

ΠΡΟΤΥΠΟ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΛΥΚΕΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΤΑΞΗ: Β΄ ΛΥΚΕΙΟΥ
ΣΧΟΛΙΚΟ ΕΤΟΣ: 2013-2014

Ερευνητική εργασία (Project)

*«Η δύναμη της μουσικής, του λόγου και
της εικόνας
στην κατανόηση της Φυσικής»*

Υπεύθυνη καθηγήτρια

Κοτζαμανίδη Ειρήνη ΠΕ 04.01

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή	3
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: Η γέννηση και η εξέλιξη του συμπαντος – Η θεωρία Bing bang	4-20
1.1 Γενικά	5
1.2 Γένεση – Εξέλιξη και Διαστολή Σύμπαντος	8
1.3 CERN	14
1.4 Πεδίο Higgs	18
1.5 Επίλογος	20
Βιβλιογραφία - πηγές	20
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: 4^η Διάσταση	21-30
2.1 Τέταρτη Διάσταση και ο ορισμός του Χωροχρόνου	22
2.1.1 Τέταρτη Διάσταση	22
2.1.2 Χωροχρόνος	23
2.2 Φαινόμενα που πιθανότατα σχετίζονται με τη θεωρία του χωροχρόνου	25
2.3 Χωροχρόνος και ανεξήγητα φαινόμενα	27
Βιβλιογραφία - πηγές	30
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: Το φως	31-46
3.1 Εισαγωγή	32
3.2 Η διπλή φύση του φωτός	32
3.2.1 Η κυματική φύση του φωτός	33
3.2.2 Σωματιδιακή φύση του φωτός	35
3.3. Ο θαυμαστός κόσμος των χρωμάτων του ηλιακού φωτός	38
3.4 Το Ουράνιο τόξο	40
3.5 Σέλας	42
3.5.1 Επικρατέστερη θεωρία	43
3.5.2 Σύγχρονη θεωρία	43
3.5.3 Σύγχρονα πειράματα και παρατηρήσεις	44
3.5.4 Λαογραφία	44
3.6 Επίλογος	45
Βιβλιογραφία - πηγές	46
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: Η Ενέργεια	47-55
4.1 Τι είναι η ενέργεια	48
4.2 Δυναμική ενέργεια	50
4.3 Κινητική ενέργεια	52
4.4 Μηχανική ενέργεια	54
Βιβλιογραφία - πηγές	55
ΜΕΡΟΣ Β: Παρουσίαση με video – δραματοποίηση – εικόνα –ήχο	56-57

Εισαγωγή

Σκοπός της έρευνας αυτής ήταν να προσεγγίσουμε έννοιες και φαινόμενα της Φυσικής από διαφορετικά, των σχολικών εγχειριδίων, συγγράμματα και να τα παρουσιάσουν με τον δικό μας ελκυστικό τρόπο.

Έτσι στο πρώτο τετραμηνο επιλέξαμε έννοιες –φαινόμενα της Φυσικής που μας ενδιέφεραν και που ίσως ως τώρα ήταν για εμάς άγνωστα ή μη κατανοητά. Στη συνέχεια αναζητήσαμε και επιλέξαμε αποσπάσματα από εκλαϊκευμένα συγγράμματα ή δημοσιεύσεις που φώτιζαν με εύληπτο και κατανοητό τρόπο τα φαινόμενα αυτά της Φυσικής. Έτσι συνθέσαμε αναφορά-έκθεση που περιγράφει με απλό και κατανοητό τρόπο το μεγαλύτερο μέρος των φαινομένων με τα οποία ασχολήθηκαμε και τέλος φτιαξαμε τις παρουσιάσεις.

Τα θέματα με τα οποία ασχοληθήκαμε είναι:

1. Η γέννηση και η εξέλιξη του συμπαντος – Η θεωρία Big bang
2. Η τέταρτη διάσταση
3. Το φως
4. Η ενέργεια

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

“ Η γέννεση και η εξέλιξη του συμπαντος – Η θεωρία Bing bang”



Κέλλυ Νικολάου

Γιάννης Τσεκούρας

Σταμάτης Σταματίου

Γιώργος Μποζίκας

Χριστίνα Διαμαντοπούλου

1.1 Γενικά

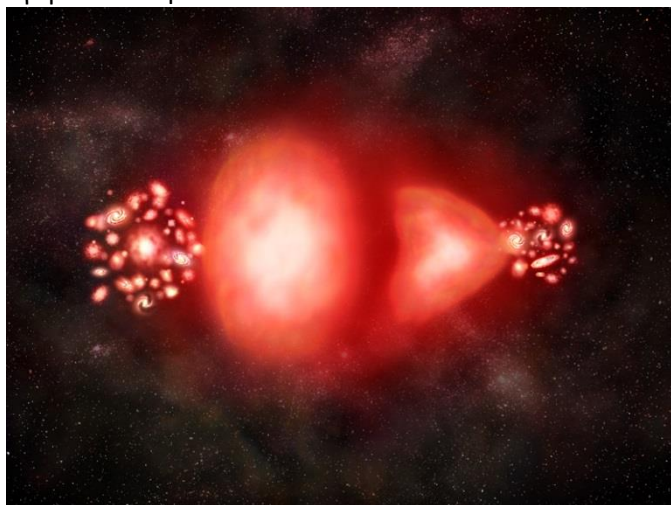
Πρωταρχικός σκοπός της εργασίας μας ήταν να εξηγήσουμε σε κάθε αναγνώστη βασικές αρχές του Σύμπαντος που σχετίζονται κατά κύριο λόγο με τη δημιουργία του. Ασφαλώς, ήταν αναγκαίο, πριν τη σύνθεση της εργασίας, να κατανοήσουμε κι εμείς οι ίδιοι πως «λειτουργεί» και εξελίσσεται το Σύμπαν. Συνεπώς, βασικό περιεχόμενο αποτελεί η ανάλυση των εννοιών Γένεση και Εξέλιξη του Σύμπαντος, Πείραμα του CERN καθώς και Πεδίο Higgs, οι οποίες πολλές φορές φαντάζονται δυσνόητες, «εξωπραγματικές» και χωρίς καμία εφαρμογή στην πραγματικότητα.

Το πρώιμο σύμπαν δεν είναι τίποτα άλλο παρά ενέργεια. Εύλογα λοιπόν μας δημιουργείται η απορία: *πως αυτή η ενέργεια μετασχηματίστηκε σε ύλη;*

Σύμφωνα με την θεωρία της σχετικότητας του Einstein προκύπτει ο τύπος $E = M C^2$. Με την χρήση αυτού του τύπου δημιουργήθηκε η ατομική βόμβα. Κατά την έκρηξη μιας τέτοιας βόμβας τα σωματίδια της ύλης διαχωρίζονται και παράγουν Ενέργεια. Στο Big Bang έγινε όμως το ακριβώς αντίθετο, τεράστια ποσότητα Ενέργειας δημιούργησε την Ύλη.

Πως έμοιαζε λοιπόν αυτή η πρώιμη κατάσταση της ύλης?

Λόγω της πολύ υψηλής θερμοκρασίας είναι αδύνατον να υπήρχε οτιδήποτε άλλο παρά μόνο τα δομικά στοιχεία των ατόμων. Στόχος των επιστημόνων είναι να πετύχουν μια ακριβή προσομοίωση της γένεσης του σύμπαντος αναδημιουργώντας τις συνθήκες που επικρατούσαν. Αυτό γίνεται με την βοήθεια επιταχυντών σωματιδίων που δημιουργούν συγκρούσεις μεταξύ των πρωτονίων με σκοπό να κατανοήσουν τι συμβαίνει κατά την σύγκρουση. Κατά την σύγκρουση πρωτονίων δημιουργούνται δυο μορφές ύλης. Η Ύλη και η Αντιύλη, κάθε σωματίδιο ύλης έχει ένα ισοδύναμο σωματίδιο αντιύλης που δημιουργήθηκε κατά τη Μεγάλη Έκρηξη. Η αντιύλη μοιάζει με την κανονική ύλη αλλά δεν είναι το ίδιο. Είναι σαν την αντανάκλαση της ύλης. Αν το σύμπαν, λοιπόν, αποτελείτο από αντιύλη, θα ήταν πανομοιότυπο. Αλλά η ύλη και η αντιύλη είναι θανάσιμοι εχθροί και δεν μπορούν να συνυπάρξουν. Έτσι, όταν συναντιούνται αλληλοκαταστρέφονται. Όλη η ενέργεια εκλύεται σε μια τεράστια έκρηξη. Αυτό συνέβη κλάσματα δευτερόλεπτου μετά την έκρηξη. Η ύλη μαχόταν με την αντιύλη καταστρέφοντας η μία την άλλη δημιουργώντας εκρήξεις που απελευθέρωναν απίστευτα ποσά ενέργειας. Αφού, λοιπόν, κάθε σωματίδιο ύλης έχει ένα αντίστοιχο αντιύλης με το οποίο συγκρούεται, θα έπρεπε όλη η ύλη να είχε καταστραφεί παράγοντας καθαρή ακτινοβολία. Αλλά το σύμπαν είναι «γεμάτο» ύλη.



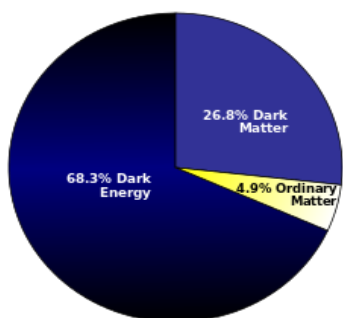
1.1 Σύγκρουση της Ύλης με την Αντιύλη

Πώς λοιπόν η ύλη «νίκησε» την αντιύλη;

Είναι ένα από τα μεγαλύτερα μυστήρια της επιστήμης. Προφανώς ανετράπη η ισορροπία υπέρ της ύλης το πώς όμως δεν έχει απαντηθεί. Μια θεωρία είναι πως η αντιύλη είναι ασταθής και διασπάται ταχύτερα δημιουργώντας μια ανισορροπία. Έτσι επιτρέπεται λοιπόν στην ύλη να καταβάλλει την αντιύλη. Η μάχη σταματά και έχει μείνει μια μικρή μόνο ποσότητα ύλης από την οποία έχει δημιουργηθεί ολόκληρο το σημερινό σύμπαν. Ένας από τους ανιχνευτές του Μεγάλου Επιταχυντή Αδρονίων ελπίζουμε να ανιχνεύσει ένα σωματίδιο που ονομάζεται meson b και αποτελείται από ένα quark b και το δίδυμό του αντιύλης προσπαθώντας μέσω των ιδιοτήτων του σωματιδίου αυτού να δώσει απάντηση στο ζήτημα της παραβίασης της συμμετρίας ύλης – αντιύλης.

Υπερσυμμετρία

Είναι μια έννοια που επιτρέπει την ερμηνεία μιας από τις πιο περίεργες ανακαλύψεις των τελευταίων ετών: το συμπέρασμα ότι η ορατή ύλη δεν αντιπροσωπεύει παρά το 4% του σύμπαντος. Η σκοτεινή ύλη (23%) και η σκοτεινή ενέργεια (73%) μοιράζονται το υπόλοιπο 96% του σύμπαντος. Μια πιθανή εξήγηση είναι ότι η σκοτεινή ύλη αποτελείται από υπερσυμμετρικά σωματίδια που ονομάζονται neutralinos.



1.2 Διάγραμμα

Μέσα από την προσπάθεια μας να ερμηνεύσουμε την αποσπαστική δύναμη που θα μπορούσε να είναι το αίτιο της παρατηρούμενης επιταχυνόμενης διαστολής του Σύμπαντος γεννιέται το πρόβλημα της σκοτεινής ύλης και ενέργειας.

Σκοτεινή ύλη

Πρόκειται για υποθετικά σωματίδια ύλης, άγνωστης σύνθεσης, τα οποία δεν εκλύουν ούτε αντανακλούν αρκετή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ώστε να μπορούν να γίνουν άμεσα ανιχνεύσιμα. Η ύπαρξή τους μπορεί να διαπιστωθεί από τα βαρυτικά αποτελέσματα σε ορατή ύλη, όπως τα αστέρια και οι γαλαξίες. Ο καθορισμός της φύσης αυτής της χαμένης μάζας είναι ένα από τα πιο σημαντικά προβλήματα της σύγχρονης κοσμολογίας και της φυσικής των σωματιδίων.

Σκοτεινή ενέργεια

Είναι ένα υποθετικό είδος ενέργειας που διατρέχει όλο το σύμπαν και θεωρείται ότι μπορεί να εξηγήσει το γεγονός ότι το σύμπαν διαστέλλεται με επιταχυνόμενο ρυθμό. Η φύση της

σκοτεινής ενέργειας αποτελεί μυστήριο καθώς φαίνεται να είναι ομογενής αλλά όχι πολύ πυκνή, ενώ δεν αλληλεπιδρά με καμία από τις θεμελιώδεις δυνάμεις πλην της βαρυτικής.

Προς το τέλος του πρώτου δευτερολέπτου μέχρι τα επόμενα δισ χρόνια η βαρύτητα θα συγκεντρώνει μάζα ύλης σχηματίζοντας γαλαξίες.

Από πού όμως θα προέλθει αυτή η μάζα;

Το «Πεδίο Higgs» είναι ένα δυναμικό πεδίο που αλληλεπιδρά στο πρώιμο σύμπαν με τα σωματίδια δίνοντας τους την μάζα τους. Όσο μεγαλώνει η αλληλεπίδραση τόσο αυξάνεται και η μάζα των σωματιδίων. Φορέας του πεδίου αυτού είναι το «σωματίδιο του Θεού» ή αλλιώς το μποζόνιο Higgs.

Πως προσπαθούν οι επιστήμονες να το εντοπίσουν;

Στο CERN χρησιμοποιούνται τεράστιοι επιταχυντές με πιο τρανό παράδειγμα τον LHC που δημιουργεί ανάλογες εκρήξεις σε παρόμοιες συνθήκες με αυτές του Big Bang. Φτάνουμε με αυτόν τον τρόπο 13,7 δισεκατομμύρια χρόνια πίσω στο πρώτο δευτερόλεπτο της δημιουργίας. Αναλυτικότερα, στις εκρήξεις αυτές δημιουργούνται θραύσματα κάπου ανάμεσα στα οποία ψάχνουμε το μποζόνιο Higgs το οποίο είναι τόσο δύσκολο όσο να ψάχνεις κόκκο χρυσού σε παραλία. Έτσι δεν ελπίζουν να βρουν το ίδιο το μποζόνιο αλλά το ίχνος που αφήνει με τις πιο εξελιγμένες κάμερες του κόσμου. Αν δεν βρεθεί τίποτα θα επέλθει κρίση σε ολόκληρη την επιστημονική κοινότητα. Αναλυτικότερα για το κέντρο ερευνών CERN και την αναζήτηση του μποζονίου Higgs αναφέρουμε στις παραγράφους 1.3 και 1.4 αντίστοιχα του κεφαλαίου.



1.3 Ο Επιταχυντής Αδρονίων στο ερευνητικό κέντρο CERN

Στο 1^ο δευτερόλεπτο μετά την έκρηξη το σύμπαν έχει το χιλιαπλάσιο μέγεθος που ηλιακού μας συστήματος. Είναι πλημμυρισμένο από σωματίδια της ύλης και ψύχεται αρκετά ώστε τα κουάρκ να σχηματίσουν τριάδες, δηλαδή να σχηματίσουν πρωτόνια και νετρόνια.

Εκείνη την στιγμή, όλα τα βασικά συστατικά που διαμόρφωσαν το σημερινό σύμπαν είχαν δημιουργηθεί και απλώς εξελίχτηκαν. Η Γένεση και Εξέλιξη του Σύμπαντος αναλύεται στην παράγραφο 1.2 του κεφαλαίου.

1.2 Γένεση – Εξέλιξη και Διαστολή Σύμπαντος



1.4 Σύμπαν

Η Μεγάλη Έκρηξη ήταν το πρώτο γνωστό γεγονός στο σύμπαν

Πριν περίπου 13.7 δισεκατομμύρια χρόνια, μπορούμε να εξιστορήσουμε με σχετική ακρίβεια το ξεκίνημα του Κόσμου, γνωστό ως Μεγάλη Έκρηξη ή *Big Bang*.

Εκείνη την περίοδο, το Σύμπαν ήταν καυτό και παράλληλα τόσο πυκνό έτσι που όλη η ύλη που παρατηρούμε σήμερα – μέχρι τους πιο απόμακρους γαλαξίες που μπορούμε να δούμε – βρισκόταν μέσα σ' ένα χώρο μικρότερο κι από ένα πορτοκάλι.

Από τότε, και μέχρι σήμερα, το Σύμπαν έχει επεκταθεί και έχει ψυχθεί επιτρέποντας έτσι να σχηματιστούν οι γαλαξίες, τα αστέρια, οι πλανήτες και η ζωή.

Η ιστορία των 13.7 δισεκατομμυρίων ετών του Κόσμου μας

Κανένας δεν ξέρει με τι έμοιαζε το σύμπαν εκείνη την εποχή. Η καλύτερη μέχρι σήμερα θεωρία, το μοντέλο του "πληθωριστικού σύμπαντος" υποθέτει ότι όλος ο χώρος είναι γεμάτος με ένα εξαιρετικά, συγκεντρωμένη, ασταθή μορφή ενέργειας που θα μετασχηματιστεί σε σωματίδια της ύλης κατά τη στιγμή του *Big Bang*. Αλλά κανένας δεν ξέρει πώς αναδύθηκαν αρχικά ο χώρος και ο χρόνος.

Τη στιγμή του Big Bang και λίγο μετά

Εμφανίζονται σωματίδια. Κανένας δεν ξέρει ακόμα πως πραγματοποιείται αυτή η διαδικασία. Από αυτά τα σωματίδια θα προκύψει όλη η ύλη από την οποία φτιάχτηκε όλος ο κόσμος.

Στις πρώτες στιγμές της γέννησης του σύμπαντος δημιουργήθηκαν ίσα σε αριθμό νετρόνια και πρωτόνια, που όμως με την πάροδο του χρόνου σιγά σιγά άλλαξαν.

Ωστόσο, σε κάθε πρωτόνιο που υπήρχε τότε αντιστοιχούσε ένα δισεκατομμύριο φωτόνια, τα οποία συγκρουόμενα μεταξύ τους παρήγαγαν ζεύγη ηλεκτρονίων-ποζιτρονίων που, με τη σειρά τους, μετατρέπονταν πάλι σε φωτόνια.

Όταν, λοιπόν, το σύμπαν είχε ηλικία ενός δεκάκις χιλιοστού του δευτερολέπτου (10^{-4}) και η θερμοκρασία του είχε πέσει στο 1 τρισεκατομμύριο βαθμούς Κελσίου (10^{12}), άρχισε η Εποχή των λεπτονίων. Το μέγεθος του ορατού σύμπαντος είχε ήδη φθάσει τα 6 έτη φωτός. Τα θετικά φορτισμένα πρωτόνια όμως δεν μπορούσαν να συνδεθούν ακόμη με τα αρνητικά φορτισμένα ηλεκτρόνια παρά την ύπαρξη των ελκτικών δυνάμεων που δημιουργούνται από τα αντίθετα ηλεκτρικά φορτία τους, διότι τα σταματούσε η ύπαρξη του μεγάλου αριθμού των φωτονίων.

Στις αρχές της εποχής αυτής τα μίονια και τα νετρίνα τους ήταν κυρίαρχα. Όταν όμως εξαφανίστηκαν τα μίονια, τα νετρίνα τους αποδεσμεύτηκαν και άρχισαν έτσι την ελεύθερη διαστολή τους. Μετά την απελευθέρωση των νετρίνων μιονίου τα ηλεκτρόνια και τα ποζιτρόνια άρχισαν να εξαϋλώνονται παράγοντας συγχρόνως φωτόνια. Έτσι, στο τέλος της περιόδου αυτής απέμεινε ένα μόνο ηλεκτρόνιο για κάθε εκατό εκατομμύρια φωτόνια. Με την εξαϋλωση των ηλεκτρονίων αποδεσμεύτηκαν και τα νετρίνα ηλεκτρονίου, τα οποία μαζί με τα άλλα είδη νετρίνων αποτελούν έναν ωκεανό κοσμικών νετρίνων που πλημμυρίζουν ολόκληρο το σύμπαν.

Στο 1/100 του δευτερολέπτου μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, και σε θερμοκρασία που έφθανε τους 100 δισεκατομμύρια βαθμούς, η πυκνότητα είχε πέσει περίπου στα 4 δισεκατομμύρια φορές την πυκνότητα του νερού. Σε αυτό το σημείο όμως άρχισε και η διαφοροποίηση του αριθμού των πρωτονίων και των νετρονίων.

Όταν οι θερμοκρασίες ήταν υψηλές, δεν υπήρχε κανένα πρόβλημα και έτσι είχαμε τις ίδιες ποσότητες πρωτονίων και νετρονίων. Σύντομα όμως, και καθώς οι θερμοκρασίες μειώνονταν, τα πράγματα άλλαξαν και μαζί τους άρχισε να αλλάζει και η αναλογία νετρονίων και πρωτονίων. Έτσι στο 1/10 του δευτερολέπτου μετά τη Μεγάλη Έκρηξη η θερμοκρασία είχε πέσει στους 31,5 δισεκατομμύρια βαθμούς, η πυκνότητα ήταν 30 εκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από την πυκνότητα του νερού και η αναλογία νετρονίων - πρωτονίων ήταν 38% νετρόνια και 62% πρωτόνια.

Ένα δευτερόλεπτο μετά τη Μεγάλη Έκρηξη, όταν η θερμοκρασία έπεσε στους 10 δισεκατομμύρια βαθμούς, τα φωτόνια δεν είχαν πια την αναγκαία ενέργεια για την παραγωγή ζευγών ηλεκτρονίων-ποζιτρονίων. Τα νετρόνια όμως συνέχισαν να διασπώνται.

