

Κεφάλαιο 4. Φιλοσοφίες και θεωρητικά επιτεύγματα του 19ου και 20ου αιώνα

Σύνοψη

Στο κεφάλαιο αυτό παρουσιάζονται κάποια από τα κυριότερα θεωρητικά επιτεύγματα των θετικών επιστημών κατά τους περασμένους δύο αιώνες (19^ο και 20^ο) όπως αυτά διαγράφονται μέσα από τις δημοσιεύσεις και το συνολικό έργο των Hamilton, Maxwell, Gibbs, Boltzmann, Planck, Leibnitz, Fourier, Einstein, Millikan, Born, Pauli, Stoner, Bohr, Rydberg, Hund, Fermi και άλλων. Τίθενται προβλήματα όπως αυτά του μέλανος σώματος, της θεωρίας των κβάντα, του Καθιερωμένου Προτύπου και της chirality.

Προαπαιτούμενη γνώση

Τα προηγούμενα κεφάλαια αυτού του βιβλίου.

4.1 Η Λίστα

Για να υπηρετήσω τον σκοπό της διερεύνησης της φυσιολογίας της μουσικής έπρεπε να εξοικειώσω τον αναγνώστη με το ΝΣ και την ορολογία του και μετά να περιγράψω, με λιτό τρόπο, και το σημείο στάσεως από το οποίο θα προχωρούσα στην «κρίση» όσων μέχρι σήμερα ξέρω για τμήματα της βιολογίας μας, για τον δογματισμό και τη φιλοσοφία του. Στο εξής, θα επικεντρωθώ περισσότερο στη νοημοσύνη και θα καταγράψω κάποιους ερευνητές και τα επιτεύγματά τους.

Το μυαλό μου άρχισε να παίζει ανάμεσα στους διάσημους προγόνους μας, εκπροσώπους άλλων λαών, π.χ. των Κινέζων ή των Αράβων και τους εκπροσώπους της σημερινής «δυτικής» επιστήμης. Τελικά, πιο προσίτοι μου ήταν οι σύγχρονοι δυτικοί επιστήμονες. Και εδώ όμως συνάντησα περιορισμούς. Για να πλησιάσω π.χ. έναν Νεύτωνα κ.λπ., έπρεπε, πέραν όλων των άλλων γνώσεων, να ξέρω και μαθηματικά. Έτσι έφτιαξα μια λίστα των σχετικών με το αντικείμενο επιστημόνων.

4.1.1 William Rowan Hamilton

Ο William Rowan Hamilton (1805-1865), Ιρλανδός φυσικός, αστρονόμος και μαθηματικός, κυριολεκτικά κατέπληξε τον κόσμο από μικρός. Ήταν το τέταρτο παιδί μιας οικογένειας με εννιά παιδιά και στάλθηκε από τους γονείς του στον θείο του, James Hamilton, που διηύθυνε σχολή αγγλικών στο Talbots Castle της Ιρλανδίας. Σε ηλικία δώδεκα ετών μιλούσε δώδεκα γλώσσες που τις μεταχειριζόταν μέχρι το τέλος της ζωής του. Το 1827 (σε ηλικία είκοσι δύο ετών) διορίστηκε καθηγητής Αστρονομίας στο Trinity College του Δουβλίνου. Η επιστημονική του καριέρα ήταν πολυσχιδής και περιελάμβανε κυρίως μαθηματικά, αλλά και οπτική, γεωμετρία, ανυσματικές μεθόδους για επίλυση μηχανικών προβλημάτων, ανάλυση κυματικών λειτουργιών (fluctuating functions), προσαρμογή εξισώσεων Fourier, επίλυση πολυώνυμων και πολλά άλλα. Το σπουδαιότερο όμως θεωρητικό έργο του είναι τα *quaternions*, για τα οποία, ο Robert Percival Graves, στο τρίτομο βιβλίο του για τον W.R Hamilton, το *Life of sir William Rowan Hamilton* (1882, 1885 και 1889) αναφέρει ότι ο ίδιος είπε ότι λέγεται ότι ο χρόνος έχει μία διάσταση και ο χώρος τρεις· η μαθηματική έννοια του quaternion συμμετέχει και στα δύο αυτά στοιχεία. Σε τεχνική γλώσσα λοιπόν μπορεί κανείς να πει «χρόνος συν χώρος» ή «χώρος συν χρόνος»: υπ' αυτή την έννοια όμως κάποιος έχει ή τουλάχιστον εμπλέκει, μια αναφορά σε τέσσερις διαστάσεις αλλά πώς το ένα του χρόνου και το τρία του χώρου, μπορεί, στην αλυσίδα των συμβόλων, να περιπλεγθεί...

Αυτό επιχειρήσε ο Hamilton. Εξήγγειλε τα quaternions το 1843. Μάλιστα, η μαθηματική τους εξίσωση του ήρθε στο μυαλό καθώς πήγαινε με τη γυναίκα του προς το Trinity College και για να μην την ξεχάσει, την χάραξε με τον σουγιά του στο χερούλι των κάγκελων της γέφυρας που ήταν στον δρόμο του : $i^2 = j^2 = k^2 = ijk = -1$. Σήμερα τα γράμματα έχουν σχεδόν σβήσει, όμως το Πανεπιστήμιο της Ιρλανδίας έχει βάλει στη θέση τους αναμνηστική πλάκα. Τα quaternions είναι ένα «σύστημα αριθμών» που με αναγωγές τους στο τετράγωνο εκφράζει σύνθετους αριθμούς. Συγκεκριμένα, κάθε αναγωγή, ικανοποιεί μια από πολλές εξίσωση του αριθμού και απαλείφει διαφορές ανάμεσά τους, ενώ η σύνδεση μεταξύ τους επιτρέπει να γίνονται μετατροπές.

Η σκέψη του Hamilton επιχειρεί συνδυασμό κλασικής (πραγματικής) και κβαντικής (πιθανολογικής) φυσικής, και αυτό το κάνει πολύ πριν εμφανιστεί η θεωρία της σχετικότητας ή μια πιθανολογική φυσική.

Δείχνει ότι υπάρχει «αμετάβλητο εν μέσω μεταβολών». Τις άνω αρχές τις είχε «δει» από το 1840 και τις είχε δημοσιεύσει ως διατριβή και κάποιος Benjamin Olinde Rodrigues (Altman, 1986).

Τι ήξερε ο Hamilton γι' αυτό, δεν ξέρουμε. Όπως, όμως, και αν έχει το πράγμα, ο μεν Rodrigues στη συνέχεια έγινε τραπεζίτης, ενώ το ακούραστα περιεργο μυαλό του Hamilton έφερε στην επιφάνεια την εξίσωση Hamilton-Jacobi, την εξίσωση Hamilton-Cayley όπως και μεγάλο αριθμό άλλων μαθηματικών εξισώσεων ή ιδεών κατασκευής μηχανών. Δημοσιεύσεις ο Hamilton έκανε το 1833 και το 1853, ενώ σπουδαίες δημοσιεύσεις που τον αφορούν έγιναν και από τον γιο του, William Edwin Hamilton, και τους θαυμαστές του (Joly και Fiacre O' Cairbre).

4.1.2 James Clerk Maxwell

Ο James Clerk Maxwell (1831-1879), είναι Σκωτσέζος φυσικός και μαθηματικός. Αυτός θεμελίωσε την κλασική ηλεκτρομαγνητική θεωρία (Nahin, 1992). Έχει δουλέψει θεωρητικά και πειραματικά στο πώς βλέπουμε (τρία βασικά χρώματα, 1855), στο πώς αντιλαμβανόμαστε τη θερμοδυναμική και την εντροπία, οι δε σκέψεις και εργασίες του είναι σημείο καμπής για τη θεωρία των πιθανοτήτων.

Ο «δαίμονάς του», μία από τις όχι και τόσο σπουδαίες θεωρητικές εργασίες του, αφορά ένα κοινό μόριο, που όμως το τοποθετεί έξω από δύο δοχεία που οι εισοδοί τους είναι κοντά και απέναντι. Αυτό το μόριο το σκέφτηκε σαν έλεγχο του δεύτερου θερμοδυναμικού αξιώματος που λέει ότι σε ένα κλειστό σύστημα, υπάρχει η τάση, με την πάροδο του χρόνου, διαφορές στη θερμοκρασία, την πίεση και το χημικό δυναμικό να εξισορροπούνται. Ως αξίωμα, το παραπάνω δεν χρειάζεται αποδείξεις.

Την τάση αυτή την ονομάσαμε εντροπία και στα κλειστά συστήματα (τα συστήματα στα οποία δεν υπάρχει εισαγωγή/εξαγωγή ενέργειας), η εντροπία (ως τάση) θα έπρεπε να μην αλλάζει. Για να καταλάβουμε την αξία του «δαίμονα», πρέπει να τον δούμε σε σχέση με την κίνηση κατά Brown, που είναι συνυφασμένη με τη θερμότητα. Όσο πιο μεγάλη η θερμοκρασία, τόσο πιο γρήγορα κινούνται τα μόρια.

Ξεκινάμε λοιπόν έχοντας τα δύο άνω δοχεία στην ίδια θερμοκρασία. Αν ο «δαίμονας» στην είσοδο των δύο αγγείων πληροφορηθεί ότι έρχεται ένα γρήγορο μόριο, του επιτρέπει να πάει π.χ. αριστερά. Αν το μόριο είναι αργό, το στέλνει δεξιά. Έτσι, μετά από λίγο, βρισκόμαστε με ένα κουτί αριστερά που «καίει» (τα γρήγορα μόρια) και ένα δεξιά που «παγώνει» (τα αργά). Κι αυτά, χωρίς ανάμειξη άλλου παράγοντα εκτός από την πληροφόρηση. Και η εντροπία τι έγινε;

Θεωρητικά θα έπρεπε να μην πάψει να υπάρχει εντροπία ακόμα και αν υπάρχει πληροφορία. Η συζήτηση λοιπόν συνεχίστηκε και λέει ότι αν θεωρηθεί ότι ο δαίμονας δουλεύει επειδή βλέπει, τότε χρειάζεται να καταναλώνει ενέργεια. Έτσι συνδέθηκε η πληροφόρηση με την ενέργεια. Σήμερα έχει αποδειχθεί και από άλλες πηγές, ότι για την απόκτηση πληροφορίας χρειάζεται ενέργεια. Και την πληροφορία τη μετράμε πλέον με ενέργεια. Ο «δαίμονας» όμως ήταν καταλυτικός στο να βλέπουμε σήμερα δύο είδη εντροπίας, τη θερμοδυναμική και τη στατιστική.

Διότι ο Maxwell μαζί με τον Josiah Willard Gibbs (1839-1903, Αμερικανό φυσικό, χημικό και μαθηματικό (Gibbs, 1873 στον Perrot, 1998) και τον Αυστριακό φυσικό Ludwig Boltzmann (1844-1906), (στους Kalinin και Kononogov, 2005), δημιούργησαν τη «στατιστική μηχανική», που ονομάστηκε έτσι από τον Gibbs και έδωσε λύση σε προβλήματα που αλλιώς θα έμεναν άλυτα. Π.χ., η σταθερά του Boltzmann, k , είναι μια φυσική σταθερά που συνδέει την ενέργεια, σε σωματιδιακό επίπεδο, με τη θερμοκρασία που παρατηρούμε στον συνολικό όγκο του μετρουμένου.

Άρα το σωματίδιο μετριέται στατιστικά. Αυτή η σταθερά είναι η σταθερά των αερίων R διαιρεμένη με τη σταθερά του Avogadro (N_A).

$$k = R/N_A = 1,3806488(13) \text{ erg/K.}$$

Με τις ίδιες, ακριβώς μονάδες μετριέται και η εντροπία. Αυτό που μάθαμε, δηλαδή, είναι ότι αφού ένας συνολικός όγκος αποτελείται από σωματίδια που έχουν το καθένα τους τη θερμοκρασία του, δεν μπορεί κανένας να πει ποιο μόριο έχει υψηλή θερμοκρασία και ποιο χαμηλή (δηλαδή ποιο κινείται γρήγορα και ποιο αργά). Αν όμως εισαγάγουμε έναν σταθερό διορθωτικό αριθμό, μια σταθερά, καλύπτουμε τη φυσική ανικανότητά μας να διεξάγουμε το πείραμα με το κάθε σωματίδιο χωριστά. Οπότε το θέμα είναι τα αποτελέσματα να είναι σωστά και με αυτόν τον τρόπο. Αν, λοιπόν, αδιαφορώντας για τις επιπτώσεις που θα μπορούσε αυτό το γεγονός να έχει, πάρουμε μια απάντηση σαν αποτέλεσμα του πειράματός μας από τον μέσο όρο των σωματιδίων και ελέγξουμε τις διαφορές μεταξύ θεωρητικής προσέγγισης και αποτελέσματος των

απαντήσεις του σε αυτά τα θέματα επηρεαζόταν από την «έννοια του Θεού» και ζούσε στα πλαίσια αυτών των πεποιθήσεων με την αυστηρότητα που του έδωσε η λοιπή ανατροφή του. Π.χ. ενέργεια και Big Bang, ήταν στην εποχή του υποθέσεις προς επιβεβαίωση. Ο Planck δεν θα ήταν από τους πρώτους που θα επιβεβαίωναν τη μία ή την άλλη υπόθεση.

Τον επιστημονικό περίγυρο τον διαμόρφωνε ένας σωρός από θεωρίες που είχαν αρχίσει να κυκλοφορούν πολύ πριν από τον Planck και ανέπτυσσαν δική τους γλώσσα. Τα σύμβολα, η αναπαράστασή τους και οι σχέσεις τους μεταξύ τους αναπτύσσονται ήδη από τον δέκατο έβδομο αιώνα (Gottfried Wilhelm Leibnitz, 1646-1716, πολύγραφος επιστήμονας και φιλόσοφος, γνωστός κυρίως για τον απειροστικό λογισμό, τη βελτίωση του δυαδικού συστήματος και τις υπολογιστικές μηχανές) και προχωρούν, παρά τους πολέμους του Ναπολέοντα τον δέκατο όγδοο αιώνα (Jean Baptiste Joseph Fourier, 1768-1830, η μαθηματική θεωρία της μετάδοσης της θερμότητας, η «μερική διαφορική εξίσωση» που κυβερνά τη διάχυση της θερμότητας και σειρές τριγωνομετρικών λύσεων). Η κατανόηση του κόσμου από τον Planck γίνεται πιθανώς μέσω των σκέψεών του από τα ευρήματά του αλλά και από την περιρρέουσα ατμόσφαιρα στη φυσική, ατμόσφαιρα η οποία ενέχει στοιχεία που αφορούν το σύμπαν και την πίστη στον Θεό.

4.1.3.1 Το μέλαν σώμα

Το μέλαν σώμα, παρότι θεωρητικό, αποτελεί ένα όριο που προσεγγίζουν σε μεγάλο βαθμό τα φυσικά σώματα (Gearhart, 2009). Τούτέστιν, στη φύση ο συντελεστής εκπομπής των διαφόρων σωμάτων μεταβάλλεται με:

1. τη θερμοκρασία,
2. τη γωνία εκπομπής και
3. το μήκος κύματος.

