

EXTRACTES

La física quàntica, paradigma científic del segle xx

JOSÉ LUIS SÁNCHEZ GÓMEZ

Es presenta una breu exposició d'alguns problemes fonamentals de la física quàntica que involucren aspectes filosòfics i epistemològics de la realitat física descrita per aquesta teoria. El principi d'indeterminació de Heisenberg, el de complementarietat de Bohr i l'experiment de "la doble esclatxa" introdueixen l'aspecte més essencial de la teoria quàntica: el procés de mesura. L'experiment del "gat de Schrödinger" posa de relleu la paradoxal superposició quàntica d'estats que "col·lapsa", en mesurar el sistema, en un dels estats implicats en dita superposició. Finalment, es discuteix breument les implicacions de la teoria quàntica en dues àrees a la frontera del coneixement actual: la física de partícules i la computació quàntica.

Basic issues of physics which involve philosophical and epistemological questions concerning physical reality are briefly examined in the light of quantum theory. The principles of uncertainty —Heisenberg— and complementarity —Bohr—, as well as the double slit experiment, introduce the most essential aspect of this theory, namely, the crucial role of the measurement process. The celebrated thought experiment of "Schrödinger cat" reveals the paradox of the quantum superposition of states which, by the mere act of measurement —observation—, "collapses" into one of the states involved in the said superposition. The paper ends with a brief discussion of the implications of quantum theory in two of the areas in the frontiers of knowledge, namely, particle theory and quantum computation.

Cet article expose brièvement quelques problèmes fondamentaux de la physique quantique impliquant des aspects philosophiques e épistémologiques de la réalité physique décrite par cette théorie. Le principe d'indétermination d'Heisenberg, celui de complémentarité de Bohr ainsi que l'expérience de "la double fente" introduisent l'élément le plus essentiel de la théorie quantique : le processus de mesure. L'expérience du "chat de Schrödinger" met en relief la paradoxale superposition quantique d'états qui "collapse", tout en mesurant ce système, sur un des états impliqués dans cette superposition. Finalement, on y discute brièvement sur les implications de la théorie quantique par rapport à deux secteurs se trouvant aux limites des connaissances actuelles : la physique de particules et la computation quantique.

100 anys de quanta: la nova química del segle xx i xxi

IGNASI NEBOT I GIL

Es presenta un itinerari històric de la gènesi de la teoria quàntica des de la fórmula de Plank per la radiació del cos negre fins a l'aparició del primer llibre fonamental, *The principles of Quantum Mechanics*, on Dirac estableix tot el formalisme de la mecànica quàntica fins a arribar a l'electrodinàmica quàntica. Es fa una descripció de les interpretacions del formalisme quàntic i el debat entre les dues escoles, l'ortodoxa (Copenhaguen) i la dels "cavallers del continu" encapçalats per Einstein. Finalment, és presentada la nova química que apareix en incorporar a la mecànica quàntica a la química i que evidencia que les interaccions que governen els complicats fenòmens químics són les mateixes que estan presents en el fenòmens físics, amb l'esvaïment que suposa de la frontera que separava fins aleshores la química de la física. Una projecció de futur de la recerca en la nova química tanca l'article.

A historic itinerary of the origins of quantum mechanics is presented, from Planck's formula for black body radiation to the appearance of the first fundamental book, The principles of Quantum Mechanics, where Dirac established the complete formalism of quantum mechanics up to quantum electrodynamics. The different interpretations of quantum theory are discussed in the context of the controversies which took place between the two main schools, namely, the Copenhagen "orthodox" school and the defenders of the continuum, headed by Einstein. The paper discusses the profound impact on the new turn that chemistry took, as the introduction of quantum mechanics showed that the interactions governing the complicated chemical processes are just the same as are present in physical phenomena. This dissolved the apparent boundary between physics and chemistry until then prevailing in the mind of the scientists. Finally, some prospective considerations are made on the future of research in the field of the new chemistry.

