total force* acting on the material point is

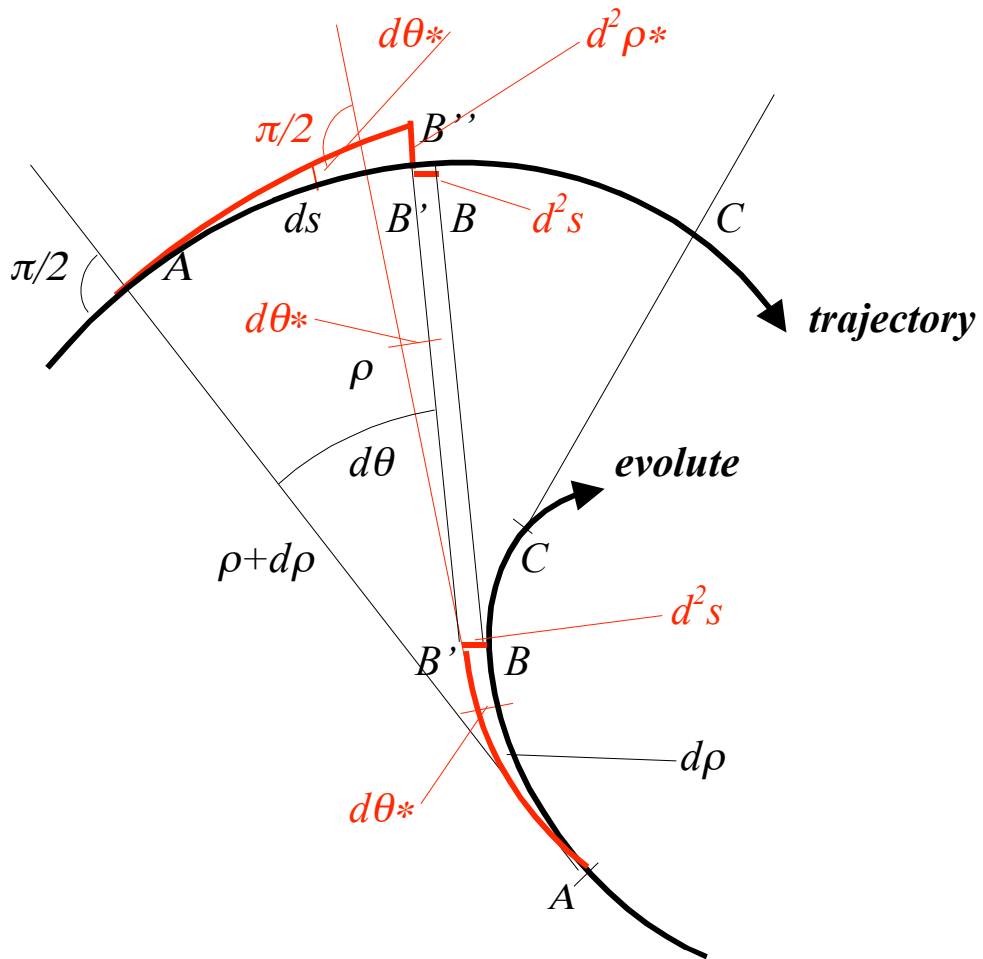
$$\mathbf{f} = m(\mathbf{a} \pm \mathbf{v} \times \omega^*) \quad (4)$$

(which is *isomorphic* with the LORENTZ electromagnetic force).

The angular velocity ω^* will only cease to exist when the trajectory is a circumference or the speed v is constant, as it follows observing Fig.1 and Fig. 2 (see also the cases of Fig. 1' and Fig. 2').

The result (4) is surprising: even more so when we remember that "LORENTZ's force" is exclusively experimental. Moreover, in FRENET's trihedron the value v of speed is always *positive* in the sense in which the particle is moving . We know that while the moving point follows the trajectory, the *centre of curvature*, at the corresponding point, describes the *evolute*, and we can take the sign of $d\rho$ as *positive* because the sense of its movement follows the *changing sense* of the velocity \mathbf{v} . This result is of the major importance (see the two possible cases in Figs. 1, 2, and 1', 2') because $\omega = dv/d\rho$ *changes sign*, when the movement is inverted (dv changes to $-dv$ whereas $d\rho$, in the *evolute does not change*). When the *movement is inverted*, the *versor* $\mathbf{s} \times \mathbf{b} = -\mathbf{n}$ *maintains its sense*, because \mathbf{s} and \mathbf{b} simultaneously change sign; but the *supplementary normal acceleration* $\mathbf{a}^* = \mathbf{v} \times \omega^* = \mathbf{s} \times \mathbf{b} v \omega^*$ *changes sign* when ω^* changes to $-\omega^*$. Consequently, the ***reversibility*** of the trajectory in CD ***does not hold up*** in the ND,

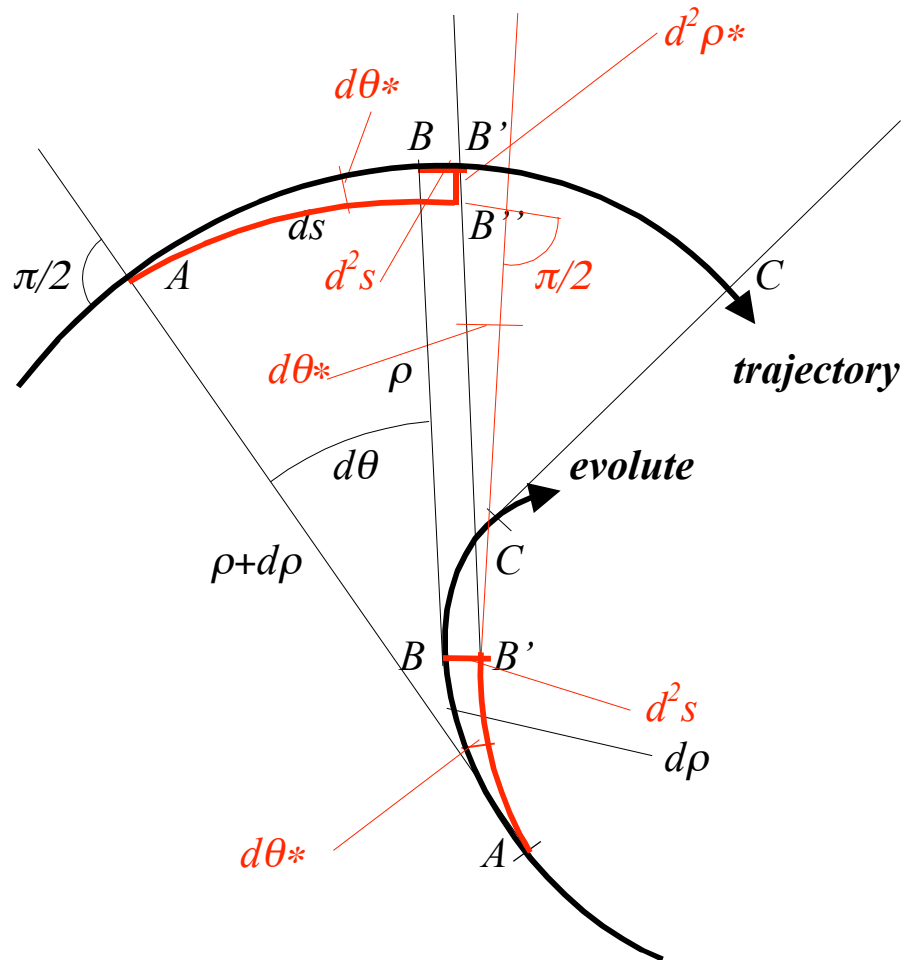
The ***CHAOS*** presence in physical phenomena has its foundation in this ***irreversibility***.



Supplementary Normal Acceleration (when $dv/dt < 0$)

$$a_n^* = d^2\rho^*/dt^2$$

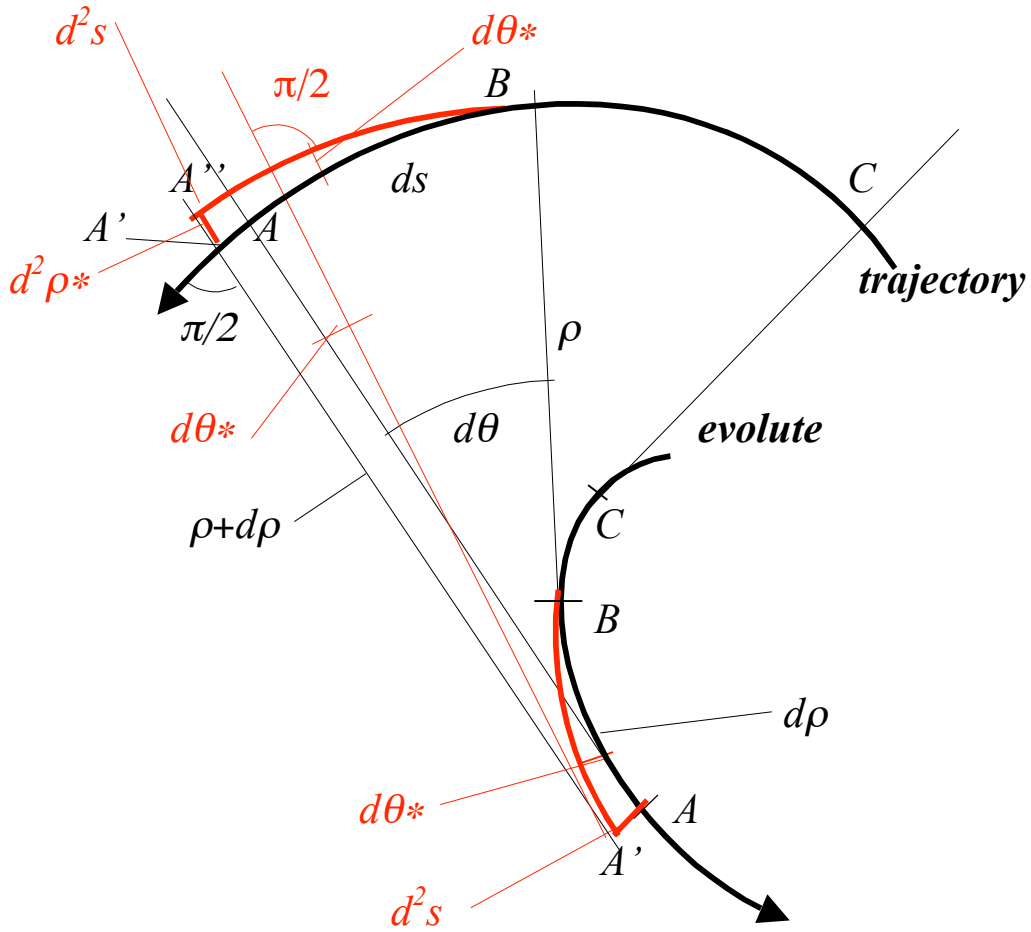
FIG. 1



Supplementary Normal Acceleration (when $dv/dt > 0$)

$$a_n^* = d^2\rho^*/dt^2$$

FIG. 2



Supplementary Normal Acceleration
 (running in *inverse direction*, with $dv/dt > 0$)

$$a_n^* = d^2\rho^*/dt^2$$

FIG. 2'

III. MECHANICAL ENTROPY. THE SECOND FUNDAMENTAL LAW.

1. We are going to study *closed* mechanical systems, that is, those which comply with the *First Fundamental Law*; we are going to establish in them a *function of state*, the *mechanical entropy* of the system, which we will call S , parallel to the entropy studied in Thermodynamics. It will express a *qualitative* characteristic of the system, different from its energetic situation which is regulated, from the *quantitative* point of view, by the *First Fundamental Law*: the conservation of energy. The *mechanical entropy* is the quantitative formulation of the energetic qualities of a closed system. With the existence of this function S , clearly expressed and defined, we would have a valuable instrument which could no doubt be called the *Second Fundamental Law* of Mechanics. This *Law*, together with the *First*, defines for us the *evolution* of mechanical processes in "isolated systems" energetically speaking which we call *closed*. A system which is closed and unbound by the rest of the Universe cannot properly be called "isolated" either; as has already been seen, the omnipresent quality of *inertia* exists, binding together all the systems in the Cosmos: so that we can say: "inertially isolated systems do not exist". This proposition coincides basically with "MACH's Principle" which we quoted earlier on, (it was already known by NEWTON though less clearly), which we can formulate as: "the only accelerations which make sense are those which concern movement in relation to the distant stars"; that is why it is necessary to use "frameworks of inertia" in order to construct the Mechanics. As has already been explained, this affirmation is in the essence of the *Third Fundamental Law*.

The ND is built on these *Three Fundamental Laws* and on the definition of force given in the previous chapter. The First and Second Newtonian "Principles" are generally invalidated and are only true in certain particular cases. What will happen to the "Third Principle"? Will it still be universally valid? Given the new expression of force in this ND, in which the mass of each particle in a system is, generally speaking, a function of time, the *angular momentum* of the same will obviously not be conserved even if it is *isolated*. However, the other aspect of the "third Principle" which requires that the *lineal momentum* be conserved in an

isolated system³², is also satisfied in this ND: in this case the resultant of all the forces dealt with in this ND is null; the CM (centre of masses in a system) will move in a rectilinear, uniform motion. We say this on the basis of experiments carried out in recent years, without further justification: there exists what we have called "coupling" of the forces which act on the masses in the system, which causes the nullity of the resultant. It is nevertheless possible to "uncouple" these forces if, as a result of their reciprocal movements, there occurs amongst the masses which make up the system a *dissipation* of energy towards the rest of the Universe, and the only way possible since it is *unbound*, is for this dissipation to occur by means of *radiation*; in this case the system ceases to be *closed* and becomes *open*. Thus in an unbound system the linear movement may be not conserved, against the requirements of CD . We have confirmed this point experimentally and will cite some examples in the last chapter.

2. Since S is a *function of state* of the system, it must be independent from the path travelled in the evolution of the same, from one equilibrium state to another equilibrium state. In order to arrive at a formulation for it, we shall start out from the customary requirements, adapted to our case, and laid out axiomatically:

- it must be *defined positive*.
- it must be *additive* or *extensive*.
- it must be *continuous* and *able to be differentiated*.

The kinetic energy U_c of the closed system we are considering, is additive and expressed by: $U_c = (1/2)mv^2$, when m is the total mass and v the average quadratic speed. The simplest function for S that complies with the preceding conditions is

$$S = \text{constant}(m_i v_i) \geq 0$$

³² *isolated system* = energetically *closed* plus *unbound* (without any kind of link).

with v_i being the speed of particle m_i taken in its absolute value. If we bring in the average speed v^* of the system, we can then write

$$S = mv^* \geq 0 \quad (7)$$

and with CAUCHY–SCHWARZ's inequality, it is

$$S \leq S_{max} = mv \quad (8)$$

In the states of equilibrium which are possible for the system it must be constant the cinetic energy, that is:

$$\boxed{dU_c = 0} \quad (9)$$

Thus U_c must be constant (or: *max.*, *min.*, *horitz. inflex.*). but this condition is not generally sufficient. As well there may exist systems whose kinetic energy is constant and yet which are not in steady equilibrium, but rather oscillate; for example: four masses bound together by four rigid bars, in the shape of a rhombus and lain out symmetrically on the same plane; the opposite sides will be equal³³. The rhombus is articulated, so that the masses can oscillate, without bumping into each other, and rotate around an axis that is perpendicular to the plane and passes through the centre of mass and symmetry. It is clear that with an initial impulse they will maintain their kinetic energy constant, but the latter will not be so for each one of the masses. The CD resolves the problem of their movement by maintaining the angular momentum in relation to the rotational axis, but in the ND this requirement does not exist. What will the possible states of steady equilibrium be, that is if they exist? We can see that condition (9) is *necessary* but *insufficient* when the equilibrium is steady. Since the entropy, defined by (7) will be variable

³³ This mechanism, which is only given in schematic form here, can be constructed so that the four masses can slide through their respective guides without bumping into each other. The real mechanism is somewhat more complicated but it is perfectly feasible. As usual, all the elements in the system except the four masses: $2m$, $2M$, are considered as valueless mass.

during the evolution of the system, even if the energy is constant; we are going to insist on a second condition for the steadiness of the equilibrium:

$$\boxed{dS = 0} \quad (10)$$

We must remember that now, in this ND, it will generally be $m=m(t)$. Thus the two conditions for the equilibrium to be steady are (9) and (10), which when expanded give us

$$mvdv + (1/2)dmv^2 = 0$$

$$mdv^* + dmv^* = 0$$

and simplifying the first:

$$mdv + (1/2)dmv = 0$$

$$mdv^* + dmv^* = 0 \quad (11)$$

homogeneous equations –considering the independent variables m , dm – which require for compatibility

$$\begin{vmatrix} dv & (1/2)v \\ dv^* & v^* \end{vmatrix} = 0$$

that is

$$v^*dv = (1/2)v dv^*$$

which when integrated gives us

$$\ln v^2 = \ln v^* + \ln A^2 \quad (\text{when } A \text{ is a constant})$$

that is

$$v^2 = A^2 v^*$$

In the general case which we are dealing with here, this last equation requires that :

$$v = \text{constant}$$

$$v^* = \text{constant}$$

and being now m necessarily constant, also will be $U_c = \text{constant}$; we have steady equilibrium. In short, conditions (10) and (11) are *necessary* and *sufficient* for steadiness of equilibrium in the general case which we are looking at here. If only the first of these two conditions is satisfied (*max.*, *min.* or *horizontal inflexion*), the equilibrium will be *unsteady*. If identical unsteady states of equilibrium occur the system will be *oscillating*; but it may also *evolve, irreversibly*, towards steady equilibrium passing through a finite, or infinite, number of unsteady situations, all different but tending towards steadiness in a finite, or infinite, time; in the latter case the system's evolution will be *asymptotic*³⁴. In this ND, although we do not feel that this is the right moment to expound it in detail³⁵, we know that when the different trajectories of the physical points m_i , which make up the closed system, are not circumferences, (since they cannot possibly be rectilinear and travelled with constant speed except in the case of a single physical point) and it is generally proved true that

$$m_i = m_i(t) \quad \text{and} \quad m = \sum m_i(t) = m(t)$$

³⁴ As a particular case it may occur that, although $U_c = \text{constant}$, S nonetheless is not, but at certain points and during a dt , it may be true that $dS = 0$ (*max.*, *min.* or *horizontal inflex.*). We would then have *unsteady* equilibrium.

³⁵ See our study *Dinámica de Sistemas Mecánicos Irreversibles*, published in Barcelona in 1985 and at present undergoing revision and amplification. It will include a detailed explanation of this assertion.

However, there may exist states of steady equilibrium, with trajectories which are not circular for the $m_i(t)$, in which $m = constant$ and likewise $v = constant$; for example: a symmetrical spinning top of mass m_1 , with a point of the rotatory axis fixed on another mass $m_2 \gg m_1$, with a *steady* precession as a result of reciprocal gravitational attraction which we assume is constant. It must be observed that in this case the system remains identical to itself.

In the example of the symmetric system given before, made up of four equal two by two masses in the form of a rhombus; there are two possibilities for the foreseeable evolution in this ND: it will either be a system with identical oscillations and equal periods, or else it will evolve in such a way that the trajectories of the four masses come closer, asymptotically, to the circular shape (in an extreme case: two immobile masses on the rotatory axis and the other two –those with greater mass– on the circular orbit itself). Thus it is clearly shown that the process is *irreversible*.

In the preceding case of the symmetrical spinning top, if the precession is *not steady*, that is, if *nutation* occurs, the ND allows the possibility that this may practically disappear after a certain delay; this is what happens in actual fact. The CD cannot account for this phenomenon unless it is responding to loss of rotatory energy due to friction at the point of support; in our opinion this explanation is not very convincing, since for the same reason that it disappears it could also reappear, if the friction were to continue.

3. It is well known that in the framework of the "three Newtonian Principles" the problem of the movement of *two* interacting bodies is resolved, and yet no general solution is found for the "simple problem of *three* bodies". It has only been possible to establish approximate solutions, by the "perturbations" method, when one of the particles has a greater mass than the other two (e.g. the Sun in the solar system). In 1912, SUNDMAN, having overcome serious difficulties, managed to solve this problem using the above method; but there is no simultaneous solution for the whole system and it is impossible for the general case of three physical points whose mass is identical³⁶.

³⁶ B. FINZI, *Meccanica Razionale*, vol. II. p. 89.

Circular trajectories are the limit to which the closed system tends when it evolves irreversibly towards stable equilibrium; whether they are each one of the m_i or those of the centres of mass of various groups of them (as in the case of the symmetrical spinning top cited earlier). As we have already stated, it may be that steady equilibrium is unattainable. Obviously we are studying the system in relation to a base of inertia at rest with regard to the centre of mass.

The CD's incapacity to solve the problem of systems made up of three or more interacting bodies is quite surprising. And yet Thermodynamics solves the problem of an infinite number of analogous particles (atoms and molecules). The *irreversibility* generally found in systems according to the ND, is closely connected to the "second Principle" of Thermodynamics, which many scientists consider "extremely troublesome and strange"³⁷. In our ND the problem is clear and simple: thermodynamic irreversibility is the statistical consequence of the irreversibility of each and every one of the trajectories followed by the particles which make up the system.