Μας είναι χρήσιμο, λοιπόν, να υποθέσουμε ότι αυτά δεν αλλάζουν, ότι ο συντελεστής δεν μεταβάλλεται και να χρησιμοποιήσουμε αυτή την υπόθεση ως εξιδανικευμένο μοντέλο για τα φυσικά σώματα ώστε να καταλάβουμε τι γίνεται από άποψη ενέργειας. Μετράμε, συνεπώς, την απορρόφηση που όντως έχουμε και τη συγκρίνουμε με την απορρόφηση που θα είχαμε εάν ο Πλανήτης μας ήταν ένα τέλειο μέλαν σώμα. Προχωρούμε περιγράφοντας ένα μέλαν σώμα. Και το ορίζουμε ως εξής: Να είναι κοίλο, να είναι μαύρο μέσα και έξω και σε ένα σημείο του να υπάρχει μια οπή. Η κατανομή της ενεργειακής ροής, είναι ανάλογη με τα μήκη κύματος στις διάφορες συχνότητες. Ήτοι, η ποσότητα ενέργειας που εκπέμπεται από τη μονάδα επιφανείας/στη μονάδα του χρόνου/ανά συχνότητα, (ονομαζόμενη φασματική εκπομπή ή αφετική ικανότητα ενέργειας) είναι μέρος όλης της ποσότητας ενέργειας που ως εξ αυτού είναι δυνατόν να καταμετρηθεί.

Οι ακτινοβολίες που εισέρχονται στην κοιλότητα μόνον από την οπή, μοιραία ανακλώνται πολλές φορές πάνω στα εσωτερικά τοιχώματα, και κάθε φορά, ένα μέρος τους απορροφάται, μέχρι του σημείου να εξαντληθούν. Επομένως δεν υπάρχει πιθανότητα μέρος των ακτινοβολιών που μπήκαν να βγουν αργότερα. Επειδή δε τα στερεά έχουν συνεχές φάσμα εκπομπής και απορρόφησης, όλες οι ακτινοβολίες, άρα και τα μήκη κύματός τους, θα απορροφηθούν, εκτός από τα της θερμικής ακτινοβολίας που παράγεται ίσως και στο εσωτερικό της κοιλότητας (Γη) και που ένα μικρό μέρος της βγαίνει στην επιφάνεια από την οπή. Σιγά-σιγά η θερμοκρασία (δείκτης του ποσού υπάρχουσας ενέργειας) εξισώνεται παντού. Όταν το μέλαν σώμα φθάσει σε θερμική ισορροπία, η ενεργειακή του πυκνότητα, δηλαδή όλη η ενέργεια που υπάρχει ανά μονάδα όγκου και ανά συχνότητα, θα είναι ίδια σε όλα τα σημεία του. Η ακτινοβολία που γεμίζει πια τον χώρο εσωτερικά έχει χάσει την ενέργεια που είναι σχετική με τις επιμέρους ακτινοβολίες, εκτός από αυτήν της θερμοκρασίας.

4.1.3.2 Σκέψεις του Planck και ο νόμος του Wien

Τα παραπάνω είναι θεμελιακές σκέψεις που μπορεί ο Planck να τις κάνει χωρίς να τον εμποδίζουν τα πιστεύω του. Όσον αφορά την ενέργεια, αυτή τη μετράμε από τη θερμοκρασία μέσω της σταθεράς του Boltzmann και η οποία είναι, όπως είπαμε, μέτρο του ποσού της υπάρχουσας ενέργειας. Πιστεύω λοιπόν ότι ο Planck, με αυτά και παρόμοια στο μυαλό του, έλυσε το 1899 το πρόβλημα που ο Wien είχε δείξει ότι υπάρχει από το 1893. Ο Wien (1864-1928) είχε εμπειρικά προσδιορίσει μια κατάσταση που ονομάστηκε «νόμος της μετατόπισης του Wien», και που έλεγε ότι η κατανομή που παίρνουμε στα μήκη κύματος των ακτινοβολιών

«μέλανος σώματος που βρίσκεται σε θερμοδυναμική ισορροπία», έχει στην ουσία το ίδιο σχήμα και σε κάθε άλλη θερμοκρασία, στη δε γραφική παράσταση, κάθε νέο μήκος κύματος μετατοπίζεται.

Αυτό θεωρήθηκε φυσιολογικό, καθόσον ο νόμος, διατυπούμενος ως $\lambda_{\max}T = b$, όπου λ_{\max} είναι το υψηλότερο μήκος κύματος, T είναι η θερμοκρασία του μέλανος σώματος και b είναι μια σταθερά αναλογικότητας, δείχνει ότι τα μήκη κύματος συνδέονται αντιστρόφως ανάλογα με τη δύναμη και τη θερμοκρασία ($1/T$). Επίσης δείχνει ότι το φαινόμενο παρατηρείται μόνο σε υψηλές συχνότητες (λ_{\max}) (Wien, 1893).

Το ότι τα ευρήματα ήταν αυτά που ήταν, ώθησε τον Wien στη σκέψη ότι μια κοιλότητα γεμάτη ακτινοβολίες και σε θερμική ισορροπία ήταν «adiabatic», ήτοι αδύνατο να διευρυνθεί. Ο Planck δούλεψε αμέσως μετά από τον Wien. Το ότι το μήκος κύματος της υψηλότερης εκπομπής (λ_{\max}) και η θερμοκρασία του μέλανος σώματος (T) είναι αντιστρόφως ανάλογα ($\lambda_{\max} \times 1/T = \lambda_{\max}/T$), έλεγε στον Planck ότι μπορεί, αφού όλα τα μήκη κύματος είναι αντιστρόφως ανάλογα με τη δύναμη, δηλαδή με την ενέργεια, να βρεθεί μια σταθερά, στενά συνδεδεμένη με την άνω b σταθερά, η οποία όμως να είναι σταθερά της φύσης. Σταθερά που όταν χρησιμοποιείται για να βρεθούν οι πραγματικές τιμές ενέργειας στη φύση, αυτές να προκύπτουν. Αυτό σήμαινε βέβαια, ότι η ενέργεια δεν έχει σχέση μόνο με τη θερμότητα αλλά και με την κίνηση Brown. Αυτό, λοιπόν πιστοποίησε η σταθερά του Planck.

Η σταθερά του Planck δηλαδή είναι μία από τις παρακάτω πέντε (στην αρχή ήταν τρεις) σταθερές της φύσης. Η καθεμιά τους σχετίζεται με τουλάχιστον μία βασική θεωρία της φυσικής:

1. Το c : Η ταχύτητα του φωτός στο κενό. Σχετίζεται με τον ηλεκτρομαγνητισμό και την ειδική σχετικότητα.
2. Το G : Σχετίζεται με τη βαρύτητα και τη γενική σχετικότητα.
 1. Το h : Σχετίζεται με την ενέργεια και την κβαντική μηχανική (αναχθείσα σταθερά $= h/2\pi$).
 2. Το k_B : Η σταθερά του Boltzmann. Σχετίζεται με τη μηχανική στατιστική και τη θερμοδυναμική. Αργότερα προστέθηκε και
 3. το e_0 : Σχετίζεται με την ηλεκτροστατική και είναι η σταθερά του Coulomb.

Τα παραπάνω δεν ήταν όπως τα παρουσιάζω εδώ όταν πρωτογράφηκαν το 1899. Όρια π.χ. των κβάντα ενέργειας στην εφαρμογή της γενικής σχετικότητας για τη βαρύτητα, δεν προτάθηκαν από τον Planck αλλά από τους Αϊνστάιν και Bronstein (1936a). Εκείνο που έκανε ο Planck είναι ότι διόρθωσε αριθμητικά την άνω σταθερά b , την μετονόμασε σε h και ήδη από το 1899 την παρέδωσε στην ανθρωπότητα λέγοντας ότι παραδίδει μονάδες μήκους, μάζας, χρόνου και θερμοκρασίας, που κατ' ανάγκη θα κρατήσουν τη σημασία τους σε όλους τους καιρούς και όλους τους πολιτισμούς (κουλτούρες), ακόμη και εξωγήινους ή εξωανθρώπινους, γιατί θα έχουν αποδειχθεί φυσικές μονάδες μέτρησης (Planck, 1899, pp. 479-480).

4.1.3.3 Η εξίσωση Planck – Einstein

Η μεταξύ ενέργειας και συχνότητας σχέση ονομάστηκε αρχικά «σχέση Planck» και λίγο αργότερα «εξίσωση Planck-Einstein». Ο τύπος της γράφτηκε $E=hn$ όπου το E σημαίνει ενέργεια, το h είναι η σταθερά του Planck και το ν η συχνότητα. Αλλά συχνότητα είναι ο αριθμός των φορών. Από την άλλη, υπάρχει και μια ταχύτητα. Και αυτή εξαρτάται από τη συχνότητα επί το μήκος που κάθε φορά το κινούμενο καλύπτει. Στη φύση, αν τα πάντα ξεκίνησαν από την έκρηξη του Big Bang όπως όλο και περισσότερο σιγουρευόμαστε ότι ξεκίνησαν, τότε τα πάντα κινούνται κατά κύματα και μάλιστα με τη μορφή μικρών μηκών κύματος επί τη συχνότητά τους. Η έκρηξη με άλλα λόγια, έδωσε μια τεράστια ώθηση στα σωματίδια, και αυτά τρέχουν με τεράστιες ταχύτητες κι απομακρύνονται από το σημείο στο οποίο έγινε η έκρηξη με ρυθμούς ανάλογους. Δεδομένου ότι το μήκος κύματος δεν είναι ένα για όλες τις κινήσεις αλλά για κάθε κίνηση το δικό της, το γράφω ως λ γενικώς, κι όταν μάθω και αριθμητικά ποιο είναι, μπορώ να το αντικαταστήσω εκεί που το έγραψα. Άρα τη συχνότητα, με αυτά τα δεδομένα, τη γράφω c/λ , δηλαδή $\nu = c/\lambda$ και επομένως και η σχέση $E = hn$ γίνεται $E = hc/\lambda$.

4.1.3.4 Η γέννηση της θεωρίας των κβάντα

Το 1900 που πρωτοέγραψε ο Planck ότι η ενέργεια πιθανότατα εμφανίζεται σε πολύ μικρά υποπολλαπλάσια των μεγάλων ποσοτήτων που βλέπουμε γύρω μας, η θεωρία της έκρηξης του Big Bang δεν είχε ακόμη

καθιερωθεί. Ωστόσο, αυτή η έκρηξη εκσφενδόνισε γύρω της τεράστια ποσά όλων των «πραγμάτων» από τα οποία αποτελούνταν τα στοιχεία της. Οπωσδήποτε ύλη και ενέργεια. Για τον Planck το κυρίαρχο ήταν η ενέργεια. Αλλά μια τέτοια «εκσφενδονισθείσα κάποτε» μονάδα ενέργειας μπορούσε να είναι και το φωτόνιο, λέει το 1905 (1905a) ο Albert Einstein (1879 - 1955). Αυτός, μάλιστα, υποστήριξε από τότε τη δυαδική φύση των σωματιδίων.

Εν τω μεταξύ ο Planck, στην εργασία του (1900) είχε δείξει ότι τίποτε ενεργειακό από όσα βλέπουμε γύρω μας δεν υπάρχει ως ενιαίο ποσό. Όλα είναι πολλαπλάσια κάποιων ποσοτήτων. Δεν υιοθέτησε όμως άμεσα τη δυαδική φύση των σωματιδίων. Χαρακτήρισε τα ελάχιστα τμήματα ενέργειας «κβάντα» ενέργειας, από το λατινικό quantum, που είναι η απάντηση στην από μέσα σου ερώτηση, όταν ψάχνεις το «πόσο;» → «μα τόσο όσο χρειάζεται» (quantum), όμως εκεί σταμάτησε. Δεδομένου τέλος ότι το φωτόνιο είναι ενέργεια, η σταθερά του Planck, που είναι σχέση, γράφτηκε ως η αναλογία μεταξύ της ενέργειας που έχει ένα φωτόνιο και της συχνότητας του ηλεκτρομαγνητικού κύματος που το φέρει. Οι Planck και Einstein λοιπόν, θεωρούνται ιδρυτές της θεωρίας των κβάντα.

4.1.3.5 Η σταθερά του Planck

Η σταθερά του Planck είναι απαραίτητο να γράφεται ή ως h δηλαδή h με μία παύλα στη ράχη του, που δηλώνει ότι έγινε αναγωγή της σε πραγματικό μέγεθος ή ως $h/2\pi$, που δηλώνει ότι έγινε αναγωγή της σε κυκλική κίνηση, όπως επέμενε ο Άγγλος φυσικός Paul Dirac (1902 - 1984) ότι πρέπει να γράφεται. Κι αυτό διότι, όπως πιστεύω, ο Dirac πίστευε ότι μετά το Big Bang όλες οι κινήσεις που υπάρχουν γύρω μας είναι κυκλικές. Μελέτησε νοερά, λοιπόν, τα φαινόμενα και έγραψε εξισώσεις, όχι μόνο μια φορά, αλλά πολλές, που όπως θα δούμε παρακάτω, που θα έχουμε και άλλες πληροφορίες απαραίτητες για να αντιληφθούμε το μέγεθος της διάνοιας του Dirac (1931; 1949; 1982), έβγαλαν την ανθρωπότητα από τα κβαντικά πεδία ενέργειας και της επέτρεψαν να δει την πραγματικότητα μέσω της αντιύλης και γενικότερα σχετικιστικών κυματικών εξισώσεων (relativistic wave equation). Δεν γνωρίζω αν τα παρακάτω επηρέασαν τη σκέψη του Planck.

4.1.3.5.1 Η κατανόηση της σταθεράς του Planck

Το μέγεθος της σταθεράς του Planck για την ενέργεια επηρέασε και πολλά άλλα «φυσικά μεγέθη», ιδιαίτερα τα αναφερόμενα σε σωματίδια που συναντούμε στην κοσμολογία. Οι φυσικοί ήξεραν ότι η δράση στη φύση δεν μπορούσε να παίρνει οποιαδήποτε τιμή. Υποστήριζαν ότι αυτή πρέπει να είναι το πολλαπλάσιο κάποιας πολύ μικρής ποσότητας που εξαρτάται από τη σταθερά του Planck. Την τιμή του χρόνου, π.χ., αν θέλουμε να την εκφράσουμε σε δευτερόλεπτα (sec), θα πρέπει τις μετρήσεις μας να τις πολλαπλασιάζουμε επί $5,39121 \times 10^{44}$. Η μάζα, για να την εκφράσουμε σε κιλά (kg) πρέπει να την πολλαπλασιάζουμε επί $2,17645 \times 10^{-8}$. Και η απόσταση για να γραφεί σε μέτρα (m), πολλαπλασιάζεται επί $1,616252 \times 10^{-35}$. Σε αυτές τις τιμές, όμως, ήτοι στις τιμές της σκάλας Planck, κάθε θεωρία για το πώς συμπεριφέρονται τα σωματίδια στην «πραγματικότητα» είναι αναξιόπιστη.