Η πυκνότητα του σύμπαντος την εποχή εκείνη μπορεί να υπολογιστεί σήμερα βάσει των διαφόρων διαδικασιών εξαϋλωσης που συνέβαιναν τότε από τις συγκρούσεις ύλης και αντιύλης. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς αυτούς, η πυκνότητα του σύμπαντος έφθανε τότε να είναι 4 δισεκατομμύρια φορές μεγαλύτερη από την πυκνότητα του νερού, ενώ τα σωματίδια που επικρατούσαν ήταν τα λεπτόνια. Υπήρχαν όμως και αρκετά βαρέα σωματίδια σε μία αναλογία ενός βαρυονίου (πρωτόνια και νετρόνια) για κάθε 1 δισεκατομμύριο φωτόνια. Η αναλογία αυτή είναι ένας σημαντικός αριθμός και προέρχεται από τις απευθείας παρατηρήσεις μας της ακτινοβολίας, που ακόμη και σήμερα μας βομβαρδίζει από όλα τα σημεία του σύμπαντος.

Τα πρώτα 3 λεπτά

Όλα τα άτομα του υδρογόνου στον Κόσμο σχηματίζονται τώρα. Εάν ο Κόσμος είχε παραμείνει τόσο καυτός και πυκνός για πολύ περισσότερο χρόνο, το υδρογόνο θα είχε μετατραπεί σε άλλα χημικά στοιχεία. Χωρίς υδρογόνο, δεν θα υπήρχε νερό και επομένως καμία ζωή όπως την ξέρουμε.

Σε 380 χιλιάδες χρόνια

Το σύμπαν διαστέλλεται ραγδαία και ψύχεται, αλλά είναι ακόμα καυτό. Περιέχει μόνο τα πιο απλά χημικά στοιχεία, κυρίως υδρογόνο και ήλιο. Εμφανίζονται οι πρώτες υποψίες δομών. Τέτοιες ισχνές συγκεντρώσεις της ύλης θα αυξάνονται σε μέγεθος καθώς η βαρύτητα έλκει τις γειτονικές μάζες.

Σε 100 εκατομμύρια χρόνια

Όταν το σύμπαν είχε ψυχθεί αρκετά, δεν υπήρχε πια κανένα ορατό φως στο σύμπαν. Δεν

είχαν εμφανιστεί ακόμα τα πρώτα άστρα στο σύμπαν.

Σε 1 δισεκατομμύρια χρόνια

Ήδη έχουν 'ανάψει' τα πρώτα άστρα και το σύμπαν λούζεται από το φως τους. Σχηματίστηκαν ήδη οι γαλαξίες και τα σμήνη των γαλαξιών.

Αν συνοψίσουμε τα στάδια της εξέλιξης του Σύμπαντος, θα διαπιστώσουμε σχεδόν άμεσα ότι ο σημαντικότερος παράγοντας στην εξέλιξή του αυτή είναι το γεγονός ότι η θερμοκρασία του συνεχώς ελαττωνόταν, καθώς το Σύμπαν διαρκώς διεστέλλετο. Η ψύξη του Σύμπαντος στα πρώτα εκείνα στάδια της γένεσης μπορεί να αποδοθεί περιληπτικά ως εξής: μία στιγμή μετά τη "Μεγάλη Έκρηξη" όλη η ύλη και η ενέργεια του Σύμπαντος βρισκόταν σε μία θερμοκρασία 100 δισεκατομμυρίων βαθμών Κελσίου. Ένα δευτερόλεπτο μετά την "έκρηξη" η θερμοκρασία είχε πέσει στους 10 δισεκατομμύρια βαθμούς. Γύρω στα 2 λεπτά είχε πέσει στους 1 δισεκατομμύριο βαθμούς, ενώ 300.000 χρόνια αργότερα η θερμοκρασία του νεαρού ακόμη Σύμπαντος δεν υπερέβαινε τους 3.000 βαθμούς Κελσίου.

Αφού λοιπόν η ύλη συμπεριφέρεται διαφορετικά σε διαφορετικές θερμοκρασίες, δεν είναι καθόλου παράξενο που το Σύμπαν είχε διαφορετική μορφή στα διαφορετικά στάδια της εξέλιξής του. Στη διάρκεια των πρώτων 10 περίπου λεπτών της δημιουργίας, το Σύμπαν μεγάλωσε εκθετικά, ενώ την ίδια χρονική περίοδο δημιουργήθηκαν οι πυρήνες όλου του υδρογόνου που υπάρχει σήμερα σε αυτό.

Η κατάσταση της ύλης στο νεογέννητο Σύμπαν είχε παρόμοια μορφή με την κατάσταση που επικρατεί και σήμερα ακόμη στην καρδιά των άστρων και ονομάζεται πλάσμα. Το πλάσμα δηλαδή είναι μία τέταρτη κατάσταση της ύλης, διαφορετική από τις άλλες τρεις των αερίων, των υγρών και των στερεών.

Ας δούμε ποια είναι εκείνα τα στοιχεία που πραγματικά γνωρίζουμε για το Σύμπαν: πρώτα απ' όλα γνωρίζουμε ότι το Σύμπαν εξελίσσεται, αφού και το σύνολο αλλά και τα επί μέρους τμήματά του αλλάζουν με την πάροδο του χρόνου. Το δεύτερο πράγμα που γνωρίζουμε είναι ότι η ύλη αποτελείται από ορισμένα στοιχειώδη σωματίδια, είτε αυτά λέγονται κουάρκ, είτε πριόνια είτε ο, τιδήποτε άλλο. Τα στοιχειώδη αυτά σωματίδια σχηματίζουν τα πρωτόνια, τα νετρόνια και τα ηλεκτρόνια, τα οποία με τη σειρά τους σχηματίζουν τα άτομα των 92 χημικών στοιχείων που βρίσκονται ελεύθερα στη φύση. Τα άτομα σχηματίζουν με τη σειρά τους αέρια και σωματίδια σκόνης, από τα οποία γεννιούνται τα άστρα, οι πλανήτες και οι άνθρωποι. Τα άστρα σχηματίζουν με τη σειρά τους σμήνη άστρων που βρίσκονται στις τεράστιες συγκεντρώσεις των γαλαξιών, οι οποίοι σχηματίζουν ομάδες, σμήνη και υπερσμήνη γαλαξιών.

Αν εξετάσουμε όλα όσα μπορούμε να δούμε με τα μεγαλύτερα τηλεσκόπιά μας πάνω στη Γη ή ακόμη και σε τροχιά γύρω της (σε όλα τα μήκη κύματος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος), θα διαπιστώσουμε ότι δεν μπορούμε να αντιληφθούμε παρά ένα πολύ μικρό ποσοστό της ύλης και της ενέργειας που πρέπει να υπάρχει. Η "σκοτεινή ύλη" (όπως ονομάζεται) που πρέπει να υπάρχει με κάποια μορφή, αποτελεί το 90% όλης της ύλης του Σύμπαντος και παρ' όλα αυτά, προς το παρόν τουλάχιστον, έχει διαφύγει της οποιασδήποτε προσπάθειάς μας να την εντοπίσουμε ή και να προσδιορίσουμε έστω από τι αποτελείται.

Σήμερα πάντως, γνωρίζουμε ότι ζούμε σε ένα σύμπαν που διαρκώς διαστέλλεται, αφού από τη δεκαετία του 1920 ο αστρονόμος Έντουιν Χάμπλ απέδειξε ότι όλοι οι γαλαξίες απομακρύνονται συνεχώς από εμάς, τόσο πιο γρήγορα μάλιστα, όσο πιο απομακρυσμένοι είναι. Μία τέτοια όμως διαπίστωση μπορεί να μας οδηγήσει στην υπόθεση ότι εμείς και το Ηλιακό μας Σύστημα βρισκόμαστε στο κέντρο του σύμπαντος, κάτι που φυσικά δεν είναι σωστό. Πάρτε, για παράδειγμα, ένα μπαλόνι με διάφορες κουκκίδες πάνω στην εξωτερική του

επιφάνεια. Οι κουκκίδες αυτές αντιπροσωπεύουν τις τεράστιες συγκεντρώσεις των άστρων που ονομάζουμε γαλαξίες. Καθώς λοιπόν φουσκώνουμε το μπαλόνι, παρατηρούμε ότι η κάθε κουκκίδα απομακρύνεται από όλες τις άλλες. Έτσι, από οποιαδήποτε κουκκίδα κι αν κοιτάξουμε, θα αντιληφθούμε ότι η κουκκίδα μας είναι το "κέντρο" και ότι όλες οι άλλες κουκκίδες απομακρύνονται από εμάς. Είναι απλά θέμα προοπτικής και σχετικότητας.

Βασική παρατήρηση που αποδεικνύει πως το σύμπαν, όντως, δημιουργήθηκε και δεν είναι αιώνιο και αμετάβλητο, όπως πίστευε αρχικά η επιστημονική κοινότητα, είναι πως τη νύχτα ο ουρανός είναι... σκοτεινός!! Αναλυτικότερα, έχουμε 2 εκδοχές:

- Στο άπειρο, απεριόριστο σύμπαν υπάρχουν αμέτρητα αστέρια. Άρα, θα έπρεπε, όποτε κοιτάμε στον ουρανό τη νύχτα, η ματιά μας να "πέφτει" πάνω σε κάποιο άστρο. Επομένως, ο ουρανός θα ήταν απόλυτα φωτεινός, αφού θα ερχόταν φως από κάθε κατεύθυνση από το σύμπαν. Ωστόσο, αυτό δε συμβαίνει!
- Τη νύχτα, δεν βλέπουμε το φως που έρχεται, γιατί απορροφάται από τη μεσοαστρική ύλη. Όμως, θα έπρεπε η ύλη αυτή να θερμαίνεται και να επανεκπέμπει το φως που φθάνει σε αυτή. Ωστόσο, ούτε αυτό συμβαίνει!



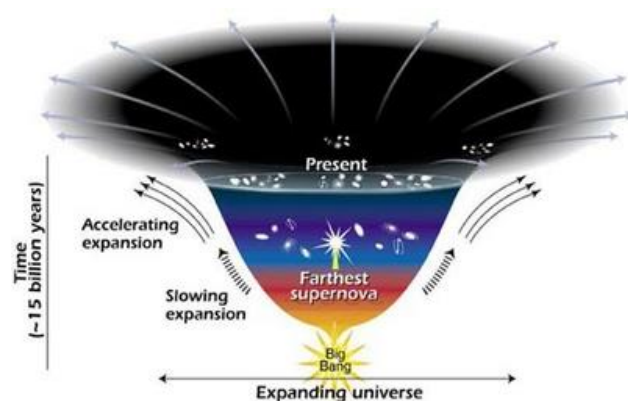
1.5 Έναστρος Ουρανός

Και οι δύο περιπτώσεις καταλήγουν στο ίδιο συμπέρασμα: ΤΟ ΣΥΜΠΑΝ ΚΑΠΟΙΑ ΣΤΙΓΜΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΗΚΕ! Συνεπώς, είτε δεν έχει περάσει "αρκετός καιρός" ακόμα, ώστε το φως που ταξιδεύει στο σύμπαν να φτάσει σε μας (1^η περίπτωση), είτε, η μεσοαστρική ύλη **δεν** έχει απορροφήσει ακόμα αρκετή ακτινοβολία, ώστε να αρχίσει να επανεκπέμπει φως (2^η περίπτωση). Το ΑΚΟΜΑ, δηλώνει, πως το φως κάποια στιγμή ΑΡΧΙΣΕ να εκπέμπεται, το σύμπαν κάποια στιγμή ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΗΚΕ, κάποια στιγμή όλα ΑΡΧΙΣΑΝ!



1.6 Η Μεγάλη Έκρηξη

Γενικότερα, όμως το σύμπαν... αλλάζει! Πέρα από την τοποθέτηση πως το σύμπαν κάποια στιγμή δημιουργήθηκε και δεν είναι "αιώνιο και αμετάβλητο" ο αστρονόμος Hubble έκανε και την ριζοσπαστική διατύπωση πως το σύμπαν διαστέλλεται. Με άλλα λόγια, οι γαλαξίες απομακρύνονται συνεχώς μεταξύ τους. Μάλιστα, προκύπτει ότι όσο πιο μακριά βρίσκεται ένας γαλαξίας από "εμάς", τόσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα απομάκρυνσής του. Συνακόλουθα, με βάση τις παρατηρήσεις μας θα μπορούσαμε να υποστηρίξουμε πως όλα απομακρύνονται από εμάς, πως αποτελούμε ένα "κέντρο". Ωστόσο, το σύμπαν δεν έχει όρια, άρα, δεν έχει και κέντρο. Με ανάλογο τρόπο, ο κάτοικος οποιουδήποτε πλανήτη θα νόμιζε, επίσης, πως όλα απομακρύνονται από τον πλανήτη του! Αναμφίβολα, η διαστολή του σύμπαντος παρουσιάζει πλήθος κοινών στοιχείων με ένα μπαλόνι που φουσκώνει. Ειδικότερα, οι γαλαξίες μοιάζουν με νομίσματα στερεωμένα πάνω στην επιφάνεια του μπαλονιού, ενώ, εμείς μοιάζουμε... με μυρμηγκία που περπατούν πάνω σε αυτήν την επιφάνεια, χωρίς να αντιλαμβάνονται τον όγκο του μπαλονιού αλλά και το χώρο έξω από αυτό ως τρίτη διάσταση. Έτσι αυτοί αποτελούν μία ακατανόητη-ανύπαρκτη διάσταση για τα μυρμηγκία-εμάς. Ενώ, λοιπόν το μπαλόνι φουσκώνει τα νομίσματα-γαλαξίες απομακρύνονται μεταξύ τους. Φυσικά, ακόμα και στο παράδειγμα αυτό, από το καθένα νόμισμα θα φαινόταν ότι όλα τα υπόλοιπα νομίσματα(γαλαξίες) απομακρύνονται ειδικά από αυτό, δίχως βέβαια αυτό να ισχύει! Σε κάθε περίπτωση, όμως ένα είναι το συμπέρασμα: αφού, το σύμπαν διαστέλλεται, η διάταξη των πλανητών γίνεται αραιότερη και τελικά μεγαλώνει και αυξάνεται και ο ίδιος ο χώρος, ως διάσταση.



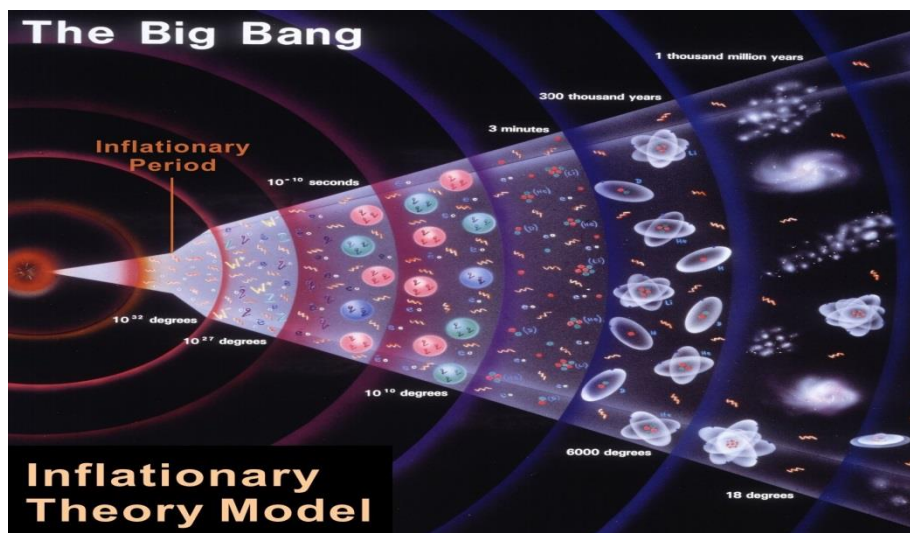
1.7 Η διαστολή του σύμπαντος σε συνάρτηση με το χρόνο

Ωστόσο, ας μεταφερθούμε τώρα, πίσω, στη μεγάλη έκρηξη. Όλα, λοιπόν, ξεκίνησαν πριν από 15 περίπου δισεκατομμύρια χρόνια (ΧΡΟΝΙΚΗ ΣΤΙΓΜΗ ΜΗΔΕΝ), από ένα και μοναδικό σημείο. Όλο το σύμπαν ήταν συγκεντρωμένο σε ένα σημείο. Οτιδήποτε βλέπουμε γύρω μας και ΟΤΙΔΗΠΟΤΕ ΥΠΑΡΧΕΙ ήταν συγκεντρωμένο σε ένα σημείο με άπειρη θερμοκρασία και πυκνότητα. Ασφαλώς, πότε και πού δεν ορίζεται, αφού, ο χώρος και ο χρόνος δημιουργήθηκαν τη στιγμή της μεγάλης έκρηξης.



1.8 Υπέρθερμο-υπέρπυκνο σημείο

Πιο συγκεκριμένα, από την άπειρη θερμοκρασία που υπήρχε στο αρχικό μας υπέρπυκνο σημείο, αρχίζει με ιλιγγιώδη ταχύτητα η διαστολή και ψύξη του σύμπαντος, κατά την οποία, δημιουργούνται τα πρώτα σωματίδια που θα σχηματίσουν τα άτομα τα οποία συγκροτούν τον κόσμο μας.



1.9 Η γέννηση, διαστολή, ψύξη και εξέλιξη του "νεογέννητου" σύμπαντος

Παράλληλα, επειδή τα άτομα είναι ηλεκτρικά ουδέτερα (μηδενικό ηλεκτρικό φορτίο), η φωτεινή ακτινοβολία (φως) δεν μπορούσε να αλληλεπιδράσει μαζί τους και, ως αποτέλεσμα, αποδεσμεύτηκε από την ύλη και άρχισε να κινείται ανεξάρτητα στο σύμπαν μέχρι και σήμερα. 3 δισεκατομμύρια χρόνια μετά τη μεγάλη έκρηξη, μάλιστα, δημιουργήθηκαν οι πρώτοι γαλαξίες, ενώ, 10 δισεκατομμύρια χρόνια μετά τη μεγάλη έκρηξη (5 δισεκατομμύρια χρόνια πριν) σχηματίστηκε από μία συγκέντρωση ύλης (νεφέλωμα) ο ΗΛΙΟΣ και από το ίδιο νεφέλωμα δημιουργήθηκαν αργότερα οι πλανήτες... Ένας από αυτούς, όπως γνωρίζουμε, θα φιλοξενήσει και το φαινόμενο της ζωής!



1.10 Ήλιος

Ωστόσο, τί είναι αυτό που τελικά συνέτριψε τη θεωρία της ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ?

Η απάντηση, βρίσκεται σε 3 ισχυρά επιστημονικά στηρίγματα, τα οποία αναιρούν οριστικά την άποψη ότι το σύμπαν είναι αέναο και υπήρχε από πάντα χωρίς μεταβολές. Αρχικά, ορισμένες εξισώσεις του Αϊνστάιν, οι οποίες εκφράζουν τη σύσταση του κόσμου, οδηγούν σε μία μαθηματική ανωμαλία, η οποία αντανακλά το γεγονός ότι, κάποια στιγμή, όλα τα τμήματα του χωροχρόνου συμπιπτούν. Επιπρόσθετα, σήμερα μπορούμε, να υπολογίσουμε την ποσότητα στοιχείων που υπήρχαν στο νεοσύστατο σύμπαν, όπως το ήλιο (σχηματίστηκε κατά τα 15 πρώτα λεπτά του σύμπαντος), και η ποσότητα αυτή συμπίπτει με την ποσότητα τους σήμερα. Τέλος, σύμφωνα με υπολογισμούς, η φωτεινή ακτινοβολία της εποχής της μεγάλης έκρηξης θα πρέπει να ταξιδεύει ελεύθερη στο σύμπαν μέχρι και τώρα. Έτσι, σε όποιες μετρήσεις και αν γίνονται σήμερα, παρατηρείται μία ανεξήγητη μορφή ακτινοβολίας. Η ακτινοβολία αυτή αποδεικνύεται, πως, αποτελεί μία αλλοιωμένη μορφή του φωτός της μεγάλης έκρηξης, του οποίου η συχνότητα, λόγω της διαστολής του χώρου, μετατοπίστηκε στην περιοχή των συχνοτήτων μικροκυμάτων αντί της συχνότητας των φωτεινών κυμάτων!

1.3 CERN

Το CERN είναι το Ευρωπαϊκό Εργαστήριο Σωματιδιακής Φυσικής, το μεγαλύτερο στον κόσμο

ερευνητικό κέντρο του είδους του. Η ίδρυσή του το 1954 αποτέλεσε μια από τις πρώτες κοινές ευρωπαϊκές προσπάθειες και συνιστά ένα φωτεινό παράδειγμα διεθνούς συνεργασίας. Τα 12 ιδρυτικά κράτη-μέλη (στα οποία ανήκει και η Ελλάδα), έχουν αυξηθεί σήμερα σε 20. Το Εργαστήριο βρίσκεται πάνω στα Γαλλοελβετικά σύνορα, δυτικά της Γενεύης. Περίπου 6500 επιστήμονες, δηλαδή σχεδόν το 50% των επιστημόνων σ' όλο τον κόσμο που ασχολούνται με τα σωματίδια, χρησιμοποιούν τις εγκαταστάσεις του CERN. Οι επιστήμονες αυτοί εκπροσωπούν 500 πανεπιστήμια και πάνω από 80 εθνικότητες.



1.11 CERN

Το εργαστήριο CERN

Έργο του CERN είναι η καθαρή επιστήμη, η διερεύνηση των πλέον θεμελιωδών ερωτημάτων για τη Φύση:

- Τι είναι η ύλη;
- Από πού προέρχεται;
- Πως συγκρατείται για να σχηματίσει άστρα, πλανήτες και ανθρώπινα όντα;

Το CERN βρίσκεται στην πρωτοπορία της ανθρώπινης αναζήτησης για τη γνώση, μιας αναζήτησης που έχει τις ρίζες της στα βάθη των απαρχών του πολιτισμού. Ο κύριος εξοπλισμός του Εργαστηρίου, οι επιταχυντές των σωματιδίων και οι ανιχνευτές, συγκαταλέγονται στα μεγαλύτερα και πολυπλοκότερα επιστημονικά όργανα στον κόσμο. Οι επιταχυντές είναι διατάξεις που επιταχύνουν σωματίδια (ηλεκτρόνια, πρωτόνια κ.α.) σε πολύ μεγάλες ταχύτητες (και ενέργειες). Μέσω της σύγκρουσης αυτών των σωματιδίων με ακίνητους στόχους ή μεταξύ τους και της καταγραφής των αποτελεσμάτων των συγκρούσεων με ανιχνευτές, οι φυσικοί μπορούν να ανακαλύψουν τις δυνάμεις που ασκούνται μεταξύ των σωματιδίων.

