



Σχολή Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας  
Τμήμα Βιοϊατρικών Επιστημών  
Σχολή Διοικητικών, Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών  
Τμήμα Αγωγής και Φροντίδας στην Πρώιμη Παιδική Ηλικία



Παιδαγωγικό τμήμα



Διδρυματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών  
**Παιδαγωγική μέσω Καινοτόμων Τεχνολογιών και Βιοϊατρικών  
Προσεγγίσεων**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Το χαρτί ως εργαλείο κατανόησης εννοιών των Φυσικών Επιστημών στην  
Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση και εφαρμογής σε συμπεριληπτικά περιβάλλοντα**

POST GRADUATE THESIS

**The paper as a tool for understanding the concepts of Natural Sciences  
in Primary Education and its application in inclusive environments**

ΟΝΟΜΑ ΦΟΙΤΗΤΗ/NAME OF STUDENT

**Κωστάκη Δωροθέα-Μαργαρίτα**

Kostaki Dorothea-Margarita

ΟΝΟΜΑ ΕΙΣΗΓΗΤΗ/NAME OF THE SUPERVISOR

**Μπέλεση Βασιλική**

Belessi Vassiliki

ΑΙΓΑΛΕΩ/AIGALEO 2022



Faculty of Health and Caring Professions

Department of Biomedical Sciences

Faculty of Administrative, Financial and Social Sciences

Department of Early Childhood Education and Care



Department of Pedagogy



Inter-Institutional Post Graduate Program

**Pedagogy through innovative Technologies and Biomedical approaches**

POST GRADUATE THESIS

## **The paper as a tool for understanding the concepts of Natural Sciences in Primary Education and its application in inclusive environments**

Kostaki Dorothea-Margarita

19046

[doritakostaki@gmail.com](mailto:doritakostaki@gmail.com)

FIRST SUPERVISOR

Belessi Vassiliki

SECOND SUPERVISOR

Meidasi Athanasia

AIGALEO 2022

## **Δήλωση εργασίας μεταπτυχιακής εργασίας**

Η κάτωθι υπογεγραμμένη Κωστάκη Δωροθέα-Μαργαρίτα του Γραμμένου, με αριθμό μητρώου 19046 φοιτήτρια του Διδρυματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών Παιδαγωγική μέσω Καινοτόμων Τεχνολογιών και Βιοϊατρικών Προσεγγίσεων των Τμημάτων Βιοϊατρικών Επιστημών/ Τμήμα Αγωγής και Φροντίδας στην Πρώιμη Παιδική Ηλικία/Παιδαγωγική τμήμα των Σχολών Επιστημών Υγείας και Πρόνοιας/Σχολή Διοικητικών, Οικονομικών και Κοινωνικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Δυτικής Αττικής και της Ανώτατης Σχολής Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης, δηλώνω ότι:

«Είμαι συγγραφέας αυτής της μεταπτυχιακής εργασίας και ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της, είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, οι όποιες πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε ακριβώς είτε παραφρασμένες, αναφέρονται στο σύνολό τους, με πλήρη αναφορά στους συγγραφείς, τον εκδοτικό οίκο ή το περιοδικό, συμπεριλαμβανομένων και των πηγών που ενδεχομένως χρησιμοποιήθηκαν από το διαδίκτυο. Επίσης, βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία έχει συγγραφεί από μένα αποκλειστικά και αποτελεί προϊόν πνευματικής ιδιοκτησίας τόσο δικής μου, όσο και του Ιδρύματος. Παράβαση της ανωτέρω ακαδημαϊκής μου ευθύνης αποτελεί ουσιώδη λόγο για την ανάκληση του πτυχίου μου».

Η Δηλούσα

Κωστάκη Δωροθέα-Μαργαρίτα

## **Ευχαριστίες**

Με την ολοκλήρωση της διπλωματικής μου εργασίας, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κυρία Βασιλική Μπέλεση, για την επιστημονική της καθοδήγηση, την υποστήριξη που μου παρείχε, το ενδιαφέρον που έδειξε και την συμπαράστασή της από την αρχή μέχρι το τέλος αυτής της προσπάθειας.

Επίσης, ευχαριστώ πολύ την δεύτερη επιβλέπουσα καθηγήτριά μου, κυρία Αθανασία Μείντση, για την συμβολή της στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα την οικογένειά μου για την υπομονή, την στήριξη και την εμπύχωση σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

## **Αφιερώσεις**

Η διπλωματική αυτή εργασία είναι αφιερωμένη στο σύζυγό μου, Γιάννη και στα παιδιά μου, Σταύρο και Άννα.

## Περίληψη

Οι Φυσικές Επιστήμες αξιοποιούνται σε όλα τα Προγράμματα σπουδών στη Δευτεροβάθμια και στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Τις πιο πολλές φορές οι Φυσικές Επιστήμες διδάσκονται με αφηρημένο τρόπο μέσω της βοήθειας της κιμωλίας και του πίνακα, αδυνατώντας να συμπεριλάβει ένα μεγάλο μέρος των μαθητών, ενώ από αυτούς ζητείται η απομνημόνευση, κατά κύριο λόγο, της νέας γνώσης, χωρίς τη συμμετοχή τους σε πειραματικές αλλά παράλληλα και σε άλλες μαθησιακές δραστηριότητες, προκειμένου να αναλάβουν πρωταγωνιστικό ρόλο στη μάθησή τους. Επειδή ο μαθητικός πληθυσμός καλείται να μάθει μία εκτεταμένη διδακτέα ύλη, που διδάσκεται με την αξιοποίηση παραδοσιακών μεθόδων, σε αρκετές περιπτώσεις θεωρείται ένα ιδιαίτερα δύσκολο μάθημα. Για τον λόγο αυτό θεωρείται αναγκαίος ο εκσυγχρονισμός της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, κυρίως, στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, και η αξιοποίηση πρακτικών, που μπορούν να προσελκύσουν το ενδιαφέρον των παιδιών. Στα σύγχρονα εκπαιδευτικά συστήματα είναι επιτακτική η ανάγκη για διαφοροποίηση της διδασκαλίας, με στόχο την παρέμβαση στην εκπαίδευση των παιδιών και την ολόπλευρη ανάπτυξή τους, που αφορά όχι μόνο αυτά με ιδιαίτερες εκπαιδευτικές ανάγκες, αλλά ολόκληρο τον μαθητικό πληθυσμό. Η διαφοροποιημένη διδασκαλία είναι μια φιλοσοφία διδασκαλίας, η οποία εμπεριέχει τα χαρακτηριστικά εκείνα που την κάνουν αποτελεσματική για το σύνολο των μαθητών. Για τον λόγο, αυτό στην εργασία αυτή μελετάται η αξιοποίηση του χαρτιού στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευση, καθώς το χαρτί θεωρείται ένα από τα πιο σημαντικά υλικά. Τέλος, με την εργασία αυτή δίνεται η δυνατότητα κατανόησης του ρόλου του χαρτιού στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση στα πλαίσια μιας πιο συμπεριληπτικής προσέγγισης, παρέχοντας το ερέθισμα για την περαιτέρω διερεύνηση αυτού του θέματος.

## **Abstract**

The Natural Sciences are utilized in all curricula in Secondary and Primary education. Most often the Natural Sciences are taught in an abstract way through the help of chalk and blackboard, failing to include a large proportion of students, while they are asked to memorize, mainly, the new knowledge, without their participation in experimental but also in other learning activities, in order to take a leading role in their learning. Because the student population is required to learn an extensive curriculum that is taught using traditional methods, in many cases it is considered as a particularly difficult subject. For this reason, it is considered necessary to modernize the teaching of Natural Sciences, mainly in Primary Education, and the use of practices that can attract the interest of children. In modern education systems there is an urgent need for differentiation of teaching, with the aim of intervening in the education of children and their comprehensive development, which concerns not only those with special educational needs, but the entire student population. Differentiated teaching is a teaching philosophy that incorporates those characteristics which can make it effective for all students. For this reason, in this paper, is studied the use of paper in the Teaching of Natural Sciences in Primary Education, as paper is considered to be one of the most important materials. Finally, this study provides an opportunity to understand the role of paper in the teaching of Natural Sciences in Primary Education, as part of a more inclusive approach, providing the impetus for further investigation of this issue.

Περιεχόμενα	ii
.....	ii
.....	ii
Δήλωση εργασίας μεταπτυχιακής εργασίας	iii
Ευχαριστίες	iv
Αφιερώσεις	v
Περίληψη	vi
Abstract	vii
Πρόλογος	1
<b>Κεφάλαιο 1ο - Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Η διδακτική των Φυσικών Επιστημών</b>	<b>4</b>
1.1.1 Παραδοσιακή Διδασκαλία	4
1.1.2 Ανακαλυπτικό ρεύμα	5
1.1.3 Εποικοδομισμός	6
1.1.4 Γραμματισμοί στις Φυσικές Επιστήμες	7
1.2 Στόχοι της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών	9
1.3 Σχολικά εγχειρίδια	11
1.3.1 Τα σχολικά εγχειρίδια στη διδασκαλία	11
1.3.2 Σχολικά εγχειρίδια στις Φυσικές Επιστήμες	12
1.4 Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση	15
1.5 Ο ρόλος των πειραμάτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών	18
1.5.1 Το πείραμα στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών	18
1.5.2 Πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης	21
<b>Κεφάλαιο 2ο – Διαφοροποιημένη Διδασκαλία</b>	<b>23</b>
2.1 Συμπερίληψη	23
2.2. Διαφοροποιημένη Διδασκαλία	25



2.2.1 Εννοιολογική προσέγγιση .....	25
2.2.2 Φιλοσοφία της Διαφοροποιημένης Διδασκαλίας .....	27
2.2.3 Ο σκοπός της διαφοροποιημένης διδασκαλίας .....	28
2.2.4. Βασικές αρχές της Διαφοροποιημένης Διδασκαλίας .....	29
2.2.5 Επίπεδα διαφοροποίησης-Πρακτικές εφαρμογές .....	30
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> – Η αξιοποίηση του χαρτιού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην</b>	
<b>Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.....</b>	<b>33</b>
3.1 Τα κύρια χαρακτηριστικά, οι ιδιότητες και οι εφαρμογές του χαρτιού .....	33
3.1.1 Γενικά.....	33
3.1.2 Πρόδρομες επιφάνειες γραφής .....	34
3.1.3 Η ιστορία του χαρτιού.....	36
3.1.4 Ιδιότητες του χαρτιού .....	42
3.1.5 Οι εφαρμογές του χαρτιού .....	47
3.2 Χειροποίητο χαρτί.....	49
3.3 Η αξιοποίηση του χαρτιού στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην	
πρωτοβάθμια εκπαίδευση.....	53
<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> - Πειράματα για τη διδακτική φυσικών φαινομένων σε μαθητές Ε΄ και ΣΤ΄</b>	
<b>Δημοτικού με τη χρήση του χαρτιού σε συμπεριληπτικά πλαίσια .....</b>	<b>57</b>
<b>ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ .....</b>	<b>77</b>
<b>Αναφορές.....</b>	<b>78</b>
<b>Σύνδεσμοι .....</b>	<b>87</b>
<b>Πηγές εικόνων .....</b>	<b>88</b>



## Πρόλογος

Τα τελευταία χρόνια το ενδιαφέρον στον χώρο της εκπαίδευσης εστιάζεται στις Φυσικές Επιστήμες, οι οποίες ως προς το σύνολο των γνώσεων που αποκτά ο άνθρωπος, αναφέρονται στην προσπάθειά του να αξιοποιήσει επιστημονικές μεθόδους, την επαλήθευση και την παρατήρηση, για να ανακαλύψει νέες αλήθειες στη φύση και να γνωρίσει την πραγματικότητα. Υποστηρίζεται, επίσης, ότι για να κατανοηθούν οι Φυσικές Επιστήμες πρέπει να δοθεί έμφαση στην προσπάθεια προσέγγισης κάποιων πτυχών του ευρύτερου περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών. Επίσης, θεωρείται σημαντική η εξοικείωση με την επιστημονική προσέγγιση στην έρευνα και η συνειδητοποίηση της αλληλεπίδρασης των Φυσικών Επιστημών με την καθημερινή ζωή.

Η διδασκαλία, που αφορά τις Φυσικές Επιστήμες, κυρίως, στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση επιδιώκει τη μετάδοση γνώσεων, αλλά παράλληλα και τη διαμόρφωση στάσεων καθώς και την καλλιέργεια των απαιτούμενων ικανοτήτων και δεξιοτήτων, όπως είναι η δημιουργική δραστηριοποίηση στα πλαίσια της κοινωνικής και της σχολικής ζωής, η ανάπτυξη επιχειρηματολογίας, η συμμετοχή σε διάλογο, η κριτική στάση απέναντι στις ποικίλες σχολικές δράσεις και, επίσης, η συμμετοχή στην ομαδοσυνεργατική διαδικασία. Από τις ποικίλες γνώσεις των Φυσικών Επιστημών το περιεχόμενο που επιλέγεται τις περισσότερες φορές για να διδαχθούν οι μαθητές αποτελεί ουσιαστικά ένα αμφιλεγόμενο ζήτημα. Κάθε μεταρρυθμιστική προσπάθεια που σχεδιάζεται με το πέρασμα των χρόνων αποδεικνύει ως στόχο την ικανοποίηση των αναγκών του μαθητικού πληθυσμού. Όμως, επικρατεί μία σιωπηρή παραδοχή ότι το περιεχόμενο των επιστημονικών γνώσεων που παρέχεται στις σχολικές μονάδες είναι κατάλληλο για την ενίσχυση της μάθησης, όταν συνδέεται με τη ζωή των μαθητών.

Η εκπαίδευση, που αφορά τις Φυσικές Επιστήμες, εμπλέκεται διαρκώς αλλά και άμεσα με τις ποικίλες μεταβολές των συνθηκών στον κόσμο που ζούμε. Κατά συνέπεια, η διαφοροποίηση της διδασκαλίας, σε μια εκπαιδευτική διαδικασία που θα αναβαθμίζεται και θα είναι περισσότερο συμπεριληπτική, θεωρείται πολύ σημαντική τα τελευταία χρόνια. Στις εκσυγχρονισμένες τεχνικές, που μπορούν να αξιοποιηθούν για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών εντάσσεται παράλληλα και η αξιοποίηση του χαρτιού.

Πιο συγκεκριμένα, το χαρτί είναι ένα είδος προσιτό σε όλους, καθώς απαντάται στην καθημερινή μας ζωή στις περισσότερες μορφές που μπορεί να πάρει, από το απλό χαρτί εκτύπωσης μέχρι το υδατογραφημένο. Χρονολογείται από πολύ παλιά και η εξέλιξή του στο πέρασμα των χρόνων αποτελεί αντικείμενο μελέτης. Για τα παιδιά νοείται ως ένα αναπόσπαστο κομμάτι της ζωής τους, γνώριμο από την προνηπιακή ηλικία τους, καθώς τις περισσότερες φορές έρχονται σε επαφή μαζί του ακούγοντας τα αγαπημένα τους πρόσωπα να τους διηγούνται ιστορίες γραμμένες σε βιβλία. Σε αυτό, κατόπιν, αποτυπώνουν με ποικίλους τρόπους, είτε ζωγραφίζοντας είτε γράφοντας, συναισθήματα, σκέψεις και εμπειρίες. Είναι, όμως, το χαρτί ένα απλό μέσο που συμβάλλει στην επικοινωνία και στην μετάδοση της πληροφορίας και της γνώσης;

Η επιλογή του θέματος του χαρτιού έγινε στην προσπάθεια παρουσίασής του με τρόπο τέτοιο ώστε να αναδειχτεί η αξία του όχι μόνο ως ένα υπόστρωμα κατάλληλο για γραφή και εκτύπωση βιβλίων, σύμφωνα με την πεποίθηση των περισσότερων μαθητών. Αποτελεί κοινή παραδοχή ότι βασικός στόχος της Διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών είναι, εκτός από την απόκτηση γνώσεων, η καλλιέργεια κριτικού αναστοχασμού σε όσα μέχρι τώρα γνωρίζουν οι μαθητές. Το χαρτί προβάλλεται ως ένα ζωντανό υλικό που μπορεί να αξιοποιηθεί ως εργαλείο για την κατανόηση εννοιών και θεμάτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.

Η παρούσα διπλωματική εργασία στην πρώτη ενότητα παρουσιάζει στοιχεία, που αφορούν τον τρόπο διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, δίνοντας έμφαση στους στόχους της διδασκαλίας τους στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση. Αναλύονται, επίσης, τα εκπαιδευτικά ρεύματα διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών σε συνδυασμό με τα σχολικά εγχειρίδια. Υπογραμμίζεται, ιδιαίτερα, η προστιθέμενη αξία του πειράματος ως μέσου παρουσίασης εννοιών κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, που μπορεί να φαντάζουν δυσνόητες, και συγκεκριμένα η πειραματική διαδικασία με τη χρήση καθημερινών και προσιτών υλικών.

Στη δεύτερη ενότητα της παρούσας διπλωματικής εργασίας, προσεγγίζεται εννοιολογικά η συμπερίληψη στην εκπαίδευση και γίνεται μία σύντομη βιβλιογραφική ανασκόπηση της διαφοροποίησης και της φιλοσοφίας στην οποία στηρίζεται. Επίσης, δίνεται έμφαση στους στόχους καθώς και στις βασικές αρχές που διέπουν την διαφοροποιημένη διδασκαλία στα πλαίσια ενός συμπεριληπτικού εκπαιδευτικού συστήματος. Παρουσιάζονται,

ακόμα, τα επίπεδα στα οποία μπορεί να επιτευχθεί η διαφοροποίηση και οι στρατηγικές που μπορούν να υιοθετηθούν.

Στο τρίτο κεφάλαιο της εργασίας, παρουσιάζεται η πορεία του χαρτιού στο πέρασμα των χρόνων, ξεκινώντας από την εφεύρεσή του μέχρι σήμερα. Παράλληλα, επισημαίνονται οι φυσικές, μηχανικές και οπτικές ιδιότητές του καθώς και οι ποικίλες εφαρμογές του. Αναλύεται, συνάμα, η τέχνη της χειροποίητης χαρτοποιίας, η οποία δύναται να προσφέρει πολλά οφέλη, εντασσόμενη σε ένα διεπιστημονικό πρόγραμμα.

Η έλλειψη υλικοτεχνικής υποδομής μπορεί να λειτουργήσει ανασταλτικά στην προσπάθεια εκτέλεσης πειραμάτων από τους μαθητές. Εκ φύσεως το χαρτί είναι ένα υλικό φθινό, υπάρχει σε αφθονία και είναι ασφαλές, με αποτέλεσμα η προπαρασκευή και η εκτέλεση του πειράματος να φαντάζει ως μια απλή διαδικασία. Στην παρούσα εργασία, αναδεικνύεται, λοιπόν, ο σχεδιασμός πειραμάτων, βασισμένος στην τεχνολογία του χαρτιού, τα οποία μπορούν να διευκολύνουν τη διερεύνηση φυσικών φαινομένων και να συμπεριλάβουν στην εκπαιδευτική διαδικασία όλους τους μαθητές, διαφοροποιώντας με αυτόν τον τρόπο το περιεχόμενο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών.

## **Κεφάλαιο 1ο - Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών**

### **1.1 Η διδακτική των Φυσικών Επιστημών**

Η διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια και τη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση έχει μετασηματιστεί και παράλληλα μετατραπεί τα τελευταία περίπου εβδομήντα (70) χρόνια, υιοθετώντας τις βασικές αρχές τεσσάρων (4) ρευμάτων διδασκαλίας. Αφετηρία και παράλληλα αφορμή της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, αποτελεί ο Οκτώβρης του 1957, ημερομηνία κατά την οποία πραγματοποιήθηκε η εκτόξευση του πρώτου τεχνητού δορυφόρου γύρω από την τροχιά της Γης, από τη Ρωσία. Οι αιτίες για την καθυστέρηση της αποστολής επανδρωμένου δορυφόρου, αποδόθηκαν από τις δυτικές κοινωνίες, στην αναποτελεσματικότητα των Αναλυτικών Προγραμμάτων για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Σαν αποτέλεσμα αυτό είχε την αναπροσαρμογή τους, στοχεύοντας στη δημιουργία καλύτερα εκπαιδευμένου επιστημονικού και τεχνικού προσωπικού (Matthews M. R., 2007).

#### **1.1.1 Παραδοσιακή Διδασκαλία**

Αρχικά, μέχρι περίπου τη δεκαετία του 1950, επικράτησε το παραδοσιακό ρεύμα, αποτελώντας ένα δασκαλοκεντρικό μοντέλο, το οποίο αποκαλείται από κάποιους και «τραπεζικό μοντέλο» της λειτουργίας της εκπαίδευσης (Κόκκοτας Π., 2000). Η εκπαίδευση προσομοιάζεται σαν μια πράξη αποταμίευσης, όπου οι μαθητές θεωρούνται τα «ταμειυτήρια» και περιορίζονται στο να «αποταμιεύουν» τις «καταθέσεις» του δασκάλου (Freire, P., 1974). Με βάση, το συγκεκριμένο μοντέλο, οι διδάσκοντες αποτελούσαν τους πομπούς των μηνυμάτων, που σηματοδοτούσαν τη γνώση και παράλληλα λειτουργούσαν ως αποκλειστικοί κάτοχοί της, ενώ οι μαθητές αποτελούσαν τους δέκτες αυτών των μηνυμάτων. Με τον τρόπο αυτό επιδιωκόταν ουσιαστικά η απλή μετάδοση των διαφόρων μηνυμάτων, χωρίς οποιαδήποτε ανάλυση αλλά και προσπάθεια, για να κατανοηθούν από τους μαθητές. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, βασικά εκπαιδευτικά εργαλεία αποτελούσαν οι διαλέξεις των εκπαιδευτικών, οι οποίες πλαισιώνονταν από διάφορα πειράματα επίδειξης, για την ανάδειξη της ισχύος της κάθε είδους θεωρίας αλλά και για την επεξήγησή τους στους μαθητές. Το συγκεκριμένο μοντέλο διδασκαλίας, αποκλείοντας την συμμετοχή των μαθητών από την εκπαιδευτική διαδικασία, μπορεί να υιοθετηθεί από τους εκπαιδευτικούς συνδυαζόμενο με κάποια άλλη μορφή διδασκαλίας (Reay N. W. et al., 2008)

### 1.1.2 Ανακαλυπτικό ρεύμα

Στη συνέχεια, εμφανίστηκε, στην δεκαετία του 1960, το ανακαλυπτικό ρεύμα, με βάση το οποίο στο επίκεντρο της γνωστικής διαδικασίας τοποθετείται ο ίδιος ο μαθητής. Στο πλαίσιο αυτό, σημαντική θεωρείται η εξατομίκευση της γνώσης στον μαθητικό πληθυσμό, ως κάτι που ανακαλύπτουν οι μαθητές. Επίσης, η γνώση οικοδομείται με διαφορετικό τρόπο, αξιοποιώντας ως βασικά εργαλεία, τα πειράματα, τα οποία βασίζονται σε προσχεδιασμένα φύλλα εργασίας. Για πρώτη φορά, με βάση αυτό το ρεύμα, τίθεται το συγκεκριμένο ζήτημα. Επίσης, σημαντική θεωρείται η εισαγωγή, ως κριτηρίων της αποτελεσματικής διδασκαλίας, της αλληλεπίδρασης του μαθητικού πληθυσμού με τα διάφορα διδακτικά υλικά, αλλά και του ενδιαφέροντός τους για το αντικείμενο της Φυσικής (Κόμης Ι. Β., 2004).

Βασική άποψη των υποστηρικτών του ανακαλυπτικού μοντέλου διδασκαλίας, αποτελεί η παραδοχή ότι ο εκπαιδευτικός δεν πρέπει να παρέχει στους μαθητές έτοιμες γνώσεις, αλλά, μέσω της δημιουργίας προβληματικών καταστάσεων, να τους οδηγεί στην ανακάλυψη της γνώσης. Με τη χρήση της τεχνικής της επαγωγικής σκέψης, δίνονται στους μαθητές κατάλληλα παραδείγματα και λεπτομέρειες, ανάλογα με το πνευματικό τους επίπεδο, έτσι ώστε να εξαχθούν τα σωστά συμπεράσματα και να ανακαλυφθούν οι γενικές αρχές (Τριλιανός Θ. Α., 2000).

Με τις εργασίες του Bruner, προτείνονται τα «νέα» αναλυτικά προγράμματα των Φυσικών Επιστημών, γνωστά και ως διερευνητικά προγράμματα, με βάση τα οποία οι μαθητές έχουν το ρόλο ενός «μικρού επιστήμονα». Μέσα από παρατηρήσεις και συσχετίσεις, υπό την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού, φτάνουν με επαγωγικό τρόπο στη διατύπωση επιστημονικών προτάσεων (Bruner J., 1960).

Η υπόθεση ότι με την προσεκτική παρατήρηση και την αναζήτηση κανονικοτήτων οι μαθητές θα έφταναν στην ανακάλυψη των νόμων της φύσης, δε φαίνεται να λειτουργήσει αποτελεσματικά (Κόκκοτας, Π. , 2002). Ενώ, η ανακαλυπτική μάθηση φάνηκε ότι μπορεί να επηρεάσει τους παραδοσιακούς τρόπους διδασκαλίας, η αγνόηση των ιδεών των μαθητών και η μη διδακτική τους αξιοποίηση, δεν επέτρεψε τη σταθερή της καθιέρωση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Harlen W., 1992).

Η ανακαλυπτική εκπαίδευση, σύμφωνα με έρευνες, έχει αποδείξει την αποτελεσματικότητά της τόσο στην Πρωτοβάθμια όσο και στη Δευτεροβάθμια, καθώς αυξάνει το ενδιαφέρον και τα επιτεύγματα των μαθητών, από τους πιο αδύναμους έως τους πιο ικανούς, είτε

είναι κορίτσια είτε είναι αγόρια, διεγείρει την περιέργεια των μαθητών, οι οποίοι παραμένουν σε κατάσταση παρώθησης μέχρι την τελική λύση του προβλήματος. Γενικά, όμως, πρόκειται για μια δύσκολη και αρκετά χρονοβόρα μέθοδο διδασκαλίας, η οποία θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ως συμπληρωματικό μέσο διδασκαλίας (Εξαρχάκος Θ., 1993). Το ανακαλυπτικό και το παραδοσιακό μοντέλο δεν μπορούν να χρησιμοποιούνται ξεχωριστά αλλά σε συνδυασμό, σε οποιαδήποτε μάθημα στην τάξη, ώστε να ικανοποιήσουν διαφορετικές νοοτροπίες και προτιμήσεις των ηλικιακών ομάδων (Rocard M. et al., 2007).

### **1.1.3 Εποικοδομισμός**

Το επόμενο ρεύμα είναι το εποικοδομητικό ρεύμα, το οποίο εμφανίστηκε τη δεκαετία του '80, μέσα από το οποίο διατυπώνονται εμπειρίες και αντιλήψεις ως προς τις Φυσικές Επιστήμες στη ζωή των μαθητών, πριν από την αξιοποίησή τους στην εκπαιδευτική διαδικασία και την εκμάθησή τους στο χώρο του σχολείου (Κουμαράς Π., 2009).

Στο πλαίσιο του συγκεκριμένου ρεύματος παρατηρούνται σημαντικές μεταβολές στη θεωρία και παράλληλα στη φιλοσοφία των Φυσικών Επιστημών. Καθώς καμία θεωρία πλέον δεν μπορεί να αναγνωριστεί ως αντικειμενική αλήθεια, οι θεωρίες θεωρούνται λειτουργικές, μόνο αν μπορούν να περιγράψουν, αλλά και να ερμηνεύσουν τα ήδη υπάρχοντα φαινόμενα, έχοντας τη δυνατότητα να προβλέψουν τα επόμενα. Τη συγκεκριμένη χρονική περίοδο τα λάθη του μαθητικού πληθυσμού δεν αντιμετωπίζονται ως παράβλεψη ή απροσεξία, αλλά ουσιαστικά ως εναλλακτική άποψη, σε σχέση με την επιστημονική (Κουμαράς Π., 2009). Έρευνες έχουν δείξει πως υπάρχει ομοιότητα στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών της ίδιας ηλικιακής ομάδας, οι οποίες παρουσιάζουν διαφορές από την επιστημονική γνώση και είναι βαθιά ριζωμένες (Ραβάνης Κ., 2003). Προηγείται, επομένως, η διερεύνηση των ιδεών αυτών, ώστε να αποδειχθεί η ορθότητά τους ή μη, και να γίνει η κατάλληλη εκπαιδευτική παρέμβαση (Δημοπούλου Ι., Φρούντα Μ., 2019).

Η επιστημονική γνώση θεωρείται ότι αποτελεί το αντικείμενο ενασχόλησης των επιστημόνων, στην προσπάθεια πρόωθησης ή μεταβολής της γνώσης για τον κόσμο. Στη συνέχεια, ως φορείς της σχολικής εκδοχής της επιστημονικής γνώσης, μπορούν να θεωρηθούν τα σχολικά εγχειρίδια και οι εκπαιδευτικοί, ενώ ο χειρισμός της πραγματοποιείται στον χώρο της σχολικής τάξης. Παράλληλα, η βιωματική γνώση των μαθητών απορρέει από την εμπλοκή τους, σε καθημερινό επίπεδο, με τη ζωή αλλά και με το γεγονός ότι καλούνται τις περισσότερες φορές να χρησιμοποιήσουν ορισμένους γλωσσικούς κώδικες. Στη σχετική



βιβλιογραφία η αναφορά του τρίτου αυτού σώματος γνώσης, γίνεται με τους όρους «πρώτες ιδέες», «αντιλήψεις», «παρανοήσεις», «εναλλακτικά εννοιολογικά πλαίσια» και «αναπαραστάσεις» (Σκουμιάς, Μ., 2012).

Οι ποικίλες εξωσχολικές εμπειρίες, οι οποίες διαφοροποιούνται από παιδί σε παιδί, ασκούν σημαντική επιρροή, διαμορφώνοντας τις δεξιότητες και τις γνώσεις τους στο χώρο της σχολικής τάξης. Οι Φυσικές Επιστήμες πρέπει να προσεγγίζονται διδακτικά με ποικίλους τρόπους, προκειμένου οι μαθητές να επιλέγουν τον τρόπο, που θεωρούν ότι είναι πιο ενδεδειγμένος (Hewitt P., 2002).

Η σχολική τάξη, με βάση το ρεύμα του εποικοδομισμού, μεταβάλλεται σε χώρο έρευνας, όπου σημαντικότερο στοιχείο αποτελεί η κατάκτηση και η οικοδόμηση των επιστημονικών ιδεών του μαθητή, από τον ίδιο τον μαθητή (Tsay, M. & Brady, M., 2010). Ο εκπαιδευτικός οφείλει να διερευνήσει τις ιδέες των μαθητών, όσον αφορά τη δομή και την εσωτερική τους λογική. Σημαντικό είναι, επίσης, να κατέχει τη διδακτική ικανότητα να οδηγήσει αυτές τις ιδέες σε αδιέξοδο, ώστε να συνειδητοποιήσει ο μαθητής ότι είναι λανθασμένες. Με τον τρόπο αυτό, ο ίδιος ο μαθητής ανακατασκευάζει την παλιά και οικοδομεί τη νέα γνώση (Κουζέλης Γ., 1999).

Πολλοί ερευνητές που εφάρμοσαν την εποικοδομητική προσέγγιση στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, υιοθέτησαν τη διδακτική ακολουθία που είναι γνωστή και ως μοντέλο του Driver και Oldham (1986), η οποία περιλαμβάνει τις φάσεις του προσανατολισμού, της ανάδειξης των ιδεών, της αναδόμησης των ιδεών, της εφαρμογής των νέων ιδεών και την ανασκόπηση της όλης διδακτικής δραστηριότητας (Driver R., Oldham V., 1986).

#### **1.1.4 Γραμματισμοί στις Φυσικές Επιστήμες**

Το τελευταίο ρεύμα εμφανίστηκε το 1985 και είναι το λεγόμενο ρεύμα του Γραμματισμού. Σύμφωνα με τον Καρύδα «ο Γραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες δεν σημαίνει απομνημόνευση γνώσεων Φυσικών Επιστημών και εξοικείωση με ορισμένα στοιχεία της μεθοδολογίας τους. Σημαίνει, κυρίως, ικανότητα να αξιοποιούμε τις γνώσεις και τις ικανότητες των Φυσικών Επιστημών για να κατανοούμε και να ερμηνεύουμε τον φυσικό και κοινωνικό κόσμο όσο και για να αντιμετωπίζουμε προβλήματα και καταστάσεις της καθημερινής μας ζωής που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες και την τεχνολογία (π.χ. γνώσεις και αποφάσεις σχετικές με το κάπνισμα, τη διατροφή, την κατοικία, την ενέργεια κ. ο. κ.)»

(Καρύδας Α., 2013). Με τον τρόπο αυτό, παρέχεται μία πολυδιάστατη μορφή στον τομέα των Φυσικών Επιστημών, προκειμένου η εκμάθηση των βασικών γνώσεών τους να συνοδεύεται από στοιχεία, τα οποία αποτελούν χαρακτηριστικά ενός πολιτισμού ή μίας κουλτούρας.

Σε γενικές γραμμές, οι πρακτικές διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών αναφέρονται στις διαδικασίες, οι οποίες ακολουθούνται από τους περισσότερους επιστήμονες για την κατασκευή των θεωριών, που συνδέονται με τον κόσμο, και για την παραγωγή και παράλληλα τη μελέτη των διαφόρων μοντέλων και θεωριών. Η χρησιμοποίηση του συγκεκριμένου όρου πραγματοποιείται, ουσιαστικά, για την επισήμανση της ανάδειξης δεξιοτήτων και γνώσεων γύρω από κάθε διδακτική πρακτική, μέσω της εμπλοκής με την επιστημονική έρευνα (Τσιάρα, Ε. Μπέση, Μ., Οκτώβριος 2012).