Κάθε φωτόνιο π.χ. που θα έχει αρκετή ενέργεια ώστε να μπορεί να «μετρήσει» ένα αντικείμενο, θα πρέπει να μεγαλώσει τόσο όσο χρειάζεται για να μετρηθεί το αντικείμενο με τις τιμές της σκάλας Planck. Θα πρέπει δηλαδή να δημιουργήσουμε ένα φωτόνιο τουλάχιστον ίσου μεγέθους με το αντικείμενο, ώστε να είναι σε θέση να το μετρήσει. Αν όμως μετράμε αποστάσεις, θα το μετρήσουμε στη σκάλα του μείον τριάντα πέντε (-35). Την ίδια ώρα όμως, το υπό μέτρηση σωματίδιο θα έχει μάζα πολύ μεγαλύτερη από εκείνη του μέτρου-φωτονίου, καθόσον η μάζα για να μετρηθεί με αυτή τη σκάλα πολλαπλασιάζεται επί μείον οκτώ (-8) μόνον (το μέτρο μείον τριάντα πέντε – -35). Το αποτέλεσμα είναι ότι το υποθετικό μέτρο-φωτόνιο γίνεται τόσο βαρύ που δεν μπορεί να συγκρατηθεί από οποιοδήποτε περιβάλλον, καταστρέφει τον χώρο και ανοίγει μια τρύπα μέσα στην οποία πέφτει τόσο το ίδιο όσο και το μετρούμενο.

Η κλίμακα του Planck είναι σημαντική για την κοσμολογία, γιατί στις ακραίες καταστάσεις των αρχών του Σύμπαντος υπήρξαν τόσο ψηλές θερμοκρασίες που διαδικασίες οι οποίες απαιτούν ελάχιστη ενέργεια ή/και αποστάσεις τόσο ελάχιστες όσο οι του Planck, μάλλον υπήρξαν. Ως εξ αυτών, η θεωρία των κβάντα έγινε αποδεκτή, και έτσι σήμερα μιλάμε για μονοχρωματικό φως ή για το ότι μόνο μερικά ποσοστά «δράσης-ενέργειας» επιτρέπονται στα μηχανήματα. Αυτή την ώρα λειτουργούν πάμπολλες μηχανές κβαντικής μηχανικής π.χ. στους φωτοβολταϊκούς συλλέκτες, στα λέιζερ των συσκευών αναπαραγωγής

δίσκων ακτίνας (CD players) και των ιατρικών μηχανημάτων, στις κρυσταλλολυχνίες των υπολογιστών και στα μηχανήματα παραβίαστων επικοινωνιών.

4.1.3.6 Οι αρμονικοί ταλαντωτές του Planck

Η εντροπία, στο μυαλό του Planck ήταν, ίσως, adiabatic. Ήταν κάτι το σταθερό που δεν μπορούσε με κανέναν νόμο να διαγραφεί. Μπορούσε όμως να ξεπεραστεί, να πλαγιοκοπηθεί. Ο Planck, λοιπόν, το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που είναι υπαρκτό το φαντάστηκε ως κάποια μορφώματα που αποκάλεσε «resonators» και τα οποία πίστευε ότι ήταν ηλεκτρικά δίπολα. Εν ισορροπία, αυτά ταλαντεύονταν με απλή αρμονική κίνηση εκτελώντας ένα «πάνε-κι-έλα», μια «μετατόπιση-κι-επαναφορά». Εμείς, σήμερα, αντίστοιχα μορφώματα τα ονομάζουμε harmonic oscillators = αρμονικούς ταλαντωτές. Κατά τον Planck οι resonators ήταν η «ύλη» την οποία εμπεριείχε ένα κβαντικό πεδίο ενέργειας. Η ενέργεια δημιουργούσε ταλαντώσεις περνώντας μέσα από την ύλη και επανέφερε την κατάσταση στο φυσιολογικό της (Serway & Jewett, 2003).

4.2 Ο Αϊνστάιν

Η θεωρία της σχετικότητας και η πιθανοκρατική θεωρία των κβάντα με την κβαντομηχανική της, είναι τα δύο μεγαλύτερα πνευματικά επιτεύγματα του 20ου αιώνα. Η σχετικότητα είναι καρπός του πνεύματος μόνο του Αϊνστάιν. Η θεωρία των κβάντα είναι κόρη πολλών πατέρων: του Planck, του Bohr, του Feynman κ.λπ. Πρωτίστως όμως και πάλι του Αϊνστάιν.

Ο Αϊνστάιν, από το 1905 συμμετείχε και στα δύο άνω μεγαλύτερα επιτεύγματα της επιστήμης. Οι ιστορικοί της επιστήμης αποκαλούν το έτος 1905 «annus mirabilis», «έτος αξιοθαύμαστο» για τον καινούργιο τρόπο με τον οποίο εξήγησε ο Αϊνστάιν στην ανθρωπότητα πώς έπρεπε να βλέπει αυτά που βλέπουμε γύρω μας. Ήταν τότε ηλικίας είκοσι έξι χρονών. Το 1905, λοιπόν, δημοσίευσε τέσσερις αλληπάλληλες εργασίες με τις οποίες ανατράπηκε η μέχρι τότε κρατούσα θεωρία για τους νόμους που κυβερνούν τον κόσμο. Παρόλο που όμως με τις εργασίες του αυτές γίνεται συνιδρυτής με τον Planck της θεωρίας των κβάντα, προσπαθεί να στέκεται μακριά από την επέκτασή της, την κβαντομηχανική, γιατί πίστευε ότι έπρεπε να κατεβαίνουμε από το βάθος των πιθανοτήτων και να ξαναβαπτίζομαστε στην «πραγματική» πραγματικότητα.

Στην πρώτη εργασία του που δημοσιεύτηκε τον Ιούνιο του 1905 (a) *Επί μιας ευριστικής άποψης που αφορά την παραγωγή και μεταμόρφωση του φωτός*, διατύπωσε μέσα από το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο την ιδέα ότι το φως είναι ηλεκτρομαγνητικό φαινόμενο και μεταφέρεται από τόπο σε τόπο σε μικρές ποσότητες ενέργειας = φωτόνια, επί υλικών σωματιδίων. Διατύπωσε με άλλα λόγια την κβαντική θεωρία για το φως και την ακόμα πιο τολμηρή για την εποχή του δυαδική θεωρία, ότι ζούμε σε έναν κόσμο που αποτελείται από ενιαία μικροποσά ύλης-και-ενέργειας. Σήμερα επιβεβαιώνεται καθώς παράγουμε τις γνωστές ακτίνες LASER, δηλαδή φωτόνια διαφόρων ενεργειών και μήκους κύματος. Οι απόψεις του αυτές όμως απορρίφθηκαν από τους τότε φυσικούς. Μετά δέκα περίπου χρόνια, το 1916, ο Robert Andrews Millikan, 1868–1953, Αμερικανός φυσικός (Νόμπελ Φυσικής του 1923) επιβεβαίωσε την ορθότητα των αποτελεσμάτων του Αϊνστάιν με δικά του αποτελέσματα.

Τον Ιούλιο που ακολούθησε δημοσιεύτηκε (1905b) η εργασία του *Επί της κίνησης μικρών σωματιδίων αιωρουμένων σε στατικό υγρό όπως απαιτείται από τη μοριακή κίνηση της Θεωρίας της Θερμότητας*, με την οποία εξήγησε την κίνηση Brown και τη διάδοση της θερμότητας.

Τον Σεπτέμβριο του 1905 (c), με την εργασία του *Επί της ηλεκτροδυναμικής κινουμένων σωμάτων*, διατύπωσε νέα θεωρία. Με την εργασία του Ιουνίου, είχε παρουσιάσει το φως ως μικρά σωματίδια ύλης και ενέργειας· με την καινούργια εργασία έβλεπε το σύμπαν σαν ένα πεδίο αλληλοδιάδοχων κυμάτων. Ανάμεσα στις δύο εργασίες κάποιοι έβλεπαν αντίθεση. Όμως ο Αϊνστάιν ήταν απόλυτα βέβαιος ότι τα κύματα φωτονίων ήταν ενεργειακά και υλικά. Βέβαια έτσι αποδυναμώνονταν η θεωρία του «αιθέρα» (Λαγκράντζ) που πιστευόταν τότε και που έλεγε ότι ο αιθέρας ήταν το μέσο μεταφοράς του φωτός. Ο Αϊνστάιν όμως δείχνει ότι υπάρχει σύνδεσμος ανάμεσα στις εξισώσεις του Maxwell (ηλεκτρομαγνητισμός) και τους νόμους της κινητικής μηχανικής. Και δεν έχει λάθος. Όλα αυτά ονομάστηκαν αργότερα ειδική σχετικότητα.

Τον Νοέμβριο διατύπωσε την τελευταία εργασία του αυτού του έτους: *Η αδράνεια ενός σώματος εξαρτάται από το περιεχόμενό του σε ενέργεια* (1905 d).

Τα νεανικά του χρόνια, από περίπου το 1901 ως το 1917 (b), εμφανίζει έντονη πνευματική δραστηριότητα. Τις 4 δημοσιεύσεις του, του 1905, ήδη τις είδαμε. Όπως δήλωσε, τη θεωρία του για τη βαρύτητα τη δούλεψε στο μυαλό του από το 1907 ως το 1917. Το 1915 (a & b) δημοσίευσε τις εξισώσεις

πεδίου. Σε πολλά δημοσιεύματα που έχει σχετικά με τη Θεωρία της Σχετικότητας δείχνει ότι ο τρόπος που υπάρχουν η ύλη και η ενέργεια μας κάνει να βλέπουμε τα σχήματα που βλέπουμε και ότι αυτό που αισθανόμαστε ως βαρύτητα είναι η αίσθηση που αποκομίζουμε από τις λειτουργίες μας, καθώς, ακολουθώντας τις διαδρομές της βαρύτητας ακολουθούμε τη συντομότερη οδό που θα ήταν δυνατό να ακολουθήσουν τα αντικείμενα μέσα στο καμπύλο σύμπαν. Ως απόδειξη της ορθότητας της σκέψης του, ο Αϊνστάιν έδειξε την ικανότητα της βαρύτητας να επηρεάζει το φως: φωτόνια τραβήχτηκαν (έλξη) κατά την πορεία τους προς τη μεγάλη μάζα του Ήλιου. Συνεπώς, οι ακτίνες έπαψαν να είναι ευθείες, καθώς παρακολουθούνταν (Eddington, 1919) κατά τη διάρκεια έκλειψης του Ήλιου, κατά την οποία μια τέτοια έλξη μπορούσε να γίνει αντιληπτή.

Η δική μου απόδοση σκέψεων που αποδίδονται στον Αϊνστάιν έχει ως εξής: η θεωρητική γεωμετρία δεν ασχολείται με τη σχέση που υπάρχει μεταξύ των εννοιών της και των αντικειμένων της πείρας. Ασχολείται μόνο με τη σχέση που υπάρχει (λογική) μεταξύ των εννοιών της. Μπορούμε άρα να πούμε ότι η πεποίθησή μας περί της αλήθειας των γεωμετρικών π.χ. προτάσεων δεν στηρίζεται σε αντικειμενικά δεδομένα, αλλά σε ερμηνείες γεγονότων τα οποία ερμηνεύονται όπως ερμηνεύονται από τους παρατηρητές τους.

Αν λοιπόν δεν θέλουμε τα αποτελέσματα της φυσικής, της γεωμετρίας αλλά και της αστρονομίας και γενικά ολόκληρης της επιστήμης να πέφτουν στο κενό, απαιτείται σε κάθε περιγραφή γεγονότων να χρησιμοποιούμε ένα «σώμα» πάνω στο οποίο να καταγράφονται τα περιγραφόμενα γεγονότα (σώμα αναφοράς). Ας πάρουμε π.χ. την Ευκλείδεια γεωμετρία. Οι νόμοι της ισχύουν για τις ευθείες επί της Γης. Όχι όμως στο Διάστημα. Και αυτό γιατί οι αποστάσεις επί Γης είναι τόσο μικρές που η έκφραση της καμπυλότητας, η οποία αντικειμενικά ισχύει, δεν αλλάζει αισθητά τα δεδομένα. Η ευθεία, εμπειρικά, παριστάνεται από την ένωση δύο σημείων – με μία γραμμή που τη γράφουμε πάνω στο σώμα αναφοράς ως τη συντομότερη οδό σύνδεσης των δύο σημείων. Υποθέτουμε ότι αυτό κάνει και η βαρύτητα. Επειδή ως σώματα αναφοράς χρησιμοποιούμε σώματα που κινούνται με οποιονδήποτε τρόπο και που μπορεί να παθαίνουν κατά τη διάρκεια της κίνησής τους οποιαδήποτε αλλαγή μορφής/σχήματος, χρησιμοποιούμε τη Γη στο σύμπαν ως σώμα αναφοράς και προσπαθούμε να δούμε τι καταλαβαίνουν με τα αισθητήριά τους δύο υποθετικά πλάσματα που ζουν σε δύο διαφορετικά σημεία της Γης. Το ένα ζει στην επιφάνεια που είναι κυρτή και έχει μέτρο σύγκρισης το σύμπαν και το άλλο στο εσωτερικό, σε μια επιφάνεια που είναι επίπεδη όπως οι Ευκλείδειες επιφάνειες.

Τα πλάσματα αυτά, αναπτύσσουν το καθένα, ως εκ του περιβάλλοντός τους δική τους μετρική συλλογιστική. Εκείνο που ζει στην επίπεδη επιφάνεια (στο εσωτερικό της Γης) θα ανακαλύψει εμπειρικά ή/και πειραματικά ότι το άθροισμα των γωνιών οποιουδήποτε τριγώνου θα είναι πάντα 180 μοίρες. Το άλλο πλάσμα, που ζει στην καμπύλη επιφάνεια, θα ανακαλύψει και αυτό εμπειρικά, ότι το άθροισμα των γωνιών οποιουδήποτε τριγώνου θα είναι πάντα μεγαλύτερο από 180 μοίρες και σε ακραίες περιπτώσεις θα φθάνει και τις 270 μοίρες.

Και τα δύο πλάσματα θα μετρήσουν οπωσδήποτε και το μήκος της περιφέρειας των κύκλων που γράφονται στο περιβάλλον τους. Το πρώτο θα ανακαλύψει ότι το μήκος της περιφέρειας ενός κύκλου είναι ίσο με $2\pi r$, όπου r η εκάστοτε ακτίνα και π , μια σταθερά διόρθωσης η οποία ισούται περίπου με 3,14. Ενώ το της επιφανείας, θα διαπιστώσει ότι οι κύκλοι που μπορεί να γράψει σε διάφορα σημεία της Γης έχουν μήκος περιφέρειας πάντα μικρότερο από το $2\pi r$.

Το πρώτο θα καταλήξει στον Ευκλείδειο τρόπο σύγκρισης μετρήσεων με τα αξιώματα και τους νόμους του, ενώ το δεύτερο θα έχει τις αρχές και τους νόμους της «σφαιρικότητας». Αλλά αυτό σημαίνει δύο διαφορετικές γεωμετρίες. Και ενώ για τα μικρά μεγέθη οι διαφορές είναι ασήμαντες (επί Γης), σε μεγαλύτερα οι διαφορές θα μεγαλώνουν. Με τι λοιπόν μπορεί να είναι ανάλογος ο βαθμός απόκλισης της νέας γεωμετρίας από την Ευκλείδειο; Θα είναι ανάλογος με τη μάζα του σώματος επί την ενέργεια που ενυπάρχει σε αυτό. Γιατί η βαρύτητα, που γράφει τις ευθείες που βλέπουμε, έχει σχέση μόνο με το τι γράφεται από τις διάφορες μάζες, οι οποίες όμως μεταβάλλονται ανάλογα με την ενέργεια που έχουν. Άρα, ποια είναι η «αληθινή αλήθεια» και πώς μπορεί ο παρατηρητής, να τη δει; Μόνο με τα «μάτια του νου».