Στο CERN, οι δέσμες των σωματιδίων χρησιμοποιούνται για να διεισδύσουν μέσα στην καρδιά της ύλης και να δημιουργήσουν καταστάσεις ανάλογες με αυτές που επικρατούσαν λίγο μετά την Μεγάλη Έκρηξη. Οι ερευνητές του CERN εξετάζουν εκατομμύρια από ασυνήθιστα γεγονότα προσπαθώντας να καταλάβουν πώς, μετά από περίπου 14 δισεκατομμύρια χρόνια, το Σύμπαν κατέληξε σε ό, τι βλέπουμε σήμερα γύρω μας.

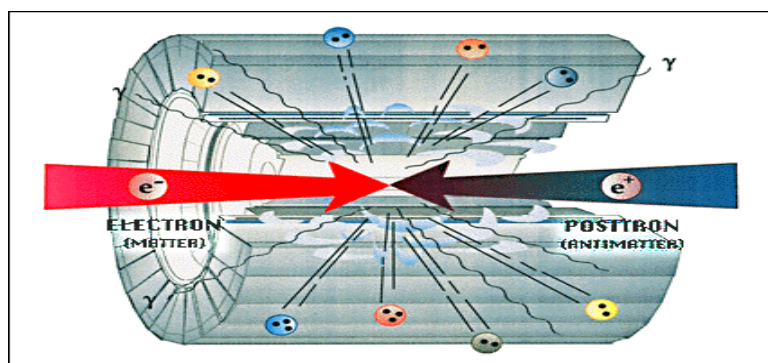
Ιστορία των επιταχυντών που λειτούργησαν-λειτουργούν στο CERN

Ο επιταχυντής που λειτούργησε πρώτος στο CERN, το συγχρο-κύκλωτρο, κατασκευάστηκε στα

1954, παράλληλα με το σύγχροτρο πρωτονίων (SP). Το (SP) αποτελεί σήμερα την σπονδυλική στήλη της μονάδας παραγωγής σωματιδίων του CERN, τροφοδοτώντας άλλους επιταχυντές με διαφορετικά είδη σωματιδίων. Η δεκαετία του '70 αντίκρισε την κατασκευή του SPS, στο οποίο επιτεύχθηκε το βραβευμένο με Nobel έργο στη δεκαετία του '80. Το SPS συνεχίζει να παρέχει δέσμες σωματιδίων για πειράματα και αποτελεί επίσης τον τελικό συνδετικό κρίκο στην αλυσίδα των επιταχυντών που παρέχουν δέσμες σωματιδίων για την 27 χιλιομέτρων μηχανή LEP. Η επόμενη μεγάλη μηχανή του CERN, η οποία λειτουργεί από το 2005, είναι ο μεγάλος επιταχυντής συγκρουόμενων δεσμών αδρονίων (LHC).

Ο Μεγάλος Επιταχυντής Συγκρουόμενων Δεσμών Ηλεκτρονίων Ποζιτρονίων (LEP)

Η μηχανή LEP του CERN είναι ο μεγαλύτερος επιταχυντής συγκρουόμενων δεσμών του κόσμου, ο LEP άρχισε να λειτουργεί το καλοκαίρι του 1989. Σε έναν δακτύλιο περιμέτρου 27 km, εγκατεστημένο σε βάθος 100m, δέσμες ηλεκτρονίων και ποζιτρονίων (αντι-ηλεκτρόνια) κινούνται κυκλικά σε αντίθετες διευθύνσεις καθώς επιταχύνονται σχεδόν μέχρι την ταχύτητα του φωτός. Όταν ένα ηλεκτρόνιο και ένα ποζιτρόνιο πλησιάσουν αρκετά, εξαφανίζονται σε μια πράξη αμοιβαίας καταστροφής με αποτέλεσμα την παραγωγή μεγάλης ποσότητας ενέργειας. Σχεδόν αμέσως, αυτή η ενέργεια μετατρέπεται και πάλι σε σωματίδια, όπως ακριβώς η ύλη πρέπει να σχηματίσθηκε από ενέργεια στο πρώιμο Σύμπαν. Σε τέσσερα συμμετρικά σημεία γύρω από τον δακτύλιο, οι δέσμες των σωματιδίων αποκτούν πάχος μιας τρίχας και εξαναγκάζονται να συγκρουσθούν στο κέντρο των τεσσάρων πειραμάτων του LEP. Κάθε δέσμη περιέχει περισσότερα από εκατό χιλιάδες εκατομμύρια σωματιδίων (10^{11}), όμως, κατά μέσο όρο, μόνο μία ανά περίπου 40.000 συγκρούσεις μεταξύ των δεσμών παράγει το επιθυμητό αποτέλεσμα - μία κεντρική σύγκρουση ηλεκτρονίου-ποζιτρονίου. Για αυτόν το λόγο, οι δέσμες εξαναγκάζονται να κινούνται κυκλικά για ώρες και κάθε δέσμη πραγματοποιεί στον δακτύλιο περισσότερες από 10.000 περιστροφές το δευτερόλεπτο.



1.12 Σύγκρουση ηλεκτρονίων και ποζιτρονίων

Ο Επιταχυντής LHC

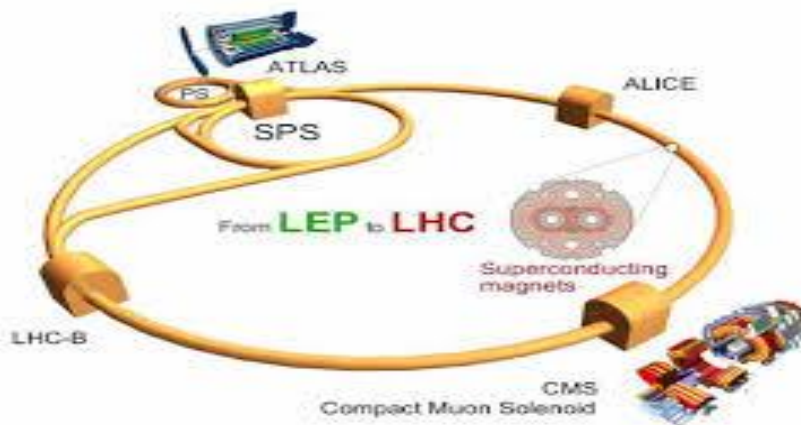
Ο επιταχυντής Large Hadron Collider (LHC) ξεκίνησε να λειτουργεί τον Σεπτέμβριο του 2008 και εγκαταστάθηκε στην υπάρχουσα σήραγγα του LEP. Σκοπός του επιταχυντή είναι να επαναδημιουργεί σωματίδια που δεν υπάρχουν πια. Αυτό το πετυχαίνει επιταχύνοντας τα σωματίδια σε τεράστιες ταχύτητες (99% της ταχύτητας του φωτός) και συγκρούοντας τα μεταξύ τους. Σε κάποια από αυτές τις συγκρούσεις θα δημιουργηθούν νέα σωματίδια. Η περίμετρος του επιταχυντή είναι 27km. Για την κατασκευή του χρειάστηκαν περίπου 7600km υπεραγωγία καλώδια Νιοβίου-Τιτανίου.

Αυτά με την σειρά τους είναι κατασκευασμένα από συρματάκια πάχους: 10 φορές πιο λεπτά από μια ανθρώπινη τρίχα και μήκους 10 φορές την απόσταση Γης-Ήλιου. Μέσα στο διάδρομο θα πρέπει να υπάρχει απόλυτο κενό και αυτό σημαίνει παγωσιά δηλαδή -271 C. Για να φτάσει ο επιταχυντής σε αυτήν την θερμοκρασία χρειάζονται 3 μήνες.



1.12 Ο επιταχυντής LHC

Τα αποτελέσματα της σύγκρουσης παρατηρούνται στους ανιχνευτές, οι οποίοι πιο απλοϊκά μπορούν να αποδοθούν ως μικροσκόπια. Στο CERN λειτουργούν 4 ανιχνευτές ο Άτλας, ο CMS, η Αλίκη και ο LHCb.



1.13

Οι ανιχνευτές έχουν το μέγεθος ενός καθεδρικού ναού. Αποτελούνται από εκατομμύρια υπερευαίσθητες συσκευές που συνιστούν την τελευταία λέξη της τεχνολογίας.

Ο ανιχνευτής Άτλας

Είναι το πιο πολύπλοκο μηχανήμα του κόσμου, βρίσκεται 100 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της γης. Αποτελείται από 10.000.000.000 τρανζίστορ. 35 χώρες συντέλεσαν στην κατασκευή του (μεταξύ των οποίων και η Ελλάδα). Μέσα στον Άτλαντα γίνονται 1.000.000.000 συγκρούσεις-πυροτεχνήματα/sec. Ο Άτλαντας έχει ως ρόλο να διαχωρίζει, να αναλύει, να καταγράφει τις σημαντικότερες από αυτές.

Οφέλη CERN

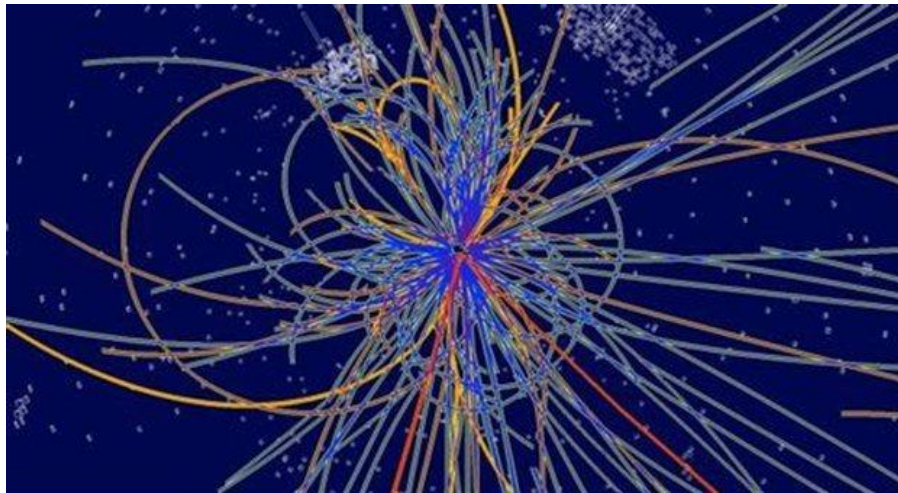
- Στην Ιατρική:
 - Βελτίωση των ακτινογραφικών συσκευών. Τώρα, η απορρόφηση ακτινοβολίας από τους ιστούς είναι 10 φορές μικρότερη

- Τομογράφοι με εκπομπή ποζιτρονίων για την έγκυρη διάγνωση μεταβολών σε ιστούς πριν εμφανιστούν σοβαρά συμπτώματα
- Δημιουργία μηχανημάτων για τον βομβαρδισμό όγκων με τεράστια επιτυχία
- Στις τηλεπικοινωνίες:
 - Ανακάλυψη του WWW (παγκόσμιος ιστός)
 - Επαναστατικές ιδέες πάνω στη μεταφορά δεδομένων
 - Νέα γενιά Ιντερνετ

Έλληνες στο CERN

Περίπου 200 Έλληνες επιστήμονες συμμετέχουν σε πείραμα του του CERN, του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Πυρηνικών Ερευνών. Οι οποίοι συναγωνίζονται επάξια τους συναδέλφους τους ερευνητές σε Η.Π.Α., Γερμανία, Γαλλία αλλά και στην Ιταλία, χωρίς μάλιστα να διαθέτουν τις αντίστοιχες χρηματοδοτήσεις. Η ερευνητική ομάδα του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης (Α.Π.Θ.) έχει κατασκευάσει το 10% των ανιχνευτών μιονίων, στον ανιχνευτή Atlas, όπου “αιχμαλωτίζονται” τα σωματίδια που προκύπτουν από τις συγκρούσεις πρωτονίων στον μεγάλο επιταχυντή. Να πούμε σε αυτό το σημείο πως το Α.Π.Θ. συμμετέχει σε πειράματα του CERN ήδη από τη δεκαετία του 1970, αν και η συνεργασία εντατικοποιήθηκε κατά τη δεκαετία του 1990 με τον ανιχνευτή Altas. Στον δεύτερο μεγάλο ανιχνευτή, που φέρει την ονομασία CMS, συνεργάζονται Έλληνες ερευνητές από τα Πανεπιστήμια Αθηνών και Ιωαννίνων.

1.4 Πεδίο HIGGS



1.14 Απεικόνιση σύγκρουσης σωματιδίων στον LHC κατά την οποία εμφανίζεται το μποζόνιο Higgs

Είναι ένα δυναμικό πεδίο που σάρωσε το πρώιμο σύμπαν δίνοντας στα σωματίδια μάζα. Όταν τα σωματίδια εισέρχονται σε αυτό, αποκτούν μάζα. Όπως όταν σπρώξουμε ένα αυτοκίνητο σε ένα ασφαλτόδρομο αυτό θα κινηθεί όχι με πολύ μεγάλη δυσκολία, ενώ εάν το σπρώξουμε σε ένα δρόμο με λάσπη θα κινηθεί πιο δύσκολα. Κάτι παρόμοιο θεωρούμε πως συμβαίνει και στο πεδίο Higgs. Κάποια σωματίδια αλληλεπιδρούν πιο έντονα από άλλα με το πεδίο. Αυτά που αλληλεπιδρούν λιγότερο έντονα ωθούνται πιο εύκολα δηλαδή συμπεριφέρονται σαν να είναι ελαφρύτερα. Αντίθετα όσα αλληλεπιδρούν πιο έντονα ενεργούν σαν να είναι βαρύτερα. Συνεπώς όσο περισσότερο αλληλεπιδρά ένα σωματίδιο με το πεδίο, τόσο μεγαλύτερη μάζα αποκτά. Φορέας του πεδίου είναι ένα σωματίδιο, το μποζόνιο του Higgs.

Το σωματίδιο Χιγκς, καλούμενο εκλαϊκευμένα ως «το σωματίδιο Θεός», είναι ένα μποζόνιο που, προβλέπεται θεωρητικά, η ταυτοποίησή του εκκρεμεί, ενώ θεωρείται πως έχει ήδη ανακαλυφθεί πειραματικά. Η ύπαρξη του σωματιδίου του Χιγκς δίνει τη δυνατότητα για εξήγηση στον τρόπο που συγκροτείται η ύλη προσδίδοντάς της ιδιότητες όπως για παράδειγμα η μάζα. Το μποζόνιο αυτό φαίνεται να βρίσκεται στο ενεργειακό φάσμα μεταξύ 115 - 127 GeV, (με τα 125GeV να αντιστοιχούν σε μάζα ίση με 133 πρωτονίων). Η ανακάλυψή του θα βοηθήσει στην καλύτερη κατανόηση της δημιουργίας του σύμπαντος λύνοντας θέματα, στη θεωρία της μεγάλης έκρηξης, αμέσως μετά τα πρώτα κλάσματα του δευτερόλεπτου της γέννησης του σύμπαντος. Το μποζόνιο αυτό όπως και το πεδίο πήρε το όνομά του από τον Βρετανό καθηγητή φυσικής Πίτερ Χιγκς (Peter Higgs), ο οποίος πρότεινε την ύπαρξή τους.

Τον Δεκέμβριο του 2011 οι ερευνητές στα δύο ανεξάρτητα πειράματα Atlas και CMS, στο CERN της Ελβετίας, είχαν ανακοινώσει ότι βρήκαν ενδείξεις ύπαρξης του Μποζονίου Χιγκς με μάζα γύρω στα 125 GeV/c². Στις 4 Ιουλίου 2012, οι επιστήμονες του CERN επιβεβαίωσαν την ανακάλυψη ενός νέου σωματιδίου με μάζα 125 (GeV) και πως η παρατήρηση αυτή είναι επαληθεύσιμη και μπορεί να αναπαραχθεί οποτεδήποτε. Αυτό το σωματίδιο εικάζεται ότι είναι μποζόνιο και μάλιστα το βαρύτερο που έχει βρεθεί. Εικάζεται ότι το νέο σωματίδιο έχει χαρακτηριστικά του σωματίου Χιγκς, με επιφύλαξη ώσπου να φανεί ότι φέρει πράγματι και τις λοιπές, θεωρητικά, προβλεπόμενες ιδιότητές του.

Νόμπελ Φυσικής για την ανακάλυψη του μποζονίου Higgs

Η Σουηδική Βασιλική Ακαδημία Επιστημών έδωσε το βραβείο Νόμπελ του 2013 (μετά την επιβεβαίωση της ύπαρξης του μποζονίου στα πειράματα Atlas και CMS στο CERN όπως έχει προαναφερθεί) στους φυσικούς Peter Higgs και Francois Englert.

Ο Higgs είχε προβλέψει την ύπαρξη του ομώνυμου σωματιδίου πριν από 50 χρόνια (το 1964), αλλά τον είχαν ήδη προλάβει για δύο εβδομάδες οι Englert και Brout (απεβίωσε το 2011) με μια εργασία που περιέγραφε την ύπαρξη ενός αόρατου πεδίου ενέργειας που είχε την ιδιότητα να προσδίδει μάζα στα στοιχειώδη σωματίδια.



1.15 Ο Francois Englert στα αριστερά και ο Peter Higgs στα δεξιά

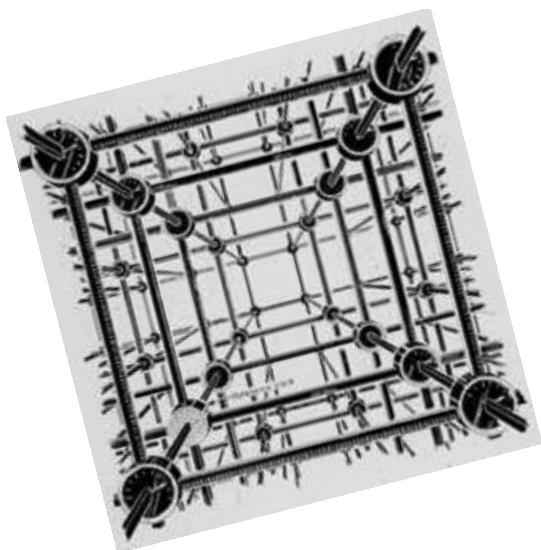
1.5 Επίλογος

Τι σημαίνουν όμως όλα αυτά για τις ζωές των απλών ανθρώπων; Η έρευνα δηλαδή για την γένεση του σύμπαντος, η ανακάλυψη μετά το σωματίδιο Higgs των λεγόμενων υπερσυμμετρικών σωματιδίων και γενικά το μεγάλο πείραμα στο CERN;

Όπως λέει ο και διακεκριμένος καθηγητής θεωρητικής φυσικής του πανεπιστημίου του Τέξας Δημήτρης Νανόπουλος σε ομιλία για την ανακήρυξή του *ως αντιπρόεδρου της Ακαδημίας Αθηνών για το 2015*: «Νομίζω ότι θα πρέπει να τους ελευθερώσει από πολλά υπαρξιακά ερωτήματα, όπως "γιατί είμαστε εδώ" και "πώς προήλθαμε". Γνωρίζουμε πειραματικά ότι η ολική ενέργεια στο σύμπαν είναι μηδέν, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι δεν μπορεί να δημιουργηθούν ζωή και φαινόμενα. Είναι ένα μηδέν δυναμικό. Και επειδή ξέρουμε ότι ισχύει η αρχή της διατήρησης της ενέργειας, το συμπέρασμα της παγκόσμιας κοσμολογίας, ότι το σύμπαν είναι μια διακύμανση του τίποτα, είναι σωστό. Όπως έλεγε και ο Καζαντζάκης, στο τίποτα ξεκινάμε και στο τίποτα φτάνουμε, κι αυτό το λέμε ζωή. Καμιά φορά σκέφτομαι, αυτοί οι άνθρωποι με τη δική τους προσέγγιση είχαν αναπτύξει τη σωστή φιλοσοφία, από άλλον δρόμο. Αυτό είναι και το μεγαλείο του ανθρώπινου μυαλού. Κι ερχόμαστε τώρα εμείς σαν το λαγό με τη χελώνα, αυτοί είναι οι λαγοί κι εμείς η χελώνα, σιγά- σιγά και τα στερεώνουμε και λέμε ότι αυτή η φιλοσοφική σχολή έχει δίκιο. Δεν νομίζω λοιπόν ότι όλα αυτά μπορούν να αφήσουν τον άνθρωπο ανεπηρέαστο», επισημαίνει. Εξάλλου, υπάρχουν πάντα και τα πρακτικά –τεχνολογικά- οφέλη από τέτοιες ανακαλύψεις, όπως έγινε με το Διαδίκτυο. Γιατί είναι γνωστό ότι χάρη στο πείραμα του CERN και στην εξυπηρέτηση των αναγκών επικοινωνίας των επιστημόνων που δούλευαν στο εν λόγω πρόγραμμα, υπάρχει σήμερα το λογισμικό εργαλείο του World Wide Web (www), που επιτρέπει τη σύνδεση των χρηστών του Ιντερνετ.

