

**Από το Quark μέχρι το Σύμπαν.  
Μια βιομαθηματική προσέγγιση θεμελιωδών εννοιών της Σύγχρονης Φυσικής.**

Πάτκου Ευδοξία

Εκπαιδευτικός ΠΕ19 και ΠΕ0401

M.Sc

epatkou@sch.gr

**Περίληψη**

Η Φυσική συνοδεύεται άδικα μάλλον από τη φήμη ότι είναι δύσκολη, ότι δεν είναι πρακτική ή ότι είναι βαρετή. Μπορεί να είναι δύσκολη, αλλά βαρετή όχι! Τα αναλυτικά προγράμματα και ο χρόνος ποτέ δεν φτάνουν στα πεδία που η Φυσική γίνεται πράγματι συναρπαστική ή διασκεδαστική για τα παιδιά. Στο παράδειγμά μας έγινε μια προσπάθεια να διατυπωθούν στην τάξη βασικές έννοιες της Φυσικής, με σκοπό να δοθεί κύριος ρόλος στις διεισδυτικές και σημαντικές ιδέες που τις περιβάλλουν.

**Λέξεις-Κλειδιά:** Φυσική, θεμελιώδεις έννοιες, γνώση, μάθηση

**Εισαγωγή**

Σε μια εποχή που συνεχώς αναδύονται νέες τεχνολογίες ο επιστημονικός αλφαριθμητισμός θα έπρεπε να είναι θεμελιώδους σημασίας. Δεν είναι απαραίτητο να γνωρίζει κανείς με λεπτομέρεια τους μηχανισμούς της Φυσικής για να εκτιμήσει τις επαναστατικές εξελίξεις στους κβαντικούς υπολογιστές ή την κοσμολογία, είναι όμως σημαντικό, να καταλαβαίνει γιατί αυτές οι εξελίξεις είναι σημαντικές και πως πρόκειται να αλλάξουν την τεχνολογία και τη ζωή μας.

Σε αυτό το πλαίσιο η Φυσική γίνεται ένα καίριο πεδίο καλλιέργειας ικανοτήτων γιατί, καθώς οι μαθητές/τριες προσπαθούν να καταλάβουν τον φυσικό κόσμο γύρω τους, αναπτύσσουν την ικανότητά τους να προσδιορίσουν ποιον να εμπιστευτούν και τι να πιστέψουν για διάφορα θέματα του κόσμου τους. Τα παιδιά, δέχονται νέες πληροφορίες που συχνά αναιρούν εκείνες που ήξεραν, ή τις μετασχηματίζουν, μαθαίνουν να αποκαλύπτουν και να αναλύουν. Βοηθώντας τα να αξιοποιήσουν τις δυνατότητές τους θα μπορέσουν να αναπτύξουν και την ικανότητα χρήσης επιστημονικών μεθόδων. Μέσα από ανάλογες μαθησιακές εμπειρίες τα παιδιά μιλούν όχι μόνο στον κόσμο της Φυσικής αλλά και στην κατανόηση του πως εξελίσσεται αυτή, όπως και οι άλλες επίσης επιστήμες. Είναι ανάγκη οι επιστήμες να αντιμετωπιστούν με φαντασία και έμπνευση, αν επιθυμούμε να παίξουν δημιουργικό ρόλο στην εκπαίδευση όλων των ανθρώπων και όχι μόνο των μελλοντικών επιστημόνων. Η λογοτεχνία, οι τέχνες, (ζωγραφική, κινηματογράφος), η μουσειακή εκπαίδευση και οι Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών (Τ.Π.Ε.) αποτελούν θεματικά πεδία, και διδακτικές προσεγγίσεις που αλληλεπιδρούν και αναπτύσσονται μέσα στον δυναμικό κόσμο της Φυσικής επιστήμης. (Παπαδόπουλος, 2016)

**Διδακτικό αντικείμενο**

Στη συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση επιλέξαμε να ασχοληθούμε με θεμελιώδεις έννοιες της Φυσικής που δεν διδάσκονται βάσει του αναλυτικού προγράμματος και που έρχονται σε σύγκρουση με την προσχολική γνώση, αλλά και την επίσημη σχολική ύλη. Οι ενότητες αυτές αφορούσαν την τέταρτη διάσταση και την έννοια του χρόνου, τη θεωρία της σχετικότητας, το καθιερωμένο μοντέλο, την προέλευση των δυνάμεων, την αρχή της απροσδιοριστίας, το διαστελλόμενο σύμπαν, την μεγάλη έκρηξη.

### **Σκοπός – Διδακτικοί στόχοι**

**Σκοπός:** Η εξοικείωση των μαθητών με θεμελιώδεις έννοιες της σύγχρονης Φυσικής.

Επιμέρους στόχοι:

Οι μαθητές/τριες να κατανοήσουν βασικές έννοιες και μεγάλες ιδέες της Φυσικής, χωρίς μαθηματικά και τύπους, μέσα από τις κατασκευές, τη ζωγραφική, το διάβασμα βιβλίων καθώς και με ταινίες επιστημονικής φαντασίας, τη συζήτηση και κυρίως το παιχνίδι. Επίσης να εφαρμόσουν γνώσεις τους για τις ΤΠΕ, κατά τη διαδικασία της παρουσίασης των δραστηριοτήτων. Να αναπτύξουν θετική στάση απέναντι στη μάθηση και στη γνώση, όχι μόνο της Φυσικής, αλλά και όλων των επιστημών, που θα έχει κίνητρο όχι τον βαθμό, αλλά την ευχαρίστηση. Να συνηθίσουν να συνεργάζονται, να εργάζονται ομαδικά και να ανακαλύπτουν την χαρά της μάθησης.