Cet article présente un itinéraire historique de la genèse de la théorie quantique, depuis la formule de Plank à travers la radiation du corps noir jusqu'à la parution d'un premier livre fondamental, *The principles of Quantum Mechanics*, où Dirac établit tout le formalisme de la mécanique quantique, en aboutant à l'électrodynamique quantique. On y décrit les interprétations du formalisme quantique, ainsi que le débat entre les deux écoles, l'orthodoxe (Copenhague) et celle des "chevaliers du continu" commandés par Einstein. On y présente à la fin la nouvelle chimie provenant du rattachement de la mécanique quantique à la chimie, ce qui prouve que les interactions gouvernant les compliqués phénomènes chimiques sont les mêmes qui existent chez les phénomènes physiques : un véritable évanouissement de la frontière qui séparait jusqu'alors la chimie et la physique. Cet article s'achève avec une projection d'avenir sur la recherche de cette nouvelle chimie.

El nèt magnètic del gat de Schrödinger **JAVIER TEJADA PALACIOS**

Aquest article presenta un interessant fenomen quàntic, incompreensible des de la lògica mecanoclàssica: l'efecte túnel. Aquest efecte és invocat després per poder explicar la inversió quàntica dels pols d'un imant — apareix en escena l'anomenat nèt magnètic del gat de Schrödinger— i es descriuen les possibles aplicacions que pot tenir en la computació quàntica, on s'abandona la lògica binària (el bit —que pot assumir els valors 0 o 1—) substituint-la per una altra lògica basada en el *qubit*, magnitud que pot posseir tots dos valors, 0 i 1, simultàniament.

An interesting and curious quantum phenomenon is discussed, which is incomprehensible in the frame of classical mechanics, namely, a tunnelling process. This is invoked to explain the quantum inversion of the poles of a magnet whiting the mass of a solid body. It is then that the "magnetic grandson of Schrödinger's cat" appears in the story. The article discusses possible applications of this phenomena to radically different forms of quantum computation, in which the usual binary logic, based on a variable which can take the values 0 or 1, is abandoned. In the simplest case, the new logic can be based on a qubit which can take the two values, 0 and 1, simultaneously and more complex situations are possible.

Un phénomène quantique intéressant, incompréhensible du point de vue de la logique mécanoclassique, est présenté dans cet article : l'effet tunnel. Cet effet est invoqué ensuite afin de pouvoir expliquer l'inversion quantique des pôles d'un aimant —voici sur la scène ce qu'on appelle le petit-fils magnétique du chat de Schrödinger—; on y décrit également ses possibles applications dans la computation quantique, où l'on quitte la logique binaire (le bit —qui peut endosser les valeurs 0 ou 1—) en la remplaçant par une autre logique fondée sur le *qubit*, une magnitude pouvant posséder ces deux valeurs, 0 et 1, simultanément.

Els làsers: quaranta anys d'història d'una revolució científica i tecnològica

CARMEN CARRERAS BÉJAR
MANUEL YUSTE LLANDRÉS

En aquest treball es mostren les propietats del làser i es descriuen els seus fonaments físics i les seues aplicacions més importants en la indústria, en la medicina, en la química, així com en la fabricació d'hologrames. Tanca l'article una breu exposició d'un nou camp tecnològic, la fotònica, que s'origina amb el desenvolupament dels làsers de semiconductors, i que és la base dels ordinadors òptics, on els fotons substitueixen els electrons en els microcircuits, cosa que permet una molt major velocitat de transmissió d'informació.

The paper discusses the most important properties of the laser, explains the physical basis of the laser action and describes the technical applications of the various types of lasers in different fields of industry, medicine, chemistry and holography. This is followed by a brief discussion of the new technological field of photonics, opened by the development of semiconductor lasers. This is the basis of a new type of optical computers, in which the electrons are replaced by photons, which allows for a faster speed in the transmission of information, another fascinating technological field opened by basic research.

Ce travail montre les propriétés du laser, en décrivant ses fondements physiques et ses applications les plus importantes dans l'industrie, la médecine, la chimie, ainsi que dans la fabrication d'hologrammes. Un bref exposé sur un nouveau domaine technologique, la photonique, achève cet article ; la photonique est créée à partir du développement des lasers de semiconducteurs et elle est le fondement des ordinateurs optiques, dans lesquels les photons remplacent les électrons dans les microcircuits, ce qui permet une vitesse de transmission beaucoup plus grande.