Μερικά πράγματα, βέβαια, λέει ο Αϊνστάιν. Αλήθεια είναι ότι η μάζα και οι μεταβολές της εξαρτώνται από την ενέργεια που είναι ίση με mc^2 . Ο χρόνος δεν ακολουθεί σταθερό ρυθμό αλλά είναι ανάλογος με τα συμβαίνοντα, κατά και αμέσως μετά από το Big Bang, άρα είναι ανάλογος και με την κυρτότητα κάθε περιοχής· άρα συνυπάρχει με τον χώρο, ο οποίος πάλι εξαρτάται από τη διανομή της μάζας στον χρόνο· άρα χώρος και χρόνος πρέπει να μετρούνται μαζί (χωροχρόνος).

Πέραν αυτών ο Αϊνστάιν δημοσίευσε και πάρα πολλές εργασίες, μόνος ή με συνεργάτες. Το 1916 δημοσίευσε μια εργασία στην οποία χρησιμοποιεί τη Γενική Σχετικότητα για να περιγράψει τη συμπεριφορά

ολόκληρου του Σύμπαντος. Ακολουθούν δημοσιεύσεις άλλων επί του θέματος όπως η του de Sitter (στο Dodelson, 2003) και λίγο αργότερα του Friedmann (στους Tropp, Frenkel & Chernin, 2006) αλλά ο Αϊνστάιν δεν ασχολείται πια με το θέμα. Βοηθάει οι φυσικοί να δημοσιεύουν, αλλά το μυαλό του είναι ήδη αλλού.

Γενικά, ο Αϊνστάιν, όλη την προ του 1917 εποχή, δίνει την εντύπωση ανθρώπου που ανά πάσα στιγμή ήταν διατεθειμένος να λύνει προβλήματα φυσικής. Το 1910 για παράδειγμα απάντησε με άρθρο του στο ερώτημα «Γιατί είναι μπλε ο Ουρανός», επειδή το θέμα απασχολούσε τον κόσμο και ο λόρδος Rayleigh είχε δώσει ως εξήγηση ότι, όταν το φως προσκρούει σε άτομα αζώτου και οξυγόνου το μήκος κύματος του διαθλασμένου φωτός πλησιάζει το μήκος κύματος του γαλάζιου φωτός.

Ο Αϊνστάιν με τον Smoluchowski έδειξαν ότι το χρώμα ήταν αποτέλεσμα αθροιστικών διαθλάσεων από διάφορα άτομα και μόρια, οπωσδήποτε και του αζώτου, και, όταν λαμβάνονταν υπόψη και κυματισμοί του αέρα, ο ουρανός έδειχνε μπλε. Αυτό βελτίωνε τις απόψεις Rayleigh, κανείς όμως δεν το ζήτησε από τον Αϊνστάιν (Klein, 1993).

Το 1907 διατύπωσε την αρχή της ισοδυναμίας (η ελεύθερη πτώση και η κίνηση από αδράνεια είναι φυσικά ισοδύναμες). Το 1911 δήλωσε ότι τα κβάντα ήταν πρόβλημα για τη φυσική. Περίπου πενήντα χρόνια μετά, ο Feynman (1965; Brown, 2000), ιδιοφυής φυσικός, δήλωνε ότι αμφιβάλλει αν υπάρχει άνθρωπος που να κατάλαβε σε βάθος την κβαντική θεωρία και τις συνέπειές της. Πήρε το Νόμπελ το 1921, για εργασία του του 1907.

Ενώ ο Αϊνστάιν ήταν συνιδρυτής, άρα βαθύς γνώστης της θεωρίας των κβάντα, τον βλέπουμε να προσπαθεί να διορθώσει πεποιθήσεις που σχετίζονται με τη «μηχανική των κβάντα» ώστε να φέρει τα πιθανολογικά συζητούμενα σε «πλαίσιο απόδειξης» δηλαδή σε ένα δέσιμο αιτίας και αποτελέσματος. Ο Hoffmann [Banesh Hoffmann (1906 – 1986)] στο βιβλίο του *Albert Einstein: creator and rebel (The collection of biography and autobiography)* (1972) αναφέρει ότι ο Αϊνστάιν δεν συμπαθούσε την κβαντομηχανική, γιατί η φύση της απαγόρευε πλήρη περιγραφή αιτίας και αποτελέσματος. Για κάτι τέτοιο (την περιγραφή) χρειαζόνταν να συγκεκριμενοποιηθεί το αντικείμενο της φαντασίας, που είναι υποθετικές εξισώσεις.

Ο Αϊνστάιν λοιπόν, ως εξ αυτής της νοοτροπίας, αφενός ωθούνταν να συμπληρώνει τις κβαντικές καταστάσεις (π.χ. με τις εξισώσεις πεδίου για το σύμπαν), αφετέρου ήταν εξαιρετικά ευαίσθητος στα επιστημονικά λάθη. Με την ανακοίνωση του Hubble ότι το σύμπαν επεκτείνεται, πράγμα που ο Hubble είδε (το διαπίστωσε με «αισθήσεις»), ο Αϊνστάιν απέσυρε τις εξισώσεις του. Ωστόσο, παραπάνω από μισό αιώνα μετά τον θάνατό του, η επιστήμη γυρνάει σε αυτές. Που σημαίνει ότι μία εκ των εξισώσεών του δεν ήταν λάθος. Υποστήριζε μέρος των πιθανοτήτων που υπήρχαν και βγήκε αληθινή. Σήμερα η εν λόγω κοσμολογική σταθερά κρίνεται απαραίτητη για την κατανόηση του σύμπαντος.

Τέλος, μετά το Νόμπελ του 1921 και παρόλο που δεν έδινε σημασία σε παρόμοιες επιβραβεύσεις, πρότεινε τον φίλο του Max Born (1882 - 1970) για Νόμπελ, αν και διαφωνούσε με το αντικείμενο με το οποίο ο Born ασχολούνταν. Ο Born ήταν αφοσιωμένος στην κβαντομηχανική. Σε αυτόν λοιπόν έγραψε ο Αϊνστάιν τη φράση που τόσο αναφέρεται σήμερα : «...κάτι καλό φτιάχνετε ...αλλά εγώ ξέρω ότι ο Θεός δεν έπαιξε τον κόσμο στα ζάρια...» (Stachel, 2001).

4.2.1 Το παράδοξο Einstein–Podolsky–Rosen (Το EPR παράδοξο)

Οι άνω τρεις (1935), σχεδίασαν ένα πείραμα σκέψης, που έφερε στην επιφάνεια ανεπάρκειες της κβαντικής μηχανικής. Σύμφωνα με την κβαντική μηχανική, ένα ζεύγος καταστάσεων μπορεί να περιγραφεί από μία και μόνο κυματική λειτουργία η οποία όμως τότε θα πρέπει να κωδικοποιεί τις πιθανότητες για αποτελέσματα πειραμάτων που θα εκτελεστούν και για τις δύο καταστάσεις του ζεύγους. Για παράδειγμα έφεραν μια ακτίνα που πέφτει σε γυαλί, μισό επαλειμμένο με άργυρο (καθρέφτης = αντανάκλαση) και μισό διαφανές. Θεωρητικά, το μισό φως θα περνούσε το γυαλί και το μισό θα αντανάκλωνταν. Αν όμως αρχίζαμε να μειώνουμε την ένταση φωτός, τι θα γινόταν όταν φτάναμε στο τελευταίο ζεύγος φωτονίων που είχε απομείνει; Ποιο από τα δύο φωτόνια και στη βάση ποιας πληροφορίας θα περνούσε πρώτο;

Οι τρεις, στην ανακοίνωσή τους του 1935, κατέληξαν ότι η κβαντική μηχανική ήταν ανεπαρκής για να λύσει το πρόβλημα. Και είπαν ότι υπήρχαν δύο πιθανές εξηγήσεις. Η μία ότι υπήρχε «αλληλεπίδραση» ανάμεσα στα σωματίδια, ακόμα και όταν ήταν χώρια. Έτσι τα ίδια ήξεραν, είχαν την πληροφορία για το ποιο θα περάσει πρώτο. Η άλλη ότι όλες οι πιθανότητες ήταν παρούσες και στα δύο, και άρα, τα φωτόνια, ήξεραν ποιο θα περάσει πρώτο, της πληροφορίας ούσας κωδικοποιημένης εξαρχής σε κάποιες «κρυμμένες παραμέτρους».

Και οι δύο εξηγήσεις είναι υπερβατικές. Δήλωσαν ότι προτιμούσαν τη δεύτερη. Κατά Heisenberg όμως [Werner Karl Heisenberg (1901 - 1976), Γερμανός φυσικός, Νόμπελ Φυσικής του 1932], διαχωρισμός των φωτονίων θα προκλούνταν από την ίδια τη μέτρηση χωρίς το άλλο φωτόνιο (ας πούμε το δεύτερο) να προλάβει να μετρηθεί. Άρα η λύση ήταν θέμα χρόνου της παρατήρησης και άρα ο παρατηρητής είναι που εμφανίζει, αν εμφανίζει, (την παρατηρούμενη) αδυναμία.

Όμως για τον Αϊνστάιν, ο παρατηρητής έτσι κι αλλιώς δεν είναι αντικειμενικός. Έτσι, οι τρεις δεν δέχτηκαν τα του Heisenberg. Τελείωσαν τη συζήτηση γράφοντας: *Δείξαμε ότι η κομματική λειτουργία δεν παρέχει πλήρη περιγραφή της φυσικής πραγματικότητας και αφήσαμε ανοιχτό το ερώτημα αν μια τέτοια περιγραφή υπάρχει. Πιστεύουμε ωστόσο, ότι είναι πιθανή (κάποια) σχετική θεωρία* (Hardy, 1993; Haroche & Raimond, 2006; Baylock, 2010).

4.2.2 Αϊνστάιν και Bose

Καθώς ο Satyendra Nath Bose, Ινδός καθηγητής Φυσικής, έδινε μια διάλεξη το 1922 στο Πανεπιστήμιο της Dhaka στην Ινδία έκανε ένα μικρό λάθος, χάριν του οποίου όμως απαλείφονταν λάθη που εμφανίζονταν στα αποτελέσματα που όλοι έπαιρναν μέχρι τότε σε σχετικά με την ακτινοβολία Roentgen πειράματά τους. Ο Bose ήθελε να δείξει στους φοιτητές ακριβώς τα λαθεμένα αποτελέσματα και δεν μπόρεσε. Ο λόγος που το «λάθος» του παρήγαγε «σωστά» αποτελέσματα ήταν ότι με τη συμπεριφορά σωματιδίων «μονοχρωματικού» φωτός (λέιζερ) επιτυγχάνονταν συγκέντρωση σωματιδίων ιδίου ενεργειακού είδους. Αν λοιπόν στις εξισώσεις έγραφε κάποιος ή εις την τρίτη αντί εις την δεύτερα, οι εξισώσεις έδειχναν συμμετρική κατανομή φωτός και συμφωνούσαν με την πράξη. Ο Bose έστειλε για δημοσίευση το 1924 τα ευρήματά του σε κάποιο περιοδικό και απορρίφθηκαν. Τότε τα έστειλε στον Αϊνστάιν. Αυτός μετέφρασε την εργασία του Bose (*Planck's Law and Hypothesis of Light Quanta*) στα γερμανικά, τη δημοσίευσε και μετά έστειλε και δική του εργασία, με επέκταση και βελτίωση της ερμηνείας των ίδιων αποτελεσμάτων (Clark, 1971).

Η θεωρία που θα προέκυπτε από τα παραπάνω, έπρεπε να υποθέσει ύπαρξη ομάδων σωματιδίων, που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την ενέργειά τους, με την έννοια ότι σε μια περίπτωση υπάρχει x επίπεδο ενέργειας, σε άλλη άλλο. Καταλαβαίνουμε ότι υπάρχουν διάφορα επίπεδα ενέργειας από φωτόνια διαφορετικής ενέργειας. Τα διαφορετικά «κβάντα ενέργειας» ονομάστηκαν προς τιμή του Bose μποζόνια. Υπακούουν στη στατιστική Bose-Αϊνστάιν σε αντίθεση με τα φερμιόνια, που είναι σωματίδια με μάζα-ύλη, για τα οποία ισχύει «ο κανόνας αποκλεισμού του Pauli» και τα οποία αποτελούν τους δομικούς λίθους της ύλης. Οι διαφορετικές άνω υπάρξεις, λοιπόν, ξεχωρίζουν με δύο διαφορετικές στατιστικές (Griffiths, 2005).

Ο Jayant Narlikar, διάσημος Ινδός φυσικός, έγραψε στο βιβλίο του *The Scientific Edge* (2003) ότι η δουλειά του S.N. Bose στη στατιστική των σωματιδίων, που ξεκαθάρισε τη συμπεριφορά των φωτονίων και άνοιξε την πόρτα σε νέες ιδέες επί της στατιστικής των μικρο-συστημάτων που υπακούουν στους κανόνες της θεωρίας των κβάντα, ήταν ένα από τα δέκα υψηλότερα επιτεύγματα της επιστήμης της Ινδίας και θα μπορούσε να προταθεί για Νόμπελ.

Πιστεύετε ότι ο Αϊνστάιν δεν είχε το μυαλό ή την πείρα να εκτιμήσει την αξία του δώρου που έκανε στον άγνωστό του Bose; Δεν το γνωρίζουμε. Άσχετα όμως με το ότι ο Bose δεν πήρε Νόμπελ, άσχετα με το τι θα γινόταν εάν ο Αϊνστάιν είχε πάρει διαφορετική απόφαση, ο Αϊνστάιν που ξέρουμε και θαυμάζουμε είχε ήδη αποφασίσει τη στάση του που μπορεί να αποδοθεί εκ του αποτελέσματος με τα λόγια του Πλάτωνα:

«Επιστήμη χωριζομένη αρετής κακία ου σοφία φαίνεται»

4.2.3 Η ενέργεια του σημείου μηδέν

Ανάμεσα στα πολλά που έφτιαχνε ο Αϊνστάιν, ξεκαθάρισε το 1913 μαζί με τον Otto Stern, 1888–1969, Ρωσοεβραίο φυσικό βραβευμένο με Νόμπελ Φυσικής το 1943, το «τι» ήταν η ονομασθείσα στα γερμανικά Nullpunktenergie, στα αγγλικά Nullpunkts-energy ή zero point energy και στα ελληνικά «ενέργεια σημείου μηδέν» (Beiser, 1967; Loudon, 2000).

Μεταφράζοντας ακριβώς, η ενέργεια του σημείου μηδέν «είναι η ενέργεια της θεμελιώδους κατάστασης» του κβαντικού συστήματος. Θεμελιώδης κατάσταση είναι η χαμηλότερη, δηλαδή η κανονική ή σταθερή κατάσταση ενεργείας, ενός πυρήνα, ατόμου ή μορίου. Ακόμα και στη θεμελιώδη κατάστασή τους όμως, όλα τα κβαντικά μηχανικά συστήματα συνυπάρχουν με διεγέρσεις τους (perturbations), ως αποτέλεσμα

της κυματικής μορφής τους. Την ενέργεια του σημείου μηδέν επομένως πρέπει να τη δούμε λαμβάνοντας υπόψη και την αρχή της αβεβαιότητας του Heisenberg, η οποία απαιτεί κάθε φυσικό σύστημα να έχει αποδεδειγμένα ενέργεια σημείου μηδέν μεγαλύτερη από αυτή που υπολογίζουμε ως ελάχιστη, ακόμη και στο απόλυτο μηδέν. Διότι, κατά Heisenberg, δύο σημεία, δεν μπορούν να έχουν την ίδια τιμή ενέργειας ταυτόχρονα. Το πρόβλημα λύθηκε αργότερα με εισαγωγή της έννοιας της ενέργειας κενού (Sciama, 1991).