Το πρόγραμμα εφαρμόστηκε στην Β΄ τάξη του 1<sup>ου</sup> Γυμνασίου Πυλαίας, στο πλαίσιο της «Βιωματικής εργασίας στην ενότητα “Πολιτισμός και τέχνες”», (σχολική χρονιά 2015-16), που πραγματοποιούνταν ενταγμένο στο σχολικό πρόγραμμα για μια ώρα την εβδομάδα. Οι μαθητές/τριες ήδη έχουν κάποια επαφή από το Δημοτικό γενικά με τις Φυσικές επιστήμες και στην Α΄ τάξη του Γυμνασίου έχουν γνωρίσει με πειραματικό τρόπο τα Θεμελιώδη Μεγέθη. Τη Φυσική οι μαθητές/τριες Γυμνασίου αρχίζουν να την διδάσκονται ως επιστήμη στη Β΄ τάξη. Αρχίζουν με συστηματικό τρόπο να ορίζουν τις κινήσεις, τις δυνάμεις, το έργο και ενέργεια, τη θερμότητα. Τα παιδιά βρίσκονται μπροστά σε ένα συνονθύλευμα από νόμους και τύπους και το σχολικό εγχειρίδιο, αλλά και το αναλυτικό πρόγραμμα, δύσκολα μπορεί να τους μεταδώσει κάποια αίσθηση της ουσίας και της μεθόδου της επιστήμης, της κατανόησης της δομής που μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές/τριες στις θεμελιακές έννοιες της επιστήμης.

### **Θεωρητική τεκμηρίωση**

Η διδακτική μεθοδολογία προσεγγίζει την καθοδηγούμενη ανακαλυπτική μάθηση όπως περιγράφεται από τον Jerome Bruner. Οι μαθητές ανακαλύπτουν σταδιακά, αρχές, νόμους και εσωτερικές δομές της επιστήμης μέσα από μια βιωματική διαδικασία με επαλήθευση ή διάψευση.

Αποτελεσματική διδασκαλία είναι αυτή που δεν περιορίζεται μόνο στο να καλύψει την ύλη, αλλά και που δίνει την πρέπουσα σημασία στο πρόβλημα της κατανόησης της

δομής, που θα οδηγήσει τα παιδιά πιο γρήγορα στις θεμελιακές έννοιες της Φυσικής και όχι μόνο επιστήμης.

Οι βασικές ιδέες που αποτελούν τον πυρήνα των θετικών επιστημών είναι τόσο απλές όσο και παντοδύναμες. Οι ιδέες αυτές όταν διατυπώνονται μόνο με εξισώσεις γίνονται σε πολλά παιδιά δυσνόητες και απωθητικές. Και αυτό γιατί δεν τις «ένιωσαν» με την διαίσθησή τους, ή γιατί δεν είχαν την ευκαιρία να τις «βιώσουν». Η ύλη πρέπει να επανέρχεται στις βασικές αρχές αναπτύσσοντάς τις συνεχώς έως ότου ο/η μαθητής/τρια συλλάβει τον πλήρη τυπικό τους μηχανισμό.

Ο Bruner μας λέει ότι στόχος της εκπαίδευσης είναι να δημιουργήσει ένα περιβάλλον στο οποίο ο/η κάθε μαθητής/τρια θα μπορέσει να βρει νέες γνώσεις. Η εκπαίδευση υπάρχει για να οδηγεί και να στηρίζει τον/την νέο/α μαθητή/τρια στην αλληλεπίδραση του/της με το περιβάλλον για να κατακτήσει τις γνώσεις. ( Bruner, 1960)

Η κατανόηση των στοιχειωδών αρχών της Φυσικής, αλλά και μιας οποιασδήποτε άλλης επιστήμης, κάνει το θέμα πραγματικά αφομοιώσιμο. Οι λεπτομέρειες που θα μάθουν αργότερα θα είναι ενταγμένες σε ένα πειθαρχημένο σύνολο, και έτσι θα παραμείνουν στην μνήμη. Οι λεπτομέρειες παραμένουν στην μνήμη όταν απλοποιείται ο τρόπος παρουσίασης. Η επιμονή στην κατανόηση των θεμελιωδών αρχών, έχει σχέση και με την επαρκή «μεταφορά μάθησης» (Bruner, 1960). Με το να αντιληφθεί ο/η μαθητής/τρια ότι μια περίπτωση είναι μέρος μιας γενικότερης κατάστασης αποκτά την ικανότητα να κατανοεί και άλλα παρόμοια φαινόμενα με τον ίδιο τρόπο.