La teoria de la relativitat restringida ROLANDO PÉREZ ÁLVAREZ

Es presenta la teoria de la relativitat restringida: els seus antecedents, alguns aspectes fonamentals de la teoria, en particular el nou caràcter (local) del temps, així com una sèrie de conseqüències immediates que es deriven d'aquesta teoria i que són clarament distintes de les prediccions que es deriven de la mecànica Newtoniana i les transformacions de Galileu. Es dedica una secció a la velocitat de la llum com velocitat límit que es converteix en referent per a la pròpia definició de la unitat de distància (el metre). Una sèrie de comentaris i conclusions finals tanquen l'article.

The article deals with special relativity: its precedents, some fundamental aspects of relativity theory, especially the new —local— character of time as a dynamical variable, as well as some immediate important consequences which follow from the new theoretical frame and which are distinctly different from the predictions of classical, no relativistic mechanics based on the Galileo transformation. Dilated attention is paid to the speed of light, which in this theory becomes a fundamental reference for the very definition of distance —the meter. The paper ends with several comments related to evidences in support of the relativistic theory.

Cet article présente la théorie de la relativité restreinte : ses antécédents, quelques-uns de ses aspects fondamentaux, particulièrement le nouveau caractère (local) du temps, ainsi qu'une série de conséquences immédiates dérivant de cette théorie et qui sont nettement différentes des prédictions dérivant de la mécanique Newtonienne et des transformations de Galilée. Une section est dédiée à la vitesse de la lumière en tant que vitesse limite et qui devient un référent pour la définition même d'unité de mesure (le mètre). Une série de commentaires et de conclusions finales achèvent cet article.

En el llindar d'una teoria final? ALFREDO TIEMBLO RAMOS

S'invoca el bagatge cultural clàssic, originat a l'antiga Grècia, on l'espai és entès a través de la geometria euclidiana i el temps és un paràmetre de caràcter absolut. Es fa palès com aquests pilars del pensament són somoguts per la teoria de la relativitat en atribuir-li al temps caràcter local i descriure gravitació i inèrcia en termes d'una geometria no euclidiana que és la que, en realitat, sembla que posseeix l'espai. S'apunta una contradicció filosòfica entre teoria de la relativitat i mecànica quàntica en el paper de l'observació (o mesura), concepte clau en la construcció de cadascuna d'aquestes teories, com la responsable del continuat fracàs en els intents de quantificar la gravitació. Finalment hi ha una breu incursió en la cosmologia amb la conjectura final que l'encara no establerta *teoria de la gravitació quàntica* representa la teoria final, de la que quàntica i relativitat són meres aproximacions.

The discussion starts with a reference to the classical philosophical background of physics, originated in ancient Greece, where space is understood in the frame of Euclidean geometry and time is a parameter having absolute character. It is then explained how these pillars of classical thought are shaken by Relativity Theory, firstly by attributing a local character to time, conceived as a dynamical variable, and then by describing inertia and gravitation in terms of a non-Euclidean geometry which appears to be the appropriate one for a correct description of space. A philosophical contradiction is discussed between Quantum Mechanics and Relativity, related to the role of observation —measurement— as a key concept in the construction of both theories and responsible for the failures —so far— of repeated attempts at developing a quantum theory of gravitation. The paper ends with a brief incursion into Cosmology, with the conjecture that Quantum Mechanics and Relativity are but approximations of the so far still pending Quantum Theory of Gravitation.

Le bagage culturel classique, originaire de l'ancienne Grèce, est invoqué dans cet article. Jadis, l'espace était compris moyennant la géométrie euclidienne et le temps était conçu comme un paramètre à caractère absolu. Cependant, ces deux piliers de la pensée classique ont été remués par la théorie de la relativité. En effet, cette théorie a attribué un caractère local au temps et a décrit la gravitation et l'inertie en termes d'une géométrie non euclidienne ; c'est en réalité cette dernière géométrie que possède l'espace. On y avance une contradiction philosophique entre la théorie de la relativité et la mécanique quantique en ce qui concerne le rôle de l'observation (ou la mesure) : un concept clé dans la construction de chacune de ces théories et responsable des échecs successifs dans les essais de quantification de la gravitation. Pour finir, une brève incursion dans la cosmologie présente une conjecture finale : la *théorie de la gravitation quantique*, même pas encore établie, représente la théorie finale, dont la quantique et la relativité ne sont que des simples approches.