Πρέπει, επίσης, να επισημανθεί ότι στο πλαίσιο της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, το ενδιαφέρον εστιάζεται στην καθημερινή βιωματική γνώση των μαθητών, στην επιστημονική γνώση και παράλληλα στη σχολική της εκδοχή (Κόμης Ι. Β., 2004).

Σε αρκετές έρευνες παρουσιάζεται ότι η αδυναμία των διδασκόντων να εμπνεύσουν τον μαθητικό πληθυσμό για τον τρόπο προσέγγισης των Φυσικών Επιστημών, μπορεί να αποδοθεί στον τρόπο παρουσίασής της στη σχολική τάξη (Στύλος Γ., 2014). Ουσιαστικά, παρουσιάζονται ως ένα σύνολο διαδικασιών, τύπων, νόμων και ορισμών, που είναι απαραίτητο να απομνημονευτούν από τον μαθητικό πληθυσμό. Στο πλαίσιο αυτό, αναπτύσσεται διάλογος για το ποιες αλλαγές στην εκπαιδευτική διαδικασία μπορούν να οδηγήσουν στη μεταβολή της στάσης του μαθητικού πληθυσμού απέναντι στις Φυσικές Επιστήμες, προκειμένου να μπορεί να υιοθετηθεί μία οπτική, η οποία τις προσεγγίζει ως μία συνεκτική δομή διαφόρων εννοιών, οι οποίες περιγράφουν τη φύση και θεμελιώνονται με πειραματικό τρόπο (Wieman C., Perkins K., 2005).

Επίσης, υποστηρίζεται ότι η ελλιπής κατανόηση μίας έννοιας στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας, πηγάζει όχι από το περιεχόμενό της αλλά από τον τρόπο παρουσίασής της. Τέλος, προς τη συγκεκριμένη κατεύθυνση εντάσσεται η εφαρμογή των διαδικασιών της επιστημονικής μεθόδου, η οποία εφαρμόζεται στη διδασκαλία των Φ.Ε (Σταυρίδου Ε., 2000).

## 1.2 Στόχοι της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών μπορεί να είναι πρωτοστάτης προς την κατεύθυνση του βασικού σκοπού της εκπαίδευσης γενικότερα, η οποία είναι να προπαρασκευάσει πολίτες, οι οποίοι να μπορούν να διαδραματίσουν ενεργό ρόλο σε μια δημοκρατική κοινωνία. Μπορεί, δηλαδή, να βοηθήσει στην απόκτηση ορθής κρίσης αλλά και κριτικής σκέψης, ικανότητες αναγκαίες, ώστε στο μέλλον ο μαθητής να καταστεί ικανός να λαμβάνει αποφάσεις, ως ενήλικας. Για να είναι κάποιος επιστημονικά «εγγράμματος» πρέπει να χρησιμοποιεί τις έννοιες, τις δεξιότητες και τις αξίες της επιστήμης, αξιοποιώντας τις για την προαγωγή της ευημερίας του ανθρώπου (Κόκκοτας, Π. , 2002).

Όλοι έχουν δικαίωμα στη σωστή κατανόηση του κόσμου και στην εξάσκηση στις διαδικασίες επίλυσης προβλημάτων που θα αντιμετωπίσουν στην καθημερινή τους ζωή και που η επίλυσή τους απαιτεί γνώσεις και δεξιότητες από τον χώρο των Φυσικών Επιστημών. Ο σύγχρονος πολίτης έχει ανάγκη κατανόησης μερικών εννοιών και νόμων από τις Φυσικές Επιστήμες, αλλά και των επιτευγμάτων τους και των ορίων, στα οποία μπορούν να φτάσουν. Η βελτίωση αυτής της κατανόησης δεν είναι πολυτέλεια, αλλά ζωτικής σημασίας, επένδυση για την ευημερία της κοινωνίας που ζούμε (Reid D., Hodson D., 1987).

Οι Φυσικές Επιστήμες και η τεχνολογία, στις σύγχρονες κοινωνίες, διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να θεωρείται απαραίτητη η δημιουργία βασικών επιστημονικών γνώσεων και παράλληλα η ανάπτυξη ανάλογων στάσεων και ικανοτήτων, οι οποίες θα δώσουν τη δυνατότητα στον μαθητικό πληθυσμό να αντιμετωπίζει με αποτελεσματικό τρόπο τα διάφορα καθημερινά προβλήματα, συμμετέχοντας με ενεργό τρόπο στην κοινωνική ζωή. Για να διευκολυνθεί η περιγραφή του συνόλου αυτών των επιθυμητών στάσεων, ικανοτήτων και γνώσεων αξιοποιείται η έννοια του αποκαλούμενου «επιστημονικού εγγραμματισμού». Πιο συγκεκριμένα, ο εγγραμματισμός αναφέρεται στα εξής (Σκουμιάς, Μ., 2012):

- προθυμία των μαθητών για ενασχόληση και συμμετοχή ως ενεργών πολιτών σε ζητήματα που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες
- επίγνωση, του τρόπου, με τον οποίο η τεχνολογία και η επιστήμη μπορούν να διαμορφώσουν το πολιτισμικό, πνευματικό και υλικό περιβάλλον
- κατανόηση της επιστήμης ως μίας μορφής ανθρώπινης διερεύνησης και γνώσης

- επιστημονική γνώση των μαθητών και ικανότητά τους να αξιοποιούν αυτή τη γνώση για την αναγνώριση των επιστημονικών ζητημάτων, την απόκτηση νέας γνώσης, την ερμηνεία φαινομένων με επιστημονικό τρόπο και την εξαγωγή συμπερασμάτων, που βασίζονται σε σχετικά θέματα με τις Φυσικές Επιστήμες

Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών έχει σκοπό τη δημιουργία κριτικά σκεπτόμενων και κοινωνικά ενεργών ατόμων και κατ' επέκταση πολιτών, χρησιμοποιώντας τις δεξιότητες και τις γνώσεις που απέκτησε και καλλιέργησε από τα μαθήματα των Φυσικών Επιστημών, με στόχο να εμπλέκεται ενεργά και να επηρεάζει το φυσικό και κοινωνικό περιβάλλον, καλυτερεύοντας με τον τρόπο αυτό την ποιότητα της ζωής όλων (Hodson D., 2003).

Οι στόχοι, άλλωστε, διατυπώνονται και στα αναλυτικά προγράμματα σπουδών, στα σχολικά εγχειρίδια καθώς και στις οδηγίες που τα συνοδεύουν ή στα βιβλία των δασκάλων. Η αναλυτική αυτή καταγραφή των διδακτικών στόχων, αποτελεί σημείο αναφοράς και οδηγό της διδασκαλίας που θα ακολουθήσει ο δάσκαλος, γεγονός που λειτουργεί προστατευτικά, προφυλάσσοντάς τον από άσκοπες περιπλανήσεις ή από την απλή παράθεση των όσων υπάρχουν γραμμένα στα σχολικά βιβλία. Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι οι σκοποί της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών, όπως και σε όλη την εκπαίδευση γενικότερα, διαμορφώνονται ανάλογα με τις απαιτήσεις και τις ιδεολογίες κάθε κοινωνίας. Για την κατάρτιση επιστημονικά καλλιεργημένων μαθητών, είναι αναγκαίο τα αναλυτικά προγράμματα των Φυσικών Επιστημών να περιέχουν ερευνητικές και πειραματικές δραστηριότητες, κατά τις οποίες οι μαθητές θα προβληματιστούν και έτσι θα εξοικειωθούν να σκέπτονται κριτικά (Κόκκοτας Π., 2001).

Σε γενικές γραμμές η μύηση των μαθητών στη διαδικασία της ανάπτυξης του επιστημονικού συλλογισμού, ως προτεραιότητα των Φυσικών Επιστημών, μπορεί να λειτουργήσει ως μέρος της ευρύτερης στροφής, από το ίδιο το περιεχόμενο της μάθησης στη διαδικασία δημιουργίας της γνώσης. Η δυνατότητα των παιδιών να αναπτύξουν την ικανότητα του επιστημονικού συλλογισμού μπορεί να ταυτιστεί με την ανάπτυξη παράλληλα των διάφορων γνωστικών τους ικανοτήτων. Με βάση σύγχρονες μελέτες, διαφαίνεται ότι ήδη από τον χώρο της προσχολικής αγωγής, οι μαθητές διακρίνονται για τον εξελιγμένο τρόπο σκέψης τους ως προς τον φυσικό κόσμο, ο οποίος βασίζεται, κυρίως, στην εμπειρία και στην επαφή με το φυσικό περιβάλλον (Driver R. et al., 2000).

## 1.3 Σχολικά εγχειρίδια

### 1.3.1 Τα σχολικά εγχειρίδια στη διδασκαλία

Παρά την ταχεία ανάπτυξη των νέων τεχνολογιών, σημαντικός θεωρείται ο ρόλος των σχολικών εγχειριδίων στην υλοποίηση της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Dimopoulos K. et al., 2003). Τα σχολικά εγχειρίδια αποτελούν βασικό στοιχείο της παιδαγωγικής πρακτικής και αξιοποιούνται σε μεγάλο βαθμό από τους εκπαιδευτικούς και τους μαθητές. Πιο συγκεκριμένα, θεωρούνται ιδιαίτερα σημαντικά για τους εκπαιδευτικούς, επειδή έχουν θέση αυθεντίας ως προς το γνωστικό αντικείμενο, ενώ, επίσης, αποτελούν τη βάση για τον σχεδιασμό της διδακτικής καθοδήγησης, προδιαγράφοντας τον τρόπο υλοποίησης της εκπαιδευτικής διαδικασίας (Chiappetta E. L., Fillman D. A., 2007).

Τα σχολικά εγχειρίδια αποτελούν, αναμφισβήτητα, έναν από τους πιο σημαντικούς παράγοντες που συμμετέχουν στη διαδικασία αναπαραγωγής της γνώσης, αφού σε αυτά συμπεριλαμβάνονται όλα όσα η κάθε κοινωνία επιθυμεί να διαφυλάξει και να διαδώσει στις επόμενες γενιές σε κάθε ιστορική περίοδο (Koppal M., Caldwell A., 2004). Τα σχολικά εγχειρίδια μπορούν να θεωρηθούν διδακτικά μέσα, που καθορίζουν με αποφασιστικό τρόπο το περιεχόμενο των σχολικών γνώσεων, αλλά παράλληλα και τις διδακτικές δραστηριότητες που αναπτύσσονται από τους δασκάλους (Ματσαγγούρας Η., 2006). Το σχολικό εγχειρίδιο, επίσης, αποτελεί προϊόν διαφόρων πολιτικών επιλογών και έκφραση, κατά συνέπεια, συγκεκριμένων ιδεολογιών που εκφέρονται συνολικά με την επιλογή του περιεχομένου των σχολικών εγχειριδίων και των Προγραμμάτων Σπουδών, με τις συνθήκες σχεδιασμού τους, καθώς, επίσης, και με την εκπαιδευτική νομοθεσία και με την οργάνωση του σχολικού προγράμματος. Παράλληλα, ο παιδαγωγικός χαρακτήρας των σχολικών εγχειριδίων συνδέεται με άμεσο τρόπο με τη χρήση τους σε καθημερινό επίπεδο και αποκαλύπτεται μέσα από τις λειτουργίες τους στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής πράξης (Καψάλης Α., Χαραλάμπους Δ., 1995).

Τα σχολικά εγχειρίδια αποτελούν μια ιδιαίτερη έκφραση του Προγράμματος Σπουδών, ενώ παράλληλα έχουν την έγκριση της πολιτείας, προσφέροντας το πιο μεγάλο μέρος της πολιτισμικής πληροφορίας και γνώσης για τη μάθηση και τη διδασκαλία. Ορίζουν τους σκοπούς και τους στόχους της εκπαίδευσης, σε συγκεκριμένα κοινωνικο-πολιτισμικά πλαίσια, και παράλληλα περιέχουν τη βασική σχολική γνώση (Καψάλης Α., Χαραλάμπους Δ., 1995). Επίσης, υποστηρίζεται ότι ο βασικός σκοπός των σχολικών εγχειριδίων είναι η

διευκόλυνση της παροχής αλλά, επίσης, και της κατάκτησης των διαφόρων γνώσεων (Allwright R. L., 1981).

Με την αξιολόγηση των σχολικών εγχειριδίων θεωρείται εφικτή η ανάδειξη στους εκπαιδευτικούς πιθανών περιορισμών και αδυναμιών, με απώτερο στόχο την πιο αποδοτική χρησιμοποίησή τους (Haggarty L. Perin B., 2002). Όπως επισημαίνεται, τα σχολικά εγχειρίδια, για να μπορέσουν να χρησιμοποιηθούν στο πλαίσιο της εκπαιδευτικής διαδικασίας είναι απαραίτητο να πληρούν κάποια κριτήρια. Πιο συγκεκριμένα, θεωρείται απαραίτητη η ύπαρξη αντιστοίχισης της γλώσσας και της δομής γραφής των σχολικών εγχειριδίων, με τη χρήση μικρών προτάσεων, και του νοητικού επιπέδου του μαθητικού πληθυσμού, προκειμένου να μπορεί να υπάρξει ακολουθία με το αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών και να είναι εφικτή η παροχή, με σαφή τρόπο, των απαραίτητων εξηγήσεων (Devetak I., Vogrinc J., 2013).

Η πλειοψηφία των ερευνών που έχουν διεξαχθεί για τα σχολικά βιβλία, ασχολείται κατά κύριο λόγο με το περιεχόμενό τους, προσεγγίζοντάς τα ως «κλειστά κείμενα» (Μπίκος Γ. Δ., 2016). Κρίνεται αναγκαίο να ληφθεί υπόψη η χρήση του μέσα σε ένα συγκεκριμένο παιδαγωγικό πλαίσιο, όπως με άλλα λόγια αυτά λειτουργούν στις σχολικές τάξεις, σε πραγματικές συνθήκες διδασκαλίας, κατανόησης, απομνημόνευσης και επεξεργασίας (Μπονίδης Κ., Χοντολίδου Ε., 1997).

### **1.3.2 Σχολικά εγχειρίδια στις Φυσικές Επιστήμες**

Στο πλαίσιο των Φυσικών Επιστημών, τα σχολικά εγχειρίδια λειτουργούν ως εργαλεία μετασχηματισμού των επιστημονικών γνώσεων σε γνωστικά αντικείμενα. Ειδικότερα, αυτό εντοπίζεται στο βιβλίο του δασκάλου, στο οποίο εκτός από τα επιπρόσθετα επιστημονικά κείμενα, εμπεριέχει και οδηγίες για τον τρόπο διδασκαλίας, την εκτέλεση πειραμάτων, περαιτέρω ασκήσεις εμπέδωσης κ.α. Αναδεικνύονται με αυτόν τον τρόπο, δύο κατηγορίες περιεχομένου: το επιστημονικό περιεχόμενο (content) και οι επιστημονικές διαδικασίες (processes) (Κόκκοτας Π. κ.α., 1999).

Οι ερωτήσεις, οι οποίες υπάρχουν στα σχολικά εγχειρίδια, αποτελούν κύριο συστατικό των σχολικών εγχειριδίων, κατευθύνοντας, ουσιαστικά, την εστίαση της προσοχής του μαθητικού πληθυσμού. Είναι σαφές, κατά συνέπεια, ότι οι ερωτήσεις, οι οποίες διατυπώνονται στα σχολικά εγχειρίδια, ενεργοποιούν στους μαθητές τη γνωστική απαίτηση (cognitive

demand) και με τον τρόπο αυτό θεωρείται σημαντικός ο ρόλος τους στην εκπαιδευτική διαδικασία. Η γνωστική απαίτηση καθορίζεται από την απάντηση που καλούνται να δώσουν οι μαθητές και από την μέθοδο που χρησιμοποίησαν ώστε να οδηγηθούν σ' αυτήν (Stein M. K. et al., 1996). Ως προς τη γνωστική τους απαίτηση, λοιπόν, οι διάφορες δραστηριότητες διακρίνονται με βάση την πιο ευρέως γνωστή ταξινόμηση που έχει γίνει (Bloom B.S. et al., 1956) στις παρακάτω κατηγορίες:

- απομνημόνευση
- κατανόηση
- εφαρμογή
- ανάλυση
- σύνθεση
- αξιολόγηση

Επίσης, υποστηρίζεται από τους Vermunt και Verloop (1999) η διάκριση των μαθησιακών δραστηριοτήτων, ανάλογα με το ποσοστό ενεργοποίησης του μαθητικού πληθυσμού, σε «γνωστικές» και «μεταγνωστικές». Ως γνωστικές δραστηριότητες μπορούν να θεωρηθούν οι δραστηριότητες, με βάση τις οποίες οι μαθητές καλούνται να επεξεργαστούν ένα θέμα, για το οποίο μπορεί να αξιοποιηθεί η προηγούμενη γνώση για την επίτευξη άμεσων μαθησιακών αποτελεσμάτων. Οι μεταγνωστικές δραστηριότητες δίνουν τη δυνατότητα σε κάθε μαθητή να αποφασίσει για όλα όσα έχει μάθει, να ελέγξει τη διαδικασία, η οποία έχει ακολουθηθεί και παράλληλα να επιτύχει την ισχυροποίηση των μαθησιακών του κατακτήσεων (Vermunt J. D., Verloop N., 1999). Σε σχετικές έρευνες, αναλύθηκαν και παράλληλα συγκρίθηκαν οι ερωτήσεις των σχολικών εγχειριδίων που χρησιμοποιούνται περισσότερο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, καθώς και το επίπεδο τους, προκειμένου να κατανοηθεί και να αξιολογηθεί η λειτουργικότητα των σχολικών εγχειριδίων (Φασουλόπουλος Γ., 2013).

Μια επιπλέον διάκριση του είδους των ερωτήσεων που εντοπίζονται στα σχολικά εγχειρίδια, αφορά την ανάλυση του περιεχομένου τους. Με βάση αυτήν την κατηγοριοποίηση, διαχωρίζονται σε «χαμηλού» και «υψηλού» επιπέδου ερωτήσεις, ανάλογα με τον βαθμό που ξεπερνούν την απλή πληροφόρηση, κινητοποιώντας τους μαθητές σε ανώτερες γνωστικές λειτουργίες συλλογής, οργάνωσης και επεξεργασίας των πληροφοριών. Με τις «υψηλού» επιπέδου ερωτήσεις, οι μαθητές οδηγούνται στην σταδιακή οικοδόμηση βασικών

εννοιών, στη διατύπωση γενικεύσεων και γενικά στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και στάσεων που τους επιτρέπουν να επιλύουν προβλήματα, επιστρατεύοντας όλες τις γνωστικές λειτουργίες τους (Ματσαγγούρας Η., 2000).

Σημαντική, μπορεί να θεωρηθεί και η έρευνα της Lewis (2012), η οποία προσπάθησε να αξιολογήσει τα σχολικά εγχειρίδια Φυσικών Επιστημών της Γ΄ τάξης του Δημοτικού Σχολείου, που εκδόθηκαν κατά τη χρονική περίοδο 2000-2010 στις Η.Π.Α. Σε αυτά διερευνήθηκε ο βαθμός εμφάνισης, ουσιαστικά, των διαφόρων πρακτικών που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες. Οι πρακτικές αυτές, όπως επισημάνθηκε, καθορίστηκαν το 1996 από το National Education Science Standards και αφορούν τα εξής :

- την ερμηνεία των εξηγήσεων
- την επικοινωνία
- την επίσημη επιστημονική γνώση
- την αντιπαραβολή των εξηγήσεων
- την συγκρότηση των εξηγήσεων
- τις απαντήσεις, οι οποίες είναι βασισμένες σε διάφορα αποδεικτικά στοιχεία
- τα ερευνητικά ερωτήματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης έρευνας, σε πολλές από τις εκδόσεις είχαν ενσωματωθεί οι μισές πρακτικές ή και καμία από αυτές, ενώ μόνο σε ελάχιστες εκδόσεις είχαν συμπεριληφθεί όλες οι πρακτικές. (Lewis A. R., 2012).

Όσον αφορά τη λειτουργικότητα των πειραμάτων, σε ένα σχολικό εγχειρίδιο, απαιτείται τα προτεινόμενα πειράματα να μπορούν να γίνουν πράξη και παράλληλα να δίνουν τα αναμενόμενα αποτελέσματα, από τα οποία να εξάγονται εύκολα τα συμπεράσματα. Ταυτόχρονα, θα πρέπει να είναι απλά και αρκετά, ώστε να μπορούν να πραγματοποιηθούν στην τάξη από τους ίδιους τους μαθητές (Κανδεράκης Ν., 2106).

Στο σύγχρονο σχολείο τα εγχειρίδια αποτελούν ένα μόνο από τα μέσα μάθησης, ενώ στο ελληνικό, το μοναδικό (Κόκκοτας Π., 2001). Έρευνες δείχνουν ότι οι δάσκαλοι που στην διδασκαλία τους εμπλέκουν δραστηριότητες που απαιτούν υψηλές γνωστικές διεργασίες, χρησιμοποιούν ελάχιστα τα σχολικά εγχειρίδια (Stein M. K. et al., 1996).

Τα σχολικά εγχειρίδια είναι βέβαιο πως κατέχουν σημαντική θέση στη μάθηση και πιστεύεται, από πολλούς εκπαιδευτικούς, ότι δεν νοείται διδασκαλία χωρίς την ύπαρξή τους. Σ' ένα σχολείο στο οποίο οι μαθητές θεωρούνται ότι έχουν πρωταγωνιστικό ρόλο στη



μαθησιακή διαδικασία, το σχολικό εγχειρίδιο οφείλει να είναι συνδεδεμένο με το Πρόγραμμα Σπουδών του κάθε γνωστικού αντικείμενου, καλλιεργώντας στους μαθητές δεξιότητες που αφορούν το τρόπο μάθησης, διατηρώντας αμείωτο το ενδιαφέρον τους και συνδυάζοντας όλα τα διδακτικά αντικείμενα (Συρίου Ι. κ.α., 2015).

#### **1.4 Η διδασκαλία των Φυσικών Επιστήμων στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση**

Παραδοσιακά, οι εκπαιδευτικές πρακτικές που αφορούν τις Φυσικές Επιστήμες στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση, παρουσιάζουν πολλές δυσκολίες στον χειρισμό τους (Κόκκοτας, Π., 2002). Υπάρχει διεθνής αναγνώριση ότι οι Φυσικές Επιστήμες αποτελούν έναν από τους πιο δύσκολους κλάδους για εκπαιδευτικούς και μαθητές, αναφορικά με τις ιδιαιτερότητες του αντικείμενου που πραγματεύονται, για τους πρώτους και με την κατανόηση των εννοιών, για τους δεύτερους (Kleraker T. O., Almendingen S. F., 2017).

Οι συμπεριφοριστικές θεωρίες κατάφεραν να εφαρμοστούν στη διδασκαλία και τη μάθηση των Φυσικών Επιστημών στην αποκαλούμενη παραδοσιακή προσέγγιση. Με βάση την μιχεβιοριστική θεωρία, που έχει τις βάσεις της στη θεωρία του Ρανιον, υπάρχει μια γραμμική – μηχανιστική σχέση, η οποία αναπτύσσεται τις περισσότερες φορές μεταξύ ερεθίσματος και αντίδρασης και εκφράζεται ως σχέση ουσιαστικά, που καλλιεργείται μεταξύ διδασκαλίας και μάθησης. Στόχος είναι η επιλογή και παράλληλα η εφαρμογή των κατάλληλων διδακτικών μεθόδων, προκειμένου να επιτευχθούν τα επιθυμητά αποτελέσματα (Κολιάδης Ε. Α., 1996).

Η παραδοσιακή προσέγγιση, προσδιορίζοντας τη διδακτική πραγματικότητα, αναλύει με τον τρόπο αυτό τρία βασικά στοιχεία: τον ίδιο τον εκπαιδευτικό, τη γνώση/διδακτικό αντικείμενο και τους μαθητές. Τα τρία αυτά στοιχεία δημιουργούν με την παρουσία τους το «διδακτικό τρίγωνο», με τον εκπαιδευτικό να είναι κυρίαρχος και τον μαθητή εξαρτημένο (Ματσαγγούρας Η., 1999). Η παραδοσιακή προσέγγιση αδιαφορεί όχι μόνο για τις ιδέες, τα ενδιαφέροντα, καθώς, επίσης, και τη νοητική λειτουργία των μαθητών, αφού οι μαθητές προσεγγίζονται ως «άγραφος πίνακας», στον οποίο οι εκπαιδευτικοί καλούνται να «εγγράψουν» τη γνώση. Η μάθηση αποτελεί ουσιαστικά μια διαδικασία απομνημόνευσης και παράλληλα ανάκλησης των διαφόρων γνώσεων και η διδασκαλία προσεγγίζεται ως μια διαδικασία μεταφοράς της απαιτούμενης γνώσης (Χατζηγεωργίου Γ., 2006).

Οι εκπαιδευτικοί της Πρωτοβάθμιας, προσπαθώντας να απεγκλωβιστούν από την παραδοσιακή διδασκαλία, νιώθουν ότι αποστερούνται της εγκυρότητας και της αποτελεσματικότητάς τους, ως επαγγελματίες της εκπαίδευσης (Βλάχος Ι. Α. , 2003). Η αλλαγή ρόλου του εκπαιδευτικού καθώς και το πέρασμα από μία δασκαλοκεντρική μορφή διδασκαλίας, προς ένα αποκεντρωμένο μοντέλο είναι αρκετά δύσκολο (Σταυρίδου Ε., 2000). Ενώ, λοιπόν, θεωρητικά δε διαφωνούν με την επιτακτική ανάγκη μεταρρύθμισης που επιβάλλει η νέα πραγματικότητα, δεν υιοθετούν εν τέλει τις αλλαγές (Κόκκοτας, Π. , 2002).

Η σύγχρονη διδακτική, προσθέτει ακόμη ένα στοιχείο, στο «διδασκτικό τρίγωνο» της παραδοσιακής, που είναι το διδακτικό συγκείμενο (context), μέσα στο οποίο πραγματοποιείται η αλληλεπίδραση των υπόλοιπων τριών στοιχείων. Με αυτόν τον τρόπο διευρύνεται το αντικείμενο της διδακτικής των Φυσικών Επιστημών, καθότι λαμβάνονται υπόψη παράγοντες που έχουν σχέση με το ψυχολογικό και κοινωνικό πλαίσιο της σχολικής τάξης. Η επιστημονική διδακτική, συνεπώς, αναζητά σχέσεις, για παράδειγμα δασκάλου-μαθητή, μαθητή-διδασκτικού αντικειμένου, μαθητή- μαθητικής ομάδας και σχολείου- κοινωνίας, ενταγμένες στη σχέση διδασκαλίας-μάθησης που κυριαρχεί στη σχολική τάξη (Ματσαγγούρας Η., 1999).

Οι διδακτικές στρατηγικές, που επιστρατεύουν οι εκπαιδευτικοί της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης, υποδηλώνουν όχι μόνο την ύπαρξη του δασκάλου και των μαθητών αλλά και την ύπαρξη των διδακτικών στόχων που είναι και το επιθυμητό μαθησιακό αποτέλεσμα. Οι αλληλεπιδράσεις των δασκάλων-μαθητών, των μαθητών-γνωστικού αντικειμένου και η στάση που υιοθετεί ο δάσκαλος απέναντι στο γνωστικό αντικείμενο, είναι πολύ σπουδαίοι παράγοντες της διδασκαλίας των Φυσικών Επιστημών (Κόκκοτας Π. κ.α., 1999).

Επισημαίνεται, εξάλλου, ότι η αξιολόγηση και ο τρόπος με τον οποίο κρίνεται η επίδοση του μαθητή, όχι μόνο στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, έχει επιφέρει σημαντική μεταβολή στον πυρήνα του σχολείου. Το έχει μετατρέψει, δηλαδή, από χώρο μαθήσεως σε χώρο επιδόσεων, δηλαδή εξετάσεων και βαθμολογίας, υποσκάπτοντας με τον τρόπο αυτό τον παιδαγωγικό του χαρακτήρα (Καψάλης Α. Γ., 1998).

Στο σημείο αυτό, είναι πολύ σημαντικό να τονιστεί, σύμφωνα με τον Shulman, η αναγκαιότητα να γνωρίζουν πολύ καλά οι δάσκαλοι το αντικείμενο που διδάσκεται και στην επιστημονική του μορφή αλλά και στη μορφή της διδάξιμης ύλης (Shulman L., 1987). Οι περιορισμένες γνώσεις των δασκάλων της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης γύρω από τις

Φυσικές Επιστήμες, καθώς και τυχόν παρανοήσεις τους, μπορεί να επιφέρουν αρνητικά αποτελέσματα στη διδασκαλία (Κόκκοτας, Π. , 2002).

Με βάση έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σε πολλές άλλες χώρες, οι εκπαιδευτικοί παρουσιάζουν όχι μόνο χαμηλά επίπεδα εμπιστοσύνης άλλα και αντιπάθεια για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Το γεγονός αυτό έχει αρνητική επίδραση στην μέθοδο διδασκαλίας που επιλέγουν, με αποτέλεσμα να μην αξιοποιούν διδακτικές στρατηγικές που προτείνονται στα προγράμματα σπουδών των Φυσικών Επιστημών (Appleton K., 2002).

Οι εκπαιδευτικοί της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης οφείλουν στον σχεδιασμό γενικών διδακτικών μεθοδολογιών να συμπεριλαμβάνουν πρακτικές που απαντούν στα θεμελιώδη ερωτήματα της Διδακτικής ως κλάδου των Επιστημών της Εκπαίδευσης (Ραβάνης Κ., 1999).

Με βάση τον Mialaret (1976) τα ερωτήματα αυτά είναι τα εξής:

- Γιατί διδάσκουμε; Ποιοι είναι οι γενικοί σκοποί και οι επιμέρους στόχοι ενός προγράμματος διδασκαλίας;
- Τι διδάσκουμε; Ποια είναι τα προγράμματα και το περιεχόμενο της διδασκαλίας;
- Πώς διδάσκουμε; Ποιες είναι οι κατάλληλες μέθοδοι, στρατηγικές και παιδαγωγικές τεχνικές;
- Σε ποιους διδάσκουμε; Ποια είναι τα προβλήματα ψυχολογικής υφής, στο σύνολό τους, τα οποία επηρεάζουν την πορεία προς την απόκτηση της γνώσης;
- Ποια είναι τα αποτελέσματα του εκπαιδευτικού έργου; Ποια είναι τα προβλήματα αξιολόγησης; (Mialaret G., 1976)

Οι εκπαιδευτικοί, προκειμένου να επιτύχουν τους επιθυμητούς μαθησιακούς στόχους, είναι αναγκαίο να χρησιμοποιούν, κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, τα κατάλληλα εργαλεία, ανάλογα με το κάθε διδακτικό αντικείμενο. Τέτοιες διαδικασίες-εργαλεία, σύμφωνα με τον Σκούμιο (2017), είναι οι εξής:

- Η γνωστική σύγκρουση, κατά την οποία ο μαθητής έρχεται αντιμέτωπος με τις απόψεις των άλλων, διαψεύδοντας τις δικές τους απόψεις ή προβλέψεις, με αποτέλεσμα να επέρχεται η εννοιολογική αλλαγή.
- Οι αναλογίες ή μεταφορές, που χρησιμοποιούνται προκειμένου τα παιδιά να βγάλουν νόημα για την επιστημονική γνώση, μέσα από τις προσωπικές τους εμπειρίες.
- Οι εννοιολογικοί χάρτες, που αναπαριστούν με σχηματικό τρόπο τις έννοιες και τις διασυνδέσεις που υπάρχουν μεταξύ τους.

- Τα πειράματα, που διαμεσολαβούν ανάμεσα στον άνθρωπο και τη φύση και για τα οποία θα γίνει εκτενής αναφορά στο επόμενο κεφάλαιο (Σκουμιός Μ., 2017).

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες παρατηρείται η τάση για μάθηση μέσα από έρευνα στον τομέα των Φυσικών Επιστημών, τόσο στην Πρωτοβάθμια όσο και στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, η οποία κρίνεται απαραίτητο να συνεχιστεί, δεδομένου ότι παρατηρούνται αλλαγές στη ζωή των νέων και στον κόσμο γενικότερα. Απαιτείται, παράλληλα, να δοθεί έμφαση στην επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, στα αναλυτικά προγράμματα των Φυσικών Επιστημών καθώς και στην αξιολόγηση. Οι Φυσικές Επιστήμες ανήκουν σε όλους, καθώς αποτελούν μία παγκόσμια κατάκτηση. Η περιέργεια των παιδιών οφείλει βέβαια να προκαλείται σε διαφορετικά κοινωνικά και πολιτισμικά πλαίσια, χωρίς να προτάσσεται η διαμόρφωση ενός παγκόσμιου εκπαιδευτικού μοντέλου, καθώς με τον τρόπο αυτό θα χανόταν η ποικιλομορφία των ανθρώπων (Léna P., 2015).

Συγκεκριμένα, στην Ελλάδα, η απόκτηση γνώσεων αποτελεί αποκλειστικό στόχο, στην Πρωτοβάθμια και στην Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση, με αποτέλεσμα ο χειρισμός των υλικών, όταν γίνεται, να μην προάγει την καθοδηγούμενη διερεύνηση, μια μορφή της οποίας συναντάται στην Ε΄ και στην ΣΤ΄ Δημοτικού (Κουμαράς Π., 2015). Άλλωστε, μία από τις πιο καθοριστικές αιτίες της αποτυχίας στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών, είναι ότι παρέχεται στους μαθητές συσσωρευμένο έτοιμο υλικό, με το οποίο απαιτείται η εξοικείωση, ενώ θα έπρεπε να διδάσκεται ως τρόπος σκέψης και στάσης ζωής (Dewey J., 2014).