Επίσης, όταν θα ξανασυναντήσει την ίδια ιδέα σε διαφορετική μορφή, αλλού, θα μπορέσει να την κατανοήσει καλύτερα. Τέτοια παραδείγματα συναντούμε σε όλες τις επιστήμες. Η θέση ότι τα πράγματα είναι συνδεδεμένα και όχι μεμονωμένα, ότι τα πράγματα αλληλοσυνδέονται και αλληλοεπηρεάζονται τους βοηθά να αντιλαμβάνονται τον πολλαπλό προκαθορισμό των γεγονότων τόσο στη φύση όσο και στην κοινωνία.

Αν οι απαιτήσεις του μαθήματος της Φυσικής, τόσο όσο αφορά το σχολικό εγχειρίδιο, όσο και την διδασκαλία και την εξέταση δεν έχουν την οπτική της ευρύτερης βασικής δομής, δεν δίνουν την ευκαιρία στον/στην μαθητή/τρια να κάνει το άλμα από εκείνα που έμαθε σε όσα θα χρειασθεί να μάθει. Το σημαντικότερο, η μάθηση που δεν περιλαμβάνει την κατανόηση των γενικών αρχών δεν προσφέρει την πνευματική συγκίνηση, απαραίτητη προϋπόθεση για να αντικατασταθεί η εξωτερική ενίσχυση, δηλαδή οι υλικές και κοινωνικές «αμοιβές», ο έπαινος, οι βαθμοί κ.λπ. με τα εσωτερικά κίνητρα, δηλαδή με επιθυμία και θέληση για τη μάθηση αυτή καθεαυτή (Bruner, 1960).

Ενώ στα τέλη του 19ου αιώνα το οικοδόμημα της φυσικής φάνταζε ακλόνητο, στις αρχές του 20ου αιώνα νέες επιστημονικές ανακαλύψεις - δομή ατόμου, θεωρία σχετικότητας, κβαντική θεωρία - τροποποιούν ριζικά την επιστημονική νοοτροπία. Η Φυσική του σχολείου δυστυχώς δεν μπαίνει στις θεματικές αυτές και οι απόφοιτοι έχουν ως βασική γενική γνώση, αυτήν του προηγούμενου αιώνα.

Οι θεματικές που επιλέχθηκαν στην συγκεκριμένη παρέμβαση (τέταρτη διάσταση – χωρόχρονος- θεωρία σχετικότητας, βαρύτητα, αλληλεπίδραση δυνάμεων κ.α.) αποτελούν καλά παραδείγματα για την κατανόηση της επιστήμης ως μια συγκεκριμένη παραγωγή μέσω συνεχών ρήξεων και ανακατασκευών. Αποτέλεσμα αυτής της οπτικής είναι η έρευνα του επιστημονικού φαινομένου όχι στη βάση του άξονα «αλήθεια» αλλά του άξονα «πρόοδος», μια ιδέα που διατυπώνει ο Gaston Bachelard και βάσει της οποίας γίνεται εμφανής ο κοινωνικός χαρακτήρας των επιστημών (Bachelard, 2000). Γράφει ο Bachelard: «Ο νέος έρχεται στο μάθημα ήδη με προδιαμορφωμένες εμπειρικές γνώσεις. Το ζήτημα γι' αυτόν δεν είναι να αποκτήσει μια μόρφωση προσανατολισμένη στην εμπειρία, αλλά να την αλλάξει, να βγάλει από τη μέση τα εμπόδια που η καθημερινή ζωή έχει συσσωρεύσει» (Κουζέλης, 1991,168). Ο μαθητής δεν καταλαβαίνει, όχι επειδή «δεν ξέρει» αλλά ακριβώς γιατί «ξέρει» και κατά συνέπεια για να «μάθει», θα πρέπει να απελευθερωθεί από κάποιες «γνώσεις». Επομένως, η διδασκαλία είναι υποχρεωμένη, πριν από την «παροχή» της επιστημονικής γνώσης να άρει τα εμπόδια, που συνίστανται στην πρότερη γνώση, που έχουν οι μαθητές για τα συγκεκριμένα ζητήματα (Κουζέλης, 1991). Η «στρεβλή» προσχολική γνώση έχει τη δική της «δομή» και η αποδόμησή της είναι προϋπόθεση για την επιστημονική εκπαίδευση. Το σχολείο –εκπαιδευτικοί και μαθητές- μπορεί να είναι αφετηρία μιας τέτοιας αποδόμησης.

Ο Κουζέλης μιλάει για «άνοιγμα μιας ακόμα πόρτας» δεδομένου ότι η προηγούμενη ανάλυση μας φέρνει σε ρήξη «με την κυρίαρχη αντίστοιχη εικόνα της πραγματικότητας...».