Στην Κοσμολογία και στην κβαντική μηχανική υπάρχει η έννοια της ενέργειας κενού. Η ενέργεια κενού ορίζεται ως η ενέργεια σημείου-μηδέν όλων των πεδίων στο διάστημα και περιλαμβάνει το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, άλλα μετρήσιμα πεδία, φερμιονικά πεδία και το πεδίο του Higgs (Jaffe, 2005). Στην κβαντική θεωρία των πεδίων δηλαδή, η ενέργεια κενού δεν είναι ενέργεια ενός κενού διαστήματος (διαστήματος που δεν υπάρχει, αφού στο κενό τίποτε δεν μπορεί να υπάρχει), αλλά είναι η ενέργεια της θεμελιώδους κατάστασης των κβαντικών πεδίων, που ποτέ δεν παύουν να έχουν κάποια ενέργεια. Αυτή την ενέργεια, οι Αϊνστάιν και Stern την ονόμασαν ενέργεια σημείου μηδέν.

Ο Planck είχε δημοσιεύσει στα 1900 μια φόρμουλα για την ενέργεια ενός και μόνον resonator (όπως αναφέραμε παραπάνω ότι ονόμαζε τις παλλόμενες μονάδες) όπου μεταχειριζόταν τη σταθερά του, h , τη συχνότητα, ν , τη σταθερά του Boltzmann, k , και την απόλυτη θερμοκρασία (απόλυτο μηδέν) T . Οι Αϊνστάιν και Stern, με την εν λόγω φόρμουλα ως βάση, υπολόγισαν το 1913 ότι ένα σύστημα στο απόλυτο μηδέν κατακρατεί ενέργεια ύψους $1/2h\nu$. Την ενέργεια αυτή ονόμασαν «ενέργεια σημείου μηδέν» (Nullpunktenergie). Το 1916, ο Walter Nernst υπέθεσε ότι το «κενό» είναι «γεμάτο από ενέργεια σημείου μηδέν» (Hoffman, 1992; Milonni, 1994; Stachel, 2001).

4.2.3.1 Σκέψεις σχετικές με την ενέργεια του σημείου μηδέν

Όσον αφορά το τι είναι η ενέργεια σημείου μηδέν και τι έκανε ο Αϊνστάιν με αυτήν, αυτά που είπαμε παραπάνω είναι αρκετά για να καλύψουν το θέμα. Ελάχιστα ποσά ενέργειας υπάρχουν και στο απόλυτο μηδέν.

Οι παραπάνω όμως θεωρίες και σκέψεις σε θέματα σχετικά με την ενέργεια, με οδήγησαν σε σκέψεις που αφορούν τη μουσική. Στη «θεωρία της αναταραχής», τα σημεία συμβολής των διαγραμμάτων Feynman με μία ή πολλές θηλιές (loops) ή με προωθητές ενέργειας (propagators), είναι συμβολή κυματισμών κβαντικού κενού ή ενέργειας σημείου μηδέν που υπάρχει στις μάζες των διαφόρων σωματιδίων. Οπότε γιατί αλήθεια οι νότες της μουσικής να μην είναι τα «ανάλογα» που σε κάποιους σχηματισμούς τους, ίσως συμβάλλουν στο να ενεργοποιηθούν «προωθητές» ενέργειας του νευρικού μας συστήματος, που εκλύουν μέσα μας ηλεκτρικά ρεύματα και μας διατρέχουν απ' άκρου εις άκρον, ξεκινώντας (ο ηλεκτρισμός) από συναισθήματα θλίψης, χαράς ή απόλαυσης, ή/και από την «αίσθηση» ότι «γνωρίζουμε» τα πάντα (όλα όσα προανέφερα – θλίψη, χαρά, κ.λπ.) και ακόμα περισσότερο, και ότι αυτά τα αγγίζουμε χάρη στη μουσική; Με λίγα λόγια η ενέργεια της μουσικής και τα ηλεκτρικά ρεύματα μας πλημμυρίζουν με ό,τι μπορούν να διεγείρουν. Μήπως, όλες οι έρευνες δεν δείχνουν ότι η μουσική συνοδεύεται από/ή συνοδεύει τις συγκινήσεις; Επ' αυτού εγείρεται το ζήτημα των συγκινήσεων: μας ορίζουν ή τις ορίζουμε;

Ο Αϊνστάιν έζησε περίπου σαράντα χρόνια στην αιχμή της επιστήμης. Πέθανε τιμημένος, όπως του άξιζε, στο Princeton των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής.

4.3 Wolfgang Ernst Pauli

Ο Wolfgang Ernst Pauli ήταν ένα είδος «παιδιού-θαύματος» της εποχής του. Μόλις 18 χρονών προχώρησε στη δημοσίευση εργασίας του πάνω στη θεωρία της σχετικότητας. Είκοσι ενός χρονών το 1921 πήρε το διδακτορικό του με θέμα τη θεωρία των κβάντα και αμέσως μετά, τη αιτήσε του καθηγητή του, έγραψε ένα άρθρο επί της σχετικότητας για την εγκυκλοπαίδεια, το οποίο επαινέθηκε από τον Αϊνστάιν (Enz, 2002).

Εν τω μεταξύ, προσπαθώντας να λύσει το πρόβλημα του πώς συμπληρώνονται οι στοιβάδες των ηλεκτρονίων που περιστρέφονται γύρω από το πρωτόνιο στο ανώμαλο φαινόμενο Zeeman (1897, στον Commins, 2014), ο E.C. Stoner (1924) πρότεινε σε μία εργασία του μια ταξινόμηση ηλεκτρονίων που οδήγησε σε μια γενική θεωρητική κβαντική φόρμουλα συμπλήρωσης των ομάδων των ηλεκτρονίων, όπως γράφει σε εργασία του *Επί της συσχέτισης της συμπλήρωσης των ομάδων των ηλεκτρονίων σε ένα άτομο με περίπλοκη δομή φασμάτων* ο Pauli (1925).

Τον «αποκλεισμό δράσης» κάποιων ηλεκτρονίων έναντι άλλων, ο Pauli τον σκέφθηκε από την αρχή, ως φαινόμενο που όντως συμβαίνει και όχι ως απλό φιλοσοφικό ενδεχόμενο. Αυτό μας επέτρεψε να έχουμε τις πρώτες ιδέες μας περί του πώς είναι δομημένη η ύλη.

4.3.1 Σκέψεις επί της αρχής οργάνωσης των σωματιδίων και η αρχή του αποκλεισμού του Pauli

Στην αρχή του εικοστού αιώνα φυσικοί, χημικοί ή/και φιλόσοφοι συζητούσαν περί του εάν άτομα και μόρια με ακέραιους αριθμούς ηλεκτρονίων ήταν πιο σταθερά από εκείνα με περιττούς. Φυσικά κανένας δεν είχε δει ούτε μόρια, ούτε άτομα και πολύ περισσότερο ούτε ηλεκτρόνια, ωστόσο υπήρχαν άρθρα όπως αυτο του Lewis (1916) *Το Άτομο και το Μόριο*, στο οποίο ο συγγραφέας διατεινόταν ότι στις χημικές αντιδράσεις τα άτομα είχαν την τάση να εμφανίζουν άρτιο αριθμό ηλεκτρονίων και μάλιστα τον αριθμό οκτώ. Δημιουργούνταν λοιπόν έτσι έντονο ενδιαφέρον γύρω από αυτά, αλλά τίποτε περισσότερο. Το 1919, ο χημικός Langmuir διατύπωσε την άποψη ότι η περιοδικότητα του Περιοδικού Πίνακα των Στοιχείων, θα μπορούσε να ερμηνευθεί από το ότι τα άτομα ήταν «αλληλοσυνδεδεμένα» με δικό τους τρόπο. Τέλος, ο Bohr, το 1922, Δανός φυσικός ο οποίος αργότερα πήρε και Νόμπελ για τις θεωρίες του, επικαιροποίησε παλαιότερο δικό του μοντέλο για το άτομο, υποθέτοντας ότι συγκεκριμένοι αριθμοί ηλεκτρονίων, όπως οι δύο (2), οκτώ (8) και δεκαοκτώ (18) αντιστοιχούσαν σε σταθερές και «κλειστές» τροχιές, με την έννοια ότι ήταν ενεργειακά κορεσμένες.

Ο Pauli ασχολούνταν στο να εξηγήσει το ανώμαλο φαινόμενο Zeeman. Πειραματικά δεδομένα δικά του, του Stoner, ο εμπειρικός κανόνας του Σουηδού φυσικού Rydberg (1888, στους Martinson & Curtis, 2005) και οι άνω απόψεις του Bohr (1913; Rozental, 1967) για τις στοιβάδες ενέργειας των ηλεκτρονίων, τον οδήγησαν στα παρακάτω:

Ήταν γνωστό ότι εάν προσέθετε κανείς ένα επιπλέον ηλεκτρόνιο σε ένα φορτισμένο άτομο, οι κβαντικοί αριθμοί των ηλεκτρονίων τα οποία ήταν ήδη προσδεδεμένα σε αυτό, δεν άλλαζαν. Διότι τα ηλεκτρόνια (άρα και ο αριθμός τους) εξαρτώνται από δυνάμεις που τα συγκρατούν, έτσι ώστε τα άτομα να μην χάνουν τη συνοχή τους. Άρα ο αριθμός των ηλεκτρονίων είναι ίσος με τις εν λόγω δυνάμεις και συνεπώς οι δυνάμεις ανταποκρίνονται στην κανονική κατάσταση του πυρήνα του ελεύθερου ατόμου. Η αρχή αυτή είχε τότε το όνομα *Aufbauprinzip*. Κανείς δεν είχε συνδέσει ακόμη τα φαινόμενα με το «σύμφυτο» μάζας-ενέργειας.

Ο Pauli όμως σκέφθηκε ότι οι περίπλοκοι αριθμοί ενεργειακά εκφυλισμένων ηλεκτρονίων σε «κλειστά» (κεκορεσμένα) υποσυστήματα (όπως βρήκε ο Stoner), μπορούν να μειωθούν στον απλό αριθμό ένα (1), εάν διαίρεση υποσυστημάτων τους με τις τιμές τεσσάρων κβαντικών αριθμών (και όχι μόνο τριών που υπήρχαν ως τότε) «αφαιρούσε» τόση ενέργεια όση χρειαζόταν για να απομακρυνθεί κάθε είδους εκφύλιση. Έτσι εξισορροπούσε την ενέργεια. Είπε στη διάλεξη του Νόμπελ του, το 1946 (1998) ότι ένα εκφυλισμένο επίπεδο ενέργειας είναι κλειστό και μπορεί να καταληφθεί και από ένα ηλεκτρόνιο και ότι καταστάσεις σε αντιπαράθεση με αυτό το αξίωμα πρέπει να «αποκλείονται».

Αυτή είναι η πρώτη φορά που επίπεδο ενέργειας συσχετίζεται με υλικό σωματίδιο. Και αυτή είναι και η αρχή αποκλεισμού του Pauli. Βέβαια, από το 1925 ο Pauli είχε δημοσιεύσει άρθρο στο οποίο συζητούσε την προσθήκη στην «κβαντική κατάσταση», μιας νέας κβαντικής ιδιότητας που την ονόμασε «διπλής αξίας, κλασικά μη περιγράψιμη», και περίμενε. Κάθε κβαντική κατάσταση, θεωρητικά είναι επιτεύξιμη. Ποια, όμως, μπορεί να υπάρξει (ή υπάρχει) και πρακτικά;

Μετά την παραπάνω δημοσίευσή του ο Pauli παρακολουθούσε τα εμπειρικά αποτελέσματα που κατά καιρούς δημοσιεύονταν και διαπίστωσε ότι όλα συμφωνούσαν με τη σκέψη του. Έτσι συμπέρανε (Enz, 2002) ότι η δύσκολη μέτρηση των ηλεκτρονίων που υπάρχουν σε «κλειστά συστήματα», μπορούσε να αντικατασταθεί από ένα ηλεκτρόνιο με πρόσθετο αριθμό «κβαντικής κατάστασης», που θα αφαιρούσε το ένα δεύτερο της ενέργειας και θα εξασφάλιζε ενεργειακά ισορροπία.

4.3.2 Η στατιστική των σπιν

Τις τροχιές των ηλεκτρονίων γύρω από το άτομο τις είχαμε ήδη ονοματίσει την εποχή που διαδραματίζονται τα περιγραφόμενα. Στο ότι όμως, το ένα δεύτερο ήταν ο αριθμός που έπρεπε να προστεθεί έπαιξε μεγάλο

ρόλο η βαθιά γνώση που είχε ο Pauli για τις δυνάμεις που κυβερνούν τον κόσμο μας, η αυτοπεποίθησή του και η φαντασία του. Η ιδιόρρυθμη, τυπικά μη περιγράψιμη αμφισημία των ιδιοτήτων ενός θεωρητικού, κβαντικού ηλεκτρονίου, δεν έφερε στον νου το σύμφυτο μάζας-ενέργειας αλλά ότι η αφαίρεση μιας ποσότητας ενέργειας πρέπει να είναι τέτοια που η αοριστία που υπάρχει την ώρα που η ποσότητα ορίζεται, να πλησιάζει την αλήθεια. Ει δυνατόν, να πάψει να υπάρχει αοριστία. Ο Pauli το κατάφερε αυτό. Αφαίρεσε αυθαίρετα από τους τρεις αριθμούς της κβαντικής κατάστασης το ένα δεύτερο κάνοντάς τους τέσσερις, είπε ότι αυτό είναι διπλής αξίας και έδωσε κατεύθυνση στην ιδιο-τροφορμή. Αυτό «το σύνολο» ονομάστηκε σπιν από τους σύγχρονους του φυσικούς George Eugene Uhlenbeck (1900-1988) και Samuel Abraham Goudsmit (1902-1978) (Enz, 2002; Heisenberg, 2007).

Το σύστημα δούλεψε καθώς, όπως μάλλον ο Pauli είχε φαντασθεί, στις μισές από τις τροχιές αφαιρούνταν το μισό της ενέργειας. Συνεπώς, αφαιρώντας από τα αριστερόστροφα και από το σύνολο της ενέργειας το μισό, άφηνε απέξω όσα είχαν φορά αντίθετη, αλλά το σύνολο της ενέργειας, αν μπορούσαμε να την μετρήσουμε δεν θα άλλαζε ή μάλλον θα έδειχνε διπλή αύξηση κάθε δύο τροχιές. Κάτω από τις σκέψεις Pauli όμως, τα σωματίδια που ήταν δυνατό να σχηματιστούν, πυρήνες συν ηλεκτρόνια, δηλαδή άτομα, χωρίζονταν σε δύο πληθυσμούς: στα φερμιόνια (ύλη) και στα μποζόνια (ενέργεια). Ύλη και ενέργεια βέβαια από κατασκευή ήταν σύμφυτα. Όμως, το να σκεφτόμαστε και μέχρι σήμερα την ύλη αποτελούμενη από μποζόνια και φερμιόνια μας συμφέρει αφού μάλιστα τα μποζόνια δρουν μόνα τους (η ενέργεια).