Finally, since in general $m=m(t)$, the kinetic energy of a physical particle is a function of position and time; thus it is easy to think and imagine a "wave particle" and establish a bridge between the ND and many of the problems studied by Quantum Mechanics.

The isomorphism between the ND and electromagnetism, which we have put forward, likewise resolves the fundamental incompatibilities existent between the CD and electrostatics.

BIBLIOGRAPHY

THOMAS AQUINAS, *Suma contra los gentiles*, Madrid, Ed.B.A.C., 1968.

ARISTOTLE, *Física*, Madrid, Ed. Aguilar, 1973.

BONDI, H., *Cosmología*, Barcelona, Ed. Labor, 1970.

³⁷ J. MERLEAU-PONTY, *Cosmología del siglo XX*. p. 84. Ed.Gredos. Madrid. 1971.

BROGLIE, LOUIS DE, *Ondes et mouvements*, Paris, Ed. Gauthier- Villars, 1928.

CALLEN, H.B., *Thermodynamics*, New York, Ed. John Willey and Sons Inc., 1966.

DOU, ALBERTO, *Fundamentos de la matemática*, Barcelona, Ed.Labor, 1970.

FINZI, BRUNO, *Meccanica Razionale*, Bologna, Ed. Nicola Zanichelli, 1962.

HEISENBERG, WERNER, *La física del núcleo atómico*, Madrid, Ed. Revista de Occidente, 1954. Also, *Más allá de la física*, Madrid, Ed. B.A.C., 1974.

HOENEN, PIETRO, *Filosofia della Natura Inorganica*, Brescia, Ed. La Scuola, 1949.

JUVET, GUSTAVE, *La structure des nouvelles théories physiques*, Paris, Ed. Alcan, 1933.

MERLEAU-PONTY, JACQUES, *Cosmología del siglo XX*, Madrid, Ed. Gredos, 1971.

MILLIKAN, ROBERTO A., *Electrones, Protones, Fotones, Neutrones y Rayos cósmicos*, Buenos Aires, Ed. Espasa-Calpe, 1952.

OSTWALD, W., *Les grands hommes*, Paris, Ed. Flammarion, 1912.

POINCARÉ, H., *Science et Méthode*, Paris, Ed. Flammarion, 1927.

RIUS-CAMPS, JUAN, *La afirmación del Principio de Mach y sus consecuencias Dinámicas*, Pamplona, E.T.S.A., 1975.

SAUMELLS, ROBERTO, *Fundamentos de la matemática y de la física*, Madrid, Ed. Rialp, 1965.

SCHURMANN, PAUL F., *Luz y calor*, Madrid, Ed. Espasa-Calpe, 1946.

SPIEGEL, MURRAY R., *Theoretical Mechanics*, New York, Schaum Publishing Co., 1967.

WEIZSÄCKER, C. F. VON , *La imagen física del mundo*, Madrid, Ed. B.A.C., 1974. Also: *La importancia de la ciencia*. Barcelona, Ed. Labor, 1968.

WELLS, DARE A., *Dinámica de Lagrange*, Nueva York, México, Mc.Graw-Hill, 1972.

Barcelona, 26TH June 1993
(Revised, 26TH February 2009)

IV EXPERIMENTAL TESTS

Inseparable to the creation of the theoretical framework which has been put forward here, a series of experimental tests have been carried out which confirm it and have also served to overcome many important stumbling-blocks which would otherwise have been very difficult and even impossible to deal with. The most significant of these tests are summarized in the following pages, without going into the details which pertain to the papers corresponding to the experimental investigation.

1. *Non-aerodynamic lift in flying insects.* This test was carried out for the first time in 1977 in the laboratory of the Pharmacy Faculty at the University of Navarre, Pamplona. Experiments were made using hymenoptera: *bombus terrestris* and with diptera: *calliphora vomitoria*, at a pressure of *13 mb* corresponding to the partial pressure of water vapour at *15° C* . The water vapour cannot be eliminated without using a vacuum pump of the type known as a "water trunk", otherwise the insect becomes greatly deformed and cannot fly. In this rarefied fluid (98.5% of normal atmospheric pressure: *1013 mb*) they fly perfectly for over *1–2 minutes* , even *hovering*, without any noticeable difference in their lift and manoeuvrability.

This study was registered in 1977. Since then it has been repeated several times by different people; always with the same results. At the end of this

chapter our article in "Scientific American" appears in complete form, describing how this experimental test is performed.

2. *Rotative mechanical system which destroys angular momentum* which exists initially in relation to a fixed vertical axis with negligible friction, thereby violating the law of conservation of the same. Registered in 1984. This extremely simple mechanism is comprised of a disc, of mass M , which rotates around vertical axis, to which an elastic rod, also vertical, is fixed; at one end of this rod is fixed another mass $m < M$ which oscillates with it and rotates with the disc. The system comes to a halt after a few rotations leaving only the oscillation of mass m on a vertical plane. The initial angular momentum in relation to the axis has disappeared. The initial kinetic energy has been transferred to the oscillation of m .

3. *Rotative mechanical system which creates or destroys angular momentum* starting out from initial rest, or modifying that which it had until a steady rotation is obtained with the initial angular momentum increasing or decreasing in relation to the vertical axis of rotation. This apparatus consists of a disc of mass M which can rotate in relation to its vertical axis with negligible friction; it contains an electric motor (whose mass is included in M) with an axis which is also vertical and parallel to the other one. This motor moves, eccentrically, a mass $m < M$ by means of a horizontal arm. The battery (4.5 V) is also fixed to the flywheel (and its mass is included in M). This experiment was carried out for the first time and registered in 1984.

4. *Rotative motor without a crankshaft nor connecting rods*, based on the transformation of energy from a piston into its corresponding cylinder, without having recourse to a connecting rod-crank mechanism or similar. Two different models have been built. Barcelona, 1989.

5. *Non-reactive lineal propellant.* It is based on the fact that $m = m(t)$ in this ND and on the "uncoupling" of forces by means of kinetic energy dissipation, by friction, between two of the masses of which the system consists (there must be at least three). A number of models were constructed, based on possibilities opened up by ND, but always with

negative results. In May 1988 we discovered by experimentation that part of the kinetic energy in the system must be *dissipated* in order to undo the "coupling" of the forces anticipated by ND. In this way we managed to obtain a resultant in CM of the system which was not null; this possibility is corroborated by theory since these forces depend on the velocity of each one of the masses of which it consists. Supposing that the non-reactive lineal propellant (NRLP) is made up of three masses m_1, m_2, m_3 , which interact on the same straight trajectory by means of potential and kinetic energy; in addition to the forces of acceleration, anticipated by CD whose resultant is null, there should also appear, in this particular case, the forces anticipated by ND:

$$(1/2)\sum(dm_i/dt)v_i s \quad (8)$$

when s is a *versor* according to the common straight line of action. But by "coupling" forces, its resultant is also null, and no propulsion is observed at all; nonetheless, by dissipating kinetic energy through reciprocal friction between two of the masses, their respective velocities will vary but this will be not necessarily affect the velocity of the third mass (or it will be in a very different proportion); thus the resultant (8) will be no longer null: the forces of ND have been "uncoupled" and the NRLP is possible. This fundamental discovery enabled the difficulties to be overcome. Since then, increasingly efficient machines have been built; the latest are very recent (1993) and run on batteries (3 V) and small high-powered electric motors; they reach speeds of between 15 and 40 m/min. over the third mass of reciprocal dissipation which completes the system. It can be clearly observed –by means of a suitable device which isolates the total system– that there is no reaction; in other words, the *lineal momentum is created*. Flying insects' propulsion and lift are derived from what is anticipated in this ND. In the next section we shall talk about insect flight, reported in an article of ours whose final conclusions will be included here.

6. *Conclusions and physical applications* of ND:

a) The logical process of explanation leads us to conclusions and tways in which the principles and theoretical laws, that have been established here, can be applied. Nevertheless, creativity, research and synthesis sometimes follow a different path. This has

happened in the present study, so that this chapter corresponds, at least partially, with a series of experimental facts that led us to the theoretical analysis of the principles and laws governing them.

The *laws of conservation* in CD account for the majority of common processes, at least with sufficient approximation (for example: the movement of planets and their satellites) and other factors such as friction, viscosity, turbulence, etc., disguise the problem when the effects, deduced from the preceding theoretical speculations, should be taken into account. In our opinion this is the reason why the *Three Fundamental Laws of Dynamics* were not formulated much earlier.

Aristotelian and Thomist Metaphysics called for a greater consideration and appreciation of the qualitative aspects of the Cosmos –and in particular of Dynamics– which could only be supplied by asserting that the *essence* of things were accessible and objective. "Transcendental metaphysics"–which I would rather call pseudo-metaphysics– takes us away from the World and, as a result, only helps us to penetrate more deeply into the knowledge derived from laws and qualities which we already know, but –strictly speaking– "solutions can be lost" if we do not take into account some qualities of the thing in itself, which do not necessarily provide us models of reality based on immanent apriorities.

b) In one of our first recorded studies, in which the New Dynamics put forth here, we came to the conclusion –in a completely heuristic way and not without error, because in that time we knew nothing of ND– that it was possible to overcome the laws of conservation of *angular momentum* and *lineal momentum* in a closed, unbound system. In ND, as we mentioned earlier, it is easy to construct systems which do not conserve angular momentum; and also the lineal momentum. As already has been pointed out, *dissipation* of kinetic energy by *radiation* is necessary in order to uncouple the forces acting on the system; otherwise its resultant is null and the "propulsion without reaction" becomes impossible.

This made us think that there might be living beings in Nature whose movement would be based on the *Three Fundamental Laws* of ND. The most obvious answer, we believe, is the flight of the majority of insects, whose wingbeats reach very high frequencies, with an extremely low number of REYNOLDS, which excludes lift based on classical aerodynamics. In the next section we shall cite some examples and

assertions on that matter, taken from the most recently published studies.

c) In the diminutive insect *Haplothrips verbasci*, it can be observed that its two pairs of "wings" are nothing more than beating bars, approximately elliptic, with extremely fine and very flexible cilia, which cannot act as a surface for lift but must rather serve –in our opinion– to avoid air resistance by making the laminae more effective; the extremely rapid oscillation of the wing-bars would be less efficient if turbulence were produced. In the section on "discussion and suggestions" of one of these studies it is asserted: "Ignorance of the details about the mechanism of flight, at such a low number of REYNOLDS, points out the need for extensive observation, during flight, in order to determine the movement of the wing-bars and the cilia, and also the need for further study of these details with the electronic microscope, and also for measurements designed to determine the physical properties of the group of cilia..." Another study ends with the following words: "therefore, it must be concluded that there is little reliable information about the aerodynamic forces generated by wingbeating and that the problem must be studied further". And in the publication "Scientific American", an article about unusual lift in certain insects, asserts: "The most important aspect, (the lift of) those insects and other flying creatures which I have discussed, depends largely on aerodynamic effects which are not stationary, and hitherto unknown, which for them are useful and not a hindrance, as they would be for man-made aeroplanes".

Clearly there is still a great deal of ignorance about insect flight and lift. If what has been expounded here and the experimental tests which were carried out are not mistaken, the explanation is clear and simple in the framework of ND put forward here: they would fly even in the absence of atmosphere or, at least, a good part of their lift and manoeuvrability is derived from forces, which do not exist in CD, but are dealt with in ND; air acts fundamentally to make respiration possible.

Nota bene:

This study is, as pointed out in the Introduction, a second, revised edition of the 1976 publication. The most recent investigation on the subject of insect flight has progressed very little since 1975. We may point out here that in May 1977, after this article was published, tests were carried out on insects (Hymenoptera: *Bombus terrestris* and Diptera:

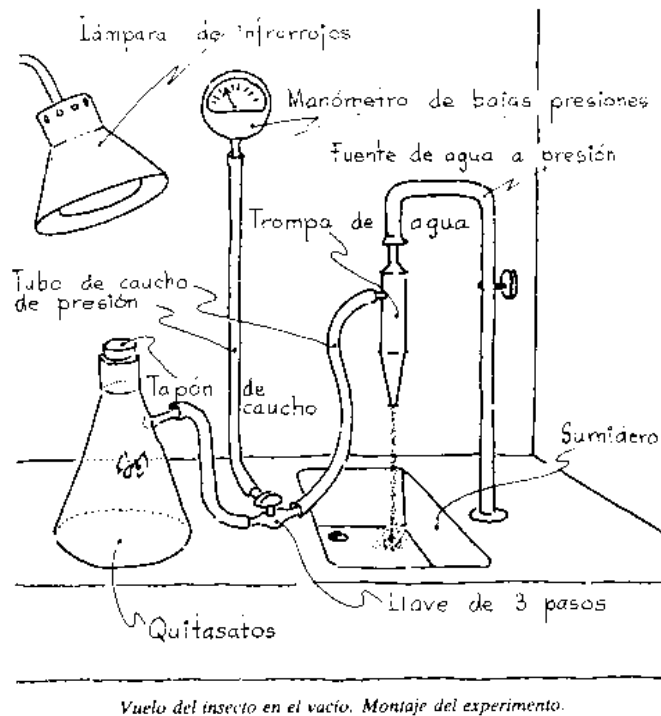
Calliphora vomitoria) which were made to fly in a rarefied atmosphere (13 mb, equivalent to 98.7% of normal atmospheric pressure: 1013 mb). This experiment has been repeated several times since then. See our small article: *The flight of the bumblebee*, in "Investigación y Ciencia", February 1986, page 41.

An interesting article appears in the magazine "Nature", Vol. 344, 5 April 1990: *Unconventional aerodynamics* by ROLAND ENNOS, who gives a clear explanation of the problems of the most recent investigation. By way of illustration we have selected some extracts: "More evidence has appeared showing that insects fly by mechanisms quite unlike those used by aeroplanes and helicopters. ZANKER and GOTZ have measured the instantaneous forces produced by tethered *Drosophila melanogaster* flies and find that they cannot be explained by conventional aerodynamic theory. The forces are also evidence that these flies have unusual methods for producing lift... Studies over the past twenty years of the aerodynamics of insects in free flight have usually concluded that the forces resulting from a conventional lift mechanism would not be adequate to support or propel the insect, and this has been verified by the results of ZANKER and GOTZ..." and he finishes the article by saying: "Their results have two important implications. Firstly, it is clear that to solve the problem of how insects control their flight will be extremely difficult; even if we discover exactly how the large numbers of direct flight muscles control the fine details of wing movement, we will not be able to solve this problem until we have a better understanding of unsteady aerodynamics. Secondly, studies of the aerodynamics of aerofoils in unsteady motion are urgently needed. Such investigation might not only clarify how animals fly, but would help us to improve our own aerodynamic designs; insects and birds are, after all, far more manoeuvrable than helicopters and aeroplanes."

7. *The flight of the bumblebee.* An article published in "Investigación y Ciencia", February 1986. This study is transcribed in full here below, together with the corresponding illustration (see Fig. 3): SIKORSKY, the famous aeronautic designer, ordered this notice to be hung up in the lobby of his technical office: "the bumblebee, according to our engineers' calculations, cannot fly at all, but the bumblebee does not know this and flies". There are quite a number of studies about insect flight and all of them come up against enormous difficulties when they try to explain the mechanisms of lift through the dynamics of stationary fluids. Let us take a look at some examples.

TORKEL WEISS-FOGH wrote eleven years ago (in 1975) in *Scientific American* that: "the most important aspect (lift) of these insects and other flying creatures depends largely on aerodynamic effects which are not stationary, and hitherto unknown, which for them are useful and not a hindrance as they would be for man-made aeroplanes". In another study, on the subject of *Haplothrips verbasci*, ARNOLD M. KUETHE said something similar: "Ignorance of the details about the mechanism of flight, at such a low number of REYNOLDS, shows the need for extensive observations during flight in order to determine the movement of the wing-bars and of the cilia and, likewise, the need to penetrate more deeply in the study of these details using the electronic microscope, and also measurements designed to determine the properties of the group of cilia..." We could add a great deal more evidence. The reader will find the problem dealt with clearly in the article by JOEL G. KINGSOLVER published in these same pages about the engineering of butterflies (October 1985). Amongst other things he described the difficulties found in complex insect flight, many of them insuperable, having recourse once more to TORKEL WEISS-FOGH's hypotheses.

For some years I have been investigating, empirically and theoretically, a new approach to dynamics of which Classical Dynamics would be a restricted part. Amongst other things it opens up the possibility that propulsion and lift exist even in the absence of atmosphere. How can insect flight be explained, from the dynamic point of view? Evidently it is not reasonable in the framework of Newtonian dynamics in which the conservation of lineal momentum, in an isolated system, excludes this type of lift and propulsion.



(Fig.3)

In the field of cosmology the insufficiencies of Newtonian mechanical theories in their fundamental axioms were detected many years ago. Thus, the "first principle" asserts that an isolated material point (or system) follows a straight trajectory with a constant velocity; but the movement must be related to some inertial coordinated axes, external to the particle (or system) in question, which means that the isolation which is postulated is questionable, since it leads us to the contradiction that an isolated system has the property of not being isolated. This is the "weakest point of the magnificent edifice of Newtonian mechanics" (P. HOENEN, 1948). This First Principle must be rectified asserting that there are no inertially isolated systems.

With this new starting point, together with the axiom of energy conservation, this new dynamics (ND) began with the simplest case in which the potential energy is conservative, to generalize it, in a second step, to the non-conservative case. It leads us to the surprising result that in addition to the Newtonian forces of inertia, which only consist of the accelerations of particles and their respective masses, there are in fact other

forces of inertia –hitherto unknown– which also include the velocity of particles, whose mass may behave as non-constant in non-conservative cases. These forces are isomorphic with "LORENTZ's forces" of electromagnetism, whose origin is purely empirical.

In the conservative case, the particle is affected by another force in addition to the classical ones: we have called it the *force of drag*, which is superimposed on the Newtonian ones and is normal to the trajectory; and has the quality of changing sign when the material point reverses sense in which it is moving on the trajectory. We have an example in HALLEY's comet, which could be asymmetric when it passes through the perihelion, that is to say, the ingoing arc might not be identical to the outgoing one.

Passing on to empirical observation, we can use the bumblebee, *Bombus terrestris*, as an experimental source. The equipment I used to observe the "abnormal" lift of the insect in a vacuum consisted of a vacuum pump, a glass container, a triple stopcock and a pressure gauge (see the adjoining illustration). The vacuum pump must be one of the kind known as "water trunk", used as a filter in chemistry laboratories. No other kind of pump must be used for a very simple reason: it is vital to maintain the partial pressure of the water vapour at room temperature, so that the insect does not swell up or become otherwise deformed, as would happen if we used a different type of pump, even if the vacuum obtained were greater. Moreover, it is so quick and effective that the insect remains active in the vacuum for a maximum of one or two minutes. At a room temperature of *15 degrees* CELSIUS, a vacuum of *10 tor (13 mb)* is obtained, which compared with the normal value of atmospheric pressure (*1013 mb*) implies a vacuum of *98.7%*.

A transparent glass container of *1000 cubic centimetres* is used to hold the insect, closed hermetically with a rubber stopper and an outlet in the side to which the pressure tube, also of rubber, is attached in order to cause the vacuum at the right moment. Larger containers should not be used in order for the emptying time to be minimal –about ten seconds– thereby allowing a maximum period of observation. The insect is introduced through the opening in the top that is hermetically sealed.

Valves, or triple stopcocks, of this kind are very simple and cheap, made of glass; it is inserted into the pressure tube, to connect the vacuum pump to the glass container. This valve enables us to re-establish atmospheric pressure in the container, after having produced the vacuum,

without it being necessary to disconnect the pump, and to maintain the vacuum indefinitely once it has been obtained. It also serves to check the level of vacuum which has been produced, by means of a pressure gauge. On the question of low pressure gauges, the mercury ones are very reliable and also digital precision pressure gauges.

It is well known that insects activate their flight capacity if they reach a suitable temperature. (It would be a good idea to place a "flexi" lamp near the container for illumination and also to provide sufficient heat for radiation.)

The observational results are surprising: for one or two minutes the insect continues flying, or takes off in flight, without any perceptible difference from flight at normal atmospheric pressure, even when hovering. The insect's legs are in the habitual position for flight, that is, gathered up and folded backwards.

The wingbeat frequency is a characteristic of each insect that varies between very narrow limits in each species: around *300 hertz* for the bumblebee and *150 hertz* for the fly. Lift has an approximately lineal variation with the fluid density, so that flight in these conditions –if we wish to explain it in terms of aerodynamics– would mean that the insect is capable of lifting a weight which is more than a hundred times greater than its own in normal atmospheric pressure; which does not seem scientifically acceptable.

In the case of insect flight the problem is generally not conservative and in this ND –which we have presented generically at the beginning of this article– there appear forces, which were hitherto unknown and responsible for lift and propulsion (without air being needed) which allow the empirical fact which we are putting forward to be explained. This is because in this new dynamic approach the laws of conservation of lineal momentum and angular momentum do not generally apply.

Classical dynamics is still perfectly applicable to those cases in which the system behaves *as if it were* inertially isolated, because of symmetries, zero tangential acceleration, circular orbit, etc., or because the new forces are negligible with regard to those which result exclusively from the masses and accelerations of the particles.