Σε γενικές γραμμές, η διδακτική των Φυσικών Επιστημών, βρίσκεται σε αδιάκοπο επαναπροσδιορισμό των επιστημολογικών επιλογών της, δεδομένου ότι είναι μια πολυσύνθετη επιστήμη και είναι ανοιχτή σε όλων των ειδών τις επιδράσεις και τις επιρροές, ώστε να επιτευχθεί η βελτίωση της εκπαίδευσής τους (Ραβάνης Κ., 1999).

## **1.5 Ο ρόλος των πειραμάτων στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών**

### **1.5.1 Το πείραμα στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών**

Οι Φυσικές Επιστήμες, από τον ορισμό τους, προάγουν την πειραματική διδασκαλία. Οι επιστήμονες για να φτάσουν σε διάφορες θεωρίες ή νόμους, χρησιμοποιούν πειράματα, ελέγχοντας τα με άλλα πειράματα (Harre R., 1981). Ο άνθρωπος που έβαλε τα θεμέλια της μεθόδου για την εξερεύνηση του κόσμου, θεωρείται ο Γαλιλαίος, ο οποίος πίστευε στην

αναγκαιότητα της πειραματικής διαδικασίας ώστε να διατυπωθεί μια νέα θεωρία και να ελεγχθεί η ορθότητά της (Κόκκοτας Π., 2000).

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η Φυσική είναι μια πειραματική επιστήμη, θεωρείται αυτονόητο ότι η γνώση πρέπει να στηρίζεται στην πειραματική διαδικασία. Οι κυρίως διδακτικές προσεγγίσεις, αντιμετωπίζουν με διαφορετικό τρόπο τη χρήση των πειραμάτων. Με αυτόν τον τρόπο, ο συμπεριφορισμός περιλαμβάνει στη διδασκαλία το πείραμα επίδειξης, ως απόδειξη της θεωρίας, την οποία παρουσιάζει και εξηγεί ο εκπαιδευτικός. Το πείραμα επίδειξης σε ομαδικό επίπεδο, αξιολογείται και από το ανακαλυπτικό μοντέλο διδασκαλίας, καθώς η μάθηση θεωρείται ότι επέρχεται μέσω της αλληλεπίδρασης με τα αντικείμενα. Για την εποικοδομητική προσέγγιση, τέλος, το πείραμα αποτελεί μια ομαδική δραστηριότητα μέσω της οποίας επιτυγχάνεται η γνωστική σύγκρουση και εν τέλει επέρχεται η αναδόμηση των προϋπαρχουσών ιδεών των μαθητών (Κόκκοτας Π., Βλάχος Γ., 2000).

Το πείραμα κατέχει πρωταρχική θέση σε οποιοδήποτε διδακτική ενότητα και φέρνει σε επαφή τον μαθητή πρακτικά με την φύση και τον πραγματικό κόσμο (Wynne H., Elstgeest J., 2005). Οι μαθητές, τις περισσότερες φορές, έρχονται αντιμέτωποι με δυσκολίες που έχουν σχέση με την ερμηνεία των εννοιών των Φυσικών Επιστημών. Εξάλλου, έχουν ήδη «κατασκευάσει» ιδέες, με τις οποίες εξηγούν τα φαινόμενα που παρατηρούν, τόσο καλά εδραιωμένες που προβάλλουν αντίσταση στις αλλαγές. Μια διδακτική παρέμβαση, σχεδιασμένη με βάση τον συμπεριφορισμό, είναι αβέβαιο ότι μπορεί να οδηγήσει στην αφομοίωση της επιστημονικής γνώσης (Αναγνωστόπουλος Α. & Κώτσης Κ., 2009). Με βάση το εποικοδομητικό μοντέλο μάθησης, ένα πείραμα αναδεικνύει τις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών σχετικά με τη φύση και τον κόσμο, προκαλώντας τους να τις ελέγξουν και να τις συγκρίνουν με την επιστημονική αλήθεια, προκειμένου να επέλθει η γνωστική σύγκρουση και τελικά η αντικατάσταση των ιδεών αυτών (Στύλος Γ. κ.α., 2014).

Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης πειραμάτων οι μαθητές εργάζονται, κάνουν υποθέσεις, επιλέγουν τα σωστά εργαλεία που χρειάζονται ώστε να παρατηρήσουν προσεκτικά και να εξάγουν συμπεράσματα, για τα οποία πρέπει να ερευνηθεί η ορθότητά τους. Συνεπώς, αισθάνονται πως εργάζονται δημιουργικά, γεγονός που προκαλεί και συντηρεί το ενδιαφέρον τους αμείωτο και τελικά δημιουργούνται αισθήματα ευχαρίστησης και ικανοποίησης (Κώτσης Κ., 2005).

Εξάλλου, οι μαθητές εκδηλώνουν ιδιαίτερα θετική στάση, όταν η διδασκαλία δεν παραμένει μόνο στην απλή διάλεξη, που φαντάζει ανούσια στα μάτια τους, αλλά συνδυάζεται με την εκτέλεση πειραματικών διαδικασιών (Farhana W. Y., Zainun M. A., 2012). Παράλληλα, κάποιες έρευνες συγκλίνουν στο συμπέρασμα ότι η ενεργός συμμετοχή σε εργαστηριακές δραστηριότητες βοηθούν αποτελεσματικότερα τους μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες στην κατανόηση ως προς τις φυσικές επιστήμες (Dalton B. et al., 1997).

Σχετικές έρευνες αναδεικνύουν τη σημασία των πειραμάτων, διότι δίνουν την ευκαιρία στους μαθητές να μετέχουν ενεργά σε δραστηριότητες παραγωγής αλλά και αξιολόγησης επιχειρημάτων, ενώ προωθούν την κατανόηση των εννοιών των Φυσικών Επιστημών (Skoumios M., 2009). Η άποψη ότι το πείραμα βοηθάει τους μαθητές να συνδέσουν την επιστήμη με τη πράξη, να κατανοήσουν την θεωρία, να καλλιεργήσουν την παρατηρητικότητα τους, να αντιπαραβάλουν τα δεδομένα και να εξάγουν συμπεράσματα, είναι γενικώς αποδεκτή (Μανουσάκης Γ, 1996).

Από την άλλη μεριά, έχουν τεθεί και ερωτήσεις για τα πειράματα που πραγματοποιούνται, τα οποία έχουν σχέση με την αποτελεσματικότητά τους και την εκπαιδευτική τους αξία. Υποστηρίζεται ότι οι πειραματικές δραστηριότητες μπορεί να διαδραματίσουν ένα δευτερεύοντα ρόλο στη μάθηση των Φυσικών Επιστημών, καθώς με τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιούνται, πολλές φορές υπολείπονται σε οργάνωση, συνεισφέρουν ελάχιστα στη μάθηση και προκαλούν σύγχυση στους μαθητές (Hodson D., 1988).

Μια πειραματική έρευνα, σε κάθε περίπτωση, θα πρέπει σε γενικές γραμμές να ακολουθεί τα παρακάτω στάδια:

- Να περιγράφει με τη χρήση κατάλληλων εννοιών και γενικεύσεων το φαινόμενο που διερευνά.
- Να διατυπώνει κατάλληλες υποθέσεις, οι οποίες εκφράζουν τη διαισθητική σύλληψη των σχέσεων που διέπουν το φαινόμενο.
- Να ελέγχει πειραματικά τους παράγοντες του φαινομένου, για να διαπιστωθούν οι σχέσεις της υπόθεσης.
- Να αξιολογεί τα συμπεράσματα του πειραματισμού και, ανάλογα, να επιβεβαιώνει ή να τροποποιεί την αρχική υπόθεση (Ματσαγγούρας Η., 2000).

Με βάση το μοντέλο του εποικοδομισμού θα πρέπει οι μαθητές:

- να εκφράσουν την δική τους ερμηνεία, αν υπάρχει.

- να εξετάσουν αν ισχύει ή όχι η γνώμη τους.
- να εργαστούν με βάση το επιστημονικό μοντέλο έρευνας, ώστε να εξηγήσουν τα αποτελέσματα των πειραμάτων, που δεν μπορούσαν να ερμηνεύσουν με την προηγούμενη άποψή τους .
- να αντιπαραβάλουν την αρχική τους άποψη με την επιστημονική γνώση και να επισημάνουν για ποιους λόγους η δική τους άποψη δεν είχε την ίδια ισχύ (Κώτσης Κ., 2005).

Στις περισσότερες χώρες στον ευρωπαϊκό χώρο η πειραματική πρακτική έχει ενταχθεί στην εκπαιδευτική διαδικασία των Φυσικών Επιστημών στους τομείς της Πρωτοβάθμιας και τη Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Το σύγχρονο ελληνικό αναλυτικό πρόγραμμα σπουδών συγκλίνει σε αυτήν επιδίωξη των ευρωπαϊκών χωρών (Ξανθίδου Π., 2015).

Λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η κατανόηση των εννοιών και της θεωρίας δεν αποτελεί τον μοναδικό στόχο των Φυσικών Επιστημών, καθώς υπάρχουν και πολλοί άλλοι που έχουν αναφερθεί, το πείραμα μπορεί να συμβάλλει με αποφασιστικό τρόπο στην επίτευξη όλων αυτών (Κόκκοτας Π., Βλάχος Γ., 2000). Αυτό που συμπεραίνουμε με βεβαιότητα είναι πως με τον πειραματισμό ως διδακτικό εργαλείο δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να συμβάλλουν και να επιδράσουν στην εκπαιδευτική διαδικασία (Hofstein A., & Lunetta V.N., 2004). Παράλληλα οι μαθητές εξασκούνται στη χρήση της επιστημονικής μεθόδου στην προσπάθειά τους να ερμηνεύσουν τα φαινόμενα που παρατηρούν, το λεγόμενο «doing science» (Hodson D., 1988).

### **1.5.2 Πειράματα με υλικά καθημερινής χρήσης**

Οι πιο βασικοί λόγοι εξαιτίας των οποίων δεν εκτελούνται πειράματα στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση συνοψίζονται στους εξής (Χαλκιά Κ., 1999):

- η έλλειψη των ειδικών χώρων που απαιτούνται
- ο φόβος μήπως υπάρξει κάποιο ατύχημα κατά την εκτέλεση του πειράματος
- η έλλειψη χρόνου που απαιτείται για την οργάνωση και πραγματοποίηση των πειραμάτων
- ο φόβος της αποτυχίας κατά την διάρκεια εκτέλεσης του πειράματος
- η έλλειψη των ειδικών υλικών, οργάνων και συσκευών που χρειάζονται
- η εκπαίδευση των δασκάλων

Η σχέση υλικοτεχνικής υποδομής και μαθησιακής αποτελεσματικότητας υφίσταται στο διδακτικό αντικείμενο των Φυσικών Επιστημών. Σημαντικότερο ρόλο, βέβαια, από την ίδια την υποδομή, διαδραματίζει ο τρόπος οργάνωσης του μαθησιακού χώρου και οι οργανωτικές και διδακτικές επιλογές του εκπαιδευτικού (Ματσαγούρας Η., 1999).

Τα πλεονεκτήματα, όταν χρησιμοποιούνται υλικά καθημερινής χρήσης κατά την εκπαιδευτική διαδικασία είναι τα παρακάτω:

- Εστιάζεται η προσοχή των μαθητών στο φαινόμενο και όχι στη συσκευή.
- Βοηθούν το μαθητή να συνδέσει την επιστήμη με την καθημερινή ζωή.
- Αναπτύσσεται θετική στάση απέναντι στο μάθημα της Φυσικής.
- Μετατρέπουν την αδιάφορη σχολική εργασία σε μια εμπειρία που βοηθάει τη νοητική τους ανάπτυξη.
- Εμπλέκουν και τους μαθητές από χαμηλότερα κοινωνικά ή οικονομικά στρώματα.
- Συντελούν στην ανακατασκευή των εναλλακτικών απόψεων του μαθητή για την επιστημονική γνώση (Κουμαράς Π., 2000).

Σύμφωνα με την άποψη του Ντε Βρις (1987), άλλωστε, κάποια εξαιρετικά επιστημονικά πειράματα μπορούν να πραγματοποιηθούν με τη χρήση απλών καθημερινών αντικειμένων, που μπορεί να υπάρχουν σε όλα τα νοικοκυριά (Ντε Βρις Λ., 1987).



## Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup> – Διαφοροποιημένη Διδασκαλία

### 2.1 Συμπερίληψη

Για πολλά χρόνια υπήρχε η αντίληψη ότι οι τάξεις στις οποίες φοιτούν μαθητές μιας συγκεκριμένης ηλικιακής ομάδας με κοινή καταγωγή, εξαιρουμένων των τάξεων μονοθέσιων και διθέσιων σχολείων, είναι σε γενικές γραμμές ομοιογενείς. Η αλήθεια είναι πως ποτέ καμία τάξη δεν μπορεί να είναι απόλυτα ομοιογενής, καθώς τα παιδιά οποιασδήποτε τάξης (έστω και επιφανειακά ομοιογενούς) διαφέρουν ως προς το κοινωνικο-οικονομικό επίπεδο και το πολιτισμικό κεφάλαιο των γονιών τους, τη δική τους στάση απέναντι στο σχολείο, τις γνωστικές τους δομές και λειτουργίες (Σφυρόρα Μ., 2007).

Η αναγκαιότητα για διαφοροποιημένη διδασκαλία προέκυψε από την ανάγκη της εκπαίδευσης ατόμων μέσα σε συμπεριληπτικές τάξεις και συνιστά το κλειδί για την επιτυχή συμπεριληπτική εκπαίδευση. Μια σημαντική ώθηση για την εκπαίδευση χωρίς αποκλεισμούς δόθηκε από την Παγκόσμια Διάσκεψη για τις Ειδικές Ανάγκες Εκπαίδευσης το 1994. Περισσότεροι από 300 συμμετέχοντες εκπροσωπώντας 92 κυβερνήσεις και 25 διεθνείς οργανώσεις, συναντήθηκαν στη Σαλαμάνκα της Ισπανίας για την προώθηση του στόχου της Εκπαίδευσης για Όλους. Υποστηρίχθηκε πως πρέπει να γίνουν θεμελιώδεις αλλαγές πολιτικής, με σκοπό την προώθηση της εκπαίδευσης χωρίς αποκλεισμούς, δηλαδή επιτρέποντας στα σχολεία να εξυπηρετούν όλα τα παιδιά, ιδίως εκείνα που ορίζονται ως έχοντα ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες (UNESCO, 1994).

Ένα από τα θεμελιώδη δικαιώματα των παιδιών είναι η πρόσβαση στην εκπαίδευση χωρίς διακρίσεις και αποκλεισμούς. Με αυτήν τη λογική το σύστημα εκπαίδευσης είναι αναγκαίο να προσαρμόζεται στις ανάγκες των μαθητών και όχι το αντίθετο, γεγονός που προϋποθέτει την μεταβολή του προσανατολισμού του εκπαιδευτικού συστήματος. Παράλληλα, πρέπει να υιοθετηθούν διαφορετικές στρατηγικές, ώστε να υποστηριχθούν οι μαθητές οι οποίοι είναι ευάλωτοι να οδηγηθούν σε αποκλεισμό από την εκπαιδευτική διαδικασία (Stubbs S., 2008). Σε ένα τέτοιο εκπαιδευτικό πλαίσιο, όλο το σχολείο καθώς και κάθε τάξη ξεχωριστά λειτουργούν βασιζόμενοι στην πεποίθηση ότι όλοι οι μαθητές έχουν την ίδια αξία και καμία αναπηρία δεν μπορεί να αποτελέσει εμπόδιο στην επιτυχία του ατόμου. Η γενική εκπαίδευση πρέπει να συμπεριλαμβάνει όλους τους μαθητές, ανεξάρτητα από τυχόν αναπηρίες, επιτρέποντας την ισότιμη συμμετοχή τους στην γενική σχολική τάξη και παράλληλα στην κοινότητα του σχολείου (Μιχαηλίδης Κ., 2009).

Η συμπερίληψη δεν αφορά, όμως, μόνο τους μαθητές με αναπηρίες ή ειδικές ανάγκες, αλλά απευθύνεται σε όλους τους μαθητές, ακόμα και σε εκείνους χωρίς ιδιαιτερότητες. Η συμπερίληψη και η ισότητα είναι γενικές αρχές που πρέπει να καθοδηγούν όλες τις εκπαιδευτικές πολιτικές, τα σχέδια και τις πρακτικές. Διασφαλίζοντας ότι όλοι οι μαθητές έχουν πρόσβαση σε ποιοτική εκπαίδευση αναγνωρίζεται ταυτόχρονα η εγγενής αξία της διαφορετικότητας και ο σεβασμός της ανθρώπινης αξιοπρέπειας. Με αυτόν τον τρόπο, οι διαφορές γίνονται αντιληπτές με θετικό πρόσημο, ως ερέθισμα για την προώθηση της μάθησης μεταξύ παιδιών, νέων και ενήλικων (UNESCO, 2017).

Αρκετά συχνά υπάρχει σύγχυση μεταξύ των όρων «ένταξη- integration», «ενσωμάτωση- incorporation» και «συμπερίληψη- inclusive education», καθώς χρησιμοποιούνται ως ταυτόσημες. Η παιδαγωγική της συμπερίληψης έρχεται, ωστόσο, να αντικαταστήσει τους δύο πρώτους παλαιότερους όρους. Με τον όρο «ένταξη» από τη σκοπιά της ειδικής αγωγής σύμφωνα με τον Κόμπο (1990) ορίζεται «ως η εγγραφή και η κανονική φοίτηση των παιδιών με ειδικές ανάγκες (παιδιών με νοητική υστέρηση ή με σωματικές αναπηρίες ή με προβλήματα συμπεριφοράς), μέσα στις κανονικές τάξεις του συνηθισμένου δημόσιου σχολείου». Η δε «ενσωμάτωση» ορίζεται από τον ίδιο «ως την πλήρη εκπαιδευτική και κοινωνική ένταξη των παιδιών με ειδικές ανάγκες (εκπαιδευτικές και άλλες) μέσα σε μια συνηθισμένη τάξη των συνομηλίκων τους» (Κόμπος Χ., 1990). Και οι δύο όροι, βέβαια, έχοντας για πρώτο συνθετικό το εν-, στην ουσία υποδηλώνουν την είσοδο του μέρους στο όλο και ταυτόχρονα την προσαρμογή του σ' αυτό (Αγγελίδης Π., 2011). Η συμπερίληψη διαφέρει ως προς την έκφραση ενός νέου πολιτικού προσανατολισμού, ο οποίος καλεί τους εμπλεκόμενους στην εκπαιδευτική διαδικασία να προσαρμόσουν το σχολικό περιβάλλον με στόχο την πρόσβαση χωρίς περιορισμούς για κάθε μαθητή (UNESCO, 1994).

Μεγαλύτερο ζητούμενο για την εκπαίδευση του σήμερα αποτελεί όχι μόνο η διαχείριση της πολυμορφίας των μαθητών και η αντιμετώπιση των εκπαιδευτικών τους αναγκών αλλά παράλληλα και η διασφάλιση της συνοχής της τάξης, συνθέτοντας όλες τις ιδιαιτερότητες που υπάρχουν. Το σχολείο του 21<sup>ου</sup> αιώνα καλείται να συμπεριλάβει όλους τους μαθητές χωρίς αποκλεισμούς (Νάνου Α., Κουλούσια Γ., 2013). Οι σχολικές τάξεις αποτελούν ένα πολυδιάστατο μωσαϊκό, το οποίο μεταμορφώνεται δυναμικά και απαιτεί την απομάκρυνση από μονοδιάστατες, παραδοσιακές διδακτικές πρακτικές (Βαλιαντή Σ., 2015).

Για την προαγωγή των αρχών μιας συμπεριληπτικής παιδαγωγικής προσέγγισης είναι απαραίτητο να αναπτυχθούν συγκεκριμένες πρακτικές στο πλαίσιο της διαφοροποιημένης διδασκαλίας (Ζώνιου-Σιδέρη Α. κ.α., 2020). Η διαχείριση της διαφορετικότητας καθοδηγεί τους εκπαιδευτικούς στην ανάπτυξη πολλαπλών δεξιοτήτων που ανταποκρίνονται και ικανοποιούν τις διαφορετικές ανάγκες των μαθητών. Είναι σκόπιμο να καταπολεμηθούν φαινόμενα που υποβιβάζουν το επίπεδο των μαθητών και τον περιορισμό των δυνατοτήτων τους, οδηγώντας τους σε σχολική αποτυχία, έτσι ώστε να αναπτυχθούν ολόπλευρα οι μελλοντικοί πολίτες στο μέγιστο βαθμό με βάση τις δικές τους προοπτικές ανάπτυξης (Βαλιαντή Σ., Κουτσελίνη Μ., 2008).

Για να θεωρείται ένα σχολείο συμπεριληπτικής προσέγγισης πρέπει να αποδέχεται όλους τους μαθητές καθώς με αυτόν τρόπο παρέχονται πολλαπλά οφέλη. Η διαφορετικότητα των μαθητών είναι όχι μόνο αποδεκτή αλλά και επιθυμητή, γιατί αποτελεί αφετηρία, προκειμένου κάθε μαθητής να εξελίσσεται σε έναν ενεργό και δημιουργικό πολίτη (Σούλης Σ., 2013). Οι εκπαιδευτικές πολιτικές και διακηρύξεις, αναφέρονται στην ολόπλευρη ανάπτυξη όλων των μαθητών μέσα από την ενεργή τους συμμετοχή στη μαθησιακή διαδικασία. Σε αυτό το πλαίσιο, η διαφοροποιημένες εκπαιδευτικές στρατηγικές δύνανται να αποτελέσουν το μέσο για αποτελεσματική διδασκαλία για όλους τους μαθητές (Βαλιαντή Σ., 2015).

## **2.2. Διαφοροποιημένη Διδασκαλία**

### **2.2.1 Εννοιολογική προσέγγιση**

Η διαφοροποίηση στη διδασκαλία πιστεύεται ότι είναι μία από τις πιο κατάλληλες διδακτικές μεθόδους για την εφαρμογή της σε τάξεις στις οποίες φοιτούν μαθητές με μαθησιακές δυσκολίες ή γενικότερα μαθητές που χρειάζονται ξεχωριστή μεταχείριση λόγω των ειδικών εκπαιδευτικών αναγκών τους και βρίσκεται στο επίκεντρο των ερευνών του διεθνούς επιστημονικού χώρου. Το όνομά της στηρίχτηκε στη βασική της αρχή, η οποία είναι ότι η διδακτική πρέπει να προσαρμόζεται ανάλογα με την ποικιλομορφία, τις ανάγκες και την ατομικότητα όλων των μαθητών ξεχωριστά έτσι ώστε οι μαθητές να έχουν πολλαπλές επιλογές στο να παίρνουν πληροφορίες, να κατανοούν ιδέες και να εκφράζουν ό,τι μαθαίνουν (Tomlinson C. A., 2015).

Εκτός από τον όρο ‘διαφοροποιημένη παιδαγωγική’, όροι όπως ‘διαφοροποίηση’, ‘διαφοροποιημένη αίθουσα διδασκαλίας’, ‘διαφοροποίηση προγράμματος σπουδών’,

‘σχέδιο διαφοροποιημένης διδασκαλίας’ συναντώνται συχνά, γεγονός που οφείλεται στην εμπλοκή πολλών επιστημονικών πεδίων που σχετίζονται με την ανάπτυξη της διαφοροποιημένης παιδαγωγικής (Ζώνιου-Σιδέρη Α. κ.α., 2020).

Η διαφοροποιημένη διδασκαλία προλαμβάνει τις ανάγκες των μαθητών, βασισμένη στη διαφορετικότητα του μαθητικού δυναμικού, σχεδιάζοντας με πολλαπλούς τρόπους τον δρόμο για την κατάκτηση της γνώσης από τους μαθητές αλλά και της απόδειξης ότι την κατέχουν, μέσω της αλληλεπίδρασης μεταξύ τους (Tomlinson C. A., 2015). Εκλαμβάνεται ως μια συνεχόμενη εκπαιδευτική αναζήτηση, που στοχεύει στη δημιουργία εκπαιδευτικών πλαισίων τέτοιων που να εμπλέκουν στη μαθησιακή διαδικασία το μεγαλύτερο εύρος των διαφορών των μαθητών, αναδεικνύοντας την διαφορετικότητα «ως αρχή εμπλουτισμού και διερεύνησης της διδακτικής πράξης» (Ζώνιου-Σιδέρη Α. κ.α., 2020).

Αυτό βέβαια, δεν σημαίνει ότι η διαφοροποίηση σημαίνει ανοχή προς εκείνο που αποκλίνει από τη νόρμα αλλά και ούτε θεωρείται ως αγαθοεργία που αφορά παροχές προς τα ασθενέστερα κοινωνικά στρώματα. Η διαφοροποίηση συνιστά αναγνώριση της σπουδαιότητας του διαφορετικού, διαπιστώνοντας ότι το διαφορετικό μπορεί να συμβάλλει όχι μόνο στην εξέλιξη αλλά και στην πρόοδο του οργανισμού εκείνου που θα μπορέσει αποτελεσματικά να προσλάβει και να διαχειριστεί τη διαφορετικότητα (Νεοφύτου Λ., Βαλιαντή Σ., 2016).

Στο σημείο αυτό αξίζει να αναφερθεί ότι η διαφοροποιημένη διδασκαλία δεν νοείται η εξατομίκευση της διδασκαλίας, που αναπτύχθηκε τη δεκαετία του '70 αλλά και ούτε η ομοιογενής ομαδοποίηση. Αναγνωρίζεται ότι ο εκπαιδευτικός πρέπει να δουλεύει άλλοτε με το σύνολο της τάξης, άλλοτε με μικρές ομάδες και άλλοτε με μεμονωμένους μαθητές, οδηγώντας με τον τρόπο αυτό τους μαθητές στην ατομική κατανόηση, στην ανάπτυξη των επιμέρους δεξιοτήτων και παράλληλα στη δημιουργία της αίσθησης του «ανήκειν» σε μία ομάδα (Tomlinson C. A., 2015).

Συμπερασματικά, «η διαφοροποίηση είναι η διαδικασία προσαρμογής των μαθησιακών στόχων, των καθηκόντων, των δραστηριοτήτων, των πηγών στις ατομικές ανάγκες, το στυλ μάθησης, τον ρυθμό, το ιστορικό μάθησης και τη συνολική βιογραφία του κάθε και όλων των μαθητών» (Κουτσελίνη Μ., Αγαθαγγέλου Σ., 2018).

### 2.2.2 Φιλοσοφία της Διαφοροποιημένης Διδασκαλίας

Η πραγματικότητα των σύγχρονων τάξεων μικτής ικανότητας αλλά και τα συνεχώς αυξανόμενα ποσοστά σχολικής αποτυχίας επιβάλουν το σχεδιασμό και παράλληλα την εφαρμογή διαφοροποιημένων προγραμμάτων διδασκαλίας (Βαλιαντή Σ., Νεοφύτου Λ., 2016). Η διαφοροποίηση ως φιλοσοφική, εκπαιδευτική και διδακτική προσέγγιση, προτείνεται από τους ερευνητές για την προώθηση της ισότητας (Βαλιαντή Σ. κ.α., 2020).

Είναι αναγκαίο να κατανοηθεί ότι η διαφοροποίηση δεν είναι μια τεχνική ή μια διδακτική μέθοδος αλλά μια θεωρία με παιδαγωγικό χαρακτήρα που εφαρμόζει και επεκτείνει βασικές αρχές της παιδαγωγικής, της ψυχολογίας και της κοινωνιολογίας (Κουτσελίνη Μ., 2020). Η διαφοροποίηση της διδασκαλίας συνδέεται άμεσα με τις θεωρίες μάθησης των Vygotsky, Gardner και Piaget, αναγνωρίζοντας με τον τρόπο αυτό τις ιδιαίτερες ανάγκες των μαθητών και παράλληλα αναλαμβάνοντας την ευθύνη για τη διασφάλιση ότι όλοι οι μαθητές λαμβάνουν κατάλληλες ευκαιρίες μάθησης, καθώς και ανατροφοδότηση που ανταποκρίνεται στις ανάγκες τους (Tomlinson C. A., 2015).

Η διαφοροποιημένη εκπαίδευση έχει τις ρίζες της στην παιδαγωγική θεωρία του John Dewey (1916), σύμφωνα με την οποία η μάθηση δεν είναι μια παθητική κατάσταση αλλά μια ενεργητική διαδικασία χωρίς περιορισμούς, που έχει σαν στόχο την κινητοποίηση του μαθητή ώστε να καλλιεργεί τις ικανότητές του στο μέγιστο βαθμό και ταυτόχρονα να βελτιώνεται σε ατομικό επίπεδο, συνεισφέροντας με τον τρόπο αυτό στην ευημερία της κοινωνίας στο σύνολό της (Σούλης Σ., 2013).

Σημαντική, επίσης, θεωρείται η επιρροή της θεωρίας του κοινωνικού εποικοδομησμού, η οποία εστιάζεται στη μεγιστοποίηση της ενεργητικής συμμετοχής των μαθητών σε μια αλληλεπιδραστική διαδικασία οικοδόμησης της γνώσης τους, στο κοινωνικό πλαίσιο της τάξης. Η διαφοροποίησης της διδασκαλίας συνδέεται με την κοινωνικοπολιτισμική θεωρία κυρίως μέσα από μια βασική έννοια, την Ζώνη της Επικείμενης Ανάπτυξης (Vygotsky L. S., 1978). Προηγούνται οι διαδικασίες αξιολόγησης, στις οποίες βασίζεται ο εκπαιδευτικός με σκοπό να προσδιορίσει το επίπεδο του μαθητή και στη συνέχεια να προτείνει τις ανάλογες δραστηριότητες που οδηγούν σε ένα επόμενο επίπεδο κατανόησης (Βαλιαντή Σ., Νεοφύτου Λ., 2017).

Σύμφωνα με τη θεωρία πολλαπλής νοημοσύνης του Howard Gardner (1983), η ανθρώπινη νοημοσύνη χωρίζεται σε 9 τομείς, οι οποίοι δρουν σε διαφορετικά σημεία του

εγκεφάλου και είναι οι εξής: μουσική/ρυθμική, χωροταξική, γλωσσική, λογικομαθηματική, κιναισθητική, διαπροσωπική, ενδοπροσωπική, νατουραλιστική και υπαρξιακή. Οι εκπαιδευτικοί, λοιπόν, πρέπει να λαμβάνουν υπόψη την παραδοχή ότι ο κάθε μαθητής μαθαίνει με διαφορετικό τρόπο και έτσι να εφαρμόζουν μια ποικιλία διδακτικών μεθόδων, κάνοντας πιο αποτελεσματική την διδασκαλία τους (Gardner H., 1983).

Με βάση τα παραπάνω καθίσταται φανερό ότι η διαφοροποίηση της διδασκαλίας έχει τις βάσεις της στις σύγχρονες παιδαγωγικές θεωρίες και μεθοδολογικές πρακτικές, υπολογίζοντας την ετοιμότητα, τα κίνητρα, τη μεταγνώση, το στυλ μάθησης και τις διαδικασίες επικοινωνίας της γνώσης (Κουτσελίνη Μ., 2010).

### **2.2.3 Ο σκοπός της διαφοροποιημένης διδασκαλίας**

Στα σύγχρονα εκπαιδευτικά συστήματα αναγνωρίζεται η ανάγκη για κοινωνική δικαιοσύνη για όλους τους ανθρώπους, διασφαλίζοντας με τον τρόπο αυτό τη δυνατότητα για ισότιμη πρόσβαση όλων στη γνώση, ανεξάρτητα από τις διαφορές που υπάρχουν. Βασικός σκοπός των εκπαιδευτικών συστημάτων που προάγουν την κοινωνική ισότητα, είναι η μείωση του χάσματος της επίδοσης των μαθητών. Οι προσπάθειες αναμόρφωσης των αναλυτικών προγραμμάτων αλλά και των εκπαιδευτικών πολιτικών, που στοχεύουν στην προώθηση της ισότητας μέσω της ποιότητας της εκπαίδευσης, δεν έχουν ενθαρρυντικά αποτελέσματα (Βαλιαντή Σ. κ.α., 2020). Υποστηρίζεται πως η διαφοροποίηση της διδασκαλίας αποτελεί το μέσο, με το οποίο γίνεται σεβαστό το δικαίωμα των μαθητών για ισότητα στις τάξεις, όντας ένα από τα πιο ουσιώδη θέματα στην εκπαιδευτική θεωρία και πράξη (Κουτσελίνη Μ., Αγαθαγγέλου Σ., 2018).

Θεμελιώδες είναι το δικαίωμα για εκπαίδευση κάθε παιδιού, αν θέλει μια κοινωνία να χαρακτηρίζεται ως δίκαια. Η προσβασιμότητα στη γνώση και στη μάθηση που εξασφαλίζεται για κάθε μαθητή αποτελεί κριτήριο για την ποιότητα ενός σχολείου. Η διαφοροποιημένη διδασκαλία, στο πλαίσιο μιας συμπεριληπτικής εκπαίδευσης, είναι μια διδακτική προσέγγιση που έχει σαν στόχο την προσαρμογή της διδασκαλίας στα εξατομικευμένα χαρακτηριστικά κάθε μαθητή (Tomlinson C. A., 2015).

Βασικός σκοπός της διαφοροποιημένης διδασκαλίας είναι να οικοδομήσει τις έννοιες, τις πληροφορίες, τις δεξιότητες και τις στρατηγικές βελτιώνοντας τα προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα. Με τον τρόπο αυτό μεγιστοποιείται το κίνητρο, η γνωστική και

η μεταγνωστική ανάπτυξη καθώς και η επίδοση του κάθε μαθητή (Βαλιαντή Σ., Κουτσελίνη Μ., 2008).