Δεκαπέντε χρόνια μετά την πρώτη δημοσίευσή του, το 1940, ο Pauli δημοσίευσε νέα εργασία όπου καταλήγει στην ανάγκη η στατιστική Fermi-Dirac να είναι για σωματίδια με αυθαίρετο σπιν μισού ακέραιου και, στην ανάγκη, η στατιστική Einstein-Bose να είναι για σωματίδια με αυθαίρετο σπιν ακέραιο. Κάποιος με τη σημερινή εικόνα του κόσμου και της σύγχρονης φυσικής θα μπορούσε ίσως να μιλήσει και για «αμηχανία» του Pauli.

Μέσα σε ένα σύστημα πλήρες ενέργειας, ο Pauli φαντάστηκε το ηλεκτρόνιο κινούμενο να στροβιλίζεται και γύρω από έναν άξονα, επηρεαζόμενο σε αυτή του την κίνηση από τον γενικό ηλεκτρομαγνητισμό αλλά και αυτόν των άλλων ηλεκτρονίων, τα οποία επίσης στρέφονταν από αριστερά προς τα δεξιά ή και αντίθετα (Atmanspacher & Primas, 2006).

4.3.3 Η αρχή του αποκλεισμού συμπληρωμένη από τους κανόνες του Hund

Το τι γίνεται σε κάθε τροχιά είναι ένα παιχνίδι ανάμεσα στις δυνάμεις έλξης και απώθησης που υπάρχουν μέσα στο άτομο και συγκεκριμένα ανάμεσα στα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια του πυρήνα. Σε μια τροχιά λοιπόν, μπορεί να έλκονται πολλά ηλεκτρόνια. Ή, για να το πω και αλλιώς: για να κορεσθεί η ελκτική δύναμη που υπάρχει σε μια τροχιά και που προέρχεται από τα πρωτόνια, μπορεί να χρειάζονται πολλά ηλεκτρόνια. Αν όμως υπάρχουν παραπάνω από ένα στην ίδια τροχιά, αυτά είναι υποχρεωτικό να έχουν ίδιες ιδιο-τροφορμές, ή ουδέτερες. Αποκλείεται να υπάρχουν στην ίδια τροχιά.

Με βάση αυτά, ήρθε ο Friedrich Hermann Hund (1896-1997) και πρότεινε κανόνες, που με βάση την ενέργεια, ιδιαίτερα της εξωτερικής στοιβάδας κάθε ατόμου και του επιπέδου ενέργειας των ηλεκτρονίων, διαμορφώνουν διατάξεις συμβατές με την καθέκαστα ενεργειακή ύπαρξή τους. Σε μια κβαντική κατάσταση π.χ. έχουμε αριθμούς-τροχιές που ονομάζονται αζιμουθιακό l (τον αριθμό αυτόν τον ονομάζουμε και τροχιακό), για ορμή μηδέν s , για ορμή ένα p , για ορμή δύο d και για τρία f . Αν λοιπόν προσπαθήσουμε να βρούμε τη διάταξη που ακολουθούν τα ηλεκτρόνια καθώς κατατάσσονται γύρω από τα πρωτόνια, βλέπουμε ότι αυτά πρώτα κατατάσσονται σε μονές στοιβάδες και μετά δημιουργούν ζευγάρια.

Ακριβείς υπολογισμοί μετά από μετρήσεις, το 1970, έδειξαν ότι η πραγματική αιτία γι' αυτό είναι ότι οι μονές τροχιές σχηματίζονται πρώτες επειδή επισκοπούνται (ή προστατεύονται) λιγότερο αποτελεσματικά από τις ζυγές (Ellison, 1975).

4.3.4 Φερμιόνια και μποζόνια

Θέλοντας η επιστημονική κοινότητα να τιμήσει τον Enrico Fermi (1901- 1954), ονομάστηκε φερμιόνιο κάθε σωματίδιο που ακολουθώντας την αρχή του αποκλεισμού του Pauli εμπίπτει στη στατιστική Fermi-Dirac και μποζόνιο κάθε ενεργειακό σχήμα που ακολουθεί τη στατιστική Bose-Einstein. Τι όμως σημαίνουν αυτά; Ότι θεωρητικά, τα στοιχειώδη σωματίδια από τα οποία είναι κατασκευασμένος ο κόσμος μας, κατατάσσονται σε δύο ενεργειακά αλλά και ουσιαστικά διαφορετικά είδη.

Τα φερμιόνια είναι οι δομικοί λίθοι της ύλης. Είναι δηλαδή στοιχειώδη σωματίδια που έχουν την ιδιότητα να σχηματίζουν αντι-συμμετρικές σύνθετες καταστάσεις και να φέρουν ημι-περιττό σπιν (1/2, 3/2 κλπ). Τονίζουμε ότι πρέπει να ελέγχουμε να είναι το σπιν ημι-περιττό, διότι τα φερμιόνια δεν είναι απλά πολλαπλάσια αριθμών που πολλαπλασιάζονται με το ένα δεύτερο, αλλά υπάγονται στη στατιστική Fermi-Dirac (Farmello, 2009) και στην απαγορευτική αρχή του Pauli (1925).

Τα μποζόνια είναι οι φορείς των δράσεων (force carriers) των ιδίων των στοιχειωδών σωματιδίων της ενέργειας. Όπως είπαμε, δεν υπάγονται στην απαγορευτική αρχή του Pauli, φέρουν ακέραιο αριθμό σπιν (1, 2 κ.λπ.), και εμπίπτουν στη στατιστική Bose-Einstein. Το όνομα τους, τους δόθηκε από τον Dirac (1945 στον Farmello, 2009).

Γνωστά μποζόνια είναι τα φωτόνια και τα σωματίδια Higgs. Το Καθιερωμένο Πρότυπο (Standard Model) εξετάζει μικροποσότητες ενέργειας (κβάντα ενέργειας) που φέρονται από σωματίδια που είναι φορείς των τριών δυνάμεων που υπάρχουν εκτός της βαρύτητας. Τέτοια είναι:

- το φωτόνιο, που είναι μποζόνιο-φορέας της ηλεκτρομαγνητικής δύναμης,
- τα γλουόνια (= g) που είναι μποζόνια-φορείς της ισχυρής (πυρηνικής) δύναμης και έχουν οκτώ διαφορετικά χρώματα ή γεύσεις και
- τα μποζόνια W(+), W(-) και Z₀, που είναι φορείς της ασθενούς (πυρηνικής) δύναμης.

4.3.5 Ενδιάμεσα προϊόντα ύλης-ενέργειας

Ξεκινάμε από μια τεράστια έκρηξη, το Big Bang που, εκτόξευσε προς όλες τις κατευθύνσεις γύρω της όλα τα υλικά από τα οποία αποτελούνταν η μάζα-ενέργεια που εξεργάγη, ανέβασε τις θερμοκρασίες σε δυσθεώρητα ύψη και εξαπέστειλε απελπιστικά μεγάλες ποσότητες ενέργειας προς όλες τις κατευθύνσεις, συνδεδεμένες με συγκριτικά λίγες έως πολύ λίγες ποσότητες μάζας.

Όλα τα εν λόγω σωματίδια, πριν φθάσουν στις μορφές με τις οποίες τα ξέρουμε, δηλαδή στη μορφή ύλης που ξέρουμε, έχουν ενδιάμεσες μορφές που λέγονται αδρόνια, μεσόνια, βαρυόνια κ.λπ. και που φθίνουν προς ένα άτομο.

Η κατανόηση τώρα μιας όποιας θεωρίας για να καταλάβουμε πως είναι δομημένο το σύμπαν και εμείς, είναι απαραίτητη. Ξεκινώ άτυπα με επιγραμματικές περιγραφές από τα κουάρκ λόγω της ιδιαιτερότητας των ηλεκτρικών φορτίων τους. Τρία up κουάρκ μαζί τα ονομάζουμε βαρυόνια. Από τα βαρυόνια παράγονται τα πρωτόνια, όπου ένα up κουάρκ αλλάζει σε ένα down κουάρκ κι έτσι τα πρωτόνια έχουν δύο up και ένα down, ενώ τα νετρόνια έχουν ένα up κουάρκ και δύο down. Τα βαρυόνια και τα μεσόνια, τα οποία έχουν ένα κουάρκ και ένα αντι-κουάρκ, είναι ασταθή και δίνουν επίσης εξαιρετικά ασταθείς ενώσεις, μεταξύ των οποίων τα kaons (που ενέχουν τα παράξενα κουάρκ) και τα pions, που ελέγχουν συμμετρικές συνθέσεις. Τα κουάρκ και τα πρωτόνια τα κατατάσσουμε στα φερμιόνια. Με την επιβεβαίωση του Sakharov (1965; 1967; 1969; 1972; 1979; 1980) ότι οι συμμετρίες σπάζουν, προέκυψε η μελέτη των ασυμμετριών (Kokkedee, 1969; Griffiths, 1987; Sozzi, 2008).

Από τα θετικά φορτισμένα σωματίδια «κουάρκ», σχηματίζονται τα πρωτόνια που ηλεκτρικά εξισορροπούνται από τα αρνητικά ηλεκτρόνια, ενώ διηλεκτώς αλλάζουν το φορτίο τους με τα νετρόνια, δίνοντάς το και παίρνοντάς το πίσω. Τα ηλεκτρόνια, σχεδόν χωρίς μάζα, σχηματίζονται από λεπτόνια. Πρωτόνια, νετρόνια και ηλεκτρόνια σχηματίζουν τα άτομα που ξέρουμε, και αυτά, αλληλοεπιδρώντας μεταξύ τους, σχηματίζουν μόρια.

Στην κβαντική θεωρία πεδίου μπορεί να υπάρξουν «σχηματισμοί μποζονίων» που είναι συστρεμμένοι με τρόπο που το σύνολό τους φέρεται σαν ένα σωματίδιο, σαν φερμιόνιο, ακόμα και όταν όλα τα υποσωματίδιά τους είναι μποζόνια (Skyrme, 1959, 1962). Οι σχηματισμοί αυτοί ονομάστηκαν σκυρμιόνια από το όνομα του ερευνητή.

Αναλογίες μεταξύ πεδίου σκυρμιονίων και πεδίου σωματιδίων Higgs (Weiner, 2010) χρησιμοποιήθηκαν για να υποστηριχθεί ότι όλα τα φερμιόνια είναι σκυρμιόνια, δηλαδή μποζόνια που φέρονται σαν φερμιόνια. Αυτό, αν ήταν έτσι, θα μπορούσε να εξηγήσει γιατί όλα τα γνωστά φερμιόνια έχουν κβαντικούς αριθμούς βαρυονίων ή λεπτονίων, όπως επίσης και να προσφέρει τον φυσικό μηχανισμό που να εξηγεί την αρχή του αποκλεισμού του Pauli. Τότε θα αλήθευε το «εν αρχή ην η ενέργεια». Όμως, είναι έτσι ή η σύγχρονη φυσική υποστηρίζει μια αντίφαση;

4.4 Προς το Καθιερωμένο Πρότυπο της ενεργειακής και σωματιδιακής φυσικοχημείας

Η χημεία που μαθαίνει κανείς στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση του γίνεται κατανοητή μέσα από τη συμπεριφορά του πρωτονίου, του νετρονίου και του ηλεκτρονίου. Αυτά είναι, όπως είδαμε, υποσυστήματα ατόμων διαφόρων στοιχείων τα οποία έχουν σαν υπερ-συστήματά τους τα μόρια, τα οποία είναι συμπλέγματα ατόμων. Αυτά λοιπόν, αποτελούν το σώμα μας. Από τι όμως αποτελούνται τα ίδια;

Ήδη είπαμε ότι το πρωτόνιο, το νετρόνιο και το ηλεκτρόνιο προκύπτουν από τη σύνδεση μεταξύ τους άλλοτε άλλης ποσότητας υπο-σωματιδίων τους, των κουάρκς και των λεπτονίων, και από την επίδραση επάνω τους των δυνάμεων της φύσης, τουτέστιν του ηλεκτρομαγνητισμού, της αδύναμης δύναμης, της ισχυρής δύναμης και της βαρύτητας.

Το Καθιερωμένο Πρότυπο σωματιδίων του σύμπαντος (Standard Model = SM), περιγράφει:

1. τον κόσμο των δυνάμεων που υπήρξαν, υπάρχουν και δρουν επάνω μας και
2. τον κόσμο των σωματιδίων, και πριν από τον σχηματισμό ατόμων, και μετά.

Αυτό το «και μετά» όμως, περιλαμβάνει δύο σκαλοπάτια: ένα σύμφωνα με το οποίο η πορεία των σωματιδίων στον χρόνο συνεχίζεται αδιατάρακτη (οπωσδήποτε με διαφοροποιήσεις τους και οπωσδήποτε με την ενέργεια να «παίζει» μαζί τους) και άλλο στο οποίο, τα σωματίδια, μαζί με τις άνω δυνάμεις, έδωσαν και δίνουν τη «ζωή».

Το τελευταίο, εξ όσων σήμερα γνωρίζουμε, σε όλο το πλανητικό σύστημα του Ήλιου φάνηκε μόνο στη Γη. Δεν γνωρίζουμε αν κατά τη διαδρομή των εκατομμυρίων ετών που πέρασαν από το Big Bang μέχρι τώρα, κάποια από τα ουράνια σώματα εμφάνισαν ζωή. Ούτε εάν σε άλλους Γαλαξίες υπήρξαν Πλανήτες στους οποίους να δημιουργήθηκε ζωή. Επίσης, δεν μπορούμε να υποθέσουμε με σιγουριά την παραπέρα τύχη τους/μας. Επειδή, λοιπόν, υπάρχουν αυτές οι πιθανότητες που δεν γνωρίζουμε ή/και άλλες που ούτε καν υποψιαζόμαστε, βρήκαμε ως ανθρωπότητα έναν πιθανολογικό τρόπο σκέπτεσθαι ο οποίος από το 1900 και μετά ονομάστηκε κβαντικός και, μέσω αυτού, συμπεριλαμβάνουμε στη σκέψη μας τις πιθανότητες που κάθε φορά αφορούν «ένα σύστημα» και δη το σύστημά μας. Οπότε, εάν φθάσουμε σε σημείο που να μπορούμε να αλλάξουμε όλα τα «σύμβολα» που χρησιμοποιούμε με «πραγματικές» τιμές (νούμερα;), τότε βρίσκουμε και την «πραγματική» πραγματικότητα.

