

## Κάποιες επισημάνσεις σ' έναν πολύ ενδιαφέροντα «Κύκλο»

Ένα από τα σημαντικά εκδοτικά γεγονότα της προηγούμενης χρονιάς ήταν χωρίς αμφιβολία το βιβλίο του Στέφανου Τραχανά «Ο ΚΥΚΛΟΣ Επιστήμη και Δημοκρατία σε ανήσυχους καιρούς». Αν κρίνουμε από δημοσιεύσεις στον τύπο θα πρέπει να διαβάστηκε ευρύτατα. Ο Στέφανος Τραχανάς είναι ένας γνήσια χαρισματικός δάσκαλος με κύριο χαρακτηριστικό του μια γλώσσα ακριβή και ταυτόχρονα γλαφυρή. Ένα δείγμα της διδακτικής του δεινότητας είναι η παρομοίωσή του Ηλεκτρομαγνητισμού με την «γέφυρα του ποταμού Κβάι», όπου ο Einstein ολοκληρώνει το οικοδόμημα του κλασσικού ηλεκτρομαγνητισμού επεκτείνοντας και σε αυτόν την σχετικότητα του Γαλιλαίου, και μετά τον «κομματιάζει» σε φωτόνια. Υπάρχουν όμως στο βιβλίο κάποιες αναφορές που δημιουργούν ερωτηματικά. 1) Γράφει ο Στ. Τραχανάς (σελ 37): «Και έγινε έτσι ξεκάθαρο ότι μόνο η μηχανική μητρών του Χάιζενμπεργκ (...) ήταν μια ολοκληρωμένη θεωρία (η οποία περιείχε και την εξίσωση Σρέντινγκερ ως συνέπείά της), σε αντίθεση με την κυματομηχανική που δεν είχε αυτά τα χαρακτηριστικά. Ήταν μια λειψή θεωρία. Δεν είναι επομένως σωστό το ευρέως λεγόμενο ότι η μητρομηχανική και η κυματομηχανική είναι δυο ισοδύναμες μορφές της κβαντομηχανικής. Δεν είναι.» 2) Επανειλημμένα αναφέρεται ο Ernst Mach και ως μεγάλος φυσικός (πχ σελ 130, 324) Ας δούμε τα ζητήματα αυτά.

**1) Ήταν πράγματι η κυματομηχανική του Σρέντινγκερ υποδεέστερη από την μηχανική πινάκων του Χάιζενμπεργκ;** Σε σχέση με την ισοδυναμία ή μη των δυο θεωριών ο Max Jammer γράφει<sup>1</sup>: «By the end of February of that year, after having completed his second communication, Schrodinger' discovered, to his surprise and delight, that his own formalism and Heisenberg's matrix calculus are mathematically equivalent in spite of the obvious disparities in their basic assumptions, mathematical apparatus, and general tenor. Schrodinger's contention of the equivalence between the matrix and wave mechanical formalisms gained further clarification when John von Neumann, a few years later, showed that quantum mechanics can be formalized as a calculus of Hermitian operators in Hilbert space and that the theories of Heisenberg and Schrodinger are merely particular representations of this calculus. Heisenberg made use of the sequence space  $l^2$ , the set of all infinite sequences of complex numbers whose squared absolute values yield a finite sum, whereas Schrodinger made use of the space  $L^2$  of all complex-valued square-integrable (Lebesgue) functions; but since both spaces,  $l^2$  and  $L^2$ , are infinite dimensional realizations of the same abstract Hilbert space, and hence isomorphic (and isometric) to each other, there exists a one-to-one correspondence, or mapping, between the "wave functions" of  $L^2$  and the sequences of complex numbers of  $l^2$ , between Hermitian differential operators and Hermitian matrices. Thus solving the eigenvalue problem of an operator in  $L^2$  is equivalent to diagonalizing the corresponding matrix» Βεβαίως αναφερόμενος ο Jammer στον John von Neumann αναφέρεται στο μεγαλύτερο βιβλίο μαθηματικής φυσικής του 20<sup>ου</sup> αιώνα: von Neumann Mathematical Foundations of Quantum Mechanics

Και μια πιο σύγχρονη αναφορά: Ο Steven Weinberg στο εγκυρότερο ίσως σύγχρονο βιβλίο κβαντικής μηχανικής γράφει<sup>2</sup>: «But it must not be thought that wave mechanics and matrix mechanics are different physical theories. In 1926, Schrödinger showed how the principles of matrix mechanics can be derived from those of wave mechanics»