Κανένα σύνολο γνώσεων δεν μπορεί απλώς να «μεταφερθεί», γιατί δεν είναι δυνατό να διδαχθεί κανείς κάτι αν δεν συλλάβει το νόημα, αν δηλαδή δεν συμμετάσχει σε μια πράξη «ανακατασκευής» αυτού που καλείται να γνωρίσει, σε μια πράξη παραγωγής του εν τέλει. Μαθαίνει κανείς στο μέτρο μόνο που παράγει το γνωστικό αποτέλεσμα. Αυτές οι επιστημολογικές θεωρήσεις προσφέρουν δυνατότητες για την κατασκευή μιας διδακτικής που να θεμελιώνεται και να προωθεί την ιδέα της κριτικής συμπλήρωσης με άξονα την ανάγκη ορθού χειρισμού της «πρότερης» γνώσης (Λάσκος, 2006).

Αυτό, βέβαια, δεν αφορά μόνο την αναπαραγωγή της επιστημονικής γνώσης αλλά και της πρότερης, προσχολικής μορφής της. Όπως και πάλι σημειώνουν οι Σολομών και Κουζέλης, «αυτή η αμφίδρομη σύνδεση επιστημονικού και βιωματικού που επιτελείται από το σχολείο και διαμεσολαβείται από την λεγόμενη σχολική επιστήμη, είναι που προσδίδει στον εκπαιδευτικό θεσμό τον ιδιαίτερο χαρακτήρα του ως κοινωνικού μηχανισμού αναπαραγωγής της γνώσης. Μέσω αυτής της σύνδεσης θεμελιώνεται η αμοιβαία νομιμοποίηση και αλληλοπαραπομπή που συνοδεύει τα δύο γνωστικά πλαίσια στην κοινωνική τους λειτουργία. Όχι μόνο το κύρος ή η αυθεντία της επιστημονικής αλλά και ο “αυθόρμητος” χαρακτήρας της καθημερινής γνώσης, όπως και η επιβεβαίωση της μιας από την άλλη αποτελούν προϊόντα της εγκατάστασης της αμφίδρομης αυτής

σύνδεσης, την οποία ενσαρκώνει η σχολική επιστήμη» (Ι. Σολομών –Γ. Κουζέλης, 1994, 249)

Όπως πολύ διεξοδικά έχει δείξει ο Λεβ Βιγκότσκι, έργο της παιδαγωγικής δράσης είναι να παρέμβει στη συμπεριφορά του υποκειμένου κατά τη διαδικασία της αλλαγής της βοηθώντας τα παιδιά να ολοκληρώσουν την ήδη επικείμενη σε κάθε στάδιο ανάπτυξή τους. Αξιοποιώντας το παιχνίδι ως γνωστικό παράγοντα, μεταφέροντας την καθημερινότητα μέσα στο σχολείο, συσχετίζοντας τα δεδομένα της τελευταίας με έννοιες που παρέχει το σχολείο μπορούμε να δημιουργήσουμε «ζώνες επικείμενης ανάπτυξης», προωθώντας την κατάσταση του παιδιού από τη φανταστική χειραφέτηση που του παρέχει το παιχνίδι στη «χειραφέτηση της πράξης». (Βιγκότσκι, 1997)

### Εφαρμογή στην τάξη

Η παρέμβαση έγινε με τις τέσσερις θεματικές ενότητες που αναφέρθηκαν παραπάνω. Επειδή η παρέμβαση έπρεπε να εντάσσεται στις τέχνες και τον πολιτισμό, αξιοποιήσαμε την λογοτεχνία, τη ζωγραφική, με κατασκευές με διάφορα υλικά, και χρήση ΤΠΕ (δημιουργία comic, λογισμικό παρουσιάσεων, e-book, κινούμενη εικόνα, ταινία) για την παρουσίαση των δραστηριοτήτων.

**Πρώτη θεματική: Τέταρτη διάσταση.** Τα παιδιά εδώ κατασκεύασαν κόσμους με μία διάσταση, δύο και τρεις διαστάσεις. Χρησιμοποίησαν σχοινιά, χαρτόνια, ξύλα. Προσπάθησαν να φανταστούν πως θα ήταν οι κάτοικοι μιας χώρας με μία, ή δύο διαστάσεις, και πως θα ήταν η ζωή τους. Πολύ παραστατικά το είδαμε στην ταινία [The flatland](http://www.flatlandthemovie.com/). (<http://www.flatlandthemovie.com/> προσπέλαση 12-9-2016). Με τις κατασκευές διαπίστωσαν ότι για να γίνει αντιληπτή από κάποιον μια επιπλέον διάσταση, πρέπει να «βγει» απ' αυτές στις οποίες βρίσκεται, όπως όταν ένα μυρμήγκι πέσει από ένα σύρμα, ή από ένα τραπέζι. (Αμποτ, 1988)



Εικόνα 1. Κατασκευάζοντας μια επιπεδοχώρα

Διαπίστωσαν επίσης, πως είναι δυνατό κάτοικοι ενός κόσμου δύο διαστάσεων, όπως στην επιφάνεια ενός κυλίνδρου, ενώ ζουν σε δύο διαστάσεις να μην αντιλαμβάνονται την τρίτη. Αυτό το περιγράφει πολύ καλά η ταινία [Dr Quantum-Flatland](https://www.youtube.com/watch?v=BWyTxCsIXE4), (<https://www.youtube.com/watch?v=BWyTxCsIXE4> προσπέλαση 12-9-2016). Οι ταινίες αυτές προκάλεσαν έντονες συζητήσεις στην τάξη. Και όλα αυτά για να καταλάβουν πως