El pausat bategar dels estels ENRIC MACIÀ BARBER

Al llarg de l'article es dona resposta a tota una sèrie de preguntes: Què és un estel? Com naix? Quin és el llinard de massa per què un fosc núvol de gas fred esdevinga un protoestel o un nan marró? Com és forma un sol, un gegant roig, un pulsar, una supernova, una nana blanca? Com la gravitació pot convertir un estel supermassiu en un forat negre (aprofundíssim embut que s'engul fins i tot la llum)? I al final, la nostra pròpia existència que deriva de les cendres d'anònims sols que s'extingiren abans que el nostre propi Sol nasqués.

The article unfolds the answers to a sequence of frequent questions : What is a star? How is it born? What is the critical mass for a dark cloud of cold gas to condense into a protostar or a brown dwarf? How is a sun formed, or a red giant, a pulsar, a supernova or a white dwarf? How can gravity transform a huge star with an enormous mass into a black hole —a sort of immensely profound funnel where everything, even light, sinks? And, finally, our own existence, originated from the ashes of anonymous suns extinguished long before our own Sun was born.

Toute une série de questions sont répondues dans cet article : Qu'est-ce qu'une étoile ? Comment naît-elle ? Quelle est la borne de masse pour qu'un obscur nuage de gaz froid devienne un protoétoile ou un nain marron ? Comment se forme un soleil, un géant rouge, un pulsar, une supernova, une naine blanche ? Comment la gravitation peut transformer une étoile supermassive en un trou noir (entonnoir très profond capable d'engloutir même la lumière) ? Et finalement notre propre existence, procédant des cendres de soleils anonymes qui s'éteignirent avant que notre propre Soleil soit né.

A la recerca de l'origen del Sol, la Terra i la vida JOSEP MARIA TRIGO I RODRÍGUEZ

L'article es centra en la descripció de l'evolució del disc protoplanetari solar que donà lloc a la formació dels planetes. La diferència en composició química dels anomenats planetes interiors —com ara la pròpia Terra— i dels exteriors —com el gegantí Júpiter— és explicada en funció de la temperatura de cada regió en el temps de l'acreció. L'existència de materials lleugers (aigua, matèria orgànica, etc.) en la Terra es justificada com provenint de matèria interplanetària exterior. Aquests materials lleugers, en refredar-se l'escorça terrestre, serien el germen de la vida, originada en un oceà que la protegia de la intensa radiació ultraviolada emesa pel Sol.

The discussion focuses on describing the evolution of the protoplanetary solar disc which originated the formation of the planets. The difference in chemical composition of the so called inner planets —such as our own Earth— and the outer planets —such as gigantic Jupiter— is explained in terms of the different temperatures prevailing in the different regions during the time of accretion. The existence of light materials —water, organic matter, etc. — on Earth is explained as coming from outer interplanetary matter. As the crust of the Earth cooled down, these light materials became the germ of life, originated in an ocean which protected it from the intense ultraviolet radiation emitted by the Sun. This is how life on Earth originated.