Σε σχέση με το ζήτημα αυτό υπάρχουν και άλλες προβληματικές αναφορές του Στ. Τραχανά πχ α) (σελ.37) «... η πιθανοκρατική ερμηνεία της θεωρίας (...) ήταν προφανώς ελλιπής στο πλαίσιο της κυματομηχανικής διότι με τα κύματα πιθανότητας μόνο τις πιθανές θέσεις του σωματιδίου μπορούμε να προβλέψουμε αλλά όχι και τα πιθανά αποτελέσματα άλλων φυσικών μεγεθών όπως πχ η ορμή, η ενέργεια ...» β) (σελ.340) «...η

<sup>1</sup> Max Jammer - The Philosophy Of Quantum Mechanics 1974, Wiley (σελ.22)

<sup>2</sup> Steven Weinberg - Lectures on Quantum Mechanics 2015, Cambridge University Press (σελ 21)

αρχή της αβεβαιότητας είναι (...) η πιο θεμελιώδης αρχή του σύμπαντος (...) την βαθύτερη εξήγηση της μπορεί να την προσφέρει μόνο η μηχανική των μητρών και ειδικότερα η ιδιότητα-κλειδι των μητρών να μην είναι πάντα  $AB = BA$ ». Το α) είναι ένα πολύ περίεργο λάθος ( Ο Σρέντινγκερ στο 1<sup>ο</sup> από τα 4 άρθρα το 1926 υπολόγισε τις ενεργειακές στάθμες του ατόμου του υδρογόνου. Επίσης το τετράγωνο του μέτρου  $|\phi|^2$  του μετασχηματισμού Fourier  $\phi(p)$  της κυματοσυνάρτησης  $\psi(x)$  είναι η πυκνότητα πιθανότητας για τις τιμές της ορμής ). Μια πιθανή μερική εξήγηση εδώ είναι ότι ο Στ. Τραχανάς ταυτίζει την κυματομηχανική με την 1<sup>η</sup> μόνο εργασία του Σρέντινγκερ. Για το β) , μπορεί κανείς να δει σε διάφορα βιβλία κβαντομηχανικής , πχ Messiah Quantum Mechanics Vol.I σελ. 133 , αυστηρές αποδείξεις της ανισότητας του Χάιζενμπεργκ στο πλαίσιο της κυματομηχανικής με βάση την προφανή μη μεταθετικότητα του τελεστή θέσης και του διαφορικού τελεστή της ορμής.

**2) Ήταν ο Ernst Mach ένας μεγάλος φυσικός;** Αναμφίβολα ο Mach ήταν ένας σημαντικός και πολύ επιδραστικός φιλόσοφος της επιστήμης Την φήμη του την χρωστάει κυρίως στο βιβλίο του The science of mechanics όπου μεταξύ άλλων έκανε κριτική στον απόλυτο χαρακτήρα του χώρου και του χρόνου της νευτώνειας μηχανικής. Το βιβλίο αυτό επηρέασε τον Einstein στην πορεία του προς την σχετικότητα. Ο Mach ήταν καθηγητής πειραματικής φυσικής στο πανεπιστήμιο της Πράγας και αργότερα καθηγητής φιλοσοφίας στο πανεπιστήμιο της Βιέννης. Η μόνη ίσως αξιοσημείωτη συμβολή του στην φυσική καθεαυτήν ήταν η φωτογράφιση και περιγραφή των κρουστικών κυμάτων (shock waves) που δημιουργούνται από την υπερηχητική κίνηση βλημάτων στον αέρα (από την μελέτη αυτή προέρχεται η μονάδα ταχύτητας 1Mach = ταχύτητα ήχου στον αέρα). Ας δούμε όμως πως αναφέρεται στον Mach ένας πραγματικά μεγάλος φυσικός ο Max Planck<sup>3</sup>:

«Is the physical world picture merely a more or less arbitrary creation of our minds, or do we find ourselves driven to the contrary conception that it reflects real natural processes which exist in complete independence from us? Spoken more concretely: May we reasonably maintain that the principle of conservation of energy would still hold in nature even if there were no people left to think about it, or that the heavenly bodies would still move according to the law of gravitation, if our earth and all its inhabitants fell into rubble? If I answer yes to this question with respect to everything previously mentioned above, I nevertheless remain indeed conscious that this answer stands in certain contrast to a direction of natural philosophy which right at this time under the leadership of Ernst Mach enjoys great popularity particularly in circles of natural scientists. This view holds that there are no other realities than one's own perceptions and that all natural science in the last analysis is only an economic adjustment of our thoughts to our perceptions by which we are driven by the struggle for existence. The boundary between the physical and the psychological is merely a practical and conventional one. The essential and only elements of the world are perceptions.(.....) Surely, much has already been thought and written on these basic questions, for theorists are many and paper is patient. Therefore, if we want to emphasize that which we can completely agree upon, which will be acknowledged by everyone, every time, without exception, and must be taken to heart: First, conscientious self-criticism united with endurance in the struggle to genuinely know, second, honest respect for the personality of scientific opponents, which is also not to be shaken by misunderstandings, and last, serene trust in the power of the Word which for over nineteen hundred years has taught us the ultimate indubitable sign of how to distinguish true from false prophets: By their fruits shall ye know them! »