Στο σημείο αυτό πρέπει να σημειωθεί ότι η διαφοροποίηση δεν αφορά μόνο την βελτίωση της επίδοσης των μαθητών που αντιμετωπίζουν μαθησιακά ή άλλα προβλήματα, αλλά στοχεύει και την ικανοποίηση των αναγκών παιδιών με ιδιαίτερα ταλέντα και διαφορετικό ρυθμό μάθησης. Παράλληλα βοηθάει τους «χαρισματικούς μαθητές» ή αυτούς που έχουν προχωρημένη γνώση συγκριτικά με το αναλυτικό πρόγραμμα, μέσω μετασχηματιστικών δραστηριοτήτων, και απευθύνονται σε πιο γρήγορους και έτοιμους μαθητές, συμβάλλοντας στην δημιουργία πιο σύνθετων συνδέσεων. Είναι γνωστό ότι οι συγκεκριμένοι μαθητές δυσκολεύονται στην εξεύρεση πνευματικού κινήτρου, όταν η μαθησιακή διαδικασία είτε είναι πολύ αργή είτε επικεντρώνεται σε επαναλήψεις όσων ήδη γνωρίζουν (Κουτσελίνη Μ., 2020).

Συμπερασματικά, η διαφοροποιημένη διδασκαλία στοχεύει στη δημιουργία μαθησιακών συνθηκών ικανών να στηρίξουν τους μαθητές, μέσω μιας οργανωμένης διδασκαλίας που βασίζεται στην αλληλεπίδραση των μελών της τάξης και στον εμπλουτισμό της διδασκαλίας με τα κατάλληλα εποπτικά μέσα και διδακτικές στρατηγικές, που οδηγούν στην ανάπτυξη της προσωπικής πορείας μάθησης κάθε μαθητή (Ζώνιου-Σιδέρη Α. κ.α., 2020).

#### **2.2.4. Βασικές αρχές της Διαφοροποιημένης Διδασκαλίας**

Η διαφοροποιημένη διδασκαλία είναι προφανές ότι έχει μαθητοκεντρικό χαρακτήρα, τοποθετώντας τους μαθητές στο κέντρο της εκπαιδευτικής διαδικασίας και αξιοποιώντας πλήρως τις ικανότητες και τα πλεονεκτήματά τους (Παπανδρέου Μ., 2020). Σύμφωνα με την Tomlinson (2010) η διαφοροποίηση είναι ένας τρόπος σκέψης για τη διδασκαλία αλλά και τη μάθηση που στηρίζεται στην αρχή ότι η διδασκαλία πρέπει να ξεκινά από το σημείο που βρίσκονται οι μαθητές, λαμβάνοντας υπόψη την ετοιμότητα, το ενδιαφέρον καθώς και το μαθησιακό προφίλ κάθε μαθητή (Tomlinson C. A., 2010).

Αν και δεν υπάρχει κανένας σωστός τρόπος διαφοροποίησης, υπάρχουν μερικές βασικές αρχές οι οποίες καθοδηγούν την διαφοροποιημένη διδασκαλία κατά την εκπαιδευτική διαδικασία και συνοψίζονται στις εξής (Tomlinson C. A., 2010):

- Ο εκπαιδευτικός επικεντρώνεται στα ουσιώδη, διατυπώνοντας ξεκάθαρα όσα πρέπει οι μαθητές να θυμούνται και διευκρινίζοντας τις δεξιότητες που πρέπει να κατακτηθούν.
- Ο εκπαιδευτικός ανταποκρίνεται στη διαφορετικότητα των μαθητών του μέσω της αποδοχής όλων και αναμένοντας την ανάπτυξή τους στον ανώτερο δυνατό βαθμό.
- Η αξιολόγηση και η διδασκαλία είναι αλληλένδετες, καθώς με την αξιολόγηση παρέχεται στους εκπαιδευτικούς η δυνατότητα κατανόησης του τρόπου με τον οποίο μπορούν να διαφοροποιήσουν την επόμενη διδασκαλία τους ώστε να βοηθήσουν τους μαθητές.
- Ο εκπαιδευτικός διαφοροποιεί το περιεχόμενο, τη διαδικασία και το αποτέλεσμα της διδασκαλίας.
- Όλοι οι μαθητές συμμετέχουν σε αξιόλογη εργασία ανάλογα με το επίπεδο ετοιμότητάς τους και τις νοητικές ικανότητές τους, ενώ ο εκπαιδευτικός φροντίζει ώστε οι δραστηριότητες να είναι τόσο ενδιαφέρουσες όσο και σημαντικές και παράλληλα να στηρίζει την πρόοδο όλων.
- Εκπαιδευτικός και μαθητές συνεργάζονται προγραμματίζοντας μαζί, καθορίζοντας τους στόχους, παρακολουθώντας την πρόοδο, αναλύοντας τις επιτυχίες και τις αποτυχίες τους με στόχο οι πρώτες να πολλαπλασιαστούν ενώ οι δεύτερες να αποτελέσουν αντικείμενο μάθησης.
- Ο εκπαιδευτικός προωθεί τόσο την ομαδική όσο και την ατομική εργασία οδηγώντας κάθε μαθητή στη μεγιστοποίηση των δυνατοτήτων του.
- Ο εκπαιδευτικός και οι μαθητές συνεργάζονται με ευελιξία με στόχο να επικεντρωθούν όχι μόνο σε ολόκληρη την τάξη αλλά και σε κάθε μαθητή ξεχωριστά καθώς και σε μικρές ομάδες.

### **2.2.5 Επίπεδα διαφοροποίησης-Πρακτικές εφαρμογές**

Είναι απαραίτητο να διευκρινιστεί ότι διαφοροποίηση δε σημαίνει ότι πρέπει να υπάρχει διαφορετικό πρόγραμμα για κάθε μαθητή αλλά και ούτε απλός χωρισμός των μαθητών σε ομοιογενείς ομάδες διαφορετικών επιπέδων, με αυτό να συνεπάγεται ότι κάποιοι μαθητές θα κάνουν περισσότερες εργασίες από τους υπόλοιπους (Χολέβας Ν. κ.α., 2018). Η τεχνική της βασίζεται στην αναδόμηση καθώς και στην προσαρμογή ενός ή παραπάνω στοιχείων που



αφορούν το γνωστικό αντικείμενο, δηλαδή τους στόχους και τους σκοπούς, το περιεχόμενο, την πορεία, τα αποτελέσματα και την αξιολόγηση, στηριζόμενη στα χαρακτηριστικά των μαθητών, δηλαδή την ετοιμότητα, τα ενδιαφέροντα, το στυλ μάθησης και το είδος νοημοσύνης (Κουτσελίνη Μ., 2010).

Η διαφοροποίηση είναι δυνατόν να επιτευχθεί με τους εξής τρόπους: με τη διαφοροποίηση των διαδικασιών μάθησης, με τη διαφοροποίηση των περιεχομένων μάθησης, των διδακτικών μέσων και του τελικού προϊόντος (Σφυρόερα Μ., 2007; Tomlinson C. A., 2015), χωρίς βέβαια αυτό να σημαίνει ότι είναι αναγκαίο να διαφοροποιηθούν όλα τα στοιχεία με όλους τους εναλλακτικούς τρόπους σε κάθε περίπτωση (Ζώνιου-Σιδέρη Α. κ.α., 2020).

Στην πρώτη περίπτωση, έχοντας ένα κοινό μαθησιακό στόχο, δίνεται η δυνατότητα επιλογής από τους μαθητές του τρόπου με τον οποίο θα εργασθούν ώστε να επιτευχθεί η κατάκτησή του (Σφυρόερα Μ., 2007). Για τη διαφοροποίηση του περιεχομένου έχουν προταθεί πολλές πρακτικές όπως εννοιοκεντρική διδασκαλία, χρήση πολλαπλών κειμένων και υλικών, μαθησιακά συμβόλαια κ.ά. (Tomlinson C. A., 2015).

Το περιεχόμενο της διδασκαλίας αφορά όλα όσα διδάσκονται στην τάξη, δηλαδή τις θεματικές ενότητες, τις έννοιες, τις γνώσεις, τις αξίες και τις δεξιότητες και είναι δυνατόν να διαφοροποιηθεί με βάση τα ενδιαφέροντα, τις προτιμήσεις και τα βιώματα των μαθητών. Τα υλικά και τα μέσα έχουν να κάνουν με όλους τους πόρους που μπορούν να παίξουν διαμεσολαβητικό ρόλο στο να κατανοηθεί το περιεχόμενο της διδασκαλίας (Ζώνιου-Σιδέρη Α. κ.α., 2020). Υπάρχουν αρκετές υποστηρικτικές πρακτικές που μπορούν να χρησιμοποιηθούν όπως τα μαγνητοφωνημένα κείμενα, οι οργανωτές σημειώσεων, τα υπογραμμισμένα κείμενα και η βοήθεια από συμμαθητές (Tomlinson C. A., 2015).

Διαφοροποίηση βέβαια δεν υφίσταται μόνο στη διδασκαλία αλλά και στην αξιολόγηση, η οποία αποτελεί μια συνεχιζόμενη διαδικασία, ενώ με τον τρόπο αυτό δίνεται η δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να συλλέξει δεδομένα σε όλη τη διάρκεια της διδασκαλίας, με σκοπό να ανακαλύψει όχι μόνο τις ανάγκες αλλά και τις δυνατότητες των μαθητών του (Χολέβας Ν. κ.α., 2018). Στο πλαίσιο αυτό, η διαφοροποίηση αφορά βασικά την σύγκριση του μαθητή με την εξέλιξή του από το αρχικό του επίπεδο και είναι ταυτόχρονα πολύ σημαντικό να δίνεται και η απαραίτητη ανατροφοδότηση από τον εκπαιδευτικό (Βαλιαντή Σ., Νεοφύτου Λ., 2017).

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ο ρόλος του εκπαιδευτικού στη διαφοροποιημένη διδασκαλία, ο οποίος είναι πιο απαιτητικός αφού κατέχει κεντρική θέση στην υλοποίηση και στην επιτυχία της διαφοροποίησης (Βαλιαντή Σ., 2015). Σχεδιάζει δραστηριότητες, διευκολύνει και παράλληλα αξιολογεί την πορεία της διδασκαλίας ενώ προσπαθεί συνεχώς να εμπλουτίζει τις γνώσεις του (Tomlinson C. A., 2010).

Η διαφοροποίηση της διδασκαλίας και της μάθησης αποτελεί μια πρόκληση για τους εκπαιδευτικούς ώστε να αναλάβουν δράση ως φορείς ανάπτυξης του αναλυτικού προγράμματος. Βέβαια, η στροφή από την παραδοσιακή διδασκαλία στην διαφοροποίηση φαντάζει στη θεωρία σαν εύκολη διαδικασία. Η πραγματικότητα, όμως, είναι διαφορετική καθώς απαιτείται μια συνεχής αναζήτηση και προετοιμασία ώστε να προσαρμοστεί η διδασκαλία σε διαφορετικές μορφές (Κουτσελίνη Μ., Αγαθαγγέλου Σ., 2018).

Ένα από τα ιδιαίτερα υλικά, που μπορεί να αξιοποιηθεί σε θεωρητικό και πειραματικό πλαίσιο με ποικίλους τρόπους στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση και εντάσσεται στη φιλοσοφία της διαφοροποίησης του περιεχομένου της διδασκαλίας, είναι το χαρτί. Για τον λόγο αυτό στο επόμενο κεφάλαιο θα αναλυθεί ο ρόλος του χαρτιού και οι μορφές αξιοποίησής του στην Πρωτοβάθμια εκπαίδευση.

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup> – Η αξιοποίηση του χαρτιού στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστήμων στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση

### 3.1 Τα κύρια χαρακτηριστικά, οι ιδιότητες και οι εφαρμογές του χαρτιού

#### 3.1.1 Γενικά

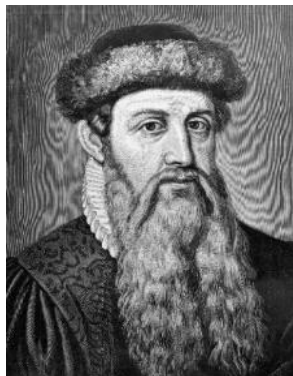
Το χαρτί είναι κάτι που αγγίζουμε πολλές φορές την ημέρα, είτε διαβάζοντας εφημερίδα, είτε ρίχνοντας δημητριακά από ένα κουτί κάθε πρωί, είτε γράφοντας ένα γράμμα. Δεν θα μπορούσαμε να ζήσουμε χωρίς αυτό, κι όμως ακόμα πολλοί από εμάς δεν γνωρίζουμε ακριβώς πώς φτιάχνεται. Στην πραγματικότητα, ένας μεγάλος αριθμός ανθρώπων εξακολουθεί να παράγει αυτό το αρχαίο προϊόν (Hiebert H., 2000).

Το χαρτί σήμερα είναι ένα υλικό ιδιαίτερα διαδεδομένο, που συναντάται σε πάρα πολλές μορφές και χρησιμοποιείται ως γραφική ύλη, για βιβλία και περιοδικά, για χρήματα και εισιτήρια, για φωτογραφίες, σακούλες και περιτυλίγματα, για χαρτομάντηλα, για διακοσμητικά, για κοσμήματα, υλικά μιας χρήσεως (χάρτινα ποτήρια ή πιάτα, τραπεζομάντηλα), αφίσες, παιχνίδια, κοστούμια και σκηνικά, αλλά και για κάθε είδους συσκευασία σε μορφή κουτιών και χαρτοκιβωτίων για τρόφιμα, φάρμακα, καλλυντικά και άλλα (Glaubinger J., 1986). Εκτός από τις χρηστικές του εφαρμογές, το χαρτί επεκτείνει το ρόλο του ως μέσο για τη δημιουργία έργων τέχνης (<https://el-gr.facebook.com/pages/category/Local-Business/Fine-Handmade-Papers-135301956883/>).

Ένας τρόπος με τον οποίο το χαρτί έχει μεταμορφώσει την κοινωνία είναι με τη συμπλήρωση της ανθρώπινης μνήμης. Διάφοροι μελετητές έχουν σχολιάσει τη σημασία της απομνημόνευσης βασικών πληροφοριών. Για αιώνες, το χαρτί ανταγωνίζεται το ανθρώπινο μυαλό - και τώρα τον υπολογιστή - ως προτιμώμενο μέσο αποθήκευσης γνώσεων. Τα συστήματα μνήμης που βασίζονται στη γραφή έχουν αποδειχθεί περισσότερο πλεονεκτικά, ειδικά όταν είναι σημαντικό να διατηρήσουμε τα γεγονότα αξιόπιστα για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Bloom J. M., 2001).

Στη Δύση, η τυπογραφία κατέχει κεντρική θέση, καθώς θεωρείται ότι αποτέλεσε αποκλειστικό της δημιουργία και αφετηρία αποφασιστικών αλλαγών από τον Γουτεμβέργιο (Εικ. 3.1) και μετέπειτα. Στην Ανατολή από την άλλη μεριά, καθώς δεν αναπτύχθηκε εξίσου η τυπογραφία, το χαρτί κατέχει εξέχουσα θέση, διαγράφοντας μια μακρόχρονη ιστορία και ενέχοντας σπουδαίο ρόλο πολιτιστικής κληρονομιάς. Ο συνδυασμός, τελικά, των δύο ήταν

αυτός που έκανε τη διαφορά και έφερε την επανάσταση, από τον 15<sup>ο</sup> αιώνα, στη γραπτή επικοινωνία μεταξύ των ανθρώπων (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010).



Εικόνα 3.1. Johann Gutenberg. Πηγή: [https://sco.wikipedia.org/wiki/Johann\\_Gutenberg](https://sco.wikipedia.org/wiki/Johann_Gutenberg)

### 3.1.2 Πρόδρομες επιφάνειες γραφής

Οι άνθρωποι, εκ των αρχαίων χρόνων, αισθάνονταν την ανάγκη να εκφραστούν, καταγράφοντας την ιστορία και τον πολιτισμό τους, γεγονός που εύκολα κανείς συμπεραίνει, καθώς πριν από την ανακάλυψη του χαρτιού χρησιμοποιήθηκαν ποικίλες επιφάνειες γραφής (Μαντάνης Γ., Παπαδοπούλου Ο., 2006).

Πολλά υλικά χρησιμοποιήθηκαν ως επιφάνειες γραφής πριν από το χαρτί. Ήδη από τον 14ο αιώνα π.Χ., οι Κινέζοι έγραψαν σημάδια στα οστά, τα λεγόμενα «δόντια δράκων» (Μπέλεση, Β., 2018; Hunter, D., 1978; Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010). Στην Αίγυπτο, τα ιερογλυφικά ήταν λαξευμένα σε μνημεία της πέτρα και γραμμένα σε πάπυρο. Οι αρχαίοι Βαβυλώνιοι σκάλιζαν σφηνοειδείς χαρακτήρες σε πηλό τούβλα και δισκία χρησιμοποιώντας εργαλεία οστών. Αρκετοί αρχαίοι πολιτισμοί κατέγραψαν πληροφορίες σε μέταλλα, όπως ορείχαλκος, χαλκός και μόλυβδος. Πολύ πριν από την εποχή του Ομήρου, γραπτές πληροφορίες χαραχτήκαν σε κομμάτια ξύλου που ήταν καλυμμένα με κερί, κιμωλία ή γύψο (Hiebert H., 2000).

Οι πρόδρομες επιφάνειες γραφής, θα μπορούσαν να χωριστούν σε δύο υποκατηγορίες. Ως πρώτη κατηγορία θεωρούνται οι μεμβράνες από φλοιό, οι οποίες έχουν όμοια φυτική σύσταση με το χαρτί και είναι γνωστές με τον όρο «τάπα». Η διαφορά τους από το χαρτί έγκειται στο γεγονός ότι οι φυτικές τους ίνες δεν έχουν διαχωριστεί και αραιωθεί πρώτα σε νερό, αλλά η παραγωγή τους γίνεται με χτύπημα του εσωτερικού φλοιού κάποιων τροπικών

δέντρων, ώστε να δημιουργηθεί μια λεπτή και εύκαμπτη, πολλαπλάσιου μεγέθους επιφάνεια (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010).

Τα πρώτα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν ως υποστρώματα γραφής και παράλληλα καλλιτεχνικής δημιουργίας από το ανθρώπινο γένος ήταν λίθοι, οι οποίοι βρίσκονταν αρχικά στη φυσική τους μορφή και στη συνέχεια ήταν λίθοι κατεργασμένοι, καθώς, επίσης, μέταλλα και πλίνθινες πλάκες, που σκαλίζονταν ή σε κάποιες περιπτώσεις χαράσσονταν με αιχμηρά αντικείμενα (Ζερβός Σ., 2015; Hunter, D., 1978; Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010; Λάζος Χ.Δ., 2002). Τα παραπάνω υλικά κατατάσσονται στην δεύτερη υποκατηγορία, ανεξάρτητα από τη σύστασή τους, μαζί με τα εξής: κεραμικές ή μπρούντζινες πλάκες, πηλός, φύλλα φοίνικα, φλοιός σημύδας, μετάξι και περγαμινή (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010). Η εφεύρεση της περγαμινής, ένα ζωικής προέλευσης υπόστρωμα γραφής από δέρμα, τις περισσότερες φορές προβάτων ή κατσικιών, συγκεκριμένα, μπορεί να αποδίδεται στον βασιλιά της Περγάμου, θεωρείται, όμως, ότι η χρήση της άρχισε ουσιαστικά περίπου από το 1000 π.Χ. (Ζερβός Σ., 2015; Hunter, D., 1978; Λάζος Χ.Δ., 2002).

Πλησιέστεροι συγγενείς του χαρτιού, οι οποίοι ανήκουν ταυτόχρονα και στις δύο προαναφερθείσες κατηγορίες, θεωρούνται ο πάπυρος και το αμάτλ, καθώς έχουν παρόμοια οργανική σύσταση και παράλληλα προορίζονται για τις ίδιες σχεδόν λειτουργίες (Ζερβός Σ., 2015). Το αμάτλ πιο συγκεκριμένα, το οποίο είναι κατασκευασμένο είτε ως ενιαία επιφάνεια είτε ως διασταύρωση στρώσεων από λωρίδες του ίδιου υλικού σε δύο κάθετες μεταξύ τους στρώσεις, πλησιάζει πιο πολύ στο χαρτί συγκριτικά με τον πάπυρο, αν και ο δεύτερος θεωρείται ως ο κύριος πρόδρομος του χαρτιού στην Ευρώπη και στη Μεσόγειο. Στις περιοχές αυτές, ο πάπυρος και περγαμινή αποτέλεσαν υποστρώματα γραφής, τα οποία αντικαταστάθηκαν από το χαρτί. Άλλωστε, στις ευρωπαϊκές γλώσσες οι λέξεις paper, papier, papel προδίδουν την πεποίθηση αυτή, για την προέλευση του χαρτιού (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010). Ο πάπυρος κατασκευαζόταν από αλλεπάλληλα στρώματα κοπανισμένων λωρίδων κορμού του φυτού παπύρου, κολλημένα μεταξύ τους με αμυλόκολλα ή με την κολλώδη ουσία που εκκρίνεται από το ίδιο το φυτό (Ζερβός Σ., 2015; Hunter, D., 1978; Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010; Λάζος Χ.Δ., 2002; Μπέλεση, Β., 2018).

Μειονέκτημα της χρήσης του παπύρου ως υπόστρωμα γραφής θεωρείται ότι κατά τη διάρκεια της μακράς ιστορίας του υπήρξε αρκετά άκαμπτος με αποτέλεσμα να μην διπλώνεται εύκολα και να είναι εύθρυπτος. Η περγαμινή από την άλλη μεριά, η οποία σε

συνδυασμό με το χαρτί θα εκτοπίσουν σχεδόν ολοκληρωτικά τον πάπυρο κατά τον 10<sup>ο</sup> με 11<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ., ως μειονεκτήματα παρουσιάζει την ιδιαίτερη ευαισθησία της στην υγρασία, καθώς και το γεγονός ότι μπορεί να αποτελέσει τροφή για τα σαρκοφάγα ζώα (Μπέλεση, Β., 2018; Hunter, D., 1978; Ζερβός Σ., 2015; Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010). Τους επόμενους δύο αιώνες η περγαμινή θα επικρατήσει στο Δυτικό κόσμο, έως ότου επέλθει ο σταδιακός εκτοπισμός της από το πολύ φθηνότερο χαρτί, ολοκληρώνοντας την διαδικασία με τη εξάπλωση της τυπογραφίας (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010).

### **3.1.3 Η ιστορία του χαρτιού**

Το χαρτί είναι κατασκευασμένο από πρώτες ύλες (συνήθως από ξύλο ή άλλες φυτικές ίνες) που έχουν υποστεί επεξεργασία ώστε να διαχωριστούν σε μικροσκοπικές ίνες κυτταρίνης, οι οποίες έρχονται σε επαφή μεταξύ τους, επάνω σε μια λεία και επίπεδη επιφάνεια που συγκρατεί τις ίνες, καθώς το νερό διαρρέει μέσω της επιφάνειας αυτής. Ο μεμονωμένες ίνες αλληλοσυνδέονται με δεσμούς υδρογόνου και σχηματίζουν φύλλο χαρτιού, όταν πιεστούν και αποξηραθούν (Roberts J. C. , 1996).

Η ηλικία του προσδιορίζεται περίπου στα δύο χιλιάδες χρόνια, ενώ η διάδοσή του έγινε με αργούς ρυθμούς προς τον δυτικό κόσμο, δύο αιώνες πριν την εφεύρεση της τυπογραφίας. Η παραγωγή του χαρτιού προέρχεται από την Κίνα, κατά την δεύτερη περίοδο της δυναστείας των Χαν, από μια μέθοδο που ανακάλυψε ο Τσάι Λουν (Εικ. 3.2), υπό αδιευκρίνιστες συνθήκες, γεγονός που οδηγεί πολλούς ερευνητές στην πεποίθηση πως η χρονολογία αυτή πιθανόν να μην είναι τόσο ακριβής, εφόσον μια τέτοια εφεύρεση δεν μπορεί παρά να ήταν επιστέγασμα εμπειρίας ιδιαίτερα μακρόχρονης. Η τεκμηρίωση της ύπαρξης χαρτιού πριν από την συγκεκριμένη ημερομηνία προέρχεται από τα αρχαιολογικά ευρήματα, τα οποία χρονολογούν το παλαιότερο δείγμα ανάμεσα στο 140 και 85 π.Χ. (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010).



Εικόνα 3.2. Τσάι Λουν. Πηγή: <https://blogs.ubc.ca/etec540sept10/2010/10/31/the-invention-of-pen-and-paper/>

Η Ασία έχει να παρουσιάσει, λοιπόν, από νωρίς χρήσεις του χαρτιού κατά πολύ άγνωστες στη Δύση. Ως κύρια πρώτη ύλη της κινέζικης χαρτοποιητικής ήταν αρχικά η κάνναβη, στη συνέχεια η χαρτομουριά από τον 2<sup>ο</sup> αιώνα, της οποίας ο εσωτερικός φλοιός έδινε τις καλύτερες ποιότητες χαρτιού, ενώ από τον 3<sup>ο</sup> αιώνα χρησιμοποιήθηκε το ραττάν το οποίο σταδιακά αντικαθίσταται από το μπαμπού (8<sup>ος</sup> αιώνας). Εναλλακτικές πρώτες ύλες που χρησιμοποιήθηκαν, ήταν το άχυρο ρυζιού και σταριού καθώς και φλοιοί διαφόρων φυτών για την παραγωγή ειδικών χαρτιών (Μπέλεση, Β., 2018; Ζερβός Σ., 2015; Hunter, D., 1978; Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010).

Το χαρτί ως βασικό υπόστρωμα γραφής κυριάρχησε στον 3<sup>ο</sup> και 4<sup>ο</sup> αιώνα και η διαδικασία παρασκευής του φυλάχθηκε με επιτυχία στην Ανατολή για 600 χρόνια περίπου. Στο σημείο αυτό, αξίζει να αναφερθεί ο σεβασμός που έχαιρε η χαρτοποιητική ως ενασχόληση πολλών καλλιτεχνών με χαρακτηριστικό παράδειγμα την ποιήτρια Χσούε Τάο (768-831), η οποία όχι μόνο κατασκεύαζε ένα ιδιαίτερο είδος κοκκινωπού χαρτιού, αλλά και ανταλλάσσει με άλλους ποιητές. Σημαντικό σταθμός στην ιστορία του χαρτιού, θεωρείται επίσης και η εισαγωγή του με τη μορφή χαρτονομίσματος γύρω στο 800 μ.Χ. στην Κίνα, εκτοπίζοντας σταδιακά τα μεταλλικά νομίσματα (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010).

Το Βιετνάμ και το Θιβέτ αποτελούν επιπλέον περιοχές, εκτός της Κίνας, στις οποίες άνθισε η χαρτοποιητική. Γύρω στο 600 μ.Χ. άρχισε η παραγωγή χαρτιού και στην Ιαπωνία, γεγονός που σύμφωνα με την παράδοση, πραγματοποιήθηκε μέσω της Κορέας. Από την μία μεριά, η Ιαπωνία ταυτίστηκε με την εξέλιξη και την τελειοποίηση της ποιότητας του χαρτιού

και η Κορέα από την άλλη, συνδέθηκε πιο πολύ με την τυπογραφία των κινητών μεταλλικών στοιχείων (Μπέλεση, Β., 2018; Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010; Hunter, D., 1978; Ζερβός Σ., 2015).

Περίπου το 750 μ.Χ., πιστεύεται ότι ορισμένοι Κινέζοι χαρτοποιοί συνελήφθησαν, όταν οι Άραβες νίκησαν τους Κινέζους σε μια μάχη στις όχθες του ποταμού Τάλας, στο σημερινό Καζακστάν. Αναγκάστηκαν να αποκαλύψουν τις τεχνικές τους, οι οποίες είχαν κρατηθεί μυστικές, γεγονός που αποτελεί το πρώτο βήμα της διάδοσης του χαρτιού στον κόσμο του Ισλάμ. Οι Άραβες μαθαίνουν τα μυστικά του χαρτιού και τα διαδίδουν στις περιοχές που έχουν κατακτήσει (Hiebert H., 2000). Για πρώτη φορά παράγεται χαρτί κολληρισμένο με άμυλο στη Βαγδάτη (793μ.Χ.). Από τη Βαγδάτη η χαρτοποιητική εξαπλώθηκε δυτικά και έφτασε στη Συρία (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010; Hunter, D., 1978; Ζερβός Σ., 2015). Παράλληλα, την ίδια περίοδο (9<sup>ος</sup>-10<sup>ος</sup> αιώνα), η Αίγυπτος είναι μια από τις περιοχές που παράγουν χαρτί (Μπέλεση, Β., 2018).

Οι εχθροπραξίες ανάμεσα σε Άραβες και Βυζαντινούς ενδέχεται να είχαν δυσμενή αντίκτυπο στο εμπόριο, δεν υπάρχει όμως αμφιβολία ότι από τότε, η χρήση του χαρτιού πέρασε στο Βυζάντιο. Βέβαια, οι σημαντικές συνέπειες της νέας άφιξης δεν έγιναν αμέσως αισθητές, καθώς οι Βυζαντινοί χρησιμοποιούσαν την περγαμηνή, όπου και έγραφαν τα θρησκευτικά ή τα αυτοκρατορικά κείμενα (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010).

Η διάδοση του χαρτιού ακολούθησε παράλληλη πορεία με την διάδοση του Ισλάμ, σε όλο το μήκος των αφρικανικών ακτών της Μεσογείου. Στην Τυνησία υπήρξε περιορισμένη παραγωγή χαρτιού, ενώ θεωρείται ότι το πέρασμα σε ευρωπαϊκό έδαφος έγινε από το Μαρόκο (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010). Στην πολιτεία της Χάτιβας, κοντά στη Βαλένθια, αναφέρεται η πρώτη παραγωγική μονάδα χαρτοποιίας, το 1151 μ.Χ. (Ζερβός Σ., 2015). Μέσω της Ιβηρικής χερσονήσου, λοιπόν, η τέχνη της χαρτοποιίας περνάει στην υπόλοιπη Ευρώπη (Εικ. 3.3).





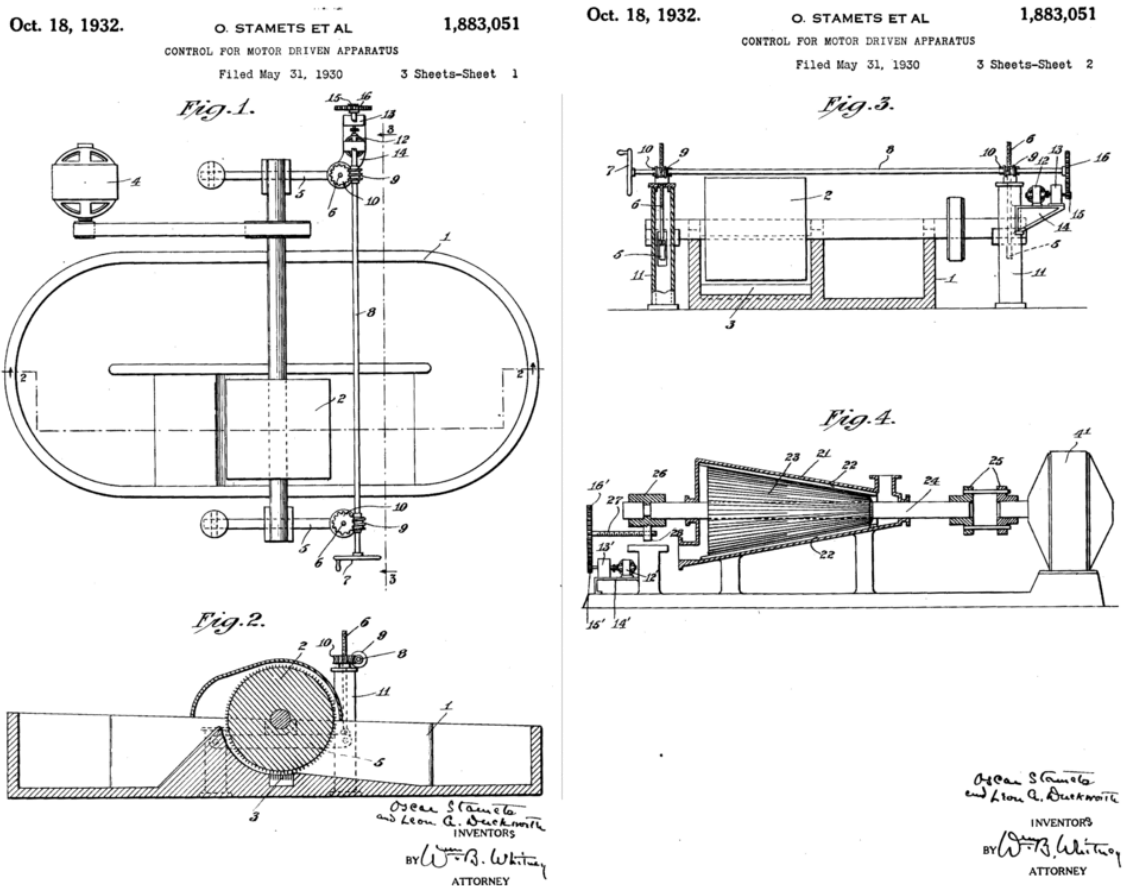
Εικόνα 3.3. Χάρτης της πορείας διάδοσης της χαρτοποιίας. Πηγή: <https://www.flickr.com/photos/70806177@N00/21015923693>

Σημαντικός σταθμός στην ιστορική διαδρομή του χαρτιού αποτελεί το έτος 1276, χρονολογία κατά την οποία λειτουργεί ο πρώτος ιταλικός χαρτόμυλος στο Φαμπριάνο της Ιταλίας, ενώ γύρω στο 1390 λειτουργεί ο πρώτος χαρτόμυλος στη Γερμανία. Και ενώ στην Κίνα και σε άλλες ασιατικές χώρες το χαρτί αποτελούσε αναπόσπαστο κομμάτι της καθημερινότητας, στην Ευρώπη τα πράγματα δεν εξελίχθηκαν με τον ίδιο τρόπο, γεγονός που ανατράπηκε ξαφνικά με την έλευση της τυπογραφίας. Πριν από το 1450 οι χαρτόμυλοι ήταν σπάνιοι στη Βόρεια Ευρώπη, ενώ αντίθετα βρισκόταν σε αφθονία στην κεντρική Ιταλία, στη νότια Γαλλία, στην Καταλονία και στη νότια Γερμανία (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010).