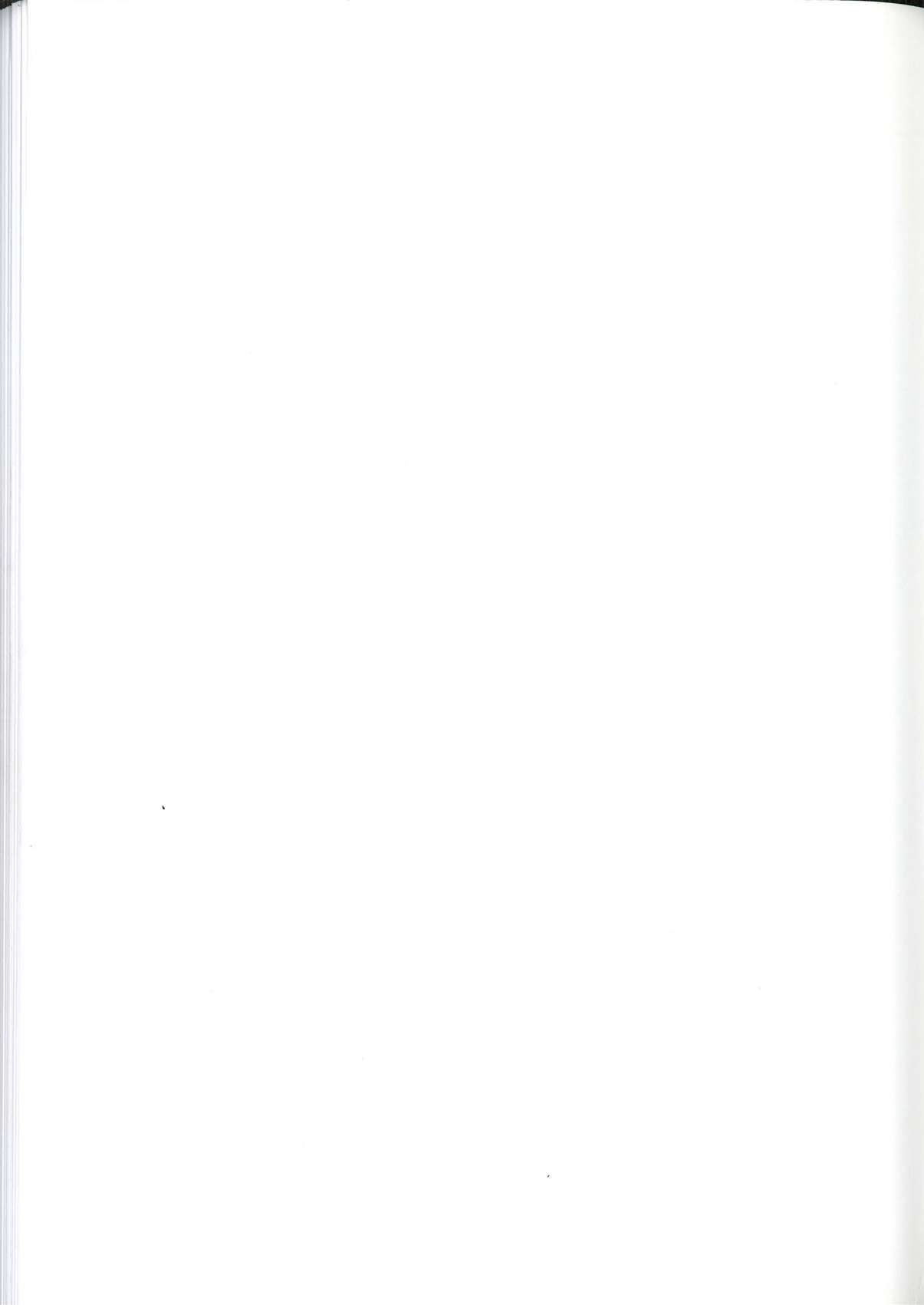
Le sujet central de cet article est la description de l'évolution du disque protoplanétaire solaire qui a formé les planètes. La différence composition chimique des planètes intérieures —comme la Terre— et des extérieures —comme la gigantesque Jupiter— est expliquée en fonction de la température de chaque région pendant le temps de l'accroissement. L'existence de matériaux légers (de l'eau, de la matière organique, etc.) sur la Terre est justifiée en tant que provenant d'une matière interplanétaire extérieure. Pendant le refroidissement de l'écorce terrestre, ces matériaux allaient devenir la semence de la vie, produite dans un océan qui la protégeait de l'intense radiation ultraviolette émise par le Soleil.