Πολύ κοντά στις φανταστικές, πιθανολογικές διαμορφώσεις των σκέψεών μας βρίσκονται τα μαθηματικά. Για τη δύναμη της μαθηματικής σκέψης και την αποτελεσματικότητά της στη διαμόρφωση θεωριών φυσικοχημείας, υπάρχουν ενδιαφέρουσες απόψεις στο άρθρο του Wigner (1960). Η Dirac Equation, όμως, εξίσωση η οποία είναι γραμμένη και στο δάπεδο του Westminster, μας «έλυσε» εν τω μεταξύ «τα χέρια» στο να σκεφτόμαστε όλους ή τους περισσότερους δρόμους που μας έφεραν από την άβια ύλη στην έμβια. Οι μαθηματικές εργασίες του Dirac (1928; 1982) δηλαδή επέδρασαν στο να καταλάβουμε ότι το Καθιερωμένο Πρότυπο, είναι ένα είδος συνδέσμου ανάμεσα στην άβια και την έμβια ύλη και όχι ο διαχωρισμός τους.

Οι σκέψεις των Dirac, Wigner και πολλών άλλων, ανθίζουν τη δεκαετία του 1940 και μετά. Για να αναπτυχθεί η έρευνα στη Βιολογία περνούν άλλα είκοσι χρόνια.

4.4.1 Το Καθιερωμένο Πρότυπο (SM)

Το πρώτο βήμα προς τη δημιουργία του SM ήταν η ανακάλυψη από τον Glashow (1961) ενός τρόπου να συνδυάσει τις ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις με την αδύναμη δύναμη. Κατόπιν, το 1964, οι Gell-Mann και Zweig (Carithers & Grannis 1995) ανακάλυψαν χωριστά ότι ιδιότητες σωματιδίων όπως τα βαρυόνια, μπορούσαν να εξηγηθούν από «τριπλέτες κουάρκς», όπως ονόμασε τα σωματίδια που βρήκε ο Gell-Mann ή «άσων», όπως τα ονόμασε ο Zweig. Με δυνάμεις σε συνδυασμό με σωματίδια ασχολήθηκαν και ο Weinberg (1967) και ο Salam (1968). Έτσι άρχισε και εξελίχθηκε η ιστορία του SM. Από πολύ νωρίτερα, βέβαια, είχαν περιγραφεί υποατομικά σωματίδια, όπως π.χ. από το 1897 το ηλεκτρόνιο από τον Joseph John Thomson (1856 – 1940), Βρετανό φυσικό, που πήρε το Νόμπελ Φυσικής του 1906, τον Nils Bohr, τον Rutherford και πολλούς άλλους. Ο Gell-Mann πήρε το Νόμπελ το 1969 για τη θεωρητική περιγραφή των κουάρκς, η ύπαρξή τους όμως βεβαιώθηκε για πρώτη φορά το 1968 από τους Richard E. Taylor, Jerome Isaac Friedman και Henry Way Kendall στο Stanford's Linear Accelerator Center (SLAC). Αυτοί μοιράστηκαν το Νόμπελ του

1990. Το 1974 παρατηρήθηκε σχεδόν ταυτόχρονα από τον Burton Richter του SLAC και τον Samuel Chao Chung Ting του Massachusetts Institute of Technology (MIT), το charm (c) κουάρκ στο μεσόνιο. Αυτοί μοιράστηκαν το Νόμπελ του 1976. Το tau lepton παρατηρήθηκε στο SLAC το 1975 από τον Martin Lewis Perl που και αυτός τιμήθηκε με Νόμπελ το 1995 (Schumm, 2004; G.D. Coughlan, Dodd, & Gripiaios 2006; Oerter, 2006).

Ο Glashow που ξεκίνησε την όλη ιστορία το 1960, είδε ότι θα μπορούσε να συγκεντρώσει και να εξηγήσει όλα τα σκόρπια πειράματα που είχαν γίνει μέχρι και την εποχή του στο πεδίο της ασθενούς δύναμης. Ακολουθήθηκε από τον Weinberg το 1967, που είχε αντίστοιχα ευρήματα στα λεπτόνια και τον Salam το 1968, που προσέφερε τα δικά του σχετικιστικά γκρουπ σωματιδίων ενιαίου πεδίου. Το ότι όλα όσα υπάρχουν γύρω μας έχουν κοινή προέλευση, συζητούνταν από καιρό στις βιολογικές επιστήμες (Darwin, 1859), και έτσι οι άνω ερευνητές δεν είχαν πρόβλημα να «δουν» ομοιότητες και σε σωματιδιακό επίπεδο. Πολύ σύντομα κατήρτισαν μαζί και με άλλους, πίνακα πρόβλεψης και σύντομα έφτασαν να προβλέπουν ότι στο τάδε σημείο του πίνακά τους έπρεπε να υπάρχουν σωματίδια που δεν είχαν ακόμα βρεθεί. Μάλιστα όλα τα σωματίδια που προέβλεψαν, ανακαλύφθηκαν.

Εργαστήρια παραγωγής ή/και ανίχνευσης υποατομικών σωματιδίων αφιερώθηκαν σε αυτή την έρευνα, με πιο γνωστό στην Ευρώπη το CERN, αξίας εκατομμυρίων δολαρίων. Διάσημοι φυσικοί δουλεύουν σε αυτά. Έτσι ολοκληρώθηκε η θεωρία του SM που αμέσως θα επιχειρήσω να παρουσιάσω με όσο λιγότερα λόγια μπορώ.

Η θεωρία του SM μας εξηγεί ότι ο κόσμος είναι φτιαγμένος από τα «τάδε» και «τάδε» υλικά και ότι αυτό που τα κρατάει μαζί είναι οι «τάδε» και «τάδε» δυνάμεις. Σήμερα λέμε ότι είναι πραγματικότητα ότι στο SM υπάρχουν:

- έξι (6) κουάρκς,
- έξι (6) αντι-κουάρκς,
- έξι (6) λεπτόνια,
- έξι (6) αντι-λεπτόνια και
- οι τέσσερις (4) δυνάμεις που ξέρουμε

Άρα το SM, έχει συνολικά 61 στοιχειώδη σωματίδια:

- τριάντα έξι (36) κουάρκς [τουτέστιν δώδεκα μισού σπιν φερμιόνια που χωρίζονται σε 3 ζεύγη = 6 (up(u)-και-down(d) // charm(c)-και-strange(s) // top(t)-και-bottom(b) + 3 γενιές + 3 χρώματα],
- δώδεκα (12) λεπτόνια [3 ζεύγη = 6 ηλεκτρόνια-και-ηλεκτρόνια νουτρίνος // muons-και-muon νουτρίνος // tau-και-tau νουτρίνος) + 3 γενιές επί 2 ζεύγη = 6],
- οκτώ (8) γλουόνια (με 8 γεύσεις),
- δύο (2) W μποζόνια (ήτοι ένα W(+) θετικό κι ένα W(-) αρνητικό),
- ένα (1) Z μποζόνιο, χωρίς φορτίο (Z₀),
- ένα (1) φωτόνιο και
- ένα (1) μποζόνιο Higgs.

Τα αισθητήρια όργανά μας είναι ευαίσθητα μόνο στα προϊόντα της πρώτης γενιάς των κουάρκς. Αυτά είναι τα άτομα, άρα και οι πυρήνες των ατόμων, που όμως δεν έχουν ισορροπία αν δεν συνοδεύονται από ηλεκτρόνια, άρα μπορεί από την αστάθεια των πυρήνων να δημιουργηθεί ροή ηλεκτρονίων, άρα και ηλεκτρισμός.

Η δεύτερη και τρίτη γενιά των κουάρκς φθίνουν προς την πρώτη. Αντίστοιχα είναι τα πράγματα και με τα λεπτόνια. Τα taus, τα muons και τα ηλεκτρόνια έχουν ηλεκτρικό φορτίο και μάζα, άρα στα ηλεκτρόνια μπορεί να υπάρξει ροή (ηλεκτρισμός), ενώ όλα τα νουτρίνος είναι ουδέτερα και έχουν λίγη ή/και καθόλου μάζα. Διαπερνούν την ύλη.

Κατά τη σύνταξη του Καθιερωμένου Προτύπου δεν είχαν βρεθεί όλα τα σωματίδια. Υπολογίστηκε ότι επτά από αυτά, τα charm, bottom, top, tau neutrino, W, Z και gluon έπρεπε να υπάρχουν, «βαφτίστηκαν» πριν βρεθούν ότι υπάρχουν και μετά βρέθηκαν.

4.4.1.1 Η αμέσως μετά το Big Bang εποχή

Πριν προχωρήσω, θα ήθελα να αναφέρω λίγα πράγματα για την μετά το Big Bang εποχή. Ξέρουμε πια ότι από το Big Bang μέχρι σήμερα μεσολάβησαν περίπου 13,7 Gas (δισεκατομμύρια χρόνια: ένα Ga = gigaannum = ένα δισεκατομμύριο χρόνια) κατά τα οποία διαδραματίστηκαν πολλά και διάφορα: κυρίως σύνθεση πυρήνων, που με τη λεγόμενη «Big Bang νουκλεοσύνθεση» (BB nucleosynthesis) καθάρισαν το λεγόμενο «πλάσμα» από τη θολότητά του, με ταυτόχρονο σχηματισμό αφενός νεφελωμάτων αστρικής σκόνης, ήλιων και πλανητικών συστημάτων και αφετέρου φωτονίων, τα οποία έκτοτε τρέχουν με σταθερό ενεργειακό φορτίο έκαστο (Grupen, 2005; Bertulani, 2013). Ένα από τα Πλανητικά συστήματα που δημιουργήθηκαν ήταν και το δικό μας, το Ηλιακό. Υπήρξε ωστόσο ένα πρόβλημα, το πρόβλημα της chirality.

4.4.1.2 Το πρόβλημα της chirality

Το 1904 ο λόρδος Κέλβιν (στον Bentley, 1995) σε μια διάλεξή του καθιέρωσε τον όρο ονομάζοντας κάθε γεωμετρικό σχήμα ή ομάδα σημείων «chiral» και λέγοντας ότι η εικόνα του έχει «chirality» εάν, καθώς αναπαρίσταται ιδανικά σε έναν επίπεδο καθρέφτη, αυτή δεν μπορεί να συμπίσει με τον εαυτό της. Όντως, δεν είναι δυνατό, το αριστερό ή το δεξί μας χέρι, να αντιστοιχηθεί ανάλογα με το άλλο μέρος του εαυτού του, το άλλο χέρι του, στον καθρέφτη.

Αυτή είναι μια αξεπέραστη διαφορά στη συμμετρία. Είναι μια ασυμμετρία. Οι ασύμμετρες μορφές, όπως το αριστερό με το δεξί μας χέρι, ονομάστηκαν εναντιόμορφες. Η άνω διαφορά ουδέποτε λύθηκε ευθέως. Υπάρχει όμως η έννοια της εξαΰλωσης.

Στο δικό μας σύμπαν γίνεται εμφανής η ύπαρξη αντιύλης στα ποζιτρόνια κατά την Τομογραφία Εκπομπής Ποζιτρονίων (Positron Emission Tomography ή PET Scan). Μετά τον Dirac και δη στα λεπτόνια, που είναι σωματίδια μισού σπίν που υπακούουν στην αρχή του αποκλεισμού του Pauli και στις χωριστές στατιστικές σπιν, παραδεχόμαστε ότι υπάρχουν «αριστερόστροφα» και «δεξιόστροφα» ηλεκτρόνια που μπορούν να ξεγελάσουν και ξεγελούν τη «συμμετρία» μέσω «ελικοειδούς συμπεριφοράς» (helicity). Στην κβαντική θεωρία πεδίου τέλος, ενώ δεν ξεχωρίζουμε αριστερά και δεξιά ηλεκτρόνια, τα ποζιτρόνια τα θεωρούμε ασύμμετρα, από τον τρόπο που φέρονται κάτω από την επίδραση της αδύναμης δύναμης. Αυτά, βέβαια, χρήζουν πολύ μεγαλύτερης ανάλυσης.

4.4.1.3 Το όλο Καθιερωμένο Πρότυπο (SM)

Το όλο SM επιβεβαιώθηκε και από τον δορυφόρο WMAP. Ήδη από το 1933 (Anderson) ξέρουμε ότι η ύλη συνυπάρχει με την αντιύλη (ηλεκτρόνιο – ποζιτρόνιο). Η ύπαρξη αντιύλης διαπιστώθηκε με φωτογραφίες που πάρθηκαν από τον Anderson στο εργαστήριό του κάτω από την επίδραση ισχυρού μαγνητικού πεδίου. Αν ύλη και αντιύλη συναντηθούν εξαΰλωνονται και παράγεται ενέργεια (ακτίνες γ). Το μαγνητικό πεδίο στρέφει τα αρνητικά σωματίδια προς τα αριστερά και τα θετικά προς τα δεξιά. Πολλά ζευγάρια ηλεκτρονίων-ποζιτρονίων εμφανίζονται ξαφνικά, σαν να έρχονται από το πουθενά. Διαπιστώθηκε ότι προέρχονταν από φωτόνια που δεν αφήνουν προηγούμενα ίχνη.

- Τα κουάρκ συνδέονται μεταξύ τους με την ισχυρή δύναμη, ενώ με τα λεπτόνια συνδέονται με ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις.
- Τα ποσά ενέργειας που ανταλλάσσονται μεταξύ των σωματιδίων μεταφέρονται με μποζόνια. Κάθε δύναμη έχει το μποζόνιο της: Η ηλεκτρομαγνητική το φωτόνιο, γ και το φωνόνιο. Η αδύναμη τα W (+), W (-) και Z₀ και η ισχυρή τα γλουόνια, g. Υπάρχει και ένα σωματίδιο μηδενικού φορτίου αλλά πολλής ενέργειας, αυτό του Higgs.
- Οι υποθέσεις μας για την ύπαρξή του επιβεβαιώθηκαν το 2012.
- Για τη βαρύτητα δεν βρέθηκε άλλου είδους σωματίδιο (γκράβιτον;).
- Ένα περίεργο στοιχείο των κουάρκ είναι ότι έχουν ηλεκτρικά φορτία 1/3 και 2/3, πράγμα που αρχικά αμφισβητήθηκε, επιβεβαιώθηκε όμως αργότερα. Ακόμα πιο ιδιαίτερο είναι το γεγονός ότι το φωτόνιο και το ηλεκτρόνιο έχουν ακέραιο αριθμό ηλεκτρικού φορτίου: το ένα (1). Αναφέρω επίσης ότι τα κουάρκ έχουν και δεύτερο «είδος φορτίου», το χρώμα, που προέρχεται από την ισχυρή δύναμη.

- Πιθανότητα σχέσης των κουάρκς με τη μουσική τη συζητάω στο τελευταίο κεφάλαιο.
- Πολλές από τις ιδιαιτερότητες έχουν εξηγηθεί με την υπερσυμμετρία.
- Η υπερσυμμετρία όμως, δημιούργησε άλλο πρόβλημα, τους superpartners. Αυτούς δεν τους έχουμε δει ακόμα πουθενά.