Η εφεύρεση της τυπογραφίας στη Γερμανία (1455), καθώς και η αναγέννηση και η μεταρρύθμιση (1517), συνέβαλαν ώστε να υπάρξει μεγάλη αύξηση στη ζήτηση του χαρτιού. Η αύξηση αυτή, επέφερε την αντικατάσταση των προηγούμενων διαδικασιών παραγωγής χαρτιού, με τη χρήση μηχανών. Υπολογίζεται ότι από το 1455 έως το 1501 λειτουργούσαν περίπου 1.100 τυπογραφικά εργαστήρια σε 255 πόλεις. Τον 16<sup>ο</sup> αιώνα μαζί με τα

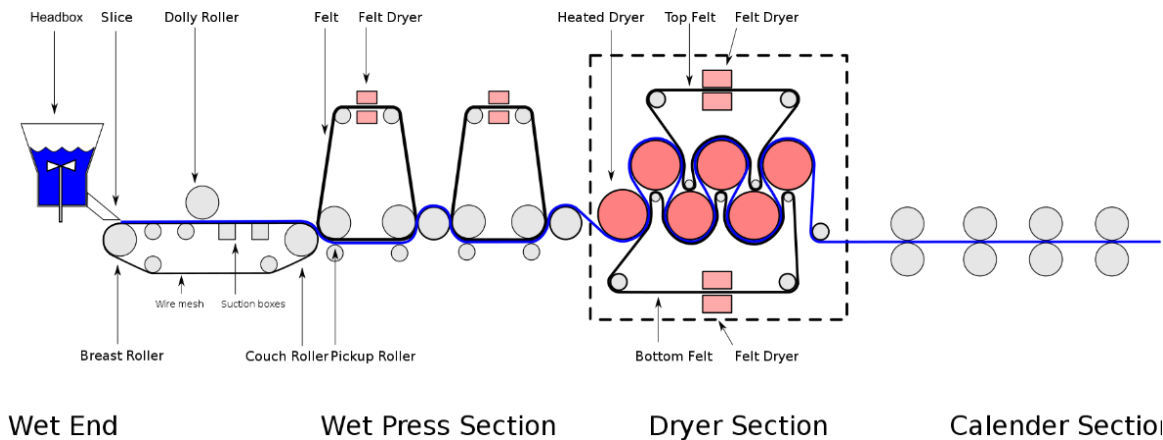
πολυάριθμα τυπογραφεία ιδρύονται και πολλά νέα χαρτοποιεία σε όλη την Ευρώπη (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010).

Η μηχανή «Hollander» εφευρέθηκε περίπου το 1680 και η εξάπλωσή της ήταν τεράστια (Ζερβός Σ., 2015). Στην προβιομηχανική εποχή της χαρτοποιητικής, ο «Ολλανδός», όπως χαρακτηριστικά ονομάστηκε, υπήρξε κορυφαίο μηχάνημα και η χρήση του συνεχίζεται ακόμη και σήμερα (Εικ. 3.4) (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010).



Εικόνα 3.4. Hollander. Πηγή: [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Hollander\\_beater.gif](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Hollander_beater.gif)

Το 1798 ο Γάλλος Νικολά Λουί Ρομπέρ εφεύρε μια μηχανή παραγωγής χαρτιού, η οποία παρήγαγε λείο, συνεχόμενο χαρτί σε ρολά και όχι πλέον σε μεμονωμένα φύλλα. Οι αδερφοί Φουρντινιέ (Εικ. 3.5), τελειοποιώντας την μηχανή του Ρομπέρ, κατοχυρώνουν παγκόσμιο δίπλωμα ευρεσιτεχνίας το 1807 και έτσι η μηχανή έμεινε στην ιστορία με το όνομά τους (Μαντάνης Γ., Παπαδοπούλου Ο., 2006).



Εικόνα 3.5. Διάγραμμα της μηχανής Φουρντινιέ. Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Fourdrinier.svg>

Λαμβάνοντας υπόψιν το γεγονός της τεράστιας ζήτησης του χαρτιού, το 1765 ξεκινούν έρευνες για φθηνότερες πρώτες ύλες, ενώ το 1774 χρησιμοποιείται χαρτί το οποίο θεωρείται άχρηστο. Το ξεκίνημα της σύγχρονης χαρτοποιίας σηματοδοτείται τη δεκαετία του 1840, κατά την οποία χρησιμοποιείται σαν πρώτη ύλη ο ξυλοπολτός, καθιερώνοντας την επικράτηση της μηχανής πολτοποίησης του ξύλου (Ζερβός Σ., 2015).

Το 1851 παράγεται χαρτί με επεξεργασία του ξυλοπολτού με καυστικό νάτριο (Hugh Burgess & Charles Watt). Το 1857 χρησιμοποιείται για πρώτη φορά στην Αμερική η όξινη μέθοδος πολτοποίησης (Benjamin & Richard Tilgham) και το 1884 χρησιμοποιούνται θειικά άλατα για επεξεργασία του πολτού (Carl Dahl). Από τότε η βιομηχανία χαρτιού ακολουθώντας τις σύγχρονες εξελίξεις της τεχνολογίας, αναπτύσσει μεθόδους μαζικής παραγωγής χαρτιού και παράλληλα οι ίνες που χρησιμοποιούνται προέρχονται είτε άμεσα από τα φυτά (πρωτογενείς) είτε έμμεσα από τα φυτικά προϊόντα (δευτερογενείς), ξύλο ή από ανακυκλώσιμα χαρτιά και χαρτόνια, ανάλογα με την χρήση για την οποία προορίζεται (Μπέλεση, Β., 2018; Biermann, C.J., 1996; Kirwan, M.J., 2013; Roberts J. C. , 1996).

Οι πρωτογενείς πρώτες ύλες χωρίζονται σε δύο κατηγορίες: αυτές που δεν προέρχονται από ξύλο δέντρων, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή χαρτιού από την εφεύρεσή του μέχρι τα μισά του 19<sup>ου</sup> αιώνα, και παράλληλα αυτές που προέρχονται από ξύλο δέντρων, οι οποίες παραμέρισαν σχεδόν καθ' ολοκλήρου τις πρώτες (Βλέσσης Μ., Μαλακού Μ., 2010).

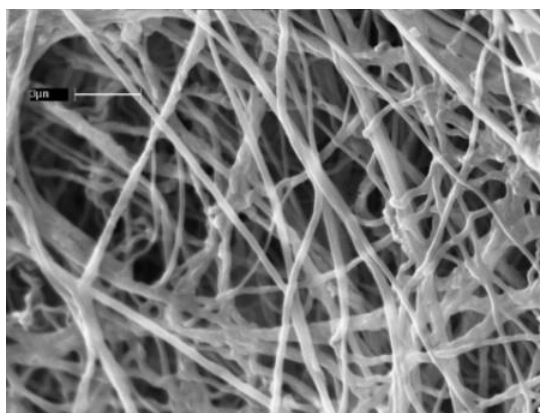
### 3.1.4 Ιδιότητες του χαρτιού

Ακούγοντας τη λέξη χαρτί, ο νους των περισσότερων ανθρώπων οδηγείται πρωτίστως στην θεώρησή του ως μέσο γραφής ή εκτύπωσης και κατόπιν ως υλικό συσκευασίας. Ωστόσο, επειδή πολλά άλλα προϊόντα παράγονται ουσιαστικά με την ίδια διαδικασία, ένας ευρύτερος ορισμός θα ήταν καταλληλότερος (Roberts J. C. , 1996). Το χαρτί, στην ουσία, είναι ένα επίπεδο πλέγμα ινών κυτταρίνης, οι οποίες συγκρατούνται μεταξύ τους με χημικούς δεσμούς (Biermann, C.J., 1996).

Η διαδικασία κατασκευής του χαρτιού έχει διάφορα στάδια: προετοιμασία πρώτων υλών, κατασκευή πολτού, διαλογή και πλύσιμο πολτού, χημική ανάκτηση, λεύκανση, προετοιμασία αποθεμάτων και χαρτοποιία (Biermann, C.J., 1996).

Προηγείται το στάδιο της προετοιμασίας του ξύλου, κατά το οποίο οι κορμοί των δένδρων αποφλοιώνονται από ειδικά σχεδιασμένους μηχανικούς αποφλοιωτές, και αποστέλλονται για πολτοποίηση. Η πολτοποίηση είναι η μέθοδος που χρησιμοποιείται για τη διάσπαση των ινών κυτταρίνης και απελευθερώνονται οι ίνες, οι οποίες θα μετασχηματιστούν αργότερα σε χαρτί (Smook G.A., 1992). Η πλειονότητα των προϊόντων χαρτοπολτού και χαρτιού είναι κατασκευασμένα από ξύλο και οι περισσότεροι μύλοι χρησιμοποιούν τη διαδικασία πολτοποίησής του (Biermann, C.J., 1996).

Οι κυριότερες χημικές ουσίες που περιέχονται στον ξυλοπολτό είναι η κυτταρίνη, η λιγνίνη και οι ημικυτταρίνες. Η κυτταρίνη (Εικ. 3.6) παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στον τελικό σχηματισμό καλής ποιότητας χαρτιού, το οποίο κατά το μεγαλύτερο ποσοστό αποτελείται από την ουσία αυτή, καθώς η έλξη ανάμεσα στα μόριά της στις επιφάνειες των ινών-η οποία οφείλεται κυρίως σε πολλαπλούς δεσμούς υδρογόνου- οδηγεί στο σχηματισμό χαρτιού με υψηλή μηχανική αντοχή και άλλες επιθυμητές ιδιότητες (Roberts J. C. , 1996).



Εικόνα 3.6. Ίνες Κυτταρίνης. Πηγή: [http://ciencias.escorialvic.org/?attachment\\_id=1990](http://ciencias.escorialvic.org/?attachment_id=1990)

Η λιγνίνη αποτελεί μια ανεπιθύμητη ουσία στην παραγωγή του χαρτιού, γιατί παρεμβάλλεται ανάμεσα στις ίνες και εμποδίζει τον σχηματισμό χημικών δεσμών μεταξύ των μορίων κυτταρίνης που βρίσκονται σε αυτές. Με αυτόν τον τρόπο, η παρουσία της εμποδίζει τη σύνδεση μεταξύ των ινών, με αποτέλεσμα την παραγωγή χαρτιού μειωμένης αντοχής και συνεπώς κατώτερης ποιότητας. Γι' αυτό το λόγο, η απομάκρυνσή της είναι αναγκαία κατά τις διάφορες φάσεις επεξεργασίας των πρώτων υλών για την παραγωγή χαρτιού και κυρίως στη φάση της πολτοποίησης όπου οι πρώτες ύλες μετατρέπονται σε χαρτοπολτό (Bajrai P., 2015). Η λιγνίνη δεν απομακρύνεται ολοσχερώς από τις ίνες κατά τη διάρκεια της πολτοποίησης. Σημαντικό ποσοστό της παραμένει και δίνει ένα χαρακτηριστικό φαιοκίτρινο χρώμα στο χαρτοπολτό. Η παραγωγή λευκού χρώματος χαρτιού απαιτεί την περαιτέρω απομάκρυνση ή τον αποχρωματισμό του, που επιτυγχάνεται με τη διαδικασία του αποχρωματισμού ή λεύκανσης (bleaching), με τη χρήση χημικών, όπως το χλώριο (Μπέλεση, Β., 2018).

Η τρίτη και τελευταία κατηγορία χημικών ενώσεων, που βρίσκονται στο κυτταρικό τοίχωμα των ινών είναι οι ημικυτταρίνες. Το πιο πιθανό είναι να διαδραματίζουν κάποιο ρόλο στη μεταφορά νερού (Roberts J. C. , 1996). Οι ουσίες αυτές είναι περισσότερο ευδιάλυτες στα οξέα απ' ό,τι η κυτταρίνη και παίζουν σημαντικό ρόλο στην παρασκευή χαρτιού, διότι διευκολύνουν το σχηματισμό χημικών δεσμών μεταξύ των ινών και αυξάνουν την μηχανική αντοχή του χαρτιού. Για το λόγο αυτό, η παρουσία τους στον χαρτοπολτό είναι επιθυμητή, παρότι οι διαδικασίες πολτοποίησης καταστρέφουν συνήθως ένα μικρό ποσοστό τους (Biermann, C.J., 1996).

Στο χαρτί μπορεί να περιέχονται και διάφορα πρόσθετα όπως: υλικά επιβάρυνσης και επικάλυψης, υλικά υδροφοβίωσης, στυπτηρία, διάφορες χρωστικές και ενισχυτικά λαμπρότητας. Ως προσμείξεις και ακαθαρσίες μπορεί επίσης να περιέχονται ιόντα βαρέων μετάλλων, ανθρακικό ασβέστιο και ανθρακικό μαγνήσιο (Ζερβός Σ., 2015; Roberts J. C. , 1996).

Οι ίνες των διαφόρων ειδών χαρτοπολτού, που αποτελούνται ως επί το πλείστον από κυτταρίνη (μετά την επεξεργασία της πρώτης ύλης), παρουσιάζουν μια σειρά από ιδιότητες που τις καθιστούν κατάλληλες για την παραγωγή χαρτιού. Οι σπουδαιότερες από αυτές τις ιδιότητες είναι η εφελκυστική αντοχή, η χημική σταθερότητα και η υδρόφιλη συμπεριφορά των ινών. Η τελευταία παίζει σημαντικό ρόλο, επειδή η παραγωγή χαρτιού γίνεται σε υγρό περιβάλλον. Οι ίνες απορροφούν νερό και διαστέλλονται, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η

χημική έλξη μεταξύ τους λόγω της πολικής έλξης μεταξύ των μορίων του νερού, αλλά και των δεσμών υδρογόνου που αναπτύσσονται στην επιφάνεια των υγρών ινιδίων κυτταρίνης (Smook G.A., 1992).

Από χημικής απόψεως η καθαρή φυσική κυτταρίνη είναι ένα πολύ σταθερό υλικό. Σύμφωνα με τον Ζερβό (2015) «οι ιδιότητες χαρτιού από καθαρή κυτταρίνη ταυτίζονται με τις ιδιότητες της κυτταρίνης, όπως αυτές επηρεάζονται από την παρουσία ιχνών διαφόρων προσμίξεων και ακαθαρσιών (ιχνών ημικυτταρινών και λιγνίνης, χημικών και ιόντων μετάλλων από την επεξεργασία του χαρτοπολτού, διάφορα πρόσθετα) και τις διαδικασίες παραγωγής. Χαρτιά με σημαντικές ποσότητες λιγνίνης, ημικυτταρινών και προσθέτων έχουν τις βασικές ιδιότητες της κυτταρίνης, οι οποίες όμως είναι δυνατόν να επηρεάζονται σημαντικά από τις υπάρχουσες ξένες ύλες.» (Ζερβός Σ., 2015).

Οι ιδιότητες χαρτιού και χαρτονιού, που συσχετίζονται με τις ανάγκες εκτύπωσης, τη μετατροπή του σε συσκευασίες και τη χρήση τους στη συσκευασία, τη διανομή, την αποθήκευση, την προστασία των προϊόντων και την καταναλωτική χρήση, μπορούν να αναγνωριστούν και να μετρηθούν. Όλες οι ιδιότητες χαρτιού και χαρτονιού εξαρτώνται από τα συστατικά που χρησιμοποιούνται, για παράδειγμα τον τύπο και ποσότητα ινών και άλλων υλικών, μαζί με τις διαδικασίες κατασκευής (Kirwan, M.J., 2013).

Η χαρτοποιία στοχεύει στην επιλογή τμημάτων φυτών τα οποία περιέχουν μακριές και πυκνές ίνες κυτταρίνης, στην απαλλαγή τους από τη λιγνίνη, η οποία οδηγεί εκτός άλλων σε γήρανση το χαρτί, καθώς και στη δημιουργία πολτού από τις επεξεργασμένες ίνες μέσα στον νερό (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010). Το χαρτί, συνεπώς, μπορεί να χαρακτηρίζεται από την περιεκτικότητά του σε υγρασία και παρουσιάζει φυσικά χαρακτηριστικά, μηχανικές, οπτικές ιδιότητες και άλλα κριτήρια ανάλογα με την τελική του χρήση (Biermann, C.J., 1996).

Στις βασικές φυσικές ιδιότητες του χαρτιού περιλαμβάνονται το βάρος, το πάχος, η πυκνότητα και η επιπεδότητα. Υψηλότερο βάρος σημαίνει γενικά περισσότερες ίνες ανά μονάδα επιφάνειας και περισσότερες ίνες απαιτούν αφαίρεση περισσότερου νερού και συνεπώς χαμηλότερης απόδοσης χαρτί ή χαρτόνι. Για ένα συγκεκριμένο χαρτί ή χαρτόνι, οι περισσότερες από τις μηχανικές του ιδιότητες αυξάνονται με την αύξηση βάρους (Kirwan, M.J., 2013; Biermann, C.J., 1996; Ζερβός Σ., 2015).

Το χαρτί αν και είναι λεπτό έχει δύο διαστάσεις. Το πάχος του ποικίλλει ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε υγρασία και την γενική επεξεργασία του. Οι ίνες από μαλακό ξύλο παράγουν πιο πυκνό χαρτί, ενώ οι ίνες από σκληρό ξύλο αυξάνουν το πάχος του χαρτιού (Μπέλεση, Β., 2018). Εφόσον το χαρτί και το χαρτόνι αποτελούν συμπίεσιμες ινώδεις δομές, το πάχος τους μετριέται με ένα μικρόμετρο, ένα πολύ μικρού μεγέθους όργανο. Το πάχος αυξάνεται παράλληλα με την αύξηση του βάρους και κατά συνέπεια αυξάνονται και οι ιδιότητες αντοχής του. Η πυκνότητα είναι μια ένδειξη της σχετικής ποσότητας αέρα στο χαρτί που επηρεάζει τις οπτικές ιδιότητες και την αντοχή του χαρτιού και υπολογίζεται από το βάρος και το πάχος του (Kirwan, M.J., 2013; Biermann, C.J., 1996; Μπέλεση, Β., 2018).

Το χαρτί, παράλληλα, παρουσιάζει σημαντικές μηχανικές ιδιότητες. Η αντοχή ή δύναμη που απαιτείται για τη διάρρηξη μιας λωρίδας του υλικού είναι γνωστή ως εφελκυστική δύναμη. Το χαρτί εμφανίζει μεγάλη αντοχή σε εφελκυσμό. Η εφελκυστική αντοχή εξαρτάται από την αντοχή των μονών κυτταρινικών ινών και των συνδέσμων μεταξύ των ινών. Η κατεύθυνση των ινών του χαρτιού, που σχηματίζονται κατά τη διαδικασία παραγωγής του, μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά τις ιδιότητες του χαρτιού (Kirwan, M.J., 2013; Biermann, C.J., 1996; Ζερβός Σ., 2015; Μπέλεση, Β., 2018).

Σε πολλές περιπτώσεις, είναι ανάγκη να αποφευχθεί η καταστροφή του χαρτιού από το σχίσιμο, όπως, για παράδειγμα, για να διευκολυνθεί το άνοιγμα ενός πακέτου και η πρόσβαση στο περιεχόμενό του, όπου και απαιτείται το υλικό να σκίζεται «καθαρά» (Kirwan, M.J., 2013). Η αντοχή στο σχίσιμο είναι μια ιδιότητα, η οποία έχει μία αντίστροφη σχέση με αυτήν της αντοχής στον εφελκυσμό, η οποία θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά την παραγωγή του χαρτιού. Για να έχει ένα χαρτί την μέγιστη αντοχή στον εφελκυσμό θα πρέπει να έχει σχετικά μικρή αντοχή στο σχίσιμο (Μπέλεση, Β., 2018).

Η αντοχή στη διάρρηξη είναι η ιδιότητα, η οποία εξαρτάται από το μήκος των ινών και τον βαθμό διαχωρισμού τους σε ινίδια, που γίνεται κατά την κατεργασία του χαρτοπολτού. Ως ακαμψία ορίζεται η αντίσταση που έχει το χαρτί σε δυνάμεις που επιχειρούν να το καμπυλώσουν ή να το κάμψουν και οφείλεται στους δεσμούς υδρογόνου. Αποτελεί μια πολύ σπουδαία ιδιότητα, ώστε να είναι λειτουργικά διάφορα είδη χαρτιών. Για παράδειγμα, τα χαρτόνια συσκευασίας πρέπει να διατηρούνται άκαμπτα και να μην παραμορφώνονται εφόσον προορίζονται στο να αντέχουν όταν δέχονται βάρος. Αντιθέτως, κάποια είδη χαρτιού,

όπως οι ετικέτες, πρέπει να είναι αρκετά εύκαμπτα και μαλακά για να προσαρμόζονται σε όλων των ειδών τις επιφάνειες (Μπέλεση, Β., 2018).

Μια ακόμη από τις μηχανικές ιδιότητες του χαρτιού, η οποία έχει σχέση με την ακαμψία, είναι η αντοχή στη θλίψη. Η ιδιότητα αυτή, αναφέρεται βασικά στο πλαίσιο των χαρτονιών που προορίζονται για τη δημιουργία χαρτοκιβωτίων, καθώς εξετάζεται η ικανότητά τους να αντιστέκονται στην ανάπτυξη στατικών φορτίων από την επίδραση του βάρους των κιβωτίων και του περιεχομένου τους, εφόσον παραμένει το ένα πάνω στο άλλο για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα (Kirwan, M.J., 2013).

Το χαρτί και το χαρτόνι αναδιπλώνονται συχνά κατά την κατασκευή σχημάτων συσκευασίας, όπως συμβαίνει σε πολλά είδη φακέλων, χαρτοκιβωτίων και κυματοειδών και στερεών ινών από χαρτόνι, γεγονός που κάνει απαραίτητη την αντοχή του χαρτιού στην αναδίπλωση (Kirwan, M.J., 2013).

Πολλές ιδιότητες αντοχής αλλάζουν με τις μεταβολές στην περιεκτικότητα σε υγρασία. Αυτό συνεπάγεται ότι το περιεχόμενο υγρασίας που επιτυγχάνεται στην κατασκευή, είναι κρίσιμο και σημαντικό για ό,τι συμβαίνει στη συνέχεια με το υλικό στην εκτύπωση, τη μετατροπή και τη χρήση του. Κάθε προϊόν χαρτιού και χαρτονιού επιδιώκει την επίτευξη ισορροπίας περιεκτικότητας υγρασίας με τη σχετική υγρασία των περιβαλλοντικών συνθηκών στις οποίες βρίσκεται. Αυτό είναι γνωστό ως υγροευαισθησία του χαρτιού. Κρίσιμες καταστάσεις μπορεί να υπάρχουν όταν το χαρτί ή το χαρτόνι μεταφέρεται από το κρύο στο ζεστό περιβάλλον. Στην πράξη, χαρτιά και χαρτόνια κατασκευάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να ελαχιστοποιείται η αλλαγή των διαστάσεών τους (Kirwan, M.J., 2013; Biermann, C.J., 1996; Ζερβός Σ., 2015).

Με βάση τον Kirwan (2013) οι οπτικές ιδιότητες του χαρτιού έχουν σημαντικό αντίκτυπο στην εμφάνιση και σχετίζονται με: το χρώμα, την ομαλότητα της επιφάνειας, την λαμπρότητα, την αδιαφάνεια, την αντοχή και την καθαρότητα της επιφάνειας, την απορροφητικότητα, την αντίσταση τριβής και την διαπερατότητά του από τον αέρα (Kirwan, M.J., 2013).

Οι οπτικές ιδιότητες του χαρτιού μπορεί να είναι εξαιρετικά περίπλοκες. Το χρώμα είναι το μέτρο της απόχρωσης ή του χρώματος του φωτός που ανακλάται από την επιφάνεια του χαρτιού. Η φωτεινότητα είναι το μέτρο της «λευκότητας» του χαρτιού. Η αδιαφάνεια έχει σχέση με την ικανότητα του χαρτιού να κρύβει ή να καλύπτει ένα χρώμα ή αντικείμενο



στο πίσω μέρος του φύλλου. Τέλος, η στιλπνότητα είναι ένα μέτρο της γυαλάδας ή της στιλβωτικής ουσίας του χαρτιού (Biermann, C.J., 1996). Ως διαπερατότητα του αέρα ορίζεται η ικανότητα του χαρτιού να επιτρέπει την ροή του αέρα όταν εφαρμοστεί στις δύο επιφάνειες του διαφορά πίεσης (Μπέλεση, Β., 2018). Ο συντελεστής απορρόφησης εκφράζει τη μεταβολή της έντασης του φωτός που περνά δια μέσου ενός υλικού λόγω της απορρόφησης από αυτό και είναι ανάλογος με τη συγκέντρωση των χρωμοφόρων ομάδων που υπάρχουν στο χαρτί (Ζερβός Σ., 2015).

### **3.1.5 Οι εφαρμογές του χαρτιού**

Η βιομηχανία χαρτοπολλτού και χαρτιού είναι μια από τις μεγαλύτερες βιομηχανίες στον κόσμο, με πολύ υψηλές επενδύσεις κεφαλαίων. Η ανάπτυξη είναι ταχύτερη στην Ασία. Αυτό οφείλεται κυρίως στην ταχεία αναπτυσσόμενη βιομηχανία της Κίνας. Η Ασία αντιπροσωπεύει ήδη πάνω από το ένα τρίτο της παγκόσμιας παραγωγής χαρτιού και χαρτονιού. Υπολογίζεται ότι η παγκόσμια κατανάλωση χαρτιού το 2025 θα ανέλθει σε 500 εκατομμύρια τόνους (Bajrai P., 2015).

Ένα ευρύ φάσμα χαρτιών και χαρτονιών διατίθεται στο εμπόριο για να καλύψει τις ανάγκες της αγοράς με βάση την επιλογή ινών (λευκασμένα ή μη λευκασμένα, χημικά ή μηχανικά διαχωρισμένα, παρθένες ή ανακτημένες ίνες), την επεξεργασία και τα πρόσθετα που χρησιμοποιούνται στο στάδιο προετοιμασίας των αποθεμάτων. Προϊόντα με βάση το χαρτί και το χαρτόνι μπορούν να κατασκευαστούν σε ένα ευρύ φάσμα από διαφορετικά γραμμάρια και πάχη. Παράλληλα το φινίρισμα της επιφάνειας (εμφάνιση) μπορεί να μεταβληθεί μηχανικά. Τα πρόσθετα που εισάγονται στο στάδιο της προετοιμασίας των αποθεμάτων παρέχουν ειδικές ιδιότητες. Επιστρώσεις εφαρμόζονται σε μία ή και στις δύο επιφάνειες, λειαίνονται και στεγνώνουν, προσφέροντας μια ποικιλία εμφάνισης και χαρακτηριστικών απόδοσης (Kirwan, M.J., 2013).

Η φύση του χαρτιού και της χαρτοποιίας δεν έχει αλλάξει πολύ τα τελευταία 150 χρόνια από τότε που εισήχθη η διαδικασία παραγωγής χαρτιού με τη μηχανή Φουρντινιέ. Όμως, οι τεχνικές και ο εξοπλισμός που απαιτούνται για το χαρτί έχει αλλάξει σημαντικά. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, υπάρχει πλέον μια συνεχής προσφορά υψηλής ποιότητας χαρτιού για σχεδόν οποιαδήποτε ανάγκη μπορούμε να φανταστούμε (Bajrai P., 2015).

Πάνω από το 40% του συνόλου του χαρτιού που παράγεται σε ολόκληρο τον κόσμο χρησιμοποιείται για επικοινωνιακούς σκοπούς (εφημερίδες, εκτύπωση και γραφή), και πάνω από το 50% χρησιμοποιείται για τη συσκευασία και για χαρτί υγιεινής και καθαριότητας. Το υπόλοιπο χρησιμοποιείται σε πιο εξειδικευμένες εφαρμογές, όπως μέσα φιλτραρίσματος, φακελάκια τσαγιού και χαρτιά που προορίζονται για ηλεκτρική μόνωση σε μετασχηματιστές (Biermann, C.J., 1996).

Μια πρώτη κατηγορία εφαρμογών χαρτιού είναι το χαρτί γραφής, το οποίο περιλαμβάνει χαρτί που προορίζεται για βιβλία, τετράδια, χαρτί εκτύπωσης και χαρτί γραφείου. Ειδικότερα, τα χαρτιά που προορίζονται για γραφή στο χέρι δεν είναι επιχρισμένα, σε αντίθεση με αυτά που προορίζονται για εκτύπωση τα οποία είναι επιχρισμένα είτε από τη μια μόνο είτε και από τις δύο όψεις του. Διατίθενται κυρίως σε ρολά ή φύλλα και σ' αυτήν την κατηγορία εντάσσονται τα χαρτιά ξηρογραφίας, τα χαρτιά μηχανογράφησης και τα ρολά plotter. Μια δεύτερη κατηγορία εφαρμογών χαρτιού είναι το δημοσιογραφικό χαρτί, το οποίο περιλαμβάνει το χαρτί εφημερίδων και περιοδικών (Μπέλεση, Β., 2018).

Γενικότερα, το χαρτί γραφής μπορεί να ανήκει στις εξής κατηγορίες:

- Μη επιχρισμένο χαρτί εκτύπωσης μηχανικής χαρτόμαζας
- Μη επιχρισμένο χαρτί εκτύπωσης χημικής χαρτόμαζας
- Επιχρισμένο χαρτί εκτύπωσης μηχανικής χαρτόμαζας
- Επιχρισμένο χαρτί εκτύπωσης χημικής χαρτόμαζας (Μπέλεση, Β., 2018)

Οι εφαρμογές των παραπάνω κατηγοριών περιλαμβάνουν χαρτιά που χρησιμοποιούνται στους τηλεφωνικούς καταλόγους, σε περιοδικά, στην παραγωγή βιβλίων και φακέλων, σε φυλλάδια εταιρειών ή σε άλλο διαφημιστικό υλικό υψηλής ποιότητας, σε ημερολόγια και ευχετήριες κάρτες ή σε ετικέτες (Μπέλεση, Β., 2018).

Πολύ μεγάλη κατηγορία χαρτιών και χαρτονιών αποτελούν αυτά που προορίζονται για συσκευασία. Οι απαιτήσεις συσκευασίας μπορούν να προσδιοριστούν σε σχέση με την προστασία, τη συντήρηση και τον περιορισμό του προϊόντος, με τον χειρισμό, τη διανομή και την αποθήκευση, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους σχετικούς κινδύνους και παράλληλα με τις απαιτήσεις προώθησης και του οπτικού αντίκτυπου της συσκευασίας, για λόγους πώλησης (Kirwan, M.J., 2013).

Η κατηγορία αυτή εμφανίζει μεγάλη κατανάλωση σε σχέση με άλλα είδη χαρτιού. Οι πιο βασικές είναι χαρτόνια που προορίζονται για κιβώτια, τα οποία διακρίνονται σε απλά

ή κυματοειδή, σε χαρτόνια και συμπαγή κουτιά, καθώς και σε χαρτιά περιτύλιξης και συσκευασίας, όπως χαρτοσακούλες και τσάντες. Τα χάρτινα κουτιά κατασκευάζονται από επιχρισμένα ή μη χαρτόνια και χρησιμοποιούνται για την συσκευασία προϊόντων όπως τα καλλυντικά και τα φάρμακα. Οι χαρτόσακοι, εξάλλου, προορίζονται για την συσκευασία μεγάλων ποσοτήτων σε προϊόντα όπως τσιμέντα, ζάχαρη, ζωοτροφές και αλεύρι. Στα χαρτιά περιτύλιξης εντάσσονται τα αδιάβροχα χαρτιά (λαδόχαρτα, περγαμνηνοειδή για την συσκευασία λουλουδιών, οπαλίνες, αδιαφανή χαρτιά για το εσωτερικό κουτιών συσκευασίας), τα χαρτιά των κρεοπωλών, ιχθυοπωλών, τα χαρτιά αφής για την περιτύλιξη φρούτων και του ψωμιού (Μπέλεση, Β., 2018).

Πιο εξειδικευμένες κατηγορίες χαρτιού ή χαρτονιού αποτελούν το φωτογραφικό χαρτί, το χαρτί που προορίζεται για βιομηχανική ετικέτα, το θερμικό χαρτί, το ρυζόχαρτο, το ειδικό χαρτί με ιδιαίτερη υφή περγαμηνής, το υδατογραφημένο χαρτί, το αυτοαντιγραφικό χαρτί, τα χαρτιά πυκνωτών, το γυαλόχαρτο, το χαρτί καλωδίων, το χαρτί διήθησης, το χαρτί εμποτισμού, το στυπόχαρτο και τέλος το χαρτί υγιεινής και καθαριότητας (Μπέλεση, Β., 2018).