Πηγές - Βιβλιογραφία

- <http://www.eugenfound.edu.gr>
- <http://physics4u.wordpress.com>
- <http://www.christianity-science.gr/>
- <http://www.youtube.com/watch?v=NGetY7-U1OM>
- <http://www.youtube.com/watch?v=DcvZVcqek4>
- <http://www.physics.ntua.gr/>
- <http://www.ellines.com/>
- <http://cern.gr/>
- <http://www.youtube.com/watch?v=NGetY7-U1OM>
- <http://el.wikipedia.org/>
- <http://www.techgear.gr/nobel-prize-physics-2013-awarded-to-peter-higgs-and-francois-englert-78243/>



ΤΕΤΑΡΤΗ ΔΙΑΣΤΑΣΗ ΚΑΙ ΑΝΕΞΗΓΗΤΑ ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ



Παπαβασιλείου Παναγιώτης
Παπασημακοπούλου Αρχοντούλα
Ρόδης Νικηφόρος
Στασινοπούλου Γεωργία-Μαρία

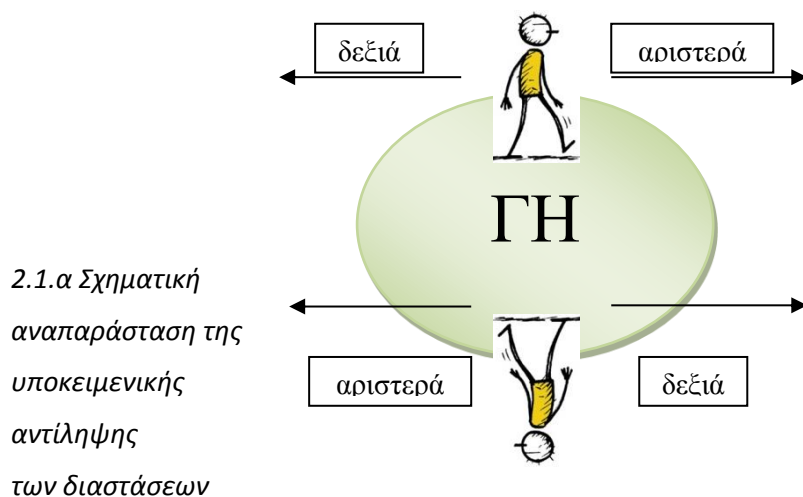
2.1 Τέταρτη Διάσταση και ο ορισμός του Χωροχρόνου

2.1.1 Τέταρτη Διάσταση

Με τον όρο **Διάσταση** αναφερόμαστε συχνά σε ποικίλες καταστάσεις τόσο στην καθημερινή μας ζωή (όσον αφορά τα πρόσωπα, τις απόψεις, τα φαινόμενα, κλπ.) όσο και σε διάφορους τομείς της επιστήμης (λ.χ. αστρονομία, ιατρική, μαθηματικά, φυσική, κλπ.). Η λέξη αυτή έχει τη ρίζα της στην Αρχαία Ελληνική Γλώσσα από το ρήμα διίστημι, που σημαίνει διαχωρίζομαι, ξεχωρίζω, στέκομαι ενάντια.

Στις Φυσικές Επιστήμες, η διάσταση αφορά τα μετρήσιμα μεγέθη του χώρου που καταλαμβάνει ένα γεωμετρικό σχήμα. Επομένως, κάνουμε λόγο για το μήκος, το πλάτος και το ύψος, τα οποία χαρακτηρίζονται ως οι **τρεις διαστάσεις** του χώρου. Παρόλ'αυτά, έχουμε μια δαισιθητική εικόνα του τι σημαίνει το καθένα από αυτά¹. Συγκεκριμένα, το ύψος το έχουμε συνδυάσει με το ύψος του κορμιού μας, το πλάτος με το άνοιγμα των χεριών μας, ενώ το μήκος με τη διάσταση που κάθε φορά απλώνεται μπροστά μας.

Ας θεωρήσουμε τη σφαίρα της γης και δυο ανθρώπους που ο ένας βρίσκεται στο Β.Πόλο και ο άλλος στο Ν.Πόλο. Για τον καθένα ισχύουν τα εξής:



Επομένως, συμπεραίνουμε πως οι τρεις διαστάσεις μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τον χώρο που βρίσκεται ο καθένας. Τις αντιλαμβανόμαστε δηλαδή δαισιθητικά. Παρόλ'αυτά, οι άνθρωποι κατέληξαν σε κάποιες συμβάσεις προκειμένου να αλληλοκατανοούνται, συμβάλλοντας με αυτόν τον τρόπο στην ανάπτυξη της τεχνολογίας και της επιστήμης.

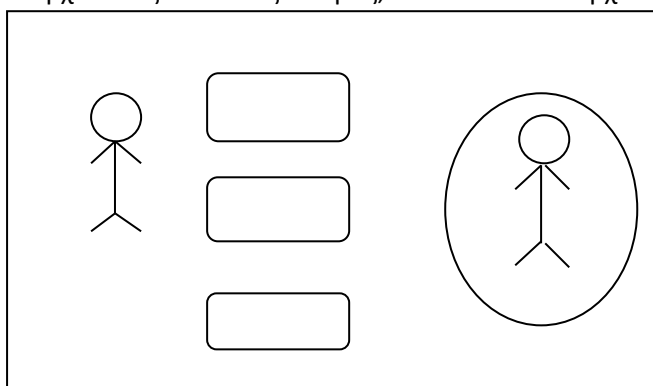
Σύμφωνα με τη θεωρία της Σχετικότητας², εκτός από τις τρεις διαστάσεις του χώρου, έχει αποδειχθεί ότι υπάρχει και **τέταρτη** την οποία οι αισθήσεις μας αδυνατούν να την

¹ Σύμφωνα με τον Ιμάνουελ Καντ (1783): «Το γεγονός ότι υπάρχει παντού χώρος, ο οποίος δεν είναι το όριο κάποιου άλλου χώρου και ο οποίος σε γενικές γραμμές δεν μπορεί να έχει περισσότερες από τρεις διαστάσεις, βασίζεται στην άποψη ότι δεν υπάρχουν περισσότερες από τρεις γραμμές που μπορούν να τέμνονται με ορθές γωνίες σε ένα σημείο. Αυτή η πρόταση δεν μπορεί καθόλου να αποδειχθεί από τις έννοιες, αλλά στηρίζεται άμεσα στη δαισιθητική και μάλιστα σε καθαρή δαισιθητική εκ των προτέρων γιατί είναι αποδεδειγμένα ορισμένες».

² Για περισσότερες πληροφορίες, βλ. [http://el.wikipedia.org/wiki:«Η γενική σχετικότητα είναι μια μετρική θεωρία της βαρύτητας. Στον πυρήνα της είναι οι εξισώσεις του Αϊνστάιν, που περιγράφουν τη σχέση μεταξύ της γεωμετρίας των τεσσάρων διαστάσεων, την ψευδο-Riemann πολλαπλότητα που εκπροσωπεί τον χωροχρόνο, και την ενέργεια-ορμή που](http://el.wikipedia.org/wiki:«Η_γενική_σχετικότητα_είναι_μια_μετρική_θεωρία_της_βαρύτητας.)

αντιληφθούν (σε αντίθεση με τις άλλες τρεις που τις αντιλαμβανόμαστε, και που όπως προαναφέρθηκε έχουμε μια διαισθητική εικόνα του τι σημαίνουν).

Για να μπορέσουμε να κατανοήσουμε την Τέταρτη Διάσταση, αρκεί να φανταστούμε ότι υπάρχει ένας επίπεδος κόσμος, στον οποίο υπάρχουν μόνο δύο διαστάσεις, του μήκους και



2.1.β Δυσδιάστατος κόσμος - Επιπεδοχώρα

του πλάτους. Έστω λοιπόν ότι αυτός ο επίπεδος κόσμος είναι ένα φύλλο χαρτί πάνω στο οποίο ζωγραφίζουμε μια πόλη με κτήρια και ανθρώπους. Οι κάτοικοι αυτής της δυσ-διάστατης πόλης δεν μπορούν να αντιληφθούν την έννοια του ύψους, αφού είναι κάτι που δεν εντάσσεται στο πεδίο κατά-νόησής τους. Έτσι εμείς μπορούμε να βάλουμε το δάχτυλό μας πάνω στο πρόσωπο του ενός κατοίκου αλλά ο ίδιος δε θα δει τίποτε, παρά μονάχα τη σκιά από το

δάχτυλό μας. Πάλι αν πάρουμε ένα μολύβι και φτιάξουμε ένα κύκλο γύρω από το ανθρωπάκι, αυτό θα δει μόνο τον κύκλο να χαράζεται γύρω του και όχι το μολύβι, αφού το τελευταίο δεν εντάσσεται στο πεδίο κατανόησής του. Έτσι το ανθρωπάκι θα αποδώσει το σχηματισμό του κύκλου σε ένα παράδοξο και υπερφυσικό γεγονός.

Αν ανάγουμε τώρα τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την αλληλεπίδραση των δυσδιάστατων ανθρώπων με την άγνωστη -γί'αυτούς- διάσταση του ύψους σε ένα τρισδιάστατο επίπεδο, θα διαπιστώσουμε ότι ό,τι ήταν η έννοια του ύψους για τους ανθρώπους του δυσδιάστατου κόσμου είναι και η τέταρτη διάσταση για τους ανθρώπους ενός τρισδιάστατου κόσμου. Όπως λοιπόν το ανθρωπάκι στην επίπεδη χώρα βλέπει τη σκιά και όχι το δάχτυλο, κατ'αναλογία και εμείς (που αντιλαμβανόμαστε τις τρεις διαστάσεις) υπάρχει πιθανότητα να βλέπουμε κάτι άλλο και όχι την «εξωδιαστατική» οντότητα.

2.1.2 Χωροχρόνος

Σύμφωνα με τον Stephen Hawking στο βιβλίο του το *Χρονικό του Χρόνου* :

«Στη θεωρία της σχετικότητας δεν υπάρχει κανένας μοναδικός απόλυτος χρόνος, αντίθετα, ο καθένας έχει το δικό του προσωπικό μέτρο χρόνου, που εξαρτάται από το που βρίσκεται και το πώς κινείται.

Πριν από το 1915 φανταζόμασταν το χώρο και το χρόνο σαν ένα σταθερό υπόβαθρο που πάνω του συνέβαιναν τα διάφορα γεγονότα, αλλά το ίδιο δεν φαινόταν να επηρεάζεται από αυτά. Αυτό ίσχυε ακόμη και στην ειδική θεωρία της σχετικότητας. Τα σώματα κινούνταν, έλκονταν και απωθούνταν από διάφορες δυνάμεις, αλλά ο χώρος και ο χρόνος απλά συνέχιζαν να υπάρχουν χωρίς να υφίστανται καμιά επίδραση από οτιδήποτε. Ήταν φυσικό, λοιπόν, να φανταζόμαστε ότι ο χώρος και ο χρόνος θα συνέχιζαν να υπάρχουν για πάντα.

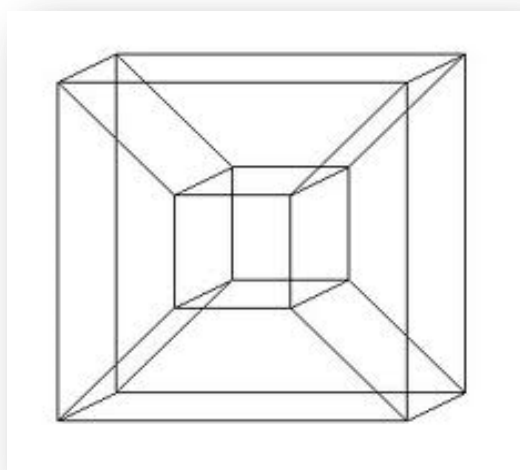
περιέχονται σε αυτό το χωροχρόνο. Φαινόμενα που στην κλασική μηχανική αποδίδονται στη δράση της δύναμης της βαρύτητας (όπως η ελεύθερη πτώση, τροχιακή κίνηση, και πορείες διαστημόπλοιων), αντιστοιχούν σε αδρανειακή κίνηση μέσα σε μια κυρτή γεωμετρία του χωροχρόνου στη γενική σχετικότητα, δεν υπάρχει βαρυτική δύναμη εκτροπής αντικειμένων από τις φυσικές, ευθείες διαδρομές τους. Αντί αυτού, η βαρύτητα αντιστοιχεί σε μεταβολές στις ιδιότητες του χώρου και του χρόνου, το οποίο με τη σειρά του αλλάζει τις πιο ευθείες-πιθανές διαδρομές που τα αντικείμενα θα ακολουθήσουν φυσικά.»

Η κατάσταση όμως είναι πολύ διαφορετική στη γενική θεωρία της σχετικότητας. Ο χώρος και ο χρόνος είναι τώρα δυναμικές ποσότητες όταν ένα σώμα κινείται ή όταν ασκείται μια δύναμη, επιδρά στην καμπυλότητα του χώρου και του χρόνου, η δομή του χωροχρόνου, με τη σειρά της, επιδρά στον τρόπο με τον οποίο κινούνται τα σώματα και ασκούνται οι δυνάμεις. Ο χώρος και ο χρόνος όχι μόνον επηρεάζουν αλλά και επηρεάζονται από οτιδήποτε συμβαίνει στο Σύμπαν. Όπως δεν μπορούμε να μιλάμε για γεγονότα μέσα στο Σύμπαν χωρίς τις έννοιες του χώρου και του χρόνου, έτσι στη γενική θεωρία της σχετικότητας δεν έχει νόημα να μιλάμε για χώρο και χρόνο έξω από τα όρια του Σύμπαντος.

Αυτή η νέα κατανόηση του χώρου και του χρόνου προκάλεσε μια επαναστατική αλλαγή στην εικόνα του ανθρώπου για τον Κόσμο. Η παλαιά ιδέα για ένα ουσιαστικά αμετάβλητο Σύμπαν, που θα μπορούσε να υπάρχει από πάντα για πάντα, αντικαταστάθηκε με την ιδέα ενός δυναμικού διαστελλόμενου Σύμπαντος που φαινόταν ότι είχε μια αρχή πριν από κάποιο πεπερασμένο χρονικό διάστημα στο παρελθόν και ίσως θα έχει ένα τέλος ύστερα από κάποιο άλλο πεπερασμένο χρονικό διάστημα στο μέλλον. Αυτή η επαναστατική αλλαγή αποτελεί το θέμα του επόμενου κεφαλαίου. Ήταν επίσης η αφετηρία της δικής μου εργασίας στη θεωρητική φυσική. Ο Roger Penrose και εγώ δείξαμε ότι από την ίδια τη γενική θεωρία της σχετικότητας του Αϊνστάιν προκύπτει ότι το Σύμπαν πρέπει να έχει μια αρχή και, ίσως, ένα τέλος».

Σύμφωνα με τη θεωρία της σχετικότητας, ο χωροχρόνος είναι το σύμπλεγμα του χώρου και του χρόνου. (κάποιοι ονομάζουν τον χωροχρόνο και τέταρτη διάσταση) Τον **χώρο** τον αντιλαμβανόμαστε σαν ένα σχήμα, το οποίο διαθέτει και τις τρεις διαστάσεις που μπορεί να αντιληφθεί ο άνθρωπος (ύψος, μήκος, πλάτος). Από την άλλη πλευρά, ο **χρόνος** είναι ένα μέγεθος που μας δίνει την δυνατότητα να κατατάσσουμε σε μια σειρά τα συμβάντα που έχουν λάβει χώρα στο παρελθόν, διαδραματίζονται στο παρόν ή πρόκειται να συμβούν στο μέλλον. Ο χρόνος, όπως είναι γνωστό, «κυλάει» μόνο από το παρελθόν προς το μέλλον.

Η διπλανή εικόνα απεικονίζει τον **χώρο** με τις τρεις διαστάσεις (τις οποίες μπορούμε να αντιληφθούμε) να είναι ο μικρός κύβος στο κέντρο του σχήματος. Ενώ ο μεγάλος κύβος που περικλείει τον μικρό είναι η τέταρτη διάσταση - **χωροχρόνος**, την οποία εμείς δεν μπορούμε να αντιληφθούμε γιατί ουσιαστικά είναι κάτι που μας υπερβαίνει.

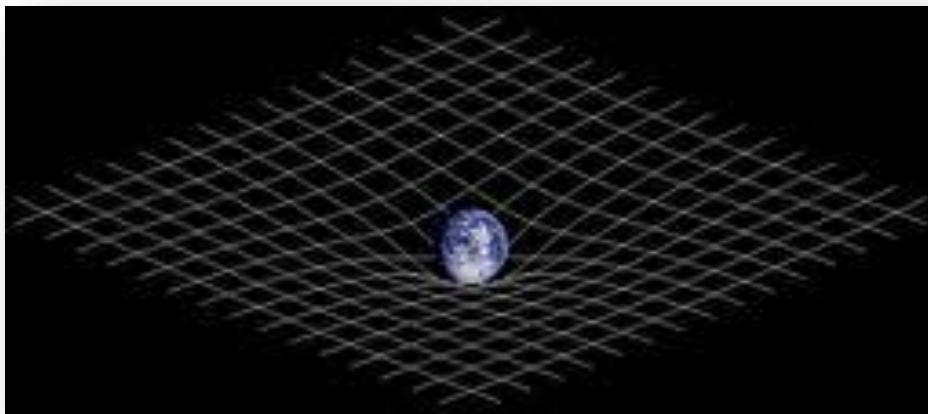


2.2.α Τετραδιάστατος κύβος



2.2.β Δυσδιάστατο ζώο

Παραδείγματος χάρη, όπως φαίνεται και στη διπλανή εικόνα, ένα θεωρητικά δυσδιάστατο ζώο δεν μπορεί να αντιληφθεί την τρισδιάστατη γραμμή που απαρτίζει το πεπτικό του σύστημα, γιατί αυτή ουσιαστικά το χωρίζει στα δύο κι άρα αυτό διαλύεται.



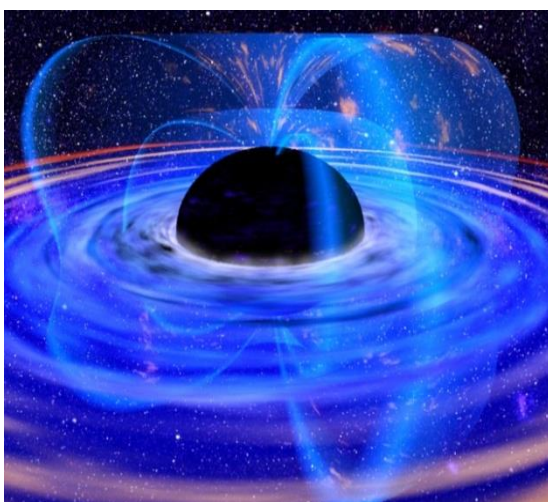
2.2.γ Δημιουργία βαρύτητας στο χωροχρόνο

Ένας άλλος τρόπος για να παρουσιάσουμε τον χωροχρόνο είναι ως ένα δίκτυο το οποίο αναδιπλώνεται και ανάλογα με αυτές του τις αναδιπλώσεις δημιουργούνται διάφορα φαινόμενα όπως αυτό της βαρύτητας, οι μαύρες τρύπες, τα παράλληλα σύμπαντα και οι σκουλικομυρμηγκότρυπες, φαινόμενα με τα οποία παρουσιάζουμε και παρακάτω.

2.2. Φαινόμενα που πιθανότατα σχετίζονται με τη θεωρία του χωροχρόνου

i) Μαύρες τρύπες

Μια μαύρη τρύπα είναι το αποτέλεσμα της μακροχρόνιας «γήρανσης» ενός αστέρα.



Σχηματίζεται κατά το τέλος του χρόνου ζωής ενός αστέρα, όταν αυτός καταρρέει κάτω από τη δική του βαρύτητα.

Συγκεκριμένα, ένα μεγάλο μέρος της μάζας του αστέρα αποτελείται από εξαιρετικά θερμά αέρια (κυρίως H_2), τα οποία υφίστανται συνεχώς πυρηνική σύντηξη, παράγοντας θερμότητα και φως. Όταν, τα αποθέματα H_2 εξαντληθούν, το αστέρι ψύχεται και συστέλλεται σε τέτοιο βαθμό, ώστε να

2.3.α Μαύρη τρύπα

καταρρεύσει τελικά κάτω από το ίδιο του το βαρυτικό πεδίο. Σχηματίζεται έτσι μια περιοχή στο χώρο με βαρυτικό πεδίο τόσο δυνατό ώστε ούτε καν το φως δεν μπορεί να «ξεφύγει». Αυτή η περιοχή ονομάζεται μαύρη τρύπα.

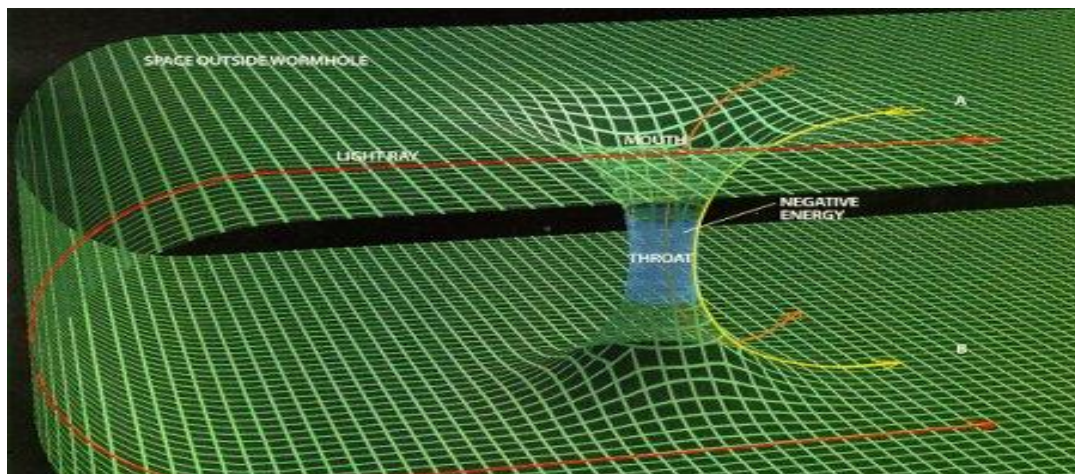
Κύριο χαρακτηριστικό μιας μαύρης τρύπας είναι το εξαιρετικά μεγάλο ποσό μάζας που είναι συγκεντρωμένο σε ελάχιστο χώρο. Σε αναλογία, θα μπορούσε κανείς να φανταστεί τη μάζα της Γης συγκεντρωμένη στο μέγεθος ενός κερασιού. Το όριο της

μαύρης τρύπας λέγεται ορίζοντας γεγονότων, και συμπίπτει με τις τροχιές των ακτινών του φωτός που δεν διέφυγαν από τη μαύρη τρύπα.