Thermodynamic *irreversibility*, the "strange and troublesome

second principle" (J. MERLEAU-PONTY), that is incompatible with classical dynamics, (MISRA-POINCARÉ theorem), is clearly shown to be corollary to the new dynamic approach, as is the particle-wave dualism. MAXWELL's equations of electromagnetics are deduced as a particular limit case of this ND. It must be noted that D. W. SCIAMA in 1953, FELIX TISSERAND eighty years earlier and, more recently, BRANS and DICKE all attempted an inverse process: to construct a theory of gravitation which was isomorphic with MAXWELL's electromagnetism.

Barcelona, 26th June 1996

(Revised, 26th June 2010)

John RIUS-CAMPS

Doctor Architect,

Professor at the UNIVERSIDAD DE NAVARRA.

Member of the REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FISICA.

Home address:

Gran Via de Carlos III, 59, 2^o, 4^a
08028, BARCELONA.

E-mail jsriuscamps@coac.net

E-mail john@irreversiblesystems.com

Tel : 93 - 330 10 69

web site www.irreversiblesystems.com

JUAN RIUS-CAMPS

LOS FUNDAMENTOS
COSMOLÓGICOS DE LA MECÁNICA
Y LAS LEYES FUNDAMENTALES DE
LA DINÁMICA

EDICIÓN BILINGÜE
(5 de ENERO de 2010)

ANUARIO FILOSÓFICO - VOLUMEN IX - 1976
U N I V E R S I D A D D E N A V A R R A

PRÓLOGO

En el vol. IX de 1976 de este ANUARIO FILOSÓFICO, se publicó por primera vez el presente trabajo. Después de 17 años nos ha parecido prudente rehacerlo, teniendo a la vista los estudios más recientes, que corrigen algunos puntos oscuros y otros cuya exposición resulta deficiente, e incluso errónea, a la luz de los descubrimientos posteriores tanto teóricos como experimentales. Los aspectos filosóficos se mantienen prácticamente tal como aparecieron, no así los desarrollos físico-matemáticos que se han modificado sustancialmente; ello es debido a que por aquel entonces sólo se habían formulado, de modo intuitivo, los fundamentos de una Nueva Dinámica (ND) de la que la Clásica o newtoniana (DC) es un caso particularmente restringido. No sospechábamos, ni de lejos, su posterior desarrollo matemático. El interés y el esfuerzo por mantener la validez general de la DC (excluyendo los problemas relativistas y los propios de la Dinámica Cuántica) nos condujeron entonces a formulaciones que ahora se han omitido por considerarlas poco satisfactorias. Las hemos sustituido por otras mucho más elaboradas y, en nuestra opinión, más rigurosas y coherentes con los puntos de partida. Sin embargo, las conclusiones a que se llegaba se mantienen las mismas en sus líneas esenciales.

En las notas a pie de página se hace referencia a otro trabajo fundamental: *Dinámica de Sistemas Mecánicos Irreversibles*, (1985), en el que se exponen de forma más completa y detallada los aspectos físico-matemáticos de esta ND (está en curso asimismo una segunda edición corregida, con una exposición más extensa). En el presente estudio, fundamentalmente filosófico en su primera parte, nos parecen fuera de lugar todas aquellas formulaciones matemáticas que no sean estrictamente necesarias para la correcta exposición de las ideas fundamentales.

También se han registrado varias memorias de trabajos experimentales, que vienen a corroborar los asertos de esta ND. Alguna de ellas, ya publicada, referente al vuelo de los insectos –que no ha sido aún explicado en el marco de la DC– se cita en el presente estudio.

Barcelona, 26 de Junio de 1993
(Revisado, 26 Junio de 2009)

LOS FUNDAMENTOS COSMOLÓGICOS DE LAMECÁNICA Y LAS LEYES FUNDAMENTALES DE LA DINÁMICA

I. MATERIA Y FORMA.

1. Los co-principios, *materia y forma*, en que se cimienta la Metafísica de la Naturaleza o Cosmología pudieran parecer, a algunos, simples elucubraciones históricas que, a partir de la antigüedad clásica centrada en ARISTÓTELES, han llegado hasta nuestros días, que ya no precisan para nada -y menos en el quehacer científico- de esta infraestructura. No deja de ser sorprendente, sin embargo, que los mejores pensadores de la física contemporánea, no se puedan deshacer de la Metafísica si no es con cierta violencia intelectual; primero, consigo mismos; luego, una vez convencidos y acostumbrados al nuevo dogma ideológico autofabricado, creído y recibido, en ocasiones sin crítica alguna, imponerlo a los demás. Otros, más honrados intelectualmente, acaban admitiendo la igualdad de derechos entre las opiniones que han recibido por educación y las que vislumbran como otras posibles opciones y que, en no pocos casos, son los cimientos inalterables de la Metafísica. Quizá sea conveniente intentar, poniendo nombre propio a las ideas, exponer algunos de esos intentos antimetafísicos junto con ejemplos del redescubrimiento de la perenne verdad que yace en la misma estructura de la realidad física y del pensar del hombre. Es la expresión del fracaso del *mecanicismo* moderno, iniciado por DESCARTES, y de la “afilada navaja” de OCKHAM que no penetra hasta el íntimo ser de las cosas ni la profundidad, analíticamente in formulable, del alma del hombre, sede de la inteligencia -limitada por la materia y la temporalidad- que trasciende la realidad experimentable. La ley de *causalidad*, centro de la Cosmología, es el punto en que se establece el debate. Mientras LAPLACE afirmaba que “debemos considerar el estado presente del Universo como el efecto de su estado anterior y como la causa del que siga”, MACH se encuentra en la polaridad contraria: “no hay causa ni efecto en la naturaleza; la naturaleza simplemente es, ya que la conexión entre causa y efecto sólo existe en la abstracción que hacemos con el fin de reproducir, mentalmente, los hechos”. MAX PLANCK es más moderado: “puede decirse que la ley de causalidad es, ante todo, una hipótesis... pero aunque sea una hipótesis, se trata de una hipótesis fundamental, que representa el

postulado necesario para dar sentido y significado a la aplicación de todas las hipótesis en la investigación científica”.

El principio de causalidad va directamente unido al concepto de *determinismo*. Para algunos, “la ciencia, en el pasado, es una descripción y, en el futuro, una creencia” (KARL PEARSON); se trata de una mera *probabilidad* de coincidencia. LOUIS DE BROGLIE diría, “el muro del determinismo tiene una fisura cuyo ancho viene expresado por la constante de PLANCK”. Pero esta *indeterminación* no es metafísica sino puramente experimental; sin embargo no faltan los que le han dado un carácter trascendente, sacándolo, incluso, del marco de la física para aplicarlo al espíritu -que por supuesto niegan- y entonces la verdad ya no es única, se reduce a un puro “argumento de plausibilidad”: es el positivismo llevado a las mismas entrañas del pensar: GUSTAVE JUVET³⁸ deja la posición indeterminista en su lugar exclusivamente experimental: “la observación o la experiencia no pueden expresar fenómenos físicos en el lenguaje del espacio y del tiempo con un rigor indefinidamente perfectible; las aproximaciones sucesivas de la experiencia y de la teoría tienen en él un límite; no pueden encerrar la realidad en las redes de mallas, cada vez más pequeñas, porque es imposible que su fabricación sobrepase una tenuidad medida por el número h ”. HEISENBERG formuló su famoso “Principio de Indeterminación” y no pretendió darle más alcance que el puramente experimental; “con la indeterminación, no niega toda causalidad, como tampoco EINSTEIN niega con la relatividad la mecánica clásica. Ambos proponen una crítica más severa y un afinamiento de nuestros conceptos”³⁹.

Otra idea que repugna, físicamente considerada, es que esta causalidad, necesaria entre el agente y su efecto, pueda darse sin *contacto*, sin *nexo* entre ambos. Nexos que deben ser reales, físicos; no basta la relación meramente nocional; sin embargo, tal posibilidad depende del concepto de causa que se admita. Antes se trataba de la existencia de la idea causal; ahora se trata -admitida ésta- de cómo actúa: ahí vuelven a dividirse las opiniones: unos admitirán la *causalidad material*, la “res extensa” cartesiana; otros irán más lejos, se quedarán con lo puramente fenomenológico y el apriorismo espacio-temporal de IMMANUELE KANT. Algunos se fijarán el *aspecto formal* eliminando la realidad material: todo lo que es experimental es algo imponderable: la *energía*; son los seguidores, más o menos cercanos, de ideas leibnizianas y fundadores

³⁸ GUSTAVE JUVET, *La Structure des Nouvelles Théories Physiques*. París, Ed. Alcan, 1933, pág. 141.

³⁹ PAUL F. SCHURMANN, *Luz y Calor*, Madrid, Espasa-Calpe, 1948, pág. 148.

del *energetismo* que intenta ser una tendencia anti-mecanicista. Cuando los físicos quieren huir de esta trampa ideológica, caen entonces en el *positivismo* de AUGUSTO COMPTE: limitémonos a estudiar la relación entre fenómenos, podríamos oír, y dejemos las diatribas especulativas para los filósofos. No es raro hallar, incluso en manuales de física, expresiones tales como: “este modo de hablar es algo metafísico, puesto que la afirmación de que las estrellas fijas no están aceleradas rebasa nuestro conocimiento experimental presente”⁴⁰.

Para los primeros, el *nexo* sería puramente material, mecánico, y la materia puramente medible, *cuantificable*; para los seguidores de MACH vendría implícito en las transformaciones energéticas, la energía es lo único experimentable: nace una especie de materialidad imponderable equivalente a un formalismo material. El energetismo, que fundara LEIBNIZ, toma carta material de naturaleza en 1855 con RANKINE: es fruto de una crítica negativa al mecanicismo, partiendo de que todos los fenómenos físicos no son más que manifestaciones y transformaciones de energía, y le acusa de dar poca entidad al hecho experimental y excesiva a la hipótesis que, en la mente del físico, sustituye a la misma realidad. La energética de RANKINE no era idealista, como propusiera LEIBNIZ, sino “experimental, empírica, determinista, deductiva y matemática”⁴¹. Esta física energetista ya había sido iniciada por MAYER, aunque no se atrevió a negar la materia; fue MACH EL PRINCIPAL IMPULSOR DE ESTA DOCTRINA EN SU FAMOSA *Mecánica*⁴², en que desarrollaba esas ideas bajo el título de “explicación cinética animada de un espíritu antimetafísico” y añadirá que “la explicación mecánica de todos los fenómenos naturales no es más que un prejuicio de orden histórico”.

En el fondo, ni RANKINE ni MACH, están demasiado lejos de DESCARTES, como no lo estaban COPÉRNICO, KEPLER, GALILEO, NEWTON o HUYGHENS. La doctrina mecanicista estaba empeñada, durante más de dos siglos, en construir un modelo matemático de la naturaleza, mediante el estudio de la materia y sus movimientos, siguiendo las Leyes Newtonianas que serían aplicables a las masas y movimientos, invisibles, de los átomos. Era una teoría puramente *cuantitativa*: primero una geometría de la naturaleza, seguida de una Mecánica analítica que completada con los conceptos de *masa*, *inercia*, *acción igual a reacción* (introducidos por GALILEO, NEWTON, HUYGHENS) condujeron al mecanicismo cuyos hallazgos, en parte, aún

⁴⁰ Charles KITTEL, y otros, *Mecánica Berkeley Physics Course*, vol. 1, pág. 60.

⁴¹ P. F. SCHURMANN, *op. cit.*, pág. 208.

⁴² E. MACH, *Mecánica*, editada en 1903.

siguen en pie. Sin embargo, a mediados del XIX, tan soberbio edificio se tambalea: SADI CARNOT descubre y formula el “Segundo Principio de la Termodinámica”: los fenómenos naturales no solamente son cuantificables sino que presentan una *asimetría*, un *sentido único* en su evolución: existe una cualidad que no pueden explicar las todopoderosas ecuaciones de la mecánica newtoniana: la *irreversibilidad* de los procesos naturales. Aquí aparece un aspecto, meramente formal, difícilmente cuantificable. La materia, por sí sola, no explica ni este aspecto ni que la energía se esfume para transformarse en otro tipo de energía: MAYER enuncia el “Primer Principio de la Termodinámica”, históricamente posterior al segundo (y que, según se supo años después de la muerte de SADI CARNOT, éste había descubierto mucho antes, como pudo probarse por sus manuscritos, entregados a la Academia de Ciencias Francesa, por su hermano –cuarenta y seis años más tarde– en 1878). Los energetistas intentan una solución mediante el formalismo energético; sin embargo su Cosmología, desprovista de materia, está basada en la *continuidad* de la energía y en el determinismo. Pero a fines del siglo XIX no había pruebas experimentales convincentes de la existencia del átomo, postulada desde LEUCIPO y DEMÓCRITO, pasando por GASSENDI; MACH podía seguir considerando superflua la hipótesis atómica.

Continuo, discontinuo, constituyen una constante polaridad desde los albores de la física y de la filosofía. PLANCK inclina definitivamente la balanza experimental en favor de este último aspecto: nace la *Mecánica cuántica* y el energetismo es abandonado.

EINSTEIN, con la afirmación de la equivalencia entre masa y energía: $E = mc^2$, elimina la pretendida distinción entre el mecanicismo y las teorías energetistas. Finalmente, a partir de 1925 con DE BROGLIE y WERNER HEISENBERG, y más tarde con ERWIN SCHRÖDINGER y DIRAC, nace la *Mecánica ondulatoria*; se intenta lo que es mentalmente contradictorio: unir el aspecto material, corpuscular, discontinuo, con la visión ondulatoria, energética, continua (basada en un *substrato* o éter continuo). Llegamos nuevamente al positivismo, a los hechos experimentales; se prescinde de toda intuición sensorial y de las antiguas concepciones físicas, que buscaban un modelo imaginable, para dar una descripción totalmente abstracta -basada en valores perfectamente medibles- que nos da un modelo matemático de una realidad que se esfuma -en un análisis microcósmico- detrás del Principio de Indeterminación. El nexo causal es únicamente lógico-matemático: conceptos como “acción directa a distancia”, son perfectamente admisibles en un modelo de este tipo.

2. Al final, después de la ardua diatriba entre mecanicistas y energetistas, la moderna Mecánica Cuántica busca un apoyo más profundo, no puede quedarse a nivel de los hechos positivos, medidos en el laboratorio y encuadrados en un modelo matemático. La sistemática Kantiana encuadra muy bien con esa visión positivista-indeterminista de la realidad; así se expresa CARL F. VON WEIZSÄCKER⁴³: “La insuficiencia de las opiniones ingenuamente realistas y positivistas, hoy en colisión con el sistema de KANT, encarna el planteamiento en la dirección tomada por KANT. Las soluciones que KANT ha dado a sus planteamientos básicos no aparecen, a la vista de la física moderna, ni verdaderas ni falsas, sino ambivalentes. Al tratar de ensayar aquí, llevados de la mano de los conocimientos de hoy, un discernimiento entre una interpretación recta y otra falsa de las tesis kantianas, establecemos un principio de crítica de la filosofía de KANT y, al mismo tiempo, un punto de partida para la ulterior elaboración filosófica de la física moderna”. P. F. SCHURMANN⁴⁴, nos aclara, algo más, esa tendencia que será una “via media” entre DESCARTES y LEIBNIZ: “para KANT la experiencia nos da la información necesaria acerca de las cosas *en sí* que existen realmente, pero cuya única intervención en nuestro conocimiento es estimular nuestros sentidos y permanecer inaccesibles. Sobre estas impresiones, nuestra facultad de conocer, con su organización intelecto-sensorial, construye nuestra imagen del mundo. Para ello tiene como bases fundamentales de toda percepción, las nociones de *tiempo* y de *espacio* que son *formas* de nuestra sensibilidad. Con el entendimiento, que también tiene sus formas o *categorías*, damos forma y relacionamos las impresiones de la sensibilidad...” En esta Cosmología ciertas nociones son “a priori”, dadas por la sensibilidad y por el entendimiento; ahí están el *espacio*, el *tiempo*, la *causalidad*. Esta visión del mundo se inicia en el pasado siglo con físicos tan eminentes como HERTZ que, siendo partidario de MACH en algunos aspectos, coincide con KANT al afirmar que “las imágenes que nuestro intelecto construye deben satisfacer las condiciones de admisibilidad, de exactitud y de conveniencia. Mientras la exactitud está fijada por la experiencia, la admisibilidad está librada a nuestro intelecto y como condición *a priori*”⁴⁵.

Los energetistas defendían una posición basada en el baluarte del “Segundo Principio” termodinámico, que tenía difícil entrada en el

⁴³ C. F. VON WEIZSÄCKER, *La Imagen Física del Mundo*, Madrid, Ed. B.A.C., 1974, págs 76 y ss.

⁴⁴ P. F. SCHURMANN, *op. cit.*, pág. 205.

⁴⁵ P. F. SCHURMANN, *op. cit.*, pág. 211.

mecanicismo; sin embargo, con la teoría cinética de gases de MAXWELL, BOLTZMANN y GIBBS, y el concepto estadístico de *entropía*, desaparecieron estas dificultades; por si fuera poco, el triunfo del atomismo proclamado definitivamente por OSWALD⁴⁶, frente a la continuidad, dejaba fuera de combate la Cosmología energética. Los mecanicistas habían triunfado definitivamente... La cuantificación de la materia y las poderosas leyes determinísticas -aunque fueran estadísticas- daban razón suficiente de nuestro Cosmos. Así hasta los años 30, en que se abre camino otra visión del Microcosmos, dada por el “Principio de Incertidumbre” Heisenbergiano. El mecanicismo es incapaz, también, de englobar toda la razón de ser del mundo real. La moderna Mecánica Cuántica se mantiene en una postura meramente positiva no vaya a caer también en una *cristalización* tan inconveniente como las precedentes. Sin embargo, es tentación constante del científico buscar la *unidad* de las cosas; así se expresaba E. POINCARÉ: “la ciencia se acerca a la unidad, condición necesaria de su posibilidad”. A menudo el hombre olvida de donde parte el impulso motor de sus investigaciones, aquello que realmente las hace posibles: la búsqueda de *algo*, que al mismo tiempo se presenta al entendimiento como apetecible por la voluntad: algo que es *bueno*; pero este acercamiento a la realidad no puede hacerse sin ninguna ley, con los datos meramente experimentales, es preciso que exista una *unidad*, dada por leyes que distingan el comportamiento *verdadero* de las cosas y excluyan la falsedad, el error. Así llegamos a *lo que es* en sus diversas manifestaciones: y nos conduce al ser de las cosas englobado en los cinco *trascendentales*, puntales de la auténtica Metafísica de la naturaleza.

La Metafísica Aristotélico-tomista, a partir de OCKHAM y DESCARTES, fue duramente atacada; no por su insuficiencia, por nadie probada, pues sus cimientos son tan sólidos que sus negadores -si son consecuentes- niegan sus propios puntos de partida para destruirla; fue atacada quizá por el deseo de novedad, por el intento de no tener una plataforma, *única*, para todos los pensadores; por la soberbia de no admitir una “filosofía perenne”, base del buen pensar. Además, en no pocas ocasiones, la *verdad* repugna a quien no se comporta según ella: los hombres a menudo han buscado “un conjunto de falsos doctores que lisonjeen sus bajas pasiones”⁴⁷ y SÓCRATES tuvo que beberse la cicuta por su sabiduría frente a los sofismas de sus detractores.

Los físicos, los científicos en general, están más cerca de la perenne verdad, de la Metafísica, que muchos filósofos: corrientemente ni

⁴⁶ Bien a pesar suyo, pues era autor de la obra titulada: *La Derrota del Atomismo*.

⁴⁷ 2 *Tim.* 4, 3-4.

se plantean tales problemas, sino es al fin de su vida y como resultado de una reflexión profunda sobre sus propios conocimientos físicos: así C. VON WEIZSÄCKER, BONDI, LEMAITRE, W. HEISENBERG. Sin embargo, son hombres de su tiempo y están influidos por las ideas en boga, como lo estaban PARMÉNIDES y PLATÓN, SAN AGUSTÍN y su amigo, maniqueo, FAUSTO. Algunos logran desenmascarar errores fundamentales y entonces nace una nueva visión que sustituye a la anterior (en el campo de la física por ejemplo), pero estos cambios suponen, frecuentemente, una toma de postura filosófica como se ha visto en el estudio que precede. Los físicos actuales no son excepción y buscan con avidez una infraestructura que dé unidad a sus conocimientos. En el ambiente en que han nacido y vivido, en la mayor parte de los casos, la Metafísica no sólo está “desacreditada” o se la mira con recelo, sino que ni siquiera se la conoce. ARISTÓTELES, PLATÓN, PARMÉNIDES, vislumbraron e incluso llegaron al conocimiento de los *cinco trascendentales*, de la causalidad y de los co-principios *materia-forma*, que explican la unidad y multiplicidad de los seres... Llegaron a estas conclusiones pagando “un gran precio”, en medio de un mundo lleno de *mitos* y de *sofistas* cuya característica intelectual más sobresaliente era el afán de novedades⁴⁸. Con el advenimiento de CRISTO vino la Verdad al mundo y lo que antes sólo se lograba “a gran precio”, a partir de ese momento “se tiene por nacimiento”.