Παραθέτουμε ένα χαρακτηριστικό απόσπασμα της απάντησης του Mach<sup>4</sup>

«As the reader has well noticed, the biological-economical conception of the knowing process is entirely sufficient to bring today's ongoing physics into a consistent even friendly relation to it without any difficulty. The actual difference which has been manifested up to now has been constituted by belief in the reality of atoms. That is also why Planck has scarcely been able to find sufficiently degrading words for such perversity If one wants to enjoy psychological conjectures [about his motivations], then one must read his lecture himself, and I can only wish that such will occur.

<sup>3</sup> Σε μια διάλεξη του στο πανεπιστήμιο του Leyden το 1908 , με τίτλο The unity of the physical world picture (στη συλλογή Blackmore (ed) Ernst Mach , A Deeper Look, Kluwer 1992)

<sup>4</sup> Mach , The Leading Thoughts of My Scientific Epistemology and Its Acceptance by Contemporaries'(1910) (Στο Ernst Mach , A Deeper Look)

After Planck had already suggested it but still with Christian mildness and out of respect for his opponent, he finally stigmatized me with the well-known words from the Bible as a false prophet. One sees that physicists are already on the best way to becoming a church and have already grasped the readiest means at hand. Let me answer plain and simple: If belief in the reality of atoms is so essential to you then I will have nothing more to do with physical ways of thinking I will no longer be a genuine physicist I will give back my scientific reputation. In short, thank you so much for the community of believers, but for me freedom of thought is more precious».

Η ανταπάντηση του Planck<sup>5</sup> ήταν ιδιαίτερα αιχμηρή καθώς επισήμανε μεταξύ άλλων ανεπαρκή κατανόηση από τον Mach στοιχειωδών ζητημάτων θερμοδυναμικής σε βιβλίο του. Ένα απόσπασμα:

«.....Mach's theory of knowledge, if consistently carried through is indeed without inner contradiction, but at bottom it only possesses formalistic significance. This is because the most important characteristic of every investigation in natural science is foreign to Mach: The demand for a constant world picture. (.....)But in the last analysis who will render the decisive judgment? "By thy fruits shall ye be known." I am truly sorry, but I simply cannot think of any higher court of appeal. But Mach is strangely not satisfied with what I thought [would be a criterion of judgment] both of us could reasonably agree on. He smells concealed Christianity. But nothing will really help him. Mach and his theory of knowledge, like so many theories before him, will finally have to bow before that famous saying even if it does stand in the Bible. Let us now examine his "fruits" before us and study some from both sides. (.....)He speaks very often in his book (Die Prinzipien der Wärmelehre) about perpetual motion, but he does not attach any clear-cut physical meaning to this expression. He continually confuses perpetual motion of the first kind (production of work from nothing) with perpetual motion of the second kind (uncompensated production of work from heat). When Mach says: "The principle of forbidden perpetual motion can be detected most easily and clearly in the domain of pure mechanics, and in fact first struck its roots there", he is undoubtedly thinking of perpetual motion of the first kind. But on the other hand when he says: "A reversible circular process delivers the maximum amount of work, which can correspond to the transfer of a definite amount of heat from a higher to a lower temperature. This maximum is the same for all matter because otherwise a perpetuum mobile would be possible", then, if this process of thought has any sense at all, perpetuum mobile of the second kind is presupposed. Mach does not even devote a syllable to the fact that the two basic principles about the impossibility of perpetual motion are completely different from each other, that the first is reversible (the impossibility of abolishing work), but the second not (uncompensated production of heat from work being by no means impossible), that the energy principle (the first law) rests on the first and that the Carnot-Clausius principle (the second law) rests on the second, that the second is completely equivalent to the known Clausius principle of the transfer of heat from lower to higher temperature, and that this principle has as a presupposition that without the assumption of non-reversible processes proof of the Carnot-Clausius principle is not to be managed. All of this and much else besides of equal value is not even mentioned in Mach's book, although, as I must particularly stress, at the time Mach wrote his work (1896), the facts had already been made completely clear by the work of R. Clausius and W. Thomson, that is, forty years earlier.(.....)