Πολλοί επιχειρηματικοί αναλυτές προέβλεψαν το τέλος του χαρτιού όταν η τεχνολογία των υπολογιστών ενσωματώθηκε τόσο πολύ στη ζωή μας. Το αντίθετο βέβαια έχει αποδειχθεί αληθινό, με τους ανθρώπους να χρησιμοποιούν πολύ περισσότερο χαρτί για να εκτυπώσουν όλα τα emails και φαξ του σήμερα. Οι εταιρείες χαρτιού πάντα ψάχνουν για νέους τρόπους προσέγγισης των πελατών τους, ανεξάρτητα από το αν είναι εταιρείες που φτιάχνουν φίλτρα ή τοίχους από χαρτί ή τον πελάτη που αγοράζει. Όπως είπε ο Τζορτζ Μπέρναρντ Σο (1856-1950), «Αφήστε όσους μπορεί να διαμαρτύρονται ότι όλα ήταν για το χαρτί. Να θυμάστε ότι μόνο με το χαρτί έχει επιτύχει η ανθρωπότητα δόξα, ομορφιά, αλήθεια γνώση, αρετή και αγάπη.» (Williams R. C, 1993).

### **3.2 Χειροποίητο χαρτί**

Παρότι τα περισσότερα χαρτιά που κατασκευάζονται σήμερα προέρχονται από αυτοματοποιημένα και συνεχή συστήματα παραγωγής, το χειροποίητο χαρτί παρουσιάζει άνθιση, τόσο ως παραδοσιακή τεχνική όσο και ως μορφή τέχνης γενικότερα. Επιπλέον, οι παραδοσιακές μέθοδοι χαρτοποιίας μπορούν να προσφέρουν γνώσεις στις σύγχρονες εφαρμογές που περιλαμβάνουν κυτταρινικές ίνες.

Στη δεκαετία του 1920, ο Dard Hunter εργάστηκε για να αναβιώσει την τέχνη της παραγωγής χαρτιού με το χέρι. Ο Dard Hunter (Hunter, D., 1978), εξέχουσα προσωπικότητα στην ιστορία της χαρτοποιίας, αφιέρωσε τη ζωή του στην έρευνα, τη συλλογή, τη συγγραφή και τη δημοσίευση της παγκόσμιας ιστορίας της χειροποίητης χαρτοποιίας και εκτύπωσης (Vickerman K. D., 1995).

Στο πρώτο μέρος του αιώνα, ο Dard Hunter αναβίωσε την τέχνη της κατασκευής χαρτιού και ταξίδεψε εκτενώς σε όλο τον κόσμο, μελετώντας ιστορικές και σύγχρονες πρακτικές χαρτοποιίας και οικοδόμησε μια ολοκληρωμένη συλλογή εργαλείων χαρτοποιίας και δειγμάτων χαρτιού. Σήμερα, καλλιτέχνες σε όλο τον κόσμο φτιάχνουν το δικό τους χειροποίητο χαρτί, ενώ πολλοί μύλοι λειτουργούν ακόμα με αυτόν τον τρόπο, δημιουργώντας μοναδικά χαρτιά (Εικ. 3.7) (Williams R. C, 1993).



Εικόνα 3.7. Υδατογράφημα- Έκθεση Dard Hunter-Robert C. Williams Paper Museum. Πηγή: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Watermark - Dard Hunter exhibit - Robert C. Williams Paper Museum - DSC00582.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Watermark_-_Dard_Hunter_exhibit_-_Robert_C._Williams_Paper_Museum_-_DSC00582.JPG)

Παρά την εξάπλωση της χαρτοποιητικής μηχανής, η παραγωγή χειροποίητου χαρτιού δεν τερματίστηκε. Πολλές επιχειρήσεις στις ΗΠΑ αλλά και στην Ευρώπη, ιδιαίτερα στις ανατολικές περιοχές, εξακολουθούσαν όχι μόνο να λειτουργούν αλλά και να ανθούν μέχρι το 1945 ή και αργότερα (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010).

Κατά την αναγέννηση της χειροποίητης χαρτοποιίας στη δεκαετία του 1960 και στη δεκαετία του 1970, οι καλλιτέχνες άρχισαν να ζωγραφίζουν και να φτιάχνουν γλυπτά από χαρτοπολτό, δημιουργώντας προσαρμοσμένα φύλλα για τις εκτυπώσεις τους. Προσφέροντας μαθητεία και προγράμματα πρακτικής άσκησης, οι μικροί χάρτινοι μύλοι μεταδίδουν αυτή τη γνώση και βοηθούν στη διατήρηση μιας παλιάς παράδοσης. Οι επιχειρηματίες

χρησιμοποιούν χειροποίητο χαρτί για να αναπτύξουν χαρτικά, βιβλία, λαμπτήρες, κοσμήματα και μοναδικά χειροποίητα φύλλα. Καινοτόμα προγράμματα πραγματοποιούνται στις αναπτυσσόμενες χώρες με σκοπό να διασφαλίσουν τη διατήρηση της παράδοσης της χειροτεχνίας και τη δημιουργία ευκαιριών εργασίας (Hiebert H., 2000).

Κάθε φορά που οι άνθρωποι παράγουν χαρτί, με τα χέρια και το μυαλό, τους δίνεται η ευκαιρία να εξελίσσουν συνεχώς το είδος του χαρτιού. Κάθε κατασκευαστής υιοθετεί ή παραλείπει επιλεκτικά μέρη των μεθόδων που έχουν μεταβιβαστεί σε αυτόν και, μερικές φορές, εφευρίσκει νέες τεχνικές. Υποστηρίζεται ότι, κατά βάθος, κάθε χαρτοποιός πιστεύει ότι η διαδικασία που ακολουθεί ο ίδιος, είναι ο σωστός τρόπος δημιουργίας χαρτιού με το χέρι (Heller J., 1978).

Το χειροποίητο χαρτί είχε μια μεγάλη ποικιλία χρήσεων με την πάροδο του χρόνου. Ένα από τα πιο διάσημα γεγονότα ήταν η κατασκευή μπαλονιών που ξεκίνησαν από την Ιαπωνία κατά τη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου. Στην Ιαπωνία, επίσης, το χειροποίητο χαρτί έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ομπρελών, ανεμιστήρων, ακόμη και για λουστραρισμένες χορδές, φτιαγμένες από στριμμένο χαρτί. Άλλες χρήσεις ιαπωνικών χειροποίητων χαρτιών περιλαμβάνουν πυροτεχνήματα, βιβλία, χαρταετούς, χαρτί καλλιγραφίας, γράμματα, φάκελους, τσάντες, φανάρια και, φυσικά, χαρτί υγείας. Όταν το χειροποίητο χαρτί εξαπλώθηκε στον ισλαμικό κόσμο, χρησιμοποιήθηκε για γραφή, περιτύλιξη, ζωγραφική, χαρταετούς και επίσης για τραπουλόχαρτα, μια παράδοση που έχει κινέζικες ρίζες. Στη σύγχρονη εποχή, εκτός από τις άλλες παραδοσιακές χρήσεις, το χειροποίητο χαρτί έχει χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή ευχετήριων καρτών, περιοδικών και όλο και περισσότερο για καλλιτεχνικούς σκοπούς (Hubbe A. M., Bowden C., 2009).

Η παραδοσιακή χαρτοποιία ασκούσαν συνήθως από μια οικογένεια, ένα χωριό ή μια συντεχνία. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, πολλές παραδοσιακές αγροτικές οικογένειες έφτιαχναν χαρτί για να συμπληρώσουν το εισόδημά τους (Εικ. 3.8). Μετά το 1800 μ.Χ., υπολογίζεται ότι γύρω στις 100.000 οικογενειακές επιχειρήσεις παρήγαγαν χαρτί, ενώ σε πολλές περιοχές της Ασίας, παρατηρείται συνύπαρξη αγροτικών εργαστηρίων και μεγάλων χαρτοποιητικών μονάδων (Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ., 2010).



Εικόνα 3.8.. Παρασκευή χειροποίητου χαρτιού. Πηγή:  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Papermaking\\_by\\_hand.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Papermaking_by_hand.jpg)

Δίνεται όλο και μεγαλύτερη προσοχή στον θετικό ρόλο που μπορούν να έχουν οι παραδοσιακές τέχνες στην κοινωνία. Η παραδοσιακή χαρτοποιία, γενικά, χρησιμοποιεί ανανεώσιμους πόρους, μπορεί να διεξάγεται με τέτοιο τρόπο ώστε να αποφεύγεται η μόλυνση του περιβάλλοντος και μπορεί να συμβάλλει στην ένωση κοινοτήτων και κοινωνικών ομάδων. Υποστηρίζεται ότι η παραγωγή χειροποίητου χαρτιού θα μπορούσε να εξελιχθεί σε μια βιομηχανία, αληθινά φιλική προς το περιβάλλον (Hubbe A. M., Bowden C., 2009).

Η αξία της διαδικασίας της τέχνης της χειροποίητης χαρτοποιίας είναι πολύ πιο σημαντική από τα προϊόντα που μπορούν να δημιουργηθούν. Ένα από τα πιο συναρπαστικά πράγματα για τη διδασκαλία της χειροτεχνίας είναι οι πολλές νέες εμπειρίες μάθησης που παρέχει, μία από τις οποίες είναι να εισάγει κάποια βασικά χημικά και περιβαλλοντικά ζητήματα στους μαθητές. Η χειροποίητη χαρτοποιία παράλληλα μπορεί να προσφέρει καλλιτεχνικές δυνατότητες που περιορίζονται μόνο από τη φαντασία του καλλιτέχνη. Ένας εκπαιδευτικός που οργανώνει ένα έργο χαρτοποιίας πρέπει, επομένως, να έχει κατανοήσει ολόκληρη τη διαδικασία που εμπλέκεται στην παραγωγή χειροποίητου χαρτιού (Oroku N. A. et al., 2014).

Πολλοί μελετητές, εξάλλου, βλέπουν τον επείγοντα χαρακτήρα της εφαρμογής της πολυπολιτισμικής εκπαίδευσης και της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης στο δημοτικό σχολείο. Η χαρτοποιία, όντας μια πρακτική άσκηση, μπορεί να είναι ένα μέσο ολοκλήρωσης των εννοιών της πολυπολιτισμικότητας και της βιωσιμότητας στην εκπαίδευση ενός μικρού παιδιού. Το χειροποίητο χαρτί είναι άμεσα συνδεδεμένο με την κινέζικη κουλτούρα και παράδοση. Η σύγχρονη κοινωνία γνωρίζει καλά πόσα καταναλωτικά αγαθά παράγονται στην Κίνα. Ωστόσο, λίγοι γνωρίζουν ότι ένα από τα πιο θεμελιώδη καταναλωτικά προϊόντα μας,

το χαρτί, εφευρέθηκε από τους Κινέζους. Θα μπορούσαν, λοιπόν, οι γνώσεις αυτές να χρησιμοποιηθούν στην τάξη ως μέσο της διεύρυνσης της πολιτιστικής γνώσης και κατανόησης μεταξύ των μαθητών. Η διδασκαλία σχετικά με το φυσικό και δομημένο περιβάλλον που παρέχεται στους μαθητές θα πρέπει να συνδέει την τάξη με την κοινότητα των μαθητών. Οι μαθητές που ασχολούνται με την πρακτική, ενεργή μάθηση αυξάνουν τις γνώσεις και την ευαισθητοποίησή τους για το περιβάλλον. Πιστεύεται ότι οι δραστηριότητες χαρτοποιίας είναι απαραίτητες για την προώθηση της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης (Liao L.J. et al., 2011).

### **3.3 Η αξιοποίηση του χαρτιού στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση**

Στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών η εφαρμογή διαφόρων πειραμάτων με υλικά που χρησιμοποιούνται στην καθημερινότητά μας προσεγγίζεται ως ένα εργαλείο, το οποίο δίνει τα απαιτούμενα ερεθίσματα στον μαθητικό πληθυσμό για τη μετάβαση από την απλή θέαση ουσιαστικά στη συστηματική παρατήρηση, εστιάζοντας με τον τρόπο αυτό στο φαινόμενο αυτό και όχι στη συσκευή, η οποία επιλέγεται να χρησιμοποιηθεί για την υλοποίηση του πειράματος. Πολύ συχνά το βιβλίο του σχολείου αποτελεί το κύριο εμπόδιο στη μάθηση ορισμένων μαθητών, στο βαθμό που το επίπεδο ή ο τρόπος γραφής είναι πολύ δύσκολα. Σε αυτές τις περιπτώσεις, η παροχή άλλων υλικών μπορεί να διευκολύνει και να επιταχύνει τη διαδικασία της μάθησης. Ακόμη, η παροχή εναλλακτικών προσεγγίσεων διευκολύνει τη διαφοροποίηση της διδασκαλίας με βάση τα ενδιαφέροντα των μαθητών, έτσι ώστε να μπορούν να καλυφθούν πολλά διαφορετικά ενδιαφέροντα (Παντελιάδου Σ., 2008).

Οι εκπαιδευτικοί, κατά τη δημιουργία διδακτικού υλικού, εκτός από την γνώση των θεμάτων που πρέπει να διδαχθούν, πρέπει να βασίζονται σε παιδαγωγικές και ψυχολογικές αρχές, με σκοπό την εκδήλωση της απαιτούμενης ενεργοποίησης όλων όσων ασχολούνται με το υλικό αυτό. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται η ενίσχυση της επιδιωκόμενης μάθησης ταυτόχρονα από μαθητές και εκπαιδευτικούς. Για να επιτευχθεί ο σκοπός αυτός το διδακτικό υλικό οφείλει να είναι επίκαιρο, ρεαλιστικό και να σχετίζεται με την ηλικία και τα ενδιαφέροντα των μαθητών παράλληλα με τις σύγχρονες επιστημονικές αντιλήψεις (Φλουρής Γ., 1991). Το χαρτί ως υλικό καθημερινής χρήσης, ανταποκρίνεται στην επίτευξη του συγκεκριμένου αυτού σκοπού.

Η ενασχόληση με τη διερεύνηση των υλικών, επίσης, δίνει στα παιδιά το χρόνο για σχεδιασμό και πειραματισμό, αλλά επίσης τα οδηγεί στην κατανόηση των συστατικών στοιχείων της εργασίας, που είναι τα ίδια τα υλικά. Η χρήση των υλικών και η ανακάλυψη της συμπεριφοράς τους απαιτεί ένα διαφορετικό τρόπο σκέψης και την ανάπτυξη μιας πληθώρας δεξιοτήτων. Για παράδειγμα τα τρισδιάστατα υλικά παρουσιάζουν μια διαφορετική σειρά προβλημάτων σε σχέση με τα προβλήματα που παρουσιάζουν υλικά δύο διαστάσεων, όπως το επίπεδο χαρτί (Barnes R., 1987).

Όλες οι κατηγορίες του χαρτιού, είτε πρόκειται για λευκό ή χρωματιστό είτε για χαρτόκουτο, έχουν να επιδείξουν μοναδικά και ξεχωριστά χαρακτηριστικά ως προς το χρώμα, την υφή ακόμα και την αφή. Μπορούν να σκιστούν, να τσαλακωθούν, να αντισταθούν στον αέρα, δημιουργώντας με τον τρόπο αυτό μια ποικιλία ήχων και ερεθισμάτων. Ταυτόχρονα, ερχόμενα σε επαφή με το νερό ή με διάφορες χρωστικές ουσίες, αντιδρούν με διαφορετικό τρόπο. Άλλα μαλακώνουν, άλλα λιώνουν ή διαλύονται. Το χαρτί, ως ζωντανό υλικό, μπορεί να υποστεί και παράλληλα να προκαλέσει αλλαγές. Το χαρτί σκίζεται, κόβεται, διπλώνεται, χαράσσεται, τσακίζεται, στρίβεται, τυλίγεται, ξετυλίγεται, αντιστέκεται, μαλακώνει ή πλάθεται, αλλά και αυτό με τη σειρά του τυλίγει, καλύπτει, καμουφλάρει, μεταμορφώνει, διακοσμεί, ωραιοποιεί, παραμορφώνει, περιβάλλει. Η γνωριμία του παιδιού με τις ιδιότητες του χαρτιού, ακόμη και μαθητών με προβλήματα όρασης, κατά την εκπαιδευτική διαδικασία, θα βοηθήσει στην αισθητηριακή αντίληψη, στη συναισθηματική ανάπτυξη και έκφραση, στο σχηματισμό και την ανάπτυξη εννοιών, όπως επίσης σε κατηγοριοποιήσεις, ταξινομήσεις αλλά και σειροθετήσεις. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της γενίκευσης και διαφοροποίησης των ομοιοτήτων και διαφορών ως προς το σχήμα, το μέγεθος, το χρώμα, την υφή, αλλά και τον ήχο του χαρτιού (Τρίμη E., 1992).

Η ευελιξία του χαρτιού ανταγωνίζεται αυτή κάθε μέσου. Δεν είναι μόνο χρήσιμο ως υπόστρωμα για όλα τα είδη έντυπου υλικού και καλλιτεχνικών μέσων, αλλά χρησιμοποιείται επίσης σε γλυπτά, στην δημιουργία βιβλίων, στην κατασκευή μοντέλων, στην αρχιτεκτονική, στη μόδα, στο φωτισμό, στην εσωτερική διακόσμηση και τη γραφιστική (Hiebert H., 2013).

Η συσκευασία αντιπροσωπεύει ουσιαστικά τη μεγαλύτερη χρήση χαρτιού και χαρτονιού και, κατά συνέπεια, επηρεάζει και επηρεάζεται από την παγκόσμια βιομηχανία χαρτιού. Το χαρτί, όπως ήδη επισημάνθηκε, βασίζεται κυρίως σε ίνες κυτταρίνης που



προέρχονται από ξύλο, το οποίο με τη σειρά του προέρχεται από τα δάση. Η βιομηχανία χαρτιού είναι σημαντικός χρήστης ενέργειας, και ως εκ τούτου βρίσκεται στην πρώτη γραμμή των τρεχουσών περιβαλλοντικών συζητήσεων, δίνοντας έμφαση στη μείωση των συσκευασιών και στη διαχείριση των αποβλήτων (Kirwan, M.J., 2013).

Η πιο γνωστή εναλλακτική μέθοδος με παγκόσμια εφαρμογή είναι η ανακύκλωση χρησιμοποιημένου χαρτιού. Ειδικά σε ορισμένους τύπους χαρτιού (π.χ. χαρτί εφημερίδων) χρησιμοποιείται πολτός που περιέχει ανακυκλωμένες ίνες χαρτιού (Smook G.A., 1992). Αποτελεί κοινή διαπίστωση ότι η σύζευξη των τομέων περιβάλλον και τέχνη, η ενασχόληση δηλαδή των μαθητών με τη δημιουργία κατασκευών ή έργων τέχνης από ανακυκλώσιμα, πολλές φορές «αναπάντεχα υλικά», συνιστά μια δραστηριότητα που προάγει τη φαντασία και τη δημιουργικότητα. Η ενασχόληση με την επαναχρησιμοποίηση των υλικών δίνει την ευκαιρία στους μαθητές να καταλάβουν ότι ο κύκλος ζωής τους (των υλικών) δε φέρει ημερομηνία λήξης και σχεδόν όλα είναι αξιοποιήσιμα, σε ένα μεγάλο βαθμό, μετά την πρωτογενή τους χρήση. Διαπιστώνουν ότι τα χρησιμοποιημένα υλικά δεν είναι άχρηστα, αλλά εμπεριέχουν ακόμη αξία (Κατσίκης Α, 2009).

Η χαρτοποίηση μπορεί, παράλληλα να αποτελέσει μια σπουδαία εκπαιδευτική δραστηριότητα για τα παιδιά. Υπάρχουν φυσικοχημικές ιδιότητες για να ανακαλύψουν (όπως η δημιουργία δεσμών υδρογόνου), καθώς και μια μακρά ιστορία για να μελετήσουν (Hiebert H., 2000). Ένα μεγάλο κομμάτι της γνώσης που έχει να επιδείξει το χαρτί, μπορεί να αποκτηθεί από την ανάγνωση των τεχνικών της παραδοσιακής χαρτοποιίας διαχρονικά. Δηλαδή, πολύ συχνά οι κατασκευαστές χαρτιού έχουν υποθέσει ότι οι δικές τους μέθοδοι ήταν οι μόνες μέθοδοι για τη σωστή παραγωγή χαρτιού. Η ιστορία διδάσκει διαφορετικά. Υπάρχουν πολλοί έγκυροι τρόποι για να φτιαχτεί χαρτί, και οι κατασκευαστές χαρτιού κατά τη διάρκεια των αιώνων έχουν την τάση να στραφούν προς μια σειρά εφαρμόσιμων στρατηγικών, κάτι το οποίο είναι αξιοθαύμαστο (Hubbe A. M., Bowden C., 2009).

Η χειροποίητη χαρτοποιία είναι μια δραστηριότητα με επίκεντρο τα παιδιά, η οποία εστιάζει στα χέρια ενός παιδιού και στις μαθησιακές εμπειρίες. Οι διαδικασίες της χαρτοποιίας είναι πολυάριθμες και χρειάζονται σαφείς κατευθυντήριες γραμμές, τις οποίες οι μαθητές πρέπει να ακολουθήσουν. Με αυτόν τον τρόπο, η εμπειρία συμπεριλαμβάνει τη σύνδεση της πράξης με την προσπάθεια. Συνάμα, στα πλαίσια της περιβαλλοντικής εκπαίδευσης

οι μαθητές έρχονται σε επαφή με διαφορετικά είδη χαρτιού, καθώς και με όρους, όπως η περιβαλλοντική βιωσιμότητα και η ανακύκλωση (Liao L.J. et al., 2011).

Πρέπει να κατανοηθεί ότι η διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών δεν επιδιώκει μόνο την εκπαίδευση των παιδιών σε επίπεδο γνώσεων, αλλά δίνει έμφαση και στην καλλιέργεια των ικανοτήτων και των δεξιοτήτων τους στο πλαίσιο της καθημερινότητας τους. Κάτι τέτοιο μπορεί να επιτευχθεί μέσα από την υλοποίηση των πειραμάτων στην τάξη με τη χρήση υλικών οικείων προς αυτά, όπως το χαρτί ή και παιχνιδιών, που βασίζονται στη χρήση του χαρτιού. Με τον τρόπο αυτό μπορεί να κατανοηθεί, γιατί θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική η αξιοποίηση των πειραμάτων στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, συμβάλλοντας στη ψυχοκινητική, συναισθηματική και γνωστική ανάπτυξη όλων των παιδιών αυτής της ηλικίας, συμπεριλαμβανομένων και αυτών με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες. Με βάση αυτά τα στοιχεία, λοιπόν, αναδεικνύεται η σημασία της αξιοποίησης του χαρτιού, εξαιτίας των διαφόρων ιδιοτήτων του, στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών σε θεωρητικό και πρακτικό επίπεδο.

## **Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup> - Πειράματα για τη διδακτική φυσικών φαινομένων σε μαθητές Ε΄ και ΣΤ΄ Δημοτικού με τη χρήση του χαρτιού σε συμπεριληπτικά πλαίσια**

Η συμπερίληψη όλων των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία, θεωρείται θέμα προτεραιότητας από τους εκπαιδευτικούς και η διδακτική των Φυσικών Επιστημών, στηριζόμενη σε περισσότερο άμεσες και βιωματικές μεθόδους, μπορεί να βοηθήσει στην κατεύθυνση αυτή (Ormsbee C. K., Finson D. K., 2000). Η διδασκαλία της Φυσικής μπορεί να φέρει πολλά πλεονεκτήματα στους μαθητές με ειδικές μαθησιακές ανάγκες και στην ένταξή τους, καθώς προάγει τη συνεργασία και χρησιμοποιεί πολυαισθητηριακά ερεθίσματα τα οποία αποτελούν εξαιρετικές πηγές μάθησης (Cawley J. et al., 2002).

Στο παρακάτω κεφάλαιο παρουσιάζονται παραδείγματα πειραματικών διαδικασιών με τη χρήση του χαρτιού, τα οποία αξιοποιώντας τις ιδιότητές του, συνεπικουρούν ώστε να γίνουν κατανοητά φυσικά φαινόμενα που όχι μόνο διδάσκονται στις τάξεις του Δημοτικού, αλλά και υπάρχουν στην καθημερινότητα, διεγείροντας την περιέργεια των μαθητών. Μπορούν, ακόμα, να εφαρμοστούν στην γενική τάξη, βοηθώντας τους μαθητές στο σύνολό τους να διασαφηνίσουν επιστημονικές έννοιες αλλά και να αναθεωρήσουν τυχόν παρανοήσεις. Μπορούν να συνδυαστούν με δραστηριότητες που περιλαμβάνονται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα, με σκοπό την κάλυψη των γενικών διδακτικών στόχων.

Η διαφοροποίηση δεν αφορά μόνο το περιεχόμενο της διδασκαλίας, το οποίο βασίζεται στην χρήση του χαρτιού, αλλά και την διαδικασία. Πιο συγκεκριμένα, στα παρακάτω πειράματα οι διδακτικοί στόχοι παραμένουν υψηλοί, χωρίς να μειώνεται η δυσκολία τους, οι δραστηριότητες όμως γίνονται ευκολότερα προσβάσιμες και διαχειρίσιμες από όλους τους μαθητές. Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί μπορούν να δίνουν περισσότερο χρόνο στους μαθητές για να ολοκληρώσουν τις δραστηριότητες, όποτε κρίνεται απαραίτητο.

Οι μαθητές με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες μπορούν να ενταχθούν ομάδες, οι οποίες αποτελούνται από άτομα φιλικά και έμπιστα, με στόχο την παροχή βοήθειας στα μέλη τους, ώστε να τηρούνται οι κανόνες και να υπάρχει η απαραίτητη καθοδήγηση (Παντελιάδου Σ., 2008). Παράλληλα, τα πειράματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τον εκπαιδευτικό του τμήματος ένταξης ή τον εκπαιδευτικό παράλληλης στήριξης.

Η παρουσίαση των πειραμάτων, περιλαμβάνει τα υλικά τα οποία είναι απαραίτητα για την εκτέλεσή τους, την διαδικασία εκτέλεσης του πειράματος, την παρατήρηση που καταγράφεται καθώς και την εξήγηση του φυσικού φαινομένου.

### **Πείραμα 1<sup>ο</sup>**

Η κατασκευή χαρτιού μπορεί να οργανωθεί και να διδαχθεί με επιτυχία χρησιμοποιώντας διαφορετικές τεχνικές. Προτείνεται ο εκπαιδευτικός να εισάγει την έννοια της τέχνης της χαρτοποιίας αργά στους μαθητές, επειδή η διαδικασία δημιουργίας ενός χαρτιού περιλαμβάνει πολλά βήματα και οι μαθητές χρειάζεται να κατανοήσουν ένα κάθε φορά. Η διαδικασία πρέπει πάντα να χωρίζεται σε όσο το δυνατόν περισσότερα βήματα, ώστε να είναι εφικτό οι μαθητές να αφομοιώσουν όλα όσα διδάσκονται. Η πρώτη ημέρα της παραγωγής χαρτιού μπορεί να επικεντρωθεί στην προετοιμασία χαρτοπολτού και η επόμενη μέρα στην εργασία με τον πολτό (Smith G. Z, 1995).

Μπορεί να είναι πρόκληση η διδασκαλία παραγωγής χαρτιού σε μεγάλες ομάδες παιδιών, αλλά δεν είναι αδύνατη. Προτείνεται οι δραστηριότητες να γίνουν με μικρές ομάδες τεσσάρων ή πέντε μαθητών. Εάν ο αριθμός των μαθητών είναι μεγάλος, είναι δυνατόν να ζητηθεί βοήθεια από άλλους εκπαιδευτικούς ή ακόμα και γονείς (Hiebert H., 2000).

#### Κατασκευή ανακυκλωμένου πολτού

Ο ανακυκλωμένος χαρτοπολτός για την παραγωγή χαρτιού μπορεί να φτιαχτεί από παλιές εφημερίδες, εργασίες, χαρτοπετσέτες, χαρτί κατασκευής και άλλα.

Υλικά:

-χαρτί προς ανακύκλωση

-μπλέντερ

-νερό

Εκτέλεση:

Συγκεντρώνουμε το χαρτί και το κόβουμε σε μικρά κομματάκια. Τοποθετούμε μια μικρή χούφτα από τα κομματάκια στο μπλέντερ (εκτός αν υπάρχει η δυνατότητα χρήσης πολτοποιητή που είναι προτιμώμενη για την αποφυγή κοπής των ινών), που το έχουμε γεμίσει μέχρι τη μέση με νερό (Εικ. 4.1).



Εικόνα 4.1 Μπλέντερ-Χαρτί προς ανακύκλωση

Θέτουμε σε λειτουργία το μπλέντερ για περίπου ένα λεπτό, κάνοντας μικρά διαλείμματα κάθε λίγα δευτερόλεπτα. Το μπλέντερ κόβει το χαρτί σε ίνες που ονομάζονται πολτός. Επαναλαμβάνουμε αυτά τα βήματα μέχρι να συγκεντρωθεί αρκετός πολτός για χαρτοποίηση.

#### Κατασκευή καλουπιού χαρτιού

Υλικά:

- 1 παλιά ξύλινη κορνίζα
- δίχτυ με πυκνό πλέγμα ή οποιοδήποτε άλλο υλικό που μπορεί να λειτουργήσει σαν κόσκινο
- συρραπτικό

Εκτέλεση:

Τεντώνουμε το δίχτυ πάνω από την μία ξύλινη κορνίζα και το στερεώνουμε με το συρραπτικό κατά μήκος των πλευρών της (Εικ. 4.2).



Εικόνα 4.2 Κορνίζα με πλέγμα

## Κατασκευή χειροποίητου χαρτιού

### Υλικά:

- ανακυκλωμένος πολτός
- μια μεγάλη πλαστική λεκάνη
- καλούπι χαρτιού
- εφημερίδες και σφουγγάρι
- πλάστης
- σίδηρο και σιδερώστρα
- στυπόχαρτο ή πετσέτα προσώπου ή μια μάλλινη κουβέρτα

### Εκτέλεση:

Τοποθετούμε μια χούφτα πολτού στην πλαστική λεκάνη, η οποία θα πρέπει να είναι γεμάτη με νερό μέχρι τη μέση, και ανακατεύουμε καλά (Εικ.4.3).



Εικόνα 4.3 Λεκάνη με νερό και ανακυκλωμένο χαρτοπολτό

Βυθίζουμε στη λεκάνη το καλούπι του χαρτιού που φτιάξαμε. Το περιστρέφουμε για λίγα δευτερόλεπτα για να πάρουμε αρκετό πολτό και, στη συνέχεια, σηκώνουμε το καλούπι έξω από το νερό. Αφήνουμε το νερό να στραγγίσει μέσω του κόσκινου (Εικ. 4.4).



Εικόνα 4.4 Καλούπι με πολτό

Τοποθετούμε το στυπόχαρτο πάνω από μια στοίβα εφημερίδων. Οι εφημερίδες θα απορροφήσουν το πολύ νερό και μπορούν στη συνέχεια να ανακυκλωθούν. Τοποθετούμε τις εφημερίδες με το στυπόχαρτο πάνω από το καλούπι με τον πολτό, από την μεριά του στυπόχαρτου και αναποδογυρίζουμε. Μαζεύουμε την περίσσεια νερού, πιέζοντας με το σφουγγάρι προς τα κάτω στο πίσω μέρος του καλουπιού (Εικ. 4.5). Απομακρύνουμε το καλούπι. Ελέγχουμε αν το χαρτί έχει κολλήσει πάνω στο στυπόχαρτο. Τοποθετούμε ένα άλλο στυπόχαρτο πάνω από το νέο χαρτί και χρησιμοποιούμε τον πλάστη για να βγάλουμε την περίσσεια νερού (Εικ. 4.6).



Εικόνα 4.5 Πίεση με σφουγγάρι



Εικόνα 4.6 Απομάκρυνση περίσσειας νερού με πλάστη

Τα τοποθετούμε στην σιδερώστρα και σιδερώνουμε με το ζεστό σίδερο ( Εικ. 4.7). Η θερμότητα θα στεγνώσει το χαρτί σε λίγα λεπτά (Williams R. C, 1993).



Εικόνα 4.7 Στέγνωμα με σίδερο

Εναλλακτικά, αφήνουμε το χαρτί να στεγνώσει με φυσικό τρόπο. Για να φτιάξουμε χρωματιστό χαρτί, μπορούμε να προσθέσουμε χρώμα είτε κατά τη διαδικασία της πολτοποίησης είτε μέσα στη λεκάνη με το νερό. Αν θέλουμε να διακοσμήσουμε το χαρτί μας, μπορούμε, επίσης, πάνω στο καλούπι να βάλουμε αποξηραμένα φύλλα ή κομμάτια από άχυρο και να ρίξουμε στη συνέχεια τον πολτό από πάνω. Με τον τρόπο αυτό στο χαρτί μας θα ενταχτούν και θα κολλήσουν τα φύλλα ή το άχυρο (Hiebert H., 2000).

Η διαδικασία παραγωγής χαρτιού θα μπορούσε να ευαισθητοποιήσει τους μαθητές σχετικά με την ανακύκλωση, βοηθώντας με τον τρόπο αυτό στην υιοθέτηση στάσεων καθώς και συμπεριφορών στα θέματα εξοικονόμησης υλικών. Οι σχολικές μονάδες κάθε χρόνο καταναλώνουν αρκετά μεγάλες ποσότητες χαρτιού, ώστε να υποστηριχτεί επαρκώς η εκπαιδευτική διαδικασία. Τα σχολικά βιβλία, τα τετράδια καθώς και οι φωτοτυπίες που δίνονται από τους εκπαιδευτικούς, στο τέλος κάθε σχολικής χρονιάς οδηγούν στη συσσώρευση ενός τεράστιου όγκου χαρτιού, ο οποίος θα μπορούσε να επαναχρησιμοποιηθεί ως ανακυκλωμένο χαρτί, αποφέροντας με αυτόν τον τρόπο πολλαπλά οφέλη. Κάθε χρόνο ανακυκλώνονται στην Ελλάδα 350.000 τόνοι χαρτιού, που αντιστοιχούν σε 6- 7.000.000 δέντρα, 35.000.000 τόνους νερό και 60.000 τόνους πετρέλαιο. Ο αριθμός αυτός μπορεί να αυξηθεί σημαντικά με τη σχολική ανακύκλωση (<https://kmaked.pde.sch.gr/site/index.php/xarti>).