Ante ese ambiente actual en que se desarrolla la ciencia y en el que la Metafísica ha perdido su lugar, no es extraño que se hable de *ambivalencia*, de *relativismo*, y se llegue a una desconexión de la realidad. La filosofía kantiana tiene todas las características de una pseudo-metafísica en la que el ser de las cosas ya no es objetivable: la realidad misma queda desconectada. De ahí las preferencias honestas de muchos físicos contemporáneos, de gran talla, por esta visión cosmológica que les presta la Ontología que les falta.

Las cuatro causas aristotélicas: *causa materialis*, *formalis*, *efficiens*, *finalis*, han quedado muy empobrecidas: la primera es inaccesible y la formal y final quedan identificadas con el agente que, con base en sus “categorías”, es la única causa y se halla, además, fuera de la realidad física. C. F. VON WEIZSÄCKER⁴⁹ lo expresa así: “La Edad Moderna no conoce otra causa más que aquella que se halla fuera de la cosa. De este modo se eliminan, en primer lugar, las dos primeras causas, las cuales se hallan presentes en la cosa misma; materia y forma designan, según esta

⁴⁸ 2 Tim. 4, 3.

⁴⁹ C. F. VON WEIZSÄCKER, *op. cit.*, pág. 165.

manera de hablar, la esencia, pero no la causa del objeto. De esta manera de hablar, así modificada, brota la polémica de los científicos de la naturaleza a comienzos de la Edad Moderna, falseando el sentido original de ARISTÓTELES y en contra de la tesis escolástica de que las formas sustanciales, o las cualidades, podrían ser causas... Si el saber es poder, ha de conocer, ante todo, los medios de producir las cosas y los fenómenos, o al menos ha de influir en ellos. Ha de conocer la *causa efficiens* de cada uno. El criterio para saber si conoce verdaderamente la *causa efficiens*, es que pueda predecir correctamente el hecho desencadenado por ella. De este modo se ha transformado tanto el concepto de causa, que en la ciencia natural moderna el principio de causalidad se vino a identificar justamente con el principio de plena predicabilidad de los fenómenos naturales. La expresión matemática de este concepto de causalidad es la representación de los fenómenos naturales por medio de ecuaciones diferenciales que exponen el cociente temporal diferencial de las magnitudes, que caracterizan el estado de la cosa, por medio de estas mismas magnitudes; el estado determina, de un tiempo a otro, incluso su variación temporal”. La matemática moderna postula que no existe diferencia entre la determinación eficiente y final de un proceso. El último reducto de la antigua causalidad metafísica es la *forma matemática* en que se apoya la física: una especie de *causa formalis* extra material; pero la Metafísica queda mutilada de tal manera que más bien es pseudo-metafísica, como se ha afirmado antes. En el fondo, todo el valor formal de la física, dejando aparte el nebuloso contacto con la realidad a través del fenómeno y de las “categorías” espacio-temporales de la sensibilidad, está en la ciencia matemática (no olvidemos que KANT era matemático y sus errores provienen de aplicar a la filosofía los métodos válidos para objetos puramente matemáticos). Así se comprende el intento de HILBERT⁵⁰ de reducir la lógica a una *meta-matemática* (palabra acuñada por él mismo), un sistema formal *consistente y completo*: una fundamentación absoluta de los métodos y teoremas de la matemática. Sin embargo, el teorema de GÖDEL implica que tal sistema no es, simultáneamente, *consistente y completo*. La física contemporánea se ha refugiado en KANT, por un tiempo parece estar segura; los mecanicistas fueron desalojados por el “Principio de Incertidumbre”. ¿Qué otro Principio puede desacreditar esa, ya antigua, postura filosófica? precisamente la insuficiencia de la meta-matemática antes apuntada. A. DOU⁵¹ lo expresa así: “El teorema de GÖDEL se ha generalizado en diversas direcciones y, en general, la lógica matemática está hoy en un período de desarrollo extraordinario. Desde el

⁵⁰ Alberto DOU, *Fundamentos de la Matemática*, Barcelona, Ed. Labor, 1970, pág. 105.

⁵¹ *ibidem*, págs. 109 y 110.

punto de vista de los fundamentos de la matemática la importancia del teorema es evidentemente extraordinaria y esencialmente significa que hay que renunciar al optimismo que había manifestado HILBERT en un principio... También parece obvio que el teorema de GÖDEL supone cierta *limitación* del poder deductivo de la lógica. Algo así como el Principio de Indeterminación de HEISENBERG en Mecánica Cuántica, pero aquí, al parecer, en el plano mucho más abstracto y profundo de la matemática o lógica pura... A veces parece que se interpreta el hecho de que sepamos que la interpretación de la fbh (*fórmula bien hecha*) es verdadera, a pesar de ser independiente en (el sistema) S, como si la inteligencia humana, y consiguientemente la capacidad del cerebro humano, estuviera por encima de todo lo que pudieran dar de sí los calculadores artificiales; pues se admite la identificación de las funciones computables, por un computador, con las funciones recursivas y éstas son precisamente las representables en S. Se concluye, entonces, que el hombre en su función cognoscitiva o intelectual no puede ser, ni siquiera en teoría, totalmente sustituido por máquinas o robots. Todo esto parece que de momento es en efecto así”.

3. Ni el mecanicismo, ni el energetismo, ni la postura última analizada de corte kantiano, pueden dar razón suficiente de la realidad material que se les escapa o, lo que es todavía más grave, aunque se prescindiera de la accesibilidad a la misma, lo que entonces se esfuma es la propia realidad pensante. ARISTÓTELES inicia, y SANTO TOMÁS completa, la más potente y congruente Cosmología con la intuición genial de la doctrina del *acto* y la *potencia*, aplicable a los dos niveles del ser: el puramente entitativo, que comprende el modo más general de ser, que incluye *todos* los seres –materiales y espirituales– con la clara distinción de los co-principios, *esencia* y *existencia*; y el puramente material, con la composición de *materia* y *forma*, que constituyen los co-principios del ser corpóreo. Dios trasciende los dos niveles, el hombre trasciende la materia: la super-máquina pensante, como lo quisieran reducir algunos, se escapa de la materia, incluso de la lógica: su forma sustancial es *espiritual*; es una realidad con unas cualidades que esquivan toda experiencia cuantificable y todo intento de formulación “consistente y completo”.

En el mecanicismo, al prescindir de la causa formal, se le escapan las *cualidades* de los seres corpóreos; sólo indirectamente –a través de las Leyes de la Naturaleza– cabe un acercamiento a las mismas en forma cuantificada. Pero la experiencia nos muestra que lo que “*primo et per se*” conocemos son, precisamente, esas cualidades. En las formulaciones energetistas y fenomenológicas, las cualidades, que están en

la línea de la causa formal, quedan desconectadas de la realidad física; que deja de ser la realidad accesible, objetivable, cuyas cualidades son objetivas, es decir, son el “sello del artista” que las ha plasmado. Las Leyes de la Naturaleza, conocidas y formulables, no son suficientes para dar cuenta de *todas* las cualidades de los seres: existe un *exceso de ser* que no puede formular ninguna teoría, aunque sea con el recurso a procesos probabilísticos, a los que tan acostumbrados nos tienen ciertos científicos, que requieren miles de millones de años (incluso billones si fuera preciso) para llevarse a cabo, y que nos recuerdan los números fabulosos de las cosmogonías indostánicas.

Hay ideas, que durante años se han considerado como acientíficas, y que expresan ese “exceso de ser”, además de las insuficiencias señaladas en el presente estudio. La más importante es la Creación “*ex nihilo*”, por un Ser trascendente, DIOS. Otra idea sería la existencia de un alma, trascendente, en el hombre. Respecto a la primera, cada vez son más numerosos los científicos a los que la hipótesis existencial de un tiempo $t = 0$, es decir, “el comienzo de los tiempos”, no repugna sino que es, por lo menos, tan científica como la no existencia de principio. BONDI⁵² se expresa así:

“Hablando en general, han sido dadas tres respuestas a la cuestión del principio, y las opiniones sobre los méritos relativos de cada una se encuentran muy divididas:

a) El principio es un punto singular en la frontera de la ciencia física. Cualquier cuestión relativa a su naturaleza o a sus antecedentes no puede ser contestada por la física y por consiguiente no es de carácter pertinente a ella.

b) El principio fue un estado especialmente simple; el más simple, armonioso y permanente que pueda pensarse. Dentro de él se encontraban, sin embargo, los orígenes del crecimiento y evolución que en algún momento, indefinido, iniciaron la cadena de complicados procesos que lo han convertido en el Universo que conocemos.

c) No hubo principio. A gran escala el Universo probablemente permanece inmutable o quizá sufriendo cambios cíclicos. En todo caso su edad es infinita.

⁵² H. BONDI, *Cosmología*, Barcelona, Ed. Labor, 1970, pág. 17.

Más adelante se verá el proceso por el cual se alcanzan estas tres distintas respuestas. De momento baste decir que una teoría debe, por lo menos, conducir al *problema de la creación* y que las opiniones difieren en cuanto a la naturaleza de la respuesta concreta”.

Para identificar esta disparidad de opiniones actual frente a la idea de Creación, puede servir la siguiente anécdota relatada por C. F. VON WEIZSÄCKER⁵³: “En 1938, cuando yo era un joven físico teórico en Berlín di una comunicación al *Physikalische Colloquium* de aquella universidad sobre la transmutación de los elementos en el Sol... yo estaba muy orgulloso de mi descubrimiento, y para demostrar su plausibilidad subrayé el punto de que podía asignar al Sol una edad que ajustara muy bien en la edad del Universo, obtenida mediante interpretación de los espectros de las nebulosas, idea que entonces era muy reciente. Pero en este punto tropecé con la violenta oposición del famoso físico-químico WALTHER NERNST, que pertenecía a una generación anterior y que ocupaba entonces la cátedra de física de dicha Universidad. NERNST dijo que la opinión de que podía haber una edad del Universo no era ciencia. Entonces explicó que la duración infinita del tiempo era un elemento básico de todo pensamiento científico, y que negarla sería negar los fundamentos mismos de la ciencia. Tal idea me sorprendió mucho, y aventuré la objeción de que era científico formar hipótesis acordes con las insinuaciones de la experiencia y que la idea de la edad del Universo era una de esas hipótesis. Él replicó que no es posible hacer hipótesis científicas que contradigan los fundamentos mismos de la ciencia. Estaba muy enojado... Lo que me impresionó de NERNST no fueron sus argumentos, en los que temo que sigo creyendo que no había sustancia; lo que me impresionó fue su enojo. ¿Por qué estaba irritado? ¿Qué intereses vitales del hombre WALTHER NERNST, que había nacido a fines del siglo XIX, y estaba seguro de morir en el XX, qué intereses vitales de ese hombre podían ser violados por la posibilidad de que el Universo no hubiera existido desde un tiempo infinito, sino que hubiera empezado su existencia hacía cinco mil millones de años?... Ni el platónico, creyente en la inmortalidad del alma, ni el cristiano, creyente en la resurrección en una tierra nueva, bajo un nuevo cielo, se sentirán turbados por el descubrimiento de que este mundo material pudiera tener una duración finita por razones inmanentes. Creo que no me equivoqué al suponer que NERNST, como en general los científicos de su generación, no era hombre positivamente religioso, y me pareció (y aún me parece) natural la conclusión de que en su estructura mental el Universo infinito e

⁵³ C. F. VON WEIZSÄCKER, *La Importancia de la Ciencia*, Barcelona, Ed. Labor, 1968, pág. 140.

imperecedero había ocupado el puesto del Dios eterno y del alma inmortal”.

Hemos visto que uno de los postulados más sólidos de la física actual es la *Primera Ley Fundamental* de la Mecánica: la conservación de la energía, mejor dicho de la *masa-energía*, después de la identificación einsteiniana $E = mc^2$, admitida con la misma solidez; con las excepciones de las teorías que, para mantener constante la densidad de materia-energía en un Universo en expansión, proponen la creación constante de la misma; así la “teoría del estado fijo” de BONDI y GOLD (1948)⁵⁴ y la de HOYLE, que parte de las ecuaciones de campo de la Relatividad General modificadas convenientemente. Sin embargo no existe, al parecer, confirmación experimental de esta creación constante y, en cualquier caso, no se trata de la creación “ex nihilo”, sino de una hipótesis. Queda claro, sin embargo, que todas las Cosmologías tropiezan con este hecho creacional, como advierte el mismo BONDI.

Para nosotros, aunque pensamos es fundamental en Mecánica esa *Primera Ley*, no la tomamos en este sentido absoluto de creación “ex nihilo”, pues a fin de cuentas esta observación se refiere a lo *cuantificable*, medible en el laboratorio. Nos parece más conveniente la hipótesis creacional de un *substratum* cosmológico, de un *continuum*, que sirva de apoyo necesario a toda teoría cosmológica: la *base inercial* que, implícitamente, aceptan todas las formulaciones cosmológicas, donde emplazar los “observadores fundamentales” de los que ninguna de ellas puede prescindir. Este *continuum*, lo postulamos en oposición a lo discontinuo, cuántico, que es el objeto de toda medida experimental. Además, como se expuso en un trabajo anterior⁵⁵, los postulados que definen las propiedades de este *continuum* serían los siguientes:

a) “*Existe el continuo*” (en último extremo creado “ex nihilo” por Dios). Realmente sería lo único material existente. El substrato cosmológico vendría a ser su traducción física.

b) “*El continuo admite discontinuidades*”. Constituirían lo que llamamos materia-energía.

c) “*El continuo es metaempírico*”. Lo que se experimenta, se mide, son sólo relaciones entre discontinuidades.

⁵⁴ Cfr. H. BONDI, *op. cit.*, pág. 159.

⁵⁵ Juan RIUS-CAMPS, *La Afiración del Principio de Mach y sus Consecuencias Dinámicas*, Pamplona, E.T.S.A., 1975, págs. 10 y ss.

d) “*El continuo es indestructible*”. Perecer, moverse localmente, es propio de lo discontinuo. Sólo podría perecer por decreto de su Creador. La introducción de discontinuidades en el seno del continuo sería el comienzo del Cosmos observable. El tiempo, entendido como “medida del movimiento” desde ARISTÓTELES, es pura discontinuidad dinámica sucesiva; es el tiempo experimental, medible, de los físicos. El “comienzo de los tiempos” y el “fin de los tiempos” se refiere a este tiempo discontinuo, diferente de la “duración”, permanencia en el ser, propia del substrato cosmológico. Esta duración, por ser continua, no admite medida física, es meta-empírica. No repugna que el substrato cosmológico, o continuo, no tuviera principio juntamente con el tiempo; pertenece a la Teología dar razón de este hecho. El enojo de NERNST, antes citado, queda físicamente fuera de lugar. El tiempo $t = 0$, hace referencia al inicio de la materia-energía, es necesariamente finito, pues es la medida de un número de discontinuidades dinámicas que se suceden idénticas, y no tiene sentido que este número sea infinito. En cambio el substrato, por ser continuo, podría haber tenido una duración infinita, es decir, no precisa de un comienzo ni de un final. Los cristianos sabemos que tuvo un comienzo por Revelación de Dios⁵⁶, pero no tiene por qué tener un final; en cambio sabemos que sí se dará el “fin de los tiempos”.

e) “*El continuo no fluye*”. El movimiento, entendido como variación topológica, es de lo discontinuo, cuántico. En este sentido el continuo no puede admitir discontinuidades espaciales infinitamente divisibles en acto: la materia energía está cuantificada, como sabemos desde PLANCK; lo mismo podemos afirmar del tiempo.

Podemos concluir de todo lo que antecede, que la cuestión del Fundamento Cosmológico de la Física, y en particular de la Mecánica, no es algo meta-científico como han afirmado no pocos, sino que es de capital importancia. De ahí el interés que tienen, en nuestra opinión, estas digresiones sobre los *Fundamentos Cosmológicos* de la física. En lo que sigue se expondrán, en sus líneas genéricas, las *Tres Leyes Fundamentales* de la Mecánica siguiendo la misma visión cosmológica.

Se ha tratado ya de la *Primera Ley Fundamental*, que hace referencia directa al aspecto cuantificable de la materia-energía; se apoya en el aspecto más material del ser de las cosas; la *cantidad*, primera expresión de la *materia*, que DESCARTES llamaría “res extensa” y confundiría con la *sustancia*, dando nacimiento al mecanicismo moderno.

⁵⁶ Génesis, I,1. “En el principio creó Dios el cielo y la tierra”.

Sin embargo, y siguiendo fielmente a ARISTÓTELES y a SANTO TOMÁS, los seres corpóreos también poseen *cualidades*, objetivas, que dicen relación directa a la *forma sustancial* y no se pueden reducir a simples aspectos cuantificables. Son, como ya afirmamos al principio, lo que “primo et per se” conoce el sujeto. Estas cualidades *son* del objeto material, no una creación derivada de las formas “a priori” de la sensibilidad y del entendimiento con base en una fenomenología estricta.

Si se descuida este segundo aspecto cualitativo, negándole la objetivabilidad, no sería nada extraño que la ciencia física perdiera posibilidades en su desarrollo, es decir, en su capacidad de conocer las profundidades de la Naturaleza. En el apartado que sigue, se intentará dar fundamento cosmológico a las que llamaremos *Segunda y Tercera Leyes Fundamentales* de la Mecánica, con base en las precedentes ideas y en la crítica de los Principios newtonianos desde la perspectiva de la Filosofía de la Naturaleza. Se completará la exposición en los capítulos siguientes.

4. Además de la conservación de la materia-energía, el siguiente aspecto fundamental del mundo físico es la cualidad de los cuerpos llamada *inercia*; desconcertante tanto para los físicos como para los filósofos⁵⁷. ¿Es la inercia una cualidad inherente a cada cuerpo o es relativa a la presencia de los demás?. Y otra pregunta: ¿Es una propiedad de las masas en relación mutua, o es la relación que cada una de ellas tiene con el espacio entendido físicamente como “substratum”? Leemos⁵⁸: “en una teoría coherente de la Relatividad, no puede haber inercia en relación con el espacio, sino sólo inercia de las masa en relación de unas a otras”. NEWTON, en cambio, postulaba la existencia de un espacio, o substrato, absoluto⁵⁹; le resultaba inaceptable una “acción directa a distancia” que, sin embargo, subyace en el “Principio de MACH”, aceptado por EINSTEIN como uno de los axiomas de su teoría de la Relatividad General que, por otra parte, no da cuenta suficiente de la inercia, real, existente en el Universo⁶⁰: “Así, la inercia estaría *influenciada (beeinflusst)* con seguridad, pero no estaría *determinada (bedingt)* por la materia presente en el finito”, en palabras del propio EINSTEIN. “Después de un desinterés progresivo por la cuestión de la inercia, los cosmologistas de la generación contemporánea la pusieron de nuevo al orden del día: esto hace reparar en

⁵⁷ Cfr. J. MERLEAU-PONTY, *Cosmología del Siglo XX*, Madrid, Ed. Gredos, 1971, págs. 42 y ss.

⁵⁸ *ibidem*, pág. 53.

⁵⁹ Cfr. los *Principia Mathematica*, publicados por primera vez en 1686.

⁶⁰ Cfr. los *Principia Mathematica*, publicados por primera vez en 1686.

que, en ese punto, el fracaso de EINSTEIN no ha sido reparado y que nadie ha logrado dar una expresión matemática perfectamente satisfactoria del principio de relatividad de la inercia. Y de ahí que personas como HOYLE se sientan inclinadas a concluir que la verdad es que no ofrece mucho interés ese principio; y aunque fuese exacto, su valor heurístico y su fecundidad deductiva quedan muy limitados”⁶¹.

Si se acepta el *substrato continuo*, la inercia no es más que la *respuesta* de éste a toda aceleración; no depende, como la gravitación, de la presencia –cercana o lejana– de otras masas, sino que es una propiedad del espacio físico, *extrínseca* a todo cuerpo. “Las estrellas lejanas”, del Principio de MACH, no son la causa de la inercia por una *actio in distans* sino algo así como las balizas que nos indican la situación del *substrato* -directamente inexperimentable como hemos postulado- y lo mismo cabe decir de los marcos inerciales de laboratorio: giróscopo, péndulo de FOUCAULT, etc., que coinciden con el determinado por las estrellas lejanas, de manera tan exacta que excluye toda coincidencia. Esta inercia podría ser distinta en un Cosmos diferente del nuestro (suponiendo que existiera un procedimiento de comparación). También cabe pensar que en nuestro propio Universo –en gran escala– variará de un punto a otro, e incluso según la dirección que se considere; pero en la escala conocida nuestro Universo se presenta como *homogéneo e isotrópico*.