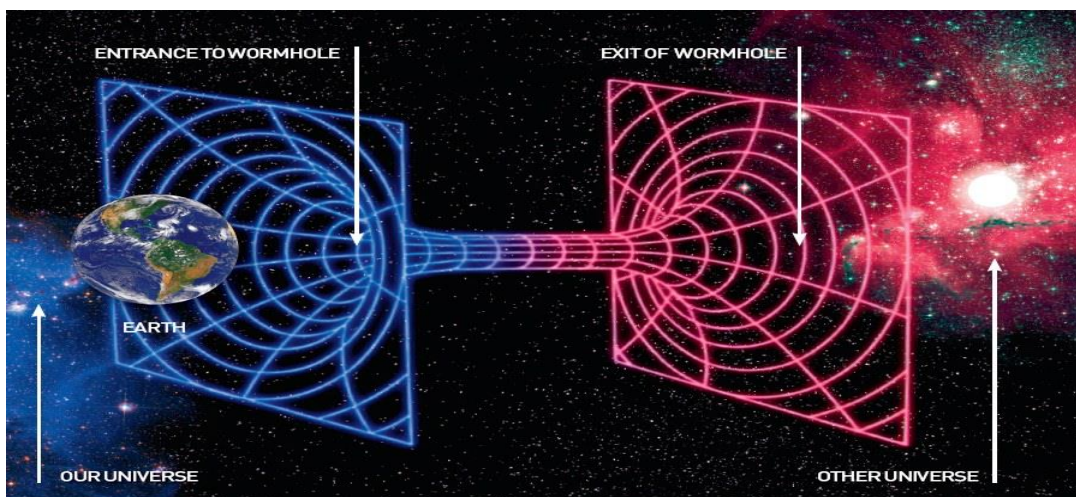
ii) «Σκουληκότρυπες» (wormholes)

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον προκαλεί ένα υποθετικό φαινόμενο της θεωρητικής φυσικής, που σχετίζεται άμεσα με τη θεωρία του χωροχρόνου, οι λεγόμενες «σκουληκότρυπες» (wormholes). Μια σκουληκότρυπα θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι μια υποθετική καμπύλωση του χωροχρόνου, με τέτοιο τρόπο, ώστε να σχηματιστεί μια «οπή», μέσω

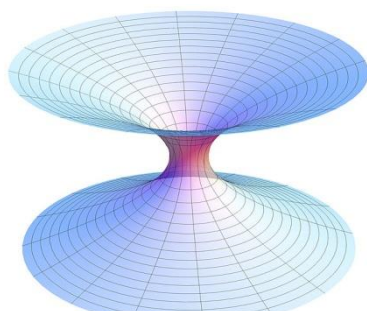
της



2.3.β Wormhole



2.3.γ Αναπαράσταση περάσματος σε παράλληλο σύμπαν



2.3.δ Wormhole

οποίας μπορούν να ενωθούν δύο, αρχικά απομακρυσμένα, σημεία του χώρου, όπως φαίνεται και στις εικόνες. Σύμφωνα με πολλές υποθετικές θεωρίες, μια σκουληκότρυπα θα μπορούσε να καταστήσει δυνατή την ταχεία διάβαση σε απομακρυσμένα σημεία του χωροχρόνου, ίσως ακόμη και το «πέραςμα» σε ένα παράλληλο σύμπαν (βλέπε

παρακάτω).

iii) Παράλληλα σύμπαντα

Η θεωρία για τα παράλληλα σύμπαντα, προβλέπει την ύπαρξη παραπάνω από ενός σύμπαντος, πέραν του δικού μας, για τα οποία πιθανότατα να ισχύουν διαφορετικές φυσικές σταθερές και νόμους.

Σύμφωνα με μια θεωρία, το εκάστοτε σύμπαν ίσως υφίσταται στο εσωτερικό μιας μαύρης τρύπας. Έτσι, το πέρασμα από ένα σύμπαν σε ένα άλλο θα μπορούσε να καταστεί δυνατό, υποθέτοντας ότι τα δύο σύμπαντα συνδέονται μέσω της μαύρης τρύπας.



2.3. Χωροχρόνος και ανεξήγητα φαινόμενα

i) Το πείραμα της Φιλαδέλφειας

Τον Ιούλιο του 1943, το αμερικανικό αντιτορπιλικό Eldridge προσάραξε στις αποβάθρες του Delaware για ένα πείραμα του αμερικανικού ναυτικού που είχε σκοπό να κάνει το πλοίο αόρατο. Το επίσημο όνομα του σχεδίου ήταν "**Σχέδιο Ουράνιο Τόξο**" (*Rainbow Project*), αλλά έμεινε ευρέως γνωστό με την ονομασία "**Το πείραμα της Φιλαδέλφειας**" (*Philadelphia Experiment*). Το πείραμα προέβλεπε την περιτύλιξη του σκελετού του αντιτορπιλικού με σύρμα, σε μια προσπάθεια αδρανοποίησης των μαγνητικών πεδίων που προκαλούνταν από το μέταλλο του. Αυτό είναι γνωστό ως *απομαγνήτιση*. Κάτι τέτοιο θα καθιστούσε το σκάφος **αόρατο** σε υποβρύχιες μαγνητικές νάρκες, οι οποίες βασίζονται σε αισθητήρες εγγύτητας για να πυροδοτηθούν. Αυτοί οι αισθητήρες λειτουργούν ανιχνεύοντας μαγνητικά πεδία γύρω από το πλοίο. Συνεπώς, το πλοίο θα ήταν ικανό να διασχίσει περιοχές παγιδευμένες με τέτοιες νάρκες, αόρατο ως προς αυτές, αλλά όχι και ως προς τα ραντάρ ή την όραση.

Το πλοίο εθεάθη στη Virginia, από το πλήρωμα του επιβατικού Andrew Furuseth, 15 λεπτά μετά την εξαφάνισή του από τη Φιλαδέλφεια. Οι ιστορίες περιγράφουν τους ανθρώπους που συμμετείχαν στο πείραμα να φλέγονται, να κείτονται ενωμένοι με τα μέταλλα του πλοίου, να είναι αναίσθητοι ή σε κώμα. Όσοι επέζησαν, εικάζεται ότι εξαφανίζονται και επανεμφανίζονται μετά από ώρες. Κάποιοι άλλοι ότι ακινητοποιούνται και φυσικά πως οι περισσότεροι από τους επιζήσαντες έχουν βαριά ψυχολογικά προβλήματα. Η πιο ενδιαφέρουσα θεωρία για το πείραμα της Φιλαδέλφειας, είναι ότι το αντιτορπιλικό, πραγματικά εξαφανίστηκε και τηλεμεταφέρθηκε μέσα στο χώρο και το χρόνο. Υποτίθεται ότι στο πείραμα συμμετείχε πλήθος διακεκριμένων επιστημόνων, ανάμεσα στους οποίους ήταν ο Albert Einstein. Η θεωρία υποστηρίζει ότι το φως έπρεπε να καμφθεί γύρω από το πλοίο για να γίνει

αόρατο. Για να επι-τευχθεί αυτό, τύλιξαν γύρω από την περιφέρεια του πλοίου σύρμα και πέρασε εναλλασσόμενο ρεύμα από αυτό. Αυτό προκάλεσε τη δημιουργία ενός τεράστιου ταλαντευόμενου μαγνήτη ο οποίος σχημάτισε μαγνητικό πεδίο γύρω από το πλοίο, κάμπτοντας όχι μόνο το φως, αλλά και τον ίδιο τον χωροχρόνο. Οι υποστηρικτές αυτής της θεωρίας παραπέμπουν στη θεωρία του Αϊνστάιν περί ενοποιημένου πεδίου, σύμφωνα με την οποία αν κάμψεις το φως κάμπτεις αναπόφευκτα το χώρο και το χρόνο επίσης.



2.4 Το πείραμα της Φιλαδέλφειας

ii) Το τρίγωνο των Βερμούδων

Το περίφημο τρίγωνο βρίσκεται στη νοτιοανατολική ακτή των ΗΠΑ στον Ατλαντικό, με τις κορυφές του να «πατάνε» στις Βερμούδες, το Μαϊάμι της Φλόριντα και το Σαν Χουάν του Πουέρτο Ρίκο, καλύπτοντας μια θαλάσσια περιοχή 500.000 τετραγωνικών



2.5 Γεωγραφική προσέγγιση του τριγώνου των Βερμούδων

χιλιομέτρων. Τα τελευταία 100 χρόνια, στο διαβόητο τρίγωνο έχει ση-μειωθεί ένας αξιοσημείωτος αριθμός περιεργων εξαφα-νίσεων αεροπλάνων, караβιών και ανθρώπων, που δεν δικαιολογείται από τους κοραλλιογενείς υφάλους που αποτελούσαν ανέκαθεν φόβητρο για τους ναυτικούς. Αναφορές κάνουν λόγο για πάνω από 100 χαμένα αεροσκάφη και πλοία στην

περιοχή, με τον φόρο σε ανθρώπινες ζωές να ανέρχεται στις 1.000. Η αμερικανική ακτοφυλακή συνεχίζει ωστόσο να ισχυρίζεται ότι τίποτα το περίεργο δεν συμβαίνει στο Τρίγωνο των Βερμούδων και ότι οι αριθμοί αυτοί δεν αποκλίνουν από το κανονικό. Το μυστήριο του Τριγώνου των Βερμούδων υπάρχει επισήμως στα καταγραμμένα χρονικά και τα μυαλά των ανθρώπων από την πρώτη προβεβλημένη από τον Τύπο υπόθεση εξαφάνισης του 1945, με τα πέντε αμερικανικά αεροσκάφη

που χάθηκαν στην περιοχή. Τροφή στον μύθο των μυστηρίων έδωσε ο ρεπόρτερ E.V.W. Jones, που σχημάτισε μια λίστα από «περίεργες εξαφανίσεις» πλοίων και αεροσκαφών μεταξύ των ακτών της Φλόριντα και των Βερμούδων. Η πιο γνωστή θεωρία υποστηρίζει ότι το Τρίγωνο των Βερμούδων αποτελεί μία πύλη μετάβασης στο χωροχρόνο και πως όσα πλοία και αεροπλάνα περνούν από εκεί δεν εξαφανίζονται, αλλά περνούν σε μία άλλη διάσταση.

Εξαφανίσεις:

✓ **Το πλοίο «Mary Celeste»**

Δεν είναι εύκολο να ξεδιαλύνει πλέον κανείς τα χρονικά του μύθου από τα πραγματικά γεγονότα. Ξακουστό παράδειγμα το πλοίο «Mary Celeste», που βρέθηκε το 1872 να επιπλέει αμέριμνο και... ακυβέρνητο, χωρίς ίχνος ανθρώπινης παρουσίας εντός του. Κι ενώ φιγουράρει ως ένα από τα πλέον διαβόητα ντοκουμέντα για τη δράση του Τριγώνου του Διαβόλου, στην πραγματικότητα το πλοίο βρέθηκε εκατοντάδες μίλια μακριά από το Τρίγωνο...

✓ **Η πτήση 19 – 1945**

Η πλέον περίφημη ιστορία εξαφάνισης που μετρά στο ενεργητικό του το Τρίγωνο των Βερμούδων περιλαμβάνει 5 αεροσκάφη του αμερικανικού ναυτικού που εξαφανίστηκαν μυστηριωδώς το 1945. Η σύνοψη της ιστορίας είναι η εξής: μια καλοκαιρινή μέρα, σε μια περιπολία ρουτίνας, 5 έμπειροι πιλότοι άρχισαν να εκπέμπουν σήματα ότι είχαν χαθεί, οι πυξίδες τους δεν λειτουργούσαν και «όλα πήγαιναν στραβά». Ήταν η τελευταία φορά που θα έδιναν σημεία ζωής και οι εκτεταμένες έρευνες του ναυτικού δεν θα απέδιδαν καρπούς. Όσο για τα δύο υδροπλάνα PBM-5 του ναυτικού που βγήκαν επιτόπου για να ψάξουν τα χαμένα αεροσκάφη της πτήσης 19, το ένα έμελλε να ανατιναχθεί στον αέρα...

✓ **Το «Sulphur Queen» – 1963**

Το «S.S. Marine Sulphur Queen» ήταν ένα τάνκερ που μετέφερε 15.000 τόνους θειάφι από το Beaumont του Τέξας στο Norfolk της Βιρτζίνια. Η τελευταία επικοινωνία με το πλοίο έγινε στις 3 Φεβρουαρίου 1963, με τον καπετάνιο να αναφέρει πληροφορίες ρουτίνας. Το πλοίο δεν θα έφτανε ποτέ στον προορισμό του, ενώ η ακτοφυλακή που βγήκε στο κατόπι του, το μόνο που κατάφερε να βρει ήταν ένα σωσίβιο από το «Sulphur Queen»...

iii) Πείραμα Cern και μαύρες τρύπες

Κατά τη θεωρία δύο επιστημόνων, των Γουάγκνερ και Σάντσο, η υλοποίηση του πειράματος στο CERN για την ανακάλυψη σωματιδίων, όπως αυτό ανακαλύφθηκε πρόσφατα (βλ. κεφ. 3.4) παρουσιάζει με μεγάλη πιθανότητα τον κίνδυνο να δημιουργηθούν μαύρες τρύπες, μία εκ των οποίων θα μεγαλώσει τόσο πολύ, που ίσως καταπιεί τη Γη, οδηγώντας την σε ένα ατελείωτο ταξίδι στο χωροχρόνο. Οι ίδιοι κατέθεσαν μήνυση για την διακοπή του πειράματος αλλά οι προσπάθειές τους έπεσαν στο κενό.

Βιβλιογραφία - Πηγές

- ✓ [Το χρονικό του χρόνου, S. Hawking, σελ.: 129-136, εκδ.: «Κάτοπτρο» \(ελληνική έκδοση\), Απρίλιος 1989.](#)
- ✓ <http://el.wikipedia.org>
- ✓ <http://www.livepedia.gr>
- ✓ <https://www.google.gr>
- ✓ <http://el.wikipedia.org> : Άρθρο: «Σκουληκότρυπες»
- ✓ <http://en.wikipedia.org>: Άρθρο: Χωροχρόνος
- ✓ http://en.wikipedia.org/wiki/Black_hole
- ✓ <http://el.wikipedia.org>: Άρθρο: Διαστάσεις
- ✓ <http://en.wikipedia.org/wiki/Multiverse>
- ✓ http://en.wikipedia.org/wiki/Black_hole
- ✓ www.metafysiko.gr
- ✓ www.mistiria.com
- ✓ www.newsbomb.gr
- ✓ www.cobrasports.gr
- ✓ <http://giannisj5.wordpress.com>
- ✓ <http://www.youtube.com/watch?v=ZZZGUosliX4>
- ✓ <http://sp-naturalsciences.blogspot.gr/2008/05/4.html>

Κεφάλαιο 3: «ΤΟ ΦΩΣ»



Ελένη Αμολοχήτη

Κωνσταντίνα Βοσδογάννη

Μαρία Δενάζη

Αφροδίτη Κονόμη

Πέτρος Μπερερής

3. ΤΟ ΦΩΣ

3.1 Εισαγωγή

Ένα από τα σκοτεινότερα αλλά και ελκυστικότερα θέματα που απασχόλησαν τον άνθρωπο ήταν και η φύση του φωτός. Η παρουσία του φωτός γεννούσε πάντοτε ερωτήματα και θαυμασμό, παρέμενε απρόσιτη στην επιπολαιότητα του βλέμματος και των παρατηρήσεων. Το φως είναι το απλούστερο, το λιγότερο διαιρεμένο και το πλέον ομογενές ον. Με τη βοήθεια του φωτός «επικοινωνούμε» με τα άστρα και τους πλανήτες του ηλιακού μας συστήματος αντλώντας χιλιάδες πληροφορίες για τη σύστασή τους. Η «φύση» του λόγω της ιδιαιτερότητας που την χαρακτηρίζει αποτέλεσε κύρια ασχολία των επιστημών προσπαθώντας να κατανοήσουν και να ερμηνεύσουν.

Το φως μοιάζει να «εκτινάσσεται» από την πηγή του με αφάνταστη ταχύτητα. Η ταχύτητα του φωτός αγγίζει τα 300.000 χιλιόμετρα το δευτερόλεπτο. Είναι η οριακή ταχύτητα στη Φύση και κανένα υλικό σώμα δεν μπορεί να την υπερβεί. Για το ίδιο το φως που ταξιδεύει στο κενό δεν υφίσταται η έννοια του χρόνου. Το ίδιο το φως δεν "καταλαβαίνει" το χρόνο γιατί ταξιδεύει με τη μέγιστη ταχύτητα και για το ίδιο ο χρόνος δεν περνά. Το μόνο που «καταλαβαίνει» είναι πως ανταλλάσσει ενέργεια μεταξύ διαδοχικών σημείων. Η κάθε στιγμή "χρόνου" που βιώνει είναι μόνο η κάθε επόμενη ενεργειακή ανταλλαγή που κάνει, αδιάφορα αν για εμάς έχει ταξιδέψει λίγα μόνο μέτρα από το σημείο που εκπέμφθηκε ή προέρχεται από κάποιο σημείο του σύμπαντος σε ένα ταξίδι (όπως το μετράμε εμείς) κάποιων δισεκατομμυρίων ετών.

Η ταχύτητα του φωτός δεν είναι σταθερή, αλλά εξαρτάται από το μέσο μέσα στο οποίο γίνεται η διάδοση, μειώνεται σε διαφανή υλικά και στο νερό μειώνεται το ένα τέταρτο, στο διαμάντι ακόμα περισσότερο.

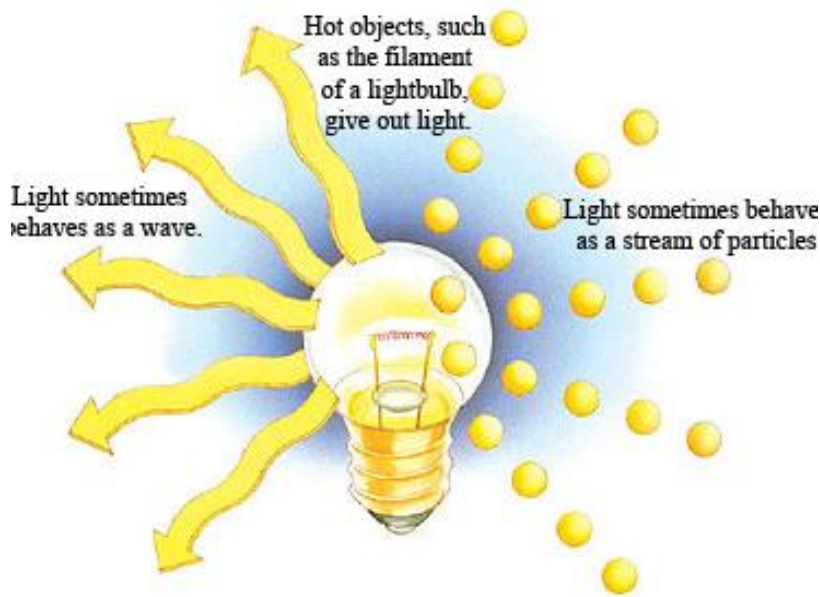
Επιχειρώντας μια ιστορική αναδρομή αναφέρουμε ότι πρώτοι οι αρχαίοι Έλληνες είχαν αντιληφθεί τη «σωματιδιακή φύση του φωτός». Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη: «Το φως είναι απλώς μια εν δυνάμει 'κατάσταση' του μέσου».

Ο Νεύτωνας, στηριζόμενος στη «σωματιδιακή φύση του φωτός» εξήγησε κάπως ικανοποιητικά ορισμένα από τα φαινόμενα που έχουν σχέση με το φως και κυρίως το νόμο της ανάκλασης.

Ο Maxwell με την "ηλεκτρομαγνητική θεωρία του" πρότεινε ότι το φως είναι ηλεκτρομαγνητικά κύματα που ξεκινούν από φωτεινή πηγή και διαδίδονται με την ταχύτητα του φωτός.

3.2 Η διπλή φύση του φωτός

Το φως συμπεριφέρεται ως **κύμα** και ως **σωματίδιο** που ονομάζεται φωτόνιο. Άλλοτε εμφανίζεται με την μία μορφή, άλλοτε με την άλλη και άλλοτε ως κύμα και σωματίδιο μαζί. Δηλαδή το φως έχει διπλή φύση.



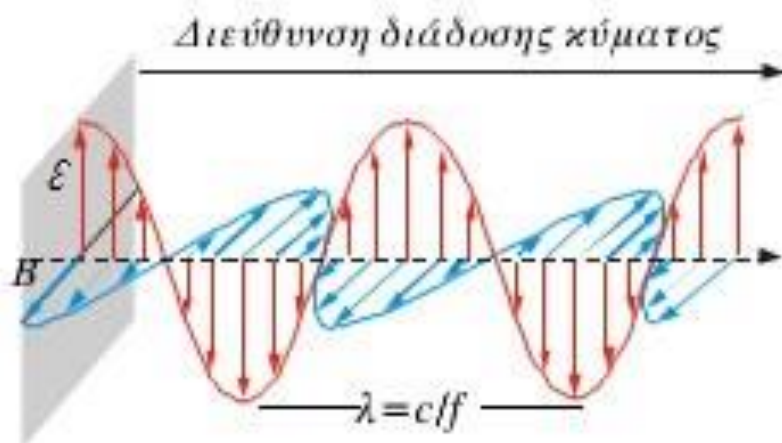
3.1 Η διπλή φύση του φωτός

3.2.1 Η κυματική φύση του φωτός

Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα είναι απλώς ταλαντούμενα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία, κάθετα μεταξύ τους και κάθετα ταυτοχρόνως, προς την κατεύθυνση διάδοσης της κυματικής διαταραχής. Είναι δηλαδή, εγκάρσια κύματα, τα οποία ξεκινούν από τη φωτεινή πηγή και διαδίδονται προς όλες τις κατευθύνσεις, μέσω των οποίων η ενέργεια μεταφέρεται παντού. Ο Maxwell είναι, αυτός που απέδειξε ότι το φως είναι εγκάρσια ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Η ταχύτητα διάδοσης του ηλεκτρομαγνητικού κύματος (c), η συχνότητα (f) και το μήκος κύματος (λ) συνδέονται με τη σχέση:

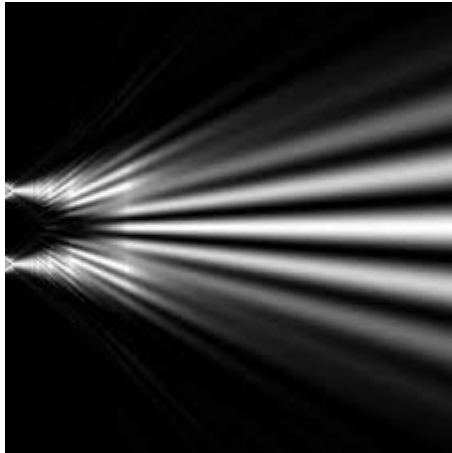
$$c = \lambda \cdot f$$



3.2 Το φως ως ηλεκτρομαγνητικό κύμα. Το κύμα αυτό αποτελείται από δύο εγκάρσια κύματα κάθετα μεταξύ τους, ένα ηλεκτρικό και ένα μαγνητικό.