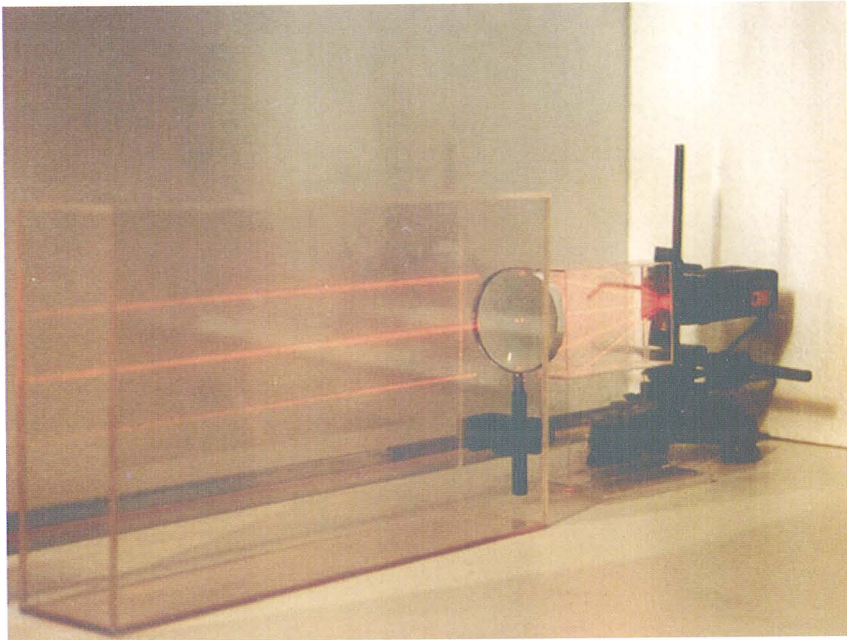
Entre el XIX i el XXI: la ciència atmosfèrica al segle XX**SERGIO ALONSO OROZA****MANUEL PUIGCERVER ZANÓN**

L'article resumeix l'esdevenir de la ciència meteorològica des del seu naixement, fa poc més d'un segle. Es passa revista als primers intents d'abandonar la simple observació de fenòmens meteorològics, al treball fonamental desenvolupat per l'escola de Bergen i —més tard— per l'escola de Chicago, al problema de la sensibilitat d'un sistema d'equacions a les condicions inicials —trobat per Lorentz en les equacions per a la previsió atmosfèrica, que suposarà la gènesi de la revolucionària *teoria del caos*—, i al gran problema que ens estem enfrontant en l'actualitat: el canvi climàtic. L'article acaba fent referència a la simulació climàtica i la previsió numèrica del temps amb unes pinzellades sobre els problemes que les ciències de l'atmosfera tenen pendents de resoldre i que representen actives línies de la investigació actual.

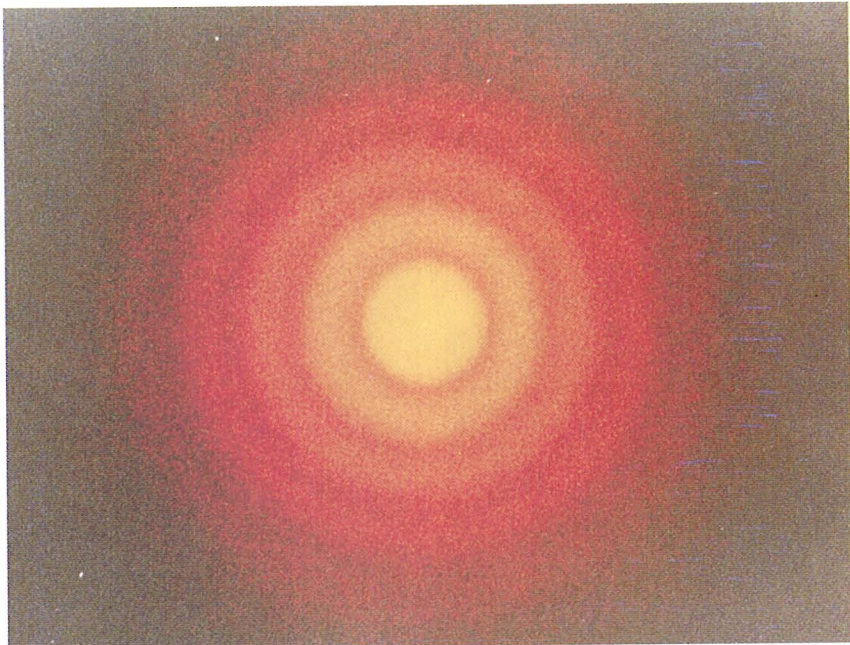
The development of atmospheric science is reviewed from its beginnings, less than a century ago. The article describes the first attempts to go beyond the simple observation of meteorological phenomena, the fundamental work developed by the Bergen school and, later, by the Chicago school and discusses the problem of the sensitivity of a system of equations to small changes in the initial conditions —the fact first studied by Lorentz, which opened the way to the new theories of chaotic dynamics— as well as the big question we are confronted with in our days, namely, the problem of climatic change. In relation to the climatic situation and the numerical weather forecasts, the paper ends with a brief review of the still open problems in the atmospheric sciences, which are the subject of active contemporary research.