La “escuela de MACH”, ante la pregunta de: ¿Qué pasaría si se suprimiera toda materia excepto un único cuerpo experimental: subsistiría la inercia? responde que no. Sin embargo, los partidarios de que ésta es una *cualidad* del substrato responderán afirmativamente. NEWTON sigue teniendo razón según muchos cosmólogos actuales. Pero su punto más débil es el Primer Principio: “un cuerpo aislado se mueve con movimiento rectilíneo y uniforme”; se refiere a un punto material y es extensible al centro de masas (CM) si se trata de un sistema aislado; sin embargo este enunciado encierra contradicción, pues su movimiento es recto respecto a cualquier marco inercial, los únicos en que son válidos los tres Principios newtonianos, y estos referenciales son *externos* al sistema, aislado por hipótesis, y, en consecuencia, no pueden ser utilizados para afirmar que el movimiento será rectilíneo y uniforme. Vistas las cosas así, la *inercia* es una cualidad *externa* al sistema y las “fuerzas de inercia” de la Mecánica Clásica (MC), en lugar de “fuerzas aparentes”, son *reales y externas* al sistema⁶², supuesto referido a un marco inercial. Si el marco

⁶¹ J. MERLEAU-PONTY, *op. cit.*, págs. 44 y ss.

⁶² El “Principio de MACH” –equivalente desde el punto de vista práctico a la aceptación de un substrato– conduce a este resultado aunque MACH no lo hiciera así, probablemente llevado de su visión positivista, más exactamente empirio-criticista de la

no fuera inercial, es evidente que pueden aparecer fuerzas aparentes, en el pleno sentido de la palabra, como es bien sabido. La afirmación del “Principio de MACH” de que “las únicas aceleraciones que tienen sentido son las que se refieren al movimiento respecto a las estrellas lejanas”, es decir, respecto a un marco inercial, viene a corroborar las precedentes conclusiones puesto que las “estrellas lejanas” son evidentemente externas al sistema. La afirmación de que “*no existen* sistemas inercialmente aislados” la denominamos *Tercera Ley Fundamental* de la Mecánica.

Algunos físicos han intentado probar la validez del Principio de MACH por caminos diferentes al Einsteiniano (y otras Cosmologías análogas), partiendo de un paralelismo con la teoría electromagnética de MAXWELL. Así D. W. SCIAMA⁶³ que tiene un precedente en FÉLIX TISSERAND (1872) que intentó, en base a su teoría, explicar el comportamiento anormal del perihelio del planeta Mercurio, pero fracasó en su intento. En fechas más recientes, los físicos BRANS y DICKE han pretendido dar comprobación experimental, íntegra, al Principio de MACH. Pero, para la mayor parte de los físicos por no decir todos, dicho principio continúa siendo una “mera conjetura no probada ni negada”.

Se han expuesto y justificado la *Primera Ley Fundamental*: conservación de la materia-energía, y la *Tercera Ley Fundamental*: no existen sistemas inercialmente aislados; ¿Cuál puede ser la *Segunda Ley Fundamental*? Evidentemente el Segundo Axioma de la Termodinámica nos da ya alguna luz sobre su posible contenido, pero no es aplicable a problemas estrictamente mecánicos; éstos son siempre *reversibles* en el marco de la MC, mientras que aquél se refiere precisamente a la

realidad. J. MERLEAU-PONTY en op. cit., pág. 298, dice: “En efecto, en la Dinámica Clásica ocurre que cuando un cuerpo está acelerado en relación con un sistema de inercia, fuerzas de inercia ficticias acuden a completar las acciones a las que está sometido; son ficticias porque la Dinámica no las atribuye, como las otras fuerzas, a una acción del entorno. Ahora bien la experiencia demuestra que los sistemas de inercia están en descanso con relación a la materia lejana (por ejemplo: el plano de oscilación del péndulo de FOUCAULT permanece fijo con relación a las estrellas); entonces, el Principio de MACH requiere que lo que induce las fuerzas de inercia sobre el cuerpo experimental sea la aceleración relativa del cuerpo experimental con relación a esa materia que se supone, de modo global, en reposo”.

Nosotros afirmamos el Principio de MACH, pero no respecto a las estrellas lejanas, sino refiriendo la inercia al substrato-continuo, directamente inexperimentable, pero localizable gracias a los marcos inerciales que poseemos como referencia: las estrellas o galaxias, el péndulo de FOUCAULT, el giróscopo, etc.

⁶³ D. W. SCIAMA, “*On the origin of inertia*”, *Monthly notices of the Royal Astr. soc.* (1953), nº 1 págs.34 – 39.

irreversibilidad de los procesos termodinámicos. Las fuerzas que actúan sobre una masa en movimiento vienen dadas por el Segundo Principio Newtoniano: la ecuación fundamental de la Dinámica, y las ecuaciones del movimiento que se derivan de ella son siempre reversibles respecto a la variable tiempo. Sin embargo, y siguiendo con la crítica metafísica (y por tanto con consecuencias físicas) a dichos Principios, resulta que cuando la aceleración es nula el Segundo Principio nos remite al Primero: el movimiento es rectilíneo y uniforme; pero sabemos que éste no es exacto, luego tampoco lo será siempre y necesariamente aquél. La expresión de la fuerza no tiene por qué ser, en general, tan simple: el vector *aceleración* multiplicado por una constante de proporcionalidad que denominamos *masa*. Como se expone en trabajos, cronológicamente posteriores a la primera publicación del presente en 1976, la masa puede variar con el tiempo cuando está sometida a un Potencial función de la posición y del tiempo, y en la expresión general de la *fuerza*, en la Nueva Dinámica (ND) que emerge, aparecen términos nuevos en los que, además de la masa y la aceleración, intervienen el vector velocidad de la partícula y la variación de la masa con el tiempo. Resulta sorprendente, y gratificante al mismo tiempo, que dicha expresión sea isomórfica con la “fuerza de LORENTZ” del Electromagnetismo; las ecuaciones que rigen esta ND son también isomórficas con las “ecuaciones de MAXWELL”; es más, éstas son un caso particular de aquéllas en su aspecto formal. En los capítulos siguientes se expondrán algunos puntos más acerca de este particular.

Siguiendo con la exposición de los fundamentos cosmológicos de esta ND, podemos decir que la *Primera Ley Fundamental* tiene su punto de partida metafísico en el co-principio, la *materia*, de los seres corpóreos y el primero de los *accidentes* que la determinan: la *cantidad*; este es el motivo de que esta ley sea esencialmente cuantitativa y cuantificable. La *Tercera Ley Fundamental* no hace referencia directa a la esencia misma del ser de las cosas, sino al hecho de que los seres no son aislados, puesto que por *naturaleza* interaccionan. Además, el hecho de que todo ser material ocupe un “lugar”, que no es algo exclusivamente propio sino que está determinado por la presencia de los otros cuerpos, no es una cuestión meramente abstracta de relaciones de distancia, sino que se trata de una interacción física, dinámica (en el Microcosmos nada está en reposo, en todo caso este reposo sólo existió antes del “inicio de los tiempos”, cuando el *continuo* estaba en perfecto “silencio”, y volverá cuando todo regrese al “primitivo silencio”⁶⁴ al “fin de los tiempos”); el único cuerpo que no ocupa lugar es el Universo, el Cosmos considerado

⁶⁴ IV LIBER ESDRAE, 6,39 y 7, 30.

como un todo, de ahí que sea éste el único sistema realmente aislado, el objeto más amplio que estudia la Cosmología.

Otro *accidente*, inevitablemente unido a la *cantidad* a la que *cualifica* es el que, desde ARISTÓTELES, se denomina *cualidad*: su ser es más bien en la línea *formal*; sólo indirectamente se puede cuantificar, pero es lo más inteligible que tienen las cosas. La *Segunda Ley Fundamental* sería la expresión física, cuantificada, de la cualidad más elemental que tienen los cuerpos cuando se alteran; pues en el fondo de toda alteración está el *movimiento local* aristotélico, de ahí que esta *Segunda Ley* esté directamente relacionada con el *tiempo*, medida intelectual de todo movimiento que, al relacionarlo con la medida del espacio, entre el lugar inicial y el final, da origen al concepto de *velocidad*. Esta *Ley* diría primariamente: “las cosas se mueven” (sería el $\pi\alpha\nu\tau\alpha \rho\epsilon\iota$ de HERÁCLITO de ÉFESO), para añadir: “según unas determinadas condiciones”. Las cosas se mueven, propiamente, porque no están aisladas a causa de la inercia (*Tercera Ley*), y además conservándose la masa-energía (*Primera Ley*), pero esta interacción, este movimiento, es en el *sentido* marcado por la *Segunda Ley*. El “Segundo Principio de la Termodinámica” es una expresión parcial de dicha *Segunda Ley Fundamental*, cuando se trata de la interacción de un número muy grande de partículas; es una ley estadística. No deja de ser aleccionador que este Principio, *Segundo*, se descubriera antes que el *Primero*, como se dijo anteriormente; desde el punto de vista de la Metafísica de la Naturaleza, debía ser así: las cualidades son lo primero que aprehende el intelecto, la cuantificación viene luego.

Como se expondrá más adelante, en esta ND las trayectorias que describen las partículas materiales de un sistema no son, en general, *reversibles* como sucede en la Dinámica Clásica (DC); la irreversibilidad termodinámica –que considera un número quasi-infinito de partículas en interacción– es consecuencia estadística de la irreversibilidad de cada una de estas trayectorias. Así, paradójicamente, se resolvió antes el problema que plantea un sistema de infinitos cuerpos, mientras quedaba sin resolver el “sencillo” de tres. Por otra parte, es bien conocida la incompatibilidad de fondo entre la DC y el Segundo Principio de la Termodinámica. Más adelante, en el siguiente capítulo, se intentará la formulación matemática de la *Segunda Ley Fundamental*, por la vía de definir la *entropía mecánica* de un sistema formado por un número finito de partículas. También es posible reformular mecánicamente la entropía clásica de un sistema

termodinámico, sin acudir directamente a los conceptos de calor y temperatura, o bien a la expresión estadística de BOLTZMANN.⁶⁵

5. Como se verá, la posibilidad de formular matemáticamente tal concepto de *entropía mecánica*, para sistemas de *finito* número de cuerpos en interacción, se asienta en el hecho de que la energía cinética de un sistema puede variar no sólo *cuantitativamente* sino también *cualitativamente*, incluso en el caso en que se mantenga constante. Este aspecto, a nuestro entender, había permanecido desconocido hasta el presente y más su expresión formal. Sin embargo, aparte de la visión parcial aportada por el Segundo Principio termodinámico, no había pasado inadvertido a pensadores tan antiguos como ARISTÓTELES y SANTO TOMÁS DE AQUINO. Es evidente que su conocimiento respondía a una visión intuitiva, estético-jerárquica del Cosmos, pero no por eso menos real; no se podía pedir ni esperar más a nivel de los conocimientos científicos de su época. En la nuestra no deja de sorprender que tal hecho, de ser cierto como afirmamos, haya llegado tardíamente; quizá sea por nuestra educación positivista y antimetafísica. Pensamos es de justicia citar algunos textos de estos dos grandes pensadores y concluir, así, este primer capítulo.

ARISTÓTELES exige una *potencia activa*, localizada en el *medio* que rodea al *móvil* aislado, para que su movimiento permanezca; no se entiende esta permanencia en el movimiento sin esta causa activa, *externa* al móvil. No se trata del aire o del agua en inmediato contacto (como pretendían otros pensadores griegos, incluyendo PLATÓN). El Estagirita no cae en este “desafío al sentido común”⁶⁶, como mal entendió DUHEM, sino que se trata de una propiedad *activa* de *todo* el medio, no de las partículas en inmediato contacto: ¿algo así como el éter postulado por LORENTZ?⁶⁷. Hace falta una *causa* y además en *contacto*: la “*actio in distans*” le repugna; la moderna “teoría de campos” no es más que la negación de dicha acción directa a distancia. Tenemos en esta potencia activa del medio la causa de la inercia: es la intuición de la *Tercera Ley Fundamental*.

⁶⁵ JUAN RIUS-CAMPS, *Formulación Mecánica de la Entropía de un Sistema*, registrado en Barcelona, 1992. En este trabajo se intenta dar una expresión, estrictamente mecánica, de la entropía de un sistema termodinámico a partir de los conceptos mecánicos de energía potencial y de energía cinética del mismo.

⁶⁶ DUHEM, *Etudes sur Léonard de Vinci*, I, págs. 109 y ss. *Le système du monde. Histoire des doctrines Cosmologiques de Platon a Copernic*, págs. 321 y ss.

⁶⁷ Cfr. Pietro HOENEN, *Filosofía della Natura Inorganica*, Brescia, Ed. La Scuola, 1949, págs. 128 y ss.

ARISTÓTELES se aperció de que no todos los movimientos de los cuerpos son equivalentes en perfección, ni siquiera en el más sencillo de todos: el *movimiento local*, que sólo afecta directamente al accidente *Ubi* (pero al que se reducen, en último término, todos los demás movimientos *proprios*). En conceptos actuales diríamos que no todas las energías cinéticas son equivalentes desde el punto de vista cualitativo aunque puedan serlo cuantitativamente, como ya se indicó y se expondrá más adelante. Siguiendo con las ideas del Filósofo, leemos en la Física⁶⁸: “Podría alguien preguntarse si todo movimiento es comparable con todo otro movimiento o no lo es. Si todo movimiento es comparable, y si todo cuerpo de igual velocidad es el que se mueve en un tiempo igual a lo largo de una cantidad igual, entonces podemos dar con una línea igual a una recta, o bien mayor o más pequeña... Sin embargo ¿qué habrá que decir del círculo y de la línea recta?. Sería absurdo compararlos si el movimiento circular y el movimiento rectilíneo no fueran semejantes... Y, sin embargo, si ellos son comparables, venimos a parar a la consecuencia que hace poco anunciábamos: la igualdad entre la línea recta y el círculo. Ahora bien, estas líneas no son comparables luego tampoco lo son sus movimientos... ¿No será entonces que la velocidad no tiene el mismo significado en uno y otro de aquellos dos casos?”. Pasa luego a ocuparse de los movimientos de *alteración* que sólo son comparables cuando pertenecen a la misma especie y concluye: “Lo mismo ocurre a propósito del movimiento: hay igualdad de velocidad cuando en un tiempo igual se han producido dos movimientos iguales en magnitud y en *cualidad*. Pero si durante este tiempo una parte de la magnitud ha sufrido una alteración y la otra ha sido trasladada ¿Será esta alteración igual a la traslación y de la misma velocidad?. Esto es absurdo, y la razón de ello es que el movimiento tiene sus especies distintas. Por tanto, si las cosas trasladadas en una magnitud igual durante un tiempo igual poseen la misma velocidad, entonces la línea recta y el círculo son iguales. ¿Dónde está la razón de ello, en que la traslación es de un género o en que es un género la línea?. En efecto, el tiempo es siempre indivisible en especies. El movimiento, pues, y las trayectorias tienen correlativamente distintas especies, pues la traslación tiene distintas especies si las tiene el lugar en que se produce el movimiento... De manera, pues, que tendrán una misma velocidad las cosas movidas a través de la magnitud durante el mismo tiempo, y entiendo por “el mismo” lo que es indistinto bajo la razón de especie y ello lo será igualmente en relación con el movimiento. De esta manera es necesario estudiar la diferenciación del movimiento... Pero llamamos velocidad igual la de la alteración del ser cuyo cambio es el mismo en un tiempo igual. ¿Qué es necesario entonces

⁶⁸ ARISTÓTELES, *Física*, lib. VII, cap. 4.

comparar, el receptáculo de la modificación o la modificación?. En este caso, al ser la salud la que es la misma, se está en el derecho de admitir que no hay en ella ni más ni menos, sino tan sólo semejanza. Si, por el contrario, la alteración es distinta, por ejemplo, cuando las alteraciones son un blanqueamiento y una curación, no se puede llamar idéntico a nada de esto ni tampoco más igual que semejante, por cuanto hay allí especies de alteración y porque ellas no constituyen entre sí una unidad, con mayor razón que no la constituyen las traslaciones rectilíneas y circulares”. ARISTÓTELES CALIFICA COMO Específicamente DIFERENTES el movimiento rectilíneo y el circular. Este último puede tener velocidad constante, no así el rectilíneo que algún instante debe empezar a decrecer hasta pararse y luego, en todo caso, volver a aumentar; no concibe como posible un movimiento rectilíneo hasta el infinito: “el crecimiento y el decrecimiento no pueden ser continuos, sino que hay en ellos un estado intermedio en que se detienen”. ARISTÓTELES intuye por esta vía que existe algo, una *cualidad*, que diferencia los movimientos de traslación entre sí; concretamente en los dos casos límite: circular y rectilíneo. La *Segunda Ley Fundamental* viene a formular esta cualidad, como ya hemos anunciado al hablar de *entropía mecánica*.

Santo TOMÁS DE AQUINO⁶⁹ comentando al Estagirita dirá: “El movimiento circular de los cuerpos celestes no tiene contrario, y por eso no se da en ellos violencia; en cambio, el movimiento de los cuerpos inferiores tiene contrarios, como son los movimientos hacia arriba y hacia abajo. Luego los cuerpos celestes tienen una virtud más universal que los cuerpos inferiores. Es así que las virtudes universales son motores de las particulares como consta por lo dicho. Por lo tanto, los cuerpos celestes mueven y dirigen a los cuerpos inferiores”. He aquí un bosquejo de lo que ahora llamaríamos *irreversibilidad* de un proceso. Más adelante, y en el mismo capítulo, continúa: “porque el movimiento circular es también el primero entre los movimientos locales: en cuanto al tiempo, porque sólo en él puede ser perfecto, como se prueba en el libro VIII de la Física; en cuanto a la naturaleza, porque es el más simple y de mayor unidad, ya que en él no se distingue ni principio, ni medio, ni fin, sino que todo es medio. Y también en cuanto a la perfección, porque revierte a su principio. En tercer lugar, porque sólo el movimiento celeste es siempre regular y uniforme; mientras que en los movimientos naturales de los cuerpos pesados y leves aumenta la velocidad en el fin, y en los violentos disminuye. Luego es necesario que todo movimiento celeste sea causa de todo otro movimiento”. Intuye el Aquinate, por un camino diferente, lo mismo que viera el Filósofo con antelación de siglos.

⁶⁹ SANTO TOMÁS DE AQUINO, *Summa contra gentes*, Lib, 3, capítulo 82.

Pensamos que las citas de esos dos autores, y la exposición precedente, puedan resultar esclarecedoras y ayuden a penetrar en la esencia de los capítulos que siguen.

II. ESTUDIO DE LA EXPRESIÓN DE LA FUERZA EN LA ND.

1. A modo de introducción cabe decir que en esta ND no podemos partir ya de la “Ecuación Fundamental” newtoniana, que nos daba la expresión de la fuerza, pues sólo será válida en casos muy singulares, como consecuencia de la precedente crítica. Sin embargo, para construir la ND debemos sentar un punto de partida que nos permita elaborar la nueva teoría; la DC vendrá a ser un caso particular de ésta. Este punto de arranque, en el marco de las *Tres Leyes Fundamentales*, es la afirmación de que la energía cinética de un sistema de puntos materiales viene dada por la expresión:

$$U_c = (1/2)mv^2$$

siendo m la masa total del sistema y v la velocidad media cuadrática del mismo. Esta energía es la suma de las energías cinéticas de cada una de las partículas del sistema, que satisfacen expresiones análogas. No contemplamos aquí problemas relativistas en que intervienen elevadas velocidades. Como veremos más adelante, la masa del sistema en esta ND ya no es necesariamente una constante, sino que será, en general, función del tiempo. Normalmente, y mientras no se especifique de modo expreso, supondremos referido el sistema a un marco de coordenadas cartesiano e inercial.

En DC la energía potencial que posee un sistema se dice conservativa si sólo depende de la posición de las partículas, es decir, es independiente del tiempo. Esta energía no se puede escribir, en general, como suma de las energías potenciales de cada partícula –como sucede con la energía cinética total– : su expresión es global, al depender de la posición de todas las masas del sistema, sin posibilidad de asignar a cada una de ellas una energía potencial que dependa exclusivamente de su

posición. Sin embargo, sí es posible dar a cada partícula una energía potencial que sea función de su posición y del tiempo; para ello bastará poner en función del tiempo las coordenadas y las velocidades de los demás cuerpos en la expresión de la energía total. En un sistema energética-mente cerrado, para cada partícula m_i –si designamos por $U_{pi}(P_i, t)$ su energía potencial y por $U_{ci}(P_i, t) = (1/2)m_i v_i^2$ su energía cinética– podemos escribir en virtud de la *Primera Ley Fundamental*:

$$U_{ci}(P_i) + U_{pi}(P_i, t) = C_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (1)$$

en que:

$$U_{pi}(P_i, t) = \sum_j U_{cj}[P_j(t)] + U_p^{(i)}[P_i, P_1(t), P_2(t), P_{i-1}(t), P_{i+1}(t), \dots, P_n(t)]$$

Y el sumatorio se extiende a todas las variables excepto la (i) . Para el sistema de n partículas m_i , y sumando en los dos miembros de (1), resultará:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n U_{ci}(P_i) + U_{pi}(P_i, t) &= U_c + \sum_{i=1}^n U_{pi}(P_i, t) = \\ &= U_c + U_p = C \end{aligned}$$

que expresa la conservación de la energía del sistema, como era de esperar. Notemos que en la expresión: $U_{ci}(P_i) = (1/2)m_i v_i^2$ es siempre $v_i = v(P_i)$, pues la velocidad implica, por su propia naturaleza, cambiar de lugar, y es por tanto función de la posición de la partícula, salvo casos triviales en que no se pueda establecer esta relación funcional. También será siempre posible poner la posición en función del tiempo, pero es preciso distinguir y recalcar que aquí el tiempo es un simple parámetro, mediante el que expresamos las variables posicionales, y no una variable independiente como lo es en la energía potencial no conservativa: $U_{pi}(P_i, t)$. Con esas reflexiones a la vista, podemos escribir la (1) en la forma:

$$U_{ci}(P_i) + U_{pi}(P_i, t) = C_i \Rightarrow (1/2)m_i v_i^2 + U_{pi}(P_i, t) = C_i \quad (2)$$

y resulta la paradoja de que $U_{pi}(P_i, t)$ la podemos escribir en función de la posición P_i e independiente del tiempo. La única solución será que, en general, la masa m_i no la podremos considerar constante en esta ND, sino que deberá ser:

$$m_i = m_i(t)$$

con lo que obviamente es $(1/2)m_i v_i^2 = U_{ci}(P_i, t)$. Está claro que esta conclusión es de la mayor importancia.