ενώ ζούμε σε κόσμο τριών διαστάσεων, η τέταρτη διάσταση υπάρχει, παρόλο που δεν μπορούμε να την αντιληφθούμε. Στο σημείο αυτό αναφερθήκαμε στην μη Ευκλείδεια γεωμετρία και την αφήσαμε για το μέλλον. Και για να φανταστούμε την τέταρτη διάσταση στραφήκαμε στη λογοτεχνία και την ζωγραφική. Διαβάσαμε την «Αλίκη στη χώρα των θαυμάτων» του συγγραφέα Λιούις Κάρολ, που πέφτει μέσα από μια λαγότρυπα και περιπλανάται σε ένα άλλο σύμπαν, και μεγάλα κλασικά έργα μέσα από τα κλασικά εικονογραφημένα του συγγραφέα Χ. Τζ. Γουέλς όπως «Η μηχανή που τρέχει μέσα στα χρόνια» που μας ταξιδεύει με μια χρονομηχανή στο έτος 802701 μ.Χ. «Ο αόρατος άνθρωπος», ο οποίος πίνοντας ένα υγρό περνούσε στην τέταρτη διάσταση και γινόταν αόρατος, «Δόκτωρ Τζέκιλ και μίστερ Χάιντ», και «Το στοιχείο του Κάντερβιλ» του συγγραφέα Ό. Ουάιλντ. Στον 19<sup>ο</sup>αι, εποχή που γράφονται αυτά τα έργα, η τέταρτη διάσταση τράβηξε το ενδιαφέρον του αποκρυφισμού, του μυστικισμού και θεωρούσαν ότι τα φαντάσματα ήταν όντα της 4<sup>ης</sup> διάστασης (Ibanez, 2011). Άλλο βιβλίο που διάβασαν και παρουσίασαν τα παιδιά ήταν «Η πύλη του χωροχρόνου» της συγγραφέως Νινέττας Βολουδάκη. Έγινε μεγάλη συζήτηση για το πώς οι άνθρωποι προσπάθησαν να αποδώσουν στις δύο διαστάσεις τις τρεις. Μιλήσαμε για την ζωγραφική των σπηλαιών (33.000, 14.000 π.Χ.) για την ζωγραφική της Αναγέννησης και με ποιο τρόπο εισήγαγαν την προοπτική. Για τους καλλιτέχνες του 20<sup>ου</sup> αι. για τους οποίους η τέταρτη διάσταση ήταν ένα σύμβολο απελευθέρωσης και πηγή νέων ιδεών, όπως για το ρεύμα του κυβισμού, του φουτουρισμού, του ιμπρεσιονισμού, του σουπρεματισμού, του σουρεαλισμού, (Ibanez, 2011 και <http://www.slideshare.net/akarpuzos/h-4-27360348>), προσπελάστηκε 12-9-16). Στο τέλος έκαναν μερικά μαθήματα ζωγραφικής με προοπτική με τη βοήθεια της καθηγήτριας των καλλιτεχνικών και ζωγράρισαν και δικά τους έργα.

**Δεύτερη θεματική: Καθιερωμένο μοντέλο.** Ο στόχος στη Φυσική είναι να υπάρχουν όσο το λιγότεροι κανόνες και εδώ φανταστήκαμε τη Φυσική σαν ένα παιχνίδι ή μια σειρά παιχνιδιών με μπάλες. Με την πρώτη ματιά τα παιχνίδια μοιάζουν μεταξύ τους. Δύο ή περισσότεροι παιδιά - παίχτες, παριστάνουν τα στοιχειώδη σωματίδια και παίζουν παιχνίδια. Τα παιχνίδια αντιστοιχούν στις τέσσερις δυνάμεις που κάθε μια έχει μια σειρά από δικούς της, παρόμοιους με των άλλων κανόνες. Δεν συμμετέχουν όλα τα σωματίδια σε όλα τα παιχνίδια. Αυτό το σύνολο των σωματιδίων και των κανόνων είναι γνωστό, από τη δεκαετία του 1970, ως Καθιερωμένο Μοντέλο (Murray Gell-Mann, Abdus Salam, Glashow, Sheldon Lee Glashow).

Μιλήσαμε για τη δομή της ύλης και αναπαραστήσαμε το ατομικό πρότυπο του Thomson με σταφιδόψωμο και τα στοιχειώδη σωματίδια με ζαχαρωτά. Για να αντιληφθούμε πώς αλληλεπιδρούν δύο σωματίδια και τι είναι αυτό που λέμε δύναμη, παίξαμε παιχνίδια με μπάλα και δύο παίχτες. Δύο σωματίδια π.χ. ηλεκτρόνια για να αλληλεπιδράσουν πρέπει να βρίσκονται σε ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Θα ήταν άπραγα αν δεν υπήρχε αυτό το πεδίο. Από πού όμως προέρχεται αυτό το πεδίο; Τα σωματίδια για να ειδοποιήσουν το ένα το άλλο για την παρουσία τους χρειάζονται έναν «αγγελιοφόρο», ένα τρίτο σωματίδιο-φορέα της δύναμης. Τα ηλεκτρόνια ανταλλάσσουν ένα σωματίδιο για να πουν

