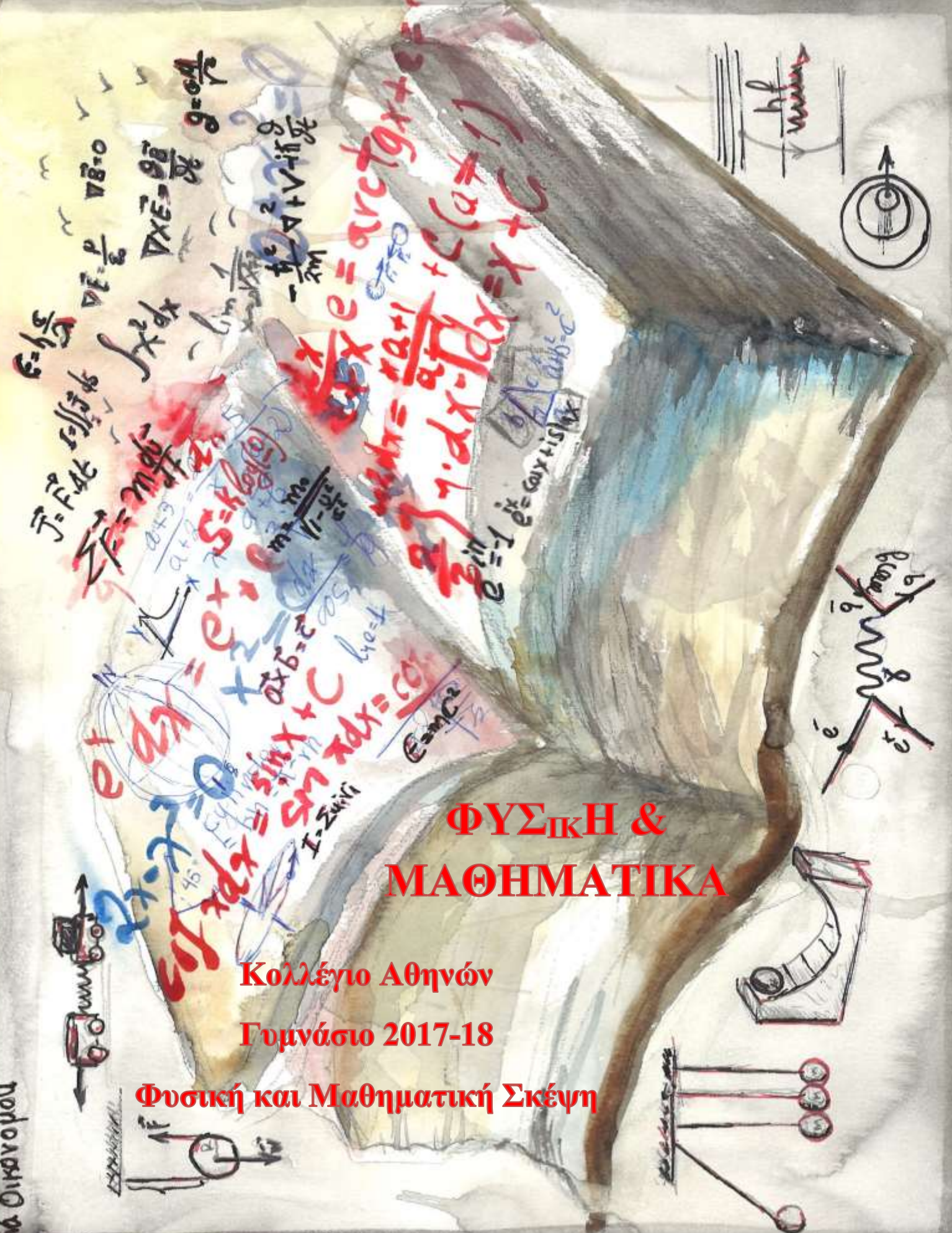




ΦΥΣΙΚΗ & ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΑ

Κολλέγιο Αθηνών

Γυμνάσιο 2017-18

Φυσική και Μαθηματική Σκέψη

Περιεχόμενα

Αντί προλόγου...	5
Φυσική & Μαθηματικά	5
Επίσκεψη στην Εστία Επιστημών Πάτρας	6
Συνέντευξη της Δανάης Μπιλή.....	7
Τα διακριτά μαθηματικά στα τυχερά παιχνίδια	9
Η πιθανοκρατική θεωρία της κβαντικής μηχανικής ως η θεμελιώδης περιγραφή της φύσης.....	15
Το φαινόμενο της πεταλούδας.....	30
Οφθαλμαπάτες	36
Το Φως.....	40
Βόρειο και Νότιο Σέλας.....	52
Τα μυστήρια του χρώματος	57
Το άπειρο και ο Cantor	67
Θεωρία Χορδών	69
Η θεωρία του Big Bang	75
Μαύρες Τρύπες.....	82
Αντισώματα κατά του AIDS.....	89
Αντί επιλόγου.....	97
Στιγμές... ..	98

Άρθρα από τους μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου:

Αγγέλου Ανδριάνα, Βερροϊόπουλο Βασίλη, Γέρου Φιλέα, Γέρου Φιλομήλα, Γεωργίου Σοφία, Ζαΐμη Κωνσταντίνο, Καραϊνδρου Αμαλία, Καρατζιά Βασιλική, Καλλιμάνη Χριστιάνα, Κομιανό Νικόλαο, Κουτεντάκη Ελβίρα, Μαχαίρα Ελισάβετ, Μελισσινό Γιώργο, Μιχαήλ Φίλιππος, Ξυπνητού Μάρθα, Ποδαροπούλου Μαρία, Παπαδοπούλου Γεωργία, Πολυχρονόπουλο Κωνσταντίνο, Στρατηγόπουλο Ανδρέα, Σταυροπούλου Αναστασία, Τόλια Εμμανουήλ

Εξώφυλλο

Οικονόμου Αλίνα (μαθήτρια Α΄ Γυμνασίου)

Υπεύθυνοι Καθηγητές:

Ανδρικόπουλος Νικόλαος,
Ζαφείρης Επαμεινώνδας,
Ζήκος Κ.

Αντί προλόγου...

Φυσική & Μαθηματικά

Γεωργίου Σοφία

Η Φυσική και Μαθηματικά είναι τα δύο κύρια θέματα αυτού του περιοδικού, το οποίο υποδηλώνεται και από τον τίτλο του. Η Φυσική είναι η επιστήμη που ασχολείται με την μελέτη της φύσης και των φυσικών φαινομένων. Ως συμπέρασμα από την μελέτη, διατυπώνονται νόμοι και θεωρίες που εκφράζονται με τη βοήθεια των μαθηματικών. Τα Μαθηματικά αφορούν την ποσότητα (Άλγεβρα) και τον χώρο (Γεωμετρία). Τα Μαθηματικά όμως είναι κάτι παραπάνω από μια επιστήμη. Είναι μια γλώσσα, η οποία είναι η βάση όλων των φυσικών επιστημών αλλά και κοινωνικών επιστημών όπως τα οικονομικά.

Πιο στενή σχέση με τα Μαθηματικά έχει κυρίως η Φυσική. Η σχέση τους δεν είναι σε όλες τις περιπτώσεις η ίδια. Ο Κορνήλιος Καστοριάδης στο βιβλίο του «Φιλοσοφία και επιστήμη: Ένας διάλογος με τον Γ.Α. Ευαγγελόπουλο» διακρίνει τέσσερις πιθανές σχέσεις μεταξύ των δύο αυτών επιστημών. Αρχικά, υπάρχει περίπτωση οι δύο επιστήμες να συμβαδίζουν. Ένα παράδειγμα είναι ο Νεύτωνας, που ταυτόχρονα διατύπωσε θεωρίες για τον διαφορικό λογισμό αλλά και για τη Φυσική.

Μια άλλη πιθανή σχέση είναι όταν η Φυσική προηγείται των Μαθηματικών, δηλαδή τα Μαθηματικά δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν προβλήματα Φυσικής. Για παράδειγμα στα φαινόμενα υδροδυναμικής όπου παρατηρούνται στροβιλώδεις ροές δεν υπάρχει μαθηματική εξήγηση παρά μόνο μερικά στοιχεία όπως η σταθερά Raynolds.

Επίσης υπάρχει και η αντίθετη περίπτωση, τα Μαθηματικά να προηγούνται της Φυσικής. Πιο συγκεκριμένα, υπάρχουν μαθηματικές θεωρίες που δεν αξιοποιούνται από τη Φυσική άμεσα. Για παράδειγμα οι χώροι Riemann (Bernhard Riemann, Γερμανός μαθηματικός) χρησιμοποιήθηκαν από την επιστήμη της Φυσικής 50 χρόνια μετά την ανακάλυψή τους.

Τέλος μπορούμε να διακρίνουμε την περίπτωση όπου η Φυσική και τα Μαθηματικά δεν ταυτίζονται. Υπάρχουν αρκετοί μαθηματικοί κλάδοι, οι οποίοι δεν μπορούν να αξιοποιηθούν στον τομέα της Φυσικής. Ένα παράδειγμα είναι ότι οι φανταστικοί αριθμοί δεν έχουν κανένα φυσικό νόημα, ενώ στον κλάδο των μαθηματικών μπορούν να είναι αποτέλεσμα μιας αριθμητικής παράστασης.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, παρατηρούμε ότι η Φυσική και τα Μαθηματικά έχουν μια στενή σχέση. Τα Μαθηματικά είναι η γλώσσα της Φυσικής.

Πηγή:

«Η Σχέση Ανάμεσα Στα Μαθηματικά Και Τη Φυσική.» Physicsgg, 19 July 2014, Web. 15 Apr. 2018

Επίσκεψη στην Εστία Επιστημών Πάτρας

Καρατζιά Βίκυ

Όπως κάθε χρόνο η Μαθηματική, η Φυσική και η Πληροφορική Σκέψη του σχολείου μας πραγματοποίησαν μια διήμερη εκδρομή στην Πάτρα, ώστε να δοθεί η ευκαιρία στους μαθητές οι οποίοι παρακολουθούμε τα απογευματινά μαθήματα που προσφέρει το σχολείο μας να επισκεφθούμε την Εστία Επιστημών Πάτρας

Παρασκευή, 2 Φεβρουαρίου

Ενώ όλοι οι υπόλοιποι συμμαθητές μας αρχίζουν κανονικά τη σχολική τους μέρα μίας συνηθισμένης Παρασκευής εμείς περιμέναμε με ανυπομονησία στα σκαλιά του Μπενακείου, με τις βαλίτσες στο χέρι το σχολικό που θα μας μετέφερε στην Πάτρα. Αφού οι καθηγητές πήραν παρουσίες επιβιβαστήκαμε στο σχολικό και μετά από τρεις ώρες, οι οποίες μας φάνηκαν ατελείωτες εξαιτίας του τεράστιου ενθουσιασμού μας για τη μέρα που μας περίμενε, φτάσαμε στην Εστία.

Μετά την καθιερωμένη ομαδική φωτογραφία έξω από το κτίριο, μπήκαμε μέσα και αμέσως τράβηξε την προσοχή μας ένα γιγαντιαίο εκκρεμές που την δεύτερη μέρα μάθαμε ότι ονομάζονταν εκκρεμές του Φουκώ και μελετήσαμε τη λειτουργία του. Στη συνέχεια μαζευτήκαμε όλοι στο αμφιθέατρο όπου οι καθηγητές της Εστίας μας καλωσόρισαν και μας ενημέρωσαν για τις δραστηριότητες που μας περίμεναν. Χωριστήκαμε αρχικά σε δύο μεγάλες ομάδες. Αντικείμενο της πρώτης ήταν η Φυσική και τα Μαθηματικά, ενώ της δεύτερης η Πληροφορική και τα Μαθηματικά. Σε αυτές μάθαμε πολλά πράγματα, μας δημιουργήθηκαν ερωτήματα στα οποία δώσαμε μόνοι μας την απάντηση στο τέλος και άνοιξαν οι ορίζοντες μας σε σχέση με τα δύο όχι πλέον “μαθήματα” που ασχολήθηκε η κάθε ομάδα, αλλά επιστήμες. Στο τέλος της μέρας είχαμε και κάποιο χρόνο με τα εκθέματα και «γρίφους» που διέθετε η εστία.

Μετά από μία απολαυστική βραδινή βόλτα στην πόλη της Πάτρας, γυρίσαμε στο ξενοδοχείο και ξεκουραστήκαμε για την επόμενη ημέρα.

Σάββατο, 3 Φεβρουαρίου

Μετά από ένα γευστικότατο πρωινό στο ξενοδοχείο, γεμάτοι πλέον ενέργεια, επιβιβαστήκαμε στο σχολικό και πήγαμε με πολλή όρεξη στην Εστία Επιστημών, ώστε να συνεχίσουμε τους προβληματισμούς μας.

Μετά από κάποια ώρα μαθήματος και ένα διάλειμμα με ντόνατς, είχε έρθει πλέον η ώρα η καθεμία από τις τρεις ομάδες να παρουσιάσει στο αμφιθέατρο το αντικείμενο, με το οποίο ασχολήθηκε, στις άλλες ομάδες. Μετά τις παρουσιάσεις, ασχοληθήκαμε και πάλι με τα εκθέματα της εστίας. Δυστυχώς όμως είχε φτάσει πια μεσημέρι και έπρεπε να ευχαριστήσουμε και να αποχαιρετήσουμε το προσωπικό της Εστίας Επιστημών που κατάφερε σε τόσο μικρό χρονικό διάστημα να μας διδάξει τόσα πολλά.

Επιστρέφοντας σταματήσαμε για μεσημεριανό σε μία ταβέρνα στο Ρίο, όπου απολαύσαμε και τις τελευταίες στιγμές τη εκδρομής μας. Συνεχίσαμε το ταξίδι της επιστροφής και αργά το βράδυ φτάσαμε πίσω στο σχολείο. Η εμπειρία αυτή είχε φτάσει πια στο τέλος της, αφήνοντάς μας μονάχα υπέροχες αναμνήσεις.

Συνέντευξη της Δανάης Μπιλή
μαθήτριας της Γ' Λυκείου και πρώην μέλους της Φυσικής Σκέψης

Ποδαροπούλου Μαρία

Μαρία: Καλημέρα Δανάη! Πώς είσαι;

Δανάη: Καλημέρα Μαρία! Είμαι μια χαρά. Εσύ;

Μαρία: Και εγώ καλά είμαι. Εάν δεν σου είναι κόπος, θα ήθελα να μοιραστείς μαζί μας κάποιες αναμνήσεις σου από την συμμετοχή σου στην Φυσική Σκέψη;

Δανάη: Ναι φυσικά!

Μαρία: Πόσο χρονών είσαι και σε ποια τάξη πηγαίνεις;

Δανάη: Είμαι 17,5 χρονών και πηγαίνω στη Γ' Λυκείου.

Μαρία: Πηγαίνεις στο Ενιαίο ή IB και τι θέλεις να σπουδάσεις;

Δανάη: Πηγαίνω στο Ενιαίο Λύκειο και θέλω να σπουδάσω Φυσικός.

Μαρία: Από ότι γνωρίζω αποτελούσες και εσύ μέλος του περιοδικού της Φυσικής και Μαθηματικής Σκέψης. Πώς θα περιέγραφες τη συνεργασία σου με τα άλλα μέλη του περιοδικού;

Δανάη: Η συνεργασία μου τόσο με τα μέλη της συντακτικής επιτροπής όσο και με τους καθηγητές για την επιλογή των άρθρων ήταν πολύ καλή και αποδοτική. Τα μέλη διατήρησαν μία άριστη συνεννόηση μεταξύ τους, επιδιώκοντας την αποφυγή διαφωνιών για την επιλογή συγκεκριμένων άρθρων, γεγονός που ήταν αναπόφευκτο αφού ο καθένας είχε διαφορετικές προτιμήσεις. Τα άρθρα που συμπεριλήφθηκαν στο περιοδικό, επιλέχθηκαν με βάση τις γνώμες των καθηγητών και την επικαιρότητα του καθενός.

Μαρία: Όπως και κάθε Φυσική Σκέψη, έτσι και η Φυσική Σκέψη του 2015 πραγματοποίησε μία εκπαιδευτική επίσκεψη στην Εστία Επιστημών της Πάτρας. Θα μπορούσες να περιγράψεις την εμπειρία σου;

Δανάη: Κατά την γνώμη μου η εξόρμηση στην Πάτρα, αποτέλεσε μία από τις ωραιότερες εμπειρίες που απέκτησα κατά τη συμμετοχή μου στο πρόγραμμα της Φυσικής Σκέψης. Η εξόρμηση διήρκησε δύο μέρες γι' αυτό και έπρεπε να διανυκτερεύσουμε σε ένα τοπικό ξενοδοχείο. Οι καθηγητές του πανεπιστημίου, χώρισαν τους μαθητές σε 3 ομάδες, Φυσικής - Μαθηματικών - Πληροφορικής, και θέσανε σε κάθε ομάδα ένα ερώτημα το οποίο οι μαθητές είχαν και τις δύο μέρες για να το σκεφτούν και να το απαντήσουν. Παράλληλα πραγματοποίησαν συγκεκριμένα πειράματα που τους ανατέθηκαν από τους καθηγητές της εστίας και την δεύτερη μέρα παρουσίασαν τα αποτελέσματά τους. Το βράδυ της πρώτης μέρας οι καθηγητές μας επέτρεψαν να πάμε βόλτα στην Πάτρα μόνοι μας μέχρι τις 22:30 όπου

γυρίσαμε στο ξενοδοχείο μας. Την επόμενη μέρα αναχωρήσαμε για Αθήνα στις 17:30 και φτάσαμε στις 21:00.

Μαρία: Φαίνεται όντως μία πολύ ωραία εμπειρία και ανυπομονώ να πάω και εγώ στην Πάτρα να τη ζήσω από κοντά. Θεωρείς πως η συμμετοχή σου στην Φυσική Σκέψη επηρέασε την επιλογή του επαγγέλματος που θέλεις να ασκήσεις;

Δανάη: Σίγουρα προώθησε την ιδέα για την επιλογή του συγκεκριμένου επαγγέλματος, αφού ενίσχυσε την επαφή που είχα με τα εργαστήρια καθώς και με μαθητές οι οποίοι ενδιαφέρονταν εξίσου για θέματα Φυσικής, με αποτέλεσμα να με ωθήσει να θέλω να ασχοληθώ με την Φυσική περισσότερο από ότι ασχολούμουν παλαιότερα.

Μαρία: Στο περιοδικό υπάρχουν πολλές εργασίες γραμμένες από διαφορετικούς μαθητές. Κατά τη γνώμη σου ποιες θεωρείς τις πιο πετυχημένες;

Δανάη: Γενικότερα όλες οι εργασίες του περιοδικού έχουν μία καλή δομή και είναι άξιες για να αναγνωστούν από μαθητές που ενδιαφέρονται για θέματα Φυσικής, γι' αυτό και έχουν συμπεριληφθεί στο περιοδικό. Παρ' όλα αυτά αξιοσημείωτες εργασίες αποτελούν: Η ζωή των άστρων και η πυρηνική σχάση. Σε αυτές τις εργασίες οι μαθητές κατάφεραν να περιγράψουν διεξοδικά με μεγάλη ευστοχία το θέμα των εργασιών που είχαν αναλάβει με αποτέλεσμα η τελική έκβαση να είναι εύληπτη από οποιονδήποτε αναγνώστη.

Τα διακριτά μαθηματικά στα τυχερά παιχνίδια

Γεωργίου Σοφία

Διακριτά μαθηματικά

Τα διακριτά μαθηματικά είναι ο κλάδος των μαθηματικών που ασχολείται με τη μελέτη διακριτών, δηλαδή ξεχωριστών αντικειμένων και δομών. Αυτές οι διακριτές δομές περιλαμβάνουν τη θεωρία συνόλων, τη θεωρία των γράφων, μοντέλα πινάκων και τεχνικές απαρίθμησης. Στις τεχνικές απαρίθμησης συμπεριλαμβάνονται η διακριτή πιθανότητα και οι αρχές συνδυαστικής ενώ στα μοντέλα πινάκων, τα οικονομικά και η θεωρία των παιγνίων. Σε αντίθεση με τα διακριτά μαθηματικά, τα συνεχή μαθηματικά ασχολούνται με δομές, οι οποίες μπορούν να ποικίλλουν ομαλά (π.χ. η ανάλυση).

Πιθανότητα: Η θεωρία των πιθανοτήτων ξεκίνησε να αναπτύσσεται τον 16^ο με 17^ο αιώνα μ. Χ. για την κατανόηση των τυχερών παιχνιδιών, ενώ σαν έννοια υπήρχε από την Αρχαία Ελλάδα, Αίγυπτο και Ρώμη.

Ασχολείται κυρίως με τα τυχαία φαινόμενα. Έστω ότι πραγματοποιείται ένα τυχαίο πείραμα. Σε αυτό το τυχαίο πείραμα ονομάζουμε το σύνολο όλων των δυνατών αποτελεσμάτων, ως δειγματικό χώρο, που συνήθως τον συμβολίζουμε με Ω , και τα υποσύνολά του ενδεχόμενα. Η πιθανότητα P να έχουμε ως αποτέλεσμα του πειράματος ένα από τα ενδεχόμενά του, υποσύνολα του δειγματικού χώρου, είναι το πηλίκο του πλήθους των στοιχείων του, $N(A)$ δια του πλήθους των στοιχείων του δειγματικού χώρου, $N(\Omega)$. Για παράδειγμα έστω ότι το πείραμα τύχης είναι αυτό της ρίψης ενός ζαριού. Σε αυτή τη περίπτωση ο δειγματικός χώρος θα είναι $\Omega = \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$. Εάν θέλουμε να βρούμε την πιθανότητα να φέρουμε αποτέλεσμα μικρότερο ή ίσο του 3, αρχικά θεωρούμε το υποσύνολο $A = \{1, 2, 3\}$ του δειγματικού χώρου Ω και στη συνέχεια υπολογίζουμε το πηλίκο:

$$P(A) = \frac{N(A)}{N(\Omega)} = \frac{3}{6} = 50\%$$

Μια πιθανότητα ονομάζεται διακριτή, όταν ο δειγματικός της χώρος είναι πεπερασμένος ή αριθμήσιμος.

Αρκετοί μαθηματικοί ασχολήθηκαν με την μελέτη των πιθανοτήτων όπως Gerolamo Cardano (1501-1576), ο Blaise Pascal (1623-1662) και ο Pierre de Fermat (1601-1665)

Συνδυαστική: Η συνδυαστική είναι ο κλάδος των μαθηματικών που ασχολείται με την ανάπτυξη τεχνικών απαρίθμησης συμπλεγμάτων, δηλαδή μιας συλλογής στοιχείων που σχηματίστηκε με έναν συγκεκριμένο τρόπο. Χρησιμοποιείται κυρίως στις περιπτώσεις όπου η απαρίθμηση των στοιχείων ενός συνόλου είναι ιδιαιτέρως χρονοβόρα και οφείλεται στην μορφολογική ιδιαιτερότητα που έχουν τα στοιχεία που το αποτελούν. Επίσης η διαδικασία αυτή προϋποθέτει την κατανόηση των

στοιχείων του συνόλου που απαριθμούμε καθώς και μια πιο αναλυτική και σύνθετη προσέγγιση. Μερικές βασικές αρχές της συνδυαστικής είναι οι παρακάτω:

-Προσθετική αρχή

Αν ένα σύνολο στοιχείων, S , διαμερίζεται σε ξένα μεταξύ τους υποσύνολα $S_1, S_2, \dots, S_n$, τότε το πλήθος των στοιχείων του S θα είναι ίσο με το άθροισμα του πλήθους των στοιχείων που υπάρχει σε κάθε υποσύνολο.

-Πολλαπλασιαστική αρχή

Αν $S_1, S_2, \dots, S_n$ κάποια αριθμήσιμα σύνολα στοιχείων ξένα μεταξύ τους, τότε το πλήθος των τρόπων με τους οποίους επιλέγουμε ένα στοιχείο από κάθε σύνολο από τα παραπάνω ισούται με το γινόμενο του πλήθους των συνόλων.

-Αρχή του Dirichlet ή αρχή της περιστεροφωλιάς

Αν $n+1$ αντικείμενα πρέπει να τοποθετηθούν σε n κουτιά, τότε 1 τουλάχιστον από τα κουτιά αυτά πρέπει να περιέχει 2 τουλάχιστον αντικείμενα.

-Διωνυμικοί Συντελεστές

A. Τρόποι δυνατών συνδυασμών

Για να επιλέξουμε k από n στοιχεία ενός συνόλου, με $k \leq n$, χωρίς να μας ενδιαφέρει η σειρά, τότε έχουμε: $\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$ τρόπους, όπου $n! = 1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot \dots \cdot n$

Π.χ. Οι πινακίδες κυκλοφορίας οχημάτων που δίνονται χρησιμοποιούν μόνο τα 14 γράμματα της αλφαβήτου, χωρίς επανάληψη. Κάθε πινακίδα έχει 3 γράμματα. Πόσες πινακίδες μπορούν να προκύψουν με αυτόν τον τρόπο.

Από τον τύπο προκύπτει:

$$\binom{14}{3} = \frac{14!}{3!(14-3)!} = \frac{14!}{3!11!} = \frac{12 \cdot 13 \cdot 14}{1 \cdot 2 \cdot 3} = 364 \text{ πινακίδες}$$

B. Τρόποι απλής διάταξης

Διατάξεις ονομάζουμε το σύνολο n που μπορεί να προκύψει από τις εναλλαγές των θέσεων ενός υποσυνόλου k στοιχείων που ανήκουν σε ένα σύνολο n στοιχείων. Οι διατάξεις των k στοιχείων από το δεδομένο σύνολο n στοιχείων, δίνονται από τον τύπο $(n)_k = \frac{n!}{(n-k)!}$

Π.χ. Με πόσους τρόπους μπορούν να σχηματιστούν συμβολοσειρές από 4 διαφορετικά γράμματα της αλφαβήτου;

Από τον τύπο έχουμε:

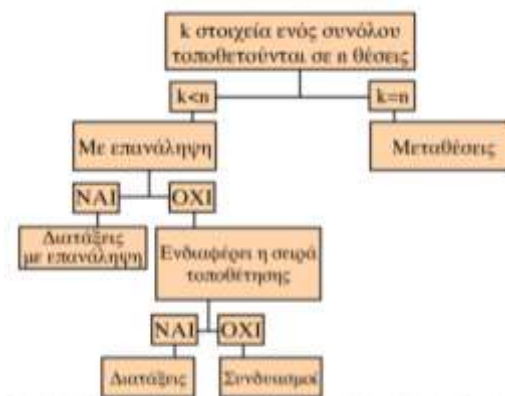
$$(24)_4 = \frac{24!}{(24-4)!} = \frac{24!}{20!} = 21 \cdot 22 \cdot 23 \cdot 24 = 25502 \text{ διαφορετικές συμβολοσειρές.}$$

Γ. Απλή μετάθεση

Ας θεωρήσουμε n στοιχεία τα οποία ανήκουν σε r διαφορετικά είδη με $k_1, k_2, k_3, \dots, k_r$ στοιχεία αντίστοιχα, όπου $k_1 + k_2 + k_3 + \dots + k_r = n$. Σε περίπτωση που $n=k$ ο αριθμός των μεταθέσεων είναι $\frac{n!}{k_1! k_2! \dots k_r!}$. Στην περίπτωση όπου $k=1$ ο αριθμός των απλών μεταθέσεων είναι $n!$

π.χ. Πόσοι αναγραμματισμοί σχηματίζονται με τα γράμματα της λέξης «ΘΑΛΗΣ»;

Η λέξη έχει 5 γράμματα οπότε ο αριθμός των μεταθέσεων των γραμμάτων είναι $5! = 120$.



Εικόνα 1: Βασικές δομές συνδυαστικής σε σχηματική αναπαράσταση

Δ. Κυκλική μετάθεση

Όταν το σύμπλεγμα έχει κυκλική δομή, δεν παρατηρείται αρχή και τέλος, σε αντίθεση με τα γραμμικά συμπλέγματα. Σε αυτή την περίπτωση το πλήθος των συμπλεγμάτων συμβολίζεται και είναι $P_n^0 = (n - 1)!$

π.χ. Με πόσους τρόπους μπορούν να τοποθετηθούν 14 μαθητές γύρω από ένα τραπέζι;

Αφού τοποθετούνται κυκλικά οι μεταθέσεις των μαθητών θα είναι:

$$P_{14}^0 = (14 - 1)! = 13!$$

Θεωρία Παιγνίων: Η Θεωρία Παιγνίων αναφέρεται στην ανάπτυξη μιας πετυχημένης στρατηγικής για κάποιο παίγνιο μέσω των μαθηματικών. Σε αυτό το παιχνίδι ο παίκτης δεν γνωρίζει τις στρατηγικές των άλλων παικτών, όμως η νίκη του εξαρτάται από αυτές. Μεγάλη συμβολή στη θεωρία των παιγνίων σημειώνεται από τον οικονομολόγο και μαθηματικό John Nash με την λεγόμενη Ισορροπία Nash. Η Ισορροπία Nash είναι η ιδανική λύση σε ένα παιχνίδι δύο ή περισσότερων παικτών, που θέλουν να έχουν την βέλτιστη στρατηγική. Όταν επιτευχθεί η Ισορροπία Nash οι παίκτες δεν μπορούν να βελτιώσουν άλλο την στρατηγική τους, διότι δεν θα έχουν κανένα όφελος. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι «Το δίλλημα του φυλακισμένου». Δύο εγκληματίες συλλαμβάνονται από την αστυνομία. Σε καθένα από τους δύο δίνεται η ευκαιρία να καταδώσουν τον άλλον, ο οποίος θα φυλακιστεί για 10 χρόνια, και



Εικόνα 2: Ο John Nash

ως αντάλλαγμα ο ίδιος θα αθωωθεί. Υπάρχουν, επίσης, οι επιλογές να μην ομολογήσει κανένας, όπου σε αυτή την περίπτωση θα φυλακιστούν και οι δύο για έναν χρόνο ή να μην ομολογήσει κανένας από τους δύο, όπου τώρα θα φυλακιστούν και οι δύο για οκτώ χρόνια. Με βάση την ισορροπία Nash ο βέλτιστος τρόπος επίλυσης του διλήμματος είναι να ομολογήσουν και οι δύο και να μείνουν στη φυλακή οκτώ χρόνια. Αυτό συμβαίνει, επειδή οι δύο συνεργοί δεν είναι σε θέση να γνωρίζουν ο ένας τη στρατηγική του άλλου οπότε αν ο ένας ομολογήσει, τότε είτε θα αφεθεί ελεύθερος, είτε θα καταδικαστεί σε δετή φυλάκιση. Αν πάλι δεν ομολογήσει, τότε είτε θα καταδικαστεί σε έναν χρόνο φυλάκισης είτε σε 10.

Τα τυχερά παιχνίδια

Μια από τις εφαρμογές των διακριτών μαθηματικών είναι στα τυχερά παιχνίδια, καθώς με την χρήση τους μπορούμε να υπολογίσουμε τις πιθανότητες νίκης ή ήττας σε κάποιο παιχνίδι όπως επίσης και τους τρόπους με τους οποίους αυτό μπορεί να επιτευχθεί. Μερικά από τα πιο γνωστά τυχερά παιχνίδια πρόκειται να επεξεργαστούν παρακάτω.

Τζόκερ: Ένα από τα πιο γνωστά τυχερά παιχνίδια. Στόχος του παιχνιδιού είναι ο παίκτη να προβλέψει σωστά πέντε αριθμούς από τους 45 στο πρώτο πεδίο και έναν αριθμό από τους 20 στο δεύτερο πεδίο. Η πιθανότητα νίκης σε αυτό το παιχνίδι είναι υπολογίσιμη μέσα από την θεωρία των πιθανοτήτων και βασικών αρχών συνδυαστικής.

Ο αριθμός των διαφορετικών στηλών που μπορούν να κληρωθούν στο ΤΖΟΚΕΡ είναι $20 \binom{45}{5}$. Η πιθανότητα να προκύψει ένα συγκεκριμένο ενδεχόμενο είναι $\frac{1}{v}$. Από τα προηγούμενα έχουμε

$$\frac{1}{20 \binom{45}{5}} = \frac{1}{20 \frac{45!}{5!(45-5)!}} = \frac{5!40!}{20 \cdot 45!} = \frac{1}{24435180}$$

πιθανότητες δηλαδή μία στις 24,5 εκατομμύρια πιθανότητες ή περίπου 0.0000014% πιθανότητα

Blackjack: Το blackjack ή αλλιώς 21 είναι το πιο διάσημο παιχνίδι του καζίνο και το μόνο που μπορεί να καταρριφθεί με κάποια στρατηγική. Στόχος του παιχνιδιού είναι ο παίκτης να κερδίσει τον κρουπιέρη του καζίνο με το να συγκεντρώσει χαρτιά με συνολικό άθροισμα πιο κοντά στο 21. Όποιος φτάσει πιο κοντά στο 21 κερδίζει, όμως δεν μπορεί να ξεπεράσει αυτόν τον αριθμό. Στον παίκτη μοιράζονται δύο κάρτες και έχει τις εξής επιλογές: μπορεί να τραβήξει καινούριο φύλλο, μπορεί να σταματήσει, μπορεί να διαχωρίσει τα φύλλα του σε περίπτωση που έχουμε δύο ίδια φύλλα και τέλος μπορεί να διπλασιάσει το ποσό του στοιχήματος αν το άθροισμα των φύλλων είναι μικρότερο του 11.

Μέσα από τα μαθηματικά μπορούμε να υπολογίσουμε τον αριθμό όλων των πιθανών συνδυασμών δύο φύλλων. Τα φύλλα σε μια τράπουλα είναι 52 οπότε:

$$\binom{52}{2} = \frac{52!}{2!(52-2)!} = \frac{52!}{2!50!} = \frac{51 \cdot 52}{2} = 1326 \text{ διαφορετικοί συνδυασμοί}$$

Επίσης μπορεί να υπολογιστεί η πιθανότητα να πετύχουμε blackjack που είναι:

$$\frac{\binom{4}{1} \cdot 16}{1326} = \frac{4 \cdot 16}{1326} = \frac{32}{663} \approx 4,82\%$$

Τέλος η πιθανότητα να έχουμε 20 πόντους είναι:

$$\frac{\binom{16}{2} + 4 \cdot 4}{1326} = \frac{120 + 16}{1326} = \frac{136}{1326} \approx 10,2\%$$

Παρατηρούμε ότι όσο το άθροισμα των φύλλων μειώνεται, αυξάνονται και οι πιθανότητες να πετύχουμε το συγκεκριμένο ζεύγος φύλλων.

Μια ακόμα μαθηματική στρατηγική που χρησιμοποιούν οι παίκτες είναι αυτή της μέτρησης των φύλλων. Παρατηρούν όλα τα φύλλα που μοιράζονται στο τραπέζι και με βάση αυτά μπορούν να προσεγγίσουν πιο φύλλο θα είναι το επόμενο. Επίσης έχουν χωρίσει τα φύλλα σε τρεις κατηγορίες, τα υψηλά (10, J, Q, K, A) στα οποία έχει αποδοθεί αξία -1, τα ουδέτερα (7,8,9), όπου είχε αποδοθεί αξία 0 και στα χαμηλά (2,3,4,5,6), τα οποία είχαν αξία +1. Οι παίκτες προσθέτουν και αφαιρούν ανάλογα με το φύλλο που εμφανίζεται και στο τέλος ξέρουν αν τα φύλλα που έχουν μείνει στη στοίβα είναι χαμηλής, ουδέτερης ή υψηλής αξίας, οπότε στοιχηματίζουν και τα ανάλογα χρήματα. Τέλος, στρατηγική για το συγκεκριμένο παιχνίδι είχε αναπτύξει και ο Edward O' Thorp, μαθηματικός, ο οποίος το 1962 δημοσίευσε βιβλίο με τίτλο "Beat the Dealer: A Winning Strategy for the Game of Twenty-One"

Συμπέρασμα

Ως συμπέρασμα των παραπάνω οι πιθανότητες νίκης στα τυχερά παιχνίδια είναι εξαιρετικά μικρές έως και σχεδόν απίθανες. Παρόλα αυτά υπάρχουν εκατοντάδες άνθρωποι που εθίζονται σε αυτά και χάνουν τον έλεγχο της περιουσίας τους. Άλλωστε είναι γνωστό ότι για να φύγει κάποιος από το καζίνο με 1 εκατομμύριο, πρέπει να πάει με 2 εκατομμύρια.

Πηγές:

Renze John. "Discrete Mathematics." Wolfram MathWorld.

"Η Απίστευτη Ιστορία Των Φοιτητών Του MIT Που Νίκησαν Τα Καζίνο Του Λας Βέγκας Και Έβγαλαν Εκατομμύρια Δολάρια Παίζοντας Blackjack. Έκαναν Διπλή Ζωή Και Τα Σαββατοκύριακα Τίναζαν Την Μπάνκα Στον Αέρα!" ΜΗΧΑΝΗ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ, 20 Oct. 2015, <https://bit.ly/2MtJo0j>.

"Ο Τζον Νας Και η Θεωρία Παιγνίων." Naftemporiki.gr, Naftemporiki.gr, 25 May 2015, www.naftemporiki.gr/story/957881/o-tzon-nas-kai-i-theoria-paignion.

Αδαμόπουλος Λεωνίδας, Δαμιανού Χαράλαμπος, Σβέρκος Ανδρέας. «Μαθηματικά Και Στοιχεία Στατιστικής Γ' Λυκείου Γενικής Παιδείας.», Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, 1999. Print.

Αντωνίου Ευστάθιος, Δημήτριος Γεωργίου, Ανέστης Χατζημιχαηλίδης “*Διακριτές Μαθηματικές Δομές Για Την Επιστήμη Των Υπολογιστών.*” Αποθετήριο Κάλλιπος, 21 Dec. 2015, repository.kallipos.gr/bitstream/11419/459/1/03_chapter_02.pdf. Web. 18 Mar. 2018.

Κοντογιάννης Σπύρος. “*Διακριτά Μαθηματικά I.*” UOI, <https://bit.ly/2lGN3wb>

Η πιθανοκρατική θεωρία της κβαντικής μηχανικής ως η θεμελιώδης περιγραφή της φύσης

Γιώργος Μελισσινός, Νικόλαος Κομιανός

Πρόλογος

Το ζήτημα της τύχης είναι ένα θέμα το οποίο έχει απασχολήσει την ανθρωπότητα για πάρα πολλούς αιώνες. Τύχη είναι η υποτιθέμενη «ανώτερη δύναμη» που αποδίδεται σε έμψυχα ή άψυχα αντικείμενα και η οποία είναι σε θέση να επηρεάσει, πέρα από τον έλεγχο του ανθρώπου και τους φυσικούς νόμους του σύμπαντος, γεγονότα και καταστάσεις ώστε να έχουν θετική κατάληξη. Στην αρχαιότητα μάλιστα η Τύχη ήταν θεά, κόρη του Ερμή και της Αφροδίτης.

Η έννοια της τύχης ως ιδιότητα προσώπων ή αντικειμένων είναι διαφορετική από την έννοια που αποδίδεται επιστημονικά ως πιθανότητα ή τυχαιότητα. Αυτό το οποίο στα μαθηματικά είναι προφανές στο ανθρώπινο μυαλό μεταφράζεται «δισαισθητικά» από του περισσότερους ως ατυχία, γκαντεμιά ή γρουσουζιά και αποδίδεται σε μυστηριώδεις ή υπερφυσικές δυνάμεις του σύμπαντος τις οποίες η επιστήμη δεν έχει ακόμα εξηγήσει.

Η αδυναμία των περισσότερων να συλλάβουν τον φυσικό νόμο των πιθανοτήτων ως μια ιδιότητα του σύμπαντος όπως είναι η βαρύτητα, έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη χειρομαντών, χαρτοριχτρών, αστρολόγων και άλλων παρόμοιων «επιστημόνων», οι οποίοι αλλοιώνουν τους φυσικούς νόμους του σύμπαντος ώστε τελικά να λειτουργούν προς όφελος τους. Ο καλύτερος τρόπος να συνειδητοποιήσει ο καθένας την τεράστια διάφορα μεταξύ ανθρώπινης διαίσθησης και φυσικών νόμων, είναι το παράδοξο των γενεθλίων.

Το παράδοξο των γενεθλίων στη θεωρία πιθανοτήτων αναφέρεται σε ένα πρόβλημα του οποίου η λύση φαίνεται να αντιβαίνει στην κοινή λογική. Μία από τις διατυπώσεις του προβλήματος είναι: «Σε μία ομάδα 23 ατόμων ποια είναι η πιθανότητα δύο από αυτά τα άτομα να έχουν την ίδια ημέρα γενέθλια;». Λαμβάνοντας υπόψη ότι το πηλίκο του αριθμού των ατόμων και του αριθμού των ημερών του έτους είναι $23/365 = 6,3\%$, η λύση του προβλήματος που δίνει πιθανότητα 50,7% είναι φαινομενικά μη δισαισθητική

Εμείς όμως σε αυτήν την εργασία θα πραγματευθούμε το ζήτημα της τύχης ως φυσική έννοια και όχι ως ανθρώπινη διαίσθηση. Ο επίσημος όρος της τύχης στη Φυσική είναι πιθανότητα, η οποία εκφράζει την αβεβαιότητα του ανθρώπου για την εξέλιξη των φαινομένων. Μία μεγάλη ανακάλυψη του εικοστού αιώνα ήταν η πιθανοκρατική φύση των φυσικών νόμων σε υποατομικό επίπεδο, σύμφωνα με τα ευρήματα της κβαντομηχανικής, ανακάλυψη η οποία άλλαξε την άποψη των επιστημόνων για την τύχη. Έτσι οι αποτρεπτικοί νόμοι της Κβαντικής Φυσικής άλλαξαν τελείως την ιδέα μας για το σύμπαν και την πραγματικότητα και δίχασαν την κοινωνία για πολλά χρόνια.

Ντετερμινισμός

Ο ντετερμινισμός ή αλλιώς η αιτιοκρατία είναι η φιλοσοφική τάση που επηρέασε ιδιαιτέρως την επιστημονική σκέψη από την αρχαιότητα μέχρι και σήμερα. Αποδέχεται την ύπαρξη της αιτιότητας, την καθολική αιτιώδη και νομοτελειακή συνάφεια όλων των φαινομένων. Οι αρχικές ιδέες που διαμόρφωσαν την αιτιοκρατία ως ιδεολόγημα απαντώνται στους ατομικούς φιλοσόφους τους Επικούρειους και τον Λουκρήτιο. Στη σύγχρονη φιλοσοφική σκέψη η αιτιοκρατία συνδέεται με τη σκέψη διανοητών όπως ο Γαλιλαίος, ο Καρτέσιος, ο Νεύτων, ο Μιχαήλ Λομονόσοφ, ο Λαπλάς, ο Σπινόζα και οι Γάλλοι υλιστές του 18ου αι.. Ο μηχανιστικός και αφηρημένος χαρακτήρας των εν λόγω περί αιτιοκρατίας αντιλήψεων εκφράζεται με την απολυτοποίηση της μορφής της αιτιοκρατίας, την ταύτιση της αιτιοκρατίας με την αναγκαιότητα και την απόρριψη του αντικειμενικού χαρακτήρα της τυχαιότητας. Στον σύγχρονο δυτικό κόσμο η φιλοσοφία του ντετερμινισμού είναι συνδεδεμένη με την Νευτώνεια Φυσική. Υποστηρίζει ότι οι θεμελιώδεις συνθήκες στο σύμπαν είχαν εγκατασταθεί, η εξέλιξη ήταν αναπόφευκτη και με μονοσήμαντο τρόπο. Αν ήταν δυνατόν να γνωρίζουμε το σύνολό της ύλης και τους νόμους που διέπουν το σύμπαν, θα ήταν εφικτό να προσομοιάσουμε κάθε σημείο σε οποιοδήποτε χρόνο του σύμπαντος. Η νευτώνεια φυσική και η τάξη του ντετερμινισμού υπηρέτησαν και υπηρετούν την επιστήμη και τη θεωρητική σκέψη με μεγάλη επιτυχία, έως ότου τα προβλήματα μεταφέρονται στην κλίμακα του σύμπαντος ή του ατόμου, εκεί όπου η Νευτώνεια Φυσική αδυνατεί να δώσει λύσεις. Πρακτικά, τέτοιος ντετερμινισμός είναι αδύνατος ακόμη και για τα απλούστερα συστήματα: Οι μετεωρολόγοι δεν μπορούν να προβλέψουν τον καιρό με απόλυτη σιγουριά· το νόμισμα θα φέρει κορώνα ή γράμματα μόνο αφού προσγειωθεί.

Μια από τις πιο σημαντικές αλλαγές στην ανθρώπινη σκέψη, που προκάλεσε η κβαντική επανάσταση, ήταν η εξαφάνιση του ντετερμινισμού. Πριν από 80 χρόνια, η μοίρα αποδείχθηκε λάθος ως επιστημονική ιδέα. Αυτό έρχεται και το υποστηρίζει και το φαινόμενο της πεταλούδας, σύμφωνα με το οποίο μια απειροελάχιστη μεταβολή μπορεί να προκαλέσει τεράστια αποτελέσματα. Έτσι, προκειμένου να προβλέψουμε με ακρίβεια τί θα συμβεί στο μέλλον σε ένα σύστημα, θα πρέπει να γνωρίζουμε τα Πάντα για αυτό το σύστημα. Άρα, αφού ποτέ δεν θα γνωρίζουμε τα πάντα για ένα συγκεκριμένο σύστημα, συμβιβάζομαστε προσδίδοντας πιθανότητες στα διάφορα αποτελέσματα. Όσο πιο πολλά γνωρίζουμε, τόσο προσεγγίζουμε αυτό που πρόκειται να συμβεί.