2. Estamos ya en condiciones de hallar la expresión de la fuerza que actúa sobre una partícula de masa m que describe una trayectoria referida a un marco inercial; para mayor sencillez y claridad expositiva comenzaremos por un caso idealizado en que la masa es constante y, en consecuencia, el potencial es conservativo. Puesto que se trata de un sistema cerrado, por la *Primera Ley Fundamental* se verifica:

$$(1/2)m_o v^2 + U_p(P) = C$$

en la que es $v = v(P)$ y $m = m_o = constante$. La partícula describe una determinada *trayectoria* y, conocida ésta, su energía cinética depende de una *única variable* que nos determina su posición sobre la misma; por ejemplo: el arco recorrido a partir de un punto origen, el radio de curvatura en cada punto, etc., es decir, se trata de variables *intrínsecas*. Así pues, el estudio que hacemos de la *fuerza*, que actúa sobre la partícula al describir esta trayectoria, es *local*. Supondremos un arco diferencial situado en el plano osculador en el punto P ; de esta forma, y sin pérdida de generalidad, podemos considerar la trayectoria como localmente plana y utilizaremos como referencial el triedro de FRENET, cuyos vectores unitarios o *versores* son: \mathbf{s} , \mathbf{n} , \mathbf{b} , según la tangente, la normal y la binormal, respectivamente. Se eligen como sentidos positivos: el de la velocidad de la partícula para \mathbf{s} , el dirigido hacia la convexidad de la trayectoria para \mathbf{n} , y para \mathbf{b} el dextrógiro tal que:

$$\mathbf{b} = \mathbf{s} \times \mathbf{n} \quad (3)$$

En estas condiciones definimos la fuerza, según una variable x de la que depende *toda* la energía cinética U_c de la partícula, así:

$$\mathbf{F}_x = (dU_c/dx)\mathbf{x} \quad (4)$$

siendo \mathbf{x} el correspondiente *versor*.

Si aplicamos esta definición a las variables intrínsecas: arco de trayectoria s y radio de curvatura ρ , tendremos respectivamente:

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_s &= (dU_c/ds)\mathbf{s} = (m_0 v dv/ds)\mathbf{s} = (m_0 dv/dt)\mathbf{s} \\ \mathbf{f}_\rho &= (dU_c/d\rho)\mathbf{n} = (m_0 v dv/d\rho)\mathbf{n} \end{aligned} \quad (5)$$

puesto que la variación del radio de curvatura es según \mathbf{n} . Estas dos fuerzas dependen de cómo varía la energía cinética, y en este sentido no existen más, pues sólo podemos considerar dos variables intrínsecas en una trayectoria plana. Sin embargo, debemos tomar en consideración, además, la *fuerza centrípeta* de la DC, que no está incluida en \mathbf{f}_ρ , pues no depende de la variación de la energía cinética sino de su valor:

$$m_0 \mathbf{a}_n = -m_0 (v^2/\rho)\mathbf{n} = -(2U_c/\rho)\mathbf{n}$$

La fuerza total que actúa sobre m_0 será la resultante de estas tres:

$$\mathbf{f}_o = m_0 \mathbf{a} + \mathbf{f}_\rho = m_0 \mathbf{a} + (m_0 v dv/d\rho)\mathbf{n} \quad (6)$$

En que el signo, según \mathbf{n} , será $(-)$ si hemos elegido como positivo el sentido hacia la convexidad (que es nuestro caso) y será $(+)$ si este sentido es hacia la concavidad.

Podemos dar otra expresión para la fuerza \mathbf{f}_ρ (5) escribiendo:

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_\rho &= (m_o v dv/d\rho) \mathbf{n} = (m_o dv/d\rho) \mathbf{b} \times v \mathbf{s} = \\ &= -\mathbf{v} \times (m_o dv/d\rho) \mathbf{b} \end{aligned}$$

puesto que, por la (3), es $\mathbf{n} = \mathbf{b} \times \mathbf{s}$. Por tener $dv/d\rho$ las dimensiones de una velocidad angular, podemos definirla así:

$$\boldsymbol{\omega}^* = \omega^* \mathbf{b} = (dv/d\rho) \mathbf{b} \quad (7)$$

con lo que:

$$\mathbf{f}_\rho = -m_o \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^*$$

y de la (6) resulta:

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_o &= m_o \mathbf{a} - m_o \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^* = \\ &= m_o (\mathbf{a} - \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^*) \end{aligned}$$

que es isomórfica con la “Fuerza de LORENTZ” del electromagnetismo. Esta analogía aparece más claramente si ponemos:

$$\mathbf{E}_o = \mathbf{a} \quad \mathbf{B}_o = -\boldsymbol{\omega}^*$$

y queda:

$$\mathbf{f}_o = m_o (\mathbf{E}_o + \mathbf{v} \times \mathbf{B}_o) \quad (8)$$

Sorprendente resultado; más todavía si tenemos en cuenta que la expresión de la “Fuerza de LORENTZ” es exclusivamente experimental. Además, en el triedro de FRENET el módulo v de la velocidad es siempre *positivo* en el *sentido* en que se mueve la partícula. Sabemos que mientras el móvil describe la trayectoria el centro de curvatura describe la *evoluta*; en esta última el signo de $d\rho$ es también *siempre positivo*. Al invertir el sentido de recorrido *cambia el sentido los versores \mathbf{s} y \mathbf{b}* en el triedro de

referencia; así $v = vs$ pero dv se cambia en $-dv$ con $(-dv/d\rho)\mathbf{b} = -\boldsymbol{\omega}^*$
 El resultado de que ahora la *aceleración normal suplementaria*:

$$a_{\rho}^* = B'B''/dt^2 = dsdv/dt = v\omega^*$$

pasa a ser:

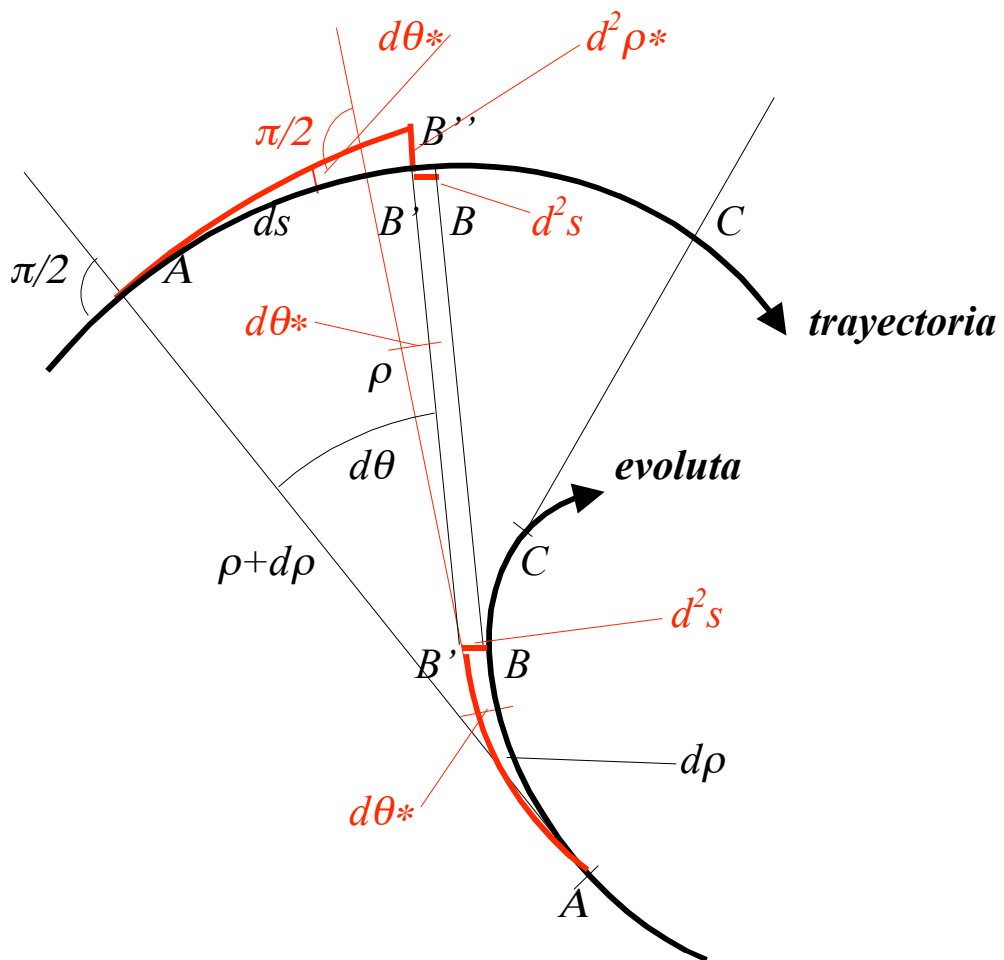
$$-a_{\rho}^* = B'B''/dt^2 = ds(-dv/dt) = -v\omega^*$$

y en expresión vectorial:

$$-a_{\rho}^* = -\mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^*$$

inversa a la precedente al cambio de sentido del movimiento (ver Figs. 1, 2 y 1', 2' al final).

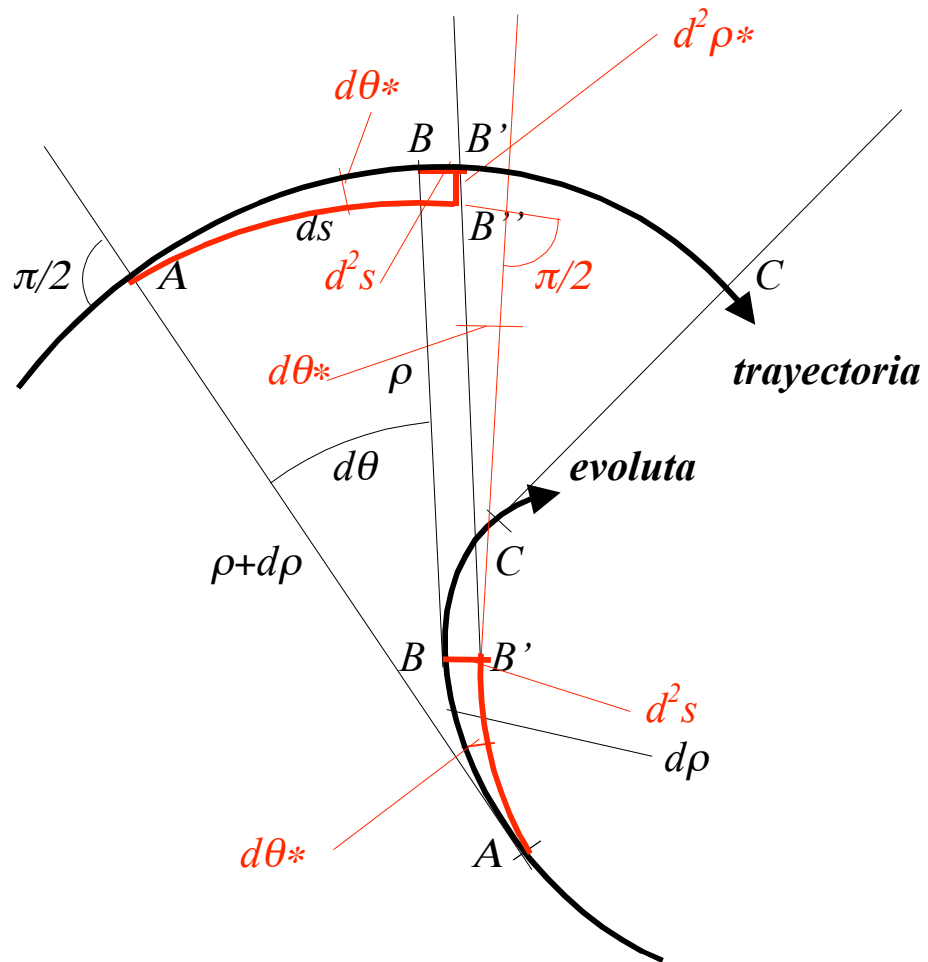
En consecuencia, si un punto material describe una determinada trayectoria y se *invierte el sentido de recorrido*, ésta resulta inalterada en el marco de la DC; es **reversible**. Sin embargo no sucede lo mismo en la ND, pues la trayectoria de “vuelta” ya no coincidirá con la de “ida”; es **irreversible**. El **CAOS**, descubierto en muchos fenómenos físicos, es consecuencia de dicha **irreversibilidad**. Como puede observarse en las siguientes figuras 1, 2, 1', 2' :



Aceleración Normal Suplementaria (cuando $dv/dt < 0$)

$$a_n^* = d^2 \rho^* / dt^2$$

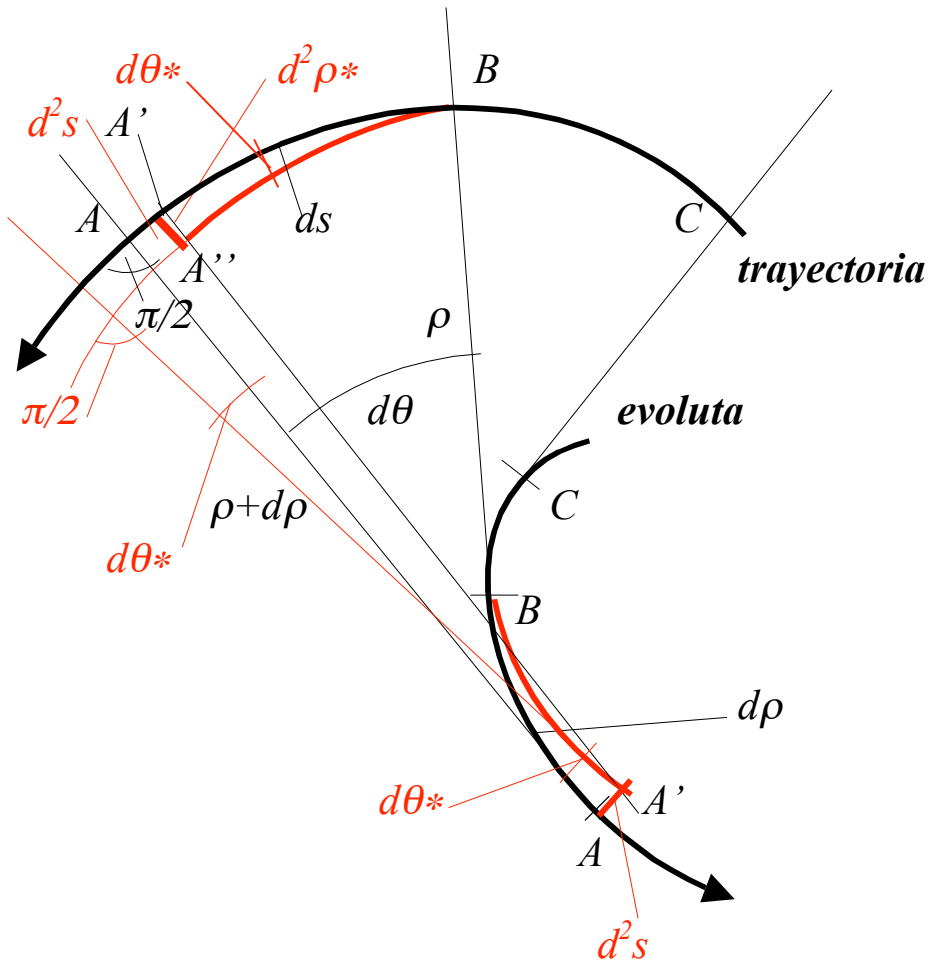
FIG. 1



Aceleración Normal Suplementaria (cuando $dv/dt > 0$)

$$a_n^* = d^2 \rho^* / dt^2$$

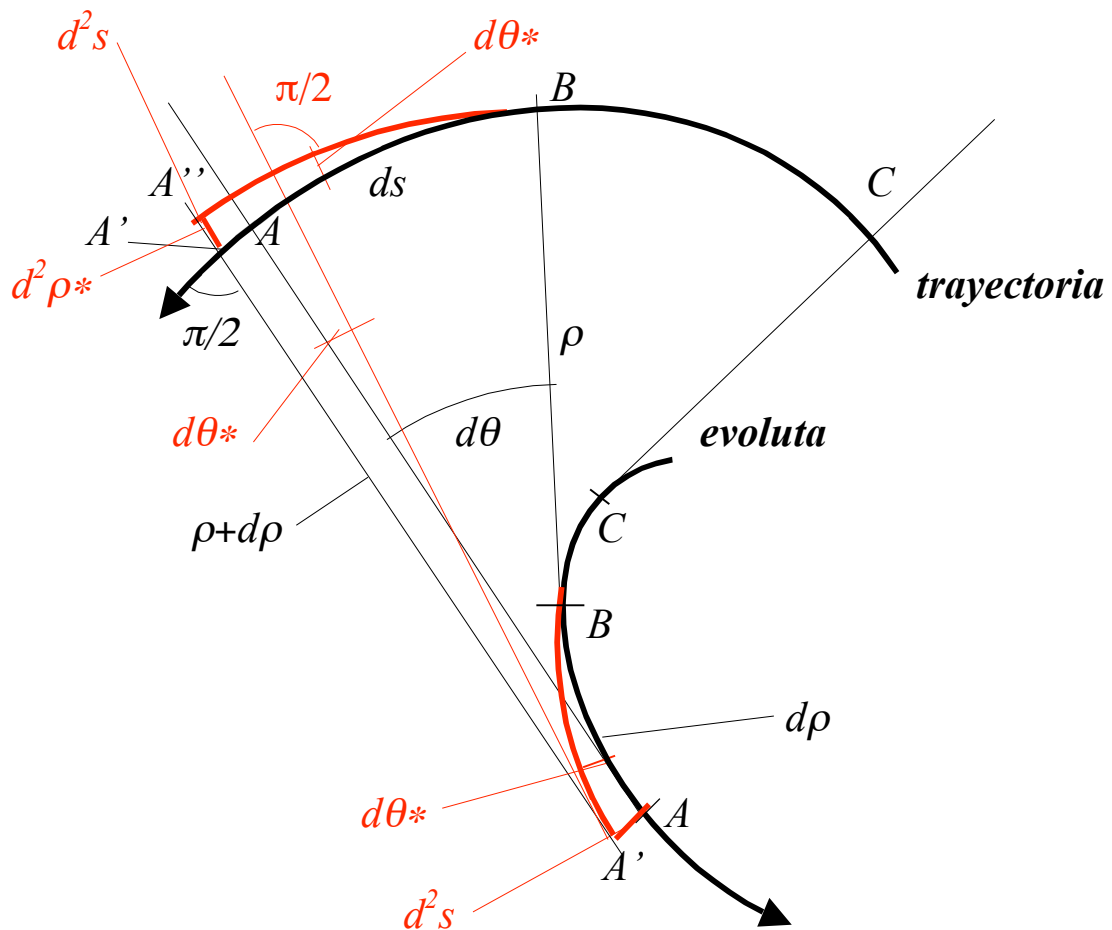
FIG. 2



Aceleración Normal Suplementaria
 (en recorrido inverso, siendo ahora $dv/dt < 0$)

$$a_n^* = d^2\rho^*/dt^2$$

FIG. 1'



Aceleración Normal Suplementaria
 (en recorrido inverso, siendo ahora $dv/dt > 0$)

$$a_n^* = d^2\rho^*/dt^2$$

FIG. 2'

3. Vamos a estudiar ahora el caso en que sea $m = m(t)$, es decir, aquél en que se verifica la (4):

$$U_c(P, t) + U_p(P, t) = (1/2)mv^2 + U_p(P, t) = C \quad (9)$$

Mantenemos la misma definición dada en (4) para la fuerza que actúa sobre m dependiente de $U_c(P, t)$. Simplemente tomaremos en consideración que la energía cinética dependerá de la posición y del tiempo, tal como queda reflejado en (9). Determinaremos ahora las fuerzas actuantes sobre m siguiendo el precedente proceso. Tendremos:

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_s &= (dU_c/ds)\mathbf{s} = (mvdv/ds)\mathbf{s} + (1/2)(dm/ds)v^2\mathbf{s} = \\ &= (mdv/dt)\mathbf{s} + (1/2)(dm/dt)v\mathbf{s} \end{aligned}$$

$$\mathbf{f}_\rho = (dU_c/d\rho)\mathbf{n} = (mvdv/d\rho)\mathbf{n} + (1/2)(dm/d\rho)v^2\mathbf{n}$$

y análogamente la fuerza total sobre m ahora será:

$$\begin{aligned} \mathbf{f} &= m\mathbf{a} + (1/2)(dm/dt)v\mathbf{s} + \mathbf{f}_\rho = \\ &= m\mathbf{a} + (1/2)(dm/dt)v\mathbf{s} + (mvdv/d\rho)\mathbf{n} + (1/2)(dm/d\rho)v^2\mathbf{n} \end{aligned}$$

y teniendo a la vista (8) podemos escribir:

$$\begin{aligned} \mathbf{f} &= m(\mathbf{a} + \mathbf{v} \times \boldsymbol{\omega}^*) + (1/2)(dm/dt)v\mathbf{s} + (1/2)(dm/d\rho)v^2\mathbf{n} = \\ &= \mathbf{f}_o + (1/2)(dm/dt)v\mathbf{s} + (1/2)(dm/d\rho)v^2\mathbf{n} = \\ &= \mathbf{f}_o + (1/2)(dm/dt)v\mathbf{s} - (1/2)(dm/d\rho)v^2\mathbf{s} \times \mathbf{b} = \\ &= \mathbf{f}_o + (1/2)(dm/dt)v\mathbf{s} - \mathbf{v} \times (1/2)(dm/d\rho)v\mathbf{b} \end{aligned}$$

De modo análogo al precedente caso en que $m = m_0 = \text{constante}$, se puede poner:

$$\begin{aligned} \mathbf{E} &= (1/m)[\mathbf{f}_o + (1/2)(dm/dt)\mathbf{v}s] \\ \mathbf{B} &= -(1/m)(1/2)(dm/d\rho)\mathbf{v}\mathbf{b} \end{aligned} \quad (10)$$

y resulta:

$$\mathbf{f} = m(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (11)$$

Totalmente paralela a la (8). A partir de ésta, y con algunas hipótesis complementarias, se deducen para esta ND ecuaciones *isomórficas* con las de MAXWELL, que rigen todo el electromagnetismo. En esta ND las fuerzas (11) ya no son *invariantes* respecto a las “transformaciones de GALILEO”, de forma análoga a lo que sucede con las fuerzas electromagnéticas (para más detalles ver nuestro estudio, "*Dinámica de Sistemas Mecánicos Irreversibles*").