Cet article résume l'avenir de la science météorologique depuis sa naissance il y plus d'un siècle. On y passe en revue les premiers essais d'abandon de la simple observation des phénomènes météorologiques, le travail fondamental développé par l'école de Bergen et —plus tard— par l'école de Chicago, le problème de la sensibilité d'un système d'équations aux conditions initiales, que Lorentz a trouvé dans les équations pour la révision atmosphérique, qui supposera la genèse d'une théorie révolutionnaire —la théorie du chaos—, et le grand problème que nous devons affronter actuellement : le changement climatique. La fin de cet article aborde la simulation climatique et la prévision numérique du temps, tout en présentant quelques traits concernant les problèmes à résoudre par les sciences de l'atmosphère et représentant des lignes actives de la recherche actuelle dans ce domaine.

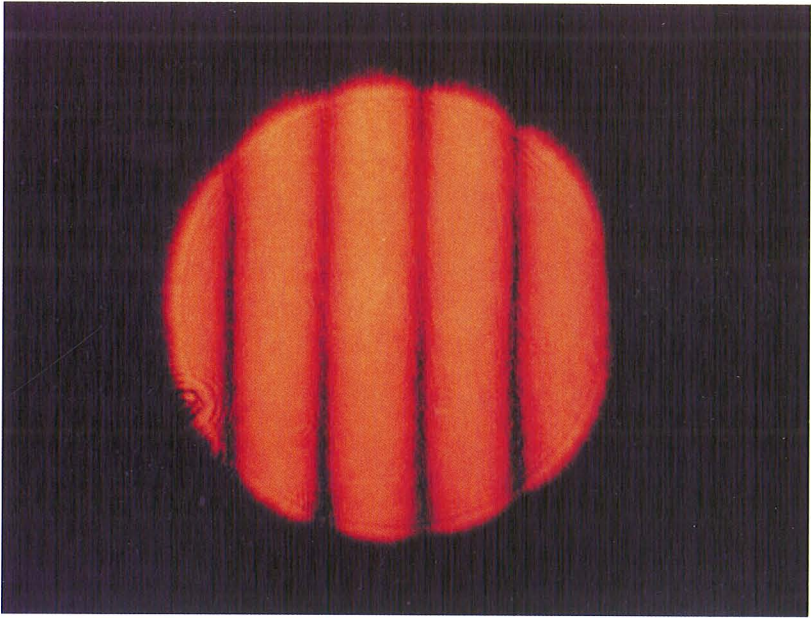




Fotografia 4.a



Fotografia 4.b



Fotografia 4.c

**Tractament d'angiomes
amb làser de colorant**
HOSPITAL RAMÓN Y CAJAL (MADRID)

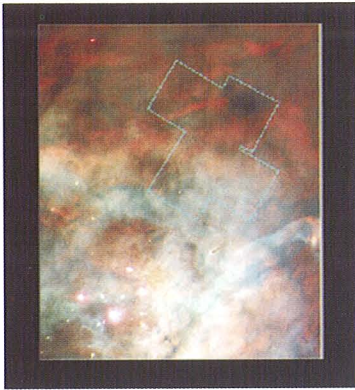


ABANS



DESPRÉS

Fotografia 4.d



Fotografia 7.a. Imatge de la regió central de la gran nebulosa d'Orió (M42) obtinguda pel telescopi espacial Hubble en què es mostra una zona d'intensa formació estel·lar. Baix a l'esquerra poden veure's els estels del Trapezi, la intensa radiació ultraviolada dels quals és responsable de la resplendor fluorescent de la nebulosa. Es tracta d'estels joves formats al si de la nebulosa fa unes poques desenes de milions d'anys. En la regió obscura marcada pel requadre es pot apreciar la tènue resplendor d'alguns protoestels que brillen en l'infraroig.