«είμαι εδώ» «φύγε» ή «έλα». Έτσι και στο τένις ή το βόλεϊ για να παίξουν οι παίχτες πρέπει να βρίσκονται σε ένα κατάλληλο γήπεδο και επιπλέον να έχουν την κατάλληλη μπάλα, και για κάθε δύναμη και άλλη μπάλα – σωματίδιο. Έτσι πήγαμε σε χώρο, που δεν ήταν γήπεδο και χωρίς μπάλα και τα παιδιά κλήθηκαν να «παίξουν», ενώ δεν ήταν δυνατό. Πήγαμε σε γήπεδο βόλεϊ χωρίς μπάλα και σε γήπεδο με μπάλα. Ο ηλεκτρομαγνητισμός μοιάζει με το τένις γιατί έχει γρήγορο ρυθμό, η ισχυρή δύναμη σαν παιχνίδι πικ-πογκ γιατί είναι περιορισμένη σε μικρό χώρο και είναι σαν αναμέτρηση πρόσωπο με πρόσωπο σε γρήγορο ρυθμό, ενώ η ασθενής με παιχνίδι με βαριά μπάλα όπως του μπάσκετ, γιατί εκεί το σωματίδιο ανταλλαγής είναι τα μποζόνια W και Z, που έχουν μεγάλη μάζα. Η βαρύτητα, αν υπάρχει το βαρυτόνιο, μοιάζει με το παιχνίδι του μπάντμιντον γιατί είναι χαμηλής έντασης. Στο σημείο αυτό μιλήσαμε για την αναζήτηση του βαρυτονίου και της Θεωρίας των Πάντων. Μιλήσαμε και για το σωματίδιο Higgs. Η ιδέα για τα παιχνίδια, είναι από το βιβλίο «Οδηγός χρήσης του Σύμπαντος» (Goldberg D. και Blomquist J), ενώ για την επαφή των παιδιών με το ευρύτερο πλαίσιο της θεωρίας των στοιχειωδών σωματιδίων αξιοποιήθηκε το βιβλίο του Μπράιαν Γκριν. Στην τάξη ολοκληρώσαμε με ένα παιχνίδι ερωτήσεων σε κάρτες για να μπορούμε να θυμόμαστε τα πολλά σωματίδια που μάθαμε. Στο τέλος, όλα αυτά τα παρουσιάσαμε με τη μορφή comic με τη χρήση του λογισμικού TOONDOO, αφού συζητήσαμε για το storytelling στην τάξη.



Εικόνα 2. «Φωτογραφικό αρχείο» στοιχειωδών σωματιδίων

### **Τρίτη θεματική: Θεωρία σχετικότητας.**

Στην ειδική θεωρία σχετικότητας μιλήσαμε αρχικά για τα αδρανειακά συστήματα αναφοράς και για τους φυσικούς νόμους που ισχύουν το ίδιο τόσο στα κινούμενα συστήματα με σταθερή ταχύτητα όσο και στα ακίνητα. Εδώ χρειάστηκε να έρθουμε σε γνωστική σύγκρουση. Τα παιδιά ισχυρίζονταν ότι δεν ισχύουν οι φυσικοί νόμοι με τον ίδιο τρόπο. Καταστρώσαμε ένα πρόχειρο σύστημα αναφοράς με κινούμενη καρέκλα για να το «βιώσουμε». Συζητήσαμε για την ταχύτητα μιας μπάλας που πετάει ο κινούμενος παρατηρητής με την καρέκλα και κάναμε απλούς υπολογισμούς στον πίνακα για την ταχύτητά της όπως την μετράει ο ακίνητος και ο κινούμενος παρατηρητής. Στη συνέχεια μιλήσαμε για την ταχύτητα του φωτός και παραδέχθηκαν με δυσκολία τη σταθερότητα

της σε όλα τα συστήματα. Προσπαθούσαμε να καταλάβουμε «τι τρέχει» με τον χρόνο που «καταλαβαίνει» ένας κινούμενος ή ακίνητος παρατηρητής. Με απλούς υπολογισμούς στον πίνακα φτάσαμε στη «διαστολή του χρόνου». Βοηθητικό πολύ ήταν ότι την ίδια περίπου περίοδο διδάσκονταν τις εξισώσεις της κίνησης στο μάθημα της Φυσικής. Αναπαραστήσαμε το ακίνητο και κινούμενο σύστημα αναφοράς με το λογισμικό Stykz με το οποίο κάναμε δύο μικρά animation. Τους εντυπωσίασε ιδιαίτερα το παράδοξο των διδύμων αδελφών. Για τη διαστολή του χρόνου μιλήσαμε και στην επόμενη ενότητα.