En el siguiente apartado se expondrá otra forma, totalmente distinta, de estudiar la *irreversibilidad* de los sistemas mecánicos en general que, como ya se ha visto, está en la esencia de esta ND y que hemos venido en llamar *Segunda Ley Fundamental*. Se trata de establecer una *función de estado* del sistema mecánico, que denominaremos *entropía mecánica* del mismo, que nos permita estudiar las posibles situaciones de equilibrio *estable* alcanzables.

III. ENTROPÍA MECÁNICA: SEGUNDA LEY FUNDAMENTAL.

1. Estudiaremos sistemas mecánicos *cerrados*, esto es, que cumplen la *Primera Ley Fundamental*; en ellos definiremos una *función de estado*, *entropía mecánica* del sistema, que designaremos por S , por analogía con la entropía que estudia la Termodinámica. Expresará una característica *cualitativa* del sistema, distinta de su situación energética que viene regulada, desde el punto de vista *cuantitativo*, por la *Primera Ley Fundamental*: la conservación de la energía. La *entropía mecánica* sería la formulación cuantitativa de las cualidades energéticas de un sistema cerrado. De existir esta función S , claramente expresada y definida,

tendríamos un valioso instrumento que sin duda se podría llamar *Segunda Ley Fundamental* de la Mecánica. Esta *Ley*, junto con la *Primera*, nos define la *evolución* de los procesos mecánicos en “sistemas aislados” desde el punto de vista energético que denominamos *cerrados*. Un sistema cerrado y libre de vínculos con el resto del Universo tampoco se puede denominar propiamente “aislado”; existe como ya se ha visto una cualidad, la *inercia* omnipresente, que vincula todos los sistemas del Cosmos: de manera que podemos afirmar: “no existen sistemas inercialmente aislados”. Esta proposición coincide en el fondo con el anteriormente citado “Principio de MACH” (ya conocido de manera menos clara por NEWTON), que podemos formular: “las únicas aceleraciones que tienen sentido son las que se refieren al movimiento respecto a las estrellas lejanas”; de ahí la necesidad de emplear “marcos inerciales” para construir la Mecánica. Como ya se ha expuesto, tal afirmación está en la esencia de la *Tercera Ley Fundamental*.

La ND se cimienta en esas *Tres Leyes Fundamentales* y en la definición de fuerza que hemos dado en el capítulo anterior. El “Primer Principio” y el “Segundo Principio” newtonianos pierden su validez general y sólo se cumplirán en determinados casos singulares. ¿Qué ocurrirá con el “Tercer Principio”?, ¿Seguirá siendo universalmente válido?. Dada la nueva expresión de la fuerza en esta ND, en que la masa de cada una de las partículas de un sistema es, en general, función del tiempo, no se conservará, obviamente, el *momento angular* del mismo aunque sea *aislado*⁷⁰. Sin embargo, la otra vertiente del “Tercer Principio” que exige la conservación del *momento lineal* en un sistema aislado, también se satisface en esta ND: en este caso la resultante de todas las fuerzas que contempla esta ND es nula; el CM (centro de masas del sistema) se moverá con movimiento rectilíneo y uniforme. Decimos esto en base a las experiencias realizadas estos últimos años, sin más justificación: existe lo que hemos venido en designar como “acoplamiento” de las fuerzas que actúan sobre las masas del sistema, que es causa de la nulidad de la resultante. Sin embargo, es posible “desacoplar” estas fuerzas si entre las masas que componen el sistema se produce, como consecuencia de sus movimientos recíprocos, *disipación* de energía hacia el resto del Universo, y la única forma posible puesto que está *libre de vínculos*, es que esta disipación sea por *radiación*; en este caso el sistema cesa de ser *cerrado* y pasa a ser *abierto*. Así, en un sistema libre de vínculos puede no conservarse el momento lineal como exige la DC. Este extremo lo hemos comprobado experimentalmente y aduciremos algunos ejemplos en el último capítulo.

⁷⁰ *sistema aislado* = energéticamente *cerrado* y *libre de vínculos*.

2. Puesto que S es una *función de estado* del sistema, deberá ser independiente del camino recorrido en la evolución del mismo, de un estado de equilibrio a otro estado de equilibrio. Para llegar a su formulación partiremos de las habituales exigencias, adaptadas a nuestro caso, y de forma axiomática:

- que sea *definida positiva*.
- que sea *aditiva* o *extensiva*.
- que sea *continua* y *diferenciable*.

La energía cinética U_c del sistema cerrado que consideramos, es aditiva y viene dada por: $U_c = (1/2)mv^2$, siendo m la masa total y v la velocidad media cuadrática. La función más sencilla para S que cumpla las exigencias precedentes es:

$$S = \sum m_i v_i \geq 0$$

siendo v_i la velocidad de la partícula m_i tomada en valor absoluto. Si introducimos la velocidad media v^* del sistema entonces podemos escribir:

$$S = mv^* \geq 0 \tag{12}$$

y por la desigualdad de CAUCHY-SCHWARZ, es:

$$S \leq S_{max} = mv$$

En los posibles estados de equilibrio del sistema deberá ser constante la energía cinética:

$$dU_c = 0 \tag{13}$$

de esta forma U_c debe ser constante (o: *max.*, *min.*, *inflex horizontal*), pero esta condición no es suficiente en general. Incluso pueden existir sistemas

cuya energía cinética es constante y sin embargo no están en equilibrio estable, son oscilantes; por ejemplo: cuatro masas vinculadas por cuatro barras rígidas, en forma de rombo, y dispuestas en el mismo plano y simétricamente; serán iguales las opuestas⁷¹. El rombo es articulado, con lo que las masas pueden oscilar, sin chocar, y girar alrededor de un eje perpendicular al plano y que pasa por el centro de masa y de simetría. Es evidente que dado un impulso inicial, conservarán constante su energía cinética, pero ésta no lo será para cada una de las masas. La DC resuelve el problema de su movimiento por la conservación del momento angular respecto al eje de giro, pero en la ND no existe esta exigencia. ¿Cuáles serán los posibles estados de equilibrio estable si es que existen? Vemos claramente que la condición (13) sólo es *necesaria*, pero *insuficiente* para situaciones de equilibrio estable. Puesto que la entropía, definida por la (12), será variable durante la evolución del sistema incluso a energía cinética constante; vamos a exigir una segunda condición para la estabilidad del equilibrio:

$$\boxed{dS = 0} \quad (14)$$

Tengamos presente que ahora, en esta ND, en general será $m = m(t)$. De esta manera las dos exigencias para que el equilibrio sea estable son la (13) y la (14), que desarrolladas nos dan:

$$mvdv + (1/2)dmv^2 = 0$$

$$mdv^* + dm v^* = 0$$

y simplificando la primera:

$$mdv + (1/2)dmv = 0$$

$$mdv^* + dm v^* = 0$$

⁷¹ Este mecanismo, aquí sólo esquematizado, se puede construir de manera que las cuatro masas puedan deslizarse por sus respectivas guías y sin chocar. EL mecanismo real es algo más complicado pero es perfectamente factible. Como es habitual, todos los elementos del sistema excepto las cuatro masas: $2m$, $2M$, se consideran de masa despreciable.

ecuaciones homogéneas –considerando las variables independientes m , dm – cuya compatibilidad exige:

$$\begin{vmatrix} dv & (1/2)v \\ dv^* & v^* \end{vmatrix} = 0$$

es decir:

$$v^* dv = (1/2)v dv^*$$

que integrada nos da:

$$\ln v^2 = \ln v^* + \ln A^2 \quad (\text{siendo } A \text{ una constante})$$

esto es:

$$v^2 = A^2 v^*$$

Esta última exige, en el caso general que contemplamos, que sean:

$$v = \text{constante}$$

$$v^* = \text{constante}$$

pero siendo ahora necesariamente constante m , también lo será U_c , y el equilibrio será *estable*. En resumen, las condiciones (13) y (14) son *necesarias y suficientes* para la estabilidad del equilibrio en el caso general que consideramos. Si sólo se satisface la primera (*max.*, *min.* o *inflexión horizontal*) el equilibrio será *inestable*. Si se suceden equilibrios inestables idénticos: el sistema será *oscilante*; pero también puede suceder que *evolucione, irreversiblemente*, hacia el equilibrio estable pasando por un número finito, o infinito, de situaciones inestables, todas distintas pero que

tienden a la estabilidad en un tiempo finito, o infinito; en este último caso la evolución del sistema será *asintótica*.⁷²

En esta ND sabemos, aunque no nos parece oportuno exponerlo detalladamente aquí⁷³, que cuando las diferentes trayectorias de los puntos materiales m_i , que componen el sistema cerrado, no son circunferencias (pues es imposible que sean rectilíneas y recorridas con velocidad constante salvo que se trate de un sólo punto material) entonces y en general, se verifica:

$$m_i = m_i(t) \quad \text{y} \quad m = \sum m_i(t) = m(t)$$

Sin embargo, pueden existir estados de equilibrio estable, con trayectorias no circulares para las $m_i(t)$, en que sea $m = constante$ y, asimismo, $v = constante$; por ejemplo: una peonza simétrica de masa m_1 , con un punto del eje de giro fijo sobre una masa $m_2 \gg m_1$, y que precesiona *establemente* a causa de la atracción gravitacional recíproca que suponemos constante. Observemos que en este caso el sistema se mantiene idéntico a sí mismo.

En el ejemplo del sistema simétrico, anteriormente presentado, formado por cuatro masas iguales dos a dos y dispuestas en forma de rombo; la evolución previsible en esta ND tiene dos posibilidades: o bien será un sistema cuyas oscilaciones son idénticas y con períodos iguales, o bien evolucionará de forma que las trayectorias de las cuatro masas se aproximen, asintóticamente, a la forma circular (en caso límite: dos masas inmóviles en el eje de giro y las otras dos -las de mayor masa- sobre la misma órbita circular). Queda patente, pues, la *irreversibilidad* del proceso.

En el caso precedente de la peonza simétrica, si la precesión *no es estable*, es decir, si existe *nutación*, la ND prevé la posibilidad de que ésta desaparezca, prácticamente, pasado un cierto tiempo; de hecho esto es lo que sucede en la realidad. La DC no puede dar cuenta de este fenómeno sino es acudiendo a pérdida de energía de rotación por rozamiento en el

⁷² Puede darse el caso *singular* en que, siendo $U_c = constante$, sin embargo no lo sea S , pero, en determinados puntos y durante un dt , se cumpla: $dS = 0$ (*max.*, *min.* o *inflex. horizontal*). Tendremos equilibrio inestable.

⁷³ Ver nuestro trabajo, *Dinámica de Sistemas Mecánicos Irreversibles*, editado en Barcelona en 1985 y actualmente en curso de revisión y ampliación. En él se incluirá la explicación detallada de este aserto.

punto de apoyo; en nuestra opinión esta explicación resulta poco convincente, pues por el mismo motivo que desaparece podría volver a aparecer, al seguir presente el rozamiento.

3. Es bien sabido que en el marco de los tres “principios Newtonianos” se resuelve el problema del movimiento de *dos cuerpos* que interaccionan, y sin embargo no se puede dar solución general al “sencillo problema de los tres cuerpos”. Sólo se han podido establecer soluciones aproximadas, por el método de las “perturbaciones”, cuando una de las partículas tiene masa superior a las otras dos (por ej.: el Sol en el sistema solar). En 1912, SUNDMAN, después de superar graves dificultades, logró resolver este problema utilizando dicho método; pero no existe una solución simultánea para todo el sistema y es imposible para el caso general de tres puntos materiales cuyas masas sean idénticas⁷⁴.

Las trayectorias *circulares* son el límite al que tiende el sistema cerrado cuando evoluciona irreversiblemente hacia el equilibrio estable; sean éstas las de cada una de las m_i o las de los centros de masa de varios conjuntos de ellas (caso de la peonza simétrica antes citado). Como ya se ha dicho, puede suceder que el equilibrio estable sea inalcanzable. Obviamente el sistema lo estudiamos referido a una base inercial en reposo respecto al centro de masa del mismo.

No deja de sorprender esta incapacidad de la DC para resolver el problema de sistemas formados por tres o más cuerpos en interacción. Y, sin embargo, la Termodinámica resuelve el de infinito número de partículas análogas (átomos y moléculas). La *irreversibilidad* que, en general, poseen los sistemas según la ND, está íntimamente relacionada con el “Segundo Principio” termodinámico, que muchos científicos consideran “molestísimo y extrañísimo”⁷⁵. En nuestra ND el problema es claro y sencillo: la irreversibilidad termodinámica es consecuencia estadística de la irreversibilidad de todas y cada una de las trayectorias que describen las partículas que componen el sistema. Lo mismo cabe decir de la *presencia de CAOS* en los fenómenos físicos.

Finalmente al ser, en general, $m = m(t)$, resulta que la energía cinética de una partícula material es función de la posición y del

⁷⁴ BRUNO FINZI, *Meccanica Razionale*, vol. II, pág. 89.

⁷⁵ J. MERLEAU PONTY, *Cosmología del Siglo XX*, Madrid, Ed. Gredos, 1971, pág. 84.

tiempo; de esta forma resulta muy sencillo pensar e imaginar una “partícula onda” y establecer un puente de unión entre la ND y muchos de los problemas que estudia la Mecánica Cuántica.

El isomorfismo entre la ND y el electromagnetismo, que hemos presentado, resuelve asimismo las incompatibilidades de fondo que existen entre la DC y la electrodinámica.

BIBLIOGRAFÍA

AQUINO, TOMAS DE, *Suma contra los gentiles*, Madrid, Ed. B.A.C., 1968.

ARISTÓTELES, *Física*, Madrid, Ed. Aguilar, 1973.

BONDI, H., *Cosmología*, Barcelona, Ed. Labor, 1970.

BROGLIE, LOUIS DE, *Ondes et mouvements*, París, Ed. Gauthier-Villars, 1928.

CALLEN, H.B., *Thermodynamics*, New York, Ed. John Willey and Sons Inc., 1966.

DOU, ALBERTO, *Fundamentos de la Matemática*, Barcelona, Ed. Labor, 1970.

FINZI, BRUNO, *Meccanica Razionale*, Bolonia, Ed. Nicola Zanichelli, 1962.

HEISENBERG, WERNER, *La física del núcleo atómico*, Madrid, Ed. Revista de Occidente, 1954. También, *Más allá de la física*, Madrid, Ed. B.A.C., 1974.

HOENEN, PIETRO, *Filosofía della Natura Inorganica*, Brescia, Ed. La Scuola, 1949.

JUVET, GUSTAVE, *La structure des nouvelles théories physiques*, París, Ed. Alcan, 1933.

MERLEAU-PONTY, JACQUES, *Cosmología del Siglo XX*, Madrid, Ed. Gredos, 1971.

MILLIKAN, ROBERTO A., *Electrones, Protones, Fotones, Neutrones y Rayos cósmicos*, Buenos Aires, Ed. Espasa-Calpe, 1952.

OSTWALD, W., *Les grands hommes*, París, Ed. Flammarion, 1912.

POINCARÉ, H., *Science et Méthode*, París, Ed. Flammarion, 1927.

RIUS-CAMPS, JUAN, *La Afiración del Principio de Mach y sus Consecuencias Dinámicas*, Pamplona, E.T.S.A., 1975.

SAUMELLS, ROBERTO, *Fundamentos de la Matemática y de la Física*, Madrid, Ed. Rialp, 1965.

SCHURMANN, PAUL F., *Luz y Calor*, Madrid, Ed. Espasa-Calpe, 1946.

SPIEGEL, MURRAY R., *Theoretical Mechanics*, New York, Schaum Publishing Co., 1967.

WEIZSÄCKER, C. F. VON, *La imagen Física del Mundo*, Madrid, Ed. B.A.C., 1974. Y también: *La Importancia de la Ciencia*, Barcelona, Ed. Labor, 1968.

WELLS, DARE A., *Dinámica de Lagrange*, Nueva York, México, Mc. Graw-Hill, 1972.

BARCELONA, 26 de Junio de 1993

(Revisado el 26 de Febrero de 2009)

IV PRUEBAS EXPERIMENTALES

Inseparablemente a la creación del marco teórico que aquí presentamos, se han realizado una serie de pruebas experimentales que lo confirman y han servido además para superar muchos e importantes escollos que de otro modo hubiera resultado muy difícil e incluso imposible. Se resumen en lo que sigue las más significativas, sin

descender a detalles que forman parte de las correspondientes memorias de investigación experimental.

1. ***Sustentación no aerodinámica de insectos voladores.***

Esta prueba se realizó por vez primera en 1977 en el laboratorio de la Facultad de Farmacia de la Universidad de Navarra, Pamplona. Se hicieron ensayos con himenópteros: *Bombus terrestris* y con dípteros: *Calliphora vomitoria*, a la presión de 13 mb correspondiente a la presión parcial de vapor de agua a 15°C . No se puede eliminar el vapor de agua utilizando una bomba de vacío distinta de una “trompa de agua”, pues entonces el insecto se deforma mucho y no puede volar. En este fluido enrarecido (98.5% de la presión atmosférica normal: 1013 mb) vuelan perfectamente durante más de un minuto, incluso en situación de “hovering”, sin apreciarse diferencias en su capacidad de sustentación y maniobra.

Este trabajo se registró en 1977. Después se ha repetido varias veces y por personas distintas; siempre con los mismos resultados. Al final de este capítulo se reproduce íntegro nuestro artículo en *Scientific American* (1986), en el que se describe la forma de realizar esta prueba experimental.

2. ***Sistema mecánico rotativo que destruye el momento angular*** que posee inicialmente respecto aun eje vertical fijo y con rozamiento despreciable, violando, por tanto, la ley de conservación del mismo. Registrado en 1984. Este sencillísimo mecanismo se compone de un disco, de masa M , giratorio según un eje vertical, en el que se ancla una varilla elástica, asimismo vertical, en cuyo extremo se fija otra masa $m < M$ que oscila con ella y gira con el disco. El sistema se detiene en pocas vueltas y sólo queda la oscilación de la masa m en un plano vertical. El momento angular inicial respecto al eje ha desaparecido. La energía cinética inicial se ha transferido a la oscilación de m .

3. ***Sistema mecánico rotativo que crea o destruye momento angular*** partiendo del reposo inicial, o modificando el que poseía hasta alcanzar una rotación estable aumentando o disminuyendo el momento angular inicial respecto al eje vertical de giro. Este aparato está formado por un disco de masa M que puede girar respecto a su eje vertical con rozamiento despreciable; en él va montado un motor eléctrico (cuya masa forma parte de M) de eje asimismo vertical paralelo al anterior. Este

motor mueve, de forma excéntrica, una masa $m < M$ mediante un brazo horizontal. La batería de alimentación de $4.5V$ está fijada también al volante (y su masa forma parte de M). Esta prueba se realizó por primera vez y se registró en 1984.