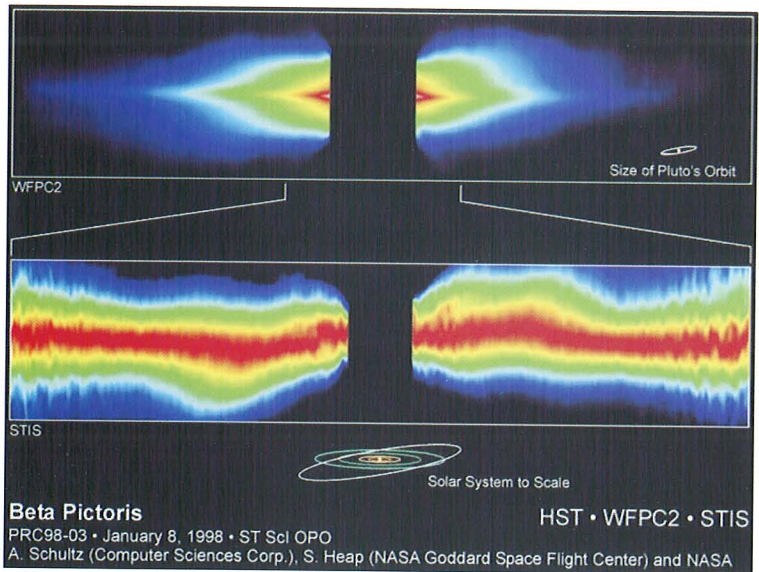
Fotografia 7.b. Imatge de la nebulosa planetària NGC 7293 de la constel·lació d'Aquari. La resplendor blavenca és deguda a l'emissió fluorescent d'àtoms d'oxigen, mentre la llum roja es deu als àtoms d'hidrogen, ambdós presents en les capes externes de l'estel que s'expandeixen progressivament i s'allunyen del nucli central de l'estel: el puntet que brilla al centre de la imatge.



Fotografia 7.c. Nebulosa del Cranc. Aquestes restes de gas que s'expandeixen en l'espai corresponen a les restes d'una explosió supernova que fou registrada pels astrònoms xinesos el 4 de juliol de 1054. Cap al centre de la imatge està la posició del nucli de l'estel original que s'ha transformat en un estel de neutrons: un pulsar que s'encén i s'apaga unes 300 vegades per segon.

Fotografia 7.d. Representació artística del sistema Cygnus X-1, una poderosa font de raigs X en la constel·lació del Cigne. Es tracta d'un sistema estel·lar binari, un dels components del qual (situat a l'esquerra) se suposa un forat negre que engul a esquinçalls el gas de les capes més externes del seu estel company. En precipitar-se cap a l'avenc gravitatori, aquests gasos s'acceleren arribant a velocitats extraordinàries, escalfant-se i emetent una ingent quantitat de radiació x que podem detectar nítidament a través de telescopis en òrbita.





Fotografia 8.a. El disc protoplanetari present al voltant de l'estel Beta Pictoris revela la presència de milers de cossos de petites dimensions. Com que aquest sistema protoplanetari és observat des de la Terra de gairebé perpendicularment, podem veure diverses regions de diferent concentració i ondulacions, presumiblement degut a la presència de planetes al seu interior (NASA/HST).



Fotografia 8.b. La dicotomia tan marcada en el Sistema Solar entre els planetes interiors rocallosos i els gegants exteriors gasosos ha tingut origen en els processos diferenciats de formació d'aquests astres. Els gegants gasosos es van formar abans que els planetes terrestres i van retenir part de la nebulosa primigènica, fent que la seva composició s'assemblés més a la d'un estel.