**Για την Γενική θεωρία σχετικότητας**, επιλέξαμε να κατασκευάσαμε με ελαστικό πανί ένα στιγμιότυπο του «χωροχρόνου». Υπάρχουν πολλά παρόμοια παραδείγματα στο διαδίκτυο όπως το γνωστό πείραμα του Dan Burns. (<https://www.youtube.com/watch?v=MTY1Kje0yLg> τελευταία προσπέλαση 12-9-2016). Πάνω σε αυτό τοποθετήσαμε μπάλες διαφορετικού βάρους και μεγέθους, και η παραμόρφωση που επέφεραν παρίστανε την παραμόρφωση του χωροχρόνου από την παρουσία τους. Οι κινήσεις που έκαναν διάφορες μπίλιες που πετούσαμε πάνω στο πανί, παρίσταναν τις κινήσεις που εξαναγκάζονται να κάνουν διάφορα σώματα εξαιτίας της παραμόρφωσης του χωροχρόνου. Με μια κλωστή παραστήσαμε την καμπύλωση του φωτός που υφίσταται λόγω της καμπύλωσης του χωροχρόνου.



*Εικόνα 3.Στιγμιότυπο του χωροχρόνου*

Οι κινήσεις στο χωροχρόνο δεν χρειάζονται πια την έννοια της δύναμης. Μιλήσαμε για μαύρες τρύπες, για σκουληκότρυπες στο χωροχρόνο και για τα ταξίδια στο χρόνο. Είδαμε την ταινία «Interstellar». Είδαμε ταινίες- μαθήματα που υπάρχουν στο διαδίκτυο, όπως οι σειρές μαθημάτων «Through the wormhole» και «Το Σύμπαν που αγάπησα» των Μάνου Δανέζη και Στράτου Θεοδοσίου, σχετικά με την δημιουργία του Σύμπαντος, την Μεγάλη Έκρηξη, για το διαστελλόμενο σύμπαν, για τη γέννηση, τη ζωή και το θάνατο των αστέρων. Επανήλθαμε στη διαστολή του χρόνου και με χάρτινη κατασκευή προσπαθήσαμε να την εξηγήσουμε. Την ιδέα πήραμε από το βιβλίο «Εικόνες Σχετικότητας», του Lewis Epstein. Τέλος οργανώσαμε το παραγόμενο υλικό με p. point.

**Τέταρτη θεματική. Αρχή απροσδιοριστίας.** Μια περιεκτική διατύπωση της αρχής της απροσδιοριστίας είναι η εξής, με τα λόγια του ίδιου του εισηγητή της Βέρνερ Χάιζενμπεργκ: «Είναι αδύνατο να γνωρίζει κανείς με ακρίβεια τη θέση και την ταχύτητα



ενός σωματιδίου, ταυτόχρονα, είτε πρακτικά, είτε θεωρητικά». Η αρχή της απροσδιοριστίας, δικαιούται να συμπεριληφθεί στη λίστα των μεγάλων εννοιών της Φυσικής γιατί χωρίς αυτήν το σύμπαν θα ήταν ένα νεκρό σύμπαν (Τραχανάς, 2014). Είναι αυτή που εξηγεί γιατί τα άτομα, ή τα μόρια υπάρχουν και δεν καταρρέουν, γιατί ο ήλιος ακτινοβολεί για δισεκατομμύρια χρόνια, πώς σχηματίστηκαν οι γαλαξίες, τα άστρα και οι πλανήτες. Η απροσδιοριστία δεν οφείλεται στην έλλειψη δεξιοτήτων του ανθρώπου να πραγματοποιήσει με ακρίβεια μετρήσεις στον μικρόκοσμο αλλά σε μία πραγματική ιδιότητα του φυσικού κόσμου, η οποία εμφανίζεται και πειραματικά. Αν γνωρίζουμε τη θέση ενός σωματιδίου τότε δεν μπορούμε να μετρήσουμε την ταχύτητα με ακρίβεια και αντιστρόφως. Υπάρχει και συγκεκριμένος τύπος που ορίζει την απροσδιοριστία, αλλά εμείς το αναπαραστήσαμε «βιωματικά» με κουτιά διαφόρων μεγεθών, που στο εσωτερικό τους υπήρχε ένα μικρό μπαλάκι. Η υπόθεση ήταν ότι παρατηρούμε ένα στοιχειώδες σωματίδιο στο χώρο του να κινείται με μια άτακτη κίνηση προς όλες τις διευθύνσεις. Στο μεγάλο κουτί τοποθετήσαμε μετροταινία και είδαμε πως μπορούμε να υπολογίσουμε την ταχύτητα της μπαλίτσας γιατί η διάσταση του κουτιού μας το επέτρεπε. Μπορούσαμε να μετρήσουμε απόσταση μετακίνησης και αντίστοιχο χρόνο. Η «θέση» της όμως έχει αρκετή απροσδιοριστία, όσο το μέγεθος του κουτιού. Όσο μικραίνει το κουτί τόσο προσδιορίζουμε καλύτερα τη θέση της μπάλας, αδυνατούμε όμως, με τα «μέσα» που διαθέτουμε, να μετρήσουμε την ταχύτητα με ακρίβεια.