4. Motor rotativo sin cigüeñal ni bielas, basado en la transformación de la energía de un pistón, en su correspondiente cilindro, sin acudir al mecanismo de biela-manivela u otros análogos. Se han construido dos modelos distintos. Barcelona, 1989.

5. Propulsor lineal sin reacción. Está basado en que $m = m(t)$ en esta ND y en el “desacoplamiento” de fuerzas mediante disipación de energía cinética, por rozamiento, entre dos de las masas que componen el sistema (necesariamente tres o más). Se construyeron numerosos modelos, basados en las posibilidades que abre la ND, siempre con resultados negativos. En mayo de 1988 se descubrió, experimentalmente, la necesidad de disipar una parte de la energía cinética del sistema para deshacer el “acoplamiento” de las fuerzas previstas por la ND. De esta forma se lograba que la resultante en CM del sistema fuera no nula; esta posibilidad está corroborada por la teoría, pues estas fuerzas dependen de la velocidad de cada una de las masas que lo componen. Suponiendo que el propulsor lineal sin reacción (PLSR) está compuesto por tres masas m_1 , m_2 , m_3 , que interaccionan sobre la misma trayectoria recta mediante energías potenciales y cinéticas; además de las fuerzas de aceleración, previstas por la DC cuya resultante es nula, deberán presentarse, en este caso particular, las fuerzas de la ND:

$$(1/2)\sum(dm_i/dt)v_i s \quad (15)$$

siendo s un *versor* según la recta común de acción. Debido al “acoplamiento” esta resultante también es nula con lo que no se observa propulsión alguna; sin embargo, disipando energía cinética por rozamiento recíproco entre dos de las masas, variarán sus respectivas velocidades pero no afectará necesariamente a la velocidad de la tercera masa (o lo hará en proporción muy diferente), de esta forma la resultante (15) ya no será nula: se han “desacoplado” las fuerzas de la ND y es posible este PLSR. Con este descubrimiento fundamental se logró superar las dificultades. Desde entonces se han construido máquinas cada vez más eficientes; las últimas son muy recientes (1993), están alimentadas por baterías ($3V$) y

pequeños motores eléctricos de alto rendimiento; alcanzan velocidades entre 15 y 40 m/min. sobre la tercera masa de disipación recíproca que completa el sistema. Se observa claramente –mediante el adecuado dispositivo que aísla el sistema total– que no existe reacción, es decir, se *crea momento lineal*. Los insectos voladores se propulsan y sustentan según prevé esta ND. Citamos en el siguiente apartado el estado de las investigaciones acerca del vuelo de los insectos, reseñado en un artículo nuestro del que reproducimos sus conclusiones finales.

6. Conclusiones y aplicaciones físicas de la ND:

a) El proceso expositivo lógico nos lleva a conclusiones y aplicaciones a partir de los principios y leyes teóricos establecidos; sin embargo la creatividad, la búsqueda, la síntesis, siguen el camino inverso en no pocas ocasiones. En el presente trabajo así ha sucedido, de forma que este capítulo corresponde, por lo menos en parte, a un conjunto de hechos experimentales que condujeron al análisis teórico de los principios y leyes que los rigen.

Las *leyes de conservación* de la DC dan cuenta de la mayoría de procesos corrientes, por lo menos con suficiente aproximación (por ej: el movimiento de los planetas y sus satélites) y otros factores tales como el rozamiento, la viscosidad, los regímenes turbulentos, etc., enmascaran el problema cuando debieran tomarse en consideración los efectos que se desprenden de las especulaciones teóricas precedentes. Ésta sería, en nuestra opinión, la causa de que no se hubieran formulado a su debido tiempo las *Tres leyes Fundamentales de la Dinámica* que hemos expuesto y desarrollado.

La Metafísica aristotélico-tomista, reclamaba una mejor consideración y aprecio de los aspectos cualitativos del Cosmos –de la Dinámica en particular– que sólo la afirmación de la accesibilidad y objetivabilidad de la *esencia* de las cosas, en las mismas cosas, podía suministrar. Las “metafísicas trascendentales” –que preferiría denominar pseudo-metafísicas– nos apartan del Mundo y, en consecuencia, sólo nos ayudan a profundizar en conocimientos derivados de las leyes y cualidades que ya conocemos, pero –en sentido estricto– pueden “perderse soluciones” si no tomamos en consideración algunas cualidades de la *cosa en si*, que no tienen por qué darnos, necesariamente, los modelos de la realidad basados en apriorismos inmanentistas.

b) En uno de los primeros trabajos registrados, en que se intuía esta Nueva Dinámica que presentamos aquí, llegábamos a la conclusión –por un camino totalmente heurístico y no exento de errores, por desconocimiento total entonces de la ND– de que era posible burlar las leyes de conservación del *momento angular* y de la *cantidad de movimiento* en un sistema cerrado y libre de vínculos. En la ND, como ya se ha dicho, es fácil construir sistemas que no conserven el momento angular; para la no conservación del momento lineal es preciso, como ya se ha indicado, que exista *disipación* de energía cinética por *radiación* para desacoplar las fuerzas actuantes sobre el sistema, de lo contrario su resultante es nula y no es posible esta “propulsión sin reacción”.

Esto nos sugirió la posibilidad de que en la Naturaleza existieran seres vivos cuya movilidad estuviera basada en las *Tres Leyes Fundamentales* de la ND. La respuesta más clara está, en nuestra opinión, en el vuelo de la mayoría de insectos, cuyo aleteo alcanza frecuencias muy elevadas, con un número de REYNOLDS bajísimo que prohíbe la sustentación basada en la aerodinámica conocida. En el apartado que sigue se citan algunos ejemplos y afirmaciones al respecto, entresacados de las publicaciones más recientes.

c) En el diminuto insecto *Haplothrips verbasci*, se observa que sus dos pares de “alas” no son más que barras batientes de sección aproxi-madamente elíptica, provistas de finísimos y muy flexibles cilios, que no pueden servir de superficie de sustentación sino que su finalidad sería –en nuestra opinión– más bien evitar la resistencia del aire al disminuir el rozamiento y facilitar el régimen laminar; la rapidísima oscilación de las alas-barra perdería eficacia al producirse turbulencias. En el apartado dedicado a “discusión e indicaciones” de uno de dichos trabajos se afirma: “El desconocimiento de los detalles acerca del mecanismo de vuelo, a tan bajo número de REYNOLDS, indica la necesidad de extensas observaciones, durante el vuelo, para determinar el movimiento de las alas-barra y de los cilios y asimismo la necesidad de profundizar en los estudios de los detalles por medio del microscopio electrónico, y también de mediciones encaminadas a precisar las propiedades físicas del conjunto de cilios...” Otro estudio termina con las siguientes palabras: “por lo tanto, se debe concluir que se posee poca y fidedigna información acerca de las fuerzas aerodinámicas generadas en el batir de alas y que el problema se debe poner de nuevo en estudio”. Y en la publicación *Scientific American*, en un artículo dedicado a la sustentación –fuera de lo corriente– de determinados insectos, se afirma: “El aspecto más importante, (la

sustentación de) esos insectos y otros voladores que yo he discutido, depende en buena parte de efectos aerodinámicos no estacionarios, hasta el presente desconocidos, que para ellos son beneficiosos y no un estorbo, como lo serían en los aeroplanos fabricados por el hombre”.

Es evidente, pues, el desconocimiento acerca del vuelo y sustentación de los insectos. Si no existe error en todo lo expuesto y en las pruebas experimentales realizadas, la explicación resulta clara y sencilla en el marco de la ND aquí presentada: volarían aún en la ausencia de atmósfera o, por lo menos, buena parte de su sustentación y maniobra se debe a las fuerzas, adicionales a las de la DC, que contempla la ND; el aire actúa fundamentalmente para posibilitar la función respiratoria.

Nota final:

El presente trabajo es, como se indica en la Introducción, la segunda edición, corregida y reformada, del publicado en 1976. Los estudios más recientes, acerca del vuelo de los insectos, siguen aproximadamente en el mismo nivel de estancamiento que en 1975. Podemos indicar aquí que en mayo de 1977, con posteridad, por tanto, a este artículo, se realizaron pruebas de hacer volar insectos (Himenópteros: *Bombus terrestris* y dípteros: *Calliphora vomitoria*) en atmósfera muy enrarecida (13 mb, equivalente al 98,7 % de la presión atmosférica normal: 1013 mb). Esta experiencia se ha repetido después varias veces. Véase al respecto nuestro pequeño artículo: *El vuelo del abejorro*, en “Investigación y Ciencia”, Febrero de 1986, pág. 41.

En la revista “Nature”, vol. 344, 5 de Abril de 1990, aparece un interesante estudio: *Unconventional aerodynamics*, por ROLAND ENNOS, que expresa con claridad los problemas de la investigación más reciente. A modo de ilustración entresacamos algunos fragmentos: “More evidence has appeared showing that insects fly by mechanisms quite unlike those used by aeroplanes and helicopters. ZANKER and GOTZ have measured the instantaneous forces produced by tethered *Drosophila melanogaster* flies and find that they cannot be explained by conventional aerodynamic theory. The forces are also evidence that these flies have unusual methods for

producing lift... Studies over the past twenty years of the aerodynamics of insects in free flight have usually concluded that the forces resulting from a conventional lift mechanism would not be adequate to support or propel the insect, and this has been verified by the results of ZANKER and GOTZ..." y termina el artículo diciendo: "Their results have two important implications. First, it is clear that to solve the problem of how insects control their flight will be extremely difficult; even if we discover exactly how the large numbers of direct flight muscles control the fine details of wing movement, we will not be able to solve this problem until we have a better understanding of unsteady aerodynamics. Second, studies of the aerodynamics of aerofoils in unsteady motion are urgently needed. Such investigation might not only clarify how animals fly, but would help us to improve our own aerodynamic designs; insects and birds are, after all, far more manoeuvrable than helicopters and aeroplanes."

7. *El vuelo del abejorro.* Artículo publicado en "Investigación y Ciencia", Febrero de 1986. Transcribimos a continuación este trabajo completo con la correspondiente ilustración (ver Fig. 3):

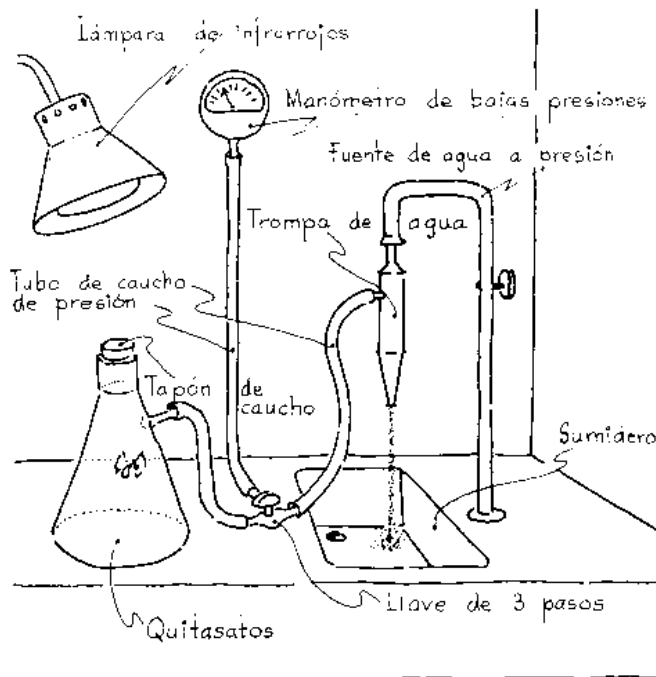
SIKORSKY, famoso diseñador aeronáutico, había mandado colocar el siguiente rótulo en el vestíbulo de su oficina técnica: "el abejorro, según los cálculos de nuestros ingenieros, no puede volar en absoluto, pero el abejorro no lo sabe y vuela". Son bastantes los estudios acerca del vuelo de muchos insectos y todos tropiezan con enormes dificultades cuando tratan de explicar los mecanismos de sustentación a través de la dinámica de fluidos estacionarios. Veamos algunos ejemplos:

TORKEL WEIS-FOGH escribía hace once años (en 1975) en *Scientific American* que "el aspecto más importante (la sustentación) de esos insectos y otros voladores dependía en buena parte de efectos aerodinámicos no estacionarios, hasta el presente desconocidos, que para ellos son beneficiosos y no un estorbo como lo serían en los aeroplanos fabricados por el hombre". En otro trabajo sobre el *Haplothrips verbasci*, ARNOLD M. KUETHE se expresaba en términos parecidos: "El desconocimiento de los detalles acerca del mecanismo de vuelo, a tan bajo número de REYNOLDS, indica la necesidad de extensas observaciones

durante el vuelo para determinar el movimiento de las alas-barra y de los cilios y, asimismo, la necesidad de profundizar en el estudio de los detalles por medio del microscopio electrónico, y también de mediciones encaminadas a precisar las propiedades del conjunto de cilios...”

Podríamos añadir numerosísimos testimonios más. El lector encontrará un claro planteamiento del problema en el artículo que JOEL G. KINGSOLVER publicó en estas mismas páginas sobre la ingeniería de la mariposa (Octubre de 1985). Entre otras cosas describía las dificultades halladas en el complejo vuelo de los insectos, muchas de ellas insalvables, recurriéndose de nuevo a las hipótesis de TORHEL WEIS-FOGH.

He venido investigando, desde hace años, empírica y teóricamente, en un nuevo planteamiento de la dinámica del que la clásica sería un capítulo restringido. Entre otras cosas nos abre la posibilidad de que exista propulsión y sustentación incluso en ausencia de atmósfera. En efecto, ¿Cómo explicar, desde el punto de vista dinámico, el vuelo de los insectos?. Evidentemente no es razonable en el marco de la dinámica newtoniana en el que la conservación del momento lineal, en un sistema aislado, prohíbe este tipo de sustentación y propulsión.



Vuelo del insecto en el vacío. Montaje del experimento.

Fig. 3

En el campo de la cosmología se detectaron, ya hace muchos años, las insuficiencias teóricas de la mecánica newtoniana en sus axiomas de partida. Así, el “Primer Principio” afirma que un punto material (o un sistema) aislado describe una trayectoria recta con velocidad constante; pero el movimiento debe estar referido a unos ejes coordenados inerciales, que son externos al punto material (o sistema) considerado, con lo que el aislamiento que se postula queda en entredicho, pues nos conduce a la afirmación contradictoria de que un sistema aislado goza de la propiedad de no estar aislado. Este es “el punto más débil del soberbio edificio de la mecánica newtoniana” (P. HOENEN, 1948). Es necesario corregir este primer principio afirmando que no existen sistemas inercialmente aislados.

Con este nuevo punto de partida, unido al axioma de la conservación de la energía, se inicia la elaboración de esta nueva dinámica comenzando por el caso más sencillo en que la energía potencial es conservativa, para generalizarlo, en un segundo paso, al caso no conservativo. Nos conduce al sorprendente resultado de que, además de las fuerzas de inercia newtonianas, en las que sólo intervienen las aceleraciones de las partículas y sus respectivas masas, existen otras fuerzas de inercia –hasta ahora desconocidas– en las que intervienen, además, las velocidades de las partículas, cuya masa puede comportarse como no constante en el caso no conservativo. Estas fuerzas resultan ser isomórficas con la “fuerza de LORENTZ” del electromagnetismo, cuyo origen es puramente empírico.

En el caso conservativo, la partícula queda afectada tan sólo de una fuerza adicional a las clásicas: *fuerza de arrastre* la hemos llamado, que se superpone a la newtoniana y es normal a la trayectoria; goza de la cualidad de cambiar de signo cuando el punto material invierte el sentido de su movimiento sobre la trayectoria. Tenemos un ejemplo en el cometa HALLEY, que podría presentar asimetría a su paso por el perihelio, es decir, el arco de entrada puede no ser idéntico al de salida.

Vayamos a la observación empírica. Nos servirá de banco de prueba el abejorro, *Bombus terrestris*. El utillaje con el que contemplé la sustentación “anormal” del insecto en el vacío, constaba de una bomba de vacío, un recipiente de cristal, una válvula de tres vías y un manómetro de precisión (*véase la ilustración adjunta*). La bomba de vacío debe ser de las conocidas con el nombre de “trompas de agua”, empleadas para filtrado en los laboratorios de química. No debe emplearse ningún otro tipo de bomba por una razón muy simple: es del todo necesario mantener la presión parcial de vapor de agua a la temperatura ambiente, con el fin de que el insecto no se hinche ni se deforme, como ocurriría si usáramos otro tipo de

bomba aunque el vacío que se consiga sea más elevado. Además, gracias a su rapidez y eficacia, el insecto mantiene sus posibilidades de acción en el vacío durante uno o dos minutos como máximo. A la temperatura ambiente de *15 grados CELSIUS*, se consigue un vacío de *10 tor (13 milibares)* que frente al valor normal de la presión atmosférica (*1013 milibares*) supone un vacío del *98,7 %*.

Como recipiente de cristal transparente, donde colocar el insecto, es muy adecuado un “quitasatos” de *1000 centímetros cúbicos*, con un cerramiento hermético de caucho y una salida lateral donde enchufar el tubo de presión, también de caucho, para hacer el vacío en el momento oportuno. No interesan recipientes mayores que el indicado, con el fin de minimizar el tiempo de vaciado -unos diez segundos- y así disponer del máximo período de observación. El insecto se introduce por la abertura superior y luego se cierra herméticamente.

La válvula, de las llamadas de “tres pasos” –las hay muy simples y baratas fabricadas en cristal–, intercalada en la tubería de presión, conecta la bomba de vacío con la salida lateral del “quitasatos”. Esta válvula nos permite restablecer la presión atmosférica en el recipiente, después de haber hecho el vacío, sin necesidad de desconectar la bomba, y mantener el vacío por tiempo indefinido una vez realizado. Sirve también para comprobar el nivel de vacío logrado, mediante un manómetro conectado en derivación. Por lo que al manómetro de bajas presiones se refiere, son muy seguros los de mercurio o bien los manómetros de precisión con lectura digital.

Es sabido que los insectos activan su capacidad de vuelo si alcanzan la temperatura adecuada. (Bueno será, pues, colocar cerca del recipiente una lámpara tipo “flexo”, que además de iluminar proporciona el suficiente calor por radiación).

Los resultados observacionales a que se llega son sorprendentes: durante uno o dos minutos el insecto sigue volando, o arranca a volar, sin diferencia perceptible con el vuelo a la presión atmosférica normal, incluso el tipo de vuelo en flotación, sin movimiento en sentido vertical ni horizontal. La posición de las patas del insecto es la habitual en vuelo, esto es, recogidas y plegadas hacia atrás.

La frecuencia de aleteo es una característica de cada insecto que varía entre límites muy estrechos en cada especie: alrededor de *300 hertz* para el abejorro y *150 hertz* para la mosca. La sustentación tiene una variación aproximadamente lineal con la densidad del fluido, de modo que

el vuelo en estas condiciones –si lo quisiéramos explicar aerodinámicamente– supondría que el insecto es capaz de levantar un peso casi 100 veces superior al propio a la presión atmosférica normal; lo que no parece científicamente admisible.

En el caso del vuelo de los insectos el problema es, en general, no conservativo y en esta Nueva Dinámica –que hemos presentado en sus líneas genéricas al comienzo del presente artículo– aparecen fuerzas, hasta el presente desconocidas, responsables de su sustentación y propulsión (sin necesidad de aire) que permiten la explicación del hecho empírico que presentamos. Esto es consecuencia de que en este nuevo planteamiento dinámico no rigen, en general, las leyes de conservación del momento lineal y del momento angular.

La dinámica clásica sigue siendo perfectamente aplicable a aquellos casos en que el sistema se comporta *como si* estuviera inercialmente aislado, por simetrías, aceleración tangencial nula, órbita circular, etc., o bien las nuevas fuerzas resultan despreciables respecto a las debidas exclusivamente a las masas y aceleraciones de las partículas.

La *irreversibilidad* termodinámica “el extraño y molesto segundo principio” (J. MERLEAU-PONTY) incompatible con la dinámica clásica (teorema de MISRA-POINCARÉ), queda de manifiesto como corolario del nuevo planteamiento dinámico, así como el dualismo *partícula-onda*. Las ecuaciones de MAXWELL del electromagnetismo son deducidas como un caso particular límite de esta ND. Es de notar que D. W. SCIAMA en 1953, FÉLIX TISSERAND 80 años antes y, más recientemente, BRANS y DICKE, intentaron un proceso inverso: construir una teoría de gravitación isomórfica con el electromagnetismo de MAXWELL.

Juan RIUS – CAMPS,

Doctor Arquitecto,
Profesor de la UNIVERSIDAD DE NAVARRA.
Miembro de la REAL SOCIEDAD ESPAÑOLA DE FISICA.

Dirección:

Gran Via de Carlos III, 59, 2º, 4ª,
08028, BARCELONA.

E-mail jsriuscamps@coac.net
E-mail john@irreversiblesystems.com
Pag.web www.irreversiblesystems.com
Tel : 93 - 330 10 69

(Revisado Barcelona 5 de Enero de 2010)