Η διαδικασία παραγωγής χαρτιού θα μπορούσε, παράλληλα, να αποτελέσει μια ευκαιρία να ενημερωθούν οι μαθητές για τις εναλλακτικές πρώτες ύλες για χαρτί, τις λεγόμενες μη ξυλώδεις ίνες, που προέρχονται είτε από διάφορα φυτά όπως το μπαμπού, το κενάφ, η κάνναβη, τα καλάμια και το λινάρι, είτε από αγροτικά υπολείμματα όπως το άχυρο, βλαστοί



καλαμποκιού, βαμβακιού και ζαχαροκάλαμου (Βερβέρης Χ. Τ., 2007) και να παρακολουθήσουν σχετικά βίντεο. <https://www.facebook.com/GoWasteEd/videos/359534605120335>

## Πείραμα 2<sup>ο</sup>

### Α΄ Εκδοχή

Υλικά (Εικ. 4.8):

- απορροφητικό χαρτί (χαρτί κουζίνας)
- 7 πλαστικά ποτήρια
- νερό
- χρώματα ζαχαροπλαστικής σε τρεις αποχρώσεις (κόκκινο, μπλε, κίτρινο)



Εικόνα 4.8 Υλικά πειράματος

Εκτέλεση:

Γεμίζουμε με νερό μέχρι τη μέση τα 4 ποτήρια, στο πρώτο, στο τρίτο, στο πέμπτο και στο έβδομο. Στη συνέχεια προσθέτουμε το χρώμα ζαχαροπλαστικής. Στο πρώτο ποτήρι ρίχνουμε κόκκινο χρώμα, στο τρίτο κίτρινο χρώμα, στο πέμπτο μπλε χρώμα και στο έβδομο πάλι κόκκινο. Κατόπιν παίρνουμε χαρτί κουζίνας, το τυλίγουμε σχηματίζοντας λωρίδες, φροντίζοντας οι στρώσεις να είναι όσο το δυνατόν περισσότερες σφιχτές. Βουτάμε τη μία άκρη του διπλωμένου χαρτιού στο πρώτο ποτήρι και την άλλη άκρη του στο δεύτερο (άδειο) ποτήρι. Συνεχίζουμε έτσι με το δεύτερο κομμάτι χαρτί, το οποίο θα ξεκινά από το δεύτερο ποτήρι και θα συνεχίζεται στο τρίτο και ούτω καθεξής (Εικ. 4.9).



Εικόνα 4.9 Διάταξη χρωμάτων

Παρατήρηση:

Το χρωματισμένο νερό θα ανεβαίνει από τα γεμάτα ποτήρια και θα κατευθύνεται μέσω του χαρτιού στα άδεια. Θα χρειαστεί γύρω στη μία ώρα για να μουσκέψει όλο το μήκος των χαρτιών και περίπου άλλες δύο για να αρχίζουν να γεμίζουν τα άδεια ποτήρια. Στο τέλος όλα τα ποτήρια θα έχουν την ίδια στάθμη και τα χρώματα στα αρχικά άδεια ποτήρια θα έχουν αναμιχθεί. Το ίδιο θα έχει συμβεί και στα χαρτιά. Το δεύτερο ποτήρι θα έχει πορτοκαλί χρώμα, το τέταρτο πράσινο και το έκτο μωβ, εξαιτίας της ανάμιξης των βασικών χρωμάτων (Εικ. 4.10).



Εικόνα 4.10 Τελικό αποτέλεσμα πειράματος

[https://www.youtube.com/watch?v=HJNsdK8Es&ab\\_channel=SuperiniaTV](https://www.youtube.com/watch?v=HJNsdK8Es&ab_channel=SuperiniaTV)

## Β΄ Εκδοχή

Υλικά (Εικ. 4.11):

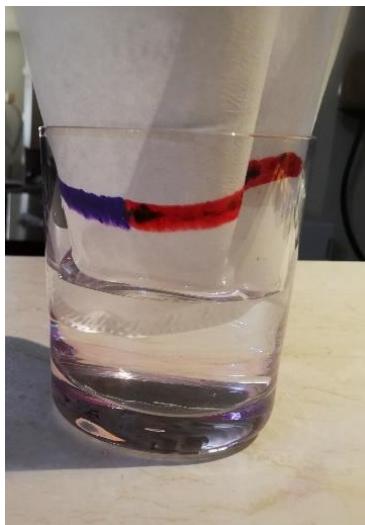
- φίλτρο καφέ
- μαρκαδόροι που έχουν βάση το νερό
- γυάλινο ποτήρι
- νερό



Εικόνα 4.11 Υλικά πειράματος

Εκτέλεση:

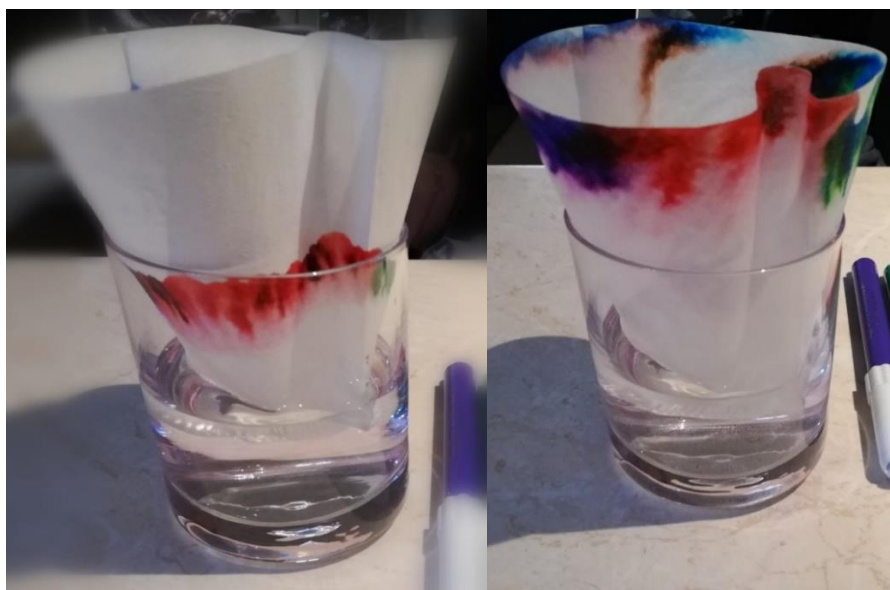
Σχεδιάζουμε μια σειρά διαφορετικών χρωματιστών γραμμών στην άκρη του φίλτρου καφέ. τοποθετούμε το φίλτρο στο ποτήρι, αφού πρώτα προσθέσουμε μια μικρή ποσότητα νερού, αρκετή ώστε να ακουμπάει τις άκρες του φίλτρου, όχι όμως τις γραμμές του μαρκαδόρου που έχουμε σχεδιάσει (Εικ. 4.12).



Εικόνα 4.12 Διαδικασία πειράματος

Παρατήρηση:

Καθώς το νερό ανεβαίνει στο φίλτρο, τα χρωματιστά σημάδια θα μετακινηθούν. Και όχι μόνο αυτό, αλλά και μερικά από τα χρώματα θα χωριστούν σε πολλά χρώματα (Εικ. 4.13, 4.14).



Εικόνα 4.13 Παρατήρηση μετά από 20 λεπτά

Εικόνα 4.14 Τελική παρατήρηση

[https://www.youtube.com/watch?v=BdvnGXTQzTU&ab\\_channel=TeacherlandEducation](https://www.youtube.com/watch?v=BdvnGXTQzTU&ab_channel=TeacherlandEducation)

Εξήγηση:

Το χαρτί που χρησιμοποιείται στην πειραματική διαδικασία αποτελείται κατά βάση από ίνες κυτταρίνης και ημικυτταρίνης (η λιγνίνη έχει αφαιρεθεί). Η κυτταρίνη και η ημικυτταρίνη είναι υγροσκοπικές και γι' αυτό το χαρτί όταν βρίσκεται σε περιβάλλον με υγρασία προσροφά μόρια νερού (Ζερβός Σ., 2015; Μπέλεση, Β., 2018; Φιλιππακοπούλου Θ., 2009). Τα μόρια νερού καταφέρνουν να συνδεθούν με τις ίνες μέσω των δεσμών υδρογόνου που σχηματίζονται. Δεν πρέπει να ξεχνάμε, επίσης, πως η εξέταση της μικροδομής της κυτταρίνης ή του χαρτιού αποκαλύπτει την ύπαρξη ενός εκτεταμένου συστήματος πόρων με τριχοειδή διάκενα και ρωγμές (Ζερβός Σ., 2015; Μπέλεση, Β., 2018; Φιλιππακοπούλου Θ., 2009; Biermann, C.J., 1996; Roberts J. C. , 1996). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα η επιφάνεια των χαρτιών να κυμαίνεται από 1-1000 m<sup>2</sup>/g και κατά συνέπεια να διευκολύνει την προσρόφηση νερού (Ζερβός Σ., 2015; Μπέλεση, Β., 2018; Φιλιππακοπούλου Θ., 2009; Biermann, C.J., 1996; Roberts J. C. , 1996). Η μεταφορά του νερού ή οποιουδήποτε διαλύματος (π.χ. του διαλύματος της ευδιάλυτης χρωστικής στο παρόν πείραμα) στο σύνολο της μάζας του χαρτιού πραγματοποιείται χάρη στο τριχοειδές φαινόμενο. Όσο πιο μικρή είναι η διάμετρος των ινιδίων (στενοί σωλήνες) τόσο πιο μακριά φτάνει το ρέον υγρό πάντα σε συνδυασμό με την επιφανειακή τάση και τις ελκτικές δυνάμεις που αναπτύσσονται μεταξύ νερού και των χαρακτηριστικών χημικών ομάδων των σωληνωτών ινιδίων.

### **Πείραμα 3<sup>ο</sup>**

Υλικά:

- 2 βιβλία
- 2 κομμάτια χαρτιού
- 1 πλαστικό ποτήρι
- βόλοι

Εκτέλεση:

Τοποθετούμε τα δύο βιβλία πάνω σε μία επίπεδη επιφάνεια, σε τόση απόσταση μεταξύ τους όσο είναι περίπου το μήκος του χαρτιού (Εικ. 4.15). Τοποθετούμε το πρώτο χαρτί πάνω στα δύο βιβλία και ακουμπάμε πάνω του το πλαστικό ποτήρι. Μετράμε πόσους βόλους μπορεί να σηκώσει το χαρτί.



Εικόνα 4.15 Τοποθέτηση χαρτιού χωρίς αναδίπλωση

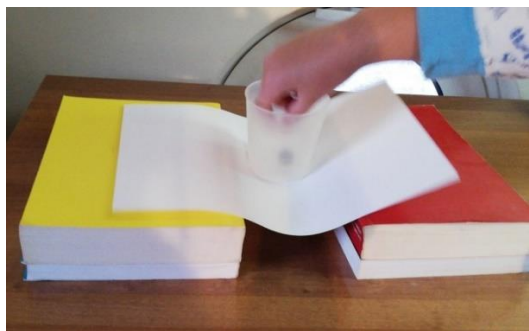
Διπλώνουμε το δεύτερο χαρτί κατά μήκος πολλές φορές, σε σχήμα ακορντεόν (Εικ. 4.16). Τοποθετούμε το διπλωμένο χαρτί πάνω στα βιβλία και ακουμπάμε πάνω του το πλαστικό ποτήρι. Μετράμε πόσους βόλους μπορεί να σηκώσει το διπλωμένο χαρτί.



Εικόνα 4.16 Τοποθέτηση χαρτιού μετά από αναδίπλωσή

Παρατήρηση:

Το χαρτί που δεν είναι διπλωμένο υποστηρίζει το βάρος του πλαστικού ποτηριού και κάμπεται μόλις τοποθετήσουμε τον πρώτο βόλο. Το διπλωμένο χαρτί θα παραμείνει σταθερό, υποστηρίζοντας το βάρος περισσότερων βόλων (Εικ. 4.17, 4.18).



Εικόνα 4.17 Αντοχή χαρτιού χωρίς αναδίπλωση



Εικόνα 4.18 Αντοχή χαρτιού με αναδίπλωση

[https://www.youtube.com/watch?v=Zd2SZE2sXIs&ab\\_channel=KidsFunScience](https://www.youtube.com/watch?v=Zd2SZE2sXIs&ab_channel=KidsFunScience)

Εξήγηση:

Μία από τις σπουδαιότερες ιδιότητες του χαρτιού είναι η αντοχή στο λύγισμα, η οποία αποτελεί ένα μεγάλο φυσικό πλεονέκτημα του χαρτιού έναντι άλλων υλικών και οφείλεται στους δεσμούς υδρογόνου που συγκρατούν τις ίνες κυτταρίνης (Ζερβός Σ., 2015; Μπέλεση, Β., 2018; Φιλιππακοπούλου Θ., 2009; Biermann, C.J., 1996; Roberts J. C. , 1996). Εάν πάρουμε ένα κομμάτι χαρτί και προσπαθήσουμε να το λυγίσουμε, θα τα καταφέρουμε πολύ εύκολα. Αλλά αν τυλίξουμε το χαρτί σφιχτά σε ένα σωλήνα ή το διπλώσουμε σε σχήμα ακορντεόν, γίνεται πολύ πιο δύσκολο να λυγίσει. Γιατί συμβαίνει αυτό; Είναι ακόμα το ίδιο υλικό, αλλά το σχήμα του επηρεάζει επίσης το πόσο εύκολα λυγίζει. Το δίπλωμα ή το τύλιγμα των κομματιών χαρτιού αυξάνει την ακαμψία του χαρτιού, επιτρέποντας με τον τρόπο αυτό να σχηματιστεί μια γέφυρα μεταξύ των βιβλίων. Κοιτάζοντας γύρω μας, μπορούμε να ανακαλύψουμε αντίστοιχα παραδείγματα, όπως το σχήμα των ποδιών στα γραφεία και τις καρέκλες. Επίσης, η ακαμψία του υλικού καθώς και το σχήμα είναι πολύ σημαντικά για τους πολιτικούς μηχανικούς που πρέπει να τα λάβουν υπόψη κατά το σχεδιασμό γεφυρών.

#### **Πείραμα 4<sup>ο</sup>**

Υλικά:

-Διαφορετικοί τύποι χαρτιού (εφημερίδα, πρόχειρο χαρτί, χαρτί τετραδίου και λευκό χαρτί εκτυπωτή καλής ποιότητας)

Εκτέλεση:

Διπλώνουμε στη μέση τα κομμάτια διαφορετικών τύπων χαρτιού. Τοποθετούμε τα κομμάτια χαρτιού σε ένα φωτεινό ηλιόλουστο περβάζι παραθύρου. Ελέγχουμε τα χαρτιά κάθε λίγες μέρες για να δούμε ποιο χαρτί θα κιτρινίσει περισσότερο. Καταγράφουμε τον ρυθμό με τον οποίο αυτό συμβαίνει, συγκρίνοντας το τμήμα του χαρτιού που το βλέπουν οι ακτίνες του ήλιου με το τμήμα που δεν το βλέπουν (VanCleave J. P., 1994).

Παρατήρηση:

Το χαρτί χαμηλής ποιότητας, όπως η εφημερίδα, θα αλλάξει χρώμα (από λευκό σε κίτρινο) γρηγορότερα από το χαρτί καλύτερης ποιότητας.

Εξήγηση:

Το χαρτί αν εκτεθεί σε ηλιακό φως κιτρινίζει. Η αλλοίωσή αυτή εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, στους οποίους περιλαμβάνεται η θερμοκρασία, η υγρασία το χρονικό

διάστημα έκθεσής του, η ποιότητά του καθώς και η περιεκτικότητά του σε συστατικά που είναι φωτοευαίσθητά, όπως η λιγνίνη. Η καθαρή κυτταρίνη δεν απορροφά καθόλου το ορατό φως, ενώ οι ημικυτταρίνες παρουσιάζουν όμοια συμπεριφορά. Η λιγνίνη είναι εκείνη που ευθύνεται για το κιτρίνισμα, αφού με την πάροδο του χρόνου, κάποιες χημικές της ενώσεις αντιδρούν με το οξυγόνο του αέρα, ενώ η διαδικασία επιταχύνεται με την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας. Η ποιότητα του χαρτιού και η προέλευση των ινών του επηρεάζουν το χρόνο κιτρινίσματος της κάθε κατηγορίας (Ζερβός Σ., 2015).

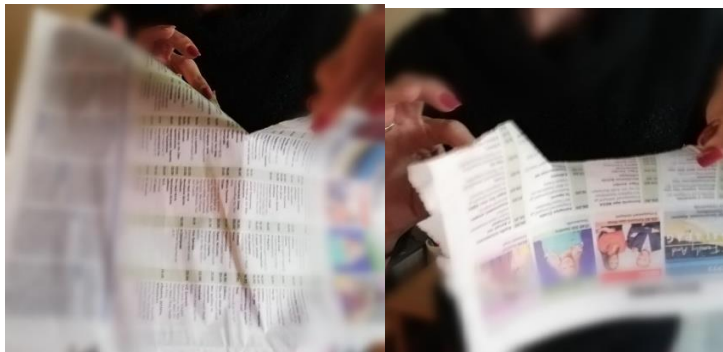
### Πείραμα 5<sup>ο</sup>

Υλικά:

-μία παλιά εφημερίδα

Εκτέλεση:

Σκίζουμε αργά ένα κομμάτι εφημερίδας με κατεύθυνση από πάνω προς τα κάτω. Στη συνέχεια, σκίζουμε την εφημερίδα με πλαϊνή κατεύθυνση (Εικ. 4.19, 4.20).



Εικόνα 4.19 Σκίσιμο κατά πλάτος

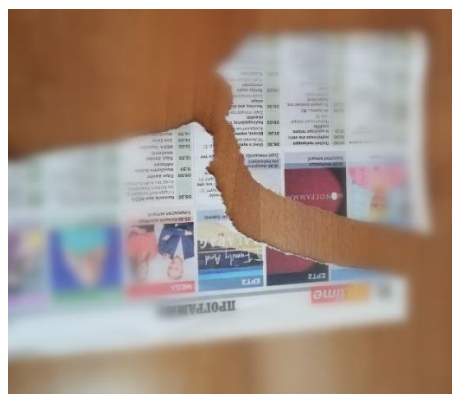
Εικόνα 4.20 Σκίσιμο κατά μήκος

Παρατήρηση:

Στην πρώτη περίπτωση το κόψιμο θα είναι ίσιο ενώ στη δεύτερη θα έχει ακανόνιστο σχήμα (Εικ. 4.21, 4.22) (Moje S. W., 1999).



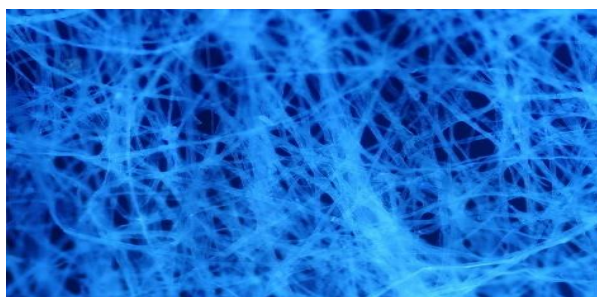
Εικόνα 4.21 Αποτέλεσμα σκισίματος κατά πλάτος



Εικόνα 4.22 Αποτέλεσμα σκισίματος κατά μήκος

### Εξήγηση:

Στο χαρτί οι ίνες παρουσιάζουν μεγαλύτερο παραλληλισμό προς την κατεύθυνση της κίνησης του κόσκινου της μηχανής κατά τη διαδικασία παραγωγής του. Οι ίνες, καθώς αποτίθενται στο κόσκινο, παραλληλίζονται προς τη μια διάσταση του φύλλου, δηλαδή ανάλογα με την ροή του νερού (Εικ. 4.23). Αυτό εξηγείται με τους νόμους της υδροδυναμικής και έχει να κάνει με τον τρόπο που προσανατολίζονται οι ίνες όταν κινούνται μέσα σε νερό που ρέει, κατά τον σχηματισμό του φύλλου χαρτιού πάνω στο κόσκινο. Για παράδειγμα, ένα φύλλο χαρτιού σκίζεται πιο εύκολα στην κατεύθυνση «των νερών του», παρά κάθετα σε αυτήν. Στο χειροποίητο χαρτί είναι πιο εύκολο να εντοπιστεί η κατεύθυνση των ιών του (Ζερβός Σ., 2015; Roberts J. C. , 1996; Biermann, C.J., 1996). Εάν σκίσουμε, λοιπόν, παράλληλα με αυτές τις ίνες το κόψιμο θα είναι ίσιο, ενώ αν σκίσουμε κάθετα με αυτές τις ίνες, το κόψιμο είναι τραχύ και οδοντωτό.



Εικόνα 4.23 Μικροσκοπική δομή του Χαρτιού. Πηγή:  
<https://www.microscopemaster.com/images/paperautofluorescence.jpg>



Η ιδιότητα αυτή του χαρτιού παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στη βιβλιοδεσία, επειδή το χαρτί τεντώνεται και κάμπτεται με διαφορετικό τρόπο κατά μήκος και κατά πλάτος της κατεύθυνσης των ινών. Όταν γυρίζουμε τις σελίδες ενός βιβλίου, αυτές τείνουν να λυγίζουν χωρίς να παρουσιάζουν μεγάλη αντίσταση (Εικ. 4.24). Εάν η κατεύθυνση των ινών του χαρτιού του βιβλίου είναι λανθασμένη, υπάρχει μεγαλύτερη αντίσταση σε κάθε γύρισμα της σελίδας του βιβλίου. Κατά την κατασκευή ενός βιβλίου, τα νερά του χαρτιού των σελίδων του βιβλίου πρέπει να είναι παράλληλα με τη ράχη του. (Ζερβός Σ., 2015; Μπέλεση, Β., 2018; Φιλιππακοπούλου Θ., 2009; Biermann, C.J., 1996; Kirwan, M.J., 2013; Roberts J. C., 1996).



Εικόνα 4.24. Πηγή: <http://scherlund.blogspot.com/2015/09/what-is-best-way-to-track-down-4.html>  
[https://www.youtube.com/watch?v=cO\\_HAeH7pGw&t=327s](https://www.youtube.com/watch?v=cO_HAeH7pGw&t=327s)

### **Πείραμα 6<sup>ο</sup>**

Υλικά (Εικ. 4.25):

- 1 λεμόνι
- 1 ποτηράκι
- 1 μπατονέτα
- ένα χαρτί
- 1 μπολ
- ιώδιο (βάμμα ιωδίου).



Εικόνα 4.25 Υλικά πειράματος

Εκτέλεση:

Κόβουμε το λεμόνι και το στύβουμε σε ένα ποτηράκι. Βουτάμε στο χυμό τη μπατονέτα και γράφουμε μία λέξη στο χαρτί. Αφού στεγνώσει το χαρτί το βουτάμε στο μπολ, όπου έχουμε διαλύσει μερικές σταγόνες ιωδίου σε νερό (Εικ. 4.26).



Εικόνα 4.26 Χαρτί με «κρυφό μήνυμα» βουτηγμένο σε διάλυμα νερού-ιωδίου

Παρατήρηση:

Όλο το χαρτί παίρνει μια μπλε-μωβ απόχρωση, εκτός από τα σημεία όπου γράψαμε. Έτσι εμφανίζεται η λέξη που είχαμε γράψει με το χυμό από το λεμόνι (Εικ. 4.27) (Κουσλόγλου Μ., 2019).



Εικόνα 4.27 Εμφάνιση του «κρυφού μηνύματος»

### Εξήγηση:

Το άμυλο είναι μία ουσία, που χρησιμοποιείται στη χαρτοποιία ως πρόσθετο για την επιφανειακή αδιαβροχοποίηση του χαρτιού, ως συνδετικό μέσο των επικαλυπτικών υλικών του χαρτιού, ως πρόσθετο της ξηρής αντοχής του και ως βοηθητικό συγκράτησης και αποστράγγισης (Biermann, C.J., 1996; Roberts J. C. , 1996; Μπέλεση, Β., 2018) Το διάλυμα ιωδίου είναι ένα κοινό στοιχείο που βρίσκεται εύκολα σε φαρμακεία και μία από τις ιδιότητές του είναι ότι γίνεται μπλε-μωβ με την παρουσία αμύλου. Το ιώδιο, λοιπόν, αντιδρά με το άμυλο που περιέχεται στο χαρτί, με αποτέλεσμα να σχηματίζεται σύμπλοκο ιωδίου-αμύλου, το οποίο έχει μπλε-μωβ χρώμα. Η βιταμίνη C (ασκορβικό οξύ) είναι ένα όξινο διάλυμα, απαραίτητο για τη διατροφή του ανθρώπου. Πολλά φρούτα και λαχανικά περιέχουν βιταμίνη C, όπως για παράδειγμα τα ωμά εσπεριδοειδή και οι χυμοί τους, τα οποία αποτελούν την κύρια πηγή για τους περισσότερους ανθρώπους. Η βιταμίνη C που περιέχει ο χυμός λεμονιού εξουδετερώνει την χημική αυτή αντίδραση που παράγει το σύμπλοκο ιωδίου-αμύλου κι έτσι το χαρτί μένει άσπρο στα σημεία που γράψαμε.

### Πείραμα 7<sup>ο</sup>

Υλικά:

-1 χαρτοσακούλα

-2 ποτήρια

-παγωμένο νερό και ζεστό νερό

Εκτέλεση:

Τυλίγουμε το ένα μόνο ποτήρι με τη χαρτοσακούλα. Γεμίζουμε και τα δύο ποτήρια πρώτα με παγωμένο νερό (Εικ. 4.28).



Εικόνα 4.28 Διάταξη ποτηριών

Μετράμε με ένα θερμόμετρο τη θερμοκρασία στα δύο ποτήρια και καταγράφουμε τις μεταβολές της. Επαναλαμβάνουμε το πείραμα γεμίζοντας τα ποτήρια με ζεστό νερό.

Παρατήρηση:

Το ποτήρι που δεν είναι καλυμμένο με τη χαρτοσακούλα εκτίθεται στον αέρα του περιβάλλοντος και έρχεται στην ίδια θερμοκρασία με αυτό πιο γρήγορα από ότι το ποτήρι που είναι τυλιγμένο με τη χαρτοσακούλα.

Εξήγηση:

Μία από τις μορφές ενέργειας είναι η θερμική ενέργεια. Θερμική ενέργεια ή θερμότητα ονομάζουμε την κινητική ενέργεια των μορίων λόγω των συνεχών και τυχαίων κινήσεών τους. Η θερμότητα μεταδίδεται πάντα από τις πιο θερμές προς τις πιο ψυχρές περιοχές είτε με αγωγή, συναγωγή και ακτινοβολία, είτε με τον συνδυασμό των τριών. Όταν υπάρχει μεγάλη διαφορά θερμοκρασίας, αυξάνεται και η ροή της θερμότητας. Σώματα που έχουν μεγάλο συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λέγονται καλοί αγωγοί της θερμότητας (π.χ. μέταλλα), ενώ αντίθετα όσα έχουν μικρό συντελεστή θερμικής αγωγιμότητας λέγονται κακοί αγωγοί της θερμότητας (π.χ. υγρά και ιδιαίτερα τα αέρια). Η θερμική αντίσταση των θερμομονωτικών υλικών αποδίδεται στον αέρα που περιέχεται μέσα τους, ο οποίος θεωρείται κακός αγωγός της θερμότητας. Στον λόγο αυτό στηρίζεται και η κατασκευή τοίχων με διπλά τοιχώματα, μεταξύ των οποίων εγκλωβίζεται αέρας, που λειτουργεί θερμομονωτικά

(Κωστόπουλος Δ. Ι., 2002). Το χαρτί διαθέτει πορώδη μάζα, η οποία εγκλωβίζει ακίνητο αέρα στο πλέγμα των ινών του, γεγονός που αυξάνει τις θερμομονωτικές του ιδιότητες.

### **Πείραμα 8<sup>ο</sup>**

Υλικά:

-2 χαρτιά ( τετραδίου ή χαρτί για κατασκευές)

Εκτέλεση:

Τσαλακώνουμε αργά το κομμάτι από χαρτί τετραδίου. Ακούμε με προσοχή τον ήχο που κάνει. Στη συνέχεια, τσαλακώνουμε το άλλο κομμάτι χαρτί, αυτή τη φορά πιο γρήγορα (Εικ. 4.29).



*Εικόνα 4.29 Τσαλακωμένο χαρτί*

Παρατήρηση:

Ο ήχος είναι πιο δυνατός όταν τσαλακώνουμε γρήγορα το χαρτί από ό, τι όταν το τσαλακώνουμε αργά.

Εξήγηση:

Το χαρτί γραφής είναι κατασκευασμένο από μακριές ίνες κυτταρίνης. Αυτές οι ίνες προσανατολίζονται παράλληλα με την κατεύθυνση της παραγωγής του και δίνουν στο φύλλο χαρτιού τη χαρακτηριστική του ακαμψία (Ζερβός Σ., 2015; Μπέλεση, Β., 2018; Φιλιππακοπούλου Θ., 2009; Biermann, C.J., 1996; Roberts J. C. , 1996). Εάν κρατήσουμε ένα φύλλο χαρτιού από μια γωνία και το χτυπήσουμε, θα παρατηρήσουμε ότι ακούγεται ήχος. Αυτό συμβαίνει επειδή το φύλλο έχει αυτή τη χαρακτηριστική ακαμψία και στην ουσία ενεργεί σαν τύμπανο. Όταν συνθλίβουμε ένα κομμάτι χαρτί, το υποδιαιρούμε τσακίζοντάς το, αλλά κάθε πτυχή συνεχίζει να λειτουργεί σαν ένα μικρό τύμπανο, δηλαδή δονείται καθώς βάζουμε ενέργεια στο χαρτί. Καταλήγουμε, λοιπόν, σε πολλές μικρές άκαμπτες επιφάνειες που έχουν διαφορετικά μεγέθη και διαφορετικές φυσικές συχνότητες συντονισμού, γι' αυτό

οι δονήσεις τους παράγουν αυτόν τον ήχο ([http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2190/Fysika\\_E-Dimotikou\\_html-empl/index\\_8.html](http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2190/Fysika_E-Dimotikou_html-empl/index_8.html)).

Αυτό δε συμβαίνει με το χαρτί υγείας ή τις χαρτοπετσέτες, επειδή είναι κατασκευασμένα από κοντές ίνες κυτταρίνης, γι' αυτό και τα είδη αυτά δεν είναι άκαμπτα και δεν κάνουν τον ίδιο θόρυβο όταν τσαλακώνονται. Το χαρτί γραφής είναι ειδικά κατασκευασμένο για να είναι άκαμπτο, ώστε να είναι επίπεδο και να τσακίζει (Ζερβός Σ., 2015; Μπέλεση, Β., 2018; Φιλιππακοπούλου Θ., 2009; Biermann, C.J., 1996; Roberts J. C. , 1996).

Το χαρτί για χρήματα πρέπει να είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό, για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται φυτικές ίνες από βαμβάκι για την κατασκευή ενός τέτοιου είδους χαρτιού,. Η παραγωγή οποιουδήποτε χαρτιού απαιτεί ίνες κυτταρίνης, οι οποίες περιέχονται στις φυτικές ίνες. Στο ξύλο, το ποσοστό κυτταρίνης είναι περίπου 50%, ενώ στο βαμβάκι και τα λινά - περίπου 95%. Σε αυτόν τον λόγο οφείλεται η υψηλότερου βαθμού αντοχή του χαρτιού των χαρτονομισμάτων και η παρατεταμένη διάρκεια ζωής τους (Biermann, C.J., 1996; Roberts J. C. , 1996; Μπέλεση, Β., 2018). Για να αυξηθεί ακόμη περισσότερο αντοχή στη φθορά του συγκεκριμένου χαρτιού, προστίθεται άμυλο ή ειδικά πληρωτικά, γεγονός που κάνει το χαρτί πιο «τραγανό» και αποκτά ένα χαρακτηριστικό ήχο όταν τρίβεται. Πριν ξεκινήσει βέβαια η εκτύπωση χρημάτων, αυτό το χαρτί περνάει αρκετές δοκιμές. Ο χαρακτηριστικός ήχος των χαρτονομισμάτων μπορεί να είναι κριτήριο γνησιότητας των τραπεζογραμμάτων ευρώ, καθώς καθιστά εύκολο των εντοπισμό των πλαστών. Τα παραχαραγμένα χαρτονομίσματα δίνουν συχνά την αίσθηση του μαλακού, χωρίς το χαρακτηριστικό «τρίξιμο» που κάνουν τα γνήσια.

[http://www.astynomia.gr/index.php?option=ozo\\_content&perform=view&id=2489&Itemid=400&lang](http://www.astynomia.gr/index.php?option=ozo_content&perform=view&id=2489&Itemid=400&lang)

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διδασκαλία Φυσικών Επιστημών βασίζεται σε αρκετές περιπτώσεις στη διερεύνηση και διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη βελτίωση της ποιότητας του εκπαιδευτικού συστήματος. Με τον τρόπο αυτό μπορούν να καλλιεργηθούν σημαντικές δεξιότητες των μαθητών, όπως η επιστημονική επιχειρηματολογία και η επικοινωνία, ο σχεδιασμός και η υλοποίηση επιστημονικών ερευνών αλλά και η διατύπωση επιστημονικών ερωτήσεων. Στα πλαίσια μιας πιο συμπεριληπτικής εκπαίδευσης είναι αναγκαίο οι εκπαιδευτικοί να εφευρίσκουν τρόπους και μέσα, διαφοροποιώντας τη διδασκαλία τους και υιοθετώντας εναλλακτικές στάσεις και ιδέες. Όμως, οι ευκαιρίες των μαθητών για την ενεργό εμπλοκή τους σε πειραματικές διαδικασίες, καθώς, επίσης, και η εξοικείωσή τους με σημαντικά θέματα της επιστημονικής έρευνας θεωρούνται ακόμη αρκετά περιορισμένες. Ένας από τους βασικούς παράγοντες για την παρουσίαση της συγκεκριμένης κατάστασης μπορεί να θεωρηθεί η ανεπαρκής επιμόρφωση των εκπαιδευτικών. Το γεγονός αυτό αναδεικνύει την ανάγκη συμμετοχής τους σε περισσότερα επιμορφωτικά προγράμματα, που θα διευκολύνουν τον εκσυγχρονισμό της Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών και την αξιοποίηση νέων πρακτικών, όπως είναι η χρήση του υλικού του χαρτιού.