Βιβλιογραφικές Αναφορές

- Altman, S. L. (1986). *Rotations, Quaternions and Double Groups*. Oxford: Clarendon Press.
- Anderson, C. D. (1933). The Positive Electron. *Physical Review* 43 (6): 491-494.
- Atmanspacher, H. & Primas, H. (2006). Pauli's ideas on mind and matter in the context of contemporary science. *Journal of Consciousness Studies* 13 (3): 5–50.
- Baum, L. & Frampton, P. H. (2007). Entropy of Contracting Universe in Cycling Cosmology. *Mod. Phys. Lett., A* 23:33.
- Beiser, A. (1967). *Concepts of Modern Physics*. New York: McGraw-Hill.
- Bentley, P. (1995). From optical activity in quartz to chiral drugs: molecular handedness in biology and medicine. *Perspectives in Biology and Medicine* 38 (2): 188–229.
- Bertulani, C. A. (2013). *Nuclei in the Cosmos*. Hackensack, NJ: World Scientific.
- Blaylock, G. (2010). The EPR paradox, Bell's inequality, and the question of locality. *American Journal of Physics* 78 (1): 111–120.
- Bohr, N. (1913). On the Constitution of Atoms and Molecules. *Phil. Mag. Ser. 6* 26(153):1-25.
- Bose, S. N. (1924). Plancks Gesetz und Lichtquantenhypothese. *Zeitschrift für Physik*, 26:178-181.
- Bronstein, M. P. (1929). Vsemirnoe tyagotenie I elektrichestvo (novaya teoriya Eynsteyna). *Cheloveki priroda*, 8:20 -25.
- Bronstein, M. P. (1936a). Kvantovanie gravitatsionnykh voln. *Zhurnal Exrperimentalnoy i Teoreticheskoy Fiziki*, 6:195-236.
- Bronstein, M. P. (1936b). Quantentheorie Schwacher Gravitationsfelder. *Physikalische Zeitschrift der Sowjetunion*, Bd. 9, S. 140-157.
- Brown, L. M., (ed). (2000). Selected papers of Richard Feynman: with commentary. *World Scientific Series in 20th Century Physics Vol. 27*. Singapore: World Scientific Publishing Co.
- Carithers, B. & Grannis, P. (1995). Discovery of the Top Quark. *Beam Line (SLAC)* 25 (3): 4–16.
- Clark, R., W. (1971). *Einstein: the life and times*. New York: Avon Books.
- Commins, E. D. (2014). *Quantum Mechanics: An Experimentalist's Approach*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Coughlan, G. D., Dodd, J. E., Gripiaios, B. M. (2006). *The Ideas of Particle Physics: An Introduction for Scientists*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Darrigol, O. (2001). The Historians' Disagreements over the Meaning of Planck' s Quantum. *Centaurus*, 43(3-4):219-239.
- Darwin, C. R. (1859). *On the origin of species by means of natural selection, or the preservation of favoured races in the struggle for life*. London: John Murray. (Retrieved on May 5th, 2014 at: http://darwin-online.org.uk/converted/pdf/1859_Origin_F373.pdf).

- Dirac, P. A. M. (1928). The Quantum Theory of the Electron. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 117 (778): 610-624.
- Dirac, P. A. M. (1931). Quantised singularities in the Quantum Field. *Proceedings of the Royal Society of London. A* 133 (821): 2-3.
- Dirac, P. A. M. (1949). The Theory of Positrons. *Physical Review*, 76 (76): 749.
- Dirac, P. A. M. (1982). *Principles of Quantum Mechanics*. (4th ed.). Oxford: Oxford University Press.
- Dodelson, S. (2003). *Modern Cosmology*. San Diego, CA: Academic Press, Elsevier.
- Eddington, Sir, A. S. (1919). *Space, Time and Gravitation: An Outline of the General Relativity Theory*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Einstein, A. (1905a). Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt. *Annalen der Physik*, 322(6): 132-148.
- Einstein, A. (1905b). Über die von der molecularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen. *Annalen der Physik*, 322(8):549-560. Edited and annotated by R Furth and translated by AD Cowper (1956). Dover Publications Inc.
- Einstein, A (1905c). Zur Elektrodynamik bewegter Körper. *Annalen der Physik* 322(10):891-921.
- Einstein, A (1905d). Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig? *Annalen der Physik* 323(13):639-641.
- Einstein, A., deHaas, W. J. (1915a). Experimental Proof of the Existence of Ampere's molecular currents. *Deutsche Physikalische Gesellschaft, Verhandlungen*, 17:152-170.
- Einstein, A. (1915b). *Die Feldgleichungen der Gravitation*. Sitzungsberichte der Preußischen Akademie der Wissenschaften Zu Berlin: 844-847.
- Einstein, A. (1916). Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie. *Annalen der Physik* 49: 769-822.
- Einstein, A., Podolsky, B., Rosen, N. (1935). Can Quantum-Mechanical Description of Physical Reality Be Considered Complete? *Physical Review* 47 (10):777- 780.
- Einstein, A., Tolman, R. C., Podolsky, B. (1931). Knowledge of Past and Future in Quantum Mechanics. *Physics Review*, 37, 780.
- Ellison, F. O. (1975). Review: The History of Quantum Theory, by Friedrich Hund, trans. by Gordon Reece. *Journal of Chemical Education*. 52 (12): A560.
- Enz, C. P. (2002). *No Time to Be Brief: A Scientific Biography of Wolfgang Pauli*. Oxford: Oxford University Press.
- Farmelo, G. (2009). *The Strangest Man: The Hidden Life of Paul. Dirac, Mystic of the Atom*. New York: Basic Books.
- Feynman, R. P. (1965). *The Development of the Space-Time View of Quantum Electrodynamics*. Nobel Lecture.
- Gearhart, C. A. (2002). Planck, the Quantum and the Historians. *Physics in Perspective*, 4(2): 170-215.

- Gearhart, C. A. (2009). Black-body radiation. In Greenberger, D., Hentschel, K., Weinert, F., (Eds.) *Compendium of Quantum Physics*, pp. 39-42. Berlin Heidelberg: Springer.
- Gell-Mann, M., Oakes, R. J., Renner, B. (1968). Behavior of Current Divergences under $SU(3) \times SU(3)$. *Physical Review*, 175 (5): 2195-2199.
- Glashow, S. L. (1961). Partial-symmetries of weak interactions. *Nuclear Physics* 22 (4):579-588.
- Gorelik, G. E. (1992). First steps of Quantum Gravity and the Planck Values. In *Studies in the History of General Relativity [Einstein Studies Vol 3]*, Eisenstaedt, J. & Kox, A. J., (Eds.), pp. 364-379. Boston: Birkhäuser.
- Gorelik, G. E. & Frenkel, V. Y. (1994). *Matvei Petrovich Bronstein and Soviet Theoretical Physics in the Thirties*. Boston: Birkhäuser.
- Graves, R. P. (1882). *Life of sir William Rowan Hamilton, vol I*. Dublin: Hodges, Figgis and Co.
- Graves, R. P. (1885). *Life of sir William Rowan Hamilton, vol II*. Dublin: Hodges, Figgis and Co.
- Graves, R. P. (1889). *Life of sir William Rowan Hamilton, vol III*. Dublin: Hodges, Figgis and Co.
- Griffiths, D. J. (1987). *Introduction to Elementary Particle*. New York: John Wiley & Sons.
- Griffiths, D. J. (2005). *Introduction to Quantum Mechanics* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson, Prentice Hall.
- Grupen, C. (2005). Big Bang Nucleosynthesis. *Astroparticle Physics*, pp. 213-28. Berlin: Springer.
- Jaffe, R. L. (2005). The Casimir Effect and the Quantum Vacuum. *Physical Review D*, 72 (2): 021301 2005.
- Hardy, L. (1993). Nonlocality for two particles without inequalities for almost all entangled states. *Phys. Rev. Lett.*, 71:1665.
- Haroche, S. & Raimond, J. M. (2006). *Exploring the Quantum: Atoms, Cavities, and Photons* (1st ed.). Oxford: Oxford University Press.
- Heisenberg, W. (2007). *Physics & philosophy : the revolution in modern science*. New York: Harper Collins.
- Hoffman, B., with the collaboration Dukas, H. (1972). *Albert Einstein: Creator and Rebel*. New York: New American Library.
- Kalinin, M. & Kononogov, S. (2005). Boltzmann's Constant and the Energy Meaning of Temperature and Thermodynamic irreversibility. *Measurement Techniques* 48 (7):632-636.
- Kokkedee, J. J. J. (1969). *The Quark Model*. New York – Amsterdam: W. A. Benjamin.
- Klein, M. J. (1966). Thermodynamics and Quanta in Planck's Work. *Physics Today*, 19: 23–32.
- Klein, M. J., Kox, A. J., Renn, J., Schulmann, R. (eds.)(1993). *The Collected Papers of Albert Einstein. Vol. 3. The Swiss Years: Writings, 1909–1911*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Kuhn, T. S. (1987). *Black-Body Theory and the Quantum Discontinuity, 1894-1912*. Chicago: University of Chicago Press.

- Langmuir, I. (1919). The Arrangement of Electrons in Atoms and Molecules. *Journal of the American Chemical Society*, 41(6): 868-934.
- Lewis, G. N. (1916). The Atom and the Molecule. *Journal of the American Chemical Society* 38:762-785.
- Loudon, R. (2000). *The Quantum Theory of Light*, 3rd edition. New York: Oxford University Press.
- Martinson, I. & Curtis, L. J. (2005). Janne Rydberg – his life and work. *Nucl. Instr. Methods B*, 235: 17–22.
- Mastin, L. (2009). *Max Planck: Important Scientists. The Physics of the Universe*. Retrieved on May 23, 2014 from: http://www.physicsoftheuniverse.com/scientists_planck.html
- Milonni, P. W. (1994). *The Quantum Vacuum: An Introduction to Quantum Electrodynamics*. San Diego: Academic Press.
- Nahin, P. J. (1992). Maxwell's grand unification. *Spectrum, IEEE* 29 (3): 45.
- Narlikar, J. V. (2003). *The Scientific Edge: The Indian Scientist from Vedic to Modern Times*. London, UK: Penguin.
- Nugayev, R. M. (2000). Early Quantum theory genesis in the intertheoretic context. *Annales de la Fondation Louis de Broglie*, Vol 25 (3):337.
- Oerter, R. (2006). *The Theory of Almost Everything: The Standard Model, the Unsung Triumph of Modern Physics*. New York: Penguin Group.
- Pauli, W. E. (1925). On the Connection between the Completion of Electron Groups in an Atom with the Complex Structure of Spectra. *Z. Physik.*, 31: 765-777.
- Pauli, W., E. (1998/1946). Nobel Lecture: Exclusion Principle and the quantum mechanics. *Nobel Lectures including Presentation Speeches and Laureates' Biographies: Physics 1942-1962*, pp. 27-43. Singapore: World Scientific
- Perrot, P. (1998). *A to Z of Thermodynamics*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Planck, M. (1899) Über irreversible Strahlungsvorgänge, S.-B. Preuss Akad. Wiss. 440-480; Ann. d. Phys. 1 (1900):69 reprinted in Max Planck, *Physikalische Abhandlungen und Vorträge*, Band I. Friedr. Vieweg. 1958, pp. 560–600, pp. 614–667.
- Planck, M. (1900). Entropy and temperature of radiant heat. *Annalen der Physik*, 1 (4): 719–737.
- Rozental, S. (1967). *Niels Bohr: His Life and Work as Seen by his Friends and Colleagues*. Amsterdam: North-Holland.
- Sakharov, A. D. (1965). Expanding Universe and the Appearance of a Nonuniform Distribution of Matter. *Zhurnal Eksperimental noi Teoreticheskoi Fiziki (ZhETF)* 49:45-358. English translation in *Journal of Experimental and Theoretical Physics Letters (JETP Lett)* 22: 241-249 (1966).
- Sakharov, A. D. (1967). Violation of CP Invariance, C Asymmetry and Baryon Asymmetry of the Universe. *ZhETF Pisma* 5:32.
- Sakharov, A. D. (1969). Antiquarks in the Universe, *In Problems in theoretical physics*, dedicated to the 30th anniversary of N. N. Bogolyubov, *Nauka*, Moscou, pp. 35-44.

- Sakharov, A. D. (1972). Topological structure of elementary particles and CPT asymmetry. *In Problems in theoretical physics* dedicated to the memory of I.E. Tamm, Nauka, Moscou, pp. 243-247.
- Sakharov, A. D. (1979). Baryonic asymmetry of the Universe. *ZhETF* 76: 1172-1181. Translation in *JETP Lett.* 49:594-599.
- Sakharov, A. D. (1980). Cosmological model of the Universe with a time vector inversion. *ZhETF* 79: 689-693. Translation in *JETP Lett.*, 52:349-351.
- Salam, A. (1968). Elementary Particle Theory: Relativistic Groups and Analyticity. *8th Nobel Symposium*, Svartholm, N. (ed.), pp. 367-377. Stockholm: Almqvist and Wiksell.
- Schumm, B. A. (2004). *Deep Down Things: The Breathtaking Beauty of Particle Physics*. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press.
- Sciama, D. W. (1991). The physical significance of the vacuum state of a quantum field. In Saunderson, S., & Brown, H. R. (eds.) *The Philosophy of Vacuum*, pp. 137-158. Oxford, UK: Clarendon Press.
- Serway, R. A. & Jewett, J. W. (eds.) (2003). *Physics for Scientists and Engineers*. Belmont, CA: Thomson Brooks/Cole.
- Skyrme, T. (1959). The effective nuclear potential. *Nuclear Physics* 9 (4): 615-634.
- Skyrme, T. (1962). A unified field theory of mesons and baryons. *Nuclear Physics* 31:556-569.
- Sozzi, M. S. (2008). *Discrete symmetries and CP violation*. Oxford: Oxford University Press.
- Stachel, J. J. (1995). History of Relativity. In Brown, L., M., Pais, A. & Pippard, B., (eds.), *Twentieth Century Physics*, Vol. 1. Bristol: Institute of Physics Pub., Philadelphia: American Institute of Physics Press, pp. 249-356.
- Stachel, J. J. (1999). Introduction to *Quantum field theory and space-time*. In Cao, T. Y., (ed.), *Conceptual Foundations of Quantum Field Theory*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 166-175.
- Stachel, J. J. (2001). *Einstein from «B» to «Z»*. *Einstein Studies, Vol.1-9*. Center for Einstein Studies, Boston University. New York: Springer-Verlag.
- Stoner, E. C. (1924). The distribution of electrons among atomic levels. *Philosophical Magazine 6th series* 48:719-736.
- Tropea, E. A., Frenkel, V. Y., Chernin, A. D. (2006). *Alexander A Friedmann: The Man who Made the Universe Expand*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Weinberg, S. (1967). A Model of Leptons. *Physical Review Letters* 19 (21):1264-1266.
- Weiner, R. M. (2010). The Mysteries of Fermions. *International Journal of Theoretical Physics*, 49 (5):1174-1180.
- Wien, W. (1898). Über die Fragen, welche die translatorische Bewegung des Lichtäthers betreffen (Referat für die 70. Versammlung deutsche Naturforscher und Ärzte in Düsseldorf, 1898), *Annalen der Physik (Beilage)*, 301(3): I–XVIII.
- Wigner, E. P. (1960). The Unreasonable Effectiveness of Mathematics in the Natural Sciences. *Communications in Pure and Applied Mathematics*, 13 (1):1-14.

Κριτήρια αξιολόγησης

Κριτήριο αξιολόγησης 1

Περιγράψτε το μέλαν σώμα.

Κριτήριο αξιολόγησης 2

Αναφέρετε κάποια στοιχεία για την επιστημονική πορεία και την ιδιαιτερότητα του Άλμπερτ Αϊνστάιν.

Κριτήριο αξιολόγησης 3

Αναφέρετε κάποια στοιχεία για την πορεία και την ιδιαιτερότητα του Max Planck.

Κριτήριο αξιολόγησης 4

Περιγράψτε τη θεωρία των κβάντα.