Στη συνέχεια μιλήσαμε για το ρόλο της αρχής της απροσδιοριστίας στη δημιουργία του κόσμου και στην ανάδυση της ζωής στο σύμπαν αφού παρακολουθήσαμε την [ομιλία του Σ.Τραχανά](http://www.blod.gr/lectures/Pages/viewlecture.aspx?LectureID=705) (http://www.blod.gr/lectures/Pages/viewlecture.aspx?LectureID=705 προσπελάστηκε 12/9/2016), από την πλατφόρμα διαδικτυακών μαθημάτων του Πανεπιστημίου της Κρήτης «Mathesis».

Στο τέλος τα παιδιά δημιούργησαν μικρή ταινία παρουσίασης των δραστηριοτήτων.

### **Αποτελέσματα**

Η βιωματική αυτή διδακτική παρέμβαση, πέτυχε τους βασικούς στόχους της. Οι μαθητές/τριες συμμετείχαν σε έναν ενεργό διάλογο με την διδάσκουσα και μεταξύ τους. Τα θέματα που επιχειρήθηκε να διδαχθούν ήταν κατάλληλα μετασχηματισμένα, προσαρμοσμένα στο επίπεδο κατανόησης των παιδιών, ενώ ενεργοποιήθηκαν τα κίνητρα της περιέργειας, και της ευχαρίστησης για τη μάθηση. Η αναμονή του μαθήματος ήταν χαρακτηριστική. Τα παιδιά συνάντησαν νέες έννοιες και ήρθαν σε επαφή με την έννοια της επιστήμης όχι απλώς ως «χρήσιμης» γνώσης, αλλά και ως μιας από τις συνιστώσες του πολιτισμού μας, γιατί παράλληλα αναπτύχθηκαν ζωηρές συζητήσεις σχετικά με την ιστορία της εξέλιξης της επιστήμης και το ρόλο της στην κοινωνία. Οι βιωματικές μέθοδοι, με την κατάλληλη χρήση τους, δίνουν τη δυνατότητα, με τρόπους «μη-επιθετικούς» να αίρεται το «εμπόδιο» και να ανοίγει το πεδίο στην οικοδόμηση των θεμελιωδών εννοιών με την ίδια τη συμμετοχή των μαθητών στη διαδικασία αυτής της «παραγωγής».

Ο παιγνιώδης τρόπος παρουσίασης δύσκολων επιστημονικών εννοιών, η σύνδεση με τις τέχνες και τις ΤΠΕ καθώς και η διεπιστημονική προσέγγιση των εννοιών, νομίζω πως ενδυνάμωσε τα εσωτερικά τους κίνητρα για μάθηση. Με την παρέμβαση αυτή διαπιστώθηκε ότι το χάσμα μεταξύ προικισμένων, μέσων ή αργών μαθητών/τριών μειώθηκε ή σχεδόν δεν υπήρχε. Θα είναι ενδιαφέρον να μελετηθεί η στάση τους στο μάθημα της Φυσικής στην επόμενη τάξη.

### **Βιβλιογραφικές αναφορές**

- Άμποτ, Α., 1988 , Η επιπεδοχώρα, εκδ. ΕΠΙΛΟΓΗ
- Bachelard, G., 2000, Το νέο επιστημονικό πνεύμα, Παν/κές Εκδόσεις Κρήτης, Ηράκλειο
- Βιγκότσκι, Λ., 1997, Νους στην κοινωνία, Gutenberg, Αθήνα,
- Bruner J. , 1960, Η διαδικασία της Παιδείας, Εκδόσεις Καραβία
- Goldberg, D. και Blomquist, J, 2010, Οδηγός Χρήσης του Σύμπαντος, εκδόσεις Κλειδάριθμος
- Γκριν, Μπ., 2004, Το κομψό σύμπαν, Εκδόσεις Ωκεανίδα
- Erstein, L., 1990, Εικόνες της Σχετικότητας (Ειδική Θεωρία), Εκδ. Κάτοπτρο
- Erstein, L., 1990, Εικόνες της Σχετικότητας (Γενική Θεωρία) , Εκδ. Κάτοπτρο
- Ibanez, R., 2011, Η τέταρτη διάσταση , εκδόσεις EDTEC
- Κουζέλης, Γ., 1991, Από τον βιοματικό στον επιστημονικό κόσμο: Ζητήματα κοινωνικής αναπαραγωγής της γνώσης , Κριτική, Αθήνα
- Κουζέλης, Γ., 1995, Το Επιστημολογικό Υπόβαθρο των Επιλογών της Διδακτικής, στο Ματσαγγούρας, Η., 1995, 155-181
- Λάσκος, Χ., 2006, Η Κοινωνιολογία της Εκπαίδευσης στην Ελλάδα-Θεωρητικές Τάσεις και Θεμελίωση , Διδακτορική διατριβή στο ΠΤΔΕ του ΑΠΘ
- Παπαδόπουλος Π., 2016 «50 επεισόδια comics για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών» 4ο Πανελλήνιο εκπαιδευτικό Συνέδριο Κεντρικής Μακεδονίας .
- Σολομών, Ι. –Κουζέλης, Γ., 1994, Πειθαρχία και Γνώση, τοπικά α΄, ΕΜΕΑ, Αθήνα
- Τραχανάς, Σ., 2014, Το φάντασμα της όπερας, Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης