

## "Το άρρητο είναι αβαρές" (Έκτωρ Κακναβάτος) Μια Διδακτική παρέμβαση

Αλεξάνδρα Ασημακοπούλου<sup>1</sup>, Ελένη Λυμπεροπούλου<sup>2</sup>, Γεώργιος Ρούσσος<sup>3</sup>  
alexasimak@hotmail.com, lelalibe@gmail.com, groussos@sch.gr

<sup>1</sup> Σ.Ε.Ε. ΠΕ02 2ο ΠΕΚΕΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

<sup>2</sup> Σ.Ε.Ε. ΠΕ03 4ο ΠΕΚΕΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

<sup>3</sup> Σ.Ε.Ε. ΠΕ04 2ο ΠΕΚΕΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

### Περίληψη

Το παρόν άρθρο αναφέρεται σε δύο διδακτικές παρεμβάσεις που έγιναν με στόχο την ανάκληση όρων της Φυσικής και την αξιοποίησή τους στο πεδίο των ανθρωπιστικών επιστημών. Ο «διάλογος» μεταξύ των διαφορετικών επιστημονικών κλάδων πραγματοποιήθηκε από εκπαιδευτικούς αντίστοιχων ειδικοτήτων, με ταυτόχρονη παρουσία τους στην σχολική τάξη. Ο σχεδιασμός των παρεμβάσεων βασίστηκε στο ποίημα του μαθηματικού – ποιητή Έκτορα Κακναβάτου: «Το άρρητο είναι αβαρές», όπου χρησιμοποιούνται όροι της νευτώνειας και της κβαντικής φυσικής. Η προσέγγιση του ποιήματος περιελάμβανε την κατανόηση και την συμβολική διάσταση των επιστημονικών όρων με βάση την πρόσληψή του από κάθε μαθητή/μαθήτρια. Στο τέλος των διδακτικών παρεμβάσεων οι μαθητές ήταν ικανοί να ερμηνεύουν, να αξιοποιούν συμβολικά όρους των φυσικών επιστημών και να παράγουν πεζό ή ποιητικό λόγο. Διαπιστώθηκε ότι με την σύμπραξη εκπαιδευτικών διαφορετικών ειδικοτήτων στη σχολική μονάδα καλλιεργείται συνεργατικό κλίμα προάγονται οι ολιστικές προσεγγίσεις, και αναπτύσσεται η δημιουργικότητα των μαθητών/τριών.

**Λέξεις κλειδιά:** ολιστική προσέγγιση, δημιουργικότητα, πρόσληψη, συμβολισμός.

### Εισαγωγή

Ο διάλογος μεταξύ ανθρωπιστικών – κοινωνικών και θετικών-φυσικών επιστημών έχει μια μακρά ιστορία. Ήδη από τις πρώτες επιστημονικές ανακαλύψεις, την ανάπτυξη της βιομηχανίας και την συνεχή τεχνολογική εξέλιξη αρχίζει η αμφισβήτηση της επιστημονικής εγκυρότητας των θεωρητικών τομέων της επιστήμης, καθώς, εφόσον δεν επαληθεύονται πειραματικά δεν μπορούν να αναχθούν σε γενικούς νόμους με καθολική ισχύ. Το γεγονός αυτό οδήγησε σε έναν διχασμό ή δυισμό, σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές, ο οποίος άρχισε να παγιώνεται τον 19ο αι. προκαλώντας αλλαγές στα προγράμματα σπουδών των Πανεπιστημίων της Ευρώπης και της Αμερικής.

Δεκαετίες νωρίτερα και πριν από τη γνωστή έκθεση του Πανεπιστημίου του Γέιλ (The Yale Report of 1828) που προωθούσε τις ανθρωπιστικές σπουδές, είχε διατυπωθεί η ανάγκη προώθησης των θετικών επιστημών: «...κατέχουμε ένα νέο κράτος [Αμερικανικό]. Η πρωταρχική μας δουλειά είναι να εξερευνήσουμε και να εκμεταλλευτούμε τις πηγές του, κάτι που μας πιέζει να επιχειρήσουμε και να βιαστούμε. Κάτω από αυτές τις συνθήκες το να ξοδεύεις τέσσερα πέντε χρόνια μαθαίνοντας δύο νεκρές γλώσσες είναι σα να γυρίζεις την πλάτη σε ένα χρυσωρυχείο ...» (Todd Timmons, 2007). Η αντιπαράθεση συνεχίζεται και τον 20ο αι., καθώς η ανάγκη για οικονομική ανάπτυξη αρχίζει να αποτελεί την κυρίαρχη ιδεολογία, ιδίως μετά το τέλος των Παγκοσμίων πολέμων και κατά τη διάρκεια του Ψυχρού Πολέμου. Η επίσημη διάλεξη του γνωστού Βρετανού φυσικοχημικού και μυθιστοριογράφου Charles Rercy Snow, "The Two Cultures and the Scientific Revolution", στην αίθουσα της Συγκλήτου του Πανεπιστημίου του Cambridge το 1959 ανέδειξε ένα τεράστιο χάσμα μεταξύ

των ανθρωπιστικών – κοινωνικών και θετικών-φυσικών επιστημών, τονίζοντας την ύπαρξη δύο διαφορετικών τομέων στην ανθρώπινη γνώση. Το έργο του Snow επανεκδόθηκε πολλές φορές μέχρι σήμερα με προσθήκες από τον ίδιο, καθώς και ποικίλες κριτικές αναλύσεις (Snow 1963, 1969, 1998). Ωστόσο το γεγονός αυτό προώθησε μια σειρά από δημόσιες συζητήσεις και δημοσιεύσεις σχετικά με θέματα επιστημολογικού περιεχομένου και φιλοσοφίας των επιστημών σε σχέση με την διαρκώς αυξανόμενη εμπλοκή των θετικών επιστημών στα κοινωνικοοικονομικά δρώμενα.

Οι απαντήσεις της αντίθετης πλευράς δόθηκαν, ωστόσο, τόσο από Ευρωπαίους όσο και Αμερικανούς επιστήμονες. Ξεκινώντας από τον Αριστοτέλη σχετικά με τον ενιαίο χαρακτήρα της γνώσης, αλλά και με βάση τα νέα δεδομένα των επιστημών, υποστηρίχτηκε η άποψη ότι «... ο όρος 'επιστήμη' αφορά αποκλειστικά εκείνους που, σε κάθε τομέα της γνώσης, εργάζονται για να οικοδομήσουν ένα είδος οικουμενικής γνώσης... [...] Πρέπει να επισημάνουμε στους φοιτητές μας τον προβληματισμό σχετικά με τα θεμελιώδη επιστημολογικά ζητήματα [...] κατά τη διαδικασία αυτή θα αποκτήσουν πλήρη επίγνωση των πολλαπλών οικουμενισμών, που κυβερνούν το σύμπαν μας, και θα θεμελιωθεί για πρώτη φορά μια ουσιαστική λογική ... αναφορικά με τις προτεραιότητες των αξιών και των αληθειών σ' ένα σύμπαν όπου πρέπει συνεχώς να κάνουν επιλογές και, συνεπώς, να είναι δημιουργικοί» (Immanuel Wallerstein, 2004).

Με βάση τα παραπάνω «μια λύση θα ήταν να δοθεί από την πλευρά των ανθρωπιστικών επιστημών βαρύτητα όχι τόσο στην αναπαραγωγική όσο στην παραγωγική διάστασή τους, δηλαδή στην ανακάλυψη διόδων επικοινωνίας ανάμεσα στην ατομική καλλιέργεια και τη γενικότερη ανάπτυξη της κοινωνίας [...]» (Μαυροσκούφης, 2017). Σε αυτό το πλαίσιο οι προτάσεις για τον σχεδιασμό προγραμμάτων σπουδών εκκινούν από παλαιότερες εισηγήσεις «...αξιοποίησης της κλασικής αρχαιότητας ως θεμέλιου της σύγχρονης εκπαίδευσης ...» (Καλοσπύρος, 2017). Η θέση αυτή υλοποιήθηκε, για παράδειγμα, από τον Humboldt, το 1810, όταν ίδρυσε το Πανεπιστήμιο του Βερολίνου, και εξακολουθεί να προτείνεται ως «ανάγκη» για έρευνα, τόσο ως γενικότερο χαρακτηριστικό των πανεπιστημιακών σπουδών όσο και κατά την διδασκαλία στις σχολικές τάξεις. «...στο πανεπιστήμιο της έρευνας προέχει η καλλιέργεια του χαρακτήρα και όχι η διαπίστωση μιας συμβατικής αλήθειας, οπότε η διδασκαλία μέσα από την έρευνα είναι μια από τις ελάχιστες μορφές φανεράς ηθικής κηδεμονίας συμβατής με την ανεκτικότητα και την πολιτισμική ετερότητα της σημερινής εποχής» (Καλοσπύρος ο.π.).

Η παράλληλη παρουσία εκπαιδευτικών ιδιών ή διαφορετικών ειδικοτήτων αποτελεί ένα από τα πολλά καινοτόμα μοντέλα που χρησιμοποιούνται διεθνώς, όταν στην σχολική τάξη δύο εκπαιδευτικοί μοιράζονται ρόλους (Τσέλεπου, 2016). Η επιλογή μοντέλου εξαρτάται από τους στόχους που έχουν τεθεί κατά την εφαρμογή ενός προγράμματος εκπαίδευσης. Κατά την παρούσα διδακτική παρέμβαση, η οποία υλοποιήθηκε σε λυκειακές τάξεις σχολείων της Β' Αθήνας, είχε τεθεί ως στόχος η ανάδειξη της δημιουργικότητας και η εμπλοκή του συνόλου των μαθητών /τριών στην διαδικασία μέσω της σφαιρικής και παράλληλης προσέγγισης της γνώσης και του κόσμου.

## **Ο διάλογος και η διαπραγμάτευση ως κοινό στοιχείο κατά την διδασκαλία της λογοτεχνίας και των θετικών επιστημών.**

Τα τελευταία χρόνια η καλλιέργεια του δημιουργικού λόγου και η δημιουργική γραφή στο χώρο της γλωσσικής εκπαίδευσης αποτελούν τα πλέον ποιοτικά ζητούμενα της διδακτικής διαδικασίας. Εγκαταλείποντας παλαιότερες παραδοσιακές δασκαλοκεντρικές διδακτικές πρακτικές το μάθημα της Λογοτεχνίας προσανατολίζεται σε κειμενοκεντρικές προσεγγίσεις

δίνοντας παράλληλα κυρίαρχο ρόλο στον αναγνώστη. Ο συγγραφέας «αποκόβεται από οποιαδήποτε φωνή και με μια κίνηση εγγραφής χαράσσει ένα πεδίο που δεν έχει άλλη προέλευση από την ίδια τη γλώσσα» (Barthes, 2007). Η γλώσσα του κειμένου με την πολυσημία της, ερμηνευόμενη μέσα από το βίωμα του εκάστοτε αναγνώστη, αποκτά διαφορετική νοηματοδότηση. Σύμφωνα με το νέο Πρόγραμμα Σπουδών (ΦΕΚ 4911/31-12-2019) «...Το αντικείμενο της λογοτεχνίας δεν είναι ο άνθρωπος ή ο κόσμος· είναι η ανθρώπινη κατάσταση, η σχέση του ανθρώπου με τον κόσμο ως εμπειρία, όπως αυτή διαθλάται μέσα από την υπαινικτική και αμφίσημη λογοτεχνική γλώσσα· είναι, δηλαδή, η λογοτεχνική αναπαράσταση της ανθρώπινης κατάστασης». Η ερμηνεία του κειμένου, επομένως, αποτελεί μια προσπάθεια του αναγνώστη να αποδώσει νόημα σε αυτό και μέσω του διαλόγου και της συζήτησης στην τάξη ανοίγεται σε άλλες οπτικές αλλά και παράλληλα εξασκείται στην αναγνώριση, μέσω της γλώσσας, των συμβάσεων του κειμένου.

Όσον αφορά στις θετικές επιστήμες, έχει διαπιστωθεί ότι συχνά οι μαθητές είτε εστιάζουν αποκλειστικά στην λύση του προβλήματος είτε δεν έχουν σαφή γνώση των εννοιών. Για παράδειγμα, στην περίπτωση των μαθηματικών, «...το διακύβευμα (για την εξίσωση) είναι η λύση, η εύρεση, δηλαδή, της τιμής της μεταβλητής. Έτσι έχουμε μια εργαλειώδη αντίληψη, μια συστηματοποιημένη ημιγνώση που δεν αναζητά τον λόγο ύπαρξης και την ουσία της έννοιας...» (Ασημακοπούλου –Λυμπεροπούλου, 2016β).

Στην περίπτωση του μαθήματος της Φυσικής η μάθηση μπορεί να είναι ατομική υπόθεση του καθενός, η οποία όμως δεν πραγματοποιείται στην απομόνωση αλλά εμπεριέχει κοινωνικές και πολιτισμικές διεργασίες (Wertsch, 1995, Cobern & Aikenhead, 1998). Έτσι μετατρέπεται σε ένα κοινωνικό φαινόμενο, το οποίο ξεκινά έξω από το άτομο, όταν αυτό αλληλεπιδρά με άλλα άτομα, και στη συνέχεια, αυτές οι εμπειρίες εσωτερικοποιούνται (Vygotsky, 1978). Επομένως, η μάθηση στις φυσικές επιστήμες, επίσης, αποτελεί μια κοινωνική δραστηριότητα κατά την οποία οι μαθητές εμπλέκονται σε κατασκευή εννοιών μέσω συζητήσεων και διαπραγματεύσεων με τους άλλους συμμαθητές τους και με τους διδάσκοντες (Vygotsky, 1978, Solomon, 1987). Η οικοδόμηση των εννοιών, κατά τη θεωρία του εποικοδομητισμού, γίνεται ενεργητικά από το υποκείμενο που μαθαίνει (Von Glasersfeld, 1995). Οι μαθητές κατασκευάζουν οι ίδιοι την καινούργια γνώση για τα φυσικά φαινόμενα μέσα από μια διαδικασία αλληλεπίδρασης βιωματικών ιδεών που έχουν ήδη δημιουργήσει για αυτά και του εκπαιδευτικού περιβάλλοντος (Κολιόπουλος, 2001). Η οικοδόμηση της γνώσης είναι μια δυναμική διαδικασία η οποία απαιτεί την ενεργό συμμετοχή του υποκειμένου για να επιτύχει την εννοιολογική αλλαγή για τη μετάβαση από την πρακτικο-βιωματική γνώση στη σχολική γνώση (Hewson, 1981, Posneretal, 1982, Careyetal, 1986, Chietal, 1994, Vosniadou et al, 1994). Ωστόσο βασικές έννοιες της φυσικής, συχνά δεν κατανοούνται πλήρως από τους μαθητές, αν και κατέχουν κεντρική θέση στα φυσικά φαινόμενα και υπάρχουν σε όλους τους επιμέρους κλάδους των φυσικών επιστημών δηλαδή στη Φυσική, στη Χημεία, στη Βιολογία, στη Γεωλογία ενώ παράλληλα εμπλέκονται σε πλήθος κοινωνικών και περιβαλλοντικών θεμάτων, όπως για παράδειγμα η έννοια «ενέργεια» (Μπουλουζή, 2012).

### Οι διδακτικές παρεμβάσεις

Με αφορμή το ποίημα *Το άρρητο είναι αβαρές* πραγματοποιήθηκαν δύο διδακτικές παρεμβάσεις σε μαθητές Β' Λυκείου των περιοχών Μεταμόρφωσης και Νέου Ηρακλείου Αττικής, κατά την περίοδο Φεβρουαρίου –Μαρτίου 2020.

Το ποίημα του Ε. Κακναβάτου από την συλλογή *Χαοτικά Ι* είναι χαρακτηριστικό δείγμα υπερρεαλιστικής γραφής και επελέγη, καθώς είναι ένα «ανοιχτό» σε ερμηνείες κείμενο (Δανιήλ, 2004). και με πλήθος γλωσσικών όρων από τις φυσικές επιστήμες:

*Κι αίφνης το άρρητο μια σαοσισμένη σαύρα πάνω σε ξερολιθιά/στα εσώρουχα του καταρράχτη/στην αϋπνία του κροταλία/στην αφράτη γεωμετρία των φράκταλς/Σκαριά σχημάτων στήνουνε τον χώρο/ο χρόνος είναι ηχοβλεφίας αιρεσιουργός/η απόχη του δεν πιάνει το άρρητο/ούτε τη μάζα του που δεν αλλάζει σε ενέργεια/κι ας πάει να την ξεσέρνει το άγιο φως του Άλμπερτ/Τα νετρίνια δεν έχουν τίποτα που να μετριέται/το μόνο που μπορούν είναι που καταδιώκουν τ' όνομά τους/οι πλανήτες να ψήνονται στο ερσίπελας/το ανθηρό εκτόπλασμα του εγώ/να πέφτει σε πληθοντικούς εγείς εγών /κι ο λαμπαδίας βήμα χήνας στο λιθόστρωτο/Ω άγρια νοημοσύνη του Χάους/τα όρια τα όρια/το άνευ.*

Επιδιώχθηκε, αρχικά, να διερευνηθεί με ποιο τρόπο έχουν προσλάβει οι μαθητές έννοιες της Φυσικής που είχαν διδαχτεί τα προηγούμενα χρόνια και η ικανότητα τους να προεκτείνουν τις έννοιες αυτές στον κοινωνικό χώρο χρησιμοποιώντας τις ως σύμβολα, προκειμένου να ερμηνεύσουν το ποίημα. Στην συνέχεια, θέσαμε πέντε βασικά ερωτήματα τα οποία αποτέλεσαν την βάση του σχεδιασμού της παρέμβασής μας.

- Πώς αντιλαμβάνονται οι μαθητές/τριες την ένταξη εννοιών της Φυσικής στο ποίημα;
- Ποιοι είναι οι όροι της σύγχρονης κβαντικής Φυσικής και ποιες έννοιες από την νευτώνεια φυσική δεν έχουν, σε μεγάλο βαθμό, γίνει κατανοητές;
- Ποιους συμβολισμούς θα μπορούσαν να αναγνωρίσουν οι μαθητές στους όρους που αναφέρονται στο ποίημα;
- Ποια εφαρμογή βρήκαν οι επιστημονικές γνώσεις που υπαινίσσεται ο ποιητής στην καθημερινότητα των ανθρώπων;
- Η επαρκής κατανόηση του ποιήματος εξαρτάται από τις γνώσεις τις οποίες έχει ο αναγνώστης σε έννοιες της Φυσικής;

Κατά τη διάρκεια της παρέμβασης έγινε υπενθύμιση μερικών σημαντικών προσωπικοτήτων οι οποίες συνέβαλαν σημαντικά αποφασιστικά στη διαμόρφωση των σύγχρονων θεωριών της Φυσικής και οι οποίες περιέχονταν στα σχολικά βιβλία, τα οποία είχαν μελετήσει οι μαθητές/τριες στη διάρκεια της φοίτησής τους όπως:

- ο Galileo Galilei, με αναφορά στο ηλιοκεντρικό σύστημα και στην πειραματική μέθοδο η οποία εφαρμόζεται ευρέως στις φυσικές επιστήμες (Αντωνίου κ. ά., 2019, Βλάχος κ.ά., 2020),
- ο Isaac Newton, με αναφορά στους τρεις νόμους του, οι οποίοι είχαν διδαχθεί στους μαθητές/τριες στη Β' Γυμνασίου και στην Α' Λυκείου καθώς και στον νόμο της παγκόσμιας έλξης, (Αντωνίου κ. ά., 2019, Βλάχος κ.ά., 2020),
- ο Albert Einstein, με αναφορά στη θεωρία της σχετικότητας, την ισοδυναμία μάζας ενέργειας με την πασίγνωστη εξίσωση  $E=mc^2$ , και στη σχέση της θεωρίας αυτής με την ενέργεια η οποία εκλύθηκε από τις ατομικές βόμβες που προκάλεσαν ανυπολόγιστες απώλειες στη Χιροσίμα και το Ναγκασάκι κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο.

Από τα πρώτα στάδια της παρέμβασης αναδείχθηκε η δυσκολία αναγνώρισης όρων της κβαντικής φυσικής από τους μαθητές/τριες, εξαιτίας της διδασκαλίας τους στην κλασική Νευτώνεια Φυσική και της περιορισμένης αξιοποίησης των σχετικών εννοιών για την ερμηνεία φυσικών ή κοινωνικών φαινομένων.

Ακόμα μεγαλύτερη δυσκολία εντοπίστηκε στη συσχέτιση της ιστορικής εξέλιξης των κοινωνιών και των εφαρμογών των θετικών επιστημών, ιδιαίτερα των νεότερων, όπως η θεωρία της σχετικότητας, «του χάους», «των φράκταλς» και των υποατομικών σωματιδίων «νετρίνων» που αναφέρονται στο ποίημα. Μεμονωμένες ήταν οι περιπτώσεις μαθητών που γνώριζαν και για μια «άλλη φυσική», πέρα από τη Νευτώνεια.

Οι προηγούμενες συζητήσεις σχετικά με την υπενθύμιση γνωστών όρων και την εξέλιξη των φυσικών επιστημών αποτέλεσαν το έναυσμα για απόπειρες προσέγγισης του ποιήματος και των συμβολισμών του εστιάζοντας σε βασικά, κατά την άποψη του κάθε αναγνώστη/μαθητή, ζητήματα που θίγονται στο ποίημα.

Εξετάζοντας περαιτέρω οι μαθητές, μέσω του διαλόγου και με την υποστήριξη των εκπαιδευτικών, τον ρόλο των σημαντικών εξελίξεων του τελευταίου μισού του 20ου αι. στις φυσικές επιστήμες, όπως για παράδειγμα την χρήση της ατομικής ενέργειας, θίχτηκε το ζήτημα της εφαρμογής των πορισμάτων της επιστήμης σε εκφάνσεις της ατομικής και κοινωνικής ζωής των ανθρώπων. Ως επακόλουθο ετέθη και το ζήτημα της ηθικής στην επιστημονική έρευνα.

Κατά τον διάλογο που αναπτύχθηκε και με βάση τα ερωτήματα που διατυπώθηκαν από τους μαθητές/τριες, με αφορμή τις λέξεις του ποιήματος, δόθηκαν κι άλλες πληροφορίες σχετικά με τα επαναλαμβανόμενα γεωμετρικά σχήματα των φράκταλς, των υποατομικών σωματιδίων νετρίνων της θεωρίας του Χάους, αλλά και τις απόψεις του Νεύτωνα για την βαρύτητα και τους νόμους της κίνησης που είχε διατυπώσει. Έγινε η σύνδεση των νόμων αυτών με τις τροχιές των πλανητών στο ηλιακό μας σύστημα, δεδομένου ότι στο ποίημα αναφέρεται το λαμπρότερο άστρο στον αστερισμό του Ταύρου: ο «λαμπαδίας».

Στην συνέχεια, αφού έγινε αναφορά στην εξίσωση ισοδυναμίας ενέργειας - μάζας  $E=mc^2$  του Einstein και στην έννοια του χωροχρόνου, έγινε ανάκληση των γνώσεων που έχουν οι μαθητές/τριες στη δομή του ατόμου. Παρουσιάστηκαν ορισμένα στοιχεία του υποατομικού σωματιδίου «νεutrino», το οποίο αναφέρεται στο ποίημα, καθώς και της ελληνικής συμμετοχής στο διεθνές πείραμα Nestor, η οποία αφορά στην προσπάθεια ανίχνευσης του σωματιδίου αυτού στην Πύλο (Tzamarias, 2005). Έχει διαπιστωθεί πως η εισαγωγή εννοιών της μικροκλίμακας στη διδασκαλία, μπορεί να γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ μακρόκοσμου, όπου τα φαινόμενα είναι άμεσα παρατηρήσιμα, και υπομικροσκοπικού, δηλαδή του κόσμου των μορίων και των ατόμων (Wiser & Smith, 2008, Meijer, 2011), αν και στην διεθνή έρευνα σημειώνεται η ύπαρξη παρανοήσεων στα θέματα αυτά σε μεγάλο αριθμό μαθητών/τριών (Σκουμιός, 2012, Σχιζοδήμου, 2013).

Με αφορμή το απόσπασμα «βήμα χήνας στο λιθόστρωτο» έγινε αναφορά σε ιστορικά γεγονότα της εποχής του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, στον φασισμό, και στους ηθικούς προβληματισμούς των επιστημόνων σχετικά με τη δημοσιοποίηση επιστημονικών ανακαλύψεων και επιτευγμάτων, όσον αφορά τη διάσπαση του πυρήνα του ατόμου και τα τεράστια ποσά ενέργειας που εκλύονται. Τονίστηκε πως αυτά τα επιτεύγματα είχαν ως κατάληξη την κατασκευή και την ρίψη των ατομικών βομβών στη Χιροσίμα και στο Ναγκασάκι, που αποτέλεσε τον τραγικό επίλογο του πολέμου.

Η πρωτοτυπία της παράλληλης διεπιστημονικής προσέγγισης των δύο «διαφορετικών» διδακτικών αντικειμένων, της Φυσικής και της Λογοτεχνίας, δημιούργησε κίνητρα στους μαθητές για αναζητήσεις τόσο σε συλλογικό επίπεδο, μέσα στην τάξη, με την συζήτηση ως συνομιλία-conversational discourse (Φρυδάκη, 2009), όσο και σε ατομικό επίπεδο με την παραγωγή κειμένων και τη δημιουργική γραφή.

### **Οι δημιουργίες των μαθητών**

Η συζήτηση και οι απόπειρες ερμηνείας του ποιήματος κινητοποίησαν το ενδιαφέρον των μαθητών/τριών. Μετά την ολοκλήρωση της παρουσίασης και της εκτεταμένης συζήτησης ζητήθηκε από τους μαθητές να επιλέξουν, όποιον όρο της Φυσικής επιθυμούν από το ποίημα *Το άρρητο είναι αβαρές* και να συντάξουν ένα κείμενο, πεζό ή ποιητικό. Δόθηκε η οδηγία να αποδώσουν στον όρο αυτό μια συμβολική σημασία σύμφωνα με τον δικό τους ορίζοντα

και τα βιώματά τους (Σουλιώτης, 2012). Με αξιοσημείωτη προθυμία, όλοι οι μαθητές προσπάθησαν να ολοκληρώσουν το έργο τους. Τα ποιήματα όσων μαθητών επιθυμούσαν, διαβάστηκαν στην τάξη. Ενδεικτικό του καλού κλίματος που είχε δημιουργηθεί ήταν η συχνή συνεργασία με τους συμμαθητές τους, προκειμένου να επιτύχουν ένα καλύτερο αποτέλεσμα και να εκφράσουν με ακρίβεια την σκέψη τους. Μετά από την ανάγνωση του πρώτου ποιήματος και την επιβράβευση που ακολούθησε από όλη την τάξη, όλο και περισσότεροι μαθητές επιθυμούσαν να συμμετάσχουν σε αυτή τη διαδικασία. Τα περισσότερα ποιήματα είχαν έντονο συμβολικό χαρακτήρα με βάση τον όρο της Φυσικής που πραγματεύονταν και ενδιαφέρουσες προεκτάσεις στην ζωή, την καθημερινότητα, τα βιώματα και τα συναισθήματά τους. Αρκετοί μαθητές/τριες, επίσης, δεν παρέλειψαν να προσδώσουν στο έργο τους ένα ιδιαίτερο χιουμοριστικό ύφος. Τα μαθητικά κείμενα διατηρήθηκαν ως προς τη σύνταξη και τη μορφή, ως έχουν.

1. Το άπειρο είναι αυτό που δεν μπορεί να μετρηθεί, που να έχει όρια, σαν τη θάλασσα, που με ατέλειωτο κάματο κυνηγάει και, μάταια, προσπαθεί να δαμάσει ο ναύτης. Σαν το διάστημα που ποτέ δεν μπορούμε να φτάσουμε και ποιος ξέρει, μπορεί στο τέλος του να δούμε πάλι εμάς.

(Νεκτάριος)

2. Το βάρος

Το βάρος σαν μια αλυσίδα που πάνω στη γη σε κρατά,  
που δεν σε αφήνει στον ουρανό να πας, αλλάζει με τις συνθήκες  
ανάλογα το που το συναντάς.

Ο Νέφτωνας το εγκλώβισε

και προσπάθησε πώς να το ημερεύσει

βρήκε διάφορους τρόπους για το πώς να το ερμηνεύσει

και αυτό τον φώτισε.

Την βαρύτητα δεν μπορείς τελικά να αποφύγεις

από τα δεσμά της να λυθείς

γιαυτό θα κάτσεις να την υπομείνεις

ακόμα κι αν δεν μπορείς να το δεχτείς.

(Κωνσταντίνος)

3. Χώρος, χρόνος, σύμπαν

Έννοιες άπειρες σαν τις γνώσεις

Ό,τι γνώση αποκτήσεις δεν είναι τίποτα

Ξέρω ότι τίποτε δεν ξέρω

Ποτέ μην σταματάς να αφηφάς

Μόνο έτσι ξεφεύγεις από την πλάνη στην οποία ζεις

Ακόμα και αποδεδειγμένες θεωρίες στο μέλλον αφηφούνται

Τα όρια του Χάους

Δεν υπάρχουν

Το Χάος, άπειρο

Η έννοια του απείρου

Αδιανόητη

Όσα χρόνια κι ας περάσουν ο άνθρωπος δεν θα την καταλάβει ποτέ

Φως νεκρών αστεριών που βλέπουμε εννοώ έχουν πεθάνει

Πλάνη

Ψάξε κι ερεύνα.  
(Γιάννης)

4. Το άπειρο  
Εις την γη υπάρχει τελειωμός  
Εις το σύμπαν όμως όχι  
Επικρατεί το άπειρο  
Όπως συμβαίνει και με τους αριθμούς στα μαθηματικά  
Όπως οι αριθμοί δεν τελειώνουν  
Ούτε από τους αρνητικούς μήτε από τους θετικούς  
Έτσι και το σύμπαν δεν περιορίζεται σε κανένα σημείο.  
Γι' αυτό λοιπόν τα μαθηματικά  
Είναι συμβατικά  
Με όλα τα δρώμενα του γαλαξία.  
(Φανούριος)

5. Τα αστέρια  
Όταν κοιτάς τον νυχτερινό ουρανό αντικρίζεις το παρελθόν. Σκοτεινό με σημεία φωτεινά που ύστερα από πολύ κόπο το φως τους έφτασε στα μάτια μας. Σημεία απλωμένα σε έναν απέραντο μαύρο ωκεανό που διαστέλλεται ασταμάτητα. Και ύστερα τα σημεία πέφτουν και το φως χάνεται στο άπειρο.  
(Βικτώρια)

6. Στον κόσμο υπάρχουν πολλές διαφορετικές διαστάσεις που πολλοί άνθρωποι μπορούν να τις εκφράσουν και κάποιοι άλλοι όχι. Ο κάθε άνθρωπος μπορεί να δημιουργήσει και μια καινούργια διάσταση που προσδιορίζει τον τρόπο που βλέπει αυτός τον κόσμο γύρω του. Οι διαστάσεις δεν είναι κάτι που μπορεί να μετρηθεί αλλά κάτι που διακρίνει το κάθε διαφορετικό μάτι, δηλαδή όταν βλέπεις τον κόσμο από ψηλά τον βλέπεις διαφορετικά από όταν είσαι στο έδαφος μαζί με τους συνανθρώπους σου.  
(Ιάσοντας)

7. Κινητική ενέργεια  
Η κίνηση είναι το κίνητρο  
για τη ζωή μας.  
Η μάζα είναι όλη  
για τη δύναμή μας  
Η ταχύτητα είναι η ένταση  
για την ψυχή μας  
(ανώνυμο)

8. Αν έβρισκα τον Νεύτωνα θα του έκοβα τον τένοντα  
να μάθει με το μήλο που του έπεσε στο κεφάλι  
πώς είναι να σου κάνουν τη ζωή κουβάρι.  
Πριν τη βαρύτητα όλοι πετούσαν  
και όταν ήρθε αυτός, τον βλασφημούσαν  
και οι τρεις του νόμοι ήταν πρόβλημα μεγάλο  
αφού μας κάνουν να τους λέμε σαν τον παπαγάλο.  
Τώρα που η αντίσταση του αέρα θεωρείται αμελητέα

ο θάνατός μου θα έχει ωραία θέα.  
Η φυσική έχει ωραία μελωδία  
αλλά τα μαθηματικά την κάνουν παρωδία.  
Αντώνης

9. Στον κύκλο της ζωής  
εγώ διαλέγω  
να είμαι ο διαβήτης.  
Με ταχύτητα φωτός  
οι στιγμές διαβαίνουν μπρός μου  
και εγώ μοναχικός παρατηρητής  
και δράστης  
ζω, βιώνω, νοιώθω.  
Ένα νετρόνιο στον πυρήνα  
ένας αντισυμβατικός λόγος  
στο πέπλο του τέλειου  
που αποφασίζω να απλώσω γύρω μου.  
Έτσι και εγώ  
γίνομαι μέρος της έκρηξης  
που ίσως καταστρέψει τον κόσμο.  
Ή ίσως  
και να τον δημιουργήσει  
Χρύσω

10. Δεν κουνιέμαι  
Είναι φυσικό  
να φοβάται κάποιος την αλλαγή.  
Μία κίνηση μπρος, μία πίσω ...  
Ένα βήμα αβέβαιο,  
ίσως επικίνδυνο,  
αλλάζει την τωρινή κατάσταση  
του είναι.  
Ένας μηχανισμός άμυνας  
η αδράνεια σε ένα κόσμο άγνωστο  
δίχως σιγουριά,  
δίχως έλεος.  
Δεν αλλάζω, είμαι ασφαλής, δεν φοβάμαι.  
.....  
θα ακολουθήσω την ροή των πραγμάτων.  
Θα πέσω  
στο αχανές άπειρο  
ψάχνοντας την αλήθεια  
(ανώνυμο)

11. Κρούσεις υπάρχουν στη φυσική  
κρούσεις υπάρχουν στη ζωή.  
Στην επιστήμη δύο σώματα έρχονται κοντά  
για λίγο πλησιάζουν



κι ύστερα από μεγάλες δυνάμεις  
είτε απωθούνται  
είτε συνεχίζουν μαζί.  
Έτσι γίνεται και στους ανθρώπους.  
Μία κρούση, ένας διαπληκτισμός είναι αρκετά  
για να χωρίσουν δύο ανθρώπους.  
Μία ιδέα, δύο αντίθετες αντιλήψεις,  
αρκούν για να χωρίσουν δρόμοι.  
Εμείς θα επιλέξουμε ποιο δρόμο θα ακολουθήσουμε.  
Εμείς θα αποφασίσουμε εάν οι δυνάμεις αυτές  
γνωστές ως «εγωισμός»  
θα μας χωρίσουν  
ή θα είναι αυτές  
που θα μας κρατήσουν  
Γιώργος

### Συμπεράσματα

Μέσα από την παρέμβαση αυτή δόθηκε η ευκαιρία στους διδάσκοντες, να συνεργαστούν πάνω σε ένα λογοτεχνικό έργο, το οποίο, περιελάμβανε όρους των φυσικών επιστημών. Το θέμα και η φύση του ποιητικού λόγου αξιοποιήθηκαν για την ανάκληση γνώσεων τις οποίες είχαν ήδη διδαχθεί οι μαθητές/τριες, καθώς και την προέκτασή τους στις σύγχρονες επιστημονικές θεωρίες. Από την άλλη πλευρά η ερμηνευτική προσπάθεια και η δημιουργική σκέψη των μαθητών/τριών βασίστηκε στην βαθύτερη κατανόηση και την ερμηνεία συμβολισμών του ποιήματος. Η ολιστική προσέγγιση της γνώσης, ως κεντρικός στόχος της παρέμβασης αυτής δημιούργησε, πράγματι, ένα «πλέγμα» το οποίο αποτελούνταν από το επίσημο αναλυτικό πρόγραμμα, το οποίο αν και στηρίζεται στη διάκριση των γνωστικών αντικειμένων, αξιοποιήθηκε, ωστόσο, στον σχεδιασμό της διαθεματικής προσέγγισης, από την διδακτική προσέγγιση καθαυτή και από το σχολικό περιβάλλον στο οποίο εφαρμόστηκε (Shallcross et al., 2009) προκειμένου να αναδείξει όλους τους τύπους μάθησης εμπλέκοντας το σύνολο των μαθητών/τριών στην διαδικασία. Τα θετικά αποτελέσματα της συνεργασίας και της παράλληλης παρουσίας των δύο εκπαιδευτικών στην σχολική τάξη, μπορούν να επιβεβαιωθούν και στην παρούσα παρέμβαση (Τσέλεπου, 2016, Nassir Al Nassir, 2017). Ήταν εντυπωσιακό το ενδιαφέρον του συνόλου των μαθητών και η εμπλοκή τους στη διαδικασία.

Από την πλευρά των εκπαιδευτικών τόσο κατά τον σχεδιασμό όσο και κατά την υλοποίηση της παρέμβασης, η συνεργασία, η ανταλλαγή απόψεων, ιδεών και γνώσεων από δύο επιστημονικούς χώρους είχε ως αποτέλεσμα την ενδυνάμωσή τους (Quénéée, 2014) και, μακροπρόθεσμα, θεμελιώνει κλίμα συνεργασίας.

Ειδικότερα, ως προς την προσέγγιση και αξιοποίηση του ποιητικού λόγου, αρχικά, οι μαθητές δυσκολεύτηκαν αρκετά να προσεγγίσουν το «δύσκολο» για το γνωστικό τους επίπεδο- ποίημα και ορισμένες έννοιες της Φυσικής τους εμπόδισαν να το ερμηνεύσουν. Όμως, από τον διάλογο που ακολούθησε στην τάξη και με την παρέμβαση των διδασκόντων διαπιστώθηκε ότι :

- Το ποίημα, παρά τους σχετικά άγνωστους όρους που περιείχε, κέντρισε το ενδιαφέρον των μαθητών.

- Αρκετοί μαθητές εκδήλωσαν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τις εξελίξεις στον χώρο της Φυσικής και σχεδόν στο σύνολο τους επικεντρώθηκαν τόσο στην κατανόηση των εννοιών όσο και στις εφαρμογές τους.
- Σε όλους τους μαθητές ήταν γνωστή η προσωπικότητα του Einsein, αλλά δεν αναγνώρισαν την περίφημη εξίσωσή του και τη σύνδεσή της με την ατομική ενέργεια.
- Με βάση τον διάλογο, τις παρεμβάσεις των συμμαθητών/τριών που γνώριζαν για την «νέα εποχή» στις φυσικές επιστήμες, για παράδειγμα τη θεωρία του Χάους, καθώς και με την βοήθεια των διδασκόντων, οι μαθητές στο σύνολό τους εξοικειώθηκαν με το «περιβάλλον» του ποιήματος και άρχισαν να το προσεγγίζουν.
- Κατά την ερμηνεία του ποιήματος οι μαθητές/τριες εστίασαν κυρίως στις έννοιες που γνώριζαν ή σε εκείνες που τους εντυπωσίασαν και αυτό έγινε φανερό στα γραπτά τους κείμενα όπου χρησιμοποίησαν όρους από την επιστήμη της Φυσικής.
- Προκλήθηκε ο προβληματισμός στους μαθητές για το πώς μπορεί να συνδέεται η επικρατούσα φιλοσοφία με τη διατύπωση μιας επιστημονικής θεωρίας και αντίθετα: πώς οι επιστημονικές ανακαλύψεις και θεωρίες διαμορφώνουν τη φιλοσοφική θεώρηση των ανθρώπων, όπως για παράδειγμα η απόδοση σε θεϊκές δυνάμεις των εκλείψεων του ηλίου, της σελήνης, των σεισμών, κ.ά... Δεν δόθηκε περισσότερη έκταση στο θέμα, αν και η διαδικασία διατύπωσης και διαπραγμάτευσης επιχειρημάτων, έχει αναδειχθεί στην τελευταία δεκαετία ως μια εναλλακτική προσέγγιση στη μαθησιακή διαδικασία, καθώς συντελεί στην ανάπτυξη των γνωστικών-μεταγνωστικών δεξιοτήτων, στην ενίσχυση του επιστημονικού γραμματισμού, και στην διερεύνηση της φύσης της επιστήμης (Γεωργίου, 2016).
- Όσες φορές οι μαθητές επιχείρησαν να υποστηρίξουν τις απόψεις τους, επιβεβαίωσαν τα ερευνητικά δεδομένα, σύμφωνα με τα οποία οι Έλληνες έφηβοι μαθητές, όπως και οι συνομήλικοί τους σε άλλες χώρες, δυσκολεύονται ιδιαίτερα στην ανάπτυξη επιχειρημάτων και τις λίγες φορές που κατορθώνουν να θεμελιώσουν τη γνώμη τους με πιο στιβαρά επιχειρήματα, αυτά είναι βασισμένα ως επί το πλείστον στη διαίσθηση, στις προσωπικές και ενίοτε έωλες αντιλήψεις τους ή τις παγιωμένες απόψεις τους (Γεωργίου, 2016).
- Ο ποιητικός λόγος των μαθητών/τριών, κάποιες φορές αφηγηματικός, δανείστηκε λέξεις και στοιχεία από την επιστήμη προκειμένου να δημιουργήσει νέες έννοιες. Τα ποιητικά έργα τους, σαφώς, αποτελούν πρωτόλειες προσπάθειες στοχασμού και αναστοχασμού που μπορούμε, ωστόσο, να θεωρήσουμε ότι τους εισάγει στα δύσβατα μονοπάτια της μεταγνώσης.  
Η ποίηση του καθόλα «μοντέρνου» ποιητή Έκτορα Κακναβάτου, με την πρόκληση μιας ολιστικής προσέγγισης της γνώσης, σε μαθητές/τριες Λυκείου, αποτελεί μια σταθερή αναφορά για μια διαφορετική αντίληψη της διαθεματικότητας και της πρόσκτησης όχι μόνο γνώσεων, αλλά και κατανόησης της ολότητας και της ενότητας του κόσμου. Και βρίσκεται ακόμη στην αφετηρία της. Με βάση την παραπάνω διδακτική παρέμβαση είναι αλήθεια ότι «...και η Φυσική και η Λογοτεχνία είναι περιπέτειες μέσα στο άγνωστο. Είναι βασανιστικές διαδρομές κατά τις οποίες τόσο η μια όσο και η άλλη, αναζητούν υψηλής αισθητικής αναπαραστάσεις κάποιων περιοχών του Σύμπαντος που βρίσκονται έξω από τα σύνορα του άμεσα αισθητού» (Κασσέτας, 2007).

## Ευχαριστίες

Ευχαριστούμε θερμά: Τις διευθύνσεις των δύο Λυκείων για την προθυμία και την υποστήριξη τους ώστε να πραγματοποιηθούν οι παρεμβάσεις μας. Τους εκπαιδευτικούς για

την πρόθυμη και αγαστή συνεργασία τους. Το μαθητικό κοινό μας για την προσπάθεια που κατέβαλε να «ταξιδέψει» μαζί μας στον κόσμο της Λογοτεχνίας και της Φυσικής.

## Ελληνόγλωσσες αναφορές

- Αντωνίου Ν., Δημητριάδης Π., Καμπούρης Κ., Παπαμιχάλης Κ., Παπασιμπα Λ., (2019), *Φυσική Β' Γυμνασίου*, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ».
- Αργυροπούλου Χ. (2003). *Η γλώσσα στην ποίηση του Έκτορα Κακναβάτου*, Αθήνα, εκδ. Τυπωθήτω.
- Ασημακοπούλου Α., Λυμπεροπούλου Ε. (2016β). *Σιδεροντομένη έμπαινε πια στην πόλη η εξίσωση... - Ε. Κακναβάτος*, 33ο Πανελλήνιο Συνέδριο Μαθηματικής Παιδείας της Ελληνικής Μαθηματικής Εταιρείας (Ε.Μ.Ε.) 4, 5 & 6 Νοεμβρίου, Χανιά (διαθέσιμο: <http://blogs.sch.gr/isiglavas/archives/2277>).
- Βλάχος Ι., Γραμματικάκης Ι., Καραπαναγιώτης Β., Κόκκοτας Π., Περιστερόπουλος Π., Τιμοθέου Γ. (2020). *Φυσική Γενικής Παιδείας Α' Λυκείου*, Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ».
- Γεωργίου, Μ. 2016. *Η ικανότητα των μαθητών να αναπτύσσουν επιστημονικά επιχειρήματα σε βιολογικά ζητήματα με κοινωνικές προεκτάσεις: εστιασμένη διδακτική παρέμβαση στο ζήτημα της βιοτεχνολογίας*, διδακτορική διατριβή, ΕΚΠΑ.
- Δανυήλ, Χ. (2004). Ο Υπερρεαλισμός του Έκτορα Κακναβάτου: πρώτες προτάσεις, *Μανδραγόρας* 5, σ. 24-26.
- Καλοσπύρος Ν. (2017). *Το δίπτυχο του Κ.Κ.Π.Π.Ε. Η ιδέα του W. von Humboldt και η νοσηματοδότηση της επιχειρηματικότητας-καινοτομίας στις ανθρωπιστικές σπουδές*, Αθήνα, Κοινωνικός & Πολιτιστικός Έργου.
- Κασσέτας Α. (2007). *Της Λογοτεχνίας και της Φυσικής*, Στο Δ. Χασάπης (Επιμ). Μαθηματικά και Λογοτεχνία, 6ο Δήμερο Διαλόγου για τη διδασκαλία των Μαθηματικών 17 και 18 Μαρτίου 2007, Θεσσαλονίκη, Ομάδα έρευνας της μαθηματικής εκπαίδευσης, ΑΠΘ.
- Κολιόπουλος, Δ. (2001). *Σχεδιασμός διδακτικού υλικού για την έννοια της ενέργειας*, Στο: Κολιόπουλος, Δ., Κουλαϊδής, Β., Τσατσαρώνη, Α., Χατζηνικήτα, Β., Χρησιτίδου, Β. & Ogborn, J. (Επιμ.), *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (Τόμος Β', σ. 367-409)*, Πάτρα: Ελληνικό Ανοικτό Πανεπιστήμιο.
- Μαυροσκοφής, Δ. (2017). *Ανθρωπιστικές -κοινωνικές και θετικές-φυσικές επιστήμες. Παράλληλοι κόσμοι ή ενότητα των επιστημών; Νέα Παιδεία*, τ. 161 (σ. 15-33).
- Μακρή - Μπότσαρη, Ε. (2006). *Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγράμματος Σπουδών και Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών*, Τεύχος Επιμορφωτικού Υλικού, ΥΠ.Ε.Π.Θ.
- Μοσχονάς, Γ. (2014). *Μια εισαγωγή στην Fractal Γεωμετρία (Μορφοκλασματική Γεωμετρία)*, *Δημερίδα Μαθηματικών Ηράκλειο*, 7- 8 Μαρτίου 2014 (ανακτήθηκε στις 23/7/2016 στο [http://www.moschonas.gr/anakinosis/Fractal\\_geometry\\_Mandelbrot\\_set\\_pdf.pdf](http://www.moschonas.gr/anakinosis/Fractal_geometry_Mandelbrot_set_pdf.pdf)).
- Μπουλουξή, Α. (2012). *Οι γνώσεις και οι αντιλήψεις που αποκτούν οι μαθητές για την έννοια ενέργεια κατά τη διδασκαλία των μαθημάτων χημείας, φυσικής και βιολογίας*, Διδακτορική διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ).
- Πρόγραμμα Σπουδών του μαθήματος της Νεοελληνικής Γλώσσας και Λογοτεχνίας της Γ' τάξης Γενικού Λυκείου, ΦΕΚ 4911/31-12-2019.
- Σκουμιάς, Μ. (2012). *Σημειώσεις για το μάθημα: Αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών και διδακτική τους αντιμετώπιση*, Μέρος Α', Ρόδος 2012, <http://lab-fe.pre.aegean.gr/downloads/antilipseis/ANTILIPSEIS-SHMEIWSEIS-KEFALAIA-1-7.pdf>.
- Σουλιώτης, Μ. (2012). *Δημιουργική γραφή. Οδηγίες Πλέσεως*, Υπουργείο Παιδείας και Πολιτισμού, Παιδαγωγικό Ινστιτούτο, Υπηρεσία Ανάπτυξης Προγραμμάτων, σ. 63 (Διαθέσιμο on line: [http://archeia.moec.gov.cy/sm/67/odigos\\_dimiourgikis\\_grafis.pdf](http://archeia.moec.gov.cy/sm/67/odigos_dimiourgikis_grafis.pdf) προσπελάστηκε στις 5/11/2016).
- Σχιζοδήμου, Α. (2013). *Εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της Α' τάξης του Λυκείου όσον αφορά στο σχηματισμό και τις χημικές ιδιότητες των μορίων. Διερεύνηση της προέλευσης και των παραγόντων διατήρησής τους*, Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδικευσης, Επιβλέπων Ακριβός Π., Θεσσαλονίκη 2013, πρόσβαση 22-11-2020 στη θέση <https://pergamon.lib.uoa.gr/uoa/dl/frontend/file/lib/default/data/1317215/theFile>.
- Τσέλεπου, Ε. (2016). *Συνδιδασκαλία από δύο εκπαιδευτικούς. Πώς εφαρμόζεται, πώς επηρεάζει θετικά την σχέση εκπαιδευτικών-μαθητών, την επίδοση, την διαμόρφωση και την ανάπτυξη της προσωπικότητας των μαθητών, αλλά και πώς τους μεταδίδει αξίες και χαρίσματα για μια ζωή*. Διδακτορική διατριβή. Neapolis University Library. <https://hephaestus.nup.ac.cy/handle/11728/8817> (ανάκτηση 31/1/2021).

- Φρυδάκη, Ε. (2009). *Η Διδασκαλία στην τομή της νεωτερικής και μετανεωτερικής σκέψης*, Αθήνα, εκδ. Κριτική.
- Barthes, R. (2007). Ο θάνατος του Συγγραφέα, στο *Εικόνα-Μουσική -Κείμενο*, μτφρ. Γιώργος Σπανός, Πλέθρον, Αθήνα.
- Shallcross, T., John, R., Pace, P. & Arjen, W. (2009). *Δημιουργώντας βιώσιμα σχολικά περιβάλλοντα*. Θεσσαλονίκη: Επίκεντρο.
- Vygotsky, L. (1978), στο Σκουμιός Μ., (2012). *Σημειώσεις για το μάθημα: Αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών και διδακτική τους αντιμετώπιση*, Μέρος Β', Ρόδος, 2012, <http://lab-fe.pre.aegean.gr/downloads/antilipseis/ANTILIPSEIS-SHMEIWSEIS-KEFALAIA-8-9.pdf>.

## Ξενόγλωσσες αναφορές

- Carey, S. & Wiser, M. (1983). When heat and temperature were one. In D. Gentner & A. Stevens (Eds.), *Mental models* (pp. 267-298). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Chi, M., Slotta, J. & de Leeuw, N. (1994). From theories to processes: A theory of conceptual changes for learning science concepts. *Learning and Instruction*, 4, 27-43.
- Cobern W., & Aikenhead G. (1998). Cultural Aspects of Learning Science, in *International Handbook of Science Education*, (pp. 39-52).
- Glaserfeld E. Von. (1995). A constructivist approach to teaching, στο Σκουμιός Μ., (2012) *Σημειώσεις για το μάθημα: Αντιλήψεις των μαθητών για έννοιες των Φυσικών Επιστημών και διδακτική τους αντιμετώπιση*, Μέρος Β', Ρόδος, 2012.
- Hewson, P. W., & Hewson, M. G. A.B. (1984). The Role of Conceptual Conflict in Conceptual Change and the Design on Science Instruction. *Instructional Science*, 13(1), 1-13.
- Meijer, M. (2011). *Macro-meso-micro thinking with structure-property relations for chemistry education*. Doctoral dissertation, PhD thesis, Faculty of Science, Utrecht University, Utrecht, The Netherlands).
- Nassir al Nassir, M. (2017). *Current practices of co-teaching in an elementary inclusive school: Moving toward effective co-teaching relationship*. Electronic Theses and Dissertations, University of Northern Iowa, UNI Scholar Works: <https://scholarworks.uni.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1373&context=etd> (ανάκτηση 31/1/2021)
- Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science Education*, 66(2), 211-227.
- Snow C. P. (1959) Η ομιλία διαθέσιμη στο <https://www.newstatesman.com/cultural-capital/2013/01/c-p-snow-two-cultures>
- Snow C. P. (1961). *The two Cultures and the Scientific Revolution. The Rede Lecture -1959*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Snow C. P. (1963). *The Two Culture and, A Second Look*. New York: New American Library.
- Snow C. P. (1998). *The two Cultures with introduction by*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Solomon, J. (1987). Social influences on the construction of pupils' understanding of science. *Studies in Science Education*, 14, 63-82.
- Todd Timmons W. (2007). *Older than Snow, The two Cultures And The Yale Report of 1828*, ανάκτηση στις 3/7/2020 από <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1098484.pdf>
- Quénée, M. (2014). *Le co-enseignement et si vous testiez?* WebPedago <https://lewebpedagogique.com/2014/03/17/le-co-enseignement-et-si-vous-testiez/> (ανάκτηση 31/1/2021)
- Tzamaras, S. E. (2005). Operation and performance of the NESTOR test detector: A measurement of the atmospheric muon flux, *Nuclear Physics B (Proceedings Supplements)*, V. 143, p. 355-358.
- Vosniadou, S. & Kempner, W.F. (1993). *Mental Models of Heat*, Paper presented at the biennial meeting of the society for research in child development, (New Orleans).
- Wallerstein I., (2004), *World-systems Analysis: An Introduction*, Duke University Press, Durham & London.
- Wertsch, J. V. & Penuel, W. R., (1995). Vygotsky and identity formation: A sociocultural approach. *Educational Psychologist*, 30(2), 83-92.
- Wiser, M., & Smith, C. L. (2008). Learning and teaching about matter in grades K-8: When should the atomic-molecular theory be introduced. *International handbook of research on conceptual change*, 205-239.