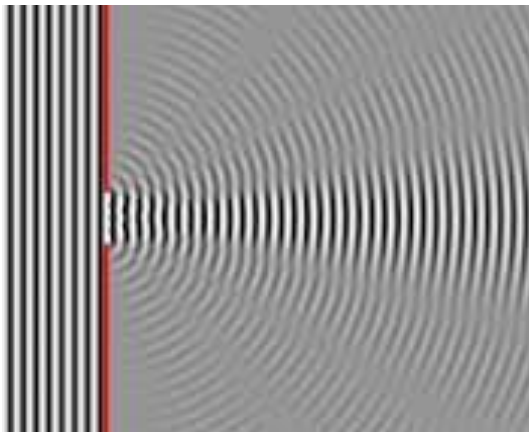
Η κυματική φύση του φωτός (ηλεκτρομαγνητικό κύμα) εκδηλώνεται, σε φαινόμενα όπως:

- η συμβολή, όπου είναι η ταυτόχρονη διάδοση δύο κυμάτων στην ίδια περιοχή του μέσου



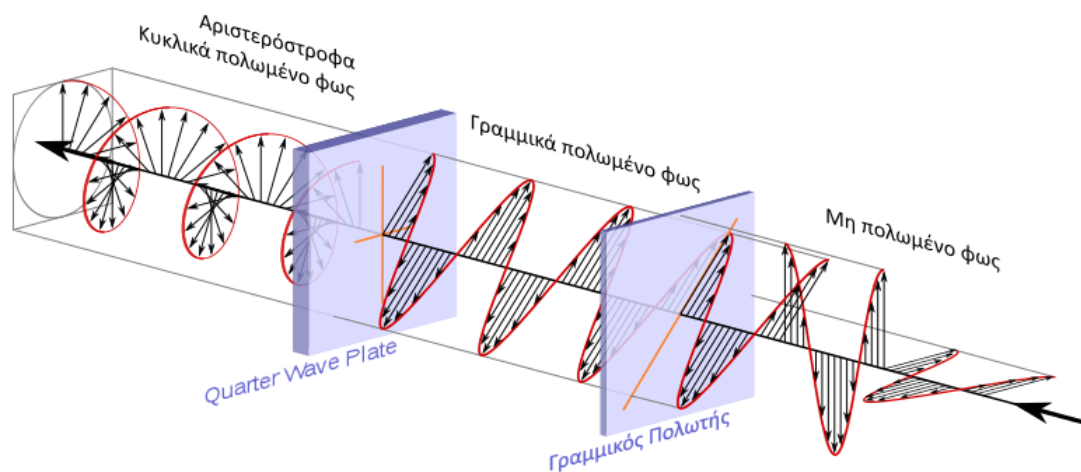
3.3 Συμβολή

- η περίθλαση όπου είναι φαινόμενο της διάδοσης των κυμάτων. Είναι μία από τις περιπτώσεις στις οποίες το φως εκτρέπεται από την ευθεία πορεία του. Η περίθλαση και η συμβολή του φωτός, απασχόλησαν τους φυσικούς C. Huygens (1629-1695) και T. Young (1773-1829). Αυτοί μέσα από πειραματικές διαδικασίες πάνω στα φαινόμενα αυτά, απέδειξαν ότι το φως έχει κυματική φύση και συγκεκριμένα ότι είναι εγκάρσια κύματα.



3.4 Περίθλαση

και η πόλωση. Το φως είναι γραμμικά πολωμένο, όταν το επίπεδο ταλάντωσης του ηλεκτρικού του πεδίου έχει έναν καθορισμένο προσανατολισμό στο χώρο και μία καθορισμένη διεύθυνση διάδοσης.

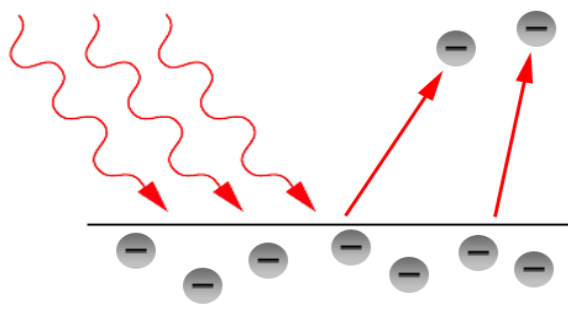


3.5 Πόλωση

3.2.2 Σωματιδιακή φύση του φωτός

Πρώτοι οι αρχαίοι Έλληνες είχαν αντιληφθεί και διατυπώσει αυτό που εμείς σήμερα ονομάζουμε «σωματιδιακή φύση» του φωτός. Πίστευαν δηλαδή ότι το φως που εκπέμπει ο Ήλιος, αλλά και κάθε φωτοβόλουσα πηγή, αποτελείται από μικρά σωματίδια τα οποία κινούνται με πολύ μεγάλη ταχύτητα και, όταν πέφτουν στο μάτι του παρατηρητή, διεγείρουν το αισθητήριο όργανο της όρασης. Το 1900 ο Planck, για να ερμηνεύσει την ακτινοβολία που παράγει ένα θερμαινόμενο σώμα, εισήγαγε τη θεωρία των κβάντα φωτός, την οποία εφάρμοσε αργότερα ο Einstein, για να ερμηνεύσει το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο. Σύμφωνα με την κβαντική θεωρία το φως (και γενικότερα κάθε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία) εκπέμπεται και απορροφάται από τα άτομα της ύλης όχι κατά συνεχή τρόπο αλλά ασυνεχώς. Δηλαδή κάθε άτομο εκπέμπει ή απορροφά στοιχειώδη ποσά ενέργειας, που ονομάζονται **κβάντα φωτός ή φωτόνια**. Από το άτομο λοιπόν δεν εκπέμπονται συνεχώς κύματα αλλά φωτόνια, καθένα από τα οποία χαρακτηρίζεται από συγκεκριμένη συχνότητα και έχει συγκεκριμένη ποσότητα ενέργειας E .

Σε φαινόμενα που σχετίζονται με την αλληλεπίδραση του φωτός με την ύλη (απορρόφηση - εκπομπή), όπως το φωτοηλεκτρικό φαινόμενο, εκδηλώνεται η **σωματιδιακή φύση** του φωτός. Το φαινόμενο αυτό ερμήνευσε ο Einstein χρησιμοποιώντας τη σωματιδιακή φύση του φωτός και τιμήθηκε με το Nobel Φυσικής (το 1921).

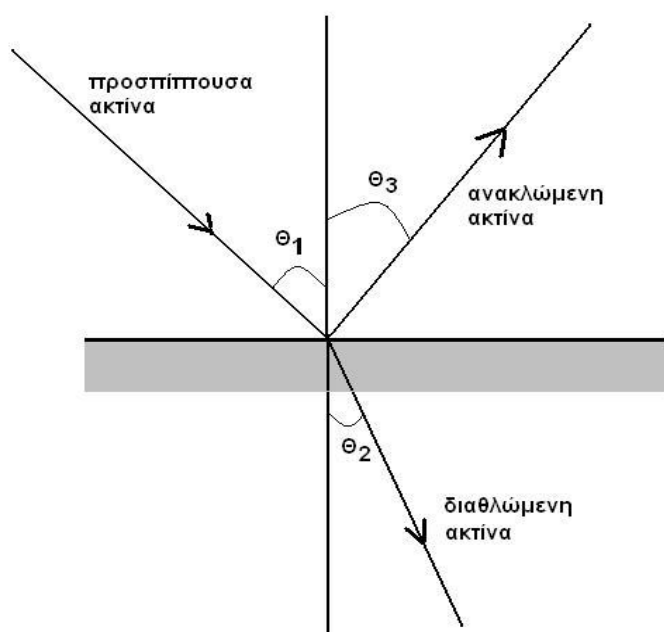


3.6 Φωτοηλεκτρικό φαινόμενο: Όταν πέφτει φως σε μια μεταλλική επιφάνεια, έχει την ικανότητα να εκδιώκει ηλεκτρόνια από την επιφάνεια του μετάλλου.

Ενώ τα φαινόμενα της ανάκλασης και της διάθλασης ερμηνεύονται και με τις δύο φύσεις του. Προϊόν πολλαπλής ανάκλασης είναι η σκέδαση.

Ανάκλαση: είναι το φαινόμενο, στο οποίο όταν το φως συναντήσει την επιφάνεια ενός σώματος θα αλλάξει διεύθυνση διάδοσης παραμένοντας μέσα στο ίδιο διαφανές υλικό

Διάθλαση: είναι το φαινόμενο, στο οποίο όταν το φως περνά από ένα διαφανές υλικό σε ένα άλλο διαφανές υλικό, στο οποίο διαδίδεται με διαφορετική ταχύτητα, η διεύθυνση διάδοσής του αλλάζει.



3.7 Ανάκλαση και διάθλαση του φωτός

- Σκέδαση του φωτός: έτσι ονομάζεται ο διασκορπισμός των φωτεινών ακτίνων που συμβαίνει όταν φωτεινές ακτίνες προσπέσουν σε μικροσκοπικά σωματίδια, έτσι ώστε να διαχέονται στο χώρο χωρίς να φαίνονται αυτές.



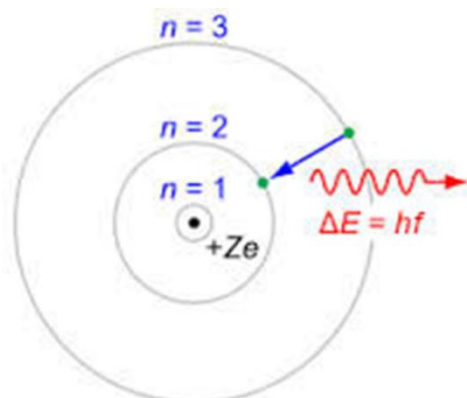
3.8 Σκέδαση του φωτός στην ατμόσφαιρα

Διαφοροποίηση φωτονίου από τα άλλα σωματίδια

Το φωτόνιο είναι το μοναδικό σωματίδιο που έχει μηδενική μάζα ηρεμίας. Λόγω όμως της συνεχούς του κινήσεως, αποκτά μάζα και καθορισμένη ενέργεια. Σε αυτή τη μάζα οφείλεται η

καμπύλωση του φωτός υπό την επίδραση της βαρύτητας. Η βαρύτητα επενεργεί δηλαδή σε ένα φωτόνιο, αλλά δεν μπορεί να το υποχρεώσει να κινηθεί ταχύτερα ή βραδύτερα.

Η ενέργεια των φωτονίων



3.9 Το φωτόνιο που εκπέμπεται κατά την αποδιέγερση του ατόμου από μια τροχιά υψηλότερης ενέργειας σε μια άλλη τροχιά χαμηλότερης ενέργειας

Η ενέργεια του κάθε φωτονίου υπολογίζεται από το γινόμενο της σταθεράς h με την συχνότητα f της συγκεκριμένης ακτινοβολίας. Όπου h η σταθερά του Πλανκ μία φυσική σταθερά που χρησιμοποιείται για να περιγράψει το μέγεθος των κβάντα. Η σταθερά αυτή είναι εξαιρετικά μικρή και η ενέργεια ενός φωτονίου είναι απειροελάχιστη.

$$E = f \cdot h$$

Όπου $h = 6,63 \cdot 10^{-34} Js$

Η ενέργεια του φωτονίου υπολογίζεται ακόμη, από το γινόμενο της ορμής P του φωτονίου και της ταχύτητας του φωτός c .

$$E = p \cdot c$$

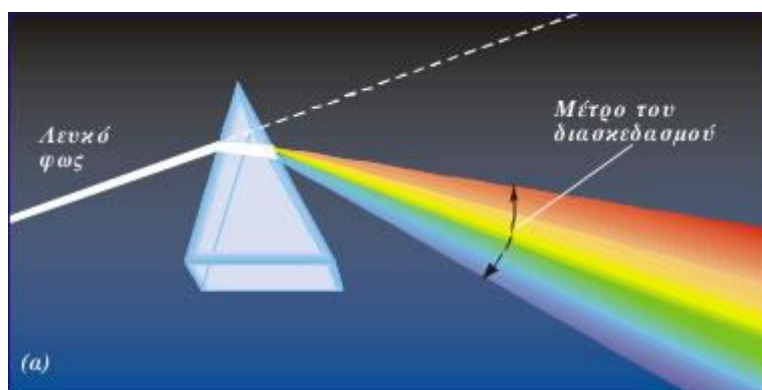
Για να πραγματοποιηθεί αυτή η εκπομπή πρέπει το άτομο να κάνει ένα κβαντικό άλμα, όταν ένα ηλεκτρόνιο μεταπηδήσει από μια επιτρεπόμενη τροχιά υψηλότερης ενέργειας σε μια άλλη επιτρεπόμενη τροχιά χαμηλότερης ενέργειας. Η θεωρία αυτή αποδείχτηκε από τον Niels Bohr στις αρχές του 20^{ου} αι. όπου ανέπτυξε το πρότυπο του ατόμου του υδρογόνου. Σύμφωνα με το πρότυπο αυτό, το ηλεκτρόνιο περιφέρεται σε επιτρεπόμενες τροχιές που καθορίζονται από το ότι η στροφορμή του είναι κβαντισμένη, δηλαδή παίρνει συγκεκριμένες τιμές και μάλιστα ακέραιο πολλαπλάσιο της σταθεράς του h . Σε κάθε τροχιά αντιστοιχεί καθορισμένη ενέργεια και έτσι σε κάθε κβαντικό άλμα εκπέμπεται φωτόνιο ενέργειας $E = E_{αρχ} - E_{τελ}$, ίσης με την ενεργειακή διαφορά μεταξύ της αρχικής και τελικής κατάστασης (βλ. ανωτέρω σχήμα)

Επίλογος

Η ερμηνεία της δυαδικότητας του φωτός έδωσε στον άνθρωπο την ευκαιρία να κατανοήσει διάφορα φυσικά φαινόμενα που εμφανίζονται στην καθημερινότητά του και τη δημιουργία νέων τεχνολογικών επιτευγμάτων βασιζόμενοι στην ιδιαιτερότητα αυτή. Γι' αυτό η ερμηνεία της «φύσης» του φωτός ωφέλησε ιδιαίτερα τον άνθρωπο.

3.3. Ο θαυμαστός κόσμος των χρωμάτων του ηλιακού φωτός

Το λευκό φως του ήλιου αποτελείται από συγκριμένα γνωστά χρώματα. Αυτά μπορούμε να τα δούμε όταν μια δέσμη φωτός προσπέσει σε ένα πρίσμα. Τότε αυτό αναλύεται σε μια πολύχρωμη ταινία με τα γνωστά χρώματα που φαίνονται στον παρακάτω πίνακα η οποία ονομάζεται **φάσμα του λευκού φωτός**. Το φαινόμενο οφείλεται στην διάθλαση. Κάθε οπτική ακτίνα εκτρέπεται όταν περάσει από ένα οπτικό μέσο στο άλλο (διάθλαση) και το πόσο εκτρέπεται εξαρτάται από το μέσο άλλα και από το χρώμα της οπτικής ακτίνας (διασκεδασμός). Συνοψίζοντας: Το γυάλινο πρίσμα αναλύει το λευκό φως στα χρώματα που το αποτελούν. Ανάλογα με το χρώμα τους οι φωτεινές ακτίνες διαθλώνται διαφορετικά. Με την διάθλαση το ερυθρό εκτρέπεται λιγότερο από όλα τα χρώματα, ενώ το ιώδες περισσότερο. Ανάμεσα στα δυο αυτά άκρα εκτείνονται το πορτοκαλί, το κίτρινο, το πράσινο και το κυανό και συναποτελούν το φάσμα του λευκού φωτός



3.10α: Διάθλαση και ανάλυση του λευκού φωτός κατά τη διέλευσή του από πρίσμα

Τα χρώματα του ηλιακού φωτός	
Χρώμα	δείκτης διάθλασης
Ιώδες	1,532
Μπλε	1,528
Πράσινο	1,519
Κίτρινο	1,517
Πορτοκαλί	1,514
Κόκκινο	1,513

3.10β: Δείκτης διάθλασης για κάθε χρώμα στο οποίο αναλύεται το λευκό φως.

Αναλυτικότερα το φως εμφανίζει τα εξής χαρακτηριστικά σε σχέση με τη διάδοσή του στα οπτικά μέσα:

- Κάθε μονοχρωματική ακτίνα φωτός, όταν διαδίδεται σε ένα συγκεκριμένο οπτικό μέσο, χαρακτηρίζεται από ένα μοναδικό μήκος κύματος, που είναι η ταυτότητα του χρώματος για το μέσο αυτό.
- Ο δείκτης διάθλασης του οπτικού μέσου έχει διαφορετική τιμή για κάθε χρώμα (βλ. πίνακα 3.8β).
- Η γωνία εκτροπής κάθε χρώματος, όταν αυτό διέρχεται από οπτικό μέσο, εξαρτάται από το μήκος κύματος του χρώματος και όσο μεγαλύτερο είναι το μήκος κύματος τόσο μικρότερη είναι η γωνία εκτροπής.

Όπως αναφέρει και ο Γ. Γραμματικάκης :

« Τα χρώματα είναι η μεγαλύτερη <<χάρη>> του φωτός ,επιδέξια κρυμμένη μέσα στην λευκή του φύση. Τα χρώματα είναι η αντίληψη ,δηλαδή, το δημιούργημα του ματιού και του μυαλού .Πηγή των χρωμάτων είναι λοιπόν αποκλειστικά και μόνο το φώς αλληλεπίδραση του με την υλη είναι το πρώτο φίλτρα που καθορίζει ποιες χρωματικές συνιστώσες θα υπερσχύσουν και ποιες θα εξουδετερωθούν»

Το ηλιακό φως στην ατμόσφαιρα της γης



3.11 Σκέδαση του ηλιακού φωτός

Καθώς το ηλιακό φως ταξιδεύει προς την Γη, ανακλάται στα μόρια αέριων και στην σκόνη της ατμόσφαιρας (*σκέδαση*). Η φύση όμως της ατμόσφαιρας είναι τέτοια που κατά προτίμηση ανακλά το μπλε χρώμα ,την μπλε δηλαδή συνιστώσα των ηλιακών φωτός. Η ανάκλαση επίσης του ηλιακού φωτός δίνει το χαρακτηριστικό μπλε χρώμα στην θάλασσα . Κοντά όμως στην παραλία η λεπτή άμμος που αιωρείται στο νερό διαχέει τις φωτεινές ακτίνες που έχουν μήκη κύματος μεγαλύτερα με αποτέλεσμα το ανοιχτό πράσινο χρώμα του θαλασσινού νερού

Το φως της Σελήνης

Η σελήνη φωτίζεται από τον ήλιο και ανακλά το φως στον πλανήτη μας . Η φωτισμένη επιφάνεια της αλλάζει διαρκώς οπότε έχουμε τις φάσεις της σελήνης. Στην σελήνη το τοπίο είναι εκτυφλωτικά φωτισμένο . Με έναν ουρανό αρκετά σκοτεινό και τα βουνά να υψώνονται στην κάθε πλευρά το αφού το φως έρχεται κατευθείαν από τον ήλιο.



3.12 α: Η Σελήνη φωτίζεται από τον ήλιο

β: Έκλειψη της σελήνης

Επίλογος

Κλεινουμε την παράγραφο παραθέτοντας ένα ποίημα του *Νίκου Χατζηκυριάκου-Γκίκα* για τα χρώματα:

Το **γαλάζιο** : ήρεμο , γλυκό και αγγελικό

Το **πράσινο** : αβρό και πικρό

Το **κόκκινο** : ώριμο , ζεστό και βίαιο

Το **κίτρινο** : γυαλιστερό και άγουρο

Το **μενεξεδί** : διάφανο , στοχαστικό και μακρινό

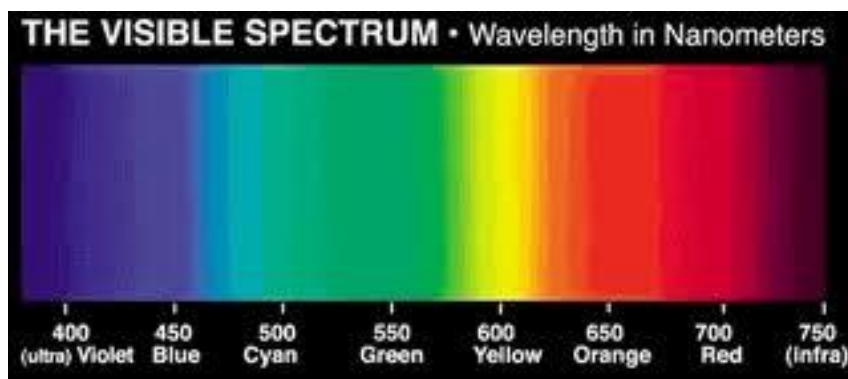
3.4 Το Ουράνιο τόξο

Το ουράνιο τόξο είναι ένα πολύχρωμο οπτικό και μετεωρολογικό φαινόμενο, κατά το οποίο εμφανίζεται το φάσμα των χρωμάτων που συνθέτουν το ορατό φως στον ουρανό. Το φαινόμενο εμφανίζεται όταν οι ακτίνες του ήλιου πέφτουν πάνω σε σταγονίδια βροχής στην ατμόσφαιρα της Γης και αποτελεί ένα παράδειγμα διάθλασης, μετά από ανάκλαση. Το κάθε χρώμα (δηλαδή κάθε μήκος κύματος) διαθλάται υπό διαφορετική γωνία μέσα στα σταγονίδια (που δρουν σαν μικρά πρίσματα), παθαίνει διαφορετική εκτροπή κι έτσι το ορατό λευκό φως αναλύεται στα διάφορα χρώματα που το συνθέτουν, δηλαδή στο φάσμα του. Έτσι εμφανίζεται το φάσμα του ηλιακού φωτός ως ένα πολύχρωμο τόξο, με το κόκκινο χρώμα να κυριαρχεί στην εξωτερική του πλευρά, και το βιολετί στην εσωτερική. Η διαφορετικότητα της γωνίας του κάθε μήκους κύματος (χρώματος) και του σχήματος των σταγονιδίων εξηγεί και το τοξοειδές σχήμα του φαινομένου και όχι κάποιο άλλο. Για να γίνει αντιληπτό το ουράνιο τόξο από παρατηρητή θα πρέπει να έχει στραμμένα τα νώτα του στον Ήλιο Αν και τα ουράνια τόξα εμφανίζουν μια

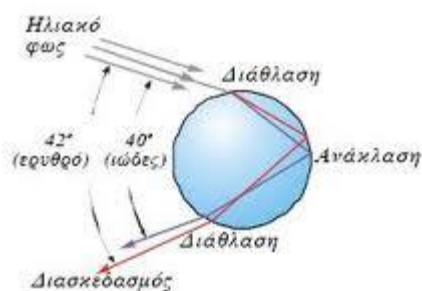
ευρεία γκάμα χρωμάτων, τα πιο ευδιάκριτα είναι το κόκκινο, το κίτρινο, το μπλε, δηλαδή τα βασικά χρώματα και το ιώδες, το πράσινο, το βιολετί και το πορτοκαλί. Ας σημειωθεί όμως ότι το ουράνιο τόξο στην πραγματικότητα είναι συνεχές φάσμα και εμφανίζονται και όλες οι ενδιάμεσες αποχρώσεις των παραπάνω χρωμάτων.



3.13 Σχηματισμός ουρανίου τόξου σε καταρράκτη



3.14 Το συνεχές φάσμα του ηλιακού φωτός



3.15: Πώς διαθλάται το ηλιακό φως στη σταγόνα της βροχής. Κάθε μήκος κύματος (διαφορετικό χρώμα) διαθλάται (εκτρέπεται) διαφορετικά. Έτσι από τα χρώματα του ηλιακού φωτός εκτρέπεται περισσότερο το ιώδες και λιγότερο το ερυθρό. Το αποτέλεσμα αυτού είναι να αναλύεται το ηλιακό φως στα χρώματά του από το πρίσμα ή από τις σταγόνες της βροχής, οπότε σχηματίζεται το ουράνιο τόξο

Ιστορική Αναδρομή

Στα 578 π.χ., ο Αναξίμανδρος, Έλληνας φιλόσοφος, παρατήρησε τη σχέση μεταξύ του Ουράνιου Τόξου και του Ήλιου. Αντί να αποδώσει το Τόξο σε ουράνιες δυνάμεις, πρότεινε ότι τα σύννεφα αλλάζουν την πορεία του ηλιακού φωτός και παράγουν το Τόξο των χρωμάτων. Πρώτος ο Αριστοτέλης συνέλαβε την ιδέα ότι το ουράνιο τόξο δεν είναι υλικό αντικείμενο που κρέμεται από τον ουρανό, αλλά ένα φυσικό φαινόμενο. Χρησιμοποίησε προσεκτικά την τότε γεωμετρία, αλλά λάθος νόμους ανάκλασης, για να εξάγει το κυκλικό σχήμα του Τόξου. Σταδιακά, οι ενασχολούμενοι με αυτό λόγιοι και φιλόσοφοι άρχισαν να συνειδητοποιούν ότι τόσο το φαινόμενο της ανάκλασης όσο και εκείνο της διάθλασης είχαν κάποιας μορφής σχέση με το φαινόμενο του Ουράνιου Τόξου. Την πρώτη ικανοποιητική εξήγηση έδωσε ο Καρτέσιος κατά τον 18ο αιώνα. Σύμφωνα με την θεωρία του το ουράνιο τόξο παράγεται από τις ακτίνες που πέφτουν πάνω στα σταγονίδια και που ανακλούνται στην εσωτερική τους επιφάνεια τουλάχιστον μια φορά.

3.5 Σέλας

Το **Σέλας** (γεν. του Σέλαος, πληθ. τα Σέλα, ή Σέλαα (επικρατέστερα), σε αναφορά σειράς παρατηρήσεων αμφοτέρων των πόλων, (κατ' αντιστοιχία του αγγλικού όρου στον πληθυντικό), είναι το φωτεινό ουράνιο φαινόμενο που συμβαίνει στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας και που παρατηρείται ιδίως στις πολικές περιοχές (εξ ου και Πολικό Σέλας), τόσο στο Βόρειο ημισφαίριο όσο και στο Νότιο αποκαλούμενο ανάλογα "Βόρειο Σέλας" και "Νότιο Σέλας".

3.5.1 Επικρατέστερη θεωρία



3.16: Βόρειο Σέλας

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. Όσο νοτιότερα κινούμαστε από αυτή τη ζώνη, τόσο σπανιότερη γίνεται η εμφάνιση του φαινομένου.

Το σέλας παρατηρείται συχνότερα κατά μήκος ζώνης της οποίας το κέντρο απέχει από τους πόλους περίπου 10 μοίρες, ενώ ακριβώς πάνω από τους πόλους εμφανίζεται πολύ αραιότερα.

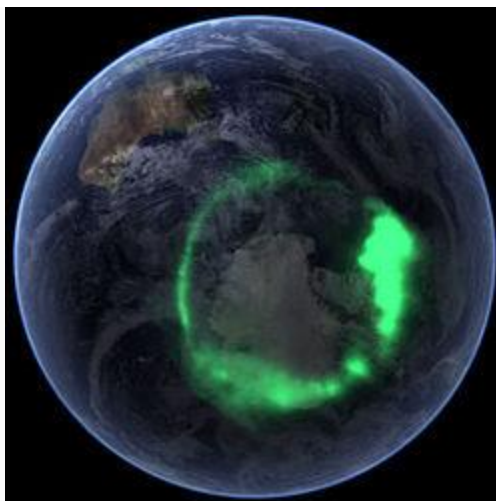
Επικρατέστερο χρώμα του Σέλαος είναι γενικά το λευκό. Όταν όμως παρατηρείται χρωματισμένο τότε το κόκκινο επικρατεί στο χαμηλότερο άκρο των ακτίνων που πέφτουν κάθετα, το πράσινο (με μήκος κύματος 5677Å), στο ανώτερο και μεταξύ αυτών το κίτρινο που γρήγορα εξαφανίζεται. Από τη φασματοσκοπική ανάλυση του φωτός των Σελάων παρατηρήθηκαν εντός του φάσματος αυτών 150 γραμμές από τις οποίες η φωτεινότερη και σταθερότερη ανήκει στο στοιχείο κρυπτόν ως και στο Οξυγόνο και στο Άζωτο.

Μέχρι την 10ετία του '50 υπήρχαν μόνο θεωρίες περί της αιτίας της δημιουργίας του όχι όμως και μακριά από την πραγματικότητα. Επικρατέστερη θεωρία ήταν εκείνη του Αρένιους όπου το Σέλας προέρχεται από ακτινοβολούμενο από τον Ήλιο κονιορτό από σώματα αρνητικά ηλεκτρισμένα τα οποία κατά την είσοδό τους στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας προκαλούν φωτεινά φαινόμενα ανάλογα με εκείνα που παρατηρούνται στους σωλήνες "Κρούκς".

3.5.2 Σύγχρονη θεωρία

Με την εξέλιξη όμως των επιστημών και των μέσων έρευνας η δεσπόζουσα θεωρία που αποδείχθηκε και πειραματικά είναι ότι γενεσιουργός αιτία καθίσταται ο βομβαρδισμός των υψηλών ατμοσφαιρικών στρωμάτων από ηλεκτρόνια που προέρχονται από ρεύματα φορτισμένων σωματίων από τον Ήλιο (παλαιότερα ηλιακός κονιορτός). Αυτά τα ρεύματα που καλούνται σήμερα **ηλιακός άνεμος ή μαγνητική καταιγίδα** είναι ανάλογα ισχυρά με τη δραστηριότητα του Ήλιου. Τα δε φορτισμένα αυτά σωματίδια (που αποτελούνται κυρίως από πυρήνες Υδρογόνου και ηλεκτρόνια) εκτρέπονται από το μαγνητικό πεδίο της Γης έτσι ώστε τα μεν ηλεκτρόνια να εγκλωβίζονται γύρω από τους μαγνητικούς πόλους, οι δε πυρήνες του Υδρογόνου να διεισδύουν μέσα στην ατμόσφαιρα, κοντά στους μαγνητικούς πόλους, φθάνοντας ακόμη και μέχρι το έδαφος αν και εφόσον έχουν αρκετή ενέργεια από τον Ήλιο. Ταυτόχρονα όμως τα ηλεκτρόνια που διεισδύουν στα υψηλά στρώματα διεγείρουν τα άτομα του Οξυγόνου και του Αζώτου που υπάρχουν σ' εκείνα τα ύψη. Η διεγερση αυτή γίνεται με την μετατόπιση των ηλεκτρονίων αυτών των ατόμων που όμως όταν επανέλθουν στην αρχική τους κατάσταση εκπέμπουν πλέον φως που είναι χαρακτηριστικό σε κάθε αέριο και που βρέθηκε έτσι ότι το φαινόμενο αυτό εμφανίζεται κυρίως σε ύψος από 100 χλμ. από το έδαφος μέχρι μερικές εκατοντάδες χιλιομέτρων υπεράνω αυτού με αποτέλεσμα το θέαμα του φαινομένου να γίνεται πιο φαντασμαγορικό.

3.5.3 Σύγχρονα πειράματα και παρατηρήσεις



3.17: Νότιο Σέλας (11 Σεπτεμβρίου 2005) όπως φωτογραφήθηκε από δορυφόρο της NASA

Στα σύγχρονα πειράματα εκτός εκείνου του καθηγητή Storer του Πανεπιστημίου του Όσλο που κατασκεύασε ειδική συσκευή για την απόδειξη της επικρατέστερης θεωρίας, το 1958 τότε που ακόμα δεν είχαν απαγορευθεί οι πυρηνικές δοκιμές, σχεδιάστηκε ένα πείραμα ακριβώς με χρήση τριών πυρηνικών εκρήξεων. Συγκεκριμένα το έτος εκείνο εκτοξεύθηκαν σε ύψος 500 χλμ. τρεις μικρές ατομικές βόμβες στο Νότιο Ατλαντικό ωκεανό στα γεωγραφικά πλάτη (νότια) 38° και 50°. Αμέσως μετά τις εκρήξεις και σε χρόνο μόλις ενός πρώτου λεπτού της ώρας εμφανίσθηκε στο βόρειο ημισφαίριο, σε προκαθορισμένα γεωγραφικά πλάτη, άλλο Σέλας, που σήμαινε πως τα ηλεκτρόνια της έκρηξης, μετά από ένα ταχύτατο ταξίδι σε ύψος 4000 χλμ πάνω από την επιφάνεια της Γης, ξαναγύρισαν και δημιούργησαν τεχνητό Σέλας σε απόσταση πολλών χιλιάδων χιλιομέτρων από το σημείο της έκρηξης. Μάλιστα δε υπολογίσθηκε πως για αρκετές ώρες τα "τεχνητά" αυτά ηλεκτρόνια ταξίδευαν μέσα στο μαγνητικό πεδίο της Γης από τον Βόρειο στο Νότιο Πόλο και από τον Νότιο στον Βόρειο εκατομμύρια φορές. Το πείραμα αυτό εξ όσων έχουν δημοσιευθεί έχει επαναληφθεί με θαυματικότερα αποτελέσματα το 1962.

Για το 2013, το τμήμα φυσικής του πανεπιστημίου του Όσλο οργάνωσε το STAR project, μια ομάδα από 50 δορυφόρους σε μέγεθος συσκευασίας γάλακτος του ενός λίτρου. Οι δορυφόροι θα κινούνται σε διαφορετικά ύψη μεταξύ των 160 και 320 χιλιομέτρων, μέσα στην ιονόσφαιρα, μαζεύοντας στοιχεία και ύστερα από 3 με 8 εβδομάδες θα πέσουν στη Γη. Ο σκοπός της αποστολής είναι η μελέτη του σέλας και των μαγνητικών καταιγίδων όταν ο Ήλιος φτάσει στη μέγιστη δραστηριότητα στον 11ετή κύκλο του το 2013.

Προϋποθέσεις για την εμφάνιση του Βόρειου Σέλαος

- Την κατάλληλη τοποθεσία (οπουδήποτε μέσα ή κοντά στη ζώνη του βορείου σέλαος)
- Τις κατάλληλες περιόδους του χρόνου (Οκτώβριο, Φεβρουάριο ή Μάρτιο)
- Την κατάλληλη φάση της σελήνης (όταν παρατηρείται νέα σελήνη όπου το φεγγάρι δεν φαίνεται καθόλου)

3.5.4 Λαογραφία

Στη λαογραφία των βορείων λαών το Σέλας ήταν επόμενο να έχει συνδεθεί με υπερβατικές ερμηνείες.

Στις 27 Σεπτεμβρίου 1732 ο Anders Celsius σημείωσε στο ημερολόγιό του πως το Βόρειο Σέλας ήταν τεράστια φωτιά που κατά τις πεποιθήσεις της εποχής προερχόταν από ηφαίστεια που υπάρχουν στον Β. Πόλο, από τον Θεό, για να ζεσταίνονται οι άνθρωποι.

- Οι Σουηδοί πίστευαν πως ήταν αντανάκλασεις από τις δάδες που κρατούσαν οι Λάπωνες ψάχνοντας τους Ταράνδους τους.
- Οι Φινλανδοί ότι ήταν Άγγελοι Κυρίου που κυνηγούσαν τους δαίμονες.
- Οι Λάπωνες έκρυβαν γυναίκες και παιδιά, σταμάταγαν τα έλκηθρα και μάζευαν τα κουδούνια για να μη γίνουν αντιληπτοί από το Σέλας και τους πάρει.
- Στη δυτική ακτή της Νορβηγίας οι κάτοικοι πίστευαν μέχρι τις αρχές του προηγούμενου αιώνα πως το Βόρειο Σέλας είναι γριές ανύπαντρες γυναίκες στον ουρανό που χορεύουν κουνώντας τα λευκά μαντήλια τους. Πίστευαν δε πως το Σέλας ερχόταν για να πάρει τις ανύπαντρες γυναίκες που είχαν ήδη γεράσει! -"Αυτή είναι τόσο γριά που θα 'ρθει να τη πάρει το Σέλας", έλεγαν.
- Αρχαιότερα πίστευαν πως το Βόρειο Σέλας ήταν η αντανάκλαση των ασπίδων που κρατούσαν οι Βαλκυρίες, που ήταν νεκρές παρθένες στον ουρανό. Με αυτό τον θρύλο φαίνεται να συνδέεται και η σκοτσέζικη έκφραση "Merry Dancers" (χαρούμενοι χορευτές), με ερωτικές όμως προεκτάσεις.
- Οι Εσκιμώοι πίστευαν πως είναι οι ψυχές των νεκρών που αναζητούν τους δικούς τους. Έτσι κατά τη διάρκεια του φαινομένου ούτε μιλούσαν ούτε σφύριζαν φοβούμενοι μη κατέβει το Σέλας χαμηλά και τους αρπάξει αναγνωρίζοντάς τους από τη φωνή.
- Αλλά και οι Ινδιάνοι της Αμερικής (Καναδά) πίστευαν πως το Βόρειο Σέλας ήταν οι τεράστιες φωτιές που άναβαν τα ουράνια δαιμόνια όταν μαγείρευαν φάλαινες για να φάνε! Άλλοι ινδιάνοι (οι Φοξ) πίστευαν ότι πρόκειται για μεγάλη συνάθροιση πολεμιστών, κοντά στο Βόρειο Πόλο, όπου έβραζαν τους εχθρούς τους σε μεγάλα καζάνια.
- Τέλος οι Μαορί της Νέας Ζηλανδίας πίστευαν πως οι παλιοί πρόγονοί τους έφθασαν στο Νότιο Πόλο και παγιδεύτηκαν εκεί και τώρα ανάβουν μεγάλες φωτιές για να συνεννοηθούν με τους σημερινούς απογόνους τους για να πάνε να τους ελευθερώσουν.

Στο σημείο αυτό θα πρέπει ν' αναφερθεί η άγρια εκμετάλλευση του φαινομένου, πιθανώς και ασύγγνωστα, κατά τον Μεσαίωνα από την εκκλησιαστική τότε εξουσία ως προμήνυμα μεγάλου κακού σκορπώντας τον φόβο στους πιστούς, που δεν συμμορφώνονταν, αποδεχόμενη τεράστιες περιουσίες. Πολλές γκραβούρες της εποχής παρουσιάζουν το Σέλας ως θηρίο της κόλασης με στόχο την καταστροφή.

3.6 Επίλογος

Η άποψη του Γ. Γραμματικάκη για το φως

"... Η φαινομενική σύγχυση που προκαλεί ο δυϊσμός σωματιδίου - κύματος υποκρύπτει ίσως κάποια τάξη. Ο Bohr προσπάθησε να αναδείξει την τάξη αυτή με την έννοια της "συμπληρωματικότητας". Σύμφωνα με αυτήν, η δυϊκή φύση σωματιδίου - κύματος συνιστά μία ολότητα που έχει ιδιότητες συμπληρωματικές. Ανάλογα με το φαινόμενο εκδηλώνεται η ιδιότητα του σωματιδίου ή η ιδιότητα του κύματος. Όπως και σ' ένα νόμισμα, που μπορεί να δείξει κορώνα ή γράμματα, αλλά ποτέ και τα δύο μαζί. Έτσι στο φως οι κυματικές και σωματιδιακές ιδιότητες συμπληρώνουν η μία την άλλη ή αλληλοαποκλείονται. Και οι δύο ωστόσο είναι απαραίτητες για την κατανόησή του. Όπως γράφει ο J. Jeans: η κυματική και σωματιδιακή εικόνα δε δείχνουν δύο διαφορετικά πράγματα, αλλά δύο πλευρές του ίδιου πράγματος. Είναι, απλώς δύο επιμέρους εικόνες, κατάλληλες για διαφορετικά σύνολα περιστάσεων και γι' αυτό συμπληρωματικές, αλλά όχι προσθετικές. Όταν το φως δείχνει σωματιδιακές ιδιότητες, οι κυματικές του ιδιότητες εξαφανίζονται και αντίστροφα."

Από την «Αυτοβιογραφία του φωτός» του Γιώργου Γραμματικάκη

Βιβλιογραφία-πηγές

Γ. Γραμματικάκης, «*Η αυτοβιογραφία του φωτός*», Πανεπιστημιακές εκδόσεις Κρήτης, 2005

Π. Γεωργάκος κ.α. , *Φυσική γενικής παιδείας Γ' λυκείου* (βιβλίο μαθητή) ΟΕΔΒ, 2010

Ν. Αντωνίου κ.α., *Φυσική Γ' γυμνασίου* (βιβλίο μαθητή), ΟΕΔΒ, 2010

http://gate.iesl.forth.gr/~kafesaki/Modern-Physics/lectures/modern_physics2.html#d

<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A6%CF%89%CF%84%CF%8C%CE%BD%CE%B9%CE%BF>

http://ophioussa.blogspot.gr/2012/11/blog-post_5.html

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

<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%BA%CE%AD%CE%B4%CE%B1%CF%83%CE%B7>

http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%B9%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CE%B2%CE%AC%CF%81%CE%BF%CF%82_%CE%BF%CF%8D%CF%81%CF%89%CE%BD

<http://terceirosenergia.wordpress.com/2011/02/23/apresentando-as-ondas-eletromagneticas/>

https://encrypted-tbn1.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcRPYvro8_RfS_YBepH8GNavYXpMe8Xks4HV0QcSaL1zjeN01RxF

<http://tinanantsou.blogspot.gr/2011/06/10.html>

<http://rudar.ruc.dk/bitstream/1800/10915/1/PROJEKTRAPPORT.pdf>

<http://el.wikipedia.org>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4



ΕΝΕΡΓΕΙΑ

ΣΚΟΥΡΑ ΕΙΡΗΝΗ

ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΗ ΔΗΜΗΤΡΑ

ΣΙΓΑΝΟΥ ΑΘΑΝΑΣΙΑ

ΠΑΠΑΝΔΡΕΟΥ ΛΕΜΟΝΙΑ

ΚΥΡΙΑΚΟΠΟΥΛΟΥ ΝΙΚΟΛΙΤΣΑ

4.1 Τι είναι η ενέργεια;

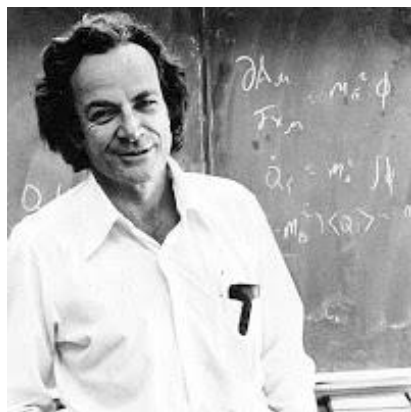
Η λέξη ενέργεια έχει τη ρίζα της στην πρόθεση εν και στο ουσιαστικό έργο (εν + έργο). Το λεξικό Liddell & Scott αναφέρει στο λήμα **ενέργεια** ότι όπως και η ενδελέχεια σημαίνουν την απόλυτη ύπαρξη κάποιου πράγματος, με τη διαφορά ότι η ενδελέχεια είναι η ολοκληρωμένη απόλυτη κατάσταση συνεπεία της ενέργειας. Εμείς τη χρησιμοποιούμε για να πάρουμε αυτό το έργο. Η ενέργεια δεν είναι ορατή, ούτε απτή, δεν έχει μάζα, ούτε καταλαμβάνει χώρο αλλά την αντιλαμβανόμαστε από το έργο που παράγεται. Τις περισσότερες φορές όμως δεν γίνεται άμεσα αντιληπτή. Άρα ενέργεια υπάρχει παντού. Είναι μάλλον δύσκολο να δώσουμε έναν ορισμό που να την περιγράφει ακριβώς. Από τις προσπάθειες που έχουν γίνει για να οριστεί η ενέργεια προέκυψαν διάφοροι ορισμοί:

Maxwell: *ενέργεια είναι η φυσική οντότητα που μπορεί να αλλάζει από μια μορφή σε μια άλλη ή ενέργεια είναι το αίτιο που προκαλεί την κίνηση όλων των πραγμάτων*

Feynman: *Υπάρχει ένα γεγονός ή αν θέλετε ένας νόμος που διέπει όλα τα φυσικά φαινόμενα τα οποία είναι γνωστά μέχρι σήμερα. Δεν υπάρχει καμία γνωστή εξαίρεση σ' αυτόν τον νόμο και είναι ακριβής όσο γνωρίζουμε μέχρι τώρα. Ο νόμος αυτός ονομάζεται **διατήρηση της ενέργειας** και αναφέρει ότι υπάρχει μια ορισμένη ποσότητα, την οποία καλούμε ενέργεια και η οποία διατηρείται στις πολύπλοκες αλλαγές που γίνονται στη φύση. **Είναι σπουδαίο να αντιληφθούμε ότι στη Φυσική σήμερα δεν έχουμε γνώση του τι είναι ενέργεια.** Η ενέργεια είναι κάτι το αφηρημένο, επειδή δε μας λέει το μηχανισμό, ή τις αιτίες για τους διάφορους τύπους που αντιστοιχούν στις διαφορετικές μορφές τις οποίες μπορεί να πάρει.”*



4.1 James Clerk Maxwell



4.2 Richard Feynman

Μονάδα μέτρησης της ενέργειας στο Διεθνές Σύστημα Μονάδων (S.I.) είναι το 1 Joule

Μορφές ενέργειας

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η ενέργεια **διατηρείται και αλλάζει μορφές**. Παρακάτω δίνονται μερικές μορφές ενέργειας.