Κβαντικό απρόοπτο

Στην Κβαντική Φυσική συναντάμε ένα σοβαρό είδος μη προβλεψιμότητας που δεν οφείλεται στην αδυναμία μας να θέσουμε αρχικές συνθήκες. Πρόκειται για έναν θεμελιώδη χαρακτηρισμό της φύσης, σύμφωνα με τον οποίο δεν μπορούμε να προβλέψουμε με βεβαιότητα τι θα συμβεί στον κβαντικό κόσμο επειδή η φύση δεν μας επιτρέπει να αποκτήσουμε ακριβείς πληροφορίες για ένα σύστημα. Το μόνο που μπορούμε να κάνουμε στην περιοχή των ατόμων είναι να υπολογίζουμε πιθανότητες για διαφορετικά αποτελέσματα. Παρόλα αυτά, τώρα δεν ρίχνουμε κέρματα άρα οι πιθανότητες δεν αποδίδονται με τον ίδιο βαθμό επιτυχίας. Οι κβαντικές πιθανότητες είναι ενσωματωμένες στην ίδια την θεωρία και δεν μπορούμε ποτέ να πετύχουμε κάτι καλύτερο.

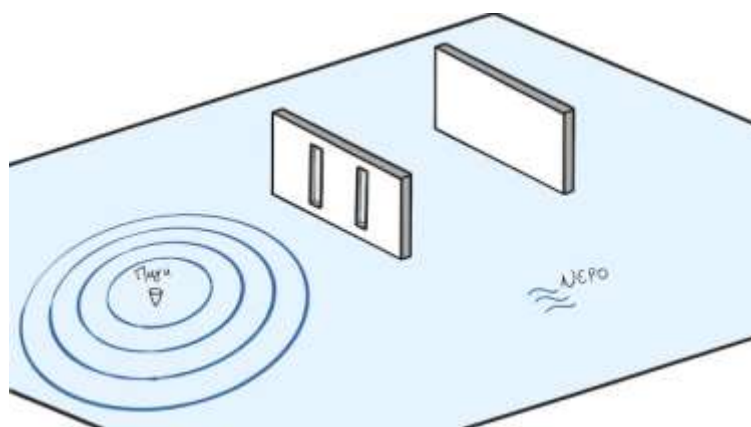
Ένα καλό παράδειγμα αποτελεί η ραδιενεργός διάσπαση των ατομικών πυρήνων: πανομοιότυπες αρχικές συνθήκες οδηγούν σε διαφορετικά αποτελέσματα. Φανταστείτε ένα εκατομμύριο πανομοιότυπους ασταθείς ραδιενεργούς ατομικούς πυρήνες, οι οποίοι κάποια στιγμή διασπώνται αυθόρμητα εκπέμποντας ένα σωματίδιο, και λαμβάνουν μια πιο ευσταθή μορφή. Ενώ η κβαντική μηχανική μας βοηθά να υπολογίσουμε τον χρόνο διάσπασης των μισών πυρήνων, δεν μας λέει πότε θα διασπαστεί κάποιος συγκεκριμένος πυρήνας. Μπορούμε να υπολογίσουμε την πιθανότητα να έχει διασπαστεί ένας πυρήνας μετά από ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα, αλλά το γεγονός ότι δεν καταφέρνουμε κάτι καλύτερο δεν οφείλεται στην άγνοιά μας.

Ας υποθέσουμε όμως ότι η μη προβλεψιμότητα της ραδιενεργού διάσπασης οφείλεται όντως στην άγνοιά μας. Αυτό που μας λείπει είναι μια βαθύτερη κατανόηση της φύσης ώστε να προβλέψουμε ακριβώς πότε θα διασπαστεί οποιοσδήποτε συγκεκριμένος πυρήνας, δηλαδή μια πλήρη γνώση όλων των δυνάμεων που ασκούνται στο άτομο. Επομένως πρέπει να εμβαθύνουμε στην κβαντική μηχανική για να βρούμε την απάντηση. Ο Αϊνστάιν υποστήριξε αυτή την άποψη και δεν αποδέχτηκε αυτά που υποδείκνυε η κβαντική μηχανική, ότι δηλαδή ο κόσμος μας ήταν εντελώς απρόβλεπτος. Μάλιστα, μια από τις πιο διάσημες φράσεις του ήταν πως «ο Θεός δεν παίζει ζάρια», με την έννοια πως η φύση δεν βασίζεται στις πιθανότητες. Ωστόσο ο Αϊνστάιν έκανε λάθος.

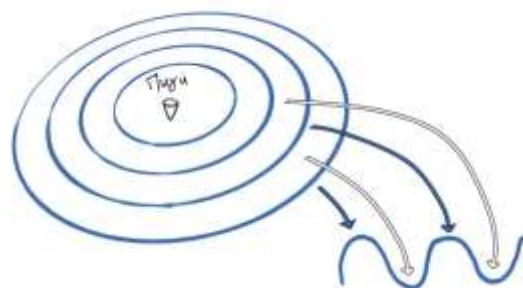
Το πείραμα των δύο σχισμών

Το πείραμα των δύο σχισμών είναι μια επίδειξη πως τα σωματίδια, είτε ύλης (πχ. ηλεκτρόνια) είτε ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (φωτόνια), εκδηλώνουν και σωματιδιακή και κυματική συμπεριφορά. Το πείραμα αυτό πραγματοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον Άγγλο φυσικό Thomas Young στις αρχές της δεκαετίας του 1800. Το πείραμα από τον Γιανγκ έγινε με φως και έπεισε, την εποχή εκείνη, πως η πρόταση του Ισαάκ Νεύτωνα ότι το φως είναι ρεύμα σωματιδίων, ήταν λανθασμένη. Έκτοτε το πείραμα επαναλήφθηκε με όλο και μεγαλύτερη λεπτομέρεια και παραλλαγές και δείχνει πλέον πως το φως εμφανίζει δύο φύσεις, και σωματιδιακή και κυματική, καθώς και ότι τα σωματίδια της ύλης εμφανίζουν κι αυτά κυματικές ιδιότητες.

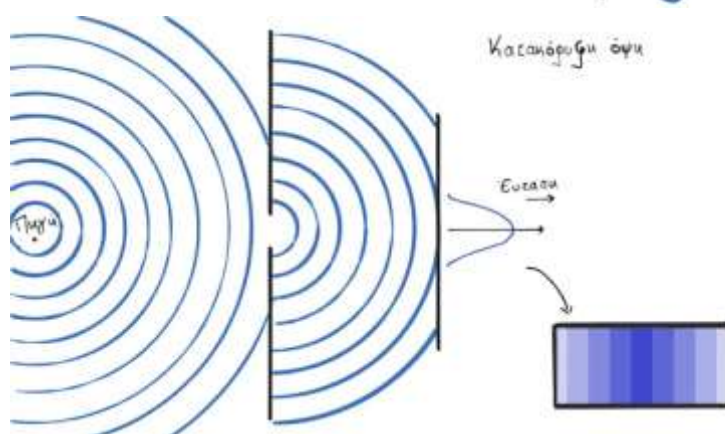
Η διάταξη του πειράματος είναι αρκετά απλή. Έχουμε ένα λεπτό τοίχωμα με δύο πολύ μικρές σχισμές σε κοντινή απόσταση και ακριβώς απέναντι μία οθόνη η οποία καταγράφει το



αποτέλεσμα του πειράματος. Έστω λοιπόν ότι βάζουμε όλο αυτό το σύστημα μέσα στο νερό και με κάποιο τρόπο προκαλούμε κύματα πίσω από το τοίχωμα. Οι κύκλοι είναι οι κορυφές του κύματος «όρη» και οι χώροι ανάμεσα στους κύκλους είναι τα κοίλα του κύματος «κοιλιάδες».

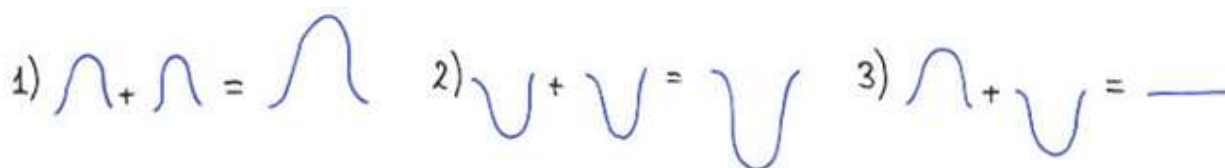


Ας δούμε για αρχή τι συμβαίνει αν το κύμα πέσει σε ένα τοίχωμα με μία μόνο σχισμή. Η σχισμή λειτουργεί σαν μια καινούργια πηγή. Η οθόνη μπορεί να απεικονίσει την ένταση του κύματος (δηλαδή το ύψος του νερού) που πέφτει πάνω της σε κάθε σημείο ξεχωριστά και το αποτέλεσμα θα είναι όπως φαίνεται στην παρακάτω

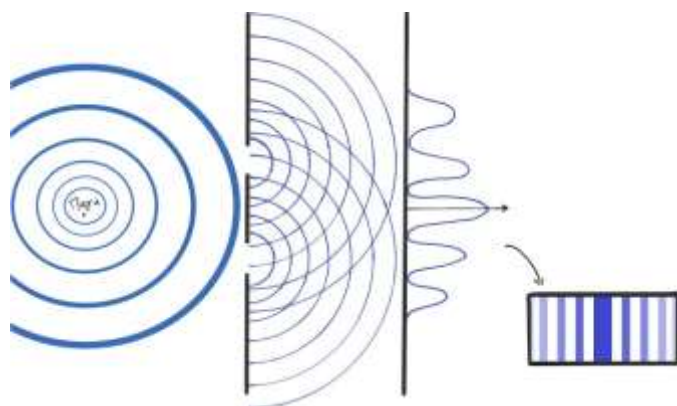


εικόνα: Ακριβώς στο κέντρο της σχισμής η ένταση το κύματος είναι η μεγαλύτερη δυνατή. Όσο πιο σκούρο το χρώμα τόσο πιο μεγάλη η ένταση του κύματος

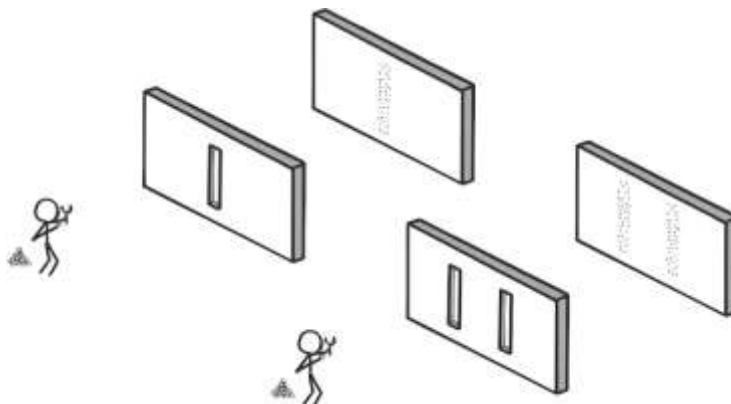
Όταν δύο κύματα συναντιούνται μπορούν να συμβούν τρία πράγματα: Αν συναντηθούν δύο κορυφές ή δύο κοιλότητες των κυμάτων θα δημιουργήσουν μια μεγαλύτερη κορυφή ή κοιλότητα, ενώ αν συναντηθεί μία κορυφή με μία κοιλότητα θα αλληλοαναιρεθούν.



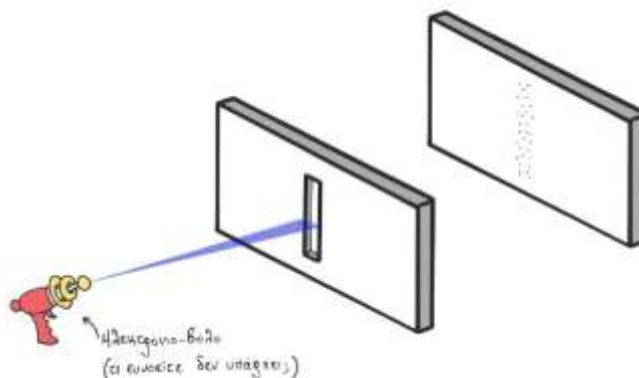
Οπότε το αποτέλεσμα του κύματος που περνάει από τις δύο σχισμές θα είναι κάτι τέτοιο:



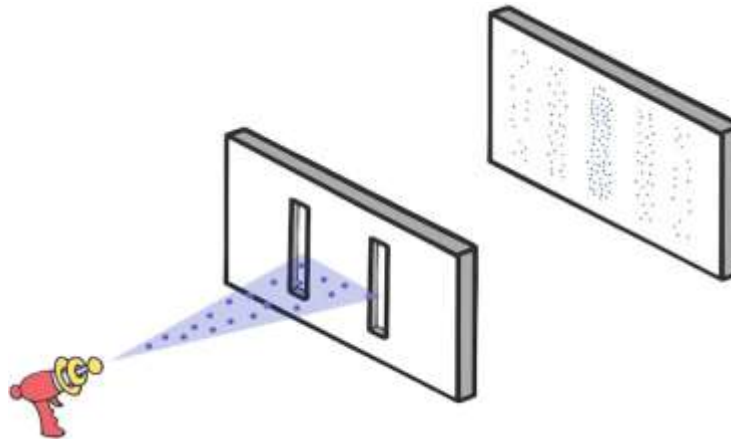
Όσο πιο σκούρο το χρώμα τόσο πιο μεγάλη η ένταση του κύματος. Το λευκό σημαίνει μηδενική ένταση, δηλαδή το νερό δεν ταλαντώνεται σε αυτά τα σημεία. Μέγιστη ένταση εκεί που οι κορυφές και οι κοιλότητες συναντιούνται, μηδενική ένταση εκεί που κορυφές και κοιλότητες αλληλοαναιρούνται. Τα κύματα λέμε πως συμβάλουν και το αποτέλεσμα ονομάζεται εικόνα συμβολής. Τώρα θα επαναλάβουμε το πείραμα, αλλά αυτή τη φορά θα στείλουμε μικρά αντικείμενα προς την οθόνη, έστω μπίλιες, σαν κι αυτές που παίζαμε μικροί. Όπως είναι λογικό, το αποτέλεσμα στην οθόνη θα είναι μία γραμμή από χτυπήματα για τη μία σχισμή και δύο γραμμές για τις δύο σχισμές.



Βλέπουμε λοιπόν πως το αποτέλεσμα του πειράματος διαφέρει εντελώς αναλόγως με το αν θα χρησιμοποιήσουμε ύλη ή κύματα. Κάποιος λοιπόν είχε την ιδέα να χρησιμοποιήσει ηλεκτρόνια σε αυτό το πείραμα. Μιας και τα ηλεκτρόνια αποτελούν μια μικροσκοπική ποσότητα ύλης, σαν πολύ, πολύ μικρές μπίλιες, η λογική λέει πως θα δώσουν το ίδιο αποτέλεσμα με αυτές. Και όντως, όταν εκτελούμε το πείραμα με τη μία σχισμή, το αποτέλεσμα είναι ολόιδιο: μια λεπτή γραμμή από ίχνη ηλεκτρονίων.



Όπως ήδη φαντάζεστε, το επόμενο βήμα είναι να ρίξουμε ηλεκτρόνια σε ένα τοίχωμα με δύο σχισμές. Και εδώ η κοινή λογική περνάει μια κρίση. Γιατί αντί για το αναμενόμενο αποτέλεσμα... παίρνουμε μια εικόνα συμβολής.

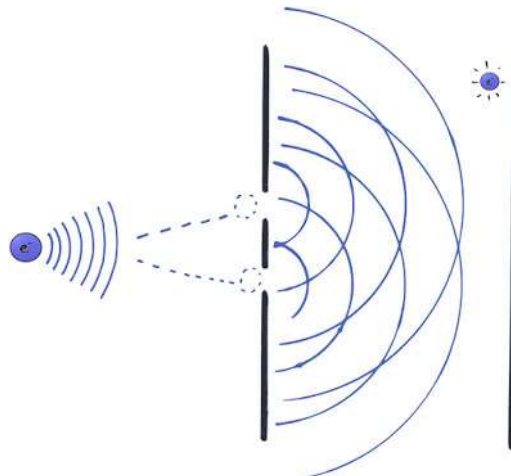


Τι σημαίνει εικόνα συμβολής για τα ηλεκτρόνια; Σημαίνει ότι τα ηλεκτρόνια δεν θα σχηματίσουν μόνο δύο γραμμές απέναντι από τις σχισμές αλλά πολλές γραμμές σε όλο το μήκος της οθόνης! Το μεγαλύτερο ποσοστό των ηλεκτρονίων θα πέσει ακριβώς στο κέντρο της οθόνης, ανάμεσα από τις δύο σχισμές του τοιχώματος. Το δεύτερο μεγαλύτερο ποσοστό θα πέσει σε δύο λωρίδες αριστερά και δεξιά της κεντρικής και ούτω κάθε εξής. Ρίξαμε ηλεκτρόνια, δηλαδή μικροσκοπικά κομμάτια ύλης, και πήραμε μια εικόνα η οποία είναι χαρακτηριστική των κυμάτων.

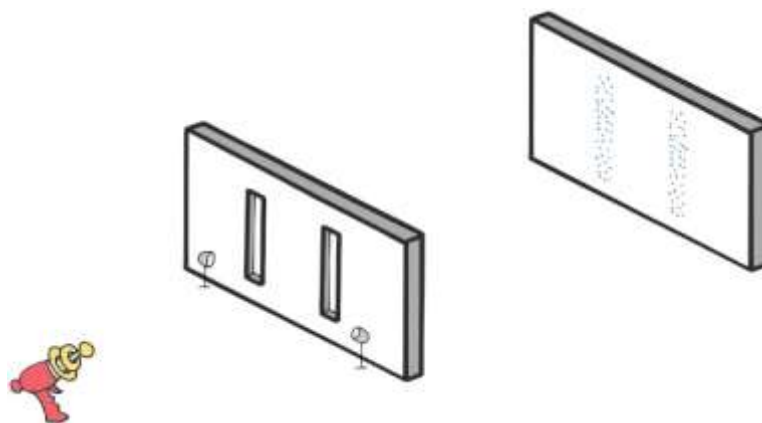
Πως γίνεται αυτό;

Την ίδια απορία είχαν και οι Φυσικοί. Υποψιάστηκαν λοιπόν ότι στέλνοντας στο τοίχωμα μια δέσμη ηλεκτρονίων, μπορεί τα ηλεκτρόνια να συγκρούονται μεταξύ τους και γι' αυτό να δίνουν αυτή την εικόνα στην οθόνη.

Οπότε ξαναέκαναν το πείραμα, μόνο που αυτή τη φορά έστελναν τα ηλεκτρόνια ένα-ένα. Και πάλι όμως το αποτέλεσμα ήταν ακριβώς το ίδιο: μια εικόνα συμβολής. Κανείς δε μπορούσε να αμφισβητήσει το αποτέλεσμα του πειράματος. Τα ηλεκτρόνια συμπεριφέρονταν ως κύματα. Σύμφωνα με την επικρατέστερη ερμηνεία της κβαντικής φυσικής, αυτό σημαίνει ότι το κάθε ηλεκτρόνιο περνάει και από τις δύο σχισμές ταυτόχρονα, συμβάλει σαν κύμα με τον εαυτό του και τελικά καταλήγει στην οθόνη ως σωματίδιο.



Μάλλον θα σκέφτεστε ότι αυτό δεν βγάζει κανένα απολύτως νόημα. Γιατί λοιπόν να μην κοιτάξουμε και να ξεκαθαρίσουμε μια και καλή από ποια από τις δύο σχισμές περνάει το κάθε ηλεκτρόνιο; Τοποθετούμε λοιπόν δύο ανιχνευτές στις σχισμές και ξεκινάμε το πείραμα. Οι ανιχνευτές δουλεύουν όπως πρέπει και μπορούμε να δούμε πως το κάθε ηλεκτρόνιο περνάει είτε από τη μία, είτε από την άλλη σχισμή. Αφού το κάθε ηλεκτρόνιο περνάει από μία σχισμή είναι αδύνατον να συμβάλει με τον εαυτό του και σίγουρα θα υπάρχει κάποια άλλη εξήγηση για το αποτέλεσμα στην οθόνη. Δημιουργείται όμως ένα άλλο πρόβλημα. Το αποτέλεσμα στην οθόνη έχει αλλάξει. Για την ακρίβεια, δεν υπάρχει καμία συμβολή και τα ηλεκτρόνια συμπεριφέρονται ως απλά σωματίδια. Ό,τι δηλαδή περιμέναμε εξ' αρχής από μικρές μπίλιες ύλης, δύο κάθετες γραμμές ακριβώς απέναντι από τις σχισμές.



Η πράξη και μόνο της παρακολούθησης άλλαξε το αποτέλεσμα του πειράματος!

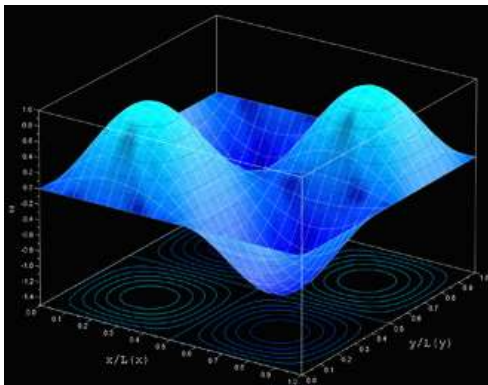
Το πείραμα έχει διχάσει την επιστημονική κοινότητα για το τι ακριβώς συμβαίνει όταν το σωματίδιο διέρχεται από τη διάταξη των δύο σχισμών και οι εξηγήσεις που έχει επιχειρηθεί να δοθούν ξεπερνούν, όλες, τα όρια της μέσης ανθρώπινης λογικής.

Η λύση του προβλήματος

Η αιτία αυτής της συμπεριφοράς είναι η παρέμβαση ενός μακροσκοπικού οργάνου στον μικρόκοσμο και η διαταραχή που αυτό δημιουργεί στο σύστημα. Κάποιοι επιστήμονες σκέφτηκαν μήπως το σωματίδιο που στέλνουμε μπορεί να απλωθεί σαν κύμα. Έτσι ο Σρέντινγκερ βρήκε μια εξίσωση που φαινόταν να το περιγράφει. Ο Σρέντινγκερ πρότεινε ότι αυτό το κύμα περιγράφει ένα εκτεταμένο ηλεκτρόνιο που δεν είναι πια σημείο. Η λύση αυτής της εξίσωσης π.χ. για την κίνηση ενός ηλεκτρονίου μέσα σε ένα άτομο, δεν είναι απλός ένα σύνολο αριθμών που περιγράφουν τη θέση του ηλεκτρονίου σε οποιαδήποτε χρονική στιγμή. Η λύση αυτής της εξίσωσης είναι μια «πλούσια» μαθηματική ποσότητα γνωστή ως κυματοσυνάρτηση, που συμβολίζεται με το γράμμα Ψ . Μέσα από αυτή την κυματοσυνάρτηση πηγάζουν όλα τα μυστήρια της κβαντικής παραδοξότητας. Αυτή είναι μια άγνωστη ποσότητα που μπορεί να υπολογιστεί για κάθε χρονική στιγμή προκειμένου να περιγράψει τη κατάσταση ενός κβαντικού σωματιδίου (οτιδήποτε μπορούμε να γνωρίζουμε για αυτό). Στη φυσική χρησιμοποιούμε πάντοτε μαθηματικά σύμβολα για να

περιγράψουμε κάποια ποσότητα ή ιδιότητα του συστήματος που μελετάμε. Π.χ. χρησιμοποιούμε το γράμμα V για την τάση και το P για την πίεση, κ.τ.λ. Το διαφορετικό με την κβαντική μηχανική είναι ότι, αντίθετα με την πίεση και την τάση, δεν υπάρχει βαθμονομημένος κανόνας για να μετράμε την κυματοσυνάρτηση. Η έννοια της πίεσης, μολονότι αφηρημένη, μπορεί να γίνει αισθητή. Με την κυματοσυνάρτηση όμως, δεν συμβαίνει το ίδιο.

Για την περίπτωση ενός ηλεκτρονίου, για παράδειγμα, η κυματοσυνάρτηση δεν μας δίνει την ακριβή θέση σε κάποια χρονική στιγμή, αλλά μόνο την πιθανότητα να βρίσκεται το ηλεκτρόνιο κάπου αν πρόκειται να το αναζητήσουμε εκεί. Η κυματοσυνάρτηση περιέχει πλήθος πληροφοριών, οι οποίες για κάθε χρονική στιγμή μας δίνουν μια τιμή για κάθε σημείο του χώρου. Αντίθετα με την κλασσική θεώρηση για την θέση ενός σωματιδίου, η κυματοσυνάρτηση εκτείνεται σε όλο το χώρο. Όμως μην θεωρήσετε ότι αναπαριστά ένα πραγματικό φυσικό κύμα. Προς το παρόν κανείς δεν γνωρίζει πλήρως τι είναι η κυματοσυνάρτηση. Πολλοί φυσικοί την θεωρούν ως μια αφηρημένη μαθηματική οντότητα που χρησιμοποιείται για την εξαγωγή πληροφοριών σχετικά με τη φύση, ενώ άλλοι ότι προορίζεται μόνο για την δική της πολύ παράξενη πραγματικότητα.



$$\left[\frac{-\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V \right] \Psi = i \hbar \frac{\partial}{\partial t} \Psi$$

Η λύση πάντως δόθηκε από τον Max Born ο οποίος είπε ότι το ηλεκτρόνιο που στέλνουμε δεν είναι ούτε σωματίδιο αλλά ούτε και κύμα, αλλά είναι ένα κύμα πιθανότητας. Κατά συνέπεια τα ίχνη στην φωτογραφική πλάκα αντιστοιχούν σε ποσοστά πιθανότητας με την μεγαλύτερη από αυτήν να βρίσκεται στην κεντρική στήλη. Ο Born δηλαδή είπε ότι το μέγεθος του κύματος σε οποιοδήποτε σημείο προβλέπει την πιθανότητα να βρεθεί εκεί το ηλεκτρόνιο. Όπου δηλαδή το κύμα είναι μεγάλο δεν σημαίνει ότι εκεί βρίσκεται το περισσότερο από το ηλεκτρόνιο, αλλά εκεί έχει τις μεγαλύτερες πιθανότητες να βρίσκεται. Στην ουσία του πράγματος δεν μπορούμε να ρωτήσουμε το που είναι τώρα το ηλεκτρόνιο. Το μόνο που μπορούμε να πούμε είναι ότι αν κοιτάξουμε σε αυτό το σημείο στον χώρο να αναζητήσουμε την πιθανότητα να βρίσκεται εκεί.

Η μεγάλη όμως δυσκολία με την κβαντική θεωρία δεν είναι μόνο η πιθανοκρατική μορφή του αποτελέσματος. Το πιο αμφιλεγόμενο σημείο βρίσκεται στην συμμετοχή της μέτρησης στον μικρόκοσμο. Για τον Bohr η μέτρηση αλλάζει τα πάντα. Πίστευε ότι πριν μετρήσουμε ή παρατηρήσουμε ένα σωματίδιο τα χαρακτηριστικά του ήταν αβέβαια. Για παράδειγμα στο πείραμα με τις δύο σχισμές όταν ένα ηλεκτρόνιο στέλνεται πριν η οθόνη μας δείξει την θέση του, θα μπορούσε να είναι οπουδήποτε σε ένα μεγάλο πεδίο πιθανοτήτων. Την στιγμή όμως που γίνεται η παρατήρηση και μόνο τότε η αβεβαιότητα της θέσης του εξαφανίζεται. Δηλαδή η ίδια η μέτρηση αναγκάζει το ηλεκτρόνιο να αφήσει όλες τις δυνατές θέσεις που θα μπορούσε να έχει και να επιλέξει μόνο μία, αυτή που παρατηρούμε. Φυσικά αυτή η ερμηνεία έβρισκε τελείως αντίθετο τον Einstein

ο οποίος δεν μπορούσε να δεχθεί ότι η ύπαρξη ενός πράγματος εξαρτάται από την ανθρώπινη παρατήρηση.

Η ορθόδοξη διατύπωση

Το βασικό χαρακτηριστικό της κβαντικής μηχανικής είναι η σχέση αβεβαιοτήτων του Heisenberg. Σύμφωνα με τις σχέσεις αυτές είναι αδύνατο να μετρήσουμε την ίδια στιγμή ή διαδοχικά την τιμή συζυγών μεγεθών που οι τελεστές τους δεν αντιμεταθέτονται. Τέτοια μεγέθη είναι η θέση και η ορμή ενός σωματιδίου. Όσο μεγαλύτερη είναι η ακρίβεια στη μέτρηση της θέσης, τόσο μεγαλύτερη είναι η απροσδιοριστία ως προς την ορμή του και αντίστροφα. Το γινόμενο της απροσδιοριστίας στη θέση ενός σωματιδίου επί την απροσδιοριστία στην ορμή του σε μια ταυτόχρονη μέτρηση των μεγεθών αυτών, είναι της τάξης μεγέθους της σταθεράς του Planck h .

Αυτό σημαίνει ότι υπάρχει ένα έσχατο όριο στην ακρίβεια με την οποία μπορούμε να μετρήσουμε ταυτόχρονα συζυγή μεγέθη, όπως είναι η θέση και η ορμή. Ο Heisenberg θεώρησε ότι οι σχέσεις αυτές αποτελούν έναν θεμελιώδη νόμο και ότι οι υπόλοιποι νόμοι της φύσης θα πρέπει να συμβιβαστούν με τους νόμους της απροσδιοριστίας.

Ο Heisenberg υποστηρίζει ότι η έννοια της πιθανότητας συνδέεται στενά με την έννοια του Αριστοτελικού δυνάμει και ότι είναι η μετατροπή της αρχαίας ποιοτικής έννοιας του δυνάμει σε ποσοτική έννοια. Το κύμα πιθανότητας αντιπροσωπεύει κατά τον Heisenberg μια τάση προς κάτι. Ένα στοιχειώδες σωματίο περιγράφεται από μια συνάρτηση πιθανότητας. Άρα ούτε καν η ιδιότητα του όντος δεν ανήκει σε αυτό που περιγράφεται το οποίο είναι μια δυνατότητα προς το «είναι» ή μια τάση προς το «είναι». Είναι δηλαδή κάτι που βρίσκεται μεταξύ στην ιδέα ενός συμβάντος και στο πραγματικό συμβάν. Σύμφωνα λοιπόν με την ορθόδοξη ερμηνεία υπάρχουν δύο θεμελιώδεις παράμετροι για τον αιτιατοκρατικό χαρακτήρα της κβαντικής θεωρίας. α) Οι πιθανοκρατικοί νόμοι δεν είναι προϊόν ατελούς γνώσης όπως θα συνέβαινε στο μακροσκοπικό επίπεδο. Αντιθέτως η κβαντομηχανική είναι πλήρης και η απροσδιοριστία είναι εγγενής στο κβαντικό επίπεδο. β) Η παραπάνω διατύπωση έχει ως αρχική της προκείμενη τις ανισότητες του Heisenberg και την αδυναμία της ταυτόχρονης μέτρησης δύο συζυγών μεγεθών. Ακόμα όμως και αν υπήρχε η δυνατότητα της ταυτόχρονης μέτρησης δεν θα μπορούσε να γίνει η περιγραφή αυτών των μη γραμμικών φαινομένων στα πλαίσια μιας κλασικής αιτιατοκρατικής λογικής. Η κατάρρευση της κυματοσυνάρτησης είναι μια μη γραμμική, μη αντιστρεπτή και πάνω απ' όλα μια ποιοτική μετατροπή.

Σύμφωνα με τον Max Born το τετράγωνο της κυματοσυνάρτησης αντιπροσωπεύει μια πυκνότητα πιθανότητας με βάση την οποία είναι δυνατόν να υπολογίσουμε την πιθανότητα παρουσίας ενός σωματιδίου σε ένα στοιχείο όγκου ή τη δημιουργία μιας ιδιοκατάστασης κατά τη μέτρηση.

Σύμφωνα με τον von Neumann ο τρόπος με τον οποίο εξελίσσεται ένα κβαντικό σύστημα είναι ο εξής: Στην περίπτωση που το σύστημα δεν διαταραχθεί από το όργανο μέτρησης, ο χαρακτήρας της συμπεριφοράς του είναι αιτιατοκρατικός. Μπορεί μάλιστα να απεικονιστεί από την εξίσωση του Schrodinger και φυσικά διαθέτει θέση και ορμή χωρίς να είναι αλληλοαποκλειόμενα.

Στην περίπτωση όμως που παρεμβαίνει το όργανο μέτρησης η αρχική καθαρή κατάσταση μετατρέπεται σε μείγμα καταστάσεων εξαιτίας της δημιουργίας περισσοτέρων από μία καταστάσεις. Παρά τη γνώση της αιτίας ο μετασχηματισμός θεωρείται αναίτιος. Οι ασυνεχείς μεταβολές που συμβαίνουν κατά την μέτρηση έχουν μεν αίτιο, αλλά είναι απρόβλεπτες και κατά

συνέπεια ανατιοκρατικές. Επομένως ο μετασχηματισμός του κβαντικού συστήματος το οποίο είναι η αναγωγή της κυματοσυνάρτησης παραμένει μη πραγματοποιήσιμη.

Το σύστημα το οποίο υφίσταται τη μέτρηση θα συνεχίσει να ταλαντεύεται στην αιωνιότητα ανάμεσα στις δυνατές καταστάσεις. Ουσιαστικά η παρέμβαση του οργάνου δημιουργήσε μια πληθώρα δυνάμει καταστάσεων, με συνέπεια το σύστημα να χάσει τον αιτιοκρατικό του χαρακτήρα και παραμένει μετέωρο στον δυνάμει κόσμο. Μόνο η παρέμβαση ενός παρατηρητή δηλαδή μιας συνείδησης μπορεί να προκαλέσει την κατάρρευση της κυματοσυνάρτησης και το σύστημα να περάσει σε μια ιδιοκατάσταση. Η ιδιοκατάσταση αυτή θα είναι μια από τις πολλές δυνάμει καταστάσεις που προϋπήρχαν πριν την παρέμβαση του παρατηρητή και πλέον μόνο μία έχει περάσει σε εν-ενεργεία μορφή έχοντας λάβει μία συγκεκριμένη ιδιοτιμή εξαιτίας της μέτρησης από τον παρατηρητή. Παρεμβαίνοντας όμως ο παρατηρητής θα αποτελέσει και αυτός μέρος του μεγάλου συστήματος, οπότε είναι σαν η αναγωγή να αυτοαναιρείται εξαιτίας του ότι καταργείται αυτή η ιδιότητά της. Αυτό αποτελεί και ένα από τα σημεία της αδυναμίας της ορθόδοξης ερμηνείας και του ιντετερμινιστικού χαρακτήρα της.

Η ρεαλιστική προσέγγιση

Ένα ελεύθερο σωματίο εξελίσσεται αιτιοκρατικά μόνον όταν βρίσκεται στο απομονωμένο σύστημά του. Αυτή η αιτιοκρατία καταργείται από τη στιγμή που εισέρχεται στο σύστημα το όργανο μέτρησης και διαταράσσει αυτή την ιδανική απομόνωση. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργούνται νέα στοιχεία πραγματικότητας εξαιτίας της αλληλεπίδρασης, άλλα καταστρέφονται και οι δυνατότητες του κβαντικού συνόλου γίνονται πραγματικές. Οι νέες καταστάσεις δεν αναδύονται από το μηδέν. Τα στοιχεία πραγματικότητας της νέας κατάστασης προκύπτουν από το μετασχηματισμό στοιχείων της παλαιάς κατάστασης, εξαιτίας της αλληλεπίδρασης του σωματιδίου με το όργανο. Αυτά τα φαινόμενα μετασχηματισμού είναι μη αντιστρεπτά και μη συντηρητικά. Είναι διαδικασίες στο χωροχρόνο και όχι στιγμιαίες μεταπτώσεις. Οπότε έχουμε πραγματικά φυσικά φαινόμενα και κατά συνέπεια το καταστατικό διάνυσμα δεν είναι ένα λογιστικό εργαλείο.

Οι δυνατές αυτές καταστάσεις και οι αντίστοιχες πιθανότητες εξαρτώνται από τη φύση και την κατάσταση του σωματιδίου, του οργάνου αλλά και από τις συνθήκες. Κατά συνέπεια ο μετασχηματισμός είναι αιτιοκρατικός επειδή η μεταβολή των συνθηκών συνεπάγεται την αλλαγή της πιθανοτικής κατανομής. Το γεγονός ότι δεν μπορούμε να μετρήσουμε την ίδια στιγμή την θέση και την ορμή του σωματιδίου δεν σημαίνει ότι η θέση και η ορμή δεν υπάρχουν πριν από τη παρατήρηση και ανεξάρτητα από αυτήν ή ότι δεν υπάρχει αιτιότητα στο κβαντικό επίπεδο. Φανερώνει την ύπαρξη μιας διαταραχής μη αμελητέας που οφείλεται στην συμμετοχή του οργάνου που με την σειρά της οφείλεται στην πεπερασμένη τιμή του κβάντου δράσης. Αν βάλουμε $h=0$ στην παραπάνω εξίσωση η κλασική αιτιότητα επανεμφανίζεται. Η διαταραχή αυτή επίσης δεν είναι απροσδιόριστη. Αντίθετα είναι πολύ καθορισμένη από την τάξη μεγέθους του κβάντου δράσης.

Ο προσδιορισμός του γινομένου δύο απροσδιοριστιών αποτελεί άρνηση της απροσδιοριστίας. Το συμπέρασμα που προκύπτει είναι ότι παρόλο που οι φυσικοί νόμοι συνεπάγονται μια απροσδιοριστία (εξαιτίας της αδυναμίας της ταυτόχρονης μέτρησης) θα μπορούσε κανείς να πει ότι η σωματιδιακή μας αντίληψη είναι ανεπαρκής γι' αυτό και δεν μπορούμε να περιγράψουμε τον κβαντικό κόσμο. Η προσπάθειά μας δηλαδή να διαχειριστούμε την κβαντικό κόσμο χρησιμοποιώντας την κλασική λογική αναπόφευκτα είναι και ο λόγος της αίσθησης της απροσδιοριστίας. Αυτό όμως δεν σημαίνει ότι η φύση δεν είναι αιτιοκρατική.

Στο κβαντικό επίπεδο αποκαλύπτεται ένα άλλο είδος αντικειμενικότητας το οποίο υπερβαίνει την τυπική λογική. Το ουσιαστικό χαρακτηριστικό αυτής της αντικειμενικότητας είναι ότι τα κβαντικά συστήματα δεν διατηρούν την ταυτότητά τους και άρα η αντίστοιχη αρχή της τυπικής λογικής δεν ισχύει κατά την μέτρηση.

Οι προσπάθειες για την ερμηνεία της κβαντικής θεωρίας σύμφωνα με το ρεαλιστικό μοντέλο έγιναν από τη μεριά του Einstein με τη χρήση νοητικών- υποθετικών πειραμάτων. Από την άλλη πλευρά, η ερμηνεία της Κοπεγχάγης ερχόταν σε συμφωνία με όλα τα πειραματικά δεδομένα παρόλο που η θεωρία της έχει έναν έντονο υποκειμενισμό και σε πολλά σημεία της μοιάζει ελλιπής. Για να φανεί καλύτερα η τοπικότητα αλλά και ο αιτιοκρατικός χαρακτήρας της ρεαλιστικής προσέγγισης χρειάζεται να κάνουμε μια διάκριση ανάμεσα στο δυνάμει και το ενεργεία.

Μία ενεργεία κατάσταση υπάρχει πριν από την μέτρηση, δεν δημιουργείται δηλαδή κατά την αλληλεπίδραση του συστήματος με το όργανο μέτρησης. Παρόλο που άλλα παρατηρήσιμα μεγέθη διαταράσσονται η μέτρηση θεωρείται ιδανική. Στην περίπτωση όμως αυτή το σύστημα βρισκόταν ήδη σε μια ιδιοκατάσταση και ο μονοδιάστατος χώρος Hilbert είναι πραγματικός και όχι δυνάμει. Εμάς όμως μας ενδιαφέρει η περίπτωση που τα στοιχεία πραγματικότητας δημιουργούνται από την μέτρηση στον δυνάμει πλέον χώρο Hilbert. Εδώ έχουμε δύο ενδεχόμενα: α) Η κατάσταση δημιουργείται με πιθανότητα ίση με 1 στην περίπτωση που το σύστημα έχει μία και μοναδική δυνατότητα. β) Στην περίπτωση αυτή έχουμε μια επαλληλία καταστάσεων η οποία μετατρέπεται με την μέτρηση σε μείγμα. Οι καταστάσεις στην περίπτωση αυτή δεν προϋπάρχουν. Δημιουργούνται εξαιτίας της αλληλεπίδρασης ως πραγμάτωση των δυναμικοτήτων του στατιστικού συνόλου στις δεδομένες συνθήκες. Η δημιουργία των καταστάσεων είναι μια μη γραμμική διαδικασία, μη αντιστρεπτή και η οποία δεν περιγράφεται από τις σημερινές εξισώσεις της κβαντικής μηχανικής.

Ουσιαστικά αυτή η κατάρρευση της κυματοσυνάρτησης είναι που δημιουργεί και το αδιέξοδο στη σχολή της Κοπεγχάγης. Η ερμηνεία αυτή, η οποία βρίσκεται σε αντίφαση με τη στατιστική ερμηνεία του Max Born δέχεται έμμεσα ότι η κυματοσυνάρτηση αντιστοιχεί όχι σε ένα στατιστικό σύνολο αλλά στο ατομικό σωματίδιο. Η ερμηνεία αυτή είναι η single system interpretation. Επομένως στην περίπτωση της επαλληλίας η ορθόδοξη ερμηνεία δέχεται σιωπηρά ότι οι καταστάσεις προϋπάρχουν και τελικά προβάλλονται από το όργανο. Αντίθετα για τους ρεαλιστές η προβολή του καταστατικού διανύσματος είναι στην πραγματικότητα ένας μετασχηματισμός του κβαντικού συστήματος που πραγματώνει μία από τις δυναμικότητές του.

Κατά συνέπεια ο παρατηρητής είναι απλώς το μέσον για το πέρασμα στην εν-ενεργεία πραγματικότητα, και όχι ο δημιουργός της πραγματικότητας και επομένως η τελευταία δεν θα έχει τον υποκειμενισμό του. Η προϋπάρχουσα δυνάμει πραγματικότητα η οποία απλώς μετασχηματίζεται ουσιαστικά σώζει την αντικειμενικότητα, αλλά επίσης δημιουργεί και τις δυνάμει προϋποθέσεις για την ύπαρξη μιας δυναμικής αιτιοκρατίας.

Η θεωρία της ειδικής σχετικότητας διατυπώθηκε βάσει της πεποίθησης ότι οι νόμοι της φύσης δεν εξαρτώνται από τον παρατηρητή. Με αφορμή αυτό το σημείο ο Einstein δηλώνει:

Νομίζω ότι η ύλη πρέπει να έχει μια ξεχωριστή πραγματικότητα ανεξάρτητη από τις μετρήσεις. Γι' αυτό ένα ηλεκτρόνιο έχει περιστροφή, θέση και ούτω κάθε εξής ακόμα και όταν αυτό δεν έχει ακόμα μετρηθεί. Προτιμώ την σκέψη ότι το φεγγάρι είναι εκεί που είναι ακόμα κι αν εγώ δεν το παρατηρώ.

Οι φυσικοί νόμοι δηλαδή έχουν μια αντικειμενική ύπαρξη για όλους τους παρατηρητές.

Από την άλλη πλευρά ένας θετικιστής δεν δέχεται ότι υπάρχει μια κβαντική πραγματικότητα ανεξάρτητη από τον παρατηρητή, αφού κάθε μέτρηση που πραγματοποιούμε τον εμπλέκει, ο οποίος αλληλεπιδρά με το μετρούμενο σύστημα με μη διαχωρίσιμο άρα μη ελέγξιμο τρόπο.

Εμείς, δεχόμαστε μια εμπειρική πραγματικότητα η οποία δεν είναι ανεξάρτητη από τον παρατηρητή, είναι η ίδια όμως για όλους τους παρατηρητές. Αυτό σημαίνει ότι η κβαντική πραγματικότητα επηρεάζεται από τον παρατηρητή, δεν είναι ανεξάρτητη από αυτόν, όμως είναι αντικειμενική διότι κάτω από τις ίδιες συνθήκες διαφορετικοί παρατηρητές παίρνουν τα ίδια αποτελέσματα.

Όμως πρέπει να σημειωθεί ότι η εισαγωγή της έννοιας του παρατηρητή στη θεωρία της σχετικότητας αποκτά ιδιαίτερη βαρύτητα όταν αναφερόμαστε στις μετρήσεις διαφόρων μεγεθών όπως του μήκους ή του χρόνου, οπότε το αποτέλεσμα της μέτρησης εξαρτάται από την σχετική ταχύτητα των παρατηρητών. Αυτή η σχετικότητα δεν έχει να κάνει όμως με το αντίστοιχο στοιχείο της αβεβαιότητας που υπάρχει σε μια κβαντική μέτρηση. Το εντυπωσιακό χαρακτηριστικό με την κβαντική θεωρία είναι ότι ενώ όλα τα πειραματικά δεδομένα την επαληθεύουν, η θεωρία αυτή δεν είναι σε θέση να δώσει τις κατάλληλες εξηγήσεις και κατά συνέπεια καταλήγει να είναι μια μη πλήρης θεωρία. Ουσιαστικά αυτή είναι και η διάσταση την οποία υπερασπίζεται η ρεαλιστική ερμηνεία. Πρώτος ο de Broglie πέτυχε μια αιτιοκρατική διατύπωση με λανθάνουσες16 παραμέτρους το 1927.