Concerning absolute zero, he remarks: "In reality, one has assumed that it is unthinkable that anything can be cooled under this temperature, that bodies at -273° C. contain no heat energy, and so forth. I believe that these conclusions rest on an impermissible, all-too-bold extrapolation" Alas, belief in a physical law can be as little forced as forbidden. But that Mach thinks that this opinion is compatible with Carnot's principle, as the immediately following lines show, enlightens us once again about the quality of his understanding concerning the significance of Carnot's principle»

Για τον Mach και την σχετικότητα τώρα. Είναι γνωστό ότι η κριτική της νευτώνειας μηχανικής από τον Mach επηρέασε έντονα τον Einstein στα πρώτα του βήματα προς την σχετικότητα. Θα περίμενε λοιπόν κανείς μια θετική στάση του Mach απέναντι στην σχετικότητα (Αναφερόμαστε βέβαια στην ειδική θεωρία. Η γενική θεωρία παρουσιάστηκε το 1916 χρονιά θανάτου του Mach). Όμως στον πρόλογο του τελευταίου βιβλίου του The Principles of Physical Optics με ημερομηνία Ιούλιος 1913, διαβάζουμε: «I gather from the publications which have reached me, and especially from my correspondence, that I am gradually becoming regarded as the forerunner of relativity. (....) I must, however, as assuredly disclaim to be a forerunner of the relativists as I withhold from the atomistic belief of the present day. The reason why, and the extent to which, I discredit the present-day relativity theory, which I find to be growing more and more dogmatical, together with the particular reasons which have led me to such a view—the considerations based

---

<sup>5</sup> Planck, 'On Mach's Theory of Physical Knowledge' (1910) (Στο Ernst Mach, A Deeper Look)

on, the physiology of the senses, the theoretical ideas, and above all the conceptions resulting from my experiments—must remain to be treated in the sequel».

Για τον Mach και τα άτομα. Τον Ιανουάριο του 1897 σε μια διάλεξη του Boltzmann ο Mach διέκοψε τον ομιλητή λέγοντας 'δεν πιστεύω ότι υπάρχουν άτομα'<sup>6</sup>. Την άποψη αυτή διατήρησε μέχρι το τέλος της ζωής του το 1916. Αντίθετα ο άλλος πολύ γνωστός αρνητής της ατομικής θεωρίας ο Wilhelm Ostwald είχε την επιστημονική εντιμότητα να αναθεωρήσει το 1908 την άποψη του μπροστά στα νέα πειραματικά και θεωρητικά δεδομένα<sup>7</sup>

Είναι λοιπόν όσα αναφέρθηκαν προηγουμένως για τον Mach συμβατά με τον χαρακτηρισμό του ως μεγάλου φυσικού;

Και κάτι τελευταίο (που έχει πάλι επισημανθεί) Στην σελίδα 304 ο Στ. Τραχανάς γράφει: «Ήταν πράγματι 14 Δεκεμβρίου του 1900, όταν ο Planck ανακοίνωνε στους εμβρόντητους συναδέλφους του της γερμανικής εταιρίας φυσικής ότι το φως δεν είναι αυτό που πίστευαν μέχρι εκείνη τη στιγμή – δηλαδή ένα απείρως διαιρετό ηλεκτρομαγνητικό ρευστό – αλλά αποτελούνταν από ελάχιστα – και βεβαίως αδιαίρετα – κομμάτια φωτός, τα οποία ο ομιλητής ονόμασε κβάντα φωτός ή φωτεινά κβάντα». Η εικόνα που περιγράφει είναι πολύ ωραία αλλά ανακριβής. Αν ήταν ακριβής δεν θα μπορούσε λίγα χρόνια αργότερα το 1913 ο Planck να γράφει για τον Einstein ότι είχε αστοχήσει με την υπόθεσή του για τα κβάντα φωτός<sup>8</sup> Το ζήτημα βάζει στην σωστή του βάση ο G. Gamow<sup>9</sup> γράφοντας «Having let the spirit of quantum out of the bottle, Max Planck was himself scared to death of it and preferred to believe the packages of energy arise not from the properties of the light waves themselves but rather from the internal properties of atoms which can emit and absorb radiation only in certain discrete quantities. Radiation is like butter, which can be bought or returned to the grocery store only in quarter-pound packages, although the butter as such can exist in any desired amount (not less, though, than one molecule ). Only five years after the original Planck proposal, the light quantum was established as a physical entity existing independently of the mechanism of its emission or absorption by atoms. This step was taken by Albert Einstein in an article published in 1905».

Η έννοια του φωτονίου λοιπόν οφείλεται στον Einstein. Καμιά διδακτική σκοπιμότητα δεν μπορεί να δικαιολογήσει μια ανακριβή ιστορική αναφορά.

---

<sup>6</sup> D. Lindley, Boltzmann's atom 2001, The Free Press (σελ.199)

<sup>7</sup> Ibid σελ.218

<sup>8</sup> Max Jammer - The Conceptual Development Of Quantum Mechanics (1989) (σελ. 33)

<sup>9</sup> Gamow G. Thirty Years that shook Physics 1965, Dover (σελ. 22)