- Μηχανική ενέργεια (δυναμική + κινητική)
- Ηλεκτρομαγνητική (ηλεκτρική + φωτεινή)
- Πυρηνική
- Θερμική
- Χημική



4.3 μορφές ενέργειας

Περιγράφουμε ενδεικτικά τις παρακάτω μορφές ενέργειας

Πυρηνική ενέργεια ή ατομική ενέργεια: ονομάζεται η ενέργεια που απελευθερώνεται όταν μετασχηματίζονται ατομικοί πυρήνες. Είναι δηλαδή η δυναμική ενέργεια που είναι εγκλεισμένη στους πυρήνες των ατόμων λόγω της αλληλεπίδρασης των σωματιδίων που τα συνιστούν. Η πυρηνική ενέργεια απελευθερώνεται κατά τη σχάση ή σύντηξη των πυρήνων και εφόσον οι πυρηνικές αντιδράσεις είναι ελεγχόμενες (όπως συμβαίνει στην καρδιά ενός πυρηνικού αντιδραστήρα) μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να καλύψει ενεργειακές ανάγκες.

Χημική ενέργεια: χαρακτηρίζεται το σύνολο της δυναμικής ενέργειας που απαιτήθηκε για τη συγκρότηση μορίων χημικών ουσιών από διάφορα άτομα, κάτω από την αλληλεπίδραση ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων ή που αποθηκεύεται σε χημικές ενώσεις.

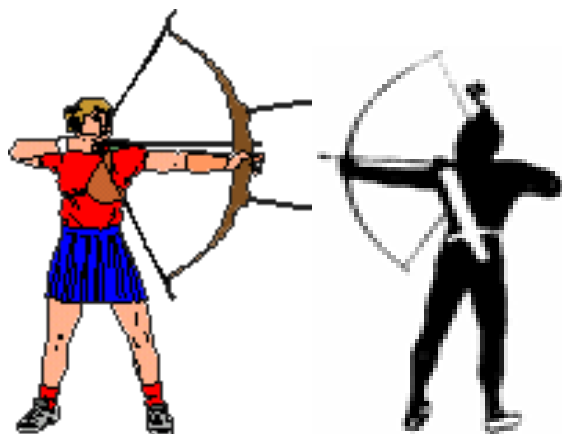
4.2 Δυναμική ενέργεια

Ως **δυναμική ενέργεια** ορίζεται η ενέργεια που κατέχει ένα σώμα, ή σύστημα, λόγω της θέσεως (σε σχέση με κάποια άλλη), ή της κατάστασής του. Είναι δηλαδή η δυνατότητα ενός σώματος, ή συστήματος να παράγει έργο επειδή βρίσκεται μέσα σε κάποιο πεδίο δυνάμεων.

Η ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ είναι έννοια δημιουργημένη για να περιγράψει την ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ μεταξύ δύο σωμάτων τόσο στον Μακρόκοσμο όσο και στον Μικρόκοσμο της ύλης.

Είναι δυνατόν ένα σύστημα να έχει δυναμική ενέργεια, είτε υπάρχει είτε δεν υπάρχει κίνηση. Η δυναμική ενέργεια μεταβάλλεται, εφόσον εκτελείται έργο ειδικά από τις διατηρητικές δυνάμεις που εκφράζουν την αλληλεπίδραση. Η δυναμική ενέργεια ενός συστήματος υπάρχει-εξ ορισμού-, εφόσον ανάμεσα στα μέρη που το αποτελούν υφίσταται αλληλεπίδραση. Οι μεταβολές της σχετίζονται με το έργο $W_{ολ}$ των δυνάμεων που περιγράφουν την αλληλεπίδραση σύμφωνα με την εξίσωση:

$$\Delta U_{ολ} = -W_{ολ}$$



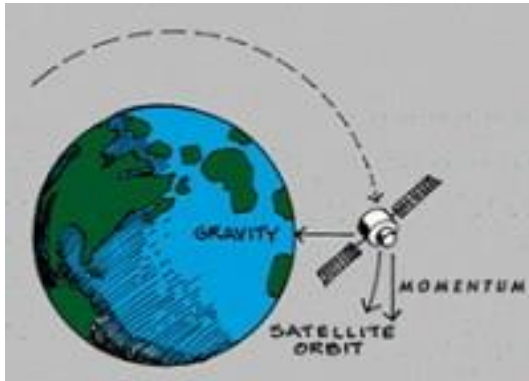
4.4 Το τόξο έχει δυναμική ενέργεια

ΒΑΡΥΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Η βαρυτική δυναμική ενέργεια υπάρχει ακριβώς επειδή ανάμεσα στο σώμα και τη γη υπάρχει βαρυτική αλληλεπίδραση. Σχετίζεται με το γεγονός ότι καθένα από τα σώματα:

1. Βρίσκεται σε ορισμένο ύψος από το έδαφος.
2. Έχει βάρος ή, με άλλα λόγια, ανάμεσα σ' αυτό και τη γη υφίσταται βαρυτική αλληλεπίδραση.

Δίνει από τον τύπο: $U = m g h$ σε ύψος h από την επιφάνεια αναφοράς.



4.5 Βαρυτική δυναμική ενέργεια

ΕΛΑΣΤΙΚΗ ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑ

Εκφράζεται από το νόμο της ελαστικότητας (Νόμος του Χουκ), σύμφωνα με τον οποίο περιγράφεται η ελαστικότητα ενός υλικού ή συστήματος, όταν αυτό παραμορφώνεται υπό την επίδραση εξωτερικής δύναμης. Σύμφωνα με τον νόμο του Χουκ, η επιμήκυνση ενός ελατηρίου είναι ανάλογη της δύναμης που ασκείται στο ελατήριο.

$$F = -kx$$

Το τόξο, το λάστιχο σφεντόνας και τα ελατήρια έχουν την δυνατότητα να παράγουν έργο που οφείλεται στην ελαστικότητά τους

Η δυναμική ενέργεια U του ελατηρίου δίνεται από τον τύπο:

$$U = \frac{1}{2} kx^2$$



4.6 Δυναμική ενέργεια ελατηρίου

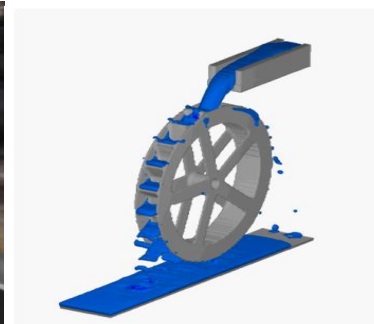
4.3 Κινητική ενέργεια

Κινητική ενέργεια είναι η ενέργεια που έχει ένα σώμα όταν κινείται και αναφέρεται στην ικανότητά του να παράγει έργο. Ως κινητική ενέργεια ενός σώματος ορίζεται η συνολική ενέργεια που χρειάζεται να απορροφήσει ένα σώμα προκειμένου να αποκτήσει ορισμένη μεταφορική ταχύτητα και γωνιακή ταχύτητα ξεκινώντας από την ακινησία., οι οποίες χαρακτηρίζονται από την ταχύτητα και τη γωνιακή ταχύτητα αντίστοιχα. Έτσι, ορίζονται δύο ειδών κινητικές ενέργειες:

η μεταφορική κινητική ενέργεια και

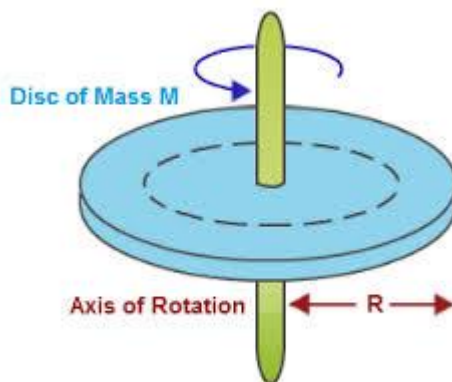
η περιστροφική κινητική ενέργεια,

οι οποίες συμβολίζονται με K_{μ} και K_{π} αντίστοιχα. Για ταχύτητες μικρές σε σχέση με την ταχύτητα του φωτός στο κενό, η μεταφορική κινητική ενέργεια ισούται κατά προσέγγιση με το ήμισυ του γινομένου της μάζας του σώματος επί το τετράγωνο της ταχύτητάς του, ενώ η περιστροφική κινητική ενέργεια ισούται με το ήμισυ του γινομένου της ροπής αδράνειας επί το τετράγωνο της γωνιακής ταχύτητας



4.7 Το όχημα έχει κινητική ενέργεια

Υπάρχουν δύο ανεξάρτητα είδη κινήσεων η μεταφορική κίνηση και η περιστροφή.



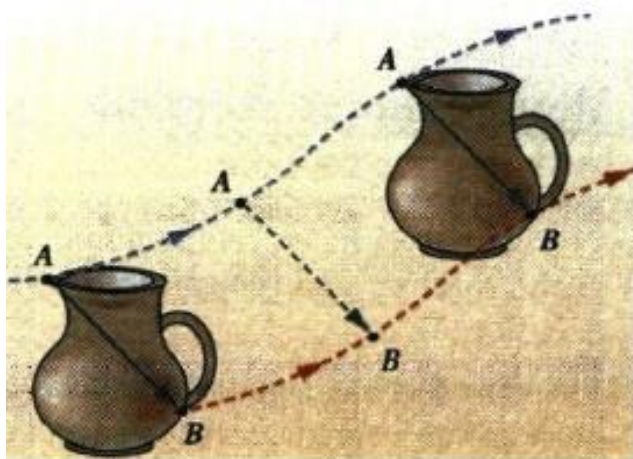
4.8: Κινητική ενέργεια λόγω α) μεταφορικής και β) περιστροφικής κίνησης

ΜΕΤΑΦΟΡΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

Στη μεταφορική κίνηση κάθε στιγμή όλα τα σημεία του σώματος έχουν την ίδια ταχύτητα. Παράδειγμα τέτοιας κίνησης είναι η κίνηση ενός κιβωτίου που ολισθαίνει πάνω σε οριζόντιο επίπεδο. Στη μεταφορική κίνηση των στερεών ισχύουν οι νόμοι που διέπουν την κίνηση των υλικών σημείων. Μεταφορική μπορεί να είναι και μια καμπυλόγραμμη κίνηση. Η κινητική ενέργεια λόγω μεταφορικής κίνησης δίνεται από τη σχέση:

$$K_{\mu} = \frac{1}{2}mv^2$$

m είναι η μάζα του σώματος και v η ταχύτητα του.



4.9: Αναπαράσταση μεταφορικής κίνησης

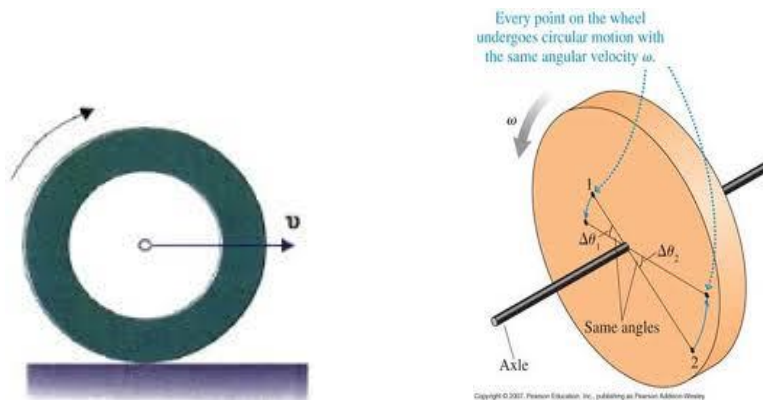
ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΗ ΚΙΝΗΣΗ

Στη περιστροφική κίνηση το σώμα αλλάζει προσανατολισμό. Στη περιστροφική κίνηση υπάρχει μια ευθεία - ο άξονας περιστροφής - που όλα της τα σημεία παραμένουν ακίνητα ενώ τα υπόλοιπα σημεία του σώματος κάνουν κυκλική κίνηση. Η κινητική ενέργεια λόγω περιστροφικής κίνησης δίνεται από τη σχέση:

$$K = \frac{1}{2} I \omega^2$$

Όπου I : ροπή αδράνειας του σώματος ως προς τον άξονα περιστροφής και

ω : η γωνιακή ταχύτητα



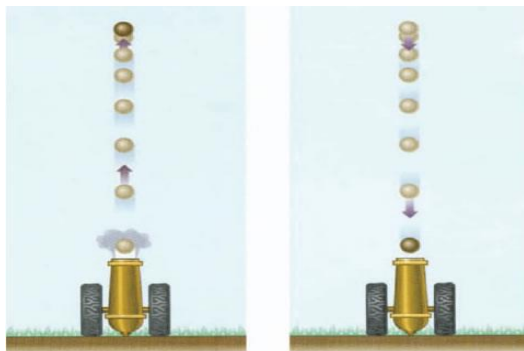
4.10 Αναπαράσταση περιστροφικής κίνησης

4.4 Μηχανική Ενέργεια

Το άθροισμα της Κινητικής και της Δυναμικής ενέργειας που έχει ένα σώμα κάθε χρονική στιγμή, ονομάζεται Μηχανική ενέργεια.

$$E_m = K + U$$

όπου K είναι η κινητική ενέργεια και U είναι η δυναμική ενέργεια



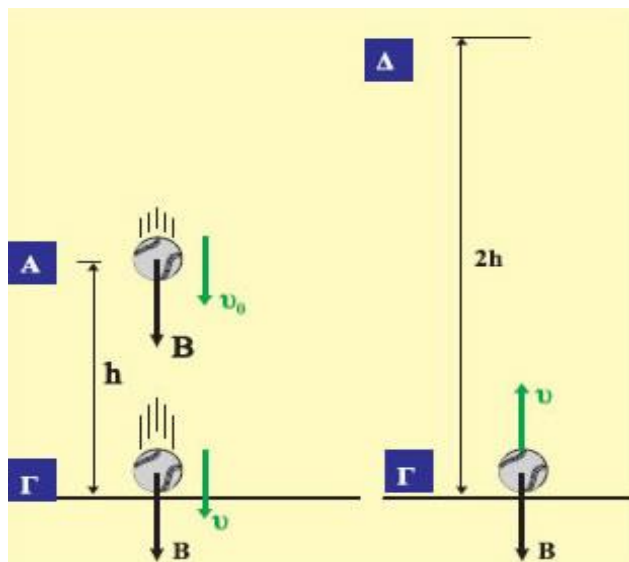
4.11: Η Μηχανική ενέργεια της μπάλας διατηρείται σταθερή σε όλες τις θέσεις της

ΑΡΧΗ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Όταν σε ένα σώμα δρουν μόνο διατηρητικές δυνάμεις τότε η μηχανική ενέργεια διατηρείται.

$$E_{αρχ} = E_{τελ}$$

*Μη διατηρητικές δυνάμεις είναι οι εξωτερικές δυνάμεις, η τριβή, η αντίσταση του αέρα.



Εικόνα 4.12: Διατήρηση μηχανικής ενέργειας κατά την ελεύθερη πτώση

Βιβλιογραφία - πηγές

- Νίκος Δαπόντες κ.α., *Φυσική Α' τάξη Ενιαίου Λυκείου*, Αθήνα (ΟΕΔΒ), 1998
- Ν.Αλεξάκης κ.α., *Φυσική Γενικής Παιδείας Α' Τάξης Γενικού Λυκείου*, Αθήνα, (ΟΕΔΒ), 2010
- <http://el.wikipedia.org>
- Egpaid.com
- Users.sch.gr/kassetas/
- <http://physiclessions.blogspot.gr/>

ΜΕΡΟΣ Β: Παρουσίαση με video – δραματοποίηση – εικόνα –ήχο

Στο δεύτερο τετράμηνο ασχοληθήκαμε με το ερευνητικό μας ερώτημα πώς θα μπορούσαν να παρουσιαστούν τα θέματα της Φυσικής - με τα οποία ασχοληθήκαμε στο 1^ο τετράμηνο- με τη βοήθεια της μουσικής, της δραματοποίησης, της ζωγραφικής ή της εικόνας; Ο σκοπός μας ήταν α) να παρουσιαστούν τα θέματα αυτά με εύληπτο, κατανοητό, καλλιτεχνικό και ενδιαφέρον τρόπο και β) να «ψυχαγωγηθούμε» από την ίδια τη Φυσική και πιθανά να αλλάξουμε στάσεις και ιδέες ως προς αυτή, με άλλα λόγια να την αγαπήσουμε λίγο ακόμη περισσότερο.

Αρχικά, αποφασίσαμε να δημιουργήσει κάθε ομάδα, με την βοήθεια του προγράμματος *movie maker*, ένα **video** με συνοπτική αναφορά στο θέμα της εργασίας της.

Για το λόγο αυτό αποφασίσαμε αρχικά να δραματοποιήσαμε μερικά φαινόμενα τα οποία συμπεριλαμβάνονται στη μελέτη μας, όπως το φως ως κύμα, την εκπομπή ακτινοβολίας κατά την αποδιέγερση του ατόμου, την εξαύλωση. Η δραματοποίηση πραγματοποιήθηκε και βιντεοσκοπήθηκε στους χώρους του σχολείου και σε αυτήν συμμετείχαν οι μαθητές από όλες τις ομάδες.

Έτσι τα τέσσερα video που δημιουργήθηκαν περιέχουν:

- Εικόνες, αποσπάσματα video
- επεξηγηματικό κείμενο καθώς και
- μουσικά αποσπάσματα
- video από τις δραματοποιήσεις μας

Τα video για κάθε ομάδα ονομάστηκαν όπως φαίνεται παρακάτω:

• Ομάδα 1 - <i>Minions</i> : «Η γέννηση και η εξέλιξη του σύμπαντος- Bi g Bang”	Big Bang <i>*περιέχει δραματοποίηση</i>
• Ομάδα 2 - <i>4η διάσταση</i> : «Η τέταρτη διάσταση»	4^η διάσταση
• Ομάδα 3 – <i>Αστέρια</i> : «Το φως»	Φως <i>*περιέχει δραματοποίηση</i>
• Ομάδα 4 – <i>Flowers</i> : « Η ενέργεια»	Ενέργεια

Τέλος δημιουργήσαμε το «**δικό μας τραγούδι**». Επιλέξαμε τη μελωδία του τραγουδιού «I ‘m yours’ του Jason Mraz και γράψαμε όλοι μαζί τους στίχους (δύο στροφές για το θέμα της κάθε ομάδας και ρεφραϊν) με συντονισμό από την Αρχοντούλα Παπασημακοπούλου. Το τραγουδήσαμε και το ηχογραφήσαμε στο ΣΕΦΕ με το λογισμικό *audacity* με την συνοδεία κιθάρας από τον συμμαθητή μας Ν. Ρόδη. Το ηχογραφημένο τραγούδι με την αντίστοιχη παρουσίαση δίνεται στο αρχείο : το τραγούδι μας.

Οι στίχοι δίνονται παρακάτω:

Το τραγούδι μας

1. Και οι τρεις οι διαστάσεις
βρίσκουνε την άλλη μία
πιάνουν τον χορό
και τρώνε παγωτό.
Και ο χώρος και ο χρόνος
κάνουνε μια συμφωνία
μπλέκονται πολύ,
συμμετέχουν σε γιορτή.

P. Φως – Ενέργεια - Ύλη
Όλα στο σύμπαν συναντάς...

2. Από μόνο ένα σημείο
έγινε το Σύμπαν όλο
διαστέλλεται,
συνέχεια ψύχεται.
Έχει τώρα μεγαλώσει,
σωματίδια έχει δώσει,
μάζα αρκετή
απ' το πεδίο Higgs.

P. Φως – Ενέργεια - Ύλη
Όλα στο σύμπαν συναντάς...

3. Και τα χρώματα σε δράση
φτιάχνουνε το ουράνιο τόξο
κύματα πολλά
σωματίδια αρκετά.
Και το Βόρειο Σέλας έχει
χρώματα πολλά καλέσει.
Κύμα-σώμα: φως
και τα δύο είναι αυτό.

P. Φως – Ενέργεια - Ύλη
Όλα στο σύμπαν συναντάς...

4. Η μηχανική ενέργεια
είναι μία κι άλλη μία,
η δυναμική
και η κινητική.
Η ενέργεια τα σπάει,
κάνει κύκλους και γυρνάει.
Μετατρέπεται .
Δεν καταστρέφεται.

P. Φως – Ενέργεια - Ύλη
Όλα στο σύμπαν συναντάς...