Το 1935 ο Schrodinger με τη χρήση του παραδόξου του προσπαθεί να αναδείξει τον υποκειμενισμό και το αδιέξοδο που οδηγεί η ορθόδοξη ερμηνεία. Την ίδια χρονιά οι Einstein, Podolsky και Rosen διατυπώνουν το ιδεατό πείραμα EPR με το οποίο αμφισβητούσαν την πληρότητα της κβαντομηχανικής. Τα πράγματα όμως έμελλε να γίνουν ακόμα πιο περίπλοκα όταν ο Einstein εντόπισε μια σημαντικότερη ιδιότητα της κβαντικής θεωρίας η οποία για τον ίδιο αποδείκνυε το ότι η θεωρία είναι ημιτελής.

Η ιδιότητα αυτή είναι η συσχέτιση, η πιο παράλογη και παράξενη πρόβλεψη που κάνει η κβαντομηχανική. Η συσχέτιση είναι μια θεωρητική πρόβλεψη από τις εξισώσεις της κβαντομηχανικής. Εάν δύο σωματίδια βρεθούν πολύ κοντά το ένα με το άλλο τότε αυτά μπορούν να συσχετισθούν και οι ιδιότητές τους ενώνονται. Η κβαντομηχανική λέει ότι ακόμα και αν στην συνέχεια χωρίσουμε τα σωματίδια και τα στείλουμε σε αντίθετες κατευθύνσεις αυτά θα παραμείνουν συσχετισμένα και επομένως συνδεδεμένα. Ας πάρουμε για παράδειγμα μια τυπική ιδιότητα των ηλεκτρονίων που είναι η περιστροφή τους, η οποία είναι εντελώς θολή και αβέβαιη μέχρι τη στιγμή που θα την μετρήσουμε. Όταν πραγματοποιήσουμε την μέτρηση θα δούμε ότι αυτή θα είναι είτε δεξιόστροφη είτε αριστερόστροφη. Σύμφωνα με την κβαντομηχανική εάν μετρήσουμε τη περιστροφή του ενός σωματιδίου και αυτή είναι δεξιόστροφη για παράδειγμα, τότε όχι μόνο θα την επηρεάσουμε αφού είμαστε η αιτία να αποκτήσει συγκεκριμένη περιστροφή, αλλά πολύ περισσότερο η μέτρηση θα επηρεάσει και το συσχετισμένο σωματίδιο ανεξάρτητα του πόσο μακριά είναι αποδίδοντάς του την αντίθετη περιστροφή ως προς αυτό στο οποίο κάναμε την μέτρηση. Έχουμε με δυο λόγια δηλαδή μια επίδραση από απόσταση η οποία δεν μπορεί να εξηγηθεί. Η μέτρηση δηλαδή του ενός σωματιδίου επηρεάζει την κατάσταση του άλλου χωρίς να υπάρχει τίποτα ανάμεσά τους που να τα συνδέει.

Ο Einstein παρόλο που δεχόταν ότι τα συσχετισμένα σωματίδια υπάρχουν, δεν μπορούσε όμως να δεχθεί ότι υπήρχε μια μυστηριώδης σύνδεση από απόσταση. Έτσι λοιπόν πρότεινε ότι τα σωματίδια μοιάζουν με ένα ζευγάρι γάντια. Εάν τοποθετήσουμε το κάθε γάντι χωριστά σε μια θήκη και τα απομακρύνουμε μεταξύ τους, τότε όταν κάποιος θα ανοίξει την μια θήκη και δει ότι είναι το δεξιό

γάντι θα γνωρίζει ότι το άλλο είναι το αριστερό χωρίς να χρειάζεται να αναζητήσει την άλλη θήκη. Αυτό σημαίνει δηλαδή ότι η κατάσταση στην οποία βρίσκονται τα ηλεκτρόνια- γάντια καθορίστηκε από την στιγμή που έγινε ο διαχωρισμός τους. Υπό αυτήν την έννοια δεν υπήρξε κανένα είδος σύνδεσης των ηλεκτρονίων αφού τα πράγματα ήταν προκαθορισμένα. Αυτός ακριβώς είναι και ο λόγος που δεν γινόταν να διαπιστωθεί το ποιος έχει δίκιο. Ο Einstein πίστευε πως η περιστροφή του ηλεκτρονίου ήταν καθορισμένη και υπαρκτή πριν από την διαδικασία της μέτρησης και φυσικά με αυτόν τον τρόπο απέτρεπε την δράση από απόσταση. Κάνοντας δηλαδή την μέτρηση παρατηρούμε αυτό που ήδη συνέβαινε. Από την άλλη πλευρά όμως ο Bohr έλεγε ότι η μέτρηση έδωσε την σαφή περιστροφή στο ηλεκτρόνιο, και επομένως το συσχετισμένο ηλεκτρόνιο που βρίσκεται μακριά καθορίστηκε και αυτό σε αντίθετη φυσικά περιστροφή

Η εξέλιξη της αντιπαράθεσης

Ο Einstein υπερασπίστηκε τη ρεαλιστική του θέση, όπως επίσης την αιτιοκρατία και την τοπικότητα. Σύμφωνα με αυτόν η ερμηνεία της Κοπεγχάγης είχε αντιρεαλιστικό και αντιαιτιοκρατικό χαρακτήρα εξαιτίας της δράσης από απόσταση. Η επιστημονική κοινότητα όμως της εποχής δέχτηκε στην πλειοψηφία της την ορθόδοξη ερμηνεία. Την ίδια περίοδο εξάλλου ο von Neumann αποδεικνύει το περίφημο θεώρημά του σύμφωνα με το οποίο δεν υπάρχουν κβαντικές καταστάσεις χωρίς διασπορές και κατά συνέπεια η φύση δεν σέβεται την αιτιότητα τουλάχιστον στο μικροφυσικό επίπεδο.

Ο von Neumann δηλώνει: Μέσα στα όρια των συνθηκών μας η απόφαση έχει ληφθεί και είναι εναντίον της αιτιότητας, επειδή όλα τα σύνολα παρουσιάζουν διασπορές ακόμα και τα ομοιογενή. Το παρόν σύστημα της κβαντικής μηχανικής θα έπρεπε να είναι αντικειμενικά λανθασμένο για να είναι δυνατή μια περιγραφή διαφορετική από τη στατιστική, για τις στοιχειώδεις διαδικασίες.

Οι αποδείξεις αυτές μαζί με τις αναλύσεις του Bohr και του Heisenberg εδραίωσαν την ισχύ της ορθόδοξης ερμηνείας και κατά συνέπεια την άποψη ότι ο ιντετερμινισμός είναι ενδογενές χαρακτηριστικό του κόσμου της μικροφυσικής. Παρόλα αυτά κατά τη δεκαετία του 1950 ο David Bohm κατόρθωσε να διατυπώσει μια θεωρία με λανθάνουσες παραμέτρους (1952) η οποία επετύγχανε μια αιτιοκρατική-δυναμική περιγραφή της κίνησης του μικροσωματίου. Στο πλαίσιο αυτής της θεωρίας οι πιθανότητες γίνονται αναγκαίες και δεν είναι εκδήλωση εσωτερικής απροσδιοριστίας. Το μεγάλο όμως μειονέκτημα αυτής της θεωρίας είναι ότι ήταν μη τοπική. Μια εναλλακτική πρόταση απέναντι στην ερμηνεία της Κοπεγχάγης είναι η στοχαστική ερμηνεία.

Η αφορμή δόθηκε από την εργασία του Einstein ο οποίος μελέτησε την κίνηση Brown στηριζόμενος σε μια πιθανοκρατική ή στοχαστική προσέγγιση. Οι στοχαστικές διαδικασίες εκφράζουν την αλληλουχία αποτελεσμάτων τα οποία αφορούν συστήματα με πολλούς βαθμούς ελευθερίας και τα οποία καθορίζονται από την επίδραση του τυχαίου. Ο Santos υποστηρίζει ότι πρέπει να εγκαταλείψουμε την ιδέα του απομονωμένου συστήματος και να λάβουμε υπόψη την αλληλεπίδραση ενός δεδομένου συστήματος με το υπόλοιπο σύμπαν. Η στοχαστική ηλεκτροδυναμική μελετά με στατιστικές (στοχαστικές) μεθόδους συστήματα φορτισμένων σωματιδίων που κινούνται μέσα σε ένα τυχαίο ηλεκτρομαγνητικό πεδίο.

Ο Schrodinger δηλώνει: Η κυματοσυνάρτηση είναι μια μαθηματικά πολύπλοκη συνάρτηση. Στην κλασική φυσική η πυκνότητα πιθανότητας εισέρχεται σε μια διαφορετική εξίσωση, ενώ στην κβαντική θεωρία χρησιμοποιείται το πλάτος πιθανότητας και όχι η πυκνότητα πιθανότητας.

Ακολουθώντας ο Prigogine συμπληρώνει: Οι νόμοι της φύσης υπό την μορφή αυτήν δεν εκφράζουν βεβαιότητες, αλλά δυνατότητες για πράγματα τα οποία μπορεί να συμβούν ή να μην συμβούν.

Ένα ιδιαίτερα αποφασιστικό βήμα έγινε στη δεκαετία του 1940 όταν ο Prigogine και άλλοι επιστήμονες είδαν τη σημασία που είχε η μελέτη συστημάτων που βρίσκονται μακριά από την ισορροπία. Το ουσιαστικό σκεπτικό είναι ότι πρέπει να γίνει διάκριση ανάμεσα στην ατομική περιγραφή που γίνεται με τροχιές ή με κυματοσυναρτήσεις και στην στατιστική περιγραφή που στηρίζεται στην μελέτη της συμπεριφοράς των συνόλων με κεντρικό μέγεθος την κατανομή πιθανότητας. Σε συστήματα με πολλούς βαθμούς ελευθερίας τα οποία βρίσκονται μακριά από την ισορροπία οι εξισώσεις που τα περιγράφουν έχουν πολλές λύσεις εξίσου καλές και στην περίπτωση αυτή οι διακυμάνσεις αποφασίζουν για το ποια λύση θα επικρατήσει. Επειδή τώρα τα ατομικά συστήματα δεν είναι δυνατό να διαχωρισθούν, καταργείται η ισοδυναμία μεταξύ της ατομικής περιγραφής μέσω τροχιών ή κυματοσυναρτήσεων με την στατιστική περιγραφή.

Η νέα περιγραφή είναι αυτή που εισάγει το βέλος του χρόνου. Και οι αλληλεπιδράσεις είναι γενικώς μη αναγώγιμες διότι όπως έδειξε ο Poincare υπάρχουν συντονισμοί ανάμεσα στους διάφορους βαθμούς ελευθερίας. Γι' αυτό η δυναμική περιγραφή πρέπει να γίνει με τη βοήθεια κατανομών πιθανότητας. Γενικά θεωρούμε ότι η μη γραμμικότητα των φυσικών διαδικασιών είναι αποτέλεσμα του ότι δεν υπάρχει πλήρως απομονωμένο σύστημα στο σύμπαν και ότι όλα αλληλεπιδρούν με όλα και κατά συνέπεια οι φυσικές διαδικασίες είναι αποτέλεσμα αυτών των αλληλεπιδράσεων. Αυτό το σκεπτικό ίσως χρησιμοποίησε και ο Bohr όταν το 1934 δήλωνε: Τα μεμονωμένα υλικά σωματίδια είναι αφηρημένες έννοιες, των οποίων οι ιδιότητες ορίζονται και παρατηρούνται μόνο μέσα από την αλληλεπίδρασή τους με άλλα συστήματα.

Η επίλυση της διαμάχης

Η διαμάχη αυτή έληξε όταν το 1967 ο τότε φοιτητής στο Columbia University John Clauser ανακάλυψε μια εργασία του άγνωστου ιρλανδού φυσικού John Bell. Αυτός είχε ανακαλύψει πώς να μπορούμε να αποδείξουμε την συσχέτιση. Έτσι ο Clauser έφτιαξε μια μηχανή που θα έλγε την διαμάχη. Η μηχανή του μπορούσε να μετρήσει χιλιάδες ζεύγη συσχετισμένων σωματιδίων και μπορούσε να συγκρίνει την περιστροφή τους σε πολλές κατευθύνσεις. Τα αποτελέσματα που βγήκαν εξέπληξαν τον Clauser. Η μηχανή απέδειξε πως ο Αϊνστάιν έκανε λάθος και πως η συσχέτιση ήταν αληθινή. Οπότε, μετρώντας το ένα σωματίδιο μπορούμε να επηρεάσουμε το συσχετισμένο σωματίδιό του, σαν η απόσταση μεταξύ τους να μην υπήρχε! Αυτή ήταν η μεγαλύτερη ανακάλυψη της κβαντικής μηχανικής. Έτσι, με την συσχέτιση, θα μπορούσαμε ακόμα και να τηλεμεταφερθούμε!

Επίλογος

Όσο δυνατή και ακριβής έχει αποδειχθεί ότι είναι η κβαντική φυσική, οι επιστήμονες ακόμα δυσκολεύονται να την κατανοήσουν. Κάποιοι πιστεύουν ότι όλες οι πιθανότητες που υπάρχουν στην κβαντική περιοχή ποτέ δεν «φεύγουν». Αντιθέτως όλα τα πιθανά αποτελέσματα στην πραγματικότητα συμβαίνουν, μόνο που τα περισσότερα από αυτά συμβαίνουν σε άλλα σύμπαντα, παράλληλα προς το δικό μας. Είναι μια αποτρεπτική ιδέα ότι η πραγματικότητα θα μπορούσε να πάει πέρα από το σύμπαν που βλέπουμε και να διακλαδωθεί δημιουργώντας νέους εναλλακτικούς κόσμους όπου όλες οι άλλες πιθανότητες συμβαίνουν. Έτσι θα μπορούσαμε να πούμε ότι και για τη τύχη ισχύει ο τρίτος νόμος του Νεύτωνα, περί δράσης-αντίδρασης, καθώς όταν κάποιος είναι

τυχερός σε αυτό το σύμπαν, είναι άτυχος σε ένα άλλο. Με βάση όλα που είδαμε παραπάνω, συμπεραίνουμε πως η τύχη, όπως αποκαλύπτει η κβαντική φυσική παίζει μεγάλο ρόλο στη ζωή μας. Είναι κάτι πραγματικό και σχετίζεται με τις πιθανότητες. Δεν θα μπορέσουμε ποτέ να προβλέψουμε ορισμένα πράγματα, καθώς η ίδια η φύση δεν μας αφήνει και γι' αυτό πάντα θα οφείλουμε κάποια αποτελέσματα στην τύχη. Η κβαντική φυσική είναι ένας πολύ αλλόκοτος κλάδος της φυσικής για τον οποίο δεν ξέρουμε πολλά ακόμη. Είδαμε επίσης από την σκοπιά της φυσικής την ανάγκη να επαναπροσδιοριστούν οι δομές των αιτιακών σχέσεων, και το πως η προοπτική που ανοίγεται μοιάζει πολύ περισσότερο να έχει ανάγκη μια διευρυμένη αντίληψη όπου η διαχείριση των εννοιών με τον κλασικό τρόπο ίσως να μην είναι αρκετή πλέον. Χρειάζεται ο άνθρωπος να ενεργοποιήσει την φαντασία του πλέον, την συναισθηματική του ευφυΐα, όχι μόνο για να σταθεί απέναντι στις απαιτήσεις που ανοίγονται από τις επικίνδυνες και άγνωστες προσβάσεις του στις νέες ανακαλύψεις, αλλά κυρίως για να βοηθήσει τον εαυτό του να αντιληφθεί ότι αυτή η ζωή είναι η ευκαιρία που έχει ο κάθε άνθρωπος να αποδείξει ότι τίποτα δεν είναι μάταιο και ότι αξίζει να αγωνιστεί πιστεύοντας σε ιδανικά και αξίες, και τότε να περιμένει ότι αυτή η τύχη θα του χαμογελάσει με τον πιο εμφοτικό τρόπο.

Πηγές:

Σφενδόνη-Μέντζου, Δήμητρα. Η Πιθανότητα και το Τυχαίο στον C. S. Peirce. Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 1980.

Μπιτσάκης Ευτύχης. Ο Δαίμων του Αϊνστάιν. Αιτιότητα και Τοπικότητα στη Φυσική. Αθήνα: Εκδόσεις Gutenberg, 2000.

Krips Henry. The Metaphysics of Quantum Theory. Oxford: Clarendon Press, 1987.

<http://skyranch.org/truckin-thursday/the-equation/>

<http://www.kathimerinifysiki.gr/2016/07/peirama-dyo-sxismwn.html>

http://www.perimeterinstitute.ca/images/mo_frontpage/dice-in-universe-ella.jpg

<https://dimitris.webgalaxy.gr/science-quantum-mechanics-ennoies-02.php>

<https://el.wikipedia.org/wiki/Αιτιοκρατία>

https://el.wikipedia.org/wiki/Κβαντική_μηχανική

https://el.wikipedia.org/wiki/Παράδοξο_των_γενεθλίων

<https://www.youtube.com/watch?v=aAgcggDc-YM>

Το φαινόμενο της πεταλούδας

Όσα μπορούν να προκύψουν από ένα φτερούγισμα...

Γεωργίου Σοφία, Παπαδοπούλου Γεωργία, Στρατηγόπουλος Ανδρέας

Πρόλογος

«Αν μια πεταλούδα κουνήσει τα φτερά της στον Αμαζόνιο, το αποτέλεσμα μετά από ένα μήνα μπορεί να είναι ένας τυφώνας στο Πεκίνο.»

«Επειδή έλειπε ένα καρφί, χάθηκε το πέταλο,

Επειδή έλειπε ένα πέταλο, χάθηκε το άλογο,

Επειδή χάθηκε το άλογο, χάθηκε ο στρατιώτης,

Επειδή χάθηκε ο στρατιώτης, χάθηκε η μάχη,

Επειδή χάθηκε η μάχη, χάθηκε ο πόλεμος,

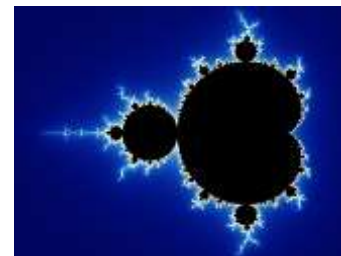
Επειδή χάθηκε ο πόλεμος, χάθηκε το Βασίλειο.»

Η κοινή μας λογική λέει ότι κάθε αιτία έχει ένα αποτέλεσμα και ότι κάθε αποτέλεσμα έχει και μια αιτία.

Τι ακριβώς είναι το Χάος και η Θεωρία του Χάους, στοιχείο της οποίας αποτελεί και το «Φαινόμενο της Πεταλούδας»; Είναι πιθανό να υπάρχουν αόρατες σχέσεις μεταξύ φαινομενικά ασυσχέτιστων πραγμάτων;

Μια εισαγωγή στη Θεωρία του χάους

Η «Θεωρία του χάους» είναι μια από τις έννοιες που παρουσιάζουν μεγάλες δυσκολίες ακόμα και στην ερμηνεία τους. Πώς θα μπορούσε κάποιος να περιγράψει το χάος; Είναι δυνατόν μια λέξη «ανυπάκουη» στις αυστηρές ορολογίες και ετυμολογίες, να βρει την θέση της ανάμεσα στους ακόμα πιο αυστηρούς νόμους των μαθηματικών;



Στην επιστήμη το χάος ορίζεται ως η εξαιρετικά ευαίσθητη εξάρτηση της κίνησης από τις αρχικές συνθήκες. Δηλαδή, η χαοτική κατάσταση προκαλείται από μια απρόσμενη αλλαγή όταν μεταβληθούν, έστω και κατ' ελάχιστο, τα αρχικά δεδομένα μίας σχέσης ή ενός συστήματος.

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι το χάος είναι η έννοια που χαρακτηρίζει ένα σύνολο αντίθετο σε κάθε νόμο και τάξη και μας διδάσκει να περιμένουμε το αναπόφευκτο. Η άναρχη, απρόβλεπτη φύση του δεν αφήνει περιθώρια για περαιτέρω ορισμούς. Η λογική που έχουμε αναπτύξει, έρχεται σε πλήρη αντίθεση με την λέξη «χάος». Η Θεωρία του Χάους ασχολείται με μη γραμμικά συστήματα¹, που είναι ουσιαστικά αδύνατο να προβλέψει ή να ελέγξει κανείς, όπως ο καιρός, το χρηματιστήριο ή οι καταστάσεις του εγκεφάλου μας.

Όταν αποδεχόμαστε την θεωρία αυτή, κατανοούμε την άμεση σχέση και αλληλεπίδραση όλων των Νόμων της Φυσικής και όχι μόνο. Σύμφωνα με το «Φαινόμενο της Πεταλούδας» μία απειροελάχιστη ενέργεια, μπορεί να επιφέρει μεγάλα αποτελέσματα. Άρα το Φαινόμενο της Πεταλούδας είναι ένα στοιχείο, μία αρχή της θεωρίας του Χάους, καθώς συμφωνεί με την έννοια «χάος».

Η ιστορία της Θεωρίας του χάους

Ο πρώτος αληθινός πειραματιστής στο χάος ήταν ο μετεωρολόγος Edward Lorenz. Το 1960 εργαζόταν στο πρόβλημα της καιρικής πρόβλεψης χρησιμοποιώντας σε έναν πρωτότυπο υπολογιστή ένα σύστημα 12 εξισώσεων. Αυτό το σύστημα θεωρητικά προέβλεπε τις μεταβολές του καιρού. Ο υπολογιστής αποθήκευε τα αποτελέσματα των προβλέψεων με μορφή αριθμών έξι δεκαδικών ψηφίων, ενώ ο ίδιος είχε εκτυπώσει τα αποτελέσματα σε τρεις δεκαδικές θέσεις.

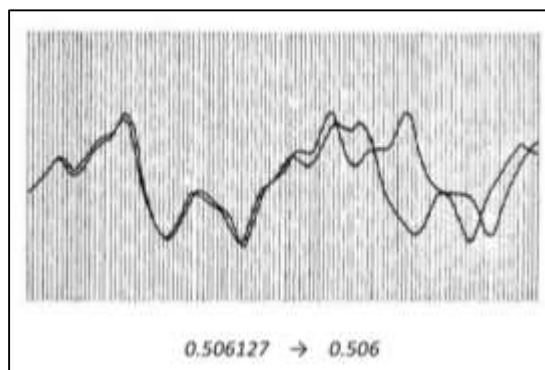
¹Γραμμικό σύστημα: ένα σύνολο από γραμμικές εξισώσεις με τους ίδιους αγνώστους, τους οποίους προσπαθούμε να προσδιορίσουμε έτσι ώστε να επαληθεύουν όλες τις εξισώσεις.

Μη γραμμικό σύστημα: η επίλυση πολλών προβλημάτων οδηγεί συχνά σε ένα σύνολο εξισώσεων των οποίων ζητάμε τις κοινές λύσεις, αλλά οι εξισώσεις αυτές δεν είναι όλες γραμμικές.

Μία μέρα το 1961 θέλησε να δει μια ιδιαίτερη ακολουθία και πάλι. Για να κερδίσει χρόνο, άρχισε στη μέση της ακολουθίας αντί στην αρχή και εισήγαγε τον αριθμό από το έντυπό του και έφυγε, αφήνοντας το πρόγραμμα να «τρέξει».

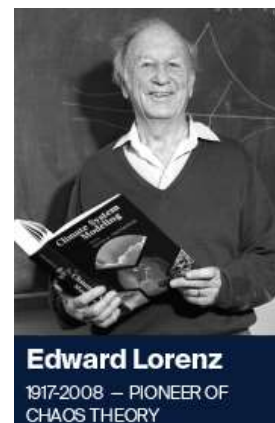
Όταν επέστρεψε, η ακολουθία είχε εξελιχθεί τελείως διαφορετικά από αυτό που περίμενε. Σε σχέση με το αρχικό σχέδιο υπήρχαν σημαντικές αποκλίσεις, διαφοροποιώντας σημαντικά τον τελικό σχηματισμό από τον αρχικό σχεδιασμό. Με λίγα λόγια το αποτέλεσμα δεν ήταν το προσδοκώμενο.

Ο Edward Lorenz κατάφερε και υπολόγισε τι συνέβη. Στην αρχική ακολουθία, ο αριθμός ήταν 0,506127 και εκείνος είχε δακτυλογραφήσει μόνο τα τρία πρώτα δεκαδικά ψηφία, δηλαδή τον αριθμό 0,506. Ένας επιστήμονας θεωρείται τυχερός εάν μπορεί να φτάσει τις μετρήσεις του στην ακρίβεια τριών δεκαδικών ψηφίων. Η επικρατούσα άποψη ότι η παράλειψη μικρών ανεπαίσθητων στοιχείων στους υπολογισμούς δεν μπορεί να έχει κάποια τεράστια επίδραση στην έκβαση του πειράματος, απλώς καταρρίφθηκε. Ο Lorenz απέδειξε ότι αυτή η άποψη ήταν λανθασμένη. Αυτή η επίδραση ήρθε να μαθευτεί ως «Το Φαινόμενο της Πεταλούδας». Το ποσό διαφοράς στις αφετηρίες των δύο ακολουθιών είναι τόσο μικρό που είναι συγκρίσιμο με μια πεταλούδα που χτυπά τα φτερά της στην ατμόσφαιρα. Αυτό το φαινόμενο, κοινό για τη Θεωρία του Χάους, είναι επίσης γνωστό ως η ευαίσθητη εξάρτηση στους αρχικούς όρους. Ακριβώς μια μικρή αλλαγή στους αρχικούς όρους μπορεί δραστικά να αλλάξει τη μακροπρόθεσμη συμπεριφορά ενός συστήματος. Μια τέτοια μικρή διαφορά συνήθως θεωρείται πειραματικός θόρυβος ή ακόμα και ανακρίβεια του εξοπλισμού. Τέτοια μικρά λάθη είναι αδύνατο να αποφευχθούν ακόμη και στο πιο απομονωμένο εργαστήριο. Από αυτήν την ιδέα, ο Lorenz δήλωσε ότι είναι αδύνατο να προβλεφθεί ο καιρός ακριβώς, ωστόσο αυτή η ανακάλυψη τον οδήγησε προς άλλες πτυχές της επιστήμης, σε αυτό που ήρθε τελικά να μαθευτεί ως Θεωρία του Χάους.

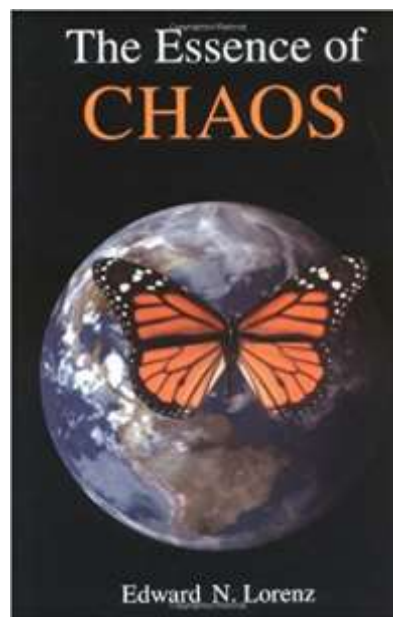


Edward Lorenz, ο πατέρας της θεωρίας του χάους

Ο Edward Norton Lorenz γεννήθηκε στις 23 Μάϊου του 1917 στο West Hartford της πολιτείας Connecticut. Ήταν Αμερικανός μετεωρολόγος και μαθηματικός. Σπούδασε μαθηματικά στο Κολλέγιο Dartmouth, από το οποίο αποφοίτησε το 1938 και το 1940 πήρε μεταπτυχιακό τίτλο από το Πανεπιστήμιο Harvard. Κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου υπηρέτησε στις εναέριες δυνάμεις των Η.Π.Α. και μόλις αυτός τελείωσε το 1943 συνέχισε τις σπουδές του για τον Διδακτορικό του τίτλο στο MIT (Massachusetts Institute of Technology). Από το 1946 ξεκίνησε να εργάζεται στο MIT ως μετεωρολόγος ενώ το διδακτορικό του, του απονεμήθηκε το 1948.



Στις αρχές της δεκαετίας του 1960, μέσα από μετεωρολογικά μαθηματικά μοντέλα που ανέπτυξε ο ίδιος, υποστήριξε τη γνώμη ότι τα μικρά γεγονότα και αλλαγές σε ένα σύστημα, μπορούν να επιφέρουν τεράστιες αλλαγές. Ένα τέτοιο σύστημα είναι η ατμόσφαιρα. Το 1972 δημοσίευσε την εργασία του «Προβλεψιμότητα: Μπορεί η κίνηση των φτερών μιας πεταλούδας στη Βραζιλία, να προκαλέσει τυφώνα στο Τέξας;» στην οποία τεκμηριώνει την άποψη που είχε διαμορφώσει το 1960. Το 1983 ο ίδιος και ο Henry M. Stommel τιμήθηκαν με το βραβείο Crafoord, της Σουηδικής Βασιλικής Ακαδημίας των Επιστημών, και το 1991 τιμήθηκε με το βραβείο Kyoto για τη συμβολή του σε ένα ευρύ πεδίο της βασικής επιστήμης. Κατά τη διάρκεια της ζωής του απέκτησε 3 παιδιά και 4 εγγόνια. Έπειτα από ανακοίνωση του MIT στις 16 Απριλίου 2008 γνωστοποιήθηκε ότι ο Edward Norton Lorentz πέθανε νικημένος από τον καρκίνο σε ηλικία 90 ετών.



Το φαινόμενο της πεταλούδας

Το «Φαινόμενο της Πεταλούδας» περικλείει την άποψη ότι μικρές, φαινομενικά ασήμαντες αλλαγές μπορεί να προκαλέσουν τεράστιες αποκλίσεις στην εξέλιξη των πραγμάτων, δημιουργώντας μια τελείως διαφορετική πραγματικότητα, όπως ακριβώς μια πεταλούδα που χτυπάει τα φτερά της στην Ασία μπορεί να δημιουργήσει έναν τυφώνα στη Βόρεια Αμερική.

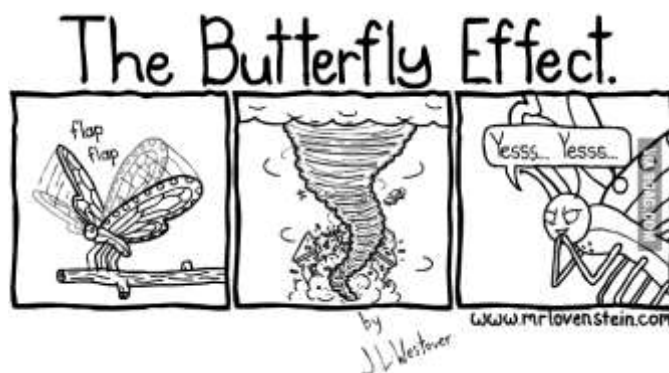


Η Μαθηματική αυτή θεωρία αναφέρεται στην ευαίσθητη εξάρτηση ενός συστήματος από τις αρχικές συνθήκες. Πως, δηλαδή, μικρές διαφορές στις αρχικές συνθήκες αποδίδουν πολύ διαφορετικά αποτελέσματα για τα δυναμικά συστήματα, καθιστώντας τη μακροπρόθεσμη πρόβλεψη αδύνατη σε γενικές γραμμές. Αυτό συμβαίνει παρ' όλο που αυτά τα συστήματα είναι αιτιοκρατικά, πράγμα που σημαίνει ότι η μελλοντική συμπεριφορά τους καθορίζεται πλήρως από τις αρχικές συνθήκες τους, χωρίς να εμπλέκονται τυχαίες παράμετροι.

Διαφορετικές παραλλαγές του φαινομένου εκφράζουν ουσιαστικά την ίδια ιδέα: *μια απειροελάχιστη μεταβολή στη ροή των γεγονότων οδηγεί, μετά από την πάροδο κάποιου χρόνου, σε μια εξέλιξη της ιστορίας του συστήματος δραματικά διαφορετική από εκείνη που θα λάμβανε χώρα, αν δεν είχε συμβεί η μεταβολή.*

Αυτό μας λέει και η θεωρία του Χάους. Γιατί το Χάος ως θεωρία εν προκειμένω δηλώνει: “Το παρόν καθορίζει το μέλλον, αλλά η προσέγγιση του παρόντος δεν προσδιορίζει κατά προσέγγιση το μέλλον”.

Σίγουρα είναι τρομακτικό αλλά και ιδιαίτερα όμορφο σαν πρόκληση. Το άγνωστο του αύριο... Και το ότι τα πάντα εξαρτώνται απ' το οτιδήποτε.



Επίλογος – Συμπεράσματα

Η πρόσφατη αυτή θεωρία έχει να διδάξει όλους μας την σημασία και των μικρότερων αλλαγών. Μπορείτε να αναρωτηθείτε κατά πόσο θα άλλαζε η ζωή σας από μία πολύ μικρή μεταβολή στη ροή των πραγμάτων ή στη καθημερινή σας ρουτίνα; Παράδειγμα αποτελεί η λεωφόρος Κηφισίας. Κάθε ένα λεπτό περνούν πράσινο σηματοδότη 180 περίπου αυτοκίνητα. Αν αργούσαμε αυτό το ένα λεπτό, θα είχαμε μείνει 180 αυτοκίνητα πίσω.

Το φαινόμενο όμως αυτό έχει μεγάλη βαρύτητα και στον τομέα της Φυσικής και όλων των Φυσικών επιστημών. Κάθε μικρό σφάλμα οδηγεί σε φθαρμένο αποτέλεσμα, το οποίο με την σειρά του οδηγεί, ίσως, σε λανθασμένο συμπέρασμα. Το φαινόμενο έχει, λοιπόν, μεγάλη σημασία και βαρύτητα στους επιστημονικούς τομείς που αφορούν και στην πρόγνωση (π.χ. σειсмоγραφία, μετεωρολογία). Πρέπει να δίνεται έμφαση ακόμα και στα μικρότερα στοιχεία (όπως το 7ο, 8ο, 9ο, ... δεκαδικό ψηφίο ενός αριθμού), καθώς η παράβλεψή τους μπορεί να αλλάξει κατά πολύ ένα αποτέλεσμα μερίζοντας σημασίας (τσουνάμι).

Πηγές

Bradley, Larry. "The Butterfly Effect." *Chaos & Fractals*, www.stsci.edu/~lbradley/seminar/butterfly.html. Διαδίκτυο. 05 Δεκεμβρίου 2017.

"Edward Lorenz, father of chaos theory and butterfly effect, dies at 90." *MIT News*, 16 Apr. 2008, news.mit.edu/2008/obit-lorenz-0416. Διαδίκτυο. 08 Ιανουαρίου 2018.

Hinkel, Lauren. "Chaos and Climate: Celebrating Two Pioneers of Modern Meteorology." *MIT News*, Massachusetts Institute of Technology, 14 Feb. 2018, news.mit.edu/2018/mit-chaos-and-climate-celebration-two-pioneers-modern-meteorology-0214. Διαδίκτυο. 31 Μαρτίου 2018.

- iefimerida.gr. “Αλήθειες και μύθοι γύρω από το φαινόμενο της πεταλούδας.” Iefimerida.gr, Iefimerida.gr, 4 Dec. 2014, www.iefimerida.gr/news/181334/alitheies-kai-mythoi-gyro-apo-fainomeno-tis-petaloydas. Διαδίκτυο. 20 Νοεμβρίου 2017.
- Lorenz, Edward Norton. *Amazon*. University of Washington Press, 1995, www.amazon.com/Essence-Chaos-Jessie-John-Lectures/dp/0295975148. Διαδίκτυο. 31 Μαρτίου 2018.
- O'Connor, J J, και Robertson, E. F. “Edward Norton Lorenz.” Lorenz_Edward biography, www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Biographies/Lorenz_Edward.html. Διαδίκτυο. 21 Ιανουαρίου 2018.
- “Εντουαρντ Λόρεντζ.” Σαν Σήμερα .Gr, www.sansimera.gr/biographies/361. Διαδίκτυο. 21 Ιανουαρίου 2018.
- Καραγιάννη, Ρέα. “Η Θεωρία του Χάους και το φαινόμενο της Πεταλούδας.” Πύλη Ιάσωνος - Η Θεωρία του Χάους και το φαινόμενο της Πεταλούδας, 16 Dec. 2014, www.schizas.com/site3/index.php?option=com_content&view=article&id=57029%3Ai -. Διαδίκτυο. 21 Ιανουαρίου 2018.
- Καρατζά, Ελένη. “Το φαινόμενο της πεταλούδας.” Ελευθεροτυπία, 17 Mar. 2014, www.enet.gr/?i=news.el.article&id=421078. Διαδίκτυο. 21 Ιανουαρίου 2018.
- Κυβελέα, Μαρίνα. “Το φαινόμενο της Πεταλούδας-The Butterfly Effect.” Frapress, 26 May 2016, frapress.gr/2015/09/fenomeno-tis-petaloudas-butterfly-effect/. Διαδίκτυο. 22 Ιανουαρίου 2018.
- Μπούντης, Αναστάσιος & Μιχαηλίδης, Τεύκρος. “Μιλώντας στην Αθηνά για το χάος και την πολυπλοκότητα.”, Εκδόσεις Πατάκη

Οφθαλμαπάτες

Ζαΐμης Κωνσταντίνος

Πρόλογος

Οι οφθαλμαπάτες είναι αντικείμενο με το οποίο σίγουρα όλοι έχουμε έρθει σε επαφή. Τις έχουμε σίγουρα εντοπίσει σε έργα με σκηνές δράσης στις αχανείς ερήμους της Αφρικής ή της Ασίας, ή σε περιοδικά με γρίφους και σπαζοκεφαλίες. Μας είναι γνωστές με την μορφή, για παράδειγμα, παιχνιδιών με σχήματα που φαντάζουν να κινούνται ενώ στην πραγματικότητα μένουν ακίνητα, ή με την μορφή ανύπαρκτων οάσεων στην έρημο. Ωστόσο, οι οφθαλμαπάτες ως φυσικό φαινόμενο είναι αρκετά πιο περίπλοκες από αυτό και μας περιτριγυρίζουν στην καθημερινή μας ζωή πολύ περισσότερο από ό,τι νομίζουμε.

Οι οφθαλμαπάτες εν γένει «ξεγελούν» τον εγκέφαλο και τον κάνουν είτε να βλέπει πράγματα που ουσιαστικά δεν υπάρχουν, είτε να μην βλέπει πράγματα που στην πραγματικότητα υπάρχουν, ή να παραποιεί την εικόνα πραγμάτων που όντως υπάρχουν. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μπερδευόμαστε αντιλαμβανόμενοι τον κόσμο γύρω μας διαφορετικά από αυτό που πραγματικά είναι, και λόγω της συμπεριφοράς του φωτός, να απατώμεθα από τον ίδιο τον εγκέφαλό μας, εις τρόπον ώστε η επαφή και η επικοινωνία μας με τον περιβάλλοντα χώρο να μην είναι εντελώς πραγματική.

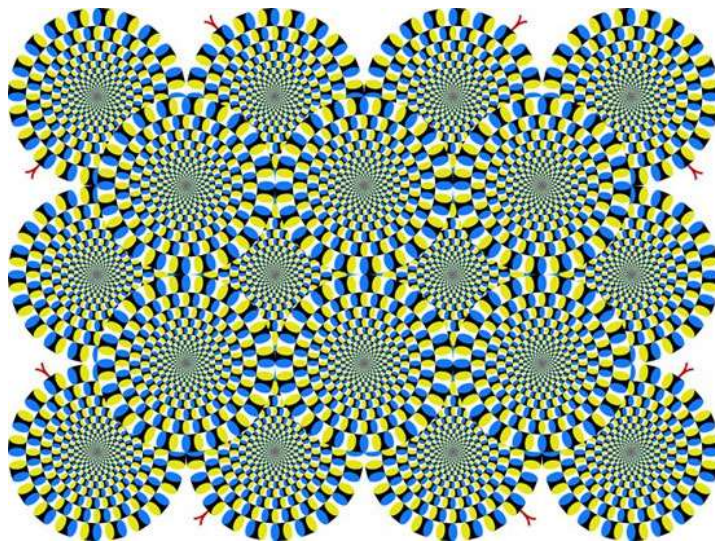
Κυρίως ανάπτυξη θέματος

Αρχικά, θεωρώ σκόπιμο να αναφέρω πως ο ανθρώπινος οργανισμός δεν δύναται να διακρίνει το κάθε τι που υπάρχει στο περιβάλλον γύρω του. Έτσι, τα μάτια μας εντοπίζουν κάποιες εικόνες του έξω κόσμου και εν συνεχεία τις «στέλνουν» στον εγκέφαλό μας μέσω των οπτικών νευρώνων. Ο εγκέφαλος κατόπιν, συμπληρώνει τις ελλείψεις αυτές εικόνες με αντίστοιχες νοερές, που λόγω πείρας και εξοικείωσης με τον κόσμο νομίζει ότι πραγματικά υπάρχουν. Συνεπώς, κατά την διάρκεια πραγματοποίησης αυτής της διαδικασίας σε περίπλοκες και πρωτόγνωρες περιπτώσεις υπάρχει το ενδεχόμενο σφάλματος το οποίο οδηγεί σε ψευδαισθήσεις, οφθαλμαπάτες. Επιπλέον, ο εγκέφαλος, απολύτως λογικά, επιλέγει και αποθηκεύει στην μνήμη του μόνον τα κύρια, μόνιμα γνωρίσματα του σώματος το οποίο παρατηρεί, ώστε έπειτα, να είναι σε θέση να το αναγνωρίσει ξανά, χωρίς όμως να πλήττεται από υπερβολική συμφόρηση λόγω αχρείαστων πληροφοριών. Αυτή όμως η μέθοδος δρα αρνητικά σε ό,τι αφορά τις οφθαλμαπάτες καθώς έτσι υπάρχει πιθανότητα για παρερμηνείες και παρεξηγήσεις οι οποίες οδηγούν στην εμφάνιση του ανωτέρω φαινομένου.

Κάποιες από αυτές τις παρερμηνείες του κόσμου που δίνει ο εγκέφαλός μας οφείλονται σε λάθη κατά την μετάδοση της εικόνας από τον οφθαλμό στον εγκέφαλο. Το αποτέλεσμα είναι κάποιες μαύρες κηλίδες στο οπτικό μας πεδίο που πραγματικά δεν υπάρχουν και προκαλούνται από την έντονη παρακολούθηση δυνατής φωτεινής πηγής πχ ήλιος, ή ένα ειδικά κατασκευασμένο ασπρόμαυρο σχέδιο.

Επίσης κάποια σχέδια μπορούν να δώσουν την αίσθηση κίνησης, λόγω της θέσης των χρωμάτων και των σχημάτων τους. Τρανό παράδειγμα αποτελεί η οφθαλμαπάτη που ανέπτυξε ο καθηγητής Κιταόκα ο οποίος διευκρίνισε πως η φορά της απατηλής περιστροφής βασίζεται στην σειρά διάταξης των χρωμάτων. Στην προσπάθεια ερμηνείας του φαινομένου αυτού, εξελίχθηκαν δύο

θεωρίες επεξήγησής του. Η πρώτη υποστηρίζει πως το φαινόμενο τούτο προκαλείται λόγω χρονικής καθυστέρησης αντίληψης από το άτομο των οπτικών σημάτων ανάλογα με την αντίθεση ανάμεσα στα χρώματα. Με άλλα λόγια κάποια οπτικά σήματα φτάνουν μέχρι τον εγκέφαλο ταχύτερα από ό,τι άλλα με αποτέλεσμα να δημιουργείται το αίσθημα της κίνησης, καθώς υπάρχει ανάμεσα στην στιγμή αντίληψης των διαφόρων οπτικών σημάτων, που βασίζονται σε άλλα χρώματα, ένα χρονικό κενό. Έτσι ο εγκέφαλος που έχει συνηθίσει να συνταιριάζει τα οπτικά ερεθίσματα σύμφωνα με την εμπειρία και την μνήμη του πλανάται και πιστεύει πως το σώμα κινείται. Η δεύτερη, η οποία βρίσκει σύμφωνο τον Ιάπωνα ερευνητή, εξηγεί την οφθαλμαπάτη αποδίδοντας την ψευδαίσθηση της κίνησης στην ασυμμετρία που εμφανίζεται ανάμεσα στα οπτικά σήματα, η οποία οφείλεται στην αλληλουχία των χρωμάτων. Έτσι το μυαλό μας υιοθετεί την λανθασμένη αντίληψη ότι η ασυμμετρία εμφανίζεται λόγω βάθους, άρα κάνει τον συνειρμό ότι το σώμα κινείται. Παρόλα αυτά τέτοιες παρερμηνείες του κόσμου δεν είναι διόλου ανησυχητικές, καθώς όπως τονίζουν οι ειδικοί αν το οπτικό μας σύστημα δυσλειτουργούσε τόσο δραματικά, θα είχε εξελιχθεί.

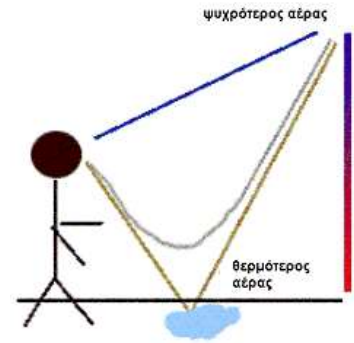


Θύματα οφθαλμαπάτης μπορούμε ακόμη να πέσουμε, όντες προδομένοι από την μνήμη μας. Δηλαδή, να παραγνωρίσουμε μία μορφή η ποια θεωρούμε πως ταιριάζει σε μία γνώριμη εικόνα, ενώ πραγματικά είναι κάτι άλλο. Ωραιότατο παράδειγμα αποτελεί η περίφημη μάσκα του έρωτα η οποία με την πρώτη ματιά φαντάζει να απεικονίζει ένα θολό και θλιμμένο πρόσωπο. Μήπως όμως αυτό που εικονίζεται δεν είναι **ένα** πρόσωπο; Στην πραγματικότητα εάν κάποιος παρατηρήσει προσεκτικά την μάσκα, θα διαπιστώσει ότι εν τέλει η εικόνα παρουσιάζει δύο πρόσωπα, ενός άνδρα και μίας γυναίκας να ανταλλάσσουν ένα φιλή. Αυτό συμβαίνει γιατί τα στοιχεία που μνημονεύουμε για να αναγνωρίσουμε ένα πρόσωπο είναι κάτι παραπάνω από ανεπαρκή. Φτάνουν μονάχα δύο γραμμές για τα μάτια, μία για την μύτη και άλλη μία για το στόμα. Επιπλέον, το πλαίσιο της μάσκας που ο εγκέφαλος το συνδέει με τα όρια ενός προσώπου ολοκληρώνει την οφθαλμαπάτη. Οι δημιουργοί της μάσκας: Τζάνι Σαρκόνε, Κόρτνεϊ Σμιθ και Μαρί-Τζο Γουέμπερ, δήλωσαν ότι από την στιγμή που κάποιος αντιληφθεί την ύπαρξη δύο προσώπων, θα βλέπει σε εναλλαγή ένα και δύο πρόσωπα. Αυτού του είδους η ψευδαίσθηση ονομάζεται «δισταθής οφθαλμαπάτη».



Υπάρχουν πολλών ειδών τέτοιες οφθαλμαπάτες οι οποίες οφείλονται σε λάθη και αδυναμίες του εγκεφάλου. Οι πιο ενδιαφέρουσες όμως είναι αυτές που οφείλονται σε συμπεριφορές του φωτός. Προφανώς θα έχουμε βρεθεί κάποια καλοκαιρινή ζεστή μέρα σε κάποιον δρόμο με έντονη έκθεση στον ήλιο. Πιθανόν λοιπόν είναι να προσέξαμε κάποια «νερά» στον δρόμο, σαν αυτός να ήταν βρεγμένος, αλλά όταν ζυγώσαμε περισσότερο αυτά εξαφανίστηκαν και μετατοπίστηκαν κάποια

μέτρα παραπέρα. Αυτή η πασίγνωστη οφθαλμαπάτη ονομάζεται «αντικατοπτρισμός». Για να ερμηνεύσουμε αυτό το φαινόμενο, είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε τον τρόπο διάδοσης του φωτός στον αέρα. Στην περίπτωση που ο αέρας έχει την ίδια θερμοκρασία παντού, το φως ταξιδεύει σε αυτόν διατηρώντας ευθεία πορεία, επειδή κατά αυτόν τον τρόπο η πυκνότητα του αέρα παραμένει σταθερή, και άρα ο πιο σύντομος χρονικά δρόμος για το φως είναι ο ίσιος. Εάν όμως η θερμοκρασία του αέρα δεν είναι σταθερή, αλλά περνά από διάφορες διαβαθμίσεις ψυχρού και θερμού, το φως θα περάσει από τον θερμότερο αέρα, καθώς αυτός έχει την μικρότερη πυκνότητα όπως και τον μικρότερο δείκτη διάθλασης άλλωστε, και άρα μειώνεται ο χρόνος διάδοσης του φωτός, δεδομένου ότι η ταχύτητα του φωτός είναι αντιστρόφως ανάλογη με την πυκνότητα του μέσου διάδοσής του.



Κατά αυτόν τον τρόπο δημιουργείται μία τέτοια οφθαλμαπάτη, εφόσον σε μία τέτοια θερμή μέρα σαν αυτήν του παραδείγματος ο αέρας που βρίσκεται πιο κοντά στην καυτή άσφαλτο είναι θερμότερος εκείνου που βρίσκεται μακρύτερά της. Άρα το φως που προέρχεται από τον ήλιο θα επιλέξει την συντομότερη χρονικά και όχι κατ' ανάγκην χωρικά διαδρομή για να φτάσει στο μάτι μας, και έτσι η πορεία που θα χαράξει μια τέτοια δέσμη φωτός από την πηγή ως το μάτι μας θα είναι καμπύλη, έστω και αν το συνολικό μήκος της είναι μεγαλύτερο από αυτό της ευθείας. Η εξήγηση σε αυτήν την συμπεριφορά είναι ότι κατά την μετακίνηση σε καμπύλη διαδρομή η ταχύτητα είναι μεγαλύτερη. Όμως έτσι το φως διαθλάται κατά την διάρκεια της πορείας του επειδή μεταβαίνει από τον πυκνό ψυχρό αέρα με τον μεγάλο δείκτη διάθλασης στον θερμό αέρα με την μικρή πυκνότητα και τον μικρό δείκτη διάθλασης, και αντίστροφα, μέχρι να φτάσει στον προορισμό του. Όταν το φως διαθλάται μεταβάλλεται η διεύθυνση διάδοσής του, αποκλίνουσα από την κάθετο του μέσου όταν μεταβαίνει από το πυκνό σώμα στο αραιό και συγκλίνουσα προς την κάθετο όταν μεταβαίνει από το αραιό στο πυκνό.

Αυτό ωστόσο προκαλεί διάφορες μεταβολές στην πορεία διάδοσης του φωτός, πράγμα το οποίο έχει ως αποτέλεσμα να μπερδεύει τον εγκέφαλό μας και να του δίνει την αίσθηση του ότι βλέπουμε νερό. Δηλαδή ο αφελής και απλός εγκέφαλος του ανθρώπου θεωρεί ότι η πορεία του φωτός προκύπτει αν προεκταθεί η ευθεία με την οποία το φως έπεσε στο μάτι, χωρίς να λαμβάνονται υπ' όψιν ούτε η διάθλαση ούτε η τάση του φωτός να ακολουθεί την χρονικά συντομότερη πορεία, με αποτέλεσμα ο εγκέφαλος να βλέπει το φως να έρχεται ευθεία από κάτω. Επομένως, το μυαλό μας ερμηνεύει ό,τι βλέπει σαν νερά. Ιδιαίτερα αφελές θα είναι ο εγκέφαλος να κάνει τον συνειρμό ότι, αφού το νερό ανακλά το μπλε χρώμα του ουρανού θα πρέπει λογικά και αυτό το νερό που βλέπουμε να είναι μπλε και άρα προσθέτει νοερά το χρώμα αυτό σε ό,τι βλέπει. Η οφθαλμαπάτη αυτή όμως ξεδιαλύνει όσο πλησιάζουμε στο σημείο όπου βλέπουμε τα νερά και συμβαίνει πάλι λίγο παρακάτω. Αυτή είναι και η επικινδυνότητα του φαινομένου του αντικατοπτρισμού για έναν διψασμένο ταξιδιώτη ο οποίος νομίζει πως το νερό είναι πραγματικό και προσπαθεί να το προσεγγίσει με αποτέλεσμα να χαθεί και στην χειρότερη περίπτωση να πεθάνει.

Επίλογος – Συμπεράσματα

Συνεπώς οι οφθαλμαπάτες δεν είναι πάντοτε κόλπα του περιβάλλοντος προς εμάς αλλά πολλές από αυτές οφείλονται στον τρόπο λειτουργίας του ανθρώπινου εγκεφάλου. Άλλες πάλι προκαλούνται λόγω των συμπεριφορών του φωτός και μπορούν να μπερδέψουν επικίνδυνα τους ανθρώπους. Σε καμία περίπτωση όμως ο εγκέφαλός μας δεν υπολειπονται αφού όλα αυτά είναι φυσιολογικά και

δεν υπάρχει ούτε λόγος ούτε περιθώριο ανησυχίας. Παρ' όλα αυτά οι οφθαλμαπάτες είναι μία ενδιαφέρουσα σελίδα της φυσικής που αξίζει να κοιτάξουμε.

Πηγές

Φαφούτη, Λαλίνα. “Πώς μας γελούν τα μάτια μας”. *Το Βήμα*. Σεπ.31, 2011.
<http://www.tovima.gr/science/article/?aid=413133>. Απρ14,2018.

“ Πως δημιουργείται ένας αντικατοπτρισμός”. *Η Φυσική στο Δίκτυο Η πρώτη πύλη της Φυσικής στην Ελλάδα*. Νοε, 2003. <http://www.physics4u.gr/faq/mirror.html>. Απρ 14, 2018.

Δίδεται το URL των εικόνων με την σειρά χρήσης τους:

- 1) <https://www.otherside.gr/2011/08/pws-mas-geloun-ta-matia-mas/>
- 2) <http://www.tovima.gr/science/article/?aid=413133>
- 3) <http://www.physics4u.gr/faq/mirror.html>

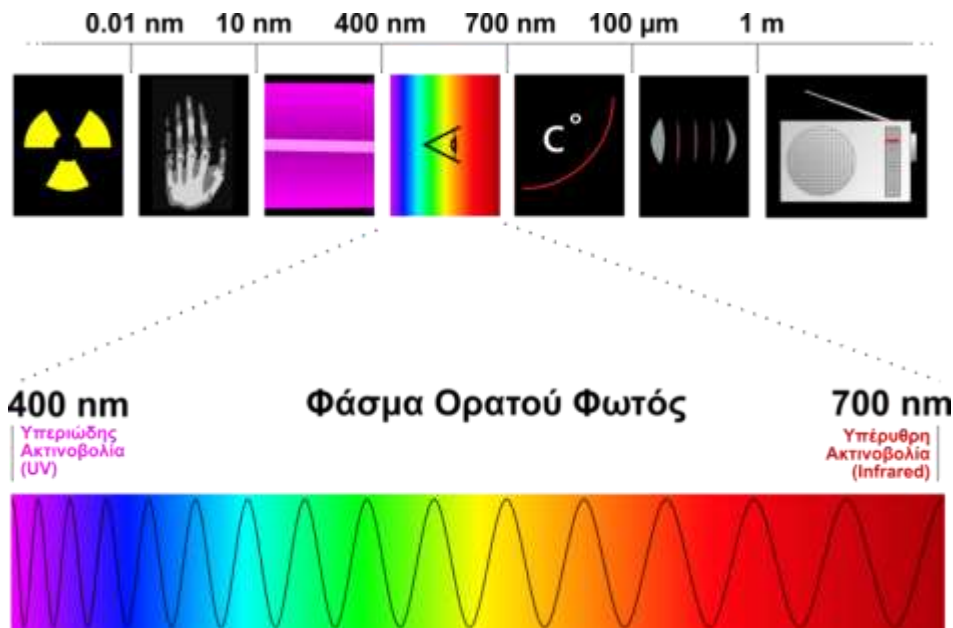
Το Φως

Ζαΐμης Κωνσταντίνος, Πολυχρονόπουλος Κωνσταντίνος, Τόλιας Εμμανουήλ

Πρόλογος

Το τι είναι το φως έχει απασχολήσει τους επιστήμονες εδώ και πολλούς αιώνες. Στον 17^ο αιώνα ο Ισαάκ Νεύτων δημιούργησε την θεωρία ότι το φως αποτελείται από μικροσκοπικά σωμάτια και στη συνέχεια ο Κρίστιαν Χόυγκενς ανέπτυξε την θεωρία πως το φως είναι φτιαγμένο από κύματα. Το 1870, ο Τζέιμς Μάξγουελ απέδειξε θεωρητικά και στη συνέχεια ο Χάινριχ Χερτς πειραματικά ότι τα κύματα του φωτός έχουν ηλεκτρομαγνητική φύση. Αργότερα, το 1900 ο Μαξ Πλανκ ανακοίνωσε ότι το φως είναι κβαντισμένο. 5 χρόνια αργότερα ο Αϊνστάιν απέδειξε την ανακοίνωση του Πλανκ. Τελικά, βγήκε το συμπέρασμα ότι το φως είναι και σωμάτιο και κύμα.

Το Φως είναι μία έννοια της φυσικής αρκετά πολύπλοκη που χρειάστηκε αρκετό χρόνο και αρκετούς επιστήμονες για να προσδιοριστεί. Το φως, κατά πως γνωρίζουμε σήμερα και κατά πως το ονομάζουμε είναι το φάσμα των ορατών και μόνο συχνοτήτων των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Ένα παράδειγμα ηλεκτρομαγνητικού κύματος αοράτου από τον άνθρωπο είναι οι υπέρυθρες ακτίνες. Όμως, αν και είναι ενεργειακό κύμα το φως συμπεριφέρεται και ως υλικό σωμάτιο διότι απαρτίζεται από φωτόνια, υλικά σωματίδια αμελητέας, μηδενικής, μάζας τα οποία κινούνται στο κενό με την ταχύτητα του φωτός περίπου 300.000 km/s.



Το συγκεκριμένο φάσμα ηλεκτρονικών κυμάτων που ονομάζουμε φως.

Από τι αποτελείται το φως

Οι αρχαίοι Έλληνες είχαν ήδη διατυπώσει ότι το φως αποτελείται από σωματίδια τα οποία κινούνται με τεράστιες ταχύτητες. Σύμφωνα με την θεωρία του Planck η ύλη εκπέμπει και απορροφάει φως, δηλαδή ποσά ενέργειας που ονομάζονται φωτόνια. Η ενέργεια που έχει κάθε φωτόνιο δηλώνεται από την σχέση $E=hf$ όπου h η σταθερά του Planck και f η συχνότητα των κυμάτων φωτός.

Φως και Maxwell

Ο σκωτσέζος επιστήμονας Maxwell ήταν αυτός που με τις 4 εξισώσεις του απέδειξε την ηλεκτρομαγνητική φύση του φωτός, ότι δηλαδή αυτό ήταν ένα φάσμα, σύνολο, ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Οι εξισώσεις του επιστήμονα αυτού ήταν άκρως σημαντικές για τον ηλεκτρομαγνητισμό και άρα οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι το φως άνηκε στον ηλεκτρομαγνητισμό, μέσω των βασικών σταθερών του τελευταίου. Εν ολίγοις, από το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο προκύπτουν οι εξισώσεις κυμάτων, οι κυματικές εξισώσεις η αντίστοιχη ταχύτητα διάδοσης των οποίων είναι $u=300.000\text{ km/s}$, ίση με αυτήν του φωτός. Άρα το γεγονός ότι το ηλεκτρομαγνητικά κύματα κινούνται τόσο γρήγορα όσο και το φως αποτελεί περίτρανη απόδειξη ότι το φως είναι ένα ηλεκτρομαγνητικό κύμα.

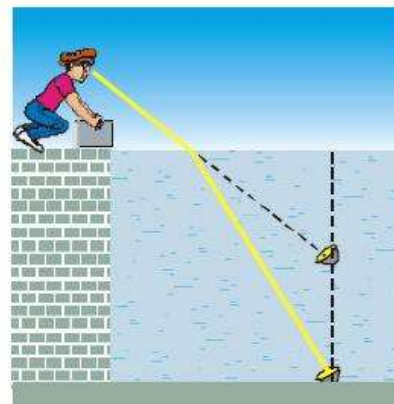


Η διάδοση του φωτός

Το φως διαδίδεται σε μορφή δεσμών. Από μία φωτεινή πηγή, αρχικά, ξεκινούν να διαδίδονται δέσμες φωτός προς όλες τις κατευθύνσεις, το φως λοιπόν, θα διαδοθεί ομοιόμορφα και ευθύγραμμα προς όλες τις κατευθύνσεις. Οι δέσμες φωτός αναλύονται σε ακτίνες οι οποίες, όλες μαζί αποτελούν το ονομαζόμενο λευκό φως. Λευκό φως ονομάζεται από τον άνθρωπο ο συνδυασμός όλων των χρωμάτων μαζί, και ένα παράδειγμα πηγής λευκού φωτός είναι ο ήλιος. Η κάθε μια ακτίνα που το αποτελεί έχει μία διαφορετική συχνότητα ηλεκτρομαγνητικού κύματος, άρα και διαφορετική θέση στο φάσμα του φωτός, και κατά συνέπια διαφορετικό χρώμα για ανθρώπινο μάτι. Οι δέσμες φωτός κινούνται και στο κενό του διαστήματος και μέσα σε ύλη.

Το φως ωστόσο, δεν κινείται πάντοτε σε ευθεία πορεία αλλά επιλέγει την συντομότερη οδό από απόψεως χρόνου και όχι χώρου. Εν ολίγοις, υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες η ταχύτερη πορεία είναι η μακρύτερη, οπότε το φως επιλέγει εκείνον τον δρόμο, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι δεν θα διαδοθούν και κάποιες δέσμες προς τις άλλες κατευθύνσεις. Για παράδειγμα, εάν κάποιος βρίσκεται στην έρημο η σε οποιοδήποτε θερμό περιβάλλον μπορεί να δει το φως του ήλιου να σχηματίζει μία λοξή πορεία πηγαίνοντας προς το έδαφος και ύστερα πάλι προς τα πάνω και κατά συνέπια και στο μάτι του παρατηρητή αυτού. Αυτό συμβαίνει διότι στην περιοχή που βρίσκεται κοντά στο έδαφος ο αέρας είναι θερμότερος οπότε και αραιότερος επειδή θερμότητα ρέει από το θερμό έδαφος στον λιγότερο θερμό αέρα, ο οποίος με την σειρά του θερμαίνεται πολύ. Άρα το φως περνά από μέσα του χωρίς ιδιαίτερη δυσκολία αφού ελαττώνονται κατ' αυτόν τον τρόπο οι συγκρούσεις του φωτός με την ύλη. Οπότε, το ανθρώπινο μάτι θεωρεί πως το συγκεκριμένο φως, που λόγω του ουρανού είναι μερικές φορές γαλάζιο, προέρχεται από το χρώμα και άρα δημιουργούνται οι οφθαλμαπάτες για τις οποίες γίνεται λόγος στα έργα η σε ιστορίες για την έρημο.

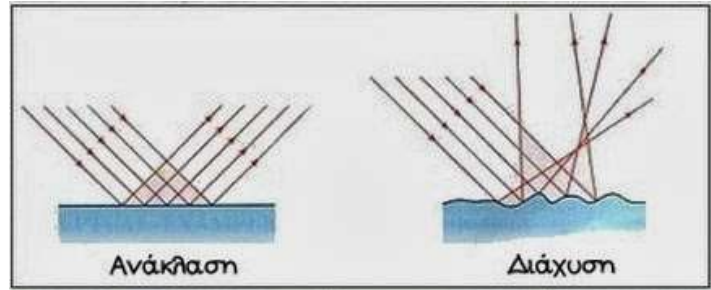
Η ταχύτητα του φωτός όμως μεταβάλλεται ανάλογα με το υλικό στο οποίο κινείται, καθώς στο κενό έχει ταχύτητα περίπου 300.000 km/s ενώ στον αέρα μικρότερη. Ακόμα μικρότερη είναι η ταχύτητα του φωτός στο νερό ή στον πάγο, επομένως συμπεραίνουμε πως όσο μεγαλύτερη είναι η πυκνότητα του υλικού μέσα στο οποίο ταξιδεύει το φως, τόσο μικρότερη θα είναι η ταχύτητα του τελευταίου. Αυτό το συμπέρασμα επαληθεύει την θεωρία ότι το φως αποτελείται από ύλη, διότι τα φωτόνια προσπέφτουν πάνω στα άτομα των σωμάτων αυτών και άρα οι απωστικές δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ τους, χωρίς τα δύο σωματίδια να αγγίζονται, ελαττώνουν την ταχύτητα του φωτός. Το φως επίσης, όταν έρχεται σε επαφή με ένα υλικό σώματος που βρέθηκε στην ευθεία διάδοσής του, παρουσιάζει κάποιες ιδιότητες, συμπεριφορές. Μία εξ αυτών είναι η διάθλαση. Η διάθλαση πραγματοποιείται όταν το φως διέρχεται από διαφανές ή ημιδιαφανές υλικό, μεταβαίνοντας ταυτόχρονα από ένα οπτικό μέσο, υλικό, σε ένα άλλο διαφορετικής πυκνότητας. Παραδείγματος χάριν, όταν μία δέσμη φωτός διαδίδεται μέσα στον αέρα, και μεταβαίνει σε γυαλί, το οποίο έχει μεγαλύτερη πυκνότητα, το φως διαθλάται διότι, λόγω μεγαλύτερης πυκνότητας μέσου ελαττώθηκε η ταχύτητά του και άρα άλλαξε η διεύθυνση διάδοσής του. Η διάθλαση του φωτός στο συγκεκριμένο παράδειγμα έχει ως αποτέλεσμα το πλησίασμα της δέσμης φωτός προς την κάθετο του γυαλιού, ενώ εάν η δέσμη μετέβαινε από το γυαλί προς τον αέρα θα διαθλούταν με απομάκρυνσή της από την κάθετο του υλικού αυτού. Η γωνία διάθλασης του φωτός η γωνία απομάκρυνσης ή πλησίασμάτος του σε ή από την κάθετο του γυαλιού δηλαδή, είναι ανάλογη της διαφοράς πυκνότητας των δύο οπτικών μέσων, από τα οποία διέρχεται το φως. Εν ολίγοις, όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά πυκνότητας των δύο υλικών, τόσο μεγαλύτερη θα είναι και η γωνία διάθλασης της δέσμης φωτός. Επιτρέψτε μου τώρα να πω ένα παράδειγμα πάνω σε αυτά. Αν υποθέσουμε πως μία ομάδα αστροναυτών βρίσκεται πάνω στην Σελήνη και, όπως πραγματικά συνέβη για να μετρηθεί η απόσταση Γης-Σελήνης αλλά και η τροχιά της τελευταίας, τοποθετεί έναν ανακλαστήρα λέιζερ και έπειτα περιμένει σήμα από την Γη. Οι επιστήμονες της Γης, σε αυτήν την περίπτωση, θα πρέπει να στοχεύσουν το λέιζερ τους, λαμβάνοντας υπ' όψιν την παράμετρο της διαφοράς πυκνότητας ατμοσφαιρικού αέρα-κενού η οποία ισούται με την πυκνότητα ατμοσφαιρικού αέρα. Αφού λοιπόν η δέσμη φωτός αυτή διαδίδεται σε μέσο μεγάλης πυκνότητας μεταβαίνοντας σε άλλο με μηδενική πυκνότητα, η δέσμη θα συνεχίσει την πορεία της, αποκλίνοντας από την κάθετο του νέου μέσου, ως προ είπα. Οπότε, θα πρέπει να υπολογιστεί η πυκνότητα του ατμοσφαιρικού αέρα, και η γωνία απόκλισης λόγω διάθλασης, για να βρεθεί η δέσμη του λέιζερ στο κατάλληλο σημείο. Το φαινόμενο της διάθλασης έχει επίπτωση στο ανθρώπινο μάτι, καθώς αυτό, βλέποντας την διαθλασμένη δέσμη φωτός να πέφτει πάνω του, ασυνείδητα θεωρεί την πορεία της από την πηγή ως εκείνο μία ευθεία όπως είναι κανονικά με αποτέλεσμα να βλέπει την πηγή σε διαφορετική θέση από ότι είναι, χαμηλότερα ή ψηλότερα δηλαδή, ανάλογα με την πορεία διάθλασης του φωτός.



Το φαινόμενο της διάθλασης.

Ένα ακόμα φαινόμενο που παρατηρείται όταν το φως έρχεται σε επαφή με άλλο υλικό είναι η ανάκλαση του φωτός. Η ανάκλαση πραγματοποιείται όταν το φως προσπέφτει πάνω σε μία λεία επιφάνεια, διαφανούς, ημιδιαφανούς ή αδιαφανούς υλικού, κατά την οποία το φως, πέφτοντας πάνω στο λείο σώμα αλλάζει πορεία διάδοσης, και συνεχίζει να διαδίδεται στο προηγούμενο μέσο διάδοσής του. Κατά την αλλαγή πορείας της, η δέσμη φωτός ανακλάται, με γωνία ανάκλισης ίση με αυτήν με την οποία προσπέφτει η δέσμη στην επιφάνεια του λείου σώματος. Κατά την διάρκεια

πραγματοποίησης της ανάκλασης, όπως και σε κάθε περίπτωση που το φως ταξιδεύει μέσα σε ύλη, υπάρχει απορρόφηση της ενέργειάς του από το υλικό το οποίο αγγίζει ή μέσα στο οποίο ταξιδεύει. Η αντανάκλαση του φωτός οφείλεται στην απώθηση των σωματιδίων από την επιφάνεια αντανάκλασης, πράγμα το οποίο σχετίζει το φαινόμενο αυτό με



την υλική σύσταση του φωτός, τα φωτόνια που το αποτελούν δηλαδή, ενώ η διάθλαση του φωτός οφείλεται στην έλξη μεταξύ των σωματιδίων και της επιφάνειας διάθλασης. Έτσι, ένα μέσο θα μπορούσε είτε να προσελκύσει είτε να απωθήσει τα σωματίδια του φωτός. Όμως το γυαλί και αντανάκλα αλλά και διαθλά το φως ταυτόχρονα έχουμε λοιπόν τα φαινόμενα περίθλασης, παρεμβολής και πόλωσης του φωτός για τα οποία όμως δεν θα γίνει περεταίρω λόγος.

Η πρόσπτωση μίας δέσμης φωτός σε μία τραχιά επιφάνεια αυτήν την φορά, προκαλεί το φαινόμενο της διάχυσης του φωτός η οποία είναι η αλλαγή κατεύθυνσης της δέσμης φωτός, όχι προς μία άλλη διεύθυνση διαδόσεις αλλά προς πολλές διαφορετικές. Σε αντίθεση με την ανάκλαση, η οποία είναι ορατή υπό μία μόνον γωνία, η διάχυση είναι ορατή από παντού διότι το φως διαδίδεται προς όλες τις διευθύνσεις.

Εκτός των παραπάνω, το φως κατά την διάδοσή του εμφανίζει και άλλες ιδιότητες όπως οι προηγούμενες οι οποίες όμως δεν θα αναφερθούν. Τέλος να αναφέρουμε και το φαινόμενο της σκιάς το οποίο προκύπτει όταν μία δέσμη φωτός προσπέσει σε αδιαφανές υλικό με αποτέλεσμα να μην μπορεί να το χρησιμοποιήσει ως μέσο διάδοσής του, και άρα να ανακλαστεί ή να διαχυθεί. Τότε, πίσω απ' το αντικείμενο αυτό δεν έχει πρόσβαση το φως, επικρατεί συσκότιση, και άρα λέμε πως εκεί έπεσε η σκιά του αντικειμένου. Το μέγεθος της σκιάς είναι αντιστρόφως ανάλογο της απόστασης πηγής-σώματος και του μεγέθους της πηγής.

Η ταχύτητα του φωτός. Φως και Einstein.

Στο φως είχε επίσης αναφερθεί και ο διάσημος φυσικός Albert Einstein ο οποίος είχε προσδιορίσει και την ταχύτητά του στο κενό, 300.000 km/s λέγοντας ότι είναι η μεγαλύτερη ταχύτητα που μπορεί να αναπτυχθεί στο σύμπαν και ορίζοντάς την ως μία θεμελιώδη σταθερά. Ο Albert Einstein είχε μιλήσει για το φως διατυπώνοντας θεωρίες βασισμένες σε νοητά πειράματα που σκεφτόταν. Έτσι από αυτόν τον μεγάλο επιστήμονα πληροφορούμαστε πως το φως σαν φως, αλλά και η ταχύτητά του είναι σχετικά και δεν είναι τα ίδια στην αντίληψη δύο ανθρώπων. Για παράδειγμα, εάν κάποιος κινούταν με ταχύτητα ίση με αυτήν του φωτός παράλληλα με μία διαδιδόμενη στον χώρο δέσμη φωτός, τότε για εκείνον στην υποκειμενική του αντίληψη δηλαδή, το φως αυτό θα έπαυε να είναι φως, όπως το αντιλαμβανόμαστε διότι θα «πάγωνε» και δεν θα διαδιδόταν πια, για εκείνον τον συγκεκριμένο άνθρωπο μόνο. Το τελευταίο θα συνέβαινε, όχι επειδή θα ελαττωνόταν η ταχύτητα της δέσμης φωτός, αλλά επειδή θα ισούταν πλέον με αυτήν του ανθρώπου, όπως δήλωσε και ο ίδιος.

Επιπροσθέτως, ο Einstein είχε επιτελέσει και ένα άλλο νοητό πείραμα σύμφωνα με το οποίο εάν κάποιος βρίσκεται εν κινήσει και σε ίση απόσταση από αυτόν βρίσκονται δύο λάμπες οι οποίες ανάβουν ταυτόχρονα, μία με θέση στην κατεύθυνση την οποία ακολουθεί η κίνησή του και μία άλλη με ακριβώς αντίθετη θέση, η οποία όμως, θεωρητικά, της επιτρέπει να ενταχθεί στο οπτικό πεδίο του κινούμενου ανθρώπου, τότε ο άνθρωπος αυτός θα παρατηρήσει, θεωρητικά πάλι, πρώτα το φως της λάμπας που βρίσκεται μπροστά του διότι εφόσον και εκείνος κινείται το φως ετούτο θα

πρέπει να διανύσει μικρότερη απόσταση καθώς ο άνθρωπος το πλησιάζει. Αντιθέτως το φως της λάμπας από την οποία ο άνθρωπος απομακρύνεται θα το παρατηρήσει αργότερα από ότι το άλλο καθώς θα έχει να διανύσει μεγαλύτερη απόσταση για να φτάσει στο μάτι του ανθρώπου. Αυτά δεν θα ίσχυαν όμως για έναν ακίνητο παρατηρητή ο οποίος στέκεται δίπλα στον κινούμενο άνθρωπο, ο οποίος θα έβλεπε το φως των δύο λαμπών ταυτόχρονα. Άρα, εδώ επιτρέψτε μου να συμπεράνω, πως το χρονικό διάστημα ανάμεσα στην στιγμή παρατήρησης του φωτός της πρώτης λάμπας και αυτού της δεύτερης, είναι ανάλογο της απόστασης των δύο λαμπτήρων αλλά και της ταχύτητας του ατόμου.

Άρα, προκύπτει το συμπέρασμα των πειραμάτων που είναι ένα θεώρημα του επιστήμονα αυτού, το οποίο αποτελεί στοιχείο της θεωρίας της σχετικότητας, σύμφωνα με το οποίο η ταχύτητα του φωτός διατηρείται σταθερή, και είναι μία θεμελιώδης σταθερά με τιμή $c=299.792.458 \text{ m/s}$, που στρογγυλοποιείται σε $c=300.000 \text{ km/s}$. Συγκεκριμένα επιστήμονας αυτός θεώρησε την ταχύτητα του φωτός ως την μέγιστη ταχύτητα του σύμπαντος, και είπε ότι και το ίδιο το σύμπαν κινείται με την ταχύτητα αυτή. Άρα σχετικοποίησε τον χρόνο λέγοντας πως το φως δεν υφίσταται χρόνο οπότε όποιος κινείται με την ταχύτητα του φωτός, στο κενό πάντα, δεν υφίσταται τον χρόνο ούτε εκείνος.

Αντίθετη άποψη έχουν οι σύγχρονοι επιστήμονες Τζοάο Μαγκέγιο και Νάγες Αφσόνρι οι όποιοι αμφισβητούν τον Einstein στο θεώρημά του πως η ταχύτητα του φωτός είναι θεμελιώδης σταθερά. Σύμφωνα με εκείνους, αρχικά, όταν το σύμπαν βρισκόταν στην αρχή της γενέσεώς του, και ήταν πολύ πιο πυκνό ~~με την ύλη να ήταν αρκετά δασύτερη από ότι τώρα~~, και πολύ πιο θερμό, η ταχύτητα του φωτός ανερχόταν σε αρκετά μεγαλύτερα νούμερα. Εφόσον λοιπόν η ταχύτητα αυτή έχει μεταβληθεί, δεν θεωρείται θεμελιώδης σταθερά. Για να αποδείξουν την θεωρία τους, οι δύο αυτοί επιστήμονες θα πρέπει να διερευνηθεί και να εντοπιστεί κάποια διαπιστευτήρια ακτινοβολία στο σύμπαν.

Η ιστορία του φωτός

Οι θεωρίες του φωτός και της όρασης που διαμορφώθηκαν ανά τους αιώνες ήταν τρεις:

Θεωρίες εκροής (emission theories).

Θεωρίες εισροής (Intromission theories).

Θεωρίες μέσου που παρεμβάλλεται

Οι πρώτες επιβεβαιωμένες θεωρίες σχετικά με το φως προέρχονται από την αρχαία Ελλάδα, περί τον 5 αιώνα π.Χ., με κυριότερους εκπροσώπους τον Σωκράτη (469-399 π.Χ.), τον Πλάτωνα (427-347 π.Χ.) και τον Αριστοτέλη (384-322 π.Χ.).

Η πρώτη θεωρία ήταν ότι το μάτι στέλνει ακτίνες σε αντικείμενα και ότι αυτές οι ακτίνες δίνουν στον θεατή πληροφορίες για το χρώμα και το σχήμα (emission theory). Πρώτος υποστήριξε την ιδέα ο Εμπεδοκλής που πίστευε πως μέσα στο μάτι καίει η ιερή φωτιά της Αφροδίτης και με ανοικτό μάτι στέλνονται ακτίνες στα αντικείμενα και όταν τα συναντήσουν τότε βλέπουμε. Αργότερα ο Πλάτων υποστήριξε αυτή την ιδέα και προσπάθησε να λύσει πρακτικά προβλήματα της θεωρίας αυτής (όπως γιατί δεν βλέπουμε στο σκοτάδι, ή πως βλέπουμε ταυτόχρονα και τα κοντινά και τα μακρινά αντικείμενα). Έτσι υποστήριξε πως δεν βλέπουμε στο σκοτάδι, γιατί το εσωτερικό φως (από το μάτι) δεν ήταν αρκετό και χρειαζόταν και εξωτερικό φως οπότε έπρεπε να ανοίξουμε κάποιο παράθυρο ή να χρησιμοποιήσουμε κάποιο ακόμη φως. Μεταξύ των πιο γνωστών υποστηρικτών της άποψης ότι από το μάτι εκπέμπεται φως με ακτίνες ήταν οι Πυθαγόρειοι και ο Ευκλείδης. Σύμφωνα με άλλη άποψη όταν βλέπουν οι άνθρωποι, έρχονται πραγματικά σε επαφή με τα αντικείμενα που βλέπουν ή με αντίγραφα αυτών των αντικειμένων.

Μία ακόμη θεωρία ήταν ότι οι εικόνες σχηματίζονται έξω από το μάτι και εισρέουν έτοιμες σε αυτό. (Ατομιστές φιλόσοφοι: Επίκουρος). Η άλλη θεωρία ήταν ότι οι ακτίνες φτάνουν στο μάτι και η εικόνα σχηματίζεται εκεί. Αυτό υποστήριξε ο Αριστοτέλης, από τα αρχαία χρόνια, η οποία όμως διαψεύστηκε.

Λεύκιππος ο Αβδηρίτης (~480 - 400 π.Χ.)

Με την επίδραση του φωτός, η επιφάνεια των αντικειμένων παράγει είδωλα, σαν μεμβράνες, που κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις διατηρώντας το σχήμα τους. Έτσι φτάνουν και στο μάτι, το αγγίζουν και δημιουργούν την εικόνα που βλέπουμε.

Δημόκριτος (~460 - ~370 π.Χ.)

Υποστήριξε πως υπάρχει μια συνεχής έκλυση ατόμων από τα πάντα, ο αέρας ανάμεσα στο παρατηρούμενο αντικείμενο συμπιέζεται από το αντικείμενο και το οπτικό όργανο και εντυπώνεται. Αυτός ο εντυπωμένος αέρας είναι στερεός και εισέρχεται στον οφθαλμό που είναι υγρός. Ο Δημόκριτος πίστευε ότι κάθε αντικείμενο περιείχε πολυάριθμα αντίγραφα του εαυτού του (είδωλα), τα οποία εκπέμπονται συνεχώς και φθάνουν στο μάτι.

Ίδια πίστευε και ο Επίκουρος (342 π.Χ. -270 π.Χ.)

Ευκλείδης (330-275 π.Χ.)

Συνόψισε τη βασική γνώση της οπτικής, όπως η αντανάκλαση, η διάχυση και η όραση, σε ένα βιβλίο που ονομάζεται "Οπτικά".

Διατύπωσε την ιδέα της διάδοσης του φωτός με ακτίνες από το μάτι και ήταν αντίθετος της θεωρίας των ειδώλων. Υποστήριξε την ευθύγραμμη διάδοση του φωτός. Από το μάτι εκπέμπονται ευθείες φωτός (ακτίνες), που διαδίδονται (ευθύγραμμη), σε μεγάλη απόσταση.

Ο Ευκλείδης στην πραγματικότητα είναι εκείνος που διατύπωσε πρώτος μία θεωρία για το φως και όχι για την όραση στο έργο του τα "Οπτικά" και ασχολήθηκε με τις γεωμετρικές ιδιότητες των ακτινών του φωτός αν και λανθασμένα υποστήριξε πως οι ακτίνες φωτός εξέρχονται από το μάτι. Η θεωρία του για τη διάδοση του φωτός κυριάρχησε για τα επόμενα 2.000 χρόνια και σε αυτή βασίστηκε η ναυσιπλοΐα.

Σχετικές εργασίες εμπνευσμένες από το έργο του Ευκλείδη ήταν το έργο του Ήρωνα του Αλεξανδρέα "Κατοπτρικά" και του αστρονόμου Πτολεμαίου "Διοπτρικά".

Ο Πλάτων και ο Σωκράτης πίστευαν πως υπάρχει αλληλεπίδραση μεταξύ των εικόνων που δημιουργούνται από το μάτι και του πνεύματος ή της ψυχής του ίδιου του ατόμου. Αυτές οι έννοιες για το φως που δημιουργήθηκαν στην εποχή της Αρχαίας Ελλάδας άσκησαν μεγάλη επίδραση μέχρι την εμφάνιση του Νεύτωνα στα τέλη του 17ου αιώνα.

Αυτές οι δύο βασικές θεωρίες, της διάδοσης ακτινών φωτός από το μάτι προς το αντικείμενο και του σχηματισμού ειδώλων από το αντικείμενο που στέλνονται στο μάτι κυριάρχησαν για πολλούς αιώνες.

Ενδεικτικά:

Κλαύδιος Πτολεμαίος (90 – 168 μ.Χ.)

Η όραση είναι αποτέλεσμα της δράσης της οπτικής ακτινοβολίας που εξέρχεται κωνικά από το μάτι του παρατηρητή

Ήρων ο Αλεξανδρεύς (μεταξύ 1ου π.Χ. και 1ου μ.Χ. αιώνα)

Οι ακτίνες εξέρχονται από το μάτι. Κινούνται με άπειρη ταχύτητα. Αν κλείσουμε τα μάτια και τα ανοίξουμε, βλέπουμε τα άστρα αμέσως, αν και η απόσταση είναι εξαιρετικά μεγάλη.

Αμπού Αλή αλ-Χουσεΐν ιμπν Αμπντάλλαχ ιμπν Σίνα (980-1037)

Υποστήριξε πως είναι λάθος πως η όραση προκαλείται από κάτι που εξέρχεται από το μάτι.

Αλ-Κίντι (~801–873 μ.Χ.) Αμπου Γιουσούφ Γιακούμπ Ίμπν Ισχάκ ας-Σαμπάχ αλ-Κίντι

Ασχολήθηκε με τις θεωρίες του Αριστοτέλη και του Ευκλείδη, για να επιλέξει ποια θεωρία είναι πιο σωστή. Το σκεπτικό του ήταν να ερευνήσει ποια θεωρία ερμηνεύει καλύτερα το πως βλέπουμε και επέλεξε τη θεωρία του Ευκλείδη.

Ibn al-Haytham (965 μ.Χ.– 1040 μ.Χ.)

Ένας από τους μεγαλύτερους επιστήμονες του Ισλαμικού κόσμου στη διάρκεια του Μεσαίωνα ήταν ο Abu Ali Mohammed Ibn Al Hasn ibn al Haytham, ή Alhazen. Ο Alhazen χρησιμοποίησε πειραματικές μεθόδους όμοιες με αυτές που χρησιμοποιούνται σήμερα. Έδειξε ότι αντικείμενα που είναι ορατά κάτω από κάποιες συνθήκες φωτισμού μπορούν να γίνουν αόρατα σε άλλες. Το παράδειγμα των αστεριών που δεν φαίνονται κατά τη διάρκεια της ημέρας (πριν από τον Alhazen, οι άνθρωποι πίστευαν ότι τα αστέρια έσβηναν τη νύχτα)

Πίστευε πως η όραση προέχεται από το ορατό αντικείμενο και το φως φθάνει στο μάτι από το αντικείμενο.

Η εργασία του (Book of Optics) μεταφράστηκε, διαβάστηκε και ενέπνευσε πολλούς μεταγενέστερους Δυτικούς επιστήμονες όπως τους Κοπέρνικο, Κέπλερ και Γαλιλαίο.

Galileo Galilei

Με βάση τη μελέτη του και τις θεωρίες του φωτός έφτιαξε το τηλεσκόπιο.

Αναρωτήθηκε πόσο γρήγορα ταξιδεύει το φως και έκανε και πειράματα αλλά δεν κατάφερε τίποτα διότι ο εξοπλισμός που χρησιμοποίησε ήταν πρωτόγονος.

Rene Descartes

Πίστευε πως το φως ταξίδευε ακαριαία - πειράματα για να εξηγήσει τη διάθλαση

Ole Romer αστρονόμος

Παρατηρώντας το δορυφόρο Ιώ του Δία, παρατήρησε διαφορά στο χρόνο που έφθανε το φως από την Ιώ στη Γη και σε σχέση με τη θέση της Γης γύρω από τον ήλιο συμπέρανε πως το φως δεν ταξιδεύει ακαριαία αλλά με πεπερασμένη ταχύτητα.

Newton (Νεύτων)

Έχει ξεχωριστή συμβολή στη θεωρία του φωτός. Διαμορφώνει τη θεωρία πως το φως έχει σωματιδιακή φύση. Το φως σύμφωνα με τον Νεύτωνα είναι σωματίδια που διατρέχουν το χώρο ευθύγραμμα. Η θεωρία του εξηγεί πολλά φαινόμενα αλλά έχει και προβλήματα.

Σύμφωνα με τον Νεύτωνα:

Το φως αποτελείται από μικροσκοπικά σωματίδια που ονομάζονται «corpuscles» με αμελητέα μάζα. Αυτά τα σωματίδια (corpuscles) είναι τέλεια ελαστικά. Τα σωματίδια εκπέμπονται από τις φωτεινές πηγές. Τα μικροσκοπικά σωματίδια (σωματίδια) ταξιδεύουν πάντα σε ευθεία γραμμή προς όλες τις κατευθύνσεις. Κάθε σωματίδιο μεταφέρει κινητική ενέργεια μαζί του ενώ κινείται. Τα σωματίδια ταξιδεύουν με μεγάλη ταχύτητα. Τα σωματίδια (φως) θα ταξιδεύουν ταχύτερα στο πυκνότερο μέσο από ότι σε αραιότερο μέσο. Αργότερα αυτό αποδείχθηκε λανθασμένο. Το φως ταξιδεύει ταχύτερα σε αραιότερο παρά σε πυκνότερο μέσο. Όταν τα σωματίδια (σωμάτια) πέφτουν στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού, παράγουν μια εικόνα του αντικειμένου. Τα σωματίδια μπορούν να έχουν διαφορετικά μεγέθη. Τα διαφορετικά χρώματα του φωτός οφείλονται στα διαφορετικά μεγέθη των σωματιδίων.

Με τα παραπάνω εξηγείται η ανάκλαση του φωτός (σαν σφαιρίδια απόλυτα ελαστικά που πέφτουν πάνω σε επιφάνειες και ανακλώνται).

Σφάλματα της θεωρίας του Νεύτωνα

- Το φως ταξιδεύει γρηγορότερα στο πυκνότερο μέσο από ό,τι στο αραιότερο.
- Τα διαφορετικά χρώματα του φωτός οφείλονται στα διάφορα μεγέθη των σωματιδίων.

Η αντανάκλαση του φωτός οφείλεται στην απώθηση των σωματιδίων από την επιφάνεια αντανάκλασης, ενώ η διάθλαση του φωτός οφείλεται στην έλξη μεταξύ των σωματιδίων και της επιφάνειας διάθλασης. Έτσι, ένα μέσο θα μπορούσε είτε να προσελκύσει είτε να απωθήσει τα σωματίδια του φωτός. Όμως το γυαλί και αντανάκλα αλλά και διαθλά το φως ταυτόχρονα που δεν εξηγείται από τη θεωρία του Νεύτωνα.

Η θεωρία του δεν μπορεί να εξηγήσει τα φαινόμενα περίθλασης, παρεμβολής και πόλωσης του φωτός.

Huygens (Χόιχενς)

Διαμορφώνει τη θεωρία πως το φως είναι κύμα. Έρχεται σε αντίθεση με τη θεωρία του Νεύτωνα που υποστήριζε πως το φως είναι σωματίδια.