Όπως επισημάνθηκε στην έρευνα αυτή το χαρτί αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα υλικά και η αξιοποίησή του στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στον χώρο της Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης μπορεί να γίνει με ποικίλους τρόπους, τόσο σε θεωρητικό όσο και σε πρακτικό επίπεδο. Για τον λόγο αυτό απαιτείται η περαιτέρω διερεύνηση αυτού του θέματος, εστιάζοντας το ενδιαφέρον στη μελέτη των αντιλήψεων των ίδιων των μαθητών μετά την εφαρμογή των πειραματικών διαδικασιών με τη χρήση του χαρτιού.

## Αναφορές

- Allwright R. L. (1981). What do we want teaching materials for? *ELT Journal*, 36, σσ. 5-18.
- Appleton K. (2002). Science activities that work: Perceptions of primary teachers. *Research in Science Education*, 32, σσ. 393–410.
- Bajpai P. (2015). *Pulp and Paper Industry: Chemicals*. Elsevier.
- Barnes R. (1987). *Teaching Art to Young Children 4-9*. Boston: Allen and Unwin Ltd.
- Biermann, C.J. (1996). *Handbook of pulping and papermaking, Second Edition*. Academic Press.
- Bloom B.S., Engelhart M.D., Furst E.J., Hil, W.H. & Krathwohl D.R. (1956). *Taxonomy of educational objectives Handbook 1: cognitive domain*. London: Longman Group Ltd.
- Bloom J. M. (2001). *Paper Before Print: The History and Impact of Paper in the Islamic World*. Yale University Press.
- Bruner J. (1960). *The Process of Education*. Cambridge: Harvard University Press.
- Cawley J., Hayden S., Cade E., Baker-Kroczyński S. (2002). Including Students with Disabilities into the General Education Science Classroom. *Exceptional Children*, 68(4), σσ. 423-435.
- Chiappetta E. L., Fillman D. A. (2007). Analysis of five high school biology textbooks used in the United States for inclusion of the nature of science. *International Journal of Science Education*, 29(15), σσ. 1847-1868.
- Dalton B., Morocco C. C., Tivnan T., Mead P. L. R. (1997). Supported Inquiry Science: Teaching for Conceptual Change in Urban and Suburban Science Classrooms. *Journal of Learning Disabilities*, 30(6), σσ. 670-684.
- Devetak I., Vogrinc J. (2013). The criteria for Evaluating the Quality of the Science Textbooks. Στο K. M. S., *Critical Analysis of Science Textbooks*. The Netherlands: Springer.
- Dewey J. (2014). Οι Φυσικές Επιστήμες ως περιεχόμενο και ως μέθοδος. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 1, σσ. 11-18.
- Dimopoulos K., Koulaidis V., Sklaveniti S. (2003). Towards an Analysis of Visual Images in School Science Textbooks and Press Articles about Science and Technology. *Research in Science Education*, 33, σσ. 189-216.
- Driver R. Squires A. Rushworth P. & Wood-Robinson V. (2000). *Οικο-δομώντας τις Έννοιες των Φυσικών Επιστημών*. (Χ. Μ., Μεταφρ.) Αθήνα: Τυπωθήτω.



- Driver R., Oldham V. (1986). A Constructivist Approach to Curriculum Development in Science. *Studies in Science Education*, 13.
- Farhana W. Y., Zainun M. A. (2012). Urban Students' Attitude towards Learning Chemistry. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 68, 295 – 304.
- Freire, P. (1974). *Η Αγωγή του Καταπιεζόμενου*. (Κ. Γ., Μεταφρ.) Κέδρος.
- Gardner H. (1983). *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. NYC: Basic Books.
- Glaubinger J. (1986). *Paper Now: Bent, Molded, And Manipulated*. Cleveland Museum of Art.
- Haggarty L. Pepin B. (2002). An investigation of mathematics textbooks and their use in English, French and German Classrooms: who gets an opportunity to learn what? *British Educational Research Journal*, 28(4), σσ. 567-590.
- Harlen W. (1992). *The Teaching of Science*. London: Fulton Publishers.
- Harre R. (1981). *Great Scientific experiments*. Oxford: Phaidon.
- Heller J. (1978). *Papermaking*. New York: Watson-Guption.
- Hewitt P. (2002). *Οι έννοιες της Φυσικής*. (Σ.-Σ. Ε., Μεταφρ.) Ηράκλειο: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Κρήτης.
- Hiebert H. (2000). *THE PAPERMAKER'S COMPANION. The Ultimate Guide to Making and Using Handmade Paper*. Storey Publishing.
- Hiebert H. (2013). *Playing with Paper*. USA: Quarry Books.
- Hodson D. (1988). Experiments in science and science teaching. *Educational philosophy and theory*, 20(2), σσ. 53-66.
- Hodson D. (2003). Time for action: Science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, 25(6), σσ. 645-670.
- Hofstein A., & Lunetta V.N. (2004). The laboratory in science education: Foundation for the 21st century. *Science Education*, 88, σσ. 28-54.
- Hubbe A. M., Bowden C. (2009). Handmade Paper: A Review of its History, Craft and Science. *BioResources*, 4(4), σσ. 1736-1792.
- Hunter, D. (1978). *Papermaking, The History and Technique of an Ancient Craft*. N.Y.: Dover Publications.
- Kirwan, M.J. (2013). *Paper and Paperboard Packaging Technology, Second Edition*. London, UK: Wiley Blackwell Publishing.
- Klepaker T. O., Almendingen S. F. (2017). How confident are primary school teachers to teach science? A comparative European study. *Formiga/MG*, 12(2), σσ. 176-184.

- Koppal M., Caldwell A. (2004). Meeting the challenge of science literacy: Project 2061 efforts to improve science education. *Cell Biology Education*, 3, σσ. 28-30.
- Léna P. (2015). Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών για όλα τα παιδιά. Μια πρόκληση για το Μέλλον τους. (Σ. Μ., Επιμ.) *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 6, σσ. 7-18.
- Lewis A. R. (2012). A Content Analysis of Inquiry in Third Grade Science Textbooks. (Unpublished master's thesis). Provo, USA: Brigham Young University.
- Liao L.J., Larke P.J., Hill-Jackson V. (2011). Chinese Papermaking: A Multicultural and Environmental Education Strategy for Pre-K Teachers. *Journal of Praxis in Multicultural Education*, 6(1), σσ. 61-78.
- Matthews M. R. (2007). *Διδάσκοντας φυσικές επιστήμες. Ο ρόλος της ιστορίας και της φιλοσοφίας των φυσικών επιστημών στη διδασκαλία των φυσικών επιστημών*. Αθήνα: Επίκεντρο.
- Mialaret G. (1976). *Le Sciences de l' Education*. Paris: PUF.
- Moje S. W. (1999). *Science Experiments with Paper*. Sterling.
- Opoku N. A., Yeboah A., Yeboah R. (2014). Pulp Art Making: A Tool for Promoting Recycling through Hand Papermaking for Effective Curriculum Delivery in Art. *Global Journal of Human-Social Science Research*, 2(4).
- Ormsbee C. K., Finson D. K. (2000). Modifying Science Activities and Materials to Enhance Instruction for Students with Learning and Behavioral Problems. *Intervention in School and Clinic*, 38(1), σσ. 10-21.
- Reay N. W., Li P, Bao L. (2008). Testing a new voting machine question methodology. *American Journal of Physics*, 76(2), σσ. 171-178.
- Reid D., Hodson D. (1987). *Special Needs in Ordinary Schools. Science for All*. London: Cassell.
- Roberts J. C. . (1996). *The chemistry of paper*. Cambridge, U.K: The Royal Society of Chemistry.
- Rocard M., Csermely P., Jorde D, Lenzen D, Walberg-Henriksson H., Hemmo V. (2007). A Renewed Pedagogy for the Fututre of Europe. *Science Education Now*.
- Shulman L. (1987). Knowledge and teaching. *Harvard Educational Review*.
- Skoumios M. (2009). The effect of sociocognitive conflict on students' dialogic argumentation about floating and sinking. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(4), σσ. 381-399.
- Smith G. Z. (1995). *Teaching Hand Papermaking: A Classroom Guide*. Zpaperpress.

- Smook G.A. (1992). *Handbook for Pulp & Paper Technologists, second ed.* Canada: Angus Wilde Publications.
- Stein M. K., Grover W.B., Henningsen M. (1996). Building Student Capacity for Mathematical Thinking and Reasoning: An Analysis of Mathematical Tasks Used in Reform Classrooms. *American Educational Research Journal*, 33(2), σσ. 455-488.
- Stubbs S. (2008). *Inclusive Education. Where there are few resources.* Norway: The Atlas Alliance.
- Tomlinson C. A. (2010). *Διαφοροποίηση της εργασίας στην αίθουσα διδασκαλίας.* (Μ.-Φ. Δ. Θεοφιλίδης Χ., Μεταφρ.) Αθήνα: Γρηγόρη.
- Tomlinson C. A. (2015). *Πώς να διαφοροποιήσουμε τη διδασκαλία σε τάξεις μεικτής ικανότητας.* (Κ. Ε., Επιμ., & Κ. Ε., Μεταφρ.) Αθήνα: Γρηγόρης.
- Tsay, M. & Brady, M. (2010, June). A case study of cooperative learning and communication pedagogy: Does working in teams make a difference? *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning*, 10, σσ. 78-89.
- UNESCO. (1994). Final Report: World conference on special needs education: Access and quality. Paris: UNESCO.
- UNESCO. (2017). A guide for ensuring inclusion and equity in education. Paris: UNESCO.
- VanCleave J. P. (1994). *Χημεία για παιδιά: 101 εύκολα πειράματα που γίνονται με απλά μέσα.* Αθήνα: Πνευματικός Γ. Α.
- Vermunt J. D., Verloop N. (1999). Congruence and friction between learning and teaching. *Learning and Instruction*, 9, σσ. 257-280.
- Vickerman K. D. (1995). Papermaking: Then and Now. *ERIC*.
- Vygotsky L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes.* Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wieman C., Perkins K. (2005). Transforming Physics Education. *Physics today*, 58(11), σ. 36.
- Williams R. C. (1993). *American Museum of Papermaking.* Georgia: Institute of Paper Science and Technology.
- Wynne H., Elstgeest J. (2005). *Διδασκαλία και μάθηση Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση.* Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Αγγελίδης Π. (2011). Από την "ειδική" στη συμπεριληπτική εκπαίδευση στην Κύπρο. Στο Συλλογικό, & Α. Π. (Επιμ.), *Παιδαγωγικές της Συμπερίληψης.* Ζεφύρι: Διάδραση.

Αναγνωστόπουλος Α. & Κώτσης Κ. (2009). Διδασκαλία του τρίτου νόμου του Νεύτωνα με επανάληψη του ιστορικού του πειράματος σε μαθητές Γυμνασίου. *Πρακτικά του Πανελληνίου συνεδρίου διδακτικής των Φ.Ε. και νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση*. Φλώρινα.

Αποστολάκης Ε., Παναγοπούλου Ε., Σάββας Σ, Τσαγλιώτης Ν., Μακρή Β., Πανταζής Γ., Πετρέα Κ., Σωτηρίου Σ., Τόλιας Β., Τσαγκογέωργα Α., Καλκάνης Γ. (χ.χ.). «Φυσικά» Ε' Δημοτικού. ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.

Βαλιαντή Σ. (2015, Μάιος). Η Διαφοροποίηση της Διδασκαλίας σε Τάξεις Μικτής Ικανότητας μέσα από τις Εμπειρίες Εκπαιδευτικών και Μαθητών: Μια ποιοτική Διερεύνηση της Αποτελεσματικότητας και των Προϋποθέσεων Εφαρμογής της. *Επιστήμες Αγωγής*(1), σσ. 7-35.

Βαλιαντή Σ., Κουτσελίνη Μ. (2008). ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΗΣ ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΣΤΙΣ ΤΑΞΕΙΣ ΜΙΚΤΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ: ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΚΑΙ ΘΕΜΑΤΑ ΠΡΟΣ ΣΥΖΗΤΗΣΗ. *Παγκύπριο Συνέδριο Παιδαγωγικής Εταιρείας Κύπρου*. Ανάκτηση από [http://www.diapolis.auth.gr/diapolis\\_files/drasi9/γpodrasi9.2b\\_2013/2\\_%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC%20%CE%9A%CE%B5%CE%AF%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%B1/2.3\\_%CE%94%CE%B9%CE%B4%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%9C%CE%B5%CE%B8%CE%BF](http://www.diapolis.auth.gr/diapolis_files/drasi9/γpodrasi9.2b_2013/2_%CE%98%CE%B5%CF%89%CF%81%CE%B7%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AC%20%CE%9A%CE%B5%CE%AF%CE%BC%CE%B5%CE%BD%CE%B1/2.3_%CE%94%CE%B9%CE%B4%CE%B1%CE%BA%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE%20%CE%9C%CE%B5%CE%B8%CE%BF)

Βαλιαντή Σ., Νεοφύτου Λ. (2016). Η αποτυχία στο σχεδιασμό αποτελεί σχεδιασμό της αποτυχίας: Πέντε βασικοί άξονες σχεδιασμού και εφαρμογής αποτελεσματικής διαφοροποιημένης διδασκαλίας. *3ο Διεθνές Συμπόσιο Προσχολικής και Σχολικής Παιδαγωγικής "Σύγχρονες Τάσεις στην Ανάπτυξη Προγραμμάτων Σπουδών και στη Διδασκαλία"*. Λευκωσία.

Βαλιαντή Σ., Νεοφύτου Λ. (2017). *Διαφοροποιημένη διδασκαλία-Λειτουργική και αποτελεσματική εφαρμογή*. Αθήνα: Πεδίο.

Βαλιαντή Σ., Νεοφύτου Λ., Χατζησωτηρίου Χ. (2020). ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΠΟΛΙΤΙΣΜΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ: ΠΑΡΑΛΛΗΛΟΙ ΔΡΟΜΟΙ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΣΥΝΟΧΗ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΗ ΔΙΚΑΙΟΣΥΝΗ. *Επιστήμες Αγωγής*, 1, σσ. 129-148.

Βερβέρης Χ. Τ. (2007). Μελέτη Εναλλακτικών Πηγών Πρώτων Υλών για την Παραγωγή χαρτιού. *Διδακτορική Διατριβή*. Αθήνα.

- Βλάχος Ι. Α. . (2003). *Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες. Η πρόταση της Εποικοδόμησης*. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Βλέσσας Μ., Μαλακού Μ. (2010). *Ιστορία του Χαρτιού*. Αθήνα: Αιώρα.
- Δημοπούλου Ι., Φρούντα Μ. (2019). Οι νοητικές αναπαραστάσεις των μαθητών της ΣΤ΄ τάξης του δημοτικού σχολείου για την έννοια του κυττάρου. *Έρευνα στην Εκπαίδευση*, 8.
- Εξαρχάκος Θ. (1993). *Διδακτική Μαθηματικών*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Ζερβός Σ. (2015). *Συντήρηση και Διατήρηση Χαρτιού, Βιβλίων και Αρχαιακού Υλικού*. ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΩΝ.
- Ζώνιου-Σιδέρη Α., Λαμπροπούλου Κ., Παπασταυρινίδου Γ., Τσερμίδου, Λ., Χριστοπούλου Α. Α. (2020). Διαφοροποιημένη παιδαγωγική και ενταξιακή εκπαίδευση: θεωρητικές επισημάνσεις, προβληματισμοί και προοπτικές. *Διάλογοι: Θεωρία και πράξη στις επιστήμες της αγωγής και εκπαίδευσης*, 6, σσ. 61-76.
- Κανδεράκης Ν. (2106). Πώς θέλουμε να είναι ένα διδακτικό βιβλίο Φυσικών Επιστημών. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 6, σσ. 7-15.
- Καρύδας Α. (2013). Γραμματισμός στις Φυσικές Επιστήμες και πρακτικές εφαρμογής στο σχολείο. *Διδασκαλία Φυσικών Επιστημών. Έρευνα και πράξη*, 44-45, σσ. 18-26.
- Κατσίκης Α. (2009). Αξιοποίηση ανακυκλώσιμων υλικών και Περιβαλλοντική Εκπαίδευση. Ή πώς η ευρηματικότητα της τέχνης συναντά τη σοφία της Φύσης. *1ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΤΕΧΝΗΣ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ*.
- Καψάλης Α. Γ. (1998). *Αξιολόγηση και Βαθμολογία στο Δημοτικό Σχολείο*. Αθήνα: GUTENBERG.
- Καψάλης Α., Χαραλάμπους Δ. (1995). *Σχολικά εγχειρίδια: θεσμική εξέλιξη και σύγχρονη προβληματική*. Αθήνα: Έκφραση.
- Κόκκοτας Π. (2000). *Διδακτικές προσεγγίσεις στις φυσικές επιστήμες*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Κόκκοτας Π. (2001). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Κόκκοτας Π., Βλάχος Γ. (2000). Ο Ρόλος του Πειράματος στην Επιστήμη και στη Διδασκαλία-Μάθηση. Στο Κ. Π., *Διδακτικές Προσεγγίσεις στις Φυσικές Επιστήμες - Συγχρονοι Προβληματισμοί*. Αθήνα: Τυπωθήτω-Δαρδανός.
- Κόκκοτας Π., Βλάχος Γ., Καρανίκας Γ. (1999). Διδακτικές στρατηγικές για εννοιολογική αλλαγή στις Φυσικές Επιστήμες. Στο Μ. Η., *Η Εξέλιξη της Διδακτικής*. Αθήνα: GUTENBERG.

- Κόκκοτας, Π. . (2002). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών, Μερως ΙΙ*. Αθήνα: Παναγιώτης Β. Κόκκοτας.
- Κολιάδης Ε. Α. (1996). *Θεωρίες Μάθησης και Εκπαιδευτική Πράξη (Τόμος Α')*. Αθήνα.
- Κόμης Ι. Β. (2004). *Εισαγωγή στις εκπαιδευτικές εφαρμογές των Τεχνολογιών της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Κόμπος Χ. (1990). Ο θεσμός της ένταξης παιδιών με ειδικές ανάγκες στα δημοτικά σχολεία και οι υποχρεώσεις της κοινωνίας και του κράτους. Αθήνα: Διατριβή Φ.Π.Ψ. Αθηνών.
- Κουζέλης Γ. (1999). Το Επιστημολογικό Υπόβαθρο των Επιλογών της Διδακτικής. Στο Μ. Η., *Η εξέλιξη της Διδακτικής*. GUTENBERG.
- Κουμαράς Π. (2000). *Πειράματα Φυσικών Επιστημών με υλικά Καθημερινής Χρήσης*. Αθήνα: Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων.
- Κουμαράς Π. (2009). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών : ο πραγματικός κόσμος ως αντικείμενο και μέσο διδασκαλίας*. Θεσσαλονίκη: «ΕΠΙΚΕΝΤΡΟ Α.Ε.».
- Κουμαράς Π. (2015). Η Φυσική δεν είναι μόνο εννοιολογικό περιεχόμενο, είναι επίσης μεθοδολογία λύσης (καθημερινών) προβλημάτων και στάση ζωής. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 6, σσ. 19-28.
- Κουσλόγλου Μ. (2019). *Ένας Φανταστικός. Φυσικός Κόσμος*. Καβάλα: Σαΐτα.
- Κουτσελίνη Μ. (2010). Η Διαφοροποίηση Διδασκαλίας –Μάθησης ως Θεωρία και Πράξη. Στο *ΕΟΚ Τιμητικός Τόμος Γιάννη Κουτσάκου* (σσ. 215-225).
- Κουτσελίνη Μ. (2020). Διαφοροποίηση της Διδασκαλίας και της Μάθησης: Δυσκολίες και Παρανοήσεις. *Διάλογοι! Θεωρία και Πράξη στις Επιστήμες της Αγωγής και Εκπαίδευσης*, 6, σσ. 12-29.
- Κουτσελίνη Μ., Αγαθαγγέλου Σ. (2018). *Διαφοροποίηση διδασκαλίας : Η Κοινωνική, η Ακαδημαϊκή και η Διδακτική Πτυχή*. Ανάκτηση από [https://ucy.ac.cy/release/documents/Publications/Greek/KoutseliniAgathangelou\\_DifferentiationofTeachingActionResearch.pdf](https://ucy.ac.cy/release/documents/Publications/Greek/KoutseliniAgathangelou_DifferentiationofTeachingActionResearch.pdf)
- Κωστόπουλος Δ. Ι. (2002). *Φυσική-Θερμοδυναμική*. Αθήνα: ΑΤΡΑΠΟΣ.
- Κώτσης Κ. (2005). *Διδασκαλία της Φυσικής και Πείραμα*. Ιωάννινα: Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Λάζος Χ.Δ. (2002). *Γραφή τότε που δεν υπήρχε το χαρτί*. Αθήνα: Εκδόσεις Ανατολικός.
- Μανουσάκης Γ. (1996). *Διδακτική της Χημείας*. Θεσσαλονίκη: Αφοί Κυριακίδη.
- Μαντάνης Γ., Παπαδοπούλου Ο. (2006). Η ιστορία του χαρτιού από την αρχαιότητα μέχρι τις μέρες μας. *Επιπλέον*(21), σσ. 112-113.

- Ματσαγγούρας Η. (1999). Αντικείμενο της Επιστημονικής Διδακτικής. Στο Μ. Η., *Η εξέλιξη της διδακτικής*. Αθήνα: GUTENBERG.
- Ματσαγγούρας Η. (2000). *Θεωρία της Διδασκαλίας*. Αθήνα: GUTENBERG.
- Ματσαγγούρας Η. (2000). *Ομαδοσυνεργατική Διδασκαλία και Μάθηση*. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Ματσαγγούρας Η. (2006). Διδακτικά Εγχειρίδια: Κριτική Αξιολόγηση της Γνωσιακής, Διδακτικής και Μαθησιακής Λειτουργίας τους. *Συγκριτική και Διεθνής Εκπαιδευτική Επιθεώρηση*, 7, σσ. 60-92.
- Μιχαηλίδης Κ. (2009). *Συνεκπαίδευση και αναπηρία: θεωρητική και εμπειρική κοινωνιοψυχολογική προσέγγιση*. Αθήνα: Παπασωτηρίου.
- Μπέλεση, Β. (2018). *Εκτυπωτικά Υποστρώματα, Σημειώσεις Εργαστηρίου*. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.
- Μπέλεση, Β. (2018). *Εκτυπωτικά Υποστρώματα, Σημειώσεις Θεωρίας*. Αθήνα: Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής.
- Μπίκος Γ. Δ. (2016). Το βιβλίο στο εκπαιδευτικό σύστημα της Δύσης και η έρευνα του παιδευτικού ρόλου των σχολικών εγχειριδίων. *Παιδαγωγική Επιθεώρηση*, 61, σσ. 87-100.
- Μπονίδης Κ., Χοντολίδου Ε. (1997). Έρευνα σχολικών εγχειριδίων: από την ποσοτική ανάλυση περιεχομένου σε ποιοτικές μεθόδους ανάλυσης – το παράδειγμα της Ελλάδας. Στο Χ. Α. Βάμβουκας Μ Ι., *Παιδαγωγική επιστήμη στην Ελλάδα και στην Ευρώπη: τάσεις και προοπτικές (Πρακτικά Ζ' Διεθνούς Συνεδρίου – Ρέθυμνο 3-5 Νοεμβρίου 1995)*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Νάνου Α., Κουλούσια Γ. (2013). Η διαφοροποίηση της διδασκαλίας στην υπηρεσία της συμπεριληπτικής εκπαίδευσης. Στο Π.-Η. Μ. Νάνου Α. (Επιμ.), *Από την ειδική αγωγή στη συμπεριληπτική εκπαίδευση*. Θεσσαλονίκη: Γράφημα.
- Νεοφύτου Λ., Βαλιαντή Σ. (2016). Διαφοροποίηση της Διδασκαλίας: Η αθέατη "δύναμη" της ηγεσίας. Στο Α. Ρ. Petrou Α. (Επιμ.), *ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗ ΔΙΟΙΚΗΣΗ ΚΑΙ ΗΓΕΣΙΑ ΕΠΙΣΤΗΜΟΛΟΓΙΚΗ ΒΑΣΗ, ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΕΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΠΡΑΚΤΙΚΕΣ. ΔΙΑΔΡΑΣΗ*.
- Ντε Βρις Λ. (1987). *Το πρώτο βιβλίο των πειραμάτων*. Αθήνα: Καστανιώτη.
- Ξανθίδου Π. (2015). Το πείραμα στα Αναλυτικά Προγράμματα Φυσικών Επιστημών (Φυσικής και Χημείας) του ελληνικού Δημοτικού Σχολείου από τον 19ο έως τον 21ο αιώνα. *Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών: Έρευνα και Πράξη*, 54-55, σσ. 57-76.
- Παντελιάδου Σ. (2008). *Μαθησιακές Δυσκολίες*. Βόλος: Γράφημα.

- Παπανδρέου Μ. (2020). Η διαφοροποιημένη παιδαγωγική στην προσχολική εκπαίδευση: Προκλήσεις και προοπτικές. *Διάλογοι! Θεωρία και Πράξη στις Επιστήμες της Αγωγής και Εκπαίδευσης*, 6, σσ. 77-96.
- Ραβάνης Κ. (1999). Από τη Γενική Διδακτική στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών. Στο Μ. Η., *Η Εξέλιξη της Διδακτικής*. Αθήνα.
- Ραβάνης Κ. (2003). *Εισαγωγή στη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών.
- Σκουμιός Μ. (2017). *Εφαρμοσμένη Διδακτική των Φυσικών Επιστημών*. Ρόδος.
- Σκουμιός, Μ. (2012). *Διδακτική των Φυσικών Επιστημών στην Πρωτοβάθμια Εκπαίδευση*. Ρόδος: Σημειώσεις Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης.
- Σούλης Σ. (2013). Ένα Σχολείο για Όλους: Άσκηση πολιτικής για την αναπηρία. Στο Π.-Η. Μ. Νάνου Α. (Επιμ.), *Από την Ειδική Αγωγή στη Συμπερίληψη*. Θεσσαλονίκη: Γράφημα.
- Σταυρίδου Ε. (2000). *Συνεργατική Μάθηση στις Φυσικές Επιστήμες*. Βόλος: Πανεπιστημιακές Εκδόσεις Θεσσαλίας.
- Στύλος Γ, Κώτσης Κ., Εμβλωτής Α. (2014). Πρακτικές εκπαιδευτικών Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης στη διδασκαλία της Φυσικής (Α' Μέρος). *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση*, 5, σσ. 7-15.
- Στύλος Γ. (2014). Στάσεις και πρακτικές των εκπαιδευτικών πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης σχετικά με τη διδασκαλία των φυσικών επιστημών. *Διδακτορική Διατριβή*. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.
- Συρίου Ι., Κατσαντώνη Σ., Λουκέρη Π. Ι. (2015). Κριτήρια αξιολόγησης της ποιότητας των σχολικών βιβλίων. *Έρευνα, Επιθεώρηση Εκπαιδευτικών–Επιστημονικών Θεμάτων*, 7, 130-145.
- Σφυρόερα Μ. (2007). *Διαφοροποιημένη παιδαγωγική*. Αθήνα: ΥΠΕΠΘ και Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- Τριλιανός Θ. Α. (2000). *Μεθοδολογία της Σύγχρονης Διδασκαλίας (Β' Τόμος)*. Αθήνα.
- Τρίμη Ε. (1992). ΧΑΡΤΙ ΚΑΙ ΧΑΡΤΙΝΟ ΑΧΡΗΣΤΟ ΥΛΙΚΟ-ΧΡΗΣΙΜΕΣ ΚΑΛΛΙΤΕΧΝΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ. *Διδακτορική Διατριβή*. Θεσσαλονίκη.
- Τσιάρα, Ε. Μπέση, Μ. (Οκτώβριος 2012). Καλλιέργεια επιστημονικού «εγγραμματισμού» σε παιδιά προσχολικής ηλικίας μέσα από ένα περιβαλλοντικό πρόγραμμα. *Πρακτικά*



- του Πανελληνίου Συνεδρίου Οι Φυσικές Επιστήμες στο Νηπιαγωγείο, (σσ. 180 – 186). Φλώρινα.
- Φασουλόπουλος Γ. (2013). “Η Φυσική με Πειράματα, Α΄ Γυμνασίου”. Μια διδακτική πρόκληση, μπορεί να εξελιχθεί σε διδακτική ευκαιρία;. *Φυσικές Επιστήμες στην Εκπαίδευση, 1*, σσ. 19-27.
- Φιλιππακοπούλου Θ. (2009). Ο Κύκλος του Χαρτιού. Αθήνα. Ανάκτηση από <https://sites.google.com/site/paperfil/Home/paper-properties/mechanical-properties>
- Φλουρής Γ. (1991). Προγράμματα Αναλυτικά. Στο Σ. Έργο, *Παιδαγωγική και Ψυχολογική Εγκυκλοπαίδεια-Λεξικό*. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Χαλκιά Κ. (1999). Το πείραμα στην καθημερινή σχολική πρακτική: Διερεύνηση των αντιλήψεων των στάσεων και των απόψεων των Ελλήνων εκπαιδευτικών για τη διδακτική αξιοποίηση των πειραμάτων στο μάθημα της φυσικής. *Σύγχρονη Εκπαίδευση, 107*, σσ. 81-90.
- Χατζηγεωργίου Γ. (2006). *Προς μια επιστημονική παιδεία. Επαναπροσδιορίζοντας το Αναλυτικό Πρόγραμμα και τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Γρηγόρης.
- Χολέβας Ν., Αλεξόπουλος Δ., Αναστασόπουλος Ν. (2018). Διαφοροποιημένη διδασκαλία και αξιολόγηση: Ενδεικτικό σχέδιο στο μάθημα της Γλώσσας του Δημοτικού Σχολείου. *Διάλογοι! Θεωρία και Πράξη στις Επιστήμες της Αγωγής και Εκπαίδευσης, 4*, σσ. 130-143.

## Σύνδεσμοι

<https://opencourses.gr/opencourse.xhtml?id=17676&ln=el>

<https://opencourses.gr/opencourse.xhtml?id=17665&ln=el>

<https://kmaked.pde.sch.gr/site/index.php/xarti>

<https://www.facebook.com/GoWasteEd/videos/359534605120335>

[https://www.youtube.com/watch?v=v\\_HJNsdK8Es&ab\\_channel=SuperiniaTV](https://www.youtube.com/watch?v=v_HJNsdK8Es&ab_channel=SuperiniaTV)

[https://www.youtube.com/watch?v=BdvnGXTQzTU&ab\\_channel=TeacherlandEducation](https://www.youtube.com/watch?v=BdvnGXTQzTU&ab_channel=TeacherlandEducation)

[https://www.youtube.com/watch?v=Zd2SZE2sXIs&ab\\_channel=KidsFunScience](https://www.youtube.com/watch?v=Zd2SZE2sXIs&ab_channel=KidsFunScience)

[https://www.youtube.com/watch?v=cO\\_HAeH7pGw&t=327s](https://www.youtube.com/watch?v=cO_HAeH7pGw&t=327s)

[http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2190/Fysika\\_E-Dimotikou\\_html-empl/index\\_8.html](http://ebooks.edu.gr/ebooks/v/html/8547/2190/Fysika_E-Dimotikou_html-empl/index_8.html)

[http://www.astynomia.gr/index.php?option=ozo\\_content&perform=view&id=2489&Itemid=400&lang](http://www.astynomia.gr/index.php?option=ozo_content&perform=view&id=2489&Itemid=400&lang)

## Πηγές εικόνων

Εικόνα 3.1: [https://sco.wikipedia.org/wiki/Johann\\_Gutenberg](https://sco.wikipedia.org/wiki/Johann_Gutenberg)

Εικόνα 3.2: <https://blogs.ubc.ca/etec540sept10/2010/10/31/the-invention-of-pen-and-paper/>

Εικόνα 3.3: <https://www.flickr.com/photos/70806177@N00/21015923693>

Εικόνα 3.4: [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Hollander\\_beater.gif](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Hollander_beater.gif)

Εικόνα 3.5: <https://en.wikipedia.org/wiki/File:Fourdrinier.svg>

Εικόνα 3.6: [http://ciencias.escorialvic.org/?attachment\\_id=1990](http://ciencias.escorialvic.org/?attachment_id=1990)

Εικόνα 3.7: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Watermark\\_-\\_Dard\\_Hunter\\_exhibit\\_-\\_Robert\\_C.\\_Williams\\_Paper\\_Museum\\_-\\_DSC00582.JPG](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Watermark_-_Dard_Hunter_exhibit_-_Robert_C._Williams_Paper_Museum_-_DSC00582.JPG)

Εικόνα 3.8: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Papermaking\\_by\\_hand.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Papermaking_by_hand.jpg)

Εικόνα 4.1-4.22: Προσωπικό αρχείο

Εικόνα 4.23: <https://www.microscopemaster.com/images/paperautofluorescence.jpg>

Εικόνα 4.24: [http://scherlund.blogspot.com/2015/09/what-is-best-way-to-track-down\\_4.html](http://scherlund.blogspot.com/2015/09/what-is-best-way-to-track-down_4.html)

Εικόνα 4.25-4.29: Προσωπικό αρχείο