Υποστήριξε ότι η ταχύτητα του φωτός είναι πεπερασμένη, (όπως ο Olaus Roemer).

Υποστήριξε πως τα κύματα του φωτός ήταν διαμήκη. Αυτή η ιδέα των διαμηκών κυμάτων συνάντησε προβλήματα στο να εξηγηθούν φαινόμενα όπως η πόλωση του φωτός, που επιλύθηκαν αργότερα από την θεωρία διάδοσης του φωτός με εγκάρσια κύματα.

Επίσης υποστήριξε ότι το φως για να διαδοθεί χρειάζεται ένα μέσο διάδοσης, όχι τον αέρα, αλλά ένα άλλο μέσο τον αιθέρα, που παρεμβάλλεται μεταξύ όλων των σωμάτων. Οι ταλαντώσεις του αιθέρα σαν κύματα, είναι που δίνουν την κίνηση του φωτός και έτσι φθάνει στο μάτι. Και το μήκος κύματος δίνει τα διαφορετικά χρώματα.

Η θεωρία του εξηγεί τα φαινόμενα συμβολής του φωτός, δηλαδή δύο ίδιες ακτίνες φωτός να μπορεί μαζί να δημιουργήσουν απουσία φωτός (σκοτάδι).

Thomas Young

Ο Thomas Young κατάφερε να αποδείξει την θεωρία του Huygens, πως το φως αποτελείται από κύματα, με την επιστημονική μέθοδο.

Διάσημο είναι το πείραμα του των δύο σχισμών. (Thomas Young's double slit experiment).

Από μία σημειακή πηγή φωτός το φως πέφτοντας πάνω σε ένα εμπόδιο που είχε δύο σχισμές, σχημάτιζε περνώντας από αυτές και πίσω τους περιοχές φωτεινές και σκοτεινές, που μπορούσε να συμβεί μόνο αν το φως είναι κύμα.

Maxwell (1831-1879)

Προέβλεψε την ύπαρξη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων (1864) και ότι τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται με την ταχύτητα του φωτός. Έτσι θεώρησε το φως σαν ηλεκτρομαγνητική διαταραχή. Πριν από αυτή τη θεωρία, η φυσική χωριζόταν σε τρεις κλάδους: Μηχανική, οπτική και ηλεκτροδυναμική. Μετά την ανακάλυψη αυτή παρέμειναν η μηχανική και η ηλεκτροδυναμική αφού η οπτική ενσωματώθηκε με την ηλεκτροδυναμική.

Heinrich Hertz

Μία γενιά αργότερα επιβεβαίωσε τον Planck και έδειξε πως τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαφέρουν από τις ακτίνες θερμότητας και φωτός, μόνο ως προς το μήκος κύματος

Max Planck

Υποστήριξε ότι το φως διαδίδεται όχι με συνεχή τρόπο αλλά τμηματικά κατά κβάντα (quanta).

“The only possible explanation for these peculiar facts appears to be that the energy radiated from the source of light remains, not only for all time, but also throughout all space, concentrated in certain bundles, or, in other words, that light energy does not spread out quite uniformly in all directions, becoming continuously less intense, but always remains concentrated in certain definite quanta, depending only on the colour, and that these quanta move in all directions with the velocity of light.”

“Here we have Newton's emanation theory resurrected in another and modified form. But interference, which was a bar to the further development of Newton's emanation theory, is also an enormous difficulty in the quantum theory of light, for it is difficult at present to see how two exactly similar light quanta, moving independently in space, and meeting on a common path, can neutralize each other, without violating the principle of energy.”

Einstein 1879-1955

Υποστήριξε ότι το φως είναι φωτόνιο. Το 1905 ανακοίνωσε την έρευνα του στη θεωρία των φωτοηλεκτρικών φαινομένων, όπου το φως αποτελείται από σωματίδια που ονομάζονται φωτόνια. Βασίστηκε στη θεωρία του Planck για διάδοση του φωτός κατά κβάντα και υποστηρίχθηκε από τον Planck. Χρησιμοποίησε την κινητική θεωρία των μορίων και τη θεωρία της ειδικής σχετικότητας και έλυσε το πρόβλημα του αιθέρα (μέσου που παρεμβάλλεται για τη διάδοση του φωτός, Huygens) στη φυσική του 19ου αιώνα. Για τη θεωρία του αυτή κέρδισε το βραβείο Νόμπελ στη φυσική το 1921.

Η σημερινή φυσική δέχεται ότι το φως έχει διπλή υπόσταση: των κυμάτων - σωματιδίων.

Η χρήση του φωτός

Η ζωή:

Η ίδια η ζωή στηρίζεται στο φως μέσω της φωτοσύνθεσης, αφού κατά τη φωτοσύνθεση, παράγεται οξυγόνο. Όλοι σχεδόν οι οργανισμοί πάνω στον πλανήτη μας εξαρτώνται άμεσα ή έμμεσα από τη φωτοσύνθεση.

Η όραση:

Η όραση μας οφείλεται στο φως.

Πηγές φωτός:

Οι τεχνητές πηγές φωτός από μόνες τους έχουν μεγάλη ιστορία.

Η φωτιά. Χρήση της ως τεχνητής πηγής φωτός από τον πρωτόγονο άνθρωπο (400.000 π.Χ.).

Πρωτόγονες λάμπες 13.000π.Χ

Κεριά 400 π.Χ.

Λάμπες με χρήση ηλεκτρισμού 1879 μ.Χ.

Τέχνη:

Βιτρό. Η χρήση τους με φυσικό φως χρονολογείται από τον τέταρτο αιώνα. Συναντάται σε παράθυρα σε εκκλησίες και σε κτίρια

Οπτική:

Ανάπτυξη κλάδου της φυσικής.

Φακοί. Τηλεσκόπια. Αστρονομία, Ναυσιπλοΐα

Καθρέφτες:

Χρήση καθρεφτών και φακών για εκτροπή του φωτός

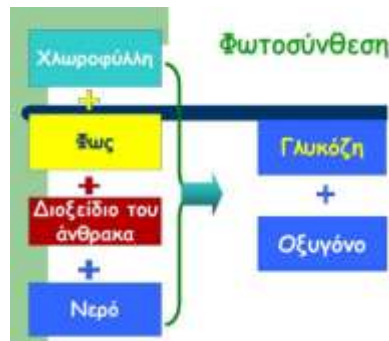
Ηλιακό ρολόι:

Ήταν μια συσκευή που με την βοήθεια του ήλιου και την περιστροφή της Γης μπορούσε να μετρήσει τον χρόνο. Χρονολογούν από την περίοδο 3500 π.Χ. , Το παλιότερο Ηλιακό ρολόι που έχει ανακαλυφθεί βρέθηκε στην Αίγυπτο και χρονολογείται περίπου τον 8ο αιώνα



Η ενέργεια του φωτός, έχει πολλές χρήσεις στην καθημερινή μας ζωή. Υπάρχουν πολλοί λόγοι χρήσεις της, όπως για την ιατρική, στην οποία η χρήση της ονομάζεται φωτοθεραπεία. Η φωτεινή ενέργεια χρησιμοποιείται συνεχώς και μάλιστα, το 99% της ενέργειας που χρησιμοποιείται στον πλανήτη μας προέρχεται από τον ήλιο. Η φωτεινή ενέργεια μπορεί να μετατραπεί σε άλλα είδη ενέργειας μέσω των φωτοβολταϊκών συστημάτων ή και μέσω της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης.

Η φωτοσύνθεση των φυτικών κυττάρων έχει ανάγκη το φως το ήλιου για να παραχθεί η γλυκόζη. Όμως, μέχρι και τα ορυκτά καύσιμα, δηλαδή το πετρέλαιο, το φυσικό αέριο και οι γαιάνθρακες δημιουργήθηκαν εκατομμύρια χρόνια πριν λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που υπήρχαν λόγω του ήλιου.



Επίλογος

Έτσι καταλήγουμε στο γεγονός ότι το φως είναι αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής μας, που έχει αναμφίβολα απασχολήσει πολλούς επιστήμονες του παρόντος και του παρελθόντος και η μελέτη του οποίου έχει ανακαλύψει την ηλεκτρομαγνητική και υλική του φύση και τον τρόπο αξιοποίησης του κατά το μέγιστο δυνατόν. Ωστόσο κάτι που σίγουρα ισχύει είναι ότι ο αγώνας για την πληροφόρηση πάνω σε αυτό το δύσκολο, απαραίτητο και ενδιαφέρον θέμα δεν έχει ακόμα φτάσει στην δύση του. Άρα, αν και γίνεται οικειοθελώς από του ανθρώπους χωρίς να είναι απαραίτητο να εξιχνιάσουν τα μυστήρια που κρύβονται κάτω από το πέπλο «φως» θα το κάνουν, ακόμη κι αν θα μπορούσαν να ζήσουν καλά και χωρίς να το κάνουν. Θα το κάνουν γιατί όπως πίστευε και ο Αριστοτέλης: ο άνθρωπος από την φύση του ορέγεται να μάθει. Τέλος ευνόητο είναι πλέον πως στην πραγματικότητα δεν χρειάζεται να ανακαλύπτουμε νέα πράγματα διαρκώς, αλλά το κάνουμε επειδή θέλουμε. Θέλουμε να διευρύνουμε τους ορίζοντές μας και να βελτιώσουμε την ζωή μας πάνω στον πλανήτη Γη.

Πηγές

1001 Inventions: Muslim Heritage in Our World (chief editor Salim Al-Hassani), Manchester: FSTC, 2008, 2nd Edition, ISBN: 9780955242618, p. 28.

“Το φως ως συνέπεια των εξισώσεων Maxwell.” *Physicsgg*, Jan 6, 2014,

<https://physicsgg.me/2014/01/06/to-φως-ως-συνέπεια-των-εξισώσεων-maxwell/>

“Φυσική Γ Γενικού Λυκείου.” *ebooks.edu.gr*, εν. 1.3,

<http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C107/144/1031,3721/>

“Σκιά.” *Wikipedia*,

<https://el.wikipedia.org/wiki/Σκιά>

Δεληγιάννης, Κώστας. “Νοητικά πειράματα του Αϊνστάιν που άλλαξαν τη φυσική.” *naftemporiki.gr* Ιουλ 30, 2016, <http://www.naftemporiki.gr/story/1133127/noitika-peiramata-tou-ainstain-pou-allaksan-ti-fusiki>

“Το φως διαδιδόταν στο παρελθόν με μεγαλύτερη ταχύτητα;” *Physicsgg* Νοε 29, 2016, <https://physicsgg.me/2016/11/29/to-φως-διαδιδόταν-με-πολύ-μεγαλύτερη-ταχ/>

<http://blair.pha.jhu.edu/spectroscopy/basics.html>

<http://www.nightlase.com.au/education/optics/light.htm>

<http://users.sch.gr/avelentz/CD%20METRHS%20h/theor%20fisi%20fotos.htm>

<https://el.wikipedia.org/wiki/Φως>

<https://www.wisconsinacademy.org/magazine/light-medicine>

<http://www.explainthatstuff.com/energy.html>

http://www-history.mcs.st-andrews.ac.uk/Extras/Planck_on_light.html

Βόρειο και Νότιο Σέλας

Αγγέλου Ανδριάνα, Ξυπνητού Μάρθα

Πρόλογος

Το φαινόμενο του Βόρειου και του Νότιου Σέλαος καθιστά ένα από τα πιο πολυσυζητημένα και εντυπωσιακά θεάματα, τόσο στον σύγχρονο όσο και στον αρχαίο κόσμο με κύριο παράδειγμα τον Αριστοτέλη. Σύμφωνα με πηγές, ο πρώτος παρατηρητής του φέρεται να είναι ο Αριστοτέλης ο οποίος αναφέρει στο έργο του "*Μετεωρολογικά*" ότι είχε παρατηρήσει έντονα το φαινόμενο του σέλας κατά τη διάρκεια μιας αίθριας νύκτας. Η χρωματολογία που παρουσιάζουν τα 2 Σελάη είναι έντονη και καθηλώνει κάθε θεατή, ενώ ταυτόχρονα προέρχεται από την σύγκρουση φορτισμένων σωματιδίων. Το άκρως εντυπωσιακό αυτό φαινόμενο είναι ένα από τα ωραιότερα φυσικά φαινόμενα, καθώς είναι πλούσιο σε φανταχτερά χρώματα και περίτεχνα σχέδια. Εξαιτίας των εντυπωσιακών χρωμάτων που παίρνει, ονομάστηκε *aurora*, το οποίο αντιστοιχεί στην Ρωμαϊκή θεότητα Αυγή (*Aurora*).



Εικόνα 1: Βόρειο Σέλας πάνω από τη Σκωτία

Τι είναι το Σέλας;

Οι επιστήμονες το αποκαλούν «μια ανάκλαση του φωτός, με τα ενεργητικά φορτισμένα σωματίδια», οι συνωμοσιολόγοι «μια σαφή ένδειξη εξωγήινης μορφής», οι περιπετειώδεις «το κατώφλι της Γης», και οι ρομαντικοί «το ουράνιο τόξο των ερωτευμένων».

Το Σέλας, είναι ένα φωτεινό ουράνιο φαινόμενο, το οποίο εμφανίζεται στα ανώτερα ατμοσφαιρικά στρώματα και είναι ορατό στις πολικές περιοχές, τον Αρκτικό Κύκλο και την Ανταρκτική (Βόρειο και Νότιο Σέλας), δηλαδή στους πόλους. Όταν το φαινόμενο αυτό συμβαίνει στον Βόρειο πόλο αποκαλείται "Βόρειο Σέλας", ενώ όταν παρατηρείται στον Νότιο πόλο, "Νότιο Σέλας". Επίσης, είναι γνωστά και ως *aurora borealis* και *aurora australis* αντίστοιχα. Τα φανταχτερά και φωτεινά χρώματα καθώς και τα περίτεχνα σχέδια ποικίλουν, και ξαφνικά όπως εμφανίζεται έτσι και χάνεται.



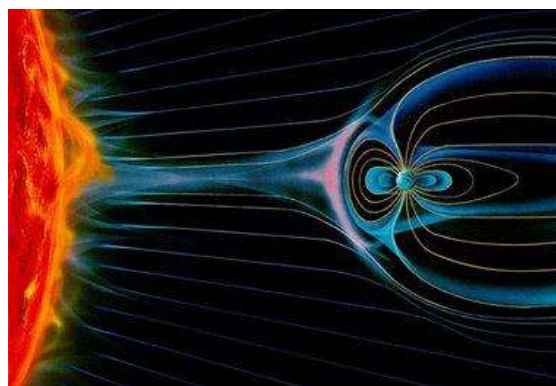
Εικόνα 2: Βόρειο Σέλας



Εικόνα 3: Νότιο Σέλας

Πώς δημιουργείται το εντυπωσιακό αυτό φαινόμενο;

Συχνά στις αρκτικές νύχτες το σέλας φωτίζει τον νυχτερινό ουρανό. Η δημιουργία του σέλας ξεκινάει από την επιφάνεια του ηλίου. Ένα άστρο μέσου μεγέθους ανάμεσα σε δισεκατομμύρια άλλα στον γαλαξία μας. Ο ήλιος λειτουργεί σαν ένα πελώριο εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας. Η ενέργεια παράγεται βαθιά μέσα στον πυρήνα του. Εκεί η θερμοκρασία είναι πάνω από 14 εκατομμύρια βαθμοί, και η πίεση είναι τόσο τεράστια που τα άτομα του υδρογόνου συμπιέζονται μαζί δημιουργώντας ένα άλλο στοιχείο, το ήλιο. Αυτή η πυρηνική αντίδραση απελευθερώνει ενέργεια. Το φως ακτινοβολείται από τον πυρήνα προς τα έξω. Στα εσωτερικά στρώματα η θερμότητα μεταφέρεται με πελώρια ρεύματα μεταφοράς. Αυτά τα ηλεκτρικά ρεύματα από φορτισμένο αέριο, δημιουργούν μαγνητικά πεδία στο εσωτερικό του Ηλίου. Σε ορισμένα σημεία, ισχυρά μαγνητικά πεδία ωθούνται έξω από την επιφάνεια, και επιβραδύνουν τα ρεύματα των θερμών αερίων. Η επιφάνεια ψύχεται και παρουσιάζονται σκούρες ηλιακές κηλίδες. Το ηλεκτρικά φορτισμένο αέριο ονομάζεται πλάσμα. Το πλάσμα



Εικόνα 4: Απεικόνιση της δημιουργίας του παράδοξου φαινομένου

τραβά το μαγνητικό πεδίο ακόμα περισσότερο προς τα έξω. Το μαγνητικό πεδίο εκτείνεται, συμπιέζεται και μετά κόβεται με αποτέλεσμα αρκετά δισεκατομμύρια τόνοι πλάσματος να εκτοξεύονται από τον ήλιο. Αυτό ονομάζεται ηλιακή καταιγίδα. Οι ηλιακές καταιγίδες μπορούν να φτάσουν ταχύτητες πάνω από 8 εκατομμύρια χιλιόμετρα την ώρα. Μετά από έξι ώρες φτάνει στον πλανήτη Ερμή, μετά από δώδεκα ώρες στην Αφροδίτη ενώ μετά από δεκαοχτώ η ηλιακή καταιγίδα φτάνει στη Γη. Όταν η ηλιακή καταιγίδα φτάνει στον πλανήτη μας μια αόρατη ασπίδα, το μαγνητικό πεδίο της γης, μπλοκάρει την καταιγίδα. Τα μαγνητικά πεδία συμπλέκονται και δημιουργούν μια χοάνη στην οποία ρέει αέριο στο μέρος του πόλου που υπάρχει μέρα. Αυτό είναι το ημερίσιο σέλας. Τα μαγνητικά πεδία εκτείνονται προς τα πίσω και ενώνονται. Το μαγνητικό λάστιχο σπάζει και αέρια από την ηλιακή καταιγίδα, οδηγούνται κατά μήκος των μαγνητικών γραμμών προς το τμήμα των πόλων που επικρατεί νύχτα. Αυτό είναι το νυχτερινό σέλας.

Θρύλοι και δοξασίες για τα Σέλαη

Το παράδοξο φαινόμενο του Σέλαος, Βόρειου και Νότιου, δημιούργησε πλήθος δοξασιών και θρύλων τόσο στους λαούς του Βόρειου ημισφαιρίου όσο και σε αυτούς του Νότιου. Οι Σουηδοί πίστευαν πως ήταν αντανakλάσεις από τις δάδες που κρατούσαν οι Λάπωνες ψάχνοντας τους τάρανδους τους. Παράλληλα, οι Λάπωνες έκρυβαν τις γυναίκες και τα παιδιά τους, σταματούσαν τα έλκηθρα και μάζευαν τα κουδούνια για να μη γίνουν αντιληπτοί από το Σέλας, το οποίο φοβόντουσαν και θεωρούσαν ότι ήταν μια δαιμονική οντότητα που θα τους άρπαζε. Οι Εσκιμώοι πίστευαν πως ήταν οι ψυχές των νεκρών που αναζητούσαν τους δικούς τους, με αποτέλεσμα όσο διαρκούσε το φαινόμενο να μην μιλούν αλλά ούτε και να τραγουδούν, φοβούμενοι την κάθοδο του Σέλαος και τελικά την αρπαγή τους από αυτό αναγνωρίζοντάς τους από τη φωνή τους. Οι Μαορί της Νέας Ζηλανδίας πίστευαν πως οι παλιοί πρόγονοί τους έφθασαν στο Νότιο Πόλο και παγιδεύτηκαν εκεί και τώρα ανάβουν μεγάλες φωτιές, προκειμένου οι σημερινοί απόγονοι τους να πάνε να τους ελευθερώσουν. Τελικά, το φαινόμενο αυτό, εκμεταλλεύτηκε και η Εκκλησία, η οποία την Μεσαιωνική περίοδο, το παρουσίαζε ως προμήνυμα μεγάλου κακού σκορπώντας τον φόβο στους πιστούς, οι οποίοι δεν ήταν υπάκουοι.



Εικόνα 5: Βόρειο Σέλας μέσα από τα ιγκλού της Φινλανδίας

Περιοχές παρατηρήσεων

Το Σέλας, τόσο το Βόρειο όσο και το Νότιο, παρατηρείται συχνότερα κατά μήκος ζώνης της οποίας το κέντρο απέχει από τους πόλους περίπου 10°, ενώ ακριβώς πάνω από τους πόλους εμφανίζεται πολύ αραιότερα. Το κέντρο της ζώνης εμφάνισης του Βόρειου Σέλαος βρίσκεται κοντά στη βορειοδυτική ακτή της Γροιλανδίας και άρα πιο κοντά στην Αμερικανική ήπειρο παρά στην Ευρώπη και αυτό γιατί η ζώνη αυτή εκτείνεται μέχρι γεωγραφικό πλάτος 57° περίπου προς τον Καναδά, ενώ μέχρι 77° στην Ευρώπη. Έτσι όσο νοτιότερα απομακρυνόμαστε από αυτή τη ζώνη τόσο σπανιότερη γίνεται και η εμφάνιση του φαινομένου.

Δεν υπάρχει σίγουρη εγγύηση ότι αν ταξιδέψει κανείς στις πολικές περιοχές θα δει το σέλας, παρ' όλα αυτά ακολουθώντας τρία βήματα μπορείτε να αυξήσετε τις πιθανότητες σας. Αρχικά θα πρέπει να επιλέξετε την κατάλληλη τοποθεσία κοντά ή μέσα στη ζώνη του βορείου σέλαος. Είναι απαραίτητο να επιλέξετε την κατάλληλη χρονική περίοδο, καθώς επίσης και την κατάλληλη φάση της σελήνης, κυρίως όταν εμφανίζεται η νέα σελήνη, όπου το φεγγάρι δεν φαίνεται καθόλου.

Όποιος καταφέρνει να δει είτε το Βόρειο είτε το Νότιο Σέλας από κοντά, δεν μπορεί να κρατήσει εύκολα το στόμα του κλειστό μπροστά στις πράσινες, κόκκινες, κίτρινες και ιριδίζουσες αποχρώσεις που εμφανίζονται στον ουρανό. Το ιδιαίτερο αυτό φυσικό... light show παρατηρείται κυρίως από Οκτώβριο μέχρι Μάρτιο τις ώρες κοντά στα μεσάνυχτα και στα παρακάτω μέρη οι πιθανότητες να το ζήσετε, να το απαθανατίσετε και να γεμίσετε το άλμπουμ των ταξιδιωτικών σας αναμνήσεων μεγαλώνουν σημαντικά.

Για να απολαύσετε το Βόρειο Σέλας:

Svalbard, Νορβηγία: Πιο ψηλά από το Svalbard δύσκολα θα μπορέσετε να πάτε. Είναι ένα νορβηγικό νησί που βρίσκεται ανάμεσα στην 74^η και την 81^η παράλληλο στον αρκτικό κύκλο, όπου το Βόρειο Σέλας θα είναι ορατό από Νοέμβριο μέχρι Φεβρουάριο. Από τα μέσα Νοεμβρίου μέχρι το τέλος Ιανουαρίου το Svalbard δεν βλέπει ήλιο και το πιο φωτεινό που θα δείτε εκεί είναι ένα μπλε ημίφως –κάτι που ταυτόχρονα σημαίνει ότι αυξάνονται οι πιθανότητές σας να δείτε το Βόρειο Σέλας.

Kakslauttanen, Φινλανδία

Jukkasjärvi, Σουηδία

Reykjavik, Ισλανδία: Ένα από τα πιο γνωστά και με εύκολη πρόσβαση μέρη για να δει κανείς το Βόρειο Σέλας.

Βόρειος Καναδάς: Ο Καναδάς, ενδείκνυται καθώς η Aurora Oval καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της χώρας, συμπεριλαμβανομένων και των επαρχιών του Yukon, της Βρετανικής Κολομβίας, του βορείου Saskatchewan, του Newfoundland και της Nova Scotia. Υπό τις κατάλληλες συνθήκες, η πιθανότητα να δείτε το Βόρειο Σέλας εδώ είναι μεγάλη.

Σκωτία, Ηνωμένο Βασίλειο: Η ακτή Caithness στο βόρειο μέρος της Σκωτίας είναι ένα από τα πιο κατάλληλα μέρη για να δει κάποιος τα Βόρεια Φώτα. Διαθέτει, μάλιστα, πολύ λίγα μέρη με σκοτεινό ουρανό σε βόρειο γεωγραφικό πλάτος, όποτε είναι εύκολο να κινηθεί κάποιος εκεί προκειμένου να δει το φαινόμενο.

Γροιλανδία (Kulusuk, Tasiilaq , Sermiligaaq, Kuummiut, Tiniteqilaq, Isortoq)

Αλάσκα (Fairbanks, Barrow, Fort Yukon, Prudhoe Bay, Bettles)

Murmansk, Ρωσία



Εικόνα 6: Βόρειο Σέλας το ξημέρωμα στο Τσώρτσιλ του Καναδά



Εικόνα 7: Νότιο Σέλας, Τασμανία

Για να απολαύσετε το Νότιο Σέλας:

Το σπάνιο φαινόμενο που εμφανίζεται στον Ανταρκτικό κύκλο είναι ορατό στο απομακρυσμένο νησί της **Τασμανίας** στα ανοιχτά της νοτίου **Αυστραλίας** και στη **Νότια Νέα Ζηλανδία**. Το Νότιο Σέλας είναι μια εκθαμβωτική πανδαισία χρωμάτων που βάζουν φωτιά στον ουρανό του Ανταρκτικού κύκλου, κάτι που το κάνει ένα πολύ σπάνιο φαινόμενο απλούστατα διότι δεν υπάρχουν και πολλά κατοικήσιμα μέρη κοντά στην Ανταρκτική. Και ακριβώς όπως το Βόρειο Σέλας, έτσι και το Νότιο προσφέρει ένα φαντασμαγορικό σόου φωτός στον νυχτερινό ουρανό. Οι συνθήκες στη Τασμανία και τη νότια Νέα Ζηλανδία κάποιες φορές είναι σχεδόν τέλειες και οι κάτοικοι μπορούν να δουν και να φωτογραφίσουν αυτό το υπέροχο θέαμα.

Πηγές:

<https://bit.ly/2KcPUHv>

<https://bit.ly/2KdnL32>

<https://bit.ly/2I737oW>

<https://bit.ly/2KRRDTG>

Τα μυστήρια του χρώματος

Γέρου Φιλομήλα

Εισαγωγή

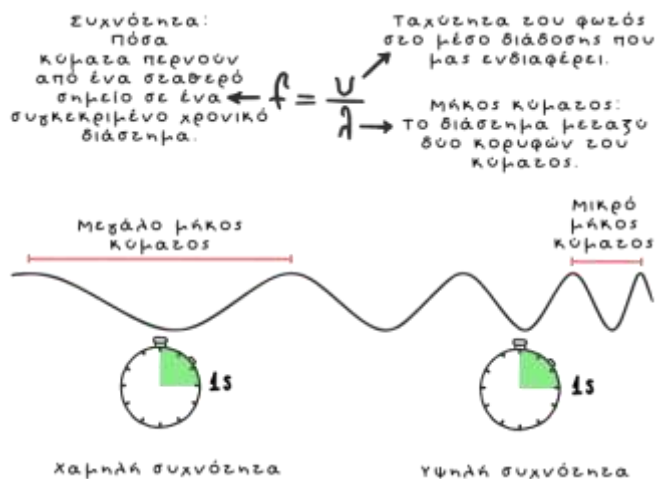
Τα μάτια στον κόσμο της φιλοσοφίας είναι η πόρτα της ψυχής. Στον κόσμο της φυσικής όμως τα μάτια είναι η πόρτα που οδηγεί σε διάφορα ερωτήματα και προβληματισμούς. Πώς βλέπουμε; Υπάρχει αντικειμενικότητα στην όραση και κατ' επέκταση στην αντίληψη του χρώματος ή αποτελούν απλά μια υποκειμενική ψευδαίσθηση; Μαζί με προβληματισμούς, η μελέτη του χρώματος και της όρασης μας κινεί την περιέργεια και μας παροτρύνει να αναρωτηθούμε: Γιατί μια φράουλα είναι κόκκινη και όχι μπλε; Τι σημαίνει για ένα αντικείμενο να έχει ένα συγκεκριμένο χρώμα; Τα αντικείμενα έχουν από μόνα τους χρώμα, ακόμη και αν δεν υπάρχει κάποιος να το δει; Αυτά και άλλα αντίστοιχα ερωτήματα ερευνά και προσπαθεί να απαντήσει αυτή η εργασία.

Το μάτι

Προτού ξεκινήσουμε να μελετάμε το γιατί βλέπουμε και αντιλαμβανόμαστε τα χρώματα πρέπει να απαντήσουμε στο πώς. Για να το κάνουμε αυτό πρέπει να μελετήσουμε το ανθρώπινο μάτι και να εμβαθύνουμε στον τρόπο λειτουργίας του.

Τι είναι το χρώμα

Για να καταλάβουμε τι είναι το χρώμα πρέπει να δούμε πώς δημιουργείται. Γνωρίζουμε ότι το ορατό φως είναι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ενός εύρους συχνοτήτων. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι πολλές φορές αντί για την συχνότητα (f) αναφερόμαστε στο μήκος κύματος (λ) μιας ακτινοβολίας. Σύμφωνα από την σχέση $c = \lambda \cdot f$, αυτοί οι δύο όροι είναι συνυφασμένοι, μιας και τα φυσικά μεγέθη είναι αντιστρόφως ανάλογα. Έτσι όταν αναφερόμαστε σε ένα συγκεκριμένο μέσο διάδοσης όπως το νερό ή το γυαλί, μπορούμε να



χρησιμοποιήσουμε οποιοδήποτε από αυτά τα δύο φυσικά μεγέθη μιας και αναφερόμαστε στην ίδια ακτινοβολία.

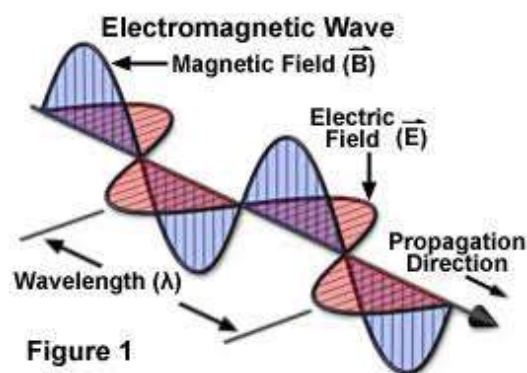
Όπως εξηγεί η εικόνα η συχνότητα εκφράζει τον αριθμό των κυμάτων που περνούν από ένα σταθερό σημείο σε ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε μια συγκεκριμένη συχνότητα ή σε ένα συγκεκριμένο μήκος κύματος

χρώμα	Μήκος κύματος (νανόμετρα, nm)	Συχνότητα (Hz)
κόκκινο	~700-635 nm	~430-480 THz
πορτοκαλί	~635-590 nm	~480-510 THz
κίτρινο	~590-560 nm	~510-540 THz
πράσινο	~560-520 nm	~540-580 THz
κυανό	~520-490 nm	~580-610 THz
μπλε	~490-450 nm	~610-670 THz
ιώδες	~450-400 nm	~670-750 THz

Από αυτό καταλαβαίνουμε ότι σε κάθε συγκεκριμένο μήκος κύματος αντιστοιχεί ένα συγκεκριμένο χρώμα ή ένας συγκεκριμένος τόνος κάποιου χρώματος. Συνεπώς αλλάζοντας το μήκος ενός κύματος, δημιουργούμε ένα νέο τόνο χρώματος. Από αυτό συμπεραίνουμε ότι το μήκος κύματος είναι η ανεξάρτητη μεταβλητή που ενδιαφέρει την παρούσα έρευνα, ενώ το χρώμα ή ο τόνος του χρώματος που προκύπτει είναι η εξαρτημένη. Μελέτες φανερώνουν ότι το ανθρώπινο μάτι μπορεί να διακρίνει από 10.000 έως 1.000.000 διαφορετικούς τόνους χρωμάτων. Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα κάθε άνθρωπος διακρίνει διαφορετικά χρώματα και διαφορετικό αριθμό τόνων των χρωμάτων αυτών. Αυτό δημιουργεί απορίες και κινεί την περιέργεια για το αν πράγματι υπάρχει μια αντικειμενικότητα στην αντίληψη των χρωμάτων ή αν αποτελούν απλά έναν κώδικα συνεννόησης και επικοινωνίας χωρίς να ταυτίζονται μεταξύ τους οι λέξεις με το χρώμα που αντιπροσωπεύουν για όλους τους ανθρώπους.

Ηλεκτρομαγνητικά κύματα

Ο Μάξγουελ ανακάλυψε ότι το φως είναι η ταλάντωση των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων. Ο Μάξγουελ διαπίστωσε επίσης ότι αν κουνήσεις μια ηλεκτρικά φορτισμένη ράβδο μπρος και πίσω σε άδειο χώρο θα παράγεις κύματα στον χώρο. Τα ταλαντωμένα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία αναπαράγονται μεταξύ τους, ώστε να δημιουργήσουν ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, το οποίο απομακρύνεται από το ταλαντωμένο φορτίο. Υπάρχει μόνο μία ταχύτητα στην οποία τα ηλεκτρικά και



μαγνητικά πεδία παραμένουν σε ισορροπία, ενισχύοντας το ένα το άλλο όσο μεταφέρουν ενέργεια μέσα από το χώρο.

Ταχύτητα του φωτός

Σε αντίθεση με τα υπόλοιπα κινούμενα αντικείμενα, τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα που ταξιδεύουν στον χώρο δεν μεταβάλλουν ποτέ ταχύτητα. Αν το φως χαμήλωνε ταχύτητα, το μεταβαλλόμενο ηλεκτρικό του πεδίο θα παρήγαγε ένα πιο αδύναμο μαγνητικό πεδίο, το οποίο με την σειρά του θα παρήγαγε ένα πιο αδύναμο μαγνητικό πεδίο, και πάει λέγοντας, μέχρις ότου την τελική εξασθένηση του κύματος. Κατά αυτόν τον τρόπο, η ενέργεια θα χανόταν και δεν θα μετακινούνταν από ένα μέρος σε ένα άλλο. Παρομοίως, αν η ταχύτητα του φωτός αυξανόταν, τότε θα είχαμε μια αιωνίως αυξανόμενη ταχύτητα φωτός, άρα και αυξανόμενη ενέργεια. Μόνο σε μία ταχύτητα συνεχίζεται αόριστα η αμοιβαία επαγωγή, προάγοντας την ενέργεια χωρίς καμία απώλεια ή προσθήκη. Αυτήν την ταχύτητα την ανακάλυψε ο Μάξγουελ μέσω μαθηματικών πράξεων και την μέτρησε ως 300.000 km/s. Έτσι, διαπίστωσε ότι το φως δεν είναι τίποτα άλλο παρά από ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία εντός μιας συγκεκριμένης κλίμακας συχνοτήτων, $4.3 \cdot 10^{14}$ με $7 \cdot 10^{14}$ ταλαντώσεις το δευτερόλεπτο. Τέτοια κύματα ενεργοποιούν την «ηλεκτρική κεραία» στον αμφιβληστροειδή χιτώνα του ματιού. Τα χαμηλότερων-συχνοτήτων κύματα φαίνονται κόκκινα, και τα ψηλότερων-συχνοτήτων κύματα εμφανίζονται μωβ. (Παράλληλα ο Μάξγουελ παρατήρησε ότι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία οποιασδήποτε συχνότητας διαδίδεται στην ίδια ταχύτητα με το φως).

Σε μια ηλεκτρική σκούπα, όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα κινούνται στην ίδια ταχύτητα, ενώ διαφέρουν μεταξύ τους στην συχνότητα. Η κατάταξη των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων βάση των συχνοτήτων τους, ονομάζεται ηλεκτρομαγνητικό φάσμα. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα είναι το σύνολο των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που επεκτείνετε από ραδιοκύματα σε ακτίνες γάμμα. Τα χαρακτηριστικά αυτά ονόματα των διαφορετικών κυμάτων είναι καθαρά για ιστορικούς σκοπούς, αφού όλα τα κύματα είναι ίδια στην φύση τους, διαφέροντας απλά στην συχνότητα και το μήκος κυμάτων.

Οι συχνότητες των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων ποικίλουν από 0,01Hz που είναι η χαμηλότερη γνωστή συχνότητα μέχρι πάνω από 10^{28} Hz. Το ορατό φως αποτελεί λιγότερο από ένα εκατομμυριοστό του 1% του μετρημένου ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Η χαμηλότερη συχνότητα φωτός, ορατή στο μάτι, φαίνεται κόκκινο. Οι υψηλότερες συχνότητες ορατού φωτός, που είναι σχεδόν το διπλάσιου των συχνοτήτων του κόκκινου, φαίνονται μπλε.

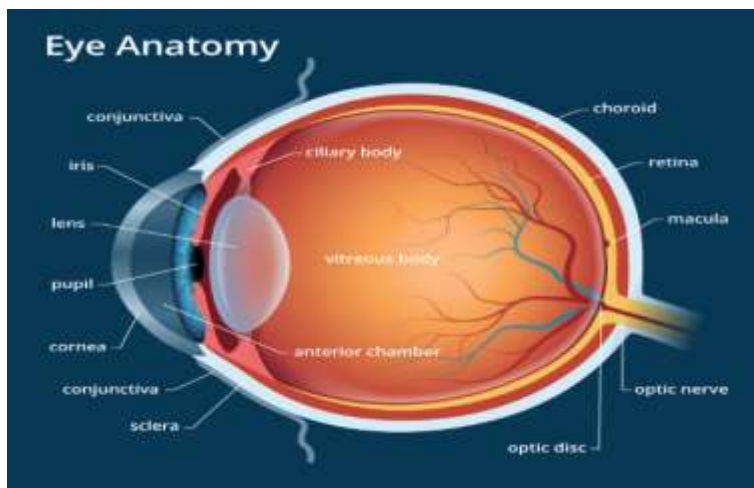
Η ακτινοβολία

Οι περισσότεροι άνθρωποι πιστεύουμε ότι ο χώρος γύρω μας είναι άδειος, αν εξαιρέσουμε τον “αέρα”. Αυτό συμβαίνει διότι δεν μπορούμε να δούμε τα μονταρίσματα των ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων που περικλείουν κάθε σημείο του περιβάλλοντός μας. Μπορούμε να δούμε ένα μικρό ποσοστό από αυτά τα κύματα με την μορφή του φωτός, αλλά αυτό είναι πάρα πολύ λίγο σχετικά με τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα του ολικού ηλεκτρομαγνητικού φάσματος. Περιτριγυρίζομαστε

από κύματα που προέρχονται από τα τηλέφωνα μας και άλλες συνηθισμένες συσκευές, ακόμα και από τα ηλεκτρόνια των μετάλλων που χοροπηδούν πάνω στα κύματα αυτά.

Ανατομία ματιού

Το φως είναι το μόνο πράγμα που αντιλαμβάνεται με το μάτι. Όταν το φως εισέρχεται στο μάτι, περνάει μέσα από ένα διαφανές κάλυμμα, τον κερατοειδή χιτώνα (cornea), ο οποίος κάμπτει το φως κατά το 70% προτού περάσει από ένα σκούρο κυκλικό άνοιγμα στην ίριδα (το χρωματισμένο μέρος του ματιού). Το άνοιγμα αυτό ονομάζεται κόρη οφθαλμού. Το φως τότε φτάνει στον κρυσταλλοειδή φακό (crystalline lens). Συγκεκριμένα

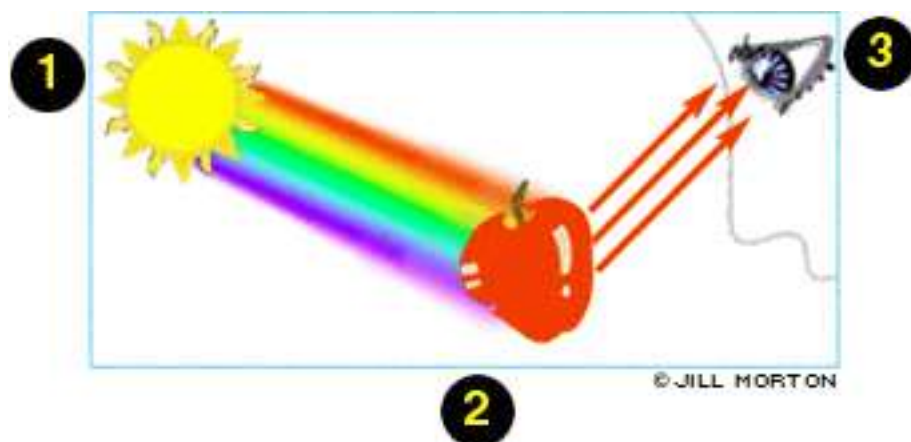


ο κρυσταλλοειδής φακός είναι η ελαστική διαφανής δομή πίσω από την ίριδα. Ο κρυσταλλοειδής φακός ρυθμίζει την εστίαση του φωτός που περνά από το ζελατινοειδές υγρό, ονόματι υαλοειδής υφή. Έπειτα, το φως προχωρά στον αμφιβληστροειδή χιτώνα (retina). Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας καλύπτει τα οπίσθια δύο τρίτα του ματιού και ευθύνεται για το πλατύ οπτικό πεδίο που διαθέτουμε. Το φως πρέπει να ταξιδέψει κατ' ευθείαν προς τον αμφιβληστροειδή χιτώνα, ώστε να έχουμε διαυγή όραση. Το γεγονός ότι μερικές φορές βλέπουμε θολά, οφείλεται στο ότι το φως εστιάζει είτε μπροστά ή πίσω και από τον αμφιβληστροειδή (και μέσα από αυτόν). Αυτός ο χιτώνας δεν είναι ενιαίος. Στο μέσον του βρίσκεται η κηλίδα (macula) και στο κέντρο της κηλίδας αυτής υπάρχει η ωχρά κηλίδα (fovea), η περιοχή που γίνεται η σαφέστερη όραση. Πίσω από τον αμφιβληστροειδή χιτώνα είναι το οπτικό νεύρο, το οποίο μεταφέρει μηνύματα από τους φωτοϋποδοχείς (photoreceptor cells) στον εγκέφαλο. Στην ωχρά κηλίδα παρατηρούνται οι περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με τα υπόλοιπα σημεία του ματιού. Ακόμα, στο σημείο του αμφιβληστροειδή χιτώνα, που τα εγκεφαλικά νεύρα μεταφέροντας τις πληροφορίες αποχωρούν μέσω του οπτικού νεύρου, αυτό το σημείο ονομάζεται το τυφλό σημείο (blind spot). Έχει ονομαστεί έτσι από το γεγονός ότι το συγκεκριμένο σημείο δεν έχει την δυνατότητα όρασης. Παρόλα αυτά, λόγω του ότι βλέπουμε και με τα δυο μας μάτια δεν αντιλαμβανόμαστε αυτό το σημείο. Αυτό συμβαίνει γιατί ο εγκέφαλός μας συμπληρώνει αυτό το κενό αναλόγως με το γύρω περιβάλλον. Ο αμφιβληστροειδής χιτώνας αποτελείται από μικρές κεραίες (antenna) σχήματος ράβδων και κώνων. Αυτές σχήματος ράβδου ανταποκρίνονται σε σκοτεινά περιβάλλοντα, ενώ οι κωνικές επεξεργάζονται την όραση των χρωμάτων και τις λεπτομέρειες. Οι κωνικές κεραίες χωρίζονται σε τρεις κατηγορίες, αυτές που ερεθίζονται από χαμηλών συχνοτήτων κυμάτων φωτός, αυτές από μέτριων συχνοτήτων και αυτές που διεγείρονται από υψηλής συχνότητάς φωτός. Οι κώνοι βρίσκονται σε μεγαλύτερο βαθμό μέσα στην ωχρά κηλίδα, αλλά υπάρχουν και πιο απλωτά μέσα στον αμφιβληστροειδή χιτώνα. Εφόσον εστιάσουμε στην ωχρά κηλίδα, τα χρώματα φαίνονται πιο

έντονα, αφού δεν περιέχει ράβδους, πάρα μόνο κώνους. Τα μόνα θηλαστικά που έχουν την δυνατότητα ολικής χρωματικής όραση, δηλαδή να μπορούν να δουν όλα τα χρώματα είναι τα Πρωτεύοντα (πίθηκοι) και ένα είδος σκίουρων. Άλλα ζώα, των οποίων οι αμφιβληστροειδείς χιτώνες περιέχουν κυρίων ραβδικές κεραίες, έχουν ασπρόμαυρη όραση.

Διάφορες ιδιότητες του ματιού

Αν διακρίνουμε κάποιον με ρούχα που έχουν έντονα χρώματα να εισέρχεται στο οπτικό μας πεδίο από το πλάι, θα παρατηρήσουμε ότι πρώτα φαίνεται το σώμα του ανθρώπου και μετά τα εμφανίζονται τα χρώματα που φοράει. Πάντα, το χρώμα αντικειμένων “εξαφανίζεται” όταν βρίσκεται στην άκρη του οπτικού μας πεδίου. Επίσης, αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι ο αμφιβληστροειδής χιτώνας αντιλαμβάνεται την κίνηση με χαρακτηριστική ευκολία. Παρόλο που δεν διακρίνει το χρώμα κατευθείαν, αν ένα κινούμενο αντικείμενο βρεθεί στο οπτικό μας πεδίο, το μάτι (ο αμφιβληστροειδής χιτώνας) θα το αντιληφθεί αμέσως. Αυτό το γνώρισμά το διαθέτουμε διότι ίσως ήταν αναγκαίο στην αυτοάμυνά μας χιλιάδες χρόνια πριν. Παρόλο που τα αστέρια μας φαίνονται άσπρα, έχει αποδειχτεί ότι τα “θερμότερα” άστρα περιέχουν βιολετί χρώματα, ενώ τα “ψυχρότερα” κόκκινα και πορτοκαλί. Το γεγονός ότι οι άνθρωποι δεν μπορούμε να διακρίνουμε αυτά τα χρώματα είναι διότι το φως που εκπέμπουν τα αστέρια δεν είναι αρκετά δυνατό ώστε να ερεθίσει τους κώνους του αμφιβληστροειδή χιτώνα. Οι γυναίκες όμως λόγω του ότι έχουν λίγο λιγότερους κώνους από τους άνδρες έχουν την δυνατότητα να βλέπουν λίγο περισσότερα χρώματα έτσι ίσως μερικές φορές παρατηρήσουν τα χρώματα των αστεριών. Επιπλέον, στα δύο αυτά χαρακτηριστικά του ματιού οφείλεται και το γεγονός ότι σε σκοτεινά περιβάλλοντα τα χρώματα είναι διαφορετικά από ότι σε φωτεινά. Τοποθέτησε ένα μπλε αντικείμενο διπλά σε ένα κόκκινο και κλείσε τα φώτα, θα δεις ότι το μπλε εμφανίζεται πιο έντονο από ότι το κόκκινο, έτσι όταν ανοίξεις τα φώτα το κόκκινο είναι διακριτό. Η μεταφορά των πληροφοριών που δέχεται το μάτι στον εγκέφαλο είναι μια διαδικασία η οποία περιλαμβάνει πολλά οπτικά και νευρικά κύτταρα. Μέσω των κυττάρων αυτών οι πληροφορίες φτάνουν και στον αμφιβληστροειδή χιτώνα, ο οποίος τις επεξεργάζεται πριν τις μεταβιβάσει στον κύριο μέρος του εγκεφάλου. Έτσι ένα μικρό μέρος της δουλειάς του εγκεφάλου γίνεται μέσα στο μάτι. Αυτή την “σκέψη” του ματιού την προδίδει η ίριδα (το χρωματισμένο φανερό κομμάτι του ματιού), η οποία αυξάνει και μειώνει το μέγεθός της ανάλογα με τα συναισθήματά μας. Αν δούμε, μυρίσουμε, γευτούμε ή ακούσουμε κάτι που μας ευχαριστεί η ίριδα μεγαλώνει, ενώ αν συμβεί το αντίθετο, η ίριδα μικραίνει. Οι άνθρωποι διαθέτουμε ένα χαρακτηριστικό που ονομάζεται πλευρική παρεμπόδιση. Η πλευρική παρεμπόδιση υπερβάλει τις διαφορές φωτεινότητας στις άκρες των αντικειμένων σε όλο τους την επιφάνεια στο οπτικό μας πεδίο. Στην παρακάτω εικόνα το γκρι παραλληλόγραμμο στα αριστερά φαίνεται πιο σκούρο από το γκρι παραλληλόγραμμο στα δεξιά. Κάλυψε την γραμμή (άκρη) που τα χωρίζει με το δάχτυλό σου, τώρα φαίνεται μια απόχρωση. Αυτό συμβαίνει διότι και τα δύο παραλληλόγραμμα έχουν την ίδια απόχρωση -φωτεινότητα-. Κάθε παραλληλόγραμμο είναι σκιασμένο από σκούρο σε ανοιχτό γκρι, από τα δεξιά στα αριστερά. Έτσι ο εγκέφαλός μας πιστεύει ότι αυτό ισχύει και για την υπόλοιπη επιφάνεια των σχημάτων, και έτσι τα δύο παραλληλόγραμμα φαίνονται το ένα πιο σκούρο και το άλλο πιο ανοιχτό.



Υλικά και φως

Το κάθε υλικό ανταποκρίνεται διαφορετικά στο φως. Η διαφορά στις αντιδράσεις αυτές οφείλεται στη συχνότητα του φωτός και στην φυσική συχνότητα των ηλεκτρονίων του συγκεκριμένου υλικού. Το ορατό φως δονείται σε πολύ υψηλές συχνότητες (πάνω από 100 τρισεκατομμύρια φορές το δευτερόλεπτο), αρπάζοντας για να είναι ορατό ένα αντικείμενο, η μάζα των ηλεκτρονίων του πρέπει να είναι ελάχιστη.



Το χρώμα στον κόσμο μας

Για έναν φυσικό το χρώμα ενός αντικειμένου δεν οφείλεται στο υλικό από το οποίο έχουν φτιαχτεί ούτε και στο φως το οποίο αντανακλούν ή εκπέμπουν. Το χρώμα είναι μια ψυχολογική αίσθηση και μέσα στο μάτι του παρατηρητή. Έτσι, όταν λέμε ότι τα τριαντάφυλλα είναι κόκκινα, εννοούμε πως τα τριαντάφυλλα φαίνονται κόκκινα. Πολλοί οργανισμοί, συμπεριλαμβανόμενοι των ανθρώπων με ελαττωματική όραση, δεν βλέπουν τα τριαντάφυλλα ως κόκκινα. Τα χρώματα που βλέπουμε εξαρτώνται από την συχνότητα φωτός που είναι ορατή. Φώτα διαφορετικών συχνοτήτων αντιλαμβάνονται ως διαφορετικά χρώματα. Το φως χαμηλότερης συχνότητας που μπορεί ο άνθρωπος να δει συνήθως αντιλαμβάνεται ως κόκκινο, ενώ το φως υψηλότερης συχνότητας ως

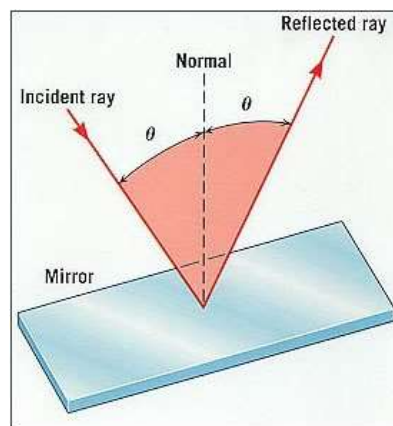
βιολετί. Ανάμεσα τους υπάρχουν οι άπειρες αποχρώσεις των χρωμάτων που αποτελούν το φάσμα των χρωμάτων (colour spectrum) του ουράνιου τόξου. Αυτές οι αποχρώσεις ομαδοποιούνται στα επτά χρώματα κόκκινου, πορτοκαλιού, κιτρίνου, πρασίνου, μπλε, βιολετί και ιντίγκο. Το φως των χρωμάτων αυτών των χρωμάτων μαζί εμφανίζεται άσπρο. Το άσπρο φως του ηλίου είναι μια σύνθεση όλων των ορατών συχνοτήτων.

Η αντανάκλαση του φωτός / η αίσθηση των χρωμάτων

Τα περισσότερα αντικείμενα αντανακλούν το φως. Τα μόνα υλικά που δεν αντανακλούν το φως είναι οι πηγές του. Για παράδειγμα τα κόκκινα τριαντάφυλλα, τα οποία αντανακλούν το φως φαίνονται κόκκινα μόνο στο κόκκινο σημείο του φωτοφάσματος. Αυτό μπορούμε να το αποδείξουμε αν τοποθετήσουμε ένα πρίσμα σε σημείο ώστε να το διαπερνά μια ηλιαχτίδα και στην συνέχεια ένα κόκκινο τριαντάφυλλο σε διάφορα σημεία του πρισματικού φάσματος τότε τα πέταλα του λουλουδιού εμφανίζονται καφέ ή μαύρα σε όλα τα σημεία του φάσματος εκτός του κόκκινου. Το παραπάνω δείχνει ότι τα κόκκινα πέταλα έχουν την δυνατότητα να αντανακλούν μόνο το κόκκινο φως. Όταν φωτίσουμε το κόκκινο τριαντάφυλλο με άσπρο φως αυτό θα αποκτήσει το κόκκινο χρώμα του, καθώς τα πέταλα του αντανακλούν το κόκκινο που εμπεριέχεται στο άσπρο φως.

Αντανάκλαση

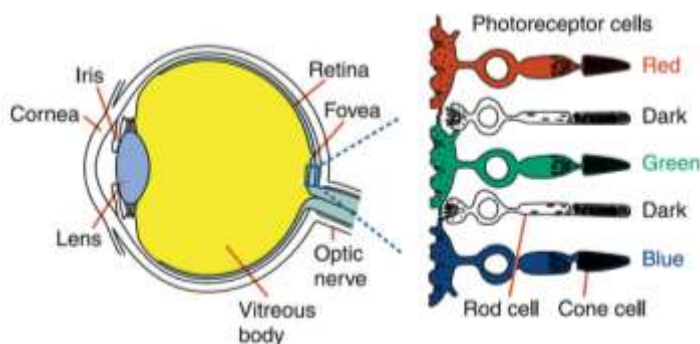
Το κάθε αντικείμενο έχει διαφορετικές συχνότητες στις οποίες απορροφά και αντανακλά ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Όταν σε αυτές τις συχνότητες η ταλάντωση των ηλεκτρονίων του υλικού είναι μεγαλύτερη από την καθορισμένη του κάθε υλικού το φως απορροφάται, ενώ σε συχνότητες μεγαλύτερες και μικρότερες από τις χαρακτηριστικές του κάθε υλικού, αυτό επανεκπέμπεται. Στα διαφανή υλικά το επανεκπεμπόμενο φως περνά από μέσα τους.



Το φως το οποίο αντανακλάται από κάποιο πράγμα εξαρτάται από το υλικό κατασκευής του, καθώς τα ηλεκτρόνια του κάθε υλικού ταλαντώνονται σε διαφορετικές συχνότητες ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Συνήθως ένα αντικείμενο απορροφά το φως κάποιων συχνοτήτων και αντανακλά το υπόλοιπο. Στην περίπτωση που ένα αντικείμενο απορροφά όλο το ορατό φως το οποίο προσπέφτει πάνω του, αλλά αντανακλά το κόκκινο, τότε λέμε πως το αντικείμενο είναι κόκκινο. Έτσι και σε ένα κόκκινο τριαντάφυλλο, τα άτομα των πετάλων του απορροφούν όλο το ορατό φως εκτός του κόκκινου το οποίο εκπέμπουν. Ένα αντικείμενο που αντανακλά το φως όλων των ορατών συχνοτήτων, αποκτά το ίδιο χρώμα με το χρώμα του φωτός που το φωτίζει. Ένα αντικείμενο που απορροφά όλο το φως που το φέγγει είναι ορατό μαύρο.

Τα αντανακλώμενα χρώματα των περισσότερων αντικειμένων είναι μια σύνθεση συχνοτήτων και όχι μονο-συχνωτικά χρώματα. Παρομοίως, τα περισσότερα κίτρινα λουλούδια αντανακλούν κίτρινο καθώς και κόκκινο και πράσινο.

Παρόλα αυτά τα αντικείμενα αντανακλούν μόνο τις συχνότητες οι οποίες είναι παρούσες στο φως το οποίο τα φωτίζει. Συμπερασματικά, φωτεινή πηγή που φωτίζει ένα χρωματισμένο αντικείμενο παίζει ρόλο στην εμφάνιση του. Έτσι λοιπόν μια λευκοπυρόμενη λάμπα εκπέμπει περισσότερο φως στις χαμηλότερες συχνότητες παρά στις υψηλότερες, τονίζοντας έτσι τα κόκκινα, ενώ ένας φθοριολάμπης είναι πλούσιες σε υψηλές συχνότητες τονίζοντας έτσι τα μπλε. Αυτή την ιδιότητα του χρώματος την εκμεταλλεύονται τα μαγαζιά ρούχων, επιλέγοντας τις λάμπες που θα κολακεύουν τα περισσότερα τους ρούχα. Αληθινό χρώμα ενός αντικειμένου θεωρείται το χρώμα που έχει όταν το φωτίζει ο ήλιος.



Επιλεκτική μετάδοση φωτός

Το χρώμα ενός διαφανούς αντικειμένου εξαρτάται από το χρώμα του φωτός που μεταδίδει. Το γυαλί παραδείγματος χάριν περιέχει σωματίδια που απορροφούν ή μεταδίδουν φως συγκεκριμένων συχνοτήτων επιλεκτικά. Έτσι, ένα κόκκινο κομμάτι γυαλιού είναι κόκκινο διότι απορροφά το όλα τα άλλα χρώματα που υπάρχουν στο άσπρο φως εκτός του κόκκινου, το οποίο μεταδίδει και είναι ορατό σε εμάς.

Επίσης, η ενέργεια του φωτός που απορροφάται αυξάνει την κινητική ενέργεια των μορίων και η θερμοκρασία του σώματος αυξάνεται. Για να μην συμβαίνει αυτό στα παράθυρα του σπιτιού μας και άρα να θερμαίνεται και το υπόλοιπο σπίτι, τα παράθυρα είναι διαφανή, αφού μεταδίδουν το φως όλων των ορατών συχνοτήτων.

Γενικότερα τα χρώματα που βλέπουμε εξαρτώνται από το φως που τα φωτίζει και τα χρώματα που βρίσκονται δίπλα τους. Ένα παράδειγμα της πρώτης περίπτωσης είναι το γεγονός ότι βλέπουμε καλύτερα στο σκοτάδι κάτω από την επίδραση κίτρινου φωτός από ότι άσπρου (LED). Την δεύτερη περίπτωση μπορούμε να την αποδείξουμε τοποθετώντας ένα πράσινο χρώμα δίπλα από ένα κόκκινο και από ένα κίτρινο. Δίπλα στο κόκκινο το πράσινο φαίνεται πιο έντονο από ότι δίπλα στο κίτρινο. Αυτό συμβαίνει διότι το κόκκινο είναι το συμπληρωματικό χρώμα του πρασίνου (θα συνέβαινε το ίδιο αν κάναμε το πείραμα με το κόκκινο).

Γιατί είναι άσπρα τα σύννεφα;

Τα σταγονίδια του νερού είναι μεγαλύτερα από τα μόρια και άρα συμπεριφέρονται διαφορετικά. Έτσι, αντί να σκορπάνε φως όπως συμβαίνει με τα μόρια, τα σταγονίδια διαθλούν και ανακλούν φως όλων των χρωμάτων. Το αποτέλεσμα είναι ένα άσπρο σύννεφο (όπως αποδείχθηκε παραπάνω). Επίσης, κάθε σταγονίδιο απορροφά ένα μέρος από το φως που πέφτει πάνω του, με αποτέλεσμα όταν έχουμε πολλά τέτοια σταγονίδια, να απορροφάται πολύ φως. Μέσα από ένα τόσο πυκνό και μεγάλο σύννεφο περνά τόσο λίγο φως, ώστε να το κάνει να φαίνεται σκούρο. Βέβαια ένα σύννεφο μοιάζει και σκοτεινό όταν βρίσκεται στην σκιά ενός άλλου



Επίλογος

Η όραση και το χρώμα είναι δυο πολύ περίπλοκα στοιχεία της ζωής. Όλος ο κόσμος μας εκτυλίσσεται γύρω από την αίσθηση τόσο της όρασης όσο και το χρώματος. Παρά το γεγονός ότι τα παραπάνω καθορίζουν την καθημερινή μας πραγματικότητα, οι περισσότεροι τα θεωρούν δεδομένα, χωρίς όμως να γνωρίζουν τον τρόπο λειτουργίας τους. Μέσω αυτής της έρευνας που έκανα για να τελειοποιήσω την εργασία μου, έμαθα πολλά τόσο για το πώς βλέπουμε και γιατί υπάρχουν τα χρώματα, όσο και για το γεγονός ότι παρά την φυσική δημιουργία των χρωμάτων, αυτά μπορεί να αποτελούν και μια ψευδαίσθηση. Η αντίληψη των χρωμάτων ποικίλει ανάλογα με την οπτική γωνία, το παρόν φως, την συνύπαρξη με άλλα χρώματα, αλλά και με τον παρατηρητή και τις λειτουργίες του εγκεφάλου του. Έτσι εγώ μπορεί να βλέπω μια απόχρωση του ροζ, ενώ κάποιος άλλος μια άλλη ή ακόμα και ένα άλλο χρώμα εξαρτώντας τους παραπάνω παράγοντες. Το μυστήριο του αν το χρώμα είναι αίσθηση ή ψευδαίσθηση είναι ακόμη αναπάντητο.



Πηγές:

Κείμενο:

Conceptual Physics, Paul G. Huiton

<https://www.extremetech.com/extreme/49028-color-is-subjective>

Εικόνες:

<https://pixabay.com/en/heaven-light-white-clouds-nature-1849248/>

<https://neilpatel.com/blog/the-psychology-of-color-how-to-use-colors-to-increase-conversion-rate/>

http://light.physics.auth.gr/enc/reflection_en.html

<https://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/electromagnetic/index.html>

<http://www.tilestwra.com/kallitechnis-diorthoni-spasmena-epipla-diafani-ilika/>

<http://paulgradwellphotography.co.uk/content/speed-of-light-salford-1/>

<https://www.allaboutvision.com/resources/anatomy.htm>

<https://www.colormatters.com/color-and-vision/how-the-eye-sees-color>

Το άπειρο και ο Cantor

Καραϊνδρου Αμαλία

Έχετε αναρωτηθεί ποτέ τι εννοούμε όταν λέμε «έχω άπειρα μαθήματα» ή «σ' αγαπώ άπειρα»; Τι εννοούμε «άπειρα»; Πολλοί έχουν προσπαθήσει να ερμηνεύσουν τη λέξη αυτή αλλά εγκατέλειψαν τις προσπάθειές τους σύντομα. Όμως, στο τέλος του 19ου αιώνα, ένας Ρώσος μαθηματικός, ο Georg Cantor, αποφάσισε και κατάφερε να αφοσιωθεί πλήρως στο να δώσει ένα δομημένο ορισμό στην έννοια αυτή, κάτι που θεωρούνταν ακατόρθωτο. Στην προσπάθειά του αυτή ο Cantor, δημιούργησε ένα ολόκληρο κλάδο των μαθηματικών, τη Θεωρία Συνόλων. Προς το τέλος της εργασίας του επιχείρησε να ορίσει την έννοια του απείρου, μετρώντας τα στοιχεία του. Χρησιμοποιώντας τη θεωρία των συνόλων κατέληξε στο ότι υπάρχουν διαφορετικές όψεις της ίδιας έννοιας. Αν για παράδειγμα πάρουμε στη σειρά όλους τους φυσικούς αριθμούς τότε προφανώς θα φτάσουμε στο άπειρο. Αν όμως προσπαθήσουμε να μετρήσουμε τα σημεία μιας ευθείας, πάλι θα φτάσουμε στο άπειρο, απλά με άλλο τρόπο. Στο σύνολο των φυσικών αριθμών υπάρχει μια συγκεκριμένη και σαφής πορεία προς το άπειρο. Κάθε αριθμός απέχει απόσταση ίση με 1 από τον προηγούμενό του. Αντιθέτως, δεν υπάρχει καμία τέτοια τεχνική ώστε να μετρήσουμε τα σημεία της ευθείας. Μάλιστα υπάρχει και απόδειξη πως ανάμεσα σε δύο σημεία μιας ευθείας, υπάρχει άλλο σημείο. Κάτι αντίστοιχο συμβαίνει και με τα σύνολα των πραγματικών αριθμών. Συνεπώς, υπάρχουν πάρα πολλοί τρόποι να φτάσει κανείς στο άπειρο. Ο Cantor απέδειξε ότι υπάρχουν άπειρα σύνολα που είναι απείρως μεγαλύτερα ή μικρότερα από άλλα άπειρα σύνολα. Διαίρεσε την έννοια του απείρου σε δυο κατηγορίες. Τα αριθμήσιμα και τα υπεραριθμήσιμα σύνολα. Αν τα στοιχεία ενός συνόλου μπορούν να «μετρηθούν» μέσω κάποιας αντιστοιχίας, τότε το σύνολο είναι αριθμήσιμο. Στο παραπάνω παράδειγμα η πορεία των φυσικών αριθμών προς το άπειρο αντιστοιχεί στον ίδιο τους τον εαυτό. Κάθε στοιχείο αποτελεί φυσικό αριθμό, έχει δηλαδή ένα γνώρισμα, μια ταυτότητα. Αντιθέτως δεν υπάρχει κατάλληλη αντιστοιχία για την ευθεία που να καλύπτει όλο το σύνολο. Έτσι χαρακτηρίζεται ως υπεραριθμήσιμο.

Άλλα παραδείγματα αριθμήσιμων συνόλων είναι:

- (1) Κάθε πεπερασμένο σύνολο.
- (2) Το σύνολο N των φυσικών.
- (3) $\{5, 6, 7, \dots\}$ (οι φυσικοί ≥ 5).
- (4) $\{2, 4, 6, 8, \dots\}$ (οι άρτιοι φυσικοί).
- (5) Οι ακέραιοι $Z = \{\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots\}$

...ενώ υπεραριθμήσιμων (μη αριθμήσιμων) συνόλων :

- (1) Το σύνολο των πραγματικών αριθμών
- (2) Τα διαστήματα των πραγματικών
- (3) Κάθε σύνολο που έχει κάποιο μη αριθμήσιμα άπειρο υποσύνολο

Ο Cantor επηρεασμένος έντονα από τον κλάδο της φιλοσοφίας χρησιμοποίησε καινοτόμες έννοιες για την τότε μαθηματική κοινότητα, πράγμα που προκάλεσε αρκετές αντιδράσεις. Ταυτόχρονα όμως αναδεικνύει για άλλη μια φορά το τόσο μεγάλο ενδιαφέρον που κρύβουν τα μαθηματικά, που μόνο όσοι αφοσιωθούν πλήρως σε αυτά καταφέρνουν να ανακαλύψουν.

Πηγές:

<https://io9.gizmodo.com/5873581/the-odd-genius-who-showed-that-one-infinity-was-greater-than-another>

<https://www.youtube.com/watch?v=sZhYeUw0cqk>

<https://www.youtube.com/watch?v=elvOZm0d4H0>

https://el.wikipedia.org/wiki/Γκέοργκ_Κάντορ

Θεωρία Χορδών

Καραϊνδρου Αμαλία, Κουτεντάκη Ελβίρα

Πρόλογος

Ένα από τα ερωτήματα που πολλές γενιές φυσικών προσπάθησαν να απαντήσουν είναι ποιοι είναι οι δομικοί λίθοι του σύμπαντος. Έτσι διατυπώθηκε η θεωρία ότι το σύμπαν αποτελείται από μονοδιάστατα σώματα τα οποία ονομάστηκαν χορδές. Η θεωρία των χορδών όμως παρουσίασε εξελίξεις και τελικά διαμορφώθηκε στην θεωρία- M, η οποία εκτός από χορδές ανοιχτές ή κλειστές, προβλέπει και μεμβράνες. Τα αποτελέσματα εξήχθησαν μέσω προσεκτικής μελέτης των στοιχείων της έρευνας και σύνδεση μεταξύ τους με βάση τη λογική.

Εισαγωγή

Θα μπορούσαμε άραγε να ενώσουμε όλες τις θεωρίες του κόσμου σε μία; Και αν ναι, πώς; Στον κόσμο της επιστήμης εμφανίζονται σταδιακά ιδέες που πιθανώς απαντούν το παραπάνω ερώτημα. Η κυρίαρχη από αυτές και ταυτόχρονα η πιο γνωστή είναι η θεωρία των χορδών.

Τι είναι όμως η θεωρία των χορδών; Ένας απλός άνθρωπος θα τη συνέδεε με τη μουσική, όμως είναι πολύ πιο σύνθετη από αυτό που φαντάζονται οι περισσότεροι, καθώς και αναφέρεται σε πράγματα που το μυαλό του μέσου ανθρώπου δεν διανοείται να αντιληφθεί. Παρ' όλα αυτά ορισμένοι άνθρωποι που έχουν κατορθώσει να διατυπώσουν και να μελετήσουν την θεωρία των χορδών, έχουν πειστεί για την εγκυρότητά της και έχουν προσηλωθεί στο να την αποδείξουν. Η θεωρία των χορδών σε ταξιδεύει πριν από το Big Bang, πριν από την ίδια την γέννηση και λέει πως υπάρχει ένα πολυσύμπαν από σύμπαντα. Με τον όρο χορδές ορίζουμε τις παλλόμενες ίνες ενέργειας που θεωρητικά αποτελούν κάθε πράγμα που υπάρχει στο σύμπαν, ακόμα και τα άτομα.

Το Big Bang λέει ότι είμαστε έντομα παγιδευμένα σε μία φούσκα που διαστέλλεται (σύμπαν). Η θεωρία των χορδών συμπληρώνει την παραπάνω θεωρία λέγοντας ότι υπάρχουν πολλά τέτοια σύμπαντα. Μέσα από αυτή την θεωρία προκύπτει ότι όταν δύο σύμπαντα συγκρούονται μπορεί να σχηματιστεί ένα άλλο σύμπαν. Αντίστοιχα όταν ένα σύμπαν χωρίζεται στην μέση μπορεί να δημιουργήσει δύο σύμπαντα και αυτό πιστεύουμε ότι έγινε με το Big Bang.

Αν όμως υπάρχουν και άλλες διαστάσεις, αν υπάρχουν και άλλα σύμπαντα, τότε μπορούμε να μετακινηθούμε ανάμεσα σε αυτά; Φυσικά αυτό είναι πολύ δύσκολο. Παρόλα αυτά, η παιδική ιστορία, «Η Αλίκη στη Χώρα των Θαυμάτων», μας δίνει την πιθανότητα ότι ίσως μία μέρα θα μπορούμε να δημιουργήσουμε ένα πέρασμα ανάμεσα στα σύμπαντα (Wormhole).

Ένα wormhole είναι ένα θεωρητικό πέρασμα μέσω του χωροχρόνου που θα μπορούσε να δημιουργήσει συντομεύσεις για μεγάλες διαδρομές στο σύμπαν. Τα wormholes προβλέπονται από τη θεωρία της γενικής σχετικότητας του Einstein. Φανταστείτε ότι παίρνετε ένα φύλλο χαρτί και βάζετε δύο τελείες. Ως γνωστόν, η μικρότερη απόσταση ανάμεσα σε δύο σημεία είναι η ευθεία. Όμως αν μπορούσαμε να διπλώσουμε αυτό το φύλλο χαρτί, τότε ίσως θα μπορούσαμε να δημιουργήσουμε μία παράκαμψη δια μέσω του χώρου και του χρόνου, που ονομάζεται σκουληκότρυπα (wormhole). Αυτή είναι μία γνήσια λύση των εξισώσεων του Einstein. Μπορούμε στην πραγματικότητα να την δούμε στην θεωρία των χορδών. Το ερώτημα είναι, το κατά πόσο

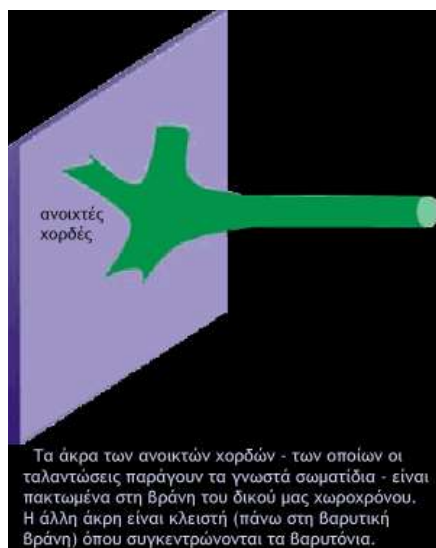
είναι πρακτικό να περάσεις μέσα από αυτό το πράγμα. Η απάντηση είναι ότι δεν γνωρίζουμε. Στην πραγματικότητα υπάρχει συζήτηση ανάμεσα στους φυσικούς σήμερα. Ο Steven Hawking και πολλοί άλλοι φυσικοί, παίρνουν θέση και προσπαθούν να ανακαλύψουν αν είναι φυσικώς δυνατό να περάσει κανείς μέσα από μια σκουληκότρυπα. Αν μπορούσε, τότε ίσως να μπορούσαμε να την χρησιμοποιήσουμε ως χρονομηχανή.

Εφόσον η θεωρία χορδών, είναι μια θεωρία των πάντων, είναι επίσης μια θεωρία στον χρόνο και η χρονομηχανές επιτρέπονται από τις εξισώσεις του Einstein. Η κατασκευή τους όμως είναι εξαιρετικά δύσκολη έως αδύνατη.

Γιατί όμως αναζητάμε άλλα σύμπαντα; Ξέρουμε ότι σε περίπου 3 εκατομμύρια χρόνια από σήμερα το σύμπαν θα έχει παγώσει και έτσι πιστεύουμε πως οδεύει προς το απόλυτο πάγωμα. Όλα τα αστέρια θα σβήσουν, δηλαδή θα πάντουν να λάμπουν. Οι νόμοι της φυσικής είναι μια θανατική καταδίκη για όλη την νοήμονα ζωή. Υπάρχει μόνο ένας τρόπος να αποφύγουμε τον θάνατο του σύμπαντος και αυτός είναι να φύγουμε από αυτό. Τώρα φυσικά εισερχόμαστε στη σφαίρα της επιστημονικής φαντασίας, όμως τουλάχιστον, έχουμε εξισώσεις. Οι εξισώσεις της θεωρίας των χορδών μας επιτρέπουν να υπολογίσουμε αν είναι δυνατό να περάσουμε μέσα από μία σκουληκότρυπα (wormhole), να πάμε σε ένα άλλο σύμπαν, το οποίο να είναι θερμότερο και πιθανότατα να μπορούμε να ξεκινήσουμε πάλι από την αρχή.

Τι υποστηρίζει η θεωρία χορδών;

Σύμφωνα με την θεωρία των χορδών το σύμπαν μας δεν αποτελείται από σωματίδια αλλά από ίνες καθαρής ενέργειας που έχουν μόνο μία διάσταση και ονομάζονται χορδές. Αυτό δηλαδή, που εμείς αντιλαμβανόμαστε ως σωματίδιο είναι ουσιαστικά μια παλλόμενη χορδή. Συνεπώς, τα διάφορα σωματίδια που έχουν διαφορετικές ιδιότητες, είναι χορδές που πάλλονται σε διαφορετικές συχνότητες. Παρόλα αυτά οι χορδές μπορεί να είναι είτε κλειστές είτε ανοιχτές. Οι ανοιχτές χορδές είναι στερεωμένες με τα δύο άκρα τους πάνω στις βράνες και γι' αυτό δεν μπορούν να μεταπηδήσουν σε άλλες διαστάσεις. Αντίθετα, οι κλειστές χορδές δεν έχουν άκρα για να «πιαστούν» από τις βράνες και μπορούν να μεταπηδήσουν σε άλλες διαστάσεις. Οι επιστήμονες είναι πολύ αισιόδοξοι, καθώς πιστεύουν ότι η θεωρία χορδών μπορεί να οδηγήσει στη καλύτερη κατανόηση του σύμπαντος και τους νόμους που το διέπουν.



Ιστορία της θεωρίας των χορδών και το γιατί διατυπώθηκε η άποψη ότι υπάρχουν παραπάνω από τέσσερις χωροχρονικές διαστάσεις

Μέχρι το 1974 είχε πλέον ολοκληρωθεί η πρώτη μορφή της θεωρίας των χορδών – γνωστή ως μποζονική ή τύπου 0. Η μποζονική θεωρία χορδών, καταρχάς, για να δουλέψει προϋποθέτει 26 διαστάσεις – 25 χωρικές και μια χρονική. Το σύμπαν μας όμως έχει (φαινομενικά τουλάχιστον) μόνο 4 διαστάσεις μαζί με τον χρόνο, πράγμα που από μόνο του αφήνει τη μποζονική θεωρία χορδών στο περιθώριο της θεωρητικής φυσικής. Εκτός όμως από το πρόβλημα των διαστάσεων η μποζονική θεωρία χορδών προβλέπει μόνο μποζόνια, δηλαδή σωματίδια με ακέραιο σπιν², που μεταφέρουν δυνάμεις – και καθόλου φερμιόνια (σωματίδια με περιττό σπιν), που αποτελούν την ύλη. Ακόμα και αν υποθέσουμε ότι 22 επιπλέον διαστάσεις είναι καμπυλωμένες και γι' αυτό κινούμαστε μόνο σε 3. Πώς η μποζονική θεωρία των χορδών έχει την παραμικρή σχέση με το δικό μας σύμπαν τη στιγμή που στο δικό μας υπάρχουν και φερμιόνια; Εκτός αυτών, ένα μεγάλο αρνητικό της μποζονικής θεωρίας ήταν η πρόβλεψη του ταχιονίου. Το ταχυνόιο³ ήταν, θεωρητικά, ένα σωματίδιο το οποίο κινείται με ταχύτητα μεγαλύτερη από αυτή του φωτός. Εφόσον προέβλεπε 26 διαστάσεις, μόνο μποζόνια και σωματίδια σαν το ταχυνόιο, ήταν όντως ένα μέρος της θεωρητικής φυσικής. Αυτό όμως που τράβηξε το ενδιαφέρον των φυσικών ήταν η πρόβλεψη του βαρυτονίου.⁴ Το βαρυτόνιο, θεωρητικά, είναι το σωματίδιο της βαρύτητας. Παρόλο που τα βαρυτόνια δεν έχουν παρατηρηθεί προς το παρόν, οι φυσικοί έχουν προβλέψει της ιδιότητες που θα μπορούσαν να έχουν, παραδείγματος χάριν σπιν και μηδενική μάζα. Η μποζονική θεωρία χορδών προέβλεπε ένα σωματίδιο με αυτές της ιδιότητες, που δεν θα μπορούσε να είναι άλλο από το βαρυτόνιο.

Γιατί δημιουργήθηκε η θεωρία χορδών

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα της σύγχρονης φυσικής ήταν η ένωση των δύο ίσως μεγαλύτερων θεωριών – της θεωρίας της σχετικότητας και της κβαντομηχανικής. Όλες οι προηγούμενες προσπάθειες ένωσης αυτών των δύο δεν πέτυχαν.

Η θεωρία της σχετικότητας παρουσιάζει το χώρο λείο εφόσον δεν υπάρχει μάζα. Στη συγκεκριμένη όμως περίπτωση ο χωροχρόνος παραμορφώνεται και έτσι τα σώματα έλκονται μεταξύ τους. Σύμφωνα με την σχετικότητα, όπου δεν υπάρχει μάζα ο χωροχρόνος είναι λείος, ασχέτως το πόσο μεγεθύνει. Αντίθετα, η κβαντομηχανική υποστηρίζει ότι σε υποατομικές κλίμακες ο χωροχρόνος διαστρεβλώνεται πολύ έντονα από κβαντικές διακυμάνσεις, καθώς και υπάρχουν διάφορες ενέργειες, οι οποίες αλληλοεξουδετερώνονται και έτσι στον μακρόκοσμο ο χωροχρόνος μοιάζει λείος ενώ στην πραγματικότητα δεν είναι.

² Σπιν: Είναι μία θεμελιώδης ιδιότητα της ύλης που χαρακτηρίζει τα στοιχειώδη σωματίδια, τα σύνθετα σωματίδια και τους ατομικούς πυρήνες.

³ Ταχυνόιο: το ταχυνόιο είναι ένα υποθετικό στοιχειώδες σωματίδιο, το οποίο περιέχει φανταστική μάζα όπως θεωρεί η μποζονική θεωρία. Τα ταχυνόια ωστόσο αποτελούν σωματίδια τα οποία έχουν λάβει το όνομά τους εξαιτίας της ασύλληπτης ταχύτητάς τους που είναι ίση ή μεγαλύτερη από το $c=300.000 \text{ km/s}$ (ταχύτητα φωτός)

⁴ Βαρυτόνιο: είναι το υποθετικό στοιχειώδες σωματίδιο-φορέας της βαρυτικής αλληλεπίδρασης και προβλέπεται στα πλαίσια ενός ολοκληρωμένου θεωρητικού οικοδομήματος το οποίο περιλαμβάνει την βαρύτητα σε κβαντισμένη μορφή.

Η πρώτη προσπάθεια σύνδεσης αυτών των θεωριών ήταν η δημιουργία μιας κβαντικής θεωρίας της βαρύτητας, η οποία όμως απέτυχε γιατί τα σημειακά σωματίδια μηδενικών διαστάσεων επηρεάζονταν από τις κβαντικές διακυμάνσεις.⁵

Αντίθετα, οι χορδές όντας ως σώματα με διαστάσεις, δεν επηρεάζονται από τις κβαντικές διακυμάνσεις, γιατί ξεπερνούν την κλίμακα Planck⁶ συνεπώς, δεν χρειάζεται να λάβουμε υπόψιν μας τόσο μικρές κλίμακες.



Η στρέβλωση του χωρόχρονου από τη μάζα

Τι είναι η Θεωρία –M;

Αποδείχθηκε ότι οι θεωρίες χορδών είναι αδιαμφισβήτητα συνδεδεμένες μεταξύ τους. Η ανακάλυψη διαφορετικών τύπων θεωρίας χορδών ήταν όντως, κάτι πολύ μεγάλο: από εκεί που οι θεωρητικοί των χορδών νόμιζαν ότι είχαν να κάνουν με πέντε διαφορετικές θεωρίες των πάντων συνειδητοποίησαν ότι είχαν να κάνουν με μορφές της ίδιας θεωρίας.

Παρομοιάσαμε τις θεωρίες των χορδών με τα νησιά ενός πλανήτη. Αυτός ο πλανήτης, στη προκειμένη περίπτωση, είναι η θεωρία- . Το M σημαίνει μυστήριο, μεμβράνη ή μαγεία. Όταν αυτή η θεωρία ολοκληρωθεί, αν επαληθευτεί πειραματικά θα είναι η θεωρία των πάντων. Ακόμα και οι εξισώσεις της συγκεκριμένης θεωρίας δεν είναι ξεκάθαρες και είναι προσεγγιστικές - η πραγματική δομή της θεωρίας - είναι άγνωστη ακόμα, αλλά ορισμένα χαρακτηριστικά της ήταν εξ αρχής γνωστά.

Η θεωρία - προτάθηκε από τον Edward και ενοποιεί τις θεωρίες των χορδών σε μια ενδεκάτη διάσταση, αποτελώντας ένα δίκτυο μέσω του οποίου μπορούμε να μεταπηδάμε από τη μια θεωρία

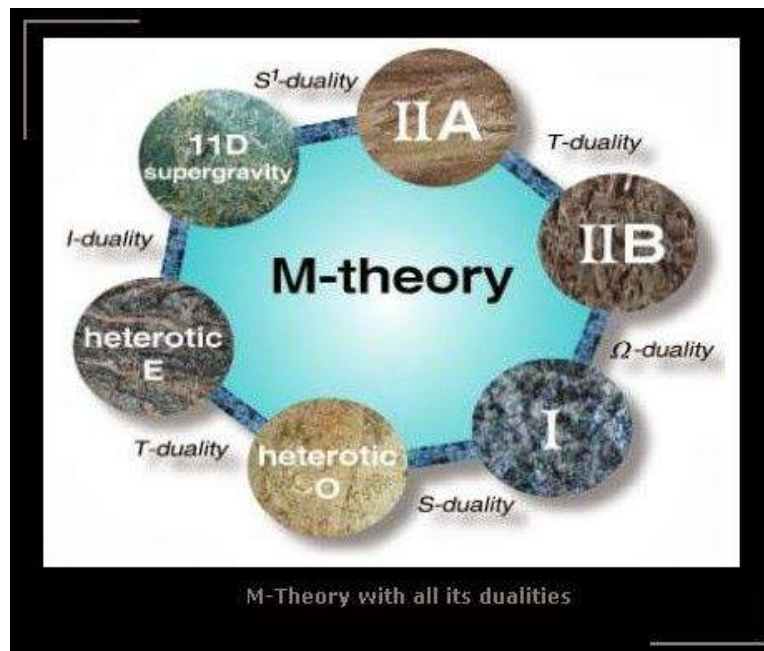
⁵ Κβαντικές διακυμάνσεις κενού: Σύμφωνα με τους νόμους της κβαντικής μηχανικής, θα παραμένουν πάντα κάποιες τυχαίες και απρόβλεπτες ταλαντώσεις, δηλαδή κάποια τυχαία και απρόβλεπτα ηλεκτρομαγνητικά κύματα (το ίδιο ισχύει και για τα βαρυτικά κύματα). Τα κύματα αυτά είναι οι διακυμάνσεις κενού.

⁶ Κλίμακα Planck: μονάδες Planck: ένα Planck έχει μήκος περίπου 10^{-20} της διαμέτρου ενός πρωτονίου, δηλαδή είναι τόσο μικρό ώστε η περίπτωση άμεσης παρατήρησης σε αυτή την κλίμακα να είναι ανέφικτη στο εγγύς μέλλον. Η Planck μάζα δεν βρίσκεται μέσα στα όρια της ανθρώπινης αντίληψης. Ένας Planck χρόνος είναι ο χρόνος που χρειάζεται το φως να διατρέξει ένα Planck μήκος.

χορδών σε μια άλλη. Ένα από τα κύρια χαρακτηριστικά της είναι ότι, σε αντίθεση με τις θεωρίες χορδών, δεν έχει μόνο χορδές αλλά και μεμβράνες, από τις οποίες μπορούν να δημιουργηθούν σωματίδια. Οι μεμβράνες της θεωρίας - μπορούν να έχουν από 0 έως 10 διαστάσεις. Μια μονοδιάστατη χορδή είναι μια μονοβράνη, μια δισδιάστατη μεμβράνη είναι μια διβράνη, και ούτω καθεξής.

Οι μεμβράνες της θεωρίας- είναι οι p-βράνες και οι D-βράνες. Οι D-βράνες είναι είδη p-βρανών. Στη θέση του p (ή του D) μπαίνει ο αριθμός των διαστάσεων. Έτσι, μια εννιαδιάστατη p-βράνη είναι μια 9-βράνη, μια τετραδιάστατη D-βράνη είναι μια 4-βράνη κτλ. Οι βράνες αυτές έχουν ιδιότητες, όπως το φορτίο και η έντασή τους, η οποία καθορίζει πόσο εύκολα επηρεάζονται από τις διάφορες κβαντικές διεργασίες και το πόσο εύκολα αλληλοεπιδρούν.

Οι βράνες της θεωρίας, ήταν αναγκαίες και στις θεωρίες χορδών, αλλά οι φυσικοί πίστευαν πως καθώς θα εξελίσσουν αυτές τις θεωρίες, τα προβλήματα που δημιουργούνται από την ύπαρξη και μόνο χορδών θα διορθωθούν.

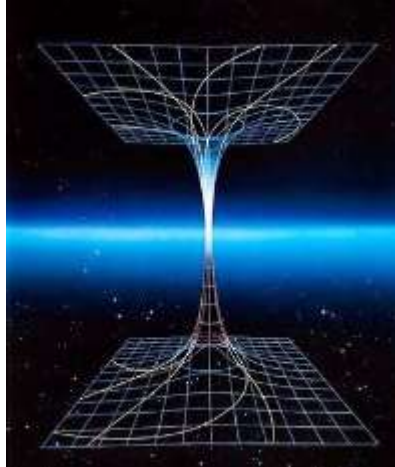


Τα διάφορα είδη θεωρίας χορδών

Πως συνδέεται η θεωρία των χορδών με την θεωρία των παράλληλων συμπάντων;

Από επεξεργασία της θεωρίας M, προέκυψε η άποψη ότι το σύμπαν μας επικάθεται σε μία τεράστια ενεργητική μεμβράνη, η οποία επιπλέει σε ένα χώρο με άλλες τέτοιες παρόμοιες μεμβράνες.

Πιστεύεται ότι στις άλλες μεμβράνες υπάρχουν άλλα σύμπαντα, τα οποία είναι παράλληλα με το δικό μας, αλλά δεν έρχονται σε επαφή μαζί του. Στη περίπτωση όμως που έρθουν δύο τέτοιες μεμβράνες σε επαφή θα δημιουργηθεί μια μαύρη τρύπα ή μια σκουληκότρυπα ή απλά θα γίνει μια Μεγάλη Έκρηξη (Big Bang) που θα σηματοδοτήσει τη γέννηση ενός νέου σύμπαντος. Γι' αυτό πολλοί υποστηρίζουν ότι η σκοτεινή ύλη μπορεί να είναι ένα παράλληλο σύμπαν, το οποίο αντιλαμβανόμαστε μόνο λόγω της βαρυτικής του επίδρασης.



Δύο παράλληλα σύμπαντα που ενώνονται μέσω μιας μαύρης τρύπας

Συμπέρασμα

Θα ήταν λάθος να μιλήσουμε για πολλές θεωρίες των χορδών, καθώς ενώνονται σε μια. Είναι πιθανό η θεωρία να εξελιχθεί ακόμα περισσότερο και έτσι να εξηγούνται ακόμα καλύτερα οι παράξενες συμπεριφορές της ύλης που παρατηρούνται στο σύμπαν. Το σύμπαν μας σίγουρα δεν είναι αυτό που αντιλαμβανόμαστε με τις περιορισμένες ανθρώπινες αισθήσεις μας. Συνεπώς, για να επιβεβαιωθεί μια θεωρία απαιτείται πειραματική διαδικασία. Όμως, η τεχνολογία που κατέχουμε τώρα απέχει πολλά χρόνια από την πραγματοποίηση ενός πειράματος για την επιβεβαίωση της θεωρίας των χορδών και κατ' επέκταση της θεωρίας-. Παρόλα αυτά από τα μαθηματικά μοντέλα αυτής της θεωρίας έχει προκύψει το συμπέρασμα ότι μπορεί να αποτελέσει μια θεωρία των πάντων, αφού συνδέει τις δύο μεγαλύτερες, αλλά και ταυτόχρονα ασυμβίβαστες θεωρίες της Φυσικής.

Πηγές

<https://futurism.com/brane-science-complex-notions-of-superstring-theory/>

<https://www.cio.com/article/2370563/internet/the-science-behind-multiverse-theory.html>

<http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-3385768/Our-universe-single-image-Artist-reveals-stunning-circular-artwork-showing-Earth-Andromeda-galaxy.html>

http://www.physics.ntua.gr/POPPHYS/60/string_theory.html

<http://www.physics4u.gr/strings/string1.html> <http://dimitris.webgalaxy.gr/science-everything-theory-2.php>

<http://www.bluedot.gr/2012/12/strings-and-multiverse/>

http://skeptomenosellhn.blogspot.gr/2012/06/blog-post_22.html

<http://www.superstringtheory.com/>

<https://www.space.com/20881-wormholes.html>

<https://www.youtube.com/watch?v=d48WH-Xwu9M>

Εγκυκλοπαίδεια papyrus Larousse Britannica

Η θεωρία του Big Bang

Μαχαίρα Ελισάβετ, Καλλιμάνη Χριστιάνα

Πρόλογος

Η θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης (Big Bang) είναι μια προσέγγιση στη γέννηση του Σύμπαντος προς όλο τον κόσμο, δηλαδή πώς από μια μικρή μοναδικότητα, επεκτάθηκε τα επόμενα 13,8 δισεκατομμύρια χρόνια και δημιουργήθηκε το λεγόμενο «Σύμπαν». Λόγω της τεχνολογικής εξέλιξης που διαθέτουμε, δεν επιτρέπεται στους αστρονόμους να «κοιτάζουν» πίσω στη στιγμή όπου γεννήθηκε το Σύμπαν. Πολλά απ' όσα κατανοούν οι επιστήμονες γύρω από τη θεωρία της Μεγάλης Έκρηξης, προέρχονται από μαθηματικές θεωρίες.

Στο χώρο της επιστήμης ο όρος «Μεγάλη Έκρηξη» χρησιμοποιείται για να περιγράψει τον τρόπο με τον οποίο από ένα απειροελάχιστο σημείο «ανυπαρξίας» διαστάθηκε απότομα ολόκληρο το Σύμπαν. Θεωρείται, λοιπόν, ότι η γέννηση και η ανάπτυξη που επακολούθησε την Έκρηξη, αποτελούν ένα ουσιαστικό «ξεδίπλωμα» του χώρου και του χρόνου, τα οποία οδήγησαν σε αυτήν την τεράστια, σε μέγεθος, σημερινή ύπαρξη που ξέρουμε και αναγνωρίζουμε. Δημιουργήθηκε και συνεχίζει αδιάκοπα να διαστέλλεται, καθώς μέσα στο Σύμπαν γαλαξίες από διαφορές εκτάσεις απομακρύνονται διαρκώς μεταξύ τους με υψηλές ταχύτητες.



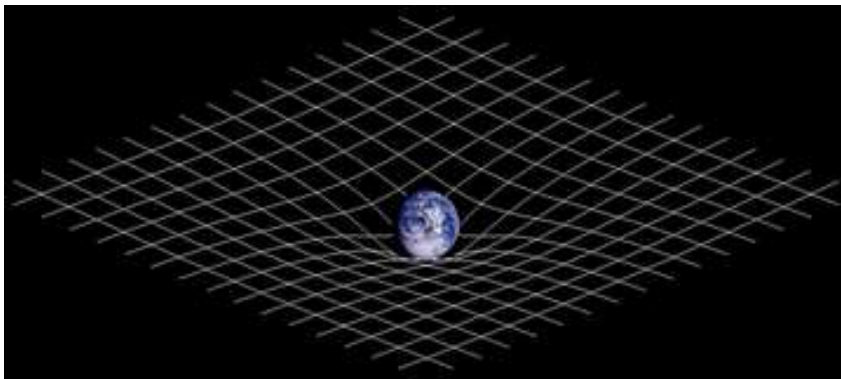
Τι προϋπήρχε της Μεγάλης Έκρηξης;

Η «γέννηση» του Σύμπαντος αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα γεγονότα στην ιστορία της Φυσικής, άλλα τι προϋπήρχε της Μεγάλης Έκρηξης; Η διατύπωση ποικίλων εκτιμήσεων, οι οποίες αναφέρονται στις συγκεκριμένες στιγμές της αρχής αυτού του γεγονότος, παρουσιάζουν μια χρονική διάρκεια ύπαρξής του. Επιπλέον, επισημαίνουν τη σχέση ανάμεσα στο χώρο και το χρόνο, μεγέθη από τα οποία παρουσιάζουν μια ιδιαίτερη σχέση εξομοίωσης την εποχή εκείνη. Το Σύμπαν ήταν το μέγεθος ενός πρωτονίου, και ακόμα μικρότερο. Στον περιορισμένο αυτό χώρο δεν υπήρχε κάτι συγκεκριμένο πάρα μόνο ένας «κβαντικός αφρός», στο οποίο περιέχονται και μικρές μαύρες τρύπες.

Ένα κομμάτι του μικροσκοπικού «αφρού» είναι το απέραντο Σύμπαν στο οποίο ζούμε. Επομένως, η αρχή της διαστολής του Σύμπαντος βασίζεται σε μια τυχαία κβαντική διακύμανση (διαταραχή του κενού που δημιουργεί την ύπαρξη του κενού χώρου στο Σύμπαν), η οποία επηρέασε αυτόν τον «αφρό» και οδήγησε, σταδιακά, στο σήμερα.

Η άποψη του Stephen Hawking για το τι προϋπήρχε του σύμπαντος

Ο Stephen Hawking, σίγουρα ένας από τους μεγαλύτερους επιστήμονες όλων των εποχών, υποστηρίζει την άποψη ότι, «Δεν υπήρχε τίποτα πριν το Big Bang», όπως ξεκάθαρα και πολύ απλά δήλωσε σε μια συνέντευξη στην εκπομπή Star Talk του National Geographic. Αναφερόμενος στη θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν, σύμφωνα με την οποία ο χώρος και ο χρόνος από κοινού σχηματίζουν ένα χωροχρονικό συνεχές που δεν είναι επίπεδο αλλά κυρτό από την άποψη της ενέργειας που περιέχει, διατύπωσε την παραπάνω άποψη. Κατ' αυτόν τον τρόπο ήρθε να προτείνει μια εναλλακτική, την “ευκλείδεια προσέγγιση”, μια περιοχή γεωμετρίας η οποία ασχολείται με τα επίπεδα και τις διαστάσεις. Το μοντέλο, λοιπόν, που παρουσιάζει ο Hawking υποστηρίζει ότι η ιστορία του σύμπαντος είναι μια καμπύλη επιφάνεια τεσσάρων διαστάσεων –παρόμοια στην επιφάνεια της Γης- αλλά με δύο επιπρόσθετες διαστάσεις.



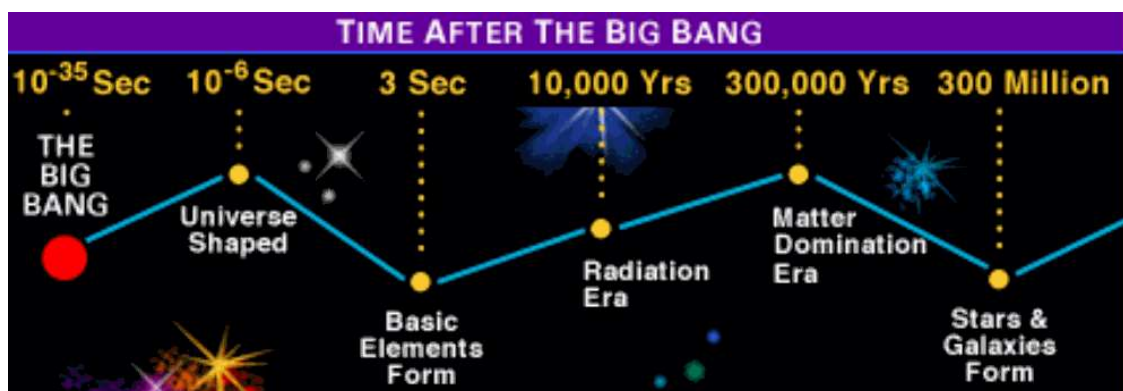
Το κυρτό χωροχρονικό συνεχές πάνω στο οποίο ο Hawking βάσισε την «Ευκλείδεια» προσέγγισή του για το μοντέλο του σύμπαντος

Η αρχή του Σύμπαντος και η Μεγάλη Έκρηξη

Όλα ξεκίνησαν πριν, από περίπου, 13,8 δισεκατομμύρια χρόνια, όπου ολόκληρο το Σύμπαν ήταν συμπιεσμένο ως ένας ατομικός πυρήνας (μια μικρή περιοχή στο κέντρο του πυρήνα, ο οποίος περιέχει πρωτόνια και νετρόνια) . Αρχικά, βρισκόμαστε στη στιγμή πριν από τη δημιουργία όταν δεν υπήρχε ούτε χώρος ούτε χρόνος. Σύμφωνα με ένα κοσμολογικό μοντέλο (μοντέλο που έδειχνε πως το Σύμπαν από τις μαύρες τρύπες και τη βαρυτική έλξη έγινε επίπεδο και ομογενές) μια απίστευτη έκρηξη, με θερμοκρασία τρισεκατομμυρίων βαθμών και απείρως πυκνή, η οποία δημιούργησε όχι μόνο τα υποατομικά σωματίδια, αλλά και τον ίδιο τον χώρο και χρόνο. Οι θεωρίες της κοσμολογίας μαζί και με παρατηρήσεις, που δόθηκαν, έκαναν τους επιστήμονες να αναδημιουργήσουν την χρονολογία των γεγονότων, τη Μεγάλη Έκρηξη.

Στο πρώτο δευτερόλεπτο αμέσως μετά τη δημιουργία του Σύμπαντος, η θερμοκρασία του περιβάλλοντος ήταν περίπου 5,5 δισεκατομμύρια βαθμοί Κελσίου. Το Σύμπαν αποτελείτο από μια μεγάλη σειρά ατομικών σωματιδίων, τα νετρόνια, τα ηλεκτρόνια και τα πρωτόνια (θεμελιώδη σωματίδια) και κανείς δεν μπορούσε να τα δει και να τα αντιληφθεί.

«Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια θα έκαναν το φως (φωτόνια) να σκορπίσει, όπως σκορπίζουν οι ακτίνες του ήλιου από τα σταγονίδια νερού στα σύννεφα» αναφέρει η NASA. Έπειτα, με την πάροδο του χρόνου, τα ελεύθερα ηλεκτρόνια συναντήθηκαν με πυρήνες και δημιούργησαν ουδέτερα άτομα, τα οποία επέτρεψαν στο φως να περάσει, περίπου 380.000 έτη φωτός μετά τη Μεγάλη Έκρηξη.



Σύμφωνα με την κβαντική θεωρία, λίγες στιγμές μετά από την Έκρηξη, 10^{-43} δευτερόλεπτα, οι τέσσερις δυνάμεις της φύσης, η ισχυρή πυρηνική, η ασθενής πυρηνική, η ηλεκτρομαγνητική και η βαρύτητα ήταν ενωμένες σε μια «υπερ-δύναμη». Αρχικά, τα στοιχειώδη σωματίδια κουάρκς αρχίζουν να ενώνονται ανά τρία, να σχηματίζονται τα φωτόνια, τα ποζιτρόνια και τα νετρίνα, ενώ δημιουργήθηκαν συγχρόνως και τα αντισωματίδια τους. Επίσης, η πυκνότητα του σύμπαντος στην «πρώτη στιγμή της ζωής του» θεωρείται πως ήταν 10^{94} g/cm³, σε μορφή, πιθανόν ακτινοβολίας. Για κάθε δισεκατομμύρια ζεύγη σωματιδίων ύλης και αντιύλης, τα οποία δημιουργήθηκαν στις αρχές του Κόσμου, μόνο ένα από αυτά τα σωματίδια ύλης επέζησε και αποτελεί το σημερινό Σύμπαν. Τέλος, τα υπόλοιπα σωματίδια- αντισωματίδια καταστράφηκαν άμεσα με την ακτινοβολία.

Κατά τη διάρκεια αυτής της δημιουργίας αλλά και της εξαΰλωσης των σωματιδίων, το σύμπαν υποβλήθηκε σε ένα ρυθμό επέκτασης, πολλαπλάσια της ταχύτητας του φωτός. Το σύμπαν σε λιγότερο από ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου διπλασιάστηκε σε μέγεθος τουλάχιστον εκατό φορές, έτσι ξεκίνησε με διαστάσεις ενός ατομικού πυρήνα και σήμερα φτάνει τα 10^{30} μέτρα.

Το σύμπαν και τα σωματίδια του

Το σύμπαν ήταν σε αυτό το σημείο ένα ιονισμένο πλάσμα, όπου η ύλη και η ακτινοβολία ήταν ενωμένα, και υπήρχαν ίσα ποσά σωματιδίων και αντισωματιδίων, καθώς η αναλογία των νετρονίων και των πρωτονίων αν και μικρή ήταν ίση. Έπειτα, όταν το σύμπαν «γέρασε» κατά ένα εκατοστό του δευτερολέπτου τα νετρόνια άρχισαν να διασπώνται μαζικά, η οποία επέτρεψε στα ελεύθερα ηλεκτρόνια και πρωτόνια να συνδυαστούν με άλλα σωματίδια. Τελικά, τα υπόλοιπα νετρόνια ενώθηκαν με τα πρωτόνια και σχημάτισαν το δευτέριο (το βαρύ υδρογόνο). Έτσι, αυτοί οι πυρήνες του δευτερίου ενώθηκαν ανά ζεύγη και σχημάτισαν τους πυρήνες του ηλίου. Ο σχηματισμός της ύλης από την ενέργεια, πραγματοποιείται από τα φωτόνια που υλοποιούνται σε βαρυόνια και αντιβαρυόνια, και μετασχηματίζονται σε καθαρή ενέργεια.

Το νέφος του αερίου/πυρήνες του ηλίου

Το νέφος του αερίου επεκτείνεται σε ένα ολόκληρο δευτερόλεπτο μετά από την αρχική Έκρηξη, και η θερμοκρασία του Κόσμου έχει μειωθεί σε δέκα δισεκατομμύρια βαθμούς, όπου τα φωτόνια δεν έχουν πλέον την ενέργεια να αναστατώσουν τη δημιουργία της ύλης, καθώς και να μετασχηματίσουν την ενέργεια σε ύλη. Μετά από τρία λεπτά η θερμοκρασία γίνεται ένα δισεκατομμύριο βαθμούς, ενώ τα πρωτόνια και τα νετρόνια επιβραδύνθηκαν, τα οποία ήταν ικανά να πραγματοποιήσουν την πυρηνοσύνθεση. Δημιουργήθηκαν πυρήνες του ηλίου από δύο πρωτόνια και δύο νετρόνια, και για κάθε πυρήνα του ηλίου που σχηματίστηκε έμειναν περίπου δέκα πρωτόνια ελεύθερα επιτρέποντας έτσι το 25% του σύμπαντος να αποτελείται από ήλιο. Έτσι, η επόμενη φάση εμφανίστηκε μετά από τριάντα λεπτά αργότερα, όταν αυξήθηκε η δημιουργία των φωτονίων μέσω της εξαϋλώσης ζευγαριών ηλεκτρονίων.

Από την ύλη και την ακτινοβολία - δημιουργία Σύμπαντος

Το σύμπαν για τα επόμενα 380.000 χρόνια θα αρχίσει να επεκτείνεται και να ψύχεται μέχρι μια θερμοκρασία 10.000 K. Αυτές οι συνθήκες επέτρεψαν στους πυρήνες του ηλίου να απορροφήσουν τα ελεύθερα ηλεκτρόνια και να σχηματιστούν τα πρώτα άτομα ηλίου. Μεταξύ τους συνδέθηκαν άτομα του υδρογόνου και σχημάτισαν το λίθιο. Είναι η εποχή που η πυκνότητα του σύμπαντος έχει φτάσει στο σημείο όπου το φως μπορεί να γίνει πια αντιληπτό. Μέχρι τότε τα φωτόνια συνέχισαν να παγιδεύονται μέσα στην ύλη. Τελικά η διαστολή επέτρεψε στο φως και την ύλη να διαχωριστούν, καθώς η ακτινοβολία γίνεται όλο και λιγότερο πυκνή. Από εκεί και πέρα διαχωρίστηκε η ύλη και η ακτινοβολία και γεννήθηκε στο σύμπαν.

Η τελευταία θεωρία του Stephen Hawking για το Big Bang

Μετά τον θάνατο του μεγάλου φυσικομαθηματικού και κοσμολόγου Stephen Hawking δημοσιεύτηκε η τελευταία του θεωρία για την προέλευση του σύμπαντος. Την θεωρία αυτή την ανέπτυξε σε συνεργασία με τον Βέλγο φυσικό και καθηγητή Thomas Hertog. Βάση της επιστημονικής εργασίας αυτής είναι η θεωρία των χορδών και θεωρεί ότι στην πραγματικότητα το σύμπαν είναι πολύ πιο απλό απ' ό,τι υποστηρίζουν οι περισσότερες υπάρχουσες θεωρίες οι οποίες αφορούν τη λεγόμενη «Μεγάλη Έκρηξη». Παρόλο που η θεωρία δημοσιεύτηκε σχετικά πρόσφατα στο επιστημονικό περιοδικό "Journal of High Energy Physics", λίγο καιρό μετά τον θάνατο του Hawking, ο ίδιος είχε κάνει μια πρώτη παρουσίαση της θεωρίας μαζί με τον συνεργάτη του τον Ιούλιο του 2017 σε συνέδριο στο Cambridge University. Αφορμή υπήρξαν τα 75^α γενέθλια του ίδιου του Stephen Hawking. Οι πιο σύγχρονες θεωρίας που αφορούν την δημιουργία του σύμπαντος μας, του γνωστού και ως τοπικού σύμπαντος, παραθέτουν ότι ένα κλάσμα του δευτερολέπτου μετά το λεγόμενο «Big Bang» έγινε μια πληθωριστική «έκρηξη» η οποία και ώθησε το νεογέννητο σύμπαν να διασταλεί απότομα και με εκθετικό ρυθμό. Διαδεδομένη είναι η πεποίθηση πως με την

αρχή του κοσμικού πληθωρισμού, δηλαδή της εκθετικής διαστολής του χώρου στο πρώιμο σύμπαν, υπάρχουν περιοχές στις οποίες δεν σταματά ποτέ, με αποτέλεσμα να είναι αέναος. Το μέρος του σύμπαντος το οποίο μπορούμε και παρατηρούμε είναι απλώς μια περιοχή όπου ο πληθωρισμός έχει σταματήσει να συμβαίνει, ενώ σε άλλες περιοχές συνεχίζεται. Ως αποτέλεσμα θεωρείται πως δημιουργούνται διαφορετικά σύμπαντα, πιθανότατα με δικούς του διαφορετικούς νόμους το καθένα, τα οποία όλα μαζί συνιστούν ένα πολυσύμπαν. Όμως, όπως γίνεται γνωστό ο Hawking δεν είναι ένας από τους ένθερμους υποστηρικτές της ιδέας αυτής του πολυσύμπαντος. Έτσι, μέσω της νέας του επιστημονικής εργασίας, μαζί με τον Hertog, υποστηρίζει ότι η θεωρία του αιώνιου πληθωρισμού είναι λανθασμένη. Παρόλ' αυτά δεν αρνείται ότι πράγματι μπορεί να υπάρχει ένα πολυσύμπαν, όμως, το απλοποιεί και παρουσιάζει την άποψη πως όλα τα σύμπαντα έχουν τους ίδιους φυσικούς νόμους που έχει και το δικό μας. Σύμφωνα με τον Χέρτογκ, «το πρόβλημα με τη συνήθη θεωρία του αέναου πληθωρισμού είναι πως υποθέτει ότι υπάρχει στο υπόβαθρο ένα σύμπαν που εξελίσσεται σύμφωνα με τη γενική θεωρία σχετικότητας του Αϊνστάιν, ενώ αντιμετωπίζει τις κβαντικές επιδράσεις ως μικρές διακυμάνσεις γύρω από αυτό. Όμως η δυναμική του αέναου πληθωρισμού καταργεί τη διάκριση ανάμεσα στην κλασσική και στην κβαντική φυσική, με συνέπεια η θεωρία του Αϊνστάιν να παύει να ισχύει στον αέναο πληθωρισμό». Η θεωρία των Hawking-Hertog παραθέτει ότι, «το σύμπαν μας, στις μεγαλύτερες κλίμακες, είναι λογικά ομαλό και πεπερασμένο, συνεπώς δεν αποτελεί μια μορφοκλασματική δομή (φράκταλ)». Η θεωρία αυτή λοιπόν, βασίζεται τόσο στη θεωρία των χορδών, μια προσπάθεια συμφιλίωσης της βαρύτητας και της γενικής σχετικότητας με την κβαντική φυσική, όσο βασίζεται και στη θεωρία που υποστηρίζει ότι, απλοϊκά, το σύμπαν μας είναι ένα μεγάλο και πολύπλοκο ολόγραμμα. Κατ' αυτόν τον τρόπο ο Hawking και ο Hertog έρχονται να παρουσιάσουν μια δική τους εκδοχή αυτού του ολογράμματος. Αυτή τους δίνει τη δυνατότητα να απομακρύνουν, να αφαιρέσουν θα μπορούσαμε να πούμε, τον χρόνο με σκοπό να περιγράψουν τον αέναο κοσμικό πληθωρισμό. Με τον τρόπο αυτό δεν είναι απαραίτητο να καταφύγουν στη θεωρία του Αϊνστάιν. Με βάση τη νέα τους θεωρία ο αέναος πληθωρισμός είναι στην πραγματικότητα μια άχρονη κατάσταση η οποία βρίσκεται πάνω σε μία επιφάνεια του χώρου στην αρχή του χρόνου. Μια διατύπωση του πριν τον θάνατό του ήταν πώς τελικά, «δεν καταλήγουμε σε ένα μοναδικό σύμπαν, αλλά τα ευρήματά μας παραπέμπουν σε μια σημαντική μείωση του πολυσύμπαντος, σε μια πολύ μικρότερη γκάμα πιθανών συμπάντων». Επιπλέον, όπως λέει και ο ίδιος, μέσω αστρονομικών και αστροφυσικών παρατηρήσεων είναι σχετικά πιο εύκολο να επιβεβαιωθεί αυτή η νέα θεωρία σε σχέση με προηγούμενές της. Στη συνέχεια, ο Hertog ήδη σχεδιάζει να μελετήσει τις πρακτικές συνέπειες της νέας του θεωρίας. Σκοπεύει να το κάνει σε μικρότερες κλίμακες οι οποίες βρίσκονται εντός των ορίων των διαστημικών τηλεσκοπίων που διαθέτουμε. Είναι τη πεποίθησης πως το θεωρητικό τους μοντέλο θα μπορέσει να επιβεβαιωθεί μέσω των αρχέγονων βαρυτικών κυμάτων, δηλαδή των ρυτιδώσεων του χωροχρόνου, τα οποία προκλήθηκαν κατά την έξοδο από τον αέναο πληθωρισμό. Το σύμπαν έχει επεκταθεί σε μεγάλο βαθμό από τη γέννησή του έως σήμερα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα αυτά τα βαρυτικά κύματα να έχουν πλέον πολύ μεγάλα μήκη κύματος. Έτσι, είναι αδύνατο να τα ανιχνεύσουν οι υπάρχοντες επίγειοι ανιχνευτές που διαθέτουμε. Πιθανόν όμως, να είναι ανιχνεύσιμα με το μελλοντικό ευρωπαϊκό διαστημικό παρατηρητήριο βαρυτικών κυμάτων.

Οι εισηγητές της κοσμολογικής θεωρίας και η ονομασίας της

Στην σύγχρονη εποχή είναι δύσκολο να βρεθεί κάποιος ο οποίος να μην γνωρίζει για τη κοσμολογική θεωρία εν ονόματι Μεγάλης Έκρηξης, η οποία εξηγεί τη δημιουργία του Σύμπαντος. πώς όμως μία τόσο σπουδαία κοσμολογική υπόθεση απέκτησε ένα τόσο «αντί-επιστημονικό» όνομα;



Πρώτος ο Βέλγος κοσμολόγος Georges Lemaître, το 1931, ανέφερε την συγκεκριμένη θεωρία, χωρίς ωστόσο να χρησιμοποιήσει την συγκεκριμένη ορολογία «Big Bang». Αντιθέτως, προτίμησε ονόματα όπως «αρχέγονο άτομο» και η «θεωρία των πυροτεχνημάτων», τα οποία όπως φαίνεται δεν κατάφεραν να επιβιώσουν το πέρασμα του χρόνου, με σκοπό να περιγράψει το μοντέλο που πρότεινε. Την εποχή του Βέλγου η θεωρία του δεν αντιμετωπίστηκε με τον καλύτερο τρόπο καθώς η κοινωνία της εποχής θεωρούσε, υποστήριζε και ήθελε το σύμπαν να γεννάει συνεχώς ύλη από το μηδέν. Η θεωρία αυτή, γνωστή σήμερα ως Θεωρία Σταθερής Κατάστασης, απορρίπτεται από το σύνολο της επιστημονικής κοινότητας λόγω του ότι αντιτίθεται σε πολλά φυσικά φαινόμενα. Έτσι, επικράτησε η θεωρία την οποία η

κοσμολόγοι της εποχής αγνόησαν. Με τα χρόνια η θεωρία του Lemaître διαδιδόταν όλο και περισσότερο και γινόταν σταδιακά αποδεκτή στους διάφορους επιστημονικούς κύκλους. Το 1949, ο Fred Hoyle, ένας από τους κυριότερους υποστηρικτές της Σταθερής Κατάστασης, εκμεταλλεύτηκε τα δείγματα αμφιβολίας που τριγυρνούσαν τους επιστήμονες έδωσε μια συνέντευξη στο BBC επικεντρώνοντας κυρίως στην κοσμολογική του θεωρία και τονίζοντας στις διαφορές της Σταθερής Κατάστασης με «την υπόθεση ότι όλη η ύλη του σύμπαντος δημιουργήθηκε σε ένα big bang σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή στο μακρινό παρελθόν».

Τότε, ήταν που για πρώτη φορά ακούστηκε η φράση Big Bang η οποία αποδείχθηκε εν τέλει κατάλληλη για την ονομασία της κοσμολογικής θεωρίας. Ο Hoyle προσπάθησε να υποτιμήσει την εργασία του Βέλγου κοσμολόγου χαρακτηρίζοντάς την ως άσχετη και αντι-επιστημονική. Έτσι, έγινε δυνατή η εισαγωγή του όρου «Big Bang» στον τομέα της κοσμολογίας, χάρη στις μετέπειτα συνεντεύξεις του Hoyle.

Ο όρος Big Bang δεν άργησε να χρησιμοποιηθεί και στα μέσα μαζικής ενημέρωσης, στις 31 Δεκεμβρίου του 1956 από τους New York Times, σε σχετικό άρθρο τους. Πλέον η θεωρία του Lemaître είναι γνωστή και χάρη στο παραπάνω άρθρο, μόλο που στα τέλη της δεκαετίας του '50 εντοπίζονταν ανακρίβειες και πολλοί Φυσικοί την αμφισβητούσαν.

Στη συνέχεια οι διάφοροι υποστηρικτές της Μεγάλης Έκρηξης δουλεύουν με σκοπό να διορθώσουν όσες πιθανές ατέλειες παρουσιάζει το μοντέλο τους και φροντίζουν έτσι να το καταστήσουν ως το επικρατέστερο κοσμολογικό μοντέλο. Χρόνια αργότερα η κοσμολογική



Ο όρος «Big Bang» πρωτοχρησιμοποιείται σε άρθρο των New York Times

αυτή θεωρία είναι αποδεκτή από ολόκληρο το σύνολο του επιστημονικού κύκλου με το όνομα που της έδωσε ο μεγαλύτερος αντίμαχος της, Big Bang.

Πηγές:

“Ahasanul Hoque.” *AhasanulHoqueCom*, <https://bit.ly/2IUH5Fq>.

Dimitrios, Michailidis. *physics4u* -, <https://bit.ly/2rUEJeY>.

“Hellenic American Educational Foundation - Psychico College | Take IELTS.” *Frequently Asked Questions | Take IELTS*, <https://bit.ly/2wZKq18>.

iefimerida.gr. “Η Απίθανη Ιστορία Πίσω Από Το Big Bang – Πώς Πήρε Το Όνομά Της η Κοσμολογική Θεωρία [Εικόνα].” *Iefimerida.gr*, [Iefimerida.gr](https://bit.ly/2IQCmEN), 22 Nov. 2016, <https://bit.ly/2IQCmEN>.

User, Super. “What God Alone Can Reveal.” *Catholic Education Resource Center*, <https://bit.ly/2KFUPRC>.

YourTubeTheme. “Big Bang Explosion.” *YouTube*, YouTube, 1 July 2014, <https://bit.ly/2GyJk Jr>.

“Αναλύοντας Τη Θεωρία Της Μεγάλης Έκρηξης.” *Newsbeast.gr*, 22 Mar. 2014, <https://bit.ly/2rUc3Uo>.

“Ατομικός πυρήνας.” *Wikipedia*, Wikimedia Foundation, 8 Jan. 2018, <https://bit.ly/2GBDV43>.

“Έτσι δημιουργήθηκε το σύμπαν! - Επιβεβαιώνεται ο Αϊνστάιν.” *Πρώτο Θέμα - ειδήσεις από την Ελλάδα αι όλο τον κόσμο - Έκτακτη επικαιρότητα*, <https://bit.ly/2ka8ODW>.

“Η δημιουργία του σύμπαντος από το απόλυτο τίποτα.” *Physicsgg*, 5 May 2013, <https://bit.ly/2IAEs8n>.

“Η Θεωρία Του Big Bang.” *Φυσική Για Όλους*, 17 Apr. 2016, <https://bit.ly/2GzXpWP>.

Κουλέτα, Αθανασία. “Τι Υπήρξε Πριν Το Big Bang; Ο Stephen Hawking Έχει Την Απάντηση.” *HuffPost Greece*, HuffPost Greece, 6 Mar. 2018, <https://bit.ly/2IWWDby>.

“Ο πληθωρισμός του σύμπαντος.” *Φυσική για όλους*, 12 Oct. 2015, <https://bit.ly/2wZqhIA>.

“Χωροχρόνος.” *Wikipedia*, Wikimedia Foundation, 6 May 2018, <https://bit.ly/2GzybI0>.

“Αυτή Είναι η Τελευταία Θεωρία Του Stephen Hawking Για Το Big Bang.” *POPAGANDA Comments*, <https://bit.ly/2FBAwla>.

Μαύρες Τρύπες

Βασίλης Βερροϊόπουλος, Φιλέας Γέρου, Μιχαήλ Φίλιππος

Εισαγωγή

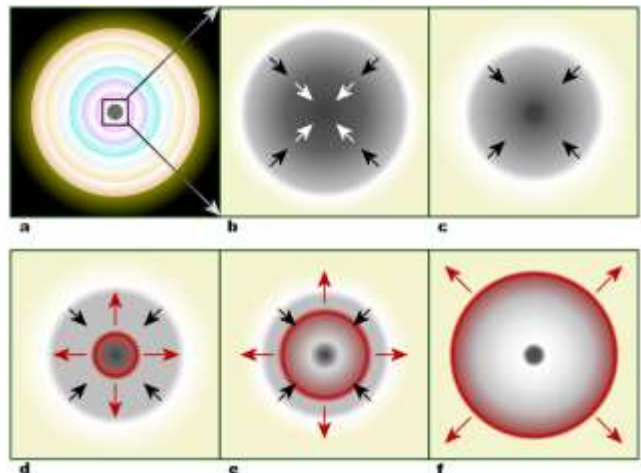
Οι μαύρες τρύπες είναι από τα πιο δυσεξήγητα ουράνια σώματα του σύμπαντος, τίποτα δεν μπορεί να ξεφύγει από αυτές και τίποτα δεν μπορεί να συγκριθεί με την βαρυτική τους δύναμη. Πολλοί καθηγητές πανεπιστημίων, όπως ο Andrew Strominger του Χάρβαρντ και ο Malcolm Perry του Πανεπιστημίου του Cambridge και πολλοί άλλοι σημαντικοί επιστήμονες όπως ο Άλμπερτ Αϊνστάιν με την θεωρία της σχετικότητας και ο Στίβεν Χόκινς, ο οποίος επέκτεινε την θεωρία του και είπε πολλά πρωτόγνωρα πράγματα. Ένα από αυτά είναι πως αν κάποιος μπει σε μία μαύρη τρύπα μπορεί να ταξιδέψει σε ένα άλλο σύμπαν. Αντιθέτως, άλλοι υποστηρίζουν ότι στο εσωτερικό της οι νόμοι της φύσης δεν έχουν καμία υπόσταση.

Τι είναι οι Μαύρες τρύπες;

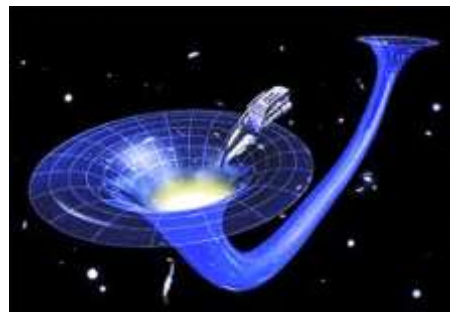
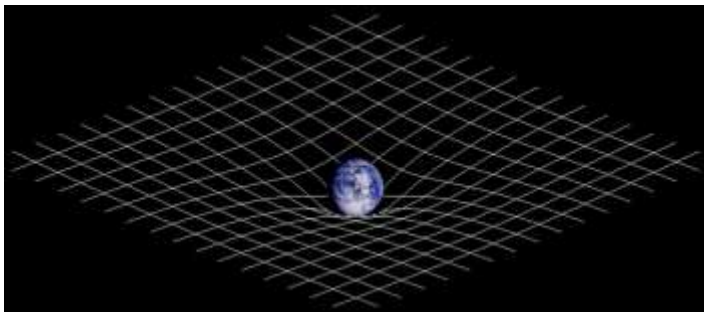
Ο διαδεδομένος όρος «Μαύρη τρύπα» που επινοήθηκε το 1967 από τον Αμερικανό αστρονόμο και θεωρητικό φυσικό, Τζον Γουίλερ δεν αναφέρεται στον συνήθη όρο τρύπα που χρησιμοποιούμε στην καθημερινότητά μας αλλά σε ένα σημείο του χωροχρόνου, στο οποίο οι βαρυτικές δυνάμεις είναι τόσο μεγάλες, ώστε τίποτε -ούτε καν τα σωματίδια και η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, όπως το φως- να μην μπορεί να ξεφεύγει από αυτό. Με άλλα λόγια η Μαύρη τρύπα είναι το σημείο του διαστήματος, όπου κάποτε υπήρχε ο πυρήνας ενός γιγάντιου άστρου όπου στην τελευταία φάση της εξέλιξής του έχασε την πάλη του ενάντια στη βαρύτητα, με αποτέλεσμα το υλικό του να καταρρεύσει και να συμπιεστεί καθώς η βαρύτητά του έγινε τόσο ακραία που η ταχύτητα διαφυγής έφτασε την ταχύτητα του φωτός. Θεωρητικά κανένα σώμα δεν θα μπορούσε να διαφύγει από μία Μαύρη τρύπα, αφού κανένα σώμα δεν θα μπορούσε να φτάσει την ταχύτητά της, ούτε καν το φως. Για αυτόν τον λόγο οι μαύρες τρύπες δεν μπορούν να εκπέμπουν φως ή κάποιο άλλο στοιχείο που θα επιβεβαίωνε την ύπαρξή τους. Όμως η ύπαρξή τους υποστηρίζεται από τις αστρονομικές παρατηρήσεις όπως η μελέτη των ακτινών Χ.

Η δημιουργία των Μαύρων τρυπών

Οι μαύρες τρύπες προβλέπονται από την γενική θεωρία της σχετικότητας (Η γενική θεωρία της σχετικότητας ή γενική σχετικότητα είναι η θεωρία βαρύτητας που προτάθηκε από τον Άλμπερτ Αϊνστάιν, και η οποία περιγράφει τη βαρυτική δύναμη μέσω των καμπυλώσεων του χωροχρόνου παρουσία μάζας), η οποία αναφέρει ότι οι Μαύρες τρύπες μπορούν να υπάρξουν και πως σχηματίζονται στο σύμπαν οποτεδήποτε συγκεντρώνεται σε ένα δεδομένο χώρο επαρκής ποσότητα μάζας, μέσω της διαδικασίας που ονομάζεται βαρυτική κατάρρευση. Άρα όσο η μάζα μέσα σε μία



συγκεκριμένη περιοχή μεγαλώνει, η δύναμη της βαρύτητας γίνεται πιο ισχυρή και αφού όταν η ταχύτητα διαφυγής σε μια συγκεκριμένη απόσταση από το κέντρο φθάσει την ταχύτητα του φωτός, σχηματίζεται ένας ορίζοντας γεγονότων, μέσα στον οποίο ύλη και ενέργεια αναπόφευκτα καταρρέουν σε ένα μοναδικό σημείο, σχηματίζοντας μία βαρυτική μοναδικότητα. Μόλις αρχίσει η κατάρρευση, δεν φαίνεται να μπορεί να διακοπεί από καμία φυσική δύναμη. Η κατάρρευση αυτή θα συνεχιστεί, ωστόσο το άστρο καταλήξει σε μια χωροχρονική ανωμαλία άπειρης πυκνότητας. Έτσι θα δημιουργηθεί μια περιοχή γύρω από την ανωμαλία η οποία ονομάζεται μαύρη τρύπα και το όριό της ονομάζεται ορίζοντας γεγονότων.



Η ανάπτυξη - εξέλιξη των Μαύρων τρυπών

Οι μαύρες τρύπες αυξάνουν τη μάζα τους συλλαμβάνοντας υλικό από την αστρική γειτονιά τους. (Οτιδήποτε μπαίνει από τον ορίζοντα γεγονότων δεν μπορεί να δραπετεύσει από τη βαρύτητα της μαύρης τρύπας. Για αυτό τον λόγο αντικείμενα που δεν έχουν μια ασφαλή απόσταση καταπίνονται.). Παρά τη φήμη τους, οι μαύρες τρύπες δεν απορροφούν αντικείμενα που είναι σε μεγάλες αποστάσεις. Μια μαύρη τρύπα μπορεί να συλλάβει μόνο τα αντικείμενα που έρχονται πολύ κοντά σε αυτήν (περίπου σε ακτίνα 15 χιλιομέτρων). Η «τροφή» των μαύρων τρυπών αποτελείται συνήθως από μεσοαστρικό αέριο και σκόνη, οι οποίες γεμίζουν το κενό διάστημα σε όλο το σύμπαν. Επιπρόσθετα, οι μαύρες τρύπες μπορούν να καταναλώσουν το υλικό που αποχωρίζεται από τα κοντινά τους αστέρια. Ένας ακόμα τρόπος ο οποίος μπορεί να οδηγήσει τις μαύρες τρύπες στο να μεγαλώσουν είναι αυτός, κατά τον οποίο εάν μία μαύρη τρύπα συγκρουστεί και συγχωνευτεί με άλλες μαύρες τρύπες τότε θα μεγαλώσει. Κι αυτή η διαδικασία της αύξησης, μπορεί να αποκαλύψει την παρουσία μιας μαύρης τρύπας. Καθώς το αέριο πέφτει προς μια μαύρη τρύπα, θερμαίνεται στις υψηλές θερμοκρασίες παράγοντας ισχυρά ραδιοκύματα και ακτίνες Χ.



Ταξίδι στο κέντρο μιας Μαύρης Τρύπας

Η θεωρία της Γενικής Σχετικότητας μπορεί να περιγράψει τον τρόπο που ο χωρόχρονος καμπυλώνεται γύρω από ένα σώμα πολύ μεγάλης μάζας, όπως είναι μια μαύρη τρύπα. Η καμπύλωση του χωροχρόνου βασίζεται στον υπολογισμό μιας μαθηματικής ποσότητας, της μετρικής του χωροχρόνου. Οι δε εξισώσεις της Γενικής Σχετικότητας επιτρέπουν τον υπολογισμό αυτής της μετρικής.

Μόλις ένα μήνα μετά την δημοσίευση από τον Αϊνστάιν – στα τέλη του 1915 – της Γενικής Σχετικότητας, ο αστρονόμος Karl Schwarzschild χρησιμοποίησε τις σχετικές εξισώσεις για τον υπολογισμό της μετρικής του χωροχρόνου γύρω από ένα σφαιρικά συμμετρικό, μη περιστρεφόμενο μεγάλης μάζας σώμα χωρίς ηλεκτρικό φορτίο. Η λύση του Karl Schwarzschild περιγράφει, επίσης, και την καμπύλωση του χωροχρόνου γύρω από ένα σώμα που δεν επιτρέπει τη διαφυγή του φωτός, δηλαδή μιας μαύρης τρύπας. Μόνο το κέντρο της μαύρης τρύπας, το σημείο δηλαδή που η καμπύλωση του χωροχρόνου τείνει στο άπειρο, δεν είναι δυνατόν να περιγραφεί από τη μετρική του Schwarzschild. Η σφαιρική επιφάνεια σε απόσταση από το κέντρο αριθμητικά ίση με το διπλάσιο της μάζας της μαύρης τρύπας ονομάζεται επιφάνεια Schwarzschild ή απλά ορίζοντας γεγονότων και καθορίζει την επιφάνεια από την οποία η ταχύτητα διαφυγής είναι ίση με την ταχύτητα του φωτός.



Ταξίδι προς τις μαύρες τρύπες Schwarzschild

Ο ορίζοντας είναι μια νοητή επιφάνεια γύρω από μια μαύρη τρύπα που «επιτρέπει» την είσοδο οποιουδήποτε αντικειμένου ή ακτινοβολίας προς την ιδιομορφία ή μοναδικότητα (singularity), το κέντρο δηλαδή της μαύρης τρύπας, όχι όμως και προς την αντίθετη κατεύθυνση. Οτιδήποτε βρεθεί μέσα από τον ορίζοντα γεγονότων μιας μαύρης τρύπας δεν μπορεί να διαφύγει από τη βαρυτική της έλξη. Στο δε εσωτερικό του ορίζοντα η στρέβλωση του χωροχρόνου είναι τόσο έντονη που οι ρόλοι του χώρου και χρόνου αντιστρέφονται. Η συντεταγμένη δηλαδή της απόστασης στις τρεις χωρικές διαστάσεις αναφέρεται πια σε χρόνο. Ένα αποτέλεσμα της παράξενης αυτής συμπεριφοράς του χωροχρόνου είναι πως οποιοδήποτε αντικείμενο βρεθεί μέσα στον ορίζοντα μιας μαύρης τρύπας, δεν μπορεί να αποφύγει τη μοναδικότητα της γιατί απλά βρίσκεται στο «μέλλον» του. Όπως,

έρχεται η αυριανή ημέρα χωρίς να το θέλουμε, έτσι και το αντικείμενο δεν μπορεί να αποφύγει τη μοναδικότητα μιας μαύρης τρύπας, αν τύχει και βρεθεί στο εσωτερικό του ορίζοντα της.

Προσομοιώσεις του ταξιδιού

Τον Απρίλιο του 2009 οι Andrew Hamilton και Gavin Polhemus του πανεπιστημίου Boulder δημοσίευσαν ότι κατασκεύασαν έναν υπολογιστικό μοντέλο που βασίστηκε στις εξισώσεις της Θεωρίας της Γενικής Σχετικότητας, που περιγράφει την βαρύτητα σαν μια παραμόρφωση του χωροχρόνου. Ακολουθούν τη μοίρα ενός φανταστικού παρατηρητή που βρίσκεται σε τροχιά η οποία παραμορφώνεται καθώς παρασύρεται από μια μαύρη τρύπα που έχει μάζα πέντε εκατομμύρια φορές τη μάζα του ήλιου και σχεδόν το ίδιο μέγεθος με την μαύρη τρύπα που βρίσκεται στο κέντρο του δικού μας Γαλαξία.

Καθώς ο παρατηρητής πλησιάζει, ένας σκοτεινός κύκλος ξεπροβάλλει από τον γαλαξία και περιέχει μια μαύρη τρύπα και τον ορίζοντα γεγονότων της, δηλαδή το σημείο εκείνο πέρα από το οποίο τίποτε δεν μπορεί να ξεφύγει από την έλξη της μαύρης τρύπας. Το φως από τα αστέρια που βρίσκονται κατευθείαν πίσω από την τρύπα καταπίνεται από τον ορίζοντα αυτόν, ενώ το φως από άλλα αστέρια καμπυλώνεται μερικώς από τη βαρυτική της έλξη, σχηματίζοντας μια εικόνα στρέβλωσης γύρω από την τρύπα.

Για τους μακρινούς παρατηρητές, ο ορίζοντας έχει το μέγεθος μια ακτίνας Schwarzschild (συνχά αναφέρεται και ως βαρυτική ακτίνα και είναι μια χαρακτηριστική ακτίνα που συνδέεται με κάθε μάζα. Είναι η ακτίνα για μια δεδομένη μάζα όπου, εάν αυτή η μάζα θα μπορούσε να συμπιεστεί για να χωρέσει στην ακτίνα αυτή, καμιά γνωστή δύναμη δε θα μπορούσε να τη σταματήσει στο να συνεχίζει να καταρρέει σε μια βαρυτική ιδιομορφία. Για την συγκεκριμένη τρύπα το μέγεθος αυτό αντιστοιχεί σε 15 εκατομμύρια χιλιόμετρα, αλλά καθώς κανείς πλησιάζει ο ορίζοντας φαίνεται να αποσύρεται. Ακόμα και όταν υπερβεί το κατώφλι της ακτίνας υπάρχει ακόμα ένα σημείο μπροστά από τον παρατηρητή όπου όλο το φως καταπίνεται, έτσι από την σκοπιά του ο παρατηρητής ποτέ δεν πλησιάζει τον ορίζοντα.



Οι Hamilton και Polhemus σχεδίασαν ένα κόκκινο πλέγμα στον ορίζοντα για να βοηθήσουν στην οπτικοποίησή του (καθώς ο ορίζοντας είναι σφαιρικός, οι δύο κύκλοι στο πλέγμα αντιπροσωπεύουν τον βόρειο και το νότιο πόλο από το κέντρο της μαύρης τρύπας). Καθώς ο παρατηρητής περνάει μια ακτίνα Schwarzschild, ένα άλλο τεχνητό οπτικό εφέ εμφανίζεται. Το λευκό πλέγμα που τον περικυκλώνει σηματοδοτεί το που οι μακρινοί παρατηρητές θα τοποθετούσαν τον ορίζοντα, δηλαδή είναι το σημείο εκείνο που άλλα άτομα που ακολουθούν τον πρώτο παρατηρητή θα έπεφταν επίσης μέσα στον ορίζοντα γεγονότων της μαύρης τρύπας.

Η πιο παράξενη θέα είναι αυτή που θα δει ο παρατηρητής τις τελευταίες στιγμές της πορείας του. Καθώς πλησιάζει στο κέντρο της μαύρης τρύπας θα νιώσει τεράστιες παλιρροιακές δυνάμεις. Αν πέφτει πρώτα με τα πόδια, η βαρύτητα στο κεφάλι του θα είναι πολύ πιο ασθενής από αυτή που εφαρμόζεται στα πόδια του. Αυτό θα έκανε τον παρατηρητή να αποσυναρμολογηθεί και επίσης θα είχε κάποια επίδραση στο φως που θα τον περιβάλλε. Το φως πάνω από το κεφάλι του θα τεντωνόταν και θα πλησίαζε την κόκκινη άκρη του φάσματος. Στο τέλος, από το κόκκινο θα

προχωρούσε στην ανυπαρξία και έτσι ολόκληρη η θέα θα συμπακωνόταν σε έναν οριζόντιο δακτύλιο.

Τρόποι αντιμετώπισης μίας μαύρης τρύπας:

Γενικά μιλώντας οι τρόποι με τους οποίους μπορούν να αντιμετωπισθούν οι μαύρες τρύπες δεν είναι και πολλοί. Παρ' όλα αυτά οι μαύρες τρύπες μπορούν να ανιχνευτούν από ειδικούς, με την μελέτη φαινομένων γύρω τους. Όπως για παράδειγμα η βαρυτική διάθλαση και τα αστέρια που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από το χώρο που δεν υπάρχει εμφανής ύλη. Έτσι οι μαύρες τρύπες μπορούν να εντοπισθούν και αν είναι εφικτό να αποφευχθούν. Μαύρες τρύπες μπορούν επίσης να εντοπισθούν όταν μια ποσότητα ύλης απορροφάται από αυτές και «εξομοιώνεται» με αυτές και εκπέμπει ακτίνες Χ. Επομένως μπορούμε να τις εντοπίσουμε ψάχνοντας για μέρη του Διαστήματος από όπου εκτοξεύονται μεγάλες ποσότητες ακτινοβολίας υψηλής ενέργειας. Ακόμα μια μαύρη τρύπα μπορεί να αντιμετωπιστεί χρησιμοποιώντας τη «ταχύτητα διαφυγής», η οποία είναι η ελάχιστη αρχική ταχύτητα που πρέπει να αναπτύξει ένα σώμα για να διαφύγει της βαρυτικής έλξης που του ασκεί ένα άλλο ουράνιο σώμα. Για παράδειγμα, ένα σώμα για να μπορέσει να διαφύγει από τη Γη, χωρίς η βαρυτική δύναμη να το τραβήξει πίσω, θα πρέπει να αναπτύξει ταχύτητα περίπου ίση με 11,2 km/s. Η αντίστοιχη ταχύτητα διαφυγής από τη Σελήνη είναι περίπου ίση με 2,37 km/s και από τον Ήλιο 618 km/s.

Γιατί οι Μαύρες Τρύπες μπορούν να διαγράψουν το ίδιο το σύμπαν;

Οι μαύρες τρύπες είναι τα πιο ισχυρά πράγματα στο σύμπαν. Είναι μάλιστα τόσο δυνατά που μπορούν να κόψουν ολόκληρα αστέρια σε κομμάτια σε μέγεθος ατόμων! Αυτό βέβαια είναι αρκετά τρομακτικό. Έχουν ακόμη μία πιο ισχυρή ιδιότητα... μπορούν να διαγράψουν το ίδιο το σύμπαν!

Μια μαύρη τρύπα εμφανίζεται όταν μια εξαιρετικά μεγάλη ποσότητα ύλης συγκεντρώνεται σε ένα μικροσκοπικό χώρο. Στο κέντρο τους η βαρύτητα είναι σχεδόν απείρως ισχυρή και ότι πλησιάζει πολύ κοντά σχίζεται στα σωματίδια του. Ούτε καν το φως μπορεί να ξεφύγει και έτσι τις αντιλαμβανόμαστε σαν μαύρες σφαίρες. Αν έπεφτες σε μία μαύρη τρύπα τίποτα κακό δεν επρόκειτο να συμβεί μέχρι και αφού διέσχιζες το εξωτερικό της όριο. Αυτό το σύνορο διαχωρίζει πλήρως τις μαύρες τρύπες από το υπόλοιπο σύμπαν. Δεν μπορούμε να έχουμε πρόσβαση σε αυτό εκτός και αν είμαστε διατεθειμένοι να μην επιστρέψουμε ποτέ! (Στα άκρα τους οι μαύρες τρύπες ακτινοβολούν την μάζα τους μακριά, όπως μια ζεστή κατσαρόλα στο μάτι που χάνει το νερό καθώς γίνεται ατμός. Αυτή ονομάζεται ακτινοβολία Hawking.)

Οι μαύρες τρύπες χάνουν συνεχώς μικρή ποσότητα της μάζας τους μια διαδικασία που είναι απίστευτα αργή. Δηλαδή στο πολύ μακρινό μέλλον όταν το τελευταίο αστέρι στο σύμπαν θα έχει πεθάνει εδώ και τρισεκατομμύρια χρόνια, οι μαύρες τρύπες θα γίνουν όλο και πιο μικροσκοπικές μέχρι να εξαφανιστούν αφήνοντας πίσω μόνο ένα μικρό κομμάτι ακτινοβολίας. Κατά την διαδικασία αυτή όμως οι μαύρες τρύπες μπορεί να διαγράψουν κάτι θεμελιώδες: Πληροφορίες

Τι σημαίνει πρακτικά όμως αυτό; Φανταστείτε μία δέσμη των ατόμων άνθρακα. Τοποθετήστε τα με έναν τρόπο και θα έχετε διαμάντι, με έναν άλλο τρόπο θα έχετε κάρβουνο. Τα άτομα δηλαδή είναι τα ίδια απλά αλλάζουν οι πληροφορίες. Χωρίς τις πληροφορίες τα πάντα στο σύμπαν θα ήταν τα ίδια, για αυτό η πληροφορία είναι άφθαρτη μπορεί να αλλάξει σχήμα αλλά ποτέ δεν μπορεί να

χαθεί. Εδώ λοιπόν οι μαύρες τρύπες παίρνουν διαφορετικά πράγματα και τα κάνουν το ίδιο, δηλαδή καταστρέφουν πληροφορίες. Αυτό είναι που δημιουργεί το παράδοξο της πληροφορίας.

Χωρίς πληροφορίες τα πάντα είναι σχετικά. Πώς όμως μπορούμε να λύσουμε αυτό το παράδοξο; Υπάρχουν μερικές πιθανότητες:

- Οι πληροφορίες χάνονται για πάντα «πετώντας» όλους τους νόμους της Φυσικής
- Οι πληροφορίες είναι κρυμμένες. Ίσως ένα μέρος της μαύρης τρύπας διασπάται και φτιάχνει ένα μαύρο σύμπαν. Οι πληροφορίες θα μεταφέρονταν με τρόπο που δεν θα μπορούσαμε να παρατηρήσουμε αλλά τεχνικά δεν θα χάνονταν.
- Οι πληροφορίες είναι ασφαλείς μετά από όλα αυτά, δεν έχουν χαθεί ή κρυφτεί.

Γνωρίζουμε λοιπόν ότι οι μαύρες τρύπες παγιδεύουν και μπορούν να διαγράψουν πληροφορίες αλλά ποτέ δεν σκεφτήκαμε τι γίνεται με αυτές στο ενδιάμεσο. Για αυτό θα δώσουμε ένα παράδειγμα για να το σκεφτούμε λίγο καλύτερα.

Ας δημιουργήσουμε λοιπόν μια μαύρη τρύπα με άπλυτα. Καταρχάς θα γεμίσουμε ένα δωμάτιο με καλάθια για άπλυτα: Όσα περισσότερα άπλυτα θα τοποθετήσεις τόσο περισσότερο καλάθια θα βάλεις στο δωμάτιο. Αλλά κάποια στιγμή κάθε καλάθι είναι γεμάτο και το δωμάτιο είναι πλήρες στοιβαγμένο και ούτε μια επιπλέον κάλτσα δεν μπορεί να μπει. Αν όμως εξακολουθούμε να πιέζουμε την κάλτσα με πολλή ενέργεια και βία, το δωμάτιο καταρρέει στον εαυτό του και σχηματίζει μία μαύρη τρύπα. Όμως η ικανότητα του ίδιου του δωματίου δεν έχει αλλάξει η τοποθέτηση περισσότερων πραγμάτων ή πληροφοριών είναι ακόμη αδύνατη, οπότε τι θα συμβεί αν πετάξουμε περισσότερα άπλυτα σε αυτό το ίδιο το δωμάτιο; Μεγαλώνει λίγο για να φτιάξει χώρο για τις νέες πληροφορίες.

Μπορούμε άρα να καταλάβουμε πως μια μαύρη τρύπα μεγαλώνει την επιφάνεια της κατά ένα μικρό «πίξελ» για κάθε μικρή πληροφορία που «πετάμε» μέσα τους. Δηλαδή περισσότερες πληροφορίες μεγαλύτερη επιφάνεια.

Οι πληροφορίες είναι πράγματι αποθηκευμένες στην μαύρη τρύπα, τότε η ακτινοβολία Hawking έχει μια πιθανότητα να μάθει γι αυτές τις πληροφορίες και να τις πάρει μακριά από εκεί. Έτσι οι πληροφορίες δεν χάνονται οι τρύπες «ξεθωριάζουν».

Τελικά ξέρουμε ότι το σύμπαν είναι παράξενο και περίπλοκο για αυτό τον λόγο οι μαύρες τρύπες μπορεί να είναι το κλειδί για την κατανόηση του χρησιμοποιώντας πάντα την φυσική όπως όλα τα άλλα. Οπότε αν αυτή η τρελή δυαδικότητα μεταξύ δισδιάστατου και τρισδιάστατου λειτουργεί για τις μαύρες τρύπες τότε θα μπορούσε να λειτουργήσει για ολόκληρο το σύμπαν και μέσα σε αυτό! Δεδομένου ότι ένα πρόσωπο μέσα σε μια μαύρη τρύπα δεν θα συνειδητοποιούσε ότι θα είναι κωδικοποιημένο σε μία πεπλατυσμένη επιφάνεια θα μπορούσαμε να μοιραζόμαστε την ίδια μοίρα: Μπορεί στην πραγματικότητα να είσαι τεντωμένος σε μια επίπεδη οθόνη στο τέλος του σύμπαντος.

Αλλά ακόμη πρέπει να αλλάξουμε την αντίληψη μας για την πραγματικότητα με κάποιο τρόπο. Αν ότι πέφτει μες στην μαύρη τρύπα είναι αποθηκευμένο στο ορίζοντα γεγονότων της, αυτό ουσιαστικά σημαίνει ότι τα τρισδιάστατα πράγματα κωδικοποιούνται σε μια επίπεδη επιφάνεια. Αν οτιδήποτε πέφτει στην μαύρη τρύπα είναι αποθηκευμένο στον ορίζοντα γεγονότων της, έχουμε ένα όνομα σε αυτό: Ολόγραμμα.

Ένα ολόγραμμα είναι σαν μία τρισδιάστατη φωτογραφία, ένα επίπεδο κομμάτι πλαστικού που κωδικοποιεί μια τρισδιάστατη εικόνα. Μία μαύρη τρύπα είναι σαν ένα ολόγραμμα γιατί τα πάντα μέσα σε αυτή κωδικοποιούνται στο ορίζοντα γεγονότων της. Ένα πρόσωπο μέσα σε μία μαύρη

τρύπα θα βιώσει την συνήθη τρισδιάστατη ζωή, αλλά για μας απέξω είναι πεπλατυσμένες εικόνες στην επιφάνεια της μαύρης τρύπας.

Από όλη λοιπόν την «βιογραφία» της μαύρης τρύπας συνειδητοποιούμε πως οι μαύρες τρύπες είναι πολύ ακραία «αντικείμενα» αλλά δεσμεύονται πάντα με τους ίδιους κανόνες

Πηγές:

<http://news247.gr/eidiseis/epistimi/stiven-xokingk-oi-maures-trupes-einai-pules-se-alla-sumpanta.4109321.html>

<http://www.eugenfound.edu.gr/frontoffice/portal.asp?cpage=NODE&cnode=167>

<http://www.iefimerida.gr/news/159152/μαύρη-τρύπα-κατάπιε-ολόκληρο-γαλαξία-σοκαρισμένοι-οι-ερευνητές>

https://el.wikipedia.org/wiki/Βαρυτική_κατάρρευση<http://coolweb.gr/mavri-trypa-ti-einai-pos-dimiourgeitai/>

<http://www.segnidalcielo.it/francia-un-drone-registra-per-caso-un-ufo-nelle-gole-del-verdon/>

<http://mindhack.gr/μαύρες-τρύπες/>

<http://www.e-zine.gr/modules.php?name=News&file=article&sid=211>

<https://physics4u.wordpress.com/2009/12/12/%CE%AF-%CE%AD-%CF%8D-%CF%8D/>

http://www.huffingtonpost.gr/stavros-karatzikos/-_8902_b_13635420.html

<http://www.segnidalcielo.it/francia-un-drone-registra-per-caso-un-ufo-nelle-gole-del-verdon/>

<http://physics4u.gr/blog/2017/12/03/ξεδιπλώνοντας-τις-ιδέες-που-έχουμε-γι/>

Αντισώματα κατά του AIDS

Ποδαροπούλου Μαρία, Σταυροπούλο Αναστασία

Πρόλογος

Το Σύνδρομο Επίκτητης Ανοσοανεπάρκειας, γνωστό και ως AIDS (Acquired Immune Deficiency Syndrome) είναι μία ασθένεια η οποία προκαλείται από τον ιό human immunodeficiency virus (HIV), ο οποίος μεταδίδεται από άνθρωπο σε άνθρωπο. Πολλοί επιστήμονες έχουν προσπαθήσει μέχρι τώρα να βρουν μια θεραπεία, αξιοποιώντας τα φυσικά αντισώματα των ασθενών που μπόρεσαν να τα παράγουν, είτε για την ολοκληρωτική θεραπεία των AIDS, είτε έστω για την πρόληψη της μόλυνσης από τον ιό. Στην παρούσα έρευνα περιλαμβάνεται μία συλλογή στοιχείων που αφορούν την ιστορία του AIDS, πληροφορίες για την ασθένεια καθώς και επίκαιρες πληροφορίες για σχετικά αντισώματα καταπολέμησης του AIDS.



Ιστορία του Συνδρόμου

Το σύνδρομο εντοπίστηκε για πρώτη φορά το 1981 στις Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής. Εκείνη την περίοδο ο Dr. M. S. Gottlieb, παρατήρησε πως θαλεροί άντρες έπασχαν από μία δυσεύρετη ασθένεια: την Pneumocystis Carinii – ένα ασυνήθιστο είδος πνευμονίας που εμφανίζεται σε ανθρώπους ύστερα από ‘πτώση’ του ανοσοποιητικού τους συστήματος (π.χ. άνθρωποι που έχουν μολυνθεί από τον ιό HIV. Η ασθένεια αυτή προκαλείται από ένα μικροσκοπικό παράσιτο το οποίο εκτός από τους πνεύμονες μπορεί να προσβάλλει και τα μάτια, τα αυτιά, το συκώτι και άλλα ανθρώπινα όργανα). Παράλληλα με τις ανακαλύψεις του M. S. Gottlieb, ο καθηγητής του πανεπιστημίου της Νέας Υόρκης Dr. A. Friedman-Kien, επισήμανε σε ανθρώπινο οργανισμό μία σπάνια θανατηφόρα μορφή καρκίνου, η οποία συναντάται μόνο σε νοτιότερες χώρες, το επονομαζόμενο σάρκωμα Καπόζι – Το σάρκωμα Καπόζι προκαλείται από τον ανθρώπινο ερπητοϊό 8 (HHV8), γνωστός και με το όνομα Ερπητοϊός που οφείλεται για το σάρκωμα Καπόζι (KSHV). Παρουσιάζεται συνήθως με τις μορφές δερματικών αλλοιώσεων που άλλοτε εισχωρούν και άλλοτε δεν εισχωρούν μέσα στο δέρμα.

Πρώτα Συμπτώματα σε Ζωικούς Οργανισμούς

Οι επιστήμονες παρατήρησαν πως η ασθένεια πρωτοεμφανίστηκε στους πράσινους πιθήκους που διαβιούν στην Αφρική και διαδόθηκε με το δάγκωμα των πιθήκων στους ανθρώπους. Το «ταξίδι» της ασθένειας δεν περιορίστηκε μόνο στην ενδοχώρα τη Αφρικής, αλλά εξαπλώθηκε μέχρι την

Καραϊβική από όπου μετανάστες την μετέφεραν στην περιοχή της Αϊτής. Από εκεί την μετέφεραν ομοφυλόφιλοι Αμερικάνοι που είχαν επιλέξει την Αϊτή ως ταξιδιωτικό προορισμό και κάτοικοι της περιοχής που μετανάστευσαν στις υπόλοιπες χώρες - περιοχές του κόσμου.

Πρώτη Απομόνωση του ιού και η πρώτη ονομασία του

Ο άγνωστος για τότε ιός, αποσπάστηκε και απομονώθηκε για πρώτη φορά το φθινόπωρο του 1983, από τον Γάλλο καθηγητή και διευθυντή του Πανεπιστημίου Πάστερ στο Παρίσι, Luc Montagnier, δίνοντας την πρώτη ονομασία του ιού η οποία ήταν LAV (lymphadenopathy associated virus). Παρόμοια και επιτυχή προσπάθεια πραγματοποίησε ένα χρόνο αργότερα ο Αμερικανός διευθυντής του αντικαρκινικού Ινστιτούτου της Αμερικής, Robert Gallo, δίνοντας την δεύτερη ονομασία του ιού, η οποία είναι παρόμοια με την σημερινή (HIV), HTLV-III. Η άγνωστη ασθένεια, η οποία εμφανιζόταν μόνο σε ομοφυλόφιλους άντρες και προκαλούταν από τον τότε ονόματι ιό HTLV-III, έλαβε τη σημερινή ονομασία του, το οποίο ήταν Σύνδρομο Επίκτητης Ανοσολογικής Ανεπάρκειας.

Τρόποι μετάδοσης του ιού HIV

Οι κυριότεροι τρόποι μετάδοσης του ιού είναι:

- Μέσω σεξουαλικής επαφής (ομο- και ετεροφυλοφιλική).
- Μέσω παρεντερικής χορήγησης φαρμάκων ή ναρκωτικών με μολυσμένες βελόνες από τον HIV.
- Η μετάγγιση μολυσμένου αίματος.
- Μεταμοσχεύσεις οργάνων από μολυσμένα άτομα.
- Μετάδοση από τη μητέρα στο έμβρυο είτε ενδομητρίως (κατά τη διάρκεια της κύησης) είτε περιγεννητικά (κατά την γέννα του νεογνού).

Παρ' όλα αυτά ο ιός δεν μπορεί να επιβιώσει σε περιβάλλον εκτός του ανθρώπινου οργανισμού και δεν μπορεί να μεταδοθεί μέσω της αναπνευστικής οδού.

Συμπτώματα της Ασθένειας στους Ανθρώπους

Η ασθένεια αυτή εμφάνιζε συγκεκριμένα συμπτώματα, τα οποία είχαν καταγράψει και διαχωρίσει κατάλληλα εκπαιδευμένοι καθηγητές, προκειμένου να μπορούν να διαχωρίσουν την ασθένεια από άλλες παρεμφερείς. Τα συμπτώματα αυτά ήταν βήχας ξηρός, πυρετός, διογκωμένοι/πρησμένοι λεμφαδένες, διάρροια, απώλεια μνήμης και νυχτερινοί ιδρώτες. Η ασθένεια μπορεί να προσβάλλει το κεντρικό νευρικό σύστημα προκαλώντας εγκεφαλίτιδα ή μηνιγγίτιδα, στα μάτια μπορεί να προκαλέσει αμφιβληστροπάθεια, στους πνεύμονες μπορεί να προκαλέσει πνευμονία, φυματίωση ή όγκους, στο δέρμα μπορεί να προκαλέσει όγκους και στο γαστρεντερικό μπορεί να παρατηρήσει οισοφαγίτιδα, χρόνια διάρροια και όγκους.



Συμπτώματα του HIV στο δέρμα
όπου έχει προκαλέσει αλλοιώσεις

Επιβίωση του ιού στο Περιβάλλον

Παρ' όλα αυτά, ο ιός δεν μπορεί να διαδοθεί μέσω του ατμοσφαιρικού αέρα και γι' αυτό η επιβίωσή του στο περιβάλλον είναι αρκετά δύσκολη. Ο ιός δεν μπορεί να επιβιώσει ούτε να αναπαραχθεί στο περιβάλλον γι' αυτό και δεν έχουν σημειωθεί κρούσματα μολύνσεων από το περιβάλλον. Συγκεκριμένα, σε περίπτωση που ο ιός εκτεθεί στο περιβάλλον μέσα σε διάστημα μερικών ωρών το 90-99% του ιού έχει καταστραφεί. Όσο πιο στεγνό είναι το περιβάλλον, τόσο πιο γρήγορα καταστρέφεται ο ιός.

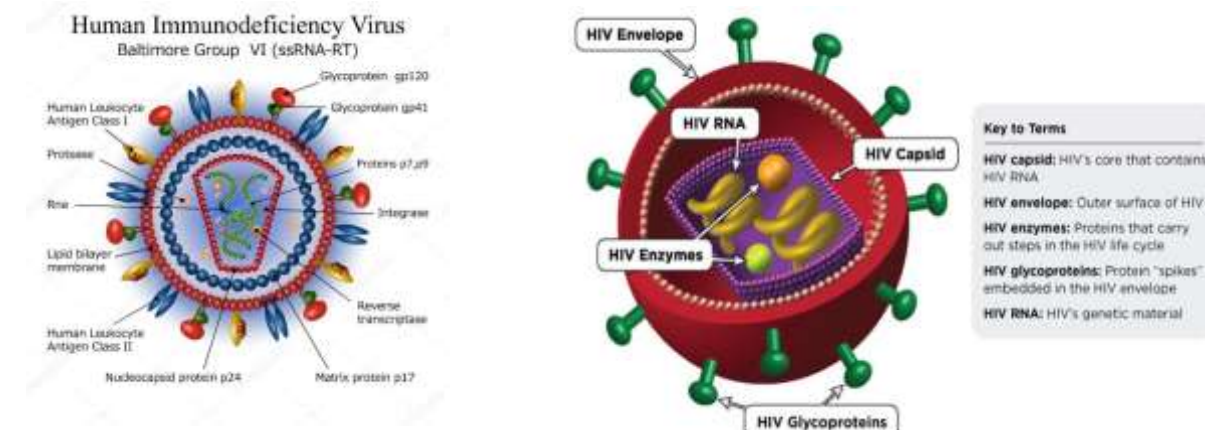
Γενολόγια του ιού HIV

Ο ιός ανήκει στην κατηγορία των ρετροϊών. Οι ρετροϊοί είναι μία πανάρχαιη κατηγορία ιών που χρονολογείται 450.000.000 χρόνια πριν, η οποία μπορεί να προκαλέσει καρκίνο και διάφορες ανοσοανεπάρκειες σε διάφορους ζωικούς οργανισμούς. Αποτελούνται από RNA, το οποίο έχουν την ικανότητα να μετατρέπουν σε DNA(αντίστροφη μεταγραφάση), το οποίο εισάγουν στο γενετικό υλικό του κυττάρου που προσβάλλουν. Ο ρετροϊός HIV, ανήκει ύστερα στην κατηγορία των Lentivirus (Lente= βραδύς+virus=ιός). Οι Lentivirus είναι μία κατηγορία ρετροϊών που προκαλούν χρόνιες και θανατηφόρες ασθένειες με μεγάλο χρόνο επώασης. Ο ρετροϊός HIV είθισται να προσβάλλει τμήματα του ανθρώπινου ανοσοποιητικού συστήματος, όπως είναι τα CD4T κύτταρα, μία υποομάδα των λεμφοκυττάρων T4, τα μακροφάγα - μονοκύτταρα τα οποία εντάσσονται στην ευρύτερη ομάδα των λεμφοκυττάρων και στο σύστημα των φαγοκυττάρων (κύτταρα του αίματος τα οποία αποτελούν το 8% των λεμφοκυττάρων είναι ικανά να εξουδετερώνουν ξένα σωματίδια). Τα μακροφάγα παράγονται στο μυελό των οστών και ύστερα από μία διήμερη παραμονή στο αίμα μεταφέρονται στους ιστούς και λαμβάνουν την ονομασία μακροφάγα ενώ πριν ονομάζονταν μονοκύτταρα. Στους ιστούς παραμένουν για μεγάλο χρονικό διάστημα- και δένδριτικά κύτταρα (κύτταρα τα οποία εντοπίζονται στις συνδέσεις του νευρικού ιστού).



Εξωτερική Μορφολογία του ιού

Η εξωτερική μορφολογία του ιού HIV είναι εξίσου πολύπλοκη. Ο ιός περιβάλλεται από το Λιπιδικό περίβλημα (Double feulllet phospholipidique) πάνω στο οποίο είναι εφαρμοσμένες οι πρωτεΐνες: gp41 (διαμεμβρανική γλυκοπρωτεΐνη), gp120 (γλυκοπρωτεΐνη πρόσθεσης) και MHC (major histocompatibility complex). Στο εσωτερικό του ιού υπάρχουν η p17 (πρωτεΐνη θεμέλιας ουσίας) η οποία επαναλαμβάνεται και σχηματίζει ένα κυκλικό σχήμα το οποίο βρίσκεται δίπλα από το λιπιδικό περίβλημα. Μέσα στο εσωτερικό βρίσκεται επίσης το ένζυμο πρωτεάση (protease), το οποίο διακόπτει την αλληλουχία των αμινοξέων, η νουκλεοκαψιδική πρωτεΐνη p24, η οποία επίσης επαναλαμβάνεται και σχηματίζει κυκλικό σχήμα και το άλλο ένζυμο ιντερκράση το οποίο έχει παρόμοια λειτουργία με την πρωτεάση. Μέσα στο χώρο που σχηματίζει η ρητή επανάληψη της νουκλεοκαψιδικής πρωτεΐνης βρίσκεται το RNA και το ένζυμο της αντίστροφη μεταγραφάση η οποία δημιουργεί DNA με καλούπι το RNA.



Κρούσματα της Ασθένειας κατά την Πάροδο του Χρόνου

Κατά την πάροδο του χρόνου τα θύματα της ασθένειας όλο και αυξάνονταν σε παγκόσμιο επίπεδο: α) Το 1998 5.800.000 άνθρωποι προσβλήθηκαν από τον HIV με αποτέλεσμα τα 2.500.000 να πεθάνουν. β) 56.400.000 άνθρωποι έχουν μολυνθεί από την ασθένεια εκ των οποίων μόνο οι 34.000.000 ζουν με την ασθένεια αυτή. Από τους 34.000.000, οι 23.300.000 διαβιούν στην Αφρική. Συνολικά από το ξεκίνημα της επιδημίας μέχρι σήμερα 14.000.000 άνθρωποι έχουν ασθενήσει και έχουν πεθάνει. Παρόλα αυτά η ασθένεια δεν έχει περιοριστεί μόνο στις χώρες του εξωτερικού αλλά έχει εξαπλωθεί και στην Ελλάδα:

Έτος	Άτομα που προσλήθηκαν	Γυναίκες	Γυναίκες στα %	Άνδρες	Άνδρες στα %
2010	10.452	1.951	18,7%	8.453	80,9%
2011	954	134	14,0%	820	86,0%
2012	1180	179	15,2%	1001	84,8%
2013	920	100	10,9%	820	89,1%
2014	802	106	13,2%	696	86,8%
2015	691	78	11,2%	613	88,7%
2016	616	107	17,4%	508	82,5%

Η Διαδικασία Απομόνωσης του ιού HIV

Κατά την πάροδο του χρόνου επιστήμονες προσπάθησαν να βρουν τρόπους ώστε να απομονώσουν τον ιό HIV που προκαλεί την ασθένεια του AIDS. Ύστερα από χρόνια μελέτης, κατάφεραν να ανακαλύψουν έναν υλοποιήσιμο τρόπο που αφορά την απομόνωση του ιού και την επεξεργασία του:

- Συλλογή αίματος από δωρητή και ασθενή που πάσχει από HIV και τοποθέτησή σε ειδικά φιαλίδια βιοχημικών εξετάσεων με αντιπηκτικό.
- Ύστερα από 1 ώρα της συλλογής του αίματος ξεχωρίζουμε το πλάσμα από το αντιπηκτικό αίμα με τη διαδικασία της φυγοκέντρησης για 10 λεπτά στη θερμοκρασία των 20 - 24° C σε ταχύτητα 2000 στρόφων το λεπτό.
- Παγώνουμε το πλάσμα στη κατάψυξη μέσα σε ειδικά σωληνάκια.
- Προσθέτουμε διαλύτη (ισότονο) (1ml) σε ένα μέρος του κυττάρου του αίματος (1ml) πλέον, που ήταν στη φυγοκεντρική μηχανή.
- Χωρίζουμε το ένα μέρος που έχουμε αραιώσει σε τέσσερα ίσα μέρη κυττάρων αίματος και τα απλώνουμε πάνω σε τρία διαφορετικά μέρη Ficoll-Hypaque τα οποία έχουν χωριστεί σε τρία διαφορετικά δοχεία.

- Φυγοκεντρούμε τα τρία δοχεία για 30 λεπτά σε ταχύτητα 4000 στροφών το λεπτό σε θερμοκρασία 20 - 24° C.
- Αφαιρούμε τη σειρά κυττάρων PBMC (Peripheral Blood Mononuclear Cells) με τη βοήθεια του καθαριστικού PBS.
- Διατηρούμε την σειρά κυττάρων PBMC και τα τοποθετούμε σε διαδικασία δραστηριοποίησης, προκειμένου να πολλαπλασιαστούν, με την βοήθεια της υγρής φόρμουλας PHA (Polyhydroxyalkanoates)-η διαδικασία αυτή διαρκεί από 1-3 ημέρες.
- Ύστερα από 3 μέρες διαχωρίζουμε το ιζήμα των κυττάρων PBMC και το τοποθετούμε σε διαδικασία δραστηριοποίησης με τη βοήθεια του ενζύμου IL-2.
- Έπειτα απαριθμούμε τα κύτταρα του ιζήματος και τα συγκεντρώνουμε σε ομάδες των $2 \cdot 10^6$.
- Σε αυτό το στάδιο αναμιγνύουμε ποσότητα 10^6 δραστηριοποιημένου ιζήματος του δωρητή με ποσότητα 10^6 δραστηριοποιημένου ιζήματος του ασθενούς. Έτσι η τελική ποσότητα θα είναι $2 \cdot 10^6$ κύτταρα ιζήματος.
- Προσθέτουμε στο μείγμα τις πρώτες 3 μέρες το 50% του διαλύτη θερμοκρασίας -30° C έως 80° C. Έπειτα από 3 μέρες προσθέτουμε το υπόλοιπο 50%.
- Έπειτα για 8 εβδομάδες προσθέτουμε κάθε εβδομάδα μία δόση δραστηριοποιημένου υγρού δόσης $5 \cdot 10^5$ PHA.
- Ύστερα από 8 εβδομάδες η απομόνωση έχει πραγματοποιηθεί και ο ιός μπορεί να παρατηρηθεί σε ένα ηλεκτρονικό μικροσκόπιο.

Διαδικασία Αντίστροφης Μεταγραφής

Πέρα από την διαδικασία απομόνωσης, οι επιστήμονες έχουν καταφέρει να περιγράψουν μία εξίσου πολύπλοκη διαδικασία που πραγματοποιείται στο γενετικό υλικό του ιού HIV και γενικότερα σε όλους του ρετροϊούς. Η διαδικασία αυτή είναι της αντίστροφης μεταγραφής, η οποία εάν και δεν ακούγεται πολύπλοκη δεν πραγματοποιείται σε κανένα κύτταρο του ανθρώπινου οργανισμού, αφού κυριαρχεί η μεταγραφή. Ο τρόπος παρακολούθησής και η εκτέλεσής της είναι ο εξής:

- Σε ένα δοχείο αναμιγνύουμε 1ml πολυεθυνύλη γλυκόζη με 2ml cell free supernatant - βάση υγρού μέσα στην οποία αναπτύσσονται τα κύτταρα- και περιμένουμε να καθίσει στους 4° C.
- Έπειτα φυγοκεντρούμε το διάλυμα σε ταχύτητα 3000 rpm στους 4° C για 45 λεπτά και αφαιρούμε το supernatant.
- Προσθέτουμε 100 ml virus lysis buffer - μία ουσία που λειτουργεί ως αποσβεστήρας των ιόντων - στο διάλυμα.
- Παγώνουμε το διάλυμα σε θερμοκρασία -20° C.

- Έπειτα αναμιγνύουμε σε ένα δοχείο 5ml viral lysate και 45 ml από το διάλυμα που παγώσαμε στους -20° C.
- Επωάζουμε το μίγμα στους 37° C για 1 ώρα.
- Έπειτα από 1 ώρα τοποθετούμε 40 ml από το διάλυμα πάνω σε GFA (Glass Fiber Filter Disc) και ρίχνουμε κατευθείαν την θερμοκρασία μέσα στο δίσκο κατά 5% με τη βοήθεια του sodium pyrophosphate.
- Ύστερα ξεπλένουμε το δίσκο με 5-10ml TCA τρεις φορές για 5 λεπτά την καθεμιά.
- Έπειτα ξεπλένουμε τον δίσκο με 95% αιθανόλη 2 φορές για 2 λεπτά την καθεμιά.
- Εκθέτουμε το δίσκο στον αέρα ώστε το διάλυμα να ξηραθεί και έπειτα μετράμε σε scintillation counter.
- Στα τεστ θα υπάρχουν ένα θετικό και ένα αρνητικό αποτέλεσμα.

Επίκαιρη Ενημέρωση για Δημιουργία Αντισωμάτων κατά των AIDS

Ο ιός AIDS έχει αποδειχτεί πως έχει την ικανότητα να μεταλλάσσεται, δημιουργώντας έτσι έναν μεγάλο αριθμό στελεχών του AIDS. Γι' αυτό και τόσα χρόνια έχει φανεί δύσκολη η καταπολέμηση του συγκεκριμένου ιού. Έπειτα από χρόνια λοίμωξης ασθενών, πολύ λίγοι έχουν καταφέρει να εξοντώσουν τα διάφορα στελέχη του ιού, αναπτύσσοντας φυσικά και ισχυρά αντισώματα.

Κάποιοι επιστήμονες στις Η.Π.Α έχουν δημιουργήσει ένα νέο αντίσωμα, το οποίο ισχυρίζονται ότι για πρώτη φορά επιτίθεται αποτελεσματικά στο 99% των στελεχών του ιού AIDS. Το νέο αντίσωμα επιτίθεται ταυτόχρονα σε τρία ζωικά μέρη του ιού, καθιστώντας έτσι πιο δύσκολη την άμυνά του. Έχουν γίνει αναφορές στο ξένο περιοδικό «Science» από ερευνητές των Εθνικών Ινστιτούτων Υγείας των Η.Π.Α., από τα πανεπιστήμια Χάρβαρντ και MIT, καθώς και από την φαρμακευτική εταιρεία «Sanofi», πως οι δοκιμές αυτών των νέων αντισωμάτων σε ανθρώπους το 2018.

Για την κατασκευή των αντισωμάτων έχουν συνδυαστεί τρία τέτοια φυσικά αντισώματα (παρμένα προφανώς από ασθενείς), και έχουν δημιουργήσει ένα πανίσχυρο τριπλό αντίσωμα, που φαίνεται πως θα είναι πολύ πιο αποτελεσματικό από οποιοδήποτε άλλο φυσικό αντίσωμα κατά του AIDS. Το νέο «σούπερ» αντίσωμα, για παράδειγμα, μπορεί να επιτεθεί στο 99% των στελεχών του ιού, ενώ τα πιο ισχυρά αντισώματα που έχουν εφευρεθεί μέχρι τώρα μπορούν να επιτεθούν μόνο στο 90%. Τα πειράματα που έγιναν σε 24 πειραματόζωα, έδειξαν πως η χορήγηση του τριπλού αντισώματος πρότρεψε την μόλυνσή τους από AIDS, όταν αργότερα ήρθε σε επαφή με αυτό.

Με κόστος λιγότερο από 75 δολάρια ετησίως, οι κυβερνήσεις της Νότιας Αφρικής και της Κένυας θα μπορούν σύντομα να θεραπεύουν έναν ασθενή με AIDS, χορηγώντας του χάπι που θα περιέχει συνδυασμό τριών αντιρετροϊκών φαρμάκων (ARV). Το βασικό σκεύασμα θα είναι το dolutegravir, ένα ισχυρό και ασφαλές φάρμακο ARV, που έως τώρα ήταν πολύ ακριβό για τις περισσότερες

χώρες χαμηλού και μεσαίου εισοδήματος. Το ετήσιο κόστος ανά ασθενή για το νέο χάπι, που ανήκει στην κατηγορία των γενοσήμων, θα είναι περίπου 25 δολάρια μικρότερο από τον μέχρι σήμερα φθηνότερο τριπλό συνδυασμό φαρμάκων ARV που κυκλοφορεί στην αγορά.



Χάπια για αντιμετώπιση του AIDS

Επίλογος

Καταλήγουμε στο συμπέρασμα πως παρόλο την πολυπλοκότητα της δόμησης και μορφολογίας καθώς και την απαίτηση ειδικών μηχανημάτων η ανθρωπότητα κατάφερε να δημιουργήσει αντισώματα τα οποία εξουδετερώνουν την ασθένεια. Όπως είπε κάποτε και ο γάλλος συγγραφέας Φρανσουά Ντε Λα Ροφουσκό: «Έχουμε πιο πολύ δύναμη παρά θέληση. Και αυτό συχνά συμβαίνει για να δικαιολογηθούμε στους εαυτούς μας, γιατί φανταζόμαστε τα πράγματα αδύνατα.» Επομένως τίποτα δεν είναι αδύνατο μέχρι τη στιγμή που γίνεται δυνατό. Όλα τα πράγματα που θεωρούνται αδύνατα μπορούν να γίνουν δυνατά και όλα τα δυνατά μπορούν να γίνουν αδύνατα. Όπως λοιπόν, παλαιότερα οι άνθρωποι θεωρούσαν αδύνατη την εύρεση αντισωμάτων κατά την ασθένεια του AIDS, η θεωρία αυτή διαψεύσθηκε και έγινε δυνατή.

Πηγές:

Έντυπες Πηγές

Ackermann, Hans-Wolfgang, and Laurent Berthiaume. *Atlas of Virus Diagrams*. CRC Press, 1995.

Hsiung, Gueh Djen., et al. *Hsiung's Diagnostic Virology: as Illustrated by Light and Electron Microscopy*. Yale University Press, 1994.

White, David O., and Frank Fenner. *Medical Virology*. Academic Press, 1998.

Wiedbrauk, Danny L., and Sheryl L. G. Johnston. *Manual of Clinical Virology*. Raven Press, 1993.

Ηλεκτρονικές Πηγές

“Νέο Τριπλό Αντίσωμα Κατά Του AIDS.” *Η Καθημερινή*, Υγεία, 23 Sept. 2017, www.kathimerini.gr/928004/article/yegeia/yegeia-epikairothta/neo-triplo-antiswma-kata-toy-aids.

Αντί επιλόγου...

1. Επιτυχόντες μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου στους διαγωνισμούς της Ε.Μ.Ε κατά το έτος 2017-18

ΘΑΛΗΣ 2017-18		
ΕΠΩΝΥΜΟ	ΟΝΟΜΑ	
ΒΑΡΒΑΡΙΓΟΣ	ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ	
ΓΕΩΡΓΙΟΥ	ΣΟΦΙΑ	
ΓΚΙΚΑ	ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ	
ΔΠΠΑ	ΚΩΝ/ΝΑ	
ΚΑΛΠΟΥΖΟΥ	ΜΑΡΙΝΑ	
ΚΑΡΑΪΝΔΡΟΥ	ΑΜΑΛΙΑ ΜΑΡΙΑ	
ΚΑΡΑΤΖΙΑ	ΒΑΣΙΛΙΚΗ	
ΚΕΦΑΛΑ	ΑΙΚΑΤΕΡΙΝΗ	
ΚΟΥΒΕΛΑ	ΑΓΓΕΛΙΚΗ	
ΚΟΥΤΣΙΑΥΤΗΣ ΡΕΜΑΝΤΑΣ	ΝΙΚΟΛΑΟΣ	
ΜΥΛΩΝΟΓΙΑΝΝΑΚΗΣ	ΚΡΙΤΩΝ ΣΤΑΜΑΤΙΟΣ	
ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ	ΓΕΩΡΓΙΑ	
ΠΑΣΠΑΤΗ	ΓΕΩΡΓΙΑ	
ΠΟΛΥΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ	ΚΩΝ/ΝΟΣ	
ΡΟΔΟΠΟΥΛΟΣ	ΑΝΔΡΕΑΣ	
ΤΖΙΑΜΟΥΡΤΑ	ΑΘΗΝΑ ΜΑΡΙΑ	
ΕΥΚΛΕΙΔΗΣ 2017-18		
ΕΠΩΝΥΜΟ	ΟΝΟΜΑ	
ΒΑΡΒΑΡΙΓΟΣ	ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ	Β΄ ΒΡΑΒΕΙΟ
ΓΕΩΡΓΙΟΥ	ΣΟΦΙΑ	Γ΄ ΒΡΑΒΕΙΟ
ΚΑΡΑΪΝΔΡΟΥ	ΑΜΑΛΙΑ ΜΑΡΙΑ	
ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ	ΓΕΩΡΓΙΑ	Γ΄ ΒΡΑΒΕΙΟ
ΠΟΛΥΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ	ΚΩΝ/ΝΟΣ	Γ΄ ΒΡΑΒΕΙΟ
ΑΡΧΙΜΗΔΗΣ 2017-18		
ΕΠΩΝΥΜΟ	ΟΝΟΜΑ	
ΠΟΛΥΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ	Γ΄ ΒΡΑΒΕΙΟ

2. Διακριθέντες μαθητές της Γ΄ Γυμνασίου στον Πανελλήνιο Διαγωνισμό Φυσικής «Αριστοτέλης» 2018

1 ^ο Βραβείο Αριστείας		
ΘΕΣΗ	ΕΠΩΝΥΜΟ	ΟΝΟΜΑ
2	ΚΟΜΙΑΝΟΣ	ΝΙΚΟΛΑΟΣ
30	ΣΠΑΝΟΥΔΑΚΗΣ	ΦΙΛΙΠΠΟΣ
2 ^ο Βραβείο Αριστείας		
ΘΕΣΗ	ΕΠΩΝΥΜΟ	ΟΝΟΜΑ
66	ΣΤΡΑΤΗΓΟΠΟΥΛΟΣ	ΑΝΔΡΕΑΣ
76	ΚΑΡΑΤΖΙΑ	ΒΑΣΙΛΙΚΗ
3 ^ο Βραβείο Αριστείας		
	ΕΠΩΝΥΜΟ	ΟΝΟΜΑ
87	ΠΟΛΥΧΡΟΝΟΠΟΥΛΟΣ	ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
98	ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΥ	ΓΕΩΡΓΙΑ
113	ΓΕΩΡΓΙΟΥ	ΣΟΦΙΑ
Εύφημο Μνεία		
ΘΕΣΗ	ΕΠΩΝΥΜΟ	ΟΝΟΜΑ
175	ΠΑΠΑΦΙΛΙΠΠΟΥ	ΚΑΛΛΙΟΠΗ
192	ΚΑΛΥΒΑ	ΔΑΝΑΗ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ
204	ΚΟΥΤΣΙΑΥΤΗΣ ΡΕΜΑΝΤΑΣ	ΝΙΚΟΛΑΟΣ

Στιγμές...







